

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KARŞILAŞTIRMALI TRAFİK ATAMA TEKNİKLERİ İLE ULAŞIM ŞEBEKE PERFORMANS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Obaidullah KHPALWAK

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ULAŞTIRMA
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Hakan ASLAN

Ağustos 2021

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARŞILAŞTIRMALI TRAFİK ATAMA TEKNİKLERİ İLE ULAŞIM ŞEBEKE PERFORMANS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Obaidullah KHPALWAK

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ULAŞTIRMA

Bu tez 28/08/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi
Hakan ASLAN
Jüri Başkanı

Doc. Dr.
Sedat SERT
Üye

Dr.Ogr. Üyesi
Caner ERDEN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Obaidullah KHPALWAK

12.07.2021

1. TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi. Hakan ASLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Aileme, özellikle babam, Bahadur Khan KHPALWAK'a, anneme, ağabeylerim Nematullah KHPALWAK, Esmatullah KHPALWAK ve Hasibullah KHPALWAK'a akademik çalışma sürecimde gösterdikleri maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın manevi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan tüm akademik arkadaşlarıma da ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

2. ACKNOWLEDGMENT

Under this thesis I would like to specially thank to my respected academic colleague Eng. Khwaja Wahaaj KAWKABI, Master degree student at civil engineering of Northwestern Polytechnic University (NWPU) at China for his assistance in coding incremental traffic assignment at MATLAB program. I kindly appreciate his struggles and all efforts for requested assistance. I hope him success and best of luck in his academic life in ahead.



İÇİNDEKİLER

1.TEŞEKKÜR.....	i
2.AKNOWLEDGMENT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Trafik Ataması Genel Konsepti (T.A).....	1
1.2. Trafik Ataması Tarihsel Süreci.....	2
1.3. Ulaşım Şebekelerinin Topolojisi	4
1.4. Link Performans Fonksiyonu	8
1.5. Trafik Atama Problemi Tanımı	10
1.6. Araştırma İhtiyacı ve Önemi	13
1.7. Çalışmanın Amacı	13
1.8. Araştırma Metodu	13
1.9. Tez İçeriği ve Organizasyonu	14

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	16
2.1. Trafik atamasına genel bakış	16
2.2. Seyahat Talebi Tahmini.....	19
2.2.1. Talep tahmin yaklaşımları	20

2.2.2. Seyahat talebini etkileyen faktörler	21
2.3. Güzergâh Seçimi ve Trafik Ataması.....	22
2.4. Trafik Atama Teknikleri	23
2.4.1. Ya hep ya hiç algoritması (all-or-nothing assignment)	24
2.4.2. Artırımlı trafik ataması (iteratif atama algoritması - incremental traffic assignment).....	25
2.4.2.1. Artırımlı trafik atama algoritmasının aşamaları	25
2.4.3. Kapasite sınırlayıcı ataması (capacity restraint assignment)	27
2.4.4. Kullanıcı denge trafik ataması (UE)	28
2.4.5. Sistem optimum ataması (system optimum assignment -SO).....	31
 BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Kentsel Trafik Durumu.....	32
3.2. Veri Toplaması	32
3.2.1. Trafik sayımı	33
3.2.2. Manuel sayma yöntemi.....	33
3.2.3. Otomatik sayma yöntemi.....	33
3.3. Materyal	34
3.4. Trafik Atama Yöntemleri	36
3.4.1. Ya hep ya hiç algoritması	37
3.4.1.1. Prosedür	37
3.4.2. Artırımlı trafik atama algoritması.....	37
3.4.2.1. Prosedür	38
3.4.3. Kapasite sınırlayıcı trafik atama	38
3.4.3.1. Prosedür	40
3.4.4. Kullanıcı denge trafik atama yöntemi (UE)	40
3.4.5. Sistem optimum trafik atama yöntemi (SO).....	41
 BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA VE ANALİZ BULGULARI.....	44
4.1. Birinci senaryo üzerine Trafik Atama Tekniklerin Analizi.....	44

4.1.1. Ya hep ya hiç algoritması analizi	44
4.1.1.1. B-V çiftleri arasında mevcut güzergâhlar	44
4.1.2. Artırımlı trafik atama algoritması analizi	52
4.1.2.1. MATLAB uygulaması	52
4.1.2.2. Test ulaşım şebekesi üzerinde artırımlı trafik atama algoritması.....	53
4.1.2.3. MATLAB uygulamasında ulaşım test şebekesinin tanımı .	55
4.1.2.4. MATLAB programında ulaşım test şebekesinin analizi.	56
4.1.3. Kullanıcı denge trafik atama analizi.....	68
4.1.4. Sistem optimum trafik atama tekniği analizi.....	85
4.2. İkinci senaryo için trafik atama tekniklerin analizi	98
4.2.1. Ya hep ya hiç algoritması analizi	98
4.2.2. Artırımlı trafik atama algoritması analizi	105
4.2.3. Kullanıcı denge trafik atama analizi.....	130
4.2.4. Sistem optimum trafik atama tekniği analizi.....	147
 BÖLÜM 5.	
DEĞERLENDİRME.....	161
5.1. Birinci senaryo üzerineTrafik Atama Yöntemlerinin Değerlendirmesi ..	161
5.2. İkinci senaryo üzerineTrafik Atama Yöntemlerinin Değerlendirmesi.	175
 BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	190
6.1. Sonuçlar	190
6.2. Öneriler	192
 KAYNAKLAR	194
EKLER.....	196
ÖZGEÇMİŞ	207

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DTAP	: Dynamic Traffic Assignment Problem
DUE	: Deterministic User Equilibrium
ED	: Elastic Demand
FD	: Fixed Demand
LS	: Lowest Squires
MSA	: Management of Sequential Average
O.D	: Origin-Destination (Başlangıç-Varış)
S.O	: System Optimum Assignment
SD	: Stochastic Demand
STAP	: Static Traffic Assignment Problem
SUE	: Stochastic User Equilibrium
T.A	: Traffic Assignment (Trafik Atama)
TAP	: Traffic Assignment Problem
TAZ	: Traffic Analysis Zone
TEM	: Trans European Motorway
U.E	: User Equilibrium

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yönlendirilmiş tipik bir kensel ulaşım şebeke topolojisi.....	5
Şekil 1.2. Detaylandırılmış tipik bir ulaşım şebekesi.....	6
Şekil 1.3. Güzergah tipleri	7
Şekil 1.4. Tipik link performans fonksiyonu	9
Şekil 2.1. Dört aşamalı klasik ulaşım modelinde trafik atama yapısı	17
Şekil 2.2. Seyahat talebine etkileyen faktörler	22
Şekil 3.1. Test ulaşım şebekesi	34
Şekil 4.1. Test ulaşım şebekesinde linklere ait serbest akım seyahat süreleri	45
Şekil 4.2. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	46
Şekil 4.3. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	46
Şekil 4.4. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	47
Şekil 4.5. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	47
Şekil 4.6. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	48
Şekil 4.7. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması.	48
Şekil 4.8. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	49
Şekil 4.9. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	49
Şekil 4.10. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	50
Şekil 4.11. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	50
Şekil 4.12. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	51
Şekil 4.13. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması, ...	51
Şekil 4.14. Artırımlı Trafik atama algoritması akış diyagramı	54
Şekil 4.15. Ulaşım test ebekesinde 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a güncellenmiş seyahat süreleri.....	56
Şekil 4.16. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırımlı trafik ataması	57
Şekil 4.17. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırımlı trafik ataması	58
Şekil 4.18. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırımlı trafik ataması	59

Şekil 4.19. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	60
Şekil 4.20. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	61
Şekil 4.21. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	62
Şekil 4.22. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	63
Şekil 4.23. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	64
Şekil 4.24. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	65
Şekil 4.25. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	66
Şekil 4.26. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	67
Şekil 4.27. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması	68
Şekil 4.28. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	70
Şekil 4.29. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	71
Şekil 4.30. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	72
Şekil 4.31. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	73
Şekil 4.32. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	75
Şekil 4.33. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	76
Şekil 4.34. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	78
Şekil 4.35. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	79
Şekil 4.36. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	81
Şekil 4.37. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	82
Şekil 4.38. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	83
Şekil 4.39. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	84
Şekil 4.40. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	86
Şekil 4.41. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	87
Şekil 4.42. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	88
Şekil 4.43. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	89
Şekil 4.44. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	90
Şekil 4.45. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	92
Şekil 4.46. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	93
Şekil 4.47. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	94
Şekil 4.48. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	95
Şekil 4.49. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	96
Şekil 4.50. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	97

Şekil 4.51. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	98
Şekil 4.52. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	99
Şekil 4.53. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	100
Şekil 4.54. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	100
Şekil 4.55. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	101
Şekil 4.56. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	101
Şekil 4.57. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması.	102
Şekil 4.58. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	102
Şekil 4.59. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	103
Şekil 4.60. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	103
Şekil 4.61. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	104
Şekil 4.62. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması	104
Şekil 4.63. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması, ...	105
Şekil 4.64. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	108
Şekil 4.65. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	110
Şekil 4.66. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	111
Şekil 4.67. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	114
Şekil 4.68. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	116
Şekil 4.69. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	119
Şekil 4.70. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	121
Şekil 4.71. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	124
Şekil 4.72. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	126
Şekil 4.73. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	127
Şekil 4.74. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	128
Şekil 4.75. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırımı trafik ataması	130
Şekil 4.76. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	132
Şekil 4.77. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	133
Şekil 4.78. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	134
Şekil 4.79. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	135
Şekil 4.80. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	137
Şekil 4.81. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	138
Şekil 4.82. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	140

Şekil 4.83. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	141
Şekil 4.84. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	143
Şekil 4.85. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	144
Şekil 4.86. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	145
Şekil 4.87. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a kullanıcı denge trafik ataması.....	146
Şekil 4.88. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	148
Şekil 4.89. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	149
Şekil 4.90. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	150
Şekil 4.91. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	151
Şekil 4.92. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	152
Şekil 4.93. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	153
Şekil 4.94. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	155
Şekil 4.95. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	156
Şekil 4.96. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	157
Şekil 4.97. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	158
Şekil 4.98. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	159
Şekil 4.99. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması	160

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Ulaşım planlama yaklaşımlarındaki gelişmeler.....	4
Tablo 1.2. Şebeke hareketliliği	6
Tablo 2.1. Başlangıç-Variş seyahat matrisi.....	20
Tablo 2.2. Trafik atama yöntemleri.....	23
Tablo 3.1. Seyahat Matrisi	35
Tablo 3.2. Link serbest akım seyahat süreleri ve kapasiteleri.....	36
Tablo 4.1. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Ya Hep Ya Hiç Algoritması.....	16106
Tablo 4.2. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16109
Tablo 4.3. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16112
Tablo 4.4. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16115
Tablo 4.5. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16117
Tablo 4.6. 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16120
Tablo 4.7. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16122
Tablo 4.8. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16125
Tablo 4.9. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması.....	16129
Tablo 5.1. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri - Ya Hep Ya Hiç Algoritması.....	161

Tablo 5.2. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması	164
Tablo 5.3. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Kullanıcı Dengesı Algoritması	167
Tablo 5.4. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Sistem Optimum Dengesi Algoritması.....	170
Tablo 5.5. Şebekeye ait Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti	173
Tablo 5.6. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri - Ya Hep Ya Hiç Algoritması.....	175
Tablo 5.7. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması	16478
Tablo 5.8. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Kullanıcı Dengesı Algoritması	16781
Tablo 5.9. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Sistem Optimum Dengesi Algoritması.....	17084
Tablo 5.10. Şebekeye ait Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti	17387

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Trafik ataması, ulaşım şebekeleri, en kısa yol algoritmaları, talep ve güvenilirlik analizleri.

Trafik Ataması, ulaşım modelleme sisteminin son ve dördüncü adımı olup, her sürücünün veya sistem kullanıcısının başlangıç-varış çiftleri için en kısa seyahat süresi veya mesafesine sahip olan güzergahı kullanmak istediği bir ulaşım şebekesinde trafik dağıtma işlemidir.

Yapılacak olan bu çalışma ile farklı trafik atama teknikleri ve metodları kullanılarak, test ulaşım şebekesi örnek olay incelemesi üzerinden, karşılaştırmalı seyahat süresi şebeke güvenilirlik performans analizi yapılacaktır. En kısa yol algoritmaları kullanılarak yapılacak çalışmalarda, kent şebekesine ait kapasite sorunu yaşayacak linkler ve güzergâhlar belirlenerek, iyileştirmelere dönük gerekli uygulama önerilerinde bulunulabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, test ulaşım şebekesinin verilerine dayanılarak, her tekniğin ilgili prosedürüne göre dört trafik atama tekniği değerlendirilmiştir. Buarastırmada yukarıda belirtildiği gibi birinci üniteye trafik ataması ve ilgili konular tanıtılmış, ikinci üniteye akademik araştırma makaleleri, dergiler ve basılı kitaplar ışığında trafik ataması için literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde her teknik için trafik verileri değerlendirilmiş, dördüncü üniteye ise trafik atama teknikleri analizi yapılmıştır. Beşinci üniteye analiz edilmiş teknikler karşılaştırılmış ve altıncı ünite sonucunda gerekli olan öneriler sunulmuştur.

TRANSPORT NETWORK PERFORMANCE ANALYSIS WITH COMPARATIVE TRAFFIC ASSIGNMENT TECHNIQUES

SUMMARY

Keywords: Traffic Assignment, Transportation Networks, Shortest Path Algorithms, Demand and Reliability Analysis

Traffic assignment the last and fourth step of transportation model is the process of assigning or distributing traffic into the shortest paths of each Origin-Destination (O-D) pair in a transportation network where each driver or user want to travel at the shortest time or distance for their destinations.

With this study¹, comparative travel time network reliability performance analysis will be conducted through the case study of transportation test network by using different traffic assignment techniques and methods. In studies to be carried out using the shortest route algorithms, the links and routes that will experience capacity problems in the city network will be determined and necessary implementation suggestions will be made for improvements.

Under this study, some techniques of traffic assignment are evaluated according to procedure of each technique based on data used as transportation test network. In this research, as above mentioned, first unit introduces traffic assignment and its relevant concepts. In the second section, literature review for traffic assignment is presented in light of academic research papers, journals and written books. Third unit deals with evaluation of traffic data for each technique. In the fourth chapter, traffic assignment techniques are analyzed. In the fifth unit analysed techniques are compared and finally in the sixth unit results are discussed and some required solutions are proposed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Trafik Ataması Genel Konsepti (T.A)

Verilen değişken trafik talep miktarının belirtilen ulaşım sistemine, şebekesine tahsis edilmesi işlemi genellikle trafik ataması olarak adlandırılır. Trafik Atama sürecinin temel amacı, ilgili ulaşım şebekesi için dikkate alınan yolculuk matrisi seyahat talebine bağlı olarak şebekede bulunan linkler üzerinde oluşacak trafik akım değerlerinin belirlenerek, gözlenecek olan taşıt hareketlerinin yapısının ortaya konulmasıdır [1].

Trafik Atama sürecinde kullanılacak atama yöntemi, önerilen veya mevcut ulaşım sisteminin topolojisi ve zonlar arası yolculuk hareketliliğini temsil eden seyahat matrisi, analiz sürecinde girdi olarak kullanılır. Süreç çıktısı, atama prosedürünün karmaşıklığına göre farklılık gösterir. Bununla beraber, trafik atama algoritmaları genelde sistemde bulunan linklere ait trafik akım değeri etkileşimli seyahat süresi performanslarına bağlı olarak atama yaparak denge noktası link trafik akım değerlerini üretirler.

Ulaşım modelleme ve planlama sürecinin bir parçası olarak trafik atamasının temel amacı, mevcut ulaşım sisteminde gelecek yıllara ait tahmini yolculuk miktarlarına bağlı olarak şebekede ortaya çıkması muhtemel eksiklikleri ve problemleri öngörerek, ulaşım sisteminde yapılması gereken fiziksel ve uygulamaya dönük stratejik iyileştirmelerin belirlenmesidir. Bu anlamda bakıldığında temel amaçlar aşağıda belirtilen detaylar çerçevesinde ele alınabilir.

1. Başlangıç-Varış çiftlerine bağlı olarak şebeke linkleri üzerindeki trafik hacmini ve kavşaklardaki muhtemel dönüş hareketlerini tahmin etmek.

2. Zonlar arasındaki yolculuk ve trafik miktarlarına bağlı olarak ortaya çıkacak toplam ve ortalama kat edilen mesafe, toplam ve ortalama seyahat süresi vb gibi şebeke ve yolculuk maliyetlerini belirlemek.
3. Linkler üzerinde oluşacak trafik akım değerlerine bağlı olarak kapasite kullanım oranlarını belirleyerek, problemlili yapıda olan veya gelecekte olması muhtemel linkler için mühendislik önlemlerini öncül olarak hayata geçirmek.
4. Şebeke topolojisinde büyük dönüşümler gerektirecek fiziksel uygulamalara ait maddi gerekçelerin belirlenmesi ve gerekli finansal çalışmaların yapılması.

1.2. Trafik Ataması Tarihsel Süreci

Trafik atamasına ait temel kavramlar, 1940'ların başlarında ve ortalarında, İkinci Dünya Savaşı'nın bitiminden kısa bir süre sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde 100'den fazla şehirde gerçekleştirilen ilk Başlangıç-Variş (B-V) araştırmaları ile bağlantılı olarak gelişmiştir. Bu Başlangıç-Variş noktası seyahat çalışmalarının geliştirilmesiyle, şebeke üzerinde bulunan güzergâhların hangi oranda trafik yükü taşıyacağı genel bir yaklaşımla elde edilebiliyordu. Trafik Ataması ile ilgili yapılan bu ilk çalışmalar, yeni yapılan iyileştirilmiş yolların, otoyolların sağladıkları zaman ve maliyet faydasına bağlı olarak, mevcut yollarda bulunan trafikten hangi ölçekte trafik yükü anlamında etkileneceğini belirlemeye dönük olarak yapılan çalışmalardı [2].

Yapılan ilk atama çalışmaları, seyahat süresi maliyetlerinin linkler üzerindeki trafik akım değerlerinden bağımsız olduğu gibi oldukça basitleştirilmiş bir varsayıma dayanmaktaydı. Bu varsayım, B-V çifti için dikkate alınan talebin, ilgili çift için geçerli olan alternatif güzergâhlar arasında serbest akım süresi açısından en düşük seyahat süresine sahip tekil bir güzergâha atanması anlamına gelmekteydi. Bu atama tekniği Ya Hep-Ya Hiç Algoritması (all or nothing algorithm) olarak bilinmektedir. Dolayısı ile bu algoritma, en düşük seyahat süresindeki güzergâh haricindeki diğer alternatif güzergâhları hiç dikkate almamaktadır. Elde edilen sonuçlar, yani linkler üzerinde olduğu kabul edilen trafik miktarları, seyahat süresi-akım etkileşimini dikkate almadığı için gerçekçi olmayan değerler üretmekteydi. İkinci bölümde bu algoritma hakkında daha detaylı bilgiler ve açıklamalar verilecektir. Daha sonraki

süreçte, güzergâh seçimleri ile ilgili olarak akım değerleri ile zaman ve mesafe faktörleri arasındaki ilişkilendirmelere dönük olarak ABD de FHWA (Federal Highway Administration) tarafından deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, linkler üzerinde oluşacak trafik miktarlarının tahmini için standart bir trafik saptırma eğrisi geliştirilmiştir. Kullanılan eğriler, benzer iki şebeke ile bunlara alternatif konumdaki diğer bir alternatif üzerinden elde edilen gözlemsel verilere dayanıyordu. Bu eğrilerin belirlenmesinde, önerilen otoban kullanılarak tasarruf edilen zaman ve mesafelerin, mevcut iki güzergâh için geçerli seyahat sürelerine ve mesafelere olan oranları gibi farklı parametreler kullanılmıştır [2].

1950'lerin başlarında, sürücülerin zonlar arası yaptıkları seyahatleri belirlemek için seçtikleri güzergâhları değerlendirmede önemli zorluklar yaşanmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak da güzergâh seçimi kararları, mühendislerin seyahat süresi, mesafe ve kullanıcı maliyeti değerlendirmelerine dayalı bilgileri ve muhakemeleri ile genellikle manuel bir şekilde yapıldı. Mevcut ve gelecekteki kentsel alan ulaşım sistemlerinin detaylı analizi, daha mantıklı ve etkin atama prosedürleri gerektirdiğinden ve atama aşamasında yapılacak çok sayıda işlem, otomatik bilgi işlem makinelerinin, bilgisayarların, kullanımını zorunlu kıldığından, ulaşım mühendisleri, bir kentsel şebekeye trafik atama yapılması için daha verimli bir yönteme ihtiyaç duyuyordu [2].

Chicago bölgesi ulaşım birimi personeli, trafiği büyük bir kentsel yol şebekesine atamak için bir bilgisayar programı arıyordu ve bunu geliştirmek için Armour araştırma Vakfı ile sözleşme yaptı. Araştırmalar, linklerdeki ortalama seyahat sürelerine ve hızlarına bağlı olarak bir şebekedeki minimum süreli güzergâhları bulmaya yönelik tam bilgisayar destekli atama programının geliştirilmesini sağladı. 1960 yılında da, Columbia bölgesi ulaşım birimi ile General Electric Bilgisayar Departmanı arasında sağlanan işbirliği, güzergâhların hesaplanmasında seçilen dönüşleri yasaklayabilen bir atama programı geliştirilmesine imkân sağladı [2].

Bu süreç içerisinde ulaştırma çalışmalarında önemli adımlar atılmış, iyileştirilmiş atama teknikleri geliştirilmiştir. Ya Hep Ya Hiç atamalarının gerçekçi olmayan sonuçları, seyahat sürelerinin trafik akım değerlerine bağlı olarak güncellendiği ve

dolayısıyla tıkanıklık etkilerini daha fazla hesaba katan algoritmaların geliştirilmesine yol açmıştır. Şebekelere trafik atarken seyahat sürelerinin ve hızların trafik hacimleri ile ilişkilendirilmesi ihtiyacı, link performans kavramlarının geliştirilmesine vesile olmuştur. Bu kavramlar 1.4. nolu başlıkta açıklanmıştır [2].

Tablo 1.1. Ulaşım planlama yaklaşımlarındaki gelişmeler

Periyod	Yaklaşım	Konu ve sorunlar	Modeller ve Yöntemler	Uygulama
1920'ler	Sistemik Analiz ve Kavramsal Planlama	Tıkanıklık, Hava Kirliliği, Çevre kalitesi	Trafik anketleri	Metro ve otoyol planlaması, site planlaması
1930'lar				
1940'lar	Operasyonel Planlama	Hareketlilik, tetiklenen trafik	Seyahat örüntü analizi, yolculuk oluşturma ve yolculuk dağıtım analizi	Ulaştırma mühendisliği, cadde genişletme
1950'ler		Trafik sakinleştirici erişilebilirlik, güvenlik	Kentsel trafiğin sistemik analizi, sürücü davranışları(Wardrop Kuralı)	Trafik planlama, trafik yönetimi, otoyollar
1960'lar	Kapsamlı planlama	Arazi kullanımı ulaşım etkileşimi, halkın katılımı	Mekansal etkileşim modelleri (Lowry Modeli), Yerçekimi Modeli,	Uzun menzilli otoyol ve toplu taşıma planlaması
1970'ler		Verimlilik, modların entegrasyonu.	Sistem teorisi, birleşik modeller, Evans algoritması, Wilson modeli, Entropy modelleri.	Gelişmiş toplu taşıma sistemleri,
1980'ler	Revizyon testi (kısa vadeli) planlama	Tıkanıklık fiyatlandırması, belirsizlik, esneklik, karşılanabilirlik	Seyahat süresi değerlendirme yöntemleri, ayrık Seçim modelleri, bireysel fayda, seyahat talep yönetimi,	Kısa vadeli planlama, ulaşım sistemi yönetimi, hafif raylı ulaşım sistemleri.
1990'lar	Çeşitlendirilmiş planlama	Sürdürülebilirlik, eşitlik, erişilebilirlik, güvenlik, çevre kalitesi.	Coğrafi bilgi sistemi, dinamik ağ atama modelleri, yapay sinir ağları	Akıllı ulaşım sistemleri, çok modelli sistemler
2000'ler				

Kaynak: (Meyer ve miller, (1984, Lewis et al, 1990, Dimitriou, 1992, Batty 1994, weiner, 1997 ve WBCSD,2000)

1.3. Ulaşım Şebekelerinin Topolojisi

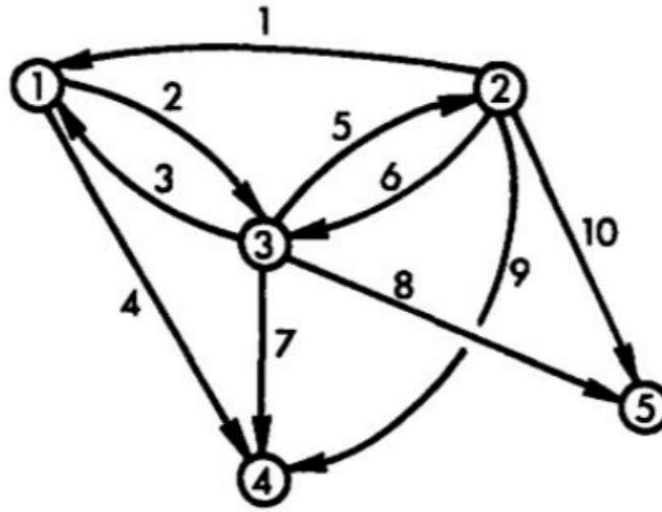
Genel anlamda şebekeler; yollar, kavşaklar, telefon ve su hatları gibi değişik fiziksel yapıların oluşturduğu sistemlerdir.

Ulaşım şebeke sistemleri temelde iki unsurdan oluşur.

- Bağlantı noktaları (noktalar kümesi)
- Bu noktaları birbirine bağlayan linkler

Bu bakış açısıyla bakıldığında, ulaşım şebekeleri düğüm noktası olarak adlandırılan bağlantı noktalarından ve bu bağlantı noktalarını birbirine bağlayan karayolu kesimlerinden, yani linklerden (bağlardan) oluşmaktadır. Bazı şebekelerde düğüm noktaları arasındaki bağlantılar belli trafik akımlarına müsaade edilecek şekilde tasarlanabilir. Bu linkler yönlendirilmiş linkler olarak adlandırılır.

Aşağıdaki Şekil 1.1.'de, 5 düğüm noktası ve 10 link den oluşan basit bir ulaşım şebekesi gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Yönlendirilmiş tipik bir kentsel ulaşım şebeke topolojisi

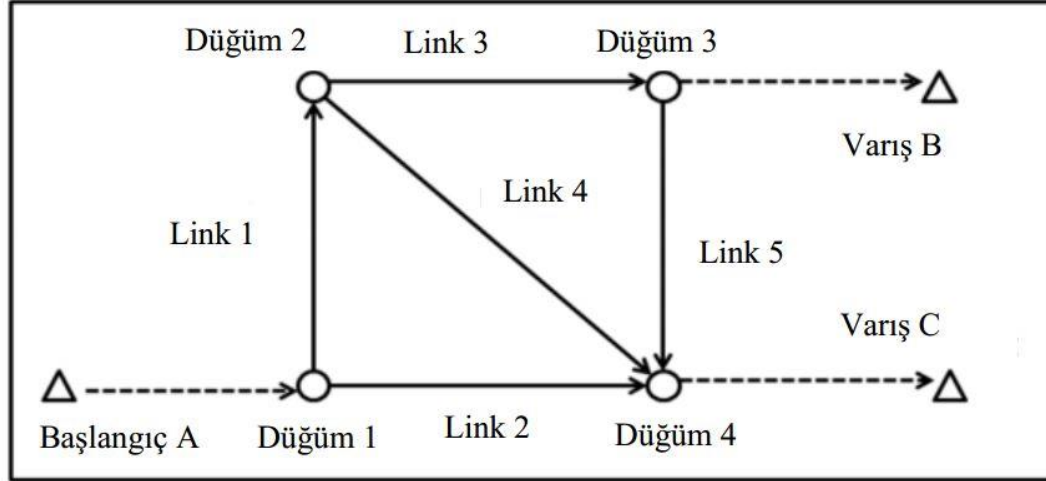
Topolojisi verilen bu ulaşım şebekesine ait trafik akım yönleri ve hareketlilik yapıları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 1.2. Şebeke hareketliliği

Düğüm	Düğüm				
	1	2	3	4	5
1			2	4	
2	1		6	9	10
3	3	5		7	8
4					
5					

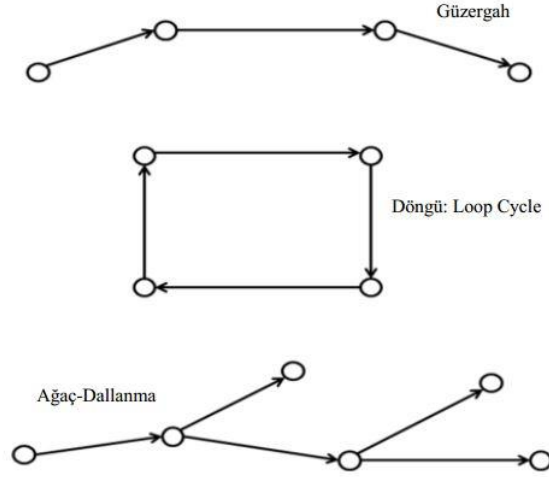
Linkler (bağlantılar) ve düğümler arasındaki fiziksel ilişkiyi tanımlamak için topoloji teriminin kullanıldığı ifade edilmişti. Tablo bir matris olarak ele alınırsa, bu matrise bağlantı-düğüm akım matrisi denilebilir.

Şekil 1.2.'den de görülebileceği gibi, her bağlantı iki düğüm noktasını fiziksel olarak ilişkilendirmektedir. Güzergâhlar, düğümlerin birbiri ardına bir yönde linkler üzerinden bağlanması ile elde edilir.



Şekil 1.2. Detaylandırılmış tipik bir ulaşım şebekesi

Şayet yolculuk aynı düğümden başlayıp yine aynı düğümde bitiyorsa, oluşan güzergâh döngü / loop (cycle) güzergâhı olarak adlandırılır. Eğer yolculuk bir düğümden başlayıp başka düğümlerde bitiyorsa, bu durumda ağac (tree) güzergâhlar elde edilir.



Şekil 1.3. Güzergah tipleri

Kentsel ulaşım şebeke konseptinde, linklerin analiz süreçlerinde dikkate alınan temel özellikleri şunlardır.

1. Linklerin uzunlukları.
2. Link seyahat maliyeti (seyahat süresi, yakıt tüketimi veya zaman-mesafe kombinasyonu vb.)
3. Link kapasitesi (genellikle saatli olarak alınan maksimum trafik hacim değeri).

Ulaşım şebekelerindeki hareketlilikten bahsedildiğine, Başlangıç ve Varış noktaları arasında yapılan yolculuklar dikkate alınır. Başlangıç veya Bitiş Noktaları, yapılan yolculukların amaçlarına göre kategorize edilmelerini de sağlarlar. Başlangıç veya bitiş noktalarından birinin ev olduğu yolculuklar Ev-tabanlı yolculuklar olarak sınıflandırılırken, Varış noktası iş noktası ise bu tip yolculuklar ev tabanlı iş yolculukları olarak adlandırılır. Varış noktası iş değilse, bu tip yolculuklar ev tabanlı iş olmayan yolculuklar olarak, başlangıç Varışın her ikisi de ev uçlu değilse bu tip yolculuklar da ev tabanlı olmayan yolculuklar olarak değerlendirilir. Kentsel hareketlilik yapıları analiz edildiğinde yapılan yolculukların büyük oranda ev tabanlı yolculuklar olduğu görülmektedir.

1.4. Link Performans Fonksiyonu

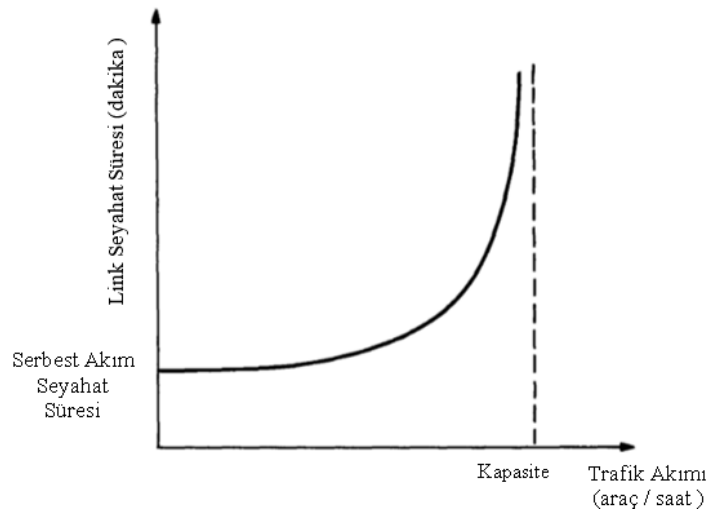
Bir linkteki hız artan trafik hacminin bir sonucu olarak, kademeli olarak düşme eğilimindedir. Artan trafik miktarına bağlı olarak kuyruklama etkileri daha önemli hale geldikçe, linkteki ortalama hız ve ilgili seyahat sürelerindeki artış birim araç artışında çok daha fazla olabilmektedir. Bu nedenle trafik sistemlerinin analizinde ortalama seyahat süreleri, trafik akım miktarı ile doğrusal olmayan bir ilişkiyle artan fonksiyonlar olarak modellenirler. Matematiksel modellemelerde kullanılan parametreler genellikle pratik trafik hacim kapasite kullanım oranlarını, serbest akım seyahat sürelerini, bazen de güzergâh seçim sürecinde sistem kullanıcılarını etkileyen seyahat süresi dışındaki genelleştirilmiş faktörlerin toplu etkilerini içerir.

Bu anlamda ele alındığında seyahat süresi, güvenilirlik, seyahat maliyeti, akım stabilitesi gibi unsurlar kentsel bir ulaşım şebekesinde bulunan linklerin sahip oldukları hizmet düzeyi veya performans analizlerinde tekil veya birlikte analiz süreçlerine dahil edilebilirler. Bununla beraber, bu unsurlardan en önemli olanı ve birçok çalışmada tek gösterge olarak dikkate alınanı, seyahat süresidir.

Trafik tıkanıklığına bağlı olarak, kentsel sokak, cadde ve kavşaklarda seyahat süresi, akımın artan bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mevcut trafik miktarının ilgili link üzerindeki seyahat süresini değiştireceği dikkate alındığında, genellikle link seyahat süresi üzerinden ifade edilen performans fonksiyonları, linklerin sahip oldukları anlık trafik hacmi ile yakından etkileşim halinde olacaktır.

Şekil 1.4. trafik hacmi ile seyahat süresine bağlı olarak bir linke ait tipik performans fonksiyonunu göstermektedir.



Şekil 1.4. Tipik link performans fonksiyonu

Link performans fonksiyonu incelendiğinde çok tipik bir özellik olarak, trafik akım değeri kapasiteye yaklaştığında performans fonksiyonun asimptotik davranmaya başladığı görülecektir. Trafik akım değerleri kapasiteyi aştığında kuyruklar büyüyecek ve nihayetinde trafik durma noktasına geleceği için, bu durumlarda performans fonksiyonu tanımlanamamaktadır.

Link performans fonksiyonları ile ilgili matematiksel yapılar elde edilirken farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda trafik akım değerleri ile seyahat süreleri arasındaki ilişkileri oldukça basitleştiren kabuller yapıldığı gibi, akım-hız-süre etkileşimlerini dikkate alan daha gerçekçi yaklaşımlar da kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda ise belli ölçeklerde kuyruklanma etkileri de dikkate alınarak link performans fonksiyonlarının matematiksel yapıları elde edilmiştir [2].

Genel olarak bu matematiksel yapılara bakıldığında link üzerindeki seyahat sürelerinin temelde,

- Link üzerindeki mevcut trafik akım değerine,
- Serbest akım seyahat süresine
- Link kapasitesine
- bağlı olarak elde edildikleri görülür.

Ulaşım mühendislerinin link seyahat süresini hesaplamada en yaygın kullandıkları bağıntılardan biri, aşağıda verilen ve BPR (The Bureau of Public Roads) tarafından geliştirilen link performans fonksiyonudur.

$$T_a = t_{ao} * \left[1 + \alpha_i \left(\frac{X_a}{C_a} \right)^\beta \right] \quad (1.1)$$

bu fonksiyondaki

T_a = a linkine ait dakika cinsinden seyahat süresini

t_{ao} = a linkine ait serbest akım seyahat süresini

X_a = a linkine ait otomobil eşdeğeri cinsinden trafik akım değerini (otomobil / saat)

C_a = a linkine ait otomobil eşdeğeri cinsinden kapasite değerini (otomobil/hour)

α_i & β sırası ile 0.15 ve 4.0 olarak alınabilecek sabiteleri ifade etmektedir.

Seyahat süresi dışındaki birçok faktör, farklı seyahat amaçları için güzergâh seçimini etkilemektedir. Ampirik çalışmalarda, sürücülerin aranan güzergâh türüne yönelik tutumları üzerinde mesafe, trafik sinyallerinin sıklığı, yakıt tüketimi, geçiş ücretleri, güvenlik, güzel manzaraların varlığı gibi faktörlerin etkili olduğu bildirilmiştir [2].

1.5. Trafik Atama Problemi Tanımı

1950'lerin sonlarından günümüze kadar farklı stratejik ulaşım modelleri, ulaşım politikalarının uzun vadeli etkisini ve ulaşım sistemlerinin tasarımı ve yönetimini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Karayolu trafik sıkışıklığının dünyadaki birçok ulaşım sisteminin ortak ve yapısal bir parçası olması, bu modellerin dünya genelinde kullanılmalarını sağlamıştır. Ulaşım şebekesinde verilen bir başlangıç ve varış çifti (B-V) arasında seyahat etmek isteyen ve miktarı belli araçların kullanabilecekleri alternatif güzergâhlar da belli ise, bu durumda ulaşım mühendislerini ilgilendiren en temel soru, mevcut ve kullanım olasılığı olan güzergâhlara bu trafiğin nasıl dağıtılacağıdır. Bu sorunun ele alınmasında kullanılan trafik atama modelleri, girdi olarak seyahat talebini ve şebeke topolojisini kullanarak, sistem kullanıcılarının trafik akım değerlerine bağlı

olarak seçecekleri güzergâhları belirlemede kullandıkları bir Kullanıcı Dengesi Problemi çözümü esasına dayanırlar [3].

Bu anlamda bakıldığında;

- Ulaşım şebekesine ait topoloji
- Seyahat sürelerinin hesabında kullanılacak link performans fonksiyonları
- Zonlar arasındaki hareketliliği temsil eden Başlangıç – Varış seyahat matrisi model verileri olarak kullanılırken,

Şebekede bulunan linklere ait;

- Trafik akım değerlerinin ve ilgili seyahat sürelerinin belirlenmesi model çıktısı olarak elde edilmektedir.

Trafik Atama probleminin çözümü esasında, sürücülerin güzergâh seçim mekanizmalarını açıklayan temel bir kuralın belirlenmesine dayanmaktadır. Bu kural, yolculuklar ile güzergahlar üzerinde bulunan linkler arasındaki etkileşime bağlı olarak oluşacak trafik akım değerlerini açıklayan bir fonksiyon veya prosedür olarak değerlendirilebilir.

Şebekede bulunan tüm linklerin sahip oldukları farklı performans fonksiyonları ile verilen talep miktarları arasındaki karşılıklı etkileşim, Kullanıcı Dengesine tekabül eden trafik akımlarının ve ilgili seyahat sürelerinin elde edilmesini sağlar.

Her bir sistem kullanıcısının rasyonel bir yaklaşım olarak, seyahat ettiği başlangıç varış çiftinde yolculuk süresini minimize etmeye çalışacağı kabul edilebilir. Bu kabul tüm sistem kullanıcıların başlangıç varış çifti arasında ki güzergâhlardan sadece biri üzerine atanması sonucunu doğurmayacaktır. Zira linkler üzerinde oluşacak farklı trafik akımlarına bağlı olarak seyahat süreleri, değişen seyahat sürelerine bağlı olarak da tercih edilecek güzergâhlar değişecektir.

Hiç bir sistem kullanıcısının (sürücünün) tek taraflı olarak güzergâhını değiştirerek, seyahat süresini azaltamayacağı duruma tekabül eden durum Denge Durumu, kararlı durum olarak adlandırılır.

Bireysel sürücülerin güzergâhlarını diğer sürücülerin aldıkları kararlardan bağımsız olarak tek başlarına belirledikleri kabul edilirse ve Denge Durumuna da bu kendi bireysel tercihleri ile gelindiği dikkate alınır, şebekede elde edilen Denge Durumu gerçek bir Denge Durumunu temsil edecektir. Sistem harici herhangi bir kuvvet, şebekedeki yapıyı bu denge durumundan uzaklaştıracak etkiye sahip olmayacaktır.

Sürücülerin şebeke hakkında mükemmel ve tam bir bilgi sahibi oldukları, tüm alternatif güzergâhları ve bunların üzerindeki anlık yolculuk sürelerini bildikleri ve güzergâhlarını buna göre belirledikleri kabulü ile elde edilen trafik akım değerleri Deterministik Kullanıcı Dengesi olarak adlandırılır.

Bir diğer yaklaşım olarak da, sistem kullanıcılarının bu bilgilere sahip olmadıkları, seyahat edecekleri güzergâhları seyahate başladıkları anda şebekeye ait algıladıkları seyahat sürelerine göre belirledikleri kabul edilebilir. Dolayısı ile algılanan seyahat süreleri sürücüler üzerine farklı farklı dağıtılabilecek bir rastgele değişken olarak değerlendirilebilir Bu durumda ortaya çıkan denge trafik akım değerleri, Stokastik Kullanıcı Dengesi olarak adlandırılır [3].

Seyahat matrisinin statik veya değişken karakterli olmasına göre yapılan trafik atama işlemleri sırası ile statik ve dinamik atama teknikleri olarak bilinmektedir.

Statik Trafik Atama yaklaşımında, trafik akımlarının zamana bağlı olmadığı, bir diğer ifade ile sadece belli bir sabit talebin dikkate alındığı varsayılmaktadır. Seyahat matrisinin dinamik karakterde olduğu gerçeği dikkate alınarak geliştirilen atama modelleri ise, dinamik atama modelleri olarak adlandırılır. Yolculuk talebinin değişken yapısı dikkate alındığında, dinamik atama modellerinin daha sahici sonuçlar üreteceği aşikârdır [3].

1.6. Araştırma İhtiyacı ve Önemi

Kentlerde artan nüfus, gündelik yapılan yolculuk sayılarını artıracak için, mevcut ulaşım şebekesinin performansı bu artıştan olumsuz olarak etkilenecektir. Kent yaşam dokusunun çok hızlı değişimine bağlı olarak günümüz ulaşım şebeke performanslarının analizi sık sık yapılarak, sistem kullanıcıların talep ettiği hizmet düzeylerinin elde edilmesi oldukça önem arz etmektedir. Performans analizlerinin temel parametresi olan “kapasite kullanım oranı” değerlerinin belirlenmesi için, linkler üzerindeki trafik akım değerlerinin tespit edilmesi gerekir. Dolayısı ile, trafik atama tekniklerini kullanarak ilgili link akım değerlerinin belirlenmesi, ulaşım mühendislerinin elinde bulunan en temel ve etkin enstrümanlardan biridir. Bu tez çalışmasında farklı atama tekniklerinin sistem performansına olan etkilerinin tespit edilmesi için Artırımsal Trafik Atama tekniği kullanılarak bir algoritma ve yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım ile ulaşım şebekeleri test edilerek, yazılımın performansı da ayrıca analiz edilmiştir.

1.7. Çalışmanın Amacı

Yapılacak olan bu çalışma ile farklı trafik atama teknikleri ve metodları kullanılarak, kent merkezi ulaşım şebeke sistemlerine karşılaştırmalı seyahat süresi şebeke güvenilirlik performans analizi yapılacaktır. En kısa yol algoritmaları da kullanılarak yapılacak çalışmalarda, kent şebekesine ait kapasite sorunu yaşayacak linkler ve güzergâhlar belirlenerek, iyileştirmelere dönük gerekli uygulama önerilerinde bulunulacaktır.

1.8. Araştırma Metodu

Bu çalışmada, analizi yapılan şebeke sisteminde ki Başlangıç-Varış talep değerleri, yani seyahat matrisleri kullanılarak, sistem linklerinde oluşacak trafik akım miktarları geliştirilen trafik atama yazılımı ile ayrı ayrı hesap edilmiş böylece de kapasite analizleri üzerinden seyahat süresi değerleri belirlenerek, şebeke seyahat süresi

güvenilirlik performans analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, şebeke planlama ve uygulama stratejileri önerilmiştir.

1.9. Tez İçeriği ve Organizasyonu

Tez içeriği ve sistematığı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

- BÖLÜM 1 (Giriş)

Tezin birinci bölümünde trafik atama problem tanımı, trafik atamasının tarihçesi, ulaşım şebekelerinin topolojisi, link performans analizleri, araştırma ihtiyacı ve önemi, çalışmanın amacı ve araştırma metodu açıklanmıştır.

- BÖLÜM 2 (Literatür Araştırması)

İkinci bölümde, literatür araştırması çerçevesinde, trafik talebi ve trafik atama teknikleri gibi başlıklar açıklanmıştır.

- BÖLÜM 3 (Materyal ve Yöntem)

Üçüncü bölümde, araştırma yöntemi ayrıntıları ile açıklanmıştır.

- BÖLÜM 4 (Araştırma Bulguları)

Dördüncü bölümde, araştırmanın sonuçları çıktılar halinde sunulmuş ve analiz edilmiştir.

- BÖLÜM 5 (Değerlendirme)

Beşinci bölümde, analiz sonuçlarına dayanarak değerlendirmeler yapılmıştır.

- BÖLÜM 6 (Sonuçlar ve Öneriler)

Altıncı ve son bölümde, sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.



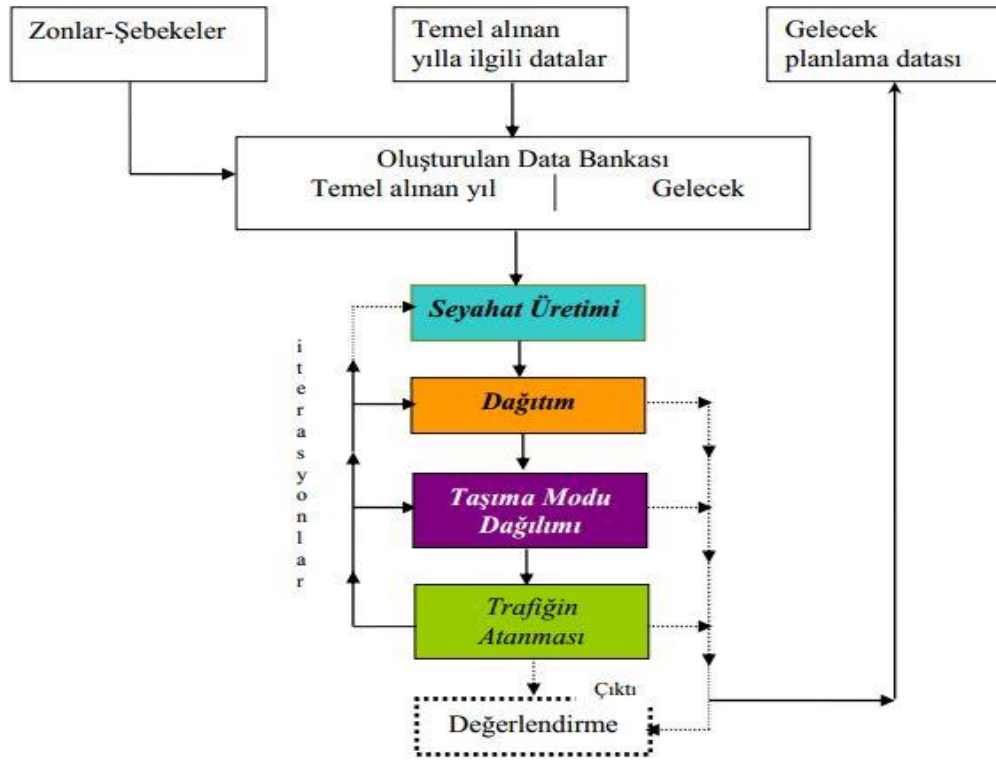
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde trafik ataması kavramı ve trafik atama teknikleri detaylı olarak ele alınacaktır.

