YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOĞAZİÇİ KÖPRÜSÜ GİŞE SAHASININ AIMSUN MİKROSİMÜLASYON YAZILIMI İLE MODELLENMESİ

İnşaat Mühendisi Cengiz UNCU

FBE İnşaat Anabilim Dalı Ulaştırma Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. İsmail ŞAHİN (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ v

KISALTMA LİSTESİ vi

ŞEKİL LİSTESİ vii

ÇİZELGE LİSTESİ viii

ÖNSÖZ ix

ÖZET x

ABSTRACT xi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 2

2.1 Trafik Simülasyon Modelleri 2
2.2 Simülasyon Uygulamaları 3
2.3 Simülasyon Araçlarının Değerlendirilmesi 4

3. TRAFİK AKIMININ ÖZELLİKLERİ ve KUYRUK KURAMI 7

3.1 Trafik Akımının Özellikleri 7
3.1.1 Trafik Akım Kuramında Temel Kavramlar 7
3.1.2 Trafik Akım Kuramının Ana Bağıntısı 9
3.1.3 Trafiğin Zamana Bağlı Değişimi 9
3.2 Kuyruk Kuramı 10
3.2.1 Kuyruk Teorisi 10
3.2.2 Kuyruk Modelleri 13
3.2.3 Gişe Sahalarında Kuyruklanma 18
3.3 Mikrosimülasyonun Avantajları 18

4. MİKROSİMÜLASYONUN ANA PRENSİPLERİ 19

4.1 Terminoloji 19
4.2 Mikrosimülasyon Modeli Oluşturma ve Uygulama Süreci 20
4.3 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi 24
4.3.1 Çalışmanın Amacı 25
4.3.2 Çalışmanın Kapsamı 25
4.3.3 Analitik Yaklaşım Seçimi 27
4.3.4 Analitik Araçların Seçimi (Yazılım) 27
4.3.5 Kaynak Gereksinimi 29
4.3.6 Mikrosimülasyon Çalışmasının Yönetilmesi 29
4.4 Veri Toplama ve Hazırlama 30
4.4.1 Gerekli Veriler 31
4.4.2 Kalibrasyon Verileri 32
4.4.3 Veri Hazırlama / Kalite Güvencesi 32
4.4.4 Trafik Hacimlerinin Dengelenmesi 33
4.5 Ana Modelin Geliştirilmesi 33
4.5.1 Bağ – Düğüm Diyagramı (Model Haritaları) 34

4.5.2 Bağ Geometrisi Verileri ... 37
4.5.3 Kesişme ve Kavşaklarda Trafik Kontrol Verileri ... 38
4.5.4 Bağlar için Trafik İşletimi ve Yönetimi Verileri ... 38
4.5.5 Trafik Talep Verileri ... 38
4.5.6 Sürücü Davranışı Verileri ... 39
4.5.7 Olaylar ve Senaryo Verileri ... 39
4.5.8 Simülasyon Kontrol Verileri ... 39
4.5.9 Karmaşık Durumlar İçin Veri Girme Teknikleri ... 40
4.5.10 Kalite Güvence – Kalite Kontrol (QA/QC) Planı ... 40
4.6 Hata Testi ... 40
4.6.1 Yazılım Hatalarının Gözden Geçirilmesi ... 41
4.6.2 Girilen Verilerin Gözden Geçirilmesi ... 41
4.6.3 Animasyonun Gözden Geçirilmesi ... 42
4.6.4 Diğer Hatalar ... 43
4.6.5 Hata Testinin Tamamlanması ... 44
4.7 Mikrosimülasyon Modelinin Kalibrasyonu ... 44
4.7.1 Kalibrasyonun Amaçları ... 44
4.7.2 Kalibrasyon Yaklaşımı ... 45
4.7.3 Kapasite Kalibrasyonu ... 46
4.7.4 Rota Seçimi Kalibrasyonu ... 52
4.7.5 Sistem Performansının Kalibrasyonu ... 52

5. UYGULAMA ... 53

5.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi ... 53
5.2 Veriler ... 55
5.3 Ana Modelin Geliştirilmesi (Mevcut Durum) ... 61
5.3.1 Arka Planın Kodlanması ... 61
5.3.2 Bağların Kodlanması ... 62
5.3.3 Kavşakların (Junctions) Kodlanması ... 63
5.3.4 Gişelerdeki Hizmet Sürelerinin Kodlanması ... 70
5.3.5 Dedektörlerin Kodlanması ... 71
5.3.6 Trafik Kontrol Planları ... 72
5.3.7 Trafik Talep Verileri ... 73
5.3.7.1 Trafik Talep Verilerinin Girilmesi (2005 Haziran) ... 76
5.4 Hata Testi ... 82
5.5 Kalibrasyon ... 83
5.6 Alternatiflerin Analizi ... 87
5.6.1 Senaryo Oluşturulması ... 89
5.6.2 Sonuçların Elde Edilmesi ... 93
5.7 Trafik Parametrelerinin İncelenmesi ... 96
5.7.1 Ortalama Hız ... 96
5.7.2 Ortalama Yoğunluk ... 100
5.7.3 Ortalama Akım Değeri (Hacim) ... 104
5.7.4 Ortalama Seyahat Süresi ... 107
5.7.5 Ortalama Gecikme Süresi ... 111
5.7.6 Ortalama Durma Sayısı ... 111

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ... 113

KAYNAKLAR ... 115

EKLER ... 116

EK 1 Çalışma Sahasının Uydu Görüntüsü 116
EK 2 Çalışma Sahasının Sayısal Haritası 117
EK 3 Gişelerde kırmızı ışık yanma süreleri (sahada). 118
EK 4 Gişelerden geçen saatlik taşıt sayıları 119
EK 5 Gişe sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (mevcut gişe konfigürasyonu için) 127
EK 6 Gişe çıkış trafik hacimlerinin kalibrasyonu 131
EK 7 Boğaziçi Köprüsü mevcut durum simülasyonu resimleri: 134
EK 8 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 1 az) 136
EK 9 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 1 fazla) 141
EK 10 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 2 fazla) 145
EK 11 Senaryolarda tüm zaman aralıkların için elde edilen sonuç çizelgeleri 149
ÖZGEÇMİŞ 167

SİMGE LİSTESİ

O-D	Başlangıç – bitiş noktaları
T_{ij}	i – j noktaları arasında hesaplanan yolculuk sayısı
t_{ij}	i – j noktaları arasındaki mevcut yolculuk sayısı
Va	"a" kesitinden geçen trafik hacim değeri
P^{a}_{ij}	i – j bölgeleri arasındaki yolculuğun "a" kesitinden geçme olasılığı
C_{ij}	i – j bölgeleri arasındaki yolculuğun genel maliyeti
C	Devre süresi
S	Doygun akım
g	Etkili yeşil süre
c	Kapasite
Q	Akım değeri (Hacim)
h_t	Zaman cinsinden taşıt takip aralığı
$\overline{h_t}$	Zaman cinsinden taşıt takip aralıkları ortalaması
k	Yoğunluk
h_d	Uzunluk cinsinden taşıt takip aralığı
$\overline{h_d}$	Uzunluk cinsinden taşıt takip aralıkları ortalaması
u_t	Zaman anlamlı hız
u_s	Uzunluk anlamlı hız
Q_m	En yüksek akım değeri (kapasite)
k_j	Tıkanma yoğunluğu
λ	Ortalama geliş oranı
μ	Servis oranı
ρ	yoğunluk oranı
u_m	kapasitedeki hız
u_f	Serbest hız
W	Sistemde ortalama bekleme süresi
W_q	kuyrukta ortalama bekleme süresi
A	Gelişler yada gelişler arası zaman dağılımı
B	Hizmet süresi dağılımı
N	Sistemdeki hizmet kanalları sayısı
d	Hizmet disiplini
e	Sisteme alınabilecek en fazla müşteri sayısı
f	Geliş kaynağı büyüklüğüdür

KISALTMA LİSTESİ

GETRAM	Katalunya Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen yazılım paketi
AIMSUN2	(**A**dvanced **I**nteractıve **M**icroscobic **S**imulator fır **U**rban and Non-Urban **N**etworks) Çalışmada kullanılan mikrosimülasyon programı (GETRAM paketinin bir parçası, Versiyon 4.2)
AIMSUN NG	AIMSUN mikrosimülasyon programının güncellenen yeni versiyonu (Ekim 2005)
TEDI	Grafik Arayüz
UPC	Katalunya Teknik Üniversitesi (Universitat Politecnica de Catalunya)
TSS	İspanya, Barcelona'da GETRAM paketinin sahibi olan şirket (Transport Simulation Systems)
NG SIM	Yeni nesil simülasyon programlarının genel adı (New Generation Simulation)
OGS	Otomatik Geçiş Sistemi
KGS	Kartlı Geçiş Sistemi
HCM	Highway Capacity Manual
LOS	Servis Düzeyi (Level Of Service)
MOE	Etkililik Ölçütleri (Measure Of Effectiveness)
MSE	Ortalama Karesinin Ortalaması (Mean Square Error)
O/D	Başlangıç-Bitiş Noktaları (Origin-Destination Centers)
QA/QC	Kalite Güvence / Kalite Kontrol (Quality Assurance / Quality Control)
FIFO	İlk gelene ilk hizmet
LIFO	İlk gelene son hizmet
SIRO	Gelişigüzel hizmet
ITS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
SIRO	Gelişigüzel hizmet
HOV	Yüksek doluluklu taşıt
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Trafik akımının üç değişkeni arasındaki ilişkiler 9
Şekil 3.2 Kuyrukların temel bileşenleri 11
Şekil 3.3 Kuyruk çözümleme modelleri (Gedizlioğlu, 1995). 13
Şekil 3.4 Düzenli kuyruk grafikleri (Gedizlioğlu, 1995)..... 14
Şekil 4.1 Mikrosimülasyon modeli gelişimi ve uygulama süreci (Dawling, 2004) 21
Şekil 4.2 Otoyol kavşağının bağ – düğüm diyagramı örneği 35
Şekil 4.3 Ortalama karesel hataların en küçüklenmesi (Dawling R., 2004)..... 51
Şekil 5.1 Boğaziçi Köprüsü gişe sahası ve önerilen maksimum kuyruk boyları (Akyıldız, 2003) 60
Şekil 5.2 Çalışma sahasının uydu fotoğrafı 61
Şekil 5.3 Bağları Kodlanmış Ağ..... 62
Şekil 5.4 14 numaralı kavşağın oluşturulması..... 63
Şekil 5.5 15 numaralı kavşağın oluşturulması..... 64
Şekil 5.6 9 numaralı kavşağın oluşturulması..... 65
Şekil 5.7 17 numaralı kavşağın oluşturulması..... 66
Şekil 5.8 18 numaralı kavşağın incelenmesi 67
Şekil 5.9 19 numaralı kavşağın oluşturulması..... 68
Şekil 5.10 20 numaralı kavşağın oluşturulması..... 69
Şekil 5.11 TEDI grafik yöneticisinde gişelerin kodlanması..... 70
Şekil 5.12 TEDI grafik yöneticisinde dedektörlerin kodlanması 71
Şekil 5.13 TEDI grafik yöneticisinde kontrol planına hizmet sürelerinin girilmesi 72
Şekil 5.14 Bağ 1'de trafik talebi girilmesi..... 76
Şekil 5.15 Bağ 4'de trafik talebi girilmesi..... 77
Şekil 5.16 Bağ 8'deki trafik talebi dağılımının girilmesi 78
Şekil 5.17 Bağ 23'deki trafik talebi dağılımının girilmesi 79
Şekil 5.18 Bağ 24'deki trafik talebi dağılımının girilmesi 80
Şekil 5.19 Bağ 25'deki trafik talebi dağılımının girilmesi 81
Şekil 5.20 Bağ 9'daki trafik talebi dağılımının girilmesi 82
Şekil 5.21 AIMSUN'da modelleme penceresi 84
Şekil 5.22 Boş bir AIMSUN dosyası..... 90
Şekil 5.23 TEDİ grafik yöneticisinde hazırlanan ağın AIMSUN'a eklenmesi 90
Şekil 5.24 TEDI grafik yöneticisinde hazırlanan trafik değerlerinin AIMSUN'a girilmesi 91
Şekil 5.25 TEDI grafik yöneticisinde hazırlanan kontrol planının AIMSUN'a girilmesi..... 91
Şekil 5.26 Simülasyon başlamadan önce ön çalıştırma süresinin çalışması..... 92
Şekil 5.27 Simülasyon çalıştırma saatleri penceresi..... 93
Şekil 5.28 Mevcut gişe konfigürasyonu ve gişe tipi için sistem raporu alınması 94

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Simülasyon modellerinin detaylı inceleme sonuçlarının özeti (Al-Deek, 2005) 4
Çizelge 3.1 Geliş ve Hizmet Şekilleri (Gedizlioğlu E. 1995) 12
Çizelge 4.1 Bir mikrosimülasyon çalışması için zaman çizelgesi örneği (Dawling, 2004) 29
Çizelge 4.2 Mikrosimülasyon çalışmasının önemli aşamaları ve işleri (Dawling, 2004) 30
Çizelge 4.3 Düğüm numaralandırma için bir örnek 37
Çizelge 5.1 Çalışmanın Zaman Çizelgesi 54
Çizelge 5.2-a Hafta içi ortalama OGS hacimleri (taşıt/saat) (5 gişe) 56
Çizelge 5.2-b Hafta içi ortalama nakit ödeme hacimleri (taşıt/saat) (7 gişe) 57
Çizelge 5.2-c Hafta içi ortalama KGS hacimleri (taşıt/saat) (1 gişe) 57
Çizelge 5.3-a Hafta içi ödeme tipine göre saatlik ortalama geçiş yüzdeleri (Haziran 2005) ... 58
Çizelge 5.3-b Hafta sonu gişe tipine göre saatlik ortalama geçiş yüzdeleri (Haziran 2005).... 58
Çizelge 5.4 : OGS gişelerinin kendi arasındaki gişe geçiş dağılımı (taşıt/saat) 74
Çizelge 5.5 : Hazır parametreler kullanılarak gişe çıkışlarından elde edilen taşıt sayıları..... 85
Çizelge 5.6 Simülasyon adımı ve sürücü reaksiyon sürelerine göre gişelerden geçen 5 dakikalık taşıt sayıları 86
Çizelge 5.7 Sahada gözlenen ve modelde elde edilen gişe çıkış hacimleri 87
Çizelge 5.8 Haftaiçi saat 16:00 – 21:00 arası simülasyon sonuçları 95
Çizelge 5.9 Hafta sonu saat 16:00 – 21:00 arası simülasyon sonuçları..... 96
Çizelge 5.10 Hızın haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi98
Çizelge 5.11 OGS oranı değişimine göre en yüksek hız değerini veren gişe sayısı değişimi.. 98
Çizelge 5.12 Hızın haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi..... 100
Çizelge 5.13 Yoğunluğun haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi..... 102
Çizelge 5.14 OGS oranı değişimine göre en düşük yoğunluk değerini veren gişe sayısı değişimi..... 102
Çizelge 5.15 Yoğunluğun haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi 104
Çizelge 5.16 Hacmin haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi..... 105
Çizelge 5.17 Ortalama hacmin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi 105
Çizelge 5.18 Ortalama seyahat süresinin hafta içinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi..... 108
Çizelge 5.19 OGS oranı değişimine göre en düşük ortalama seyahat süresi değerini veren gişe sayısı değişimi..... 108
Çizelge 5.20 Ortalama seyahat süresinin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi 110
Çizelge 5.21 Ortalama gecikme süresinin haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi..... 111
Çizelge 5.22 Ortalama gecikme süresinin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi 111
Çizelge 5.23 Ortalama durma sayısının haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi..... 112
Çizelge 5.24 Ortalama durma sayısının haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi 112

ÖNSÖZ

Maddi ve manevi açıdan pek çok soruna ve kayba yol açan trafik sorunlarıyla ilgili araştırma ve incelemeleri içeren bu tezin yararlı olması umudunu taşıyorum.

Öncelikle bu tezin her aşamasında bana her türlü özveriyle yardımcı olan tez danışmanım Yard. Doç. Dr. İsmail ŞAHİN'e en derin teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca sıkıntı duyduğum zamanlarda bana destek olan ve birlikte çalışmaktan büyük keyif duyduğum arkadaşım Öğr. Gör. Taylan ENGİN'e verdiği destekten dolayı teşekkür ederim.

Barcelona'da mikrosimülasyon eğitimi almam aşamasında ben ve arkadaşlarıma büyük destek veren Prof. Dr. Jaime BARCELO'ya da teşekkür etmek istiyorum.

KGM 17. Bölge Müdürlüğü'ne, Boğaziçi Köprüsü Bakım İşletme Başmühendisliği'ne, Çevre Yolları ve Boğaziçi Köprüsü Koruma Şube Müdürlüğü'ne ve ASELSAN'a veri temini aşamasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, bana her zaman her konuda destek olan ve destekleri sayesinde bu aşamalara gelebildiğim sevgili aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

ÖZET

Mikrosimülasyon programları yıllardır gelişmiş ülkelerde ulaşım projelerinde, projelerin verimliliğinin değerlendirilmesi, çeşitli alternatifler arasından seçim yapılması ve mevcut durum değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amaçlarından biri de ulaştırma projelerinde mikrosimülasyonun yararlarını göstermek ve sahada uygulama yapılmadan önce modelleme yapılması gerekliliğine işaret etmektedir. Dolayısı ile herhangi bir hatalı uygulama sonucu maddi kayıplardan kaçınılmış olacaktır.

Boğaziçi Köprüsü ağırlıklı olarak kentiçi yolcu trafiğine hizmet veren, geçişi ücretli bir yapıdır. Ücret ödeme köprünün Asya çıkışında toplam 13 gişede yapılmaktadır. Gişeler farklı ödeme türlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma sırasında sahada beş OGS (Otomatik Geçiş Sistemi), bir KGS (Kartlı Geçiş Sistemi) ve yedi Nakit Ödeme gişesi bulunmaktadır. Gişe sahasının performansı, ödeme türüne göre gişe sayıları ve bunların saha içindeki konumlarına bağlıdır. Son zamanlarda uygulanan kampanyalar nedeniyle zirve saatlerdeki OGS kullanım oranları %55-%65 mertebesine ulaşmıştır ve bu oran artma eğilimindedir.

Boğaziçi Köprüsünün gişe sahasında gözlenen kuyruklanma ve gecikme sorunları, sahanın verimli kullanıp kullanılmadığı ve gişe sayılarının ödeme tiplerine göre uygun sayıda olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu çalışmada AIMSUN mikroskobik yazılımı ile gişe sahasının bir simülasyon modeli oluşturulmuş ve bu model yardımıyla çeşitli senaryolara ilişkin deneyler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre mevcut durumdaki taşıt kompozisyonu için, OGS gişe sayısının gereğinden fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum yetersiz sayıdaki Nakit gişelerin önünde taşıt kuyruklarının oluşmasına ve sahadaki ortalama hızın, dolayısıyla saha performansının azalmasına neden olmaktadır. Mevcut taşıt kompozisyonunda ancak OGS oranının %15'ten daha fazla artması durumunda mevcut OGS gişe sayısının bir arttırılması az miktarda da olsa faydalı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikrosimülasyon, AIMSUN, Boğaziçi Köprüsü, Gişe sahaları, Elektronik ücret toplama.

ABSTRACT

Microsimulation programs have been in use for many years in developed countries around the world. They are primarily used in designing various transportation projects and their productivity analysis, for selecting among alternatives, and for current state evaluation of transportation facilities. One of the prime objectives of this thesis is to demonstrate the benefits of microsimulation, and to show the necessity of modeling before the field applications so that possible losses due to inappropriate practice will be prevented beforehand.

The Bosporus Bridge is a toll facility for passenger vehicles only. Tolls are paid at a plaza with 13 toll lanes located at the Asian exit of the bridge. Toll lanes are grouped according to payment types. At the time of this study, there were five OGS (or A-Pass, electronic lane), one KGS (passing System with a card) and seven manual lanes. The performance of the plaza depend on the number of toll lanes in terms of payment type and their position within the plaza. Due to promotions offered lately, the rate of OGS utilization increased to Level of 55%-65%, and this rate tends to increase more.

Vehicle queues and delays at the Bosporus Bridge toll plaza led us to question whether the plaza has been used efficiently, and whether the number of toll lanes is appropriate given the traffic composition. We developed a simulation model of this plaza using the AIMSUN microscobic simulation software,and conducting experiments regarding various alternative scenarios with this model. One of the result obtained is that for the current traffic composition with respect to payment types, the number of OGS (electronic) lanes is excessive (i.e., more than needed). This present configuration causes vehicles to decelerate due to extended queues, and results in results in reduction in the performance of the plaza. Only in case that OGS rate increases more than 15% with respect to present traffic composition, adding one more OGS toll lane increases the efficiency slightly.

Key words: Microsimulation, AIMSUN, Bosporus Bridge, Toll plaza, Electronic toll collection.

1. GİRİŞ

Son yıllarda bilgisayar donanımlarındaki gelişmeler, mikrosimülasyon yazılımlarının da gelişmesini sağlamıştır. Mevcut simülasyon yazılımlarının güncellenmesi ile ortaya çıkan yeni nesil mikrosimülasyon paketleri (NG SIM) sayesinde, trafik özellikleri ayrıntılı modellenebilmektedir. Modelleme çalışmalarının amacı, mevcut trafik akımlarının olabildiğince gerçeğe yakın modellerini oluşturmak ve sorunlu bölgeler için üretilen projelerin bu modeller sayesinde sahada uygulanmadan önce uygunluğunun araştırılarak gerekli düzeltmeleri yapabilmektir. Bu yöntemi hatalı uygulamaların önüne geçerek, kaynak israfını önlemektedir.

Bu çalışmada, AIMSUN trafik mikrosimülasyon yazılımı ile Boğaziçi Köprüsü gişe sahası modellenerek, performans analizi yapılmış ve bazı önerilerde bulunulmuştur.

Tezin ikinci bölümünde mikrosimülasyon hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde trafik akımının büyüklükleri ve kuyruk kuramı hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde mikrosimülasyon kapsamlı bir şekilde ele alınmakta ve modelleme aşamaları anlatılmaktadır. Beşinci bölümde Boğaziçi Köprüsü gişe sahasının modelleme uygulamaları anlatılmış, trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonlarına yönelik olarak çeşitli senaryolar üretilerek elde edilen analiz sonuçları sunulmuştur.

Sonuç bölümünde ise elde edilen analiz sonuçları özetlenmiş ve gişe konfigürasyonu ile ilgili çeşitli öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Trafik simülasyonu, çeşitli trafik problemlerinin çözümü ve senaryoların test edilmesinde kullanılan bir araçtır. Bununla birlikte simülasyon, araştırmacılara, planlamacılara ve mühendislere trafik ve ulaştırma ile ilgili alternatifleri değerlendirmede özel bir yöntem sağlar. Bu bölümde simülasyon kullanılmasının avantajları ve dezavantajları, farklı simülasyon yazılımları ve bazı AIMSUN uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Trafik Simülasyon Modelleri

Trafik simülasyon modelleri farklı trafik işletim tekniklerinin uygulanması için (otoyollar, şehiriçi yollar, arterler vb. için) geliştirilmiştir. Simülasyon modelleri, çalışılacak proje ile ilgili olarak sunabileceği detay seviyesine göre sınıflandırılabilirler: Mikroskobik (çok detaylı), mezoskobik (orta seviyede detaylı) ve makroskobik (az detaylı).

Mikroskobik model, bütün sistem elemanlarını ve bunların kendi aralarındaki etkileşimini yüksek detaylı olarak tanımlarlar. Mezoskobik model, daha çok sistemdeki elemanların özelliklerini detaylı olarak ele alır fakat, bunların işletimlerini ve kendi aralarında etkileşimleri kaba şekilde inceler. Makroskobik model ise sistem elemanlarını ve bunların kendi aralarındaki etkileşimini düşük detayla inceler.

Başka bir sınıflandırma, kullanılan modeller dikkate alınarak yapılabilir: (1) Deterministik; ve (2) Stokastik. Deterministik model rasgele değişkenlere sahip değildir; tüm sistem elemanları arasındaki etkileşimleri düzenli ilişkilerle tanımlanırlar (matematiksel, istatistiksel vb). Stokastik modeller olasılık fonksiyonlarını tanımlar.

Yeni nesil trafik simülasyon paketleri (New Generation of Traffic Simulation Models) ITS uygulamaları için geliştirilmişlerdir. Örneğin: AIMSUN, AUTOS, DYNASMART, DYNAMIT, INTEGRATION, PARAMICS, THOREAU ve VISSIM' bu tür yazılımlar arasındadır. (Al-Deek H., 2005)

AIMSUN2 (**A**dvanced **I**nteractıve **M**icroscobic **S**imulator for **U**rban and Non-Urban **N**etworks) karayollarında trafiğin simülasyonunu yapan mikroskobik, stokastik bir modeldir. AIMSUN2, Barcelona'da UPC (**U**niversitat **P**olitecnica de **C**atalunya) üniversitesinde geliştirilen GETRAM (**G**eneric **E**nvironment for **Tr**affic **A**nalysis and **M**odelling) paket programının bir parçasıdır. GETRAM, TEDI (**T**raffic **Edi**tor) adlı kullanıcı dostu bir grafik arayüzüne sahiptir (Hughes J.T., 2002).

2.2 Simülasyon Uygulamaları

Bu çalışmada kullanılan AIMSUN2 mikrosimülasyon paketi dünyanın birçok ülkesinde de kullanılmaktadır. Program Avrupa'da (Hollanda, Belçika, Almanya, İngiltere, Danimarka, Finlandiya, İsveç, Norveç, İtalya, Portekiz, Yunanistan, Polonya, İspanya ve Çek Cumhuriyeti Türkiye), Amerika'da (Alabama, Arizona, California, Colorado, Florida, Kentucky, Maryland, Minnesota, New York, Pennsylvania, Utah ve Virginia eyaletleri) ve dünyanın diğer çeşitli ülkelerinde (Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda, Güney Afrika, Botswana, Japonya, Kore, Çin, Hindistan, İsrail, Tayland, Singapur, Şili, Ekvator, Meksika, Suudi Arabistan) kullanılmaktadır [2].

AIMSUN2 yazılımı kullanıcılarının kendi içindeki dağılımı %60 ticari amaçlı, %20 Kamu Kurumları ve %20 Üniversiteler ve Araştırma Enstitüleri şeklindedir [2].

AIMSUN2 mikrosimülasyon yazılımın dünyadaki bazı uygulamalarından önemli örnekler aşağıda sıralanmıştır.

- Küçük ölçekli uygulamalar

Dublin, İrlanda (114 bağ, 36 düğüm, 121 OD çifti, 4 mil),

Amara, San Sebastian (365 bağ, 100 düğüm, 170 OD çifti, 10 mil),

Auckland, Yeni Zelanda (1550 bağ, 120 düğüm, 1150 OD çifti, 30 mil),

- Orta Ölçekli Uygulamalar

Preston Şehir Merkezi, İngiltere (1400 bağ, 190 düğüm, 1150 OD çifti, 20 mil),

Karen, Yeni Zelanda (3000 bağ, 790 düğüm, 170 merkez, 140 mil, 9 taşıt tipi),

- Büyük Ölçekli Uygulamalar

Barcelona, İspanya (22750 bağ, 8850 düğüm, 118300 OD çifti, 1440 km),

Hessen, Almanya (18800 bağ, 3250 düğüm, 60000 OD çifti, 1500 km),

Helsinki, Finlandiya (3200 bağ, 1200 düğüm, 339 merkez, 110 mil).

2.3 Simülasyon Araçlarının Değerlendirilmesi

Al-Deek H. (2005), daha önceki mikrosimülasyon çalışmalarını gözden geçirmiş ve şu sonuçlara ulaşmıştır. Simülasyon yazılımları iki aşamalı bir değerlendirmeye sokulmuştur: ilk gözden geçirme ve detaylı inceleme. İlk gözden geçirmede ITS uygulamalarını desteklemeyen yazılımlar elenmiştir. Daha detaylı olan ikinci aşamada ise, yazılımların özel kabiliyetleri ve limitleri değerlendirilmiştir. Dokuz model ITS özelliklerine göre değerlendirilmişlerdir. Bunlar AIMSUN, CONTRAM, CORFLO, CORSIM, FLEXYT II, HUTSIM, INTEGRATION, PARAMICS ve VISSIM dir. Çizelge 2.1'den anlaşılabileceği gibi AIMSUN ve PARAMICS diğer modellere önderlik etmektedir.

Çizelge 2.1 Simülasyon modellerinin detaylı inceleme sonuçlarının özeti (Al-Deek, 2005)

	AIMSUN	CONTRAM	CORFLO	CORSIM	FLEXYT II	HUTSIM	INTEGRATION	PARAMICS	VISSIM
ITS ÖZELLİKLERİ									
Trafik aygıtları	X						X	X	
Trafik aygıtlarının özellikleri	X						X	X	
Trafikte tıkanıklık					X	X	X	X	X
Sürücü davranışı	X			X	X		X	X	
Taşıt etkileşimi	X			X	X		X	X	
Tıkanıklık ücretlendirilmesi						X		X	
Olaylar (kaza-arıza)	X		X	X	X	X	X	X	X
Kuyruk atlatma	X			X	X	X	X	X	X
Katılım Kontrolü	X			X	X	X	X	X	X
Koordineli sinyalizasyon	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Uyarımlı sinyalizasyon	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diğer ITS Algoritmaları ile arayüz	X								
Ağ durumu		X				X		X	
Ağdaki akımın önceden tahmin edilmesi					X	X	X	X	X
Rota kılavuzlama								X	
Entegre simülasyon	X	X		X	X	X	X	X	X
DİĞER ÖZELLİKLER									
PC'de çalışma	X	X		X	X	X	X	X	X
Grafiksel ağ oluşturma	X	X			X	X			X
Sonuçların grafik sunumu	X	X		X	X	X	X	X	X
İyi Dökümantasyon	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Trafik simülasyon programları ile ilgili olarak aşağıdaki internet adreslerinden gerekli bilgiler edinilebilir.

- http://www.trafiksimulasyon.net
- AIMSUN NG (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks): http://www.aimsun.com
- ANATOLL: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a4
- AUTOBAHN: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a5
- CASIMIR: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a6
- CORSIM/TSIS (Traffic Software Integrated System): http://www.fhwa-tsis.com
- DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation): http://www.its.leeds.ac.uk/software/dracula
- FLEXSYT-II: http://www.flexsyt.nl/informatieuk.htm
- HIPERTRANS (High-Performance Transport): http://www.cpc.wmin.ac.uk/~traffic
- HUTSIM (Helsinki University of Technology Simulator): http://www.hut.fi/Units/Transportation/HUTSIM
- INTEGRATION: http://www.intgrat.com
- MELROSE (Mitsubishi Electric Road Traffic Simulation Environment): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a14
- MicroSim: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html
- MICSTRAN (Microscopic Simulator Model for Traffic Networks): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a16
- MITSIM (Microscopic Traffic Simulator): http://mit.edu/its/mitsimlab.html
- MIXIC: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a18
- NEMIS: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a19
- PADSIM (Probabilistic Adaptive Simulation Model): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a21
- PARAMICS: http://www.paramics-online.com

- PHAROS (Public Highway and Road Simulator): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a23
- PLANSIM-T: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a24
- ROADSIM (Rural Road Simulator): http://www.kldassociates.com/simmod.htm
- SHIVA (Simulated Highways for Intelligent Vehicle Algorithms): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a25
- SIGSIM: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a26
- SIMDAC: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a27
- SIMNET: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a28
- SimTraffic: http://www.trafficware.com
- SISTM (Simulation of Strategies for Traffic on Motorways): http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a29
- SITRA B+: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a30
- SITRAS: http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html#a31
- SmartPATH: http://www.path.berkeley.edu/PATH/Research
- TEXAS (Texas Model for Intersection Traffic): http://mctrans.ce.ufl.edu/store/description.asp?itemID=449
- TRANSIMS: http://tmip.tamu.edu/transims/
- TRARR: http://www.engr.umd.edu/~lovell/lovmay94.html
- TWOPAS: http://www.tfhrc.gov/safety/ihsdm/tamweb.htm
- VISSIM: http://www.ptv.de
- WATSim© (Wide Area Traffic Simulation): http://www.kldassociates.com/unites.htm

[3]

3. TRAFİK AKIMININ ÖZELLİKLERİ ve KUYRUK KURAMI

3.1 Trafik Akımının Özellikleri

Trafik, en bilinen tanımıyla motorlu ve motorsuz taşıtlar ile yayaların yol üzerindeki hareketlerinin tümüdür. Trafik çalışmalarında amaç, yolu kullananların en kısa zamanda güvenli ve konforlu ulaşımını sağlamaktır.

Ulaştırma sistemine giren ve çıkan taşıt sayısının eşit olması, trafik akım kuramının önemli kabullerinden biridir. Bu kuramda bağımsız taşıt hareketlerinin (davranışlarının) sisteme olan etkileri incelenip değerlendirilir.

Trafik akım kuramında yapılan esas çalışma, akım değeri (hacim), yoğunluk ve hız arasında ikili ilişkilerin kurulmasıdır. Bu ilişkilerin kurulmasıyla yol ve kavşaklar için, hizmet düzeyi kavramı da tanımlanmış olmaktadır.

3.1.1 Trafik Akım Kuramında Temel Kavramlar

a) Akım Değişkenleri

- Akım değeri (hacim), Q: Yol üzerindeki bir kesitten birim zamanda geçen taşıt sayısıdır. Hacim (taşıt/saat) birimi ile ifade edilir. Daha kısa zaman aralıklarında yapılan gözlemler ise saatlik değerlere çevrilir.

$Q = \dfrac{600 taş}{15/60\, sa} = 2400 taş / sa$ şeklinde gösterilir.

- Zaman cinsinden taşıt takip aralığı, h_t : Bir noktadan geçen taşıtlar arasındaki zaman farkıdır. Birimi saniyedir.

- Zaman cinsinden ortalama taşıt takip aralığı, $\overline{h_t}$: Zaman cinsinden takip aralıklarının ortalamasıdır. Akım değeri yardımı ile bulunabilir. Birimi saniye/taşıt'tır.

b) Yoğunluk Değişkenleri

- Yoğunluk, k: Bir yol kesimi üzerinde bir anda bulunan taşıt sayısıdır. Taşıt/km birimi ile gösterilir.

- Uzunluk cinsinden taşıt takip aralığı, h_d: Birbirlerini takip eden taşıtların ön tamponları arasındaki mesafedir. Birimi metredir.

- Uzunluk cinsinden ortalama taşıt takip aralığı, $\overline{h_d}$: Bir yol kesimindeki uzunluk cinsinden taşıt takip aralıklarının ortalamasıdır. Birimi metre/taşıt'tır.

- c) Hız Değişkenleri

- Zaman anlamlı hız, u_t: Bir yol üzerindeki taşıtların ortalama hızlarına denir. Km/saat veya metre/saniye birimi ile gösterilir.

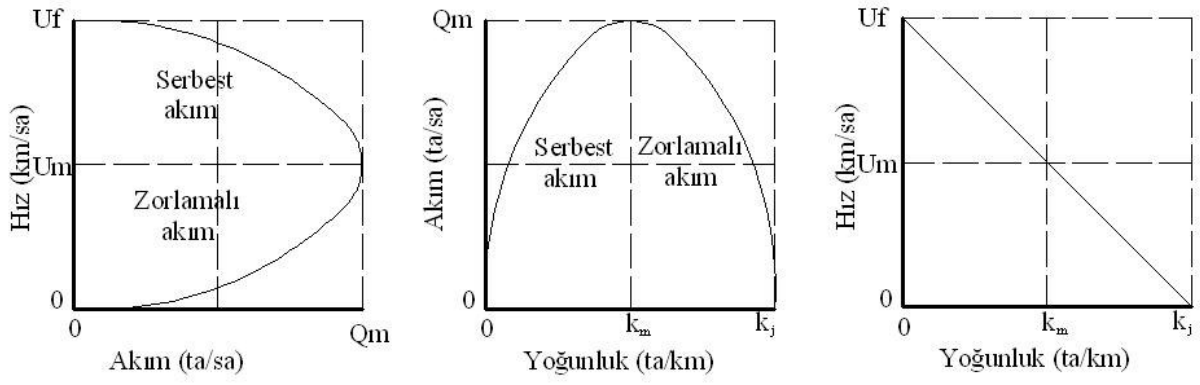
- Yolculuk süresi: Taşıtın başlangıç ve son noktaları arasını kat etmek için harcadığı süredir. Bütün taşıtların harcadığı sürelerin toplamı, toplam yolculuk süresinin değerini verir.

- Toplam yolculuk uzunluğu: Belli bir süre içinde, tüm taşıtların toplam yolculuk süresidir.

- Ortalama yolculuk süresi: Toplam yolculuk süresi değerinin taşıt sayısına bölünmesi ile elde edilir.

- Uzunluk anlamlı hız, u_s: Ortalama yolculuk süresi kullanılarak bulunur. Birimi km/saat veya metre/saniye'dir.

3.1.2 Trafik Akım Kuramının Ana Bağıntısı



Şekil 3.1 Trafik akımının üç değişkeni arasındaki ilişkiler

Şekil 3.1'deki değişkenler arasındaki ilişki, trafik akım kuramının ana bağıntısına (Q = u * k) dayanır.

Hız – yoğunluk ilişkisi

Trafik hacmi arttıkça hız düşecektir. Başlangıçta kabul edilen en düşük hacim değerinde hız en yüksek değerde olacaktır. Yoğunluğun sıfır olduğu noktadaki hıza serbest hız denir.

Akım değeri (hacim) – hız ilişkisi

Yoldaki akım değeri arttıkça hız azalacaktır. Hızdaki bu azalma trafik hacminin kapasite değerine ulaşmasına kadar devam eder. Kapasite değerinin bir miktar altında ve üstünde trafik akımı kararsızdır. Trafik hacim değeri kapasite değerinin üzerine çıktığında zorlamalı akım başlar. Bu durumda taşıtların dur-kalk hareketleri artar ve kuyruklanma başlar.

Akım değeri (hacim) – yoğunluk ilişkisi :

Bir yoldaki trafik yoğunluğu arttıkça, trafik akım değeri kapasite değerine ulaşıncaya kadar artar. Bu noktadan sonra (k_m) yoğunluk arttıkça trafik akım değeri azalır ve bu azalma k_j tıkanma yoğunluğuna kadar devam eder. Eğri üzerindeki herhangi bir noktayı başlangıca birleştiren doğrunun eğimi taşıtların ortalama hızını verir.

3.1.3 Trafiğin Zamana Bağlı Değişimi

Trafik esas olarak üç ayrı zaman periyoduna göre değişiklik gösterir. Bunlar saatlik, günlük ve mevsimsel değişimlerdir.

- Saatlere Göre Değişme

Trafik gün içindeki saatlere göre değişiklik gösterir. Şehir içinde sabah erken saatlerde

başlayan trafik talebi 7:00-9:30 saatleri arasında bir yönde en büyük değere ulaştıktan sonra azalır. Daha sonra akşam 17:30-20:00 saatlerinde trafik talebi tekrar en büyük değerine diğer yönde ulaşır. Sabah ve akşam talebin en büyük değerine ulaştığı trafiğe zirve (pik) saat trafiği adı verilir.

- Günlere Göre Değişme

Şehir içi trafik talebi hafta içindeki günlere göre de değişiklik göstermektedir. Hafta içi günlerde iş ve okul yolculukları sebebi ile hafta sonu günlere nazaran daha yüksek talep olduğu bilinmektedir. Hafta içi günleri ise kendi aralarında pazartesi-cuma ve salı-çarşamba-perşembe olarak ayrılmaktadır. Pazartesi ve Cuma günleri diğer günlere göre daha yüksek trafik talebi görülmektedir. Arazi kullanımına bağlı olarak da değişir.

- Mevsimlere Göre Değişme

Trafik talebi mevsimlere ve aylara göre de değişiklik gösterir. Yaz mevsiminde okulların kapalı olması ve iş yerlerinin tatile girmesi şehir içi trafiğini azaltır ve tatil yörelerindeki trafiği arttırır.

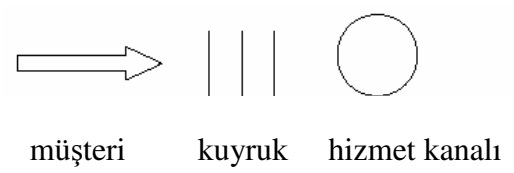
3.2 Kuyruk Kuramı

Kuyruk kuramında ana amaç, zamana göre değişen veya sabit hizmet sunumunu ve yolcu (taşıt) geliş oranına göre büyük değerlere ulaşan talebi belirlemektir. Taşıtların bir yerden bir yere uygun hızlarda seyahat ettikleri trafik modelini düşünelim. Yine taşıtların poisson geliş dağılımına uyduğunu varsayalım. Herhangi bir (tünel, köprü vb.) hizmet kanalına geldikleri zaman eğer taşıt gelişlerinin sıklığı bu noktalarda hizmet kanallarının kapasitelerinden yüksek olursa, uzun bekleme süreleri oluşacaktır. Bu gibi problemlerde kuyruk teorisi önemli bir rol oynar.

3.2.1 Kuyruk Teorisi

Kuyruk Teorisi, standart istatistik dağılımlara dayalı olarak geliştirilmiş matematiksel bir modeldir. İnsanlar ve işletmeciler açısından bekleme sorununun önemi nedeni ile sıra bekleme sistemleri için birçok araştırma yapılmış ve çeşitli modeller geliştirilmiştir.

Kuyruk teorisi modelleri belirsizlik koşulları altında “stokastik faaliyet” gösteren sıra bekleme sistemlerini incelemek için geliştirilmiştir. Böylece kuyruk teorisi, rastlantısal olarak ortaya çıkan talebe hizmet edilmesi için çalışacak sistemin davranışını inceler. Kuyrukların temel bileşenleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kuyrukların temel bileşenleri

- Müşteriler sisteme genellikle poisson dağılımına uygun olarak gelirler.
- Birden fazla kuyruk olabilir ve kuyruk başına bekleme konumları değişken olabilir.
- Her kuyruğun sonunda bir veya daha fazla hizmet kanalı olabilir.

Aşağıda kuyruk kuramının değişkenleri ve temel özellikleri dört madde halinde incelenmiştir.

1) *Kuyruğa katılma ile ilgili bilgiler (gelişler) :*
   a) Ortalama geliş oranı (katılma sayısı), (arrival rate) (λ)
   b) Gelişler (katılmalar) arasındaki zamanların dağılımı
2) *Kuyruğa sunulan hizmet ile ilgili bilgiler :*
   a) Ortalama hizmet zamanı
   b) Hizmet zamanı dağılımı
   c) Aynı anda hizmet sunulan müşteri sayısı veya hizmet sunulan kuyruk sayısı (service rate) (μ)
3) *Kuyruk Özellikleri :*
   a) Hizmet kanalı sayısı (tek, çoklu)
   b) Hizmet kanalı yerleşimi (paralel, seri)
   c) Trafik yoğunluk oranı (ρ) (λ / μ)

Kanal önlerinde meydana gelen sıranın büyüklüğü trafik yoğunluğu oranına bağlıdır. Eğer bu oran 1'den büyükse sıranın sonsuza kadar uzayacağı kabul edilir. Gerçekte ise kuyruğun uzadığını gören müşteri başka yere gitmek veya başka zaman gelmek için sıradan çıkar. Buna geri dönme denir (reneging). Eğer hizmet noktası belli bir sayıdan fazla müşteriyi alamayacağını belirtip, müşteriyi sıradan çıkarırsa buna da sıranın kesilmesi denir (truncation).

4) *Hizmet Disiplini :*

Bir sonraki hizmet müşteriye nasıl sunuluyor ona bakılır.

a) F I F O – İlk gelen müşteriye ilk hizmet

b) L I F O – İlk gelen müşteriye son hizmet

c) S I R O – Gelişigüzel hizmet

d) Seçerek Hizmet

Kuyruğa katılma (geliş) ve ayrılma (hizmet) rasgele (stokastik) veya düzenli (deterministik) olabilir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Geliş ve Hizmet Şekilleri (Gedizlioğlu E. 1995)

		Hizmet Şekli		
		Rasgele (stokastik)	Düzenli (deterministik)	Belirsiz (genel)
Geliş Şekli	Rasgele (stokastik)	M / M	M / D	M / G
	Düzenli (deterministik)	D / M	D / D	
	Belirsiz (genel)	G / M		

Yukarıdaki belirtilen sıra bekleme sistemlerinin özellikleri çok farklı biçimler almaktadır. Bu özelliklere dayalı olarak bu sistemleri sınıflandırmak oldukça güçtür. Çünkü çoğu sistem bu özellikleri çoğuna aynı anda sahip olmaktadır. Sıra bekleme sistemlerini birbirinden ayırt etmek için, önce Kendall tarafından geliştirilen daha sonra da Lee ve Taha tarafından genişletilen aşağıdaki simgeleme biçimi sık kullanılmaktadır (Gedizlioğlu, 1995).

$$A / B / N : (d / e / f)$$

Burada,

A: Gelişler yada gelişler arası zaman dağılımı

B: Hizmet süresi dağılımı

N: Sistemdeki hizmet kanalları sayısı

d: Hizmet disiplini

e: Sisteme alınabilecek en fazla müşteri sayısı

f: Geliş kaynağı büyüklüğüdür.

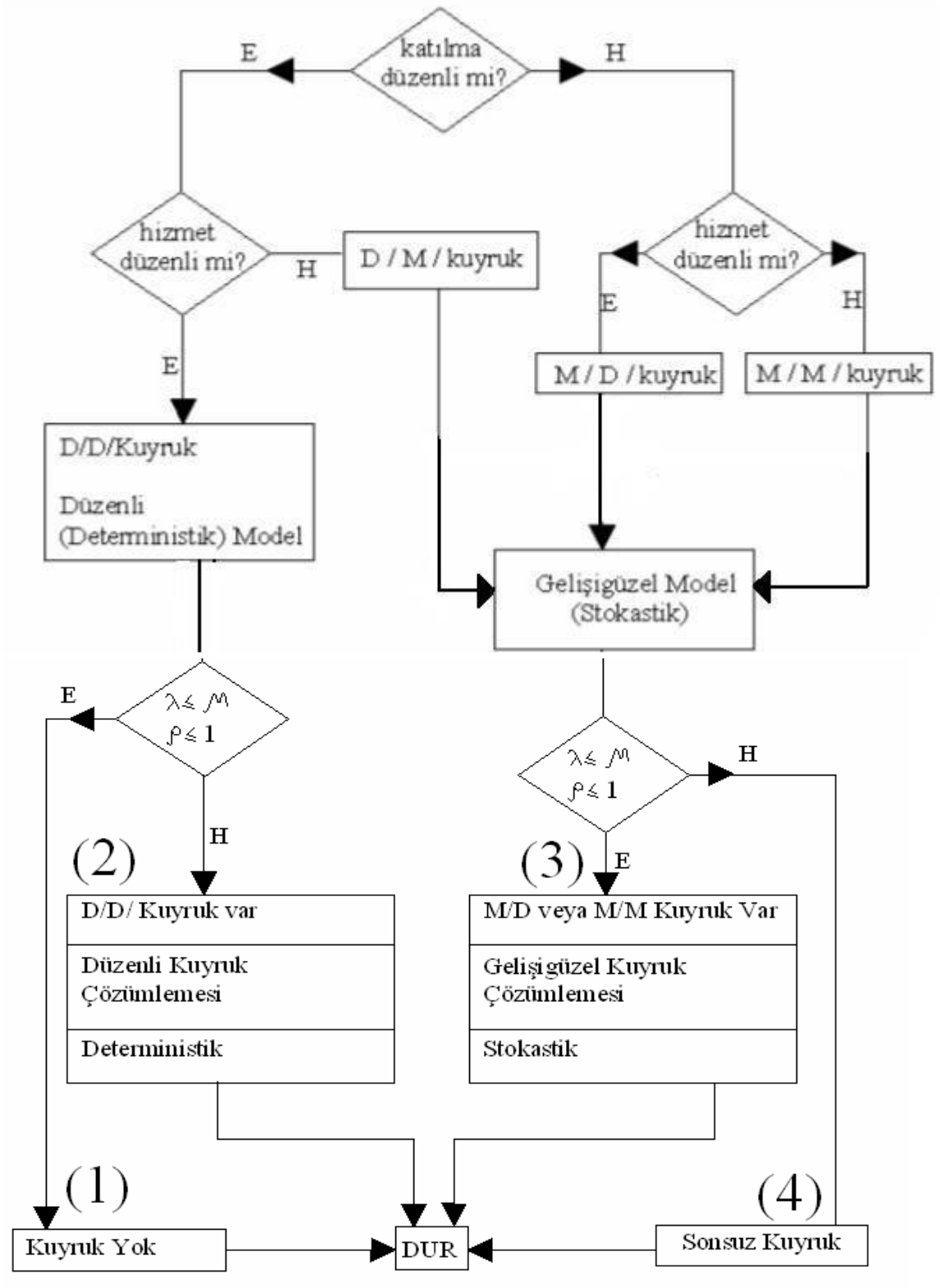
Kuyruk, katılma ve ayrılma düzenini ve hizmet sunan kanal sayısını belirterek tanımlanır. Ayrıca varsa kuyruk boyu kısaltması ve kuyruklanma şekli de belirtilebilir (Akyıldız, 2003).

Örneğin : M / M / 1 : Rasgele katılma ve hizmet, tek kanal

M / D / 6 : Rasgele geliş 6 kanal da düzenli (sabit) hizmet

3.2.2 Kuyruk Modelleri

Çeşitli kuyruk çözümleme modelleri şekil 3.3'de gösterilmiştir.

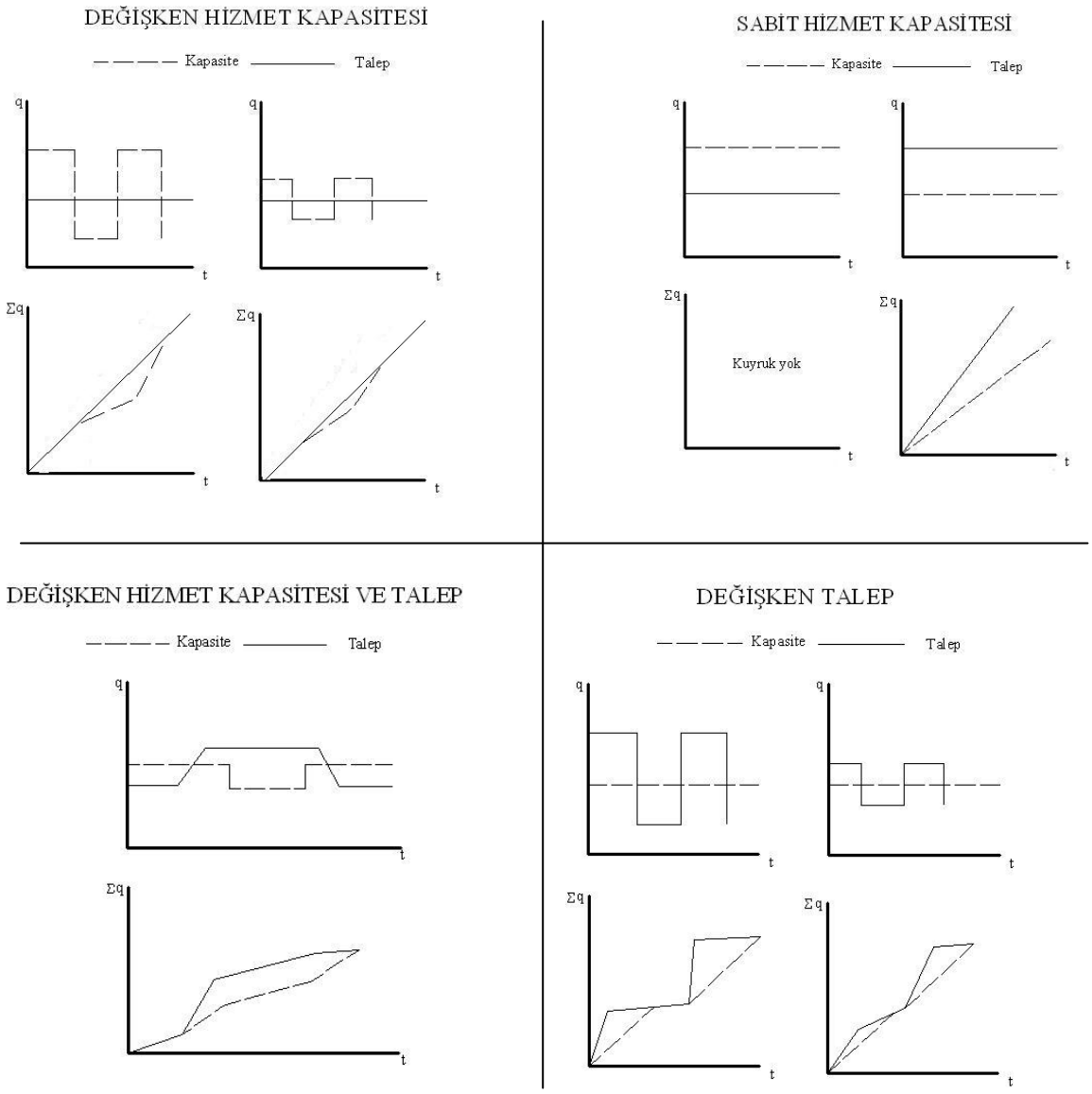


Şekil 3.3 Kuyruk çözümleme modelleri (Gedizlioğlu, 1995).

Şekil 3.3'de numaralandırılan durumları sırasıyla inceleyelim :

1 Durumu : Eğer gelişler ve hizmet düzenli ise ve hizmet gelişlerden büyükse ($\rho < 1$; katılmalar arası zamanlar gelişler arası zamanlardan kısa demektir) hizmet zamanları kuyruk olmayacak şekilde düzenlenebilir.

2 Durumu : Düzenli olarak değişen kuyruk çözümleme özeti şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Düzenli kuyruk grafikleri (Gedizlioğlu, 1995).

3 Durumu : Gelişigüzel Kuyruk Çözümlenmesi :

Gelişlerin veya hizmetin birisinin veya her ikisinin gelişigüzel olması halindeki kuyruklanmaya gelişigüzel kuyruklanma denir.

M / D / ….

M / M / …. (En Çok Görülen)

D / M / …. (Pek Görülmez)

Her durum ayrı ayrı incelenecektir.

Gelişigüzel denildiğinde (M) negatif üssel aralık dağılımı anlaşılır. Taşıtların, kuyruğa katılmaları arasındaki aralıkların negatif üssel dağılımda olduğu veya katılmaların Poisson'a uyduğu anlaşılır (Gedizlioğlu, 1995).

- **M / M / 1 Kuyruklanması :**

Geliş ve hizmet oranları gelişigüzel dağılmıştır. Gelişler arasındaki zaman ve hizmet süreleri üssel dağılıma uymaktadır. Hizmet kanalı 1 adettir. M / M / 1 kuyruklanmasına ait özellikler aşağıdaki gibidir.

Sistem : Kuyruğa katılmış olanlar + hizmet alanlar

Pn (t) : t anında sistemde n taşıt bulunma olasılığı;

Sistemde hiç taşıt bulunmama olasılığı;

$P_o = 1 - \rho$ $\rho < 1$ için n taşıt bulunma olasılığı

$P_n = \rho^n (1 - \rho)$

Sistemde ortalama birim sayısı (kuyrukta + hizmet alan sayısı)

$$L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \tag{3.1}$$

Varyansı : $\sigma_L^2 = \rho/(1-\rho)^2$ (3.2)

Kuyruk Boyu : (hizmet almakta olanlar hariç)

$$Lq = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} \tag{3.3}$$

Sistemde harcanan ortalama süre :

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{\mu-\lambda} = L - \frac{1}{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} * \frac{1}{\lambda} \tag{3.4}$$

Kuyrukta ortalama bekleme süresi :

$$\overline{W} = \overline{\gamma} - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{3.5}$$

Ayrıca :

$$L = \lambda * \overline{\gamma} \quad \text{dir.} \tag{3.6}$$

veya

$$Lq = \lambda * \overline{W} \quad \text{dir.} \tag{3.7}$$

- **M / M / N Kuyruklanması:**

M / M / N kuyruklanması, 1 hizmet kanalı yerine 1 den fazla hizmet kanalı düşünülerek modellenirse birçok kuyruk modeli için geçerli olacak daha genel bir formülasyon elde edilir.

$$Pn = \frac{\rho^n}{n!} P_0 \quad \text{n} \leq \text{N ise: sistemde n müşteri bulunma olasılığı} \tag{3.8}$$

$$Pn = \frac{\rho^n}{N^{n-N} N!} P_0 \quad \text{n} > \text{N ise: sistemde n müşteri bulunma olasılığı} \tag{3.9}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N=1} \frac{\rho^n}{n!} - \frac{\rho^N}{N!(1 - \frac{\rho}{N})}} \quad \text{sistemde müşteri bulunmama olasılığı} \tag{3.10}$$

$$Lq = \frac{P_0 \rho^{N+1}}{N! * N} \left(\frac{1}{(\frac{1-\rho}{N})^2} \right) \quad \text{kuyruk boyu} \tag{3.11}$$

Sistemde ortalama birim (müşteri) sayısı :

$$L = Lq + \frac{\lambda}{\mu} = Lq + \rho \tag{3.12}$$

Sistemde harcanan ortalama süre :

$$\overline{\gamma} = L / \lambda \tag{3.13}$$

Kuyrukta ortalama bekleme süresi :

$$\overline{W} = \overline{\gamma} * \frac{1}{\mu} = \frac{Lq}{\lambda} \tag{3.14}$$

- **M / D / 1 Kuyruklanması:**

Poisson katılma, sabit (deterministik) ayrılma durumudur. Hizmet kanalı 1 adettir.

$Lq = \dfrac{\rho^2}{2(1-\rho)}$ kuyrukta bulunan ortalama müşteri sayısı (kuyruk uzunluğu) (3.15)

$Wq = Lq / \mu$ kuyrukta ortalama bekleme süresi (3.16)

$W = Wq + \dfrac{1}{\lambda}$ sistemde ortalama bekleme süresi (3.17)

$L = Lq + \rho$ sistemde bulunan ortalama müşteri sayısı (3.18)

- **M / G / 1 Kuyruklanması :**

Kuyruğa katılma Poisson (M), sunulan hizmet ise genel (G), ortalaması $\dfrac{1}{\mu}$ ve varyansı σ^2 ise.

$$P_0 = 1 - \rho \tag{3.19}$$

$Lq = \dfrac{\lambda^2 \sigma_\mu^2 + \rho^2}{2(1-\rho)}$ çok uzun bir kuyruk (3.20)

$$L = Lq + \rho \tag{3.21}$$

$$Wq = Lq / \lambda \tag{3.22}$$

$W = Wq - \dfrac{1}{\mu}$ olur. (3.23)

M / D / 1 kuyruğu zaten σ^2=0 ile M / G / 1 den elde edilir.

<u>*4 Durumu :*</u> Eğer gelişigüzel katılma veya hizmet durumu söz konusu iken ρ > 1 ise kuyruk sonsuz ve devamlıdır (yada uzamaktadır). Burada analiz edilecek bir şey söz konusu değildir. (Gedizlioğlu, 1995)

3.2.3 Gişe Sahalarında Kuyruklanma

Gişe sahasında her sürücü (taşıt), ödeme tipine ve gişedeki kuyruklanmaya bağlı olarak gişe seçer. Bu yüzden gişe sahasındaki kuyruklanma olayı, çeşitli senaryoların altında değişik kuyruklanmaları incelemek için oldukça esnek bir yöntem gerektirir.

Seçeneklerden biri şeritleri ayırmak ve her gişede tek tip ödeme sunmaktır. Bunun dezavantajı bazı gişelere talep olmazken, bazılarında uzun kuyruklar oluşabilme riskidir. Bu, işletme açısından oldukça verimsiz olacaktır.