2.1. Trafik atamasına genel bakış

Birinci bölümde bahsedildiği gibi, verilen seyahat matrisinin belirtilen ulaşım sistemine tahsis edilmesi işlemi genellikle trafik ataması olarak adlandırılır. Bu atama sonucunda ulaşım şebekesi üzerinde denge trafik akım değerleri elde edilmiş olur. Trafik atama sürecinin temel amacı, atama yapılacak olan ulaşım şebekesi üzerindeki ilgili linkler üzerinden trafik akım yapılarının mevcut B-V matrisleri üzerinden elde edilmesidir[1].

Şekil 2.1.'de klasik ulaşım modelleme sisteminde kullanılan trafik atama aşamasının yeri ve yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Dört aşamalı klasik ulaşım modelinde trafik atama yapısı

Şekil 2.1.’de görüldüğü gibi ve ulaştırma sistemlerinin modellenmesinde ilk adım seyahat üretimi, ikinci adım seyahat dağıtımı, üçüncü adım ulaşım modu dağılımı, dördüncü ve son adım trafik atamasıdır.

Ayla ALKAN, “A Traffic Assignment Model Proposal For Sustainable Urban Transportation: Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım İçin Bir Trafik Atama Modeli Önerisi” adlı yüksek lisans tezinde iki seviyeli bir model önermiştir. Üst kısımda trafik yöntemi stratejileri ele alınırken, alt kısımda link trafik ataması yapılmıştır. Kullanıcı Dengesi Trafik Ataması yapmak için Frank-Wolfe algoritması kullanırken, Pareto simülasyonu uygulama sonuçlarını görmek üzere kullanılmıştır. Her iki algoritma da MATLAB programında kodlanmış ve iyi bilinen bir şehir ağı üzerinden çalıştırılmıştır [4].

Semih YALCINDAĞ, “Modeling Sustainable Traffic Assignment Policies With Emission Functions and Travel Time Reliability” adlı master tezinde sürdürülebilirlik odaklı bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, gaz emisyonu sürdürülebilirliği ve seyahat süresi güvenilirliği, (Bi-Level) optimizasyon modeli olarak önerilmiştir. Problemin üst

seviyesi ulaşım sistemlerini sürdürülebilir kılmayı amaçlayan ulaştırma yöneticilerinin kararlarını, alt seviyesi ise toplam seyahat sürelerini en aza indirmek için güzergâhlarını seçtikleri varsayılan ağ kullanıcılarının kararlarını temsil etmektedir. Tıkanıklık durumunda biriken emisyon miktarlarının tahmini, trafik akımı ile ilişkilendirilmiş emisyon fonksiyonları üzerinden belirlenmiştir. Önerilen emisyon fonksiyonları ayrıca parasal fiyatlandırma ve kapasite kullanımı ve geliştirilmesi gibi çeşitli politikaları göz önünde bulunduran iki düzeyli programlama temelinde modellendirilmiştir [5].

Çağla DOĞRU, “Sustainable Stochastic Traffic Assignment with Multiple Objectives and User Classes - Birden Fazla Amaç ve Kullanıcı Sınıfı ile Sürdürülebilir Rastlantısal Trafik Ataması” adlı tez çalışmasında, kentsel ulaşım planlamasının trafik atama aşaması için geliştirilen bir çözümün sürdürülebilirliğini değerlendirmek için bazı sosyal, çevresel ve ekonomik kriterleri ortaya koymuştur. Bu anlamda çalışmada şebeke merkezlerine erişilebilirlik, merkezlere erişilebilirlikte eşitlik, trafik kazası sayısı, karbondioksit ve ulaşım araçlarından kaynaklanan gürültü emisyonları gibi kriterler dikkate alınmıştır. Ardından, trafik akışını sürdürülebilir bir şekilde atamak için iki düzeyli (Bi-Level) bir matematiksel model üst kriterlere dikkat edilerek geliştirilmiştir. İki düzeyli (Bi-Level) modelinin alt seviyesi stokastik kullanıcı dengesini içerirken, denge modelinde multinomial logit seçimi ve çoklu kullanıcı sınıfları gibi kavramlar dikkate alınmıştır. Çalışmada sosyal, çevresel ve ekonomik hedefler göz önünde bulundurularak her bir kullanıcı sınıfı için optimum ücret fiyatlandırma stratejisi, çift seviyeli modelin üst seviyesinde tanımlanmıştır [6].

Fikret ZORLU, “Traffic Assignment in Transportation Networks, Case Study: Ankara -Ulaşım Ağlarında Trafik Tahsisi, Örnek Olay: Ankara” adlı tezinde, belirsizlik altındaki dinamik trafik atama modelleri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Son yıllarda araştırmacılar, trafik tıkanıklığını gidermek için gelişmiş trafik kontrolü sistemlerine yönelmişlerdir. Yatırım planlaması stratejileri belirlenirken, dinamik trafik ataması, kentsel ulaşım alanında yeni ve temel bir araştırma alanı olarak görülmektedir. Bu çalışmada, zamana bağlı olan dinamik trafik atama yönteminin performansı, statik modellerle karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçları, dinamik yöntemin trafik akışını

tahmin etmede daha güvenilir sonuçlar verdiğini, dolayısıyla çözüm algoritmasının geleneksel dört aşamalı modele entegre olduğunu göstermiştir. Çalışma, dinamik bir şehirde, Ankara, seyahat talebi değişikliklerini araştırmakta ve bireylerin seyahat davranışlarının dinamik ve belirsiz özelliklerini yanıtlamak için olası stratejileri açıklamaktadır. Araştırma bulguları, hem iç hem de dış belirsizliklerin model güvenilirliğini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Önerilen prosedür, modelin güvenilirliğini artırmak için belirsizliği azaltmayı amaçlamaktadır [7].

“Capacity restraint assignment model using fuzzy travel cost” adlı makalede Bulanık Mantık kullanılarak trafik atamasında seyahat maliyeti, bulanık-en kısa güzergâh, fuzzy trafik atama modeli, fuzzy modelin seyahat maliyet tahmini gibi konular ele alınmıştır [8].

2.2. Seyahat Talebi Tahmini

Seyahat talebi, belirli bir arazi kullanımı, sosyo-ekonomik ve çevresel koşullar altında bir ulaştırma sisteminin belirli bir segmentinde seyahat etmesi beklenebilecek birim zaman başına kişi veya araç sayısı olarak ifade edilir. Seyahat talebini tahmin etme yöntemleri, gözlemlenen eğilimlerin basit bir şekilde tahmin edilmesinden, kapsamlı veri toplama ve matematiksel modelleme içeren karmaşık bir bilgisayarlı sürece kadar değişebilir [9].

Üretim ve çekim merkezleri (Trafik analiz zonları- TAZ) genel olarak Başlangıç ve Varış noktaları (B-V) olarak adlandırılır. Buna göre başlangıcı belli olan yolculukların, şebekede bulunan alternatif varış noktalarına nasıl dağılacaklarının belirlenmesi yolculuk dağılımı olarak adlandırılırken, elde edilen matris de seyahat (yolculuk) matrisi olarak bilinir. Aşağıda verilen Tablo 2.1. seyahat matrisini göstermektedir. Matrisin her hücresi, belirli bir başlangıç, i , noktasından varış, j , noktasına yapılacak yolcuların toplam sayısı olan T_{ij} ' yi ifade etmektedir.

Tablo 2.1. Başlangıç-Varış seyahat matrisi

		VARİŞLAR (j)					
		1	2	3.....	j.....z		$\sum_j T_{ij}$
BAŞLANGIÇLAR (i)							
1		T_{11}	T_{12}	$T_{13}.....$	$T_{1j}.....T_{1z}$		O_1
2		T_{21}	T_{22}	$T_{23}.....$	$T_{2j}.....T_{2z}$		O_2
3		T_{31}	T_{32}	$T_{33}.....$	$T_{3j}.....T_{3z}$		O_3
.		.	.	.	.		.
i		T_{i1}	T_{i2}	$T_{i3}.....$	$T_{ij}.....T_{iz}$		O_i
.		.	.	.	.		.
z		T_{z1}	T_{z2}	$T_{z3}.....$	$T_{zj}.....T_{zz}$		O_z
$\sum_i T_{ij}$		D_1	D_2	$D_3.....$	D_j	D_z	$\sum_i T_{ij} = T$

Kullanıcı talebi üç şekilde ele alınabilir [9].

1: Başlangıç ve Varış çiftleri arasındaki talebin günün zamanından bağımsız olarak hiçbir koşulda değişmediği varsayılan, sabit talep söz konusu olabilir.

2: Gerçekte her bir B-V çifti arasındaki talep, ulaşım şebekesinin tıkanıklık seviyesine bağlı olabilir. B-V çifti arasındaki şebeke koşullarına göre değişebilen talep türü elastik talep olarak adlandırılır.

3: Uzun veya kısa sürede talep belirsizliğinin dikkate alınması durumundaki talep de, stokastik talep olarak değerlendirilir.

2.2.1. Talep tahmin yaklaşımları

Ulaşım planlamasında iki temel talep tahmini durumu vardır: Bunlardan birincisi, kentsel alanlar için seyahat talebi ile ilgili iken, ikincisi ise şehirlerarası seyahat talebi ile ilgilidir. Kentsel seyahat talebi tahminleri 1950' ve 1960 larda ilk geliştirildiğinde,

ev mülakatı veya yol kenarı mülakat anketleri kullanılarak kapsamlı veri tabanlarının hazırlanması gerekiyordu. Toplanan bilgiler yolculuk yapan kişinin yaş, cinsiyet, gelir, özel araç sahipliği gibi özellikleri hakkında yararlı bilgiler sağlamıştır.

Seyahat verileri bu anlamda zonlara göre toplanabilir ve/veya değişkenler arasındaki ilişkileri formüle etmek ve modelleri kalibre etmek için daha ayrıştırılmış bir seviyede (yani hanehalkı veya bireysel düzeyde) analizler yapılabilir. Şehirlerarası durumda ki seyahat tahmin çalışmaları, genellikle şehir nüfusu, şehir ortalama geliri, şehir çiftleri arasındaki seyahat süresi veya seyahat maliyeti gibi unsurlar dikkate alınarak yapılmaktadır [9].

2.2.2. Seyahat talebini etkileyen faktörler

Kentsel seyahat talebini etkileyen üç temel faktörden bahsedilebilir. Bunlar;

- Arazi kullanımının yeri ve yoğunluğu

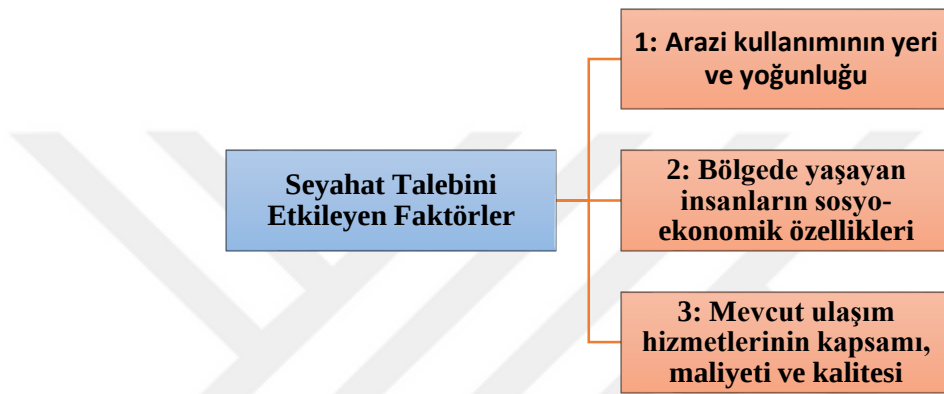
Arazi kullanım özellikleri seyahat talebinin birincil belirleyicisidir. Bir zon tarafından üretilen trafik miktarı, arazinin nasıl kullanıldığına bağlıdır. Örneğin, alışveriş merkezleri, konut yerleşkeleri ve ofis binalarının varlığı veya yokluğu, ayrıca bu noktalara erişim kolaylıkları farklı yolculuk miktarları üretecektir.

- Bölgede yaşayan insanların sosyo-ekonomik özellikleri

Zon'da yaşayan insanların sosyoekonomik özellikleri de ulaşım talebini etkilemektedir. Yaşam tarzları ve öncelikler, insanların sahip oldukları imkânları, hareketlilik ihtiyaçlarında nasıl kullanmaya karar verdiklerini etkilemektedir. Örneğin, yüksek gelir grubuna sahip insanların yaşadıkları bölgelerde ki hareketlilik ve yolculuk değerleri, özel araç sahiplik oranlarına bağlı olarak yüksek değerlerde elde edilecektir [9].

- Mevcut ulaşım hizmetlerinin kapsamı, maliyeti ve kalitesi

Kentsel ulaşım şebekelerinde sistem kullanıcıları, alternatif ulaşım modları tarafından sağlanan hizmet düzeyine duyarlıdır. Bu anlamda bakıldığında seyahat etmeye veya kullanılacak moda karar verirken, seyahat süresi, yolculuk maliyeti, kolaylık, konfor ve güvenlik gibi özellikleri göz önünde bulundururlar. Şekil 2.1.'de sistem kullanıcıları açısından seyahatlerine etki eden ana faktörler özetlenmiştir.



Şekil 2.2. Seyahat talebine etkileyen faktörler

2.3. Güzergâh Seçimi ve Trafik Ataması

Başlangıç Varış çiftleri arasındaki sistem kullanıcıları tarafından kullanılacak güzergahlar, dolayısı ile de linkler, atama sonunda sahip oldukları trafik yükü ölçüsünde belli bir kapasite kullanım oranlarına, seyahat sürelerine ve kuyruklanma uzunluklarına bağlı olarak analiz sürecine dahil edilirler. Bu şekilde ulaşım şebekesinde bulunan linklerden hangilerinin sistem performansı açısından kritik linkler oldukları belirlenmiş olacaktır.

Sistem kullanıcıları güzergâhlarını belirlerken; en kısa seyahat süresini, en kısa seyahat mesafesini veya minimum seyahat maliyetini dikkate alarak karar verirler.

2.4. Trafik Atama Teknikleri

En temel yaklaşımda trafik atama teknikleri bireysel kullanıcıların çıkarlarını optimize eden Kullanıcı Dengeli Atama Algoritmaları (User Equilibrium Assignment-UE) ile sistemsel optimizasyonu önceleyen Sistem Optimum Atama Algoritmaları (System Optimum Assignment-SO) olarak iki ana alana ayrılabilir. Bir başka yaklaşım olarak atama algoritmaları deterministik veya stokastik algoritmalar olarak da sınıflandırılabilir [10].

Ya hep Ya Hiç Algoritması (All-or-nothing assignment), Artırımlı Trafik Ataması (Incremental Traffic Assignment), Kapasite Sınırlayıcı Atama Algoritması (Capacity Restraint Assignment) algoritmaları, en çok kullanılan algoritmalar olarak öne çıkmaktadır. Tablo 2.2. genel olarak kullanılan atama tekniklerini özetlemektedir [10].

Tablo 2.2. Trafik atama yöntemleri

		Stokastik Etki	
		YOK	VAR
Kapasite Sınırlayıcı Şartı	YOK	All or Nothing	Pure Stochastic Dial's, Burrell's
	VAR	Wardrop's Equilibrium	Stochastic Equilibrium [Logit, Probit]

Trafik atama tekniklerinin matematiksel yapısı oluşturulurken, sistem kullanıcıların davranışlarını modellemek üzere şebekedeki tüm sürücülerin şebeke hakkında mükemmel bilgiye sahip oldukları kabulü ile linkler üzerindeki trafik akımlarının;

- Sistemdeki hiçbir sürücünün güzergâhını değiştirerek seyahat maliyetini (zaman, parasal vb.) azaltmadığı,
- B-V çifti arasında kullanılan tüm güzergâhların (dolayısıyla linklerin) minimum ve eşit maliyete sahip oldukları, kullanılmayan diğer bütün güzergâhların da bu maliyetlerden daha yüksek maliyetlere sahip oldukları,

Prensipleri doğrultusunda gerçekleşecekleri öngörülür. Bu prensipler, Wardrop'un I. Prensipleri olarak bilinir.

Sosyal denge koşullarında, tıkanıklığın olduğu şebekelerde trafik o şekilde düzenlenmelidir ki, toplam (veya averaj, ortalama) seyahat maliyetinin minimize edildiği bir yaklaşıma dayanan bu düzenlemelerde trafik atama algoritmaları, Wardrop'un ikinci prensibi olan dizayn prensibi esas çerçevesinde geliştirilirler. [10]

Birinci prensip, bireylerin kendi çıkarlarını maksimize etmeye çalıştığını ifade ederken, ikinci prensip, sosyal maliyet açısından toplam maliyeti minimize etmeye çalışmaktadır [10].

2.4.1. Ya hep ya hiç algoritması (all-or-nothing assignment)

Bu yöntemde, herhangi bir başlangıç noktasından bir varış noktasına yapılacak yolculuklar, mevcut alternatif güzergâhlardan minimum maliyete sahip olan güzergâha yüklenir. Ayrıca, link seyahat sürelerinin trafik akım değerlerinden de bağımsız olarak gerçekleştiği kabulü söz konusudur. Aynı veya neredeyse benzer seyahat maliyetine sahip başka güzergâhlar şebekede mevcut olsa bile, her bir B-V çifti arasında sadece bir güzergâha tüm atama yapıldığı için bu algoritma gerçekçi sonuçlar üretmeyebilecektir.

Bununla birlikte, bu model, az sayıda alternatif güzergâhın olduğu ve seyahat maliyetinde büyük farkların olduğu güzergâhlara sahip şebekelerde kullanılabilir. Bu modelin en önemli pratik uygulaması, diğer atama teknikleri için bir yapı taşı görevi görmesidir. Link seyahat süresinin link trafik hacimlerinin bir fonksiyonu olduğu ve bu etkileşimin denge trafik akım değerlerini etkilediği iteratif atama tekniklerinde, başlangıç aşamasında ya hep ya hiç algoritması kullanılmaktadır.

Ya hep ya hiç algoritmasının işlem adımları aşağıda belirtilmiştir.

1. B-V çifti arasındaki en düşük maliyetli güzergâh bulunur.
2. Tüm talep bu en kısa güzergâha, dolayısı ile güzergâhta bulunan linklere atanır.
3. Seyahat matrisinde belirtilen yolculuk talepleri şebekede bulunan tüm B-V çiftleri arasında atanana kadar işlemlere devam edilir.

Bu yaklaşımın temel avantajı, hesaplamanın tek adımda yapılması, iteratif atama işlemlerine gereksinim duyulmamasıdır. Bu nedenle, atama prosedürü ekonomiktir ve analiz sonuçlarının elde edilmesi kolaydır [2].

2.4.2. Artırımlı trafik ataması (İteratif atama algoritması - Incremental traffic assignment)

Artırımlı trafik atama, trafik hacimlerinin kısmi adımlarla atandığı bir prosedürel süreç içerir. Her adımda, toplam talebin sabit veya değişken bir oranı şebekeye atanır. Her iterasyondan sonra, link seyahat süreleri link hacimlerine göre yeniden hesaplanarak, tüm talebin şebekeye atanması ile denge trafik akımları elde edilmiş olur.

Artırımlı algoritmada, link seyahat sürelerini etkileyen trafik akım değerleri link kapasiteleriyle ilişkilendirilir ve kapasite kullanım oranlarına göre değişen link seyahat süreleri dikkate alınarak denge trafik akım değerleri belirlenir. Böylece yeni seyahat süreleri, itersayon sayısı kadar ilgili linklere atanan trafik miktarları dikkate alınarak güncellenmektedir. Güncellenen bu seyahat süreleri de bir sonraki iterasyonda trafik akım değerlerinin linklerde değişmesine neden olacağından, etkileşen bu iki ana öge (seyahat süreleri ve akım değerleri) algoritmanın yinelemeli yapısının temelini oluşturmaktadır. Dolayısı ile ya hep ya hiç algoritmasına göre çok daha gerçekçi link akım değerleri bu algoritmanın sonuçları olarak elde edilmektedir.

Atama oranlarına bağlı olarak, güzergâhlar üzerinde oluşacak seyahat süreleri arasında farklılıklar oluşacaktır. Nihai denge durumuna tekabül edecek trafik akım değerlerinin üreteceği seyahat süreleri arasındaki farkın istenilen düzeyde kalabilmesi için, atama oranlarının mümkün olduğunca düşük seviyelerde tutulması gerekmektedir.

2.4.2.1. Artırımlı trafik atama algoritmasının aşamaları

Artırımlı atama algoritmasının temel işlem adımları aşağıda sunulmuştur.

Adım 1: Başlangıçta serbest akım koşullarının olduğu duruma tekabül eden en düşük maliyetli, genellikle seyahat süreli, güzergâhlar elde edilir.

Adım 2: Trafik akım değerleri daha önceden belirlenen yüzdelik oranlara ait ilk dilime göre en kısa güzergâha atanır. Bu oranlar genellikle 40-30-20- ve 10 olarak atanır. Bu oranlar ne kadar düşük olursa, elde edilecek kararlı durum trafik akımları o kadar gerçekçi olacaktır.

Adım 3: İkinci adımda belirlenen link trafik akımlarına göre tüm linkler için seyahat süreleri güncellenir. İkinci atama oranına ve belirlenen güncellenmiş seyahat sürelerine göre trafik atamaları yenilenir.

Adım 4: Şebekede bulunan mevcut B-V çiftleri arasındaki tüm trafik talebinin dağılımı bitene kadar bu adımlar uygulanır.

Adım 5: Sonuçta her bir başlangıç varış arasında bulunan bütün akım değerleri güzergâhlara atanır ve nihai güncellenmiş seyahat süreleri elde edilir.

Bu çalışmada, aşağıda belirtilen BPR link seyahat süresi bağıntısı, ilgili trafik akım değerlerine bağlı olarak güncellenmiş seyahat sürelerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

$$\Rightarrow t = t_0 \left(1 + 0.15 \left(\frac{V}{C}\right)^4\right) \quad (2.1)$$

burada;

t = Güncellenmiş seyahat süresini

t₀= Serbest akım seyahat süresini

V= Trafik akım değerini

C= Link kapasitesi'ni

ifade etmektedir.

2.4.3. Kapasite sınırlayıcı ataması (capacity restraint assignment)

Kapasite sınırlama yöntemi, link seyahat süresini linkten geçen trafik hacminin bir fonksiyonu olarak görür. Şebekede bulunan her linke atanacak trafik hacmine, seyahat sürelerine göre karar verilir. Yolculuk süresi değişken olup, araç sayısı ve şerit sayısı gibi faktörlere bağlı olarak elde edilir.

Kapasite sınırlama ataması, bağlantı kapasitesini yansıtan bir tıkanıklık işlevine dayalı olarak, trafik yükleri ile link seyahat sürelerini yeniden hesaplayarak bir denge çözümüne yaklaşmaya çalışır.

Kapasite sınırlayıcı atama modeli, bulanık seyahat maliyeti gibi bazı destekleyici yöntemlerle beraber kullanılabilir. Trafik atama modellerinde kullanılan ana faktörlerden biri, seyahat üreticisinin seyahat maliyeti hakkındaki algısıdır. Sistem kullanıcısı genellikle seyahat maliyetini tahmin etmek için gerçek durum bilgisine sahip değildir. Bulanık mantık ulaşımın problemlerinin doğasında bulunan belirsizlik ve öznel tercihleri içeren bir matematiksel yaklaşım içerdiği için, atama problemlerinin çözümsel sürecinde etkin sonuçlar önerebilmektedir. Örneğin, bir şebekedeki iki düğüm arasındaki seyahat süresini öznel olarak tahmin ederken, "seyahat süresi yaklaşık on dakikadır " ifadeleri kullanılır. Seyahat süresinin yaklaşık 10 dakika olduğu iddiası, öznel bir tahminden, yani sistem kullanıcısının öznel algısından kaynaklanmaktadır. Bu iddia bir ölçümün sonucu olmayıp, atamada seyahat süresini temsil eden rastgele bir değişken olarak kullanılmaktadır [8].

Akiyama (1998) ve Inokhuci (2002) bir şebeke üzerinde her güzergâh için bulanık nesnel fonksiyon ile bulanık seyahat süresinin olasılık değeri ölçümü ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Benetti (2002) güzergâh ve link maliyetini tanımlamak için üçgen bulanık modeller (TFN) geliştirirken, Liu (2003) herhangi bir trafik koşulunda (normal, kuyruklanmalı, kaza ve inşaat olması durumu) kullanıcının seyahat zamanına ait algısını tanımlamak için bulanık mantık yaklaşımını önermiştir [8].

2.4.4. Kullanıcı denge trafik ataması (UE)

Bu bölümde yukarıda bahsedilen kullanıcı dengesi ile ilgili kavramlara biraz daha detaylı değinilecektir.

J. G. Wardrop, bir ulaşım şebekesinde bulunan trafik akış dağılımına dair ilkelerini açıkladığı bir makale yayınladı [11]. Wardrop makalesini temelde iki ilkeye dayandırmaktadır: tüm yolcuların kendi seyahat maliyetlerini en aza indirdiği varsayımına dayanan kullanıcı dengesi ilkesi, sistemsel kullanıma dair maliyetlerin optimize edildiği, yani ulaşım sistemindeki toplam seyahat süresinin en aza indirildiği, sistem optimum yaklaşımı. Bu iki temel varsayımına bağlı olarak belirlenen güzergâhlar ve trafik akım miktarları farklılıklar göstermektedir. Günümüz trafik atama algoritmalarının büyük çoğunluğu, bu iki temel ilkeye göre matematiksel yapılarını oluşturmaktadır.

Kullanıcı denge ataması Wardrop'un ilk prensibine dayanmaktadır. Hiçbir sürücünün başka bir güzergâha geçerek seyahat maliyetlerini tek taraflı olarak azaltamayacağını belirtmektedir. Sürücülerin bir şebekedeki seyahat maliyetleri hakkında mükemmel bilgiye sahip oldukları ve Wardrop'un ilk prensibine göre en iyi güzergâhı seçtikleri varsayılırsa, bu davranışsal varsayım kullanıcı dengesine yol açar.

Bu yaklaşıma göre kullanılan tüm güzergâhlardaki yolculuk süreleri eşittir ve kullanılmayan herhangi bir güzergâhta tek bir araç tarafından deneyimlenecek sürelerden daha azdır. En kısa süreli seyahata sahip güzergâhları tercih eden kullanıcı dengesine göre yapılan hesaplamalar, basit ve kolay uygulanabilirler. Bu prensip, sistem kullanıcıları arasındaki heterojenliği ve mekânsal bilgi ve akıl yürütme yeteneklerindeki kısıtlamaları göz ardı ettiği için eleştirilmiştir. Ampirik çalışmalar, Abdel-Aty et al., 1997; Chen et al., 2001; Train and Wilson, 2008, mesafe ve güvenilirlik gibi diğer birçok faktörün de güzergâh seçim kararlarını etkilediğini göstermektedir. Bu faktörler, algılama ve muhakeme kapasitesindeki kusurlarla birlikte, sistem kullanıcılarının en kısa süreli gerçek güzergâhlardan uzaklaşmalarına

sebepe olabilmektedir. Jan et al. (2000) sürücülerin genellikle en kısa süreli reel güzergâhtan önemli ölçüde farklı yollar seçtikleri sonucuna varmıştır [6].

“Mevcut güzergâh seçim seti oluşturma algoritmalarının hiçbirisi, bir seçim seti oluştururken tam anlamıyla tatmin edici sonuçlar vermez. Bu algoritmaların çoğu, en kısa süreli güzergâhların değerlendirilmesine dayanır. Ancak, yol seçimlerini yaparken sistem kullanıcıları farklı önceliklere sahiptirler. Bu nedenle, insanların güzergâh tercihlerini daha iyi tanımlayabilmek için, güzergâh seçim seti oluşturma algoritmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bir başka ifade ile tüm alternatif güzergâhları içeren bir seçim seti ve her birinin tercih edilme faktörlerinin dikkate alınması, bireysel güzergâh seçimi modellemesinin doğruluğundaki iyileşmeye katkıda bulunacaktır [6].

Bu problem, aşağıdaki doğrusal olmayan matematiksel optimizasyon programına eşdeğerdir.

Minimize

$$Z = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(x_a) dx \quad (2.2)$$

Sınırlayıcı koşullar

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs} : \forall r, s \quad (2.3)$$

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k \delta_{a,k}^{r,s} f_k^{rs} : \forall r, s \quad (2.4)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 : \forall k, r, s$$

$$x_a \geq 0 : a \in A$$

burada;

k: güzergâhı

x_a : a linkindeki denge akım değerini

t_a : a linkinde denge durumundaki seyahat süresini

f_k^{rs} = Başlangıç-Varış çiftini bağlayan k güzergâhında denge durumundaki trafik akım değerini

$$\delta_{a,k}^{r,s} = \begin{cases} 1 & \text{şayet link a, k güzergahında ise} \\ 0 & \text{diğer tüm durumlarda} \end{cases}$$

temsil etmektedir.

Bu matematiksel yapının çözümü, kullanıcı denge prensibi çerçevesinde B-V çiftini bağlayan güzergâhlardan, denge trafik akım değerlerine sahip olan güzergâhlarla, üzerinde trafik akımının olmadığı güzergâhların elde edilmesini sağlar.

Kullanıcı dengesi (UE) altında, deterministik kullanıcı dengesi (DUE) ve stokastik kullanıcı dengesi (SUE) gibi iki farklı yaklaşımla güzergâhlar belirlenebilir.

Tüm sistem kullanıcılarının şebeke üzerinden mümkün olan tüm güzergâhlar hakkında mükemmel bilgiye sahip olduğu varsayımı ile kendileri için en düşük seyahat süresine sahip olan güzergâhlara göre elde edilen kullanıcı denge çözümüne, deterministik kullanıcı dengesi (DUE) denilmektedir.

Stokastik Kullanıcı Dengesi (SUE) modellerinde, kullanıcıların seyahat süreleri hakkında farklı algılara sahip olabileceği varsayılmakta, bu nedenle güzergâh seçimi algılanan seyahat sürelerine göre yapılmaktadır. Bu denge noktasında, sürücüler ağ üzerindeki seyahatleri ile ilgili öyle bir seyahat süresi algısına sahiptirler ki, başka herhangi bir güzergâhın seçilmesi durumunda, bu güzergâhların hiçbiri algılanan ve tercih edilen güzergâhdan daha düşük bir seyahat süresi ile sonuçlanmazlar. Yani sistem kullanıcıları algıladıkları seyahat süresinin en kısa süre olduğundan şüphelenmezler.

2.4.5. Sistem optimum ataması (system optimum assignment -SO)

Sistem optimum ataması, sürücülerin toplam sistem seyahat süresini en aza indirmek için birbiriyle işbirliği yaptığını belirten Wardrop'un ikinci prensibine dayanır. Bu atama, sürücülere hangi güzergâhı kullanacakları söylendiğinde ve yönlendirildiklerinde tıkanıklığın en aza indirildiği bir model olarak düşünülebilir. Bu yaklaşım, davranışsal olarak günümüz koşullarında mutlak gerçekçi bir model olmamakla beraber, toplam şebeke seyahat maliyetlerini en aza indirmek ve böylece optimum bir sosyal denge elde etmek için trafiği yönetmeye çalışan planlamacılar ve mühendisler açısından yararlı olmaktadır.

Sistem optimum yaklaşımı ile şebeke de kullanılacak güzergahlar ve trafik miktarlarının hesap edilmesi için aşağıdaki matematiksel yapı kullanılmaktadır.

Minimize

$$Z = \sum_a x_a t^a(x_a) \quad (2.5)$$

Sınırlayıcı koşullar

$$\sum_k f_k^{rs} = q_{rs} : \forall r, s \quad (2.6)$$

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k \delta_{a,k}^{r,s} f_k^{rs} : \forall a \quad (2.7)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 : \forall k, r, s$$

$$x_a \geq 0 : a \in A$$

Bağıntılarda verilen notasyonlar, daha önce belirtilen notasyonlard

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kentsel Trafik Durumu

Günümüzde dünyada kentsel trafik yoğunluğu ve trafik sıkışıklığı gün be gün artmaktadır. Trafik sorunlarını ve tıkanıklıkla ilgili problemleri çözmede ulaşım mühendislik prensiplerinin uygulanması verimli sonuçlar üretmektedir. Uygulamalardan birisi mevcut ulaşım sistemlerinin alternatif sayılarını artırarak kapasiteyi yükseltmektir. Bir diğer seçenek, mevcut ulaşım sisteminin işletme verimliliğini arttırarak kapasiteyi arttıran alternatifleri geliştirmektir. Bu tez çalışmasında ikinci seçenek altında test bir ulaşım şebekesinde işletme verimliliği ile alternatiflerin değerlendirilmesi, dolayısı ile de şebeke performansının artırılması öngörülmüştür.

Kentsel trafik iyileştirmeleri için alternatif yolların ve kavşakların yapılması, sistemin daha verimli ve avantajlı çalıştırılması adına kısa vadeli olumlu sonuçların elde edilmesinde anlamlı olmakla beraber, gelecekte trafik artışlarına da sebep olmaktadır. Tez konusu ile ilgili araştırma çerçevesinde test bir ulaşım şebekesinde trafik atama yöntemleri karşılaştırılmıştır.

3.2. Veri Toplaması

Bu çalışmada, Şekil 3.1. test şebekesi ve Tablo 3.1. ile 3.2.'de sunulan veriler kullanılarak ulaşım şebekesi güvenilirlik analizleri yapılmıştır.

3.2.1. Trafik sayımı

Belirli bir konumdaki karayolu taşıtlarının sayısını, hareketlerini ve sınıflandırmalarını belirlemek için trafik hacmi çalışmaları yapılır. Bu veriler, büyük araçların veya yayaların araç trafiği akışı üzerindeki etkisini belirleyerek kritik akış sürelerinin belirlenmesine yardımcı olur. Sayım süresinin uzunluğu, alınan sayımın türüne ve kaydedilen verilerin amaçlanan kullanımına bağlıdır. Trafik hacmi sayımlarını yürütmek için iki yöntem mevcuttur: (1) manuel ve (2) otomatik.

3.2.2. Manuel sayma yöntemi

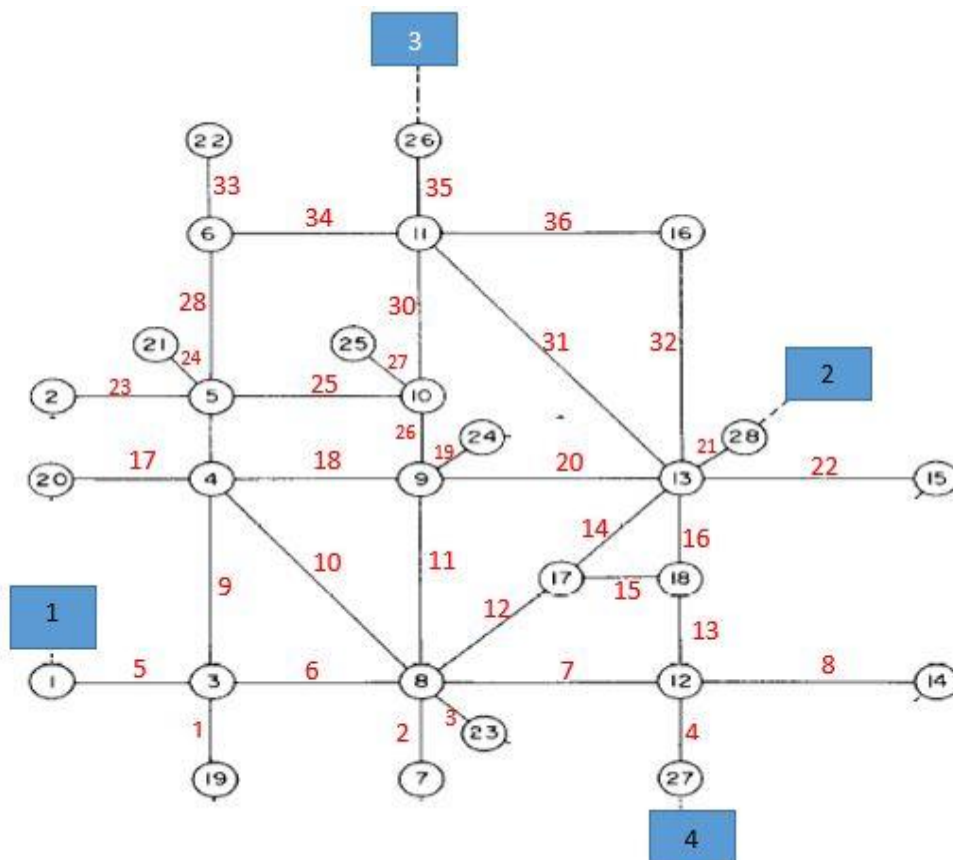
Manuel sayımların çoğu uygulaması, herhangi bir konumda küçük veri örnekleri gerekmesi durumunda yapılır. Manual taşıt sayım yöntemi insan gücü ve emeği ile gerçekleştirildiğinden pek tercih edilmezler. Bununla beraber otomatik sayım ekipmanlarının mevcut olmadığı hallerde manuel sayımlar gerekli olabilmektedir. Manuel sayımlar genellikle bir günden daha kısa bir süre içinde yapılır. Manuel sayım için normal aralıklar 5, 10 veya 15 dakikadır. Trafiğin yoğun olduğu saatlerde sayımlar yapılabileceği gibi normal analizlerde kullanılmak üzere zirve dışı saatlerde de manuel sayımlar yapılmaktadır.

3.2.3. Otomatik sayma yöntemi

Otomatik sayma yöntemi, büyük miktarlarda trafik verisi toplamak için kullanılan yöntemdir. Otomatik sayımlar genellikle her 24 saatlik dönem için 1 saatlik aralıklarla alınır. Sayımlar bir hafta, ay veya yıl boyunca yapılmaktadır. Her 24 saatlik dönem için sayımlar kaydedildiğinde, en yüksek akış periyodu belirlenebilir. Otomatik sayımlar üç yöntemden biri kullanılarak kaydedilir: taşınabilir sayaçlar, kalıcı sayaçlar ve videolu sayım araçları.

3.3. Materyal

Bu tez çalışması analizinde ilk olarak iki senaryo seyahat matrisi oluşturulmuştur. İkinci adımda ilgili B-V çiftleri için mevcut alternatif güzergâhlar belirlenmiştir. Müteakiben her bir linkte serbest akım seyahat süresi ve kapasitelere ait tablolar oluşturulmuştur. Bu bilgiler altında her bir güzergâhta bulunan linklere ait seyahat süreleri, ilgili atanan trafik miktarları çerçevesinde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 3.1. Test ulaşım şebekesi

Linkler üzerinde gösterilen numaralar, linkleri temsil etmektedir.

Tablo 3.1. Seyahat Matrisi

1. Senaryo				
B-V Seyahat Matrisi (taşıt/saat)	1	2	3	4
1	0	500	350	600
2	670	0	580	600
3	480	620	0	760
4	520	720	840	0
2. Senaryo				
	1	2	3	4
1	0	4000	2800	4800
2	5360	0	4640	4800
3	3840	4960	0	6080
4	4160	5760	6720	0

Şekil 3.1.'de topolojisi verilen test şebekesine ait toplamda dört adet başlangıç ve varış noktası vardır. Bu noktalara ait yolculuk talep miktarlarına ait 2 senaryo değerler yukarıdaki matriste verilmiştir.

Analizlerde kullanılmak üzere şebeke de bulunan başlangıç-varış çiftlerine ait alternatif güzergahlar belirlenmiş ve aşağıda sunulmuştur.

1-2 için:

P1: 5-9-18-20-21

P2: 5-9-10-12-14-21

P3: 5-6-11-20-21

P4: 5-6-7-13-16-21

1-3 için:

P1: 5-9-18-26-30-35

P2: 5-6-11-20-31-35

1-4 için:

P1: 5-6-7-4

2-1 için:

P1: 21-16-13-7-6-5

P2: 21-20-18-9-5

2-3 için:

P1: 21-32-36-35

P2: 21-20-26-30-35

P3: 21-31-35

2-4 için:

P1: 21-16-13-4

P2: 21-14-15-13-4

3-1 için:

P1: 35-30-26-18-9-5

P2: 35-30-26-11-6-5

3-2 için:

P1: 35-31-21

P2: 35-36-32-21

3-4 için:

P1: 35-30-26-11-7-4

P2: 35-31-16-13-4

P3: 35-31-14-12-6-5

P3: 35-30-26-20-21

4-1 için:

4-2 için:

4-3 için:

P1: 4-7-6-5

P1: 4-13-16-21

P1: 4-13-16-31-35

P2: 4-7-11-26-30-35

P3: 4-7-11-20-31-35

Her bir linke ait serbest akım seyahat süreleri ile ilgili tablo aşağıda sunulmuştur. Sadece mevcut güzergâhlarda olan linkler için tablo oluşturularak ilgili link kapasiteleri de verilmiştir.

Tablo 3.2. Link serbest akım seyahat süreleri ve kapasiteleri

Link Numarası	Serbest Akım Süresi (dakika)	Kapasite (taşıt/saat)
4	3	1200
5	4	1200
6	7	2400
7	8	2400
9	8	2400
10	10	2400
11	10	2400
12	8	1200
13	6	1200
14	4	1200
15	3	1200
16	3	1200
18	7	2400
20	8	2400
21	3	1200
26	4	1200
30	5	2400
31	13	2400
32	10	2400
35	4	1200
36	8	2400

3.4. Trafik Atama Yöntemleri

Trafik atama yöntemlerinden ikinci bölümde detaylı olarak bahsedilmiştir. Bu bölümünde trafik atama yöntemlerinin algoritmaları ve işleyiş prosedürleri tartışılacaktır.

3.4.1. Ya hep ya hiç algoritması

Bu yöntemde her bir başlangıç varış arasında mevcut güzergâhlarda enaz maliyetli yani en düşük serbes akım seyahat süresine sahip olan güzergaha veya güzergahlara trafik atanır.

3.4.1.1. Prosedür

1. Her bir başlangıç varış arasında en az maliyetli güzergâhlar belirlenir.
2. Her bir başlangıç varış arasında en az maliyetli güzergâhtaki linklere trafik atanır.
3. Şebeke üzerindeki tüm linklere ait akım değerleri, farklı güzergâhlarda bulunan ortak linklerdeki toplam trafik miktarları dikkate alınarak belirlenir.

3.4.2. Artırımlı trafik atama algoritması

Tez analiz sürecinde artırımlı trafik atama yöntemine ait bir yazılım geliştirilmiş ve performans analiz değerlendirilmelinde kullanılmıştır. Her bir iterasyonda serbest bırakılan trafik talep miktarlarına bağlı olarak değişecek olan seyahat süreleri, dolayısı ile de güzergâhlar, BRP tarafından önerilen formüle göre hesaplanmış ve yazılım koduna eklenmiştir. Elde edilecek trafik akım değerlerinin denge trafik akım değerlerini daha doğru yansıtabilmesi için, yazılımda her bir iterasyon için ilgili talep miktarlarının % 1'lik dilimleri serbest bırakılmıştır.

$$\Rightarrow t = t_0(1 + 0.15(\frac{V}{C})^4) \quad (3.1)$$

burada;

t = Güncellenmiş seyahat süresini

t₀= Serbest akım seyahat süresini (Tablo 3.2.)

V= Link trafik akım değerini (her iterasyonda güncellenir)

C= Link Kapasitesini (Tablo 3.2.)

temsil etmektedir.

3.4.2.1. Prosedür

1.adım: Her bir başlangıç varış arasında en düşük serbest akım seyahat süresine sahip olan güzergâhlara, mevcut toplam talep miktarlarının serbest bırakılan birinci %1`lik akım değerleri atanır ve elde edilen akım değerlerine bağlı olarak güncellenmiş seyahat süreleri hesaplanır.

2.adım: Elde edilen güncellenmiş seyahat sürelerine göre yeniden en kısa güzergâhlar belirlenir ve ikinci %1 lik serbest bırakılan akım değerleri şebekeye atanır. Dolayısı ile bir önceki iterasyonda belirlenen trafik akım değerleri ile güncel iterasyona ait atanan trafik akım değerleri toplanarak, ilgili iterasyon sonundaki link akım ve seyahat sürelerine ait güncellenmiş değerler hesap edilmiş olunur.

3.adım: İterasyon işlemlerine her iterasyonda %1 lik akım değerleri serbest bırakılarak devam edilir ve bu işlemler seyahat matrisindeki toplam yolculuk değerleri şebekeye atanana kadar sürdürülür. Her iterasyonda güncellenen akım ve seyahat sürelerine bağlı olarak belirlenen güzergâhlar ve linkler üzerindeki trafik akım değerleri ve seyahat süreleri, tüm talebin sisteme atanması ile sonlandırılır. Son iterasyon sonunda elde edilen akım ve süreler, şebekeye ait olan nihai değerler olarak kaydedilir.

Böylece şebeke üzerindeki tüm linklere ait trafik akım ve seyahat süreleri elde edilmiş olur.

3.4.3. Kapasite sınırlayıcı trafik atama

Bir şebekede bulunan linklerin sahip oldukları seyahat süreleri kadar, linklerin kapasitelerine oranla taşıdıkları akım değerleri de bir diğer önemli güvenilirlik kavramıdır. Sunulan hizmet düzeyinin derecesi ile ilgili olarak önerilen bu kavrama göre, istenilen hizmet düzeyini aşmayacak şekilde talepler ilgili güzergâhlara atanır. Seyahat süresi açısından en düşük güzergâhlar, istenilen hizmet düzeyinin üzerinde

trafik akım değerlerine sahip olmaları durumunda, tercih edilecek alternatifler arasından çıkarılabilirler. Seyahat sürelerinin hesabında yukarıda verilen BRP bağıntısı kullanılmaktadır. Bununla beraber, formülde kullanılan parametreler, değerlendirmeye alınan hizmet düzeyine göre farklı değerler almaktadır.

Bu atama tekniğinde şu kabüller yapılmaktadır:

- Trafik akım artışı ile ortalama seyahat hızı azalır.
- Bir linkteki hacim /kapasite oranı arttıkça ortalama seyahat süresi artar.
- Bu nedenle, sadece link seyahat süresi değil, kapasitesi de önemlidir.
- Çoğu model paketinde varsayılan olarak kullanılan Bureau Public Roads (BPR) formülü bu ilişkiyi gösterir.

Bu yöntemde kullanılan parametreler hizmet düzeyine göre değerler alır.

$$\Rightarrow t = t_0 \left(1 + \alpha \left(\frac{V}{C}\right)^\beta\right) \quad (3.2)$$

Örnek olması bakımından E hizmet düzeyi için bağıntıda verilen parametrelere ait değerler aşağıda verilmiştir.

- E hizmet düzeyi için

$a = 1$	$\beta=4$
Eğer $v/c=1$	$t=2t_0$
Eğer $v/c=0$	$t=t_0$
Eğer $v/c=0.5$	$t=1.06*t_0$

Güncellenmiş seyahat süreleri trafik hacmine bağlı olarak değiştiği için, bu sürelerle bağlı hizmet düzeyleri de farklı parametre değerlerinin kullanımını gerektirecektir.

Kapasite Sınırlayıcı Ataması stokastik atamasında kullanılabilmekte ancak çok karmaşık bir problem içeriği ortaya çıkmaktadır.

3.4.3.1. Prosedür

Bu yöntem, artırımı yönde uygulanan prosedürdeki işlem adımlarına sahiptir. Bununla beraber, her bir linkin hizmet seviyesi kapasite kullanım oranlarına göre (v/c) göre belirlenip, BRP formülü güncellenmiş parametre değerlerine göre yenilenir ve bu güncellemelere göre seyahat süreleri hesaplanır.

3.4.4. Kullanıcı denge trafik atama yöntemi (UE)

Tablo 3.1. seyahat matrisinde verilen talepler, kullanıcı denge yöntemiyle dağıtılacaktır. Denge kullanıcı yöntemini gerçekleştirmek için Frank Wolf Algoritması en uygun çözümlerden biri olarak önerilmektedir. Frank Wolf Algoritması ilk olarak 1956'da ikinci dereceden matematiksel programlama problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Popülaritesi bellek gereksinimleri açısından basit fakat etkin sonuçlar üretmesine atfedilir. En temel avantajı, trafik atama probleminin güzergâhların depolanmasına gerek kalmadan çözülebilir olmasının planlamacılar açısından sağladığı büyük ölçekli faydasında bulunmaktadır [12].

Kullanıcı Dengesi (UE) esasen Oyun Teorisinde kullanılan Nash Dengesidir [12]. Bu denge durumunda, hiç bir sürücü başka bir güzergâha geçerek seyahat maliyetini tek taraflı olarak düşüremez. Bir diğer ifade ile kullanıcıların seyahat maliyeti konusunda mükemmel bilgiye sahip oldukları bu atama sisteminde, üzerinde yolculuk yapılan tüm güzergâhlara ait seyahat süreleri eşittir.

UE çözümleri aşağıdaki doğrusal olmayan matematiksel optimizasyon programının çözümü ile elde edilir.