Bir diğer seçenek tüm gişelerde her ödeme tipini sunmak ve taşıtları kuyruğa tek şeritte sokmaktır. Her gişe nakit, otomatik ve elektronik ödemeyi kabul edecektir. Bu seçeneğin avantajı işletme açısından esneklik sağlaması ve gişelerin verimliliğini artırmasıdır. Dezavantajı ise hizmet süresinin oldukça geniş bir yelpaze içinde değişim göstermesidir.

Tasarımdaki amaç, verimliliği ve iş yükü dengesini koruyarak, hizmet süresindeki değişimi minimuma indirerek tek veya karışık ödeme sistemlerinden meydana gelen bir kombinasyon oluşturmaktır. Sürücülerin kafaları karışmamalı ve basit yönlendirmeler yeterli olmalıdır.

3.3 Mikrosimülasyonun Avantajları

Trafik akımının özellikleri ve kuyruk kuramının anlatıldığı üçüncü bölümde bahsedilen matematiksel ve fiziksel ölçütlerin bir çoğu mikrosimülasyon yazılımlarında bulunmaktadır. Mikrosimülasyon yazılımlarının bize çıktı olarak sağladığı en önemli veriler yine trafik akım kuramının temel değişkenleri olan akım, hız ve yoğunluktur.

Mikrosimülasyonun gerek görsel anlaşılabilirliği gerekse de çıktıları, kuyruk kuramı ile ilgili yapılması gereken birçok hesaptan bizi kurtarabilir. Dünyada yaygın kullanılan ve kullandığı modeller geçerlilik kazanmış mikrosimülasyon yazılımlarını kullanılarak, herhangi bir kesimde kuyruk uzunlukları maksimum ve ortalama kuyruk boyları elde edilebilir. Bu da bizi (kuyruk kuramı ile ilgili) yukarıdaki ağır hesap yüklerinden kurtarabilir. Aynı zamanda yol geometrisinde küçük değişiklikler yaparak ya da darboğaz noktalarını değiştirerek farklı senaryolar için kolayca kuyruklanmalar ile ilgili sonuçlar alabiliriz.

Mikrosimülasyon çalışması yapmak için öncelikle çalışılan konuya teorik olarak hakim olmak gerekmektedir. Böylelikle mikrosimülasyondan çıkan sonuçlar doğru analiz edilebilir ve anlaşılabilir. Yine kullanılan mikrosimülasyon yazılımının da teorik alt yapısını ve çalışma mantığını da bilmek gerekmektedir. Mikrosimülasyon uygulaması ile ilgili daha geniş bilgi uygulama bölümünde verilecektir.

4. MİKROSİMÜLASYONUN ANA PRENSİPLERİ

Mikrosimülasyon, mevcut ulaşım sisteminin performansı ve potansiyel gelişmesi üzerinde çok çeşitli bilgilerle analiz yapmayı sağlar. Mikrosimülasyon aynı zamanda, uzun zaman harcamayı ve zengin kaynaklar gerektiren bir faaliyettir. Minimum maliyetle maksimum etkili bir mikrosimülasyon analizi gerçekleştirmek için bazı önemli kurallar vardır.

- Mikrosimülasyona uygun yazılımlar kullanmak gereklidir; uygun değilse mikrosimülasyon analizi yapılamaz. Araçların sınırları anlaşılmalıdır ve trafik akımlarının temsil edildiği garanti edilmelidir. Amaca, ihtiyaçlara, çalışma konusuna ve sorulan sorulara verilebilecek cevaplara uygun olduğu doğrulanmalıdır.
- Yeterli zaman ve kaynak yoksa mikrosimülasyon analizi kullanılmaz. Yanlış uygulama yaratıcılığı azaltır, anlaşmazlıklara ve tartışmalara sebep olabilir.
- İyi bir mikrosimülasyon modeli sonucu için, kullanılan veriler çok kritiktir.
- Uygulamacının yerel duruma göre mikrosimülasyon modelini kalibre etmesi çok önemlidir.
- Mikrosimülasyon modelinin çıktıları *Highway Capacity Manual* (HCM)'den farklıdır. Mikrosimülasyonun mikroskobik bakışına göre "gecikme" ve "kuyruklanma" gibi anahtar terimlerin tanımları HCM'deki makroskobik bakıştan farklıdır.
- Mikrosimülasyon modelinin gelişmesindeki önceliklere, yazılımların mühendislik kararlarını nasıl destekleyeceği göz önüne alınarak karar verilir. Bilinen sınırlamalar konulur.
- Kullanıcılar arasındaki görüş ayrılıklarını minimuma indirmek için, model geliştirme ve kalibrasyon sürecinde öngörülen güncelleme zamanlarında periyodik değerlendirmeler yapılır.

4.1 Terminoloji

Kalibrasyon (calibration): Kullanıcının sahada ölçtüğü yerel trafik durumunu en iyi şekilde simüle edebilmesi (benzetebilmesi) için model parametrelerini ayarlama sürecidir.

Mikrosimülasyon (microsimulation): Otoyol veya kent içi sistemlerde trafiğin performansını değerlendirmek için, saniye veya daha kısa zaman aralıklarıyla bireysel taşıt hareketlerinin modellenmesidir.

Model (model): Özel bir uygulamaya yönelik olarak, modelleme yazılımı ve kullanıcı girdilerinin (parametreler) kombinasyonudur. Tekil bir model, belirli bir çalışma sahasına çeşitli zaman aralıklarıyla ve gelecekte geliştirilebilecek alternatifler için uygulanabilir.

Proje (project): Projenin kendisi ile analizinin birbirine karışmasını en aza indirmek için, "proje" terimi çalışılan fiziksel yollar için kullanılır. Projenin etkilerinin değerlendirilmesi "analiz" olarak adlandırılır.

Yazılım (software): Özel mikrosimülasyon modelinin uygulaması ve geliştirilmesinde analiz yapan kişiye yardımcı olmak için hazırlanan bilgisayar programıdır. Tek bir yazılım programı kullanılarak birçok model geliştirilebilir. Bu modeller yazılımda saklanan bazı temel algoritmaları paylaşırlar, aynı zamanda farklı girdi ve parametre değerleri kullanırlar.

Geçerlilik (validation): Analistin, bir karayolu sistemine ait modelin sunduğu trafik özelliklerini saha ölçümlerinden elde edilen (trafik hacimleri, seyahat süreleri, ortalama hızlar, ortalama gecikmeler vb.) verilerle karşılaştırdığı süreçtir. Modelin geçerliliği, kalibrasyon sürecindeki değil sahadaki verilere göre değerlendirilir. Bu çalışmada yazılım geliştiricisinin sayısız araştırmalar ve uygulamalar sonrasında yazılımın ve alt algoritmalarının geçerliliğini sağladığı varsayılmıştır.

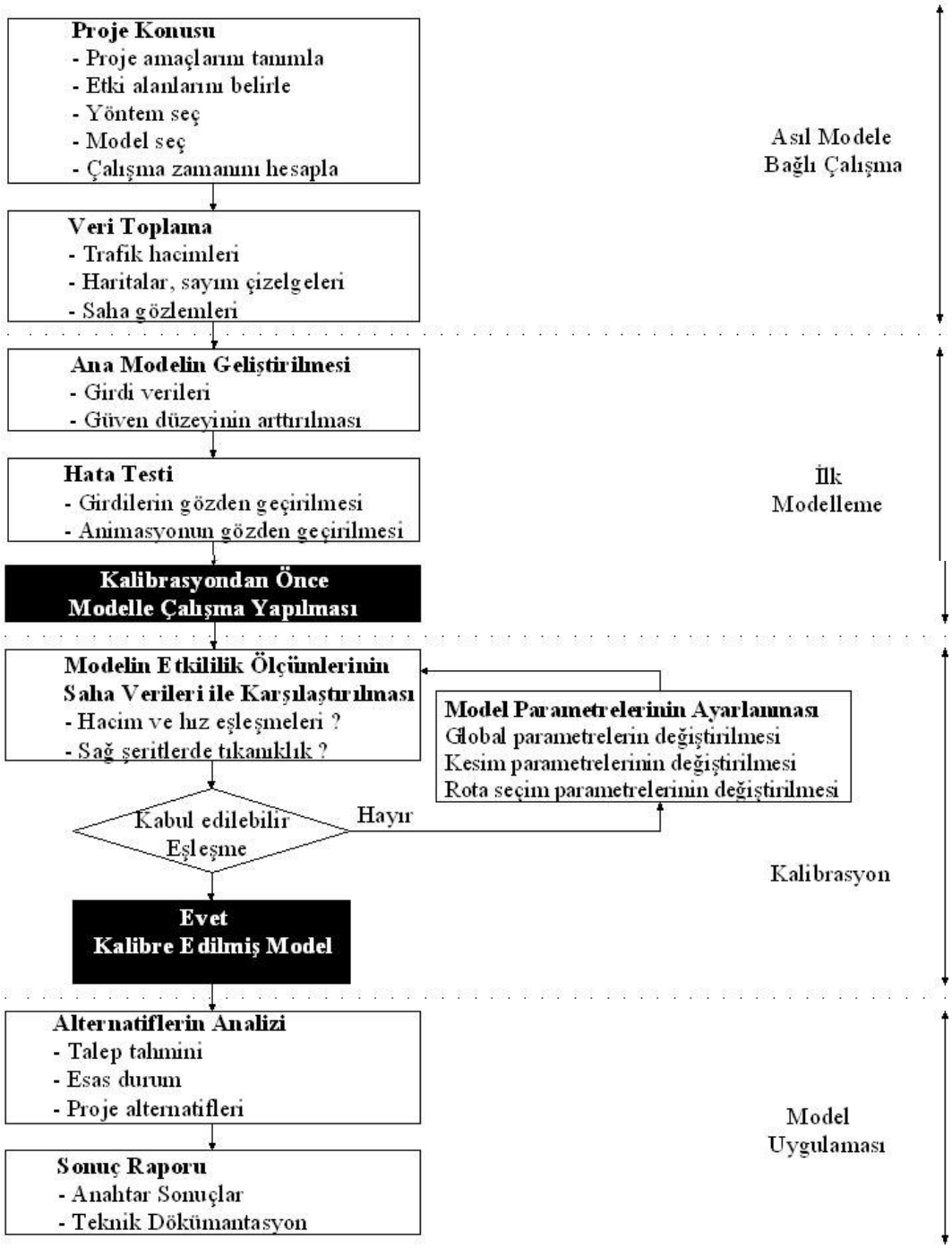
Doğrulama (verification): Yazılım geliştiricisinin ve diğer araştırmacıların trafik akımı kuramına dayalı olarak hazırlanan yazılımın (modelin) doğruluğunu test ettiği süreçtir.

4.2 Mikrosimülasyon Modeli Oluşturma ve Uygulama Süreci

Özel bir trafik analiz problemi için mikrosimülasyon uygulaması ve geliştirilmesi yedi aşamadan oluşur:

1. Çalışmanın amacı, konusu ve yönteminin belirlenmesi;
2. Veri toplanması ve hazırlanması;
3. Ana modelin geliştirilmesi;
4. Hata testi;
5. Model kalibrasyonu;
6. Alternatiflerin Analizi;
7. Sonuç raporu ve teknik belgelendirme.

Her aşama aşağıda özetlenmiştir ve ileriki bölümlerde daha detaylı olarak anlatılmıştır. Bütün bu süreçleri içeren bir akış şeması Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu şema çalışmaya genel bir bakış sağlaması için hazırlanmıştır.



Şekil 4.1 Mikrosimülasyon modeli gelişimi ve uygulama süreci (Dawling, 2004)

Aşama 1: Çalışmanın Amacı, Konusu ve Yönteminin Belirlenmesi

Mikrosimülasyon çalışmasının yöntemiyle ilgili kilit noktalar şunlardır :

- Modeli geliştirmek ve değerlendirmek için yeterli derecede uzman olunmalıdır.
- Mikrosimülasyon modelini geliştirmek ve kalibre etmek için yeteri kadar zaman ve kaynak sağlanmalıdır.
- Model geliştirme süreci ve kalibrasyon sonuçları için uygun raporlama yapılmalıdır.

Aşama 2: Veri Toplanması ve Hazırlanması

Bu aşama mikrosimülasyon analizi için gerekli olan tüm verilerin toplanmasını ve hazırlanmasını içeriyor. Mikrosimülasyon modelleri aşağıda belirtilen geniş kapsamlı girdi verilerine ihtiyaç duyarlar:

- Geometri (uzunluklar, şeritler, eğimler, eğrilikler)
- Kontroller (sinyaller, sinyal süreleri)
- Mevcut talepler (dönüş hacimleri, başlangıç-son (O-D) matrisleri)
- Kalibrasyon verileri (kapasiteler, seyahat zamanları, kuyruklanmalar)
- Toplu taşıma, bisiklet ve yaya verileri

Hata testi ve kalibrasyon için gerekli kapasiteler herhangi bir anda ölçülebilirken, diğer kalibrasyon verileri (seyahat zamanları, gecikmeler ve kuyruklanmalar) trafik sayımları ile eş zamanlı ölçülmelidir.

Aşama 3: Ana Modelin Geliştirilmesi

Ana modelin geliştirilmesinin hedefi, doğru, gerçek ve geliştirilebilen bir model oluşturmaktır. Bu, karmaşık ve zaman gerektiren bir süreçtir ve adımları, mikrosimülasyon analizini temsil eden simülasyon yazılımına göre değişir. Model geliştirmenin detayları, yazılımların kullanıcı kılavuzlarında en iyi şekilde açıklanmıştır ve bu sebeple model geliştirme süreci değişkendir. Burada model geliştirme sürecine genel bir bakış sağlanmaktadır.

Mikrosimülasyon modeli geliştirme yöntemi, model tamamlanana kadar modelin bazı katmanlarının en iyi şekilde oluşturulması olarak düşünülebilir. İlk katman (bağ-düğüm diyagramı) modelin temelini oluşturur. Daha sonra bu temel üzerine ek olarak trafik

kontrolleri ve bağ işletimi eklenir. Bu temel ağın üzerine seyahat talebi ve seyahat edenlerin davranışı eklenir. Son olarak, sahadan elde edilen veriler, model geliştirme hedefini tamamlamak için girdi olur. Model geliştirme süreci tamamen bu sırayı izlemek zorunda değildir; bununla birlikte, bu katmanlardan her biri herhangi bir simülasyon modelinde bir şekilde gereklidir. Model geliştirme aşaması, model başlangıcında girdi kodlama hatalarını azaltmak için, kalite güvence / kalite kontrol (QA/QC) planının geliştirilmesi ve uygulanmasını içermek zorundadır.

Aşama 4: Hata Testi

Hata testi, model kodlama hatalarını tanımlamak ve düzeltmek için gereklidir fakat model kalibrasyonu ile karıştırmamak gerekir. Kodlama hataları model kalibrasyon sürecini saptırabilir ve analistin kalibrasyon parametreleri için hatalı değerleri kullanmasına sebep olabilir. Hata testi girdi kodlama hatalarını belirlemek amacı ile kendi içinde çeşitli testler içerir.

Aşama 5: Model Kalibrasyonu

Her mikrosimülasyon yazılım programı, yerel koşullara daha iyi uyum sağlamak amacı ile yapılacak kalibrasyon için, kullanıcının ayarlayabileceği parametrelere sahiptir. Bu parametre ayarlamaları vazgeçilmezdir, çünkü hiçbir mikrosimülasyon modeli kapasite ve trafik işletimini etkileyebilecek tüm olası faktörleri (yol içerisinde veya yol dışında) içermez.

Model kalibrasyonu, bu parametrelerin en iyi değerlerini belirlemek amacı ile modelin kalibrasyonunu ve tekrarlı işletimi için bazı parametrelerin seçimini içerir. Bu, zaman harcayıcı bir süreç olabilir. Kalibrasyon işlemi çok iyi belgelendirilmelidir, çünkü modeli sonradan analiz edenlerin kalibrasyon sırasında yapılan parametre değişikliklerinin mantığını anlayabilmelidirler.

Kalibrasyon sürecindeki kilit noktalar şunlardır:

- Model kalibrasyon amaçlarının belirlenmesi.
- Kalibrasyon hedeflerine ulaşmak için yeterli zaman ve kaynak ayrılması.
- Yerel yol, ana arter, otoyol ve kavşak kapasiteleri ile en iyi eşleşen uygun kalibrasyon parametrelerin seçiminin yapılması.
- Mevcut rota (güzergah) seçim parametrelerini en iyi temsil eden kalibrasyon parametre değerlerinin seçiminin yapılması.

- Seyahat zamanı, gecikmeler ve kuyruklanmalar gibi tüm sistem performans ölçümlerinin model genelinde kalibrasyonunun yapılması.

Aşama 6: Mikrosimülasyon Modeli İle Alternatiflerin Analizi

Kalibre edilmiş simülasyon modeli çeşitli proje alternatiflerini test etmek için bir çok kere çalıştırılır. Burada ilk adım, gerçek talep senaryosunu geliştirmektir. Sonra geliştirilmiş çeşitli alternatifler simülasyon modeline kodlanır. Analist hangi performans istatistiklerini toplanacağına karar verir ve gerekli çıktıları oluşturmak amacı ile her alternatif için modeli çalıştırır. Analist HCM (Highway Capacity Manual) hizmet düzeyi (LOS) sonuçlarına ulaşmak istiyorsa, mikrosimülasyon sonuçlarını HCM uyumlu LOS sonuçlarına dönüştürmek kolaydır.

Alternatiflerin analizindeki anahtar noktalar şunlardır :

- Geleceğe yönelik gerçekçi talep tahminleri yapmak.
- Alternatifleri değerlendirmede uygun performans ölçütlerinin seçimini yapmak.
- Her alternatif için tüm tıkanıklık azalmalarını hesaplamak.
- Mikrosimülasyon sonuçlarını HCM hizmet düzeyine (LOS) dönüştürmek.

Aşama 7: Sonuç Raporu ve Teknik Belgelendirme

Bu adım analitik sonuçları özetlemeyi ve analitik yaklaşımı teknik olarak belgelemeyi içerir. Bu kapsamda, çalışma sonuçlarını teknik denetçilere, kamu yönetimlerine ve diğer kuruluşlara anlatmak için sunumlar yapılabilir.

Sonuç raporu, proje için karar vericilere, basit ve anlaşılabilir şekilde analitik sonuçları sunabilmelidir. Final raporu için sonuçların özetlenmesindeki çalışma, mikrosimülasyon modeli yeteri derecede zengin sayısal çıktı üretene kadar devam etmelidir.

Teknik belgelendirme karar vericilerin sonuçların arkasında hangi varsayımların olduğunu anlamasını ve diğer analizcilerin sonuçları yeniden üretebilmesini sağlamak için önemlidir. Belgelendirme yeterli düzeyde olmalıdır, böylece verilen aynı girdi değerleri için başka bir analist kalibrasyon sürecini anlayabilmeli ve alternatif analizleri tekrar edebilmelidir.

4.3 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Mikrosimülasyon, sonuçları itibarıyla zengin bir bilgi içeriğine sahip olmakla birlikte, çok zaman harcayıcı ve kaynak gerektiren bir çalışmadır. Proje yöneticisinin sonuçlarla maliyet

arasında denge sağlaması çok önemlidir. Çalışmanın yönetim planı için ilk olarak, çalışmanın amaçlarını, kapsamını, iş planını, kaynakları ve araçları belirlenmelidir. Çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi bölümünde uygun maliyetli bir mikrosimülasyon analizi yapmak için yönetim şemasının temel özellikleri anlatılmıştır.

4.3.1 Çalışmanın Amacı

Temel analitik hedefleri seçmeden önce, analist, yönetici ve karar vericilerin ne istediklerine karar vermeleri gerekmektedir. Bu kişilerin kararları arasında çalışma amaçlarının seçilmesi, çalışmanın kapsamı ve bu amaçları gerçekleştirecek analitik yaklaşım bulunmaktadır.

Çalışma amaçları şu sorulara yanıt vermelidir:

- Analize neden ihtiyaç vardır?
- Analiz hangi sorulara cevap vermelidir?

  (Hangi alternatifler analiz edilmelidir?)
- Sonuçlar bağlamında kimler karar vericidir?

Sınırlı sayıda amaç seçilmelidir. Eldeki sınırlı kaynaklarla çok geniş bir analiz gerçekleştirmek zor olduğundan dolayı, analizin öncelikli gereksinimlerine odaklanılmalıdır. Eğer analist veya yönetici analiz ile nelerin ELDE EDİLEMEYECEĞİNE karar verirse, kaynak tasarrufu daha başta sağlanmış olur. Analiz için hedefler belirlenirken, kaynaklar ve zamanlama dikkate alınmalı ve gerçekçi olunmalıdır.

4.3.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma amaçları belirlendikten sonraki adım, analizin çalışma kapsamını ve çalışma sahasını (coğrafi ve zamansal sınırları) belirlemektir. Analizin kapsamıyla ilişkili olarak birkaç soru sorulabilir:

- Projenin hangi özellikleri analiz edilecek? Kapsam ve derinliği ne olacaktır?
- Hangi alternatifler analiz edilecek? Kapsam ve derinliği ne olacaktır?
- Alternatifleri değerlendirmek için hangi etkililik ölçütleri (MOE) kullanılacak ve bunların saha ölçümleri nasıl yapılacaktır?
- Analizci için hangi kaynaklar uygundur?
- Projenin ve alternatiflerinin etkisinin olası sınırları (coğrafi ve maddi faaliyet alanı) nelerdir (şimdi ve gelecekte)? Tıkanıklık ne uzunlukta ve kaç saat sürüyor?

Karşılaştırılan alternatifler için geçerli bir taban oluşturmak amacıyla, analiz için seçilen sınırlar beklenilen tüm tıkanıklık durumlarını kapsamalıdır.

- Karar vericilerin ihtiyaç duyduğu doğruluk derecesi nedir? %10'luk bir hata geçerli midir? Saatlik ortalamalar yeterli midir? Analizler, mantık çerçevesi içinde, alternatifler arasından en az tıkanıklık düzeyinin karar vericiler tarafından seçilmesine göre mi yapılacak (veya bir ya da daha çok alternatifin tıkanıklığı tamamen yok etmesi mi istenecek)?

Çalışma başlangıç bitiş noktaları "etkileşim alanı'na" bağlı olacaktır ve büyük olasılıkla proje yöneticisi, proje ortakları ile birlikte buna karar verecektir. Bu süreç tamamlandığında, modelleyici, hazırlanan etkinliğin işlerliğine bakmalıdır. Etkileşim alanına karar verilirken, modelleyici, hazırlanan projede faaliyetlerin işletim özelliklerini anlamalıdır. Etkileşim alanı başlangıcı, projenin son noktalarının dışında bir kavşak veya projenin son noktasından 3.2 km uzak bir yer olabilir. Bu nedenle kesin coğrafi bir sınır tanımlanamaz. Bununla birlikte, aşağıdaki gibi bazı genel sınırlama yöntemleri vardır.

Otoyol Projeleri: Model ağı boyuna sınırlarından 2.4 km ve enine sınırlarından 1.6 km genişletilebilir. Bu genişletme sahada meydana gelen trafik akımı özelliklerini daha iyi yansıtmak için yeterli bir süre ve mesafe sağlar.

Arter Projeleri: Model ağının sınırları, bu sınırların dışındaki bir kavşağa kadar genişletilmelidir ve arterler arasındaki ilişkilerin üzerindeki etkiler ele alınmalıdır. Model çalışma alanı hazırlanan gelişme stratejilerine göre belirlenen alanları içermelidir. Analizdeki model çalışma alanı saptırılan trafik tarafından etkilenen alanları da kapsamalıdır. Tüm potansiyel problemli alanlar model ağına eklenmelidir. Örneğin ağ alanı sınırlarında kuyruklanma oluşuyorsa, analist ağı akım yukarısı yönde kuyruk sonuna kadar genişletmelidir.

Çalışma konusu, ince coğrafi detaylar, hatalara karşı az tolerans ve alternatiflerin performansı arasında az farklar olması gerektiren bir çalışma ise, bu çalışma maliyeti açısından mikrosimülasyon yöntemi ile yapılmalıdır. Çalışma konusu kısmen ince coğrafi ayarlama ve gelecek için 20 senelik bir projeksiyon gerektiriyorsa, bu çalışma hem mikrosimülasyon yaklaşımı hem de seyahat talep modeli ile modellenmelidir. Geniş coğrafi alanlar ve gelecekte uzun zaman süreçlerini kapsayan çalışma konusu için mikrosimülasyonu dışarıda bırakıp onun yerine HCM analiz teknikleri ve seyahat talebi modelleri kullanılmalıdır.

4.3.3 Analitik Yaklaşım Seçimi

Çeşitli kaynaklar analitik yaklaşımların seçimi konusunda detaylı bilgiler vermektedir. Bu bölümde önemli bazı noktalar hakkında bir özet sunulacaktır.

Mikrosimülasyon makroskobik simülasyondan ve makroskobik simülasyon HCM (Highway Capacity Manual) tipi analizlerden daha çok vakit alır. Analist çalışılacak problem için harcanması gereken zamanı belirlemelidir.

Aşağıda, trafik analizleri için mikrosimülasyonun en iyi teknik yöntem olduğu koşullar sıralanmıştır:

- Mevcut analitik araçların temel varsayımlarının uygun olmadığı durumlar.
- Mevcut analitik araçların konuyu tam olarak kapsamadığı durumlar.
- Taşıt performansı, kılavuzlama ve sürücü davranışının modelleneceği durumlar.

Örneğin HCM (Highway Capacity Manual) yöntemi, yakın çevrede bir yoldaki trafik durumunun, bir kavşak ya da başka bir yol kesimini olumsuz etkilemediğini varsayar. Bir noktadan başka bir noktaya uzayan kuyruklar, akım yukarısındaki yönde trafik koşullarını etkileyeceği için bu varsayım geçersiz olacaktır. Mikrosimülasyon böyle durumlar için üstün nitelikli bir analitik araçtır.

Çünkü bu araçlar farklı taşıt performans özelliklerine ve farklı sürücü davranışı karakteristiklerine duyarlıdır, ve bu özellikleri değiştirilerek ITS stratejilerini test etmede kullanılabilirler. Yolcu bilgi sistemleri, otomatik taşıt kılavuzlaması, üç veya dört vagonlu taşıt dizilişlerinin işletimi, yeni ağıtlık limitleri ve yeni motor teknolojileri verileri girilebilmesi mikrosimülasyon modelini mükemmel kılan girdi verilerindendir. Örneğin mikrosimülasyon, yeni teknolojiler daha bulunma aşamasında olsa bile bunların kapasiteyi nasıl etkileyeceğine duyarlı iken, HCM yöntemleri yeni teknoloji seçeneklerine duyarlı tasarlanmamıştır.

4.3.4 Analitik Araçların Seçimi (Yazılım)

Uygun analitik aracın seçimi, belirlenen analitik yaklaşıma bağlıdır. Yazılım seçimi için bazı önemli kriterler; teknik yetenekleri, giriş-çıkış arayüzleri, kullanıcı eğitimi, desteği ve devam eden yazılım geliştirme çalışmalarıdır.

Jeanotte, 2004 uygun trafik analiz araçlarının seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı kriterleri tanımlar ve bazı özel uygulamalar için gerekli araçların seçiminde yardımcı olabilir. Kullanıcılara yol gösterici olması için uygun araç seçimi bölümünde bir yöntem

hazırlamıştır. Bu yöntem, uygulayıcıların uygun araç seçimi için kullanabileceği hesap tablolarını içerir ve seçilen kategori ile en uyumlu aracı tanımlar. Bu yöntemi tamamlayan otomatikleştirilmiş bir araç FHWA Trafik Analiz Araçları internet adresinde bulunabilir. [3]

Teknik Yetenekler

Yazılımın teknik kabiliyetleri, analizde değerlendirilen alternatiflerin trafik özelliklerini doğru analiz edebilme yeteneği ile ilişkilidir. Karar verici yazılım seçiminde çalışmada incelenecek problemin boyutunu dikkate almalıdır. Yazılımdaki teknik analiz yöntemleri çalışmadaki değişken parametrelere duyarlı olmalıdır. Aşağıda, yazılımın seçiminde değerlendirilecek teknik özelliklerin bir listesi verilmiştir.

- Yazılımın üst sınırları (yazılım, bir ağdaki maksimum konulabilecek sinyal sayısını veya aynı anda ağda bulunabilecek maksimum taşıt sayısını sınırlandırmış olabilir).
- Taşıt hareket mantığı (şerit değiştirme, taşıt takip, vb.).
- Analiz edilecek alternatiflerin özelliklerine duyarlılık (rampalardaki ağır taşıtlar, yatay kurplardaki hızlar veya ileri trafik yönetim teknikleri vb.).
- Model kalibrasyonu için uygun model parametreleri.
- Yazlımın önceki başarılı uygulamalarının çeşitliliği (karar verici tarafından değerlendirilmelidir).

Girdiler, Çıktılar ve Arayüzler

Girdi, çıktı ve çalışmada kullanılacak yazılımın diğer yazılımlarla arayüz oluşturma kabiliyeti diğer önemli değerlendirme noktalarıdır. Yönetici, çalışma için geçerli etkililik ölçütleri üzerine yazılımın rapor üretebilme kabiliyetini gözden geçirmelidir. Çıktı raporlarının istenilen içerik ve biçime getirilebilmesi, istenen bir özelliktir. Yönetici ve analistin yazılım tarafından tanımlanan etkililik ölçütlerini anlayabilmesi, bir başka önemli noktadır. Çünkü söz konusu etkililik ölçütü HCM'de hesaplandığından ya da tanımlandığından farklı bir yöntemle yazılımda hesaplanmış olabilir.

Kullanıcı Eğitimi ve Destek

Kullanıcı eğitimi ve desteği diğer önemli değerlendirme kriterleridir. Ne tür eğitim ve destek verilebiliyor? Çevrede resmi görevi olmasa da yardım edebilecek birileri var mı?

Devam Eden Yazılım Geliştirilmeleri

Son olarak, yazılım üreticisinin geleceğe dönük güncellemeleri yapabilecek kabiliyette olması ve dağıtıcı firmaların yeterli destek kadrolarına sahip olması gereklidir. Donanım ve işletim sistemindeki gelişmeler devam ederken, bu doğrultuda desteklenmeyen yazılımlar kullanışsız hale geleceği unutulmamalıdır.

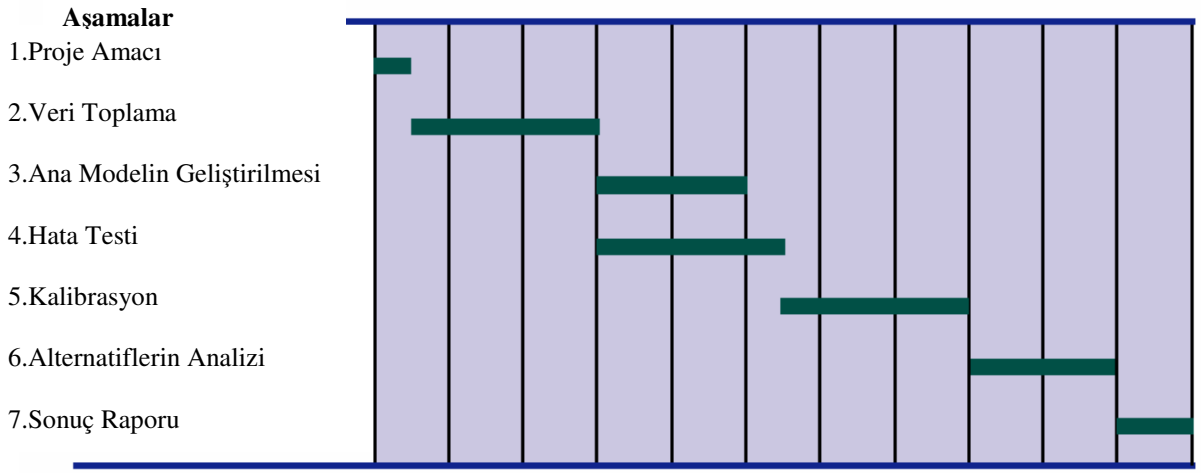
4.3.5 Kaynak Gereksinimi

Mikrosimülasyon modelinin geliştirilmesi, kalibrasyonu ve uygulaması için kaynak ihtiyaçları, projenin karmaşıklığına göre (coğrafi saha, alternatif sayısı, verilerin kalitesi ve uygunluğu) çeşitlilik gösterir.

Başlangıç ve orta seviyede model kodlama bilgisine sahip kişiler yazılım hakkında daha deneyimli kişiler tarafından denetlenmelidir. Hata testi ve kalibrasyon mikrosimülasyon yazılımını en iyi bilen uzman kişilerce yapılmalıdır. Modele ilişkin belgelerin hazırlanması ve tanıtımı mikrosimülasyon yazılımını orta seviyede bilen bir kişi tarafından yapılabilir.

Mikrosimülasyon çalışmasının ardışık aşamalarını ve bunların birbiri ile ilişkili zamanlama ilişkilerini gösteren örnek bir zaman çizelgesi Çizelge 4.1'de verilmiştir. Veri toplama, kodlama, hata testi ve kalibrasyon kalibre edilmiş model için önemli aşamalardır. Model kalibre edilmeden alternatiflerin analizi başlamamalıdır.

Çizelge 4.1 Bir mikrosimülasyon çalışması için zaman çizelgesi örneği (Dawling, 2004)



4.3.6 Mikrosimülasyon Çalışmasının Yönetilmesi

Bir mikrosimülasyon çalışmasını yönetmek bir otoyol projesini yönetmeye benzer: İş ve iş programının kesin sınırlarını belirlemek, yapılanları gözden geçirmek vb. Mikrosimülasyon çalışması için önemli aşamalar ve işler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Mikrosimülasyon çalışmasının önemli aşamaları ve işleri (Dawling, 2004)

Aşama	İş	Kapsam
1.Çalışmanın amacı, Konusu ve Yöntemi	1.Çalışma sahası ve iş programı 2.Veri toplama planı hazırlanması 3.Kalibrasyon planı hazırlanması 4.Kalite güvence planı hazırlanması	Çalışma amaçları, coğrafi saha, alternatifler, veri toplama planı, hata testi, kalibrasyon planı ve hedefleri
2.Veri Toplama	5.Veri toplama sonuç raporu	Veri toplama işlemleri, kalite güvencesi, sonuçların özeti
3.Ana Modelin Geliştirilmesi	6.%50 kodlanmış model	Yazılım girdi dosyaları
4.Hata Testi	7.%100 kodlanmış model	Yazılım girdi dosyaları
5.Model Kalibrasyonu	8.Kalibrasyon test sonuçları raporu	Kalibrasyon işlemleri, mantık ve parametre ayarlanması, kalibrasyon
6.Alternatiflerin Analizi	9.Alternatif analizlerin raporu	Alternatiflerin tanımlanması, analitik prosedürler, sonuçlar.
7.Sonuç Raporu	10.Sonuç raporu	Özel tablolar ve grafikler, önemli sonuçların sunulması.
	11.Teknik belgeleme	Önceki raporların model belgelemesi, geliştirilmesi ve kalibrasyonu, yazılım girdi dosyalarının derlenmesi.

4.4 Veri Toplama ve Hazırlama

Bu bölümde özellikleri belirli bir projenin mikrosimülasyon modelini oluşturmak için gerekli olan verilerin belirlenmesi, toplanması ve hazırlanmasına yönelik bilgiler sunulacaktır. Bu veriler aynı zamanda, kalibrasyonu incelemek ve modelin gerçek saha koşullarına uygunluğunu test etmek için hazırlanır. Projenin özel gereksinimlerine göre veri toplama hakkında kılavuzluk edecek bilgiler Currin (2001), Robertson (1994) ve HCM (2000)'de bulunabilir.

4.4.1 Gerekli Veriler

Mikrosimülasyon için gerekli veriler, yazılıma ve modelleme uygulamasının özel amaçları ve konusuna göre değişkenlik gösterir. Birçok mikrosimülasyon çalışması şu tip girdileri gerektirmektedir.

- Yol geometrisi (uzunluklar, şeritler, eğim).
- Trafik kontrol verileri (sinyal zamanları, uyarı işaretleri).
- Talepler (Giriş hacimleri, dönüş yüzdeleri, O-D tabloları).
- Kalibrasyon verileri (trafik hacmi,hız ve kuyruklanma gibi performans ölçütleri).

Mikrosimülasyon modelleri yukarıdaki temel girdi verilerine ek olarak, taşıt ve sürücü özelliklerini (taşıt uzunluğu, maksimum hızlanma ivmesi, sürücü davranışı vb.) içeren verilere gereksinim duyar. Bu verileri araziden toplamak oldukça güçtür, genellikle hazır olarak mikrosimülasyon yazılımının içinde bulunurlar.

Aşağıda, simülasyonda kullanılan verilere ilişkin daha ayrıntılı açıklamalar bulunmaktadır.

- **Geometrik Veriler**

Çoğu modelin gerektirdiği temel geometrik veriler şerit sayısı ve uzunluğu ile serbest akım hızıdır (Bazı simülasyon yazılımları ek geometrik veri girmeyi gerektirebilir. Bunlar eğim, düşey kurp, park yerleri, yol kaplaması, banket genişliği vb.). Kavşaklarda projelendirilmiş dönüş şeritleri ve taşıt depolama uzunlukları mutlaka eklenmelidir. Bu veriler projedeki çizimlerden, saha araştırmalarından, coğrafi bilgi sistemlerinden (GIS) veya hava fotoğraflarından elde edilebilir.

- **Kontrol Verileri**

Kontrol verileri temel olarak trafik kontrol araçlarının konumunu ve sinyal zaman ayarlarını içerir (Bazı simülasyon araçları uyarmalı trafik kontrol sistemleri oluşturmaya izin verirken bazıları ise sabit zamanlı sinyallerle çalışır. Bununla birlikte her iki sistemi de kullanan simülasyon araçları vardır). Bu veriler saha araştırmalarından veya trafik kontrol sistemini işleten kurumdan elde edilebilir.

- **Talep Verileri**

Birçok modelin gereksinim duyduğu temel talep verileri, giriş hacimleri (çalışma sahasına giren trafik) ve kavşaklardaki dönüş hareketleridir. Bazı modeller ise bir ya da bir kaç taşıt tipi için rotalamayı yapacak O-D matrislerini gerektirir. Talep modellemesi prosedürü yazılımdan yazılıma değişebilir, bazı yazılımlar ise trafik değerlerinden O-D matrisi hesabı yapar.

4.4.2 Kalibrasyon Verileri

Kalibrasyon verileri kapasite, trafik büyüklükleri ölçümleri, seyahat süreleri, hız, gecikmeler ve kuyruklanmalar gibi performans ölçütlerini içerir. Kapasiteler, trafik büyüklüklerinden bağımsız olarak elde edilebilir (kötü hava koşulları ve sinyalizasyon olma durumu hariç), bununla beraber seyahat süreleri, hızlar, gecikmeler ve kuyruk uzunlukları, kalibrasyonun daha yararlı olması amacı ile trafik değerleri ile birlikte toplanmalıdır. Çalışma sahasında bir ya da daha fazla süreli veri toplama noktası varsa, kalibrasyon verileri toplandığı zaman, trafik değerlerini hazırlanan senaryolara göre eşleştirmek mümkündür.

4.4.3 Veri Hazırlama / Kalite Güvencesi

Bu bölüm verilerin hata testi ve gözden geçirilmesi ile ilgilidir:

- Akım yukarıdaki trafik büyüklükleri aşağıdakilerle karşılaştırılmalıdır. Akım değerlerindeki açıklanamayan azalmalar veya artışlar dengelenmelidir (Yüksek farklar, giriş-çıkışlar veya park alanları varsa kabul edilebilir).
- Geometrik veriler ve kontrol verileri, belirli olan proje tasarım standartlarına ve/veya trafik mühendisliği prensiplerine göre gözden geçirilmelidir. Geometrideki ani kesiklikler, yerel durumu iyi bilmeyen kişiler için hatalı test sonuçları verebilir. Süreksizlikler ve proje tasarım standartlarındaki bozukluklar veri toplama hatalarının bir göstergesi olabilir.
- Bağlardaki gerçek hızları elde etmek için hareketli taşıtlar incelenmelidir.
- Doygun akım ve kapasite değerleri HCM'nin bu büyüklükler için hesapladığı değerlerle karşılaştırılmalıdır. HCM değerleri ile saha ölçümleri arasındaki büyük farklar olması durumunda saha ölçümleri kontrol edilir (HCM ile saha ölçümleri arasında yaklaşık %25 oranında fark varsa hesaplar gözden geçirilmelidir).

4.4.4 Trafik Hacimlerinin Dengelenmesi

Birbirine çok yakın noktalarda uyumlu olmayan trafik değerleri olacaktır. Bu sayım hatası, farklı günlerde sayım yapılması (trafik değerleri günlük %10 veya daha fazla değişebilir), iki nokta arasında bir trafik kaynağı (örneğin katılım veya ayrılım) olması ve iki nokta arasında kuyruklanma olması nedeni ile oluşabilir. Bir otoyolda toplam trafik girdisi ile toplam trafik çıktısı arasındaki fark otoyoldaki kuyruk artışı veya azalmasından dolayı olabilir.

Analist trafik değerlerini yeniden incelemelidir ve uyumsuzlukların sebebini bulmalıdır (yerel deneyimlere ve saha gözlemlerine bağlı olarak). Sayım hataları ve farklı günlerde sayım yapılması, trafik kaynağının veya trafik ayrılmasının bulunmasından, kuyruklanmanın başlaması veya kuyruklanmanın azalmasından farklı bir durumdur.

Sayım hatalarından veya farklı günde sayım yapmaktan kaynaklanan sapmalar ana modelin oluşturulma sürecinden önce dengelenmelidir. Tutarsız değerler hata kontrolü ve model kalibrasyonunu zorlaştırır. Aynı nokta için farklı trafik değerleri ortalama bir değer alınarak kullanılabilir. Bu genellikle giriş değerleri için doğru bir yöntemdir. Kavşaklardaki dönüş yüzdeleri bu nokta için ölçülen ortalama trafik değerleri üzerinden hesaplanır. Bu işlem sonradan model kalibrasyonuna çok yardımcı olacaktır.

Aralarında park alanları gibi yerler olan iki nokta arasında trafik değerindeki farklılıkları dengelemek gerekmez. Bu sorunlar model oluşturma sürecinde çözülür.

İki nokta arasındaki kuyruklanmadan oluşan trafik değeri farklılıkları, analistin sayım süresini uzatması ve tüm taşıtların iki noktadan geçmesinin sağlanması ile çözülür.

Taşıt sınıflandırılması ve seyahat hızları aynı zamanda trafik değerlerini de etkiler. Ağır taşıtlar veya yanlış hızlar trafik değerlerini hatalı gösterir.

4.5 Ana Modelin Geliştirilmesi

Bu bölümde mikrosimülasyon modeli geliştirilmesindeki genel süreç anlatılacaktır. Bu amaca yönelik bir çok bilgisayar yazılım programı kullanılmaktadır ve her birinin kendine özgü kodlama yöntemi vardır. Burada anlatılanlar model geliştirme ile ilgili genel bilgileri içerir; analist yazılımın girdileri ve teknik ayrıntılar için mikrosimülasyon özel kullanım kılavuzlarını dikkate almalıdır.

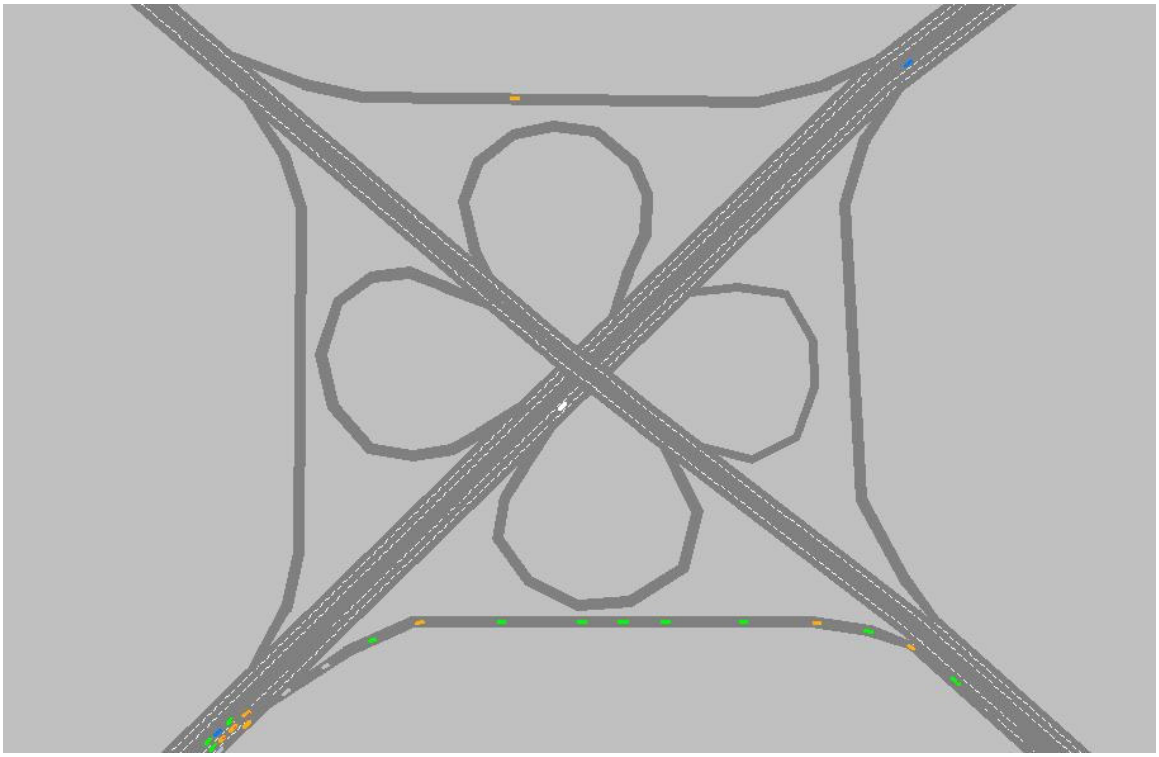
Bir model oluşturulması ev inşaatı ile çok benzerdir. Mevcut halihazır bir harita veya fotoğrafla işe başlanılır ve sonra sırayla her eleman birer birer oluşturulur; iskelet, çatı, duvarlar ve son olarak iç detaylar. Görüldüğü gibi başarılı bir mikrosimülasyon modeli

oluşturulması bu sürece benzemektedir. Sahanın haritası ile işe başlanmalıdır (bağ – düğüm diyagramı), ve sonra model oluşturulur (bağlar kodlanır, düğümler kodlanır, bağ geometrileri oluşturulur, düğümlerde trafik kontrol planları eklenir, seyahat talep verisi girilir, sürücü davranış verileri girilir ve son olarak model çalıştırma kontrol parametreleri seçilir).

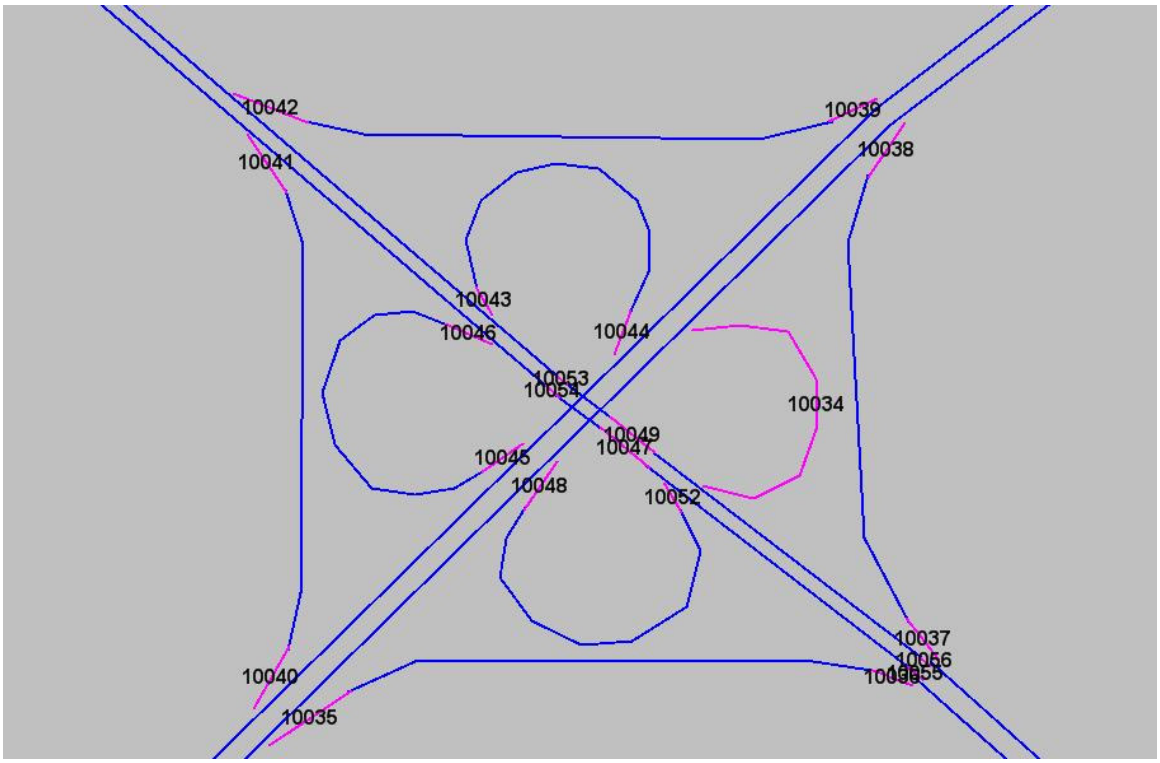
4.5.1 Bağ – Düğüm Diyagramı (Model Haritaları)

Bağ – Düğüm diyagramı mikrosimülasyon modeli oluşturmak için bir haritadır. Bu diyagram modele hangi caddelerin ve otoyolların ekleneceğini ve nasıl temsil edileceklerini tanımlar. Örnek bir bağ – düğüm diyagramı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu süreç oldukça önemlidir ve projenin ana yapısı için her zaman bu bağ – düğüm diyagramı hazırlanmalıdır.

Bağ – düğüm diyagramı doğrudan mikrosimülasyon yazılımından veya çeşitli bilgisayar (CAD) yazılımları yardımıyla oluşturulabilir. Eğer diyagram mikrosimülasyon yazılımı ile oluşturulursa, yazılıma bağ – düğüm diyagramı ile örtüşebilecek başka bir hava fotoğrafı veya harita eklenmesi mümkündür. Eğer diyagram CAD yazılımı kullanılarak oluşturulursa fotoğraf yada harita CAD yazılımına dışarıdan eklenebilir.



Otoyol Kavşağı



Bağ – Düğüm Diyagramı

Şekil 4.2 Otoyol kavşağının bağ – düğüm diyagramı örneği

Düğümler iki veya daha fazla bağın birleştiği yerlerdir. Düğümler modelde genellikle x-y koordinatları kullanılarak yerleştirilirler ve kavşaklarda veya bağ geometrisinin değiştiği yerleri temsil etmek üzere kullanılırlar. Bazı simülasyon yazılımları aynı zamanda z koordinatlarını da girmeye imkan tanırlar. Düğüm yerleri hava fotoğraflarından, haritalardan veya saha ölçümlerinden elde edilirler.

Bağlar caddeler veya otoyollarda tek yönlü kesimlerdir. Bağlar kesimin uzunluğunu temsil eder ve genellikle düğümler arasındaki sokakların veya otoyolların geometrik özelliklerini temsil eden verileri içerir. Genel olarak bir bağ, karayolu kesimini, geometrisi ve trafik işletim koşulları ile birlikte temsil eder.

Analizci hata testi yapabilmek ve aynı özelliklere sahip grup halindeki bağların toplu performans istatistiğini almak için düğümleri numaralandırıp bir şema oluşturmalıdır. (örnek olarak, aynı özellikteki bağların hesaplarını hızlı bir şekilde elde edebilmek için Çizelge 4.3'de düğüm numara şeması tasarlanmıştır.) Mikrosimülasyon yazılımı tarafından oluşturulan çıktılar çoğunlukla bağların başlangıç ve bitişlerindeki düğüm numaralarına göre hazırlanmıştır. Düğüm numaralandırma işlemi büyük boyutlu sonuç raporlarında araştırma ve incelemeyi kolaylaştırır.

Eğer bağ-düğüm diyagramı başka bir yazılım kullanılarak oluşturulmuşsa, bu diyagram üzerindeki bilgiler tamamlanmalıdır. Düğümlerin x-y koordinatları ve tanımlayıcı numaraları girilir. Daha sonra bağ-düğüm iskeletini oluşturmak için düğümler kendi aralarında birleştirilirler.

Çizelge 4.3 Düğüm numaralandırma için bir örnek

	Numara Aralığı		
Bağlar	Başlangıç numarası	Bitiş numarası	Tanımı
0'lar	1	99	Çeşitli
100'ler	100	199	D-100 Karayolu Anayollar
200'ler	200	299	D-100 Karayolu Katılım ve Sapaklar
300'ler	300	399	D-100 Karayolu Yan yollar
400'ler	400	499	TEM Otoyolu Anayollar
500'ler	500	599	TEM Otoyolu Katılım ve Sapaklar
600'ler	600	699	TEM Otoyolu Yan yollar
700'ler	700	799	Arterler

4.5.2 Bağ Geometrisi Verileri

Analist bağ düğüm diyagramını kodlamayı bitirdiğinde, bağların fiziksel ve işletim özelliklerini modele girmelidir. Bu süreçte analist şu bilgileri girmelidir.

- Şerit sayısı
- Şerit genişliği
- Bağ uzunluğu
- Eğim
- Eğrilik
- Kaplama durumu (kuru, ıslak)
- Görüş mesafesi
- Otobüs durağı konumları
- Yaya geçitleri ve diğer yaya özellikleri

- Bisiklet yolları
- Diğer

Girilebilecek özel veriler, mikrosimülasyon yazılımının özelliklerine göre değişkenlik gösterir.

4.5.3 Kesişme ve Kavşaklarda Trafik Kontrol Verileri

Birçok mikrosimülasyon yazılımı trafik işletimini tanımlamak için zaman adımlı simülasyonu kullanır (genellikle 1 saniye veya daha az). Taşıtlar kavşaklardaki trafik kontrol sistemlerine ve diğer komutlara uygun olarak taşıt-takip mantığı ile hareket ederler. Mikrosimülasyon modelleri için kavşaklarda trafik kontrol sistemleri çok çeşitlidir. Aşağıda bazı örnekler listelenmiştir:

- Kontrolsüz
- Uyarı işaretli
- Dur İşaretli
- Sinyalize (sabit zamanlı, uyarımlı vb.)
- Katılım kontrollü

4.5.4 Bağlar için Trafik İşletimi ve Yönetimi Verileri

Bağlar için trafik işletimi ve yönetimi verileri aşağıdakileri içerir:

- Uyarı verileri (kazalar, şerit azalmaları, çıkışlar, vb.)
- Düzenleme verileri (hız limitleri, değişken hız limitleri, yüksek doluluklu taşıtlar (HOV), şerit disiplini, şerit kullanımı, dolambaçlı yollar vb.)
- Bilgi (kılavuzlama) verileri (hareketli mesaj uyarıları ve yol kenarı işaretleri).
- Dedektörler (tip ve konum).

4.5.5 Trafik Talep Verileri

Trafik talebi, simülasyon zamanı boyunca çalışma alanından geçmek isteyen taşıt sayısı ve her tip taşıt yüzdesi olarak tanımlanabilir. Bundan başka simülasyon periyodu boyunca talepteki değişimi yansıtmak da gereklidir. Bir çok mikrosimülasyon yazılımında ağa giren trafik genellikle bazı parametrelerle tanımlanır ve ağı terk eden trafik de ağdaki parametrelere bağlı olarak hesaplanır (dönüş hareketleri). Modelleyici trafik hacmi girmeye ilk olarak dışarıdaki düğümlerden başlamalıdır (bu, trafiğin modele girdiği yerdir). Dış düğümlerde tüm

giriş trafik hacimleri girildiğinde, modelleyici tüm dönüş hareketlerini ve rota seçimine bağlı olarak diğer parametreleri girmelidir. Önemli trafik talep verileri şunlardır.

- Taşıt tipine göre giriş hacimleri ve tüm kesişme ve kavşaklarda dönüş yüzdeleri (genel simülatörler).
- Rotalara özel O-D ve taşıt verileri (rota özellikli simülatörler).
- Otobüs işletimi (rotalar ve takip mesafeleri / zaman çizelgesi).
- Bisiklet ve yaya talep verileri.

4.5.6 Sürücü Davranışı Verileri

Mikrosimülasyon yazılımlarının içinde genellikle sürücü davranışı için halihazır veriler bulunmaktadır. Eğer sürücü davranışı ile ilgili ölçülmüş yerel veriler varsa kullanıcı herhangi bir sürücü davranışının halihazır değerini değiştirebilir. (Örneğin, istenilen serbest akım hızı, kuyruktan ayrılma mesafesi, dur kalk hareketinin başlangıcındaki zaman kaybı, vb.). Sürücü davranışı verileri şunları içerir:

- Sürücü davranışı (taşıt takibinde minimum takip mesafesi, şerit değiştirmede boşluk mesafesi vb.)
- Sürücü için bilgi edinebilme (anlık)
- Anlık gelen bilgilere sürücünün uyumu (rota değiştirme vb.)

4.5.7 Olaylar ve Senaryo Verileri

Olay verileri şunları içerir:

- Tıkanmalar ve kazalar
- Çalışma bağları
- Kenar şeritlerde parklanma

Bu veri analistin seçimine bağlıdır ve analist tarafından geliştirilen özel uygulamaya göre değişkenlik gösterir.

4.5.8 Simülasyon Kontrol Verileri

Tüm simülasyon yazılımları, modelleyicinin özel modelleme talepleri için bazı kontrol parametrelerini içerir. Bu parametreler yazılım paketlerine göre değişiklik gösterir. Bunlar genellikle şu parametreleri içerir:

- Simülasyonun süresi,
- Seçilen etkililik ölçütleri veya çıktılar (örneğin: raporlar, animasyon dosyaları, veya her ikisi),
- Simülasyon sonuçlarının çözümleri (zamanla ilgili ve özel çözümler),
- Modeli çalıştırmak için diğer sistem parametreleri.

4.5.9 Karmaşık Durumlar İçin Veri Girme Teknikleri

Mikrosimülasyon yazılımları, modelleyiciye, gerçekteki durumun temsili olan bir model yaratmaya izin verir. Bununla birlikte tüm olası gerçek koşullar eksiksiz oluşturulamaz. Bu durum modelleyicinin yazılımı kullanmayı çok iyi anlaması ile aşılabilir.

Mikrosimülasyon yazılımlarında esas modelleme daha basit bir şekilde kodlanabilir (Örneğin, bir kenar şerit yoğunlukla park, yük yükleme ve boşaltma için kullanılıyor olabilir. Bu durumda bu şerit hiçbir zaman kullanılamıyor olur. Eğer simülasyon yazılımı gerçek durumu doğru olarak temsil edemiyorsa, modelleyici bu şeridi çizmeyebilir). Kalibrasyon sürecinde bu durumların değerlendirilmesi gereklidir.

4.5.10 Kalite Güvence – Kalite Kontrol (QA/QC) Planı

Model kodlanmasının ardından, modelleyici modelin eksikleri olup olmadığını araştırmalıdır. Bu QA/QC sürecidir. Birçok model girdisi hesap tablosu biçimine dönüşebilecek şekilde geliştirilmiştir. Modelleyici modelin eksiksizliğini ve doğruluğunu kontrol etme amacı ile bu tip araçları kullanabilir. İlerideki hata testi bölümünde kalite kontrol testi daha detaylı incelenmiştir.

4.6 Hata Testi

Bir model geliştirmede hata düzeltme adımı temel öğelerden biridir; bu sayede, kalibrasyon aşamasında giriş hatalarını gözden geçirirken parametreler uygun olmayan sonuçlar vermez. Kalibrasyon sürecinin sonraki aşamaları, kalibrasyondan önce, talepteki ve ağ oluşturmadaki basit hataların giderildiği düşünülerek devam eder.