Probleme ait matematiksel yapı şöyle ifade edilebilir.

$$Z = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(x_a) dx \quad (3.3)$$

Sınırlayıcı- Koşulları

$$\sum_k \int k^{rs} = q_{rs} : \forall r, s \quad (3.4)$$

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k a, k^{rs} f k^{rs} : \forall_a \quad (3.5)$$

$$f k^{rs} \geq 0 : \forall k, r, s \quad (3.6)$$

$$x_a \geq 0 : a \in A \quad (3.7)$$

k: Güzergah

t_a : a linkinde denge durumundaki seyahat süresi

x_a : a linkindeki denge akım değeri

$f k^{rs}$: r-s başlangıç-varış çiftini bağlayan k güzergâhında denge durumundaki trafik akım değerini

$\delta_{a,k}^{r,s}$: aşağıdaki gibi tanımlanan bir değeri

$$\delta_{a,k}^{r,s} = \begin{cases} 1 & \text{şayet link a, k güzergahında ise} \\ 0 & \text{diğer tüm durumlarda} \end{cases}$$

ifade etmektedir.

3.4.5. Sistem optimum trafik atama yöntemi (SO)

Şebeke üzerinde bulunan tüm sistem kullanıcılarına ait toplam seyahat süresini minimize eden trafik ataması, sistem optimum atama olarak adlandırılır. Sistem optimum amaç fonksiyonu, ulaşım analisti John Glen Wardrop tarafından önerilen ikinci denge prensibine göre elde edilmektedir [13].

Hiçbir kullanıcı UE koşulunda tek taraflı olarak güzergâhını değiştirerek seyahat süresini azaltamayacağından dolayı UE koşulu doğal olarak kararlı bir durumu temsil etmektedir. Bununla beraber, sistem optimum trafik dengesi toplam sistem seyahat süresini en aza indiren bir model olduğu için, bazı sürücüler tek taraflı olarak güzergahlarını değiştirerek seyahat sürelerini kısaltabilirler.

Frank-Wolfe algoritmasına dayalı UE çözümleri için geliştirilen çözüm algoritması değiştirilerek SO çözümleri elde edilebilir. UE çözüm algoritmasında, herhangi bir ağ için SO çözümlerini elde etmek için seyahat süresi, marjinal seyahat süresi ile değiştirilmelidir.

Sistem optimum kullanıcı dengesinin matematiksel yapısı aşağıda verilmiştir.

$$\text{Minimize } -z = \sum_a x_a t_a(x_a) \quad (3.8)$$

Sınırlayıcı Koşullar

$$\sum_k \int k^{rs} = q_{rs} : \forall r, s \quad (3.9)$$

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k a_{k,rs} f_k^{rs} : \forall a \quad (3.10)$$

$$f_k^{rs} \geq 0 : \forall k, r, s \quad (3.11)$$

$$x_a \geq 0 : a \in A \quad (3.12)$$

k: Güzergah

t_a : a linkinde sistem optimum durumundaki seyahat süresi

x_a : a linkindeki optimum akım değeri

f_k^{rs} : r-s başlangıç-varış çiftini bağlayan k güzergâhında optimum durumundaki trafik akım değerini

$\delta_{a,k}^{r,s}$: aşağıdaki gibi tanımlanan bir değeri

$$\delta_{a,k}^{r,s} = \begin{cases} 1 & \text{şayet Link a k Güzergah da ise} \\ 0 & \text{diğer tüm durumlarda} \end{cases}$$

belirtmektedir.

Formülasyonlarda kullanılan notasyonlar ile kullanıcı dengesi atama formülasyonlarında kullanılan notasyonlar aynıdır.



BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA VE ANALİZ BULGULARI

Bu çalışmada, karşılaştırmalı trafik atama teknikleri ile ulaşım şebeke performans analizi iki senaryo üzerine yapılarak ve her bir teknikten ve senaryodan çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. 3. bölümde her bir trafik atama tekniğine ait işlem adımları sunulmuştur. Artırımlı trafik atama yöntemi ile ilgili kodlamalar MATLAB programında yapılmış ve farklı senaryolar oluşturulmuştur. Test şebekesi olarak yukarıda sunulan topoloji üzerinden elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırılıp şebeke performansları değerlendirilerek, şebekenin güvenilirlik analizleri yapılmıştır.

4.1. Birinci Senaryo üzerine Trafik Atama Tekniklerin Analizi

Bu bölümde, daha önce açıklanan atama teknikleri ile test şebekesindeki link akım değerleri ve seyahat süreleri ilgili seyahat matrisi verileri üzerinden elde edilmiş ve performans analizi yapılmıştır.

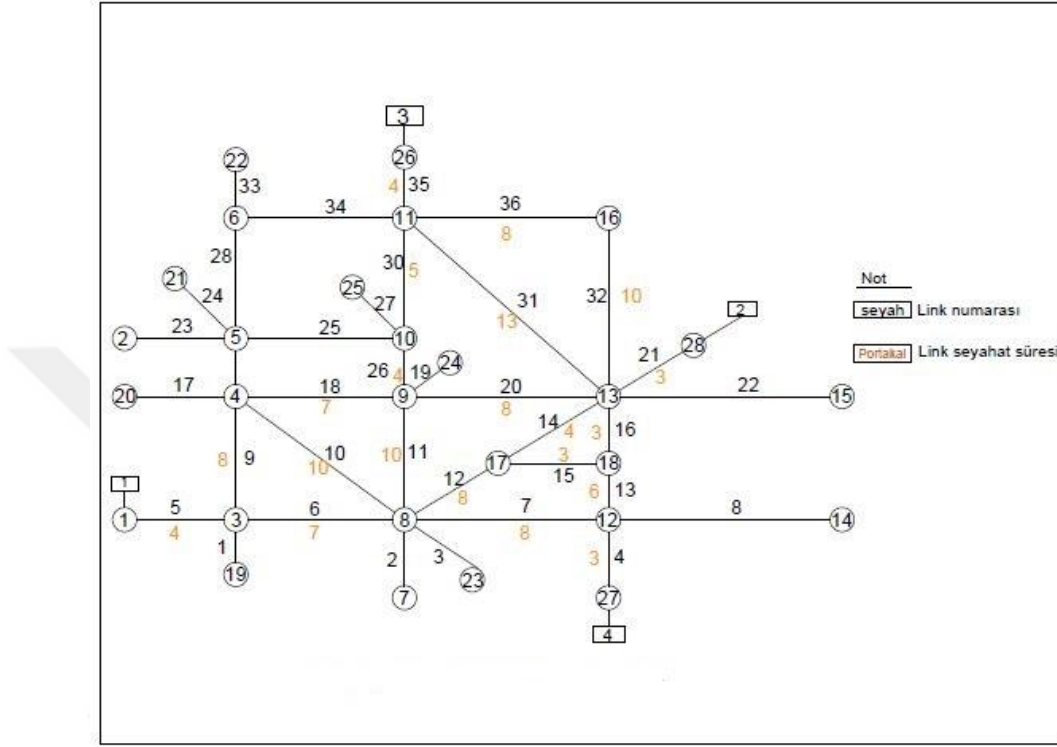
4.1.1. Ya hep ya hiç algoritması analizi

Bu teknikte başlangıç-varış çifti arasındaki yolculuk talepleri, minimum maliyetli en kısa güzergâha atanmaktadır. .

4.1.1.1. B-V çiftleri arasında mevcut güzergâhlar

Analiz sürecinde kullanılan test şebekesi Zuylen ve Willumsen tarafından önerilen ulaşım şebekesidir [17]. Şebekeye ait topoloji ve seyahat matrisi Şekil 3.1. ve Tablo 3.1.'de verilmiştir. Linklere ait serbest akım seyahat süreleri ve link kapasiteleri ise Tablo 3.2.'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. verileri kullanılarak şebekede bulunan B-V çiftleri arasında kullanılan güzergahlar üzerinde bulunan linklere ait serbest akım seyahat süreleri Şekil 4.1.'de verilmiştir.

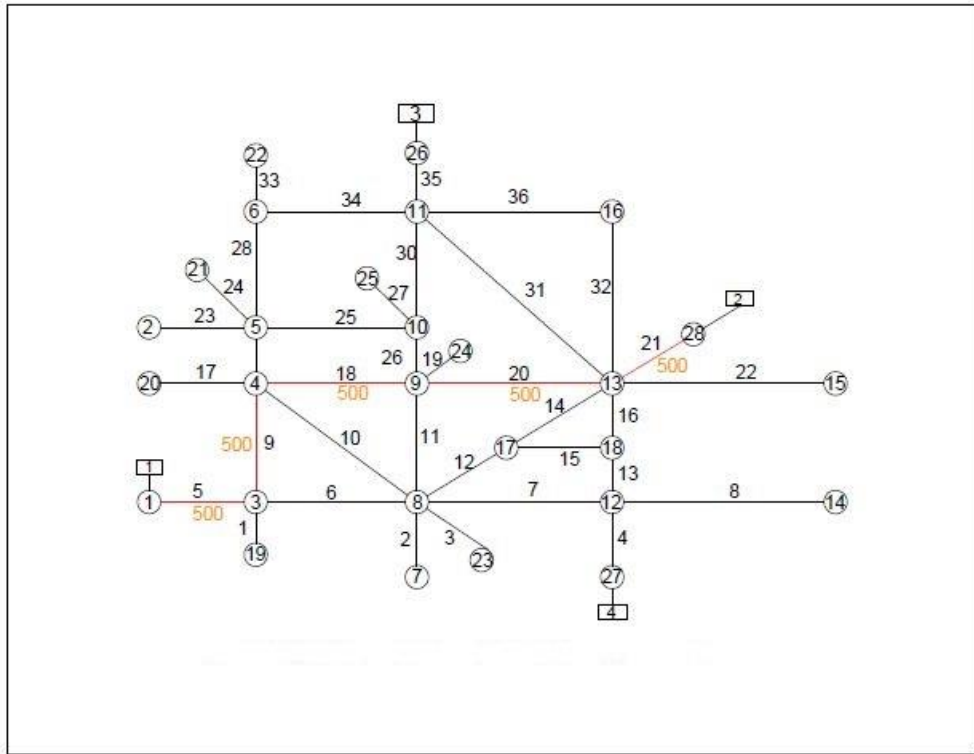


Şekil 4.1. Test ulaşım şebekesinde linklere ait serbest akım seyahat süreleri

Bu verilere sahip şebeke üzerinden elde edilecek en düşük maliyetli güzergahlara trafik atanarak, link trafik miktarları elde edilmiştir.

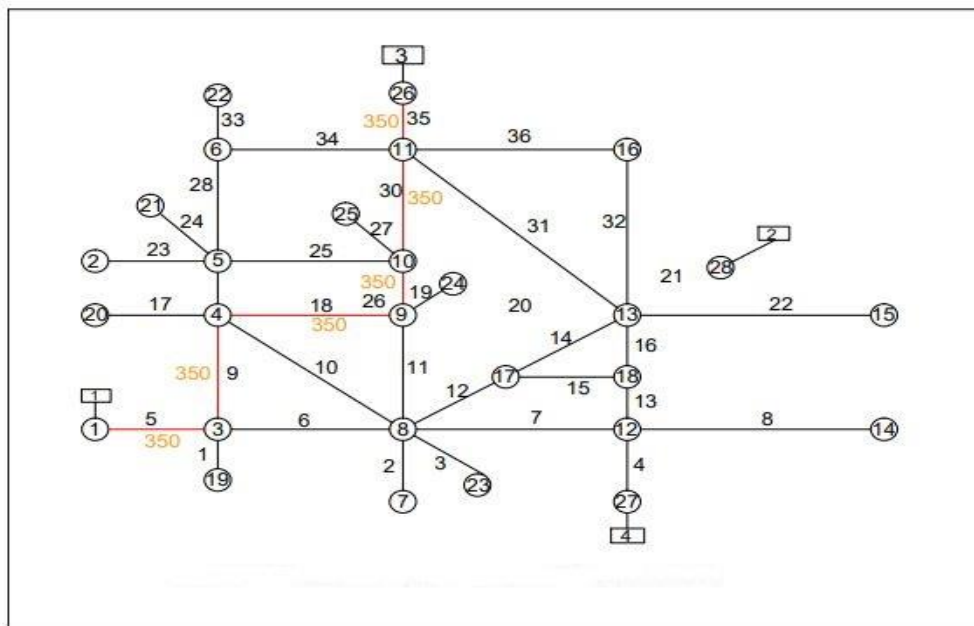
Test şebekesinde zonlar, başlangıç ve varışlar, 1,2,3 ve 4 no'lu zonlar olup, her bir zon'un başlangıç ve varış noktası olması durumu için ya hep ya hiç algoritmasına göre trafik atamaları yapılmış, elde edilen link trafik akım değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Şekil 4.2.'de 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 500 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, alternatif güzergahlar içindeki en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



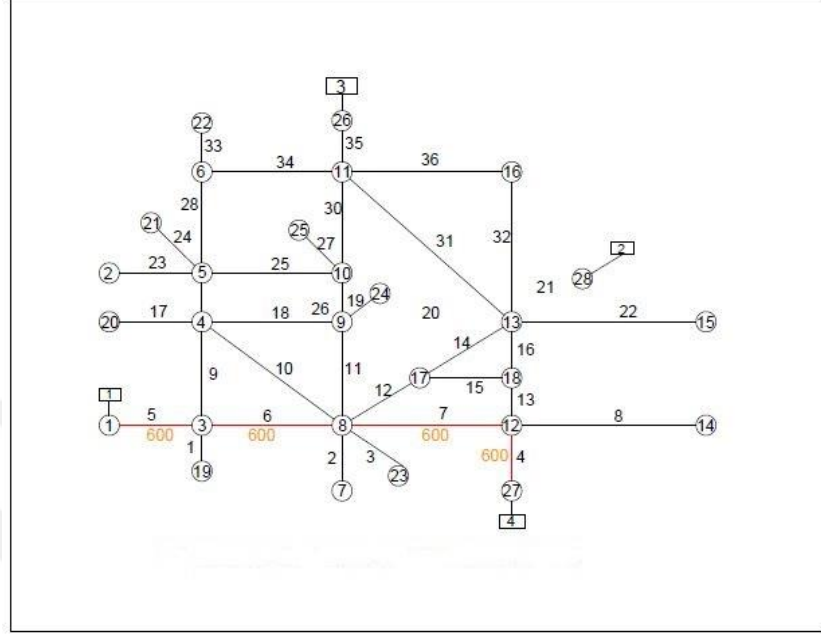
Şekil 4.2. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.3.'de 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 350 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



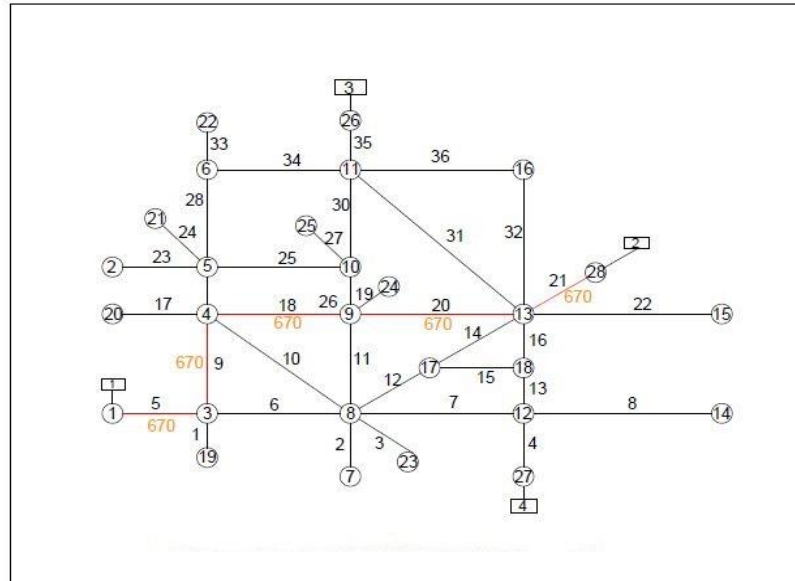
Şekil 4.3. 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.4.'de 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 600 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



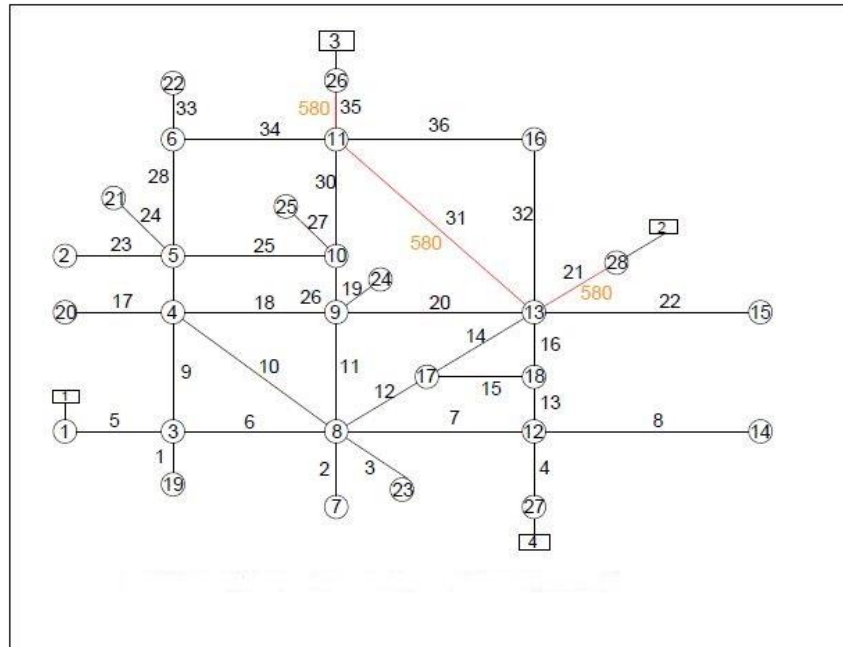
Şekil 4.4. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.5.'de 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 670 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



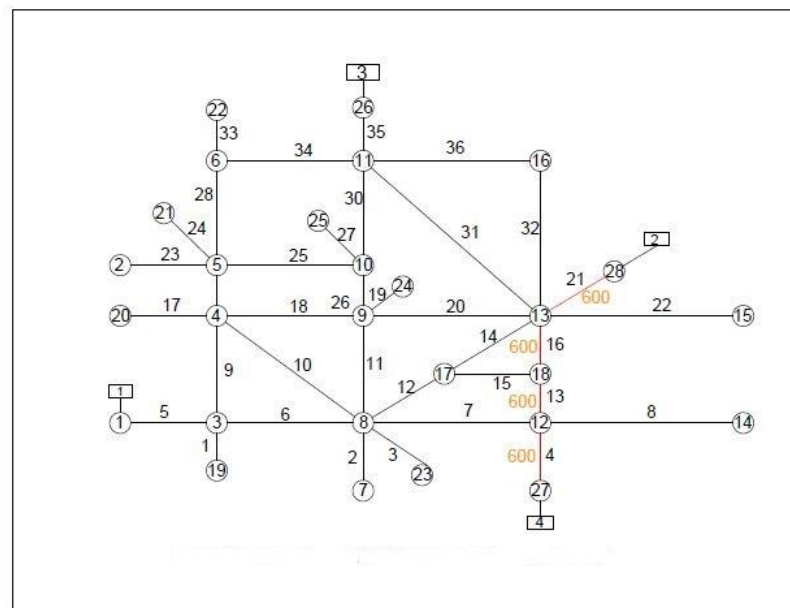
Şekil 4.5. 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.6.'da 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 580 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır



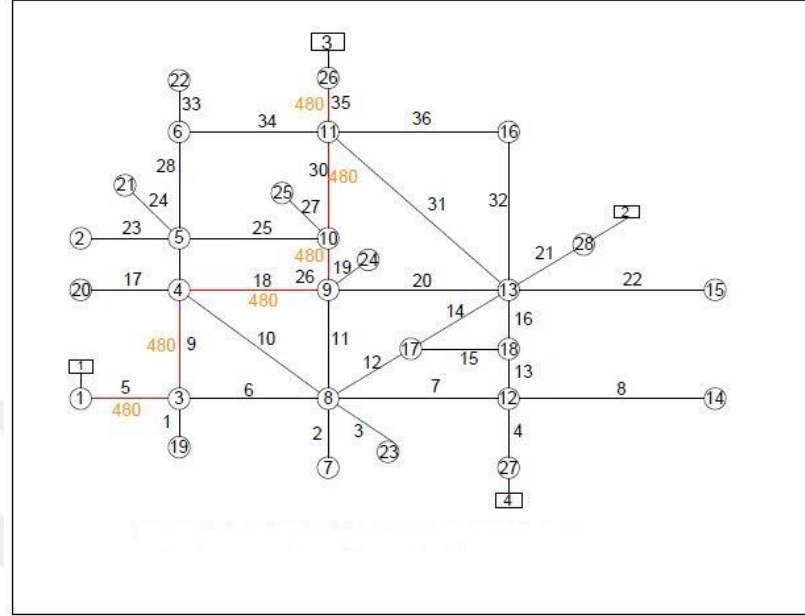
Şekil 4.6. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.7.'de 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a olan 600 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



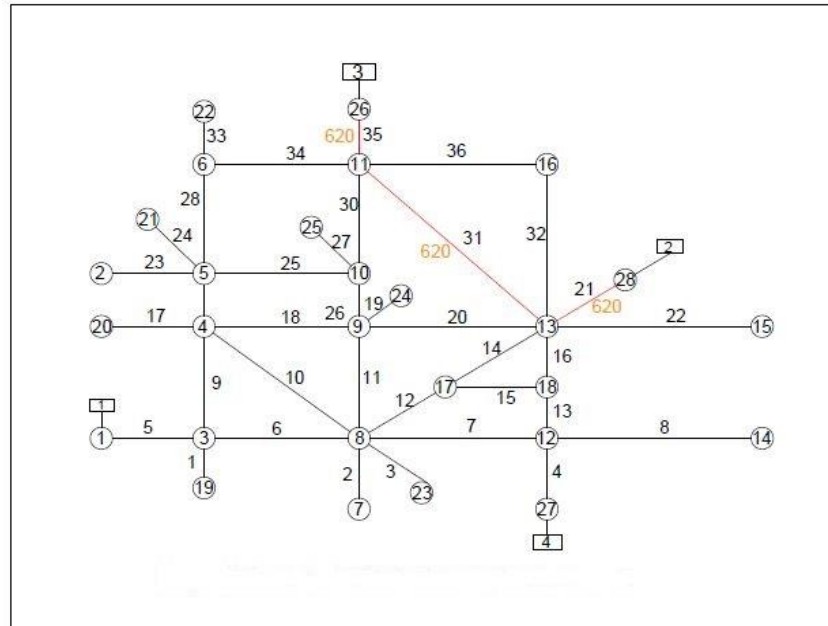
Şekil 4.7. 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması.

Şekil 4.8.'de 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 480 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



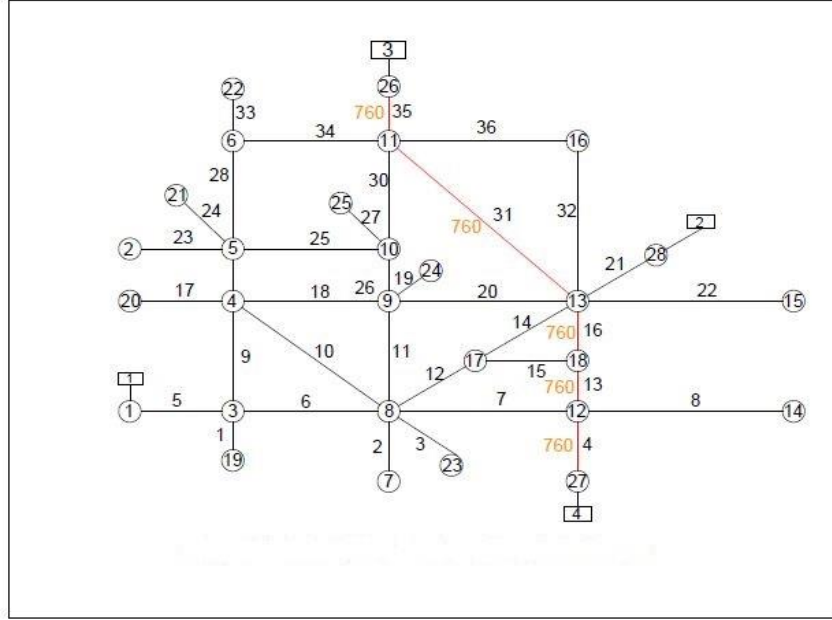
Şekil 4.8. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.9.'da 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 620 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



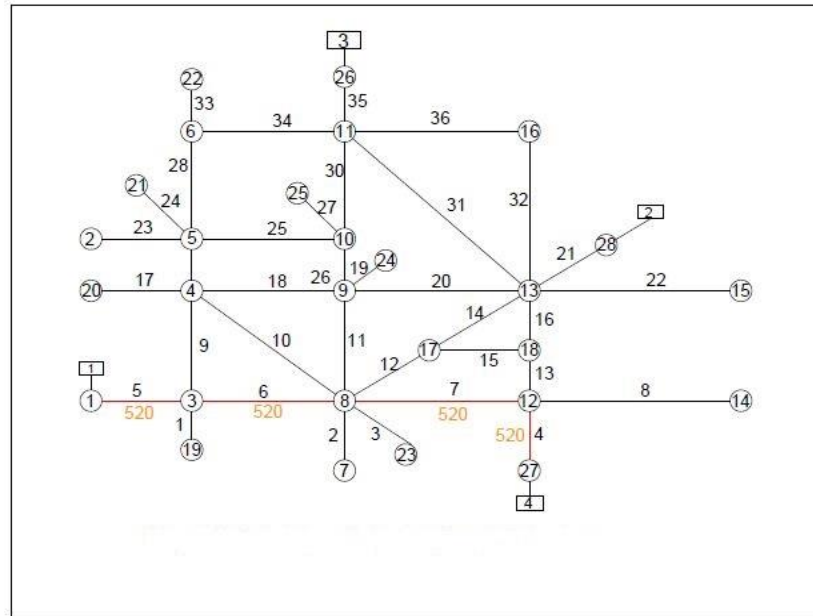
Şekil 4.9. 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.10.'da 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



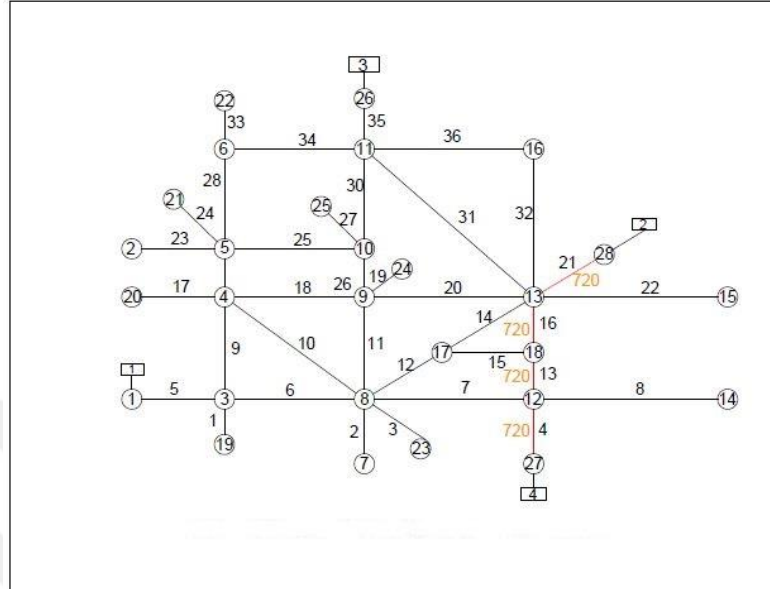
Şekil 4.10. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.11.'de 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 520 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



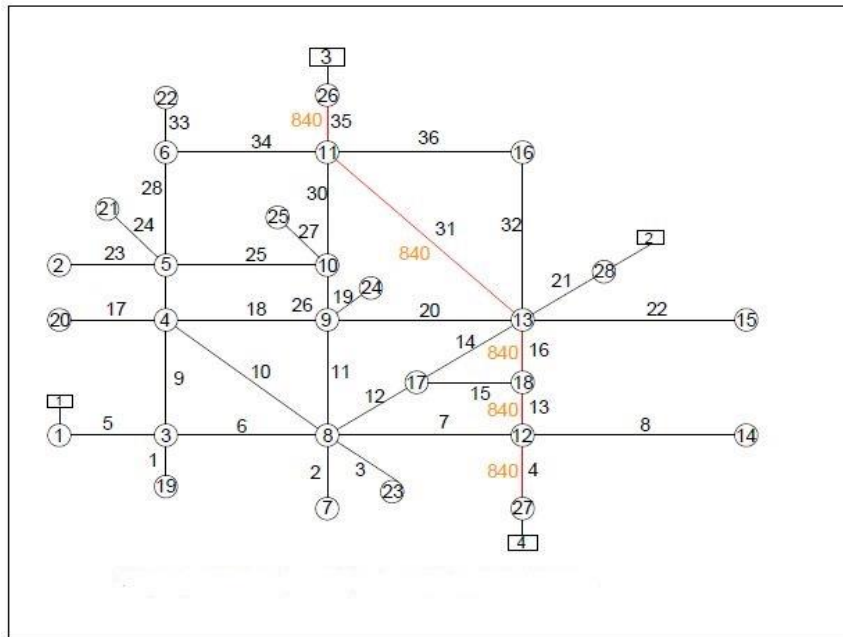
Şekil 4.11. 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.12.'de 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 720 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



Şekil 4.12. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.13.'de 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır



Şekil 4.13. 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması,

Test şebekesine ait ya hep ya hiç algoritmasına göre yapılan bu atamalarda dikkat edilirse, bazı linkler ortak linkler olarak farklı güzergâhlarda bulunmaktadır.

4.1.2. Artırımlı trafik atama algoritması analizi

Artırımlı trafik atama algoritması analizi için tez içeriğinde MATLAB uygulaması ile kodlama yapılmış, tekniğin tüm yazılımı yapılarak test ulaşım şebekesine ait link trafik akım değerleri ve seyahat süreleri ilgili seyahat matrisi yolculuk değerleri üzerinden elde edilmiştir.

4.1.2.1. MATLAB uygulaması

MATLAB, Bilimsel ve Mühendislik problemleri hesaplamalarında güçlü bir bilgi işlem sistemidir. MATLAB başlangıçta matris hesaplamaları yapmak için tasarlanmış olsa da zaman içerisinde temelde her türlü teknik sorunu çözebilen esnek bir bilgi işlem sistemine dönüşmüştür [16].

MATLAB programı, önceden tanımlanmış çok kapsamlı işlevler kütüphanesini kullanarak, karmaşık problemlerde kolay ve verimli çözümler üretmektedir [14].

MATLAB'ın ilk versiyonunun matematiksel temeli, JH Wilkinson ve 18 meslektaşının 1965 ile 1970 yılları arasında sundukları tebliğlerin daha sonra “Automatic Computation, Volume II, Linear Algebra” adlı kitap olarak yayımlanmasına dayanır [15].

MATLAB, mühendislik problemlerinin çoğunda oldukça etkin sonuçlar üretmekle beraber, başarılı bir kullanım için şu iki temel husus oldukça önemlidir.

Birinci nokta, kullanıcının MATLAB kodlamasında kullanacağı terimsel yeterliliği ile ilgili iken, ikinci nokta da mantıklı bir akış diyagramı ve algoritmanın geliştirilmesi ile ilgilidir.

MATLAB, geleneksel bilgisayar dillerine kıyasla birçok avantajlara sahiptir.[16] Bunlar; kullanım kolaylığı, platform bağımsızlığı, önceden tanımlanmış işlevler (kütüphane), cihaz bağımsızlık grafiği, grafiksel kullanıcı arayüzü ve kullanıcı destekli MATLAB derleyicisi olarak ifade edilebilir.

Bu avantajlarının yanında MATLAB'ın iki temel dezavantajından bahsedilebilir. Birincisi, yorumlanmış olmasıdır. İkinci dezavantajı maliyettir. Geleneksel derleyicilere göre, C veya Fortran derleyicisine göre örneğin, daha pahalıdır.

4.1.2.2. Test ulaşım şebekesi üzerinde artırılmış trafik atama algoritması

Şekil 4.14.'te gösterildiği gibi test ulaşım şebekesi için Artırılmış Trafik Atama Algoritmasının temel işlem adımları MATLAB uygulama programı ile aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Adım 1: MATLAB yazılım programına şebeke verileri girilmiş ve serbest akım koşullarının olduğu duruma tekabül eden en düşük maliyetli yani en düşük seyahat süreli güzergâhlar her bir başlangıç varış çifti arasında sıralanmıştır.

Adım 2: Her bir başlangıç varış çifti arasındaki en kısa güzergâhlara yüzde bir (%1) başlangıç oranında talep atanarak ve güzergâhın güncellenmiş seyahat süreleri elde edilmiştir.

Adım 3: Her bir atama oranına ve belirlenen güncellenmiş seyahat sürelerine göre trafik atamaları yenilenmiştir.

Adım 4: Şebekede bulunan mevcut B-V çiftleri arasındaki tüm trafik talebinin dağılımı bitene kadar bu adımlar uygulanmıştır.

Adım 5: Sonuçta her bir başlangıç varış çifti arasında bulunan tüm trafik talep akım değerleri güzergâhlara atanarak nihai güncellenmiş seyahat süreleri elde edilmiştir.

Bu çalışmada, aşağıda belirtilen BPR link seyahat süresi bağıntısı, ilgili trafik akım değerlerine bağlı olarak güncellenmiş seyahat sürelerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

$$\Rightarrow t = t_0 \left(1 + 0.15 \left(\frac{V}{C}\right)^4\right) \quad (4.1)$$

t = güncellenmiş seyahat süresini

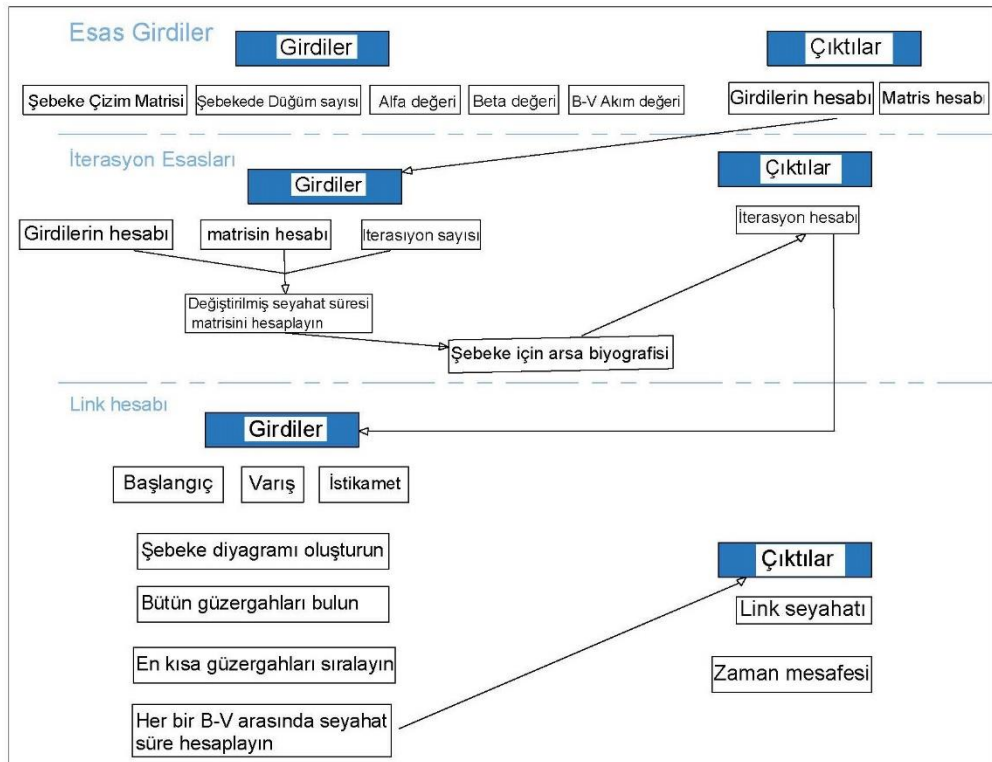
t_0 = serbest akım seyahat süresini

V = trafik akım değerini

C = link kapasitesini

ifade etmektedir.

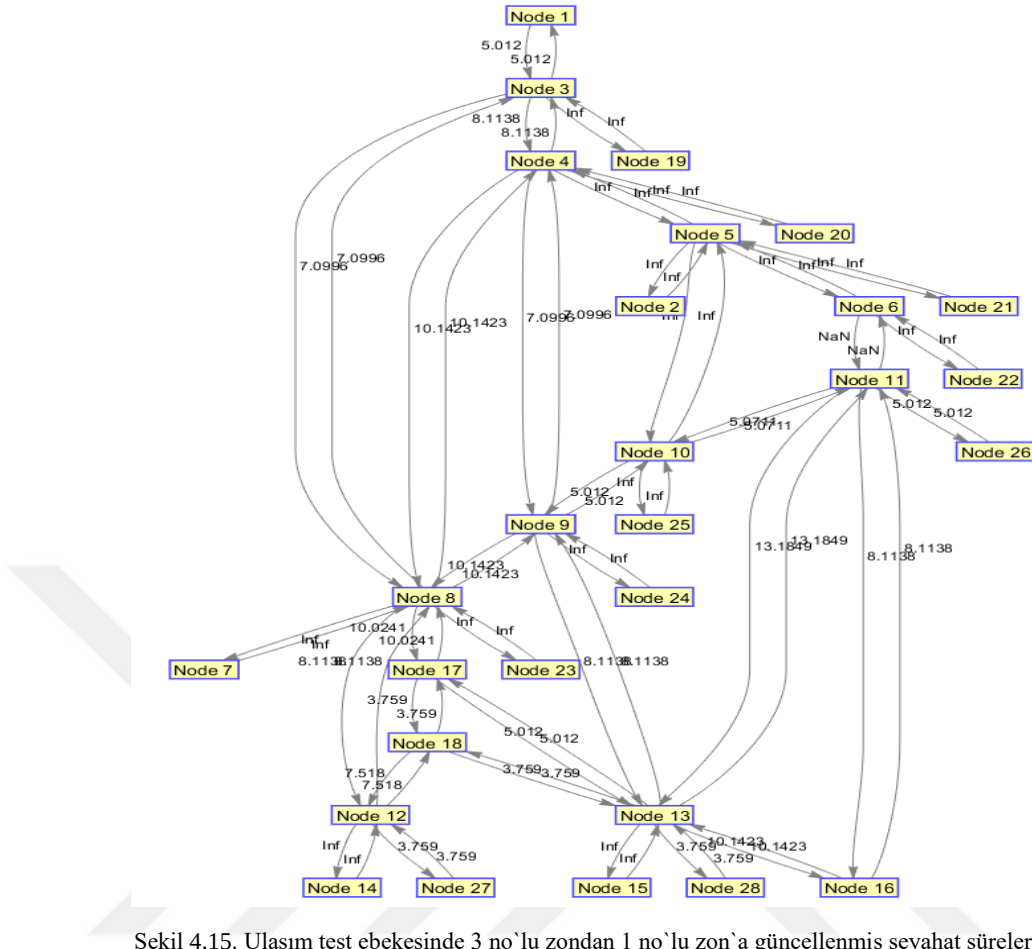
MATLAB yazılımı yapılan Artırmalı Trafik Ataması akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Artırmalı Trafik atama algoritması akış diyagramı

4.1.2.3. MATLAB uygulamasında ulaşım test şebekesinin tanımı

MATLAB yazılım programa girdi olarak yukarıda verilen test şebekesi ilgili, talep (akım), matris düğüm noktaları, alfa, beta katsayıları, kapasite değerleri ve her bir linkteki serbest seyahat süreleri verilmiştir. İteratif olarak çalışan MATLAB yazılım programında çıktı olarak oluşan matrisler, bir sonraki iterasyon için girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Her bir başlangıç varış çifti arasındaki serbest akım seyahat süreleri programa verilmiştir. Dolayısı ile test şebekesinde bulunan tüm başlangıç-varış çiftleri ve alternatif güzergâh bilgileri girdiler olarak programa eklenmiştir. Bu şebekede bütün güzergâhlar bulunmakta olup en kısa seyahat süresine sahip güzergâhlar elde edilerek belirlenmiştir. Artırımlı algoritmada yüzde bir yükleme oranlarına göre sisteme atanan trafik miktarları, her bir iterasyonda ilgili başlangıç – varış çiftleri arasındaki mevcut en kısa güzergâhlarında güncellenmesi sonucunu doğuracaktır. Şekil 4.15.'da görüldüğü gibi ulaşım test şebekesinde 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a seyahat matrisine ait tüm yolculuk değerlerinin şebekeye atanması sonucunda serbest güncellenmiş seyahat süreleri gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Ulaşım test ebekesinde 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a güncellenmiş seyahat süreleri

4.1.2.4. MATLAB programında ulaşım test şebekesinin analizi

MATLAB yazılım programında yukarıda bahsettiğimiz gibi ulaşım test şebekesinin analiz aşamasında, Artırmalı Trafik Atama yönteminin başlangıç varış çiftleri arasında her iterasyonda yüzde bir oranında trafik akımının (talebinin) mevcut güncel en kısa güzergâha atanması ile linklerde oluşan trafik miktarları ve ilgili seyahat süreleri elde edilmiştir. Aşağıda, test şebekesinde belirlenmiş her bir başlangıç varış çifti için Artırmalı Trafik Atama Yöntemi ile yüz (100) iterasyon sonunda yapılan atama ile mevcut alternatif güzergâhlara ait akım miktarları ve seyahat süreleri sıralanmıştır.

Şekil 4.16.'da 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 500 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi

ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

1-2 ToplamTalep = 500 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 9 18 20 21

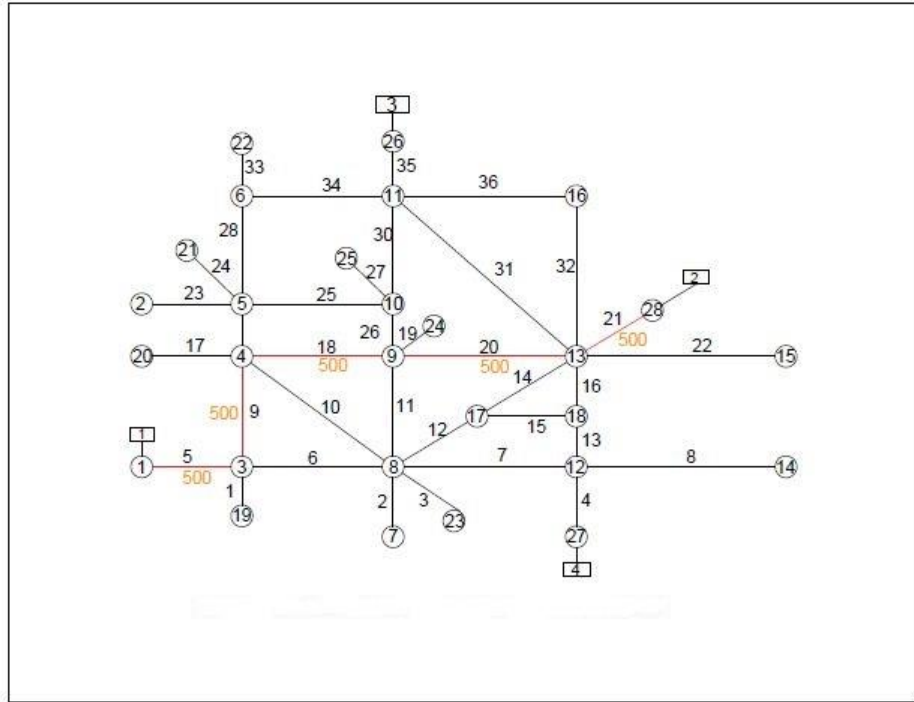
Güzergâh 1 seyahat süresi = 30.003 dakika

Güzergâh 1 talebi =500 taşıt/saat

Güzergah 2 = 5 6 7 13 16 21

Güzergâh 2 seyahat süresi = 31 dakika

Güzergâh 2 talebi = 0 taşıt/saat



Şekil 4.16. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.17.'de 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 350 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

1-3 ToplamTalep = 350 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 9 18 26 30 35

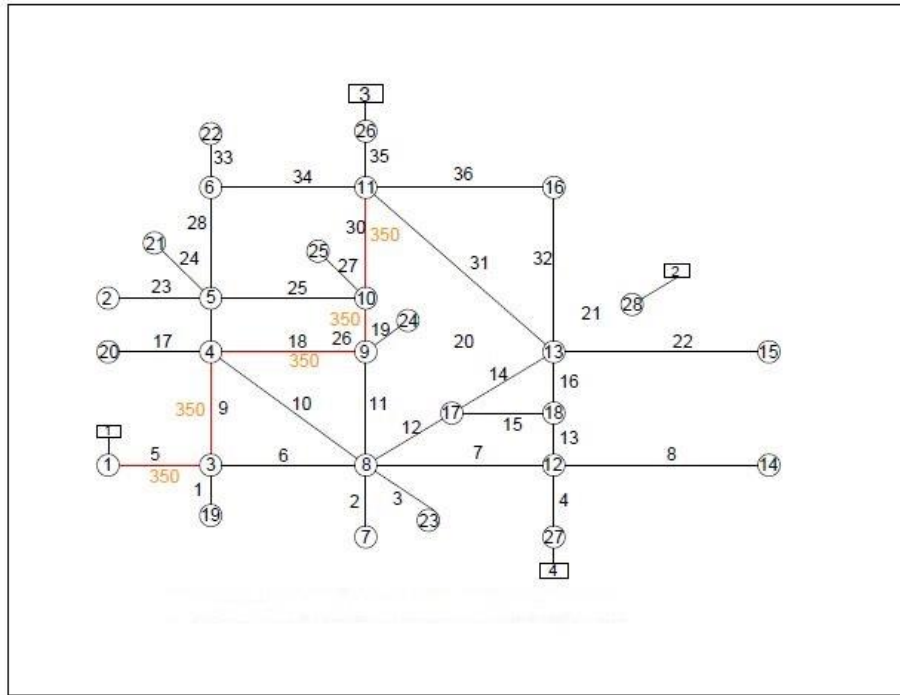
Güzergâh 1 seyahat süresi = 32.001 dakika

Güzergâh 1 talebi = 350 taşıt/saat

Güzergah 2 = 5 6 11 20 31 35

Güzergâh 2 seyahat süresi = 46 dakika

Güzergâh 2 talebi = 0 taşıt/saat



Şekil 4.17. 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

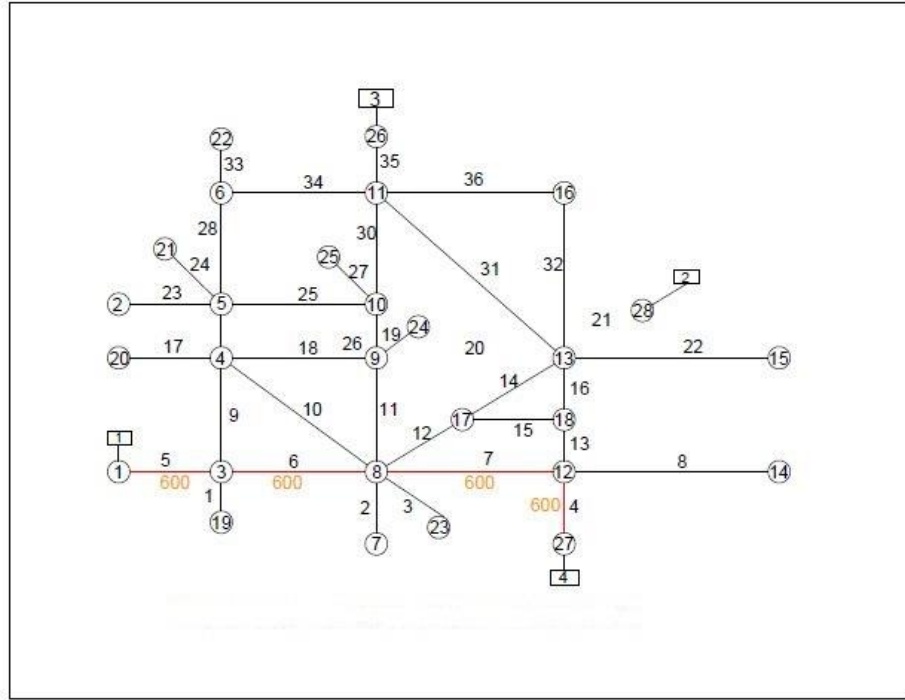
Şekil 4.18.'de 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 600 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergaha atanmıştır.