Hata testi, oluşturulan ağ yapısının, girilen taleplerin ve halihazır parametrelerin defalarca gözden geçirilmesini içerir. Hata testi süreci üç temel adımdan oluşur:

(1) yazılım hata testi,

(2) veri girişlerinin hata testi,

(3) animasyonda gözlem yaparak basit hataların tespiti.

4.6.1 Yazılım Hatalarının Gözden Geçirilmesi

Analiz yapan kişi yazılım hakkındaki son haberleri öğrenmek ve varsa ortaya çıkan hatalardan haberdar olmak için, kullandığı yazılımın ve yazılımı kullanan kullanıcı gruplarının internetteki sitelerini gözden geçirmelidir. Analizci kullandığı yazılımın son versiyon olduğundan ve gerekli yamaların eklendiğinden emin olmalıdır.

4.6.2 Girilen Verilerin Gözden Geçirilmesi

Girilen verilerin doğruluğunu sınamak için, kontrol edilmesi gerekenlerin listesi aşağıda verilmiştir:

1.Ağ (Bağ düğüm diyagramı):

a. Temel ağ bağlantılarını kontrol edin (Tüm bağlantılar yapılmış mı?).

b. Bağ geometrisini kontrol edin (uzunluklar, şerit sayıları, serbest akım hızı, vb.).

c. Kavşak noktalarındaki kontrolleri gözden geçirin (kontrol verisi, kontrol tipi)

d. Kavşaklarda ve bağlarda izin verilmeyen dönüşleri, kapalı şeritleri, şerit kullanım sınırlamalarını kontrol edin.

2.Talep:

a. Taşıt girişi olan her düğümde taşıt kompozisyonu oranını kontrol edin.

b. Tanımlanan trafik kaynaklarını ve trafiğin kaybolduğu bölgeleri kontrol edin.

c. Bölge hacimlerini trafik değerlerine göre kontrol edin.

d. Eğer yüksek doluluklu taşıtlar modelleniyorsa taşıt doluluk dağılımını kontrol edin.

e. Eğer ayrı girilmişse dönüş yüzdelerini kontrol edin.

f. Ağdaki seyahat OD matrisleri kontrol edin.

3.Taşıt Özellikleri ve Seyahat Eden Kişinin Davranışı:

a. Halihazır taşıt tiplerini ve özelliklerini kontrol edin, gerekli ise değiştirin.

b. Halihazır taşıt performans değerlerini kontrol ve gerekirse yenileyin.

Aşağıdaki teknikler hata testi sürecinin verimliliğini ve etkinliğini arttırmada yararlı olabilir (kullanılan yazılımın izin vermesi halinde):

- Girilen ağ geometrisinin doğruluğu hava fotoğrafları ile kontrol edilebilir.

- Eğer kullanılan yazılım üç boyutlu modellemeyi destekliyorsa, düğüm numaralarını açın ve üçüncü boyuta göre gözden geçirin. Bilinçli olarak konulmamış fazla bağ ve düğümler ortaya çıkacaktır. İki ya da daha fazla düğüm noktası aynı yere konulmuş olabilir. Bu iki boyutta tek düğümmüş gibi görünür. Bu noktada bağ bir düğüme bağlantılı olsa bile diğerine bağlantılı olmayabilir.
- Geniş ağlar için, bağ özellikleri ile ilgili özet bir raporlama istenmelidir, böylece bağ değerleri kolayca gözden geçirilebilir.
- Bağların bireysel özelliklerini birbirinden ayırabilmek için renklendirme yapılabilir (örneğin, bağlar serbest akım hızına göre renklendirilebilir). Sayısal değeri olmayan özelliklerin renklendirilmesi anlamayı kolaylaştırabilir. Bu şekilde süreksizlikler (ya da kesiklikler) kolayca fark edilebilirler.

4.6.3 Animasyonun Gözden Geçirilmesi

Animasyon çıktıları, analiste modellenen taşıt davranışları ve mikrosimülasyon modelinin uygunluğu konusunda karar vermede yardımcı olur. Yapay (hayali) taleplerle simülasyon modelinin çalıştırılması ve animasyonun gözden geçirilmesi girdi hatalarını bulmakta yardımcı olur. Analist küçük bir talep girip ağ boyunca bireysel taşıtları izleyebilir. Kuşkulu taşıt hareketleri (beklenmedik frenleme ve durma gibi), olası girdi hatalarının göstergesidir.

Animasyon çıktılarını gözden geçirirken iki basamaklı süreç takip edilebilir:

1. Çok düşük talep değerleri ile simülasyon çalıştırılır (tıkanıklık olmadığından emin olmak için). Analist taşıtları tek tek ağ boyunca gözlemelidir ve beklenmedik yavaşlamaları tespit etmelidir. Bu durum genellikle basit girdi hatalarından kaynaklanmaktadır ve taşıtın hareketini olumsuz yönde etkiler.
2. Küçük değerdeki bir taleple simülasyonun test edilmesi tamamlandığında, talebin %50'si kadar bir değerle simülasyonu tekrar çalıştırın. Bu durumda talep, tıkanıklık oluşturacak büyüklükte değildir. Eğer tıkanıklık oluşuyorsa, bu durum taşıtların dağılımını etkileyen ve zor tespit edilebilecek bir hatadan dolayıdır. Tüm taleplerin doğru olarak girildiğini ve taşıtların ağda doğru hareket ettiğini onaylayabilmek için giriş ve çıkış bağ akımları kontrol edilmelidir.

Animasyonda taşıt davranışlarının gerçekçi olup olmadığını saptamak için tıkanıklık oluşan noktalarda yeteri kadar detaylı inceleme yapılmalıdır. Eğer gözlenen bir taşıtın davranışı gerçek görünmüyorsa, analist gerçek olmayan davranış için aşağıda listelenen olası nedenleri araştırmalıdır:

Analistin Beklentilerindeki Hatalar: Analist animasyonun gerçekdışı taşıt davranışı gösterdiğine karar vermeden önce, sahada aynı yerde aynı zaman periyodundaki taşıt davranışının nasıl olduğunu saptamalıdır. Analistin beklentisi çoğu zaman sahadaki gerçek taşıt davranışı ile örtüşmez. Eğer ağ hava fotoğraflarından ya da halihazır haritalardan oluşturulmuşsa, sahadaki incelemelerle görülecek farklılıklar, anlaşılmaz taşıt davranışının nedenlerini ortaya çıkartabilir. Eğer modelin gerçek taşıt davranışı üretmesi bekleniyorsa sorunlu yerlerde ağ yeniden oluşturulmalıdır.

Analistin Veri Girişindeki Hatalar: Analist, simülasyon modelinin seyahat davranışını doğru olarak temsil etmemesinin nedenini, girilen verileri gözden geçirerek araştırabilir. Kapsamlı ve detaylı veri girişi gerektiren ticari amaçlı mikrosimülasyon modellerinde gerçekdışı taşıt davranışı, sıklıkla zor fark edilen hatalı veri girişi nedeniyle meydana gelir. Zor fark edilen hatalar görünüşte doğru girilmiş olabilir fakat, modelin bunları taşıt davranışında nasıl kullandığını bilmek gerekir.

Sahadaki gerçek tasarım ve işletim özellikleri modelde tam olarak temsil edilemeyebilir. Bu durumda aşağıdaki gibi alternatif yöntemler geliştirilebilir.

- Yasadışı taşıt sürüşü (örneğin sürücüler dönüş veya seyahat için emniyet şeritlerini kullanıyor olabilir).
- Yol kenarı parklanma gibi bazı parklanma şekilleri (Bu durum bağdaki serbest akım hızı azaltılarak modellenebilir).
- Ortalama seyahat hızları sahadaki hız kısıtlarını aşabilir (Kalibrasyon sürecinde ölçülen hız kullanılmalıdır).
- Dönüş bölümleri trafiğin tıkanması nedeni ile tam olarak modellenemeyebilir.
- Genellikle yerel problemler sistemin bir bütünü gibi sonuç verirler.

4.6.4 Diğer Hatalar

Analist sahada trafik performansına yönelik beklentilerini elde etmiş ve tüm olası hatalarını düzeltmiş olmasına rağmen, simülasyon analiste hala tatmin edecek kadar iyi çalışmıyorsa, yapılabilecek başka bazı işlemler vardır. İstenilen performans yazılım kabiliyetlerinin üstünde olabilir ya da yazılım da hatası bulunabilir.

Yazılımın sınırları yazılım kılavuzlarının çok iyi gözden geçirilmesi ile tanımlanabilir. Eğer problem yazılım sınırlarından kaynaklanmıyorsa, analist istediği performansa ulaşmak için model sınırlarını zorlayarak veya birtakım hileler yaparak model sınırları civarında çalışabilir

(Örneğin, düzenli olarak açılıp kapanan bir köprü trafik ışığı olarak girilebilir). Eğer sınırlamalar çok fazla ise diğer alternatif bir yazılım araştırılmalıdır. Bilgisayar kodu yazabilen analistler, istenilen performansı elde etmek ve sınırları aşmak için mikrosimülasyon modeline kendi arayüz yazılımını yazabilirler (API "Application Program İnterface").

Yazılım hataları, basit bir ağda modelden çıkan sonuçlarla, sahada hesaplanan sonuçların karşılaştırılması ile ortaya çıkarılabilir. Yazılım hataları sadece yazılım geliştiricisi ile birlikte çalışarak ortaya çıkarılabilir.

4.6.5 Hata Testinin Tamamlanması

Hata testinin tamamlanması sonuç kararının verilmesi ile yapılır. Sonraki amaç –model kalibrasyonu- çok zaman alıcı olabilir. Bu amaca başlanılmadan önce analizci hata testinin tam olarak tamamlandığından emin olmalıdır, özellikle:

- Tüm girdi verileri doğrudur.
- Tüm halihazır parametreler model için uygundur.
- Saha gözlemlerine veya düşüncelere göre animasyon sonuçları mantıklıdır.

Hata testi sonuçlandırıldığında, analizci bir çalışma modeline sahip olmuş olur (yalnız hala kalibre edilmemiştir).

4.7 Mikrosimülasyon Modelinin Kalibrasyonu

Hata testi adımının tamamlanmasından sonra, analist artık çalışan bir modele sahiptir. Bununla beraber, kalibrasyonu yapılmadan modelin projenin trafik performansını doğru olarak yansıtıp yansıtmadığı garanti edilemez.

Kalibrasyon, modelin yerel sürücü davranışlarını ve trafik özelliklerini üretme kalibiyetini arttırmak için model parametrelerinin ayarlanmasıdır. Kalibrasyon modelin çeşitli bileşenleri üzerinde yapılır.

4.7.1 Kalibrasyonun Amaçları

Hiçbir basit model tüm olası trafik durumları için tam olarak doğru sonuç veremez Bu nedenle, yerel koşulları doğru modellemek için kalibrasyon yapmak kaçınılmazdır. En detaylı mikrosimülasyon modeli bile gerçekteki trafik durumunu etkileyen kalibre edilmemiş parametrelere sahiptir.

Her mikrosimülasyon yazılım modeli, yerel duruma göre kalibre edilmek üzere kullanıcının ayarlayabileceği hazır parametrelere sahiptir. Bu yüzden, kalibrasyonun amacı yerel trafik

durumuna göre en iyi parametre değerlerini belirlemektir.

Yazılım geliştiriciler analistin çalıştığı bölgeye uygun olarak parametre değerleri önerebilirler. Bununla beraber, sadece çok nadir durumlarda modelin halihazır parametreleri kullanılarak doğru sonuç elde edilebilir. Analist girilen modelin yerel trafik durumunu ve davranışını doğru olarak temsil ettiğini garanti etmek için her zaman kalibrasyon testi yapmak zorundadır

Kalibrasyonun esas kabüllerinden biri simülasyon modelindeki seyahat davranışı modellerinin hatasız olduğudur. Eğer istenilen bağ değeri için parametreler girildiyse gecikme, seyahat süresi ve yoğunluk için herhangi bir doğrulamaya ihtiyaç yoktur. Bu yüzden analistin yapması gereken şey, model parametrelerini yerel duruma uygun olarak ayarlamaktır.

Model kalibrasyonunun amacı, sahada ölçülen değerlerle model çıktılarının en iyi biçimde eşleşmesini sağlamaktır. Bununla birlikte harcanılabilecek süre ve çaba sınırlı olduğu için modeldeki bazı hatalar göz ardı edilebilir. Öyle bir noktaya gelinir ki, büyük çabaların sonunda doğrulukta küçük değişimler olmaya başlar. Burada analist nerede duracağını bilmelidir. Bu aşamada model için kalibrasyonu amaçları seçilmelidir. Eldeki sınırlı kaynaklar ile model kalibrasyonu uyumlu olmalıdır.

Kalibrasyon amaçları uygun kaynaklar göz önüne alınarak, mikrosimülasyon modeli için minimum performans ihtiyaçlarına bağlı olarak geliştirilir. Bu amaçlar, hangi mikrosimülasyon modeli geliştirildiği ve analizciye uygun olan kaynaklara göre değişiklik gösterir.

4.7.2 Kalibrasyon Yaklaşımı

Kalibrasyon simülasyon sonuçlarına etki eden yüzlerce model parametresini gözen geçirmeyi ve ayarlamayı içerir. Analist bu bitmeyen döngü sürecinde tuzağa düşebilir. Bu yüzden kalibrasyon sürecinin mantıksal ve ardışık adımlara bölmek kalibrasyon için iyi bir strateji olabilir.

Kalibrasyonu pratik hale getirmek için, parametreler kategorilere ayrılmalıdır ve her kategori ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Analist uygun kalibrasyon parametrelerini aşağıdaki temel iki kategoriye ayırabilir.

- Analistin emin olduğu ve değiştirmeye gerek duymadığı parametreler.
- Analistin şüphe duyduğu ve ayarlaması gereken parametreler.

Analizci parametreleri kalibre etmede gereken çalışmayı azaltmak için olduğu kadar çok ayarlanabilen parametreyi sabit tutmaya çalışmalıdır. Uygulanabilir olması halinde analizci,

yerel durumu yansıtmak için sahada ölçülen verileri kullanabilir. Saha verileri ile ilgili parametreleri ayarlamaya gerek yoktur, böylece ayarlanacak parametre sayısı en aza indirilebilir. Bununla birlikte özel durumlar için çok sayıda parametre kullanılması analiste daha iyi kalibrasyon yapabilmek için serbestlik sağlar.

Ayarlanacak parametreler kapasiteyi doğrudan etkileyen (takip aralığı gibi), ve rota seçimini doğrudan etkileyen olarak sınıflandırılabilir. Öncelikle kapasite parametreleri daha sonra rota seçimi parametreleri ayarlanır.

Tüm parametreler, ayrıca, simülasyonu genel (global) ve yerel (local) olarak etkileyen parametreler şeklinde ayrılabilir. Genel kalibrasyon yapıldıktan sonra yerel parametreler ayarlanır.

Kalibrasyon yapılması için aşağıdaki 3 adımlı strateji önerilir.

1. Kapasite Kalibrasyonu: İlk kalibrasyon, sahada ölçülen kapasite parametre değerlerinin belirlenmesi ile yapılır. İlk önce genel kalibrasyon yapılır daha sonra bunu bağlardaki ince ayar takip eder. Eğer saha ölçümleri yapılamıyorsa HCM kapasite değerleri kullanılabilir.

2. Rota Seçimi Kalibrasyonu: Eğer mikrosimülasyon modeli paralel yollar içeriyorsa, rota seçimi önemli hale gelir. Bu durumda ikinci bir kalibrasyon sürecine girilir, fakat bu kez rota seçim parametreleri değiştirilir. İlk önce genel parametreler ayarlanır sonra bunu bağlardaki ince ayar takip eder.

3. Sistem Performansının Kalibrasyonu: Son olarak tüm modelin sistem performansı hesaplanır (seyahat zamanı, kuyruklanma) ve sonra bunlar sahadaki seyahat zamanı ve kuyruklanma saha ölçümleri ile karşılaştırılır. İnce ayar, yapılması modelin saha ölçümleri ile daha iyi eşleşmesi için yapılır.

4.7.3 Kapasite Kalibrasyonu

Kapasite kalibrasyon adımı, kapasite için yerel saha ölçümlerini en iyi şekilde yansıtmak amacı ile, kapasite ile ilişkili genel ve yerel parametrelerin ayarlanmasını içerir. Bu önemli bir adımdır, çünkü kapasite önceden bilinen sistem performansı (gecikme ve kuyruklanma) üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu kalibrasyon adımının amacı kapasite için saha ölçümleri ve model sonuçlarının en yakın değerleri almasını sağlayacak model parametrelerini bulmaktır.

Kapasite kalibrasyon süreci iki adımda tamamlanır:

(1) Genel kalibrasyon ve (2) ince ayar adımları. Genel kalibrasyon, sahadaki durumu en iyi

şekilde temsil eden kapasite parametrelerinin farklı bağlardaki değerlerini bulmak için yapılır. Daha sonra bağlardaki kapasite parametreleri modelde ince ayar yapılır, böylece darboğazda saha ölçümleri ile bulunan kapasiteye erişilmeye çalışılır (Genel ayarlama tüm bağlarda modelin hesapladığı kapasitelerin doğrulandığını garantiye alır (tıkanıklık olmayan durumlar için). Bağları ilgilendiren parametrelerin ayarlanması sadece o bağda doğruluk garantisi verir).

Kapasite kalibrasyonu yaklaşımı şöyle devam eder:

1. Sahada kapasite ölçümleri yapılır.
2. Modelden çıkan kapasite sonuçları toplanır.
3. Kalibrasyon parametreleri seçilir.
4. Kalibrasyon amaç fonksiyonu hazırlanır.
5. Optimum parametre değerleri için araştırma yapılır.
6. Kalibrasyon ince ayarı yapılır.

Devam eden bölümlerde bu prosedür daha ayrıntılı açıklanacaktır.

1) Sahada Kapasite Ölçümlerinin Yapılması

Sahada kapasite ölçümleri yapılacak yerlerin belirlenmesi çalışma alanındaki mevcut trafik koşullarına bağlıdır.

Analist, sinyalize olmayan bölgelerde (serbest yollar, otoyollar, kırsal yollar) kuyruklanmanın en az 15 dakika sürdüğü yerleri seçmeli ve kuyruk boşalmaya başladığı anda akım ölçümünü yapmalıdır. Akım değeri sadece gözlem yerinin akım yukarısında kuyruk varsa ölçülmelidir. Tüm şeritlerdeki akım toplanarak, eşdeğer saatlik değerine çevrilir. Bu değer, sahada o noktada ölçülmüş kapasitedir.

Sinyalize kavşaklarda, analist şerit başına en az 10 taşıt kuyruklanma meydana gelen yaklaşım kollarını belirler ve HCM'nin sinyalize kavşaklar bölümündeki gibi şerit başına saatlik doygun akımı ölçer. Daha sonra, sinyalize kavşağın yaklaşım kollarının kapasitesi, doygun akım ile yeşil sürenin devre süresine oranı çarpılarak bulunur.

$$c = s\frac{g}{C} \tag{4.1}$$

burada:

c: kapasite (saatlik taşıt sayısı (taşıt/saat))

s: doygun akım (yeşil fazdaki kapasite)

g: etkili yeşil süre

C: devre süresi

Yüksek doygun akımlar ve kalkışlardaki küçük kayıp süreler yüksek kapasitelerin elde edilmesine yol açarlar.

Maksimum akım oranı için sahada yeterli sayıda ölçüm yapılmalı ve bunların ortalamaları alınmalıdır. Eğer sahada kapasite ölçülemiyorsa, kapasite hesaplamak için HCM yöntemleri kullanılabilir.

2) Modelin Hesapladığı Kapasitenin Elde Edilmesi

Mikrosimülasyon modellerinin sayısal çıktı değeri, "kapasite" olarak adlandırılamaz, modeller verilen bir noktadan geçen taşıt sayısını çıktı olarak verir. Böylece analist, kalibre edilecek bağın akım yukarısında kuyruk oluşturmak için giriş taleplerini ustalıkla seçmelidir. Bu yüzden model, darboğaz süresince maksimum olası akım oranını verecektir.

Modelde darboğaz oluşumunun başlangıcı ile ilgili bir uyumsuzluk söz konusu olursa, modeldeki talepler bu darboğaz noktasında tıkanıklık yaratmak için geçici olarak arttırılır. Bu geçici arttırma kapasite kalibrasyonu yapıldıktan sonra, rota seçimi kalibrasyonundan önce kaldırılmalıdır.

Eğer model bir darboğaza ilişkin olarak sahada olmayan tıkanıklıkları gösterirse, bu bağda kapasite geçici olarak arttırılır (bağlarda takip mesafesi geçici olarak ayarlanır). Bu geçici ayarlamalar ince ayar adımında kaldırılır.

Sinyalize olmayan bağlarda (serbest yol, otoyol, kırsal yol), hedef bağı besleyen tüm şeritler ve bağlar için simülasyondaki kuyruk en az 15 dakika sürmelidir. Bu şekilde elde edilen kapasite hedef bağda 15 dakika ve daha uzun süren kuyruğun ortalama akım oranıdır (hedef kesitte tüm şeritlere konulan dedektörlerle ölçülür). Bu sonuç şerit sayısına bölünerek saatlik akım oranına dönüştürülür..

Sinyalize kavşaklarda, yeşil sürenin başlangıcından önce kuyrukta 10 taşıt bulunmasını garantiye almak için girilen talep arttırılır. Dur çizgisinin üzerine her şeritten geçen ilk 10 taşıt arasındaki kuyruk boşalma aralığını (izleme aralığı) ölçmek için dedektör yerleştirilir. Şerit başına takip aralığı için her şeritin ortalama değeri bulunur sonra tüm şeritler için ortalamalar alınır. Daha sonra sonuç, şerit başına saatlik akım oranına dönüştürülür.

Sahadaki kapasite ölçümleri birkaç kez tekrar edilip sonuçların sağlaması yapılması, modelde

birkaç kez çalıştırılarak her bağdaki maksimum akım dengelenmelidir. İstenilen güvenilirlik düzeyinde kapasite değerini elde etmek için, minimum gerekli simülasyon tekrar sayısı hesaplanmalıdır.

3) Kalibrasyon Parametrelerinin Seçilmesi

Bu aşamada sadece kapasiteyi doğrudan olarak etkileyen parametreler ayarlanmalıdır. Her mikrosimülasyon yazılım programı, özel taşıt takip ve şerit değiştirme mantıklarına göre kapasiteyi etkileyen kendi hazır parametrelerine sahiptir. Analist yazılımın kullanıcı kılavuzlarını okumalı ve kalibrasyon için bunlardan bir ya da ikisini seçmelidir.

Aşağıda otoyollar ve sinyalize arterler için kapasiteyle ilişkili bir parametre listesi verilmiştir.

Otoyollar:

- Takip aralığı
- Sürücü reaksiyon süresi
- Şerit değiştirme için kritik boşluk

Sinyalize Kavşaklar:

- Kalkıştaki kayıp süre
- Kuyruk boşaltmadaki takip aralığı
- Korunmamış sola dönüşler için gerekli boşluk

4) Kalibrasyon Amaç Fonksiyonunun Hazırlanması

Sahadaki kapasite ölçümleri ve modelin ulaşabileceği en yüksek akım değeri arasındaki farkın (hatanın) karesinin minimize edilmesi önerilir. Bu değer modelin birkaç kez çalıştırılması ve hataların kareleri toplamının ortalaması alınarak bulunur. Her çalıştırma tekrarı, farklı bir rastsal sayı ile tekil bir P parametresine sahiptir.

Minimize etmek için hazırlanan P model parametresinin seçilmesi:

MSE (Mean Square Error) = $\frac{1}{R}\sum_{r}\left(M_{ltpr} - F_l\right)^2$

tüm P_m ayarlanabilir parametreleri için burada: $P_m^{\min} \le P_m \le P_m^{\max}$

MSE: Hataların karelerinin ortalaması

M_{ltprs}: l noktasından, t zamanında, p parametresi kullanılarak, r tekrar sayısı için modelin

hesapladığı kuyruk boşalma akım değeri (kapasite)

F_l: l noktasında kuyruk boşalma akım değerinin (kapasite) sahadaki değeri.

R: farklı rasgele kaynak sayıları kullanılarak ve sabit P_m parametre değeri için modelin çalıştırılma sayısı.

P_m: m sayılı model parametresinin değeri.

P_m^{min}, P_m^{max}: P_m parametre değerleri için kullanıcının belirlediği izin verilebilir değer aralığı. (Bu limitler, taşıt davranışıyla ilgili sınırlamalarıyla, taşıt performansı limitlerine ve fizik kurallarına uygun olmayan çözümlerden kaçınmak için gereklidir).

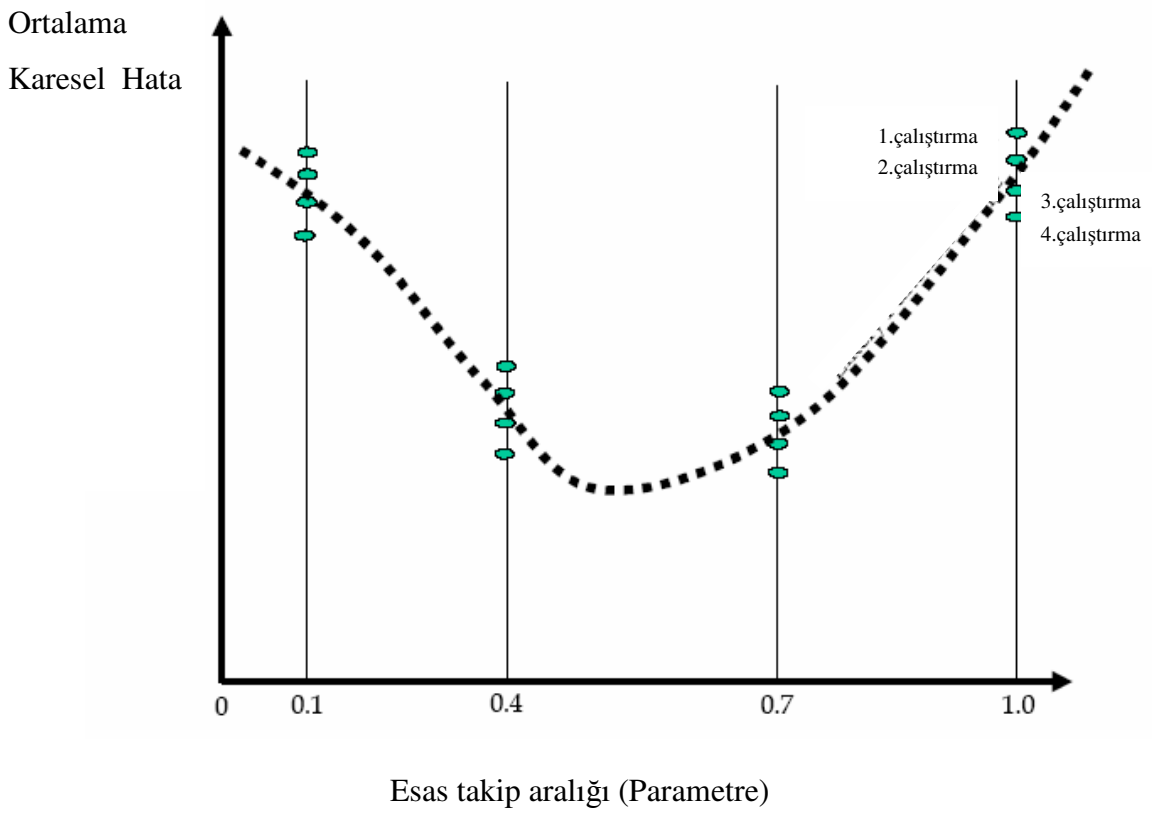
5) Optimum Parametre Değerinin Araştırılması

Analistin bu aşamada kapasitenin model ve saha ölçümleri arasındaki kapasite hatasını en aza indirecek P kapasite ayarlama faktörünü belirlemesi gerekmektedir. Kalibrasyon problemi, doğrusal olmayan en küçük kareler optimizasyon problemidir.

Simülasyon modelleri karmaşık olduğu zaman, çözümün minimum değerini bulmak için, normal hesap yöntemleri ile modelleri formüle etmek genellikle olanaklı değildir. Simülasyon model sonuçlarını noktasal olarak çıktı veren, bu noktalar arasındaki optimum çözümü araştıran ve çok çeşitli işlemlere bağlı olan bazı algoritmalar geliştirmek gerekmektedir. Algoritma araştırmaları kalibrasyon problemine optimum çözümü bulmak için gereklidir.

Saha gözlemleri ve simülasyon modeli arasındaki hataların karesini en aza indirmek için, kalibrasyon parametrelerinin en iyi kombinasyonunu kurabilecek çeşitli yazılım programları vardır. Böyle bir optimizasyon programı için örneğin bakınız: [4]

Şekil 4.3 model çalıştırma sayısı için bu tekil algoritmalardan birisinin kullanılarak tek parametre araştırmasının (M=1) nasıl yapıldığını gösteriyor.



Şekil 4.3 Ortalama karesel hataların en küçüklenmesi (Dawling R., 2004)

6) Kalibrasyonun İnce Ayarı

Global kapasite kalibrasyon parametreleri elde edildiğinde hala model performansının sahadaki durumdan büyük sapmalar gösterdiği yerler bulunabilir. Bu yüzden, sonraki adım, kapasiteyi ince ayarlamalar yaparak olabildiğince yerel ölçümlere yaklaştırmaktır.

Bağlardaki kapasite ayarlamaları, kapasiteyi etkileyen yol faktörleri ile birlikte yapılır, fakat bunlar mikrosimülasyon ağında gerçekten gösterilemez (örneğin, yol üstü parklanma, banket daralması vb.). Birçok mikrosimülasyon yazılım programı ilgili bağda uygulanabilecek, bağ kapasite (veya takip aralığı) ayarlama faktörlerine sahiptir. Bu kapasite ayarlama faktörleri model kalibrasyonunun ince ayarını yapmak için kullanılır. Bağlardaki ayarlama faktörleri davranışa bağlı değilse az kullanılmalıdırlar. Bunlar simülasyon modeliyle ilgili sonraki tüm çalışmalara yansıyacak sabit ayarlamalardır.

4.7.4 Rota Seçimi Kalibrasyonu

Analist ilk olarak modelin sahada ölçülen kapasite değerini ürettiğinden emin olduğu zaman, sonraki adımda, ölçülen akımlarla daha iyi eşleşme olması için rota seçim parametrelerinin kalibrasyonu yapılır. Daha önceki kapasite kalibrasyon adımında kullanılan geçici talep ayarlamaları değiştirilir. Sonra modelin ürettiği hacimler saha değerleri ile karşılaştırılır ve analist en iyi hacim uyumuna ulaşana kadar rota seçim algoritmasının parametrelerini ayarlar.

Eğer ağ sadece bir rotalı ise, rota seçim kalibrasyonu yapmaya ihtiyaç yoktur. Bu adım atlanır. Bu adım, mikrosimülasyon yazılımda rota seçim ayarlama özelliği yoksa yine atlanır.

Rota seçim kalibrasyon süreci iki adımdan oluşur: (1) Global kalibrasyon ve (2) ince ayar.

- **Global Kalibrasyon**

Rota seçiminin global kalibrasyonu, rota seçim algoritmaları ve ortak parametrelerin uygulamalarını içerir. Özel parametreler algoritmaya ve yazılım programına göre değişkenlik gösterir, fakat genellikle her rota için seyahat zamanı ve maliyetleri içerir. Ek parametreler sürücünün o rotayı iyi bilmesi ile ilişkilidir ve her rota için sürücünün algılamasındaki hata miktarı, zamanı ve maliyeti etkiler. Analist yazılımın kullanıcı kılavuzlarına göz atmalı ve bu kalibrasyon parametrelerinden bir ya da iki tanesini seçmelidir. Daha sonra global kalibrasyon kapasite kalibrasyonuna benzer şekilde devam eder. Modelin hesapladığı hacimler ve saha ölçümleri arasındaki MSE, doğrusal olmayan optimizasyon tekniklerinden biri kullanılarak en aza indirilir.

- **İnce Ayar**

Global kalibrasyon tamamlandığı zaman ince ayar sürecinde maliyete ya da hıza, bağlarda ince ayar yapılır. Hacimler için kalibrasyon hedeflerine ulaşıldığı zaman ince ayar tamamlanmıştır. Kalibrasyon amaçlarının anlatıldığı bölüm 4.5.6'ya bakınız.

4.7.5 Sistem Performansının Kalibrasyonu

Bu son aşamada, tamamen çalışan model tarafından üretilen seyahat süresi, kuyruk uzunlukları ve kuyruk süresi gibi değerler saha ölçümleri ile karşılaştırılır. Analist bağ serbest akım hızını ve bağ kapasitesini sahadaki ile iyi uyuşması için ayırır. Bu adımdaki değişiklikler önceki iki adımla uyuştuğu zaman, değişiklikler artık daha az yapılmalıdır.

Bu bölüm *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Simulation Modelling Software* (Dawling, 2004) adlı kaynaktan yararlanılarak oluşturulmuştur. Alternatiflerin analizi ve sonuç konuları, ileriki bölümler; 5.bölüm olan uygulama ve 6.bölüm olan sonuçlar ve öneriler bölümlerinde, yapılan uygulama ile birlikte anlatılacaktır.

5. UYGULAMA

Boğaziçi Köprüsü gişe sahası, çalışma alanı olarak seçilmiştir (Haziran 2005). Bu çalışma sırasında gişe sahasında 5 OGS (Otomatik Geçiş Sistemi), 1 KGS (Kartlı Geçiş Sistemi) ve 7 nakit ödeme gişesi bulunmaktadır. Bu gişe konfigürasyonu 27 Mayıs 2005 tarihinden itibaren hizmet vermektedir. Sağ uçtaki ilk dört gişe (1 OGS + 3 nakit) ileriye doğru ötelenmiştir. Şekil 5.1'de gişe konfigürasyonu ve kuyruklanma kapasiteleri gösterilmektedir. (Şekilde 27 Mayıs'tan önceki konfigürasyon gösterilmiştir. Bu çalışma sırasındaki konfigürasyonda 14 ve 15 no'lu gişeler kaldırılmış; 9 no'lu gişe KGS; 2,10,11,12 ve 13 no'lu gişeler OGS ve diğerleri nakit ödeme gişeleridir).

5.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmanın amacı, çeşitli OGS ve nakit gişe taleplerine göre en uygun nakit ve OGS gişe sayılarını belirlemek; aynı zamanda gişe konfigürasyonu değişikliklerine göre sistemin performansının nasıl değiştiğini analiz etmektir. Çalışmada hafta içi ve hafta sonu gişeden geçen taşıt sayıları ayrı ayrı analiz edilmiştir, çünkü gişe geçişleri hafta içi ve hafta sonu farklı özellikler göstermektedir. Analiz edilen durumlardan bir diğeri de, bir önceki gişe sahası konfigürasyonunun nasıl bir performans sergilediği ve yapılan değişikliğin sistemin bütününü nasıl etkilediğini ortaya koymaktır.

Bu kapsamda mevcut gişe geçiş oranları (OGS ve nakit ödeme oranları) %5'lik dilimlerle değiştirilmiştir. Bu yüzdelik değişim yapılırken mevcut OGS ve nakit gişe sayıları da, her ödeme oranı değişimi için en uygun değer bulunana kadar birer birer arttırılıp azaltılmıştır. Sonuç olarak, her bir OGS ve nakit ödeme yüzdesine göre en iyi performansı veren OGS ve nakit gişe sayısı bulunmaya çalışılmıştır.

Bu işlemler AIMSUN mikroskobik trafik simülasyon yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan AIMSUN yazılımının lisansı Yıldız Teknik Üniversitesi üzerine kayıtlıdır. Tez çalışması sürecinde AIMSUN ile yapılan uygulamalar Yıldız Teknik Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Trafik Araştırma ve Yöneylem Laboratuarı'nda (TAYLAB) gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.1'de çalışmanın zaman çizelgesi görülmektedir.

Çizelge 5.1 Çalışmanın Zaman Çizelgesi

	2005												2006
Aşamalar - Tarihler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
1.Proje Amacı													
2.Veri Toplama													
3.Ana Modelin Geliştirilmesi													
4.Hata Testi													
5.Kalibrasyon													
6.Alternatiflerin Analizi													
7.Sonuç Raporu													

5.2 Veriler

Yapılacak mikrosimülasyon çalışması için gerekli veriler, yazılım ve modelleme uygulamasının amaçları ve kapsamı dikkate alınarak seçilmiştir.

Geometrik veriler (uzunluklar, şeritler, eğim vb.) saha çalışmalarından, çalışma sahasına ait hava fotoğraflarından (Ek 1) ve güncel sayısal haritalardan (Ek 2) elde edilmiştir.

Gerekli olan diğer önemli verilerden biri de trafik kontrol verileridir (sinyal süreleri, uyarı işaretleri vb.). Uyarı işaretleri olarak çalışma sahasında hız sınırlamaları dikkate alınmıştır. Boğaziçi Köprüsü gişelerinde (OGS+KGS+Nakit) gişe geçişleri için hız sınırlaması 30 km/saattir.

Trafik kontrol verileri arasında en önemlilerinden biri, taşıtların nakit gişelerdeki bekleme süreleridir. Bu süre modele, katılım kontrolü (ramp metering) için belirlenen ortalama kırmızı süre ve standart sapması girilerek modellenir. Dolayısıyla yapılacak modelleme için gerekli olan veri, nakit gişelerdeki kırmızı yanma süreleridir (yani, gişelerdeki hizmet süreleridir). Bu süreler arazi çalışması aşamasında 06.06.2005 ve 10.06.2005 tarihleri arasında, modelleme yapılacak farklı saatlerde ve farklı gişelerde ölçülmüş, bir ortalama ve standart sapma bulunmuştur (Ek 3).

Mikrosimülasyon çalışması için gerekli olan bir başka veri ise taleplerdir (giriş-çıkış hacimleri, dönüş yüzdeleri, O-D tabloları vb). Bu çalışmada esas olarak gişelerden çıkış hacimleri kullanılmıştır. Bu değerler aynı zamanda çalışma sahasına giren trafik hacmi (talep) olarak ele alınmıştır. Şüphesiz ki talep, çalışma sahasına giren taşıt hacminden çok daha fazladır, fakat çalışma konusu olan gişe sayısı optimizasyonu için önemli olan, gişe sahasına giren taşıt hacmidir. Arazi çalışması sırasındaki gözlemler gişe havuzundaki kuyruk boylarının çok nadir olarak köprüye (yani, ana yaklaşım şeritlerine) ulaştığını göstermiştir. Bu nedenle gişe sahasına giren taşıt sayısını etkilemediği düşünülerek, çıkış hacimlerinin giriş hacimlerine (ötelemeli olarak) eşit olduğu kabul edilmiştir.

Veri toplama aşamasında, arazi çalışması yapılan hafta 06-12 Haziran 2005 tarihleri arasında, Karayolları 17. Bölge Müdürlüğü, Boğaziçi Köprüsü Bakım-İşletme Başmühendisliğinden gişelerden geçen saatlik taşıt sayıları, ödeme tipine göre (OGS, KGS, Nakit) ayrı ayrı alınmıştır (Ek 4).

Yine bu tarihler arasında, arazi çalışması sırasında yapılan incelemelerden, 4 ve 5 numaralı nakit gişelerin, kuyruk boylarının azaldığı (OGS yüzdesinin arttığı) saatlerde (18:00-20:00

arasında) dönüşümlü olarak kapatıldığı görülmüştür.

Simülasyon yapılacak saatlere, Boğaziçi Köprüsü gişe sahasından geçen trafik hacimlerine göre karar verilmiştir. Buna göre köprü gişelerinden geçen maksimum taşıt sayısının 16:00 – 21:00 saatleri arasında gerçekleştiği görülmüştür. Verilerin işlenmesi aşamasında, bu saatler arasında ödeme tipine göre hafta içi ve hafta sonu trafik hacminin ortalamaları hesaplanmıştır (Çizelge 5.2-a-b-c).

Çizelge 5.2-a Hafta içi ortalama OGS hacimleri (taşıt/saat) (5 gişe)

OGS							
SAAT-TARIH	**06/06/2005**	**07/06/2006**	**08/06/2007**	**09/06/2008**	**10/06/2009**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	3046	3160	3258	3271	3416	16151	**3230.2**
17:00-18:00	4184	4360	4269	4261	3975	21049	**4209.8**
18:00-19:00	4884	4512	4746	4797	4639	23578	**4715.6**
19:00-20:00	4699	4573	4528	4671	4438	22909	**4581.8**
20:00-21:00	4278	3940	4073	3832	3914	20037	**4007.4**

Hafta sonu ortalama OGS hacimleri (taşıt/saat) (5 gişe)

OGS				
SAAT-TARIH	**11/06/2005**	**12/06/2006**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	2586	1716	4302	**2151.0**
17:00-18:00	2659	1847	4506	**2253.0**
18:00-19:00	2642	1920	4562	**2281.0**
19:00-20:00	2469	1903	4372	**2186.0**
20:00-21:00	2127	1813	3940	**1970.0**

Çizelge 5.2-b Hafta içi ortalama nakit ödeme hacimleri (taşıt/saat) (7 gişe)

NAKİT							
SAAT-TARIH	**06/06/2005**	**07/06/2006**	**08/06/2007**	**09/06/2008**	**10/06/2009**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	2419	2540	2515	2574	2724	12772	**2554.4**
17:00-18:00	2531	2597	2597	2659	2726	13110	**2622.0**
18:00-19:00	2169	2141	2292	2209	2373	11184	**2236.8**
19:00-20:00	2275	2183	2371	2406	2441	11676	**2335.2**
20:00-21:00	2545	2547	2615	2624	2544	12875	**2575.0**

Hafta sonu ortalama nakit ödeme hacimleri (taşıt/saat) (7 gişe)

NAKİT				
SAAT-TARIH	**06/06/2005**	**07/06/2006**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	2710	2715	5425	**2712.5**
17:00-18:00	2773	2784	5557	**2778.5**
18:00-19:00	2884	2793	5677	**2838.5**
19:00-20:00	2939	2649	5588	**2794.0**
20:00-21:00	2554	2684	5238	**2619.0**

Çizelge 5.2-c Hafta içi ortalama KGS hacimleri (taşıt/saat) (1 gişe)

KGS							
SAAT-TARIH	**06/06/2005**	**07/06/2006**	**08/06/2007**	**09/06/2008**	**10/06/2009**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	81	81	100	85	118	465	**93.0**
17:00-18:00	114	114	116	107	128	579	**115.8**
18:00-19:00	133	111	131	137	141	653	**130.6**
19.00-20:00	118	122	142	134	125	641	**128.2**
20:00-21:00	109	126	105	93	108	541	**108.2**

Hafta sonu ortalama KGS hacimleri (taşıt/saat) (1 gişe)

KGS				
SAAT-TARIH	**06/06/2005**	**07/06/2006**	**TOPLAM**	**ORTALAMA**
16:00-17:00	96	71	167	**83.5**
17:00-18:00	78	66	144	**72.0**
18:00-19:00	90	79	169	**84.5**
19:00-20:00	93	74	167	**83.5**
20:00-21:00	84	78	162	**81.0**

Düzenlenen bu verilerin ışığı altında, mevcut durum için gişelerden saatlik ortalama geçiş yüzdeleri bulunmuştur (Çizelge 5.3-a-b). Bu oranlar daha sonra model girdisi olarak kullanılacaktır

Çizelge 5.3-a Hafta içi ödeme tipine göre saatlik ortalama geçiş yüzdeleri (Haziran 2005)

ORTALAMALAR ve ORANLAR							
SAAT	**OGS**	**NAKIT**	**KGS**	**TOPLAM**	**OGS**	**NAKİT**	**KGS**
16:00-17:00	3230.20	2554.40	93.00	5877.60	**0.55**	**0.43**	**0.02**
17:00-18:00	4209.80	2622.00	115.80	6947.60	**0.60**	**0.38**	**0.02**
18:00-19:00	4715.60	2236.80	130.60	7083.00	**0.66**	**0.32**	**0.02**
19:00-20:00	4581.80	2335.20	128.20	7045.20	**0.65**	**0.33**	**0.02**
20:00-21:00	4007.40	2575.00	108.20	6690.60	**0.60**	**0.38**	**0.02**

Çizelge 5.3-b Hafta sonu gişe tipine göre saatlik ortalama geçiş yüzdeleri (Haziran 2005)

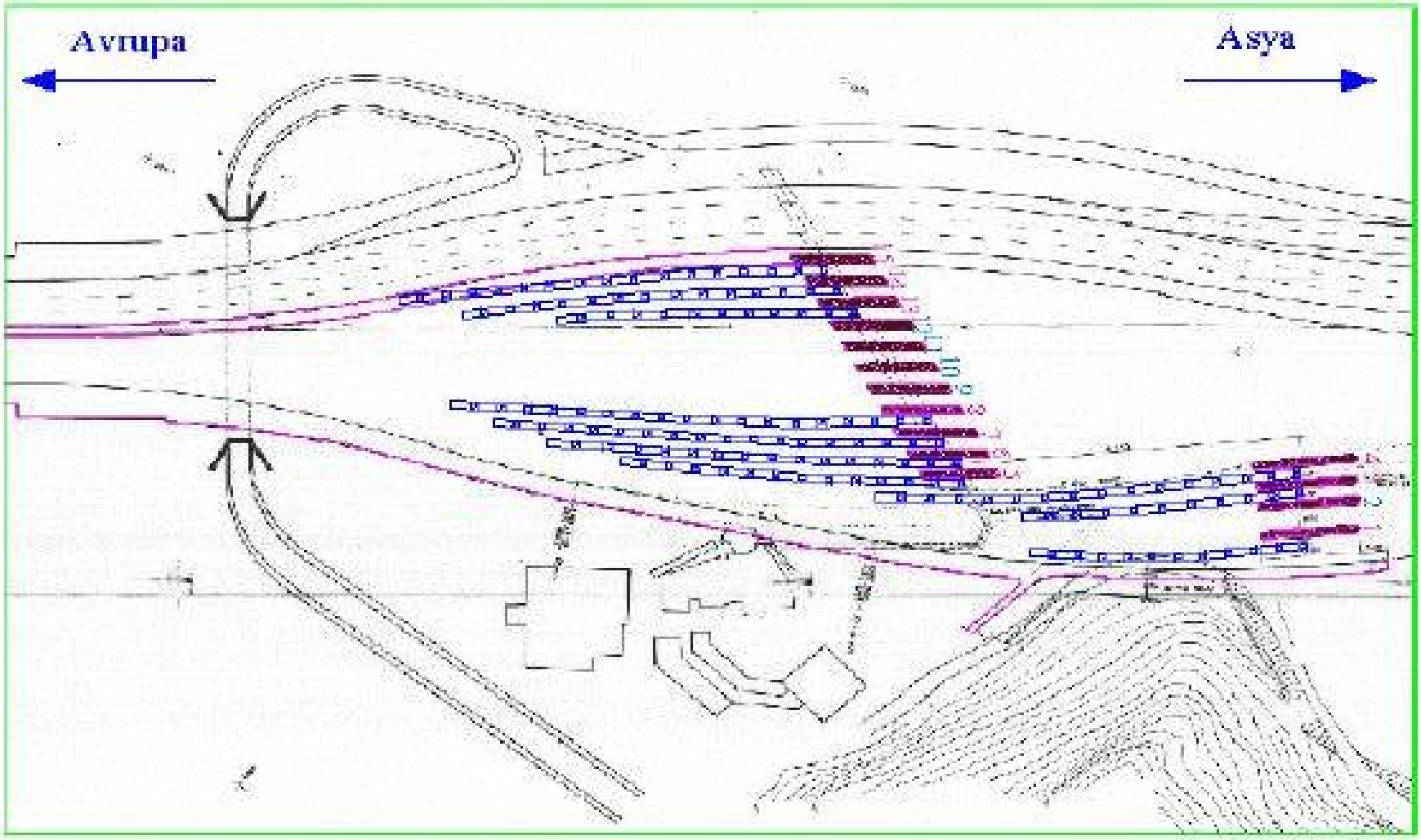
ORTALAMALAR ve ORANLAR							
SAAT-TARIH	**OGS**	**NAKIT**	**KGS**	**TOPLAM**	**OGS**	**NAKİT**	**KGS**
16:00-17:00	2151.0	2712.50	83.50	4947.00	**0.43**	**0.55**	**0.02**
17:00-18:00	2253.0	2778.50	72.00	5103.50	**0.44**	**0.54**	**0.02**
18:00-19:00	2281.0	2838.50	84.50	5204.00	**0.44**	**0.54**	**0.02**
19:00-20:00	2186.0	2794.00	83.50	5063.50	**0.43**	**0.55**	**0.02**
20:00-21:00	1970.0	2619.00	81.00	4670.00	**0.42**	**0.56**	**0.02**

Veri toplama aşamasında son olarak kalibrasyon için kullanılacak verilerden (trafik hacmi, hız ve kuyruklanma gibi büyüklükler), imkanlar dahilinde toplanmıştır.

Trafik hacim değerleri yukarıda anlatıldığı gibi elde edilmiştir. Gişelerden geçen taşıtlar için hız sınırının 30 km/saat olduğu dikkate alınarak taşıtların OGS gişelerinden 30 ve daha düşük hızlarda geçeceği varsayılmıştır. Bu değer, yeterli donanım olmadığından veri toplama aşamasında geçen her taşıt için ölçülememiştir, dolayısıyla gişe sahasındaki hız sınırlaması modelde de kullanılmıştır.

Boğaziçi Köprüsü Gişe Sahasına ait kuyruk kapasiteleri, geometrik özellikler dikkate alınarak belirlenmiştir. Sahanın sağ tarafında bulunan ve ötelenmiş olan 1, 3 ve 4 no'lu gişelere ait kuyrukların uzunlukları, daha geride bulunan gişelerin sebep olduğu yer darlığı nedeniyle kısıtlıdır. Genelde karşılaşılan durum, zirve saatlerde 1 ve 3 no'lu gişelere ait kuyrukların uzaması ve söz konusu dar kesimde birbirlerine epeyce yaklaşarak 2 no'lu OGS gişesini kullanmak isteyen taşıtların geçişlerine engel olmalarıdır. Bu nedenle, 1 ve 3 no'lu gişelerin kuyruklarının söz konusu dar kesime ulaşmadan sona ermesi daha yararlı olacaktır. Şekil 5.1'de Boğaziçi Köprüsü gişe sahası planı üzerinde gişelere ait önerilen kuyruk uzunlukları gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada 1 no'lu gişenin kuyruk kapasitesinin 11, 3 no'lu gişeye ait kuyruk kapasitesinin ise 10 taşıtla –otomobil cinsinden- sınırlandırılması önerilmektedir.



Şekil 5.1 Boğaziçi Köprüsü gişe sahası ve önerilen maksimum kuyruk boyları (Akyıldız, 2003)

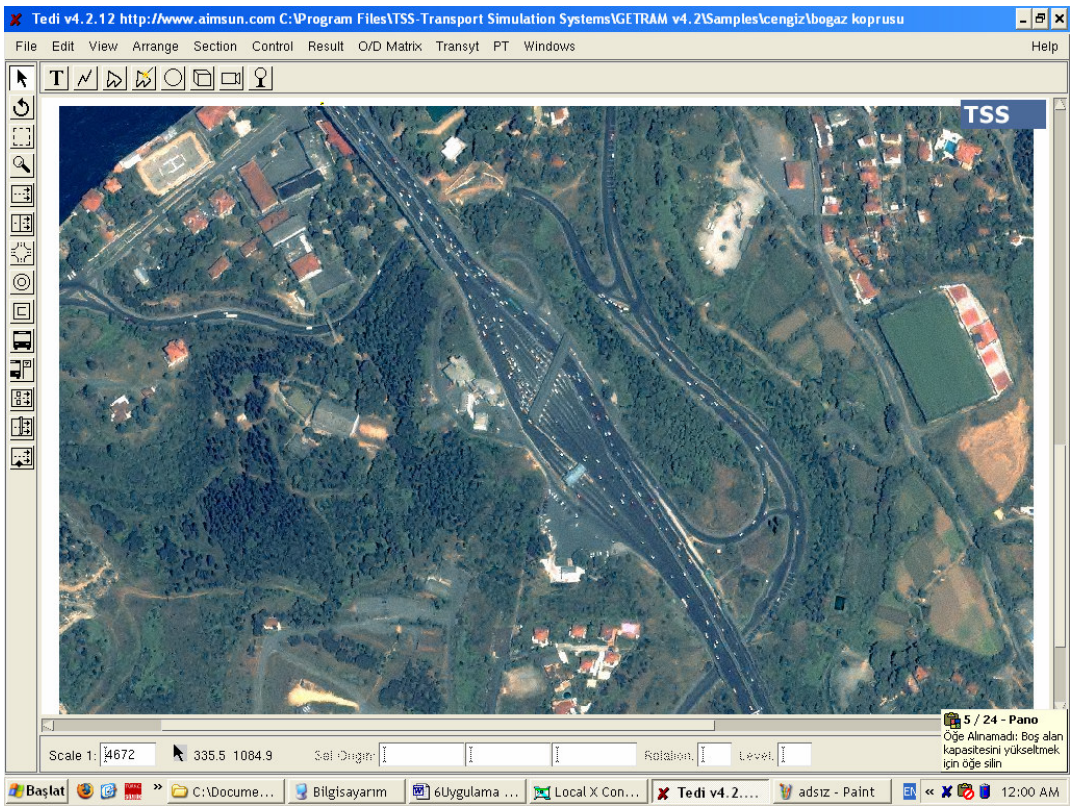
5, 6, 7 ve 8 no'lu gişelerin bulunduğu kısımda yapılan incelemede ise, burada bulunan gişelere ait kuyrukların uzaması, orta ve sağ şeritlerden gelen OGS gişelerini kullanmak isteyen taşıtların manevra yapmalarına neden olmaktadır. Bu kısımda bulunan gişeler için önerilen kuyruk uzunlukları –otomobil cinsinden-; 5 no'lu gişe için 13, 6 no'lu gişe için 15, 7 no'lu gişe için 17 ve 8 no'lu gişe için 18 taşıttır (Akyıldız, 2003). (Bu çalışma sırasında 14 ve 15 no'lu gişeler iptal edilmiş, 13 no'lu gişe OGS tipine dönüştürülmüştür).

Mikrosimülasyon modelleri temel girdi verilerine ek olarak, taşıt ve sürücü özelliklerini (taşıt uzunluğu, maksimum hızlanma ivmesi, sürücü davranışı vb.) içeren verilere gereksinim duyar. Bu değerler kalibrasyon aşamasında tekrarlı olarak değiştirilerek hesaplanacaktır.

5.3 Ana Modelin Geliştirilmesi (Mevcut Durum)

5.3.1 Arka Planın Kodlanması

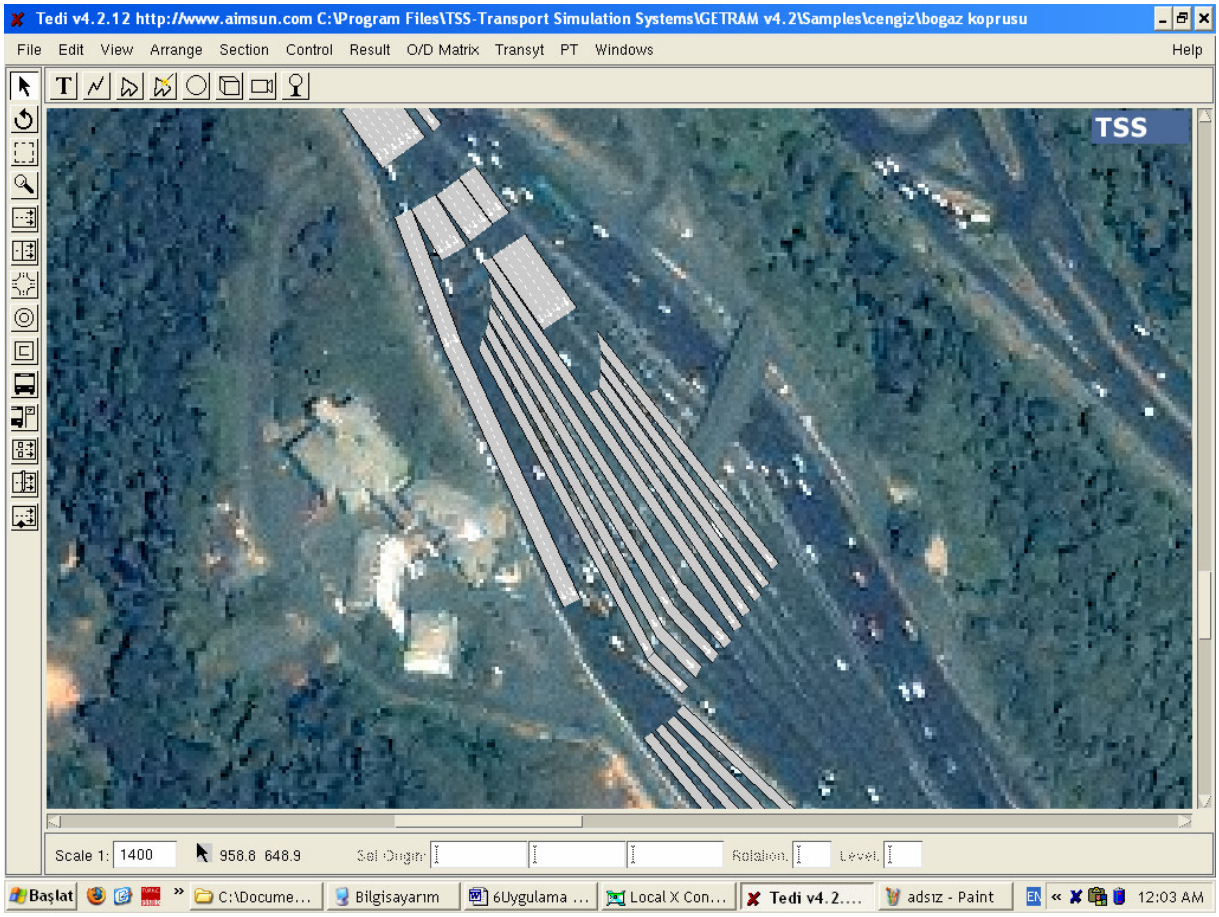
Bağaziçi Köprüsü gişe sahası simülasyon çalışmasında, ağın bölgenin geometrik özelliklerini yansıtacak şekilde oluşturulması için, arka plan olarak çalışma sahasının uydu fotoğrafı kullanılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Çalışma sahasının uydu fotoğrafı

5.3.2 Bağların Kodlanması

TEDI grafik editöründe, ağ oluşturulurken öncelikle bağların kodlanması gerekmektedir. Boğaziçi Köprüsü gişe sahası simülasyon çalışması için gerekli olan sınırlar içindeki tüm bağlar, arka plan olan uydu fotoğrafı referans alınarak kodlanmıştır. Bağlar, akım yönüne doğru bir sıra ile kodlanmıştır. Gişe sahası havuzunda taşıt hareketlerinin mantıklı ve düzenli bir şekilde devam etmesi için gişe yaklaşımlarına kadar bağlar, ikişerli ve üçerli şeritler grubu olarak genişletilerek kodlanmıştır (Şekil 5.3).

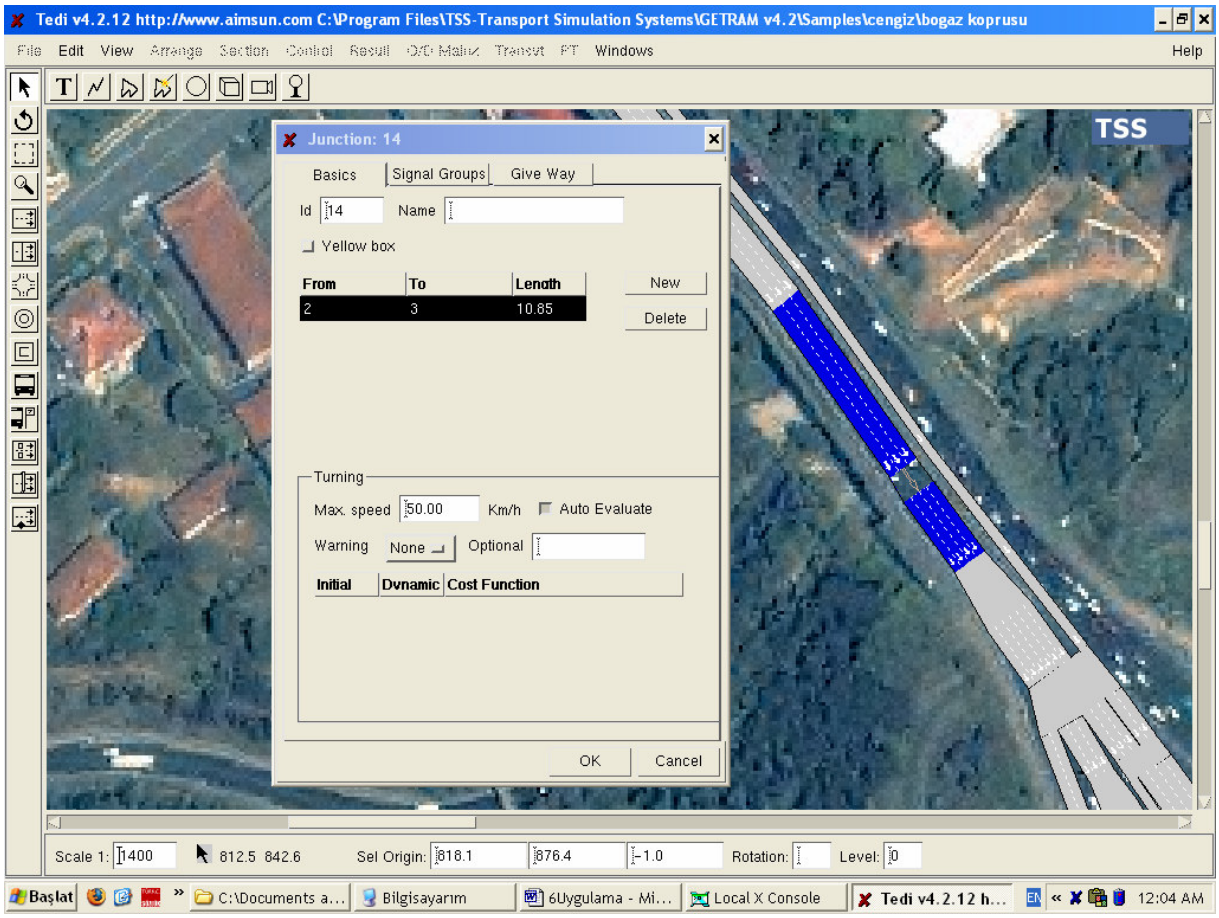


Şekil 5.3 Bağları Kodlanmış Ağ

Her gişe için ayrı bir bağ kodlanmış ve sahadaki maksimum kuyruk uzunluğunu sağlayacak mesafede uzatılmıştır. Dolayısı ile sahada 5 OGS, 1 KGS ve 7 nakit gişe olması sebebi ile 13 adet gişe çıkışı olacak sayıda bağ kodlanmıştır. Bu gişelerin numaralandırılması sağdan itibaren OGS Gişeleri (2,10,11,12,13), KGS (9) ve Nakit gişeler (1,3,4,5,6,7,8) şeklindedir. Aynı zamanda bu bağların genişlikleri ve bağlardaki hız sınırları arka plan ve sahadaki sınırlandırmalar dikkate alınarak kodlanmıştır.

5.3.3 Kavşakların (Junctions) Kodlanması

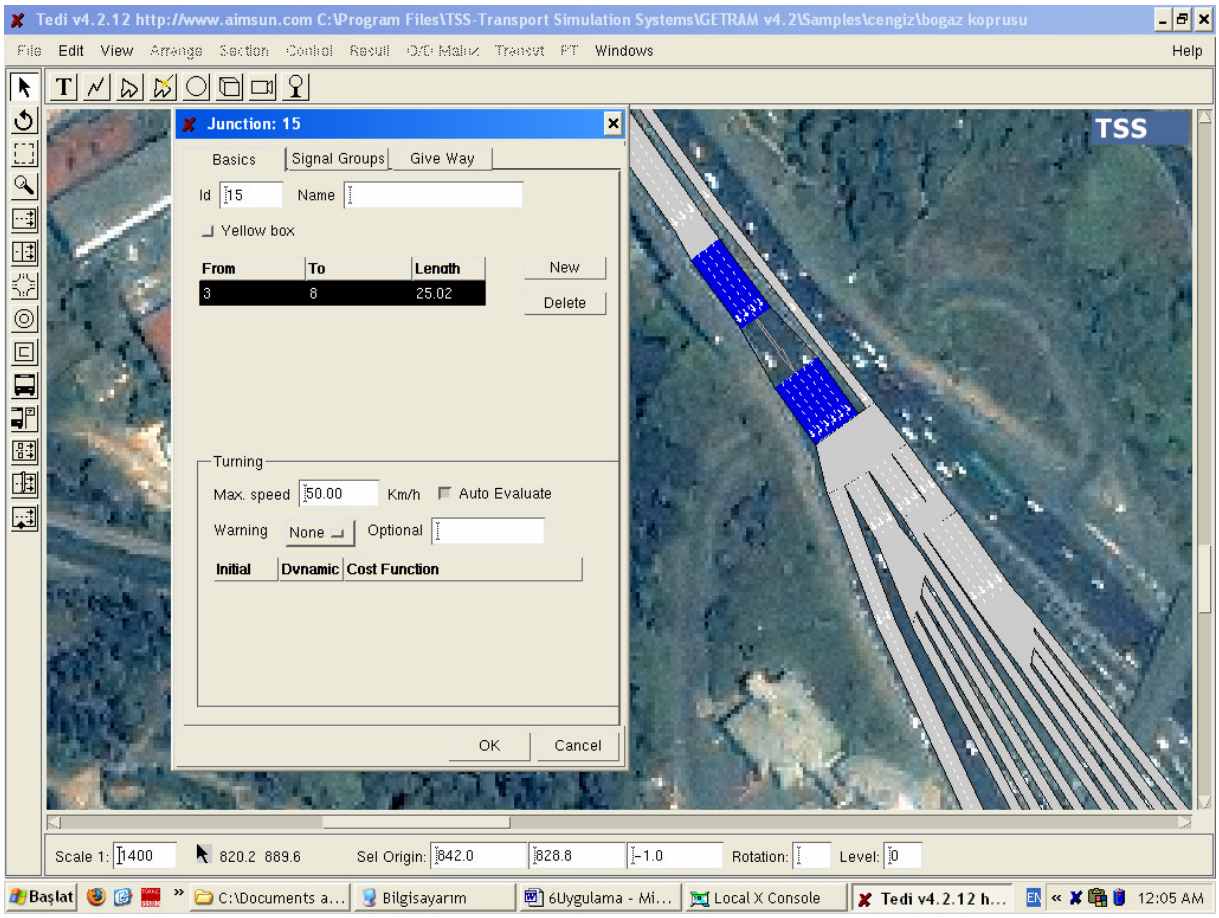
- Kavşak 14



Şekil 5.4 14 numaralı kavşağın oluşturulması

- 14 numaralı kavşak Boğaziçi Köprüsü gişe sahası yaklaşımında geometrik genişlemenin yaklaşık olarak başladığı noktadır. Modellenen ağda bu kavşakta Boğaziçi Köprüsü şeritlerinin sayısı 3'ten 4'e çıkmaktadır.
- Bu kavşakta Şekil 5.4'te görüldüğü gibi tüm şerit değiştirme hareketleri serbesttir. Şekildeki (mavi renkli) iki bağı (bağ 2 ve bağ 3) bağlayan beyaz bölge bu kavşağın geometrik olarak oluşturulduğu noktadır.

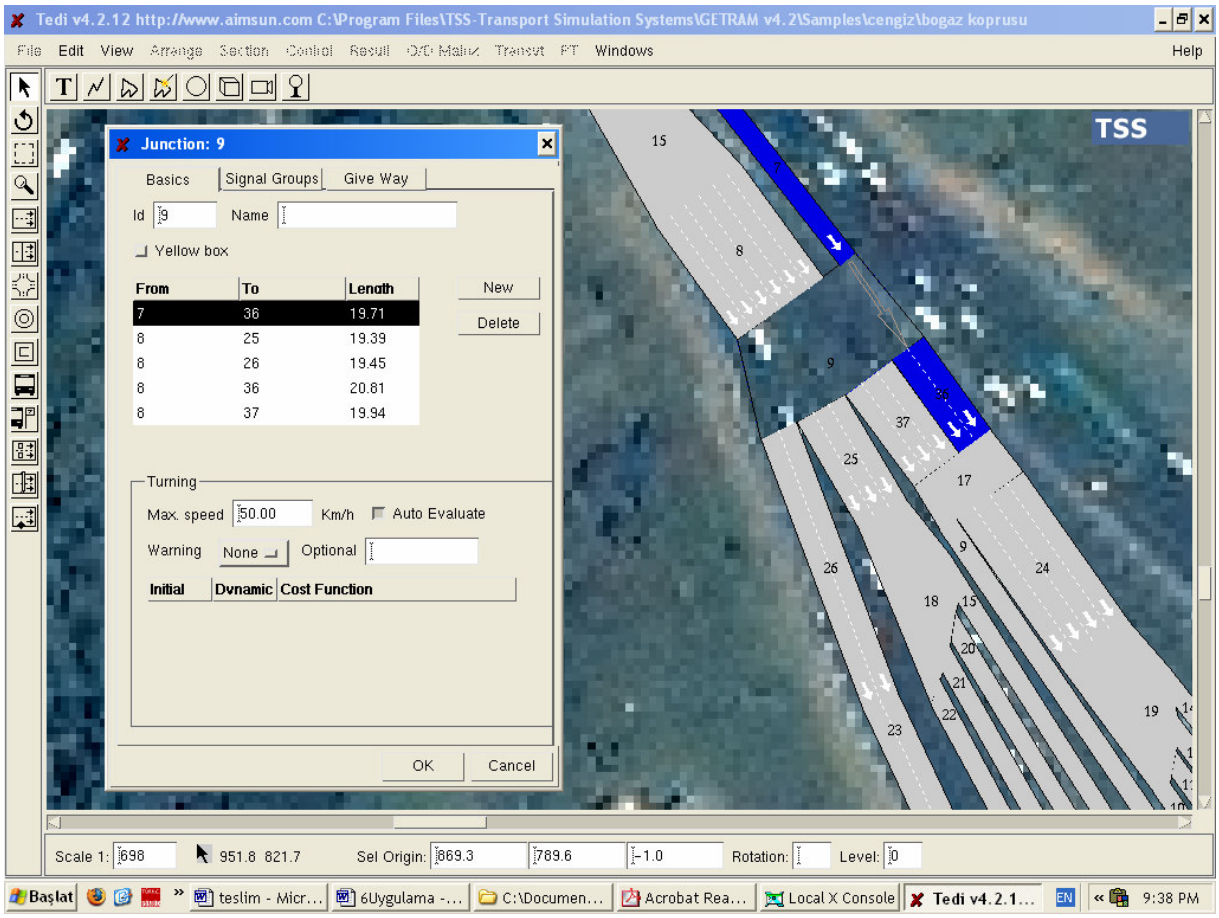
- Kavşak 15



Şekil 5.5 15 numaralı kavşağın oluşturulması

- 15 numaralı kavşak Boğaziçi Köprüsünün yaklaşım şerit sayısının 4'den 6'ya çıktığı noktadır. Gişe havuzuna ana akımın yaklaşık 6 şeritli bir geometrik düzende gelmesi sebebi ile bu genişlemeye ihtiyaç duyulmuştur. Aynı zamanda referans olarak kullanılan arka planda da o noktadaki bağ genişliğine dikkat edilmiştir.
- Şekil 5.5'ten de bu kavşağın (mavi renkli) bağ 3 ve bağ 8'i bağladığı görülmektedir. Bu kavşakta da tüm şerit değiştirme hareketleri serbesttir. Taşıtlar bu kavşakta bağ 8'e geçerken, sonraki kavşakta yönelecekleri gişenin bağlı olduğu bağa göre şerit seçerler.

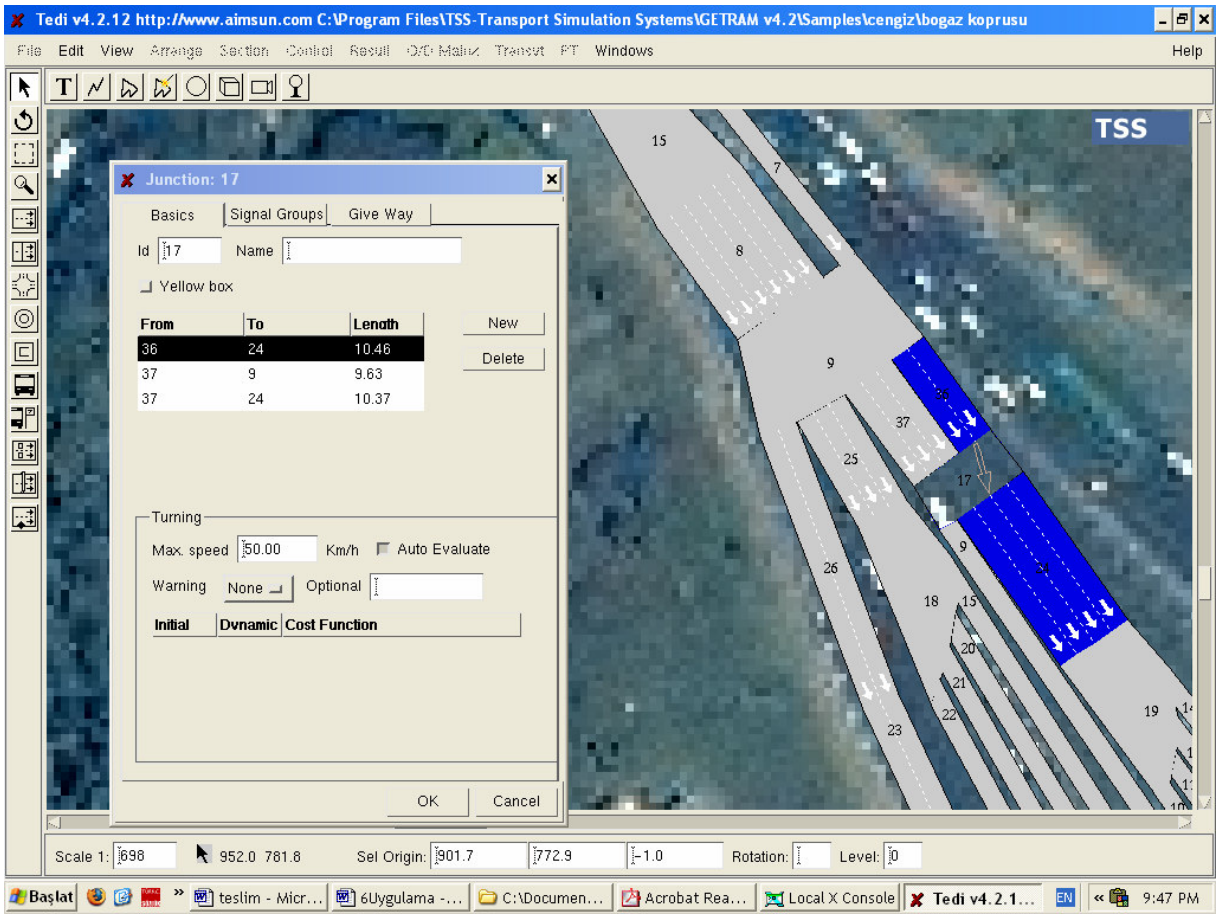
- Kavşak 9



Şekil 5.6 9 numaralı kavşağın oluşturulması

- 9 numaralı kavşak Boğaziçi Köprüsü gişe havuzunun başladığı ve ek şeritle üç ana şeritten gelen akımın birleştiği yerdir. Aynı zamanda, bu kavşak, taşıtların geometrik olarak OGS, KGS ve nakit gişelere yöneldiği yerdir.
- Bu kavşakta izin verilen şerit değiştirme hareketlerine göre taşıtlar geldikleri şeritlere bağlı olarak anormal bir şerit değiştirme hareketi yapmadan 25, 26, 36 ve 37 numaralı bağlara ulaşırlar. Yani 8 numaralı bağın sağ şeritlerinden bağ 25 ve 26'ya, sol şeritlerinden ise bağ 36 ve 37'ye katılıma izin verilmiştir.
- Şekil 5.6'da görüldüğü üzere buradaki hareketlerden bağ 7'den bağ 36'ya geçiş okla gösterilmektedir. Dolayısıyla taşıtlar bağ 7'den diğer bağlara geçemeyecekler ve uygunsuz manevra hareketleri gerçekleşmeyecektir. Bu kavşaktaki diğer hareketler kesim 8'den kesim 25, 26, 36 ve 37'ye geçişlerdir.

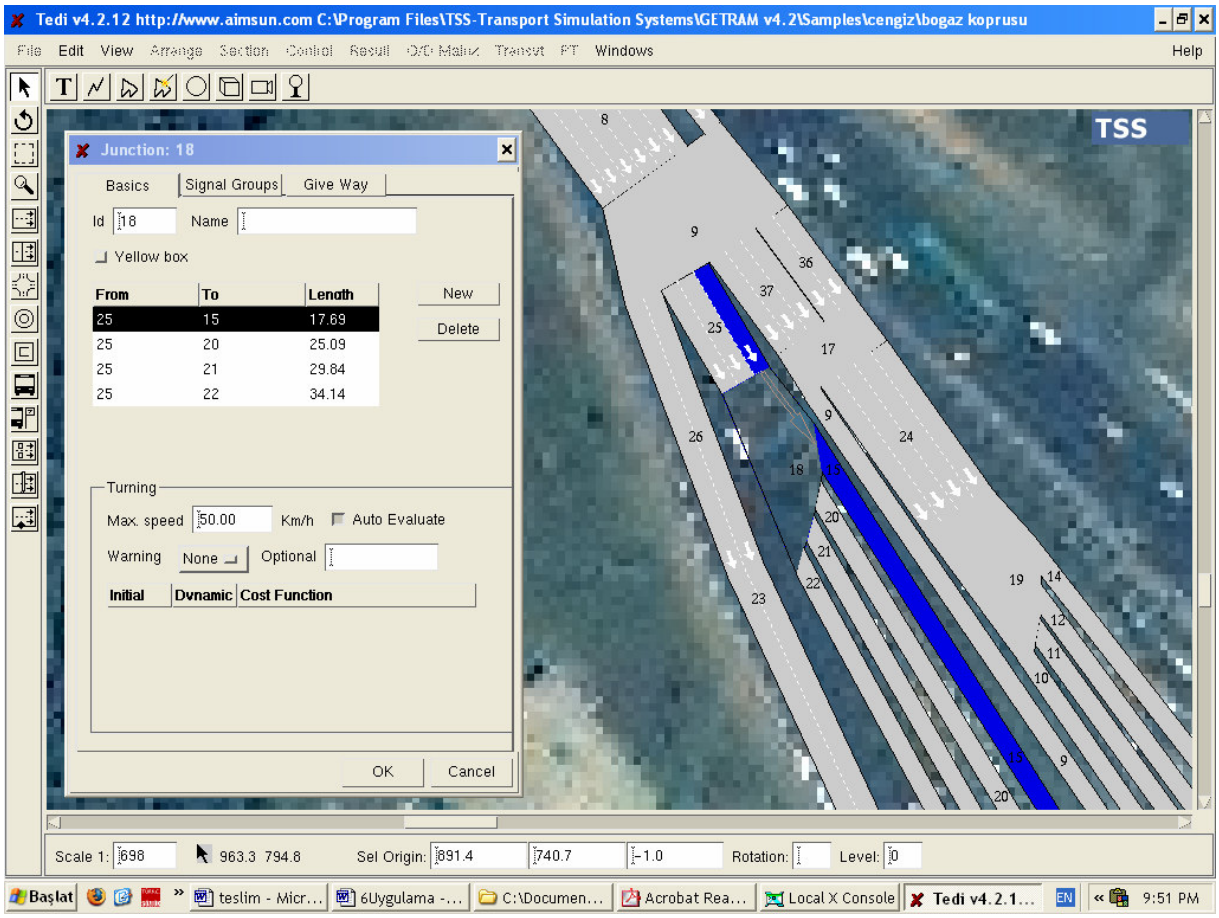
- Kavşak 17



Şekil 5.7 17 numaralı kavşağın oluşturulması

- Şekil 5.7'de kavşak 17'nin özellik penceresinin açılmış bir görünümüdür. Burada, 17. kavşakta bağ 36'dan kavşağa katılım ve bağ 24'e geçiş işaretlenmiştir. Yine bu kavşak içinde bağ 37'den gelen taşıtlar kavşaktan geçerek bağ 24'e ulaşırlar.
- Bu kavşakta yine uygunsuz şerit değiştirmelerin engellenmesi amacı ile, trafik hacimleri modele girilirken bağlardaki dönüş yüzdeleri, gişelerden çıkacak trafik hacimleri dikkate alınarak ayarlanacaktır. Böylelikle 36 no'lu bağdan bağ 24'ün sol şeritlerine ve 37 no'lu bağdan bağ 24'ün sağ şeritlerine giriş daha yoğun olacaktır.

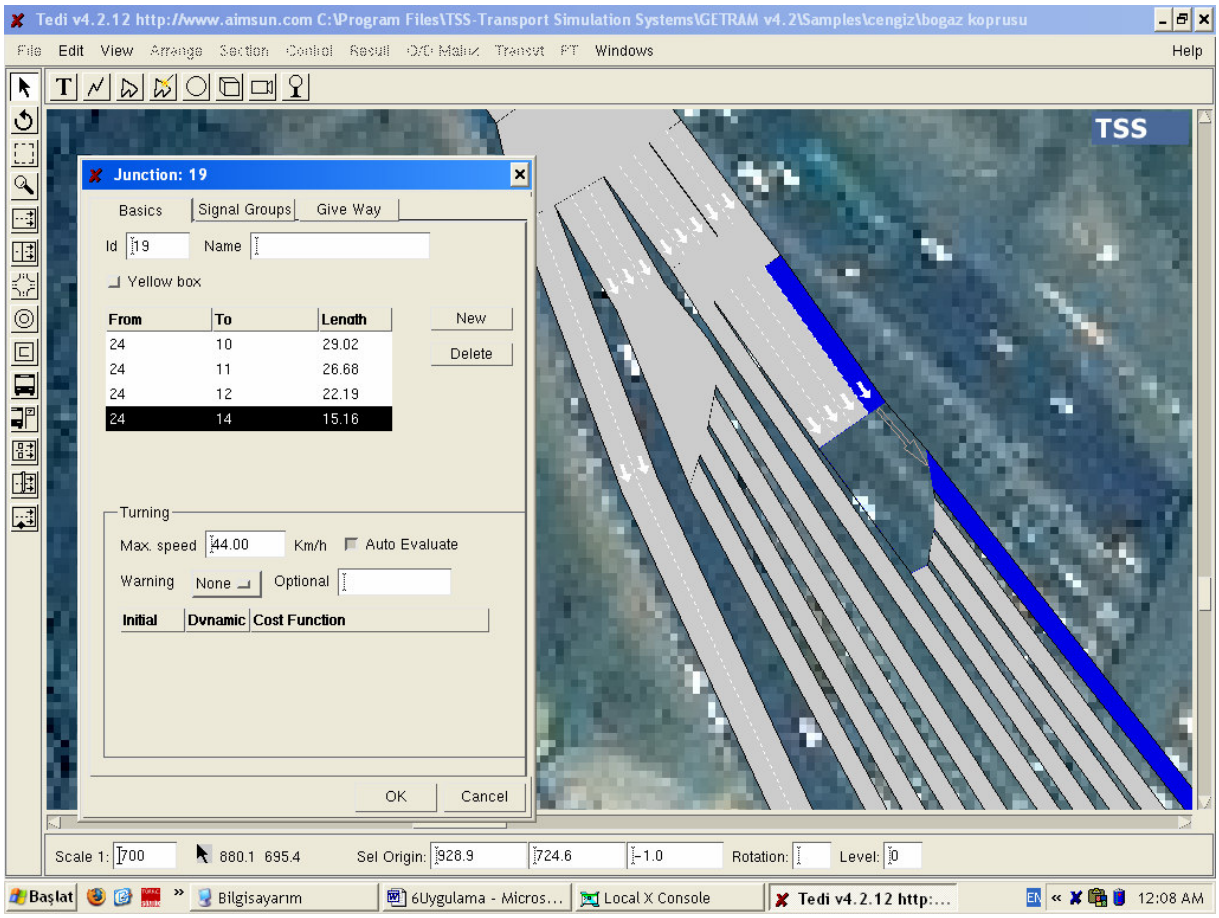
- Kavşak 18



Şekil 5.8 18 numaralı kavşağın incelenmesi

- Şekil 5.8'de 18 numaralı kavşağın özellik penceresinin açılmış hali görülmektedir. Bu pencerede işaretlenen akım bağ 25'ten kavşağa katılıp bağ 15'e yani 8 numaralı nakit gişeye ulaşan trafiktir.
- 18 numaralı kavşaktaki diğer akımlar, kavşağa 25 numaralı bağdan katılıp 20, 21 ve 22 numaralı bağlara devam eden akımlardır.
- 7 no'lu nakit gişe Bağ 20'nin, 6 no'lu nakit gişe bağ 21'in, ve 5 no'lu nakit gişe bağ 22'nin üzerindedir.
- Bu kavşakta yine uygunsuz şerit değiştirmeleri engellemek için hangi şeritlerden hangi bağlara katılım verileceği ayarlanmıştır. 25 numaralı bağın en sol şeridinden 15 ve 20 numaralı bağlara, orta şeridinden 20 ve 21 numaralı bağlara ve en sağ şeridinden 21 ve 22 numaralı bağlara katılıma izin verilmiştir.

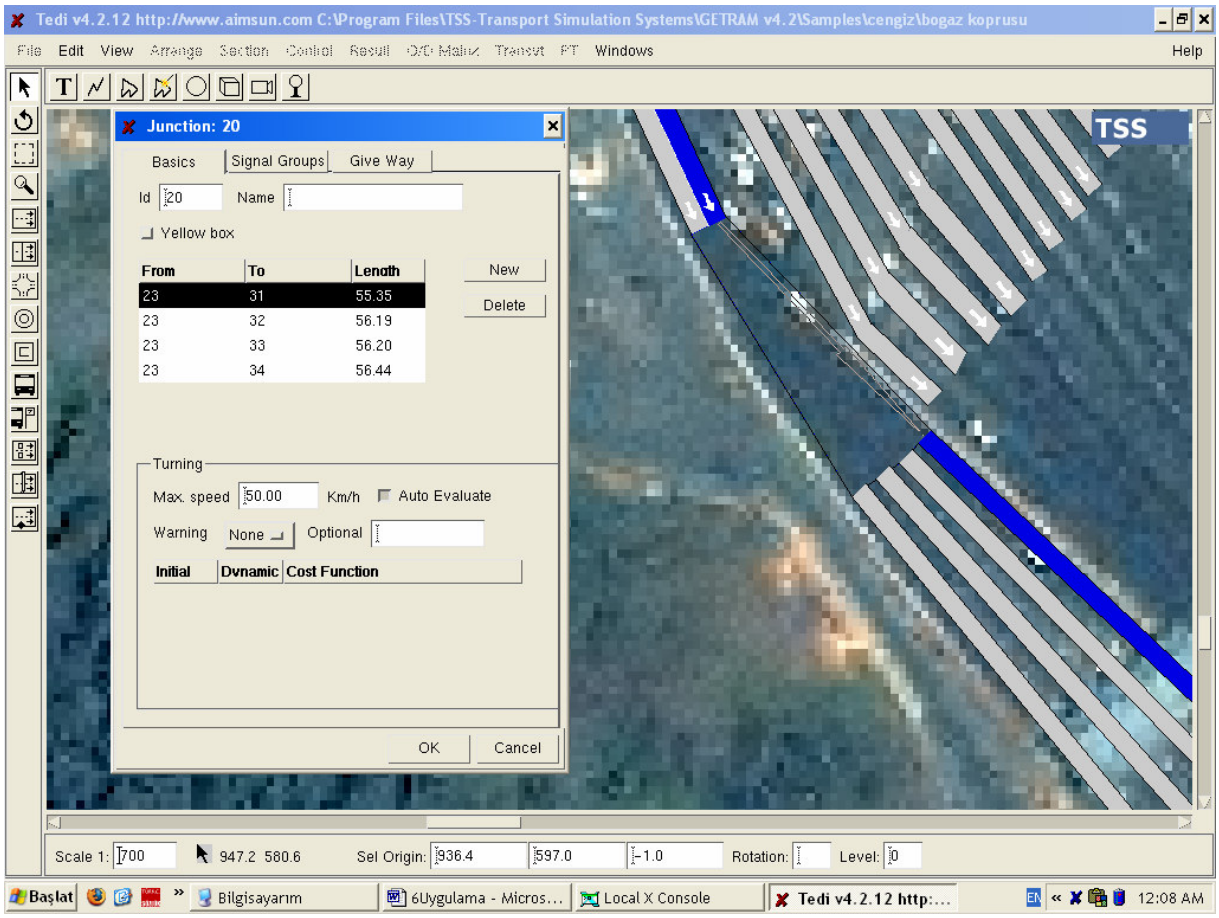
- Kavşak 19



Şekil 5.9 19 numaralı kavşağın oluşturulması

- Şekil 5.9'da kavşak 19'un özellik penceresinde görüldüğü gibi bu kavşağa 24 numaralı bağdan gelip 14 numaralı bağa giden trafik akımı işaretlidir. Bu kavşakta izin verilen diğer akımlar bağ 24'ten kavşağa katılan ve bağ 9, 10, 11 ve 12'ye devam eden trafik akımlarıdır.
- Bu kavşakta yine uygunsuz şerit değiştirmelerin önlenmesi için, gişelere yönelen trafik hacmi dikkate alınarak 24 numaralı bağın sol şeridinden gelen taşıtlar sol taraftaki gişelere sağ şeritlerinden gelen taşıtlar sağ taraftaki gişelere yönlendirilmiştir.
- Burada bağ 9'un üzerinde 9 numaralı KGS gişesi ve bağ 10, 11, 12 ve 14'ün üzerinde sıra ile 10, 11, 12 ve 13 numaralı OGS gişeleri vardır.

- Kavşak 20

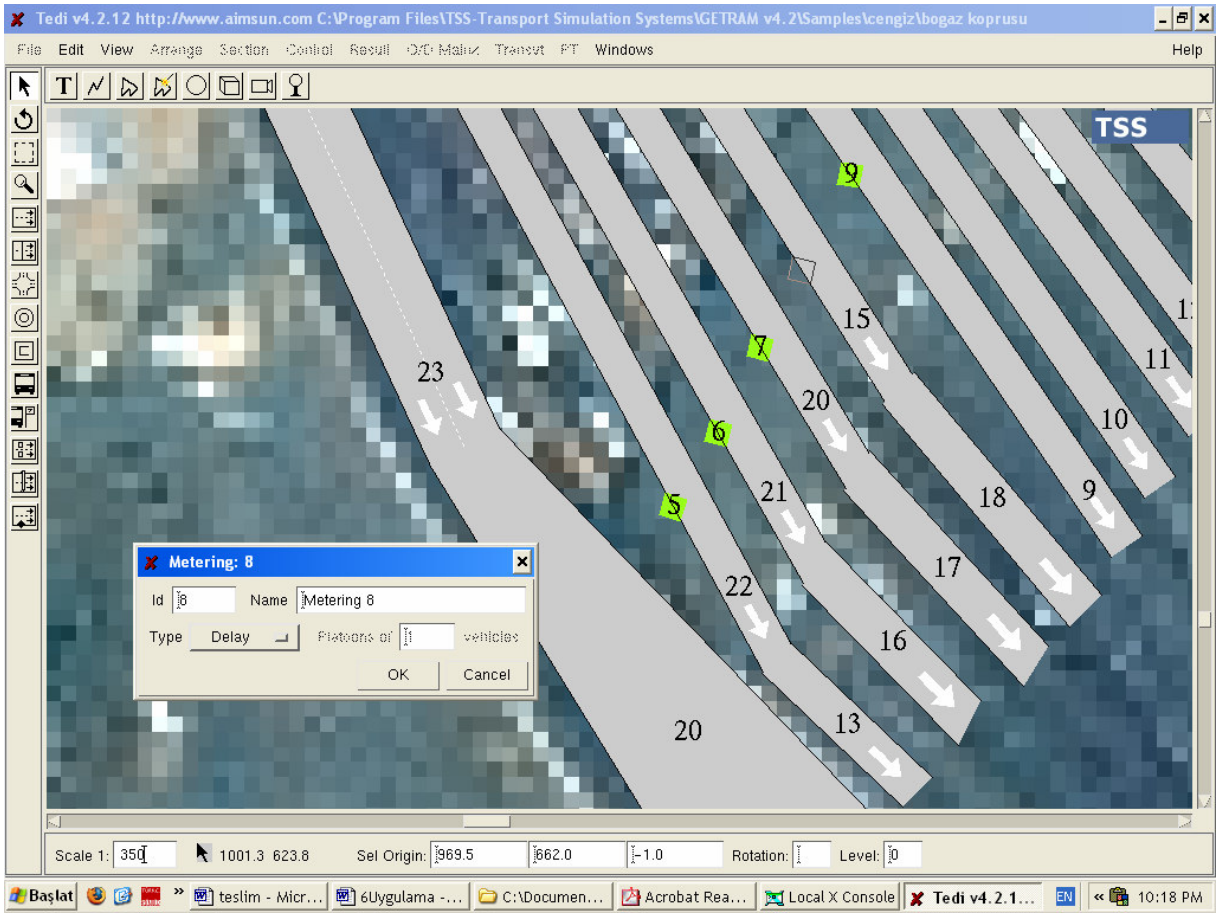


Şekil 5.10 20 numaralı kavşağın oluşturulması

- Şekil 5.10'da kavşak 20'nin özellik penceresi görülmektedir. İşaretli olan akım 23 numaralı bağdan gelip 31 numaralı bağa katılan trafik akımıdır. Bu kavşakta yine taşıtlar 23 numaralı bağdan gelip 32, 33 ve 34 numaralı bağlara katılabiliyorlar.
- Bu kavşakta şerit değiştirmenin düzenli yapılabilmesi için gişelere gidecek trafik hacimleri dikkate alınarak sol şeritten gelen taşıtlar soldaki ve sağ şeritten gelen taşıtlar sağdaki kesimlere yönlendirilmişlerdir.
- Bu kavşağın akım aşağısında 4 adet ötelenmiş gişe bulunmaktadır. Bunlar bağ 34'ün üzerindeki 1 numaralı nakit gişe, bağ 33'ün üzerindeki 2 numaralı OGS gişesi, bağ 32'nin üzerindeki 3 numaralı nakit gişe ve bağ 31'in üzerindeki 4 numaralı nakit gişedir.

5.3.4 Gişelerdeki Hizmet Sürelerinin Kodlanması

AIMSUN mikroskobik simülasyon yazılımında gişeler temsili olarak katılım kontrolü şeklinde (ramp metering) modellenirler. Şekil 5.11'de görüldüğü gibi Boğaziçi Köprüsü gişe sahası modellemesi çalışmasında, en sağdan itibaren 34, 33, 32, 31, 16, 17, 18, 19, 9 numaralı bağların üzerine sırasıyla 1'den 9'a kadar numaralı gişeleri modelleyen, aynı numaralı katılım kontrolleri kodlanmıştır. Burada 2 numaralı sayaca herhangi bir özellik tanımlanmamıştır, çünkü 2 numaralı gişe OGS olarak çalışmaktadır ve bu bağda bağların kodlanması sırasında hız sınırlaması yapılmıştır. 9 numaralı gişe ise KGS olarak çalışmaktadır. Bu gişede nakit gişe olarak modellenecek, ancak kontrol planları işlenirken parametreleri farklı girilecektir. 10, 11, 12 ve 13 no'lu gişeler OGS gişeleri olduğu için buralarda katılım kontrolü kodlanmamıştır.

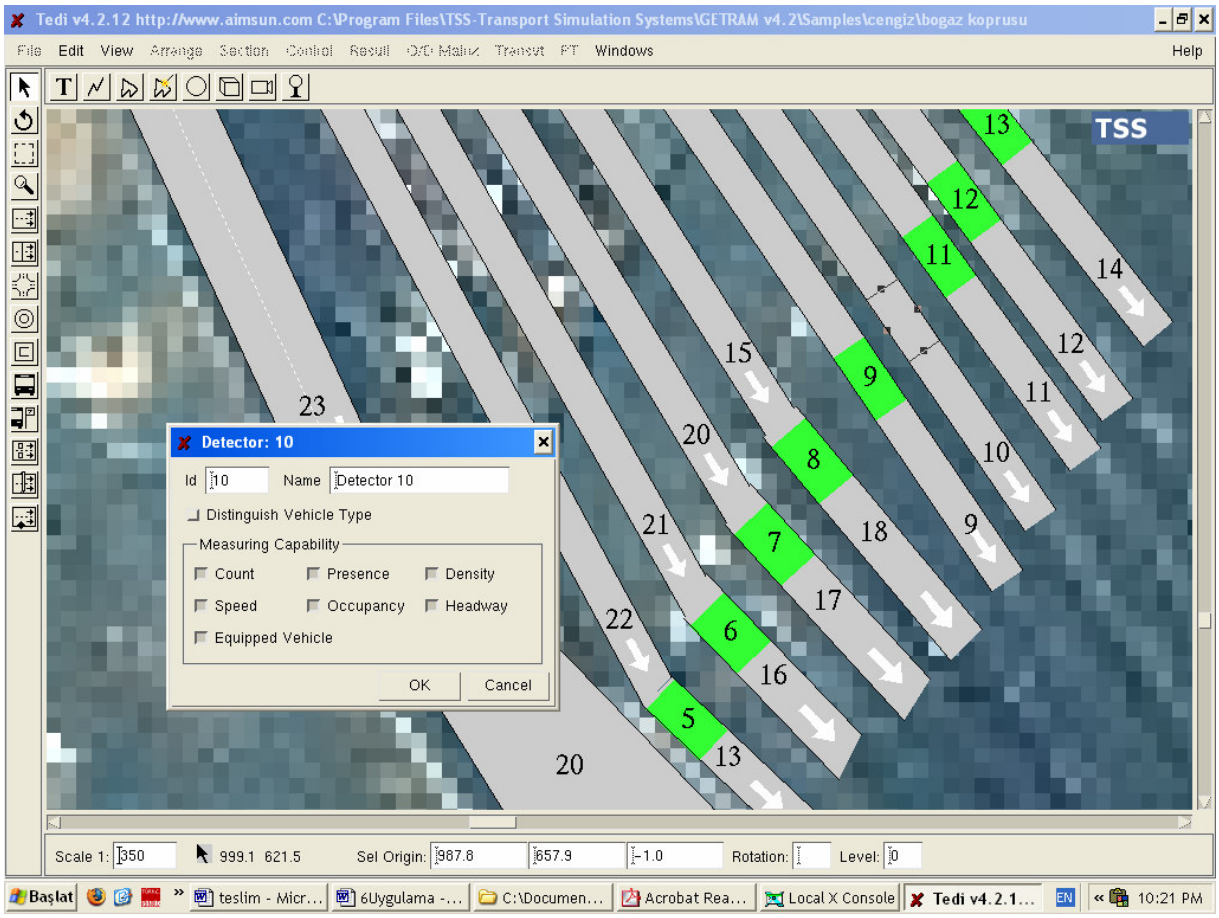


Şekil 5.11 TEDI grafik yöneticisinde gişelerin kodlanması

Gişe modellemesi için katılım kontrolleri kodlandıktan sonra özellik penceresinden gecikme (delay) seçeneği seçilmiştir. Kontrol planları için burada 2 adet parametre (ortalama değer ve standart sapma) girilecek ve bu iki değere göre KGS ve nakit gişe işletimi modellenecektir.

5.3.5 Dedektörlerin Kodlanması

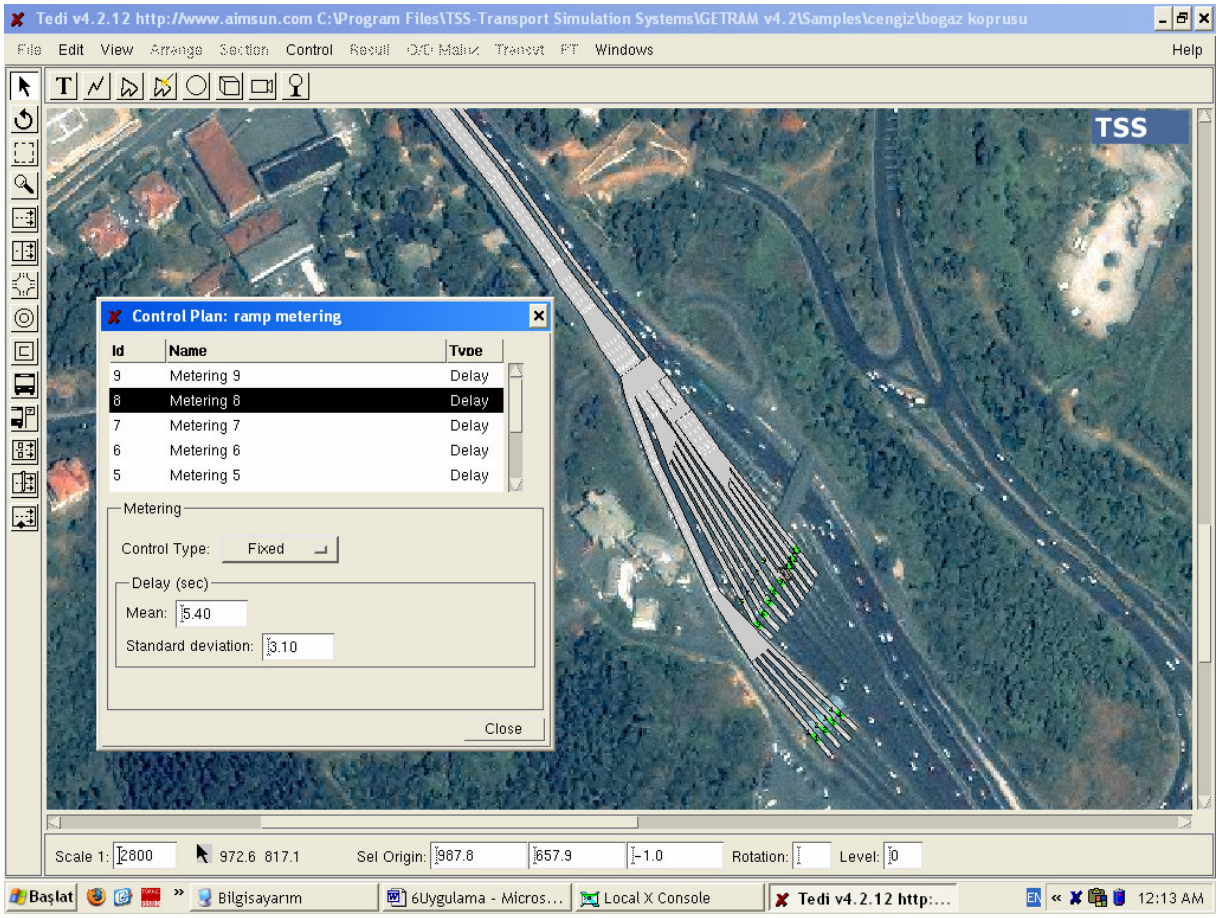
Çizim araçları çubuğundaki detektör düğmesi seçildikten sonra bağ üzerinde detektör koymak istenilen noktaya tıklanarak dedektörler oluşturulur. Dedektörler Şekil 5.12'de görüldüğü gibi 34, 33, 32, 31, 16, 17, 18, 19, 9, 10, 11, 12, 14, 1 ve 4 numaralı bağların üzerlerine kodlanmıştır. Bu bağlar taşıtların ağa giriş ve çıkış noktalarıdır. Buralara dedektör konulmasının amacı, hem kalibrasyon aşamasında hem de alternatiflerin analizi yapılırken bağlardan çeşitli veriler elde etmektir. Gişelerin olduğu her bağa gişe numarası ile aynı numaraya sahip olan dedektör kodlanmıştır, ayrıca ağa giriş olan 1 ve 4 numaralı bağlara 14 ve 15 numaralı dedektörler kodlanmıştır.



Şekil 5.12 TEDI grafik yöneticisinde dedektörlerin kodlanması

5.3.6 Trafik Kontrol Planları

Yapılan simülasyon çalışmasında trafik kontrol planı olarak, sadece katılım kontrollerde (ramp metering) kırmızı ışık yanma süresi için ortalama değer ve standart sapma girilmiştir. Bu aşamada çalışma sahasında herhangi bir sinyalize veya uyarı işaretli kavşak olmadığı için başka bir kontrol verisi girmeye gerek yoktur. Sayaçlar için değerler kontrol planına Şekil 5.13'deki gibi girilmiştir.



Şekil 5.13 TEDI grafik yöneticisinde kontrol planına hizmet sürelerinin girilmesi

5.3.7 Trafik Talep Verileri

Trafik talep verileriyle ilgili olarak, gerekli dört farklı veri türünden sadece bir tanesinin girilmesi bu çalışma için yeterli olacaktır. Talep olarak kullanacağımız veri, taşıt tipine göre giriş hacimleri ve tüm kesişme ve kavşaklarda şerit değiştirme yüzdeleridir. Bunun yanı sıra trafik değerleri ile çalışıldığı için, O-D matrislerine veri girmeye gerek yoktur. Bisiklet ve yaya gibi trafik bileşenleri çalışma sahasında yoktur. Otobüs işletimi ise (otobüs hatları, rotaları ve zaman çizelgeleri) ayrı olarak girilmeyecektir. Çünkü eldeki gişe çıkış hacimleri İETT otobüslerini ayrı olarak belirtmemektedir. Fakat elimizde farklı taşıt tiplerine göre çıkış hacimleri olduğu için, kaç adet otobüs, otomobil ya da minibüs geçtiği mevcut verilerden elde edilmiştir (%94 otomobil, %5.5 minibüs, %0.5 otobüs).

Boğaziçi Köprüsü gişelerine taşıt gelişi zirve saatlerde 3 normal ve 1 ek şerit olmak üzere 4 şerit üzerindendir. Gelen trafik hacmi Şekil 5.1'de görülen halihazırdaki geometrik düzenlemeden geçerek 5 OGS, 1KGS ve 7 nakit gişe olmak üzere toplam 13 gişeye ulaşmaktadır. En soldaki 4 gişe OGS (no 10, 11, 12 ve 13), yanındaki KGS (no 9), KGS'nin yanında 4 adet nakit gişe (no 5, 6, 7 ve 8) ve ötelenmiş gişeler ise soldan sağa 2 nakit (no 3 ve 4), 1 OGS (no 2) ve 1 nakit gişe (no 1) olarak hizmet vermektedir.

Veri toplama aşamasında gişe tipine göre saatlik geçiş yüzdeleri belirlenirken, aynı zamanda OGS gişelerinin kendi içindeki trafik hacmi oranları da hesaplanmıştır (Çizelge 5.4). Dolayısıyla genel olarak OGS gişelerine düşen taşıt sayısı, bu gişelerdeki geçiş oranları dikkate alınarak kendi içinde dağıtılmıştır.

Çizelge 5.4 : OGS gişelerinin kendi arasındaki gişe geçiş dağılımı (taşıt/saat)

Tarih-Saat	**Gişe No**					**TOPLAM**
06/06/05	**2**	**10**	**11**	**12**	**13**	
18:00-19:00	576	734	1007	1136	1431	4884

Tarih-Saat	**Gişe No**					**TOPLAM**
07/06/05	**2**	**10**	**11**	**12**	**13**	
18:00-19:00	505	617	940	1136	1314	4512

Tarih-Saat	**Gişe No**					**TOPLAM**
09/06/05	**2**	**10**	**11**	**12**	**13**	
18:00-19:00	618	775	1000	1196	1208	4797

TOPLAM	**Gişe No**					**TOPLAM**
	2	**10**	**11**	**12**	**13**	
18:00-19:00	1699	2126	2947	3468	3953	14193

YÜZDE	**Gişe No**					**TOPLAM**
	2	**10**	**11**	**12**	**13**	
18:00-19:00	0.12	0.15	0.21	0.24	0.28	1.00

Nakit gişelerin her birinin aynı oranda taşıt geçirdiği öngörülmüştür. Çünkü bu gişelerden geçen taşıt sayısı, gişe memurunun performansına ve sürücünün tam ücret verip vermemesine bağlıdır. Dolayısı ile her gişede, her gün aynı zamanlarda aynı personel çalışmayacağına veya aynı taşıtlar geçmeyeceğine göre gişe özelinde bir geçiş oranı belirlenemez. Aynı zamanda taşıtlar göreceli olarak boş olan gişeleri tercih edeceği için herhangi bir kuyruklanma anında, boş gişe kalmayacağı da düşünülürse, her gişe yaklaşık olarak aynı taşıt sayısını geçirecektir.

Eldeki verilere göre gişe sahasının bir başka özelliği de ek şeridin saat 16:00 ile 17:00 saatleri arasında, her gün için sabit olmayan bir zamanda açıldığıdır. Ek şeridin açılmasını takiben 13 no'lu OGS gişesi de hizmete başlamaktadır. Eldeki verilere göre bu işlemin saat 16:47

civarında gerçekleştiği öngörülmüştür. Yine dikkat edilmesi gereken bir durum ise, OGS oranının arttığı 18:00-20:00 saatleri aralığında bir nakit gişenin işletmeye kapanmasıdır. Bu, genellikle 4 ve 5 no'lu gişeler arasında dönüşümlü olarak yapılmaktadır. Yapılan simülasyon çalışmasında bu durum yarım saatlik aralıklarla ardışık olarak modele girilmiştir.

Sahadaki tüm bu özellikler dikkate alınarak Excel tabloları hazırlanmış, öncelikle her gişeye yönelen taşıt oranları hesaplanmış ve daha sonra akım yukarıya doğru kavşak kavşak ayrılma yüzdeleri hesaplanmıştır. Ek 5'de trafik hacimleri ve ayrılma yüzdeleri mevcut durum için tablolaştırılmıştır. Çizelgelerdeki saat aralıkları belirlenmesi trafiğin işletimine ve saat başlarına göre seçilmiştir.

Trafiğin oransal dağılımının hesaplanma yöntemini anlatmak için, Ek 5'deki çizelgede saat 16:47-17:00 aralığını ele alalım. 13 no'lu OGS gişesinden toplam trafiğin %15'inin geçtiği hesaplanmıştır. Bu hesap şöyle yapılmıştır:

(OGS oranı %55 * 13 no'lu gişenin payı %28 = %15)

Benzer şekilde Nakit gişelerden geçiş oranı, gişe başına şu şekilde hesaplanmıştır:

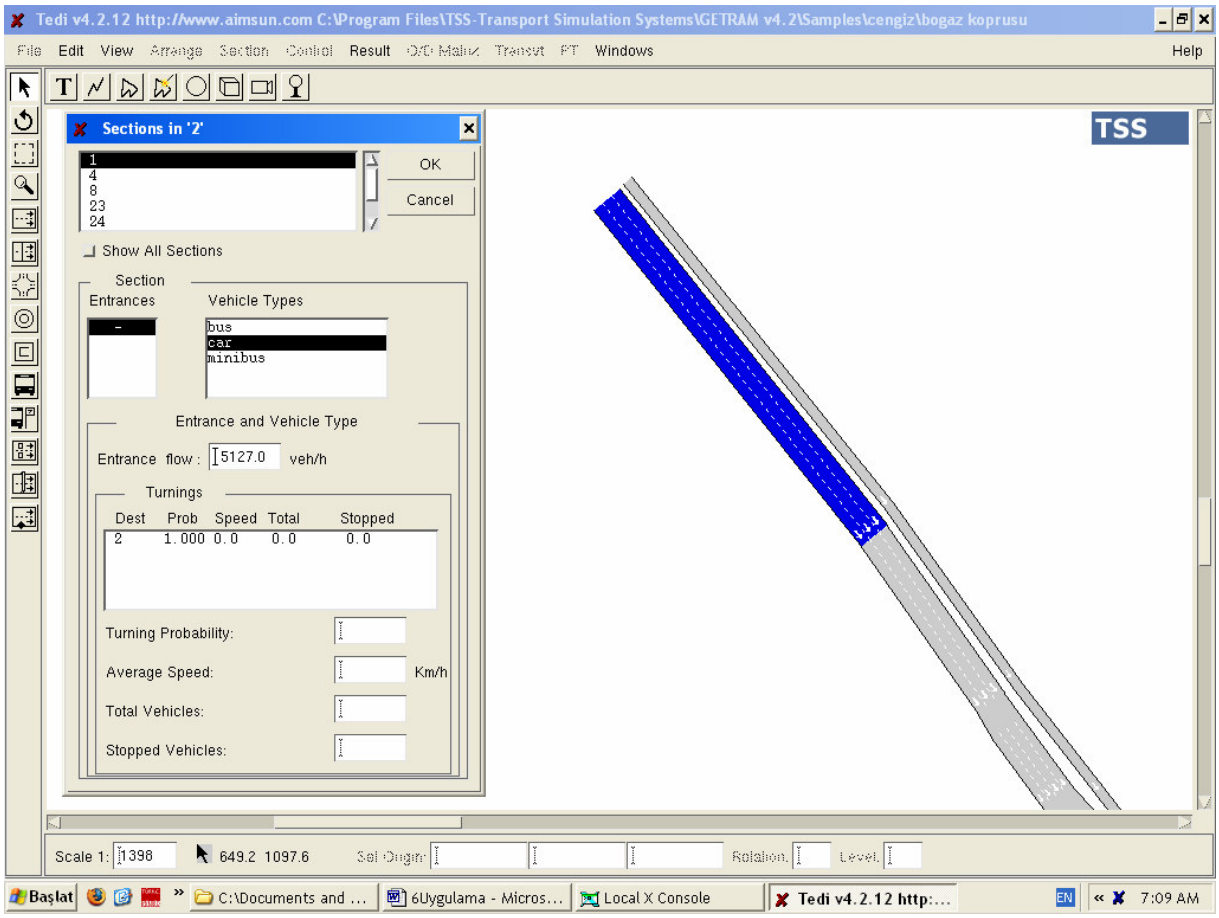
(Nakit ödeme oranı %43 / Nakit gişe sayısı 7 = % 6.14).

Gişe başına geçiş oranları hesaplandıktan sonra akım yukarı bağlardaki trafik oranları hesaplanmıştır. Bu hesaplarda şu yaklaşım izlenmiştir: 13 ve 12 numaralı gişelerden geçen taşıtların en soldaki 2 şeritli bağdan geleceği düşünülmüş, dolayısıyla bu iki gişenin yüzdesel değerleri toplamının (%15 + %13 = %28) bu bağın oransal değerine eşit olacağı öngörülmüştür. Benzer şekilde bu bağın sağındaki 3 şeritli bağı, 11 ve 10 numaralı OGS ve 9 numaralı KGS taşıtlarının kullanacağı öngörülerek, bu bağın toplam trafik oranının (%12 + %8 + %2) = % 22 olacağı hesaplanmıştır. Komşu diğer bağlardaki toplam trafiğin oransal değeri benzer şekilde hesaplanmıştır. Bu bağların akım yukarısındaki ek şerit ve ana şeritlerin birleştiği kavşakta ise ayrılma yüzdeleri şu şekilde hesaplanmıştır: Ek şeridin tamamının 13 ve 12 numaralı OGS gişelerini kullanacağı ve dolayısıyla %100'ünün devamındaki bağa katılacağı öngörülmüştür. Bu bağın oransal değeri olan %28'e ulaşması için ise ana şeritlerin trafiğinin %8.4'ünün bu bağa katılması gerekmektedir. Bu %8.4 değerine, (%28 - % 21.3) / (%100-%21.3) = % 8.4 şeklinde ulaşılmıştır.

5.3.7.1 Trafik Talep Verilerinin Girilmesi (2005 Haziran)

Trafik talep verilerinin modele girilmesiyle ilgili olarak yine saat16:47-17:00 arası incelenecektir.

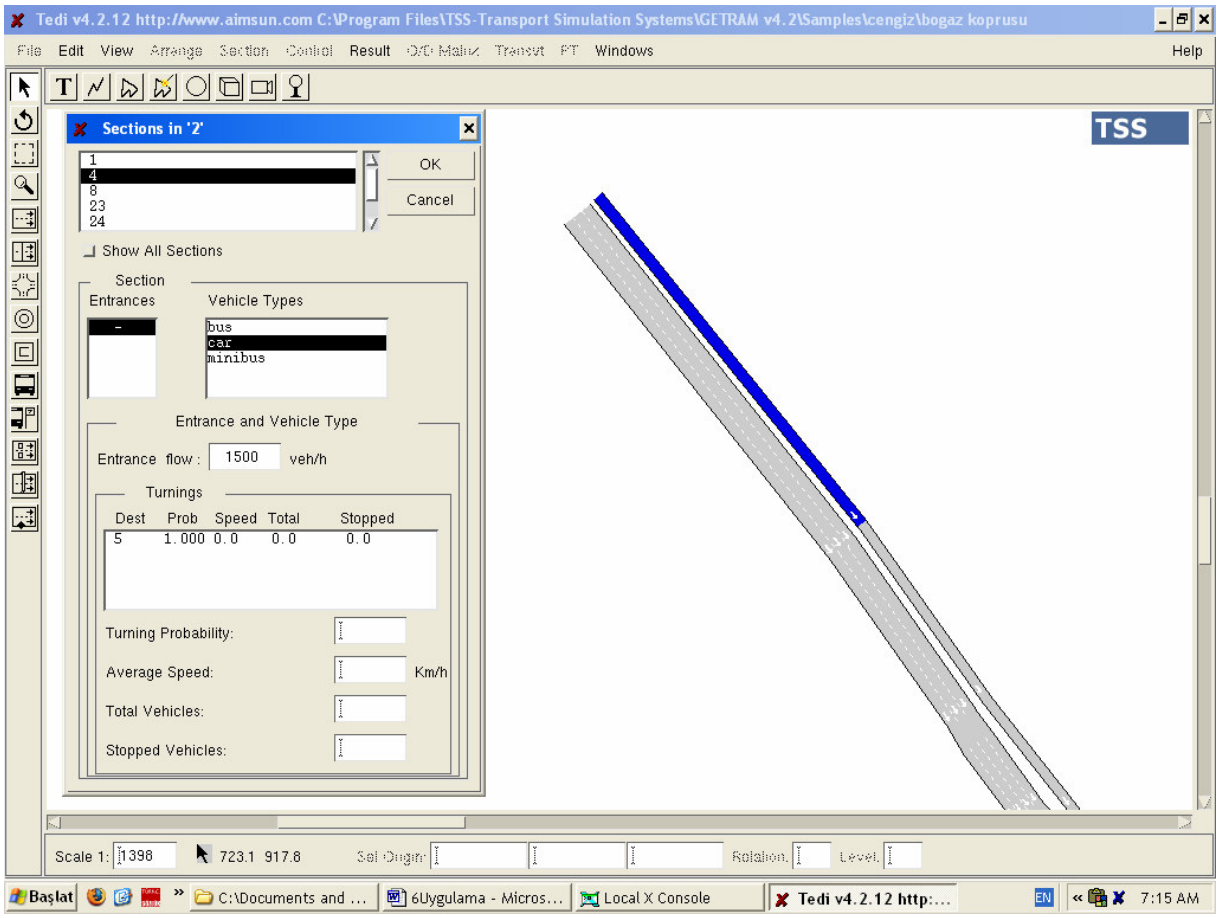
- Bağ 1



Şekil 5.14 Bağ 1'de trafik talebi girilmesi

- Bağ 1 gişe sahası modeline taşıtların 3 adet normal şeritten giriş yaptıkları bağdır (Şekil5.14).
- Sahadan alınan verilere göre saatte ortalama 5550 taşıt gişe sahasına bu bağdan giriş yapmaktadır. Bu hacmin 5127'si otomobil, 385'i minibüs, 35'i ise otobüstür. Bu bağdan sisteme giren otomobil hacmi (car) Şekil 5.14'de görülen pencerenin içindeki "enterence flow" bölmesine girilmiştir.