1-4 ToplamTalep= 600 taşıt/saat

Güzergah 1 = 4 7 6 5

Güzergâh 1 seyahat süresi = 22.006 dakika

Güzergâh 1 talebi = 600 taşıt/saat



Şekil 4.18. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.19.'da 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 670 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 2 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

2-1 ToplamTalep = 670 taşıt/saat

Güzergah 1 = 21 20 18 9 5

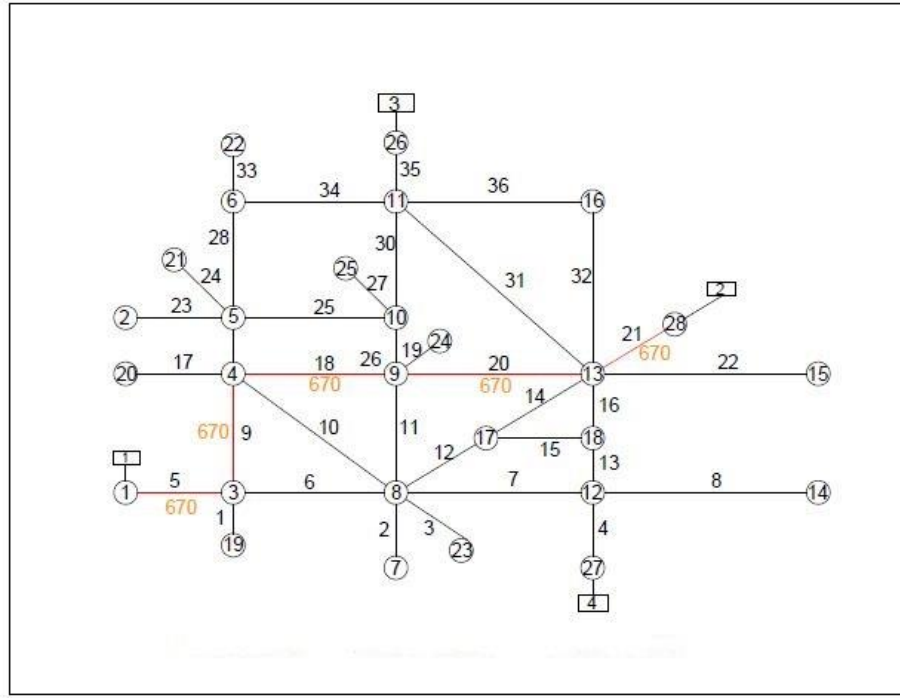
Güzergâh 1 seyahat süresi = 30.01 dakika

Güzergâh 1 talebi = 670 taşıt/saat

Güzergah 2 = 21 16 13 7 6 5

Güzergâh 2 seyahat süresi = 31 dakika

Güzergâh 2 talebi = 0 taşıt/saat



Şekil 4.19. 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.20.'de 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 580 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 2 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

2-3 ToplamTalep = 580 taşıt/saat

Güzergah 1 = 21 31 35

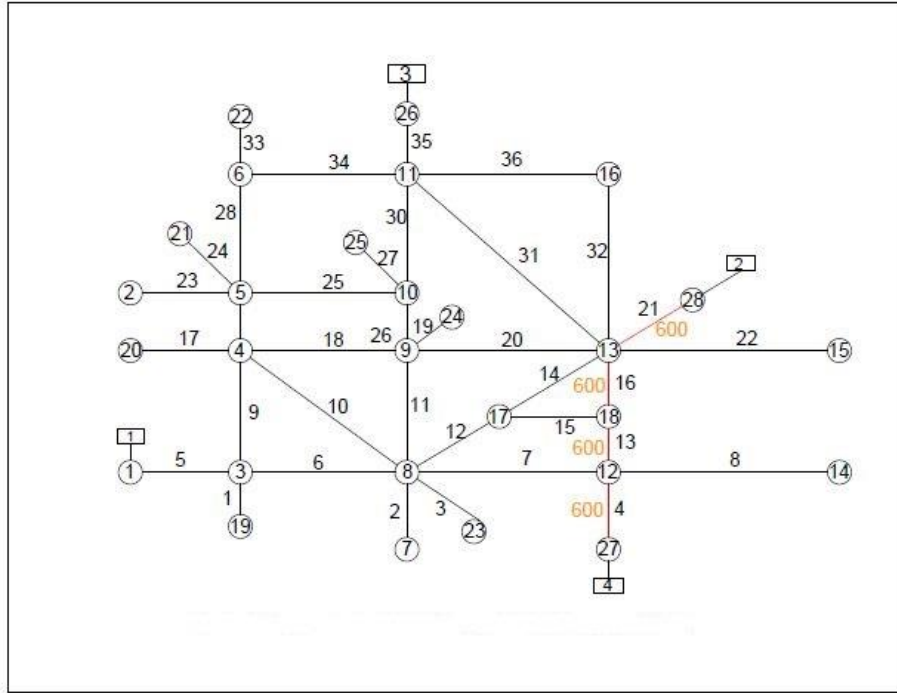
Güzergâh 1 seyahat süresi = 20.005 dakika

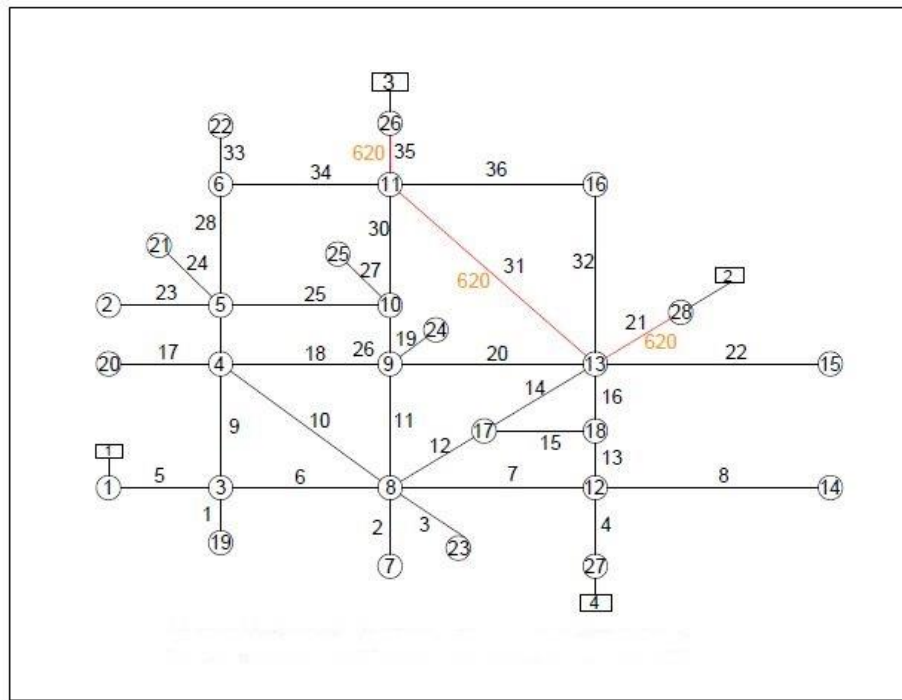
Güzergâh 1 talebi = 580 taşıt/saat

Güzergah 2 = 21 20 26 30 35

Güzergâh 2 seyahat süresi = 24 dakika

Güzergâh 2 talebi = 0 taşıt/saat





Şekil 4.23. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a artırımli trafik ataması

Şekil 4.24.'te 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 3 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

3- 4 Toplam Talep = 760 taşıt/saat

Güzerghah 1 = 35 31 16 13 4

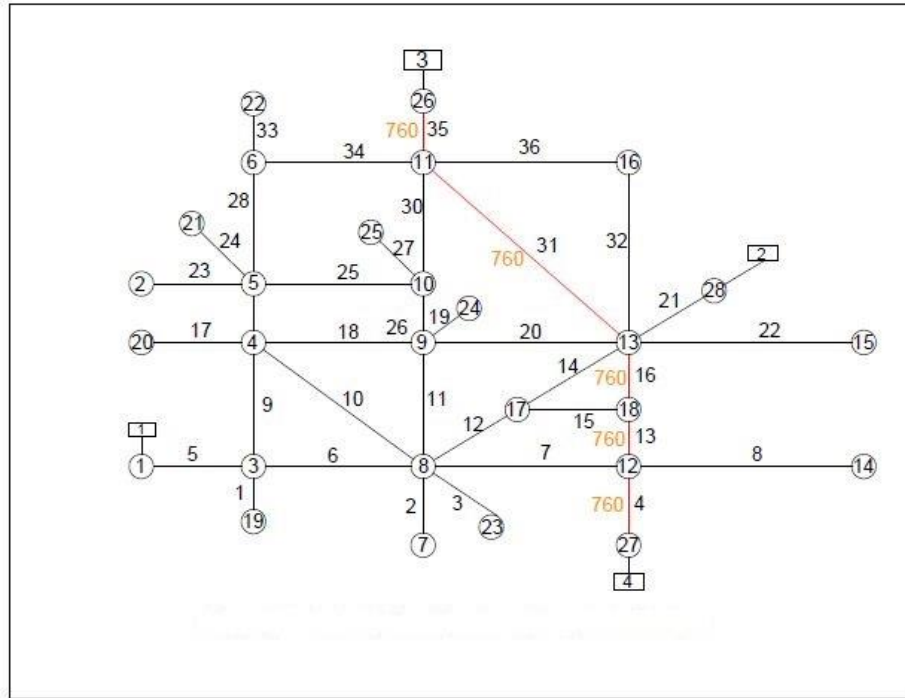
Güzergâh 1 seyahat süresi = 29.032489 dakika

Güzergâh 1 talebi = 760 taşıt/saat

Güzergah 2 = 35 30 26 11 7 4

Güzergâh 2 seyahat süresi = 34 dakika

Güzergâh 2 talebi = 0 taşıt/saat



Şekil 4.24. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması

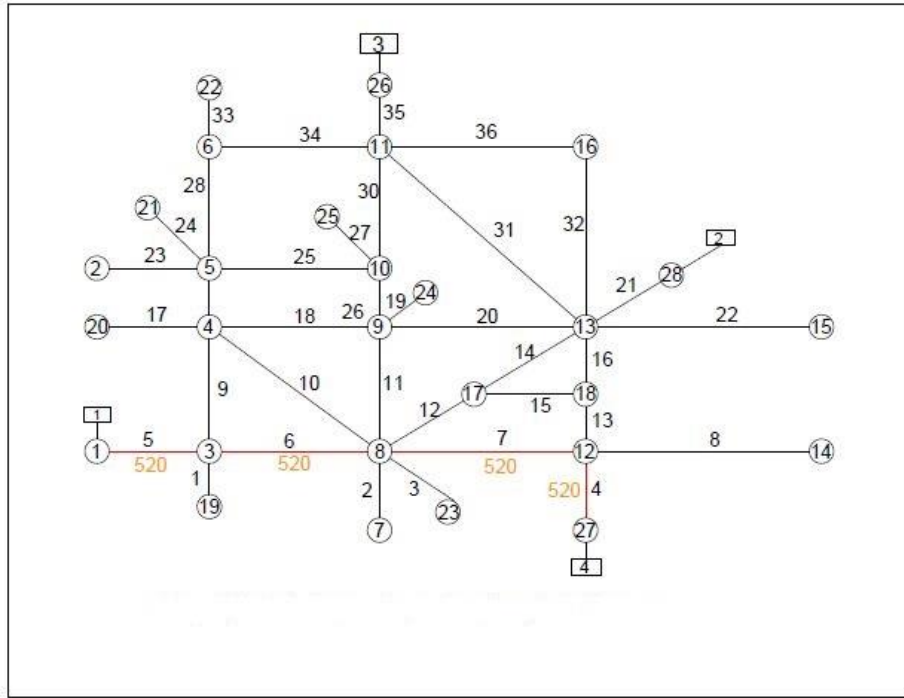
Şekil 4.25.'de, 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a olan 520 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergâha atanmıştır.

4-1 Toplam Talep = 520 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 6 7 4

Güzergâh 1 seyahat süresi = 22.003 dakika

Güzergâh 1 talebi = 520 taşıt/saat



Şekil 4.25. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması

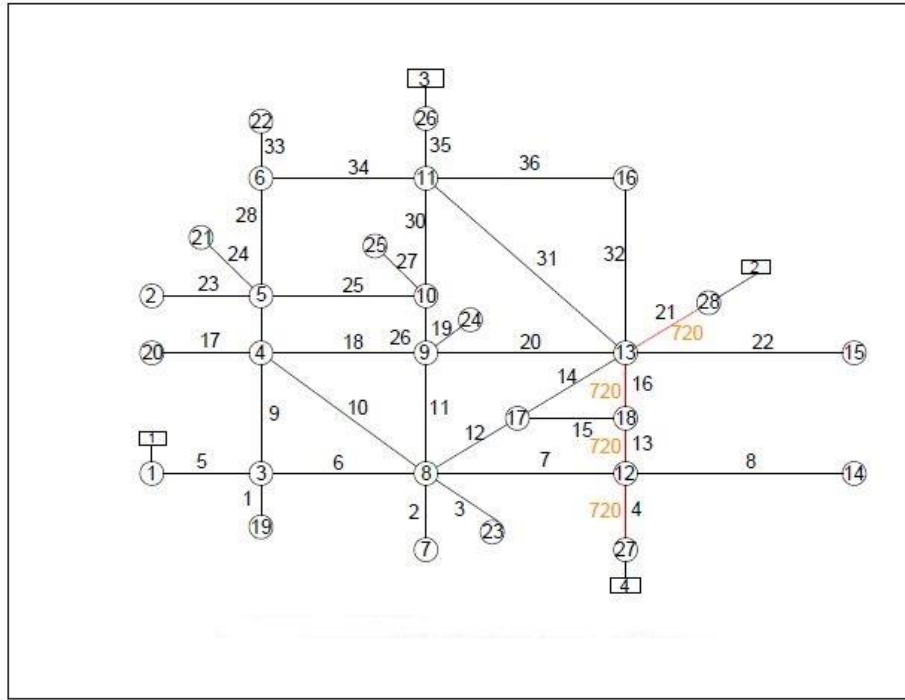
Şekil 4.26.'da 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a olan 720 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergâha atanmıştır.

4-2 Toplam Talep = 720

Güzergah 1 = 4 13 16 16 21

Güzergâh 1 seyahat süresi = 15.013 dakika

Güzergâh 1 talebi = 720 taşıt/saat



Şekil 4.26. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a artırımlı trafik ataması

Şekil 4.27.'de 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

4-3 Toplam Talep = 840 taşıt/saat

Güzergah 1 = 4 13 16 31 35

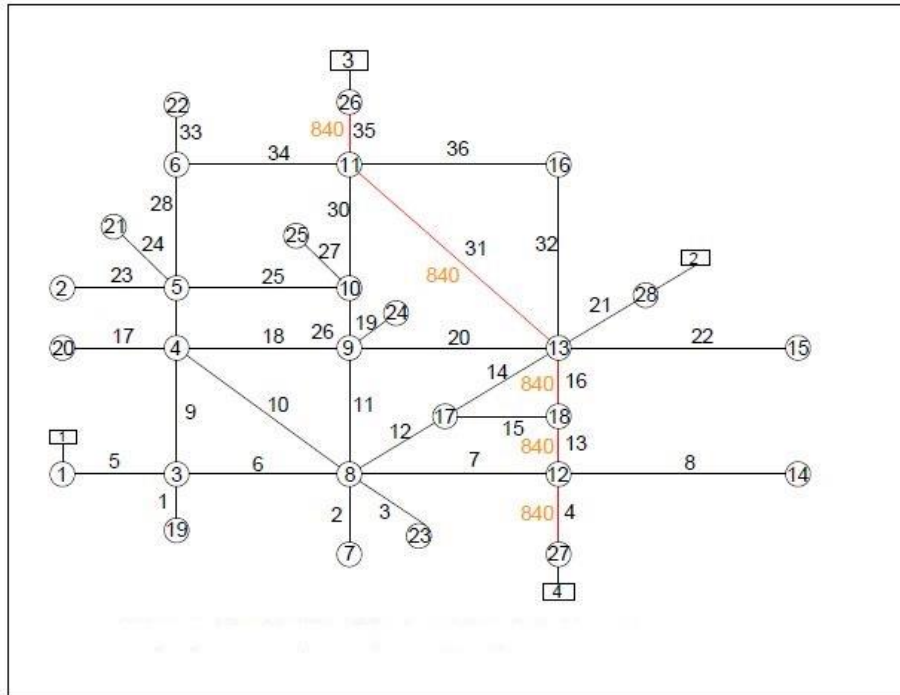
Güzergâh 1 seyahat süresi = 29.049 dakika

Güzergâh 1 talebi = 840 taşıt/saat

Güzergah 2 = 4 7 11 26 30 35

Güzergâh 1 seyahat süresi = 34 dakika

Güzergâh 1 talebi = 0 taşıt/saat



Şekil 4.27. 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a artırımlı trafik ataması

4.1.3. Kullanıcı denge trafik atama analizi

Bu yöntemde, her bir başlangıç-varış çifti arasında bulunan en kısa güzergâhlara 3. Bölümdeki kullanıcı denge trafik atama prosedürüne göre hesaplanan trafik atamaları yapılarak, elde edilen sonuçlar diğer yöntemler ile değerlendirilecektir.

İlk olarak her bir başlangıç-variş çifti arasında mevcut en kısa güzergahlar en kısa seyahat sürelerine göre sıralanmış daha sonra, 3.3 bağıntısı ile belirlenen matematiksel yapı üzerinden kullanıcı dengesi analiz yapılmıştır.

Şekil 4.28.'de görüldüğü üzere, 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 500 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Dengesi yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasında bulunan en kısa süreli iki güzergaha, denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerinde çok az fark olduğu için, 250 taşıt/saat birinci, 250 taşıt/saat da ikinci en kısa seyahat süresine sahip olan güzergahlara atanmıştır.

1-2 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-20-21= 4+8+7+8+3=30 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-7-13-16-21= 4+7+8+6+3+3=31 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 500$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 30 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 31 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 500 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31(500 - x_1) + \frac{(500 - x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 + [(500 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 - 500 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 - 501 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 501$$

$$x_1 = 250.5 \sim 250 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 250.5 \sim 250 \text{ araç/saat}$$

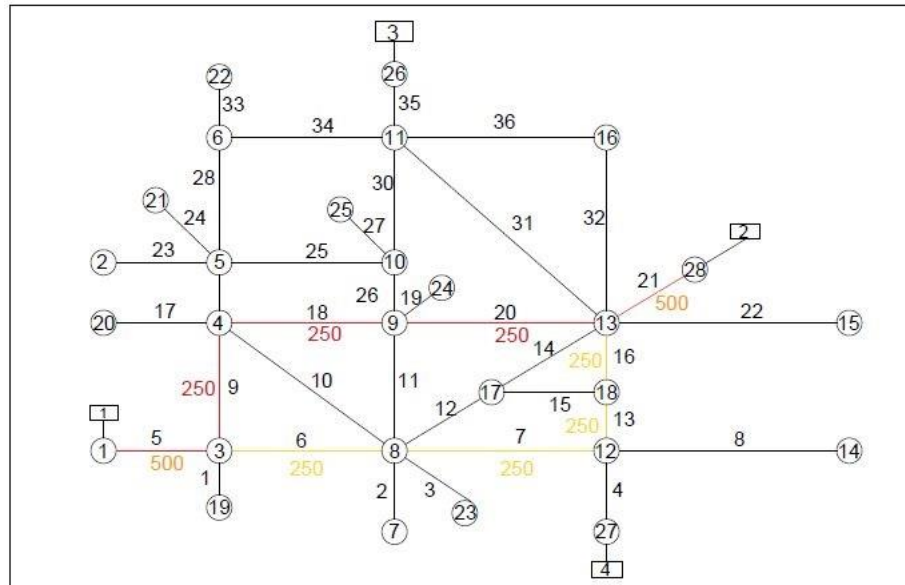
burada;

t_1, t_2 : serbest seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergahların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini ifade etmektedir.



Şekil 4.28. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.29.'da 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 350 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Dengesi yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 182 taşıt/saat birinci ve 168 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

1-3 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 5-9-18-26-30-35 = 4+8+7+4+5+4=32$ dakika

t₂: 5-6-11-20-31-35= 4+7+10+8+13+4=46 dakika

$$\text{Min } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 46 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32 + x_1 + 46 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 350$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 32 + x_1 \, dx_1 + \int_0^{x_2} 46 + x_2 \, dx_2$$

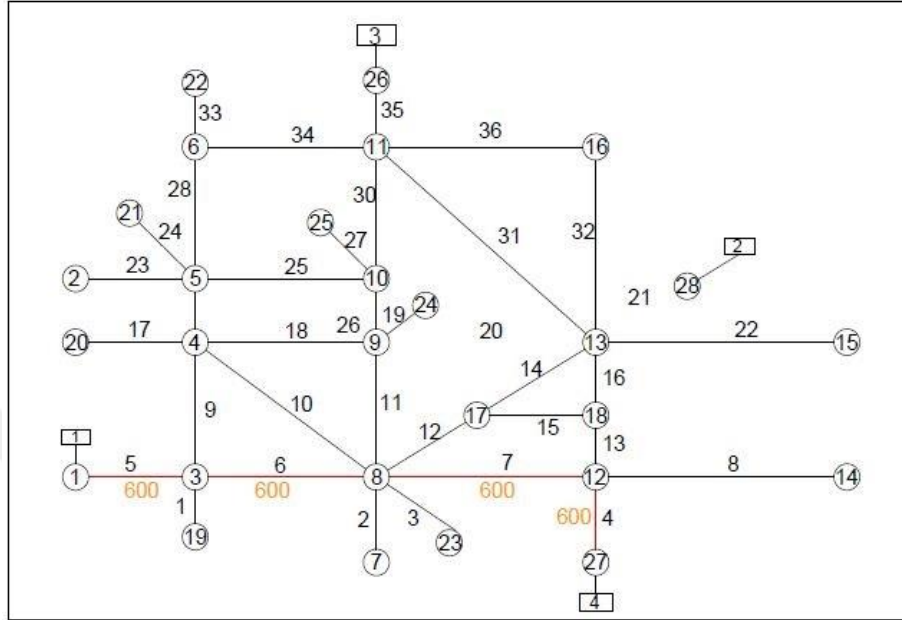
$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 46x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 350 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 46(350 - x_1) + \frac{(350 - x_1)^2}{2}$$

1-4 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 5-6-7-4= 4+7+8+3=22$ dakika



Şekil 4.30. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.31.'de 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 670 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında her iki en kısa güzergâhları denge durumuna tekabül eden ve seyahat sürelerine göre, 335 taşıt/saat birinci ve 335 taşıt/saat ise ikinci güzergâha girmiştir.

2-1 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 21-20-18-9-5= 3+8+7+8+4=30$ dakika

$t_2: 21-16-13-7-6-5= 3+3+6+8+7+4=31$ dakika

$$\text{Min } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 670$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 30 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 31 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 670 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31(670 - x_1) + \frac{(670 - x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 + [(670 - x_1) \cdot (-1)] = 0$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 - 670 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 671$$

$$x_1 = 335.5 = 335 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 334.5 = 335 \text{ araç/saat}$$

burada

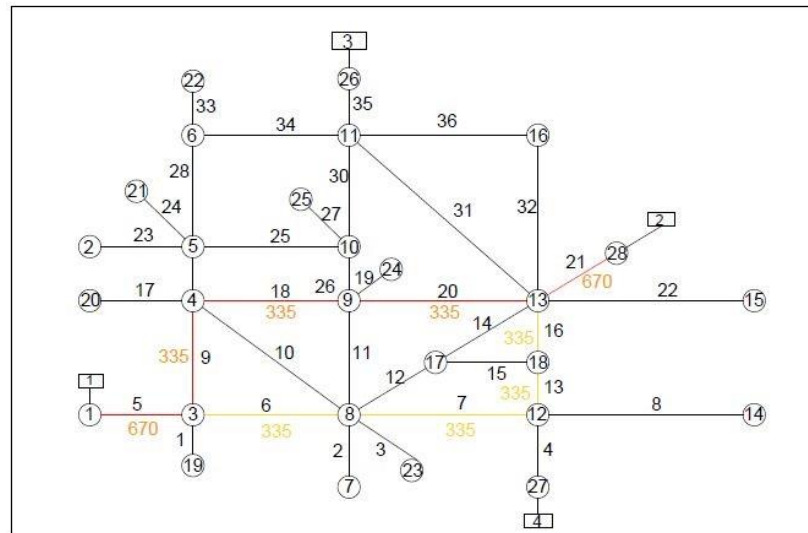
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

temsil etmektedir.



Şekil 4.31. 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.32.'de 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 580 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve

3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden ve seyahat sürelerine göre, 292 araç/saat birinci ve 288 taşıt/saat ikinci güzergâha atanmıştır.

2-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-31-35= 3+13+4=20 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-20-26-30-35= 3+8+4+5+4=24 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 20 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 24 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20 + x_1 + 24 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 580$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 20 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 24 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 580 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24(580 - x_1) + \frac{(580 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 20 + x_1 - 24 + [(580 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 20 + x_1 - 24 - 580 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 584$$

$$x_1 = 292 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 288 \text{ araç/saat}$$

burada

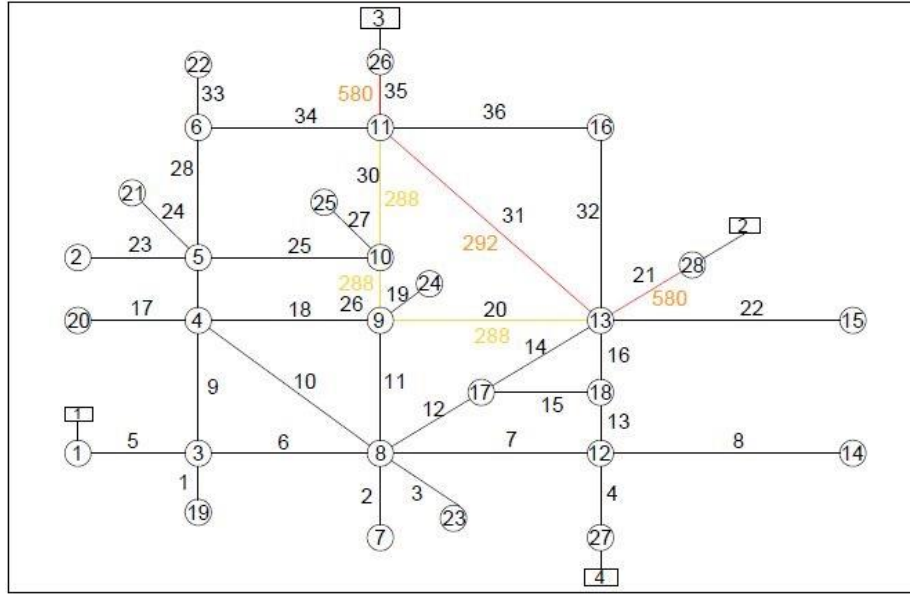
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.32. 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.33.'te 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 600 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 302 taşıt/saat birinci ve 298 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-16-13-4= 3+3+6+3=15 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-14-15-13-4= 3+4+3+6+3=19 \text{ dakika}$$

$$Z \text{ Min } (x_1) = 15+x_1$$

$$\text{Min } Z (x_2) = 19+x_2$$

$$\text{Min } Z (x)= 15+x_1+19+x_2$$

$$x_1+x_2=600$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 15 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 19 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z (x)= 15x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 19x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2=600-x_1$$

$$\text{Min } Z (x)= 15x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 19(600 - x_1) + \frac{(600-x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 15 + x_1 - 19 + [(600 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'_x = 15 + x_1 - 19 - 600 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 604$$

$$x_1 = 302 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 298 \text{ araç/saat}$$

burada

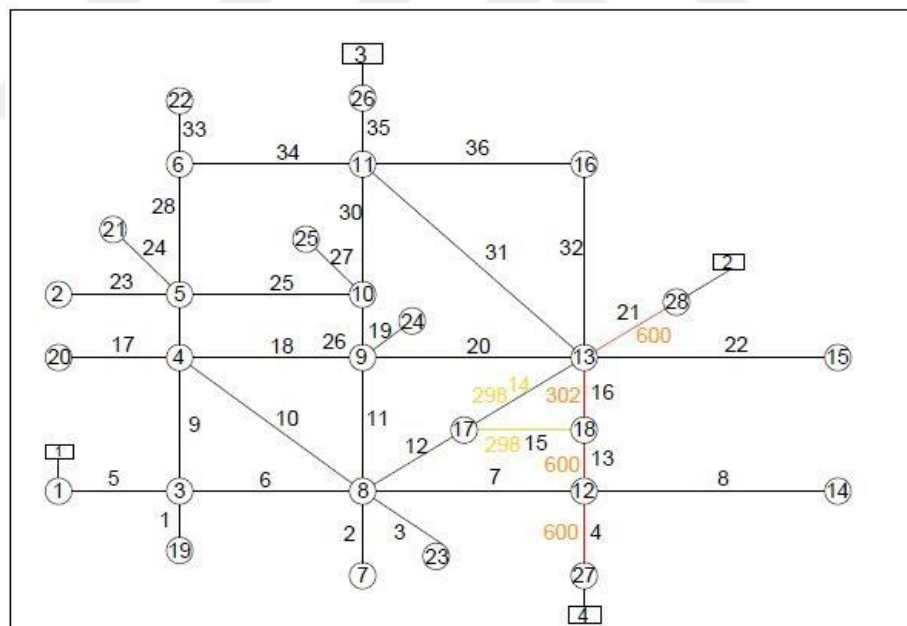
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

Min $Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f' x: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.33. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.34.'te 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 480 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden

seyahat sürelerine göre, 241 taşıt/saat birinci ve 239 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-1 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-30-26-18-9-5= 4+5+4+7+8+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+11-6-5= 4+5+4+10+7+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 480$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 32 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 34 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 480 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(480 - x_1) + \frac{(480 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 32 + x_1 - 34 + [(480 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 32 + x_1 - 34 - 480 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 482$$

$$x_1 = 241 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 239 \text{ araç/saat}$$

burada

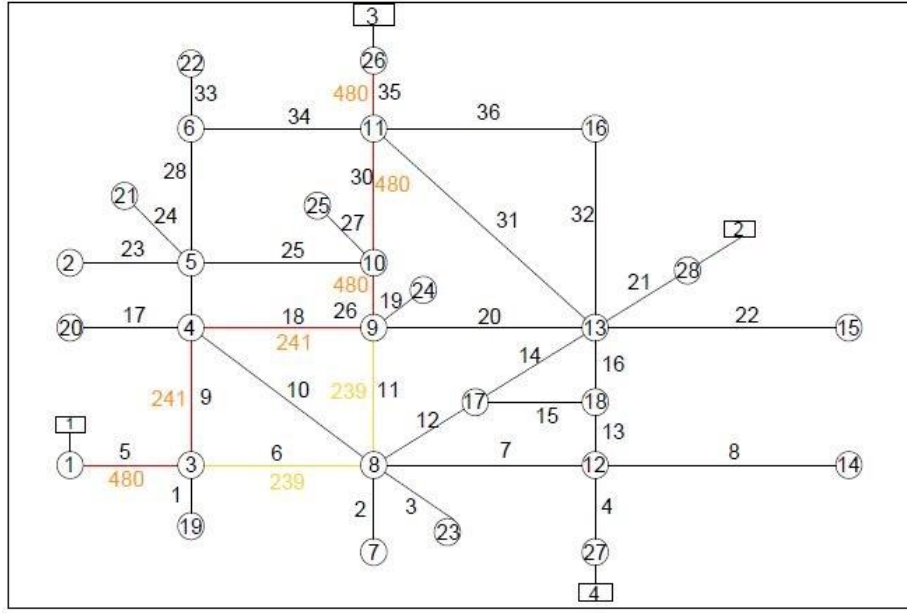
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değerini,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.34. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.35.'te 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 620 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 312 taşıt/saat birinci ve 308 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-2 Başlangıç – Varış çifti için

$$t_1: 35-31-21= 4+13+3=20 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+20-21= 4+5+4+8+3=24 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 20+x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 24+x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20+x_1+24+x_2$$

$$x_1+x_2=620$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 20 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 24 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2=620-x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24(620 - x_1) + \frac{(620-x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 20 + x_1 - 24 + [(620 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'_x = 20 + x_1 - 24 - 620 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 624$$

$$x_1 = 312 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 308 \text{ araç/saat}$$

burada

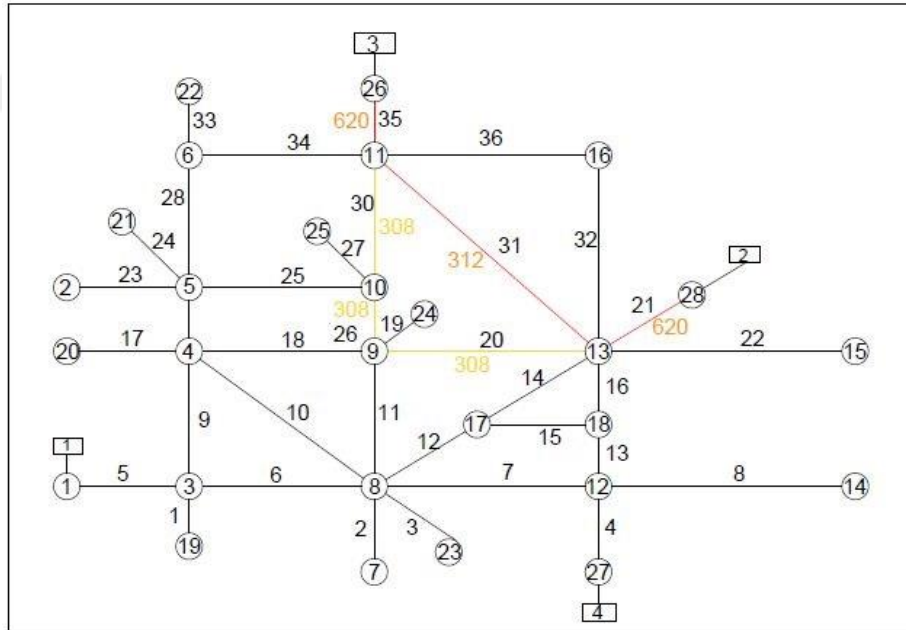
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

Min Z (x): fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

temsil etmektedir.



Şekil 4.35. 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.36.'de 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden

seyahat sürelerine göre, 383 taşıt/saat birinci ve 377 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-16+13-4= 4+13+3+6+3=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26-11-7-4= 4+5+4+10+8+3=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 29+x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 34+x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29+x_1+34+x_2$$

$$x_1+x_2=760$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 29 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 34 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2=760-x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(760 - x_1) + \frac{(760-x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 29+x_1 -34+[(760-x_1)*(-1)]=0$$

$$f'x = 29+x_1 -34-760+x_1=0$$

$$f'x = 2x_1=765$$

$$x_1 = 382.5 = 383 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 377.5 = 377 \text{ araç/saat}$$

burada

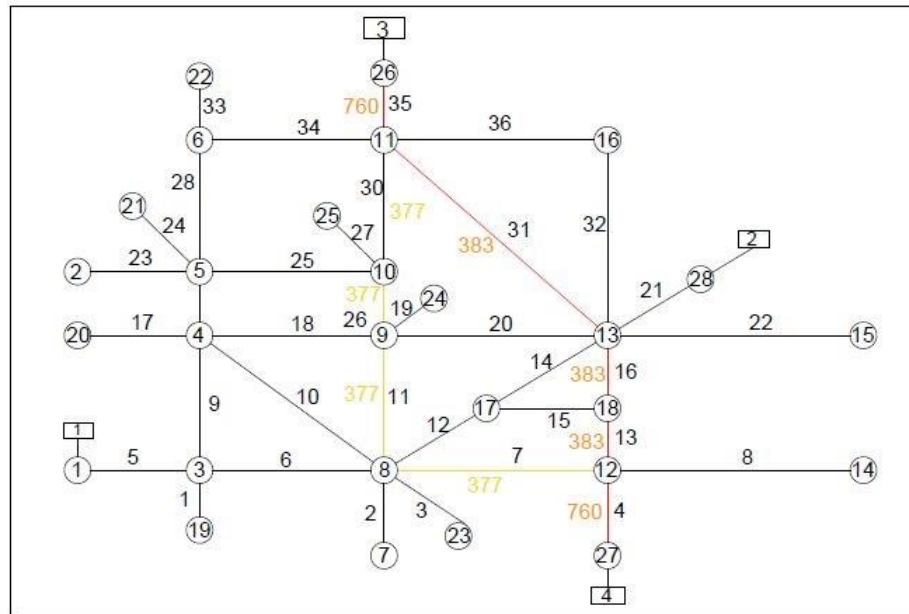
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.36. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.37.'de 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 520 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 520 taşıt/saat'lik yolculuk talebi 4 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasındaki en kısa güzergâha atanmıştır.

4-1Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 4-7-6-5=3+8+7+4=22$ dakika

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(840 - x_1) + \frac{(840 - x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 29 + x_1 - 34 + [(840 - x_1) \cdot (-1)] = 0$$

$$f'_x = 29 + x_1 - 34 - 840 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 845$$

$$x_1 = 422.5 = 422 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 417.5 = 418 \text{ araç/saat}$$

burada

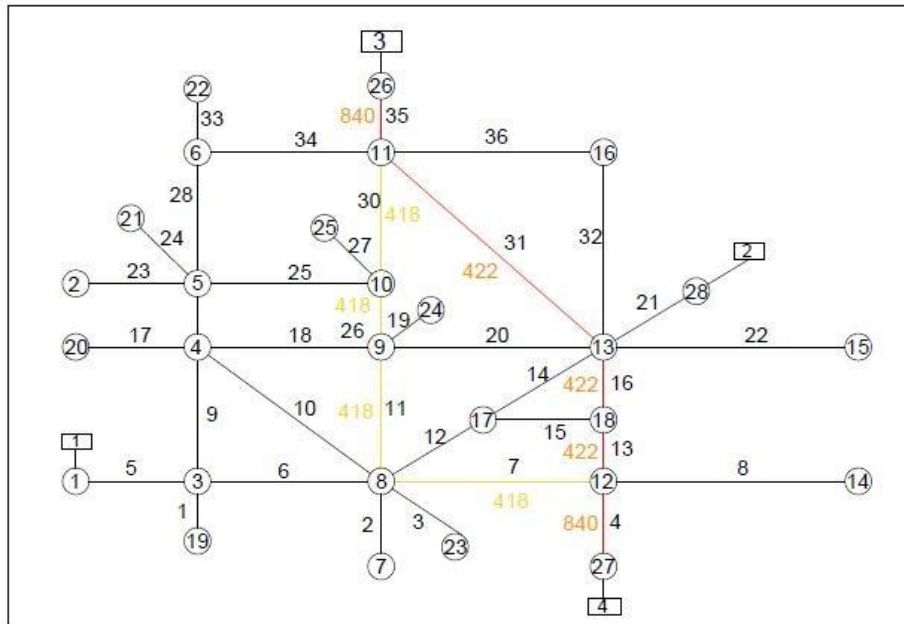
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

Min $Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.39. 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

4.1.4. Sistem optimum trafik atama tekniği analizi

Bu yöntemde, her bir başlangıç-varış arasında bulunan en kısa güzergahlar 3. Bölümdeki sistem optimum trafik atama prosedürüne göre hesaplanmış ve sonuçlar bir sonraki bölümde diğer yöntemler ile değerlendirilmiştir.

İlk olarak her bir başlangıç-varış arasında mevcut en kısa yollar seyahat sürelerine göre belirlendikten sonra, daha önce açıklanan prosedüre göre Sistem Optimum kullanıcı dengesinin matematiksel yapısı ile analiz yapılacaktır.

Formülasyonlarda kullanılan notasyonlar, kullanıcı dengesi atama formülasyonlarında kullanılan notasyonla aynıdır.

Şekil 4.40.'da 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 500 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 250 taşıt/saat birinci ve 250 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

1-2 Başlangıç – Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-20-21 = 4+8+7+8+3=30 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-7-13-16-21 = 4+7+8+6+3+3=31 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 500$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (30 + x_1) + x_2 \cdot (31 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 500 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31 \cdot (500 - x_1) + (500 - x_1)^2$$

$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 + 2 \cdot (500 - x_1) \cdot (-1)$$

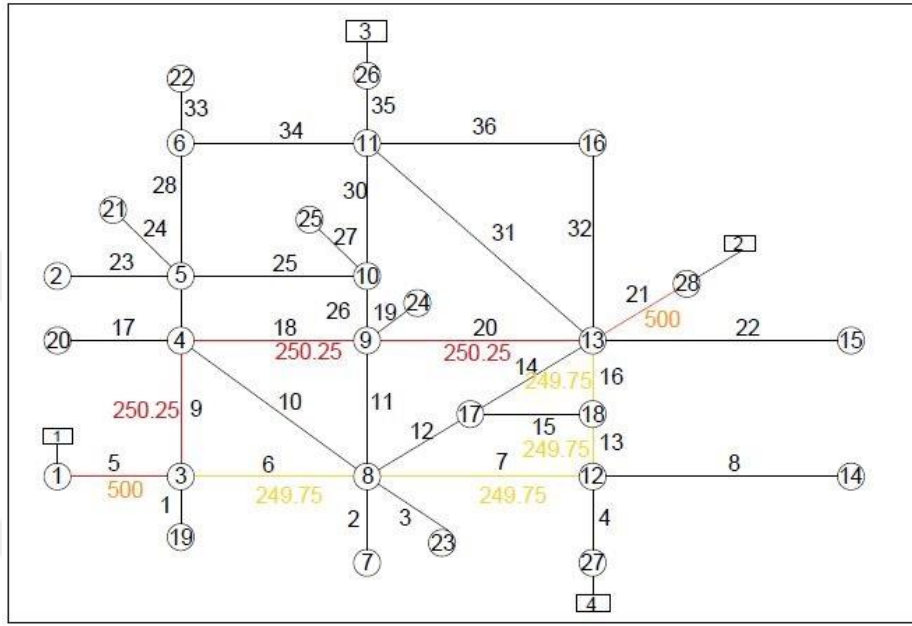
$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 - 1000 + 2x_1$$

$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 - 1000 + 2x_1 = 0$$

$$f'_x = 4x_1 = 1001$$

$$x_1 = 250.25 \sim 250 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 249.75 \sim 250 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.40. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.41.'de 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 350 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında her iki en kısa Kullanıcı dengesinin optimum durumunu tekabül eden ve seyahat sürelerine fark gösterdiği hesaplama sonucunda 178 araç/saat birinci ve 172 taşıt/saat ikinci en kısa seyahat süre sahip olan güzergaha girmiştir.

1-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-26-30-35 = 4+8+7+4+5+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-11-20-31-35 = 4+7+10+8+13+4=46 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 46 + x_2$$

Minimize $Z(x) = 32 + x_1 + 46 + x_2$

$$x_1 + x_2 = 350$$

Minimize $Z(x) = x_1(32 + x_1) + x_2(46 + x_2)$

Minimize $Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 46x_2 + x_2^2$

$$x_2 = 350 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 46(350 - x_1) + (350 - x_1)^2$$

$$f'_x = 32 + 2x_1 - 46 + 2 \cdot (350 - x_1) \cdot (-1)$$

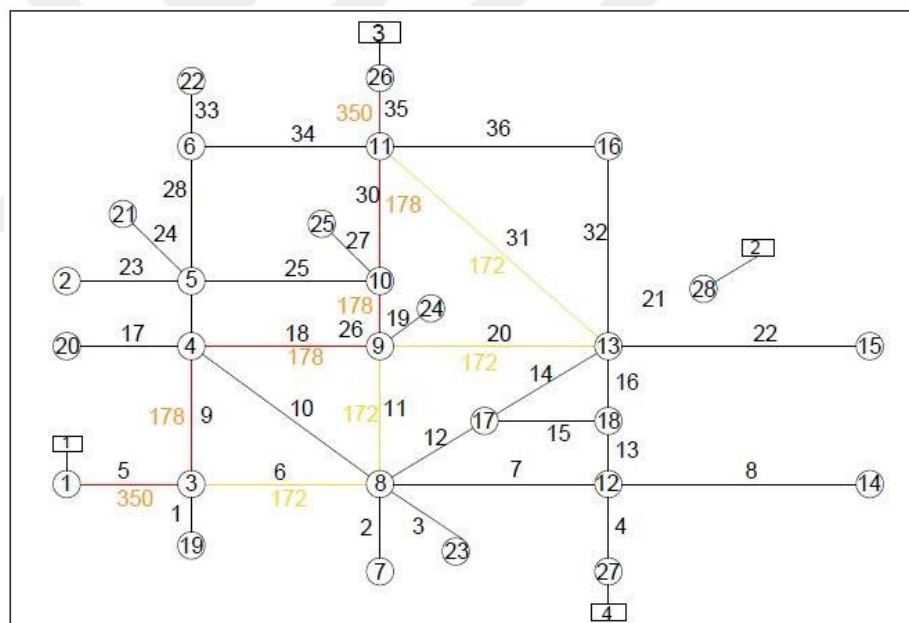
$$f'_x = 32 + 2x_1 - 46 - 700 + 2x_1$$

$$f'_x = 32 + 2x_1 - 46 - 700 + 2x_1 = 0$$

$$f'x = 4x_1 = 714$$

$$x_1 = 178.5 = 178 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 171.5 = 172 \text{ taşıt/saat}$$

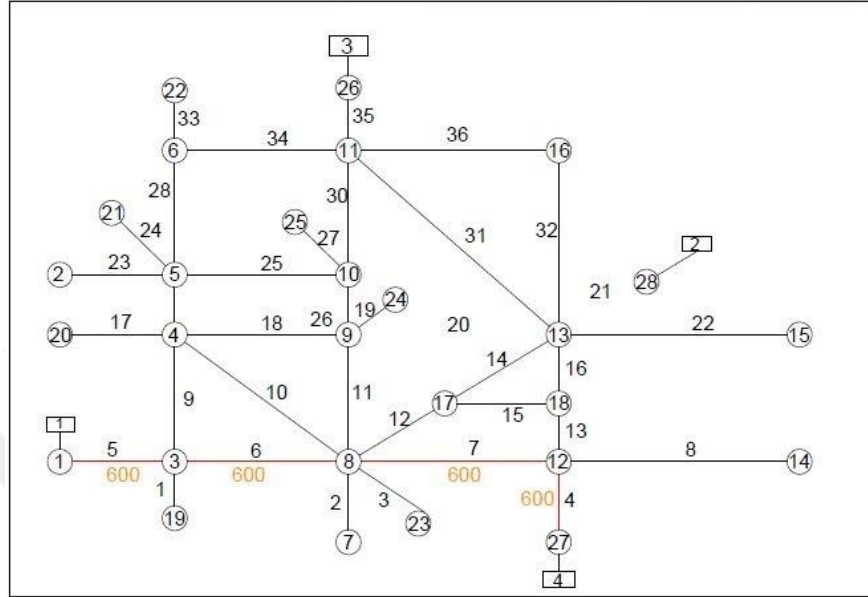


Şekil 4.41. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.42.'de 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 600 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasındaki 600 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, tekil en kısa güzergâha atanmıştır.