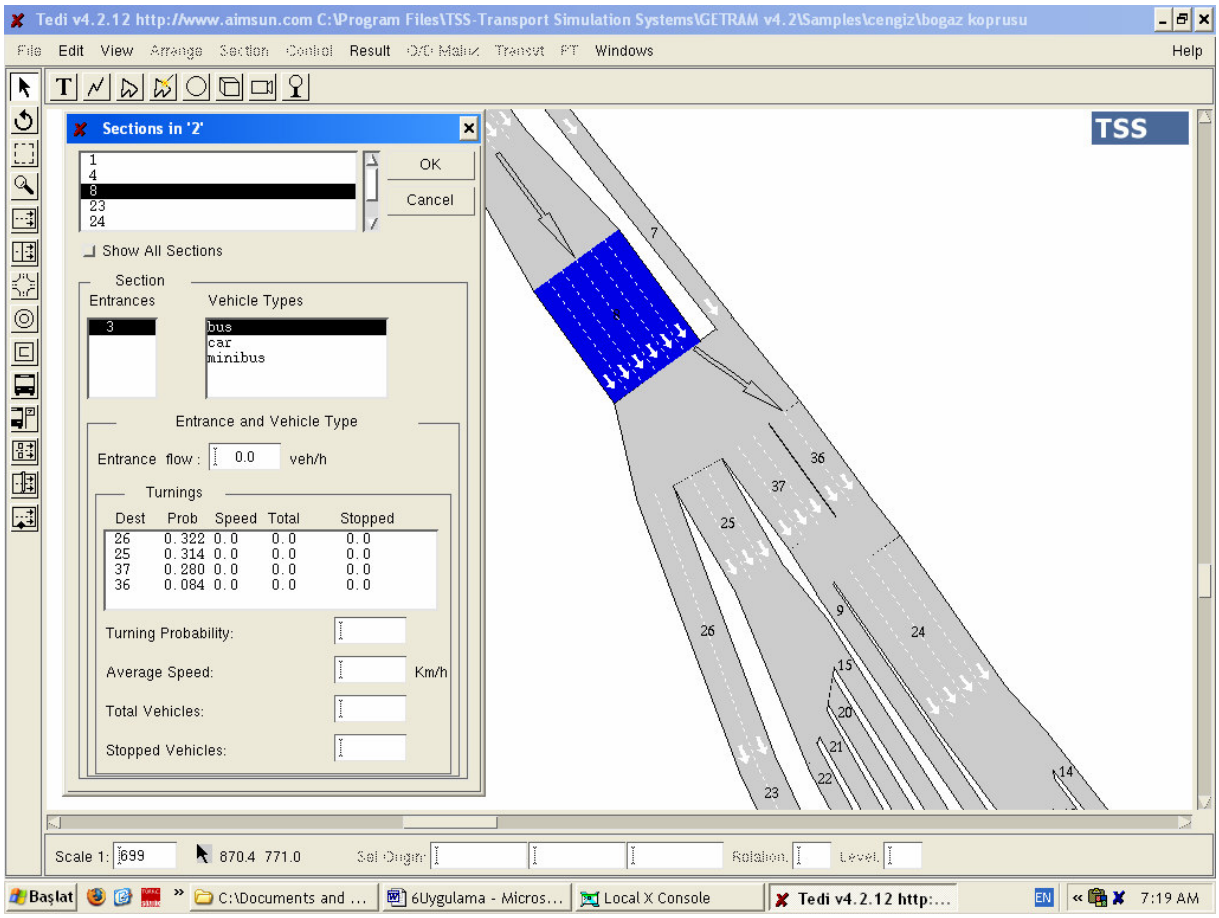
- Bağ 4



Şekil 5.15 Bağ 4'de trafik talebi girilmesi

- Bağ 4 gişe sahası modeline taşıtların ek şeritten giriş yaptıkları bağdır (Şekil 5.15).
- Bu bağdan, sahadan alınan verilere göre saatte ortalama 1500 taşıt modele giriş yapmaktadır. Bu değerin tamamı otomobil olarak düşünülmüştür. Bu değer Şekil 6.15'de görülen pencerenin içindeki "*enterence flow*" bölmesine girilmiştir.

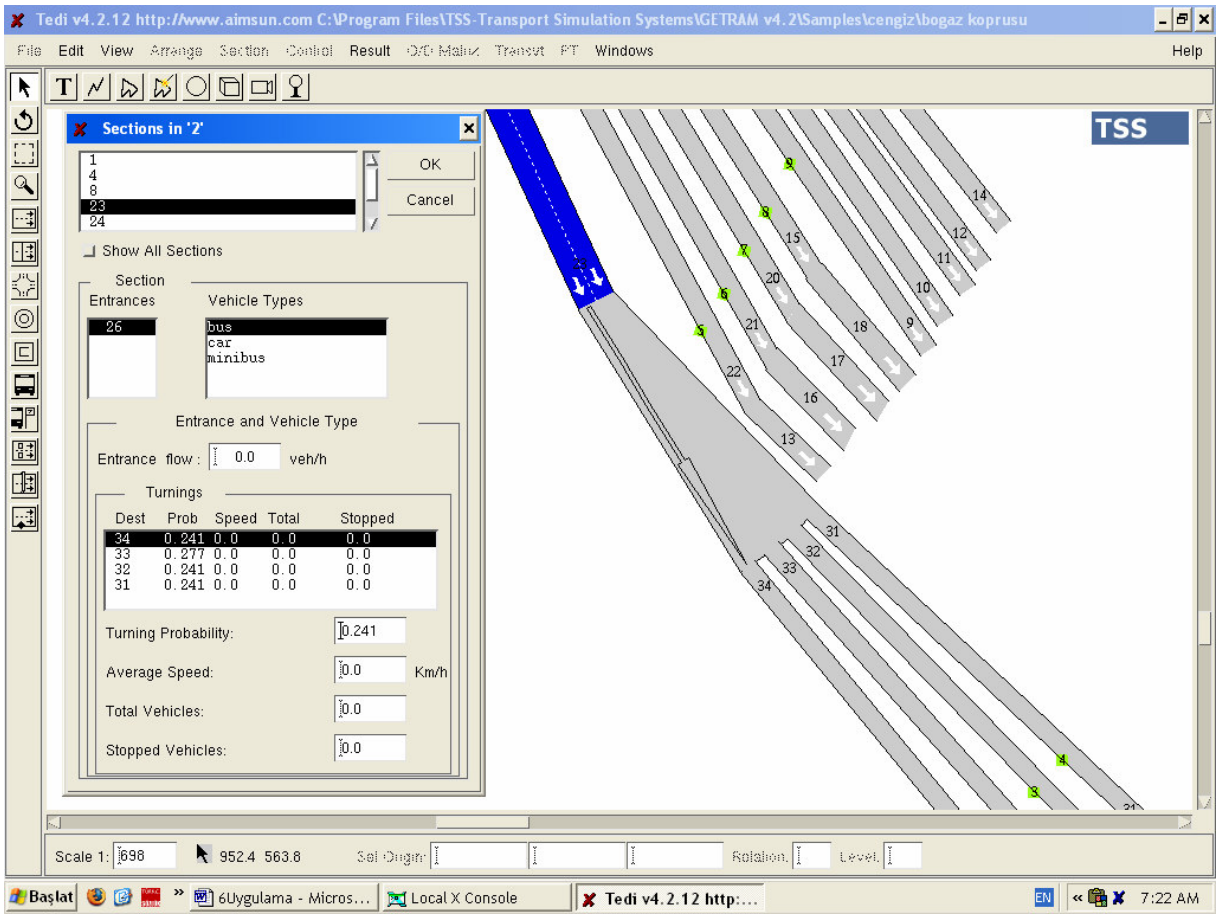
- Bağ 8



Şekil 5.16 Bağ 8'deki trafik talebi dağılımının girilmesi

- Bağ 8'e 3 adet normal şeritten gelen 5550 taşıt/saat değerindeki trafik hacmi, öncesinde giriş ve çıkış olmadığı için 5550 taşıt/saat olarak bu kavşağa giriş yapmaktadır.
- Şekil 5.16'da da gösterildiği gibi bağ 8'e gelen trafik hacminin %32.2'si, bağ 26'ya, yani en sağdaki ötelenmiş gişelere ulaşmaktadır.
- Bağ 8'e gelen trafik hacminin %31.4'ü bağ 25'den geçerek, 4 adet nakit gişeye ulaşmaktadır.
- Bağ 8'e gelen trafik hacminin %28'i bağ 37'den geçerek, 4 adet OGS ve 1 adet KGS gişesinin bulunduğu bölgeye ulaşmaktadır.
- Bağ 8'e gelen trafik hacminin %8.4'ü bağ 36'dan geçerek, 4 adet OGS ve 1 adet KGS gişesinin bulunduğu bölgeye ulaşmaktadır.

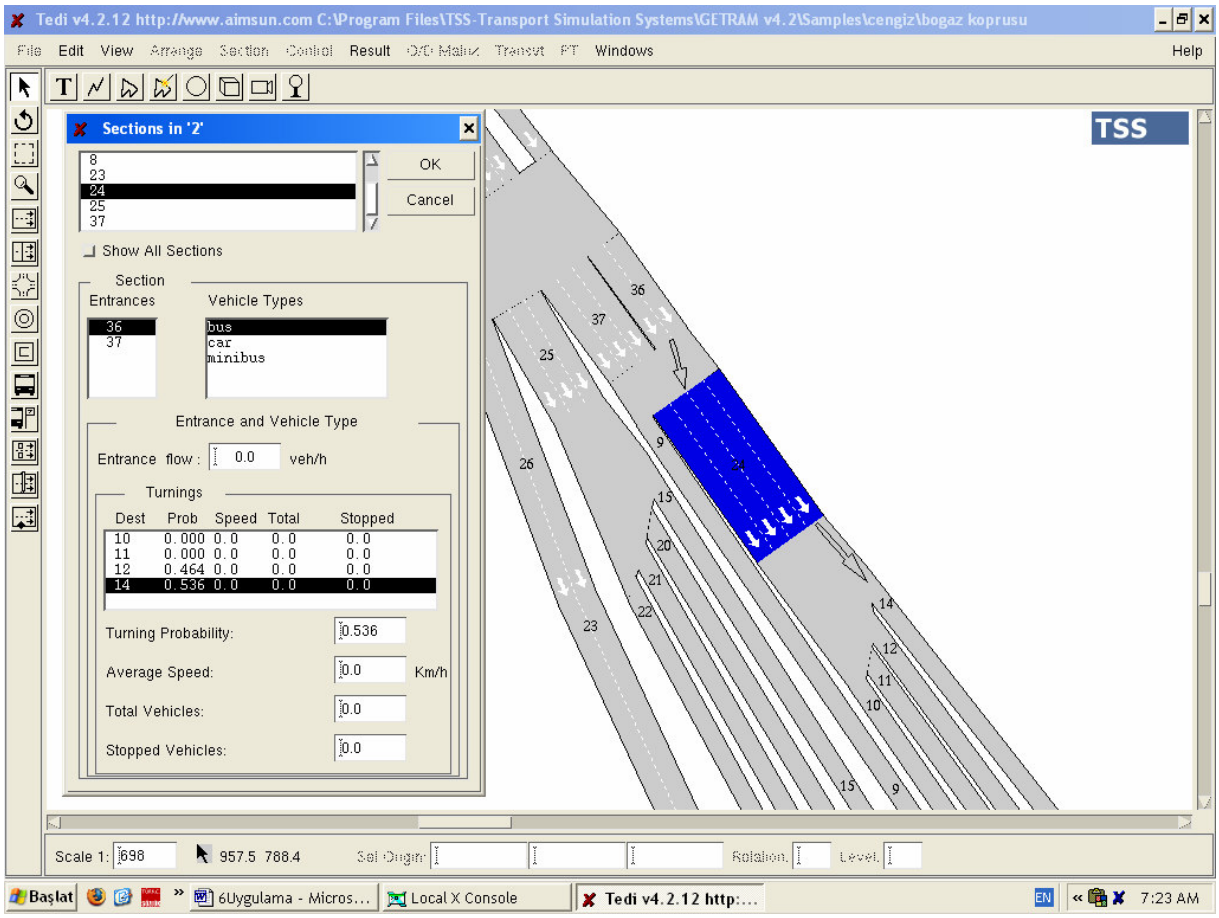
- Bağ 23



Şekil 5.17 Bağ 23'deki trafik talebi dağılımının girilmesi

- Bağ 23'e taşıtlar bağ 26'dan gelmektedir. Daha önce yapılan dağılıma göre bağ 8'e gelen trafik hacminin %32.2'si, bağ 26'ya ulaşmaktadır. Bu trafik hacmi yine hiç değişmeden bağ 23'e girmektedir.
- Bu trafik hacmi bu noktadan sonra 3 adet nakit ve 1 adet OGS gişesine ulaşmaktadır.
- Bağ 23'deki trafik hacminin %24.1'i bağ 34'ten geçerek 1 numaralı nakit gişeye ulaşmaktadır. Yine aynı oranda trafik hacmi 3 ve 4 no'lu gişelere gitmektedir. Bağ 23'deki trafiğin geri kalan (%100-%24.1*3) = %27.7'lik kısmı ise 2 numaralı OGS gişesinden geçmektedir.

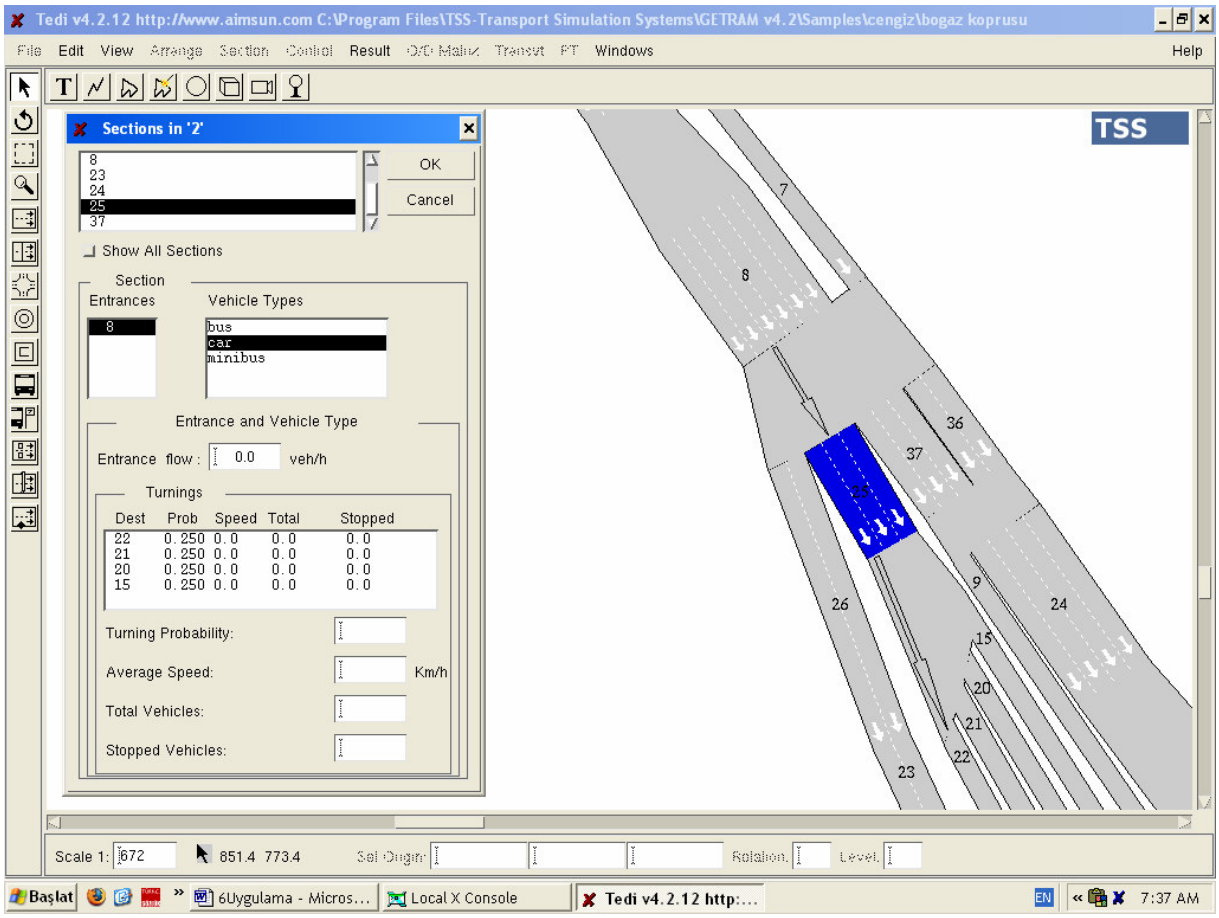
- Bağ 24



Şekil 5.18 Bağ 24'deki trafik talebi dağılımının girilmesi

- Bağ 24'e bağ 36'dan giren trafik hacminin %53.6'sı bağ 14'ten geçerek 13 numaralı OGS gişesine ulaşmaktadır. Bu değer gişe 13'ün toplam geçiş oranı olan %15 değerinin, bağ 36'nın toplam trafik oranı olan %28'e bölünmesi ile bulunmuştur. Çünkü bağ 36'nın trafik hacmi 12 ve 13 numaralı gişelere dağılacak şekilde önceden ayarlanmıştır.
- Bağ 24'e bağ 36'dan giren trafik hacminin %46.4'ü bağ 12'den geçerek 12 numaralı OGS gişesine ulaşmaktadır. Bu değer de, gişe 13'ün toplam geçiş oranı olan %13 değerinin, bağ 36'nın toplam trafik oranı olan %28'e bölünmesiyle bulunmuştur.
- Bağ 24'e bağ 37'den giren trafik hacminin %60'ı bağ 11'den geçerek 11 numaralı OGS gişesine ulaşmaktadır. Bu değere %12 / (%22-%2) = %60 şeklinde ulaşılmıştır.
- Bağ 24'e bağ 37'den giren trafik hacminin %40'ı bağ 10'dan geçerek 10 numaralı OGS gişesine ulaşmaktadır. Bu değere (%8 / (%22-%2) = %40) şeklinde ulaşılmıştır. Bu değerler Şekil 5.18'de "turnings" bölümüne girilmiştir.

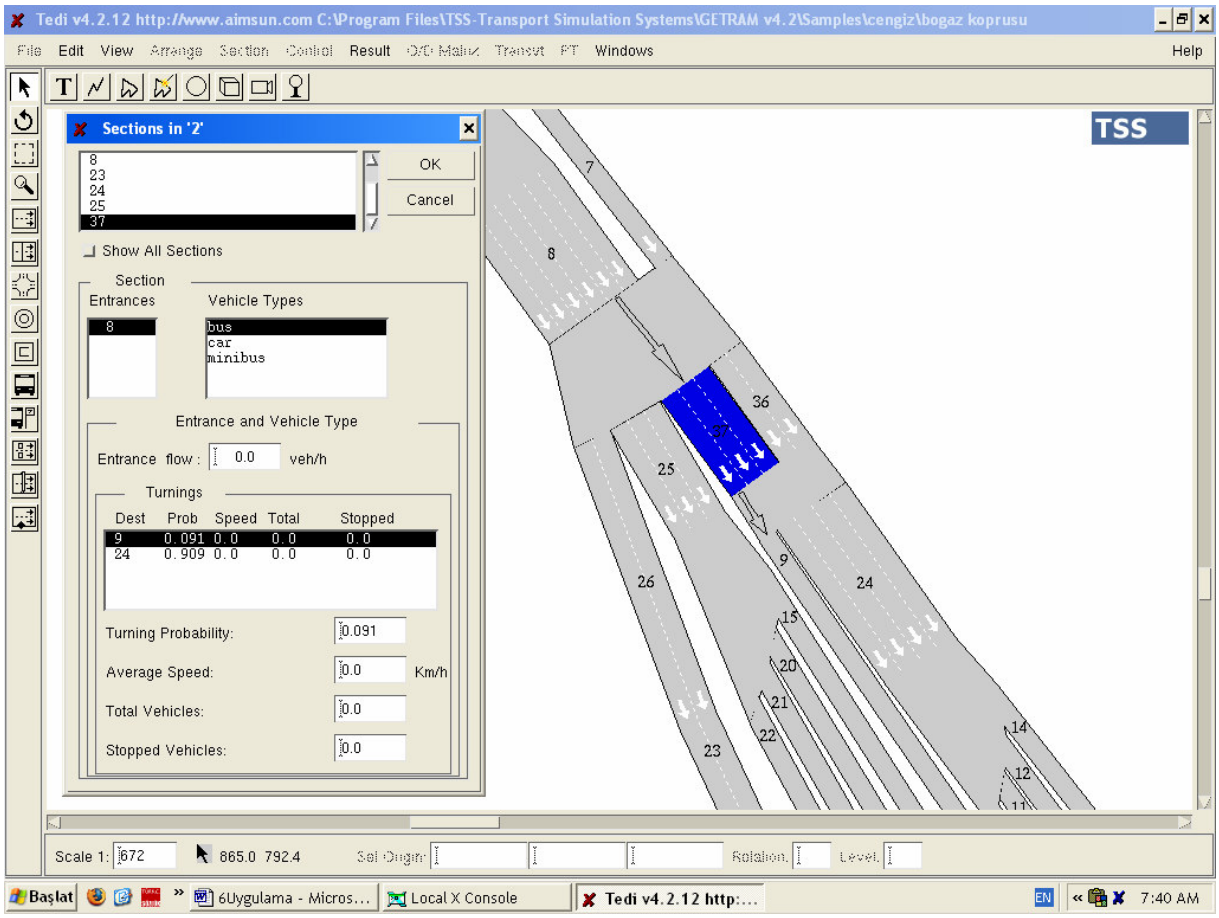
- Bağ 25



Şekil 5.19 Bağ 25'deki trafik talebi dağılımının girilmesi

- Şekil 5.19'da görüldüğü gibi 5, 6, 7 ve 8 numaralı nakit gişelere yönelen taşıtlar bağ 8'den bağ 25'e girmektedir.
- Bağ 25'e gelen trafik hacmi, 22, 21, 20 ve 15 numaralı bağlara eşit oranlarda (%25) ayrılarak nakit gişelerden geçmektedir.

- Bağ 9



Şekil 5.20 Bağ 9'daki trafik talebi dağılımının girilmesi

- Şekil 5.20'de görüldüğü gibi bağ 9'a gelip KGS gişesini kullanacak taşıtların tamamı, önce bağ 8'den bağ 37'ye daha sonra bağ 37'den bağ 9'a ayılmaktadırlar.
- KGS gişesini kullanan toplam trafiğin %2'sine denk gelen trafik hacmini, bağ 37'den bağ 9'a ayırmak için, KGS gişesinin trafik oranı (%2), bağ 37'nin trafik oranına (%22) bölünerek %9.1 bulunmuştur. Bu değer "turning probability" bölümüne girilmiştir.

5.4 Hata Testi

Hata testi aşamasında üç temel özellik test edilmiştir. Öncelikle yazılım hakkında herhangi bir sorun olup olmadığı incelenmiştir. Bu incelemede yazılımın resmi internet sitesi [1] ve kullanıcı gruplarının mesajları dikkate alınmıştır. AIMSUN resmi internet sitesinde, yazılım la ilgili yapılan testler ve alınan sonuçlar incelenebilmektedir. 2005 yılının Ekim ayında yazılımın yeni bir versiyonu olan AIMSUN NG'nin satışa sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan yazılım paketi, AIMSUN NG çıkmadan önceki son versiyonudur (AIMSUN 4.2). Ekim 2005 tarihi itibarı ile tez çalışmasının büyük bölümü tamamlanmış olduğu için yeni

versiyona geçiş yapma gereği duyulmamıştır.

Hata testi aşamasında yapılan diğer bir çalışma ise, girilen verilerin gözden geçirilmesidir. Bu kapsamda ağ bağlantıları, bağ geometrisi, kontrol planları gözden geçirilmiş gerekli görülen düzeltmeler yapılmıştır. Talep verileri ise mevcut durumdaki tüm saat aralıkları için giriş hacimleri ve dönüş oranları (manevralar) dikkatle incelenerek kontrol edilmiştir. Veriler arasında şu ana kadar mevcut değerleri değiştirilmeyen taşıt ve sürücü davranışı özellikleri ise, kalibrasyon aşamasında ayarlanacaktır.

Hata testi aşamasında iki boyutlu animasyon tüm simülasyon süresi boyunca izlenmiş ve göz ile görülür herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır.

5.5 Kalibrasyon

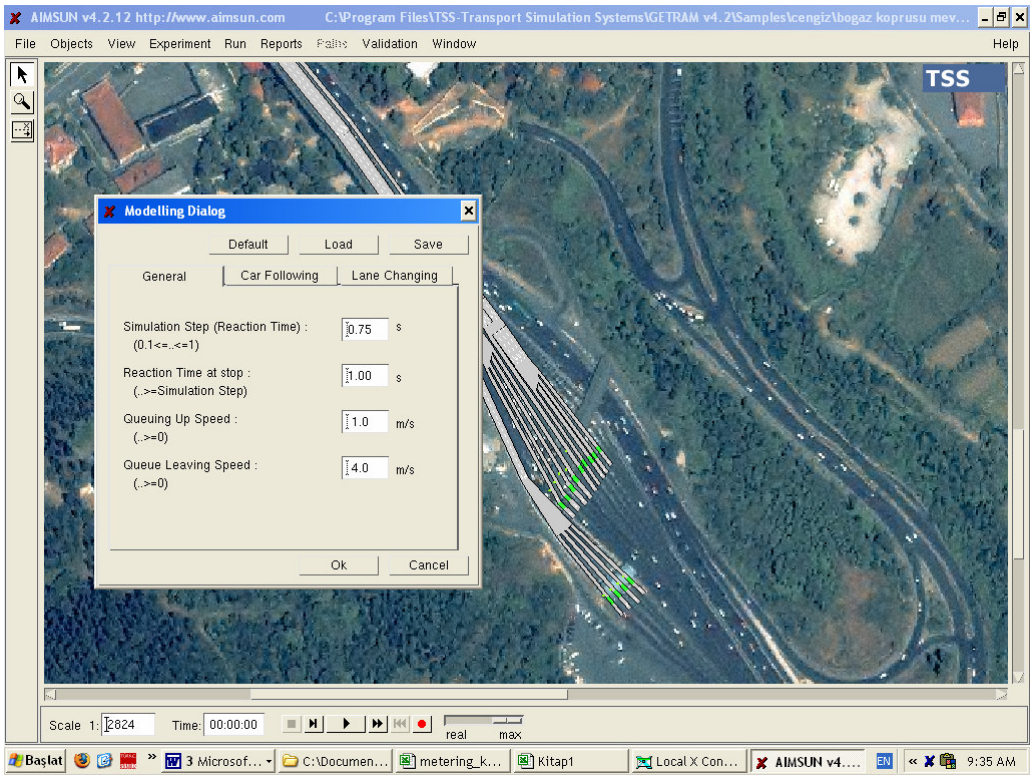
Kalibrasyon yapılması aşamasında öncelikle dikkat edilmesi gereken üç adet özellik vardır. Öncelikle kapasite, ardından rota seçimi ve sistem performansının kalibrasyonu yapılmalıdır. Bunlar arasından bu çalışmada kapasite kalibrasyonu oldukça önemlidir. Mevcut durumda gişelerden geçmesi gereken ortalama taşıt sayısını, elde etmek gereklidir. Bu gişe hacimleri sağlandığı zaman, geri kalan kalibrasyon süreci ince ayarlarla devam edecektir. Yapılan bu çalışmada rota seçimi parametresi kalibrasyonuna gerek yoktur, çünkü ağda belirli bir noktaya erişmek için farklı rotaları kullanmak gibi bir durum söz konusu değildir. Sistem performansı kalibrasyonu için ise yeterli donanım olmadığı için sahadan gerekli veriler toplanamamış, sadece kısmi gözlemler yapılabilmiştir. Mevcut durum simülasyonu için elde edilen sistem performansı değerleri, sahadaki sapmalardan büyük sapmalar göstermediği sürece doğru kabul edilecektir.

Otoyol işletimi için kalibrasyon aşamasında incelenmesi gerekenler: esas takip aralığı, sürücü reaksiyon süresi ve şerit değiştirmek için kritik boşluktur. Bu parametreler arasında ise sürücü reaksiyon süresinin, Boğaziçi Köprüsü'nün özel durumu ve sürücülerin bölgedeki trafik koşullarını çok iyi bilmeleri sebebi ile mevcut değerden daha düşük olabileceği düşünülmüştür. Diğer parametreler için ise, yazılımın otoyol işletimi için kullandığı mevcut parametre değerleri kullanılmıştır.

Kapasite Kalibrasyonu

Nakit gişelerin kapasite kalibrasyonu için öncelikle gişelerin geçirdiği maksimum taşıt sayısına ulaşılmaya çalışılmıştır. Elimizdeki hafta içi saatlik ortalama maksimum nakit gişe çıkış sayısı 2622 taşıt/saat'tir. Kalibrasyon için bu değer gişe başına 5 dakikalık dilimlere bölünmüştür (2622 / 7 gişe / (60/5) = 31.21 taşıt/gişe/5dakika).

Modeldeki tüm gişe çıkışlarının yaklaşık olarak bu değere eşit olması için yapılan kalibrasyon çalışması şu şekildedir: Gişeler katılım kontrolü (ramp metering) kullanılarak modellendiğinden, kalibrasyon için kırmızı ışık süresi (hizmet süresi) ortalaması ve standart sapması seçilmelidir. Saha çalışmasından, kırmızı ışık süresinin 5.4 saniye ve standart sapmasının 3.1 saniye olduğu saptanmıştır.



Şekil 5.21 AIMSUN'da modelleme penceresi

Bu verilerle yazılımın hazır parametreleri ile oynanmadan gişe çıkışlarındaki değere ulaşılmaya çalışılmıştır (Simülasyon adımı 0.75 saniye, sürücü reaksiyon süresi 1.00 saniye) (Şekil 5.21). Çizelge 5.5'te görüldüğü gibi, farklı gişe çıkışlarındaki dedektörlerden alınan ardışık 80 gişe çıkış değerinin ortalaması olarak 22.5 taşıt/gişe/5dakika bulunmuştur. Ancak bu değer 31.21 taşıt/gişe/5dakika değerinin çok gerisinde kalmaktadır. Bunun için öncelikle simülasyon adımı, daha sonra da reaksiyon süresi düşürülerek ortalamalar bulunmuştur. Çizelge 5.6'da bu değerlerin ortalamaları verilmekle beraber, Ek 6'da ayrıntılı olarak çizelgeler sunulmuştur.

Çizelge 5.5 : Hazır parametreler kullanılarak gişe çıkışlarından elde edilen taşıt sayıları

Simülasyon Adımı : 0.75 saniye Reaksiyon Süresi : 1.00 saniye			
1 15	**21** 21	**41** 23	**61** 24
2 15	**22** 22	**42** 23	**62** 24
3 16	**23** 22	**43** 23	**63** 24
4 18	**24** 22	**44** 23	**64** 24
5 18	**25** 22	**45** 23	**65** 24
6 18	**26** 22	**46** 23	**66** 24
7 19	**27** 22	**47** 23	**67** 24
8 19	**28** 22	**48** 23	**68** 24
9 19	**29** 22	**49** 23	**69** 24
10 19	**30** 22	**50** 23	**70** 24
11 19	**31** 22	**51** 23	**71** 24
12 19	**32** 22	**52** 23	**72** 24
13 19	**33** 22	**53** 23	**73** 24
14 20	**34** 22	**54** 23	**74** 24
15 20	**35** 22	**55** 23	**75** 24
16 21	**36** 22	**56** 23	**76** 24
17 21	**37** 22	**57** 23	**77** 25
18 21	**38** 22	**58** 23	**78** 25
19 21	**39** 23	**59** 23	**79** 25
20 21	**40** 23	**60** 23	**80** 26
Ortalama : 22.5 taşıt/gişe/5dk.			

Çizelge 5.6 Simülasyon adımı ve sürücü reaksiyon sürelerine göre gişelerden geçen 5 dakikalık taşıt sayıları

Simülasyon Adımı (saniye)	**Reaksiyon Süresi (saniye)**	**Ortalama Geçiş (taşıt/gişe/5dk)**
0.10	1.00	29.60
0.10	0.90	29.93
0.10	0.80	30.23
0.10	0.70	30.34
0.10	0.60	30.59
0.10	0.50	31.25

Çizelge 5.6 gösteriyor ki, sahadaki ortalama değer 31.21 taşıt/gişe/5dakika ortalama değerine 0.1 saniye simülasyon adımı ve 0.5 saniye reaksiyon süresi parametre değerleri ile ulaşılmıştır. Boğaziçi Köprüsü gişe sahasının özel bir trafik durumu gösterdiği ve sürücülerin çoğunun her gün bu sahadan geçtiği düşünülerek, çalışma alanı için reaksiyon süresinin 1 saniyenin altına düşmesi kabul edilebilir. Fakat 0.5 saniye reaksiyon süresinin çok düşük olduğu düşünülerek, yaklaşık olarak 31.25'e yakın bir gişe çıkış değeri veren 0.8 saniye reaksiyon süresinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Kapasite kalibrasyonu aşamasında son olarak, modelden çıkan toplam taşıt sayıları (hacimleri), arazi çalışmasından elde edilen hacimler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 Sahada gözlenen ve modelde elde edilen gişe çıkış hacimleri

Zaman Aralığı	Sahada gözlenen çıkış hacimleri (taşıt/saat)	Modelde elde edilen çıkış hacimleri (taşı/saat)	Fark (taşıt/saat)	Sapma Oranı
16:00-17:00	5878	5860	18	**0.0031**
17:00-18:00	6948	6925	23	**0.0033**
18:00-19:00	7083	7015	68	**0.0096**
19:00-20:00	7045	7062	-17	**-0.0024**
20:00-21:00	6691	6726	-35	**-0.0052**

Çizelge 5.7'den görüldüğü gibi, sahada gözlenen ve modelde elde edilen gişe çıkış hacimleri arasındaki en büyük saatlik fark (sapma) %0.96 olmaktadır. Bu hata oranı kabul edilebilir bir mertebededir.

Diğer Kalibrasyonlar

Kapasite kalibrasyonu tamamlandıktan sonra, bağ akımları (hız-akım ilişkisi) ve darboğazların (kuyruk boyları) mevcut duruma uyup uymadığı kontrol edilmiştir. Kalibrasyonun tamamlanması için animasyondan izleme yöntemi ile sistem performansının mevcut duruma uyup uymadığına karar verilmiştir. Mevcut durum simülasyonunun animasyonu defalarca izlenerek modelin mevcut duruma yakın akım ve kuyruk özellikleri gösterdiği saptanmıştır. Bununla ilgili olarak saat başlarında animasyondan resimler alınmış ve bunlar Ek 7'de sunulmuştur.

5.6 Alternatiflerin Analizi

Kalibrasyonu aşaması bitirildikten sonraki adım, gelecekteki olası senaryoların analizidir. Yapılan çalışmanın amacına uygun olarak, gelecekte OGS kullanım yüzdesindeki artış oranına göre, en uygun gişe sayısını bulmaya yönelik senaryolar üretilmiştir. Bu senaryolar aşağıda sıralanmıştır:

- Mevcut durumdaki ödeme türü oranlarına göre (Çizelge 5.3), OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.

- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %5 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %10 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %15 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %20 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %25 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %30 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- OGS geçiş oranlarının tüm saat dilimlerinde %34 arttırılması ile birlikte, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması ve OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması.
- Hafta sonu, mevcut durumdaki geçiş yüzdelerine göre (Çizelge 6.3), OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması, OGS gişe sayısının 2 azaltılıp nakit gişe sayısının 2 arttırılması.

Yukarıda maddeler halinde sıralanan senaryolar, sırayla analiz edilmiştir. Yapılan analizler sırasında gişe sayısının değişmesi ile birlikte, modeldeki geometrik düzenlemede de küçük değişiklikler yapılmıştır. Bu düzenleme esas olarak, nakit gişelere ve OGS gişelerine yaklaşan bağların, gişe tipi sayısı değişimine göre, şerit sayısının değiştirilmesi şeklinde yapılmıştır. Buradaki asıl amaç, OGS gişeleri yaklaşımındaki şeritlerin OGS gişelerinin toplam genişliği kadar bir alan kaplaması ve nakit gişelere yaklaşan şeritlerin nakit gişelerinin toplam genişliği kadar bir alan kaplamasıdır. Dolayısı ile OGS gişe sayısı arttırıldığı zaman OGS gişelerinin önündeki yaklaşım şeritlerinin sayısı arttırılıp nakit gişelerin önündeki yaklaşım şeritlerinin sayısı düşürülmüştür.

Ek 5'te mevcut durumdaki trafik değerlerinin dağılımı, mevcut gişe tipi sayıları için sunulmuştu. Ek 8'de, mevcut durumdaki trafik hacimlerinin dağılımı, OGS gişe sayısının 1 azaltılıp nakit gişe sayısının 1 arttırılması durumu için, Ek 9'da mevcut durumdaki trafik hacimlerinin dağılımının, OGS gişe sayısının 1 arttırılıp nakit gişe sayısının 1 azaltılması durumu için ve Ek 10'da mevcut durumdaki trafik hacimlerinin dağılımının, OGS gişe sayısının 2 arttırılıp nakit gişe sayısının 2 azaltılması durumu için sunulmuştur.

Senaryoların analizi yapılırken, mevcut durumun ağ yapısı farklı kaydedilip aynı dosya üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Bu, tüm dosyaların aynı parametrelerle çalışmasını, aynı rastsal değişkenlerin kullanmasını ve geometride çok fazla değişiklik olmamasını sağlamaktadır. Böylece senaryolarla mevcut durum karşılaştırılırken, tüm sonuçlar aynı dosya alt yapısı ile elde edilmiş olmaktadır.

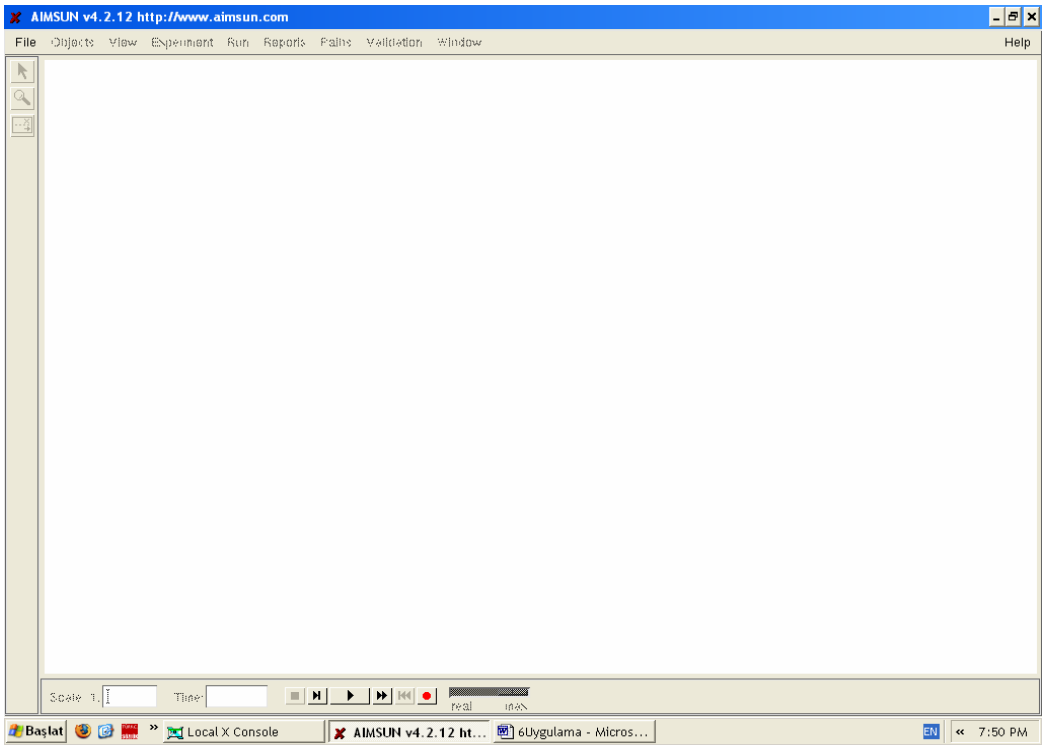
Mevcut durum analizi ve alternatif senaryoların her biri, farklı rasgele sayılarla 10 kez çalıştırılmış ve sonuçların ortalaması burada sunulmuştur.

Senaryoların simülasyonunun yapılması ve sonuçlarının alınması, AIMSUN'da aşağıdaki adımlar takip edilerek yapılmaktadır.

5.6.1 Senaryo Oluşturulması

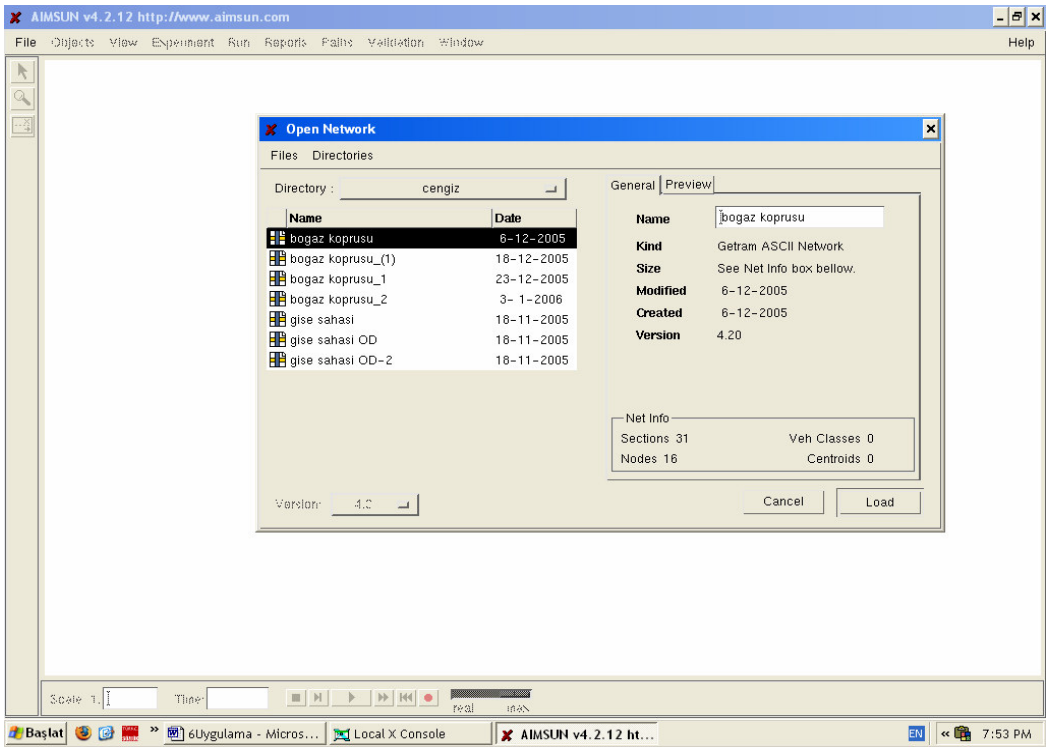
Burada, mevcut durumdaki ödeme tipine göre gişe sayısı aynı kalmak koşulu ile OGS oranının %5 arttırılması senaryosunun AIMSUN'da girilip sonuçlarının alınması anlatılacaktır. Diğer senaryolar da aynı yöntem takip edilerek oluşturulmuştur.

Yukarıdaki bölümlerde anlatılan aşamalar tamamlandıktan sonra simülasyonun çalıştırılması için, verilerin AIMSUN mikroskobik simülatörüne eklenmesi gerekmektedir. Öncelikle boş bir AIMSUN dosyası açılır (Şekil 5.22).



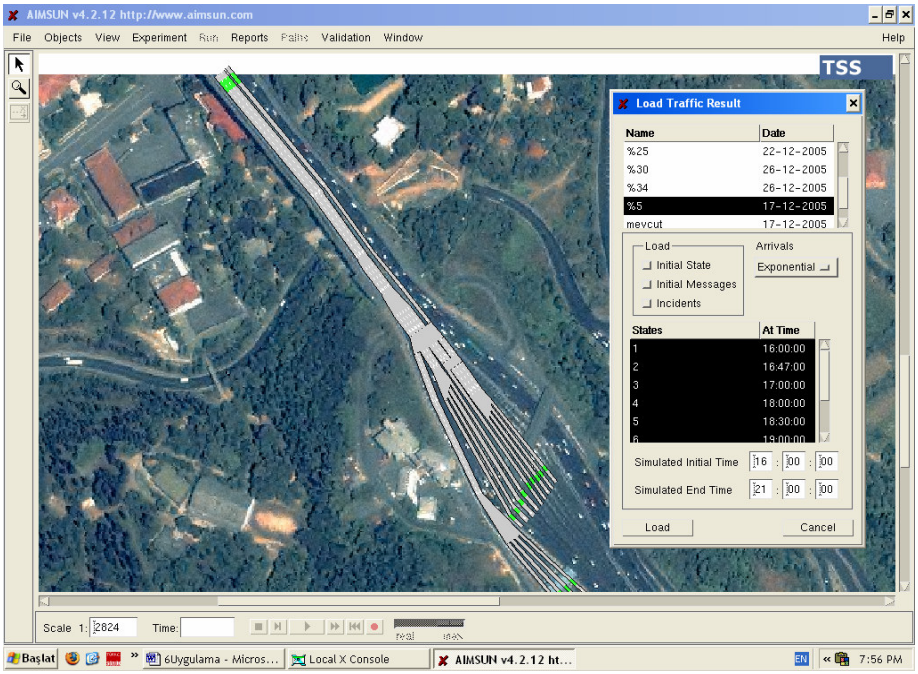
Şekil 5.22 Boş bir AIMSUN dosyası

Daha sonra Şekil 5.23'de görüldüğü gibi bu boş AIMSUN dosyasına ağ eklenir.



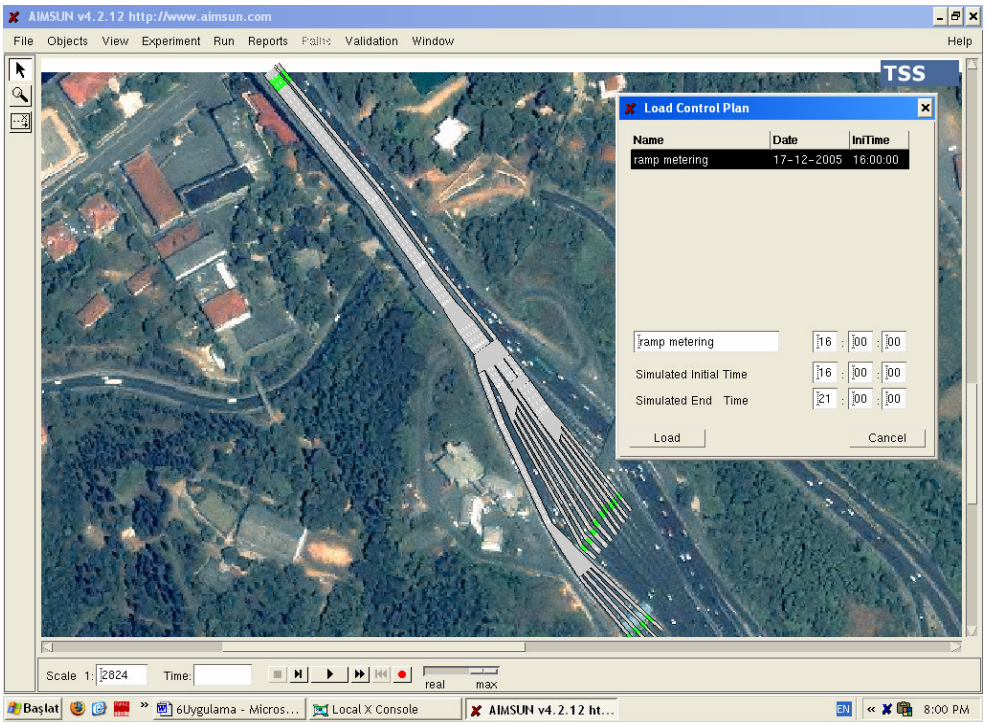
Şekil 5.23 TEDİ grafik yöneticisinde hazırlanan ağın AIMSUN'a eklenmesi

Ağ'dan sonra trafik değerleri Şekil 5.24'de görüldüğü gibi eklenir.



Şekil 5.24 TEDI grafik yöneticisinde hazırlanan trafik değerlerinin AIMSUN'a girilmesi

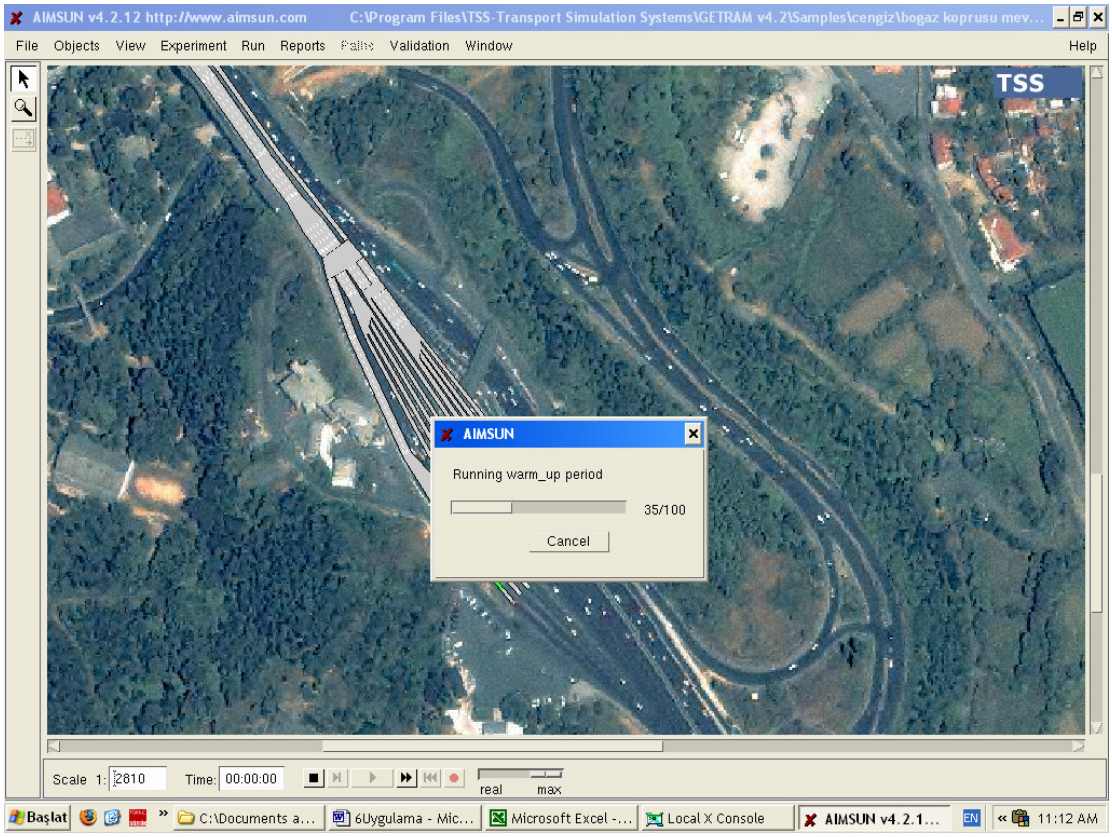
Son olarak Şekil 5.25'de görüldüğü gibi kontrol planı yüklenir. Eklenebilecek diğer verilerin (toplu taşıma planı vb.), yapılan bu çalışmada kullanılmadığı için eklenmesine gerek yoktur.



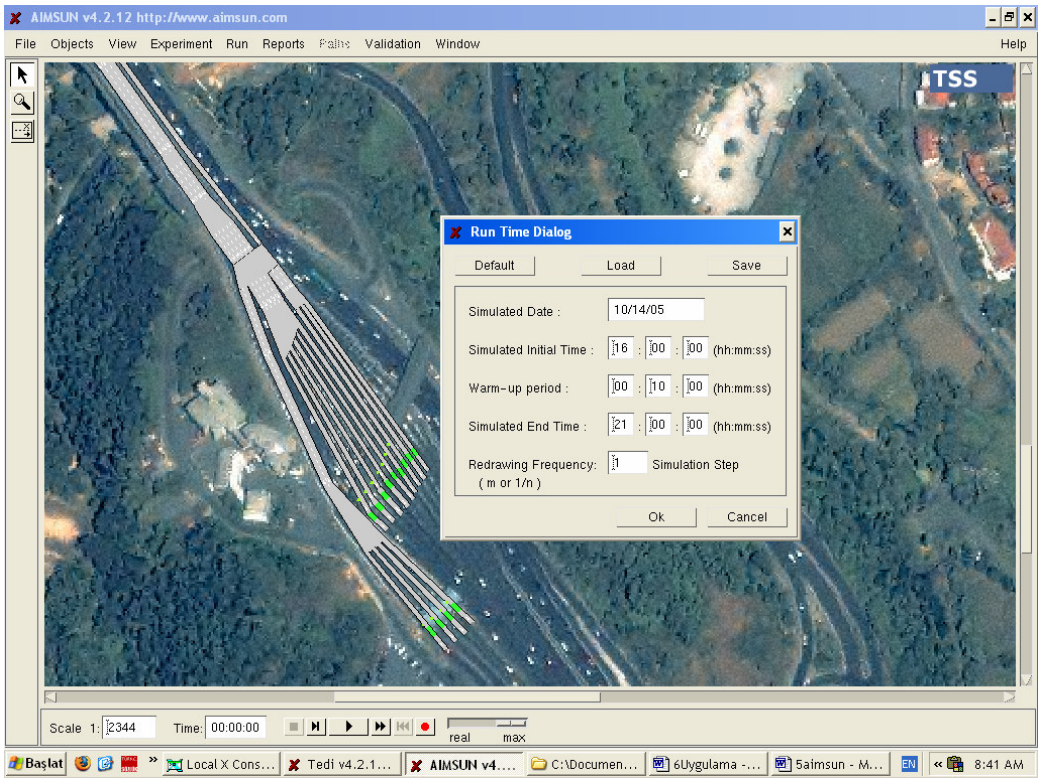
Şekil 5.25 TEDI grafik yöneticisinde hazırlanan kontrol planının AIMSUN'a girilmesi

Simülasyonun çalıştırılması için gerekli tüm veriler yüklendikten sonra, pencerenin altındaki kısayol tuşlarından "*play*" tuşuna basarak simülasyon başlatılabilir. Çalıştırma işlemi aynı zamanda yukarıdaki çalıştır (run) menüsünden yine çalıştır komutu seçilerek (Ctrl+R) yapılabilir.

Şekil 5.26'da anlatılan senaryo için çalıştırma saatleri girilmiş bir pencere görülmektedir. Bu pencerede simülasyon tarihi, simülasyon başlama saati, ön çalıştırma süresi, simülasyon bitiş saati ve görüntü gelme sıklığı bulunmaktadır. Bu değerlerden bizim alacağımız sonuçlarla doğrudan ilgili olanlar simülasyon başlama saati (16:00), simülasyon bitiş saati (21:00) ve ön çalıştırma süresidir (10 dakika). Ön çalıştırma süresi (warm up period) (Şekil 5.26), simülasyonun başladığı saatte (16:00) sistemin dolu olması için gereklidir. Dolayısıyla ilk dakikalar için elde edeceğimiz veriler doğru olacaktır. Çünkü saat 16:00'da boş bir ağ ile simülasyona başlanırsa ilk dakikalar için elde edeceğimiz sonuçlar gerçeği yansıtmayacaktır. Bu parametrenin olmadığı simülasyon yazılımlarında çalıştırma süresi 10 dakika uzatılarak ilk 10 dakikalık sonuçlar değerlendirmeye alınmayarak sorun giderilmiş olur.



Şekil 5.26 Simülasyon başlamadan önce ön çalıştırma süresinin çalışması



Şekil 5.27 Simülasyon çalıştırma saatleri penceresi

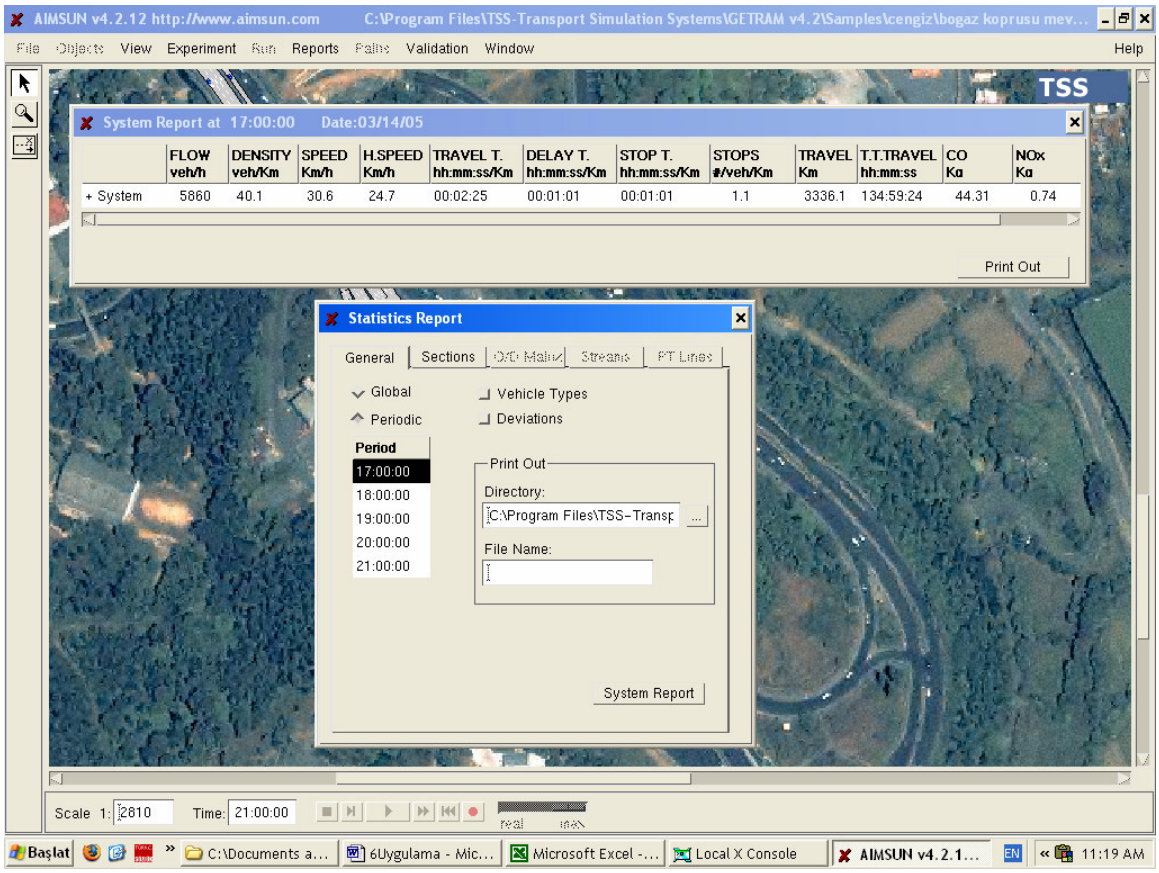
Simülasyon çalıştırılmadan önce son olarak sonuçların nasıl elde edilmek istendiği tanımlanmalıdır. Analizin amacına ve harcanabilecek zamana göre belli zaman aralıklarında modelden çıktı alınabilir.

Yapılan çalışmada sistem istatistikleri ve dedektör verileri olarak iki farklı tür veri alınmaktadır. Bunların tamamında birer saatlik sonuç alınması düşünülmüştür. Dolayısı ile bir simülasyon senaryosu için 5 ayrı aralıkta çıktı alınacaktır (16:00-17:00, 17:00-18:00, 18:00-19:00, 19:00-20:00, 20:00-21:00).

Uygulama bölümü yapılması süresince TSS, (2003) AIMSUN kullanıcı kılavuzu ve Barcelo J. AIMSUN teknik özeti takip edilmiştir.

5.6.2 Sonuçların Elde Edilmesi

Simülasyonun tamamı çalıştırıldıktan sonra (16:00-21:00 arasında) raporlar menüsünden istenilen sonuç verileri elde edilir. AIMSUN yazılımından çeşitli tiplerde (grafik, renklendirme, çizelgeleme vb.) çıktı alınabilir. Bu çalışmada kullanılan sonuç verileri çizelgelerden gerekli değerler seçilerek Excel dosyasında işlenmiştir. Şekil 6.28'de mevcut gişe konfigürasyonu ve sayısı için saat 17:00-18:00 aralığında sistem raporu alınması gösterilmektedir.



Şekil 5.28 Mevcut gişe konfigürasyonu ve gişe tipi için sistem raporu alınması

Şekil 5.28'de görülen çizelgeden akım, yoğunluk, hız, seyahat süresi, gecikme süresi, durma gecikmesi süresi ve ortalama durma sayısı değerleri karşılaştırma kriterleri olarak seçilmiştir. Bu değerler mevcut durum ve senaryolarda, tüm zaman aralıkları ve toplam simülasyon süresi için derlenmiştir.

Haftaiçi ve haftasonu olmak üzere iki farklı simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon çalışmalarında, mevcut gişe sayısına ek olarak OGS gişe sayısının bir eksiltilmesi, bir ve iki arttırılması (Nakit gişe sayısının da aynı sayıda arttırılması veya eksiltilmesi) durumları ile toplam gişe sayısı aynı kalmak üzere mevcut trafik kompozisyonuna ek olarak, OGS kullanımının trafik kompozisyonu içindeki payının kademeli olarak %5 arttırılması (Nakit ödeme payının da aynı oranda azaltılması) durumları incelenmiştir. Çizelge 5.2-a-b-c'deki gişe çıkış verileri incelendiğinde, hafta içi ve hafta sonu trafik kompozisyonunun (özellikle OGS ve Nakit ödeme türlerinin) değiştiği, OGS kullanımının hafta sonu kompozisyonu içindeki payının azaldığı, buna karşın Nakit ödemelerin arttığı görülmektedir. Haftaiçi ve haftasonu simülasyon sonuçları Ek 11'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Çizelge 5.8 ve 5.9'da aynı sonuçların beş saatlik ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 5.8 Haftaiçi saat 16:00 – 21:00 arası simülasyon sonuçları

Trafik Parametresi		ORT. AKIM	ORT. YOĞUNLUK	ORT. HIZ	SEYAHAT SÜRESİ	GECİKME SÜRESİ	DURMA GECİKMESİ	ORTALAMA DURMA
OGS oranı değişimi	**OGS gişe sayısı değişimi**	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
Mevcut	**Mevcut**	6718	56.1	28.4	0:03:02	0:01:36	0:01:37	1.4
+ %5	**Mevcut**	6750	34.6	31.9	0:01:52	0:00:26	0:00:25	0.7
+ %10	**Mevcut**	6751	30.9	36.2	0:01:41	0:00:14	0:00:12	0.5
+ %15	**Mevcut**	6751	29.8	37.0	0:01:38	0:00:09	0:00:07	0.4
+ %20	**Mevcut**	6751	29.3	37.4	0:01:36	0:00:07	0:00:05	0.4
+ %25	**Mevcut**	6752	29.0	37.5	0:01:36	0:00:05	0:00:03	0.3
+ %30	**Mevcut**	6751	28.9	37.5	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.3
+ %34	**Mevcut**	6751	28.9	37.4	0:01:36	0:00:04	0:00:02	0.2
Mevcut	**+1**	6634	77.2	23.4	0:04:05	0:02:40	0:02:40	3.5
+ %5	**+1**	6695	61.8	28.7	0:03:14	0:01:49	0:01:49	1.3
+ %10	**+1**	6697	34.0	35.7	0:01:48	0:00:22	0:00:20	0.5
+ %15	**+1**	6698	30.1	37.3	0:01:37	0:00:10	0:00:09	0.4
+ %20	**+1**	6698	29.2	37.9	0:01:35	0:00:07	0:00:05	0.3
+ %25	**+1**	6699	28.8	38.2	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
+ %30	**+1**	6699	28.6	38.3	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
+ %34	**+1**	6699	28.5	38.3	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
Mevcut	**+2**	6240	99.8	18.2	0:05:37	0:04:13	0:04:13	6.4
+ %5	**+2**	6743	83.4	22.4	0:04:23	0:02:58	0:02:58	4.2
+ %10	**+2**	6698	66.7	28.7	0:03:30	0:02:03	0:02:03	1.5
+ %15	**+2**	6697	31.8	36.5	0:01:43	0:00:16	0:00:14	0.4
+ %20	**+2**	6697	29.3	37.8	0:01:36	0:00:08	0:00:06	0.3
+ %25	**+2**	6699	28.6	38.2	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
+ %30	**+2**	6699	28.3	38.4	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
+ %34	**+2**	6699	28.2	38.4	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
Mevcut	**-1**	6728	36.8	33.3	0:02:00	0:00:33	0:00:33	0.7
+ %5	**-1**	6729	32.3	35.3	0:01:46	0:00:18	0:00:17	0.6
+ %10	**-1**	6731	30.5	36.1	0:01:41	0:00:12	0:00:10	0.4
+ %15	**-1**	6732	29.9	36.8	0:01:38	0:00:09	0:00:07	0.4
+ %20	**-1**	6732	29.3	37.3	0:01:37	0:00:07	0:00:05	0.4
+ %25	**-1**	6732	29.1	37.4	0:01:36	0:00:06	0:00:03	0.3
+ %30	**-1**	6732	29.0	37.4	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.2
+ %34	**-1**	6732	29.1	37.3	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2

Çizelge 5.9 Hafta sonu saat 16:00 – 21:00 arası simülasyon sonuçları

Trafik Parametresi		ORT. AKIM	ORT. YOĞUNLUK	ORT. HIZ	SEYAHAT SÜRESİ	GECİKME SÜRESİ	DURMA GECİKMESİ	ORTALAMA DURMA
OGS oranı değişimi	**OGS gişe sayısı değişimi**	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
Mevcut	**Mevcut**	5001	61.2	21.9	0:04:23	0:03:01	0:03:01	2.5
Mevcut	**+1**	5035	37.4	29	0:02:41	0:01:18	0:01:18	1.7
Mevcut	**+2**	4993	28.7	31.2	0:02:06	0:00:38	0:00:41	1

5.7 Trafik Parametrelerinin İncelenmesi

Bu bölümde, sonuçları daha önce elde edilen trafik parametreleri ortalama değerlerine göre incelenmiş ve çeşitli değerlendirilmeler yapılmıştır.

5.7.1 Ortalama Hız

Çizelge 5.10 ve Şekil 5.29 hafta içindeki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen hız değerlerini göstermektedir. Buna göre,

- Çizelge 5.10-5.11'den anlaşılacağı gibi, ödeme türlerinin trafik hacmi içindeki mevcut dağılımının (trafik kompozisyonunun) ve mevcut gişe konfigürasyonunun ele alındığı senaryo için çalışma sahasındaki (ve çalışma süresindeki) ortalama taşıt hızı 28.4 km/saat bulunmuştur. Aynı trafik kompozisyonu için mevcut OGS gişe sayısının (4+1) bir adet azaltılması (ve Nakit gişe sayısının bir adet arttırılması) halinde ortalama hız %17 oranında artarak 33.3 km/saat değerine çıkmıştır (Şekil 5.29). Bu sonuç, mevcut durumda sahadaki 4+1 OGS gişe sayısının gereğinden fazla olduğu, hatta nakit gişe sayısının yetersiz kalması nedeniyle bu gişelerin önündeki kuyrukların sistem performansını olumsuz yönde etkileyecek kadar uzadığını, böylece sistemdeki taşıtların (özellikle OGS taşıtlarının) gişelere erişmede zorlandığını, ortalama hızın bu nedenle düşük olduğunu göstermektedir. Mevcut durumda, ödeme türlerine göre trafik kompozisyonuyla, bu trafiğe hizmet veren gişe türlerinin sayıları arasındaki dengenin gözetilmediği anlaşılmaktadır. Bu uyumsuzluk gişe sahasının düşük performansla çalışmasına neden olmakta, sürücüler gereksiz yere kuyruklarda zaman yitirmektedir. Bu verimsizliğin diğer bir kanıtı, mevcut trafik kompozisyonu için yapılan ve OGS gişe sayısını bir ve iki adet arttıran (buna paralel olarak nakit gişe sayısını bir ve iki

azaltan) senaryoların verdiği sonuçtur. OGS gişe sayısının bir arttırılması halinde sistemdeki ortalama taşıt hızı %17'nin üzerinde azalarak 23.4 km/saat değerine düşmekte, iki arttırılması halinde %40 azalarak 18.2 km/saat değerinde düşmektedir.

- Trafik kompozisyonu içindeki OGS kullanımının mevcut duruma göre %5 artması halinde mevcut gişe konfigürasyonunda sistemdeki taşıtların ortalama hızı 31.9 km/saat değerine çıkmaktadır. Bu hızın mevcut durumdaki 28.4 km/saat hızından büyük olması, mevcut gişe konfigürasyonunun gereksiz yere fazla OGS gişesi barındırdığını bir kez daha göstermektedir. Zira, OGS gişe sayısı bir eksiltilerek nakit gişe sayısının bir arttırılması halinde, %5 arttırılmış OGS trafik hacminde ortalama hız 35.3 km/saat değerine çıkmaktadır. Aynı trafik kompozisyonu için OGS gişe sayısının bir ve iki arttırılması halinde, hızlar düşmekte, sırasıyla 28.7 ve 22.4 km/saat değerlerini almaktadır.
- Mevcut gişe konfigürasyonunun, trafik içindeki OGS payının %10 artması halinde dahi yeterli olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Hatta, bu trafik kompozisyonunda OGS gişe sayısının mevcut durumdan bir eksik ya da bir fazla olması (ve Nakit gişe sayısının bir fazla ya da bir eksik olması) ortalama hızı çok değiştirmemektedir. (hız 36 km/saat civarındadır). Ancak, OGS oranı %10 artmış trafik kompozisyonunda da OGS gişe sayısını mevcut duruma göre iki arttırmak (ve nakit gişe sayısını iki azaltmak) sistemin ortalama hızını büyük ölçüde azaltarak 28.7 km/saat değerine çekmekte, performansı azaltmaktadır.
- Grafikteki eğrilerin tamamı, OGS oranının trafik kompozisyonu içindeki payının %15 olması halinde birbirlerine yaklaşmakta, ortalama hız yaklaşık 37 km/saat olmaktadır. Bu OGS artış oranından sonra, mevcut OGS gişe sayısı korunabilir ya da bir arttırılabilir. Çünkü OGS gişe sayısını bu orandan sonra arttırmak bir yarar sağlamamaktadır.
- Temel karşılaştırma parametresi hız için analizde çıkan sonuç verilerini aşağıda analiz edilecek olan diğer trafik akım parametreleri de desteklemektedir.

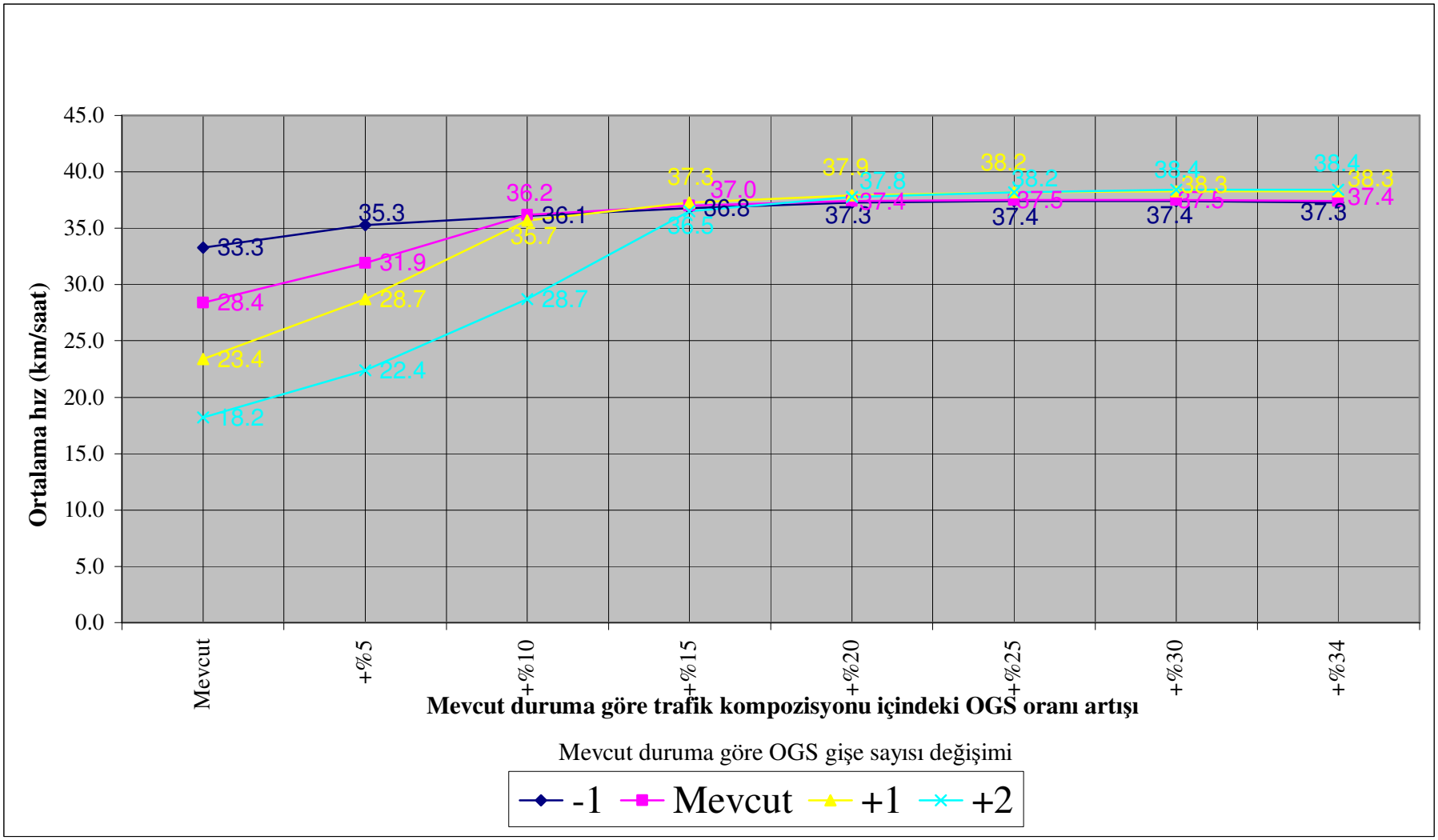
Çizelge 5.10 Hızın haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama Hız (km/saat)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**+5%**	**+10%**	**+15%**	**+20%**	**+25%**	**+30%**	**+34%**
-1	**33.3**	**35.3**	36.1	36.8	37.3	37.4	37.4	37.3
Mevcut	28.4	31.9	**36.2**	37.0	37.4	37.5	37.5	37.4
+1	23.4	28.7	35.7	**37.3**	**37.9**	**38.2**	38.3	38.3
+2	18.2	22.4	28.7	36.5	37.8	**38.2**	**38.4**	**38.4**

Çizelge 5.11'de OGS oranı artış değerine göre, hangi OGS gişe sayısının en yüksek hız değerini verdiği gösterilmektedir.

Çizelge 5.11 OGS oranı değişimine göre en yüksek hız değerini veren gişe sayısı değişimi

Mevcut duruma göre OGS oranı değişimi	**En yüksek hız değerini veren OGS gişe sayısı değişimi**	**Ortalama Hız (km/saat)**
Mevcut	-1	33.3
+ % 5	-1	35.3
+ %10	Mevcut	36.2
+ %15	+1	37.3
+ %20	+1	37.9
+ %25	+1 , +2	38.2
+ %30	+2	38.4
+ %34	+2	38.4



Şekil 5.29 Çeşitli trafik kompozisyonlarına ve gişe konfigürasyonlarına göre sistemdeki taşıtların ortalama hızı (hafta içi)

Çizelge 5.12 hafta sonundaki (Pazar günü) mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve çeşitli gize konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen hız değerlerini göstermektedir. Buna göre,

Çizelge 5.12 Hızın haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama Hız (km/saat)**
Mevcut	21.9
-1	29.0
-2	**31.2**

- Haftasonu (Pazar günü) trafik kompozisyonu için ise Çizelge 5.12'den görüleceği gibi mevcut durumdaki OGS gişe sayısının (3+1) kesinlikle azaltılması gerektiği anlaşılmaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi hafta sonunda OGS gişe sayısının bir azaltılması (ve nakit gişe sayısının bir arttırılması) halinde ortalama hız %32 oranında artarak 21.9 değerinden 29.0 km/saat değerine çıkmaktadır. Zira, OGS gişe sayısının iki azaltılması (ve nakit gişe sayısının iki arttırılması) halinde de ortalama hız %8 oranında artarak 31.2 km/saat değerine çıkmaktadır. Bu durumdan anlaşılacağı gibi, hafta sonlarında (pazar günü) OGS gişelerinden iki tanesi Nakit gişe olarak işletilirse sistem performansı artacaktır. Bu öneri, OGS gişelerinin iki ödeme tipinde (OGS ve Nakit) de hizmet verebilecek şekilde tasarlanmasıyla gerçekleştirilebilir.

5.7.2 Ortalama Yoğunluk

Çizelge 5.13-5.14 ve Şekil 5.39 hafta içindeki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen ortalama yoğunluk değerlerini göstermektedir. Buna göre,

- Ödeme türlerinin trafik hacmi içindeki mevcut dağılımının (trafik kompozisyonu) ve mevcut gişe konfigürasyonunun ele alındığı senaryo için çalışma sahasındaki (ve çalışma süresindeki) ortalama yoğunluk 56.1 taşıt/km bulunmuştur. Aynı trafik kompozisyonu için mevcut OGS gişe sayısının (4+1) bir adet azaltılması (ve Nakit

gişe sayısının bir adet arttırılması) halinde ortalama yoğunluk %34 oranında azalarak 36.8 taşıt/km değerine düşmüştür (Şekil 5.30). Bu sonuç, hızın analizinde ortaya çıkan sonuçları desteklemekte ayrıca, mevcut durumda sahadaki 4+1 OGS gişe sayısının gereğinden fazla olduğu, hatta nakit gişe sayısının yetersiz kalması nedeniyle bu gişelerin önündeki kuyrukların sistem performansını olumsuz yönde etkileyecek kadar uzadığını, böylece sistemdeki taşıtların (özellikle OGS taşıtlarının) gişelere erişmede zorlandığını, yoğunluğun bu nedenle yüksek olduğunu göstermektedir. Zira, OGS gişe sayısının bir arttırılması halinde sistemdeki yoğunluk %38'nin üzerinde artarak 77.2 taşıt/km değerine çıkmakta, iki arttırılması halinde %29 daha artarak 99.8 taşıt/km değerinde çıkmaktadır.

- Trafik kompozisyonu içindeki OGS kullanımının mevcut duruma göre %5 artması halinde mevcut gişe konfigürasyonunda sistemdeki yoğunluk 36.4 taşıt/km değerine düşmektedir. Bu yoğunluğun mevcut durumdaki 56.1 taşıt/km değerinden düşük olması, mevcut gişe konfigürasyonunun gereksiz yere fazla OGS gişesi barındırdığını bir kez daha göstermektedir. Zira, OGS gişe sayısının bir eksiltilerek nakit gişe sayısının bir arttırılması halinde, %5 arttırılmış OGS trafik hacminde yoğunluk 32.3 taşıt/km değerine düşmektedir. Aynı trafik kompozisyonu için OGS gişe sayısının bir ve iki arttırılması halinde, yoğunluklar artmakta, sırasıyla 61.8 ve 83.4 taşıt/km değerlerini almaktadır.

- Mevcut gişe konfigürasyonunun, trafik içindeki OGS payının %10 artması halinde dahi yeterli olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Hatta, bu trafik kompozisyonunda OGS gişe sayısının mevcut durumdan bir eksik ya da bir fazla olması (ve Nakit gişe sayısının bir fazla ya da bir eksik olması) yoğunluğu çok değiştirmemektedir (yoğunluk 31 taşıt/km civarındadır). Ancak, OGS oranı %10 artmış trafik kompozisyonunda da OGS gişe sayısını mevcut duruma göre iki arttırmak (ve nakit gişe sayısını iki azaltmak) sistemdeki yoğunluğu büyük ölçüde arttırarak 66.7 taşıt/km değerine çıkarmakta, performansı azaltmaktadır.

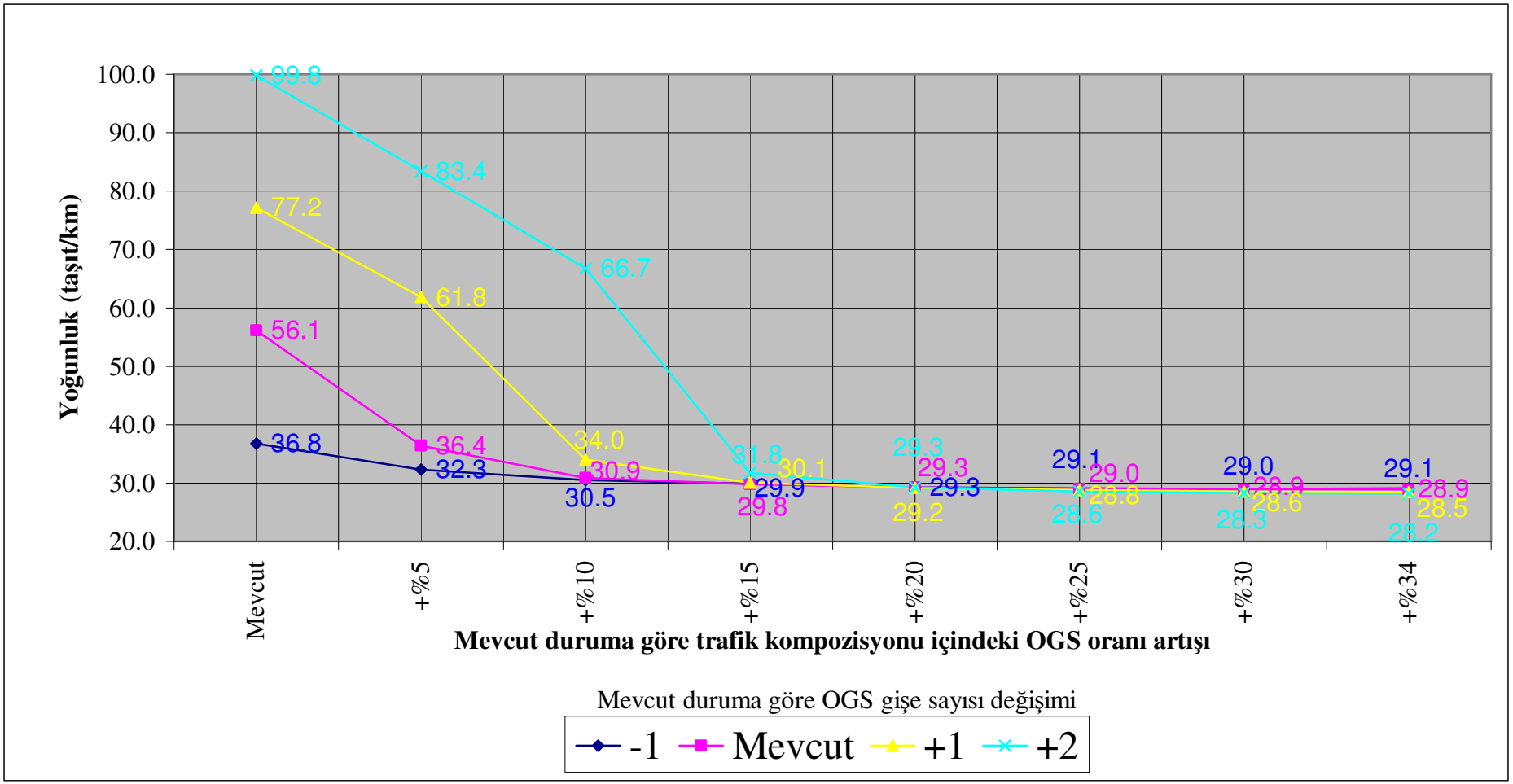
- Grafikteki eğrilerin tamamı, OGS oranının trafik kompozisyonu içindeki payının %15 olması halinde birbirlerine yaklaşmakta, yoğunluk yaklaşık 30 taşıt/km olmaktadır. Bu OGS artış oranından sonra, mevcut OGS gişe sayısı korunabilir yada bir arttırılabilir. Çünkü OGS gişe sayısını bu orandan sonra arttırmak bir yarar sağlamamaktadır.

Çizelge 5.13 Yoğunluğun haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama Yoğunluk (taşıt/km)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**+5%**	**+10%**	**+15%**	**+20%**	**+25%**	**+30%**	**+34%**
-1	**36.8**	**32.3**	**30.5**	29.9	29.3	29.1	29.0	29.1
Mevcut	56.1	36.4	30.9	**29.8**	29.3	29.0	28.9	28.9
+1	77.2	61.8	34.0	30.1	**29.2**	28.8	28.6	28.5
+2	99.8	83.4	66.7	31.8	29.3	**28.6**	**28.3**	**28.2**

Çizelge 5.14 OGS oranı değişimine göre en düşük yoğunluk değerini veren gişe sayısı değişimi

Mevcut duruma göre OGS oranı değişimi	**En yüksek hız değerini veren OGS gişe sayısı değişimi**	**Yoğunluk (taşıt/km)**
Mevcut	-1	36.8
+ % 5	-1	32.3
+ %10	-1	30.5
+ %15	Mevcut	29.8
+ %20	+1	29.2
+ %25	+2	28.6
+ %30	+2	28.3
+ %34	+2	28.2



Şekil 5.30 Çeşitli trafik kompozisyonlarına ve gişe konfigürasyonlarına göre sistemdeki yoğunluk (hafta içi)

Çizelge 5.15 hafta sonundaki (pazar günü) mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen hız değerini göstermektedir. Buna göre,

Çizelge 5.15 Yoğunluğun haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama Yoğunluk (taşıt/km)**
Mevcut	61.2
-1	37.4
-2	**28.7**

- Hafta sonu (pazar günü) trafik kompozisyonu için ise Çizelge 7.5'ten görüleceği gibi mevcut durumdaki OGS gişe sayısının (3+1) kesinlikle azaltılması gerektiği anlaşılmaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi hafta sonunda OGS gişe sayısının bir azaltılması (ve nakit gişe sayısının bir arttırılması) halinde yoğunluk %39 oranında azalarak 61.2 değerinden 37.4 taşıt/km değerine düşmektedir. Zira, OGS gişe sayısının iki azaltılması (ve nakit gişe sayısının iki arttırılması) halinde de ortalama yoğunluk %23 daha azalarak 28.7 taşıt/km değerine düşmektedir. Bu durumdan anlaşılacağı gibi hafta sonlarında OGS gişelerinden iki tanesi Nakit gişe olarak işletilirse sistem performansı artacaktır.

5.7.3 Ortalama Akım Değeri (Hacim)

Çizelge 5.16-5.17 ve Şekil 5.31 hafta içindeki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen ortalama hacim değerlerini göstermektedir. Buna göre,

- Mevcut durumdaki taşıt kompozisyonu ve gişe konfigürasyonu için akım değeri (hacim) 6718 taşıt/saat'tir. Bu değer mevcut taşıt kompozisyonunda OGS sayısının bir ve iki arttırılması (ve nakit gişe sayısının bir ve iki azaltılması) için bir miktar düşse de sonraki oran artışlarında yaklaşık olarak aynıdır. Bu da köprüden gelen taşıt hacminin tamamının gişelerden geçtiğini göstermektedir. Dolayısı ile köprüden gelebilecek en yüksek hacim değeri (köprünün kapasitesi) gişe sahasından neredeyse etkilenmemektedir. Gişe havuzundaki kuyruk kapasiteleri gişe konfigürasyonu iyi bir şekilde oluşturulursa yeterlidir. Yani kuyruk boyları köprüye kadar uzamamaktadır.

Kalibrasyon amacı ile animasyondan daha önce alınan resimler de bunu desteklemektedir (Ek 7).

- Buradan çıkarılabilecek bir başka sonuç da gişelerin mevcut haliyle köprünün akım yukarı kesimindeki trafik koşulları üzerinde çok da olumsuz bir etkisi bulunmadığıdır. Akım yukarı kesimlerdeki kuyruklanma ve tıkanıklı talep fazlasıyla birlikte, katılımlardaki düzensizlik nedeniyle oluşmaktadır. Fakat şu da göz ardı edilmemelidir ki, kötü bir gişe konfigürasyonu köprüden geçebilecek trafik hacmini azaltabilir.

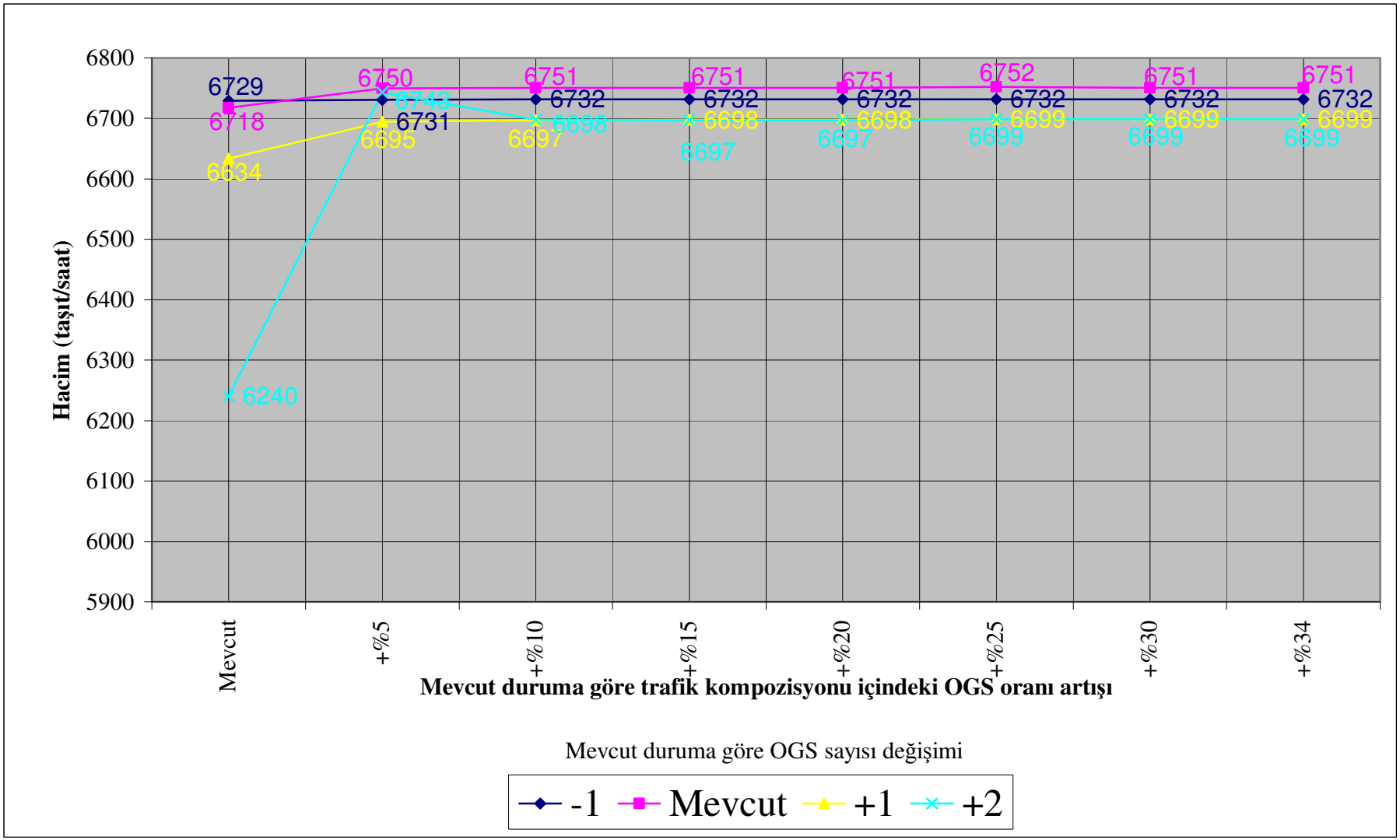
Çizelge 5.16 Hacmin haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama Hacim (taşıt/saat)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**+5%**	**+10%**	**+15%**	**+20%**	**+25%**	**+30%**	**+34%**
-1	6729	6731	6732	6732	6732	6732	6732	6732
Mevcut	6718	6750	6751	6751	6751	6752	6751	6751
+1	6634	6695	6697	6698	6698	6699	6699	6699
+2	6240	6743	6698	6697	6697	6699	6699	6699

- Çizelge 5.17'de haftasonundaki ortala akım değerleri görülmektedir. Akım değerlerinin hafta içine göre daha küçük çıkmasının iki ana nedeni, Pazar günleri ek şeridin hizmette olmaması ve nakit gişeler önündeki kuyruklanmanın yaklaşım şeritlerine kadar uzayarak, akım yukarıdaki akım değerlerini azaltmasıdır.

Çizelge 5.17 Ortalama hacmin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama Hacim (taşıt/saat)**
Mevcut	5001
-1	5035
-2	4993



Şekil 5.31 Çeşitli trafik kompozisyonlarına ve gişe konfigürasyonlarına göre sistemdeki ortalama hacim değeri (hafta içi)

5.7.4 Ortalama Seyahat Süresi

Çizelge 5.18-5.19 ve Şekil 5.32 hafta içindeki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen ortalama seyahat süresi değerlerini göstermektedir. Buna göre,

- Ödeme türlerinin trafik hacmi içindeki mevcut dağılımının (trafik kompozisyonunun) ve mevcut gişe konfigürasyonunun ele alındığı senaryo için çalışma sahasındaki (ve çalışma süresindeki) ortalama seyahat süresi 182 saniye bulunmuştur. Bu seyahat süresi taşıtların, Boğaziçi Köprüsü Asya ankrajından geçtiği ve gişelerden çıktığı yol kesiminin içinde harcadığı değerdir. Aynı trafik kompozisyonu için mevcut OGS gişe sayısının (4+1) bir adet azaltılması (ve Nakit gişe sayısının bir adet arttırılması) halinde seyahat süresi %34 oranında azalarak 120 saniye değerine düşmüştür (Şekil 5.32). Bu sonuç, hızın analizinde ortaya çıkan sonuçları desteklemektedir. Mevcut durumda sahadaki 4+1 OGS gişe sayısının gereğinden fazla olduğu, hatta nakit gişe sayısının yetersiz kalması nedeniyle bu gişelerin önündeki kuyrukların sistem performansını olumsuz yönde etkileyecek kadar uzadığını, böylece sistemdeki taşıtların (özellikle OGS taşıtlarının) gişelere erişmede zorluk yaşadığını, seyahat süresinin bu nedenle yüksek olduğunu göstermektedir. Zira, OGS gişe sayısının bir arttırılması halinde sistemdeki ortalama seyahat süresi %35'in üzerinde artarak 245 saniye, iki arttırılması halinde %38 daha artarak 337 saniye değerinde çıkmaktadır.

- Trafik kompozisyonu içindeki OGS kullanımının mevcut duruma göre %5 artması halinde mevcut gişe konfigürasyonunda sistemdeki ortalama seyahat süresi 112 saniye değerine düşmektedir. Bu ortalama seyahat süresinin mevcut durumdaki 182 saniye değerinden düşük olması, mevcut gişe konfigürasyonunun gereksiz yere fazla OGS gişesi barındırdığını bir kez daha göstermektedir. Zira, OGS gişe sayısı bir eksiltilerek nakit gişe sayısı bir arttırılması halinde, %5 arttırılmış OGS trafik hacminde ortalama seyahat süresi 106 saniye değerine düşmektedir. Aynı trafik kompozisyonu için OGS gişe sayısının bir ve iki arttırılması halinde, ortalama seyahat süreleri artmakta, sırasıyla 194 ve 263 saniye değerlerini almaktadır.

- Mevcut gişe konfigürasyonun, trafik içindeki OGS payının %10 artması halinde dahi yeterli olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Hatta, bu trafik kompozisyonunda OGS gişe sayısının mevcut durumdan bir eksik ya da bir fazla olması (ve Nakit gişe sayısının bir fazla ya da bir eksik) ortalama seyahat süresini çok değiştirmemektedir. (ortalama seyahat süresi 101 saniye civarındadır). Ancak, OGS oranı %10 artmış trafik

kompozisyonunda da OGS gişe sayısını mevcut duruma göre iki arttırmak (ve nakit gişe sayısını iki azaltmak) sistemdeki ortalama seyahat süresini 210 saniye değerine çıkarmakta, performansı azaltmaktadır.

- Grafikteki eğrilerin tamamı, OGS oranının trafik kompozisyonu içindeki payının %15 olması halinde birbirlerine yaklaşmakta, ortalama seyahat süresi yaklaşık 98 saniye olmaktadır. Bu OGS artış oranından sonra, mevcut OGS gişe sayısı korunabilir yada bir arttırılabilir. Çünkü OGS gişe sayısını bu orandan sonra arttırmak bir yarar sağlamamaktadır.

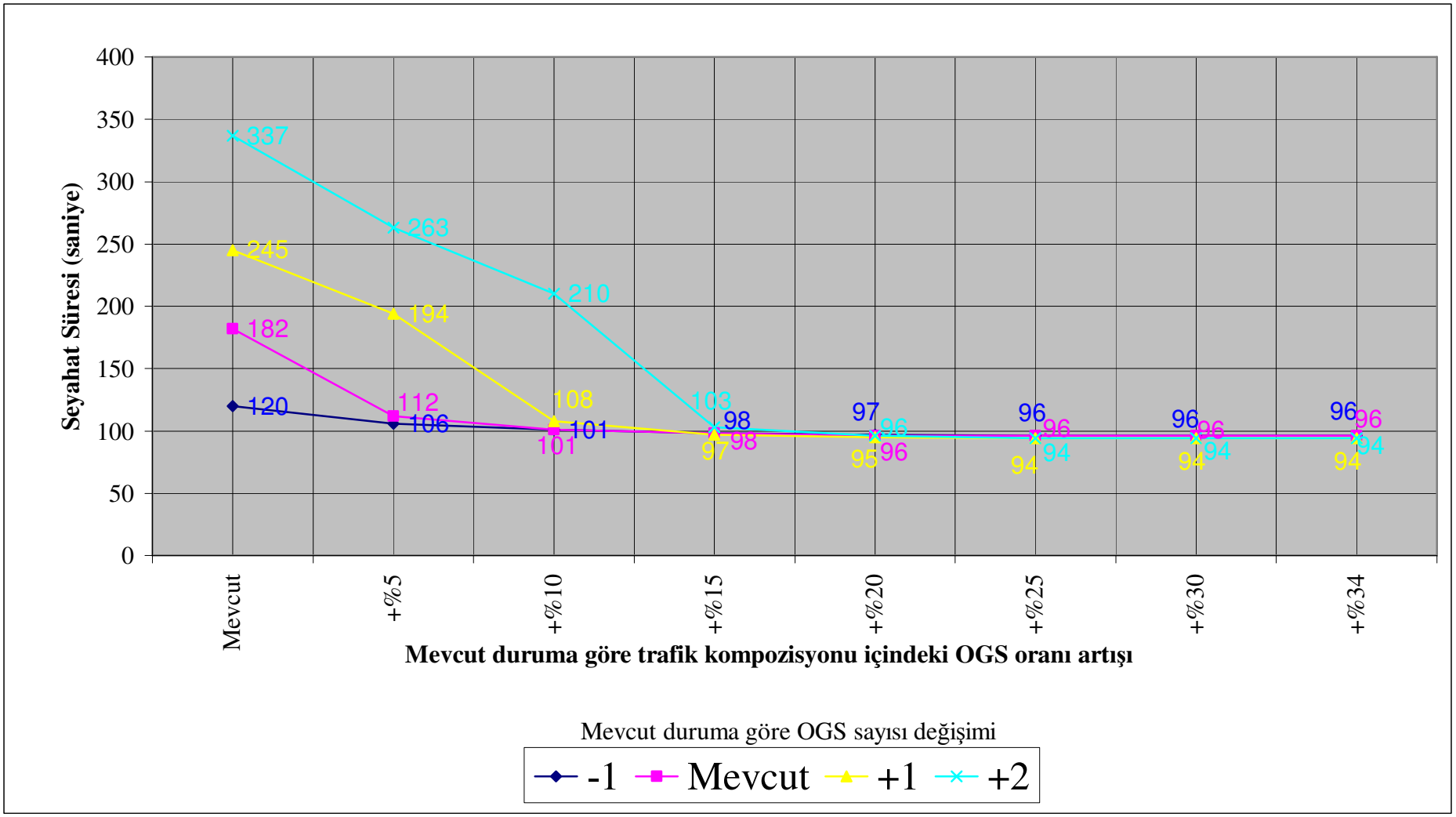
Çizelge 5.18 Ortalama seyahat süresinin hafta içinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama Seyahat Süresi (saniye)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**+5%**	**+10%**	**+15%**	**+20%**	**+25%**	**+30%**	**+34%**
-1	**120**	**106**	**101**	98	97	96	96	96
Mevcut	182	112	**101**	98	96	96	96	96
+1	245	194	108	**97**	**95**	**94**	**94**	**94**
+2	337	263	210	103	96	**94**	**94**	**94**

Çizelge 5.19'da OGS oranı artış değerine göre, hangi OGS gişe sayısının en düşük ortalama seyahat süresi değerini verdiği gösterilmektedir.

Çizelge 5.19 OGS oranı değişimine göre en düşük ortalama seyahat süresi değerini veren gişe sayısı değişimi

Mevcut duruma göre OGS oranı değişimi	**En düşük ortalama seyahat süresini veren gişe sayısı değişimi**	**Ortalama Seyahat Süresi (saniye)**
Mevcut	-1	120
+ % 5	-1	106
+ %10	-1, Mevcut	101
+ %15	+1	37
+ %20	+1	95
+ %25	+1, +2	94
+ %30	+1, +2	94
+ %34	+1, +2	94



Şekil 5.32 Çeşitli trafik kompozisyonlarına ve gişe konfigürasyonlarına göre sistemdeki ortalama seyahat süresi değeri (hafta içi)

Çizelge 5.20 hafta sonundaki (pazar günü) mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen hız değerini göstermektedir. Buna göre,

Çizelge 5.20 Ortalama seyahat süresinin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama Seyahat Süresi (saniye)**
Mevcut	263
-1	161
-2	**126**

- Hafta sonu (pazar) trafik kompozisyonu için ise Çizelge 5.20'den görüleceği gibi mevcut durumdaki OGS gişe sayısının (3+1) kesinlikle azaltılması gerektiği anlaşılmaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi hafta sonunda OGS gişe sayısının bir azaltılması (ve nakit gişe sayısının bir arttırılması) halinde ortalama seyahat süresi %39 oranında azalarak 263 değerinden 161 saniye değerine düşmektedir. Zira, OGS gişe sayısının iki azaltılması (ve nakit gişe sayısının iki arttırılması) halinde de ortalama seyahat süresi %22 oranında azalarak 126 taşıt/km değerine düşmektedir. Bu durumdan anlaşılacağı gibi hafta sonlarında OGS gişelerinden iki tanesi Nakit gişe olarak işletilirse sistem performansı artacaktır.

5.7.5 Ortalama Gecikme Süresi

Çizelge 5.21 ve 5.22 haftaiçindeki ve haftasonundaki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen ortalama gecikme süresi değerlerini göstermektedir. Buna göre,

Çizelge 5.21 Ortalama gecikme süresinin haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama gecikme süresi (saniye)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**+5%**	**+10%**	**+15%**	**+20%**	**+25%**	**+30%**	**+34%**
-1	**33**	**18**	**12**	**9**	7	6	5	4
Mevcut	96	26	14	**9**	**7**	**5**	5	4
+1	160	109	22	10	**7**	**5**	**4**	**3**
+2	253	178	123	16	8	**5**	**4**	**3**

Çizelge 5.22 Ortalama gecikme süresinin haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama gecikme süresi (saniye)**
Mevcut	181
-1	98
-2	**38**

- Ortalama gecikme süresinden elde edilen veriler ortalama seyahat süresinden çıkan sonuçlarla benzer özellikler göstermektedir. Bu paralelde düşünülürse ortalama seyahat süresinden elde edilen çıkarımlar ortalama gecikme süresi için de söylenilebilir.

5.7.6 Ortalama Durma Sayısı

Çizelge 5.23 ve 5.24 haftaiçindeki ve haftasonundaki çeşitli trafik kompozisyonları ile çeşitli

gişe konfigürasyonları için oluşturulan simülasyon modelinden elde edilen ortalama durma sayısı değerlerini göstermektedir. Buna göre,

Çizelge 5.23 Ortalama durma sayısının haftaiçinde trafik kompozisyonu ve gişe konfigürasyonuna göre değişimi

Ortalama durma sayısı (durma/taşıt)								
OGS gişe sayısı değişimi	**OGS oranı değişimi**							
	Mevcut	**5%**	**10%**	**15%**	**20%**	**25%**	**30%**	**34%**
OGS -1	**0.7**	**0.6**	**0.4**	**0.4**	0.4	0.3	0.3	0.2
Mevcut	1.4	0.7	0.5	**0.4**	0.4	0.3	0.3	0.2
OGS +1	3.5	1.3	0.5	**0.4**	**0.3**	**0.3**	**0.2**	**0.1**
OGS +2	6.4	4.2	1.5	**0.4**	**0.3**	**0.3**	**0.2**	**0.1**

Çizelge 5.24 Ortalama durma sayısının haftasonunda mevcut trafik kompozisyonundaki OGS oranı ve OGS gişe sayısı ile değişimi

OGS gişe sayısı değişimi	**Ortalama durma sayısı (durma/taşıt)**
Mevcut	2.5
-1	1.7
-2	**1.0**

- Ortalama durma sayısı seyahat süresini ve hızı doğrudan etkileyen değerlerden biridir. Çizelgeler incelendiğinde ortalama seyahat süresi ile ortalama durma sayısının benzer özellikler gösterdiği görülmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi durma sayısı arttıkça seyahat süresi de artmaktadır. Aynı zamanda ortalama durma sayısı arttıkça ortalama hız da azalmaktadır. Bu saptamalardan yola çıkarak hız ve seyahat süresinden elde edilen sonuçlarla yapılan çıkarımlar ortalama gecikme süresi için de geçerlidir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu bölümde, sonuçları daha önce elde edilen trafik parametreleri ortalama değerlerine göre incelenmiş ve çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

- Saat 16:00-21:00 aralığı için Boğaziçi Köprüsü gişe sahası mevcut durum analizinde, ortalama hız 28.4 km/saat, yoğunluk 56.1 taşıt/km, hacim 6718 taşıt/saat, seyahat süresi 182 saniye, gecikme süresi 96 saniye ve ortalama durma sayısı 1.4 durma/taşıt/saat bulunmuştur.
- Mevcut taşıt kompozisyonuna göre gişe konfigürasyonundaki OGS sayısı 1 azaltıldığında (ve Nakit gişe sayısı 1 arttırıldığında), sistem performansında (ortalama hız 33.3 km/saat, yoğunluk 36.8 taşıt/km, seyahat süresi 120 saniye, gecikme süresi 33 saniye ve ortalama durma sayısı 0.7 durma/taşıt/saat) iyileşme sağlanmaktadır. Buradan da anlaşılabileceği gibi gişe sahası uzun zamandan beri performansının altında çalışmaktadır. Bunun nedeni, OGS gişe sayısının gerektiğinden fazla ve nakit gişe sayısının gerektiğinden az olmasıdır.
- Mevcut trafik kompozisyonunda OGS gişe sayısının arttırılması ise sistem performansının daha da kötüleşmesini yol açmaktadır.
- Ek şerit ve 13 no'lu OGS gişesinin sürekli kapalı olduğu haftasonu (pazar) için, mevcut trafik kompozisyonundaki Nakit payının yüksek olması sebebi ile, Nakit ödeme gişe sayısı iki adet arttırılıp OGS gişe sayısı iki adet azaltılınca dahi, sistem performansı iyileşmektedir.
- Mevcut trafik kompozisyonu için OGS gişe sayısının bir veya iki adet azaltılması (ve nakit gişe sayısının bir veya iki adet arttırılması) gişe sahasının performansını arttıracaktır. Bu nedenle, ana gişe adasında bulunan 10 ve 11 no'lu OGS gişelerinden biri tamamı ile nakit gişeye dönüştürülmeli, ikincisi ise hem Nakit ödeme gişesi hem de OGS olarak çalıştırılmalıdır (haftasonu ve haftaiçi dönüşümlü olarak).
- Güngeçtikçe artan OGS kullanımı oranı dikkate alınarak, mevcut trafik kompozisyonuna göre OGS payının %5 arttırılması durumu için incelenen senaryoda, mevcut gişe konfigürasyonuna göre sistem performansı (trafik parametreleri) değerleri hesaplanmıştır. Ortalama hız 31,9 km/saat, yoğunluk 36,4 taşıt/km, hacim 6750 taşıt/saat, seyahat süresi 112 saniye, gecikme süresi 26 saniye ve ortalama durma sayısı 0,7 durma/taşıt/saat. Bu değerler gösteriyor ki mevcut durumdaki gişe konfigürasyonunda OGS oranı %5 artsa da gişe sahasının performansı iyileşmektedir.

- Trafik kompozisyonu içindeki OGS payının %5 artması durumunda, OGS gişe sayısını bir azaltınca (ve Nakit gişe sayısını 1 arttırınca) dahi sistem performansı yine mevcut gişe konfigürasyonuna göre iyileşmektedir. Ortalama hız 35,3 km/saat, yoğunluk 32,3 taşıt/km, seyahat süresi 106 saniye, gecikme süresi 0,8 saniye ve ortalama durma sayısı 0,6 durma/taşıt/saat olmaktadır. Buradan da anlaşılıyor ki mevcut taşıt kompozisyonu içindeki OGS payı %5 artsa bile mevcut konfigürasyona göre Nakit gişe sayısının bir fazla (ve OGS gişe sayısının bir eksik) olması gerekmektedir.
- Mevcut duruma göre trafik kompozisyonundaki OGS payı %10 arttığında ise, en iyi performansı mevcut durumdaki gişe konfigürasyonu sağlamaktadır. Yani, şu anda kullanılan gişe konfigürasyonu aslında ileriye yönelik düşünülmüş bir durumdur. Ama mevcuttaki trafik kompozisyonu için kötü performans göstermekte ve maddi ve manevi kayıplara neden olmaktadır.
- Mevcut duruma göre trafik kompozisyonundaki OGS payı %15 arttığında ise, mevcut durumdaki gişe konfigürasyonundan bir Nakit ödeme gişesi OGS gişesine dönüştürülebilir. Çünkü trafik değerleri incelenirse, OGS gişesinin bir fazla olması durumundaki sistem performansı, mevcut gişe konfigürasyonu sistem performansına göre daha iyi olmaktadır. Bu noktadan sonra mevcut durumdaki gişe konfigürasyonu OGS oranının artmasına karşın performansında iyileşme göstermemektedir (kapasitesinde çalışmaktadır).
- Mevcut trafik kompozisyonu içindeki OGS payı %15'ten daha fazla arttığında ise OGS gişe sayısını daha fazla arttırmak çok fazla iyileştirme sağlamamaktadır. Bu durumda gişe sahasının kapasitesi (OGS gişe sayısının bir fazla Nakit gişe sayısının bir eksik olması) köprü kapasitesine çok yakındır. Bu noktadan sonra OGS gişe sayısını bir arttırsak bile trafik değerlerinde çok küçük iyileşmeler elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

Al-Deek H. (2005) Application Of A Micro-Simulation Model To Estimate The Effectiveness OF Toll Pricing Alternatives On Diversion Of Traffic To Toll Facilities, The Florida Department Of Transportation Research Center, University Of Central Florida Account No: 16-20-7026.

Akyıldız G. (2003) Boğaziçi Köprüsü Gişe Sahasındaki Trafik Akımlarının Gözlenen Özellikleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Barcelo J., AIMSUN Microscopic Traffic Simulator : A Tool for the Analysis and Assessment on ITS Systems. Dept. of Statistics and Operation Research, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain.

Dawling R., A.Skabardonis and V.Alexiadis (2004) Traffic Analysis Toolbox Volume III : Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, publication No. FHWA-HRT-04-040, USA.

Gedizlioğlu E., (1995) Trafik Akım Kuramı, Yüksek Lisans Ders Notları. İ.T.Ü.

Hughes J.T., (2002) AIMSUN2 Simulation Of A Congested Auckland Freeway, 141-161, Transportation Planning, Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands.

Jeanotte H., A.Chhandra, A.Skabardonis and V.Alexiadis (2004) Traffic Analysis Toolbox Volume II : Decision Support Methodology for Selecting Traffic Analysis Tools. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, publication No. FHWA-HRT-04-039, USA.

TSS (2003) GETRAM User's Manuel Version 4.2, Transport Simulation Systems, Barcelona, Spain.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.aimsun.com

[2] www.trafiksimulasyon.net

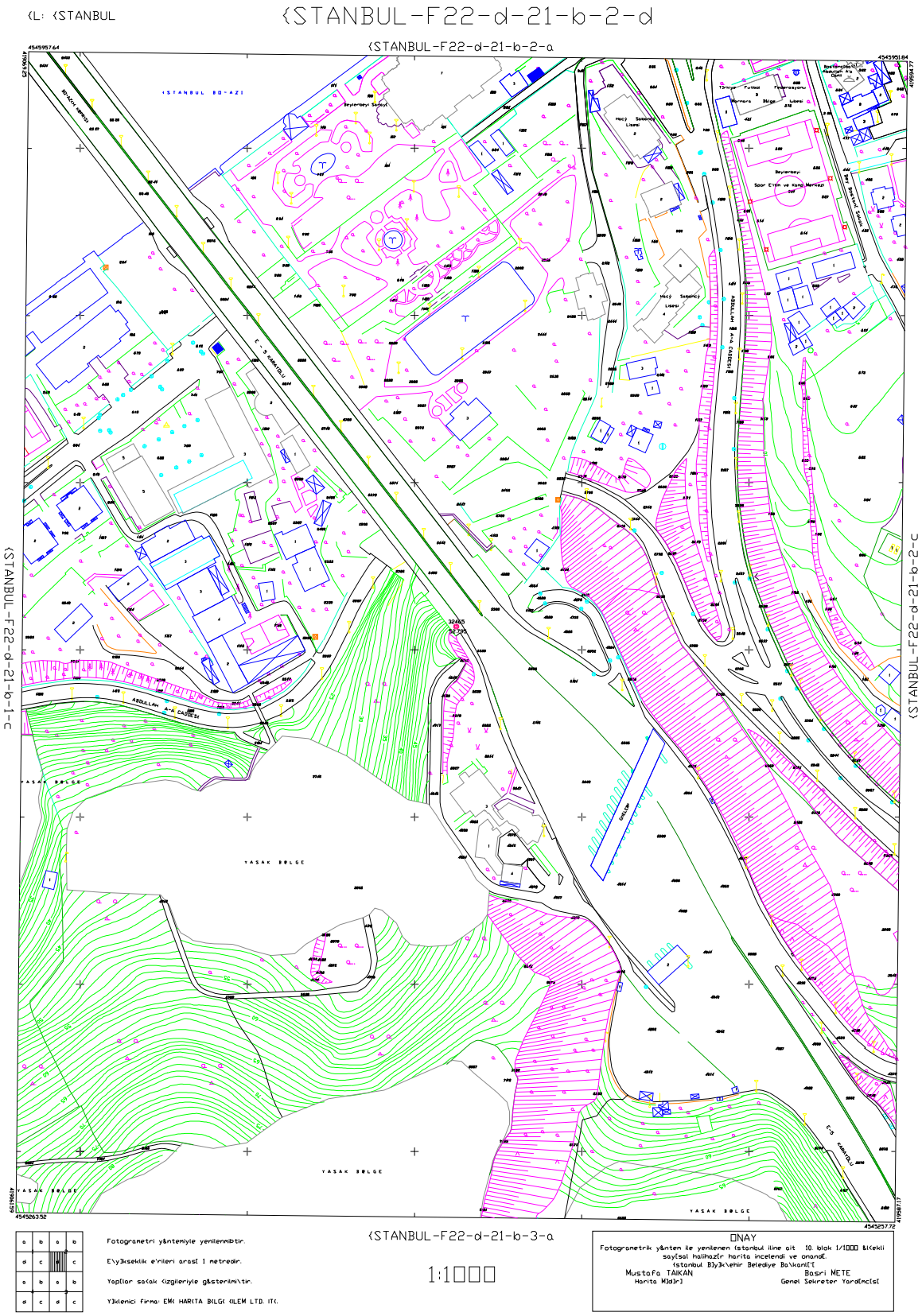
[3] www.ops.fhwa.dot.gov

[4] www-fp.mcs.anl.gov/otc/Guide/SoftwareGuide/Categories/nonlinleastsq.html

EKLER

EK 1 Çalışma Sahasının Uydu Görüntüsü

EK 2 Çalışma Sahasının Sayısal Haritası



EK 3 Gişelerde kırmızı ışık yanma süreleri (sahada).