1-4 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 5-6-7-4 = 4+7+8+3=22$ dakika



Şekil 4.42. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.43.'te 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 670 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 335 taşıt/saat birinci ve 335 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-1 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 21-20-18-9-5 = 3+8+7+8+4=30$ dakika

$t_2: 21-16-13-7-6-5 = 3+3+6+8+7+4=31$ dakika

Minimize $Z(x_1) = 30 + x_1$

Minimize $Z(x_2) = 31 + x_2$

Minimize $Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$

$x_1 + x_2 = 670$

Minimize $Z(x) = x_1 \cdot (30 + x_1) + x_2 \cdot (31 + x_2)$

Minimize $Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31x_2 + x_2^2$

$$x_2 = 670 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31(670 - x_1) + (670 - x_1)^2$$

$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 + 2 \cdot (670 - x_1) \cdot (-1)$$

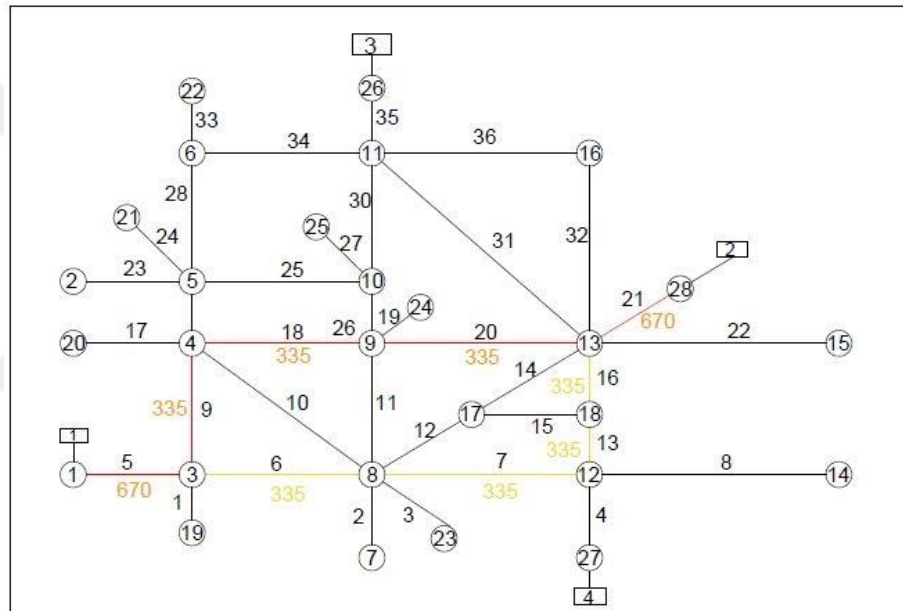
$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 - 1340 + 2x_1$$

$$f'_x = 30 + 2x_1 - 31 - 1340 + 2x_1 = 0$$

$$f'_x = 4x_1 = 1341$$

$$x_1 = 335.25 = 335 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 334.75 = 335 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.43. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.44.'te 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a olan 580 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 2 no`lu zon ve 3 no`lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 291 taşıt/saat birinci ve 289 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-3 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 21-31-35= 3+13+4=20$ dakika

seyahat sürelerine göre, 301 taşıt/saat birinci ve 299 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-16-13-4= 3+3+6+3=15 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-14-15-13-4= 3+4+3+6+3=19 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 15+x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 19+x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15+x_1+19+x_2$$

$$x_1+x_2=600$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1*(15+x_1)+x_2*(19+x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15x_1+1x_1^2 + 19x_2+x_2^2$$

$$x_2=600-x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15x_1+x_1^2 + 19*(600-x_1)+(600-x_1)^2$$

$$f'_x = 15+2x_1 -19+2*(600-x_1)*(-1)$$

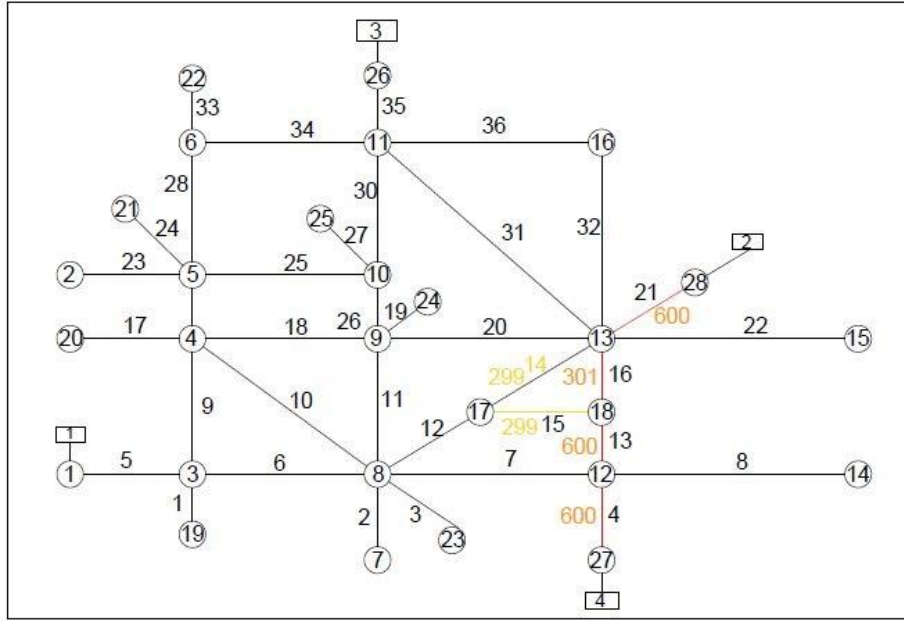
$$f'_x = 15+2x_1 -19-1200+2x_1$$

$$f'_x = 15+2x_1 -19-1200+2x_1=0$$

$$f'_x = 4x_1=1204$$

$$x_1 = 301 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 299 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.45. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.46.'da 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 480 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhları Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 241 taşıt/saat birinci ve 239 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-1Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-30-26-18-9-5 = 4+5+4+7+8+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+11-6-5 = 4+5+4+10+7+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 480$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (32 + x_1) + x_2 \cdot (34 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 34x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 480 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 34 \cdot (480 - x_1) + (480 - x_1)^2$$

$$f'x = 32 + 2x_1 - 34 + 2 \cdot (480 - x_1) \cdot (-1)$$

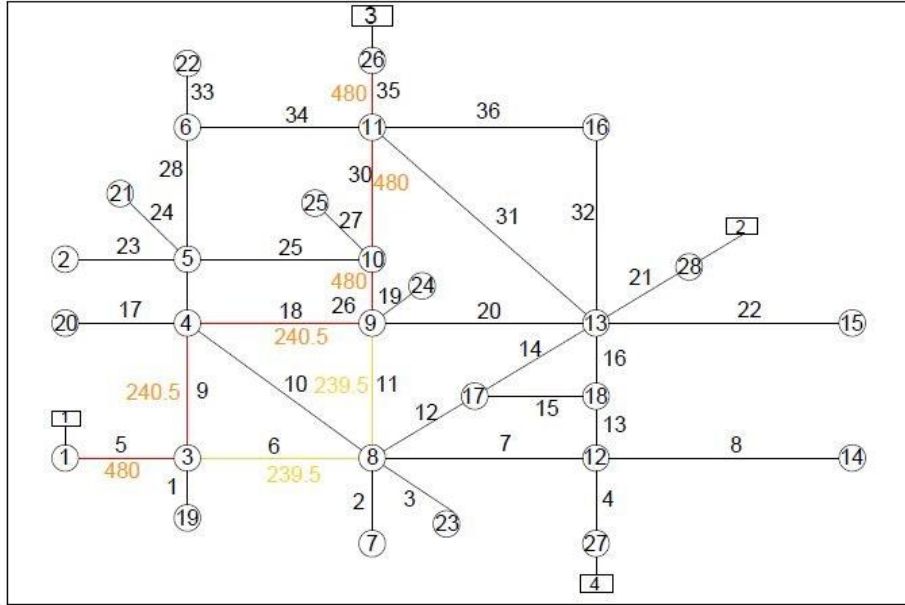
$$f'_x = 32 + 2x_1 - 34 - 960 + 2x_1$$

$$f'_x = 32 + 2x_1 - 34 - 960 + 2x_1 = 0$$

$$f'_x = 4x_1 = 962$$

$$x_1 = 240.5 = 241 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 239.5 = 239 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.46. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.47.'te 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 620 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 311 taşıt/saat birinci ve 309 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-2 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-21= 4+13+3=20 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+20-21= 4+5+4+8+3=24 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 20 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 24 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 20 + x_1 + 24 + x_2$$

3-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-16+13-4= 4+13+3+6+3=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26-11-7-4= 4+5+4+10+8+3=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 29+x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34+x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29+x_1+34+x_2$$

$$x_1+x_2=760$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1*(29+x_1)+x_2*(34+x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1+x_1^2 + 34x_2+x_2^2$$

$$x_2=760-x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1+x_1^2 + 34*(760-x_1)+(760-x_1)^2$$

$$f'_x = 29+2x_1 - 34+2*(760-x_1)*(-1)$$

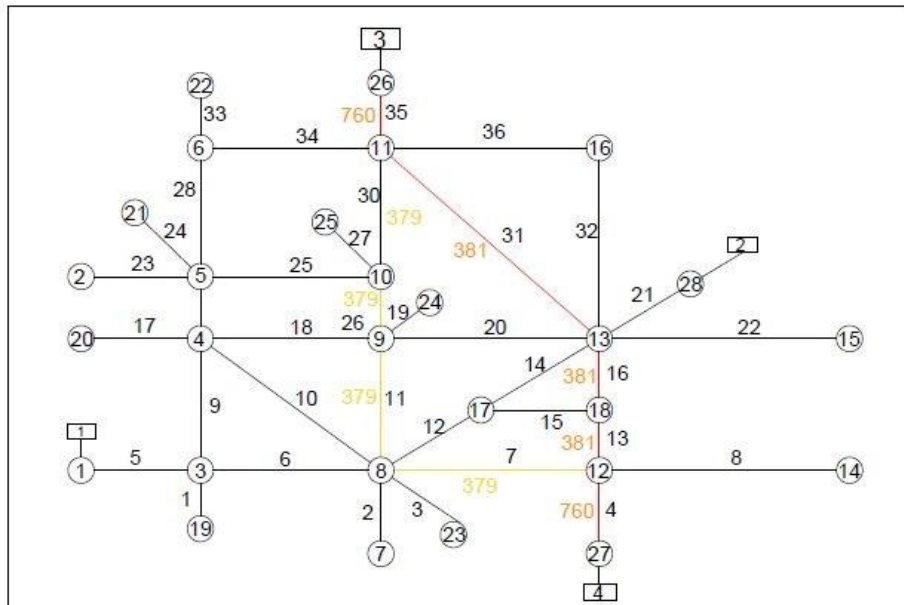
$$f'_x = 29+2x_1 - 34-1520+2x_1$$

$$f'_x = 29+2x_1 - 34-1520+2x_1=0$$

$$f'_x = 4x_1=1525$$

$$x_1 = 381.25 = 381 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 379.75 = 379 \text{ taşıt/saat}$$

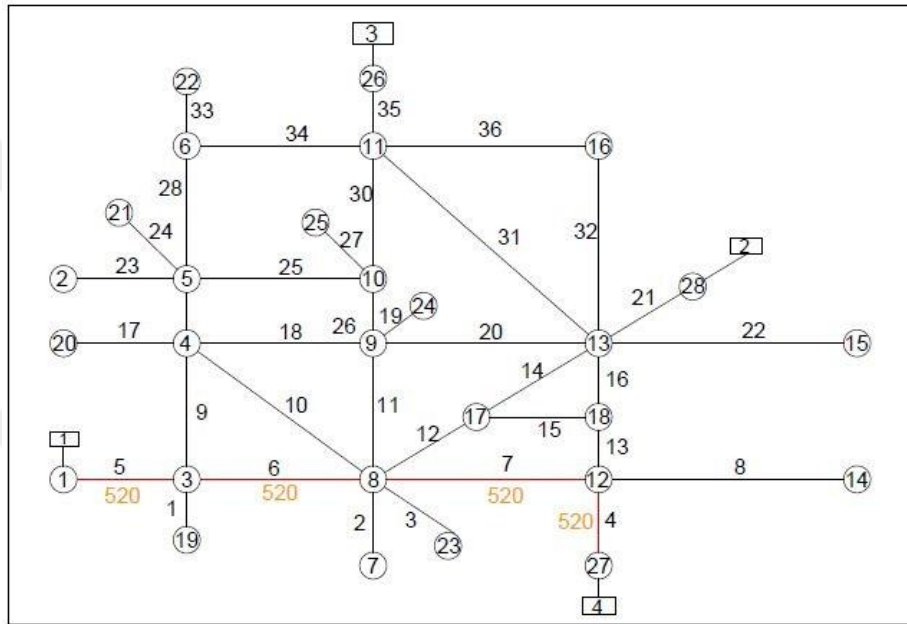


Şekil 4.48. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.49.'da 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a olan 520 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no`lu zon ve 1 no`lu zon arasındaki 520 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, tekil en kısa güzergâha atanmıştır.

4-1 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 4-7-6-5 = 3+8+7+4=22$ dakika

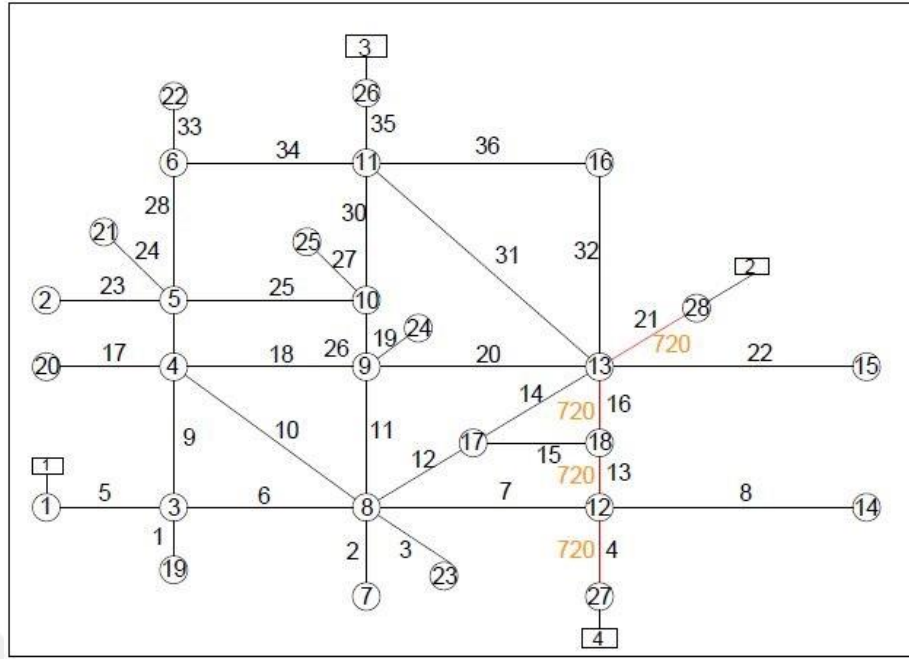


Şekil 4.49. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.50.'de 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a olan 720 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no`lu zon ve 2 no`lu zon arasındaki 720 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, tekil en kısa güzergâha atanmıştır.

4-2 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 4-13-16-21 = 3+6+3+3=15$ dakika



Şekil 4.50. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.51.'te 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhaları Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 421 taşıt/saat birinci ve 419 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

4-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 4-13-16-31-35 = 3+6+3+13+4=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 4-7-11+26-30-35 = 4+8+10+4+5+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 29 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 840$$

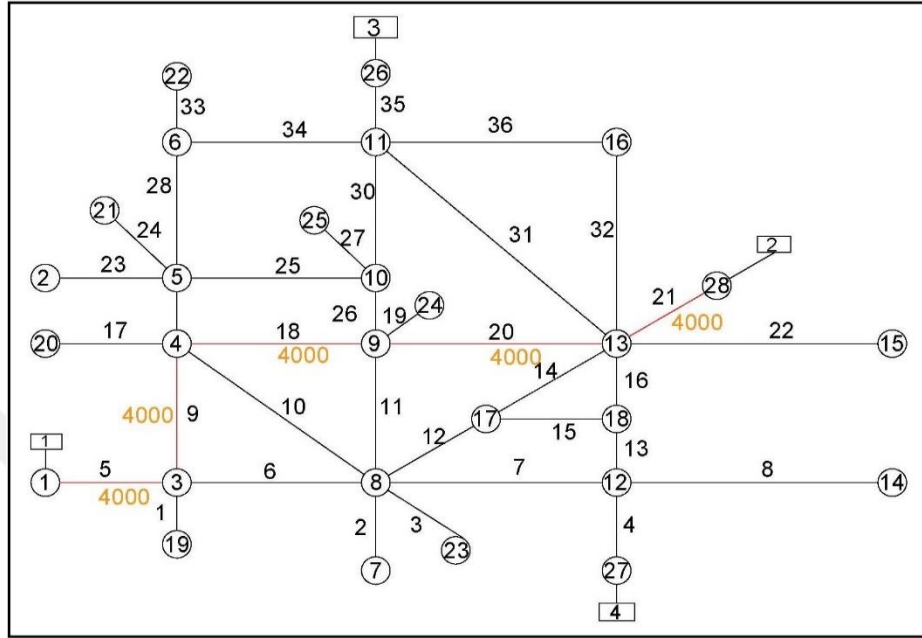
$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (29 + x_1) + x_2 \cdot (34 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 840 - x_1$$

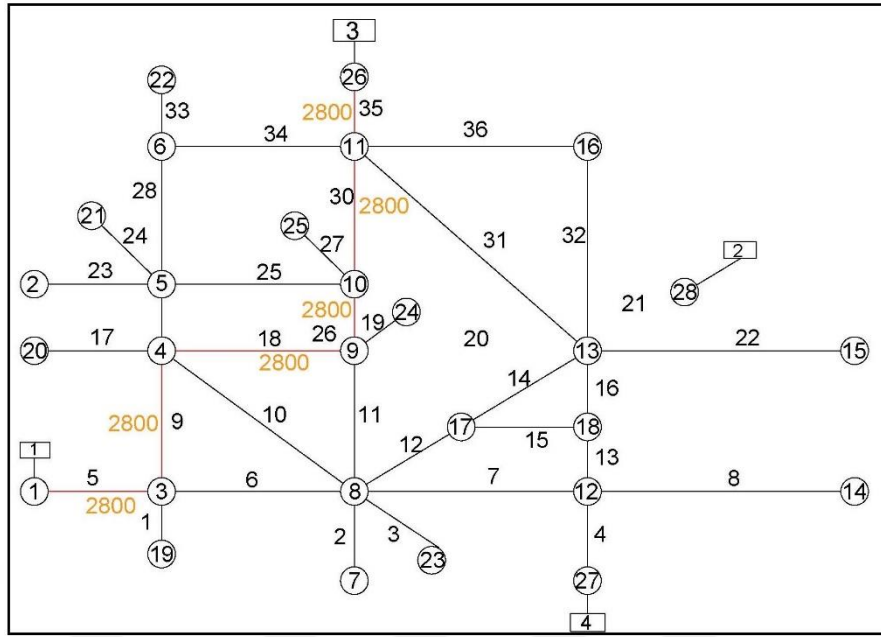
$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34 \cdot (840 - x_1) + (840 - x_1)^2$$

Şekil 4.52.'de 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a olan 4000 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, alternatif güzergahlar içindeki en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



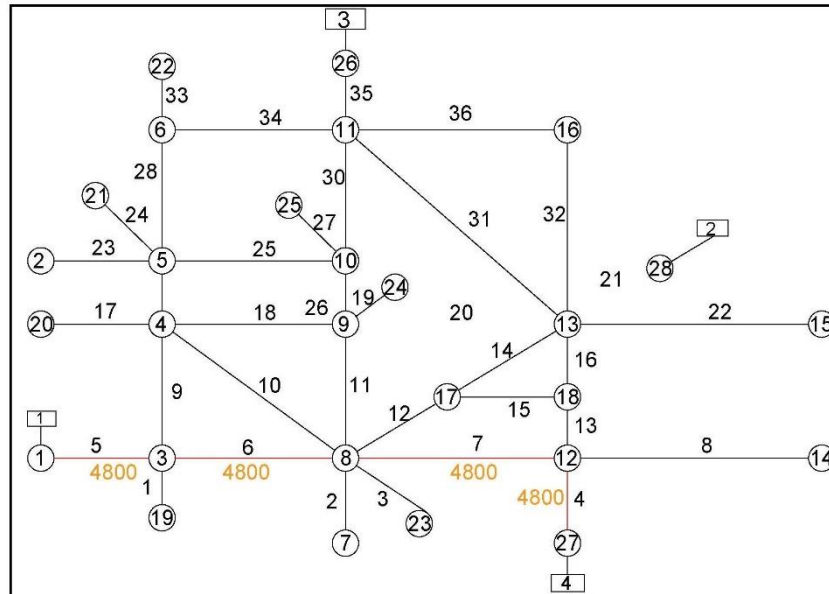
Şekil 4.52. 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.53.'de 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a olan 2800 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



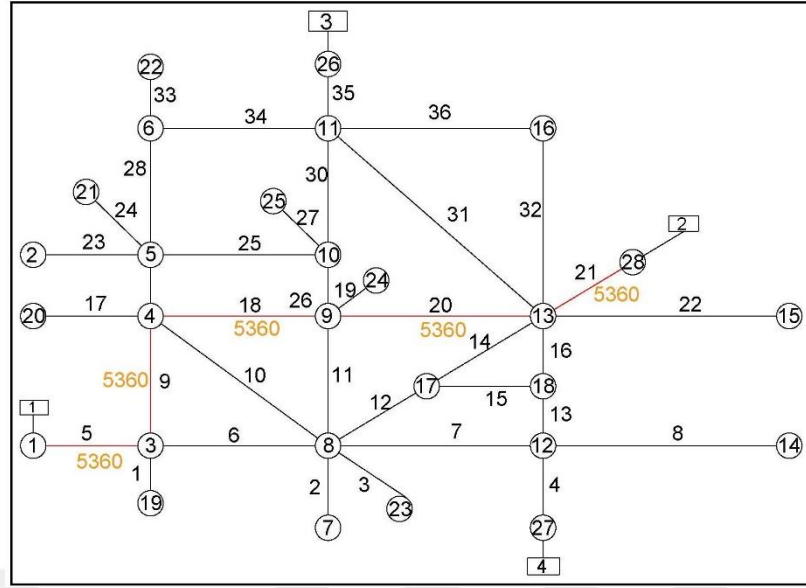
Şekil 4.53. 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.54.'de 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 4800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



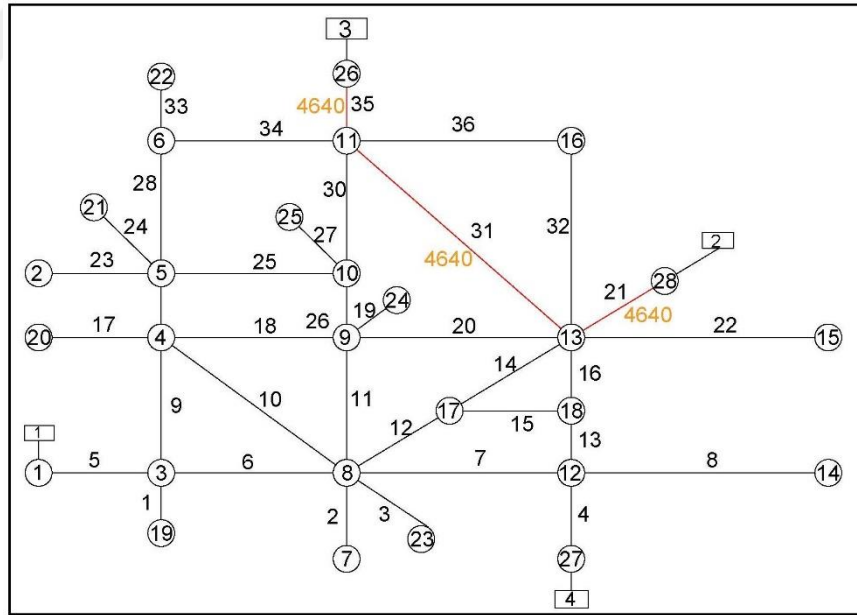
Şekil 4.54. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.55.'de 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 5360 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



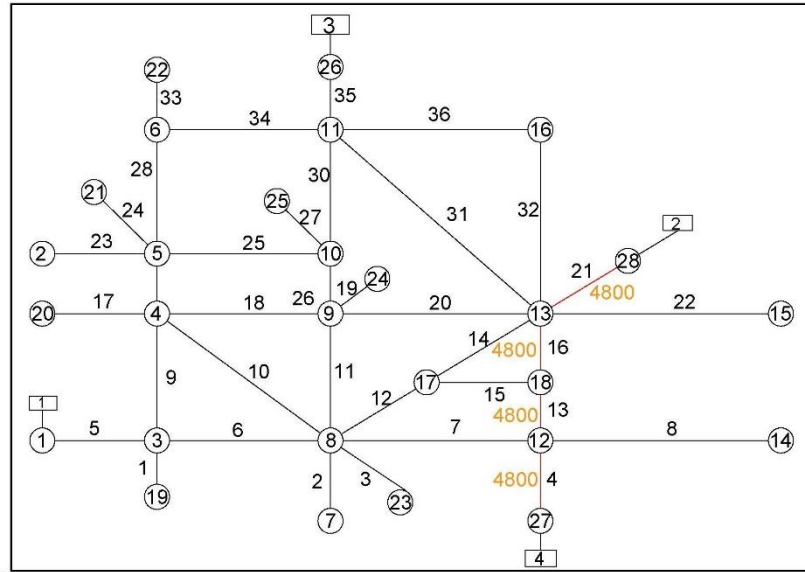
Şekil 4.55. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.56.`da 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a olan 4640 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır



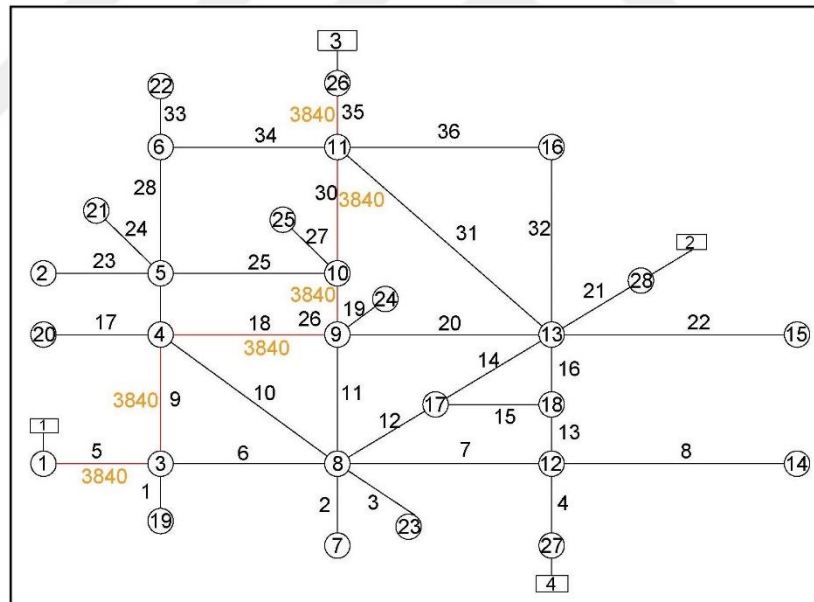
Şekil 4.56. 2 no`lu zondan 3 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.57.`de 2 no`lu zondan 4 no`lu zon`a olan 4800 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



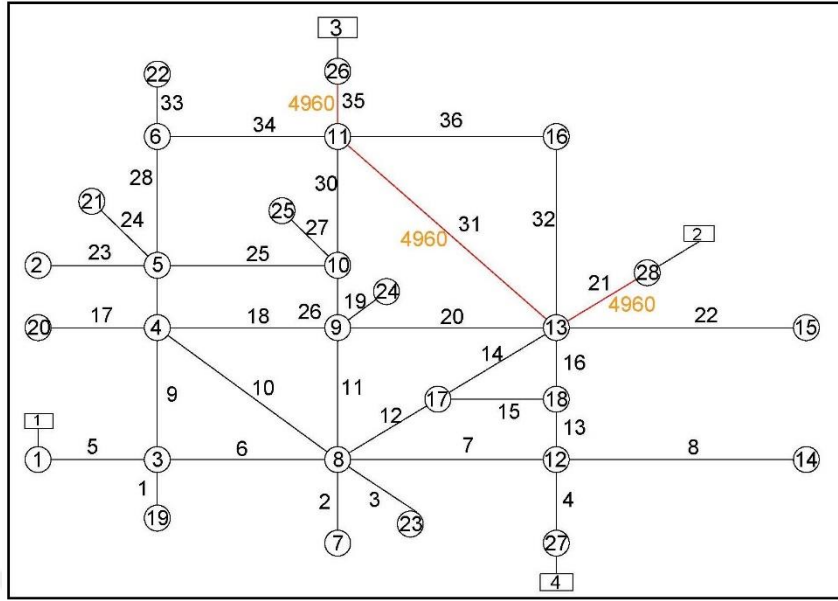
Şekil 4.57. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması.

Şekil 4.58.'de 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 3840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergaha atanmıştır.



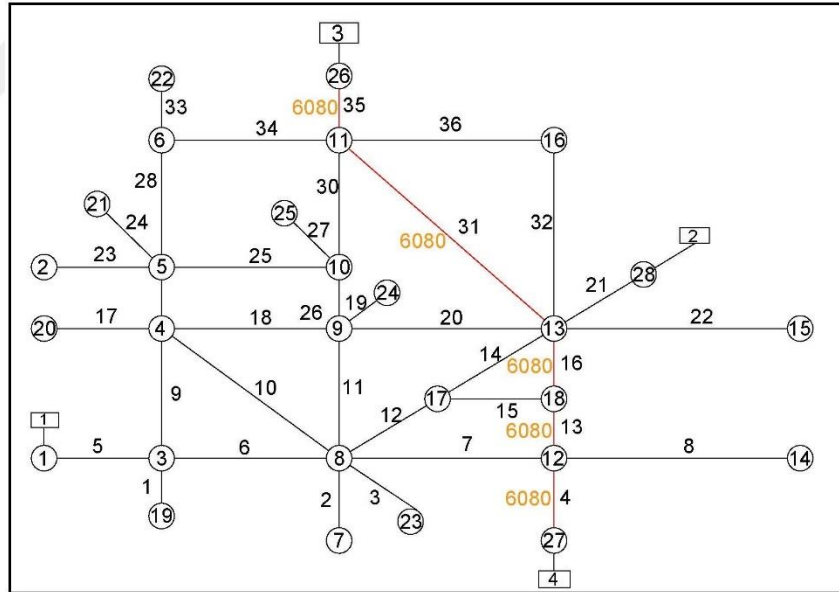
Şekil 4.58. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.59.'da 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 4960 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



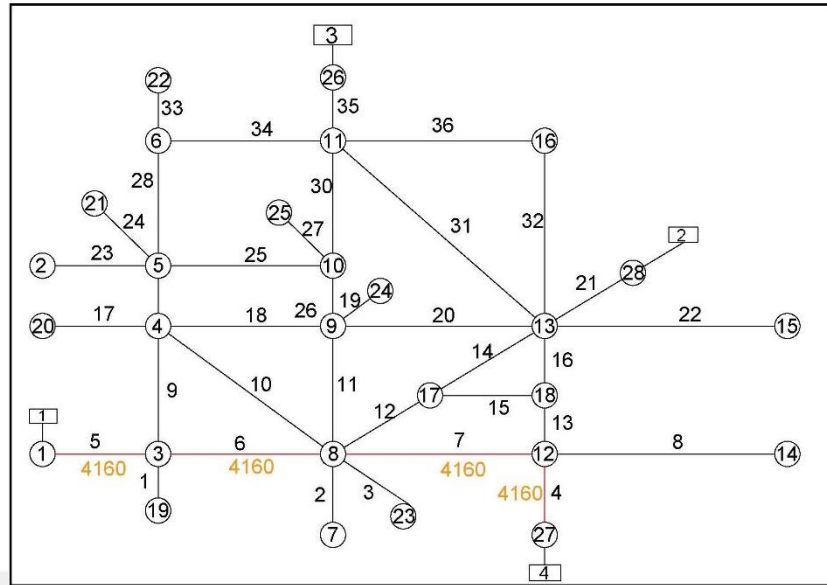
Şekil 4.59. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.60.'da 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a olan 6080 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



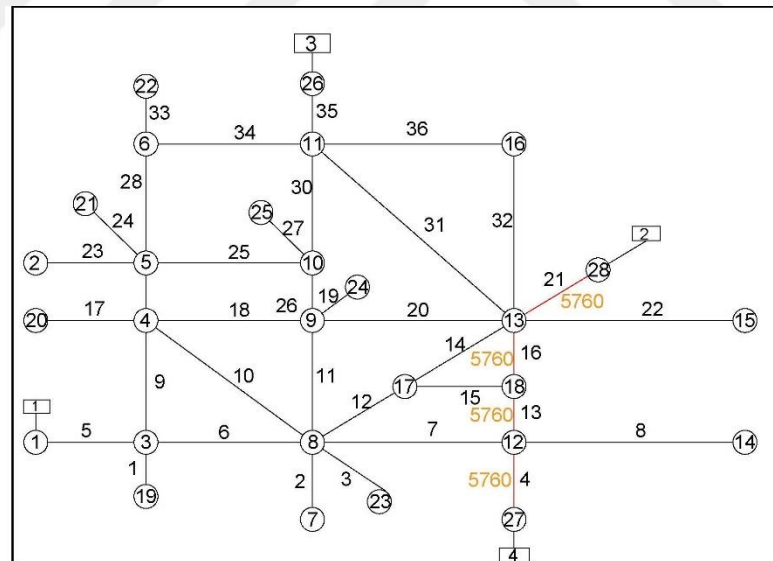
Şekil 4.60. 3 no`lu zondan 4 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.61.'de 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a olan 4160 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



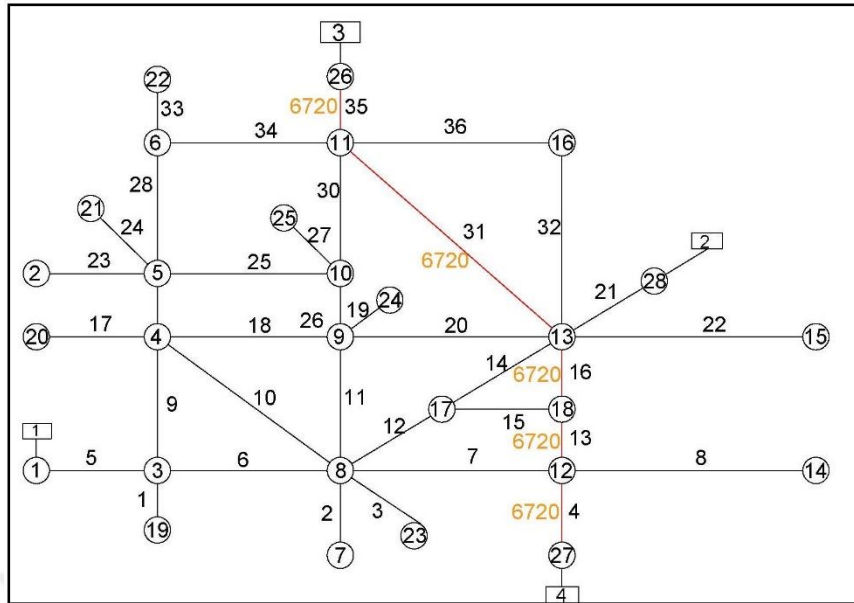
Şekil 4.61. 4 no`lu zondan 1 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.62.'de 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a olan 5760 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır.



Şekil 4.62. 4 no`lu zondan 2 no`lu zon`a ya hep ya hiç trafik ataması

Şekil 4.63.'de 4 no`lu zondan 3 no`lu zon`a olan 6720 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır



Şekil 4.63. 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a ya hep ya hiç trafik ataması

Test şebekesine ait ya hep ya hiç algoritmasına göre yapılan bu atamalarda dikkat edilirse, bazı linkler ortak linkler olarak farklı güzergâhlarda bulunmaktadır.

4.2.2. Artırımlı trafik atama algoritması analizi

Artırımlı trafik atama algoritması analizi için tez içeriğinde MATLAB uygulaması ile kodlama yapılmış, tekniğin tüm yazılımı yapılarak test ulaşım şebekesine ait link trafik akım değerleri ve seyahat süreleri ilgili seyahat matrisi yolculuk değerleri üzerinden elde edilmiştir.

Şekil 4.64.'da 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 4000 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

1-2 ToplamTalep = 4000 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 9 18 20 21

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 31.19 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 30 dakika

Güzergâh 1 talebi = 2280 taşıt/saat

Güzergah 2 = 5 6 7 13 16 21

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 31.19 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 31 dakika

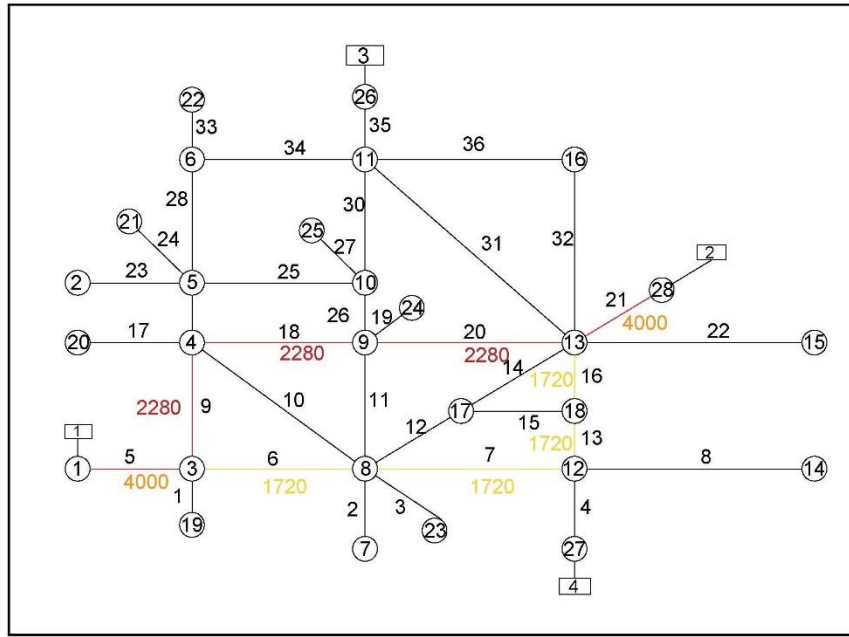
Güzergâh 2 talebi = 1720 taşıt/saat

Tablo 4.1. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

1-2 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	40	30	1	40	31
2	80	30.00000156	2	80	31.00000314
3	120	30.00002656	3	120	31.00005332
4	160	30.00015313	4	160	31.00030739
5	200	30.00055313	5	200	31.00111036
6	240	30.00152975	6	240	31.00307084
7	280	30.00355506	7	280	31.00713654
8	320	30.00730795	8	320	31.01467046
9	360	30.01371261	9	360	31.02752842
10	400	30.02397817	10	400	31.0481392
11	440	30.03964049	11	440	31.07958946
12	480	30.06260738	12	480	31.12571665
13	520	30.09520948	13	520	31.19121442
14	560	30.14025945	14	560	31.19121759
15	600	30.20112371	15	600	31.19126831
16	640	30.28181188	16	640	31.19152509
17	680	30.3870915	17	680	31.19233667
18	720	30.52263779	18	720	31.19431814
19	760	30.69523209	19	760	31.19432131
20	800	30.91302752	20	800	31.19437204
21	840	31.18590789	21	840	31.19462887
22	880	31.18590964	22	880	31.19544058
23	920	31.18593761	23	920	31.19544375
24	960	31.18607925	24	960	31.19549448
25	1000	31.1865269	25	1000	31.19575133
26	1040	31.18761983	26	1040	31.19656309
27	1080	31.18988636	27	1080	31.19656626
28	1120	31.19408624	28	1120	31.196617
29	1160	31.19408799	29	1160	31.19662017

Tablo 4.1. (Devamı)

30	1200	31.19411599	30	1200	31.19667091
31	1240	31.19425773	31	1240	31.19667408
32	1280	31.19470571	32	1280	31.19672482
33	1320	31.19470746	33	1320	31.19698168
34	1360	31.19473546	34	1360	31.19698485
35	1400	31.19487721	35	1400	31.19703559
36	1440	31.19532521	36	1440	31.19729245
37	1480	31.19641902	37	1480	31.19810429
38	1520	31.19642077	38	1520	31.19810746
39	1560	31.19644877	39	1560	31.1981582
40	1600	31.19659054	40	1600	31.19841508
41	1640	31.19659229	41	1640	31.19922696
42	1680	31.1966203	42	1680	31.19923013
43	1720	31.19662205	43	1720	31.19928088
44	1760	31.19665005			
45	1800	31.19679183			
46	1840	31.19679358			
47	1880	31.19682158			
48	1920	31.19696336			
49	1960	31.19741145			
50	2000	31.1974132			
51	2040	31.1974412			
52	2080	31.19758299			
53	2120	31.1980311			
54	2160	31.19912517			
55	2200	31.19912693			
56	2240	31.19915494			
57	2280	31.19929674			



Şekil 4.64. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.65.'de 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 2800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi ikinci güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci güzergâha yüklenmiştir.

1-3 ToplamTalep = 2800 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 9 18 26 30 35

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 48.65 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 32 dakika

Güzergâh 1 talebi = 1596 taşıt/saat

Güzergah 2 = 5 6 11 20 31 35

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 48.65 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 46 dakika

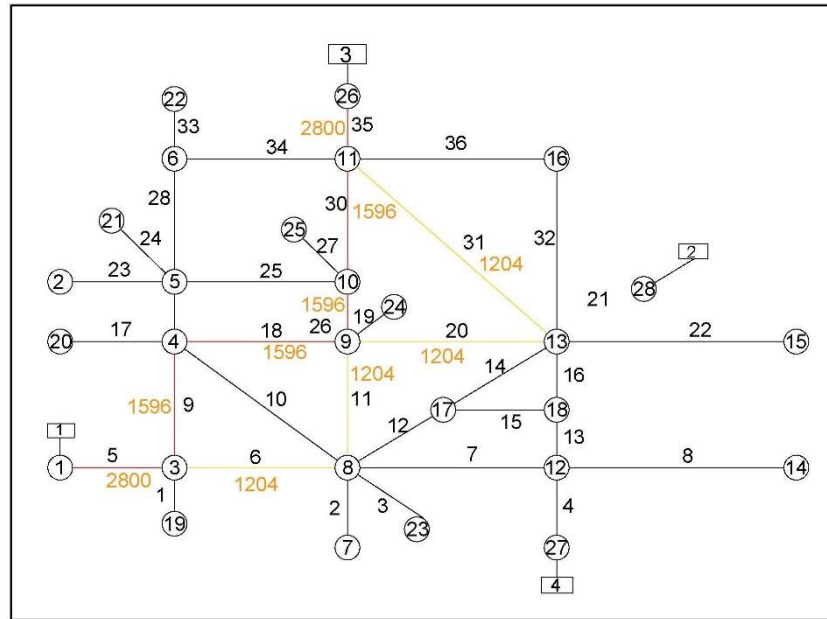
Güzergâh 2 talebi = 1204 taşıt/saat

Tablo 4.2. 1 no`lu zondan 3 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

1-3 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	28	32	1	28	46
2	56	32.00000059	2	56	46.00000046
3	84	32.00001002	3	84	46.00000784
4	112	32.00005774	4	112	46.00004521
5	140	32.00020855	5	140	46.0001633
6	168	32.00057677	6	168	46.00045162
7	196	32.00134032	7	196	46.00104949
8	224	32.00275496	8	224	46.00215717
9	252	32.00516851	9	252	46.00404697
10	280	32.00903519	10	280	46.00707451
11	308	32.0149302	11	308	46.01169001
12	336	32.02356457	12	336	46.01844993
13	364	32.03580067	13	364	46.02802888
14	392	32.05266838	14	392	46.04123212
15	420	32.07538257	15	420	46.05900888
16	448	32.1053622	16	448	46.08246672
17	476	32.14425164	17	476	46.11288754
18	504	32.19394522	18	504	46.15174559
19	532	32.25661578	19	532	46.20072831
20	560	32.33474869	20	560	46.26176078
21	588	32.43118289	21	588	46.33703494
22	616	32.54916095	22	616	46.42904488
23	644	32.69239079	23	644	46.54062997
24	672	32.8651223	24	672	46.67502805
25	700	33.07224292	25	700	46.83594135
26	728	33.31939761	26	728	47.02761882
27	756	33.61313987	27	756	47.25495933
28	784	33.96112288	28	784	47.52364186
29	812	34.37234225	29	812	47.8402903
30	840	34.85744587	30	840	48.21268329
31	868	35.42913133	31	868	48.65002271
32	896	36.10265831	32	896	48.65002327
33	924	36.89651343	33	924	48.65003216
34	952	37.83327829	34	952	48.65007717
35	980	38.94077073	35	980	48.65021945
36	1008	40.25355663	36	1008	48.6505668
37	1036	41.81496851	37	1036	48.6512871
38	1064	43.67982326	38	1064	48.65262159
39	1092	45.91811374	39	1092	48.65262214

Tablo 4.2. (Devamı)

40	1120	48.62006957	40	1120	48.65263104
41	1148	48.62007085	41	1148	48.65267606
42	1176	48.62009137	42	1176	48.65281836
43	1204	48.62019525	43	1204	48.65281892
44	1232	48.62052356			
45	1260	48.62132511			
46	1288	48.62298724			
47	1316	48.62606672			
48	1344	48.63132072			
49	1372	48.63973806			
50	1400	48.65257102			
51	1428	48.6525723			
52	1456	48.65259284			
53	1484	48.65269683			
54	1512	48.65269812			
55	1540	48.65271866			
56	1568	48.65282265			
57	1596	48.65282393			



Şekil 4.65. 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

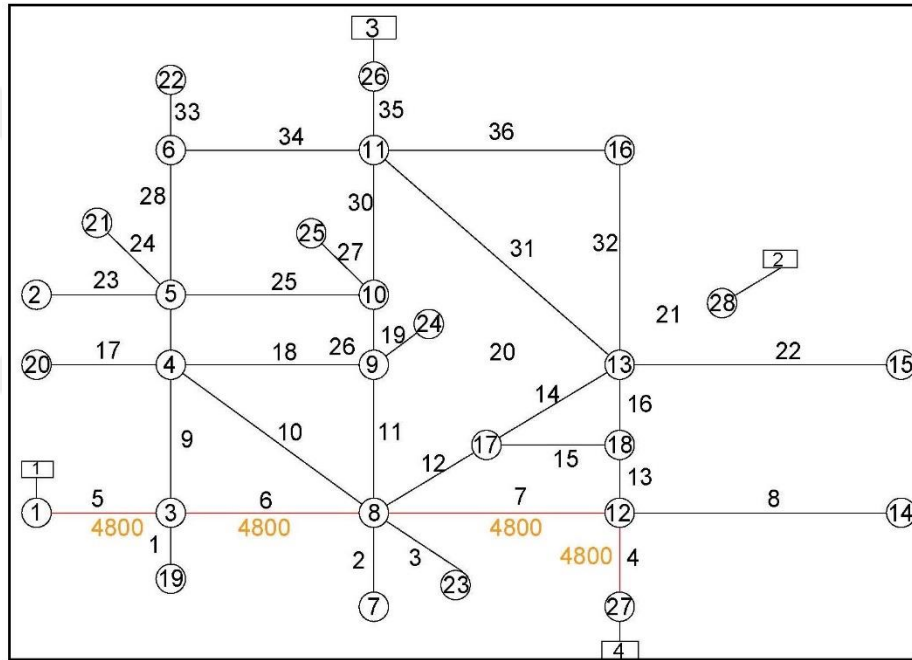
Şekil 4.66.'de 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a olan 4800 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergaha atanmıştır.

1-4 ToplamTalep= 4800 taşıt/saat

Güzergah 1 = 4 7 6 5

Güzergâh 1 seyahat süresi = 35.6 dakika

Güzergâh 1 talebi = 4800 taşıt/saat



Şekil 4.66. 1 no`lu zondan 4 no`lu zon`a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.67.'da 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a olan 5376 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 2 no`lu zon ve 1 no`lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

2-1 ToplamTalep = 5360 taşıt/saat

Güzergah 1 = 21 20 18 9 5

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 31.48 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 30 dakika

Güzergâh 1 talebi = 3055 taşıt/saat

Güzergah 2 = 21 16 13 7 6 5

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 31.48 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 31 dakika

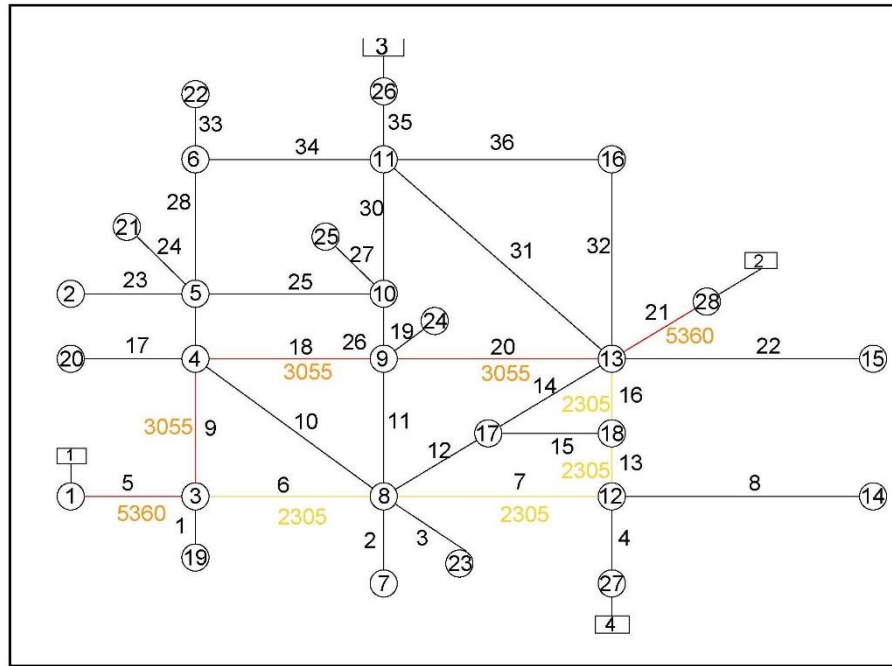
Güzergâh 2 talebi = 2305 taşıt/saat

Tablo 4.3. 2 no`lu zondan 1 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

2-1 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	53.6	30	1	53.6	31
2	107.2	30.0000051	2	107.2	31.00001023
3	160.8	30.00008667	3	160.8	31.00017398
4	214.4	30.00049963	4	214.4	31.00100296
5	268	30.00180483	5	268	31.00362305
6	321.6	30.00499178	6	321.6	31.0100207
7	375.2	30.01160234	7	375.2	31.02329163
8	428.8	30.02385727	8	428.8	31.04789591
9	482.4	30.04478913	9	482.4	31.08992746
10	536	30.07838767	10	536	31.15741189
11	589.6	30.12976789	11	589.6	31.26065551
12	643.2	30.20537611	12	643.2	31.41268083
13	696.8	30.3132576	13	696.8	31.4126913
14	750.4	30.4634195	14	750.4	31.41285883
15	804	30.66833939	15	804	31.41370697
16	857.6	30.94369315	16	857.6	31.41638761
17	911.2	31.30941254	17	911.2	31.42293312
18	964.8	31.30941831	18	964.8	31.43651076
19	1018.4	31.30951061	19	1018.4	31.4616837
20	1072	31.3099779	20	1072	31.4616942
21	1125.6	31.31145483	21	1125.6	31.46186218
22	1179.2	31.31506108	22	1179.2	31.46271259
23	1232.8	31.32254144	23	1232.8	31.46272309
24	1286.4	31.33640902	24	1286.4	31.46289108
25	1340	31.36009595	25	1340	31.46374154
26	1393.6	31.39811839	26	1393.6	31.46642954
27	1447.2	31.45626773	27	1447.2	31.46644004
28	1500.8	31.45627358	28	1500.8	31.46660806

Tablo 4.3. (Devamı)

29	1554.4	31.4563671	29	1554.4	31.46745869
30	1608	31.45684055	30	1608	31.47014723
31	1661.6	31.45833698	31	1661.6	31.47015774
32	1715.2	31.46199084	32	1715.2	31.4703258
33	1768.8	31.46199668	33	1768.8	31.4711766
34	1822.4	31.46209025	34	1822.4	31.4711871
35	1876	31.46256395	35	1876	31.47135517
36	1929.6	31.46406114	36	1929.6	31.47220602
37	1983.2	31.46406698	37	1983.2	31.47489526
38	2036.8	31.46416057	38	2036.8	31.47490577
39	2090.4	31.46463436	39	2090.4	31.47507387
40	2144	31.46613181	40	2144	31.47592489
41	2197.6	31.4697882	41	2197.6	31.47861468
42	2251.2	31.46979406	42	2251.2	31.47862519
43	2304.8	31.46988769	43	2304.8	31.47879332
44	2358.4	31.47036172			
45	2412	31.47036757			
46	2465.6	31.47046121			
47	2519.2	31.47093526			
48	2572.8	31.47243355			
49	2626.4	31.47243941			
50	2680	31.47253306			
51	2733.6	31.4730072			
52	2787.2	31.47450577			
53	2840.8	31.47816488			
54	2894.4	31.47817073			
55	2948	31.47826444			
56	3001.6	31.47873882			
57	3055.2	31.47874467			



Şekil 4.67. 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.68.'de 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 4640 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 2 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

2-3 ToplamTalep = 4640 taşıt/saat

Güzergah 1 = 21 31 35

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 24.85 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 20 dakika

Güzergâh 1 talebi = 2645 taşıt/saat

Güzergah 2 = 21 20 26 30 35

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 24.85 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 24 dakika

Güzergâh 2 talebi = 1995 taşıt/saat

Tablo 4.4. 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

2-3 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	46.4	20	1	46.4	24
2	92.8	20.00000262	2	92.8	24.00000396
3	139.2	20.00004453	3	139.2	24.00006733
4	185.6	20.00025672	4	185.6	24.00038816
5	232	20.00092734	5	232	24.00140215
6	278.4	20.00256474	6	278.4	24.00387791
7	324.8	20.0059607	7	324.8	24.00901264
8	371.2	20.01225459	8	371.2	24.01852925
9	417.6	20.0229995	9	417.6	24.03477639
10	464	20.04023209	10	464	24.0608346
11	510.4	20.06654945	11	510.4	24.10063318
12	556.8	20.10519735	12	556.8	24.15908513
13	603.2	20.16017695	13	603.2	24.24225081
14	649.6	20.23637957	14	649.6	24.35754584
15	696	20.33976345	15	696	24.51401457
16	742.4	20.47759185	16	742.4	24.72269981
17	788.8	20.65875981	17	788.8	24.722704
18	835.2	20.89424864	18	835.2	24.722771
19	881.6	21.19776443	19	881.6	24.72311022
20	928	21.58664301	20	928	24.72418233
21	974.4	22.08314473	21	974.4	24.7268
22	1020.8	22.71632625	22	1020.8	24.73222906
23	1067.2	23.5247786	23	1067.2	24.74229118
24	1113.6	24.56068722	24	1113.6	24.75946969
25	1160	24.56069125	25	1160	24.78702181
26	1206.4	24.56075564	26	1206.4	24.82910234
27	1252.8	24.56108163	27	1252.8	24.82910656
28	1299.2	24.56211195	28	1299.2	24.8291741
29	1345.6	24.56462759	29	1345.6	24.82951603
30	1392	24.56984503	30	1392	24.83059671
31	1438.4	24.57951491	31	1438.4	24.83323532
32	1484.8	24.59602372	32	1484.8	24.83870782
33	1531.2	24.62250158	33	1531.2	24.84885043
34	1577.6	24.66294101	34	1577.6	24.84885465
35	1624	24.72233399	35	1624	24.84892229
36	1670.4	24.80683821	36	1670.4	24.84926473
37	1716.8	24.80684231	37	1716.8	24.850347
38	1763.2	24.80690794	38	1763.2	24.8529895
39	1809.6	24.80724018	39	1809.6	24.85299373

Tablo 4.4. (Devamı)

süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

2-4 Toplam Talep= 4800 taşıt/saat

Güzergah 1 = 21 16 13 4

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 20.03 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 15 dakika

Güzergâh 1 talebi = 2736 taşıt/saat

Güzergah 2 = 21 14 15 13 4

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 20.03 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 20 dakika

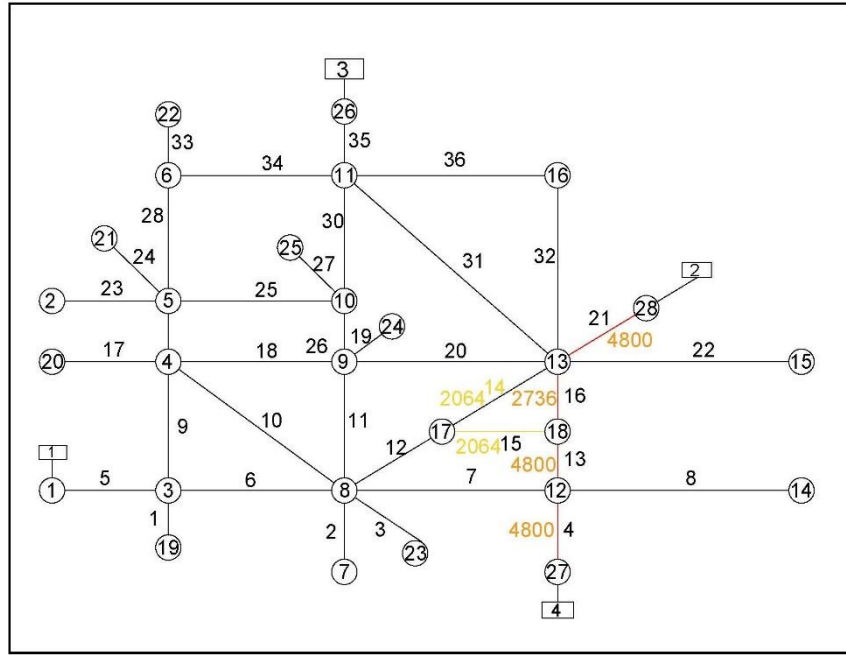
Güzergâh 2 talebi = 2064 taşıt/saat

Tablo 4.5. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

2-4 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
Iterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	Iterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	48	15	1	48	19
2	96	15.00000576	2	96	19.00000073
3	144	15.00009792	3	144	19.00012403
4	192	15.00056448	4	192	19.00071501
5	240	15.0020391	5	240	19.00258286
6	288	15.00563959	6	288	19.00714348
7	336	15.01310735	7	336	19.01660265
8	384	15.0269492	8	384	19.03413565
9	432	15.05058455	9	432	19.06407376
10	480	15.08850335	10	480	19.11210424
11	528	15.1464432	11	528	19.18549472
12	576	15.23159869	12	576	19.29335834
13	624	15.35288218	13	624	19.4469841
14	672	15.52126375	14	672	19.66026742
15	720	15.75022946	15	720	19.95029065
16	768	16.05641392	16	768	19.95029831
17	816	16.46048681	17	816	19.95042088
18	864	16.98840859	18	864	19.95104142
19	912	17.67322466	19	912	19.95300269
20	960	18.55765051	20	960	19.95779141
21	1008	19.69783256	21	1008	19.96772368

Tablo 4.5. (Devamı)

22	1056	19.69784012	22	1056	19.98613361
23	1104	19.69796115	23	1104	20.01756908
24	1152	19.69857383	24	1152	20.01757676
25	1200	19.70051028	25	1200	20.01769975
26	1248	19.7052384	26	1248	20.01832238
27	1296	19.71504499	27	1296	20.02029026
28	1344	19.73322195	28	1344	20.02029795
29	1392	19.76425962	29	1392	20.02042096
30	1440	19.81405417	30	1440	20.02104367
31	1488	19.89014014	31	1488	20.02301182
32	1536	20.00196537	32	1536	20.02301951
33	1584	20.00197305	33	1584	20.02314253
34	1632	20.00209594	34	1632	20.02376533
35	1680	20.00271809	35	1680	20.02573375
36	1728	20.00468444	36	1728	20.02574144
37	1776	20.00948556	37	1776	20.02586447
38	1824	20.01944356	38	1824	20.02648736
39	1872	20.01945125	39	1872	20.02845604
40	1920	20.01957425	40	1920	20.02846373
41	1968	20.02019694	41	1968	20.02858679
42	2016	20.022165	42	2016	20.02920976
43	2064	20.02217269	43	2064	20.03117871
44	2112	20.02229571			
45	2160	20.02291848			
46	2208	20.02488681			
47	2256	20.0248945			
48	2304	20.02501753			
49	2352	20.02564039			
50	2400	20.02760899			
51	2448	20.02761668			
52	2496	20.02773973			
53	2544	20.02836268			
54	2592	20.03033154			
55	2640	20.03033924			
56	2688	20.0304623			
57	2736	20.03108533			



Şekil 4.69. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.70.'de 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 3840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 3 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

3-1 Toplam_Talep = 3840 taşıt/saat

Güzergah 1 = 35 30 26 18 9 5

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 34.04 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 32 dakika

Güzergâh 1 talebi = 2189 taşıt/saat

Güzergah 2 = 35 30 26 11 6 5

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 34.04 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 34 dakika

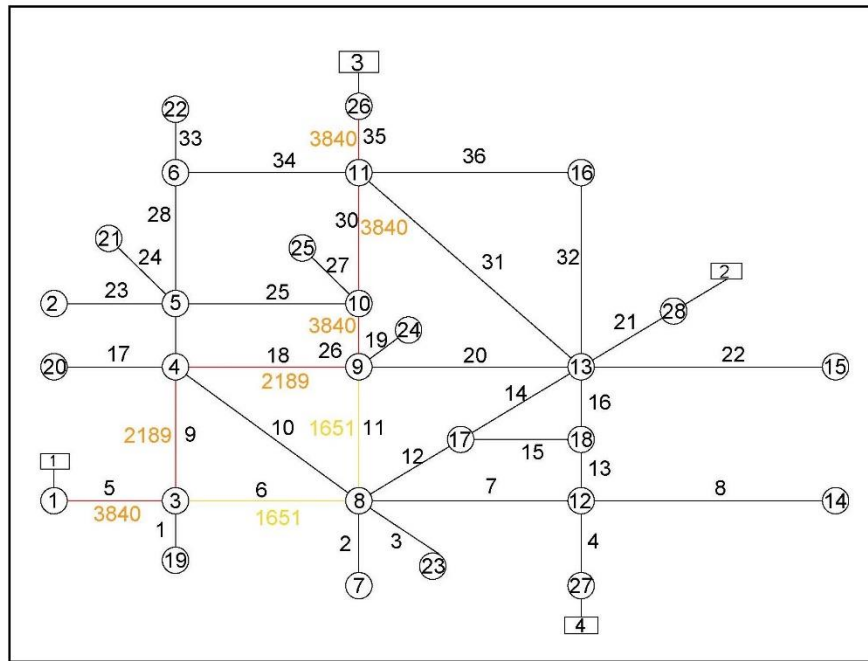
Güzergâh 2 talebi = 1651 taşıt/saat

Tablo 4.6. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırmalı Trafik Algoritması

3-1 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	38.4	32	1	38.4	34
2	76.8	32.00000208	2	76.8	34.0000021
3	115.2	32.00003543	3	115.2	34.00003576
4	153.6	32.00020424	4	153.6	34.00020616
5	192	32.00073776	5	192	34.00074472
6	230.4	32.00204035	6	230.4	34.0020596
7	268.8	32.00474166	7	268.8	34.00478638
8	307.2	32.00974708	8	307.2	34.00983901
9	345.6	32.01828905	9	345.6	34.01846152
10	384	32.03197967	10	384	34.03228115
11	422.4	32.05286598	11	422.4	34.03228326
12	460.8	32.08348946	12	460.8	34.03231699
13	499.2	32.12695248	13	499.2	34.03248776
14	537.6	32.18699491	14	537.6	34.03302749
15	576	32.268086	15	576	34.03434524
16	614.4	32.37553794	16	614.4	34.03707797
17	652.8	32.51564988	17	652.8	34.03708008
18	691.2	32.6958943	18	691.2	34.03711382
19	729.6	32.92516145	19	729.6	34.03728465
20	768	33.21408354	20	768	34.03782456
21	806.4	33.57546796	21	806.4	34.03914273
22	844.8	34.02488033	22	844.8	34.03914484
23	883.2	34.0248827	23	883.2	34.03917859
24	921.6	34.02492072	24	921.6	34.0391807
25	960	34.02511316	25	960	34.03921445
26	998.4	34.02572138	26	998.4	34.03921656
27	1036.8	34.02720636	27	1036.8	34.03925031
28	1075.2	34.03028588	28	1075.2	34.03925242
29	1113.6	34.03599215	29	1113.6	34.03928616
30	1152	34.03599452	30	1152	34.03928827
31	1190.4	34.03603256	31	1190.4	34.03932202
32	1228.8	34.03622514	32	1228.8	34.03949288
33	1267.2	34.03683377	33	1267.2	34.03949498
34	1305.6	34.03831975	34	1305.6	34.03952873
35	1344	34.03832213	35	1344	34.03969959
36	1382.4	34.03836018	36	1382.4	34.0397017
37	1420.8	34.03855278	37	1420.8	34.03973545
38	1459.2	34.0391615	38	1459.2	34.03990631
39	1497.6	34.03916388	39	1497.6	34.03990842

Tablo 4.6. (Devamı)

40	1536	34.03920192	40	1536	34.03994217
41	1574.4	34.0392043	41	1574.4	34.04011303
42	1612.8	34.03924235	42	1612.8	34.04011513
43	1651.2	34.03924472	43	1651.2	34.04014889
44	1689.6	34.03928277			
45	1728	34.03928515			
46	1766.4	34.0393232			
47	1804.8	34.03932557			
48	1843.2	34.03936362			
49	1881.6	34.03955623			
50	1920	34.03955861			
51	1958.4	34.03959666			
52	1996.8	34.03978928			
53	2035.2	34.03979165			
54	2073.6	34.0398297			
55	2112	34.04002232			
56	2150.4	34.0400247			
57	2188.8	34.04006275			



Şekil 4.70. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.71.'te 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 4960 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 3 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasındaki 100

iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

3-2 Toplam Talep = 4960 taşıt/saat

Güzergah 1 = 35 31 21

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 21.3 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 20 dakika

Güzergâh 1 talebi = 2728 taşıt/saat

Güzergah 2 = 35 30 26 20

Güzergâh 2 güncellenmiş seyahat süresi = 21.3 dakika

Güzergâh 2 serbest seyahat süresi = 21 dakika

Güzergâh 2 talebi = 2232 taşıt/saat

Tablo 4.7. 3 no`lu zondan 2 no`lu zon`a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

3-2 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	49.6	20	1	49.6	21
2	99.2	20.00000342	2	99.2	21.00000386
3	148.8	20.00005815	3	148.8	21.00006559
4	198.4	20.00033521	4	198.4	21.00037811
5	248	20.00121087	5	248	21.00136587
6	297.6	20.00334895	6	297.6	21.00377762
7	347.2	20.00778357	7	347.2	21.00877989
8	396.8	20.01600345	8	396.8	21.01805202
9	446.4	20.03003951	9	446.4	21.03388505
10	496	20.05255895	10	496	21.05928807
11	545.6	20.08697116	11	545.6	21.0981079
12	595.2	20.13755326	12	595.2	21.15517148
13	644.8	20.20960738	13	644.8	21.23646413
14	694.4	20.3096665	14	694.4	21.23646808
15	744	20.44577356	15	744	21.23653133
16	793.6	20.62786894	16	793.6	21.23685152
17	843.2	20.86833708	17	843.2	21.23786351
18	892.8	21.1827868	18	892.8	21.24033444
19	942.4	21.18279069	19	942.4	21.24545944
20	992	21.18285294	20	992	21.24546339

Tablo 4.7. (Devamı)

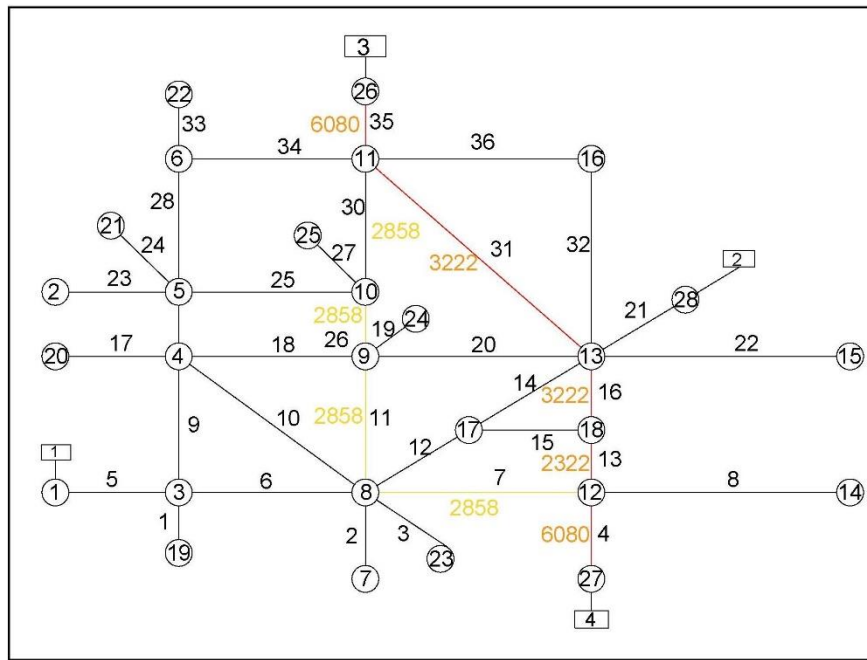
21	1041.6	21.18316805	21	1041.6	21.2455267
22	1091.2	21.18416401	22	1091.2	21.24584718
23	1140.8	21.1865958	23	1140.8	21.24686009
24	1190.4	21.19163962	24	1190.4	21.24686405
25	1240	21.20098877	25	1240	21.24692736
26	1289.6	21.21695331	26	1289.6	21.24724789
27	1339.2	21.24256732	27	1339.2	21.24826094
28	1388.8	21.24257123	28	1388.8	21.2482649
29	1438.4	21.24263386	29	1438.4	21.24832822
30	1488	21.24295091	30	1488	21.24864879
31	1537.6	21.243953	31	1537.6	21.24966199
32	1587.2	21.24639973	32	1587.2	21.24966595
33	1636.8	21.24640365	33	1636.8	21.24972928
34	1686.4	21.2464663	34	1686.4	21.2500499
35	1736	21.24678348	35	1736	21.25106324
36	1785.6	21.24778596	36	1785.6	21.2510672
37	1835.2	21.24778987	37	1835.2	21.25113054
38	1884.8	21.24785253	38	1884.8	21.2514512
39	1934.4	21.24816976	39	1934.4	21.25246469
40	1984	21.24917237	40	1984	21.25246865
41	2033.6	21.24917629	41	2033.6	21.252532
42	2083.2	21.24923896	42	2083.2	21.25285271
43	2132.8	21.24955623	43	2132.8	21.25386634
44	2182.4	21.25055899	44	2182.4	21.2538703
45	2232	21.2505629	45	2232	21.25393366
46	2281.6	21.25062558			
47	2331.2	21.2509429			
48	2380.8	21.2519458			
49	2430.4	21.25194971			
50	2480	21.2520124			
51	2529.6	21.25232976			
52	2579.2	21.2533328			
53	2628.8	21.25333672			
54	2678.4	21.25339942			
55	2728	21.25371682			

Tablo 4.8. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

3-4 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	60.8	29	1	60.8	34
2	121.6	29.00001649	2	121.6	34.0000122
3	182.4	29.0002803	3	182.4	34.00020736
4	243.2	29.00161589	4	243.2	34.0011954
5	304	29.00583733	5	304	34.00431831
6	364.8	29.01614606	6	364.8	34.01194429
7	425.6	29.03753473	7	425.6	34.02776618
8	486.4	29.07720797	8	486.4	34.05711141
9	547.2	29.14504094	9	547.2	34.10727821
10	608	29.25411302	10	608	34.18792368
11	668.8	29.42137769	11	668.8	34.31154592
12	729.6	29.66856426	12	729.6	34.49412637
13	790.4	30.02345789	13	790.4	34.75603334
14	851.2	30.52178107	14	851.2	35.12334094
15	912	31.21001893	15	912	35.62979941
16	972.8	32.14972375	16	972.8	35.62981305
17	1033.6	33.42415544	17	1033.6	35.63003113
18	1094.4	35.14866477	18	1094.4	35.63113519
19	1155.2	35.14868705	19	1155.2	35.63462481
20	1216	35.14904348	20	1216	35.64314633
21	1276.8	35.15084793	21	1276.8	35.66082632
22	1337.6	35.15655131	22	1337.6	35.69361826
23	1398.4	35.17047897	23	1398.4	35.74967873
24	1459.2	35.19937645	24	1459.2	35.74969247
25	1520	35.25297832	25	1520	35.74991225
26	1580.8	35.34462871	26	1580.8	35.7510249
27	1641.6	35.49200456	27	1641.6	35.75454169
28	1702.4	35.71802491	28	1702.4	35.76312955
29	1763.2	35.71804772	29	1763.2	35.78094719
30	1824	35.71841278	30	1824	35.78096095
31	1884.8	35.72026093	31	1884.8	35.78118118
32	1945.6	35.72610242	32	1945.6	35.78229607
33	2006.4	35.74036734	33	2006.4	35.78581995
34	2067.2	35.76996461	34	2067.2	35.79442513
35	2128	35.76998747	35	2128	35.7944389
36	2188.8	35.77035332	36	2188.8	35.79465932
37	2249.6	35.77220545	37	2249.6	35.79467309
38	2310.4	35.77805955	38	2310.4	35.79489351
39	2371.2	35.79235526	39	2371.2	35.79600939

Tablo 4.8. (Devamı)

40	2432	35.79237815	40	2432	35.79602317
41	2492.8	35.79274433	41	2492.8	35.79624361
42	2553.6	35.79459818	42	2553.6	35.79735958
43	2614.4	35.79462107	43	2614.4	35.79737336
44	2675.2	35.79498729	44	2675.2	35.79759382
45	2736	35.79501018	45	2736	35.79870989
46	2796.8	35.79537641	46	2796.8	35.79872367
47	2857.6	35.79723046	47	2857.6	35.79894415
48	2918.4	35.79725335			
49	2979.2	35.79761962			
50	3040	35.79764251			
51	3100.8	35.79800877			
52	3161.6	35.79986303			
53	3222.4	35.79988592			



Şekil 4.72. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a artırımlı trafik ataması

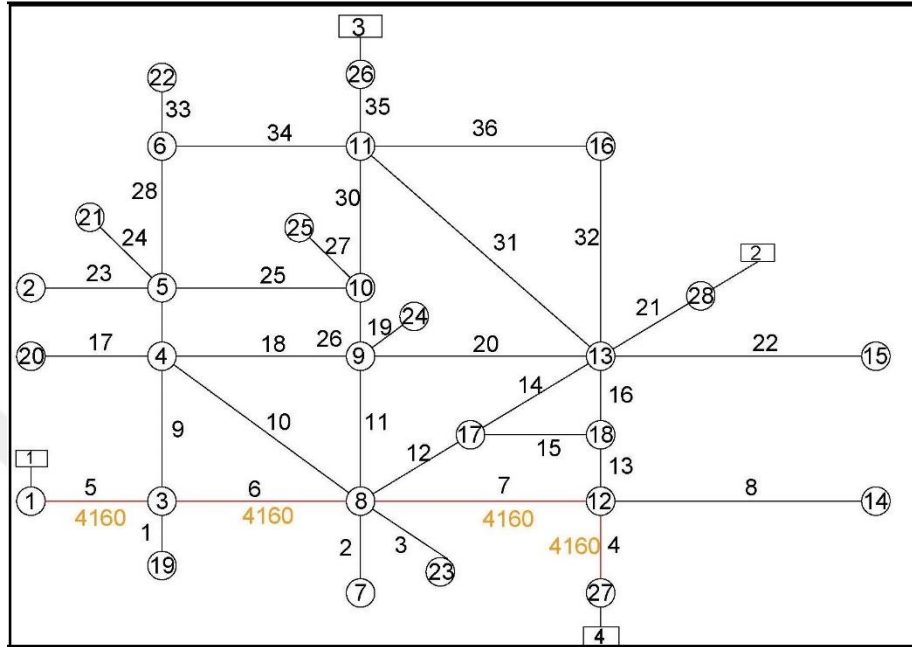
Şekil 4.73.'de, 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 4160 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergâha atanmıştır.

4-1 Toplam Talep = 4160 taşıt/saat

Güzergah 1 = 5 6 7 4

Güzergâh 1 seyahat süresi = 28 dakika

Güzergâh 1 talebi = 4160 taşıt/saat



Şekil 4.73. 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

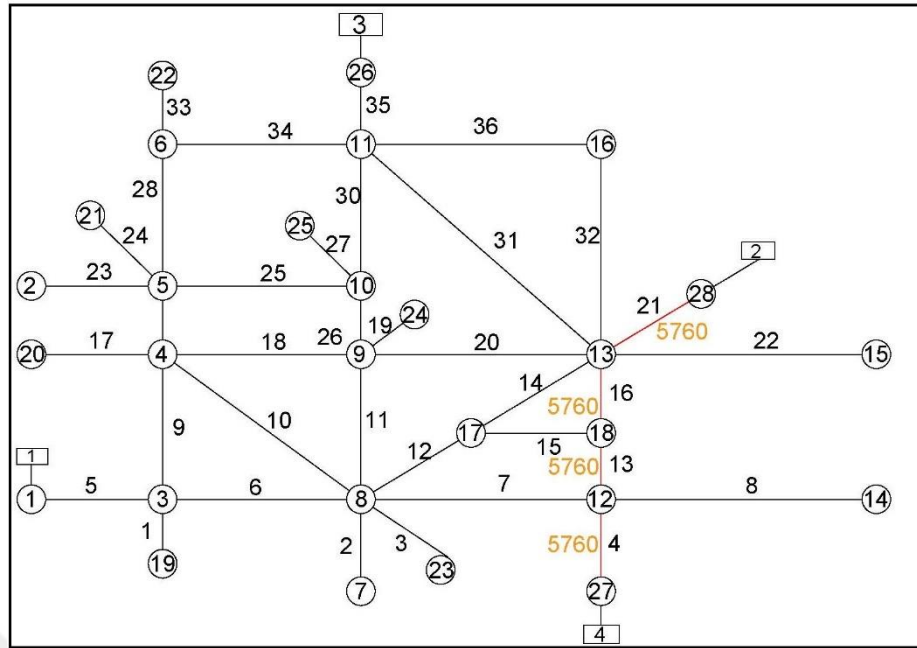
Şekil 4.74.'da 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 5760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a tek bir güzergâh olduğu için tüm trafik bu tek güzergâha atanmıştır.

4-2 Toplam Talep = 5760

Güzergah 1 = 4 13 16 16 21

Güzergâh 1 seyahat süresi = 15 dakika

Güzergâh 1 talebi = 5760 taşıt/saat



Şekil 4.74. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a artırılmış trafik ataması

Şekil 4.75.'de 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 6720 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâha atanmıştır. 4 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasındaki 100 iterasyon sürecinde ve sonucunda, birinci ve ikinci güzergâhın güncellenmiş seyahat süresi diğer güzergâhın serbest seyahat süresinden düşük olduğu için tüm trafik birinci ve ikinci güzergâha yüklenmiştir.

4-3 Toplam Talep = 6720 taşıt/saat

Güzergah 1 = 4 13 16 31 35

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 36.56 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 29 dakika

Güzergâh 1 talebi = 3562 taşıt/saat

Güzergah 2 = 4 7 11 26 30 35

Güzergâh 1 güncellenmiş seyahat süresi = 36.56 dakika

Güzergâh 1 serbest seyahat süresi = 34 dakika

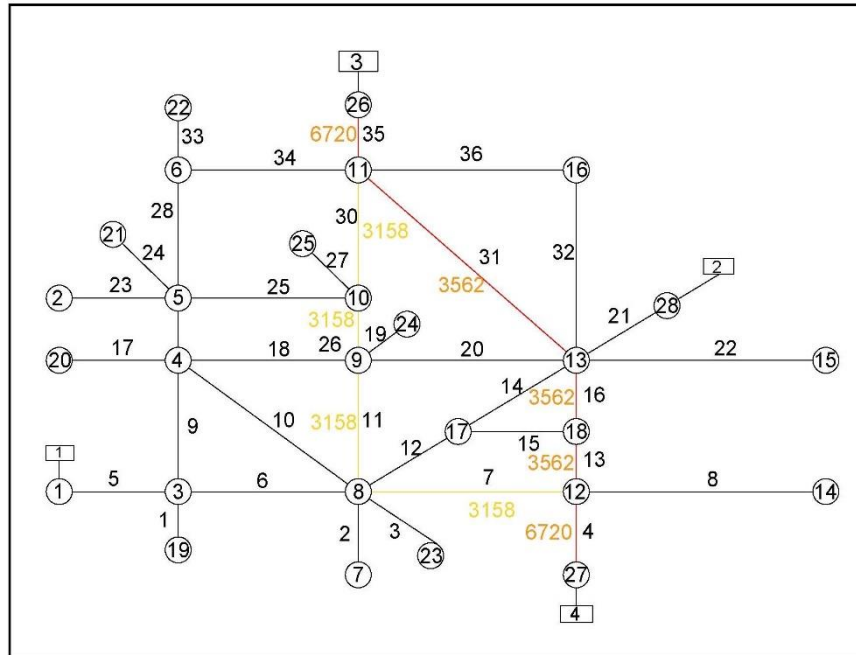
Güzergâh 1 talebi = 3158 taşıt/saat

Tablo 4.9. 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a akım ve seyahat süresi %de 1 lik değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

4-3 Güzergah					
1. Güzergah			2. Güzergah		
İterasyon sayısı	Talep	Seyahat Süresi	İterasyon sayısı	Talep	Seyahat süresi
1	67.2	29	1	67.2	34
2	134.4	29.0000248	2	134.4	34.00001835
3	201.6	29.00042162	3	201.6	34.00031191
4	268.8	29.00243058	4	268.8	34.00179809
5	336	29.00878061	5	336	34.00649565
6	403.2	29.02428919	6	403.2	34.01796816
7	470.4	29.0564761	7	470.4	34.04177713
8	537.6	29.11621517	8	537.6	34.08596138
9	604.8	29.21847204	9	604.8	34.1615759
10	672	29.3832129	10	672	34.28334872
11	739.2	29.63662537	11	739.2	34.47055353
12	806.4	30.01287674	12	806.4	34.74825337
13	873.6	30.55676512	13	873.6	35.14916091
14	940.8	31.32782691	14	940.8	35.71650409
15	1008	32.40681168	15	1008	36.5085253
16	1075.2	33.90603789	16	1075.2	36.50854697
17	1142.4	35.98621974	17	1142.4	36.50889372
18	1209.6	35.98625444	18	1209.6	36.51064917
19	1276.8	35.98680963	19	1276.8	36.51619786
20	1344	35.98962034	20	1344	36.52974911
21	1411.2	35.99850459	21	1411.2	36.52977081
22	1478.4	36.02020258	22	1478.4	36.53011802
23	1545.6	36.06523563	23	1545.6	36.53187577
24	1612.8	36.14881915	24	1612.8	36.53743173
25	1680	36.29189731	25	1680	36.53745344
26	1747.2	36.52242008	26	1747.2	36.53780081
27	1814.4	36.52245554	27	1814.4	36.5395594
28	1881.6	36.52302297	28	1881.6	36.53958111
29	1948.8	36.52589564	29	1948.8	36.53992852
30	2016	36.53497576	30	2016	36.54168734
31	2083.2	36.53501124	31	2083.2	36.54724666
32	2150.4	36.53557895	32	2150.4	36.54726839
33	2217.6	36.53845308	33	2217.6	36.54761596
34	2284.8	36.53848857	34	2284.8	36.54937561
35	2352	36.53905636	35	2352	36.55493757
36	2419.2	36.54193089	36	2419.2	36.55495931
37	2486.4	36.54196638	37	2486.4	36.55530705
38	2553.6	36.54253425	38	2553.6	36.55532878
39	2620.8	36.54540918	39	2620.8	36.55567653

Tablo 4.9. (Devamı)

40	2688	36.55449643	40	2688	36.55743706
41	2755.2	36.55453194	41	2755.2	36.55745879
42	2822.4	36.5551001	42	2822.4	36.55780659
43	2889.6	36.55513561	43	2889.6	36.55956734
44	2956.8	36.55570378	44	2956.8	36.55958908
45	3024	36.5557393	45	3024	36.55993693
46	3091.2	36.55630749	46	3091.2	36.55995867
47	3158.4	36.55918401	47	3158.4	36.56030651
48	3225.6	36.55921952			
49	3292.8	36.55978779			
50	3360	36.55982331			
51	3427.2	36.56039159			
52	3494.4	36.56042711			
53	3561.6	36.56099541			



denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerinde çok az fark olduğu için, 2000 taşıt/saat birinci, 2000 taşıt/saat da ikinci en kısa seyahat süresine sahip olan güzergahlara atanmıştır.

1-2 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-20-21= 4+8+7+8+3=30 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-7-13-16-21= 4+7+8+6+3+3=31 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 4000$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 30 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 31 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 4000 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31(4000 - x_1) + \frac{(4000 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 30 + x_1 - 31 + [(4000 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 30 + x_1 - 31 - 4000 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 - 4001 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 4001$$

$$x_1 = 2000.5 \sim 2000 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 2000.5 \sim 2000 \text{ araç/saat}$$

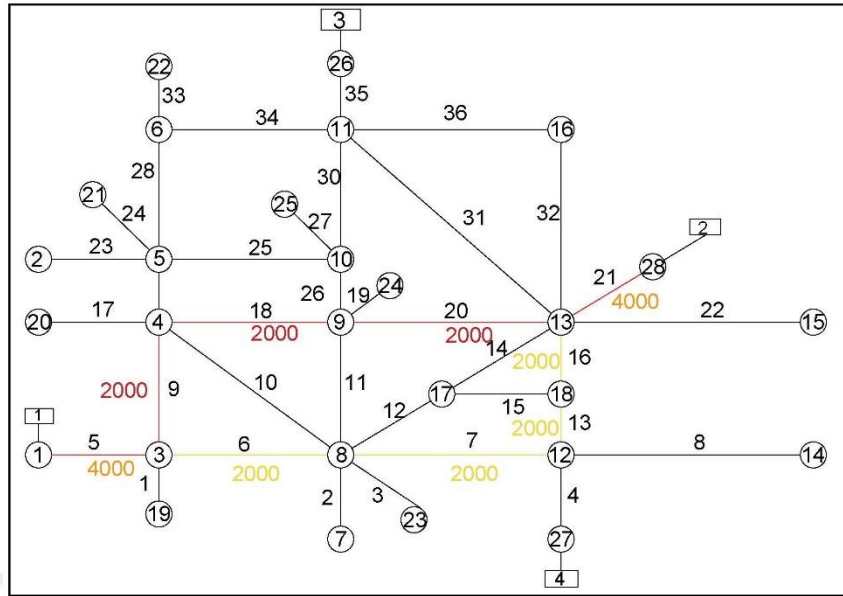
burada;

t_1, t_2 : serbest seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergahların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini ifade etmektedir.



Şekil 4.76. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.77.'da 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 2800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Dengesi yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 1407 taşıt/saat birinci ve 1393 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

1-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-26-30-35 = 4+8+7+4+5+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-11-20-31-35 = 4+7+10+8+13+4=46 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 46 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32 + x_1 + 46 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 2800$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 32 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 46 + x_2 dx_2$$

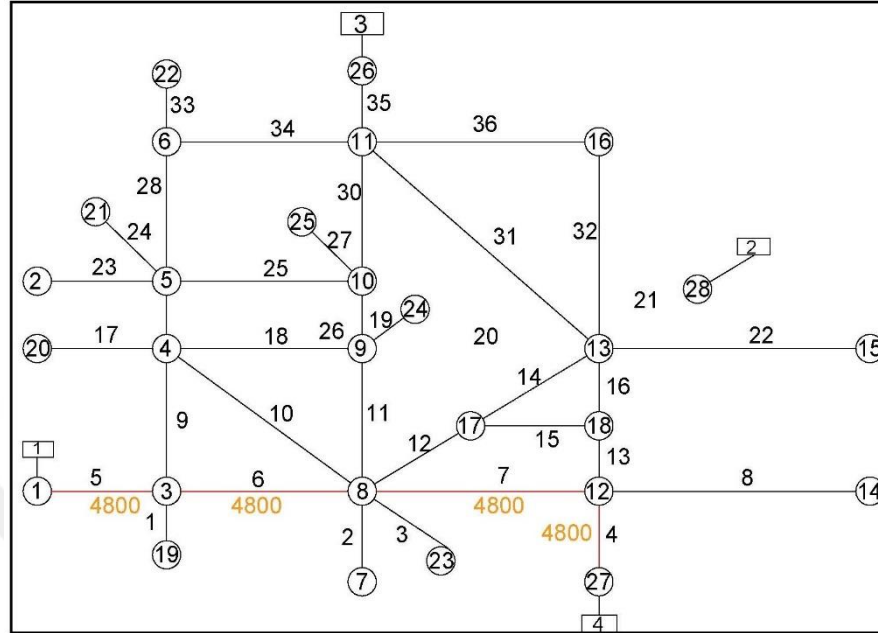
$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 46x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 2800 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 46(2800 - x_1) + \frac{(2800 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 32 + x_1 - 46 + [(2800 - x_1) * (-1)] = 0$$

$t_1: 5-6-7-4=4+7+8+3=22$ dakika



Şekil 4.78. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.79.'de 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 5360 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında her iki en kısa güzergâhları denge durumuna tekabül eden ve seyahat sürelerine göre, 2680 taşıt/saat birinci ve 2680 taşıt/saat ise ikinci güzergâha girmiştir.

2-1 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 21-20-18-9-5 = 3+8+7+8+4=30$ dakika

$t_2: 21-16-13-7-6-5=3+3+6+8+7+4=31$ dakika

$$\text{Min } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 5360$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 30 + x_1 \, dx_1 + \int_0^{x_2} 31 + x_2 \, dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 5360 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 30x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 31(5360 - x_1) + \frac{(5360 - x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 + [(5360 - x_1) \cdot (-1)] = 0$$

$$f'_x = 30 + x_1 - 31 - 5360 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 5361$$

$$x_1 = 2680.5 = 2680 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 2680.5 = 2680 \text{ araç/saat}$$

burada

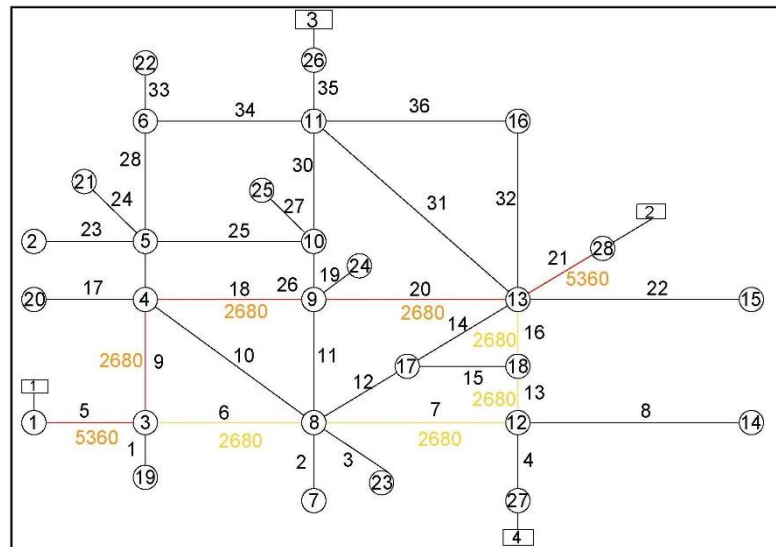
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

temsil etmektedir.



Şekil 4.79. 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.80.'de 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 4640 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden ve

seyahat sürelerine göre, 2322 araç/saat birinci ve 2318 taşıt/saat ikinci güzergâha atanmıştır.

2-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-31-35= 3+13+4=20 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-20-26-30-35= 3+8+4+5+4=24 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 20 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 24 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20 + x_1 + 24 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 4640$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 20 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 24 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 4640 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 20x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 24(4640 - x_1) + \frac{(4640 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 20 + x_1 - 24 + [(4640 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 20 + x_1 - 24 - 4640 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 4644$$

$$x_1 = 2322 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 2318 \text{ araç/saat}$$

burada

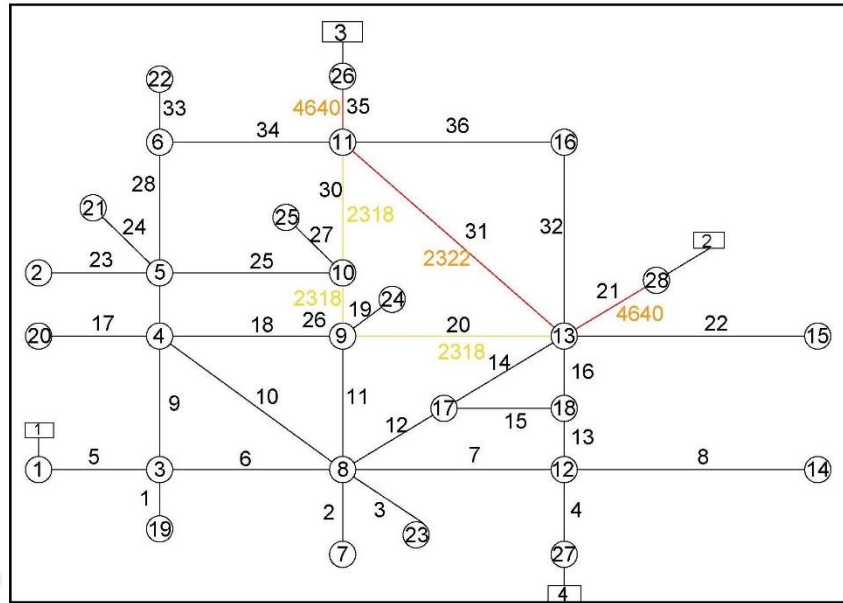
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.80. 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.81.'te 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 4800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 2402 taşıt/saat birinci ve 2398 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-16-13-4= 3+3+6+3=15 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-14-15-13-4= 3+4+3+6+3=19 \text{ dakika}$$

$$Z \text{ Min } (x_1) = 15+x_1$$

$$\text{Min } Z (x_2) = 19+x_2$$

$$\text{Min } Z (x)= 15+x_1+19+x_2$$

$$x_1+x_2=4800$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 15 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 19 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z (x)= 15x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 19x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2=4800-x_1$$

$$\text{Min } Z (x)= 15x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 19(4800 - x_1) + \frac{(4800-x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 15 + x_1 - 19 + [(4800 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'_x = 15 + x_1 - 19 - 4800 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 4804$$

$$x_1 = 2402 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 2398 \text{ araç/saat}$$

burada

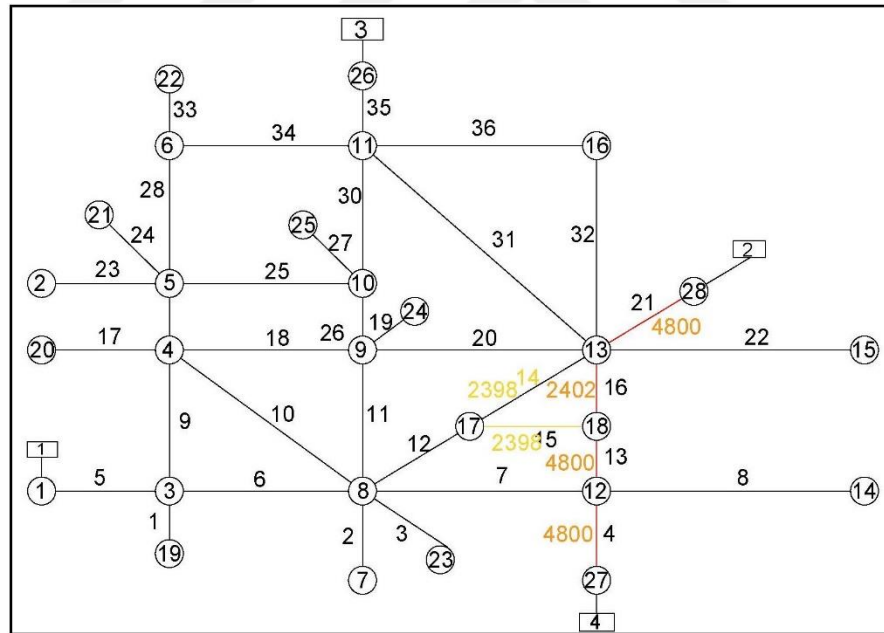
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

Min Z (x): fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.81. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.82.'te 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 3840 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden

seyahat sürelerine göre, 1921 taşıt/saat birinci ve 1919 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-1 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-30-26-18-9-5= 4+5+4+7+8+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+11-6-5= 4+5+4+10+7+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 3840$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 32 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 34 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 3840 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 32x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(3840 - x_1) + \frac{(3840 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 32 + x_1 - 34 + [(3840 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 32 + x_1 - 34 - 3840 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 3842$$

$$x_1 = 1921 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 1919 \text{ araç/saat}$$

burada

t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değerini,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.

$$f'_x = 20 + x_1 - 24 + [(4960 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'_x = 20 + x_1 - 24 - 4960 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 4960$$

$$x_1 = 2482 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 2478 \text{ araç/saat}$$

burada

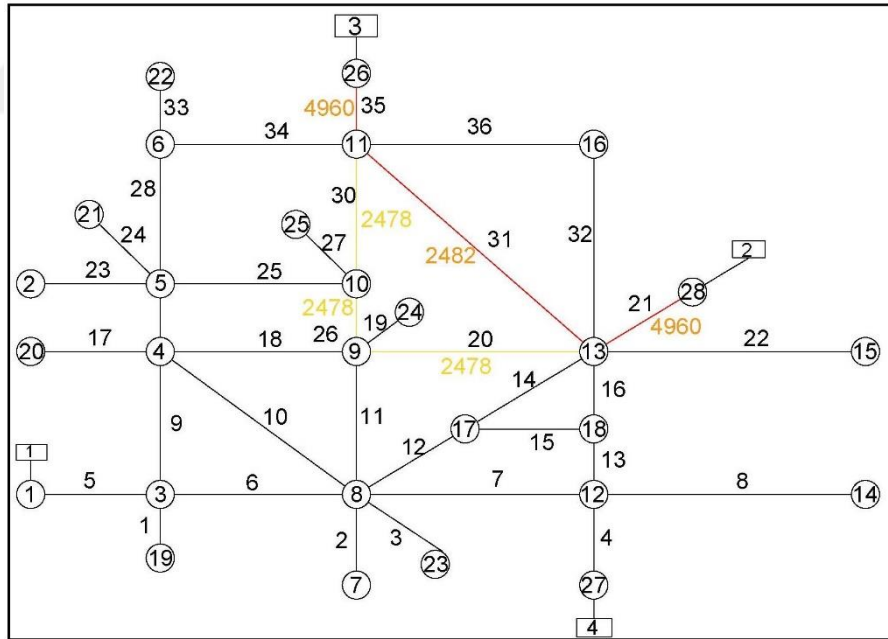
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

Min Z (x): fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

temsil etmektedir.



Şekil 4.83. 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.84.'de 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 6080 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden

seyahat sürelerine göre, 3043 taşıt/saat birinci ve 3037 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-16+13-4= 4+13+3+6+3=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26-11-7-4= 4+5+4+10+8+3=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 29 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 6080$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 29 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 34 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 6080 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(6080 - x_1) + \frac{(6080 - x_1)^2}{2}$$

$$f'x = 29 + x_1 - 34 + [(6080 - x_1) * (-1)] = 0$$

$$f'x = 29 + x_1 - 34 - 6080 + x_1 = 0$$

$$f'x = 2x_1 = 6085$$

$$x_1 = 3042.5 = 3043 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 3037.5 = 3037 \text{ araç/saat}$$

burada

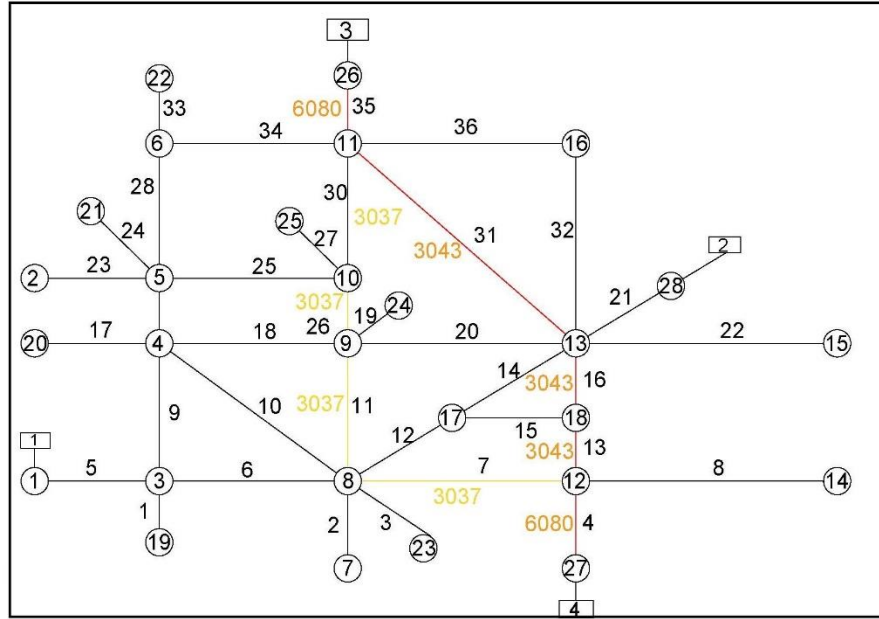
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

$f'x$: fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.

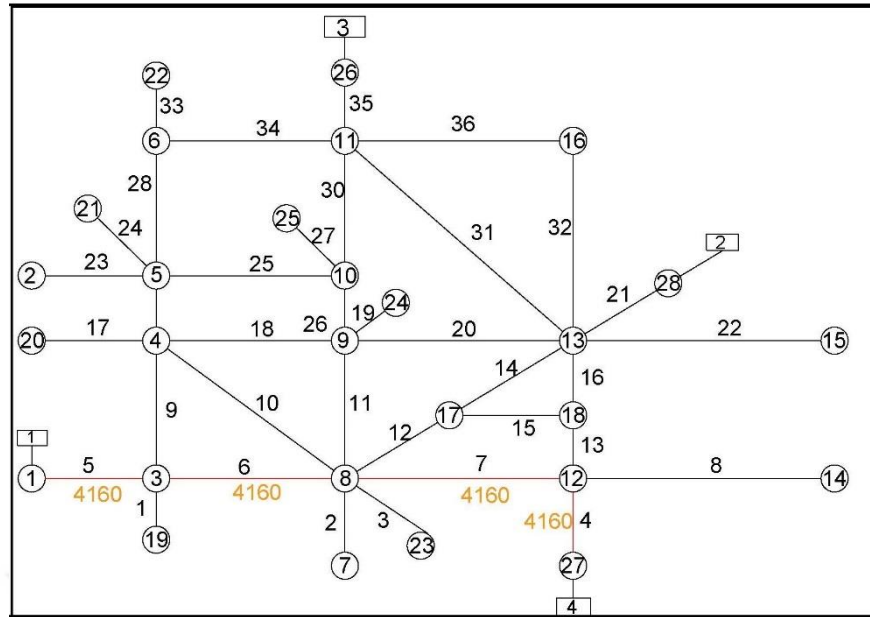


Şekil 4.84. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.85.'de 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 4160 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 4160 taşıt/saat'lik yolculuk talebi 4 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasındaki en kısa güzergâha atanmıştır.

4-1Başlangıç-Variş çifti için

$t_1: 4-7-6-5= 3+8+7+4=22$ dakika

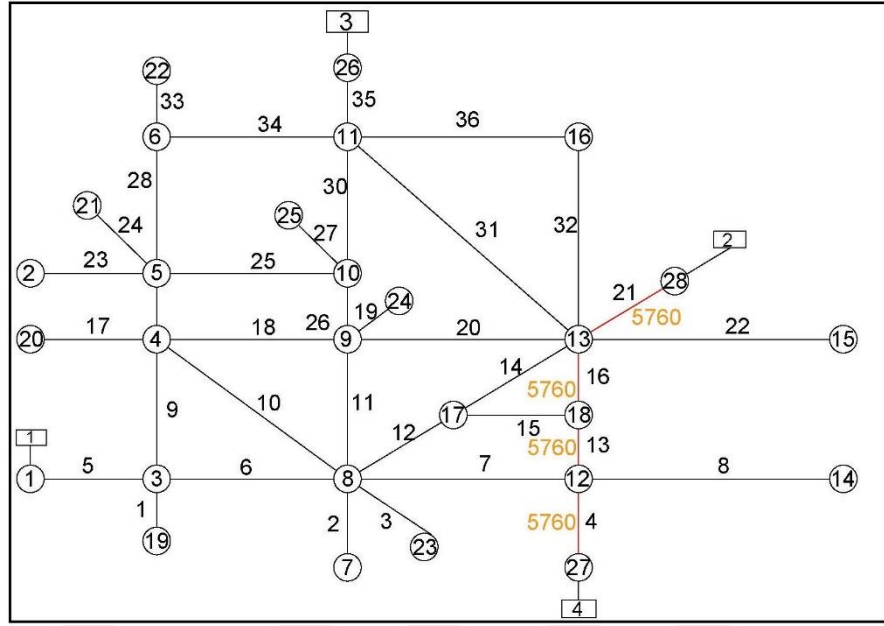


Şekil 4.85. 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.86.'de 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 5760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhları Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır. 5760 taşıt/saat'lik yolculuk talebin tamamı 4 no'lu zon ve 12 no'lu zon arasındaki en kısa güzergâha atanmıştır.

4-2 Başlangıç-Varış çifti için

t_1 : 4-13-16-21= 3+6+3+3=15 dakika



Şekil 4.86. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

Şekil 4.87.'da 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 6720 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Kullanıcı Denge yöntemi ile atanmıştır.

4 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 3363 taşıt/saat birinci ve 3357 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

4-3 Başlangıç – Varış çifti için

$$t_1: 4-13-16-31-35 = 3+6+3+13+4=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 4-7-11+26-30-35 = 4+8+10+4+5+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Min } Z(x_1) = 29 + x_1$$

$$\text{Min } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 6720$$

$$\text{Min } Z(x) = \int_0^{x_1} 29 + x_1 dx_1 + \int_0^{x_2} 34 + x_2 dx_2$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34x_2 + \frac{x_2^2}{2}$$

$$x_2 = 6720 - x_1$$

$$\text{Min } Z(x) = 29x_1 + \frac{x_1^2}{2} + 34(6720 - x_1) + \frac{(6720 - x_1)^2}{2}$$

$$f'_x = 29 + x_1 - 34 + [(6720 - x_1) \cdot (-1)] = 0$$

$$f'_x = 29 + x_1 - 34 - 6720 + x_1 = 0$$

$$f'_x = 2x_1 = 6725$$

$$x_1 = 3362.5 = 3363 \text{ araç/saat}$$

$$x_2 = 3357.5 = 3357 \text{ araç/saat}$$

burada

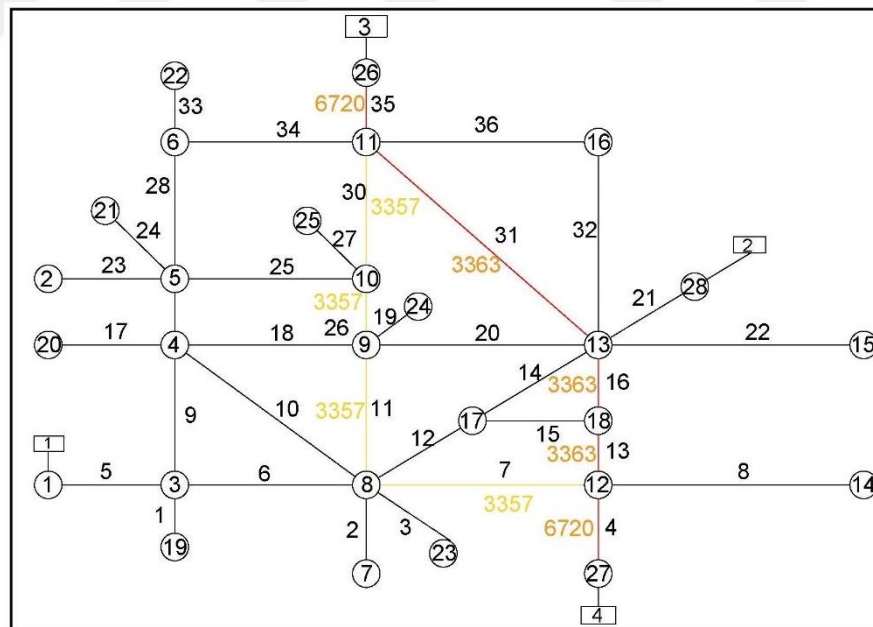
t_1, t_2 : serbest akım seyahat sürelerini

$\text{Min } Z(x)$: fonksiyonu minimize eden değeri,

x_1, x_2 : en kısa güzergâhların akım değerlerini

f'_x : fonksiyonu minimize eden türev değerini

ifade etmektedir.



Şekil 4.87. 4 no'lu zondan 3 no'lu zon'a kullanıcı denge trafik ataması

4.2.4. Sistem optimum trafik atama tekniği analizi

Şekil 4.88.'de 1 no`lu zondan 2 no`lu zon`a olan 4000 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 1 no`lu zon ve 2 no`lu zon arasında sistem optimum dengesine tekabül eden seyahat sürelerine göre hesaplanan değerler çerçevesinde 2000 araç/saat birinci, 2000 taşıt/saat ikinci en kısa seyahat süre sahip olan güzergaha atanmıştır.

1-2 Başlangıç – Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-20-21= 4+8+7+8+3=30 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-7-13-16-21= 4+7+8+6+3+3=31 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 4000$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (30 + x_1) + x_2 \cdot (31 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 4000 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31 \cdot (4000 - x_1) + (4000 - x_1)^2$$

$$f'x = 30 + 2x_1 - 31 + 2 \cdot (4000 - x_1) \cdot (-1)$$

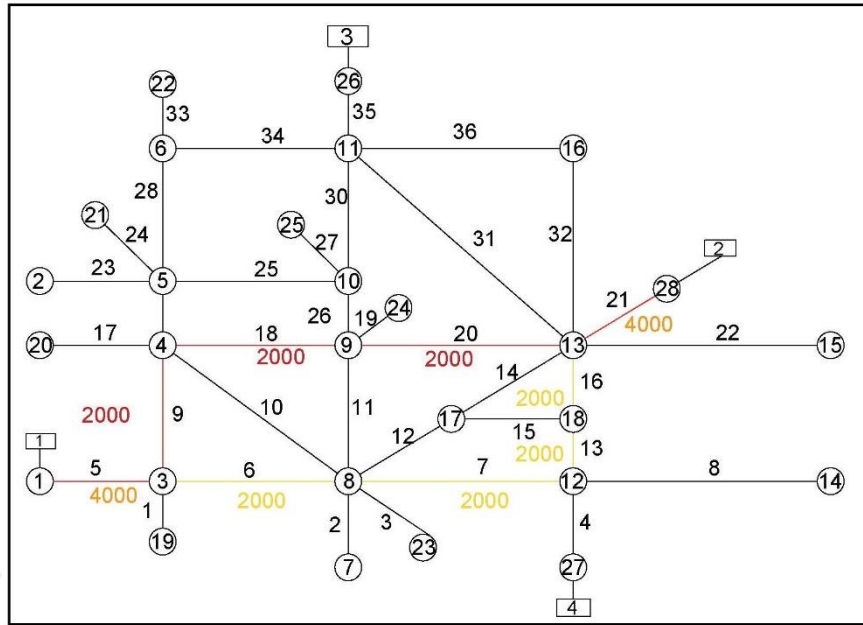
$$f'x = 30 + 2x_1 - 31 - 8000 + 2x_1$$

$$f'x = 30 + 2x_1 - 31 - 8000 + 2x_1 = 0$$

$$f'x = 4x_1 = 8001$$

$$x_1 = 2000.25 \sim 2000 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 1999.75 \sim 2000 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.88. 1 no'lu zondan 2 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.89.'de 1 no'lu zondan 3 no'lu zon'a olan 2800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 1 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında sistem optimum dengesine tekabül eden seyahat sürelerine göre hesaplanan değerler çerçevesinde 1404 araç/saat birinci, 1396 taşıt/saat ikinci en kısa seyahat süre sahip olan güzergaha atanmıştır.

1-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 5-9-18-26-30-35 = 4+8+7+4+5+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 5-6-11-20-31-35 = 4+7+10+8+13+4=46 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 32 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 46 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32 + x_1 + 46 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 2800$$

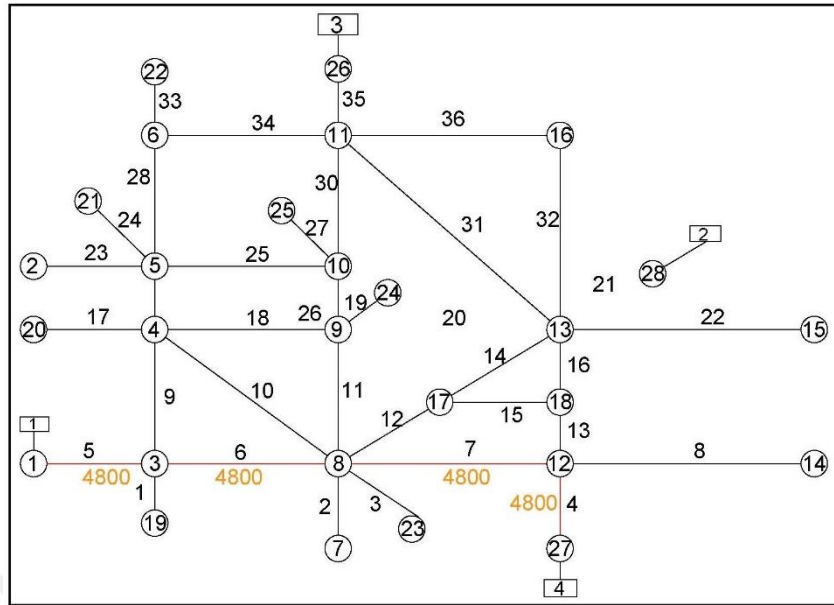
$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (32 + x_1) + x_2 \cdot (46 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 46x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 2800 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1 + x_1^2 + 46 \cdot (2800 - x_1) + (2800 - x_1)^2$$

$$f'x = 32 + 2x_1 - 46 + 2 \cdot (2800 - x_1) \cdot (-1)$$



Şekil 4.90. 1 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.91.'te 2 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 5360 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 2680 taşıt/saat birinci ve 2680 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-1 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-20-18-9-5 = 3+8+7+8+4=30 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-16-13-7-6-5 = 3+3+6+8+7+4=31 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 30 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 31 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30 + x_1 + 31 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 5360$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (30 + x_1) + x_2 \cdot (31 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 5360 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 30x_1 + x_1^2 + 31 \cdot (5360 - x_1) + (5360 - x_1)^2$$

$$f'x = 30 + 2x_1 - 31 + 2 \cdot (5360 - x_1) \cdot (-1)$$

$$x_1 + x_2 = 4640$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (20 + x_1) + x_2 \cdot (24 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 20x_1 + x_1^2 + 24x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 4640 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 20x_1 + x_1^2 + 24 \cdot (4640 - x_1) + (580 - x_1)^2$$

$$f'_x = 20 + 2x_1 - 24 + 2 \cdot (4640 - x_1) \cdot (-1)$$

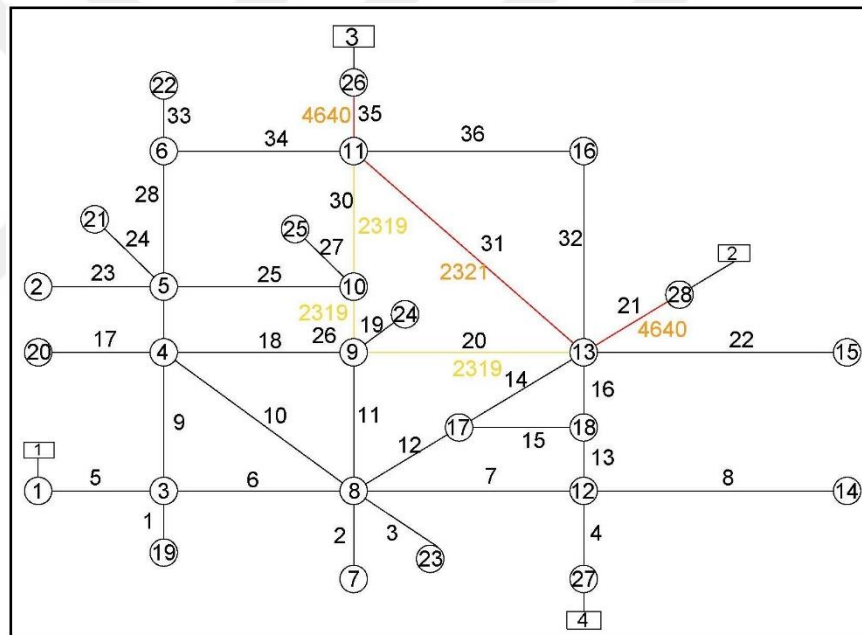
$$f'_x = 20 + 2x_1 - 24 - 9280 + 2x_1$$

$$f'_x = 20 + 2x_1 - 24 - 9280 + 2x_1 = 0$$

$$f'_x = 4x_1 = 9284$$

$$x_1 = 2321 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 2319 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.92. 2 no'lu zondan 3 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.93.'te 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 4800 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 2 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 2401 taşıt/saat birinci ve 2399 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

2-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 21-16-13-4= 3+3+6+3=15 \text{ dakika}$$

$$t_2: 21-14-15-13-4= 3+4+3+6+3=19 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 15+x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 19+x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15+x_1+19+x_2$$

$$x_1+x_2=4800$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1*(15+x_1)+x_2*(19+x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15x_1+1x_1^2 + 19x_2+x_2^2$$

$$x_2=4800-x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 15x_1+x_1^2 + 19*(4800-x_1)+(4800-x_1)^2$$

$$f'_x = 15+2x_1 - 19+2*(4800-x_1)*(-1)$$

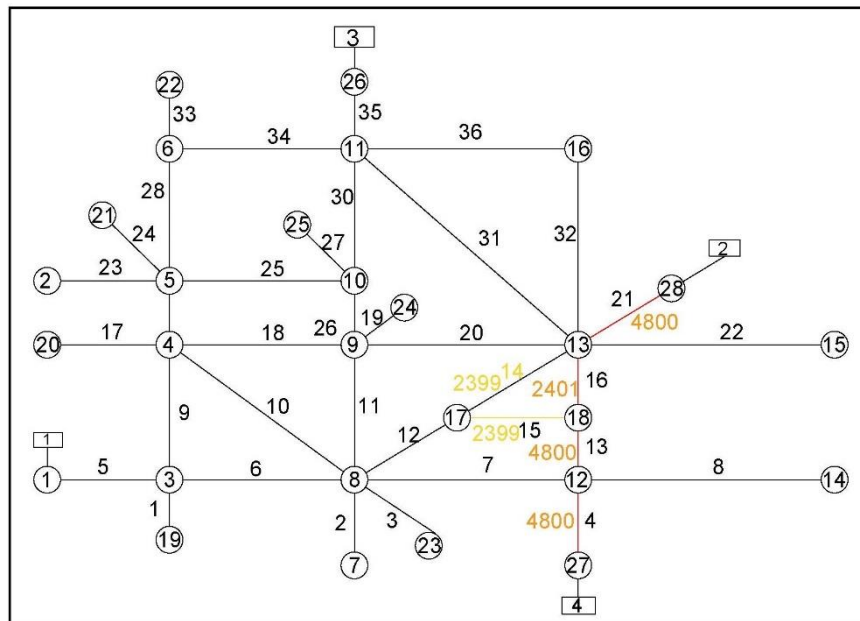
$$f'_x = 15+2x_1 - 19-9600+2x_1$$

$$f'_x = 15+2x_1 - 19-9600+2x_1=0$$

$$f'_x = 4x_1=9604$$

$$x_1 = 2401 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 2399 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.93. 2 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.94.'da 3 no`lu zondan 1 no`lu zon`a olan 3840 taşıt/saat`lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhaları Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 3 no`lu zon ve 1 no`lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 1921 taşıt/saat birinci ve 1919 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-1Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-30-26-18-9-5= 4+5+4+7+8+4=32 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+11-6-5= 4+5+4+10+7+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 32+x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34+x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32+x_1+34+x_2$$

$$x_1+x_2=3840$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1*(32+x_1)+x_2*(34+x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1+x_1^2 + 34x_2+x_2^2$$

$$x_2=3840-x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 32x_1+x_1^2 + 34*(3840-x_1)+(3840-x_1)^2$$

$$f'_x = 32+2x_1 - 34+2*(3840-x_1)*(-1)$$

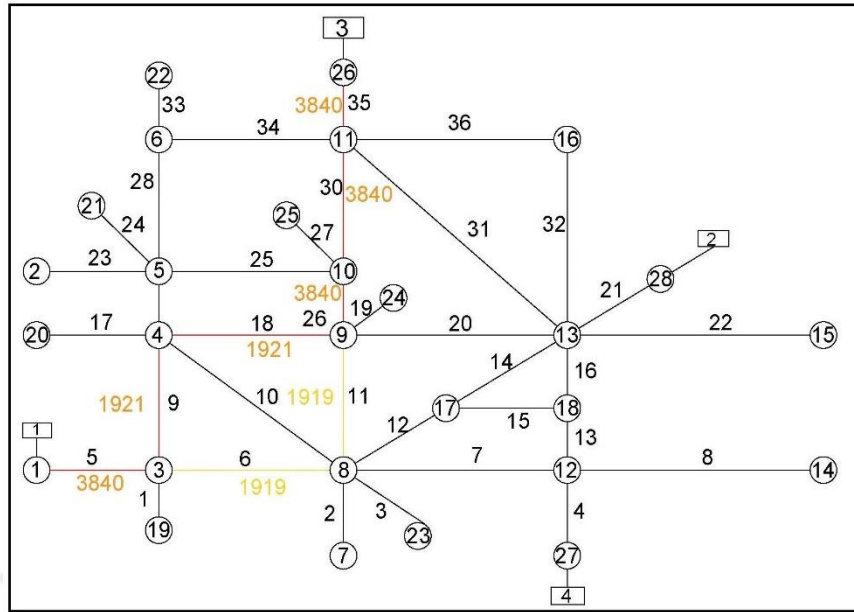
$$f'_x = 32+2x_1 - 34-7680+2x_1$$

$$f'_x = 32+2x_1 - 34-7680+2x_1=0$$

$$f'_x = 4x_1=7682$$

$$x_1 = 1920.5 = 1921 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 1919.5 = 1919 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.94. 3 no'lu zondan 1 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.95.'te 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 4960 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 2481 taşıt/saat birinci ve 2479 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-2 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-21= 4+13+3=20 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26+20-21= 4+5+4+8+3=24 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 20+x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 24+x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 20+x_1+24+x_2$$

$$x_1+x_2=4960$$

$$Z \min(x) = x_1*(20+x_1)+x_2*(24+x_2)$$

$$Z \min(x) = 20x_1+x_1^2 + 24x_2+x_2^2$$

$$x_2=4960-x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 20x_1+x_1^2 + 24*(4960-x_1)+(4960-x_1)^2$$

$$f'x = 20+2x_1 -24+2*(4960-x_1)*(-1)$$

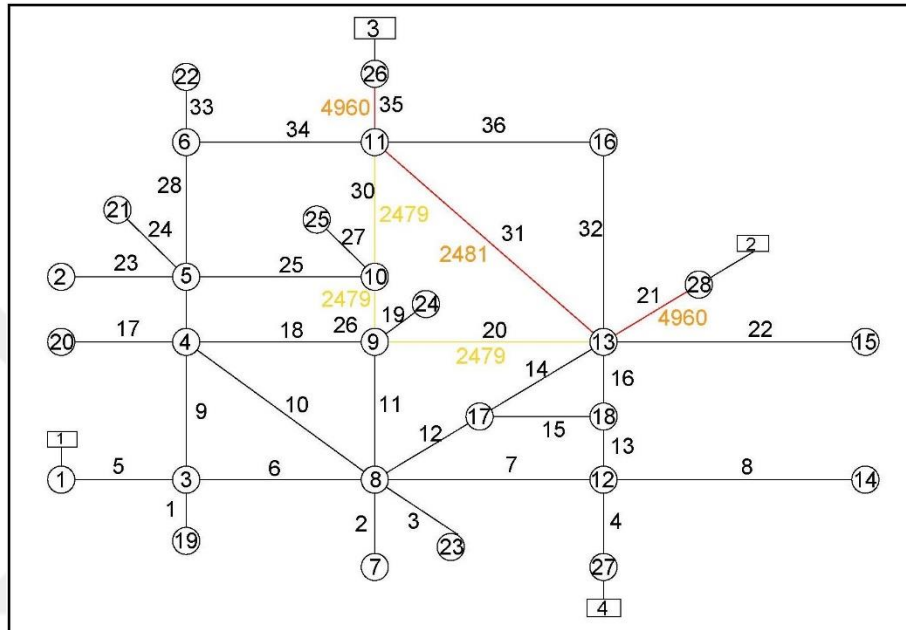
$$f'_x = 20 + 2x_1 - 24 - 9920 + 2x_1$$

$$f'_x = 20 + 2x_1 - 24 - 9920 + 2x_1 = 0$$

$$f'_x = 4x_1 = 9924$$

$$x_1 = 2481 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 2479 \text{ taşıt/saat}$$



Şekil 4.95. 3 no'lu zondan 2 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.96.'te 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a olan 6080 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 3 no'lu zon ve 4 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 3041 taşıt/saat birinci ve 3039 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

3-4 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 35-31-16+13-4= 4+13+3+6+3=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 35-30-26-11-7-4= 4+5+4+10+8+3=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 29 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 6080$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (29 + x_1) + x_2 \cdot (34 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 6080 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34 \cdot (6080 - x_1) + (6080 - x_1)^2$$

$$f'x = 29 + 2x_1 - 34 + 2 \cdot (6080 - x_1) \cdot (-1)$$

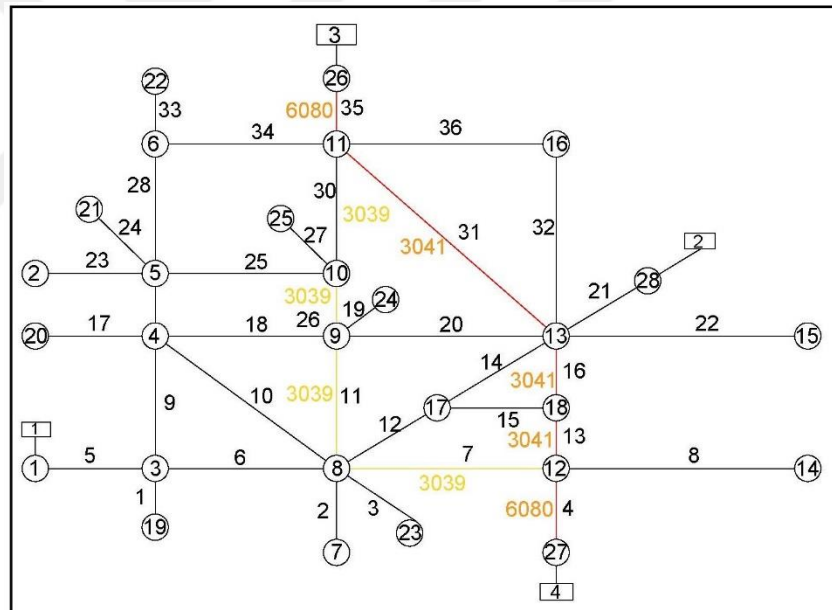
$$f'x = 29 + 2x_1 - 34 - 12160 + 2x_1$$

$$f'x = 29 + 2x_1 - 34 - 12160 + 2x_1 = 0$$

$$f'x = 4x_1 = 12165$$

$$x_1 = 3041.25 = 3041 \text{ taşıt/saat}$$

$$x_2 = 3038.75 = 3039 \text{ taşıt/saat}$$

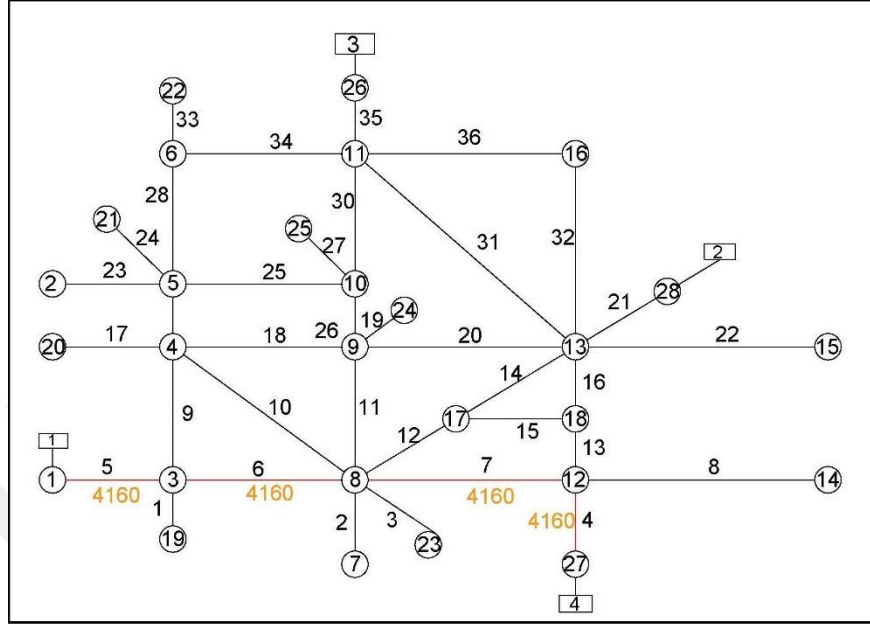


Şekil 4.96. 3 no'lu zondan 4 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.97.'da 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 4160 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no'lu zon ve 1 no'lu zon arasındaki 4160 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, tekil en kısa güzergâha atanmıştır.

4-1 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 4-7-6-5= 3+8+7+4=22$ dakika

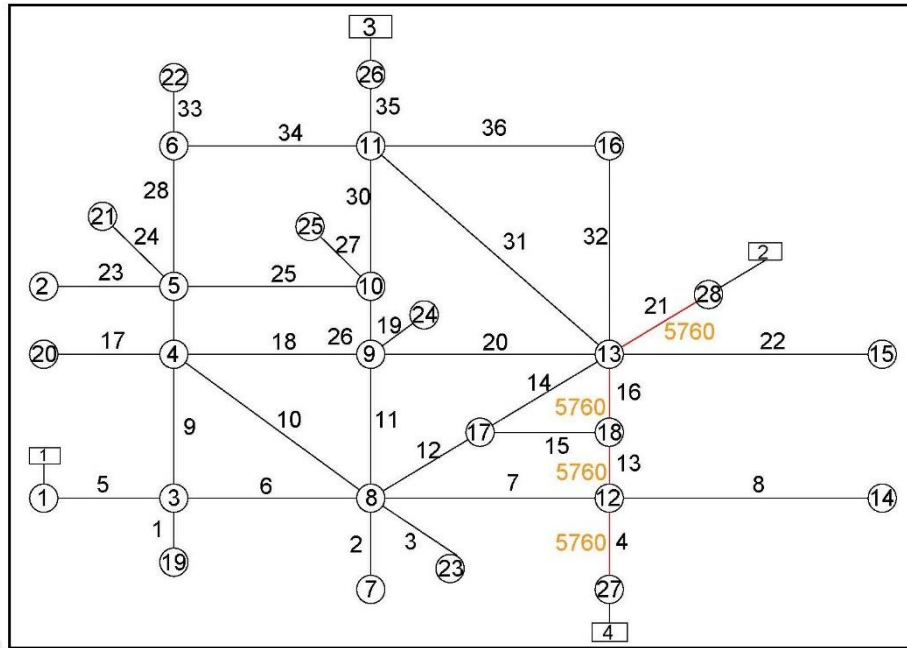


Şekil 4.97. 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.98.'de 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a olan 5760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhalara Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no'lu zon ve 2 no'lu zon arasındaki 5760 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, tekil en kısa güzergâha atanmıştır.

4-2 Başlangıç-Varış çifti için

$t_1: 4-13-16-21= 3+6+3+3=15$ dakika



Şekil 4.98. 4 no'lu zondan 2 no'lu zon'a Sistem Optimum trafik ataması

Şekil 4.99.'te 4 no'lu zondan 1 no'lu zon'a olan 6720 taşıt/saat'lik yolculuk talebi, en düşük maliyetli güzergâhları Sistem Optimum yöntemi ile atanmıştır. 4 no'lu zon ve 3 no'lu zon arasında bulunan iki en kısa güzergâha denge durumuna tekabül eden seyahat sürelerine göre, 3361 taşıt/saat birinci ve 3359 taşıt/saat ise ikinci güzergâha atanmıştır.

4-3 Başlangıç-Varış çifti için

$$t_1: 4-13-16-31-35 = 3+6+3+13+4=29 \text{ dakika}$$

$$t_2: 4-7-11-26-30-35 = 4+8+10+4+5+4=34 \text{ dakika}$$

$$\text{Minimize } Z(x_1) = 29 + x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x_2) = 34 + x_2$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29 + x_1 + 34 + x_2$$

$$x_1 + x_2 = 6720$$

$$\text{Minimize } Z(x) = x_1 \cdot (29 + x_1) + x_2 \cdot (34 + x_2)$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34x_2 + x_2^2$$

$$x_2 = 6720 - x_1$$

$$\text{Minimize } Z(x) = 29x_1 + x_1^2 + 34 \cdot (6720 - x_1) + (6720 - x_1)^2$$

BÖLÜM 5. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, test ulaşım şebekesinde iki senaryo üzerinde farklı trafik atama yöntemleri ile mevcut başlangıç-varış çiftleri arasındaki güzergâhlara atanan trafik miktarları üzerinden ulaşım şebekesinin performans sonuçları değerlendirilecektir.

5.1. Birinci Senaryo üzerine Trafik Atama Yöntemlerinin Değerlendirmesi

Mevcut duruma göre Ya Hep -Ya Hiç yöntemin ulaşım şebekesinde performans özeti aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 5.1. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri - Ya Hep Ya Hiç Algoritması

Sıra	B-V	Talep (taşıt/saat)	En Kısa Güzergahlar								
1	1-2 için	500	1	Link	5	9	18	20	21		Toplam
				Akım (taşıt/saat)	500	500	500	500	500		500
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3		30
				Akım/Kapasite oranı	0.42	0.21	0.21	0.21	0.42		
			2	Link	5	6	7	13	16	21	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	3	31
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
2	1-3 için	350	1	Link	5	9	18	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	350	350	350	350	350	350	350
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4	32
				Akım/Kapasite oranı	0.29	0.15	0.15	0.29	0.15	0.29	
			2	Link	5	6	11	20	31	35	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4	46
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	

Tablo 5.1. (Devamı)

3	1-4 için	600	1	Link	5	6	7	4			
				Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600			600
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	3			22
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.25	0.25	0.5			
4	2-1 için	670	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	670	670	670	670	670		670
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	8	4		30
				Akım/Kapasite oranı	0.56	0.28	0.28	0.28	0.56		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
5	2-3 için	580	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	580	580	580				580
				Seyahat süresi (dk)	3	13	4				20
				Akım/Kapasite oranı	0.48	0.24	0.48				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
6	2-4 için	600	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600			600
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	3			15
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.5	0.5	0.5			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
7	3-1 için	480	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	480	480	480	480	480	480	480
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/Kapasite oranı	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 5.1. (Devamı)

				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
8	3-2 için	620	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	620	620	620				620
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/Kapasite oranı	0.52	0.26	0.52				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
9	3-4 için	760	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	760	760	760	760	760		760
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	0.63	0.32	0.63	0.63	0.63		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
10	4-1 için	520	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	520	520	520	520			520
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22.003
				Akım/Kapasite oranı	0.43	0.22	0.22	0.43			
11	4-2 için	720	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	720	720	720	720			720
				Seyahat süresi (dk)	3.002	6.005	3.002	3.002			15.013
				Akım/Kapasite oranı	0.6	0.6	0.6	0.6			
12	4-3 için	840	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	840	840	840	840	840		840
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	0.7	0.7	0.7	0.35	0.7		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	

Tablodan da görülebileceği gibi Ya Hep Ya Hiç yönteminde, en kısa serbest akım süreli güzergâh tüm trafik yükünü almaktadır. Serbest akım seyahat süreleri yüksek olan diğer güzergâhlar, akıma bağlı olarak değişen seyahat süreleri dikkate alınmaksızın, zonlar arasındaki talepten herhangi bir trafik almamaktadır. Bu yöntem

tüm atama algoritmaları içerisinde en basit ve üretilen link/güzergâh akım miktarları açısından en az güvenilir olanıdır. Güzergâhlara atanan trafik miktarları gerçekte link kapasite değerlerinin üzerine bile çıksa, ilgili seyahat sürelerinin değişmediği gibi bir ön kabülle atama işlemi gerçekleştiği için sahici çözümlerin elde edilmesi neredeyse imkânsızlaşmaktadır. Bu açıdan bakıldığında performans değerlendirmesine bu yöntemin katılması sağlıklı sonuçlar sunmayacaktır. Bununla beraber literatürde bilinen bir yöntem olması ve diğer algoritmalara göre ürettiği sonuçların gözlemlenebilmesi için bu yöntemle ait sonuçlar da burada sunulmuştur.

Artırılmış trafik atama yöntemine göre ilgili test şebekesinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenerek sunulmuştur.

Tablo 5.2. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Artırılmış Trafik Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergahlar						
			Link	5	9	18	20	21	Toplam
1	1-2 için	500	1	Akım (taşıt/saat)	500	500	500	500	500
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.0004	8.001	7.0007	8.0009	3.0003
				Akım/Kapasite oranı	0.42	0.21	0.21	0.21	0.42
				Link	5	6	7	13	16
			2	Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0
				Link	5	9	18	26	30
2	1-3 için	350	1	Akım (taşıt/saat)	350	350	350	350	350
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.0001	8.0002	7.0002	4.0001	5.0001
				Akım/Kapasite oranı	0.29	0.15	0.15	0.29	0.15
				Link	5	6	11	20	31
			2	Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0
				Link	5	6	7	4	
3	1-4 için	600	1	Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600	600
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.001	7.001	8.002	3.0008	
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.25	0.25	0.5	
				Link	5	6	7	4	

Tablo 5.2. (Devamı)

4	2-1 için	670	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	670	670	670	670	670		670
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.001	8.002	7.002	8.002	4.001		30.01
				Akım/Kapasite oranı	0.56	0.28	0.28	0.28	0.56		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
5	2-3 için	580	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	580	580	580				580
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.0012	13.005	4.0016				20.008
				Akım/Kapasite oranı	0.48	0.24	0.48				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
6	2-4 için	600	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600			600
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.002	3.002	6.004	3.002			15.011
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.5	0.5	0.5			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
7	3-1 için	480	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	480	480	480	480	480	480	480
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8.001	4	32.004
				Akım/Kapasite oranı	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
8	3-2 için	620	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	620	620	620				620

Tablo 5.2. (Devamı)

				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.001	13.004	3.001				20.007
				Akım/Kapasite oranı	0.52	0.26	0.52				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
9	3-4 için	760	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	760	760	760	760	760		760
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	0.63	0.32	0.63	0.63	0.63		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
10	4-1 için	520	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	520	520	520	520			520
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	8.001	7	4			22.003
				Akım/Kapasite oranı	0.43	0.22	0.22	0.43			
11	4-2 için	720	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	720	720	720	720			720
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.002	6.005	3.002	3.002			15.013
				Akım/Kapasite oranı	0.6	0.6	0.6	0.6			
12	4-3 için	840	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	840	840	840	840	840		840
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.005	6.01	3.005	13.02	4.006		29.049
				Akım/Kapasite oranı	0.7	0.7	0.7	0.35	0.7		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	

Artırımlı Trafik Atamasına ait sonuçlar Bearue Public Road (BPR) tarafından önerilen akım-seyahat süresi ilişkisini gösteren ve yukarıda açıklanan bağıntı kullanılarak kod yazılımı MATLAB programında yapılan algoritmaya göre analiz edilmiştir. Tez

içeriğinde geliştirilen yazılım, tez eki olarak sunulmuştur. Test şebekesinde bulunan linklere ait kapasite değerleri mevcut talep miktarlarına göre yüksek olduğundan dolayı yüzde birlik dilimler halinde serbest bırakılan zonlar arası trafik talepleri için geçerli olan güzergâhlar iterasyon sürecinde çok fazla değişikliğe uğramamıştır. İterasyon başlangıcındaki en kısa süreli güzergâhlar, kapasitelerindeki yükseklikten dolayı atama işlem süreci boyunca benzer güzergâhlar olarak kalmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında, güncellenmiş seyahat süreleri ile serbest akım seyahat süreleri arasındaki farklılıklar küçük ölçeklerde kalmıştır.

Aşağıdaki tablo, kullanıcı dengesi atama yöntemine göre yapılan trafik atama prosedürünün sonuçlarını test şebekesi için göstermektedir.

Tablo 5.3. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Kullanıcı Dengesi Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergâhlar							
			Link	5	9	18	20	21		Toplam
1	1-2 için	500	1	Akım (taşıt/saat)	250	250	250	250	250	250
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3	30
				Akım/Kapasite oranı	0.21	0.10	0.10	0.10	0.21	
				Link	5	6	7	13	16	21
			2	Akım (taşıt/saat)	250	250	250	250	250	250
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	31
				Akım/Kapasite oranı	0.21	0.10	0.10	0.21	0.21	0.21
				Link	5	9	18	26	30	35
2	1-3 için	350	1	Akım (taşıt/saat)	182	182	182	182	182	182
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4
				Akım/Kapasite oranı	0.15	0.08	0.08	0.15	0.08	0.15
				Link	5	6	11	20	31	35
			2	Akım (taşıt/saat)	168	168	168	168	168	168
				seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4
				Akım/Kapasite oranı	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14
				Link	5	6	7	4		
3	1-4 için	600	1	Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600		600
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	3		22
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.25	0.25	0.5		
				Link	5	6	7	4		

Tablo 5.3. (Devamı)

4	2-1 için	670	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	335	335	335	335	335		335
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	8	4		30
				Akım/Kapasite oranı	0.28	0.14	0.14	0.14	0.28		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	335	335	335	335	335	335	335
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	0.28	0.28	0.28	0.14	0.14	0.28	
5	2-3 için	580	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	292	292	292				292
				Seyahat süre (dk)	3	13	4				20
				Akım/Kapasite oranı	0.24	0.12	0.24				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	288	288	288	288	288		288
				Seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	0.24	0.12	0.24	0.12	0.24		
6	2-4 için	600	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	302	302	302	302			302
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	3			15
				Akım/Kapasite oranı	0.25	0.25	0.25	0.25			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	298	298	298	298	298		298
				Seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
				Akım/Kapasite oranı	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25		
7	3-1 için	480	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	241	241	241	241	241	241	241
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/Kapasite oranı	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	239	239	239	239	239	239	239
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	

Tablo 5.3. (Devamı)

8	3-2 için	620	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	312	312	312				312
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/Kapasite oranı	0.26	0.13	0.26				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	308	308	308	308	308		308
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	0.26	0.13	0.26	0.13	0.26		
9	3-4 için	760	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	383	383	383	383	383		383
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	0.32	0.16	0.32	0.32	0.32		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	377	377	377	377	377	377	377
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	0.31	0.16	0.31	0.16	0.16	0.31	
10	4-1 için	520	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	520	520	520	520			520
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22
				Akım/Kapasite oranı	0.43	0.22	0.22	0.43			
11	4-2 için	720	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	720	720	720	720			720
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	3			15
				Akım/Kapasite oranı	0.6	0.6	0.6	0.6			
12	4-3 için	840	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	422	422	422	422	422		422
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	0.35	0.35	0.35	0.18	0.35		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	418	418	418	418	418	418	418
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0.35	0.17	0.17	0.35	0.17	0.35	

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi seyahat sürelerinin eşit veya göreceli olarak yakın olduğu başlangıç-varış çiftlerine ait güzergâhlara ait trafik akım değerleri, toplam talebin eşit olarak dağıtılması ile elde edilmiştir. Seyahat sürelerinin eşit olmadığı güzergâhlar ise işlem adımları sırasında değişen seyahat sürelerine göre yapılan atamalar ölçeğinde trafik akım değerlerine sahip oldukları için, ilgili talep eşit olarak güzergâhlara dağılmamıştır. Bununla beraber akım değerlerine sahip güzergâhlar dışında kalan alternatif güzergâhların tamamına ait seyahat sürelerinin, üzerinde akım bulunan güzergâhlardan daha yüksek süreli serbest akım seyahat sürelerine sahip oldukları ifade edilmelidir.

Test şebekesi sistem optimum yaklaşımı ile de ele alınmış ve elde edilen trafik akım değerleri ile tekabül eden seyahat süreleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Sistem Optimum Dengesi Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergâhlar								
1	1-2 için	500	1	Link	5	9	18	20	21		Toplam
				Akım (taşıt/ saat)	250.25	250.25	250.25	250.25	250.25		250.25
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3		30
				Akım/ Kapasite oranı	0.21	0.10	0.10	0.10	0.21		
			2	Link	5	6	7	13	16	21	
				Akım (taşıt/ saat)	249.75	249.75	249.75	249.75	249.75	249.75	249.75
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	3	31
				Akım / Kapasite oranı	0.21	0.10	0.10	0.21	0.21	0.21	
2	1-3 için	350	1	Link	5	9	18	26	30	35	
				Akım (taşıt/ saat)	178	178	178	178	178	178	178
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4	32
				Akım/ Kapasite oranı	0.15	0.07	0.07	0.15	0.07	0.15	
			2	Link	5	6	11	20	31	35	
				Akım (taşıt/ saat)	172	172	172	172	172	172	172
				Seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4	46
				Akım/ Kapasite oranı	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	

Tablo 5.4. (Devamı)

3	1-4 için	600	1	Link	5	6	7	4			
				Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600			600
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	3			22
				Akım/Kapasite oranı	0.5	0.25	0.25	0.5			
4	2-1 için	670	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	335	335	335	335	335		335
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	8	4		30
				Akım/Kapasite oranı	0.28	0.14	0.14	0.14	0.28		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	335	335	335	335	335	335	335
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	0.28	0.28	0.28	0.14	0.14	0.28	
5	2-3 için	580	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	291	291	291				291
				Seyahat süresi (dk)	3	13	4				20
				Akım/Kapasite oranı	0.24	0.12	0.24				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	289	289	289	289	289		289
				Seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	0.24	0.12	0.24	0.12	0.24		
6	2-4 için	600	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	301	301	301	301			301
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	3			15
				Akım/Kapasite oranı	0.25	0.25	0.25	0.25			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	299	299	299	299	299		299
				Seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
7	3-1 için	480	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	241	241	241	241	241	241	241

Tablo 5.4. (Devamı)

				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/ Kapasite oranı	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	
				Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/ saat)	239	239	239	239	239	239	239
			2	Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/ Kapasite oranı	0.20	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	
				Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/ saat)	311	311	311				311
8	3-2 için	620	1	Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/ Kapasite oranı	0.26	0.13	0.26				
				Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/ saat)	309	309	309	309	309		309
			2	Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/ Kapasite oranı	0.26	0.13	0.26	0.13	0.26		
				Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/ saat)	381	381	381	381	381		381
9	3-4 için	760	1	Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/ Kapasite oranı	0.32	0.16	0.32	0.32	0.32		
				Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/ saat)	379	379	379	379	379	379	379
			2	Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/ Kapasite oranı	0.32	0.16	0.32	0.16	0.16	0.32	
				Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/ saat)	520	520	520	520			520
10	4-1 için	520	1	Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22
				Akım/ Kapa site oranı	0.43	0.22	0.22	0.43			
				Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/ saat)	720	720	720	720			720
11	4-2 için	720	1	Seyahat süresi (dk)	3	6	3	3			15
				Akım/ Kapasite oranı	0.6	0.6	0.6	0.6			

Tablo 5.4. (Devamı)

12	4-3 için	840	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	421	421	421	421	421		421
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	0.35	0.35	0.35	0.18	0.35		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	419	419	419	419	419	419	419
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0.35	0.17	0.17	0.35	0.17	0.35	

Tablodan da görülebileceği gibi, doğrusal olmayan bir minimum maliyet problemi olarak formüle edilen sistem optimum yaklaşımında, tüm kullanıcılar eşit ve marjinal anlamda minimum maliyetlere sahip güzergahlara atanmıştır. Bu nedenle, sistem optimum ataması bireysel tercihler anlamında denge durumu olmayıp, tüm şebekeye ait toplam seyahat süresinin minimize edildiği denge çözümünü temsil etmektedir. Bu anlamda bakıldığında çeşitli tıkanıklık senaryoları test edildiğinde, şebekeye ait optimum çözüme referans çerçevesi sağladığı için sistem performansının belirlenmesi adına oldukça kullanışlıdır.

Tablo 5.5. Şebekeye ait Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti

Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti								
Sıra	B-V	Talep (Araç/saat)	En Kısa Güzergah (Linkler)	Özellikler/ Yöntemler	Hep Ya Hiç Trafik atama	Artırımlı Trafik Atama	Kullanıcı Denge Trafik Atama	Sistem Optimum Trafik Atama
1	1-2	500	1 (5-9-18-20-21)	Akım (taşıt/saat)	500	500	250	250.25
				seyahat süresi (dk)	30	30	30	30
			2 (5-6-7-13-16-21)	Akım (taşıt/saat)	0	0	250	249.75
				seyahat süresi (dk)	31	31	31	31
2	1-3	350	1 (5-9-18-26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	350	350	182	178
				seyahat süresi (dk)	32	32	32	32
			2 (5-6-11-20-31-35)	Akım (taşıt/saat)	0	0	168	172
				seyahat süresi (dk)	46	46	46	46

Tablo 5.5. (Devamı)

3	1-4	600	1 (5-6-7-4)	Akım (taşıt/saat)	600	600	600	600
				seyahat süresi (dk)	22	22	22	22
4	2-1	670	1 (21-20- 18-9-5)	Akım (taşıt/saat)	670	670	335	335
				seyahat süresi (dk)	30	30	30	30
			2 (21-16- 13-7-6-5)	Akım (taşıt/saat)	0	0	335	335
				seyahat süresi (dk)	31	31	31	31
5	2-3	580	1 (21-31- 35)	Akım (taşıt/saat)	580	580	292	291
				seyahat süresi (dk)	20	20	20	20
			2 (21-20- 26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	0	0	288	289
				seyahat süresi (dk)	24	24	24	24
6	2-4	600	1 (21-16- 13-4)	Akım (taşıt/saat)	600	600	302	301
				seyahat süresi (dk)	15	15	15	15
			2 (21-14- 15-13-4)	Akım (taşıt/saat)	0	0	298	299
				seyahat süresi (dk)	19	19	19	19
7	3-1	480	1 (35-30- 26-18-9- 5)	Akım (taşıt/saat)	480	480	241	241
				seyahat süresi (dk)	32	32	32	32
			2 (35-30- 26-11-6- 5)	Akım (taşıt/saat)	0	0	239	239
				seyahat süresi (dk)	34	34	34	34
8	3-2	620	1 (35-31- 21)	Akım (taşıt/saat)	620	620	312	311
				seyahat süresi (dk)	20	20	20	20
			2 (35-30- 26-20-21)	Akım (taşıt/saat)	0	0	308	309
				seyahat süresi (dk)	24	24	24	24
9	3-4	760	1 (35-31- 16-13-4)	Akım (taşıt/saat)	760	760	383	381
				seyahat süresi (dk)	29	29	29	29
			2 (35-30- 26-11-7- 4)	Akım (taşıt/saat)	0	0	377	379
				seyahat süresi (dk)	34	34	34	34
10	4-1	520	1 (4-7-6-5)	Akım (taşıt/saat)	520	520	520	520

Tablo 5.5. (Devamı)

				seyahat süresi (dk)	22.003	22.003	22	22
11	4-2	720	1 (4-13-16-21)	Akım (taşıt/saat)	720	720	720	720
				seyahat süresi (dk)	15.013	15.013	15	15
12	4-3	840	1 (4-13-16-31-35)	Akım (taşıt/saat)	840	840	422	421
				seyahat süresi (dk)	29	29	29	29
			2 (4-7-11-26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	0	0	418	419
				seyahat süresi (dk)	34	34	34	34

5.2. İkinci Senaryo Kapsamında Trafik Atama Yöntemlerinin Değerlendirmesi

Mevcut duruma göre Ya Hep -Ya Hiç yöntemin ulaşım şebekesinde performans özeti aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 5.6. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri - Ya Hep Ya Hiç Algoritması

Sıra	B-V	Talep (taşıt/saat)	En Kısa Güzergahlar									
1	1-2 için	4000	1	Link	5	9	18	20	21		Toplam	
				Akım (taşıt/saat)	4000	4000	4000	4000	4000		4000	
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3		30	
				Akım/Kapasite oranı	3.33	1.67	1.67	1.67	3.33			
			2	Link	5	6	7	13	16	21		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0	
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	3	31	
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0		
2	1-3 için	2800	1	Link	5	9	18	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4	32	
				Akım/Kapasite oranı	2.33	1.17	1.17	2.33	1.17	2.33		
			2	Link	5	6	11	20	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0	
				Seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4	46	
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0		

Tablo 5.6. (Devamı)

3	1-4 için	4800	1	Link	5	6	7	4			
				Akım (taşıt/saat)	4800	4800	4800	4800			4800
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	3			22
				Akım/Kapasite oranı	4	2	2	4			
4	2-1 için	5360	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	5360	5360	5360	5360	5360		5360
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	8	4		30
				Akım/Kapasite oranı	4,47	2,23	2,23	2,23	4,47		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
5	2-3 için	4640	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	4640	4640	4640				4640
				Seyahat süresi (dk)	3	13	4				20
				Akım/Kapasite oranı	3,87	1,93	3,87				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
6	2-4 için	4800	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	4800	4800	4800	4800			4800
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	3			15
				Akım/Kapasite oranı	4	4	4	4			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
7	3-1 için	3840	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/Kapasite oranı	3,2	1,6	3,2	1,6	1,6	3,2	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 5.6. (Devamı)

				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
8	3-2 için	4960	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	4960	4960	4960				4960
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/Kapasite oranı	4.13	2.07	4.13				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0		0
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0		
9	3-4 için	6080	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	6080	6080	6080	6080	6080		6080
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	5.07	2.53	5.07	5.07	5.07		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	
10	4-1 için	4160	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	4160	4160	4160	4160			4160
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22.003
				Akım/Kapasite oranı	3.47	1.73	1.73	3.47			
11	4-2 için	5760	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	5760	5760	5760	5760			5760
				Seyahat süresi (dk)	3.002	6.005	3.002	3.002			15.013
				Akım/Kapasite oranı	4.8	4.8	4.8	4.8			
12	4-3 için	6720	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	6720	6720	6720	6720	6720		6720
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	5.6	5.6	5.6	2.8	5.6		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	0	0	0	0	0	0	0
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	0	0	0	0	0	0	

Tablodan da görülebileceği gibi Ya Hep Ya Hiç yönteminde, en kısa serbest akım süreli güzergâh tüm trafik yükünü almaktadır. Serbest akım seyahat süreleri yüksek olan diğer güzergâhlar, akıma bağlı olarak değişen seyahat süreleri dikkate

alınmaksızın, zonlar arasındaki talepten herhangi bir trafik almamaktadır. Bu yöntem tüm atama algoritmaları içerisinde en basit ve üretilen link/güzergâh akım miktarları açısından en az güvenilir olanıdır. Güzergâhlara atanan trafik miktarları gerçekte link kapasite değerlerinin üzerine bile çıksa, ilgili seyahat sürelerinin değişmediği gibi bir ön kabülle atama işlemi gerçekleştiği için sahici çözümlerin elde edilmesi neredeyse imkânsızlaşmaktadır. Bu açıdan bakıldığında performans değerlendirmesine b yöntemin katılması sağlıklı sonuçlar sunmayacaktır. Bununla beraber literatürde bilinen bir yöntem olması ve diğer algoritmalara göre ürettiği sonuçların gözlemlenebilmesi için bu yönteme ait sonuçlar da burada sunulmuştur. Artırımlı trafik atama yöntemine göre ilgili test şebekesinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenerek sunulmuştur.

Tablo 5.7. Test Şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Artırımlı Trafik Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergahlar							
			Link	5	9	18	20	21		Toplam
1	1-2 için	4000	1	Akım (taşıt/saat)	2280	2280	2280	2280	2280	2280
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.16	8.32	7.28	8.32	3.12	31.2
				Akım/Kapasite oranı	1.90	0.95	0.95	0.95	1.90	
				Link	5	6	7	13	16	21
			2	Akım (taşıt/saat)	1720	1720	1720	1720	1720	1720
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.03	7.05	8.05	6.04	3.02	31.2
				Akım/Kapasite oranı	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	
				Link	5	9	18	26	30	35
2	1-3 için	2800	1	Akım (taşıt/saat)	1596	1596	1596	1596	1596	1596
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	6.08	12.16	10.64	6.08	7.60	48.65
				Akım/Kapasite oranı	1.33	0.67	0.67	1.33	0.67	1.33
				Link	5	6	11	20	31	35
			2	Akım (taşıt/saat)	1204	1204	1204	1204	1204	1204
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.23	7.40	10.58	8.46	13.75	48.65
				Akım/Kapasite oranı	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00
				Link	5	6	7	4		
3	1-4 için	4800	1	Akım (taşıt/saat)	4800	4800	4800	4800		4800
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4	7	8	3		22
				Akım/Kapasite oranı	4	2	2	4		
				Link	5	6	7	4		

Tablo 5.7. (Devamı)

4	2-1 için	5360	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	3055	3055	3055	3055	3055		3055
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.15	8.39	7.35	8.39	4.20		31.48
				Akım/Kapasite oranı	2.55	1.27	1.27	1.27	2.55		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	2305	2305	2305	2305	2305	2305	2305
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.05	3.05	6.09	8.12	7.11	4.06	31.48
				Akım/Kapasite oranı	2	2	2	1	1	2	
5	2-3 için	4640	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	2645	2645	2645				2645
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.73	16.16	4.97				24.86
				Akım/Kapasite oranı	2.20	1.10	2.20				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	1995	1995	1995	1995	1995		1995
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.11	8.29	4.14	5.18	4.14		24.86
				Akım/Kapasite oranı	1.66	0.83	1.66	0.83	1.66		
6	2-4 için	4800	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	2736	2736	2736	2736			2736
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.01	4.01	8.01	4.01			20.03
				Akım/Kapasite oranı	2.28	2.28	2.28	2.28			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	2064	2064	2064	2064	2064		2064
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.16	4.22	3.16	6.33	3.16		20.03
				Akım/Kapasite oranı	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72		
7	3-1 için	3840	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	2189	2189	2189	2189	2189	2189	2189
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.26	5.32	4.26	7.45	8.51	4.26	34.04
				Akım/Kapasite oranı	1.82	0.91	1.82	0.91	0.91	1.82	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	1651	1651	1651	1651	1651	1651	1651
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.00	5.01	4.00	10.01	7.01	4.00	34.04
				Akım/Kapasite oranı	1.38	0.69	1.38	0.69	0.69	1.38	
8	3-2 için	4960	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	2728	2728	2728				2728

Tablo 5.7. (Devamı)

				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.001	13.004	3.001				20.007
				Akım/Kapasite oranı	2.27	1.14	2.27				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	2232	2232	2232	2232	2232		2232
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.05	5.06	4.05	8.10	3.04		21.25
				Akım/Kapasite oranı	1.86	0.93	1.86	0.93	1.86		
9	3-4 için	6080	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	3222	3222	3222	3222	3222		3222
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.94	16.05	3.70	7.41	3.70		35.8
				Akım/Kapasite oranı	2.69	1.34	2.69	2.69	2.69		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	2858	2858	2858	2858	2858	2858	2858
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	4.21	5.26	4.21	10.53	8.42	3.16	35.8
				Akım/Kapasite oranı	2.38	1.19	2.38	1.19	1.19	2.38	
10	4-1 için	4160	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	4160	4160	4160	4160			4160
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3	8.001	7	4			22
				Akım/Kapasite oranı	3.47	1.73	1.73	3.47			
11	4-2 için	5760	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	5760	5760	5760	5760			5760
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.002	6.005	3.002	3.002			15
				Akım/Kapasite oranı	4.8	4.8	4.8	4.8			
12	4-3 için	6720	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	3562	3562	3562	3562	3562		3562
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.78	7.56	3.78	16.39	5.04		36.56
				Akım/Kapasite oranı	2.97	2.97	2.97	1.48	2.97		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	3158	3158	3158	3158	3158	3158	3158
				Güncellenmiş seyahat süresi (dk)	3.23	8.60	10.75	4.30	5.38	4.30	36.56
				Akım/Kapasite oranı	2.63	1.32	1.32	2.63	1.32	2.63	

Artırılmış Trafik Atamasına ait sonuçlar Bearue Public Road (BPR) tarafından önerilen akım-seyahat süresi ilişkisini gösteren ve yukarıda açıklanan bağıntı kullanılarak kod

yazılımı MATLAB programında yapılan algoritmaya göre analiz edilmiştir. Tez içeriğinde geliştirilen yazılım, tez eki olarak sunulmuştur. Test şebekesinde bulunan linklere ait kapasite değerleri mevcut talep miktarlarına göre az düşük olduğundan dolayı yüzde birlik dilimler halinde serbest bırakılan zonlar arası trafik talepleri için geçerli olan güzergâhlar iterasyon sürecinde çok fazla değişikliğe uğramamıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında, güncellenmiş seyahat süreleri ile serbest akım seyahat süreleri arasındaki farklılıklar küçük ölçeklerde kalmıştır.

Aşağıdaki tablo, kullanıcı dengesi atama yöntemine göre yapılan trafik atama prosedürünün sonuçlarını test şebekesi için göstermektedir.

Tablo 5.8. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Kullanıcı Dengesi Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergâhlar								
1	1-2 için	4000	1	Link	5	9	18	20	21		Toplam
				Akım (taşıt/saat)	2000	2000	2000	2000	2000		2000
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3		30
				Akım/Kapasite oranı	1.67	0.83	0.83	0.83	1.67		
			2	Link	5	6	7	13	16	21	
				Akım (taşıt/saat)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	3	31
				Akım/Kapasite oranı	1.67	0.83	0.83	1.67	1.67	1.67	
2	1-3 için	2800	1	Link	5	9	18	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	1407	1407	1407	1407	1407	1407	1407
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4	32
				Akım/Kapasite oranı	1.17	0.59	0.59	1.17	0.59	1.17	
			2	Link	5	6	11	20	31	35	
				Akım (taşıt/saat)	1393	1393	1393	1393	1393	1393	1393
				seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4	46
				Akım/Kapasite oranı	1.16	0.58	0.58	0.58	0.58	1.16	
3	1-4 için	4800	1	Link	5	6	7	4			
				Akım (taşıt/saat)	4800	4800	4800	4800			4800
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	3			22
				Akım/Kapasite oranı	4	2	2	4			

Tablo 5.8. (Devamı)

4	2-1 için	5360	1	Link	21	20	18	9	5		
				Akım (taşıt/saat)	2680	2680	2680	2680	2680		2680
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	8	4		30
				Akım/Kapasite oranı	2.23	1.12	1.12	1.12	2.23		
			2	Link	21	16	13	7	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	2680	2680	2680	2680	2680	2680	2680
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	8	7	4	31
				Akım/Kapasite oranı	2.23	2.23	2.23	1.12	1.12	2.23	
5	2-3 için	4640	1	Link	21	31	35				
				Akım (taşıt/saat)	2322	2322	2322				2322
				Seyahat süresi (dk)	3	13	4				20
				Akım/Kapasite oranı	1.94	0.97	1.94				
			2	Link	21	20	26	30	35		
				Akım (taşıt/saat)	2318	2318	2318	2318	2318		2318
				Seyahat süresi (dk)	3	8	4	5	4		24
				Akım/Kapasite oranı	1.93	0.97	1.93	0.12	0.24		
6	2-4 için	4800	1	Link	21	16	13	4			
				Akım (taşıt/saat)	2402	2402	2402	2402			2402
				Seyahat süresi (dk)	3	3	6	3			15
				Akım/Kapasite oranı	2.00	2.00	2.00	2.00			
			2	Link	21	14	15	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	2398	2398	2398	2398	2398		2398
				Seyahat süresi (dk)	3	4	3	6	3		19
				Akım/Kapasite oranı	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
7	3-1 için	3840	1	Link	35	30	26	18	9	5	
				Akım (taşıt/saat)	1921	1921	1921	1921	1921	1921	1921
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/Kapasite oranı	1.60	0.80	1.60	0.80	0.80	1.60	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	1919	1919	1919	1919	1919	1919	1919
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	1.60	0.80	1.60	0.80	0.80	1.60	

Tablo 5.8. (Devamı)

8	3-2 için	4960	1	Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	2482	2482	2482				2482
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/Kapasite oranı	2.07	1.03	2.07				
			2	Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	2478	2478	2478	2478	2478		2478
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	2.07	1.03	2.07	1.03	2.07		
9	3-4 için	6080	1	Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	3043	3043	3043	3043	3043		3043
				Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	2.54	1.27	2.54	2.54	2.54		
			2	Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	3037	3037	3037	3037	3037	3037	3037
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	2.53	1.27	2.53	1.27	1.27	2.53	
10	4-1 için	4160	1	Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	4160	4160	4160	4160			4160
				Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22
				Akım/Kapasite oranı	3.47	1.73	1.73	3.47			
11	4-2 için	5760	1	Link	4	13	16	21			
				Akım (taşıt/saat)	5760	5760	5760	5760			5760
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	3			15
				Akım/Kapasite oranı	4.8	4.8	4.8	4.8			
12	4-3 için	6720	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	3363	3363	3363	3363	3363		3363
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	2.80	2.80	2.80	1.40	2.80		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	3357	3357	3357	3357	3357	3357	3357
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	2.80	1.40	1.40	2.80	1.40	2.80	

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi seyahat sürelerinin eşit veya göreceli olarak yakın olduğu başlangıç-varış çiftlerine ait güzergâhlara ait trafik akım değerleri, toplam talebin eşit olarak dağıtılması ile elde edilmiştir. Seyahat sürelerinin eşit olmadığı güzergâhlar ise işlem adımları sırasında değişen seyahat sürelerine göre yapılan atamalar ölçeğinde trafik akım değerlerine sahip oldukları için, ilgili talep eşit olarak güzergâhlara dağılmamıştır. Bununla beraber akım değerlerine sahip güzergâhlar dışında kalan alternatif güzergâhların tamamına ait seyahat sürelerinin, üzerinde akım bulunan güzergâhlardan daha yüksek süreli serbest akım seyahat sürelerine sahip oldukları ifade edilmelidir.

Test şebekesi sistem optimum yaklaşımı ile de ele alınmış ve elde edilen trafik akım değerleri ile tekabül eden seyahat süreleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Test şebekesi link trafik akım ve seyahat süresi değerleri – Sistem Optimum Dengesi Algoritması

Sıra	B-V	Talep (Taşıt/Saat)	En Kısa Güzergâhlar							
1	1-2 için	4000	1	Link	5	9	18	20	21	Toplam
				Akım (taşıt/ saat)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	8	3	30
				Akım/ Kapasite oranı	1.67	0.83	0.83	0.83	1.67	
			2	Link	5	6	7	13	16	21
				Akım (taşıt/ saat)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
				Seyahat süresi (dk)	4	7	8	6	3	31
				Akım/ Kapasite oranı	1.67	0.83	0.83	1.67	1.67	1.67
2	1-3 için	2800	1	Link	5	9	18	26	30	35
				Akım (taşıt/ saat)	1404	1404	1404	1404	1404	1404
				Seyahat süresi (dk)	4	8	7	4	5	4
				Akım/ Kapasite oranı	1.17	0.59	0.59	1.17	0.59	1.17
			2	Link	5	6	11	20	31	35
				Akım (taşıt/ saat)	1396	1396	1396	1396	1396	1396
				Seyahat süresi (dk)	4	7	10	8	13	4
				Akım/ Kapasite oranı	1.16	0.58	0.58	0.58	0.58	1.16

Tablo 5.9. (Devamı)

				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	7	8	4	32
				Akım/Kapasite oranı	1.60	0.80	1.60	0.80	0.80	1.60	
			2	Link	35	30	26	11	6	5	
				Akım (taşıt/saat)	1919	1919	1919	1919	1919	1919	1919
				Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	7	4	34
				Akım/Kapasite oranı	1.60	0.80	1.60	0.80	0.80	1.60	
				Link	35	31	21				
				Akım (taşıt/saat)	2481	2481	2481				2481
8	3-2 için	4960	1	Seyahat süresi (dk)	4	13	3				20
				Akım/Kapasite oranı	2.07	1.03	2.07				
				Link	35	30	26	20	21		
				Akım (taşıt/saat)	2479	2479	2479	2479	2479		2479
			2	Seyahat süresi (dk)	4	5	4	8	3		24
				Akım/Kapasite oranı	2.07	1.03	2.07	1.03	2.07		
				Link	35	31	16	13	4		
				Akım (taşıt/saat)	3041	3041	3041	3041	3041		3041
9	3-4 için	6080	1	Seyahat süresi (dk)	4	13	3	6	3		29
				Akım/Kapasite oranı	2.53	1.27	2.53	2.53	2.53		
				Link	35	30	26	11	7	4	
				Akım (taşıt/saat)	3039	3039	3039	3039	3039	3039	3039
			2	Seyahat süresi (dk)	4	5	4	10	8	3	34
				Akım/Kapasite oranı	2.53	1.27	2.53	1.27	1.27	2.53	
				Link	4	7	6	5			
				Akım (taşıt/saat)	4160	4160	4160	4160			4160
10	4-1 için	4160	1	Seyahat süresi (dk)	3	8	7	4			22
				Akım/Kapasite oranı	3.47	1.73	1.73	3.47			
				Link	4	13	16	21			
11	4-2 için	5760	1	Akım (taşıt/saat)	5760	5760	5760	5760			5760
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	3			15
				Akım/Kapasite oranı	4.8	4.8	4.8	4.8			
				Link	4	13	16	21			

Tablo 5.9. (Devamı)

12	4-3 için	6720	1	Link	4	13	16	31	35		
				Akım (taşıt/saat)	3361	3361	3361	3361	3361		3361
				Seyahat süresi (dk)	3	6	3	13	4		29
				Akım/Kapasite oranı	2.80	2.80	2.80	1.40	2.80		
			2	Link	4	7	11	26	30	35	
				Akım (taşıt/saat)	3359	3359	3359	3359	3359	3359	3359
				Seyahat süresi (dk)	3	8	10	4	5	4	34
				Akım/Kapasite oranı	2.80	1.40	1.40	2.80	1.40	2.80	

Tablodan da görülebileceği gibi, doğrusal olmayan bir minimum maliyet problemi olarak formüle edilen sistem optimum yaklaşımında, tüm kullanıcılar eşit ve marjinal anlamda minimum maliyetlere sahip güzergahlara atanmıştır. Bu nedenle, sistem optimum ataması bireysel tercihler anlamında denge durumu olmayıp, tüm şebekeye ait toplam seyahat süresinin minimize edildiği denge çözümünü temsil etmektedir. Bu anlamda bakıldığında çeşitli tıkanıklık senaryoları test edildiğinde, şebekeye ait optimum çözüme referans çerçevesi sağladığı için sistem performansının belirlenmesi adına oldukça kullanışlıdır.

Tablo 5.10. Şebekeye ait Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti

Trafik Atama Yöntemlerin Karşılaştırma Özeti								
Sıra	B-V	Talep (Araç/saat)	En Kısa Güzergah (Linkler)	Özellikler/ Yöntemler	Hep Ya Hiç Trafik atama	Artırılmış Trafik Atama	Kullanıcı Denge Trafik Atama	Sistem Optimum Trafik Atama
1	1-2	4000	1 (5-9-18-20-21)	Akım (taşıt/saat)	4000	2280	2000	2000
				seyahat süresi (dk)	30	31.2	30	30
			2 (5-6-7-13-16-21)	Akım (taşıt/saat)	0	1720	2000	2000
				seyahat süresi (dk)	31	31.2	31	31
2	1-3	2800	1 (5-9-18-26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	2800	1596	1407	1404
				seyahat süresi (dk)	32	48.65	32	32
			2 (5-6-11-20-31-35)	Akım (taşıt/saat)	0	1204	1393	1396
				seyahat süresi (dk)	46	48.65	46	46

Tablo 5.10. (Devamı)

3	1-4	4800	1 (5-6-7-4)	Akım (taşıt/saat)	4800	4800	4800	4800
				seyahat süresi (dk)	22	22	22	22
4	2-1	5360	1 (21-20- 18-9-5)	Akım (taşıt/saat)	5360	3055	2680	2680
				seyahat süresi (dk)	30	31.48	30	30
			2 (21-16- 13-7-6-5)	Akım (taşıt/saat)	0	2305	2680	2680
				seyahat süresi (dk)	31	31.48	31	31
5	2-3	4640	1 (21-31- 35)	Akım (taşıt/saat)	4640	2645	2322	2321
				seyahat süresi (dk)	20	24.86	20	20
			2 (21-20- 26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	0	1995	2318	2319
				seyahat süresi (dk)	24	24.86	24	24
6	2-4	4800	1 (21-16- 13-4)	Akım (taşıt/saat)	4800	2736	2402	2401
				seyahat süresi (dk)	15	20.03	15	15
			2 (21-14- 15-13-4)	Akım (taşıt/saat)	0	2064	2398	2399
				seyahat süresi (dk)	19	20.03	19	19
7	3-1	3840	1 (35-30- 26-18-9- 5)	Akım (taşıt/saat)	3840	2189	1921	1921
				seyahat süresi (dk)	32	34.04	32	32
			2 (35-30- 26-11-6- 5)	Akım (taşıt/saat)	0	1651	1919	1919
				seyahat süresi (dk)	34	34.04	34	34
8	3-2	4960	1 (35-31- 21)	Akım (taşıt/saat)	4960	2728	2482	2481
				seyahat süresi (dk)	20	21.25	20	20
			2 (35-30- 26-20-21)	Akım (taşıt/saat)	0	2232	2478	2479
				seyahat süresi (dk)	24	21.25	24	24
9	3-4	6080	1 (35-31- 16-13-4)	Akım (taşıt/saat)	6080	3222	3043	3041
				seyahat süresi (dk)	29	35.8	29	29
			2 (35-30- 26-11-7- 4)	Akım (taşıt/saat)	0	2858	3037	3039
				seyahat süresi (dk)	34	35.8	34	34
10	4-1	4160	1 (4-7-6-5)	Akım (taşıt/saat)	4160	4160	4160	4160

Tablo 5.10. (Devamı)

				seyahat süresi (dk)	22.003	22	22	22
11	4-2	5760	1 (4-13-16-21)	Akım (taşıt/saat)	5760	5760	5760	5760
				seyahat süresi (dk)	15.013	15	15	15
12	4-3	6720	1 (4-13-16-31-35)	Akım (taşıt/saat)	6720	3562	3363	3361
				seyahat süresi (dk)	29	36.56	29	29
			2 (4-7-11-26-30-35)	Akım (taşıt/saat)	0	3158	3357	3359
				seyahat süresi (dk)	34	36.56	34	34

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada ulaşım modelleme çalışmalarının dördüncü aşaması olan trafik atama yöntemlerinde kullanılan dört farklı algoritmaya ait uygulamalar ile test şebekesi üzerinden ilgili başlangıç-varış çiftlerine ait seyahat matrislerine bağlı olarak iki senaryo üzerine link trafik akım ve seyahat süreleri hesap edilmiş ve karşılıklı analizleri yapılmıştır. Analiz çalışmalarında Ya Hep Ya Hiç algoritması, Artırımlı Trafik Atama Yöntemi, Kullanıcı Denge ve Sistem Optimum Trafik Atama yöntemleri test edilmiştir. Artırımlı trafik atama yöntemine ait olmak üzere MATLAB yazılımı üzerinden kodlama geliştirilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

- Ya Hep Ya Hiç yönteminde, en kısa güzergah bütün yolculuk talebinin atandığı güzergah olmuştur. Link ve güzergah kapasitesinin dikkate alınmadığı bu yöntemde, linklerde oluşacak akım değerleri sahip olunan kapasitenin üzerine çıkabildiği için hizmet düzeyinde ve seyahat süresi güvenilirlik seviyelerinde sorunlarla karşılaşabilmektedir.
- Yazılımı geliştirilen Artırımlı Trafik Atamasında, mevcut taleplerin her iterasyonda yüzde birlik serbest bırakım değerlerine göre sisteme atanmasından ve seyahat sürelerinin hesabında kullanılan BBR formülünün link kapasite oranlarını dikkate almasından dolayı belirlenen güzergahlar ve seyahat süreleri rasyonel sonuçlar üretmiştir. Elde edilen link trafik akım değerlerine göre şebeke performans analizlerinin yapılması, gelecek planlamasının doğru ve etkin bir zemine oturmasını sağlayacaktır.

- Kullanıcı Denge Atamasında, şebeke hakkında bilgi sahibi olan system kullanıcılarının şebeke hakkında somut bireysel bilgileri çerçevesinde belirledikleri güzergahlarda seyahat ettikleri kabulü ile trafik ataması yapılmıştır. Bütün yolculuk talebi en kısa seyahat süresine sahip olan güzergahlar denge haline gelene kadar dağıtılmıştır. Bu yöntemde elde edilen denge durumu akım değerleri, şebeke kullanıcılarının üzerinde seyahat ettikleri en kısa güzergahları değiştirmekle kendi seyahat süresini düşüremeyecekleri trafik akım değerlerine tekabül etmektedir.
- Sistem Optimum Atamasında tüm kullanıcılar kendi bireysel seyahat sürelerini optimize (minimize) eden seyahat sürelerine ve buna tekabül eden trafik değerlerine göre güzergahlara atanmamıştır. Atamalar eşit ve minimum marjinalmaliyetlere sahip güzergâhlara yapılmıştır. Sistemin optimal atama problemi doğrusal olmayan bir minimum maliyet akışı problemi olarak formüle edilmiştir.

Test şebekesi verilerine göre temelde analiz edilen trafik atama teknikleri arasında çok önemli bir fark elde edilmemiştir. Analizde kullanılan yöntemlerin sonuçları kabul edilebilir düzeyde olmakla beraber, Artırımlı Trafik Atama her bir başlangıç varış arasında bulunan en kısa güzergâhları iteratif prosedürle daha net ve kesin olarak tespit edebilmektedir. Bu noktada önemle belirtilmesi gereken hususun test şebekesi için verilen talep miktarları ile link kapasite değerlerinin göreceli olarak önemli farklılık göstermesidir. Tez içeriğine konu olan analizler sonucunda belirtilen bu nokta itibari ile yolculuk talebi çok az ve linklerin kapasitesi yüksek olduğundan, Artırımlı Trafik Atama yönteminin ürettiği sonuçlar ile Hep Ya Hiç yöntemi sonuçları arasında çok önemli bir fark ortaya çıkmamıştır. Benzer ilişkiler diğer yöntemler için de ifade edilebilir. Sonuçların genel değerlendirmesi ile aşağıdaki beş gözlem elde edilmiştir:

- Kullanılan trafik atama tekniklerine ait sonuçlar arasında büyük bir fark yoktur.
- Trafik atama tekniklerinin hepsi şebeke topolojisi, talep miktarları ve link kapasite değerleri dikkate alındığında makul sonuçlar üretmiştir.

- Bununla beraber yazılımı tez içeriğinde yapılan Artırımlı trafik atama algoritması en iyi sonuçları üretmiştir. Kullanıcı denge ataması ve Sistem optimum artırımlı algoritmaya yakın ölçekte rasyonel sonuçlar üretmiştir.
- Başlangıç- Varış çiftleri arasındaki talep ve link kapasiteleri arasında ne kadar büyük fark olursa, farklı atama algoritmalarının üreteceği sonuçlar o kadar yakın olacaktır.
- Artırımlı Trafik Atamasında yolculuk talebi yanında link kapsite etkiside dikkate alındığı için, MATLAB ile geliştirilen iteratif içerikli yazılım sonuçları en güvenilir analiz sürecini içermiştir.

6.2. Öneriler

Yapılan bu çalışma üzerinde test ulaşım şebekesinde kullanılan atama algoritmaları arasında değerlendirme yapılmıştır.. Bu değerlendirme sonucunda ve çıkan sonuçları göre aşağıdaki maddeler öneriliyor.

- Talep-Kapasite oranlarının daha büyük olduğu test şebekesi dikkate alınarak, yeni veri seti ile yöntemler karşılaştırılabilir. Bu durum, alternatif algoritmaların üreteceği sonuçların analitik değerlendirmesinde daha sağlıklı bir yaklaşımın elde edilmesini sağlayacaktır.
- Eğer ulaşım şebekesinde bulunan yolculuk talepleri link kapasitelerinden çok küçük olursa, talebin etkisi şebekeye sınırlı düzeyde etkimiş olacaktır. Buna karşılık talebin kapasitelerden çok yüksek olması durumunda en kısa güzergâhlarda serbest seyahat süresine karşı güncellenmiş seyahat süreleri çok daha yükselmiş olacaktır. Güncellenmiş bu seyahat süreleri kuyruklanmalara sebebiyet vereceğinden, oluşan kuyruklanma derecelerine göre de algoritmalar değerlendirilebilir. Böylece teşvik edilecek alternatif güzergâhlar sistem performansına dahi edilmiş olabilir.

- Yapılan trafik atama işlemlerinde mevcut kullanılan güzergâhların yolculuk talebine belli bir hizmet düzeyinde yanıt vermedikleri tespit edilirse, şebeke seyahat güvenilirliği açısından gelecek yıllara dönük yönetsel ve işletimsel uygulamaların hangi linkler ve güzergâhlar için hayati öneme sahip oldukları belirlenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Dr. Tom V. Mathew, Transportation Network Design, 2006-10-02.
- [2] Michael Patriksson, The Traffic Assignment Problem Models & Methods Department of Mathematical Sciences Chalmers University of Technology and Gothenburg University, 2015.
- [3] Michiel C.J. Bliemer, Static traffic assignment with residual queues and spillback., Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sydney, NSW. Australia 2006.
- [4] Ayla Alkan B.S.A Traffic Assignment Model Proposal for Sustainable Urban Transportation Thesis, Master of Science in Industrial Engineering in the Institute of Science and Engineering of Galatasaray University May 2010.
- [5] Semih Yalçındağ, Modeling Sustainable Traffic Assignment Policies with Emission functions and Travel time reliability, Thesis, Master of Science Sabanci University, August 2010.
- [6] Çağla Doğru, Multiple Objectives and user classes (Birden Fazla Amaç ve Kullanıcı sınıfı ile sürdürülebilir rastlantısal Trafik ataması) thesis, Master of science Galatasaray Üniversitesi 2012.
- [7] Fikret Zorlu Traffic Assignment in Transportation Networks, Case study: Ankara, (Ulaşım Ağlarında Trafik ahsisi, Örnek olay: Ankara), Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Orta Doğu Üniversitesi, 2006.
- [8] Nindyo Cahyo Kresnanto, Capacity restraint assignment model using fuzzy travel cost, Department of Civil Engineering, Janabadra University, Yogyakarta, INDONESIA. January 2015.
- [9] Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel, Traffic and Highway Engineering, Fourth Edition, University of Virginia, 2009.
- [10] Martin Rogers., Highway Engineering. Department of Civil and Structural Engineering Dublin Institute of Technology Ireland, 2003.
- [11] Shanjiang Zhu, David Levinson: Do people use the shortest path? An empirical test of Wardrop's first principle, August 15, 2010.

- [12] Faster Frank-Wolfe Traffic Assignment with New Flow Update Scheme, Anthony Chen¹; R. Jayakrishnan²; and Wei K. Tsai³, Journal of Transportation Engineering / January/February 2002.
- [13] S. M. Rahat Rahman, Comparison of User Equilibrium (UE) and System Optimum (SO) Traffic Assignment Methods for Auto Trips, Port City International University, December 2015.
- [14] Stephen J. Chapman MATLAB Programming for Engineers Fourth Edition.
- [15] <https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/a-brief-history-of-matlab.html>.
- [16] Brian D. Hahn and Daniel T. Valentine Essential MATLAB for Engineers and Scientists Third edition.
- [17] Henk J. Van Zuylen and Luis G. Willumsen, The Most likely trip matrix estimated from traffic counts the university of Leeds England, 1989.

EKLER

EK 1: Ulaşım şebekesine ait MATLAB programı ile geliştirilen kodlar.

Ya Hep Ya Hiç Yöntemi:

```
function p = AllPath(A, s, t)
if s == t
    p = {s};
    return
end
p = {};
As = A(:,s)';
As(s) = 0;
neig = find(As);
if isempty(neig)
    return
end
A(:,s) = [];
A(s,:) = [];
neig = neig-(neig>=s);
t = t-(t>=s);
for n=neig
    p = [p; AllPath(A,n,t)]; %#ok
end
p = cellfun(@(a) [s, a+(a>=s)], p, 'unif', 0);
end %AllPath

function paths = getlinks(g)
```

```

    paths = {};
    endnodes = [];
    for nid = toposort(g)
        if indegree(g, nid) == 0
            paths = [paths; nid];
            endnodes = [endnodes; nid];
        end
        toreplace = endnodes == nid;
        s = successors(g, nid);
        if ~isempty(s)
            [p, tails] = ndgrid(find(toreplace), s);
            paths = [arrayfun(@(p, t) [paths{p}, t], p(:), tails(:), 'UniformOutput', false);
                paths(~toreplace)];
            endnodes = [tails(:); endnodes(~toreplace)];
        end
    end
end

%Inputs
m=input(' Enter the Number of Nodes      : ');
A=input(' Enter A martix (o d t)          : ');
V=input(' Enter Traffic Flow                : ');
alpha=input(' Enter the Number of alpha    : ');
beta=input(' Enter the Number of beta      : ');
save('INPUTS','m','A','V','alpha','beta')
clc
clear
load('INPUTS','m','A','V','alpha','beta')
n=input(' Enter the Number of iteration    : ');
IM=A;
for i=1:n;
    IM(3,:)=IM(3,:).*(1+alpha.*(V./IM(4,:)).^beta);
end

```

```

format short g
disp((IM(1:3,:))')
save('ITERATION','IM')

sh=length(IM);
C=zeros(m);
W =IM(3,:);
for i=1:sh
    C(IM(1,i),IM(2,i))=W(i);
end
AS=C+C';
GC=sparse(AS);
view(biograph(GC,[],'ShowWeights','on'))
clc
clear
load('INPUTS','m','A','V','alpha','beta')
load('ITERATION','IM')
a=IM([1 2],:);
s=input(' Enter the Point No. of Origin   : ');
e=input(' Enter the Point No. of Distnation : ');
Forward=digraph(a(1,:), a(2,:));
Backward =digraph(a(2,:),a(1,:));
figure(1);
subplot(1,2,1)
p1=plot(Forward);
title('Forward')
subplot(1,2,2)
p=plot(Backward);
title('Backward')
n=input('1 for Forward, 2 for Backward   ');
%get all paths
if n==1

```

```

    g=Forward;
elseif n==2
    g=Backward;
else
    disp('Direction Error, Direction is not defined well, Please try again')
end
allpaths = getpaths(g);

keep = false(size(allpaths));
for pidx = 1:numel(allpaths)
    [found, where] = ismember([s, e], allpaths{pidx});
    if all(found)
        keep(pidx) = true;
        allpaths{pidx} = allpaths{pidx}(min(where):max(where)); %only keep part of
the path between the two node
    end
end
selectedpaths=allpaths(keep);

%%
sh=length(a);
C=zeros(m);
W =IM(3,:);
for i=1:sh
    C(IM(1,i),IM(2,i))=W(i);
end
AS=C+C';

G=graph(AS);
clc
[Shortest_Path,Total_Time]= shortestpath(G,s,e);
disp('_____')

```

```

disp('Shortest_Path')
disp(Shortest_Path)
disp('_____')
disp('Total Time')
disp(Total_Time)
disp('_____')
disp('_____')
disp('All Links')
disp('_____')
disp('_____')

for i=1:(size(allpaths)-1)
    disp('_____')
    allpaths{i};
    TDistance(i)=0;
    for j=1:(length(allpaths{i})-1)
        TDistance(i)=TDistance(i)+C(allpaths{i}(j),allpaths{i}(j+1));
    end
    disp('PATH NO. :')
    disp(i)
    disp('PATH :')
    disp(allpaths{i})
    disp('TIME DISTANCE:')
    disp(TDistance(i))
end
disp('_____')
disp('_____')

```

2.Artırımlı Trafik atama:

```

%
clc
A=input(' Enter A martix (o d t)      : ');
save('MATRIX','A')
m=input(' Enter the Number of Nodes    : ');
alpha=input(' Enter the Number of alpha : ');
beta=input(' Enter the Number of beta   : ');
%%
%V=input(' Enter Traffic Flow           : ');
%%
OD=input(' Enter OD Matrix              : ');
save('INPUTS','m','alpha','beta','OD')

clc
clear
load('INPUTS','m','V','alpha','beta')
load('MATRIX','A')
n=50;
IM=A;
for i=1:n;
    IM(3,:)=IM(3,:).*(1+alpha.*(V./IM(4,:)).^beta);
end
format short g
disp((IM(1:3,:)))
save('ITERATION','IM')

sh=length(IM);
C=zeros(m);
W =IM(3,:);
for i=1:sh
    C(IM(1,i),IM(2,i))=W(i);
end

```

```

AS=C+C';
GC=sparse(AS);
view(biograph(GC,[],'ShowWeights','on'))
Path1=[1 2 3 4];
Path2=[1 4 5 4];
DPath1=0;
for jj=1:length(Path1)
    DPath1=DPath1+IM(3,jj);
end
DPath1=0;
for jj=1:length(Path1)
    DPath1=DPath1+IM(3,jj);
end

clc
clear
load('INPUTS','m','alpha','beta','OD')
load('MATRIX','A')
V=OD(4,3);
n=50;
IM=A;
for i=1:n;
    IM(3,:)=IM(3,:).*(1+alpha.*(V./IM(4,:)).^beta);
end
format short g
disp((IM(1:3,:)))
save('ITERATION','IM')

sh=length(IM);
C=zeros(m);
W =IM(3,:);
for i=1:sh

```

```

    C(IM(1,i),IM(2,i))=W(i);
end
AS=C+C';
GC=sparse(AS);
view(biograph(GC,[],'ShowWeights','on'))
Path1=[4 13 16 31 35];
Path2=[4 7 11 26 30 35];
DPath1=0;
for jj=1:length(Path1)
    num=Path1(jj);
    DPath1=DPath1+IM(3,num);
end
disp('Time_Distance:_____PATH1')
disp(DPath1)
disp(Path1)
DPath2=0;
for jj=1:length(Path2)
    num=Path2(jj);
    DPath2=DPath2+IM(3,num);
end
disp('Time_Distance:_____PATH2')
disp(DPath2)
disp(Path2)
clc
clear
load('INPUTS','m','alpha','beta','OD')
load('MATRIX','A')
load('DATA42','V','Path1','Path2')
A1j(:,1)=A;
A1j(:,2)=A;
A1j(:,3)=A;
A1j(:,4)=A;

```

```

A1j(:, :, 5) = A;
A2j(:, :, 1) = A;
A2j(:, :, 2) = A;
A2j(:, :, 3) = A;
A2j(:, :, 4) = A;
A2j(:, :, 5) = A;
INC = [40 30 20 10];
Link1Demand = 0;
Link2Demand = 0;
for i = 2:5;
    TP1 = 0;
    TP2 = 0;
    for ss = 1:length(Path1);
        TP1 = TP1 + A1j(3, Path1(ss), i-1);
    end
    for kk = 1:length(Path2);
        TP2 = TP2 + A2j(3, Path2(kk), i-1);
    end
    if TP1 < TP2
        TP = TP1;
        for itt = 1:50;
            A1j(3, :, i) = A1j(3, :, i) .* (1 + alpha .* ((V * INC(i-1)/100) ./ A1j(4, :, i)).^beta);
        end
        Link1Demand = Link1Demand + (V * INC(i-1)/100);
    else
        TP = TP2;
        for itt = 1:50;
            A2j(3, :, i) = A2j(3, :, i) .* (1 + alpha .* ((V * INC(i-1)/100) ./ A2j(4, :, i)).^beta);
        end
        Link2Demand = Link2Demand + (V * INC(i-1)/100);
    end
end
end

```

```

Total_Demand=V;
fprintf('Total_Demand = %4d\n',Total_Demand)
fprintf('Path1 = %4d',[])
fprintf('%4d',Path1)
fprintf('%4d\n',[])
Link1TravelTime=TP1;
fprintf('Link1TravelTime = %f\n',Link1TravelTime)
fprintf('Link1Demand = %4d\n',Link1Demand)
fprintf('Path2 = %4d',[])
fprintf('%4d',Path2)
fprintf('%4d\n',[])
Link2TravelTime=TP2;
fprintf('Link2TravelTime = %f\n',Link2TravelTime)
fprintf('Link2Demand = %4d\n',Link2Demand)
load('INPUTS','m','alpha','beta','OD')
V=OD(1,2);
Path1=[5  9  18  20  21];
Path2=[5  6  7  13  16  21];
save('DATA12','V','Path1','Path2')
V=OD(1,3);
Path1=[5  9  18  26  30  35];
Path2=[5  6  11  20  31  35];
save('DATA13','V','Path1','Path2')
V=OD(1,4);
Path1=[4  7  6  5];
Path2=[31  31  31  31];
save('DATA14','V','Path1','Path2')
V=OD(2,1);
Path1=[21  16  13  7  6  5];
Path2=[21  20  18  9  5];
save('DATA21','V','Path1','Path2')
V=OD(2,3);

```

```

Path1=[21 31 35];
Path2=[21 20 26 30 35];
save('DATA23','V','Path1','Path2')
V=OD(2,4);
Path1=[21 16 13 4];
Path2=[21 14 15 13 4];
save('DATA24','V','Path1','Path2')
V=OD(3,1);
Path1=[35 30 26 18 9 5];
Path2=[35 30 26 11 6 5];
save('DATA31','V','Path1','Path2')
V=OD(3,2);
Path1=[35 31 21];
Path2=[35 30 26 20];
save('DATA32','V','Path1','Path2')
V=OD(3,4);
Path1=[35 30 26 11 7 4];
Path2=[35 31 16 13 4];
save('DATA34','V','Path1','Path2')
V=OD(4,1);
Path1=[5 6 7 4];
Path2=[31 31 31 31 31];
save('DATA41','V','Path1','Path2')
V=OD(4,2);
Path1=[4 13 16 21];
Path2=[31 31 31 31 31 31 31];
save('DATA42','V','Path1','Path2')
V=OD(4,3);
Path1=[4 13 16 31 35];
Path2=[4 7 11 26 30 35];
save('DATA43','V','Path1','Path2')

```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Obaidullah KHPALWAK

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / İnşaat Mühendisliği	2021
Lisans	Kabil Politeknik Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Ulaştırma Mühendisliği	2017
Lise	Abuzare Gafari Lisesi	2012

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2018-2019	MAB-HKCC	Yol Tasarımcısı
2020-Halen	77 İnşaat A.Ş	İnşaat Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1. Cost and Benefit Analysis of Transportation vehicles

HOBİLER

Okuma ve Seyahat