1	1.4	**51**	2.8	**101**	3.3	**151**	3.7	**201**	4.2	**251**	4.7	**301**	5.4	**351**	6.7	**401**	8.9
2	1.6	**52**	2.8	**102**	3.3	**152**	3.7	**202**	4.3	**252**	4.7	**302**	5.4	**352**	6.7	**402**	8.9
3	1.6	**53**	2.8	**103**	3.3	**153**	3.7	**203**	4.3	**253**	4.7	**303**	5.4	**353**	6.7	**403**	9.0
4	1.6	**54**	2.8	**104**	3.3	**154**	3.7	**204**	4.3	**254**	4.7	**304**	5.4	**354**	6.7	**404**	9.1
5	1.6	**55**	2.8	**105**	3.3	**155**	3.7	**205**	4.3	**255**	4.8	**305**	5.5	**355**	6.7	**405**	9.1
6	1.7	**56**	2.8	**106**	3.3	**156**	3.7	**206**	4.3	**256**	4.8	**306**	5.5	**356**	6.8	**406**	9.2
7	1.7	**57**	2.8	**107**	3.3	**157**	3.7	**207**	4.3	**257**	4.8	**307**	5.5	**357**	6.8	**407**	9.2
8	1.8	**58**	2.8	**108**	3.3	**158**	3.7	**208**	4.3	**258**	4.9	**308**	5.5	**358**	6.9	**408**	9.3
9	1.8	**59**	2.9	**109**	3.3	**159**	3.7	**209**	4.3	**259**	4.9	**309**	5.5	**359**	6.9	**409**	9.3
10	1.9	**60**	2.9	**110**	3.3	**160**	3.7	**210**	4.4	**260**	4.9	**310**	5.5	**360**	6.9	**410**	9.5
11	2.0	**61**	2.9	**111**	3.3	**161**	3.7	**211**	4.4	**261**	4.9	**311**	5.6	**361**	6.9	**411**	9.5
12	2.0	**62**	2.9	**112**	3.3	**162**	3.7	**212**	4.4	**262**	4.9	**312**	5.6	**362**	6.9	**412**	9.5
13	2.0	**63**	2.9	**113**	3.3	**163**	3.8	**213**	4.4	**263**	4.9	**313**	5.6	**363**	6.9	**413**	9.9
14	2.0	**64**	2.9	**114**	3.4	**164**	3.8	**214**	4.4	**264**	4.9	**314**	5.6	**364**	7.0	**414**	9.9
15	2.0	**65**	2.9	**115**	3.4	**165**	3.8	**215**	4.4	**265**	4.9	**315**	5.7	**365**	7.2	**415**	10.0
16	2.1	**66**	3.0	**116**	3.4	**166**	3.8	**216**	4.4	**266**	4.9	**316**	5.7	**366**	7.2	**416**	10.0
17	2.1	**67**	3.0	**117**	3.4	**167**	3.8	**217**	4.4	**267**	4.9	**317**	5.8	**367**	7.2	**417**	10.2
18	2.1	**68**	3.0	**118**	3.4	**168**	3.8	**218**	4.4	**268**	4.9	**318**	5.8	**368**	7.2	**418**	10.5
19	2.1	**69**	3.0	**119**	3.4	**169**	3.8	**219**	4.4	**269**	5.0	**319**	5.8	**369**	7.3	**419**	10.6
20	2.1	**70**	3.0	**120**	3.4	**170**	3.9	**220**	4.4	**270**	5.0	**320**	5.9	**370**	7.3	**420**	10.7
21	2.1	**71**	3.0	**121**	3.4	**171**	3.9	**221**	4.4	**271**	5.0	**321**	5.9	**371**	7.3	**421**	10.9
22	2.1	**72**	3.0	**122**	3.4	**172**	3.9	**222**	4.5	**272**	5.0	**322**	5.9	**372**	7.3	**422**	11.0
23	2.1	**73**	3.1	**123**	3.4	**173**	3.9	**223**	4.5	**273**	5.1	**323**	5.9	**373**	7.3	**423**	11.3
24	2.2	**74**	3.1	**124**	3.4	**174**	3.9	**224**	4.5	**274**	5.1	**324**	6.0	**374**	7.4	**424**	11.4
25	2.2	**75**	3.1	**125**	3.4	**175**	3.9	**225**	4.5	**275**	5.1	**325**	6.0	**375**	7.5	**425**	11.5
26	2.2	**76**	3.1	**126**	3.4	**176**	3.9	**226**	4.5	**276**	5.1	**326**	6.0	**376**	7.6	**426**	11.6
27	2.3	**77**	3.1	**127**	3.4	**177**	3.9	**227**	4.5	**277**	5.1	**327**	6.0	**377**	7.6	**427**	11.7
28	2.3	**78**	3.1	**128**	3.4	**178**	3.9	**228**	4.5	**278**	5.2	**328**	6.1	**378**	7.7	**428**	11.8
29	2.3	**79**	3.1	**129**	3.4	**179**	4.0	**229**	4.5	**279**	5.2	**329**	6.1	**379**	7.8	**429**	12.0
30	2.3	**80**	3.2	**130**	3.5	**180**	4.0	**230**	4.5	**280**	5.2	**330**	6.1	**380**	7.8	**430**	12.5
31	2.3	**81**	3.2	**131**	3.5	**181**	4.0	**231**	4.5	**281**	5.2	**331**	6.2	**381**	7.9	**431**	12.6
32	2.3	**82**	3.2	**132**	3.5	**182**	4.0	**232**	4.6	**282**	5.2	**332**	6.2	**382**	8.0	**432**	12.7
33	2.3	**83**	3.2	**133**	3.5	**183**	4.0	**233**	4.6	**283**	5.2	**333**	6.2	**383**	8.1	**433**	13.0
34	2.4	**84**	3.2	**134**	3.5	**184**	4.0	**234**	4.6	**284**	5.2	**334**	6.2	**384**	8.1	**434**	13.3
35	2.4	**85**	3.2	**135**	3.6	**185**	4.0	**235**	4.6	**285**	5.2	**335**	6.3	**385**	8.3	**435**	13.4
36	2.4	**86**	3.2	**136**	3.6	**186**	4.0	**236**	4.6	**286**	5.2	**336**	6.4	**386**	8.3	**436**	13.6
37	2.5	**87**	3.2	**137**	3.6	**187**	4.0	**237**	4.6	**287**	5.2	**337**	6.4	**387**	8.3	**437**	13.9
38	2.5	**88**	3.2	**138**	3.6	**188**	4.0	**238**	4.6	**288**	5.2	**338**	6.4	**388**	8.3	**438**	14.0
39	2.5	**89**	3.2	**139**	3.6	**189**	4.0	**239**	4.6	**289**	5.3	**339**	6.4	**389**	8.4	**439**	14.3
40	2.5	**90**	3.2	**140**	3.6	**190**	4.1	**240**	4.6	**290**	5.3	**340**	6.5	**390**	8.4	**440**	15.6
41	2.6	**91**	3.2	**141**	3.6	**191**	4.1	**241**	4.6	**291**	5.3	**341**	6.5	**391**	8.4	**441**	15.6
42	2.6	**92**	3.2	**142**	3.6	**192**	4.1	**242**	4.6	**292**	5.3	**342**	6.5	**392**	8.5	**442**	15.8
43	2.6	**93**	3.2	**143**	3.6	**193**	4.1	**243**	4.7	**293**	5.3	**343**	6.6	**393**	8.5	**443**	16.1
44	2.6	**94**	3.2	**144**	3.6	**194**	4.1	**244**	4.7	**294**	5.3	**344**	6.6	**394**	8.5	**444**	16.3
45	2.6	**95**	3.2	**145**	3.6	**195**	4.1	**245**	4.7	**295**	5.3	**345**	6.6	**395**	8.6	**445**	17.1
46	2.6	**96**	3.2	**146**	3.7	**196**	4.1	**246**	4.7	**296**	5.4	**346**	6.6	**396**	8.6	**446**	17.7
47	2.7	**97**	3.2	**147**	3.7	**197**	4.2	**247**	4.7	**297**	5.4	**347**	6.6	**397**	8.6	**447**	17.8
48	2.7	**98**	3.2	**148**	3.7	**198**	4.2	**248**	4.7	**298**	5.4	**348**	6.6	**398**	8.7	**448**	18.0
49	2.7	**99**	3.3	**149**	3.7	**199**	4.2	**249**	4.7	**299**	5.4	**349**	6.7	**399**	8.8	**449**	19.3
50	2.7	**100**	3.3	**150**	3.7	**200**	4.2	**250**	4.7	**300**	5.4	**350**	6.7	**400**	8.9	**450**	19.5
Ortalama : 5.4 saniye / Standart Sapma : 3.1 saniye																	

EK 4 Gişelerden geçen saatlik taşıt sayıları

- 06.06.2005 Pazartesi
- 07.06.2005 Salı
- 08.06.2005 Çarşamba
- 09.06.2005 Perşembe
- 10.06.2005 Cuma
- 11.06.2005 Cumartesi
- 12.06.2005 Pazar

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 06.06.2005 Pazartesi

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:31:12

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	1	0	0	0	51	2.399	58	1.822	7	24	3	98	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	59	2.425	61	1.924
01-02	0	0	0	0	42	1.445	35	975	4	29	3	50	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	46	1.474	38	1.026
02-03	0	0	0	0	17	522	11	252	1	18	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	540	11	287
03-04	0	0	0	0	11	281	3	139	1	9	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	290	4	155
04-05	1	0	0	0	21	274	3	142	0	10	0	11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22	285	3	154
05-06	0	0	0	0	6	397	7	170	0	18	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	415	7	191
06-07	0	0	0	0	17	647	16	468	0	24	2	95	1	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	18	673	18	568
07-08	0	0	0	0	28	1.120	32	1.537	4	46	12	366	3	1	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1.167	44	1.928
08-09	3	0	0	0	42	1.243	54	1.967	4	51	1	260	0	2	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	49	1.296	55	2.257
09-10	3	0	0	0	57	1.673	48	1.888	4	32	3	156	7	5	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	71	1.710	51	2.082
10-11	3	0	0	0	52	1.885	41	1.624	5	17	1	101	1	1	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	61	1.903	42	1.758
11-12	1	0	0	0	44	1.801	38	1.556	1	17	1	71	1	2	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	47	1.820	39	1.646
12-13	7	0	0	1	74	2.433	65	2.079	2	44	2	100	1	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	84	2.479	67	2.202
13-14	5	0	0	0	69	2.284	51	1.972	4	18	1	109	0	0	0	26	0	1	0	0	0	0	0	0	78	2.303	52	2.107
14-15	5	0	0	0	83	2.451	73	2.394	3	31	2	89	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	91	2.482	75	2.505
15-16	6	0	0	0	80	2.561	64	2.712	6	31	7	171	0	5	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	92	2.597	72	2.903
16-17	3	0	0	1	78	2.390	79	2.852	4	27	2	170	0	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	85	2.419	81	3.046
17-18	8	0	0	0	108	2.509	105	3.760	9	21	9	398	2	1	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	127	2.531	114	4.184
18-19	7	0	0	0	102	2.131	124	4.258	9	36	9	597	0	2	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	118	2.169	133	4.884
19-20	23	0	0	0	111	2.258	108	4.338	0	16	10	329	2	1	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.275	118	4.699
20-21	6	0	0	0	105	2.512	104	4.065	10	29	5	183	0	4	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	121	2.545	109	4.278
21-22	5	0	0	0	73	2.410	86	3.003	0	12	1	122	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	78	2.422	87	3.147
22-23	3	0	0	0	88	2.131	63	2.289	2	7	2	93	0	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2.139	65	2.397
23-00	5	0	0	0	51	2.008	56	2.045	2	23	5	87	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	58	2.032	61	2.138
TOPLAM	95	0	0	2	1.410	41.765	1.324	48.307	82	590	82	3.728	18	35	1	429	0	1	0	0	0	0	0	0	1.605	42.391	1.407	52.466

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.

* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 07.06.2005 Salı

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:31:35

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	5	0	0	0	55	1.553	33	1.388	4	24	2	76	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	64	1.577	35	1.468
01-02	0	0	0	0	30	715	12	495	2	9	1	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	724	13	534
02-03	0	0	0	0	13	445	2	237	1	12	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	457	2	263
03-04	0	0	0	0	10	298	10	147	1	14	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	312	11	164
04-05	0	0	0	0	10	235	1	128	0	10	0	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10	245	1	140
05-06	0	0	0	0	5	345	5	163	0	5	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	350	5	191
06-07	0	0	0	0	12	585	10	398	1	20	2	87	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	13	605	12	492
07-08	1	0	0	0	32	1.032	25	1.479	5	37	12	366	2	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1.070	37	1.872
08-09	1	0	0	0	46	1.342	50	2.035	6	48	1	283	3	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	56	1.391	51	2.345
09-10	5	0	0	0	45	1.626	47	1.957	2	18	3	139	2	3	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	54	1.647	50	2.137
10-11	3	0	0	0	41	1.867	34	1.715	4	9	4	112	0	6	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	48	1.882	38	1.851
11-12	9	0	0	0	49	1.986	44	1.669	3	26	0	86	0	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	61	2.014	44	1.777
12-13	2	0	0	0	77	2.518	71	2.153	3	27	4	101	0	2	0	26	0	1	0	0	0	0	0	0	82	2.548	75	2.280
13-14	10	0	0	0	72	2.317	57	2.220	1	20	1	111	0	3	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	83	2.340	58	2.356
14-15	5	0	0	0	88	2.515	69	2.430	0	28	0	121	0	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	93	2.545	69	2.573
15-16	10	0	0	0	69	2.540	69	2.760	5	39	8	175	4	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	88	2.580	77	2.956
16-17	0	0	0	0	71	2.498	80	3.001	7	39	1	137	2	3	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	80	2.540	81	3.160
17-18	12	0	0	0	114	2.543	103	3.921	4	52	11	413	0	2	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	130	2.597	114	4.360
18-19	9	0	0	0	104	2.088	103	3.948	11	52	8	541	1	1	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.141	111	4.512
19-20	7	0	0	0	100	2.143	111	4.175	6	37	11	362	0	3	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	113	2.183	122	4.573
20-21	3	0	0	0	111	2.527	119	3.739	4	17	7	167	0	3	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	118	2.547	126	3.940
21-22	7	0	0	0	75	2.490	92	3.214	3	24	2	130	0	2	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	85	2.516	94	3.362
22-23	5	0	0	0	69	2.289	67	2.448	0	16	5	103	0	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	74	2.306	72	2.566
23-00	2	0	0	0	71	2.220	64	2.368	3	23	3	82	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	76	2.244	67	2.459
TOPLAM	96	0	0	0	1.369	40.717	1.278	48.188	76	606	87	3.712	14	37	0	431	0	1	0	0	0	0	0	0	1.555	41.361	1.365	52.331

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.
* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 08.06.2005 Çarşamba

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:32:14

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	1	0	0	0	60	1.782	43	1.726	2	9	1	80	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	63	1.792	44	1.810
01-02	1	0	0	0	38	994	20	651	0	4	1	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	998	21	688
02-03	0	0	0	0	18	543	11	314	0	6	1	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	549	12	355
03-04	0	0	0	0	9	319	8	192	1	9	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	328	9	213
04-05	0	0	0	0	9	282	3	150	1	11	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	293	3	163
05-06	0	0	0	0	11	343	5	182	0	8	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	351	5	205
06-07	1	0	0	0	23	542	19	400	3	17	1	81	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	27	559	20	489
07-08	3	0	0	0	33	1.058	29	1.468	3	43	10	370	3	2	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	42	1.103	39	1.860
08-09	0	0	0	0	29	1.086	37	1.734	3	40	2	251	0	2	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	32	1.128	39	2.005
09-10	2	0	0	0	40	1.750	57	1.853	7	31	2	161	4	5	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	53	1.786	59	2.057
10-11	3	0	0	0	46	1.866	46	1.689	2	38	3	112	0	3	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	51	1.907	49	1.830
11-12	8	0	0	0	56	1.958	47	1.654	7	16	2	86	0	3	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	71	1.977	49	1.765
12-13	2	0	0	0	49	2.214	55	2.039	4	24	1	104	1	3	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	56	2.241	56	2.164
13-14	7	0	0	0	93	2.572	60	2.291	2	32	0	104	0	5	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	102	2.609	60	2.418
14-15	5	0	0	0	80	2.352	56	2.271	2	35	1	105	1	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	88	2.387	57	2.395
15-16	7	0	0	0	73	2.608	78	2.789	4	42	6	174	0	4	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	84	2.654	84	2.980
16-17	5	0	0	1	81	2.484	98	3.079	4	26	2	158	2	5	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	92	2.515	100	3.258
17-18	9	0	0	0	92	2.543	108	3.825	4	53	8	419	0	1	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	105	2.597	116	4.269
18-19	10	0	0	0	90	2.256	120	4.137	9	35	11	588	2	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	111	2.292	131	4.746
19-20	21	0	0	0	111	2.343	131	4.180	3	23	11	314	0	5	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	135	2.371	142	4.528
20-21	10	0	0	0	103	2.592	99	3.862	4	20	6	183	2	3	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	119	2.615	105	4.073
21-22	5	0	0	0	79	2.416	90	2.986	3	11	1	123	2	2	0	16	0	1	0	0	0	0	0	0	89	2.430	91	3.125
22-23	4	0	0	0	81	2.308	78	2.646	4	14	3	96	1	0	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	90	2.323	81	2.755
23-00	2	0	0	0	74	2.138	71	2.281	3	18	5	78	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	79	2.156	76	2.367
TOPLAM	106	0	0	1	1.378	41.349	1.369	48.399	75	565	79	3.721	18	45	0	397	0	2	0	0	0	0	0	0	1.577	41.961	1.448	52.518

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.

* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 09.06.2005 Perşembe

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:32:30

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	3	0	0	0	69	1.687	42	1.601	4	12	1	62	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	76	1.699	43	1.667
01-02	0	0	0	0	41	1.095	33	892	2	15	2	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	1.110	35	937
02-03	0	0	0	0	35	584	13	388	3	10	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	594	13	420
03-04	0	0	0	0	12	396	8	259	1	15	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	411	10	273
04-05	0	0	0	0	7	336	4	163	1	9	0	12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	8	346	4	176
05-06	1	0	0	0	14	369	3	206	0	6	1	23	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	15	377	4	229
06-07	2	0	0	0	33	595	7	405	3	20	2	87	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	39	615	9	499
07-08	0	0	0	0	24	1.008	31	1.391	5	49	13	358	2	2	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1.059	44	1.775
08-09	1	0	0	0	31	1.425	53	2.112	4	53	2	302	0	2	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	36	1.480	55	2.445
09-10	4	0	0	0	32	1.661	50	1.837	2	38	1	152	3	4	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	41	1.703	51	2.031
10-11	5	0	0	0	40	1.842	59	1.692	4	26	2	94	0	2	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	49	1.870	61	1.811
11-12	0	0	0	2	47	1.968	35	1.705	4	27	2	94	2	4	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	53	1.999	37	1.822
12-13	3	0	0	0	58	2.591	75	2.307	5	33	2	111	1	5	0	23	1	1	0	0	0	0	0	0	68	2.630	77	2.441
13-14	3	0	0	0	62	2.313	60	2.146	4	25	1	109	0	3	0	24	0	1	0	0	0	0	0	0	69	2.342	61	2.279
14-15	3	0	0	0	50	2.547	68	2.422	8	28	0	107	1	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	62	2.575	68	2.550
15-16	4	0	0	0	70	2.562	90	2.667	4	23	7	172	1	5	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	79	2.590	97	2.857
16-17	8	0	0	1	72	2.554	82	3.102	5	17	3	146	0	3	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	85	2.574	85	3.271
17-18	8	0	0	1	99	2.624	99	3.791	7	32	8	444	3	3	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	117	2.659	107	4.261
18-19	9	0	0	0	83	2.165	126	4.189	7	43	11	576	0	1	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	99	2.209	137	4.797
19-20	35	0	0	0	133	2.374	125	4.329	5	27	9	316	0	5	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	173	2.406	134	4.671
20-21	3	0	0	0	69	2.604	87	3.631	6	16	6	166	1	4	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	79	2.624	93	3.832
21-22	5	0	0	0	76	2.753	85	3.262	1	15	2	137	0	2	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	82	2.770	87	3.418
22-23	4	0	0	0	63	2.400	73	2.585	2	18	4	101	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	69	2.418	77	2.706
23-00	0	0	0	0	57	2.095	65	2.227	4	12	6	76	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	61	2.107	71	2.311
TOPLAM	101	0	0	4	1.277	42.548	1.373	49.309	91	569	87	3.736	15	45	0	430	1	5	0	0	0	0	0	0	1.485	43.167	1.460	53.479

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.
* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 10.06.2005 Cuma

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:32:49

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	4	0	0	0	57	2.142	60	2.016	4	16	1	78	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	65	2.159	61	2.099
01-02	1	0	0	0	37	1.112	34	929	0	12	2	35	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	1.124	37	964
02-03	2	0	0	0	17	593	10	419	0	17	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	610	10	465
03-04	1	0	0	0	8	379	14	247	3	9	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	388	15	263
04-05	0	0	0	0	11	368	5	159	0	1	0	16	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11	369	5	177
05-06	0	0	0	0	8	382	3	206	1	5	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	387	3	223
06-07	0	0	0	0	13	582	17	431	0	19	2	84	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	15	602	19	520
07-08	0	0	0	0	27	968	33	1.426	6	77	15	350	1	4	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	34	1.049	48	1.802
08-09	1	0	0	0	33	1.385	49	2.085	2	66	1	300	0	8	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	36	1.459	50	2.416
09-10	3	0	0	0	30	1.636	44	1.827	2	25	3	141	3	5	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	38	1.666	47	2.004
10-11	7	0	0	0	38	1.856	56	1.641	3	23	3	121	1	2	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	49	1.881	59	1.790
11-12	3	0	0	0	43	1.897	42	1.677	2	53	2	95	0	4	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	48	1.954	44	1.791
12-13	6	0	0	0	64	2.485	88	2.354	2	39	2	122	0	5	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	72	2.529	90	2.498
13-14	6	0	0	0	52	2.207	50	2.036	3	21	1	121	0	4	0	24	1	0	0	0	0	0	0	0	62	2.232	51	2.181
14-15	3	0	0	0	65	2.487	79	2.433	4	22	2	123	1	2	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	73	2.511	81	2.573
15-16	11	0	0	0	53	2.542	78	2.590	4	18	4	128	1	6	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	69	2.566	82	2.730
16-17	7	0	0	1	92	2.709	114	3.242	1	12	4	147	1	3	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	101	2.724	118	3.416
17-18	6	0	0	0	92	2.685	121	3.545	9	37	7	410	1	4	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	108	2.726	128	3.975
18-19	18	0	0	0	113	2.300	131	4.001	6	70	10	612	1	3	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	138	2.373	141	4.639
19-20	65	0	0	0	126	2.404	114	4.122	3	30	11	293	1	6	0	23	0	1	0	0	0	0	0	0	195	2.441	125	4.438
20-21	8	0	0	0	82	2.519	103	3.715	7	21	5	173	2	4	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	99	2.544	108	3.914
21-22	9	0	0	0	84	2.516	101	2.885	1	12	2	135	0	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	94	2.529	103	3.033
22-23	3	0	0	0	93	2.566	77	2.561	2	34	4	121	1	3	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	99	2.603	81	2.701
23-00	4	0	0	0	84	2.560	94	2.391	7	30	5	98	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	95	2.590	99	2.500
TOPLAM	168	0	0	1	1.322	43.280	1.517	48.938	72	669	87	3.782	16	65	1	391	1	2	0	0	0	0	0	0	1.579	44.016	1.605	53.112

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.
* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 11.06.2005 Cumartesi

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:33:40

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	2	0	0	0	47	2.158	66	2.156	0	26	2	85	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	49	2.184	68	2.247
01-02	3	0	0	0	50	1.844	54	1.535	1	15	1	53	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	54	1.859	55	1.589
02-03	1	0	0	0	41	1.034	31	732	1	17	4	41	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	43	1.051	35	775
03-04	0	0	0	0	31	769	26	513	1	6	1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	775	27	537
04-05	1	0	0	0	23	699	12	376	2	3	1	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	26	702	13	388
05-06	1	0	0	0	13	611	13	293	0	6	0	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	618	13	315
06-07	1	0	0	0	18	682	17	393	0	15	2	64	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	19	697	19	465
07-08	0	0	0	0	49	921	23	739	2	34	6	131	2	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	53	955	29	896
08-09	1	0	0	0	27	1.378	38	1.304	0	24	1	137	1	2	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	29	1.404	39	1.474
09-10	1	0	0	0	31	1.438	27	1.353	1	15	3	90	1	4	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	34	1.457	30	1.469
10-11	4	0	0	0	37	1.820	60	1.472	1	23	2	83	0	2	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	42	1.845	62	1.576
11-12	1	0	0	1	61	2.491	92	1.889	3	22	1	93	0	1	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	65	2.514	93	2.009
12-13	2	0	0	0	42	2.533	79	1.993	1	21	0	89	1	3	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	46	2.557	79	2.103
13-14	2	0	0	0	48	2.566	88	2.107	2	12	2	105	0	2	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	52	2.580	90	2.229
14-15	6	0	0	0	76	2.603	99	2.264	3	23	3	84	0	2	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	85	2.628	102	2.369
15-16	4	0	0	0	49	2.701	79	2.288	2	28	3	112	1	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	56	2.729	82	2.419
16-17	2	0	0	1	64	2.668	94	2.462	2	39	2	104	0	3	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	68	2.710	96	2.586
17-18	3	0	0	0	93	2.749	76	2.521	6	21	2	112	0	3	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	102	2.773	78	2.659
18-19	5	0	0	0	104	2.871	87	2.494	3	11	3	123	0	2	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	112	2.884	90	2.642
19-20	2	0	0	0	50	2.918	88	2.326	1	20	5	116	1	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	54	2.939	93	2.469
20-21	4	0	0	0	39	2.518	82	1.998	4	32	2	104	0	4	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	47	2.554	84	2.127
21-22	2	0	0	0	60	2.551	69	1.858	3	8	0	84	0	1	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	65	2.560	69	1.958
22-23	6	0	0	0	54	2.574	89	1.976	2	14	3	97	0	3	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	62	2.591	92	2.088
23-00	2	0	0	0	64	2.522	79	1.324	0	23	6	49	1	0	1	8	0	1	0	0	0	0	0	0	67	2.546	86	1.381
TOPLAM	56	0	0	2	1.171	47.619	1.468	38.366	41	458	55	2.012	8	34	1	390	0	1	0	0	0	0	0	0	1.276	48.112	1.524	40.770

* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.
* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

R02 NAKİT+KGS+OGS - SAATLİK RAPOR (ARAÇ SINIFINA ve GELİRE GÖRE)

GKM Raporu

Tarihi: 12.06.2005 Pazar

Hazırlanış Tarihi: 13.06.2005 15:34:00

Otoyol: 99 İstanbul-FSM Köprü

İstasyon: 2 **Boğaz Köprüsü**

SAAT	0.SINIF				1.SINIF				2.SINIF				3.SINIF				4.SINIF				5.SINIF				TOPLAM ÇIKIŞ			
	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS	Kaçış	Nakit	Kart	OGS
00-01	1	0	0	0	64	2.577	82	1.999	1	23	4	77	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	66	2.600	86	2.080
01-02	3	0	0	0	65	2.590	74	2.067	1	21	0	44	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	2.612	74	2.111
02-03	4	0	0	0	44	1.512	44	949	1	19	3	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	1.531	47	993
03-04	2	0	0	0	37	1.081	31	652	0	21	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	1.102	33	672
04-05	0	0	0	0	31	862	27	498	0	22	1	25	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	31	884	28	525
05-06	0	0	0	0	41	869	13	387	1	3	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	872	13	407
06-07	2	0	0	0	29	962	18	373	1	11	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	973	18	409
07-08	0	0	0	0	13	1.065	24	470	3	54	6	87	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1.119	30	564
08-09	2	0	0	0	24	1.264	47	683	3	42	3	89	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	29	1.307	50	777
09-10	1	0	0	0	36	1.680	49	1.037	2	15	3	82	0	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	39	1.696	52	1.129
10-11	0	0	0	0	45	2.148	52	1.370	3	10	3	72	1	4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	49	2.162	55	1.448
11-12	1	0	0	0	49	2.527	57	1.444	1	17	1	77	0	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	51	2.545	58	1.533
12-13	4	0	0	0	58	2.610	73	1.577	4	17	0	79	0	3	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	66	2.630	73	1.666
13-14	3	0	0	0	58	2.571	80	1.454	5	112	1	83	1	3	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	67	2.686	81	1.548
14-15	2	0	0	0	64	2.287	79	1.462	5	269	0	83	0	1	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	71	2.557	79	1.564
15-16	3	0	0	0	42	2.749	58	1.550	5	36	3	92	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	50	2.788	61	1.649
16-17	7	0	0	0	49	2.671	69	1.608	7	42	2	95	2	2	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	65	2.715	71	1.716
17-18	2	0	0	0	63	2.751	65	1.734	5	31	1	102	1	2	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	71	2.784	66	1.847
18-19	3	0	0	0	44	2.736	76	1.786	5	56	2	117	0	1	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	52	2.793	79	1.920
19-20	4	0	0	0	38	2.621	70	1.793	3	23	4	98	1	5	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	46	2.649	74	1.903
20-21	1	0	0	0	58	2.646	76	1.693	2	37	2	110	1	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	62	2.684	78	1.813
21-22	2	0	0	0	62	2.589	73	1.796	1	28	3	119	1	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	66	2.618	76	1.925
22-23	2	0	0	0	46	2.405	62	1.739	3	56	6	92	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	51	2.461	68	1.841
23-00	4	0	0	1	59	2.132	76	1.769	4	293	3	78	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	67	2.425	79	1.851
TOPLAM	53	0	0	1	1.119	49.905	1.375	31.890	66	1.258	53	1.821	8	30	1	179	0	0	0	0	0	0	0	0	1.246	51.193	1.429	33.891

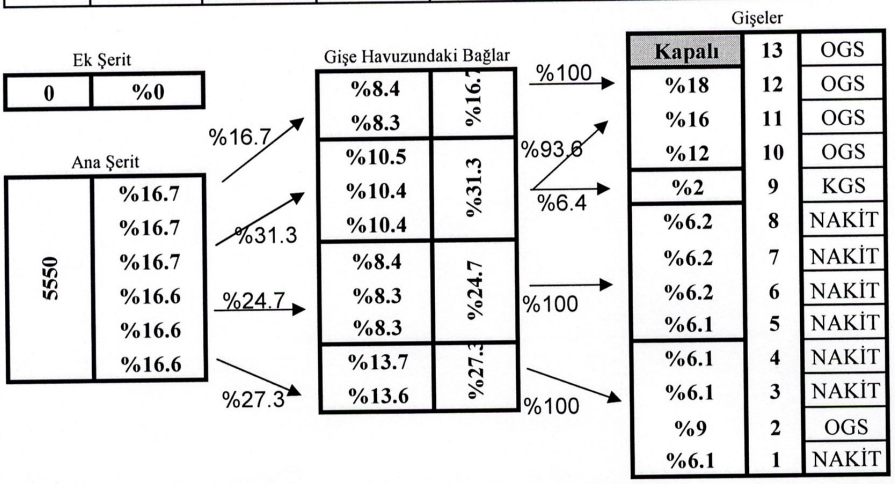
* Geçişler için kayıtlı 'Araç Sınıfı', kaçışlar için 'OST Sınıfı' dikkate alınır.
* Serbest Moddaki OGS+Nakit+KGS Geçişleri Dikkate Alınmaz.

versiyon: 1

EK 5 Gişe sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (mevcut gişe konfigürasyonu için)

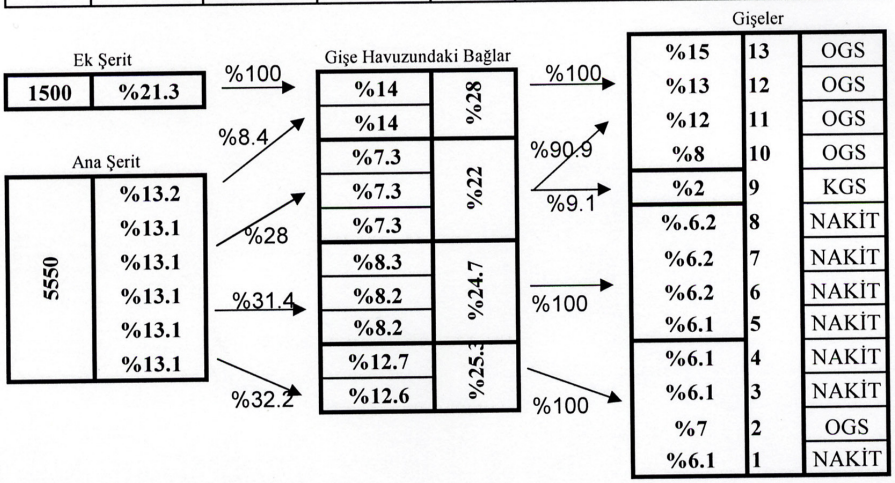
16:00 - 16:47 = 5550+0 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



16:47 - 17:00 = 5550+1500 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



17:00 - 18:00 = 5469 + 1478 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

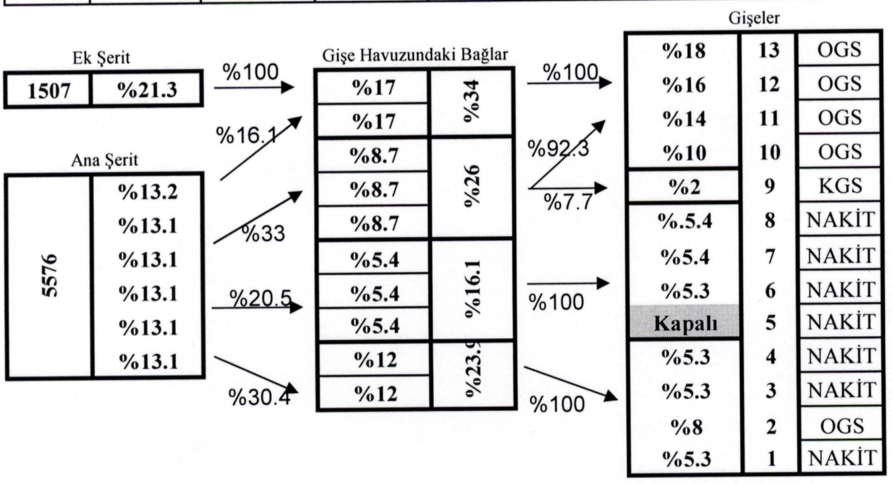
Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar			Gişeler		
1478	%21.3	%100	%10.5	%31	%100	%17	13	OGS
			%10.5			%14	12	OGS
		%12.3				%13	11	OGS
Ana Şerit			%8	%24	%91.7	%9	10	OGS
5469	%13.2		%8		%8.3	%2	9	KGS
	%13.1	%30.5	%8			%5.5	8	NAKİT
	%13.1		%8.3	%21.8		%5.5	7	NAKİT
	%13.1	%27.7	%8.3		%100	%5.4	6	NAKİT
	%13.1		%8.3			%5.4	5	NAKİT
	%13.1		%11.6	%23.2		%5.4	4	NAKİT
		%29.5	%11.6		%100	%5.4	3	NAKİT
						%7	2	OGS
						%5.4	1	NAKİT

18:00 - 18:30 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar			Gişeler		
1507	%21.3	%100	%17	%34	%100	%18	13	OGS
			%17			%16	12	OGS
		%16.1				%14	11	OGS
Ana Şerit			%8.7	%26	%92.3	%10	10	OGS
5576	%13.2		%8.7		%7.7	%2	9	KGS
	%13.1	%33	%8.7			%.5.4	8	NAKİT
	%13.1		%7.1	%21.4		%5.4	7	NAKİT
	%13.1	%27.3	%7.1		%100	%5.3	6	NAKİT
	%13.1		%7.1			%5.3	5	NAKİT
	%13.1		%9.3	%18.6		Kapalı	4	NAKİT
		%23.6	%9.3		%100	%5.3	3	NAKİT
						%8	2	OGS
						%5.3	1	NAKİT

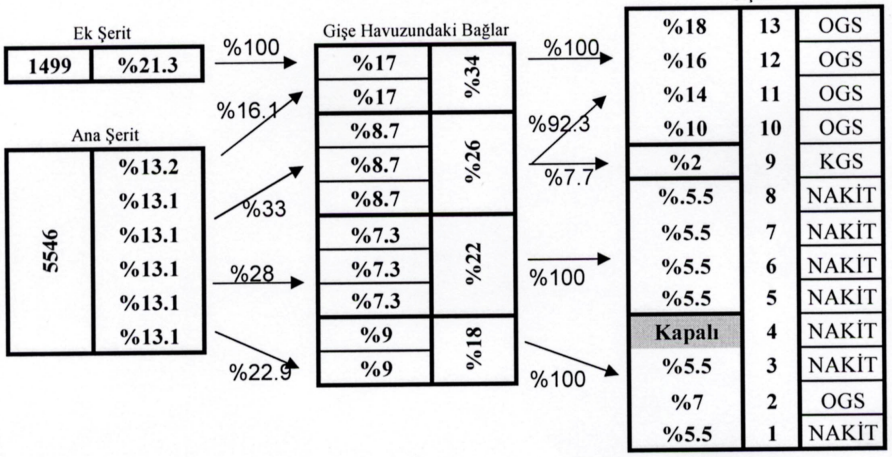
18:30 - 19:00 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



19:00 - 19:30 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



19:30 - 20.00 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
						Gişeler		
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar					
1499	%21.3	%100	%17	%34	%100	%18	13	OGS
			%17			%16	12	OGS
		%16.1	%8.7	%26	%92.3	%14	11	OGS
Ana Şerit			%8.7			%10	10	OGS
5546	%13.2		%8.7		%7.7	%2	9	KGS
	%13.1	%33	%8.7			%.5.5	8	NAKİT
	%13.1		%5.5	%16.5		%5.5	7	NAKİT
	%13.1	%21	%5.5		%100	%5.5	6	NAKİT
	%13.1		%5.5			Kapalı	5	NAKİT
	%13.1		%11.8	%23.5		%5.5	4	NAKİT
		%29.9	%11.8		%100	%5.5	3	NAKİT
						%7	2	OGS
						%5.5	1	NAKİT

20:00 - 21:00 = 5267 + 1423 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
						Gişeler		
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar					
1423	%21.3	%100	%10.5	%31	%100	%17	13	OGS
			%10.5			%14	12	OGS
		%12.3	%8	%24	%91.7	%13	11	OGS
Ana Şerit			%8			%9	10	OGS
5267	%13.2		%8		%8.3	%2	9	KGS
	%13.1	%30.5	%8			%5.5	8	NAKİT
	%13.1		%8.3	%21.8		%5.5	7	NAKİT
	%13.1	%27.7	%8.3		%100	%5.4	6	NAKİT
	%13.1		%8.3			%5.4	5	NAKİT
	%13.1		%11.6	%23.2		%5.4	4	NAKİT
		%29.5	%11.6		%100	%5.4	3	NAKİT
						%7	2	OGS
						%5.4	1	NAKİT

EK 6 Gişe çıkış trafik hacimlerinin kalibrasyonu

Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 1.00 saniye															
1	32	**11**	27	**21**	29	**31**	32	**41**	29	**51**	31	**61**	30	**71**	29
2	27	**12**	28	**22**	30	**32**	30	**42**	31	**52**	30	**62**	28	**72**	30
3	27	**13**	32	**23**	29	**33**	32	**43**	32	**53**	30	**63**	30	**73**	28
4	28	**14**	30	**24**	30	**34**	30	**44**	29	**54**	30	**64**	28	**74**	29
5	30	**15**	30	**25**	26	**35**	27	**45**	28	**55**	31	**65**	31	**75**	32
6	29	**16**	29	**26**	27	**36**	28	**46**	27	**56**	29	**66**	31	**76**	30
7	31	**17**	31	**27**	34	**37**	29	**47**	27	**57**	28	**67**	28	**77**	29
8	33	**18**	28	**28**	36	**38**	31	**48**	32	**58**	29	**68**	28	**78**	34
9	27	**19**	30	**29**	29	**39**	30	**49**	31	**59**	29	**69**	29	**79**	28
10	26	**20**	28	**30**	31	**40**	31	**50**	28	**60**	29	**70**	30	**80**	32
Ortalama : 29.60 taşıt / gişe / 5dakika															

Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 0.90 saniye															
1	31	**11**	27	**21**	30	**31**	33	**41**	28	**51**	27	**61**	33	**71**	32
2	30	**12**	29	**22**	30	**32**	33	**42**	30	**52**	28	**62**	30	**72**	31
3	28	**13**	28	**23**	32	**33**	31	**43**	28	**53**	31	**63**	31	**73**	30
4	32	**14**	29	**24**	26	**34**	30	**44**	31	**54**	30	**64**	29	**74**	30
5	28	**15**	31	**25**	30	**35**	31	**45**	28	**55**	29	**65**	27	**75**	31
6	30	**16**	29	**26**	31	**36**	29	**46**	28	**56**	30	**66**	30	**76**	29
7	30	**17**	29	**27**	31	**37**	32	**47**	29	**57**	32	**67**	31	**77**	29
8	32	**18**	29	**28**	31	**38**	29	**48**	32	**58**	31	**68**	32	**78**	30
9	28	**19**	31	**29**	28	**39**	31	**49**	34	**59**	31	**69**	30	**79**	28
10	27	**20**	31	**30**	29	**40**	28	**50**	30	**60**	31	**70**	31	**80**	28
Ortalama : 29.93 taşıt / gişe / 5dakika															

Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 0.80 saniye															
1	30	**11**	31	**21**	30	**31**	29	**41**	32	**51**	29	**61**	29	**71**	32
2	30	**12**	30	**22**	30	**32**	29	**42**	31	**52**	33	**62**	29	**72**	32
3	32	**13**	30	**23**	28	**33**	29	**43**	27	**53**	30	**63**	31	**73**	33
4	30	**14**	30	**24**	30	**34**	27	**44**	30	**54**	31	**64**	33	**74**	28
5	30	**15**	32	**25**	31	**35**	28	**45**	30	**55**	30	**65**	30	**75**	30
6	31	**16**	28	**26**	33	**36**	31	**46**	31	**56**	30	**66**	31	**76**	31
7	29	**17**	32	**27**	32	**37**	32	**47**	28	**57**	30	**67**	30	**77**	31
8	31	**18**	28	**28**	32	**38**	31	**48**	28	**58**	28	**68**	30	**78**	30
9	26	**19**	31	**29**	31	**39**	31	**49**	30	**59**	32	**69**	29	**79**	29
10	32	**20**	31	**30**	29	**40**	32	**50**	29	**60**	31	**70**	29	**80**	32
Ortalama : 30.23 taşıt / gişe / 5dakika															

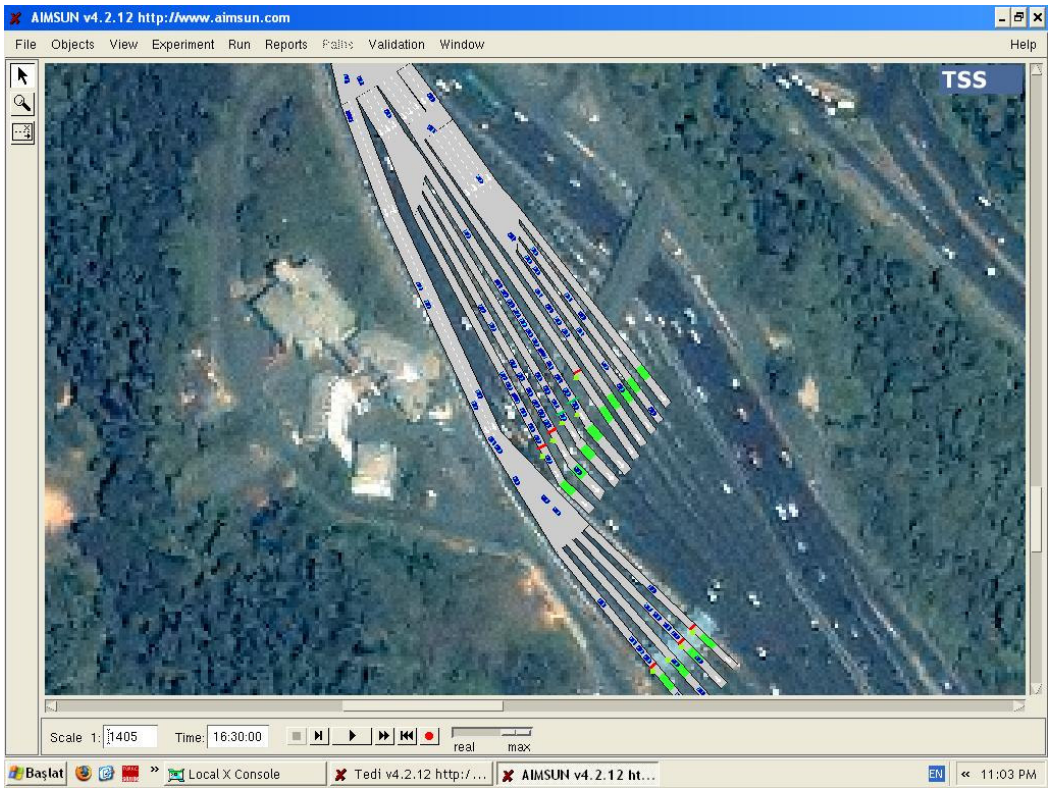
Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 0.70 saniye															
1	30	**11**	28	**21**	27	**31**	28	**41**	34	**51**	29	**61**	29	**71**	32
2	30	**12**	27	**22**	29	**32**	34	**42**	33	**52**	31	**62**	30	**72**	32
3	30	**13**	29	**23**	31	**33**	30	**43**	31	**53**	32	**63**	30	**73**	30
4	30	**14**	32	**24**	31	**34**	29	**44**	29	**54**	31	**64**	31	**74**	29
5	28	**15**	33	**25**	29	**35**	29	**45**	31	**55**	29	**65**	30	**75**	32
6	30	**16**	32	**26**	29	**36**	31	**46**	29	**56**	32	**66**	30	**76**	28
7	31	**17**	29	**27**	33	**37**	32	**47**	30	**57**	32	**67**	29	**77**	29
8	31	**18**	29	**28**	33	**38**	31	**48**	31	**58**	28	**68**	31	**78**	30
9	29	**19**	32	**29**	30	**39**	30	**49**	28	**59**	31	**69**	30	**79**	32
10	33	**20**	30	**30**	31	**40**	32	**50**	29	**60**	30	**70**	32	**80**	29
Ortalama : 30.34 taşıt / gişe / 5dakika															

Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 0.60 saniye															
1	30	**11**	30	**21**	32	**31**	31	**41**	31	**51**	29	**61**	29	**71**	30
2	31	**12**	32	**22**	27	**32**	32	**42**	29	**52**	34	**62**	33	**72**	32
3	30	**13**	32	**23**	30	**33**	29	**43**	31	**53**	28	**63**	34	**73**	29
4	33	**14**	32	**24**	30	**34**	29	**44**	31	**54**	33	**64**	32	**74**	31
5	30	**15**	32	**25**	29	**35**	32	**45**	33	**55**	31	**65**	31	**75**	29
6	28	**16**	30	**26**	31	**36**	30	**46**	29	**56**	31	**66**	30	**76**	32
7	31	**17**	28	**27**	32	**37**	29	**47**	33	**57**	31	**67**	31	**77**	32
8	28	**18**	31	**28**	32	**38**	28	**48**	31	**58**	29	**68**	29	**78**	30
9	30	**19**	33	**29**	29	**39**	29	**49**	29	**59**	28	**69**	34	**79**	31
10	32	**20**	29	**30**	31	**40**	32	**50**	28	**60**	31	**70**	29	**80**	33
Ortalama : 30.59 taşıt / gişe / 5dakika															

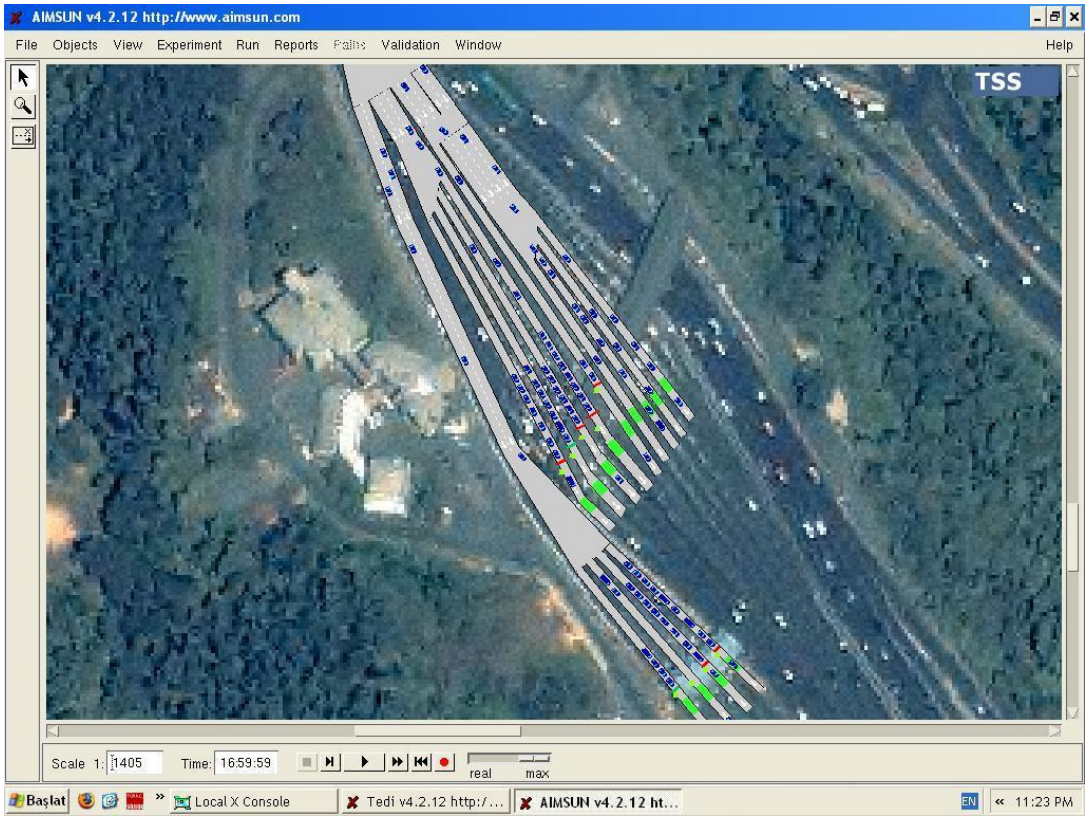
Simülasyon Adımı : 0.10 saniye Reaksiyon Süresi : 0.50 saniye															
1	32	**11**	32	**21**	29	**31**	32	**41**	32	**51**	31	**61**	31	**71**	31
2	32	**12**	30	**22**	29	**32**	32	**42**	28	**52**	33	**62**	34	**72**	30
3	27	**13**	29	**23**	32	**33**	32	**43**	31	**53**	32	**63**	30	**73**	27
4	29	**14**	30	**24**	34	**34**	34	**44**	32	**54**	30	**64**	31	**74**	30
5	31	**15**	32	**25**	30	**35**	30	**45**	33	**55**	30	**65**	32	**75**	30
6	29	**16**	31	**26**	35	**36**	30	**46**	33	**56**	33	**66**	30	**76**	31
7	30	**17**	32	**27**	32	**37**	34	**47**	32	**57**	33	**67**	29	**77**	35
8	32	**18**	32	**28**	34	**38**	35	**48**	32	**58**	33	**68**	31	**78**	29
9	32	**19**	30	**29**	29	**39**	33	**49**	30	**59**	28	**69**	29	**79**	31
10	31	**20**	34	**30**	32	**40**	31	**50**	31	**60**	33	**70**	32	**80**	31
Ortalama : 31.25 taşıt / gişe / 5dakika															

EK 7 Boğaziçi Köprüsü mevcut durum simülasyonu resimleri:

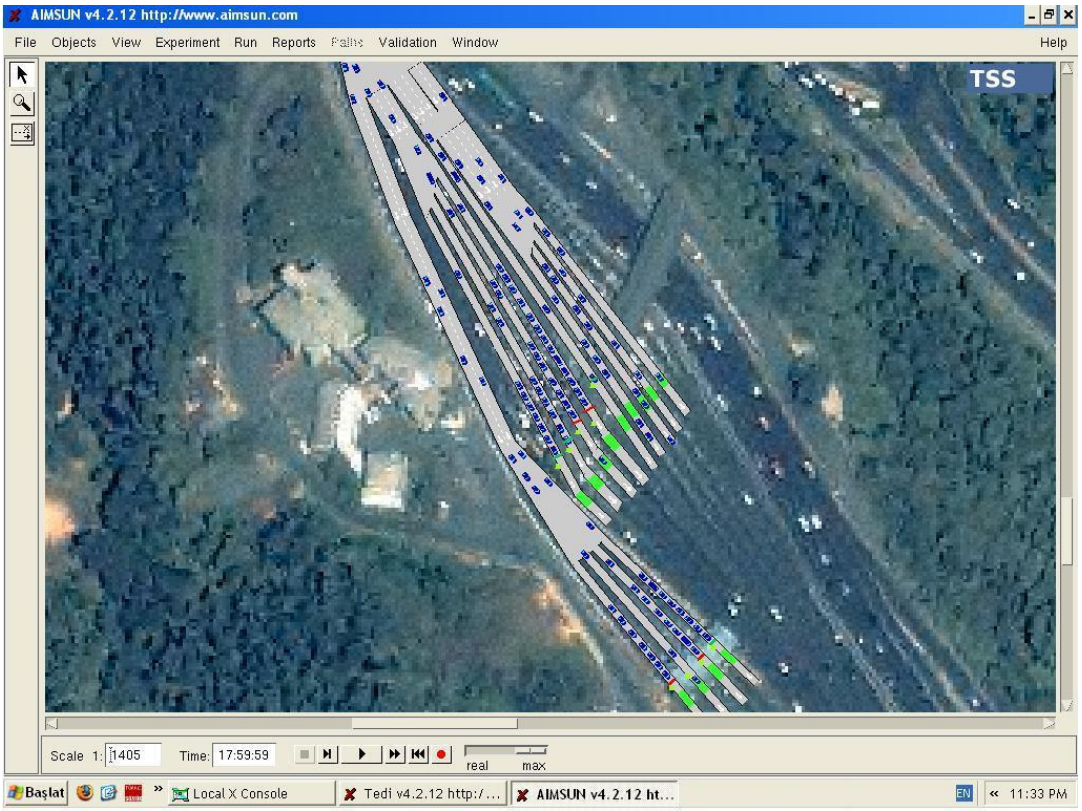
Saat 16:30



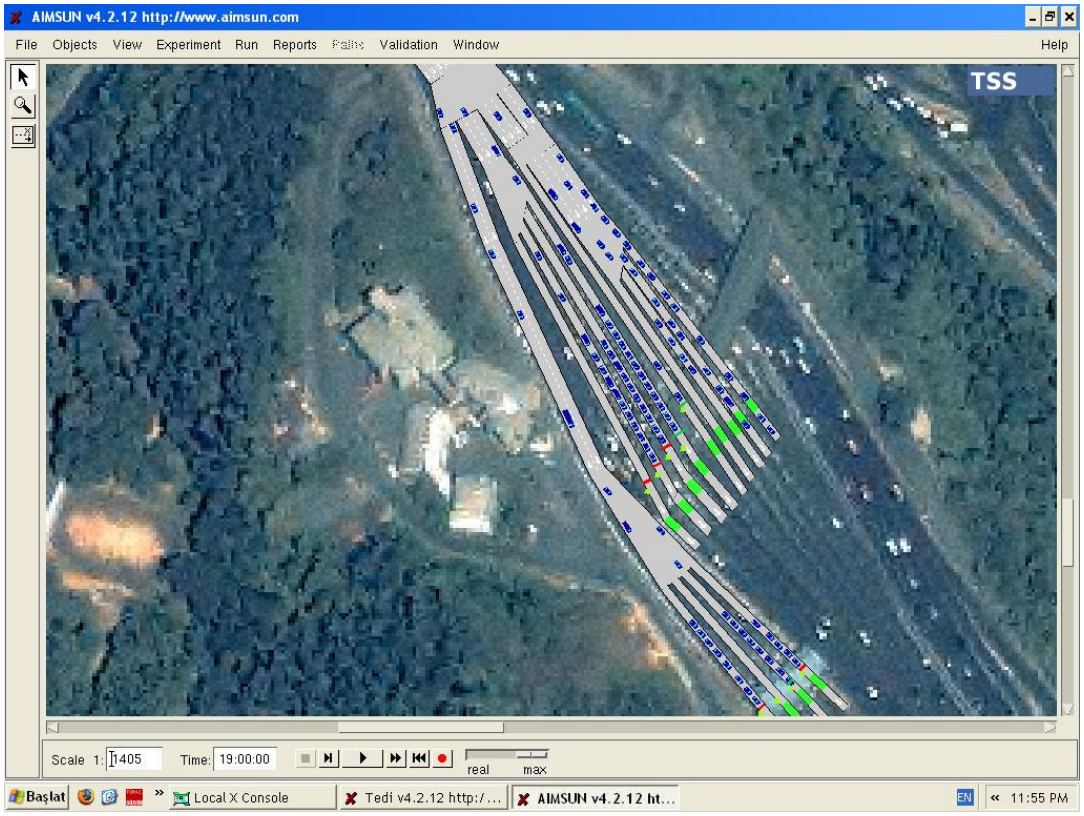
Saat 17:00



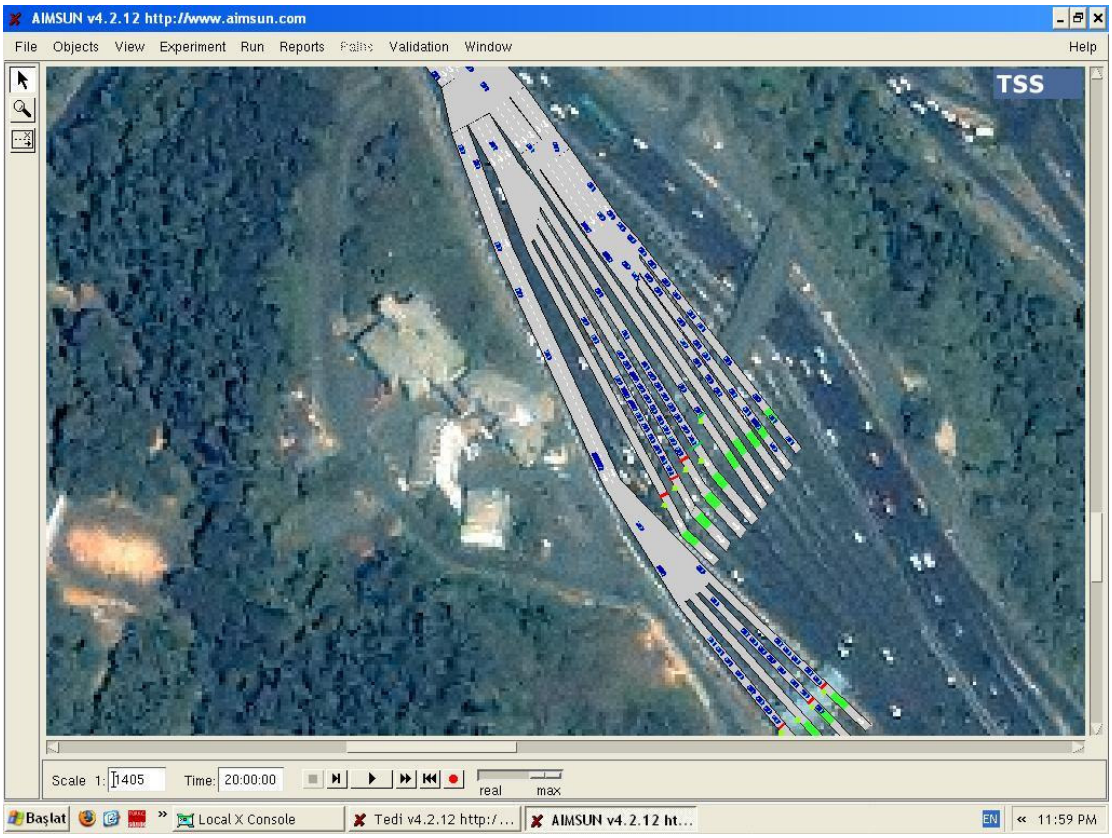
Saat 18:00



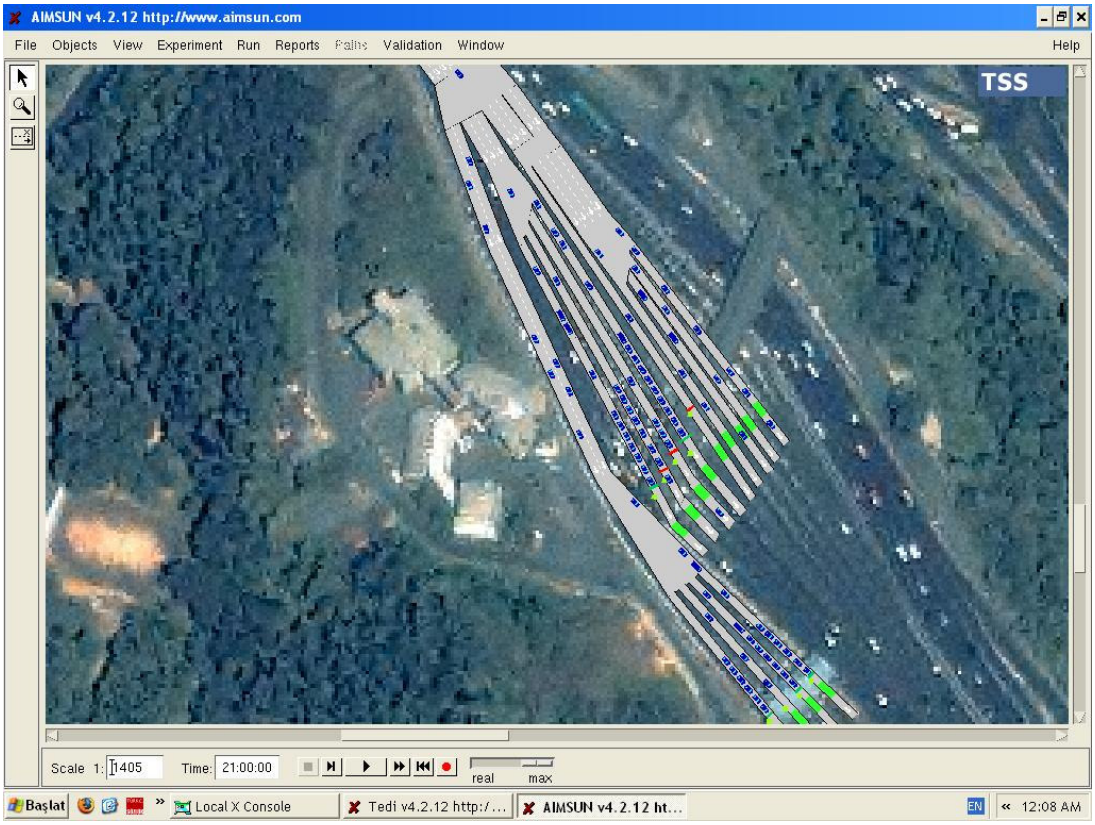
Saat 19:00



Saat 20:00



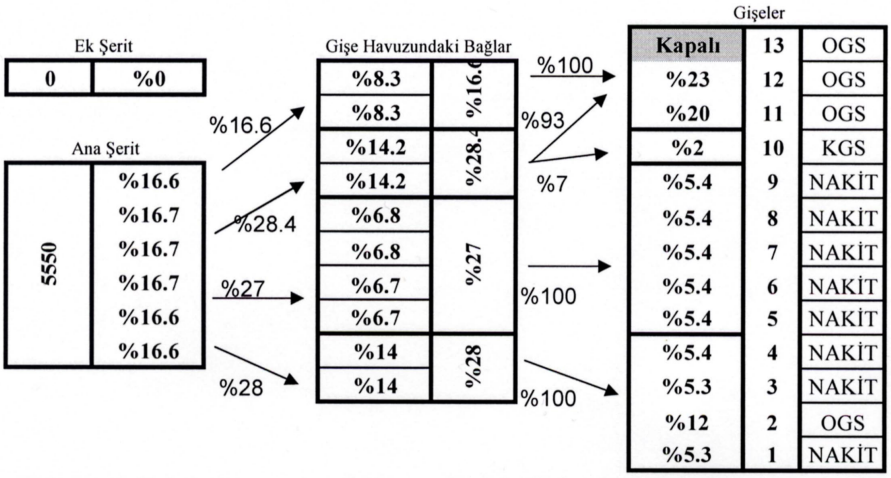
Saat 21:00



EK 8 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 1 az)

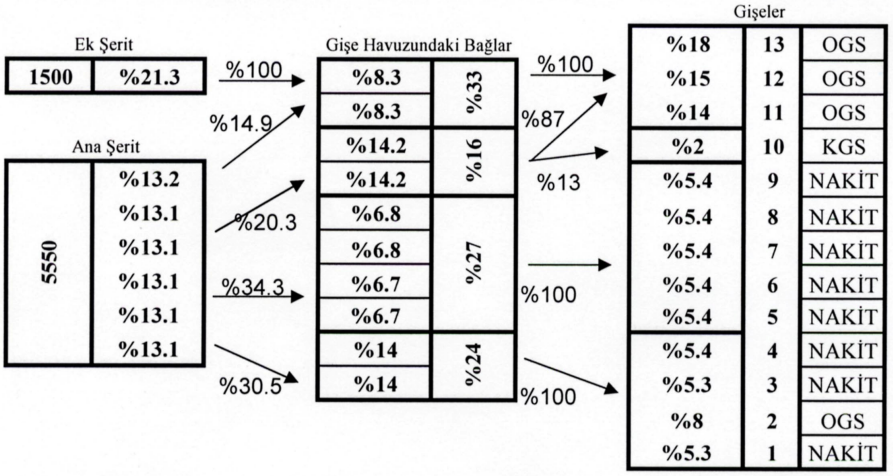
16:00 - 16:47 = 5550+0 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi

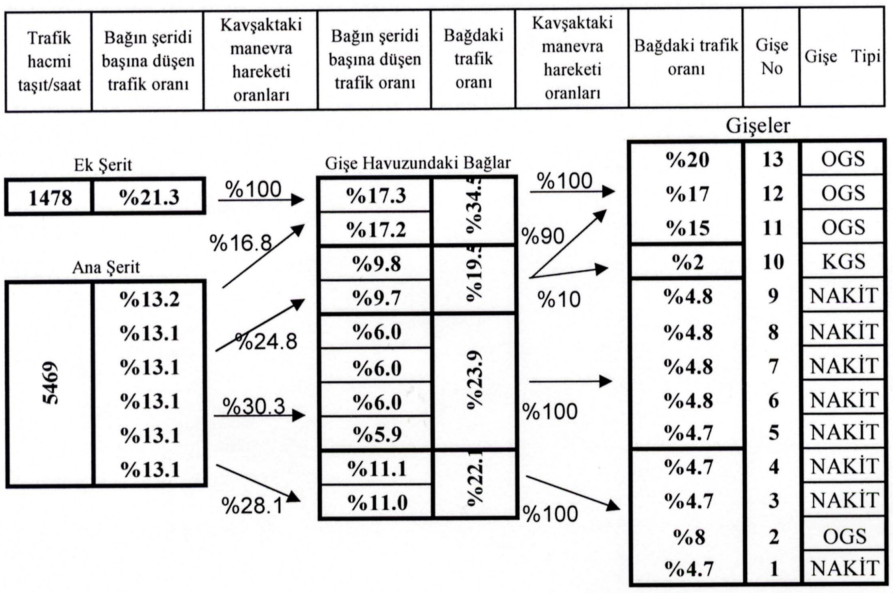


16:47 - 17:00 = 5550+1500 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

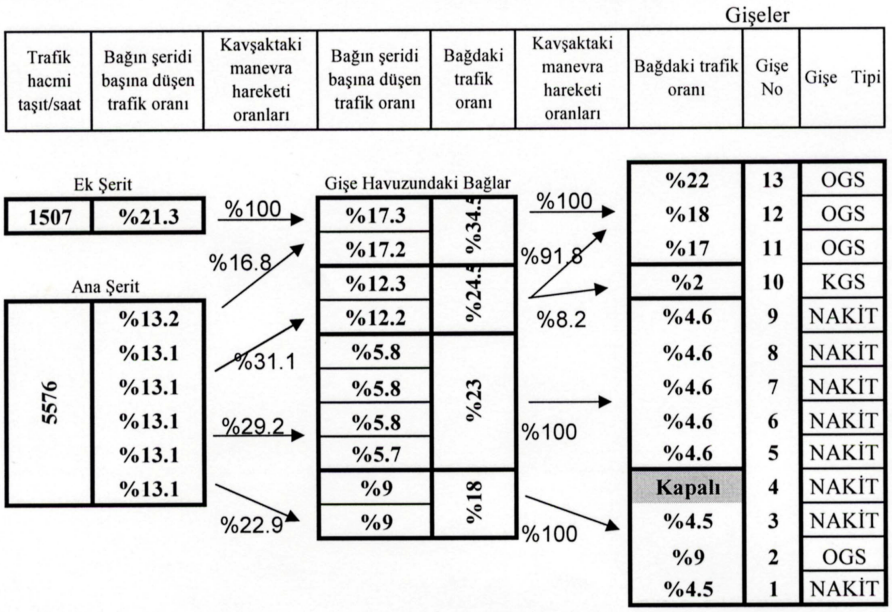
Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



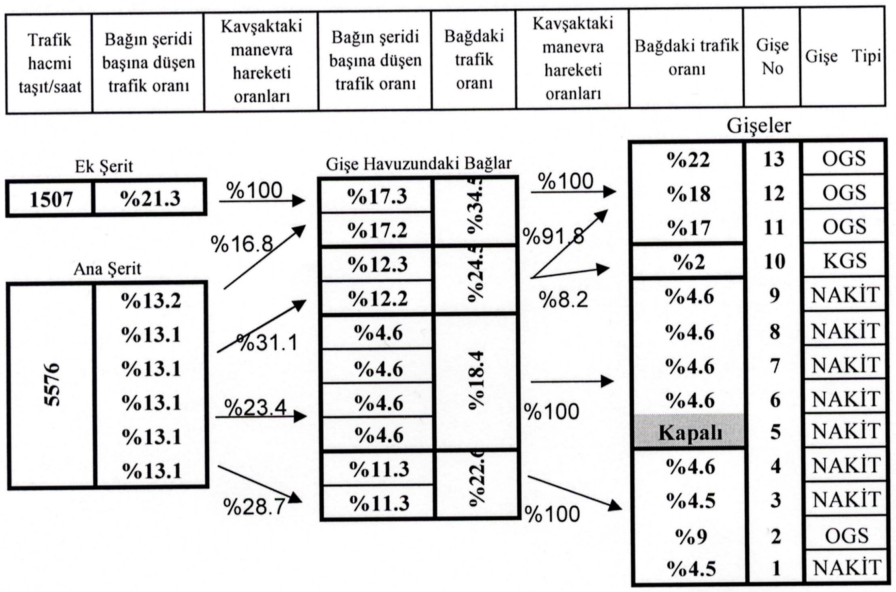
17:00 - 18:00 = 5469 + 1478 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)



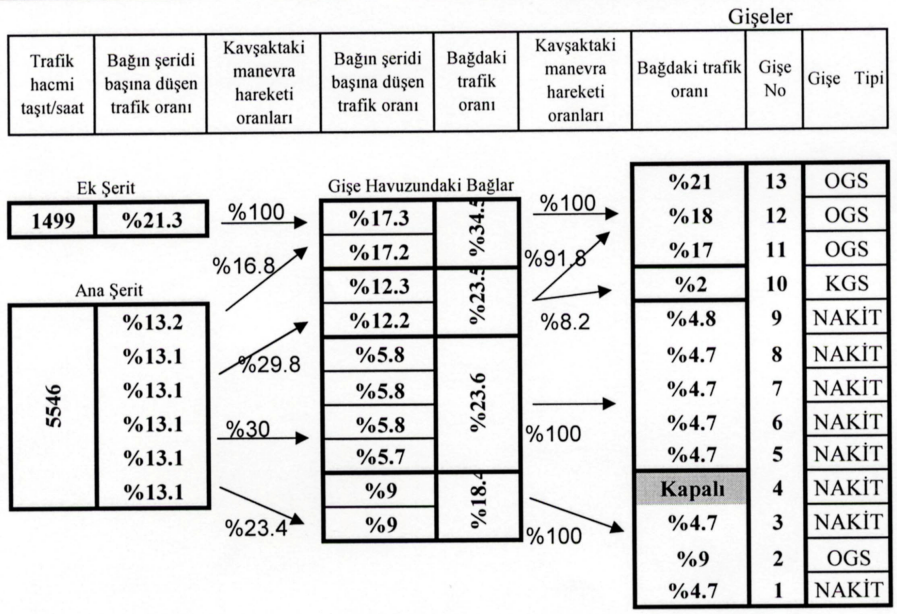
18:00 - 18:30 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)



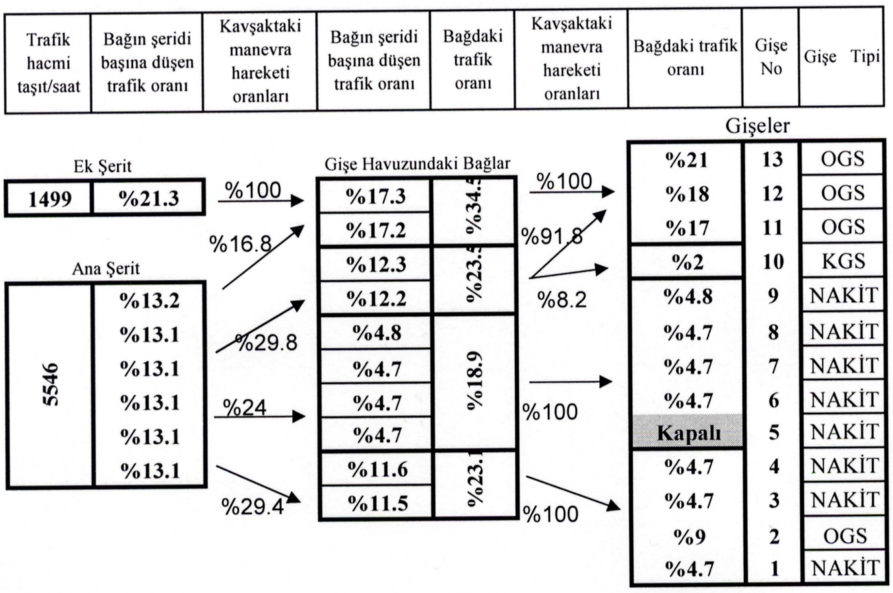
18:30 - 19:00 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)



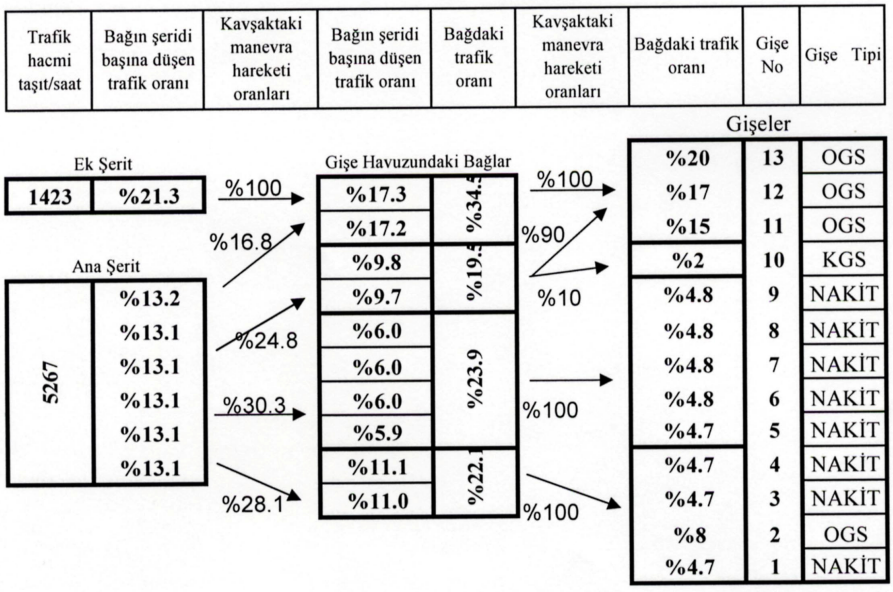
19:00 - 19:30 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)



19:30 - 20.00 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)



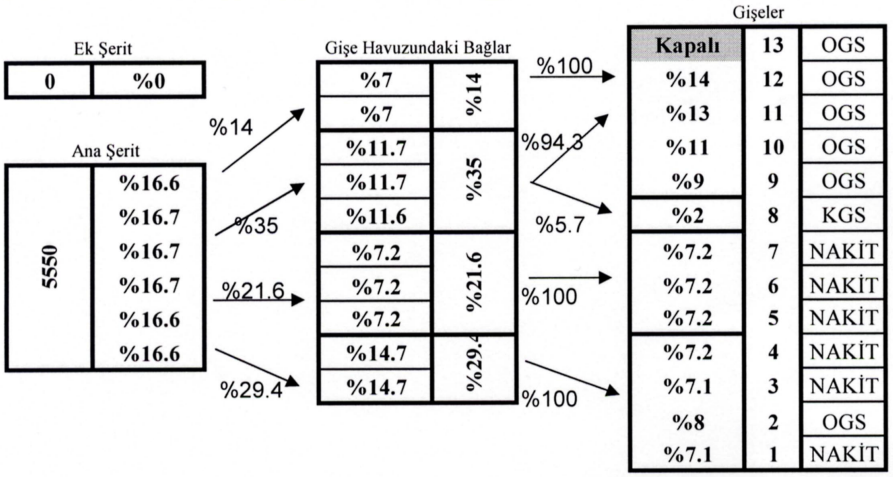
20:00 - 21:00 = 5267 + 1423 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)



EK 9 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 1 fazla)

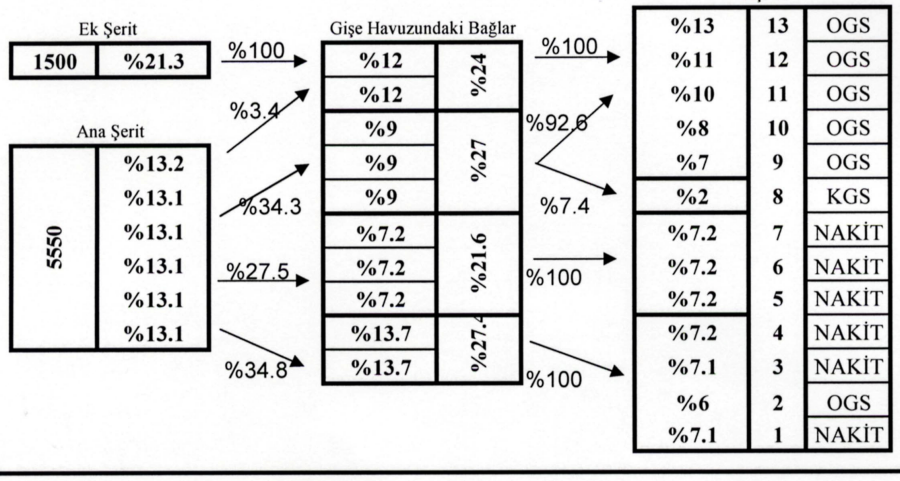
16:00 - 16:47 = 5550+0 taşıt/saat (%55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



16:47 - 17:00 = 5550+1500 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



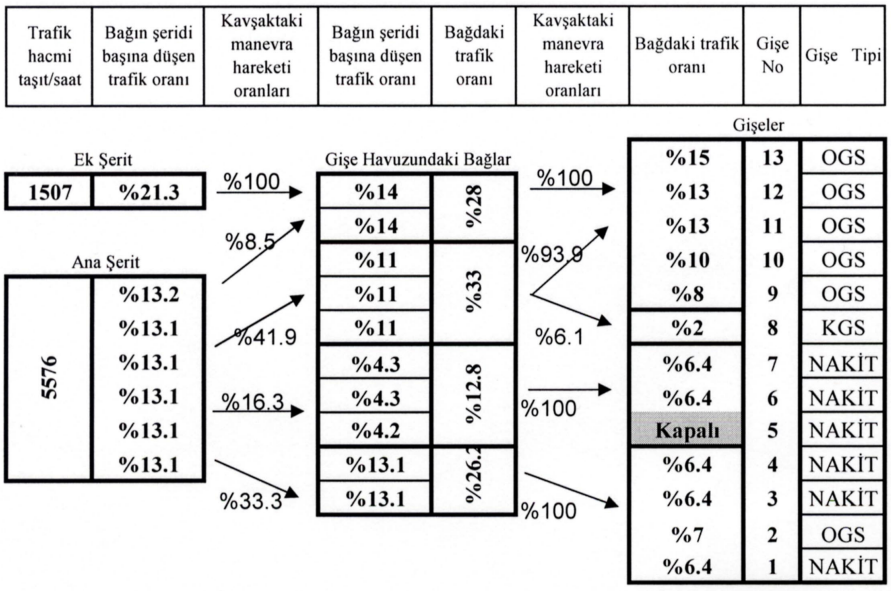
17:00 - 18:00 = 5469 + 1478 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar			Gişeler		
1478	%21.3	%100	%13	%26	%100	%14	13	OGS
		%6	%13			%12	12	OGS
Ana Şerit			%9.7	%29	%93.1	%11	11	OGS
5469	%13.2		%9.7			%9	10	OGS
	%13.1	%36.8	%9.6		%6.9	%7	9	OGS
	%13.1		%6.4	%19.1		%2	8	KGS
	%13.1	%24.3	%6.4		%100	%6.4	7	NAKİT
	%13.1		%6.3			%6.4	6	NAKİT
	%13.1	%32.9	%13.0	%25.9		%6.3	5	NAKİT
			%12.9		%100	%6.3	4	NAKİT
						%6.3	3	NAKİT
						%7	2	OGS
						%6.3	1	NAKİT

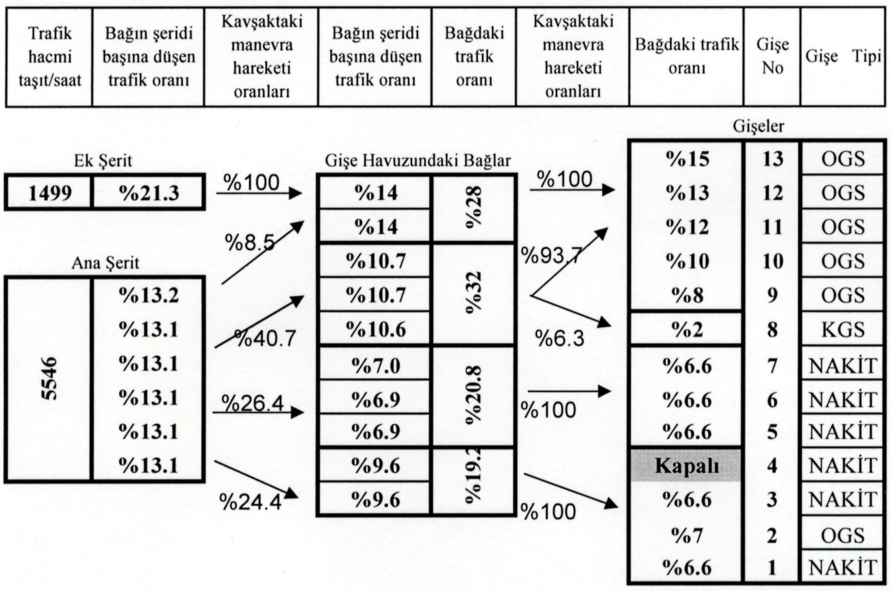
18:00 - 18:30 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar			Gişeler		
1507	%21.3	%100	%14	%28	%100	%15	13	OGS
		%8.5	%14			%13	12	OGS
Ana Şerit			%11	%33	%93.9	%13	11	OGS
5576	%13.2		%11			%10	10	OGS
	%13.1	%41.9	%11		%6.1	%8	9	OGS
	%13.1		%6.4	%19.2		%2	8	KGS
	%13.1	%24.4	%6.4		%100	%6.4	7	NAKİT
	%13.1		%6.4			%6.4	6	NAKİT
	%13.1	%25.2	%9.9	%19.8		%6.4	5	NAKİT
			%9.9		%100	Kapalı	4	NAKİT
						%6.4	3	NAKİT
						%7	2	OGS
						%6.4	1	NAKİT

18:30 - 19:00 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)

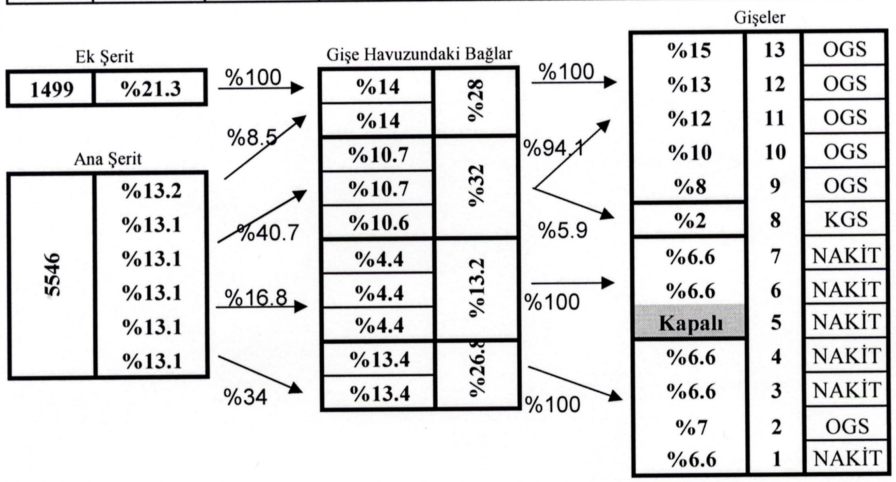


19:00 - 19:30 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)



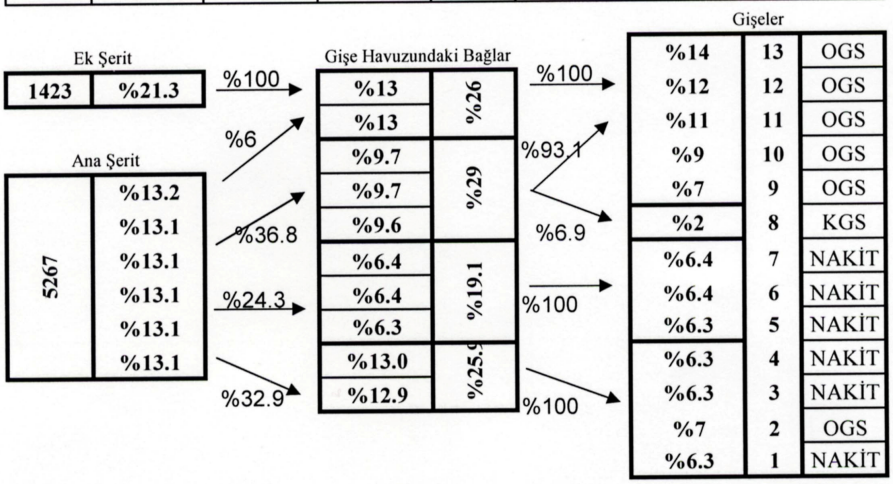
19:30 - 20.00 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



20:00 - 21:00 = 5267 + 1423 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

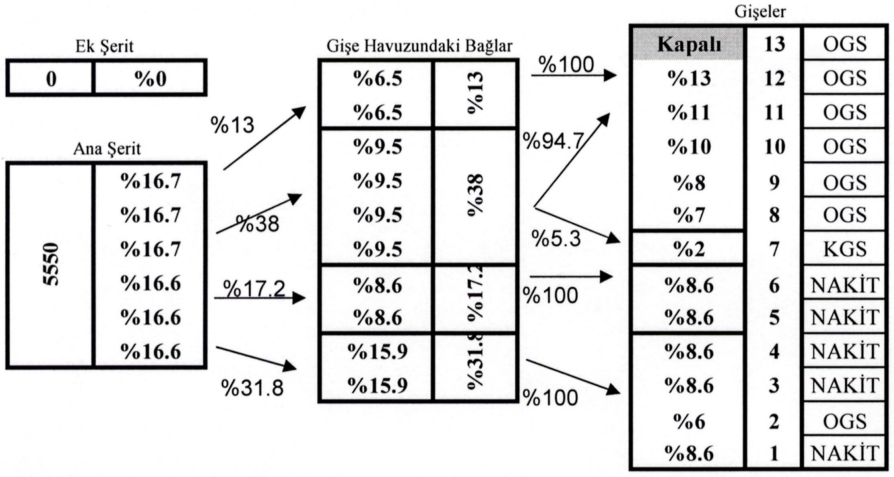
Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



EK 10 Gişe Sahasında trafik hacimlerinin dağıtılması (OGS gişe sayısı 2 fazla)

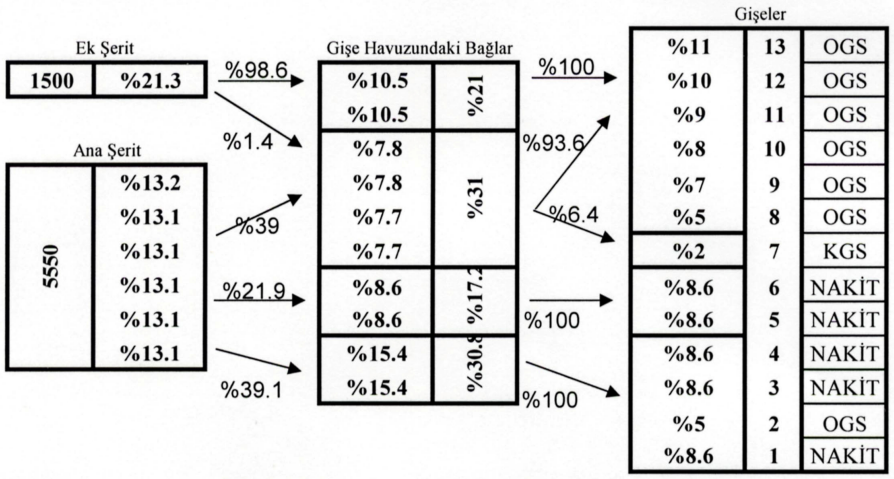
16:00 - 16:47 = 5550+0 taşıt/saat (%55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



16:47 - 17:00 = 5550+1500 taşıt/saat (% 55 OGS - %43 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi



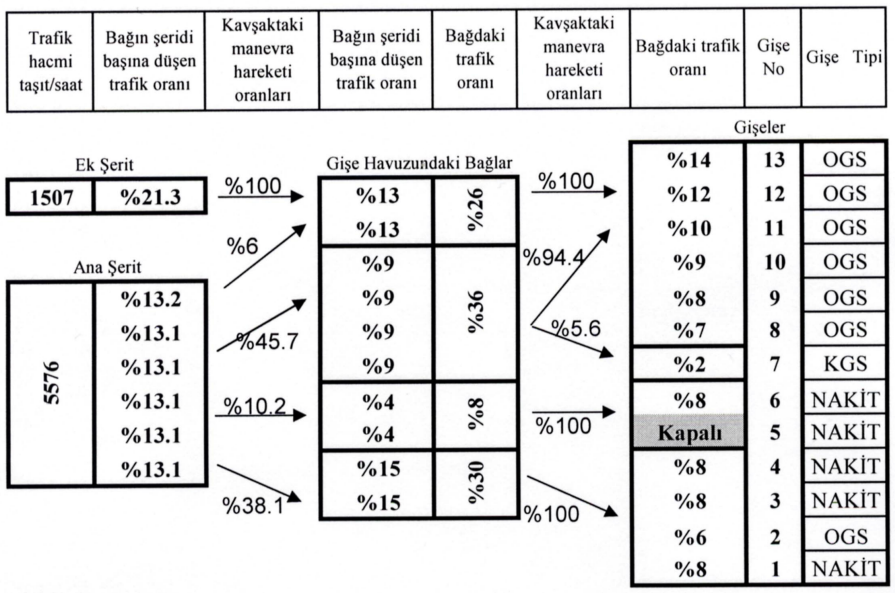
17:00 - 18:00 = 5469 + 1478 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
						Gişeler		
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar					
1478	%21.3	%100	%12	%24	%100	%13	13	OGS
			%12			%11	12	OGS
		%3.4	%8.3	%33	%93.9	%10	11	OGS
Ana Şerit			%8.3			%8	10	OGS
5469	%13.2		%8.3			%7	9	OGS
	%13.1	%41.9	%8.2		%6.1	%6	8	OGS
	%13.1		%8.2			%2	7	KGS
	%13.1	%19.4	%7.6	15.2	%100	%7.6	6	NAKİT
	%13.1		%7.6			%7.6	5	NAKİT
	%13.1		%13.9	%27.8		%7.6	4	NAKİT
		%35.3	%13.9		%100	%7.6	3	NAKİT
						%5	2	OGS
						%7.6	1	NAKİT

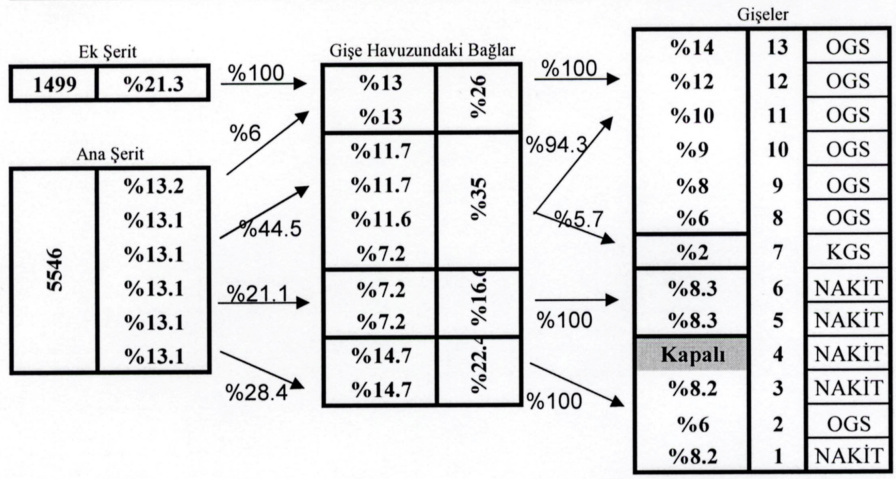
18:00 - 18:30 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi
						Gişeler		
Ek Şerit			Gişe Havuzundaki Bağlar					
1507	%21.3	%100	%13	%26	%100	%14	13	OGS
			%13			%12	12	OGS
		%6	%9	%36	%94.4	%10	11	OGS
Ana Şerit			%9			%9	10	OGS
5576	%13.2		%9			%8	9	OGS
	%13.1	%45.7	%9		%5.6	%7	8	OGS
	%13.1		%9			%2	7	KGS
	%13.1	%20.3	%8	%16	%100	%8	6	NAKİT
	%13.1		%8			%8	5	NAKİT
	%13.1		%11	%22		Kapalı	4	NAKİT
		%28	%11		%100	%8	3	NAKİT
						%6	2	OGS
						%8	1	NAKİT

18:30 - 19:00 = 5576+1507 taşıt/saat (% 66 OGS - %32 NAKİT - %2 KGS)



19:00 - 19:30 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)



19:30 - 20.00 = 5546+1499 taşıt/saat (% 65 OGS - %33 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi

Ek Şerit

1499	%21.3

Ana Şerit

5546	%13.2
	%13.1
	%13.1
	%13.1
	%13.1
	%13.1

%100 → Gişe Havuzundaki Bağlar

%6 →

%44.5 →

%10.5 →

%39 →

%13	%26
%13	
%8.8	%35
%8.8	
%8.7	
%8.7	
%4.2	%8.3
%4.1	
%15.4	%30.7
%15.3	

%100 →

%94.1 →

%5.9 →

%100 →

%100 →

Gişeler

%14	13	OGS
%12	12	OGS
%10	11	OGS
%9	10	OGS
%8	9	OGS
%6	8	OGS
%2	7	KGS
%8.3	6	NAKİT
Kapalı	5	NAKİT
%8.3	4	NAKİT
%8.2	3	NAKİT
%6	2	OGS
%8.2	1	NAKİT

20:00 - 21:00 = 5267 + 1423 taşıt/saat (% 60 OGS - %38 NAKİT - %2 KGS)

Trafik hacmi taşıt/saat	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağın şeridi başına düşen trafik oranı	Bağdaki trafik oranı	Kavşaktaki manevra hareketi oranları	Bağdaki trafik oranı	Gişe No	Gişe Tipi

Ek Şerit

1423	%21.3

Ana Şerit

5267	%13.2
	%13.1
	%13.1
	%13.1
	%13.1
	%13.1

%100 → Gişe Havuzundaki Bağlar

%3.4 →

%41.9 →

%19.4 →

%35.3 →

%12	%24
%12	
%8.3	%33
%8.3	
%8.2	
%8.2	
%7.6	15.2
%7.6	
%13.9	%27.8
%13.9	

%100 →

%93.9 →

%6.1 →

%100 →

%100 →

Gişeler

%13	13	OGS
%11	12	OGS
%10	11	OGS
%8	10	OGS
%7	9	OGS
%6	8	OGS
%2	7	KGS
%7.6	6	NAKİT
%7.6	5	NAKİT
%7.6	4	NAKİT
%7.6	3	NAKİT
%5	2	OGS
%7.6	1	NAKİT

EK 11 Senaryolarda tüm zaman aralıkların için elde edilen sonuç çizelgeleri

Çizelge E.1 Mevcut trafik kompozisyonu (Çizelge 6.3) ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda trafik parametreleri

Trafik Parametresi	AKIM	YOĞUNLUK	HIZ	SEYAHAT SÜRESİ	GECİKME SÜRESİ	DURMA GECİKMESİ	ORTALAMA DURMA
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5860	40.1	30.6	0:02:25	0:01:01	0:01:01	1.1
17:00-18:00	6925	62.0	27.0	0:03:17	0:01:51	0:01:51	1.7
18:00-19:00	7015	55.2	28.9	0:02:54	0:01:27	0:01:26	1.5
19:00-20:00	7062	67.9	27.1	0:03:24	0:01:58	0:01:59	1.5
20:00-21:00	6726	55.1	28.9	0:03:04	0:01:39	0:01:40	1.1
16:00-21:00	**6718**	**56.1**	**28.4**	**0:03:02**	**0:01:36**	**0:01:37**	**1.4**

Çizelge E.2 Mevcut trafik kompozisyonu ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda trafik parametreleri

Trafik Parametresi	AKIM	YOĞUNLUK	HIZ	SEYAHAT SÜRESİ	GECİKME SÜRESİ	DURMA GECİKMESİ	ORTALAMA DURMA
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5674	65.2	25.4	0:03:53	0:02:29	0:02:29	1.7
17:00-18:00	6990	80.2	21.5	0:04:15	0:02:50	0:02:49	4.6
18:00-19:00	6995	69.6	25.4	0:03:30	0:02:04	0:02:03	2.8
19:00-20:00	7013	81.2	23.3	0:04:06	0:02:39	0:02:40	3.7
20:00-21:00	6497	89.8	21.7	0:04:45	0:03:19	0:03:19	4.2
16:00-21:00	**6634**	**77.2**	**23.4**	**0:04:05**	**0:02:40**	**0:02:40**	**3.5**

Çizelge E.3 Mevcut trafik kompozisyonu ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda trafik parametreleri

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5508	94.4	16.3	0:05:43	0:04:21	0:04:21	6.4
17:00-18:00	6482	103.0	17.9	0:05:40	0:04:15	0:04:15	6.8
18:00-19:00	6695	98.1	18.9	0:05:16	0:03:51	0:03:51	6.4
19:00-20:00	5944	102.4	19.4	0:06:09	0:04:44	0:04:44	5.9
20:00-21:00	6573	101.1	18.0	0:05:24	0:04:00	0:04:00	6.7
16:00-21:00	**6240**	**99.8**	**18.2**	**0:05:37**	**0:04:13**	**0:04:13**	**6.4**

Çizelge E.4 Mevcut trafik kompozisyonu ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda trafik parametreleri

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5785	32.4	33.1	0:01:58	0:00:34	0:00:35	0.8
17:00-18:00	6987	41.3	32.0	0:02:10	0:00:44	0:00:44	0.7
18:00-19:00	7029	36.4	34.2	0:01:54	0:00:27	0:00:26	0.6
19:00-20:00	7114	38.3	33.8	0:01:58	0:00:31	0:00:30	0.6
20:00-21:00	6723	36.0	33.4	0:01:57	0:00:31	0:00:31	0.7
16:00-21:00	**6728**	**36.8**	**33.3**	**0:02:00**	**0:00:33**	**0:00:33**	**0.7**

Çizelge E.5 OGS oranının %5 artması, Nakit ödeme oranının %5 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5917	31.2	34.0	0:01:54	0:00:29	0:00:28	0.7
17:00-18:00	6951	37.8	33.6	0:01:59	0:00:33	0:00:32	0.7
18:00-19:00	7096	34.5	35.2	0:01:47	0:00:20	0:00:18	0.6
19:00-20:00	7069	34.7	35.0	0:01:48	0:00:21	0:00:19	0.6
20:00-21:00	6718	34.9	34.2	0:01:54	0:00:28	0:00:27	0.7
16:00-21:00	**6750**	**34.6**	**31.9**	**0:01:52**	**0:00:26**	**0:00:25**	**0.7**

Çizelge E.6 OGS oranının %5 artması, Nakit ödeme oranının %5 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5743	40.0	31.5	0:02:22	0:00:58	0:00:58	0.7
17:00-18:00	6887	68.2	28.1	0:03:26	0:02:01	0:02:01	1.2
18:00-19:00	7003	65.6	29.1	0:03:20	0:01:54	0:01:56	1.1
19:00-20:00	7103	69.7	28.6	0:03:22	0:01:56	0:01:56	1.3
20:00-21:00	6739	65.8	26.6	0:03:31	0:02:06	0:02:06	2.2
16:00-21:00	**6695**	**61.8**	**28.7**	**18.50:03:14**	**0:01:49**	**0:01:49**	**1.3**

Çizelge E.7 OGS oranının %5 artması, Nakit ödeme oranının %5 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5638	67.2	24.5	0:04:01	0:02:38	0:02:38	2.8
17:00-18:00	7139	93.3	19.6	0:04:43	0:03:18	0:03:18	5.5
18:00-19:00	7123	88.8	22.6	0:04:25	0:03:00	0:03:00	4.2
19:00-20:00	7027	87.5	23.2	0:04:25	0:03:00	0:03:00	4.0
20:00-21:00	6786	80.2	22.4	0:04:16	0:02:52	0:02:52	4.4
16:00-21:00	**6743**	**83.4**	**22.4**	**0:04:23**	**0:02:58**	**0:02:58**	**4.2**

Çizelge E.8 OGS oranının %5 artması, Nakit ödeme oranının %5 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5817	28.1	35.5	0:01:45	0:00:19	0:00:18	0.7
17:00-18:00	6965	35.1	34.4	0:01:51	0:00:24	0:00:23	0.7
18:00-19:00	7020	32.6	35.9	0:01:42	0:00:14	0:00:13	0.5
19:00-20:00	7115	33.1	35.9	0:01:42	0:00:14	0:00:13	0.5
20:00-21:00	6727	32.9	34.8	0:01:48	0:00:21	0:00:20	0.7
16:00-21:00	**6729**	**32.3**	**35.3**	**0:01:46**	**0:00:18**	**0:00:17**	**0.6**

Çizelge E.9 OGS oranının %10 artması, Nakit ödeme oranının %10 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5936	28.1	35.9	0:01:43	0:00:17	0:00:16	0.6
17:00-18:00	6942	32.1	36.0	0:01:42	0:00:15	0:00:13	0.5
18:00-19:00	7086	31.9	36.5	0:01:40	0:00:12	0:00:10	0.5
19:00-20:00	7071	31.8	36.5	0:01:40	0:00:11	0:00:09	0.5
20:00-21:00	6720	30.8	36.2	0:01:41	0:00:14	0:00:12	0.6
16:00-21:00	**6751**	**30.9**	**36.2**	**0:01:41**	**0:00:14**	**0:00:12**	**0.5**

Çizelge E.10 OGS oranının %10 artması, Nakit ödeme oranının %10 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5754	31.9	34.9	0:01:54	0:00:29	0:00:29	0.6
17:00-18:00	6889	38.0	34.7	0:01:58	0:00:32	0:00:31	0.5
18:00-19:00	7005	33.8	36.4	0:01:42	0:00:15	0:00:13	0.4
19:00-20:00	7105	33.7	36.5	0:01:42	0:00:15	0:00:13	0.4
20:00-21:00	6741	32.8	35.7	0:01:45	0:00:19	0:00:18	0.5
16:00-21:00	**6697**	**34**	**35.7**	**0:01:48**	**0:00:22**	**0:00:20**	**0.5**

Çizelge E.11 OGS oranının %10 artması, Nakit ödeme oranının %10 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5695	42.5	32.0	0:02:31	0:01:06	0:01:06	0.6
17:00-18:00	6912	75.4	28.2	0:03:46	0:02:20	0:02:20	1.4
18:00-19:00	6980	78.9	27.3	0:04:00	0:02:33	0:02:33	2.0
19:00-20:00	7146	69.7	29.3	0:03:26	0:01:59	0:01:59	1.4
20:00-21:00	6757	69.7	27.2	0:03:35	0:02:08	0:02:08	2.1
16:00-21:00	**6698**	**66.7**	**28.7**	**0:03:30**	**0:02:03**	**0:02:03**	**1.5**

Çizelge E.12 OGS oranının %10 artması, Nakit ödeme oranının %10 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5824	27.0	35.9	0:01:42	0:00:14	0:00:13	0.5
17:00-18:00	6964	31.8	36.0	0:01:41	0:00:12	0:00:11	0.5
18:00-19:00	7022	31.2	36.4	0:01:39	0:00:09	0:00:07	0.4
19:00-20:00	7114	31.9	36.2	0:01:40	0:00:10	0:00:08	0.4
20:00-21:00	6733	30.6	36.0	0:01:41	0:00:13	0:00:11	0,4
16:00-21:00	**6731**	**30.5**	**36.1**	**0:01:41**	**0:00:12**	**0:00:10**	**0.4**

Çizelge E.13 OGS ödeme oranının %15 artması, Nakit ödeme oranının %15 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5932	26.8	36.8	0:01:39	0:00:12	0:00:10	0.5
17:00-18:00	6946	30.7	36.6	0:01:38	0:00:10	0:00:08	0.5
18:00-19:00	7085	30.9	37.2	0:01:37	0:00:08	0:00:06	0.4
19:00-20:00	7068	30.9	37.1	0:01:37	0:00:08	0:00:06	0.4
20:00-21:00	6726	29.7	37.0	0:01:38	0:00:10	0:00:08	0.4
16:00-21:00	**6751**	**29.8**	**37.0**	**0:01:38**	**0:00:09**	**0:00:07**	**0.4**

Çizelge E.14 OGS oranının %15 artması, Nakit ödeme oranının %15 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5820	27.2	36.8	0:01:40	0:00:14	0:00:13	0.5
17:00-18:00	6918	31.5	37.1	0:01:39	0:00:12	0:00:10	0.4
18:00-19:00	6997	31.0	37.6	0:01:36	0:00:08	0:00:06	0.4
19:00-20:00	7120	31.4	37.6	0:01:36	0:00:08	0:00:06	0.3
20:00-21:00	6635	29.7	37.4	0:01:37	0:00:10	0:00:08	0.4
16:00-21:00	**6698**	**30.1**	**37.3**	**0:01:37**	**0:00:10**	**0:00:09**	**0.4**

Çizelge E.15 OGS oranının %15 artması, Nakit ödeme oranının %15 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5788	29.9	35.6	0:01:49	0:00:23	0:00:22	0.5
17:00-18:00	6941	34.1	36.0	0:01:47	0:00:20	0:00:19	0.4
18:00-19:00	7000	31.7	37.2	0:01:39	0:00:11	0:00:09	0.3
19:00-20:00	7122	32.4	37.0	0:01:39	0:00:11	0:00:10	0.3
20:00-21:00	6636	30.9	36.6	0:01:41	0:00:14	0:00:13	0.4
16:00-21:00	**6697**	**31.8**	**36.5**	**0:01:43**	**0:00:16**	**0:00:14**	**0.4**

Çizelge E.16 OGS oranının %15 artması, Nakit ödeme oranının %15 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5823	26.4	36.7	0:01:38	0:00:11	0:00:09	0.5
17:00-18:00	6961	30.9	36.7	0:01:38	0:00:09	0:00:07	0.5
18:00-19:00	7027	30.8	36.9	0:01:37	0:00:07	0:00:05	0.4
19:00-20:00	7112	31.3	36.9	0:01:37	0:00:07	0:00:05	0.3
20:00-21:00	6738	29.8	36.7	0:01:37	0:00:07	0:00:05	0.5
16:00-21:00	**6732**	**29.9**	**36.8**	**0:01:38**	**0:00:09**	**0:00:07**	**0.4**

Çizelge E.17 OGS oranının %20 artması, Nakit ödeme oranının %20 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5930	26.1	37.4	0:01:36	0:00:08	0:00:07	0.5
17:00-18:00	6948	30.2	37.3	0:01:37	0:00:08	0:00:06	0.4
18:00-19:00	7082	30.4	37.5	0:01:36	0:00:06	0:00:03	0.3
19:00-20:00	7073	30.6	37.3	0:01:37	0:00:06	0:00:04	0.4
20:00-21:00	6724	29.1	37.4	0:01:36	0:00:07	0:00:05	0.4
16:00-21:00	**6751**	**29.3**	**37.4**	**0:01:36**	**0:00:07**	**0:00:05**	**0.4**

Çizelge E.18 OGS oranının %20 artması, Nakit ödeme oranının %20 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5822	25.9	37.7	0:01:36	0:00:09	0:00:07	0.4
17:00-18:00	6912	30.4	37.7	0:01:36	0:00:08	0:00:06	0.4
18:00-19:00	7004	30.2	38.1	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
19:00-20:00	7118	30.6	38.1	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
20:00-21:00	6633	28.9	38.1	0:01:35	0:00:07	0:00:05	0.4
16:00-21:00	**6698**	**29.2**	**37.9**	**0:01:35**	**0:00:07**	**0:00:05**	**0.3**

Çizelge E.19 OGS oranının %20 artması, Nakit ödeme oranının %20 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5817	26.3	37.3	0:01:38	0:00:11	0:00:09	0.4
17:00-18:00	6919	30.4	37.6	0:01:36	0:00:09	0:00:07	0.4
18:00-19:00	6999	30.1	38.0	0:01:34	0:00:06	0:00:04	0.3
19:00-20:00	7115	30.7	37.9	0:01:35	0:00:06	0:00:04	0.3
20:00-21:00	6634	28.9	38.0	0:01:35	0:00:07	0:00:06	0.3
16:00-21:00	**6697**	**29.3**	**37.8**	**0:01:36**	**0:00:08**	**0:00:06**	**0.3**

Çizelge E.20 OGS oranının %20 artması, nakit ödeme oranının %20 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5823	25.7	37.3	0:01:37	0:00:08	0:00:07	0.5
17:00-18:00	6965	30.4	37.2	0:01:37	0:00:07	0:00:05	0.4
18:00-19:00	7019	30.3	37.3	0:01:36	0:00:06	0:00:03	0.3
19:00-20:00	7118	30.9	37.3	0:01:37	0:00:06	0:00:03	0.3
20:00-21:00	6735	29.2	37.3	0:01:36	0:00:07	0:00:05	0.4
16:00-21:00	**6732**	**29.3**	**37.3**	**0:01:37**	**0:00:07**	**0:00:05**	**0.4**

Çizelge E.21 OGS oranının %25 artması, Nakit ödeme oranının %25 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5933	25.7	37.7	0:01:35	0:00:07	0:00:05	0.4
17:00-18:00	6948	29.9	37.5	0:01:36	0:00:06	0:00:04	0.3
18:00-19:00	7083	30.2	37.5	0:01:36	0:00:04	0:00:02	0.2
19:00-20:00	7074	30.3	37.4	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.3
20:00-21:00	6722	28.8	37.6	0:01:36	0:00:05	0:00:03	0.3
16:00-21:00	**6752**	**29.0**	**37.5**	**0:01:36**	**0:00:05**	**0:00:03**	**0.3**

Çizelge E.22 OGS oranının %25 artması, Nakit ödeme oranının %25 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5822	25.3	38.2	0:01:34	0:00:06	0:00:05	0.3
17:00-18:00	6913	29.8	38.1	0:01:34	0:00:06	0:00:04	0.3
18:00-19:00	7003	30.0	38.2	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
19:00-20:00	7119	30.4	38.2	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
20:00-21:00	6638	28.4	38.3	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
16:00-21:00	**6699**	**28.8**	**38.2**	**0:01:34**	**0:00:05**	**0:00:03**	**0.3**

Çizelge E.23 OGS oranının %25 artması, Nakit ödeme oranının %25 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5822	25.3	38.1	0:01:34	0:00:07	0:00:05	0.3
17:00-18:00	6916	29.6	38.2	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
18:00-19:00	7002	29.7	38.2	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
19:00-20:00	7120	30.4	38.1	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.2
20:00-21:00	6633	28.4	38.3	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
16:00-21:00	**6699**	**28.6**	**38.2**	**0:01:34**	**0:00:05**	**0:00:03**	**0.3**

Çizelge E.24 OGS oranının %25 artması, Nakit ödeme oranının %25 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5822	25.4	37.6	0:01:36	0:00:06	0:00:05	0.4
17:00-18:00	6963	30.1	37.4	0:01:36	0:00:06	0:00:04	0.3
18:00-19:00	7017	30.2	37.4	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.2
19:00-20:00	7121	30.8	37.2	0:01:37	0:00:05	0:00:02	0.3
20:00-21:00	6736	29.0	37.4	0:01:36	0:00:06	0:00:03	0.3
16:00-21:00	**6732**	**29.1**	**37.4**	**0:01:36**	**0:00:06**	**0:00:03**	**0.3**

Çizelge E.25 OGS oranının %30 artması, Nakit ödeme oranının %30 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5931	25.6	37.7	0:01:35	0:00:05	0:00:04	0.3
17:00-18:00	6949	29.7	37.5	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.3
18:00-19:00	7077	30.5	37.2	0:01:37	0:00:04	0:00:02	0.2
19:00-20:00	7076	30.3	37.3	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2
20:00-21:00	6721	28.7	37.6	0:01:36	0:00:04	0:00:02	0.2
16:00-21:00	**6751**	**28.9**	**37.5**	**0:01:36**	**0:00:05**	**0:00:02**	**0.3**

Çizelge E.26 OGS oranının %30 artması, Nakit ödeme oranının %30 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5823	25.1	38.4	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
17:00-18:00	6911	29.5	38.3	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
18:00-19:00	7004	29.9	38.1	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
19:00-20:00	7119	30.2	38.2	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
20:00-21:00	6638	28.3	38.3	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
16:00-21:00	**6699**	**28.6**	**38.3**	**0:01:34**	**0:00:04**	**0:00:02**	**0.2**

Çizelge E.27 OGS oranının %30 artması, Nakit ödeme oranının %30 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5821	24.9	38.4	0:01:34	0:00:05	0:00:03	0.3
17:00-18:00	6917	29.3	38.3	0:01:34	0:00:04	0:00:02	0.2
18:00-19:00	6999	29.5	38.3	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
19:00-20:00	7118	29.9	38.3	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
20:00-21:00	6639	28.0	38.4	0:01:33	0:00:04	0:00:02	0.2
16:00-21:00	**6699**	**28.3**	**38.4**	**0:01:34**	**0:00:04**	**0:00:02**	**0.2**

Çizelge E.28 OGS oranının %30 artması, Nakit ödeme oranının %30 azalması ve OGS gişe sayısını bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5822	25.3	37.7	0:01:35	0:00:05	0:00:03	0.3
17:00-18:00	6966	30.0	37.5	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.2
18:00-19:00	7018	30.2	37.3	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2
19:00-20:00	7107	30.8	37.2	0:01:37	0:00:05	0:00:01	0.2
20:00-21:00	6746	28.9	37.5	0:01:36	0:00:05	0:00:02	0.2
16:00-21:00	**6732**	**29.0**	**37.4**	**0:01:36**	**0:00:05**	**0:00:02**	**0.2**

Çizelge E.29 OGS oranının %34 artması, Nakit ödeme oranının %34 azalması ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5936	25.5	37.7	0:01:35	0:00:05	0:00:03	0.3
17:00-18:00	6934	29.7	37.5	0:01:36	0:00:04	0:00:02	0.2
18:00-19:00	7089	30.4	37.2	0:01:37	0:00:04	0:00:01	0.2
19:00-20:00	7067	30.5	37.0	0:01:37	0:00:04	0:00:01	0.3
20:00-21:00	6729	28.7	37.5	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2
16:00-21:00	**6751**	**28.9**	**37.4**	**0:01:36**	**0:00:04**	**0:00:02**	**0.2**

Çizelge E.30 OGS oranının %34 artması, Nakit ödeme oranının %34 azalması ve OGS gişe sayısının bir arttırılıp Nakit gişe sayısının bir azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5820	24.9	38.5	0:01:33	0:00:04	0:00:02	0.2
17:00-18:00	6911	29.3	38.3	0:01:34	0:00:03	0:00:01	0.1
18:00-19:00	7004	29.8	38.1	0:01:34	0:00:03	0:00:00	0.1
19:00-20:00	7119	30.1	38.2	0:01:34	0:00:02	0:00:00	0.1
20:00-21:00	6641	28.1	38.4	0:01:33	0:00:03	0:00:01	0.1
16:00-21:00	**6699**	**28.5**	**38.3**	**0:01:34**	**0:00:03**	**0:00:01**	**0.1**

Çizelge E.31 OGS oranının %34 artması, Nakit ödeme oranının %34 azalması ve OGS gişe sayısının iki arttırılıp Nakit gişe sayısının iki azaltılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5820	24.7	38.5	0:01:33	0:00:04	0:00:02	0.2
17:00-18:00	6915	29.1	38.4	0:01:33	0:00:03	0:00:01	0.1
18:00-19:00	7001	29.4	38.3	0:01:34	0:00:02	0:00:00	0.1
19:00-20:00	7119	29.9	38.2	0:01:34	0:00:03	0:00:00	0.1
20:00-21:00	6639	27.9	38.4	0:01:33	0:00:03	0:00:01	0.1
16:00-21:00	**6699**	**28.2**	**38.4**	**0:01:34**	**0:00:03**	**0:00:01**	**0.1**

Çizelge E.32 OGS oranının %34 artması, Nakit ödeme oranının %34 azalması ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5825	25.2	37.8	0:01:35	0:00:05	0:00:02	0.2
17:00-18:00	6964	30.0	37.3	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2
18:00-19:00	7018	30.4	37.1	0:01:37	0:00:05	0:00:01	0.2
19:00-20:00	7116	30.8	37.2	0:01:37	0:00:04	0:00:01	0.1
20:00-21:00	6737	28.8	37.5	0:01:36	0:00:04	0:00:01	0.2
16:00-21:00	**6732**	**29.1**	**37.3**	**0:01:36**	**0:00:04**	**0:00:01**	**0.2**

Çizelge E.33 Haftasonu, mevcut taşıt kompozisyonu ve mevcut gişe konfigürasyonu durumunda simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5014	55.9	23.2	0:03:56	0:02:34	0:02:34	2.1
17:00-18:00	5094	62.2	21.7	0:04:24	0:03:01	0:03:01	2.7
18:00-19:00	5247	65.2	21.4	0:04:28	0:03:05	0:03:05	3.0
19:00-20:00	4982	67.4	20.5	0:04:54	0:03:32	0:03:32	2.9
20:00-21:00	4668	55.5	22.6	0:04:13	0:02:52	0:02:52	1.5
16:00-21:00	**5001**	**61.2**	**21.9**	**0:04:23**	**0:03:01**	**0:03:01**	**2.5**

Çizelge E.34 Haftasonu, mevcut trafik kompozisyonu ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumu simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5049	35.9	29.4	0:02:33	0:01:10	0:01:10	1.0
17:00-18:00	5137	38.2	28.7	0:02:41	0:01:18	0:01:18	1.0
18:00-19:00	5272	42.8	28.1	0:02:56	0:01:33	0:01:33	1.0
19:00-20:00	4995	41.6	27.7	0:03:02	0:01:39	0:01:39	1.2
20:00-21:00	4724	28.6	31.2	0:02:12	0:00:49	0:00:49	1.0
16:00-21:00	**5035**	**37.4**	**29**	**0:02:41**	**0:01:18**	**0:01:18**	**1**

Çizelge E.35 Haftasonu, mevcut taşıt kompozisyonu ve OGS gişe sayısının bir azaltılıp Nakit gişe sayısının bir arttırılması durumu simülasyon çıktıları

Trafik Parametresi	**AKIM**	**YOĞUNLUK**	**HIZ**	**SEYAHAT SÜRESİ**	**GECİKME SÜRESİ**	**DURMA GECİKMESİ**	**ORTALAMA DURMA**
Saat Aralıkları	**taşıt/saat**	**taşıt/km**	**km/saat**	**saat**	**saat**	**saat**	**durma / toplam taşıt**
16:00-17:00	5070	30.2	30.6	0:02:10	0:00:43	0:00:43	1.0
17:00-18:00	5061	30.8	30.8	0:02:12	0:00:45	0:00:45	1.0
18:00-19:00	5252	29.8	31.1	0:02:06	0:00:38	0:00:40	1.0
19:00-20:00	4938	28.0	31.3	0:02:04	0:00:36	0:00:36	1.0
20:00-21:00	4644	24.9	32.3	0:01:56	0:00:29	0:00:31	1.1
16:00-21:00	**4993**	**28.7**	**31.2**	**0:02:06**	**0:00:38**	**0:00:41**	**1**

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	20.11.1980	
Doğum yeri	Zonguldak	
Lise	1991-1998	T.E.D. Zonguldak Koleji
Lisans	1998-2002	Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Ulaştırma Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2003 - 2004	Ulaştırma Proje Yönetim Ltd. Şti.
2004 - 2005 (3 ay)	Transport Simulation Systems (Eğitim, Barcelona).
2005 -	İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Bşk., Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü.