



Yaya Yolu Tasarımı ve Uygulamaları Kaynaklı Yaya-Taşıtlı Çatışmasının İncelenmesi

Program Kodu: 1001

Proje No: 113M222

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Burak ŞENGÖZ

Araştırmacı(lar):

Prof.Dr. Ebru ÇUBUKCU
Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÖZUYSAL
Yrd.Doç.Dr. Haidar SHARIF

Danışman(lar):

Prof.Dr. Hülya KOÇ

Bursiyer(ler):

Mehmet ÇAPUTCU
Aykut KARABAYIR
Sezin KAPLAN

NİSAN 2016
İZMİR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	3
2.1 Yaya Akımının Bazı Özellikleri ve Modelleme Çalışmaları	3
2.2 Yaya Davranış ve Tercihlerine Ait Etkenler	3
2.3 Yaya ve Taşıt Trafiği Arasındaki Çatışmalar	5
2.3.1 Trafik Çatışma Tekniği Kavramı.....	5
2.3.2 Yayaların Taşıtlarla Çatışma Durumundaki Hareketleri	8
2.3.3 Trafik Çatışması Analizlerinde Dikkate Alınan Değişkenler.....	11
2.4 Otomasyonlu Teknikler Kullanılarak Yayaların Algılanması ve İzlerinin Oluşturulması	13
3. ARAZİ ÖLÇÜM VE GÖZLEMLERİ İÇİN ETÜT SAHALARININ BELİRLENMESİ	19
3.1 İzmir kenti Hakkında Genel Bilgi	19
3.2 Etüt Saha Seçim Ölçütleri	21
3.3 Seçilen Etüt Sahalarının Enkesit Özellikleri.....	23
3.3.1 Kaldırımın Bulunmadığı Yol Kesimi	26
3.3.2 Kaldırımın Yeterli Kesit Genişliğine Sahip Olmadığı Yol Kesimi.....	27
3.3.3 Plan Dışı Ve Kuralsız İşgallerden Dolayı Kaldırımın Yetersiz Olduğu Yol Kesimi..	28
3.3.4 Kontrol Kesimi	30
4. ÖLÇÜM CİHAZLARI VE ÖN ETÜD ÇALIŞMALARI	31
4.1. Ölçüm Cihazları	31
4.1.1 LMS 511 Lazerli Tarayıcı.....	31
4.1.2 LD-MRS Lazerli Tarayıcı	33
4.2 Ön Etüd Çalışmaları ve Kalibrasyon.....	36
4.2.1 Ön Etüd Çalışmaları	36
4.2.2 Lazerli Cihazların Kalibrasyon İşlemleri	38
5. VERİ TOPLAMA İŞLEMLERİ	40
5.1. Lazerli Tarayıcılardan Nokta Bulutu Elde Edilmesi.....	40

5.1.1 LMS 511 Lazerli Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi.....	42
5.1.2 LD-MRS Lazerli Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi	52
5.2 Video Kameralar ile Görsel Veri Elde Edilmesi.....	58
5.3. Kaza Verilerinin Elde Edilmesi	60
5.3.1 Trafik Kaza Etütleri	64
5.3.2. Analiz İçin Talep Edilen Kaza Verileri	68
6. VERİLERİN İŞLENMESİ	71
6.1 Hareketli Ve Sabit Noktaların Sınıflandırılması (Background Subtraction).....	71
6.2 Farklı Lazer Tarayıcılardan Gelen Verilerin Birleştirilmesi	77
6.3. Yaya ve Taşıt İzlerinin Oluşturulması	84
6.3.1. Optik Akış (Optical Flow) Yöntemi	84
6.3.2 X-Y Koordinat Verisi ile Kümeleme	92
6.3.3 Blob Analizi ile Algılama ve Takip	95
6.3.3.1 Verilerin Düzleme Aktarılması	96
6.3.3.2 Bloblar Halinde Nesnelerin Algılanması	99
6.3.3.3 Blobların (Nesnelerin) Takibi ve İzlerinin Oluşturulması	101
6.3.3.4 Çıktılar	111
6.3.4 Oluşturulan Yaya ve Taşıt İzleri.....	116
6.4 Lazer İzleri ve Video Görüntülerinden Elde Edilen Verilerin Birleştirilmesi.....	117
7. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	122
7.1 Yaya Hızlarının Analizi.....	129
7.1.1 İstasyon Noktası Bazında Yaya Hızlarının Analizi	129
7.1.1.1 Sorunlu Yol Kesimleri.....	129
7.1.1.2 Kontrol Kesiminde Yapılan Gözlemler	147
7.1.2 Yaya Karakteristiklerine Bağlı Yaya Hızlarının İstasyon Noktalarına Göre Karşılaştırılması	151
7.1.3 Gözlem Noktalarında Yaya Hızlarına Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi....	173
7.1.4 Yaya Hızlarında Mevsimsel Değişiklikler	174
7.1.5 Yaya Hızlarının Mikroskobik Ölçekli Analizi	180
7.2 Yaya Kaldırım Sorunlarının Yaya Hareketlerine Etkisi.....	186
7.2.1 Hız Değişimlerinin Regresyon ile Analizi.....	186
7.2.2 Seyahat Sürelerinin Analizi.....	189
7.2.3 Yaya Hizmet Seviyelerinin Analizi.....	195
7.3 Yaya-Taşıt Çatışması	213
7.3.1 Gözlemlenen Mikro Hareket ve Etkileşimlere Örnekler	214

7.3.2 Trafik Çatışması Analizi	219
7.3.2.1 Yayaların Aniden Taşıt Yoluna İnmesi ve Yürümesi	219
7.3.2.2 Yayılar ve Taşıtların Tedrici Yakınlaşması	220
7.3.3 İzlerde Yanal Mesafelerin Değişimi	225
7.3.4 İncelenen Sahalarda Yaya-Taşıit Kaza Geçmişinin Analizi	230
7.4 Yolculuk Direnci (Sürtünme) Parametresi	237
7.5 Benzetim Modeli ve Senaryolar	244
7.5.1 Kullanılan Benzetim Yazılımı Hakkında Genel Bilgiler	245
7.5.2 Benzetimi Yapılan Etüt Sahası	247
7.5.3 Dikkate Alınan Değişkenler	249
7.5.4 Kullanılan Veri Kümesi	249
7.5.5 Program Üzerinde Bazı Testler	252
7.5.6 Benzetim Uygulaması	253
7.5.7 Deney Raporları ve Sonuçlar	259
8. ÇIKTILARIN POTANSİYEL UYGULAMA ALANLARI	263
8.1 Yol, Kaldırım, Trafik ve Otopark Düzenleme Önerileri	263
8.2 Önerilen Düzenlemelerin Yaya Güvenliğine Potansiyel Katkısı	276
8.3 Kalite İndeksi Yaklaşımları	278
9. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	282
10. KAYNAKLAR	287

ÖNSÖZ

Ülkemizde yaya ulaşımı, gerek şehirlerimizin fiziki yapısı, gerek insanların taşıt alım gücü ve gerekse sosyal yapı itibarıyla, kentiçi ulaşımının önemli bir kısmını teşkil etmektedir. Yaya yolculukları ve dolaşım yaya kavramının hareket ve erişilebilirlikle ilgili çok önemli boyutunu oluşturmakta, kentsel mekanın kullanımı, barındırdığı işlev ve aktiviteler, kalitesi ve yaşanılabilirliği de bir diğer boyutunu oluşturmaktadır.

Amaç, işlev, form, kullanım yönleri ile kentsel yolların yayaya ayrılan kesimleri, yaya geçitleri, sokak mobilyaları, oturma bankları, farklı boyutta işaret levhaları kentsel mekanlarda yaya hızlarını, yaya dolaşımını etkileyen ölü mekan oluşumları, dolayısı ile aktivite kullanım dengesi bu boyutların farklı öğelerini içermektedir.

Yaya yolculuk karakteristiklerinin, hızlarının ve davranışlarının İzmir kent merkezinde farklı mekanlarda ele alındığı bu proje kapsamında yol kesimlerindeki daralmaların/işgallerin yaya-taşıtların etkileşimi üzerindeki etkileri mikroskobik ölçekte incelenmiştir. Bu projenin gerçekleştirilmesi konusunda verdiği desteklerden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Trafik çatışma tekniklerinde kullanılan indisler	12
Tablo 4.1 LMS 511 20100 PRO Özellikleri	32
Tablo 4.2 Cihazın Teknik Özellikleri.....	34
Tablo 5.1 LD-MRSS nokta okuma kaydı yapısı.....	55
Tablo 5.2 LD-MRS veri başlığı içeriği.....	56
Tablo 5.3 LD-MRS tarama verisi açıklama kolonları	57
Tablo 5.4 Video görüntülerinden yayaların özelliklerinin belirtilmesi	59
Tablo 5.5 Video görüntülerinde dikkate alınan parametreler.....	60
Tablo 5.6 Arazi kullanımı, kavşak tipi ve yoldaki konumun ölümcül kazalar üzerindeki etkileri	62
Tablo 5.7 Arazi kullanımı ve trafik kontrol tipinin kavşaklardaki ölümcül kazalar üzerindeki etkisi (FHWA, 2001).	63
Tablo 5.8 Yol yüzeyi ve atmosferik şartların ölümcül kazalar üzerindeki etkisi (FHWA, 2001).....	64
Tablo 5.9 Farklı kaza tipleri için olası kaza nedenleri.....	66
Tablo 5.10 Emniyet Genel Müdürlüğü'nden alınan kaza verileri	69
Tablo 6.1 Eşik değişkenleri tercihleri	111
Tablo 6.2 1. resim karesi (frame) değerleri	112
Tablo 6.3 6. resim karesi(frame) değerleri	113
Tablo 6.4 11.resim karesi (frame) değerleri	114
Tablo 6.5 16. resim karesi (frame) değerleri	115
Tablo 6.6 Yayalara ait özelliklerin belirtilmesi	117
Tablo 6.7 Ölçüm yapılan sahalardan geçen yaya ve araç sayısı.....	118
Tablo 6.8 Veri tanımlayıcı özet tablolar	120
Tablo 7.1 Regresyon analizinde kullanılan simgesel gösterimler(Tüm sahalarda).....	187
Tablo 7.2 Oluşturulan Regresyon Modelinin Parametreleri	188
Tablo 7.3 Regresyon Analizinde Kullanılan Simgesel Gösterimler(Hukuk Fakültesi)..	191
Tablo 7.4 Oluşturulan Regresyon Modelinin Parametreleri	191
Tablo 7.5 Basamak İnişlerinin Yolculuk Süresine Etkisi	193
Tablo 7.6 Basamak Çıkışın Yolculuk Süresine Etkisi.....	193
Tablo 7.7 Mecburi Basamak İnişlerinin Yolculuk Süresine Etkisi.....	194
Tablo 7.8 Basamak Çıkışlarının Yolculuk Süresine Etkisi	194

Tablo 7.9 Yaya Arasında Gerçekleşen Birbirine Temasın Yolculuk Süresine Etkisi	195
Tablo 7.10 Yaya Hizmet Seviyeleri	198
Tablo 7.11 Etkili Yürüme Alanının Belirlenmesinde Kullanılan Değerler	200
Tablo 7.12 Değişkenlerin YHS'ye etkisi (Huff H. and Liggett R.,2014).....	203
Tablo 7.13 YHS parametrelerine ait koşullar	206
Tablo 7.14 Değişkenlerin Yaya Hizmet Seviyesine Etkisi (Huff H. and Liggett R.,2014)	208
Tablo 7.15 İncelenen yol kesimlerindeki kaza sayıları (2010-2014).....	231
Tablo 7.16 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen kazaların özellikleri (2010-2014)	234
Tablo 7.17 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen ve en az bir yaya içeren kazaların özellikleri (2010-2014).....	235
Tablo 7.18 Herbir saha için toplam kaza sayısı ve yaya karışan kaza sayısı (2010-2014)	235
Tablo 7.19 Her bir istasyon noktası için çarpma türüne göre kaza sayısı.....	236
Tablo 7.20 Her bir istasyon noktasında kazaya karışan araç sayısına göre kaza sayısı	236
Tablo 7.21 Her bir istasyon noktasında gözlenen çarpışmada yaralı&ölü yaya ve sürücü sayısı	237
Tablo 7.22 Yol kenarında yaya varlığına göre taşıt hızları tanımlayıcı istatistikleri (km/saat)	239
Tablo 7.23 Hesaplanan optimum akım, yoğunluk ve hız değerleri	241
Tablo 7.24 Elde edilen sonuçların özeti	262
Tablo 8.1 Gelişmiş sayılan ülkelerde yolların yaya ulaşımına uygunluk derecesini ölçebilmek amacıyla kullanılan “Sokak Denetim Araçları (Street Audit Tools)”	279

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Faz düzenlemesinden önce ve sonra prototip yol kullanıcılarının izleri	14
Şekil 2.2 Lazerli tarama sonuçlarının yürüme modeli ile değerlendirilmesi.....	14
Şekil 2.3 Ölçüm sistemi ve deney yapılan alan	15
Şekil 2.4 Görüntü işleme çalışmasından görünüm	15
Şekil 2.5 Ling vd. yaptığı çalışma	17
Şekil 2.6 Takip edilen tüm yayaların izleri.....	17
Şekil 2.7 (a) Yürüme modeli; (b) adım uzunluğu, adım periyodu ve hız değişimi	18
Şekil 3.1 İzmir ili ve çevresini birbirine bağlayan karayolu ağı.....	20
Şekil 3.2 Sorunlu ve kontrol yol kesimlerinin sahip olabileceği şematik enkesit tipleri ..	22
Şekil 3.3 Ölçüm Noktalarının Genel Görünümü	24
Şekil 3.4 Kıbrıs Caddesi yaya yolu bulunmayan kesim	26
Şekil 3.5 Uğur Mumcu Caddesi yeterli kesit genişliğine sahip olmayan kesim.....	27
Şekil 3.6 Uğur Mumcu Caddesi yaya yolu işgalinin görüldüğü kesim	28
Şekil 3.7 Kıbrıs Caddesi yaya yolu işgalinin görüldüğü kesim.....	29
Şekil 3.8 Hukuk Fakültesi (Kontrol kesimi)	30
Şekil 4.1 LMS 511 genel görünümü ve tarama aralığı	31
Şekil 4.2 Sehpa Monte Edilmiş Cihazın Ölçüm Düzeneği	32
Şekil 4.3 Bağlantı Ekipmanları	33
Şekil 4.4 LD-MRS genel görünümü ve tarama aralığı	34
Şekil 4.5 Sehpa Monte Edilmiş LD-MRS Ölçüm Düzeneği	35
Şekil 4.6 LD-MRS ölçüm düzeneğinin yandan ve üstten görünümü	35
Şekil 4.7 Bölüm koridorunda yapılan ön çalışma.....	36
Şekil 4.8 Excel programında ölçümlerin geçerli olduğunun doğrulanması.....	37
Şekil 4.9 Lazerli cihazların montaj açısı ayarı.....	39
Şekil 5.1 SOPAS'ta cihaz bağlantısını yapma.....	43
Şekil 5.2 Ana ekran ve cihaz çalıştırılmasında girilen IP adresi	43
Şekil 5.3 Terminal komutuna giriş yolları	44
Şekil 5.4 Terminalde cihazın veri akışını başlatmadan önceki ilk adım	44
Şekil 5.5 Terminalde bağlantı türünün seçimi	45
Şekil 5.6 Port numarası ve IP numarasının girilmesi	46
Şekil 5.7 Veri akışında formatın belirlenmesi	46

Şekil 5.8 Veri akışını sağlamak için not defterinde hazırlanan kodlar ve bu kodların Terminalde gönderilmesi	47
Şekil 5.9 Ölçüm sırasında görünümü	48
Şekil 5.10 Cihazdan alınan verilerin videosundan görünüm	51
Şekil 5.11 Wireshark arayüz programında veri akışını başlatma.....	52
Şekil 5.12 Wireshark programında veri akışı	53
Şekil 5.13 LD-MRS arayüz programında görüntüleme.....	53
Şekil 6.1 LMS 511 cihazından alınan ham veri setinin görüntüsü	72
Şekil 6.2 LMS 511'e ait açısal mesafe okuması	72
Şekil 6.3 200 numaralı ışının histogram değerlerinin dağılımı.....	73
Şekil 6.4 Ele alınan yol kesiti	74
Şekil 6.5 Histogram dağılımında incelenen A bölgesi ve bu bölgenin büyütülerek gösterilmesi	75
Şekil 6.6 Teknik belgelerde belirtilen ölçüm hataları	76
Şekil 6.7 Hareketli ve sabit noktaların gösterimi.....	77
Şekil 6.8 Aynı merkeze sahip lazerler	79
Şekil 6.9 Farklı cihazlara ait veri setlerinin bütünleştirilmesi	79
Şekil 6.10 Lazer tarayıcıların konumları	80
Şekil 6.11 Bütünleştirilmiş veri setinde hareketli ve sabit noktaların gösterimi	82
Şekil 6.12 Kalibrasyon öncesi	83
Şekil 6.13 Kalibrasyon sonrası	84
Şekil 6.14 Simulink programının ara yüzü	86
Şekil 6.15 Simulink bloklarının eklenmesi.....	87
Şekil 6.16 Simulinkte videonun eklenmesi.....	88
Şekil 6.17 Optical flow ve mean bloklarının eklenmesi.....	89
Şekil 6.18 Simulinkte optical flow akış şeması	90
Şekil 6.19 Optik akış yönteminin çıktısı	91
Şekil 6.20 Üç boyutlu girdi ve çıktısı matrisleri şeması:.....	93
Şekil 6.21 K-means kümeleme yöntemi	94
Şekil 6.22 Sıradüzensel kümelemede oluşturulan 'dendrogram' çizelgesinin basit bir örneği.....	94
Şekil 6.23 a) İncelenen noktaların plan görünüşüne bir örnek b) Dendrogram'a ait karmaşık bir örnek	95
Şekil 6.24 Takip algoritması genel akış şeması	97

Şekil 6.25 Birleşmiş iki yaya	98
Şekil 6.26 Parçalı görünen iki taşıt	98
Şekil 6.27 Birleşmiş taşıt ve yaya	98
Şekil 6.28 Tümleyeni alınmış resim	100
Şekil 6.29 Gri Ölçekli Resim	100
Şekil 6.30 Siyah-beyaz resim.....	100
Şekil 6.31 Blob çevresi hesaplanması	101
Şekil 6.32 Eşleştirme örneği	102
Şekil 6.33 Kalman filtresinde tahmin ve düzeltme prensibi.....	103
Şekil 6.34 Ölçüm değerlerinin tahmin değerlerine olan uzaklıklarının hesaplanması .	104
Şekil 6.35 Hungarian algoritması ilişkilendirme sonucu	105
Şekil 6.36 Uzaklık sınır değeri ile e3-r3 ilişkilendirilmesinin yok sayılması	105
Şekil 6.37 Eşik değeri “10” için bir taşıtın yanlış iz görüntüsü	106
Şekil 6.38 Eşik değeri “30” için bir taşıtın hatalı ilişkilendirilmesi	106
Şekil 6.39 Takip sonucu elde edilen “.xls” dosyası	108
Şekil 6.40 Resim karesi için numaralandırılmış blob görüntüsü	109
Şekil 6.41 Gözlem sonucunda elde edilen blob sınıflandırması kayıtları	109
Şekil 6.42 1. resim karesi (frame) iz görünümü	112
Şekil 6.43 6. resim karesi (frame) iz görünümü	113
Şekil 6.44 11. resim karesi (frame) iz görünümü	114
Şekil 6.45 16. resim karesi (frame) iz görünümü	115
Şekil 6.46 Yaya izlerinin Saha Planı Üzerinde Gösterimi	116
Şekil 6.47 Görsel verilerinin iz verilerine eklenme	121
Şekil 7.1 Kıbrıs Caddesi-2 Kaldırımsız Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesel Dağılımı	123
Şekil 7.2 Uğur Mumcu Caddesi Yeterli Kesit Genişliği Olmayan Kaldırımında Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesel Dağılımı	124
Şekil 7.3 Uğur Mumcu Caddesi Plan Dışı İşgallerin Olduğu Geniş Kaldırımında Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesel Dağılımı	125
Şekil 7.4 Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Yolda Yürüyen Yayaların Yüzdesel Dağılımı	126
Şekil 7.5 Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Kaldırımında Yürüyen Yayaların Yüzdesel Dağılımı.....	127
Şekil 7.6 Hukuk Fakültesinde Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesel Dağılımı	128

Şekil 7.7 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	129
Şekil 7.8 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	130
Şekil 7.9 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	130
Şekil 7.10 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	131
Şekil 7.11 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	132
Şekil 7.12 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	133
Şekil 7.13 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	134
Şekil 7.14 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	135
Şekil 7.15 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	135
Şekil 7.16 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	136
Şekil 7.17 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler.....	137
Şekil 7.18 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	138
Şekil 7.19 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	139
Şekil 7.20 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	139
Şekil 7.21 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	140
Şekil 7.22 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	141
Şekil 7.23 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	141
Şekil 7.24 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	142
Şekil 7.25 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	143

Şekil 7.26 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	143
Şekil 7.27 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	144
Şekil 7.28 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	145
Şekil 7.29 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	145
Şekil 7.30 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	146
Şekil 7.31 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	147
Şekil 7.32 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	147
Şekil 7.33 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	148
Şekil 7.34 Hukuk fakültesi gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	149
Şekil 7.35 Hukuk fakültesi gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	149
Şekil 7.36 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	150
Şekil 7.37 Tüm gözlem noktalarına ait erkek yayaların hız grafikleri	151
Şekil 7.38 Tüm gözlem noktalarına ait kadın yayaların hız grafikleri	152
Şekil 7.39 Tüm gözlem noktalarına ait erkek ve kadın yayaların hızları	153
Şekil 7.40 Tüm gözlem noktalarına ait 15-25 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri .	155
Şekil 7.41 Tüm gözlem noktalarına ait 25-40 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri .	156
Şekil 7.42 Tüm gözlem noktalarına ait 40-65 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri .	157
Şekil 7.43 Tüm gözlem noktalarına ait 65-100 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri	158
Şekil 7.44 Tüm gözlem noktalarına ait farklı yaş gruplarındaki yayaların hız grafiği ...	158
Şekil 7.45 Tüm gözlem noktalarına ait zayıf yayaların hız grafikleri.....	160
Şekil 7.46 Tüm gözlem noktalarına ait normal kilolu yayaların hız grafikleri	161
Şekil 7.47 Tüm gözlem noktalarına ait kilolu yayaların hız grafikleri	162
Şekil 7.48 Tüm gözlem noktalarına ait farklı kilolardaki yayaların hız grafiği	162
Şekil 7.49 Tüm gözlem noktalarına ait yüksüz yayaların hız grafikleri	164
Şekil 7.50 Tüm gözlem noktalarına ait hafif yüklü yayaların hız grafikleri.....	165

Şekil 7.51 Tüm gözlem noktalarına ait orta yüklü yayaların hız grafikleri	166
Şekil 7.52 Tüm gözlem noktalarına ait ağır yüklü yayaların hız grafikleri	167
Şekil 7.53 Tüm gözlem noktalarına yük durumuna göre yayaların hız grafiği	168
Şekil 7.54 Tüm gözlem noktalarına ait tek yürüyen yayaların hız grafikleri.....	169
Şekil 7.55 Tüm gözlem noktalarına ait iki kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri	170
Şekil 7.56 Tüm gözlem noktalarına ait üç kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri	171
Şekil 7.57 Tüm gözlem noktalarına ait dört kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri.....	172
Şekil 7.58 Tüm gözlem noktalarına gruptaki kişi sayısına göre yayaların hız grafiği ..	173
Şekil 7.59 Mevsimsel değişikliklerin cinsiyete göre yaya hızları üzerindeki etkisi.....	175
Şekil 7.60 Mevsimsel değişikliklerin yaş durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	176
Şekil 7.61 Mevsimsel değişikliklerin kilo durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	177
Şekil 7.62 Mevsimsel değişikliklerin yük durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	178
Şekil 7.63 Mevsimsel değişikliklerin grup durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	179
Şekil 7.64 Dokuzçeşmeler'den Üçkuyular yönüne giden yayanın hız gösterimi(Kıbrıs Caddesi-1)	180
Şekil 7.65 Üçkuyular'dan Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın hız gösterimi(Kıbrıs Caddesi-1)	181
Şekil 7.66 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Hukuk Fakültesi).....	182
Şekil 7.67 Hukuk Fakültesi'ne ait ekran görüntüsü	182
Şekil 7.68 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Kıbrıs Caddesi-1).....	183
Şekil 7.69 Kıbrıs Caddesi-1'e ait görüntü karesi.....	183
Şekil 7.70 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım Kesiti).....	184
Şekil 7.71 Uğur Mumcu Caddesi'ne ait görüntü karesi(Dar Kaldırım)	184
Şekil 7.72 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi İşgallerden Dolayı Daralan Bölge)	185
Şekil 7.73 Uğur Mumcu Caddesi'ne ait görüntü karesi(İşgallerden Dolayı Daralan Kesim)	185
Şekil 7.74 Kaldırımdan mecburi iniş ve çıkışlar(Uğur Mumcu Caddesi)	186
Şekil 7.75 Analizlerde dikkate alınan basamakların gösterimi (Kıbrıs Caddesi-1)	187
Şekil 7.76 Yaya yolu sorunları nedeniyle yayaların maruz kaldığı yol ve zaman kayıpları	190

Şekil 7.77 Yolculuk süresinde değişime neden olan bölgelerin noktasal gösterimi.....	192
Şekil 7.78 Yaya Vücut Elipsi (HCM 2010)	196
Şekil 7.79 Yaya hizmet seviyesi belirlenme adımları	198
Şekil 7.80 Etkili Yürüme Alanı Gösterimi(HCM 2010)	202
Şekil 7.81 İncelenen etkileşim ilişkileri	214
Şekil 7.82 Kaldırım olmayan kesimde yaya taşıt etkileşimi.....	215
Şekil 7.83 Yüksek kaldırımın olduğu kesimde yayaların tercihi.....	216
Şekil 7.84 Dar kaldırımda yayaların yürüme tercihinin gösterimi	217
Şekil 7.85 Yetersiz kesit genişliğinde grup halinde yürüyen yayaların yürüme tercihi .	217
Şekil 7.86 Karşı yönden yayalarla karşılaşan yayanın davranışı.....	218
Şekil 7.87 İncelenen çatışma durumlarının şematik sınıflandırması	218
Şekil 7.88 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde tedrici yaklaşma durumu.....	221
Şekil 7.89 Çatışma noktalarının şematik gösterimi	222
Şekil 7.90 Lazer tarama ile algılanan ve gerçek genişliğin farkı	223
Şekil 7.91 Yaya ve taşıt doğrultuları için esas alınan kesitlerin konumu.....	224
Şekil 7.92 Yaya ve taşıtların ortalama doğrultuları	225
Şekil 7.93 Yaya ve taşıtların bina duvarına olan yanıl mesafeleri.....	226
Şekil 7.94 Gözlemlenen yaya izleri.....	226
Şekil 7.95 Gözlemlenen taşıt izleri.....	227
Şekil 7.96 Gözlemlenen yaya ve taşıt izlerinin bir arada görünümü	227
Şekil 7.97 Gözlemlenen taşıt izleri ile yolda yaya varlığı ilişkisi.....	228
Şekil 7.98 Gözlemlenen yaya-taşıtların çatışması ile yaya yanıl mesafe ilişkisi	229
Şekil 7.99 Gözlemlenen yaya-taşıtların çatışması ile yaya hızı ilişkisi.....	229
Şekil 7.100 Gözlemlenen yaya-taşıtların çatışması ile taşıtların hızı ilişkisi.....	229
Şekil 7.101 Gözlemlenen yaya-taşıtların izleri ile çatışma ilişkisi.....	230
Şekil 7.102 Elde edilen kaza verisi genel görünüşü.....	230
Şekil 7.103 Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi ve incelenen sahalarn konumları	231
Şekil 7.104 İncelenen caddeler üzerindeki kazaların coğrafi dağılımı (2010-2014)	232
Şekil 7.105 Kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi çevresindeki (Erdem Caddesi üzerinde) kazaların konumu (2010-2014).....	233
Şekil 7.106 Uğur Mumcu Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu (2010-2014)	233

Şekil 7.107 Kıbrıs Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu (2010-2014)	234
Şekil 7.108 İncelenen sahalarda çevresinde görülen ve yayaların etkilendiği kazaların konumu (2010-2014)	235
Şekil 7.109 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen tüm taşıtların hız dağılımı (km/saat).....	239
Şekil 7.110 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen otomobillerin hız dağılımı (km/saat)	240
Şekil 7.111 İncelenen yol kesimine ait trafik temel bağıntıları ve yapılan hesaplamaların özeti	241
Şekil 7.112 VISSIM 7.00 kullanıcı arayüzü	246
Şekil 7.113 VISSIM 7.00'daki VISWALK modülü araçları	246
Şekil 7.114 VISSIM ana modülü araçları	247
Şekil 7.115 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki etüt sahası (sorunlu yol kesimine örnek).....	249
Şekil 7.116 Benzetimde kullanılan yaya özellikleri ve hız dağılımı	250
Şekil 7.117 Erkek yürüme hızı dağılımı	250
Şekil 7.118 Kadın yürüme hızı dağılımı.....	251
Şekil 7.119 Genel kilo durumu dağılımı.....	251
Şekil 7.120 Yaya trafiği üretiminde erkek ve kadın oranı.....	252
Şekil 7.121 40 cm genişliğindeki bir geçitte yayaların davranışı.....	252
Şekil 7.122 Geçit genişliği 50 cm'ye çıkarıldığında tüm yayaların geçebilmesi durumu	253
Şekil 7.123 Taşıt yolu genişliği sınırlarının belirlenmesi	253
Şekil 7.124 Sahanın genel görünümü ve gözlenen yaya hareketlerine bir örnek	254
Şekil 7.125 Gözlenen yaya hareketlerine bir örnek (büyütülmüş).....	254
Şekil 7.126 Sahanın plan görünümü.....	255
Şekil 7.127 Sahanın perspektif görünümü	256
Şekil 7.128 Sahanın perspektif görünümü	256
Şekil 7.129 Sahanın perspektif görünümü.....	257
Şekil 7.130 Sahanın perspektif görünümü (mevcut durum)	257
Şekil 7.131 Sahanın perspektif görünümü (mevcut durum)	258
Şekil 7.132 Sahanın perspektif görünümü (düzenleme sonrası durum)	258
Şekil 7.133 Sahanın perspektif görünümü (düzenleme sonrası durum).....	259
Şekil 7.134 Benzetim ayarları	260
Şekil 7.135 Benzetim sonuç raporu tercihleri.....	260

Şekil 7.136 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafeler	261
Şekil 7.137 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yaşadığı ortalama gecikmeler	261
Şekil 7.138 Yayaların benzetim ortamı içerisinde ortalama yürüme hızları.....	261
Şekil 8.1 Kaldırım kullanım analizi için Hukuk Fakültesi kesiminde saha çalışmasından alınan kesit konumları	264
Şekil 8.2 Hukuk Fakültesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	265
Şekil 8.3 Hukuk Fakültesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	265
Şekil 8.4 Hukuk Fakültesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	266
Şekil 8.5 Hukuk Fakültesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	266
Şekil 8.6 TS12576'ya göre kaldırım kesiti.....	267
Şekil 8.7 Kaldırım kullanım analizi için Uğur Mumcu Caddesi'ndeki saha çalışmasından alınan kesit konumları	268
Şekil 8.8 Uğur Mumcu Caddesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	268
Şekil 8.9 Uğur Mumcu Caddesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	269
Şekil 8.10 Uğur Mumcu Caddesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	269
Şekil 8.11 Uğur Mumcu Caddesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	270
Şekil 8.12 Uğur Mumcu Caddesi 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	270
Şekil 8.13 Kaldırım kullanım analizi için Kıbrıs Caddesi-1 kesimindeki saha çalışmasından alınan kesit konumları	271
Şekil 8.14 Kıbrıs Caddesi-1 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	272
Şekil 8.15 Kıbrıs Caddesi-1 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	272
Şekil 8.16 Kıbrıs Caddesi-1 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	273
Şekil 8.17 Kıbrıs Caddesi-1 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	273
Şekil 8.18 Kıbrıs Caddesi-1 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	274
Şekil 8.19 Kıbrıs Caddesi-1 6. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	274
Şekil 8.20 Yaya güvenliği teminine yönelik tip otopark önerisi	276

ÖZET

Şehir yaşamının odak noktası olan sokaklar ve yaya alanları bir şehrin karakterini tanımlayan ve şehirde yaşayan insanların altyapı, sosyo-kültürel, ticari vb. pek çok gereksinimleri temelinde erişimi sağlayan vazgeçilmez mekânlardır. Bu mekânlar içerisinde yayaların rahat, güvenli ve sağlıklı dolaşımını sağlamak, erişilebilir kentsel mekânlar düzenlemekte her zaman vazgeçilmez bir öneme sahip olmuştur. Büyüyen ve gelişen şehirlerde özellikle motorlu taşıt sayısının artması cadde ve sokaklardaki taşıt izinin yaya kaldırımları aleyhine genişletilmesine yol açmıştır. Yaya trafiği talebini karşılayacak kesit genişliğine sahip olmayan yaya kaldırımları ile birlikte plan dışı ve kuralsız işgallerden kaynaklanan daralmalar kaldırımların gerekli hizmeti verememesine neden olmuştur. Bu durum yayaların rahat hareket etmelerine olanak vermediği için motorlu taşıtlar için ayrılan yollara inmelerine dolayısı ile yaya-taşıt çatışmalarına yol açarak hem motorlu taşıtların hemde yayalar için kritik kesitler oluşturmuştur.

Proje kapsamında yukarıda adı geçen sorunların görüldüğü yol kesimlerindeki daralmaların/işgallerin yaya-taşıt etkileşimi üzerindeki etkileri, düzlemde mesafe verisi toplayabilen lazerli tarayıcılar yardımıyla iki boyutlu bir koordinat sistemine aktararak incelenmiştir. Tasarlanmış bir bilgisayar algoritması yardımıyla yaya ve taşıtların izleri oluşturulmuş anlık hızları ve birbirinden uzaklıkları belirlenerek yaya taşıt etkileşimleri arasındaki ilişkiler mikroskobik ölçekte incelenmeye çalışılmıştır.

Proje 9 farklı bölümden oluşmuştur. Giriş bölümünden sonra yaya akım özellikleri, modellemeleri, yaya taşıt çatışması ve ele alınması gereken parametreleri içeren ayrıntılı literatür araştırması yapılmıştır.

3. ve 4. Bölümlerde sırasıyla adı geçen analizlerin yapılacağı ve farklı özelliklere sahip etüt sahaları ile ilgili bilgiler sunulurken bu istasyon noktalarında kullanılan lazerli tarayıcılar ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Veri toplama ve işleme bilgilerinin sunulduğu 5. ve 6. Bölüm projenin en önemli bölümlerini oluşturmuştur. Bu bölümlerde yaya hareketlerinin tasarlanan hassas algoritma ile tam olarak tespit edilmesine yönelik araştırmalar ele alınmıştır.

7. Bölümde yaya sorunlarının görüldüğü her bir istasyon noktasında yaya izlerinin oluşturulması sonucu ile elde edilen yaya hızları farklı yaya karakteristikleri temelinde incelenmiştir. Bu bölgelerde yaya yolu tasarım kaynaklı gecikmeler üzerinde durularak yaya hizmet seviyeleri belirlenmiştir. Bununla birlikte yaya taşıt etkileşimleri mikroskobik ölçekte ele alınarak her bir gözlem bölgesinden farklı parametreler elde edilmeye çalışılmıştır. Yola

paralel hareket eden yaya akımından kaynaklanan yeni bir sürtünme parametresi ortaya çıkartılmaya çalışılmış, farklı gözlem bölgelerinde yaya karakteristiklerinin incelenmesinden yola çıkılarak mekansal etkiler değerlendirilmiştir.

8. ve 9. Bölümlerde proje çıktıları yol, kaldırım trafik ve otopark düzenleme önerileri temelinde ele alınarak yayaların kullanımındaki fiziksel çevrenin kalitesini değerlendirebilmek amacı ile kalite indeksi yaklaşımlarına yer verilerek genel değerlendirmelerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

The streets and pedestrian areas which constitute the focal point of urban life define the character of a city life. Streets and pedestrians areas are also indispensable places providing people who live in city access on the basis of so many requirements such as infrastructure, socio-cultural, commercial, etc.. Providing safely and easy movement of pedestrians has always gained an essential importance of editing accessible urban spatial. Especially the raise in the number of vehicles in growing and developing cities has led to expand the trajectories of vehicles on streets against pedestrian sidewalks. Pedestrian sidewalks having less sectional width together with the occupation resulting from unplanned and irregular narrowing of sidewalks failed to give required level of service. This situation inevitably constrains the pedestrians movement which causes conflictions with vehicles. This eventually creates critical sections for both pedestrians and vehicles.

Within the scope of the project, the narrowing and occupation on the pedestrian–vehicle interaction has been evaluated by means of laser scanners that are capable of collecting distance data on plane which are transferred to two dimensional coordinate system. The trajectories of pedestrians and vehicles has been determined using a special computer algorithm and instant speeds and relative distances and pedestrian-vehicle interactions obtained by examining the relationships on a microscopic scale.

The project consisted of 9 different sections. Following the introduction section, a detailed literature search contain pedestrian flow characteristics, modelling, pedestrian and vehicle conflict and parameters that need to be addressed have been made.

In the third and fourth sections, present the analysis and information regarding the investigated sections respectively together with the detailed utilizations of the laser scanner .

The fifth and sixth chapter constitute information regarding data collection and processing. In this section, the researches relating to identifying the pedestrian movements using precision designed algorithm have been discussed.

In the seventh chapter, the stations with sidewalk problems, the pedestrian speeds that results from the creation of the pedestrian trajectories have been investigated on the basis of different characteristics of the pedestrian. In these areas, the emphasis has been given to pedestrian sidewalk design-induced delays the pedestrian levels of services have been defined. Different parameters have been tried to be gained through pedestrian-vehicle interaction on microscopic scale . A novel friction parameter has been determined based on

the pedestrian flow moving parallel to the road. Spatial effects have also been evaluated based on evaluation of pedestrian characteristics in different observation.

In the eighth and ninth chapters, the project outputs have been analyzed on the basis of recommendations regarding traffic, road as well as parking, presenting quality index approaches aiming to evaluate the effect of physical environment on the assessments of pedestrians.

1. GİRİŞ

Günümüzde kentsel mekânlardaki yol güvenliği, motorlu taşıtların fazlalığından ve yol geometrisi gibi nedenlerden dolayı büyük bir problemlerdir. Ülkemizde de, özellikle kentiçi ulaşımında yayalara ayrılmış olan alanlar, ya çevrede bulunan işyerleri tarafından, ya da araçlar tarafından işgal edilmekte; ayrıca bazı kesimlerde yaya kaldırımı olarak tanımlanan fakat yayaların kullanmasının mümkün olmadığı kaldırımlar oluşturulmaktadır.

Yaya trafiği gibi, insanların kent mekânları içerisinde hareketliliği de bir trafik oluşturmaktadır. Yaya erişilebilir kentsel mekânlar bağlamında, kent yaşamı içerisinde önemli bir yere sahip olmaktadır. Kent mekânları içerisinde yayaların rahat, güvenli ve sağlıklı dolaşımını sağlamak, erişilebilir kentsel mekânlar düzenlemede her zaman vazgeçilmez öncelikte bir öneme sahiptir. İnsan toplulukları, kendi iç dinamiklerini yaratarak beraber yaşadıkları çevrede kentin yapısal gelişimi, değişimi ve yayılma stratejileri bakımından, yaşadıkları kentsel mekânları tasarlayan disiplinleri yönlendirici etkenlere sahip olup bağlı buldukları sosyal çevredeki hareket alışkanlıklarına göre yaya mekânlarını şekillendirici etkilere sahip olmaktadır.

Kent içi yollarda taşıt trafiği için yapılan düzenlemeler taşıtlar için devamlı kesintisiz bir ulaşım sağlama amacındadır. Fakat bu tür düzenlemeler, kendi içinde ne kadar tutarlı görünürse görünsün, kentsel ulaşım bütünü içerisinde yaya trafiğinin de olduğunu, bu trafiğin mümkün olduğu kadar kesintisiz bir ulaşım ihtiyacı olduğunu genelde göz ardı etmektedir. Yaya ulaşımında amaç; öncelikle bir ulaşım türü olarak yaya yolculuklarına mekan açmak ve aynı zamanda trafik karmaşasından, araç işgalinden arındırılmış, toplumsal ve kültürel yaşamı zenginleştiren mekanlar oluşturmak olmalıdır. Çünkü gelişen kent yaşamı ile birlikte yayaların bilinçlenmesi sonucunda, yaya mekânları ve ulaşım aksları, ekonomik olduğu kadar toplumsal bir etkinlik olmaktadır.

Kentlerimizde yaya ulaşımı pek çok engelle karşılaşmakta ve yaya hareketleri motorlu taşıtların baskısı sebebiyle gelişmemektedir. Yayaların kullanımı için ayrılmış olması gereken kaldırımlar, otomobillerin park yeri olarak kullanılmakta; altyapı ve tesisat elemanları, büfeler, seyyar satıcılar ve yol boyunca yer alan dükkan sahipleri tarafından işgal edilmekte, yaya hareketlerinin sürekliliği engellenmektedir.

Kent içi bazı ana ulaşım güzergâhları üzerinde yayalar tarafından sıklıkla kullanılan yaya yolları ile ilgili bazı sorunlar öne çıkmaktadır. Mevcut yaya yolu enkesitinin geçici veya kalıcı çeşitli öğelerle (ağaç, kulübe, direk, satış tezgahı, vb.) işgal edilerek daraltılmış olması,

kaldırım enkesitinin yürüme talebine yetersiz genişlikte olması ve kaldırım bulunmaması şeklinde üç ana kategoride ele alınabilecek bu sorunların ortak sonucu olarak yayalar taşıt platformu üzerinde, taşıtlar ile aralarında hiçbir bariyer bulunmadan yürümek zorunda bırakılmakta, güvenlik risklerine maruz kalmakta, ulaşımda gecikmeler yaşamakta ve konfor hissini kaybederek gerginlik yaşamaktadırlar. Burada konfor kavramı; arzulanan zamanda ulaşma, trafik güvenliği, emniyet algısı, strese girmeme, bireylerarası sosyal iletişim ortamı bulma gibi etkenleri kapsamaktadır. Yaya yolu sorunları nedeniyle yayaların taşıt platformunu kullanması, taşıt trafiğini de olumsuz etkilemektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Literatür araştırmaları “yaya akımının bazı özellikleri ve modelleme çalışmaları”, “yaya davranış ve tercihlerine ait etkenler”, “yaya ve taşıt trafiği arasındaki çatışma ve etkileşimler”, “paralel akımlar arası çatışmalar ve sürtünmeler, otomasyonlu teknikler kullanılarak yayaların algılanması ve izlerinin oluşturulması” başlıkları halinde ele alınmıştır.

2.1 Yaya Akımının Bazı Özellikleri ve Modelleme Çalışmaları

Kentsel mekânlardaki yaya hareketliliğinin değişik yönleri, farklı disiplinlerden birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Konu, yaya akımının özellikleri, yayaların davranış ve tercihleri ile bunların etkenleri, bir ulaşım sistemi olarak yaya yollarının başarımı, yaya hareketlerinin farklı yaklaşımlarla modellenmesi, yaya yolu çevresinin değerlendirilmesi, yaya ve taşıt trafiği arasındaki çatışma ve etkileşimler, yaya verisi toplama yöntemleri, yaya hizmet seviyesi ve yaya hareketlerinin benzetimi (simülasyonu) gibi çeşitli ana başlıklar altında incelenmiştir. Holland ve Hill (2007), yaş ve cinsiyet farkları için niyet, durum ve risk algısı etkilerini içeren planlı davranış teorisi ile yoldan geçişlerdeki kararları test etmişlerdir.

Yayaların birbirleri ile etkileşimi, engeller karşısında manevraları, şerit oluşumu (lane formation), gruplaşma (crowding), alışverişte dürtü (impulse buying), hareketlilik (patterns), yol seçimi (path decisions), mikro-davranış (micro-behavior), uğrak (mağaza) tercihi davranışları (store choice behavior) gibi yaya akımının mikroskobik sayılabilecek birçok özelliği ele alınmıştır. Yaya hareketleri, hüresel özdevinirler/otomatlar (cellular automata), çok-etmenli modeller (multi-agent models), ayrık seçim modelleri (discrete choice models), kural-tabanlı modeller (rule-based models) ve akışkanlar dinamiği gibi doğal olgulardan esinlenilerek oluşturulan modeller olmak üzere farklı modelleme teknikleri ile irdelenmiştir. (Timmermans, 2009)

2.2 Yaya Davranış ve Tercihlerine Ait Etkenler

Bowman ve Vecellio (1994) yaya geçitlerindeki yürüme hızının, yayanın yaşı ve yaya geçidi konumu ile değişkenlik gösterdiğini bulmuşlardır. Hoogendoorn ve Bovy (2004), yayaların seyahat tercihlerini açıklamada strateji, taktik ve ilerleme şeklinde üç aşama tanımlamışlardır. Brewer vd. (2006), 2x2 kesitli bir yolda yaklaşan trafiğin her iki şeridi aynı anda geçiş aralığı sağlamadığı için yayaların güvenlik riskine karşın ‘kayan aralık’ manevrası ile karşıya geçmeyi göze aldıklarını gözlemlemişlerdir.. Kuraldışı karşıya geçişleri inceleyen Zhuang ve Wu (2011), benzetim çalışmalarına bütünleştirilebilecek bulgulara ulaşmışlardır. Yayaların %66’sının yaklaşan taşıtlara bakmadan yola indiği, %32’si karşıya koşarak

geçmeyi tercih ederken %11'inin geri adım attığı, yolu geçme esnasında ise tümünün yaklaşan taşıtlara doğru baktığını ve eşya taşınmasının yayaların dikkatini dağıtan etkenlerin başında geldiğini tespit etmişlerdir. Tom ve Granie (2011), kavşaklarda zamansal olarak erkek yayaların kurallara daha az uyduğunu ve geçiş esnasında erkek yayalar çoğunlukla taşıtlara odaklanırken kadın yayaların diğer yayalara ve çevredeki diğer unsurlara odaklandığını gözlemlemişlerdir. Feng vd. (2010), yaya bekleme alanlarında yer kalmaması, yayalara uzun kırmızı faz süreleri, yayalarla psikolojik etkenler gibi sebeplerle kavşaklarda yayaların öne eğilmek ve yola sarkmak/inmek suretiyle taşıt trafiği üzerinde bir 'sıkıştırma etkisi' uyguladıklarını tespit etmişlerdir.

Yaya hareketlerine tesir eden etkenler arasında çevresel şartlar da incelenmiştir. Avineri vd. (2012), karşıya geçiş hızındaki en önemli etkenleri yaş ve cinsiyet, geçerken başı öne eğmenin en önemli sebebi ise düşme endişesi olarak bulmuşlardır. Bu bulguların yaya geçidinin orta kısmı için geçerli olduğunu saptayan Avineri vd., bu durumu yaya kaldırımı ve taşıt yolu arasındaki kot farkının tabii olarak bir uyarıcı olması sonucuna bağlamışlardır.

Bazı çalışmalarda çevresel etkenler psikolojik ve sosyal etkenler ile birlikte ele alınmıştır. Hatfield ve Murphy (2007), Nasar vd. (2008), ve Stavrinou vd. (2009) tespitleri, yayaların cep telefonu ile konuşma esnasında yol ve çevreye karşı daha az dikkatli bir davranış sergiledikleri yönünde olmuştur. Lange vd. (2011) yayalar ve bisiklet kullanıcılarının ışıklı kavşaklarda kuraldışı geçişlerine etki eden farklı dürtü etkenlerini incelemişler; farklı faz düzeninde art arda birden fazla ışık kontrollü geçişin bulunduğu, karşıdan yayaların geldiğinin görüldüğü ve yayalara ait yeşil fazın kısa olduğu durumlarda kuraldışı geçişlerin bağıl olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Walker vd. (2012) ise cep telefonu kullanımının aksine, kişisel müzik cihazlarının, yayaların yola verdiği dikkatte azalmaya yol açmadığını bulmuşlardır

Yolların yaya ulaşımına uygunluk derecesi farklı yaklaşımlarla incelenmiştir. Bu amaçla dünya kentlerinde (özellikle Amerika Birleşik Devletlerinde) çok sayıda sokak denetim aracı geliştirilmiştir. Örneğin San Francisco Kamu Sağlığı Müdürlüğü mühendisleri (2008), yayaların kullanımındaki fiziksel çevrenin kalitesini değerlendirebilmek ve mevcut engelleri tespit edebilmek için Yaya Çevresi Kalite İndeksi (Pedestrian Environmental Quality Index – PEQI) adını verdikleri bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Kavşakları ve yol kenarlarını trafik güvenliği, trafik akımı, yol tasarımı, arazi kullanımı ve güvenlik algısı kategorileri altında 30 farklı ölçüte göre değerlendirmişlerdir. Toplam 31 sorudan oluşan Yaya Mekanı Veri Taraması (Pedestrian Environment Data Scan – PEDS), toplam 37 sorudan oluşan Sistemik Yaya ve Bisiklet Çevresi Taraması (Systematic Pedestrian and Cycling

Environment Scan – SPACES), toplam 178 sorudan oluşan Irvine Minnesota Envanteri (Irvine Minnesota Inventory – IMI), toplam 15 sorudan oluşan Yürünebilirlik için Uygunluk Değerlendirmesi (Walking Suitability Assessment Form - WSAF), toplam 5 sorudan oluşan Kaldırımların Bakımı Değerlendirmesi (Assess Sidewalk Maintenance – ASM), toplam 18 sorudan oluşan Yürüyüş Yolu Denetim Aracı (Walking Route Audit Tool – WRAT) adlı sokak denetim araçları da benzer içeriktedir. Türkiye kentlerine özgü koşulları göz önüne alan benzeri bir sokak denetim aracı 111K383 Nolu TUBITAK projesi kapsamında da üretilmiş ve yayınlanmıştır (Cubukcu E., Hepgüzel B, Önder Z., Tümer B, 2014). Benzer yaklaşımla bir bölgedeki yol ağının bütünleşme analizini yapmak için şehir plancılar tarafından geliştirilmiş bulunan Mekânsal Dizin (Space Syntax) yöntemi de yürünebilirlik bakımından yaya yolu çevresini değerlendirmede kullanılmaktadır (Baran, Rodriguez, Khattak, 2008)

San Francisco Kamu Sağlığı Müdürlüğü mühendisleri (2008), yayaların kullanımındaki fiziksel çevrenin kalitesini değerlendirebilmek ve mevcut engelleri tespit edebilmek için Yaya Çevresi Kalite İndeksi (Pedestrian Environmental Quality Index –PEQI) adını verdikleri bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Kavşakları ve yol kenarlarını trafik güvenliği, trafik akımı, yol tasarımı, arazi kullanımı ve güvenlik algısı kategorileri altında 30 farklı ölçüte göre değerlendirmişlerdir. Benzer yaklaşımla bir bölgedeki yol ağının bütünleşme analizini yapmak için şehir plancılar tarafından geliştirilmiş bulunan Mekânsal Dizin (Space Syntax) yöntemi de yürünebilirlik bakımından yaya yolu çevresini değerlendirmede kullanılmaktadır.

2.3 Yaya ve Taşıt Trafiği Arasındaki Çatışmalar

2.3.1 Trafik Çatışma Tekniği Kavramı

Ulaşım mekânlarının düzenlenmesinde güvenlik sorunu, hem taşıtlar için, hem de yayalar için ayrı ayrı veya birbiriyle bütünleşik anlamda ele alınması gerekli bir konudur. Kentsel merkezlerdeki yoğunluk artışının kaçınılmaz bir sonucu oluşan yaya-taşıtlar çatışmalarını en az düzeye indirecek ve güvenli, rahat yaya erişmesini sağlayacak alternatif çözüm önerileri araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Trafik bağlamında “çatışma”, Swain (1987) tarafından ifade edilmiş olduğu gibi, “iki veya daha fazla yol kullanıcısının mekânsal ve zamansal olarak birbirlerine hareketleri değişmeden devam etmesi halinde çarpışacakları kadar yaklaşmaları şeklinde gözlenen durum” şeklinde tanımlanabilir. Westra ve Rottengatter (1992) ise çatışmayı, “trafikte karşılaşan kullanıcılardan en az birinin davranışına seyahat hızı veya yönünde bir değişiklik olarak yansıyan ve dışarıdan gözlenebilen durumlar” olarak tanımlamışlardır. Perkins (1968)

trafik çatışmalarını ,”iki veya daha fazla yol kullanıcısı arasındaki etkileşim ve yakın temaslı kazadan korunmak için yol kullanıcılarının kaçınma davranışını azaltan olay” olarak tanımlamıştır.

Araştırmacılar tarafından belirtilmiş çatışma teriminde çeşitli öğeler kullanılmaktadır. Tanımlarda en çok kullanılan öğeler; manevra türü, zaman ve mekan içinde kullanıcıların yakınlıkları, taşıtların hızları ve hızlarındaki değişimler, taşıtların hareket yönü ve bu yönlerdeki değişiklikler ve çeşitli trafik katılımcıları kategorileridir. Bu öğeler genellikle kombinasyon yapılarak kullanılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmaların çoğunda çatışmalar, şiddet derecesine göre sınıflandırılıp çatışmaların şiddet seviyesi, kaçınma eylemlerinin yoğunluğu ya da zaman veya mekan içinde yakınlık olarak yorumlanarak belirlenmiştir (Campbell vd., 1970).

Yakınlık tabanlı trafik çatışması ‘zaman ve mekan içinde bir çarpışma riskinin olacağı durumda iki veya daha fazla yol kullanıcısının birbirine yakınlaştığı gözlenebilir bir durum’ olarak tanımlanmıştır (Hyden vd., 1977). Bu tanımdan anlaşıldığı gibi mesafe yakınlıkları trafik çatışma tekniklerinde önemli bir rol oynamıştır.

Kaçınma hareketi (evasive action) tabanlı trafik çatışması ise ‘iki veya daha fazla yol kullanıcısının içinde bulunduğu bir kullanıcının diğer kullanıcıyı kazadan korunmak için kaçma manevrası yapmaya zorladığı olay’ olarak tanımlanmıştır (Zheng vd., 2014).

Akın vd. (2007) tarafından ifade edilen potansiyel çatışma, tanımlanan çatışma alanında gerçekleşen ve gerçekleşebilecek bütün çatışmaları kapsamaktadır. Bu çatışmalar yaya ile taşıtın yollarının kesişmesi ve her iki modun da çatışma alanı içinde bulunması olarak belirtilmiştir. Sinyalli kavşaklarda sağa ve sola dönüşlerde meydana gelen taşıt-yaya etkileşimleri potansiyel çatışma olarak adlandırılmıştır.

Trafikte çatışmalar bağlamında literatür incelendiğinde, Traffic Conflict(s) Technique (TCT) adı verilen bir ölçüm yönteminin bazı varyasyonlarla çeşitli ülkelerde kullanıldığı görülmektedir. İlk olarak General Motors Research Laboratories (GMR) tarafından kullanılmış olduğu dikkati çeken TCT terimi, kaza potansiyelinin sistematik yolla gözlenmesi ve ölçülmesi için ortaya atılmış bir kavramdır (Perkins ve Harris, 1967). Çatışma ise taşıtlarda kaçınmaya yönelik hareketler meydana gelmesi olarak tanımlanmış; frenleme veya yanal yer değiştirme (şerit değiştirme) manevraları ile ölçülmüştür. GMR yönteminde kural ihlalleri de, bir başka taşıt mevcut olmasa bile, birer çatışma durumu olarak ele alınmıştır. Parker ve Zegeer (1989) yol güvenliği ve işletimini ilgilendiren trafik çatışmaları ve benzeri

durumların gözleendiği ve kayıt altına alındığı sistematik saha çalışmalarını “trafik çatışması etüdü” olarak isimlendirmişler; “trafik çatışması”nı “iki veya daha fazla yol kullanıcısının etkileşimini içeren trafik olayları” şeklinde tanımlarken bu kullanıcıların genellikle motorlu taşıtlar (sürücüler) olarak ele alındığının altını çizmişlerdir.

Grayson vd.nin (1984) derlediği raporda o tarihe kadar kullanılmış olan çeşitli TCT yaklaşımlarının karşılaştırmalı bir değerlendirmesi yapılmıştır. Söz konusu yaklaşımlarda çatışmanın nicelenmesinde üç farklı yöntem kullanıldığı dikkati çekmektedir: (1) çarpışmaya kalan süre, (2) ihlal sonrası süre, ve (3) kaçınma hareketi derecesi.

A.B.D., İngiltere, İsveç gibi farklı ülkelerde farklı türde trafik çatışma tekniği yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar İsveç Trafik Çatışma Tekniği, Birleşmiş Devletler Ulaşım Departmanı Çatışma Tekniği, Karayolu ve Ulaşım Enstitüsü Çatışma Tekniği olarak belirlenmiştir. Çatışma tekniğini uygulayanlar uzman kişilerdir ve 3-5 günlük eğitimden geçtikten sonra gözlemlere başlarlar. Tekniğin uygulaması çoğunlukla trafik yoğunluğunun ve buna bağlı olarak çatışmaların yoğun olduğu kentsel kavşakları kapsar. Gözlemcilerin eğitiminin temeli, gözlem yapılan noktada meydana gelen çatışmaların şiddetini belirlemede etken olan hız ve mesafe tahmini yeteneklerinin geliştirilmesine yöneliktir.

Trafik çatışma tekniği (TCT) trafik çatışmalarını ve güvenlik ve uygulamalarıyla ilgili diğer olayları gözlemleyip kayıt eden sistematik bir yöntemdir. Trafik çatışma tekniğinin farklı yöntemlerle yapıldığı görülmüştür. Yerinde yapılan gözlemler, kaza analizleri, çatışma analizleri ve yol kullanıcılarıyla yapılan birebir görüşmeler gibi metotların birleşimiyle mevcut sorunun en sağlıklı şekilde tespit edilmesi ve çözüm yollarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Trafik çatışma tekniği kazaları önleme stratejisi için önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Trafik çatışma tekniği yol kullanıcıları arasındaki yakınlığı temel alan yakın kaza göstergeleri kullanılarak “yol güvenliği için geçici ölçüm” olarak geliştirilmiştir (Malmö Study). Trafik çatışma tekniği belirlenen yerleşimlerdeki problemleri teşhis etmek için riskler üzerine bilgi sağlar (Cafiso vd.,2011).

Aynı zamanda trafik çatışma tekniğinde gözlem yöntemleri çeşitliliğinin olduğu bu kapsamda belirtilmiş olup sübjektif ve objektif olmak üzere iki çeşit yöntemden bahsedilmiştir.. Daha fazla sübjektif yöntemlerle ‘ani davranış’ ya da ‘kaçınma hareketi’ gibi gözlemciler tarafından ön görülen terimler, tanımın parçası olarak ifade edilmiştir. Objektif yöntemlerde ise ‘time to collision-kazadan kaçınma süresi’ (TTC) ya da Post Encroachment Time (PET) gibi terimler kullanılmıştır. Çatışma durumunun şiddetine göre de bir

sınıflandırma yapıлып ‘ciddi’ ya da ‘az ciddi’ gibi terimler kaza potansiyelindeki farklılığa işaret ederek kullanılmıştır (Malmö Study,1984).

2.3.2 Yayaların Taşıtlarla Çatışma Durumundaki Hareketleri

Birbirine paralel hareket eden yaya ve taşıtlar arasındaki çatışma etkileşimler bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Pakistan’ın Karachi şehrinde yaya-taşıtlar kazaları açısından yüksek risk taşıyan on nokta Khan vd. (1999) tarafından belirlenmiş; buralarda yayaların yoldan karşıya geçerken, taşıtlar yolu kenarında yürürken ve kaldırımda yürürken sergilediği davranışlar video kaydı yardımıyla izlenmiştir. Taşıtların manevra yapmasını sonuç verecek şekilde, yayaların yer yer taşıtlar platformuna inerek yol kenarından yürüdükleri ve bunun ilgili kesimlerde kaldırım genişliğinin ortalama %77’sinin kural dışı şekilde işgal edilmiş olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Aynı kesimlerde cadde genişliğinin ise ortalama %33’ünün kural dışı park edilmiş araçlar tarafından işgal edilmiş olduğu belirtilmiştir.

“İşgal”i “yayaların yolunu -kaldırımda veya platformda- bloke eden herhangi bir cisim ya da engel” olarak tanımlayan Khan vd., farklı kesitlerde yaya yolu ve taşıtlar platformu ile kuralsız işgal halindeki cisimlerin toplam genişliklerini ölçmüşler; işgallerden kaynaklanan daralmalar ile yaya davranışı arasındaki ilişkiyi irdelemişlerdir. Ayrıca, kuralsız karşıya geçiş yapan yaya ile hemen ardından geçen taşıtlar arasındaki süreyi ölçmüş; yaya kaldırımı işgallerinin trafiğe etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır.

Kullanılmakta olan trafik çatışması tekniği (Traffic Conflict Technique -TCT) yaklaşımlarının paylaşımlı yaya ve taşıtlar trafiği noktasındaki eksikliğine dikkat çeken Kaparias vd. (2010), paralel hareket eden yaya ve taşıtlar trafiğini de içeren paylaşımlı bir mekândaki çatışmaları tespit etmeye yönelik bir yöntem önermişlerdir. Swain’in (1987) trafik çatışması tanımına sadık kalınarak geliştirilen yeni yaya-taşıtlar çatışması yaklaşımı aslında IHTCT (Institute of Highways and Transportation Conflicts Technique) taşıtlar-taşıtlar çatışması yaklaşımının bir uyarlamasıdır. Kaparias vd.’nin yönteminde, yolları kesişmek üzere olan taşıtlar ve yayadan her ikisi veya birinin yaptığı manevra veya hamleleri aciliyet ve karmaşıklık bakımından kategorilere ayıran tablolardan yararlanılmıştır. Video kamera yardımıyla kaydedilmiş görüntülerdeki çatışma durumları görsel olarak incelenmiş; söz konusu tablolardaki faktörler kullanılarak derecelendirilmiştir.

Kaparias vd. daha sonra (2012), önceki çalışmalarında da (2010) ele aldıkları paylaşımlı yolu kullanan yaya ve sürücülerin söz konusu caddedeki trafiğe ilişkin algılarını

irdelemişlerdir. Uyguladıkları anketten elde edilen verinin bir regresyon modeli yardımıyla analizini kapsayan çalışmada algı kavramı, yayalar için ‘alanı taşıtlarla paylaşırken hissettikleri konfor’ ve sürücüler için ‘alanı yayalarla paylaşmaya isteklilik’ şeklinde ele alınmıştır. Kaparias vd.nin uyguladığı çevrimiçi anketleri cevaplayan yayaların %55’i “paylaşımlı yol” kavramını ilk kez duyduklarını belirtirken, sürücülerin %71’i bu kavramı duymuş olduklarını ve %44’ü bu tip bir caddenin içinden araçla geçmiş olduklarını belirtmiştir. Anketlerde sunulan farklı senaryolara toplamda yayalar %51 oranında “konforlu” (evet) cevabını verirken, sürücülerin %54’ü yolu yayalar ile paylaşmaya sıcak bakmışlardır.

Şehir merkezlerinde yayaların kavşaklarda dönüş yapan taşıtlarla aynı anda geçiş hakkına sahip olmaları uygulaması pratikte yaygınlıkla kullanılmaktadır. Sinyalli kavşaklarda sağa veya sola dönen taşıtlarla yayalar arasında zaman zaman etkileşimler olmaktadır. Bu etkileşimler yayaların ve taşıtların geçişlerinde gecikmeye sebebiyet verebilmektedir.

Dönüş yapan araçlarla yayalar arasında meydana gelen çatışmaları incelemek için kullanılan çatışma analizi teknikleri ve çatışmalarla kazalar arasındaki ilişkiler araştırmacılar tarafından son 20 yıl içerisinde incelemiştir. Cynecki, Glauz vd. karşılaşılan iki modun arasındaki çatışmanın hesabını iki modun akım değerlerinin çarpımı olarak ileri sürmüşlerdir. Yaptıkları çalışmada bir yaya geçidinde yeşilde geçen yayalarla kesişerek dönen motorlu araç akımlarının değerlerinin çarpımı her iki mod arasındaki çatışmayı vermiştir.

Lord (1996), sinyalize kavşaklarda sola dönen taşıtlar ile karşıdan karşıya geçmekte olan yayalar arasındaki etkileşimi (çatışmayı) trafik çatışma tekniklerini (traffic conflict techniques) kullanarak incelemiştir. Bu çalışmada T ve X olmak üzere iki tür kavşak ele alınmıştır. T kavşakları ve X kavşakları için yayaların ve taşıtların geçtikleri güzergâhların kaydını içeren bir kayıt yöntemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar sonucunda T kavşaklarda X kavşaklarına göre daha fazla trafik çatışmalarının olduğu belirlenmiştir.

AbdulSattar vd. (1996), sağa ve sola dönüş yapan taşıtlarla karşıdan karşıya geçmekte olan yayalar arasındaki çatışmaları incelemiştir. Trafikte dönüşte yayaların üstünlüğünü gösteren işaretlerin taşıt-yaya çatışmalarının düşürdüğünü göstermiştir. İşaretler sola dönüşlerdeki çatışmaları %20-65 sağa dönüşlerdeki çatışmaları ise %15-30 oranında düşürmede etkilidir.

Sisipouku vd. (2007) yaptıkları çalışmada sinyalli kavşaklardaki yaya geçitlerinde, yayalar ve yayalarla kesişerek dönen taşıtlar arasındaki çatışmaları incelemiştir. Yayalar ile taşıtlar arasındaki çatışmalar tanımlanmış ve bu tanımlara göre potansiyel çatışma, yaya ve araç

akım verileri sinyalli yaya geçitlerinde toplanmıştır. Bu verilere bağlı olarak istatistiksel modeller geliştirilmiştir ve bu modeller yoluyla yaya ve araç akım değerlerinin belli olması durumunda, yayalar ile araçlar arasındaki potansiyel çatışmaların tahmin edilmesinde kullanılabildiği belirtilmiştir. Sinyalli kavşaklarda dönüş yapan araçlarla yayalar arasındaki potansiyel çatışmayı modelleyen regresyon modeli geliştirilmiştir..

Akın vd. (2007) yaptıkları çalışmada inceledikleri kavşaklarda oluşacak potansiyel çatışmaları dikkate alarak bir önem sırası oluşturmuşlar, yayalar ile taşıtlar için gerekli önlemlerin alınması yönünde görüşlerini belirtmişler ve birtakım sayısal bilgiler sunmuşlardır. Akın vd. tarafından yapılan bu çalışmada sinyalli kavşaklarda yaya geçitlerinde, yayalar ve yayalarla kesişerek dönen motorlu taşıtlar arasındaki potansiyel çatışmaların tahmin edilebilmesinin istatistiksel modellerle gerçekleştirilebileceği kanıtlanmıştır. Yaya geçitleri gibi kesişme noktaları dönen araçlarla yayalar arasındaki potansiyel çatışmalar açısından sınıflandırılmıştır.

Junhua ve Shouen (2008), yaya geçidinden karşıya geçmekte olan yayaların hızlarının yaklaşmakta olan taşıtların hızları ile doğru orantılı olduğunu ve çoğu sürücünün çatışma noktasına 28 m mesafede manevra yaptığını gözlemlemişlerdir.

Miranda-Moreno vd. (2011) inşa edilmiş çevrenin yaya aktivitelerinin ve yaya-taşıtlar çarpışmalarının üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları trafik hacmindeki %30 değerinde bir azalma, toplam yaralanan yayaların sayısında %30 ve yaya çarpma riskini %50 düşüreceğini göstermiştir.

Yaya taşıtlar çatışması üzerine çeşitli trafik çatışma tekniklerindeki uygulamalar araştırmacıları etkileşime giren her iki yol kullanıcısı arasındaki etkileşimlerde farklı senaryolardaki riskler için yeterli bir değerlendirme yapmaya yönlendirmiştir. Cafiso vd. tarafından yeni bir çatışma göstergesi olarak yaya risk indeksi (Pedestrian Risk Index-PRI) geliştirilmiştir. PRI süre zamanına ve yaya - taşıtlar arasındaki çatışmanın şiddetini temel alır (Cafiso vd.,2011).

PRI hesaplamada kullanılan Kazadan Kaçınma Süresi (Time to Collision), motorlu taşıtlar sürücülerinin olası bir tehlikeyi fark edip bunu önlemeye yönelik hareketi yaptıktan sonra hızlarını ve yönlerini değiştirmeden yollarına devam ettiklerinde muhtemel çarpışmanın oluşmasına kadar geçen süredir (Hayward,1972). Bir başka terim olan yaya geçidine kadarki süre (Time to Zebra-TTZ), yaya geçidine yaklaşan taşıtlar ve yaya geçidini kullanan yayalar arasındaki kritik durumun şiddetini ve oluşma sıklığını tahmin etmek için geliştirilmesi

(Varhelyi,1996) tarafından önerilmiştir. TTZ gözlemciler tarafından belirlenmek zorunda olan çatışmanın başlangıç anında belirlenir. Post Encroachment Time (PET) ilk yol kullanıcısının çatışma alanını terk ettiğinden ikinci yol kullanıcısının bu alana girene kadarki periyot olarak tanımlanmıştır (Allen,1978)

Cafiso vd.(2011) tarafından yapılan çalışmada Yaya Risk Faktörünün aracın da kullandığı geçitten geçen yayalar için oluşabilecek potansiyel çarpışma riskini gösterdiğini belirtmiştir.

Dong (2012), dört güvenlik faktöründen oluşan yeni bir yaya taşıt çatışması yöntemi geliştirmiştir. Bu faktörlerin şiddet seviyesi tüm çatışmalarla ilgili risk seviyesini tanımlamaktadır. Aynı zamanda bu dört faktör kendi içinde bölümlere ayrılmaktadır. Bu çalışmada bulunan gözlemcilerin farklı noktalarda yaptığı gözlemlerde o noktalarda olan çatışmaların şiddetine göre tablo oluşturmuştur. Dong, bu tablolandırma olayında Kaparias'ın çalışmasında kullandığı tablo referans

2.3.3 Trafik Çatışması Analizlerinde Dikkate Alınan Değişkenler

Geçmişte yapılan çalışmalara bakıldığında yaya taşıt çatışmaları ile ilgili daha çok sinyalizasyon kavşaklarında dönüş yapan araçlarla yayalar arasındaki etkileşimlerin ele alındığı görülmüştür. Yaya yolu üzerinde bulunan engellerden dolayı taşıt yoluna inmek zorunda olan yayalarla taşıtlar arasında meydana gelen çatışma durumlarının incelenmesine literatür araştırmalarında karşılaşılmamıştır. Yapılan çalışmalarda yaya taşıt çatışması incelenirken öncelikle gözlem noktalarında çatışma alanı belirlenip bu alanındaki araçların ve yayaların çatışma durumundan önceki hızları ve belirlenmiştir. Yayalar ve taşıtlar için çatışmaya kalan süreler hesaplanıp, her ikisi için çatışma alanına boyuna ve enine mesafeler belirlenip yayaların yaşayabileceği riskler derecelenmiştir. Çatışmaların şiddet seviyesi eğitimli gözlemciler tarafından belirlenip incelenen kavşak veya yaya geçidi gibi yaya taşıt etkileşimlerinin olduğu bölgelerde güvenlik ölçeği oluşturulmuştur. Yaya taşıt çatışma olasılığına göre kavşakların kaza bakımından tehlike sınıfları belirlenebilmektedir.

Tablo 2.1 Trafik çatışma tekniklerinde kullanılan indisler

Indicator	Unit	Description	Computation	Year
TTC	s	Time-to-Collision(12)	$TTC = \frac{D}{\Delta V}$	2007
C_{max}	1/s	Inverse of time-to-collision(6)	$C_{max} = \frac{\Delta V}{D}$	1991
UD	N/A	Unsafe Density(9) (10) (11)	$UD = \frac{\sum_{s=1}^{N_s} \sum_{i=1}^{N_i} (\Delta S \cdot S \cdot R_d) \cdot d}{T \cdot L}$	2003
PICUD	m	Potential Index for Collision with Urgent Deceleration(7)(8)	$PICUD = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2\alpha} + s_0 - V_2 \Delta t$	2002
J-value	N/A	An accumulative safety indicator(13)	$G(i) = \text{Max}[0, \log_2(\frac{1}{2} \frac{v_i}{Y_{max}} \frac{1}{Gap_i})]$ $J(i) = \begin{cases} 0 & \text{if } G(i) = 0 \\ J(i-1) + G(i-1) & \text{if } G(i) > 0 \end{cases}$	2007
CI	m ² /s ²	Criticality Index(15)	$CI = \frac{V^2}{TTC}$	2008
TET	s	Time Exposed time-to-collision(16)	$TET_i^* = \sum_{t=0}^{T_{max}} \delta_i(t) \cdot T_{OC}$ $\delta_i(t) = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq TTC_i(t) \leq TTC^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$	2001
TIT	s ²	Time Integrated time-to-collision(16)	$TIT^* = \sum_{t=0}^{T_{max}} \int_0^{T_{max}} [TTC^* - TTC_i(t)] dt$ $\forall 0 \leq TTC_i(t) \leq TTC^*$	2001
CP	s	Crash potential(17)	$CP_i = \sum_{t=0}^{T_{max}} b \cdot \delta t$ $b = \begin{cases} 1 & \text{if } DRAC > MADR \text{ for each time interval} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$	2008
H	s	Headway of vehicle i and ahead vehicle i-1(19)	$H = t_i - t_{i-1}$	2003
DRAC	m/s ²	Deceleration rate to avoid the crash(20)	$DRAC_{i,t+1} = \frac{(V_{i,t} - V_{i-1,t})^2}{(V_{i-1,t} - V_{i,t}) - L_{i-1,t}}$	2008
PMD	m	Predicted minimum distance(21)	$pd(k+i) = d[x_{svf}(k+i), x_{of}(k+i)]$ $PMD = \min_{i=1, \dots, \text{Max}(int_s)} pd(k+i)$	2004
CI	N/A	Crash Index(18)	$CI = \frac{(V_f + a_f \cdot MTTC)^2 - (V_i + a_i \cdot MTTC)^2}{2} \times \frac{1}{MTTC}$	2008

Kentlerimizdeki yaya ulaşımı pek çok engelle karşılaşmakta olup yaya hareketleri motorlu taşıtların baskısı sebebiyle kısıtlanmaktadır. Yayaların kullanımı için ayrılmış olması gereken kaldırımlar, otomobillerin park yeri olarak kullanılmakta; altyapı ve tesisat elemanları, büfeler, seyyar satıcılar ve yol boyunca yer alan dükkan sahipleri tarafından işgal edilmekte, yaya hareketlerinin sürekliliği engellenmektedir. Bütün bu sorunlar göz önüne alındığına proje kapsamında gözlem yapılan istasyon notalarında yayaların taşıtlarla etkileşime girdikleri durumlar ve bu durumdaki yayaların ve taşıtların yanal mesafeleri belirlenmiştir (Bölüm 7.3.2)

Proje kapsamında yapılacak analizlerde öncelikle,

- tedrici daralan genişlik sonucu çatışma
- birbirine paralel olarak çatışma
- ani daralma veya tıkanma sonucu yola inme anındaki çatışmalar incelenmektedir.

2.4 Otomasyonlu Teknikler Kullanılarak Yayaların Algılanması ve İzlerinin Oluşturulması

Mevcut çalışmada yaya yolu sorunlarının yaya hareketlerine etkisi ve ortaya çıkan yaya- taşıt etkileşiminin mikroskobik ölçekte irdelenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla, trafikteki kullanıcılara ait izlerin otomatik olarak dijital ortama aktarılması olanağı araştırılmıştır. Video kamera kayıtları ve lazerle tarama ile toplanan verilerin bilgisayar algoritmaları yardımıyla işlenmesi sonucu yaya ve taşıt izlerinin oluşturulabildiği görülmüştür.

Mendes vd. (2004), hareketli nesnelerin lazerli tarayıcılar kullanılarak belirlenmesi ve izinin çıkarılması işleminin yapıldığını göstermişlerdir.

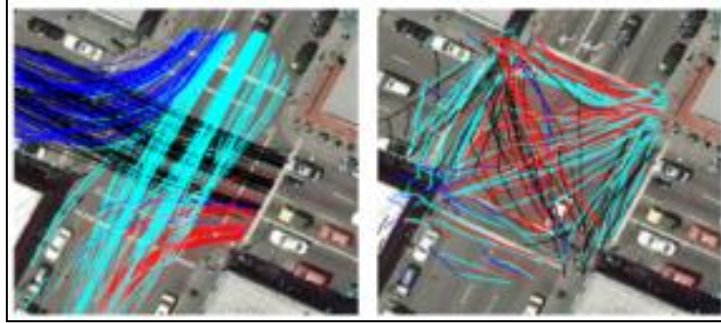
Teknomo vd. (2006), yaya hareketlerini ve değişkenlerini ifade eden verilerin video çekimi ve görüntü işleme programından elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Mikroskobik düzeyde yaya özelliklerinin incelenmesi sağlanmıştır.

Shao vd. (2010), çalışmalarında karışık trafikteki (yayalar, bisikletler ve taşıtlar) verileri elde etmek için video tabanlı algoritmaları önermişlerdir.

Video kamera yardımıyla izleme yapılan çok sayıda çalışmadan en dikkat çekici olanı Ismail vd. (2009 ve 2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Dört kollu bir kentiçi kavşakta uyguladıkları farklı bir faz düzenlemesinin öncesi ve sonrasına ait video kayıtlarını kullanarak yaya ve taşıt izlerini oluşturmuş; yaya ve taşıtlar arası çatışma mesafelerini irdemişlerdir.

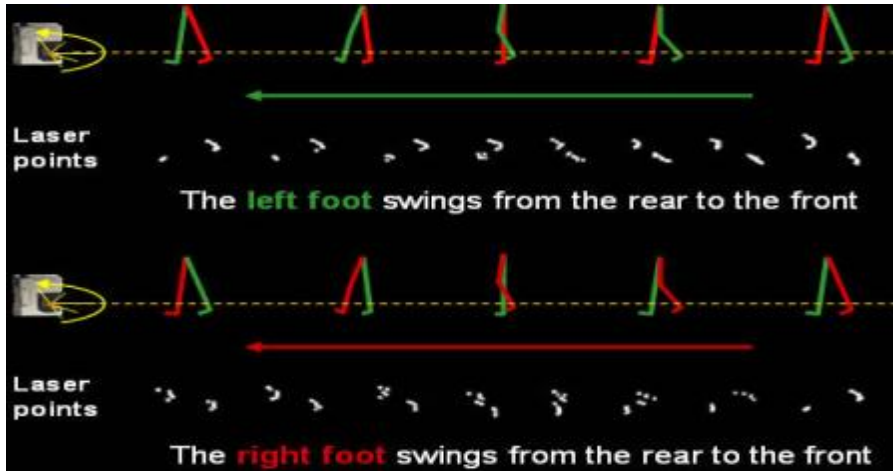
Ismail vd. örneğinde gösterilen görüntülü izleme yöntemi, görsel olarak daha fazla ayrıntıyı kapsıyor olsa da, kalabalık ve daha karmaşık senaryolarda başarılı olamamaktadır (Şekil 2.1). Bundan hareketle araştırmacılar, lazer ışınları ile alan taraması yapabilen cihazlardan yararlanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Lazerli tarayıcılar, tarama düzlemindeki nesnelere algılayarak mesafeleri iki boyutlu bir koordinat sistemine aktarabilmektedir. Yayaları algılama, izlerini oluşturma ve takip etme amacı ile özel programlama algoritmaları tasarlanmıştır. Bu bağlamda yürütülen ilk çalışmalarda, algoritma tasarımının kolay olması açısından tarayıcılar insanların bel hizasına yerleştirilmiştir. Ancak, lazer ile taramada, bir nesne ile karşılaşan ışın geri yansımakta ve nesnenin arkasındaki diğer nesnelere algılayamamaktadır. Dolayısıyla, nispeten daha kalabalık trafik senaryolarında bu 'gölge' durumunun oluşturduğu dezavantajın azaltılabilmesi amacıyla, daha dar bir kesite sahip olan yayaların ayak bilekleri seviyesi tercih edilmiş; buna uygun yeni algoritmalar tasarlanmıştır. Bu sayede eşzamanlı olarak 100'den fazla yayayı görüntüleme olanağı elde edilmiştir. Bazılarında bütünleşik video kameralardan da yararlanan Nakamura vd. (2005), Zhao ve

Shibasaki (2005), Cui vd. (2006), Nakamura vd. (2006), Zhao vd. (2006), Shao vd. (2007), Cui vd. (2007) ve Katabira vd. (2008) tarafından yapılmış çalışmalar bu konudaki gelişmeyi ortaya koymaktadır.

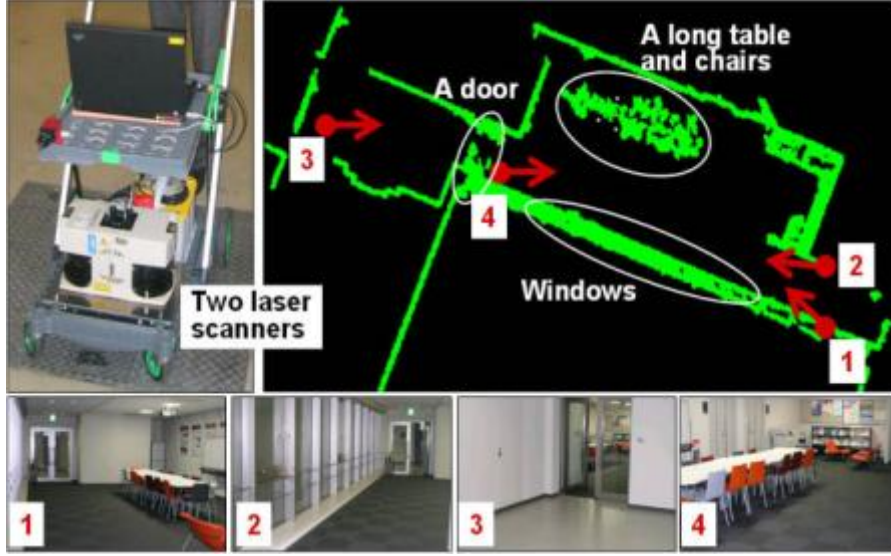


Şekil 2.1 Faz düzenlemesinden önce ve sonra prototip yol kullanıcılarının izleri

Zhao vd. (2007), nüfusu fazla ve geniş çevredeki yaya hareketlerinin izlerini belirlemek ve görüntülemek için LMS 291 marka single-row laser range tarayıcılar kullanmıştır. Lazerli tarayıcılar mobil bir platform üzerinde olup deneyler bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu tarayıcılarla iki farklı yerde deneyler yapılmıştır. İlk olarak laboratuvar ortamında yapılan deneyin amacı, algoritmaları ayrıntılarıyla belirlemek olmuştur. İkinci deney koridorunda yapılmıştır. Ölçüm anında deney koridorunda bulunan yayaların izleri lazerli tarayıcılar tarafından belirlenip işlenmiştir (Şekil 2.2, Şekil 2.3).



Şekil 2.2 Lazerli tarama sonuçlarının yürüme modeli ile değerlendirilmesi



Şekil 2.3 Ölçüm sistemi ve deney yapılan alan

Teknomo vd. (2001), mikroskobik yaya takip sistemi üzerinde çalışmışlardır. Takip sistemi üç alt sistemden oluştuğu belirtilmiştir: görüntü işleme, nesne takibi ve trafik akım değişkenleri. Video dosyalarından image processing işlemi ile yayaların izleri görüntülenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Görüntü işleme çalışmasından görünüm

Fuerstenberg, K.,Ch. ve Dietmayer, K. (2004), bir araca monte edilmiş lazerli tarayıcı ile çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında hızlı nesnelerin belirlenmesini ve eş zamanlı işlenen veriler için yüksek performanslı nesne takip algoritmalarının geliştirilmesini sağlamışlardır.

Zhao ve Shibasaki (2005), yatay düzlemde tarama yapan lazerli tarayıcıların şu avantajları sağladığını belirtmişlerdir: Birincisi; hareketli nesnelere gerçek koordinat sistemine aktarması yönüyle mesafe ölçüm yöntemi olarak değerlendirilebileceği ve bunun video kameralı yöntemlerden çok daha hızlı ve kolay yapılabildiğidir. İkincisi; taranan cisimler yatay

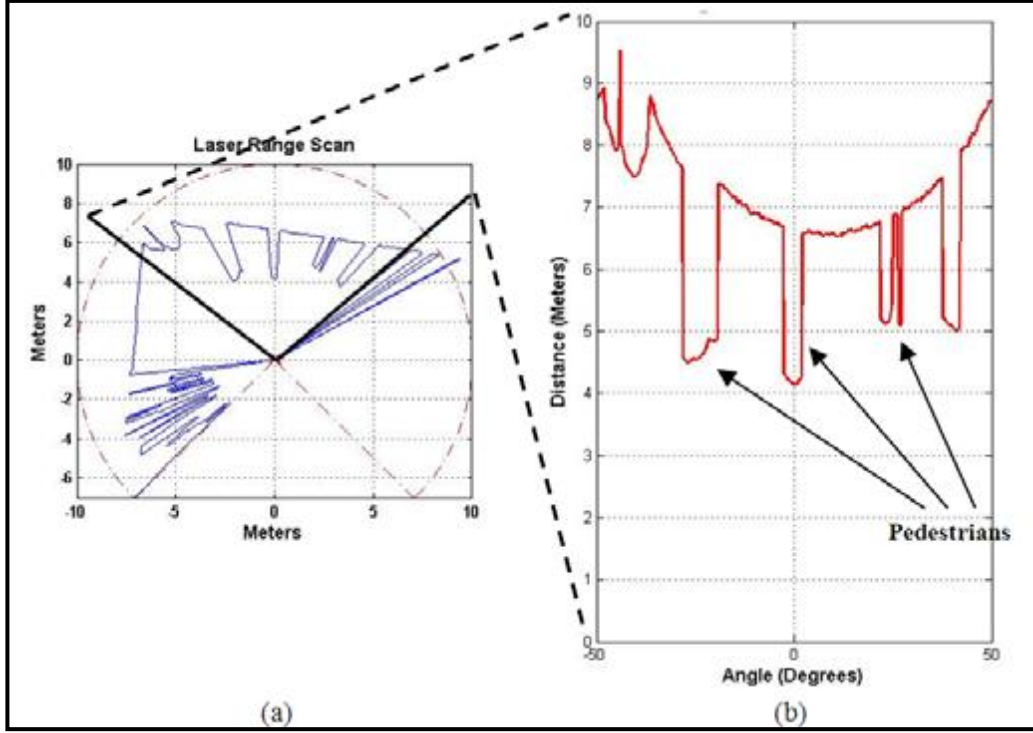
bir düzlemde gerçek koordinat sistemine net olarak işlenebildiğinden, birden fazla lazer tarayıcı bütünleşik olarak kullanılarak gözlem yapılacak alanın genişletilebilmesidir. Üçüncüsü; düşük veri işleme maliyeti ve yüksek hızlı işlemciler sayesinde gerçek zamanda büyük kalabalıkların gözlenebilmesi mümkün olabilecektir. Son olarak; lazerli tarama yöntemi her ne kadar gözlenen yayaların çeşitli fiziksel özellikleri ve görünüşleri hakkında geniş bilgi sağlamasa da, video çekimlerinin sebep olduğu özel hayatın korunumu ile ilgili sorunları ortadan kaldırmış olmaktadır.

Lazerli tarayıcılarla yol kullanıcılarının takibi ile ilgili teknolojilere bir diğer örnek de Ibeo firması tarafından geliştirilmiş bulunan tarayıcı-algılama yazılımı ikilisidir. Bir otomobilin ön tamponu içerisine yerleştirilen lazerli tarayıcı vasıtasıyla gerçek zamanlı algılanan ve sınıflandırılan nesnelere, eş zamanlı video görüntüleri ile doğrulanmaktadır.

Lazerli sensörler, kentiçi yollarda menzilleri dahilindeki tüm yol kullanıcılarına ait trafik akımı ve davranış verisini toplamak üzere tasarlanmış çok fonksiyonlu sensörlerdir. (LoTraffic'in tanımlaması, 2004)

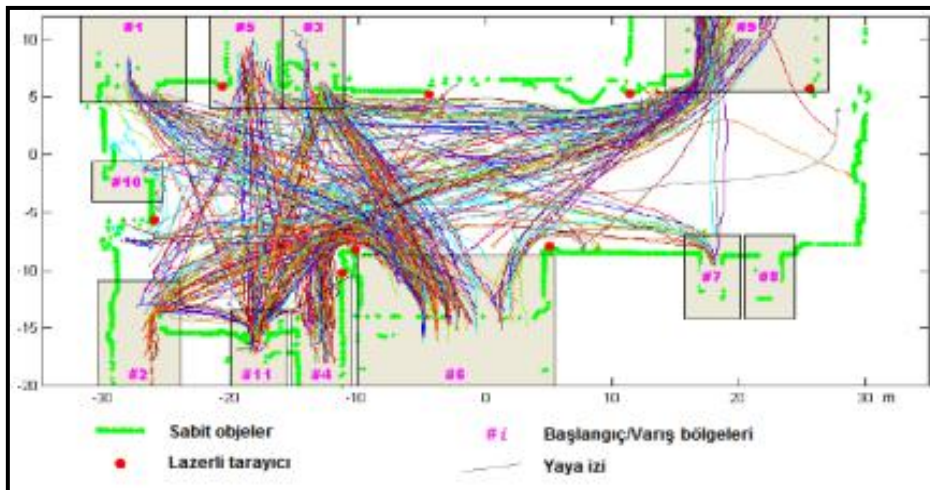
Schweizer'in (2005) ele aldığı LoTraffic marka 2004 model sensörler, belli bir menzil dahilinde çevresini saniyede 38 kez tarayıp [örneklendirebilmekte] ve özel bir yazılıma entegre olarak çalışmaktadır. Ayrıca, gerçek zamanda [real-time] veri analiz edilebilmekte ve kullanılan entegre program sayesinde cihazın ['görüş'] alanındaki her cisim hakkında net ve örselenmemiş bilgi çıktısı sağlanabilmektedir. Yayalar, bisikletler, motosikletler, otomobiller ve kamyonlar, temel geometrik özellikleriyle beraber algılanabilmektedir. Hatta bu cisimler zaman içinde takip edilebilmekte; hızları ve izledikleri yörünge [path] tespit edilebilmektedir. Bu işlemleri destekleyen güçlendirilmiş takip motoru sayesinde, takip edilen cisimler kısa zaman aralıklarında başka cisimlerce bloke olması halinde spekülatif takip devreye girmektedir.

Ling vd. (2010), kamera ve lazer tarayıcı kullanarak yaya sayma sistemini göstermişlerdir. Bu sistemde video kamera ve lazer tarayıcının koordinatları için bir eşleşme algoritması geliştirilmiştir. Çalışmalarında kullandıkları lazer tarayıcı 270° tarama aralığında ve açısal çözünürlüğü 0.25°'dir. (Şekil 2.5)



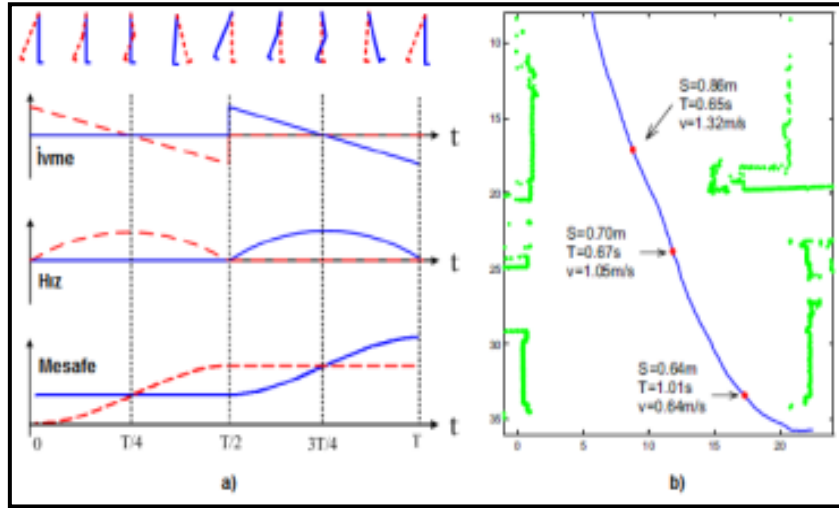
Şekil 2.5 Ling vd. yaptığı çalışma

Mevcut çalışmanın hedefleri doğrultusunda en yararlı yöntemin kullanılmış olduğu çalışma Shao vd.ne (2007) ait olmaktadır. Bir tren istasyonunda 60m x 15m boyutlarında bir alandaki farklı giriş ve çıkış noktaları arasında başlangıç-varış (OD) matrisini oluşturmayı amaçlayan Shao ve arkadaşları, IBEO marka sekiz lazerli tarayıcıyı kullanarak beş dakika içerisinde 300'den fazla kişinin izlerini oluşturmayı başarmışlardır. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6 Takip edilen tüm yayaların izleri

Shao vd.nin kullandığı algoritma, ayakların adım atarken yaptığı salınımı hesaplamış; ayak bilekleri hizasında algılanan yayalara ait ayak çiftlerini eşleştirmiş; ve bunları takip etmiştir. Böylece yürüme esnasındaki doğrultu/yön değişimleri yanı sıra, yayaların adım uzunluğu, adım periyodu (ayakların bağıl olarak aynı pozisyona gelme süresi) ve anlık hızlarını da takip edebilmişlerdir. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7 (a) Yürüme modeli; (b) adım uzunluğu, adım periyodu ve hız değişimi

3. ARAZİ ÖLÇÜM VE GÖZLEMLERİ İÇİN ETÜT SAHALARININ BELİRLENMESİ

3.1 İzmir kenti Hakkında Genel Bilgi

İzmir, Türkiye'nin batısında Ege Bölgesi'nin en büyük, ülkemizin de üçüncü büyük ilidir (2008 yılı nüfusu: 4.113.072 kişi) (TÜİK, 2015). İlin yüzölçümü 12.012 km², nüfus yoğunluğu 342 kişidir (TÜİK, 2015). Kuzeyinde Balıkesir, doğusunda Manisa, güneyinde Aydın illeri ile sınır komşusudur. İzmir'den çeşitli yönlerde uzanan karayolları (İzmir-Çanakkale, İzmir-Aydın, İzmir-Ankara ve İzmir-İstanbul karayolları) ile Türkiye'nin her bölgesine ulaşmak mümkündür. Şehirlerarası otobüs terminali kentin 11 km doğusundadır. Ayrıca kent merkezinden, Aydın ve Çeşme'ye otoyol bağlantısı vardır (Şekil 3.1).

İzmir'i çevre illere bağlayan bu ulaşım hatları dışında, kent içinde ise Üçyol-Bornova arasında metro, körfezi dolaşan vapur ve feribotlar, kent içi ulaşımı sağlayan büyükşehir belediyesine ait otobüsler hizmet vermektedir. İzmir, Ege Bölgesi'ndeki 6.657 km'lik karayolunun % 27'sine (1.788 km) sahiptir (İZTO, 2008). Çevresindeki tüm illere direk karayolu ile bağlanma imkânına sahip olan ilde karayolu ağı Şekil 3.1'de verilen T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından hazırlanmış haritada görülmektedir. İzmir kuzeyde Dikili'den güneyde Selçuk'a kadar uzanan 629 km'lik bir kıyı şeridinde sahiptir. Bu kıyı şeridi üzerinde Dikili, Çeşme ve İzmir kent merkezinde önemli deniz giriş kapıları bulunmaktadır. İzmir-Alsancak deniz yolcu limanı, dış ve iç hat tarifeli seferleriyle birçok yere denizyolu ile ulaşımı sağlamaktadır. Diğer taraftan Ege Bölgesi Türkiye'nin en fazla demiryolu ağına sahip bölgesi olmakla birlikte; İzmir merkezli demiryolları, tüm Ege'yi sarmaktadır. Muğla dışındaki tüm illere ve önemli merkez ilçelere İzmir'den demiryolu ile ulaşmak mümkündür. İzmir'de uluslararası sivil hava meydanı niteliğinde Adnan Menderes Havalimanı, Hava Kuvvetleri Komutanlığı'na bağlı Çiğli Tuzla'da bulunan Kaklıç Askeri Havalimanı ve Selçuk'ta bir stoal tipi havalimanı bulunmaktadır. İzmir kentinde günlük 1 milyon kişinin hareket etmesi neticesinde aylık 30 milyon kişilik ulaşım hareketinin ortaya çıktığı tahmin edilmektedir. Bu 30 milyon kişiden, toplu ulaşım araçlarını kullananların sayısının aylık yaklaşık 26 milyon civarında olduğu tahmin edilmektedir (İZTO, 2008).



Şekil 3.1 İzmir ili ve çevresini birbirine bağlayan karayolu ağı

İzmir ili içinde yaya trafiğinin yoğun olarak gözlemlendiği, kış ve yaz dönemi arasında yaya trafik yoğunluğunun büyük varyasyon göstermediği ve özellikle eğitim bölgesi-dolayısı ile öğrencilerin yoğun olarak bulunduğu bölge üzerinde odaklanılmış ve İzmir'in 9 km. güneydoğusunda yer alan Buca ilçesi seçilmiştir.

Buca ile İzmir'in en eski yerleşim yerlerinden biri olmakla birlikte eğitim ve öğretim olarak oldukça zengindir. İlk, orta ve lise düzeyinde eğitim veren 56 okul 1 tane Endüstri Meslek Lisesi bulunmaktadır. (Buca Anadolu Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi) Ayrıca son yıllarda üniversite düzeyinde büyük gelişmeler gözlenmektedir. İzmir'de bulunan Dokuz Eylül Üniversitesi'ne bağlı Buca Eğitim Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Hukuk Fakültesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adalet Yüksek Okulu, Manisa Spor Akademisi'ne bağlı Beden Eğitim Bölümü de Buca'da eğitim hizmeti veren okullar arasında yer almaktadır. Bu durum, bölgede yaya yoğunluğunun mevsimsel koşullardan bağımsız olarak her zaman yoğun olmasını sağlamaktadır. Bir başka ifade ile, Buca ilçesi bu çalışmada kullanılacak ölçüm, gözlem ve analiz için yeterli kaynak (yaya yoğunluğu) sağlamaktadır.

Ayrıca, Buca ilçesindeki yapı ve nüfus yoğunluğu, yapılaşma koşulları, ulaşım güzergahlarının özellikleri orta ölçekli Türk kentlerindeki (ya da İzmir kent merkezi içindeki diğer bölgelerdeki) genel dokuyu ve özellikleri temsil etmektedir. Çalışma ekibinin kolay erişebildiği bir bölge olan Buca ilçesi içindeki kentsel doku çalışmanın kapsamı gereği farklı taşıt ve yaya yoğunluklarının, sorunlu ve sorunsuz yol kesimlerinin gözlemlenmesine imkan veren özelliklere sahiptir. Bir başka ifade ile, orta ölçekli Türk kentlerinde gözlemlenen taşıt - yaya ilişkisi çeşitliliğinin (ya da farklı yaya yolu sorunlarına bağlı olarak yaya ve taşıt trafiği arasındaki çatışmaların) var olduğu Buca ilçesi örnek alan çeşitliliği açısından da yeterli kaynak sağlamaktadır.

İlerleyen bölümlerde Buca ilçesi içinde ölçüm koridorlarının belirlenmesine ilişkin çalışmalar ile istasyon noktaları ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulacaktır.














3.2 Etüt Saha Seçim Ölçütleri

Öncelikle, çok sayıdaki aday yol kesimi arasından veri toplanacak sahaların sezgisel ve sübjektif yöntemlerle belirlenmesi yerine daha objektif karşılaştırma ölçütleri sunan bir Excel tablosu yardımıyla seçilmesine çalışılmıştır (Şekil 3.2)

Öncelikle yol kesimleri “sorunlu” ve “sorunsuz” olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Yaya taşıt trafiği çatışmasının olmadığı bölgeler “*sorunsuz yol kesimi*” olarak adlandırılmış ve çalışma kapsamında **kontrol grubu** olarak değerlendirilmiştir. Yaya taşıt trafiği çatışmasının olduğu bölgeler “**sorunlu yol kesimi**” olarak tarif edilmiştir. İstasyon noktaları ile ilgili ayrıntılara geçmeden önce belirtilmesi gereken husus “yaya yolu” teriminin çalışmada sorunlu yol kesimlerinin daha çok yaya kaldırımlarının bulunduğu kesimlerde olması sebebi ile çalışma içeriğinde *kaldırım* terimi kullanılmıştır. Sorunlu yol kesimlerinde 3 tip sorun tarif edilmiştir

- Kaldırım yok: Yaya yolu bulunmaması durumu (Şekil 3.2, Sorun 1)
- Yetersiz: Yaya yolunun ya da kaldırımın yaya trafiği talebini karşılayacak yeterli kesit genişliğine sahip olmadığı durum (Şekil 3.2 Sorun 2),
- İşgal: Plan dışı veya kuralsız işgallerden kaynaklanan daralmalar sebebiyle yaya yolunun gerekli hizmeti verememesi gibi durumlar ele alınmıştır (Şekil 3.2, Sorun 3).

Bu üç sorun tipi Şekil 3.2'deki gibi çeşitlendirilmiş ve İzmir ilinin değişik yerlerinde bu durumların rastlandığı yol kesimlerinin bir listesi yapılmıştır.

Örnek:		Kaldırım	Korkuluk	Taşıt Park	Noktasal İşgal / Engel	Yayalar Taşıt Yolunda
	Tip					
Sorunlu Yol Kesimleri	SORUN 1 Kaldırım yok		Yok	Yok	Yok	Evet
	SORUN 2 Yetersiz		Var & Yetersiz	Yok	Yok	Evet
	SORUN 2 Yetersiz		Var & Yetersiz	Yok	Var	Evet
	SORUN 2/3 Yetersiz/ işgal		Var & Yetersiz	Yok	Yok	Var
	SORUN 3 işgal		Var	Yok	Yok	Var
Kontrol Yol Kesimleri			Var & Yeterli	Yok	Yok	Hayır
			Var & Yeterli	Yok	Var	Hayır
			Var & Yeterli	Var	Yok	Hayır

Şekil 3.2 Sorunlu ve kontrol yol kesimlerinin sahip olabileceği şematik enkesit tipleri

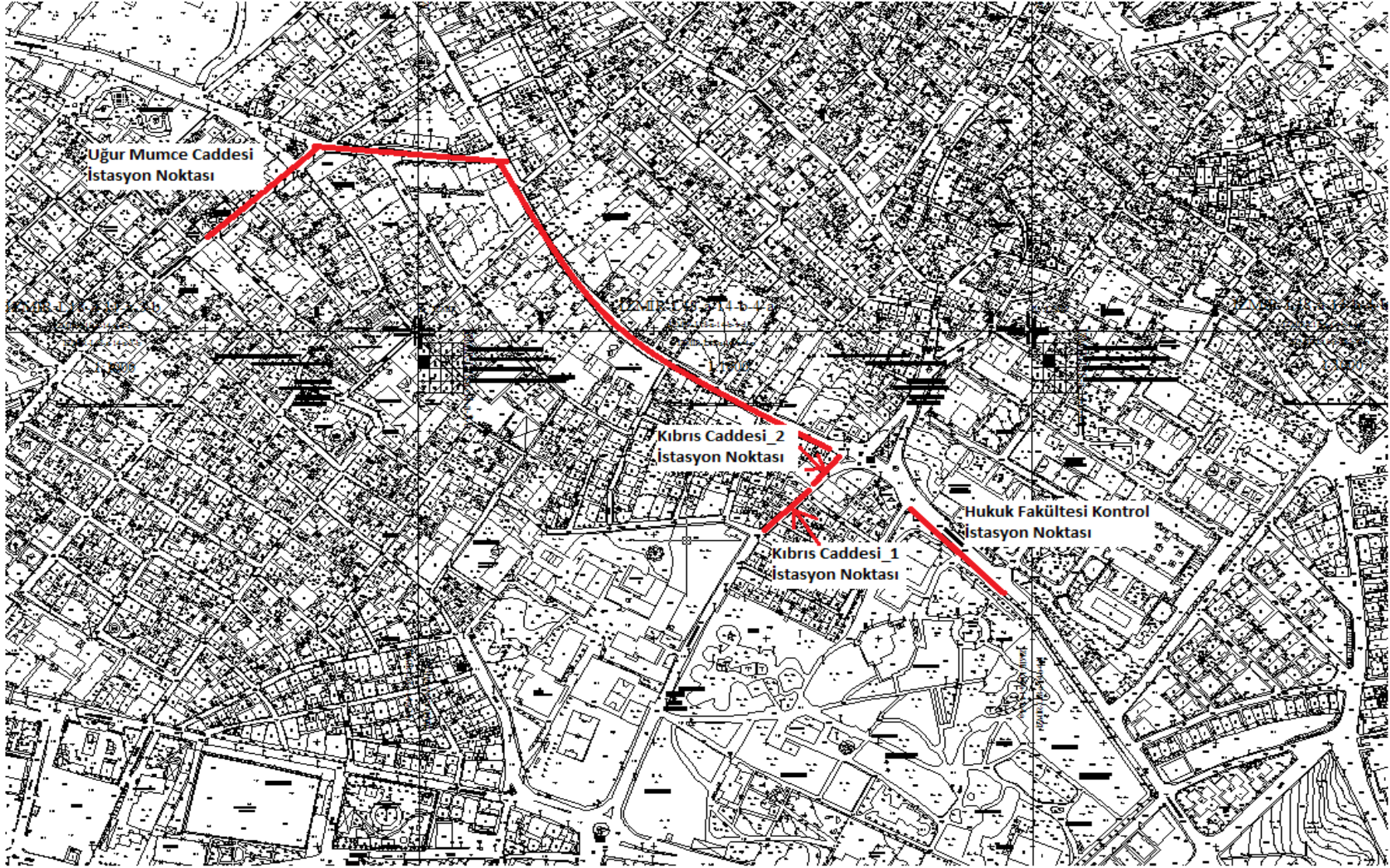
Alsancak, Altındağ, Bozyaka, Buca, Çankaya, Çiğli, Egekent-2, Eşrefpaşa, Konak, Menemen, Üçkuyular, Üçyol gibi farklı semt veya ilçelerde, aranan sorunlu özelliklere sahip çok sayıda nokta tespit edilmiştir. Bu aday yol kesimlerinin her biri yerinde ziyaret edilerek gözlemler yapılmış; video ve fotoğraflarla kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlar proje yürütme ve araştırma heyetinin de hazır bulunduğu toplantılarda değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Daha sonra söz konusu yol kesimleri bazı ölçütler kullanılarak daha az sayıya indirgenmiştir. Bu ölçütler arasında enkesit geometrisi, bölünmüş yol olup olmadığı, yaya/taşıt trafiği hacmi, taşıt hızı etkenleri (en yakın kavşağa veya sinyalizasyona olan mesafe gibi), kentiçi yol sınıfı, arazi kullanımı, nüfus yoğunluğu, işyeri çeşitliliği, çekim noktalarının varlığı (market veya alışveriş merkezi gibi), genel trafik alışkanlıklarında homojenlik ve veri toplamaya elverişlilik gibi etkenlere bağlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel hedefi sorunlu ve sorunsuz yol kesimlerindeki taşıt yaya çatışmalarını irdelemek olduğundan seçilecek yol kesimlerinde yukarıda sayılan etmenlerin (kent içi yol sınıfı, nüfus yoğunluğu, iş yeri çeşitliliği gibi) benzer özelliklerde olmasına dikkat edilmiştir. Bu mekansal özelliklerin homojenliğini sağlamak amacıyla, seçilecek yol kesimlerinin farklı ilçelerde olması yerine tek bir ilçede birbirine yakın olması gerektiği kararlaştırılmıştır. Şekil 3.2'deki çeşitliliği ve şartları, aynı zamanda Dokuz

Eylül Üniversitesi kampüsüne yakın olan Buca ilçesi sınırlarındaki bazı kesimlerin sağladığı görülmüştür. Mesafe ve zaman bakımından kolaylık sağlayacağı düşünülerek Buca'daki dört yol kesiminin veri toplanacak istasyon noktaları olmaları kararlaştırılmıştır. Özetle, mekansal özelliklere göre değil (yaya yoğunluğunu etkileyecek arazi kullanım durumu gibi) taşıt –yaya yolunun enkesit geometrisinin özelliklerine göre çeşitlenen (kaldırımın yeterli genişlikte olma – olmama durumu gibi) yol kesimlerinin seçilmesine dikkat edilmiştir.

3.3 Seçilen Etüt Sahalarının Enkesit Özellikleri

Yapılan ön çalışma ardından proje gereksinimlerinin yerine getirebilecek biçimde yürütülebilmesi amacıyla yaya-taşıtlı çatışmasının yoğun olarak görüldüğü bazı koridor ve noktalar belirlenmiştir. Ölçüm yapılan koridor ve noktaların bulunduğu genel plan aşağıda verilmiştir.

Buca ilçesi sınırları içerisindeki koridor noktaları ile koridor üstünde yer alan istasyon noktaları sorunlu yol kesimleri göz önüne alınarak aşağıda sıralanmıştır. Seçilen uzun koridorlar üzerinde farklı noktalar yaya sorunlarının sıklıkla görüldüğü noktaları temsil etmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Ölçüm Noktalarının Genel Görünümü

●Kıbrıs Caddesi (Sorunlu yol kesimi 1 ve Sorunlu Yol kesimi 3): Bu cadde üzerinde **iki istasyon** noktası belirlenmiştir. **Birinci istasyon noktası** kaldırımın (yaya yolunun) bulunmadığı durumu temsil etmektedir. **Diğer istasyon noktası** ise plansız ve kural dışı işgaller nedeniyle yaya – taşıt çatışmasının gözlemlendiği durumları temsil etmektedir.

●Uğur Mumcu Caddesi (Sorunlu yol kesimi 2 ve Sorunlu yol kesimi 3): Bu cadde üzerinde seçilen bir istasyon noktası **iki farklı soruna yönelik** veri toplanmasına olanak sağlamıştır. Seçilen yol kesimin **bir bölümü** yaya trafiğini karşılayacak yeterli kesit genişliğine sahip olmaması nedeniyle (Sorunlu yol kesimi 2), **diğer bölümü** ise yeterli kesit genişliğine rağmen plansız ve kural dışı işgaller nedeniyle yaya – taşıt çatışmasının gözlemlendiği durumları temsil etmektedir (Sorunlu yol kesimi 3).

●Hukuk Fakültesi-Erdem Caddesi'nin güney bölümü (Sorunsuz Yol Kesimi) Bu cadde üzerinde Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi ve Hasanağa Bahçesi boyunca olan kesimde yeterli kesit genişliği ve plansız ve kuralsız işgaller olmaması nedeniyle yaya – taşıt çatışmasına neden olacak bir durum bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu yol kesimi “**kontrol istasyon noktası**” olarak ele alınmıştır.

Aşağıda bu noktalar ile ilgili ayrıntılı bilgiler ve fotoğraflara yer verilmiştir. Fotoğraflar üzerinde ayrıca her bir istasyon noktasında ölçüm için kullanılan lazerli tarayıcılar ve çeşitleri de vurgulanmıştır.

Her bir sorunlu kesim için aşağıda sıralanan etüt sahalarına ilişkin ayrıntılı planlar çizilmiştir. Çizimler Nihai Raporun sonunda **EK_A1-A5**'te yer almaktadır. Çizimler üzerinde lazerli tarayıcıların bulunduğu noktalar, lazerli tarayıcıların takribi tarama açıları, analizler için video kameraların yerleşim yerleri, etüd sahası çevresinde yer alan dükkânlar, işyerleri, okul, v.b. yerleşim birimlerinin yerleri, yaya yolu üzerinde sorunlu bölge olarak nitelendirilebilecek kaldırım genişlikleri, reklam panosu gibi yaya hareketini engelleyen nesnelerin yerleri ayrıntıları ile gösterilmiştir.

3.3.1 Kaldırımın Bulunmadığı Yol Kesimi

Yaya yolunun bulunmadığı kesim olarak 2 farklı istasyon noktası ele alınmıştır.

- **Kıbrıs Caddesi-2**

Buca ilçesindeki Kıbrıs Caddesi - Dokuz Çeşmeler arasındaki kesimde yaya yolu bulunmamasından kaynaklanan sorunlar gözlenmiştir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Kıbrıs Caddesi yaya yolu bulunmayan kesim

3.3.2 Kaldırımın Yeterli Kesit Genişliğine Sahip Olmadığı Yol Kesimi

- **Uğur Mumcu Caddesi**

Uğur Mumcu Caddesi üzerinde ele alınan kesimde yeterli kesit genişliğine sahip olmamasından dolayı taşıt-yaya etkileşimleri görülmektedir. Dükkânların reklam panoları yayalara engel teşkil ettiği görülmüştür. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Uğur Mumcu Caddesi yeterli kesit genişliğine sahip olmayan kesim

3.3.3 Plan Dışı Ve Kualsız İşgallerden Dolayı Kaldırımın Yetersiz Olduğu Yol Kesimi

- **Uğur Mumcu Caddesi**

Bu istasyon noktasında üzerinde tarama yapılan bir bölümünde kaldırım yetersiz genişliğe sahipken, diğer bir bölümünde kaldırım yeterli genişliğe sahip olmasına rağmen plansız ve kural dışı işgaller nedeniyle kaldırım daralmakta, dükkânların reklam panoları kaldırımda yürüyen kişilere engel teşkil etmektedir. Bu kesimde yaya yolundaki reklam panolarından dolayı yayaların taşıt yoluna indikleri anlar kaydedilmiştir. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Uğur Mumcu Caddesi yaya yolu işgalinin görüldüğü kesim

- **Kıbrıs Caddesi-1**

Kıbrıs Caddesinde aynı zamanda yaya yolu işgalinden kaynaklanan daralmalar mevcuttur. Bu kesimde yayaların taşıt yoluna inmek zorunda oldukları görülmüştür. (Şekil 3.7)

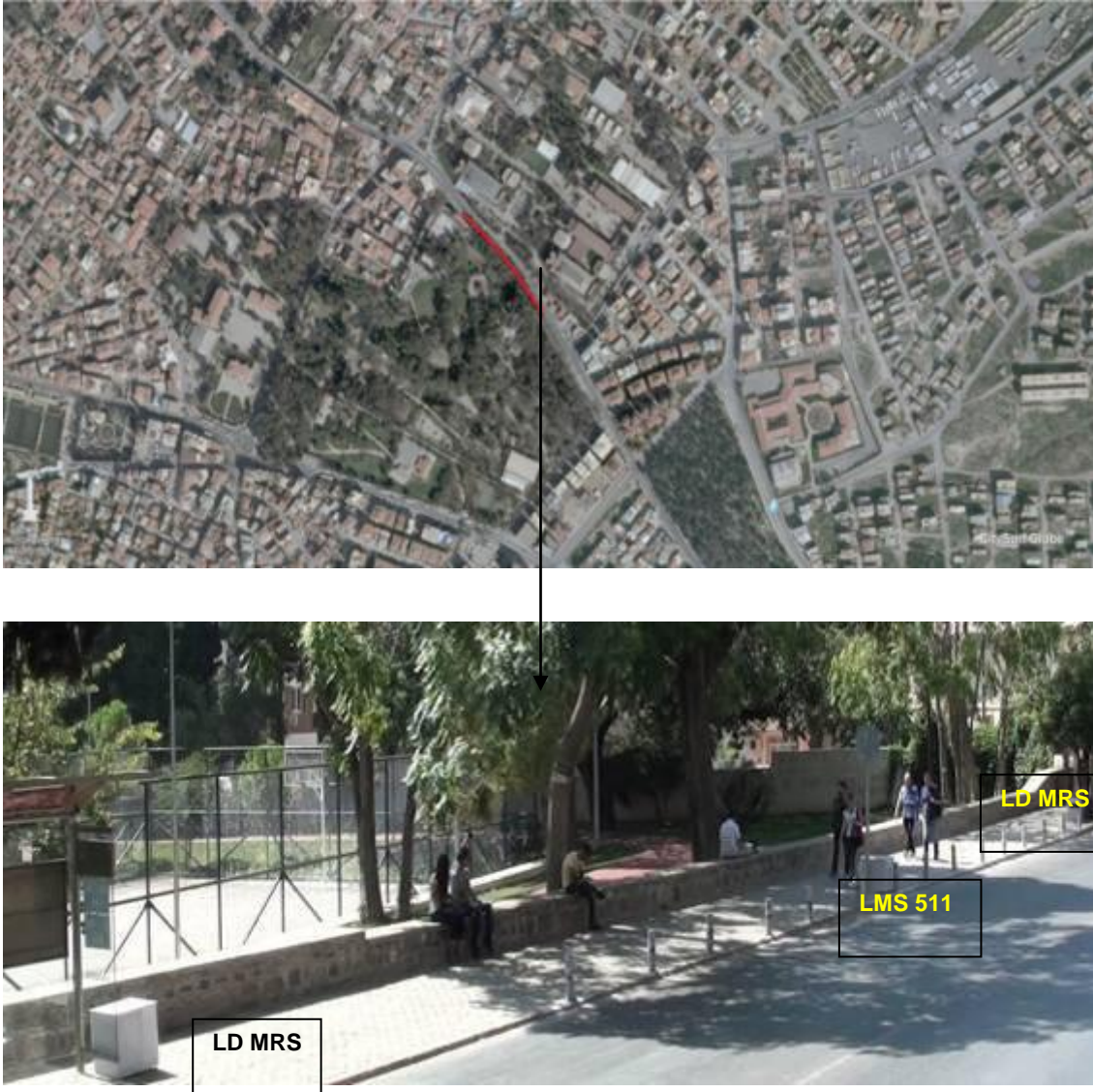


Şekil 3.7 Kıbrıs Caddesi yaya yolu işgalinin görüldüğü kesim

3.3.4 Kontrol Kesimi

- **Erdem Caddesinin Güney Bölümü-Hukuk Fakültesi**

Sorunlu olan yaya yolları ile karşılaştırma yapmak için kontrol kesimi olarak Hukuk fakültesinin karşısındaki Hasanağa Bahçesi boyunca olan kesim incelenmiştir. (Şekil 3.8) Sorunlu yaya yollarında yayaların davranışlarının nasıl değiştiğini görmek için bu kontrol kesimi incelenmiştir. Bu cadde üzerinde yer alan istasyon noktalarında taşıt – yaya çatışmasına neden olacak bir yol kesiti (geometrisi) söz konusu değildir.



Şekil 3.8 Hukuk Fakültesi (Kontrol kesimi)

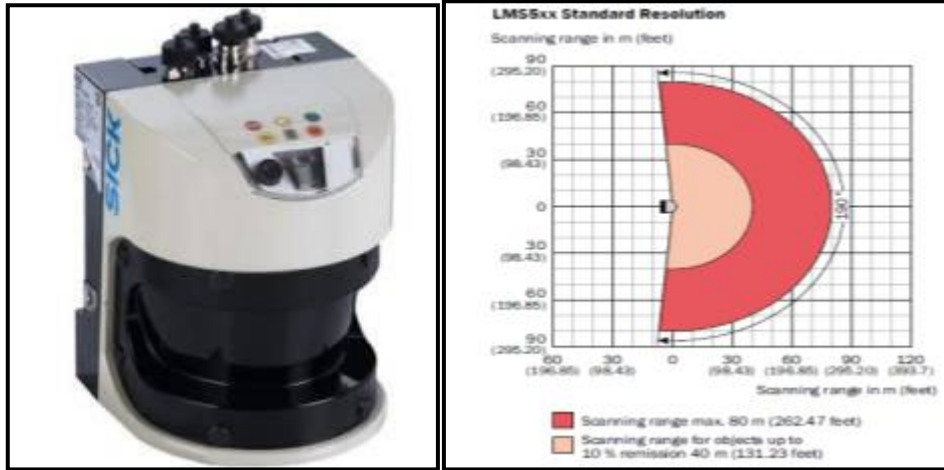
4. ÖLÇÜM CİHAZLARI VE ÖN ETÜD ÇALIŞMALARI

4.1. Ölçüm Cihazları

Proje kapsamında iki adet **LMS 511-20100 PRO** ve iki adet **LD-MRS** olmak üzere dört adet lazerli tarayıcı SICK firmasından satın alınmıştır. Seçilen istasyon noktalarının geometrik özellikleri farklı özellik gösterebileceği göz önüne alınarak tarama menzilleri farklı cihazlar seçilmiştir. LD-MRS lazerli tarayıcı LMS 511 lazerli tarayıcıya göre daha uzun tarama menziline sahiptir. Aşağıda lazerli tarayıcılara ait teknik bilgiler sunulmaktadır.

4.1.1 LMS 511 Lazerli Tarayıcı

LMS 511 lazerli tarayıcı tek düzlem üzerinden (-5) ile (+185) derece arasında tarama yapan, farklı frekans ve açısal çözünürlük değerleri bulunan bir cihazdır (Şekil 4.1). Cihaz yüksek açısal çözünürlüğe sahip lazer darbeleri ile mükemmel görüntü çözünürlüğünü sağlamaktadır ve 5-eko puls değerlendirme sayesinde, son derece güvenilir ölçümler üretmektedir. Tarama menzili maksimum 80 metredir. Cihaza ilişkin genel özellikler Tablo 4.1'de sunulmuştur.



a) Genel Görünüş

b) Tarama Aralığı

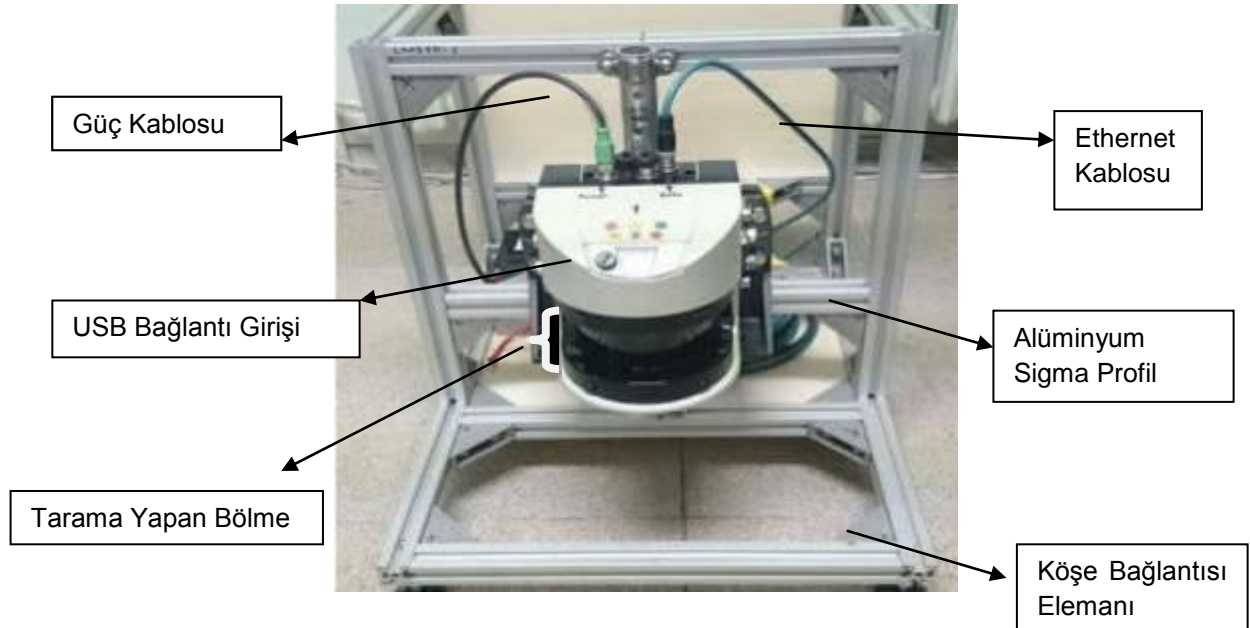
Şekil 4.1 LMS 511 genel görünümü ve tarama aralığı

Tablo 4.1 LMS 511 20100 PRO Özellikleri

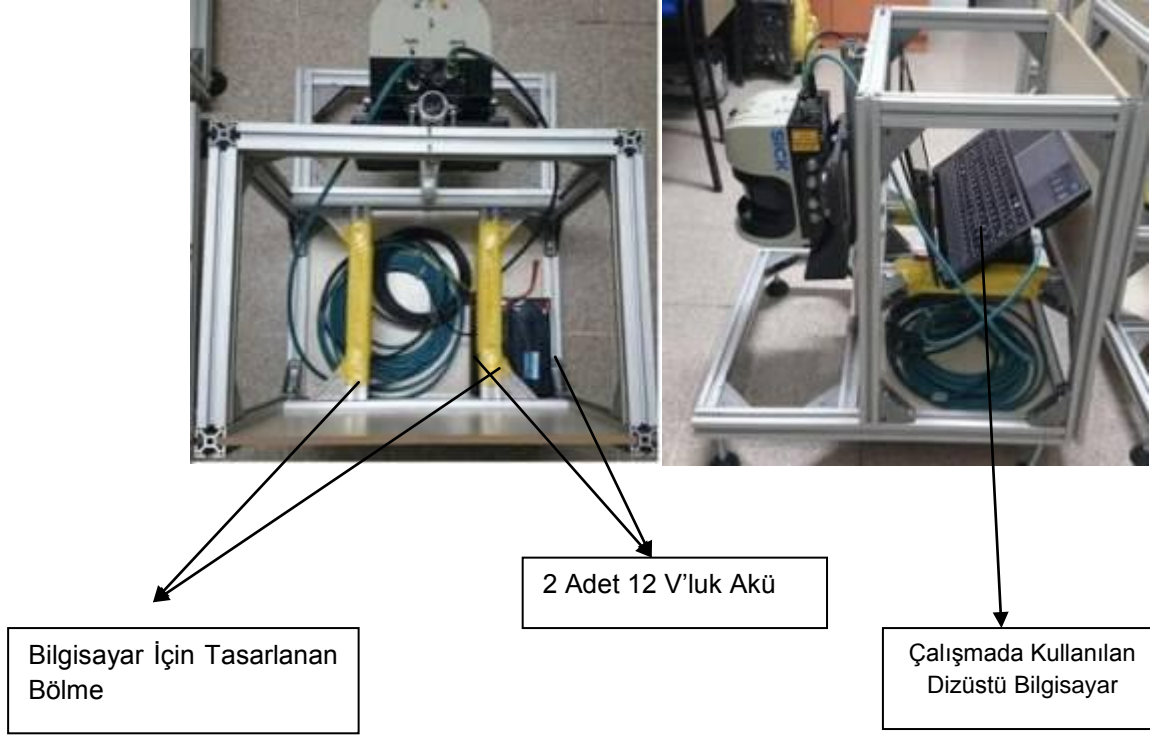
Uygulama alanı	Dış Alanlarda
Lazer Sınıfı	1, Göz Güvenliği (IEC 60825-1 (2007-6))
Görüntülenen alan	yatay düzlemde -5° ve +185° 190°
Tarama frekansı değerleri	25 Hz / 35 Hz / 50 Hz / 75 Hz / 100 Hz
Açısal Çözünürlük Değerleri	0.167°, 0.25°, 0.333°, 0.5°, 0.667°, 1°
Çalıştırma Aralığı	0.7... 80 m
Değerlendirilen Ekoların Miktarı	5
Ara yüzler	Ethernet, USB, CAN, Serial

LMS 511 lazerli tarayıcıda ethernet, güç kaynağı ve USB için çıkışlar bulunmaktadır. LMS 511 lazerli tarayıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantı ethernet kablosu ile yapılmıştır. LMS 511 lazerli tarayıcının çalıştırılması için 24 V'luk güç gerekli olduğundan dolayı iki adet 12 V'luk akü seri bağlantı yapılarak kullanılmıştır. LMS 511 lazerli tarayıcının ölçüm düzeneği için tarafımızdan tasarlanmış taşınabilir sehpaye sabitlenmesi için cihazla beraber gelen malzemelerin montesi yapılmıştır. LMS 511 lazerli tarayıcının bulunduğu ölçüm düzeneğinde bulunan ekipmanlar Şekil 4.2 ve

Şekil 4.3'te verilmektedir.



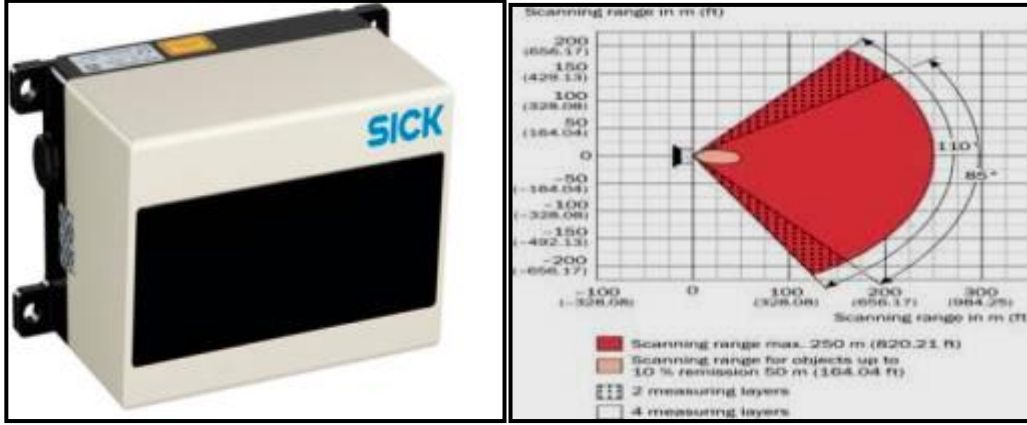
Şekil 4.2 Sehpaye Monte Edilmiş Cihazın Ölçüm Düzeneği



Şekil 4.3 Bağlantı Ekipmanları

4.1.2 LD-MRS Lazerli Tarayıcı

LD-MRS Time-of-Flight (ToF) teknolojisine dayanan, düşey doğrultuda dört katman üzerinde tarama yapan bir ölçüm cihazı olup genel görünümü Şekil 4.4'te sunulmuştur. LD-MRS lazerli tarayıcı ile nesnelerin cihazın konumuna göre açıları ve mesafeleri belirlenir. Cihazın tarama verileri mesafe, açı ve eko darbe (echo-pulse) genişliği verilerinden oluşmaktadır (Tablo 4.2). LD-MRS lazerli tarayıcı, LMS 511 lazerli tarayıcıya göre küçük ve hafiftir; aynı zamanda da güçlü bir ölçüm sistemine sahiptir. Cihazın bilgisayarla bağlantısının gerçekleştirilmesi için gerekli güç 12 V DC akülerden sağlanmaktadır.



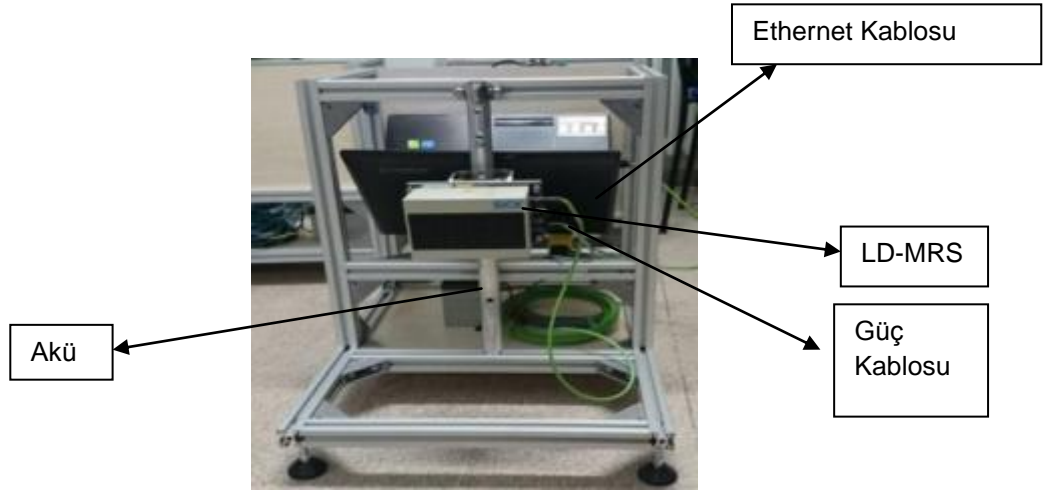
a) LD-MRS genel görünüm

b) LD-MRS tarama aralığı

Şekil 4.4 LD-MRS genel görünümü ve tarama aralığı

Tablo 4.2 Cihazın Teknik Özellikleri

Cihaz Türü	LD-MRS-400001
Versiyon	Uzun Mesafe
Uygulama Şartları	Yağmur ve kar
Tarama Aralığı	110°
Katman Sayısı	4
Maksimum tarama mesafesi	250 m
Açısal Çözünürlük	0.125 ° / 0.25° / 0.5°
Tarama Frekansı	12.5 Hz / 25 Hz / 50 Hz
Ölçüm Darbelerinin sayısı	Her ölçüm katmanında 3
Mesafe Çözünürlüğü	40 mm
Veri Arayüzü	Ethernet 100 Mbit TCP/IP, full duplex
Lazer Koruma Sınıfı	Lazer Sınıfı: 1 (IEC 608251)



Şekil 4.5 Sehpaya Monte Edilmiş LD-MRS Ölçüm Düzeneği



Şekil 4.6 LD-MRS ölçüm düzeneğinin yandan ve üstten görünümü

LD-MRS cihazı ise bu cihaz için oluşturulmuş özel bir görüntüleme ve ayarlama arayüzü üzerinden kontrol edilmektedir. Cihazın bilgisayarla bağlantısının sağlanması ve istenilen ayarda çalıştırılabilmesi için “Laser View Customer” arayüz programı kullanılmıştır. Bağlantı ayarlarından cihazın IP adresi girilerek LD-MRS cihazının bilgisayar ile bağlantısı başlatılmıştır. Bu arayüz programında cihazın tarama açısı aralığı, tarama frekans değeri girilir.

LD-MRS dört katman üzerinden eş zamanlı ölçüm yapılmaktadır ve bu katmanların her birinde üç eko bulunmaktadır. Cihazın katmanları arayüz programında farklı renklerle belirtilmiş olup ölçüm esnasında bu katmanlardan uygun olanlar açılıp fazla veri kalabalığı ortadan kaldırılmıştır. Katmanlar “Laser View Customer” arayüz programındaki komutlardan seçilmiştir. Ölçüm esnasında bütün katmanlar tek tek açılıp kapatılmış ve ortadaki iki katmanın kullanılabilmesine karar verilmiştir.

4.2 Ön Etüd Çalışmaları ve Kalibrasyon

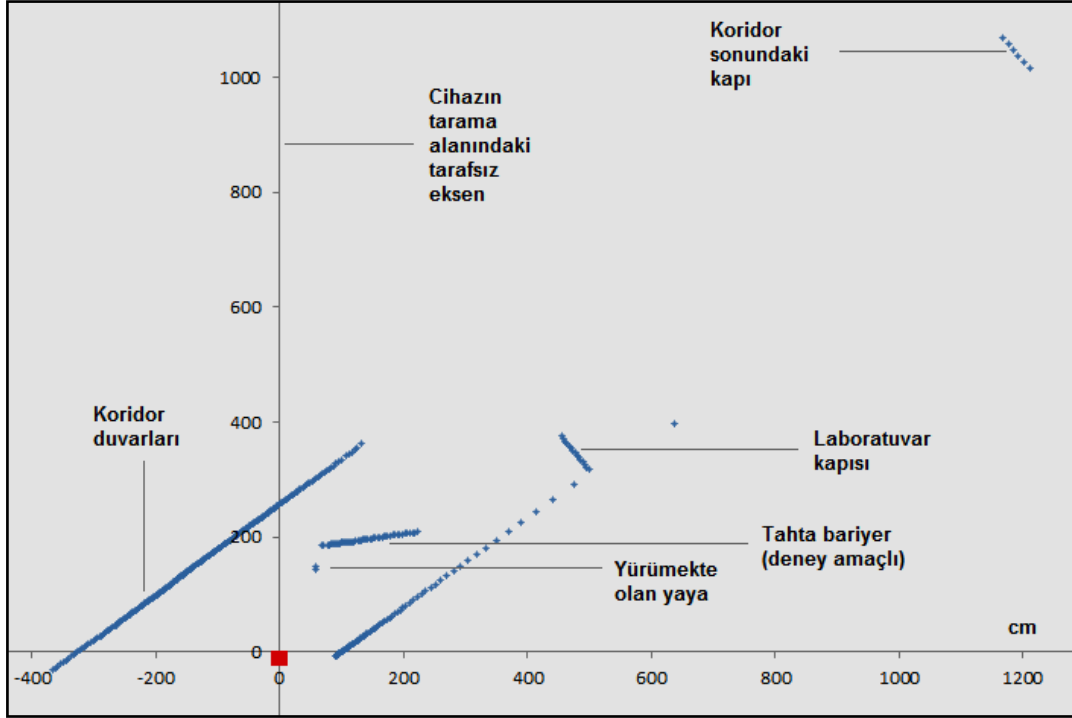
4.2.1 Ön Etüd Çalışmaları

Cihazların ölçüm sistemini tanıyabilmek ve saha çalışmalarına ön hazırlık yapmak amacıyla laboratuvar içerisinde, bina koridorlarında ve bahçede bir dizi oryantasyon deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü binası içerisinde (Şekil 4.7) gerçekleştirilerek lazerli tarayıcıların başarımlı düzeyleri tespit edilmiş, gerekli kontroller yapılarak cihazların gerçek mesafeleri ölçtüğü doğrulanmıştır. Her iki lazer tarama cihazı için ön çalışmaların içeriği aşağıda özetlenmiş; veri toplama yöntemi ile ilgili ayrıntılar ise Bölüm 5.1 ve Bölüm 6'da verilmiştir.



Şekil 4.7 Bölüm koridorunda yapılan ön çalışma

Her iki lazer tarama cihazındaki her bir tarama frekansı ayarı için farklı açısal çözünürlük ayarında birer dakikalık deneme ölçümü yapılmış ve elde edilen ham veri Notepad ve Excel programlarında görüntülenerek muhtemel veri toplama hataları veya düzensizlikler için kontrol yapılmıştır. Cihazların yaptığı açısal mesafe okumaları neticesi elde edilen verinin gerçek mesafeleri ve ortam planını ne kadar yansıttığının doğrulanabilmesi için herhangi bir andaki mesafe kayıtları Excel ve MATLAB programında işlenerek Kartezyen koordinat sistemine uyarlanmış ve grafik olarak çizdirilmiştir. Gerek mesafeler gerekse de koridor planının aynıyla görüntülenmesi başarılı olmuş ve ölçümlerin geçerli olduğu doğrulanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Excel programında ölçümlerin geçerli olduğunun doğrulanması

Ön çalışmalar esnasında, proje boyunca toplanacak verilerin toplam boyutu, veri işleme kapasitesi ve hızı gibi kısıtlar da göz önünde bulundurulmuştur. Farklı frekans ve açısal çözünürlük ayar seçenekleri arasında optimal olanın seçiminde, farklı ayar değerleri için kronometre yardımıyla aynı sürede (1 dakika) veri kaydı yapılmış ve elde edilen veri dosyalarının büyüklüğü karşılaştırılmıştır.

Benzer şekilde, farklı frekans ve açısal çözünürlük ayarlarında koridorda yürüme deneyi yapılmak suretiyle veri toplanmış, yaya algılama ve takibine yönelik hangi ayarın daha uygun olabileceği araştırılmıştır. Sonuçta 25-35 Hz frekans aralığında ve $0,5^0$ çözünürlüğünde veri toplanması kararlaştırılmıştır. Bu seçimde, 1. Bölümde özetlenen literatürde yaygın olarak tercih edildiği görülen tarama ayarları da etkili olmuştur.

Öte yandan, özellikle LMS 511 cihazı için ileride açıklanacak olan Terminal üzerinden kod gönderebilme ve veri elde etme süreci en çok zaman alan işlerden biri olmuştur. Zira söz konusu yöntem elektronik cihazlarla iletişim alanında uzmanlık ve tecrübe gerektirmektedir. Bu süreçte birçok kişi ile iletişime geçilmiş ve yardım alınmıştır. SICK firması temsilcileri ile telefon ve internet bağlantısı üzerinden yapılan görüşmeler sonunda kodların çalıştırılmasında başarılı olunmuştur.

4.2.2 Lazerli Cihazların Kalibrasyon İşlemleri

Proje kapsamında yapılacak ölçümlerden sonra cihazların kalibrasyonu üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır. Arazi ölçümlerine çıkılmadan önce uygun tarama frekansı ve açısız çözünürlüğün belirlenmesi için bazı denemeler yapılmıştır. Cihazların mesafe ölçümlerinin, teknik belgelerinde belirtilen hata aralıkları içinde olduğu doğrulanmış ve herhangi bir mekanik veya matematik kalibrasyona gerek olmadığı anlaşılmıştır. “Ölçüm düzeneğinin kalibrasyonu” ile anlatılmak istenen; cihazlardan her birinin monte edildiği alüminyum profilden üretilmiş sehpaaların ölçüm esnasında sarsılmayacak şekilde döner ayaklarıyla sahada tesviye edilmesi ve montaj için kullanılan ara elemanların cihazın gereken hassasiyetteki açısız ayarının yapılmasında kullanılmış olmasıdır.

LMS 511 ve LD-MRS cihazlarına farklı açısız çözünürlük ve tarama frekansı değerleri girilerek ilk aşamalarda yaklaşık bir dakikalık deneyler yapılmıştır. LMS 511 lazerli tarayıcının açısız çözünürlük ve tarama frekansı için Terminal’den kodlar yazılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda her bir veri dosyalarının boyutları değerlendirilmiş, Bölüm 4.2.1’de tarif edildiği şekilde 30 dakika civarında ölçümler yapılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Arazi ölçümlerinde cihazların ayarlamaları gerekli aletlerle (anahtar takımı, alyan vb.) çok dikkatli bir şekilde yapılmıştır. Ölçümlere başlanmadan önce bu hususa oldukça dikkat edilmiştir. Daha önceki kısımlarda belirtilen ortak nokta bulma konusunda sıkıntı yaşanmaması için ayarlamalar dikkatli bir şekilde yapılmıştır. Öncelikle ayaklarının yükseklik ayarı yapılarak ölçüm sehpasının tesviyesi sağlanmıştır. Ardından, montaj elemanlarındaki civatalar yardımıyla her üç ekseninde ayarlar yapılarak cihazların istenen düzlemde tarama yaptığı tahkik edilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.9). Ayarlama ve tahkik esnasında tarama alanı görüntüleme arayüzünden yararlanılmıştır (Şekil 5.9 ve Şekil 5.13). Yapılan ayarlamalar sırasında yaya yolunda geçmekte olan yayalar dikkate alınarak anlık denemeler yapılmıştır. Bilgisayar ekranından yaya takip edilerek görüntünün hangi mesafede kaybolduğu, lazerli cihazın yayanın ayaklarına mı yoksa vücudun üst kısımlarına mı odaklandığına bakılmak suretiyle cihazların ayarları sonlandırılmıştır.



a) LD-MRS

b) LMS-511

Şekil 4.9 Lazerli cihazların montaj açısı ayarı

LD-MRS için de aynı testler yapılmıştır. Bu cihaz dört katmanlı bir tarama yapmaktadır. Bu dört katmandan ortadaki iki katmandan birisinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu katmanın belirlenmesi için herhangi bir karton zeminden başlanarak yukarıya doğru yavaşça kaldırılmıştır ve görüntünün ekranda ne zaman görünüp ne zaman kaybolduğu belirlenmiştir. Bu yapılan çalışmalardan sonra ikinci katmanın açık kalmasına karar verilmiş ayarlamalar sadece bu katmanın açık olduğu şekilde yapılmıştır.

Arazi çalışmalarında kullanılacak uygun açısal çözünürlük ve tarama frekansı değerlerinin belirlenmesi için yaklaşık 20 sn'lik deneyler ofis ortamında yapılmıştır ve uygun olan değerler belirlenmiştir. Ayrıca diğer araştırmacıların benzer özelliklere sahip çalışmalarda tercih ettikleri değerlere bakılmış; bunlardan biri ile eposta yazışması yapılarak mevcut projedeki durum için tavsiyesine başvurulmuştur.

5. VERİ TOPLAMA İŞLEMLERİ

5.1. Lazerli Tarayıcılardan Nokta Bulutu Elde Edilmesi

Ele alınan istasyon noktalarında yaya hareketlerinin incelenmesi amacıyla LD-MRS lazerli tarayıcıda veri akışını sağlamak için Wireshark, LMS 511 lazerli tarayıcı için de Terminal arayüz programları kullanılarak ayrıntılı ölçümler yapılmıştır. Adı geçen cihazlardan veri elde etme işlemlerinin ayrıntıları aşağıda verilecektir.

Burada her bir cihazla ilgili veri toplama yöntemine değinmeden önce belirtilmesi gereken bir husus da şudur: Bölüm 6.3.4'te daha ayrıntılı olarak sunulduğu gibi, incelenen sahanın gerektirdiği ölçüde, çalışmada birden fazla lazerli tarayıcı eşzamanlı kayıt yapmakta ve yol kullanıcılarının izlerini oluşturmak için bu farklı veri grupları birleştirilmektedir. Birleştirme işleminin doğru ve başarılı olması için her bir cihazdan gelen veri akışı zamansal olarak senkron bir şekilde kaydedilmiş olmalıdır. Kullanılmakta olan cihazlar ise kayıt satırlarına zaman damgasını bağlı oldukları bilgisayardan aldıkları zaman bilgisi ile koymaktadır. Öte yandan, saha ölçümlerinde kullanılan bilgisayarlardan her biri Windows işletim sistemine sahip olduğundan ve zaman içinde sistem saatlerinde farklılık meydana gelebildiğinden, bilgisayarların zaman senkronizasyonu yapılması gerekmektedir. Bu yüzden her saha çalışması öncesi AdjustPC programı yardımıyla bilgisayarların zaman ayarları senkronize edilmiştir. Bu sayede bilgisayar saatleri 2 milisaniye (sn^{-3}) mertebelerinde eşitlenmiş olmaktadır. Ayrıca görsel veri elde etmek için kullanılacak olan kamera veya kameraların konumlandırılacağı mekânların sahipleri saha çalışması yapılacağı günün sabahında aranarak kendilerine bilgi verilmiştir. Saha çalışması öncesinde hazırlık amacıyla yapılan diğer işler arasında bilgisayarların, kameraların ve lazerli tarayıcılara güç sağlayan akülerin şarj edilmesi öncelikli olarak yer almıştır.

Saha çalışmalarının zamanlaması ve süresinin belirlenmesinde bir dizi etken göz önünde bulundurulmuştur. Öncelikle belirtmelidir ki lazerli tarayıcılarla trafik kullanıcılarının algılanması ve takibi (izlerinin oluşturulması) ile ilgili önceki çalışmalara bakıldığında, açık alanda ve trafik içinde birden fazla noktada periyodik ölçüm ve değerlendirme yapılan bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Söz konusu çalışmalar çoğunlukla bir istasyon noktasını incelemiş ve analizini gerçekleştirmişlerdir. Mevcut çalışmada ise yayaların maruz kaldığı çok çeşitli durumların ve taşıtlarla etkileşimlerinin ortaya konması hedeflendiğinden, önceki örneklerinden daha karmaşık ve iş yükü bakımından yoğun bir çalışma ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu noktada, proje amaçlarının yerine getirilmesi ile toplanabilecek ve işlenebilecek veri arasındaki ilişkinin çok dikkatli dengelenmesi gereklidir.

Zamanlama açısından, yaya hareketleri bakımından kontrol yol kesimi olarak ele alınan Hukuk Fakültesi karşısındaki istasyon noktasında haftanın aynı günü olmak kaydıyla her ay bir kez ölçüm yapılmaktadır. Bu sayede yaya çeşitliliği, hızları, talebi gibi parametrelerde mevsimlere göre olası değişmelerin karşılaştırma yoluyla ortaya konabileceği beklenmektedir. Diğer üç istasyon noktası ise her ay bir kez bir tanesinde ölçüm yapılmak suretiyle her bir istasyon üç ayda bir ziyaret edilmektedir. Esasında “sorunlu kesimler” adı verilen bu üç istasyonun her birinde, gerekli minimum sayıda yayanın gözlemlendiği ve sağlıklı şekilde toplanan birer adet veri seti bile projenin amaçlarına ulaşmak için yeterli olabilirdi. Ancak, buralardan periyodik olarak yılda dört kez veri toplamakla, sadece kontrol kesimi için değil, kısmen bile olsa sorunlu kesimler için de mevsimlere göre değişimi gözleme imkânı bulunabileceği düşünülmüştür. Aynı sahayı üç ayda bir ziyaret etmekte gözletilen bir diğer potansiyel fayda da şudur: Takip eden bölümlerde de görüleceği gibi, lazerli cihazlarla kullanılacak kalitede veri toplamak kolay bir iş değildir. Ayrıca algoritma geliştirilirken yeni veri setlerine ihtiyaç duyulabilmekte veya ölçüm içeriği bakımından küçük çaplı varyasyonlara gidilmesi gerekebilmektedir. Bu yüzden, aynı istasyon noktalarında birden çok defa ölçüm yapılmasında fayda görülmüştür. Diğer yandan, saha çalışmalarının çok sık aralıklarla yapılması, eldeki işgücü yönüyle sürekli toplanan verinin işlenmesini imkânsız hale getirecektir. Ayrıca daha sık olmasında proje çıktıları bakımından bir avantaj görülmemiştir. Sonuç olarak sorunlu her bir yol kesimi üç ayda bir ölçülmekte ve kontrol kesimi her ay ölçülmektedir.

Saatlik zamanlama bakımından zirve saati trafiği şartı aranmamıştır. Çünkü çalışmada yeterli sayıda yayanın incelenmesi halinde maksimum talep anını gözleme gibi bir gereklilik yoktur. Öte yandan, sabah veya akşam zirve saatlerinde bazı kesimler lazerle tarama ve algoritma ile işleme yönteminden sağlıklı sonuçlar almaya elverişli olmayacak derecede kalabalık olabilmektedir. Bu yüzden, sezgisel olarak, yeterli sayıda yayanın gözlemlenmesine olanak tanıyan öğle ve öğleden sonra saatleri tercih edilmiştir. Bu sayede gereklilikler ve kısıtlar arasında bir optimizasyon yapılmıştır.

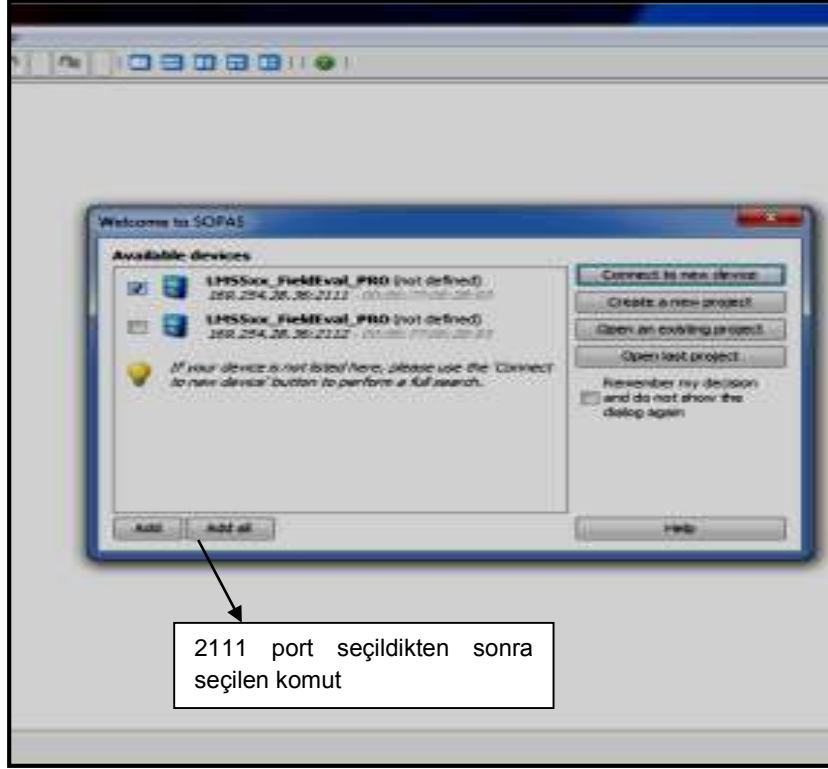
İstasyon noktalarında saha çalışmaları esnasında yapılan lazer ölçümlerinin süresinin belirlenmesinde, ortamdaki yaya hareketliliği göz önünde bulundurulmaktadır. Birçok durumda, 30 dakikalık bir zaman diliminde 100’e yakın yaya incelenen kesimden geçiş yapmakta ve hareketleri lazerli tarama kayıtlarında yer almaktadır. Bu sayı da istatistik değerlendirme esnasında, genel olarak tercih edilen bir güvenilirlik düzeyine göre normal dağılım kabulü yapmaya yetecek çokluktur. Bu nedenle, başlatma ve sonlandırma esnasındaki kayıplar göz önünde bulundurularak genellikle 35 dakika civarında veri kaydı yapılmaktadır. Etüt esnasında yaya trafiği hacminin beklenenden az olduğu görüldüğü az

sayıdaki durumda ise ölçüm 45 dakika mertebesine uzatılmıştır. Laboratuvarda verinin işlenmesi ve analizinin yapılması esnasında yeterli görülmesi halinde söz konusu veri setlerinin istenen uzunlukta bir kısmı kesilerek kullanılabilir. Çalışmanın odağında öncelikle yaya hareketliliği olduğu için taşıt hareketliliği ölçüm sürelerinde göz önünde bulundurulmamıştır. Ancak tüm istasyon noktalarında görülmektedir ki ölçümler esnasında taşıt trafiği hacmi yayalarınkinden çok daha yüksektir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta yaya-taşıtlar etkileşiminin söz konusu olduğu durumların sayısıdır. Bu konu ise, projenin ikinci yılı için planlanmış bulunan yaya ve taşıtlar izlerinin çıkarılmasını sağlayacak algoritmanın çalıştırılmasına ve ortaya çıkacak sonuçlara bağlı olarak şekillenecek, sonrasındaki saha çalışmalarında buna göre planlama yapılacaktır.

5.1.1 LMS 511 Lazerli Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi

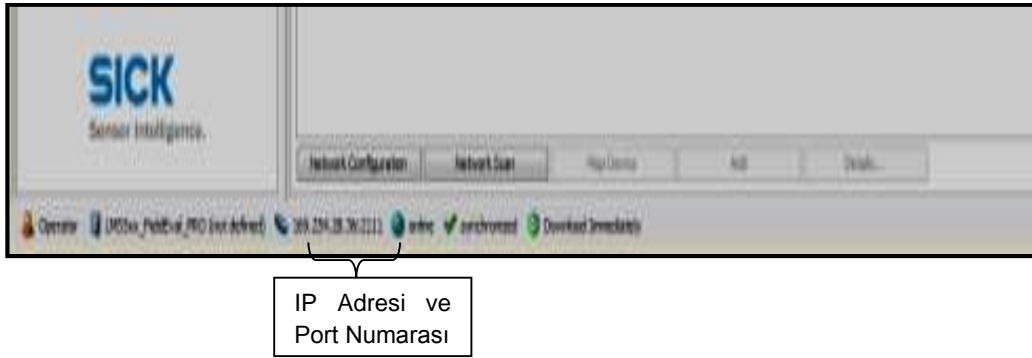
LMS 511 lazerli tarayıcının bilgisayara bağlantısı Ethernet kablosu ile yapılmıştır. LMS 511 lazer tarayıcı cihazı “Terminal” arayüz programından gönderilen kodlar ile çalıştırılmış ve veri akışı sağlanmıştır.

LMS 511 lazer tarayıcı cihaz ve bilgisayar arasındaki veri akışını sağlamak için SOPAS Engineering Tool arayüz programı kullanılmıştır. SOPAS Engineering Tool programı çalıştırıldığında ekrana gelen görüntüde bilgisayarla bağlantısı olan cihazlar ve o cihazların port numaraları görülür. İlk gelen ekranda 2111 numaralı port seçilip işleme devam edilmiştir. 2111 numaralı porta bağlı cihaz seçildikten sonra sol altta bulunan “Add” komutuna girilmiştir. (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 SOPAS'ta cihaz bağlantısını yapma

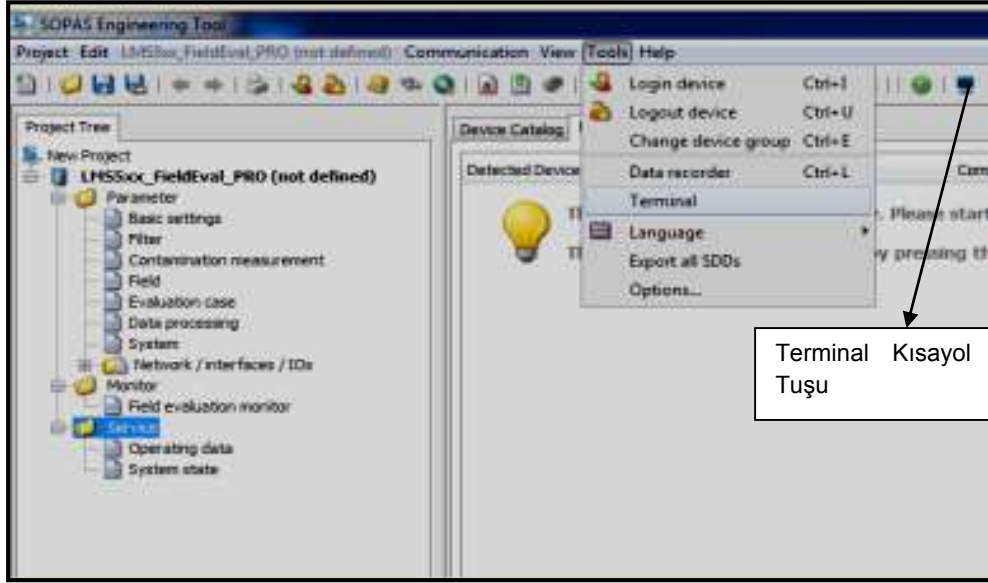
Cihaz ekleme komutundan sonra ekrana gelen pencerede LMSxxx_FieldEval_Pro altında komutlar görülmektedir. Bu bölümde cihazın IP adresi görülmektedir. (Şekil 5.2)



Şekil 5.2 Ana ekran ve cihaz çalıştırılmasında girilen IP adresi

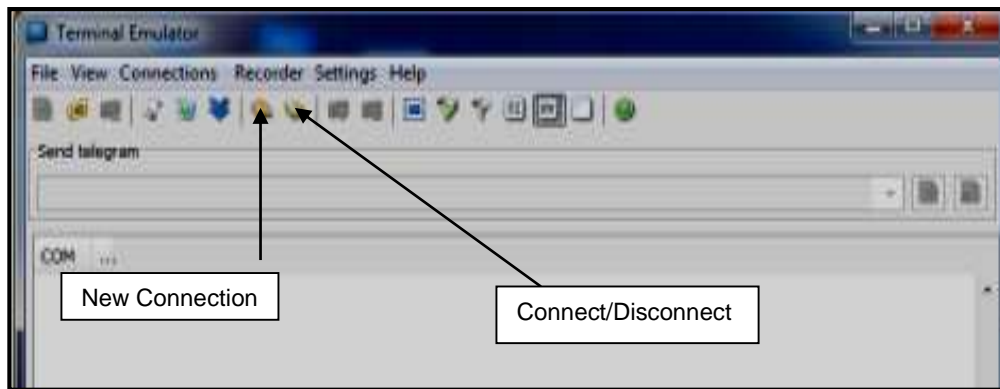
Cihazdan veri akışını elde etmek için Tools menüsü altında Terminal arayüz programı çalıştırılır (Şekil 5.3). Cihazların alındığı firma tarafından verilen Telegram List dosyasından istenen frekans, açılabilir çözünürlük, tarama açıları aralığına göre kodlar yazılmıştır. Bu kodlar Terminal programında komut satırına yazıldıktan sonra Sent tuşuna basıp LMS 511 lazer tarayıcılı cihaza gönderilir. Telegram List dosyasından çekilen komutlar hexadecimal formatında olup sonraki çalışma aşamalarında elde edilen mesafe okumalarını daha anlamlı

hale getirmek için MATLAB ve Microsoft Office Excel programları kullanılarak decimal formatına çevrilmiştir.



Şekil 5.3 Terminal komutuna giriş yolları

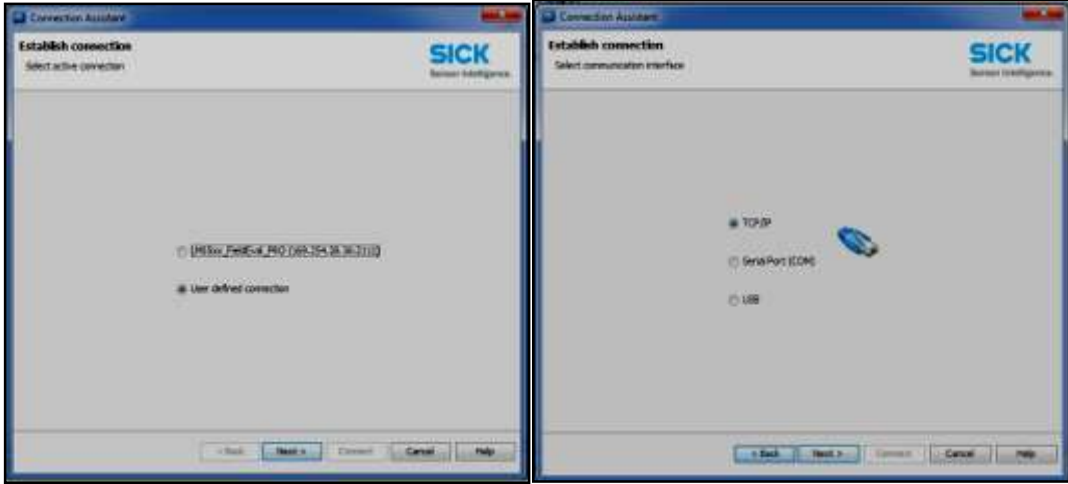
Terminal programı açıldıktan sonra yeni bir bağlantı yapılmıştır. Açılan Terminal Emulator programında "stx" seçili olmasına dikkat edilmiştir. 02" seçili olduğunda hex formatında veri elde edilmektedir. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 Terminalde cihazın veri akışını başlatmadan önceki ilk adım

Yeni bağlantı yaptıktan sonra 2112 numaralı porttan giriş yapmak için "User defined connection" komutu seçilmiştir. İlerleyen aşamalarda TCP/IP komutu seçilip devam edilmiştir. TCP/IP Protokolleri Bilgisayarlar ile veri iletme/alma birimleri arasında organizasyonu

sağlayan, böylece bir yerden diğerine veri iletişimini olanaklı kılan pek çok veri iletişim protokolüne verilen genel addır. (Yani, TCP/IP protokolleri bilgisayarlar arası veri iletişiminin kurallarını koyar) (Şekil 5.5).

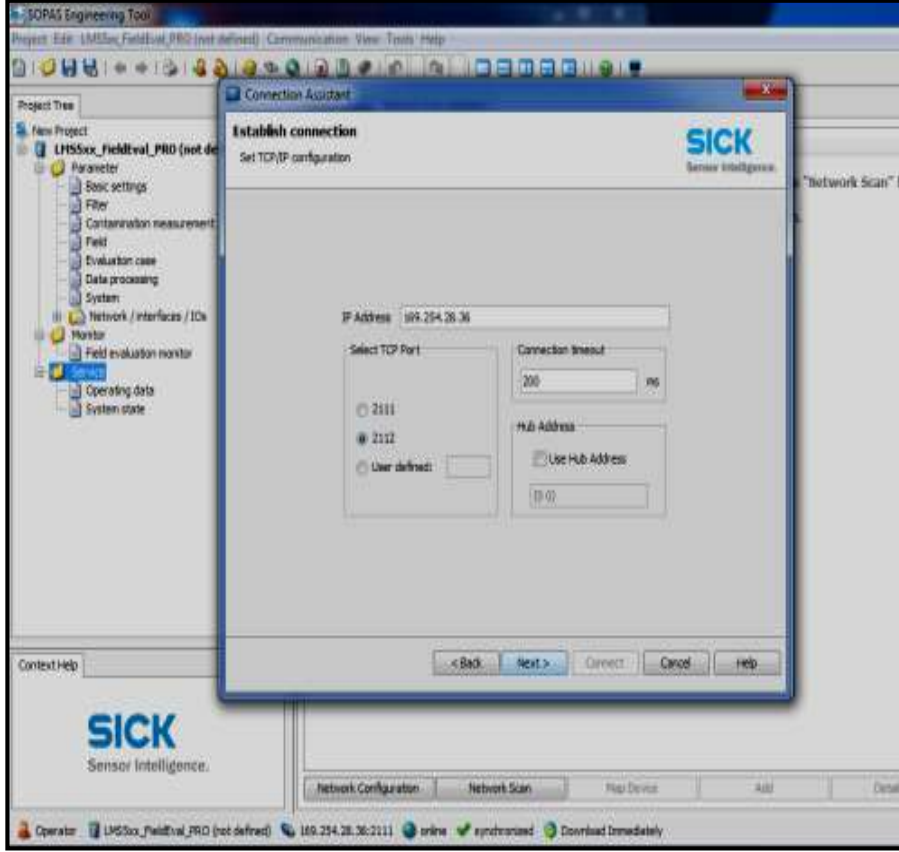


Şekil 5.5 Terminalde bağlantı türünün seçimi

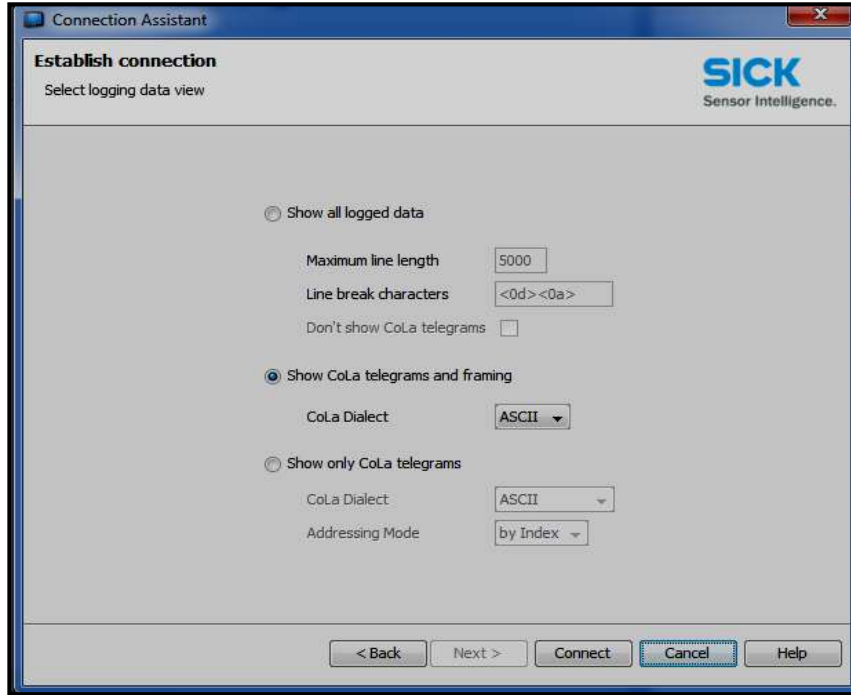
Gelen ekranda IP adres kısmına LMS 511 lazer tarayıcılı cihazın IP adresi yazılmıştır. Bu IP adresine SOPAS Engineering Tool arayüz programının alt kısmından ulaşılmıştır. Port numarasının 2112 olmasına dikkat edilmiştir. (Şekil 5.6).

Yapılan ölçümlerde veri akışı formatı için ASCII seçeneği seçilmiştir. Bu seçenek seçildiği zaman cihazın frekansı, açısal çözünürlüğü, kaç adet nokta okunduğu, cihazın hangi açılarda tarama yaptığı görülmüştür. Veri akışında görülen değerler hexadecimal formatındadır. Bu değerleri anlamlı rakamlara dönüştürmek için bu hexadecimal değerler MATLAB programı vasıtasıyla decimal değerlere çevrilmiştir. (Şekil 5.7)

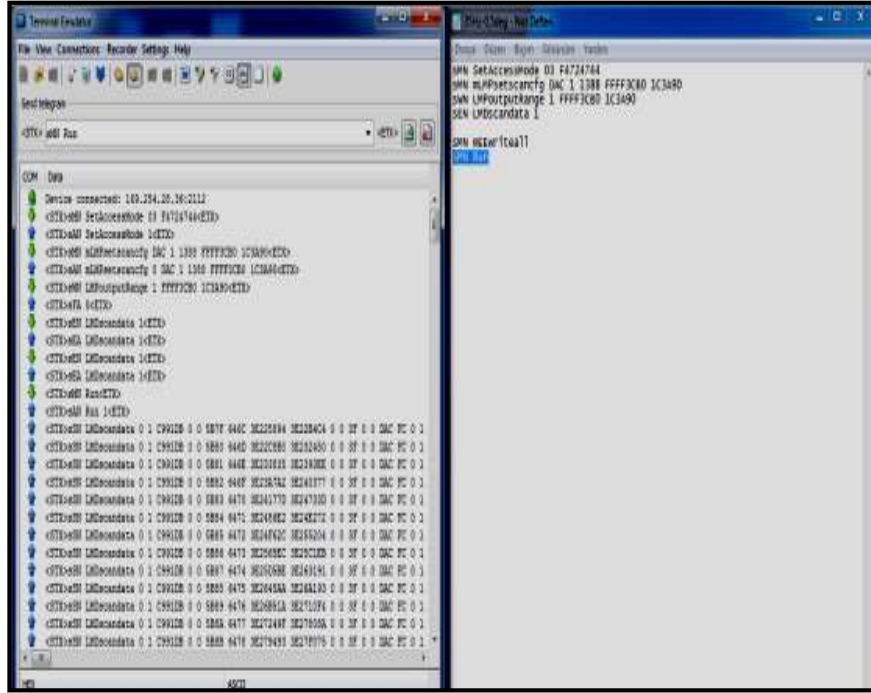
Arazi çalışmalarında kullanılmak üzere daha önceden kodlar bir Notepad dosyasında yazılmıştır. Telegram list dokümanından istediğimiz frekans değeri, açısal çözünürlük değerine göre kodlar alınmıştır. Terminal programının komut satırına ilk olarak cihazın aktif olması Login komutu yazılmıştır. Bu komutu gönderdikten sonra cihazın üzerindeki ışığın rengi kırmızı olmuştur ve cihazın tarama yapmaya başladığı görülmüştür (Şekil 5.8).



Şekil 5.6 Port numarası ve IP numarasının girilmesi



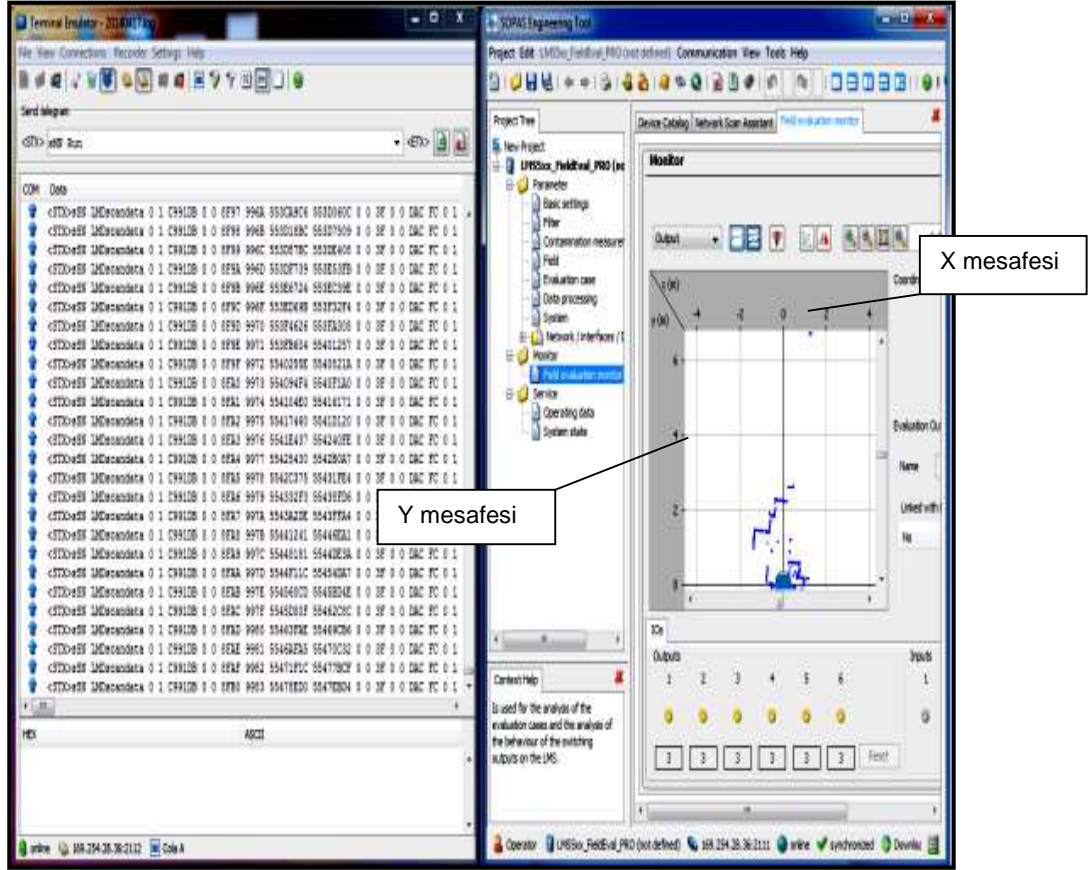
Şekil 5.7 Veri akışında formatın belirlenmesi



Şekil 5.8 Veri akışını sağlamak için not defterinde hazırlanan kodlar ve bu kodların Terminalde gönderilmesi

Log in komutu girildikten sonra SOPAS ekranındaki “Field evaluation monitor” sekmesine tıkladığında lazer ışınlarının uygun açıda tarama yapıp yapmadığı kontrol edilmiştir. Bu gelen ekranda nesnelerin cihazla olan mesafeleri belirlenmiştir (Şekil 5.9).

Arazi çalışmalarında lazer ışınlarının düşeydeki ve yataydaki uygun açılarını tespit etmek için bu ekrandan yararlanılarak gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Ölçüm düzeneği sehпасının ayaklarının yüksekliği uygun anahtar takımları kullanılarak ayarlanmıştır. Lazerli tarayıcı çok hassas olduğundan bu ayarlamalar çok dikkatli bir şekilde yapılmıştır. Cihazın taradığı alan ‘Field evaluation monitor’ ekranından kontrol edilerek cihazın açısı ayarlanmıştır. Arazi çalışmalarından daha verimli sonuç alınması için ölçüme başlamadan önce sabit nesnelere referans alınıp o noktaya göre cihazda ayarlamalar yapılmıştır.



Şekil 5.9 Ölçüm sırasında görünümü

Arazi ölçümlerinde toplanan veriler MATLAB programında yazılan algoritma ile mesafe okumalarına çevrilmiştir. LMS 511 cihazı için geliştirilen algoritma için öncelikle cihazda kayıtlı tarama verisinin metin dosyası (txt) formatında kaydedilmesi gerekmektedir. Veriyi işlenebilir formatta kaydedip işlemek üzere, dönüştürme ve video oluşturma aşamaları için iki aşamalı bir algoritma geliştirilmiştir İlk aşama algoritmanın temel adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1- Kaydedilen "txt" dosyasının tanıtılması

2- Cihazın açılı aralığı (0.25 derece), hertz ve yaklaşık tarama kayıt süresinin girilmesi: Net süre tüm veri dönüşümü sonunda hesaplanmaktadır. İlk aşamada girilecek süre, yaklaşık tarama zamanının üst bir değere yuvarlanmış halidir.

3- Yaklaşık süre, açılı aralığı ve frekans değerlerinden hareketle veri kaydı için boş matrislerin kurulması: Açılı aralığı boş matrisin kolon sayısını, yaklaşık süre ve frekans ise satır sayısını etkilemektedir. Net süre elde edildikten sonra kayıt matrisinde boş kalan satırlar silinecektir.

4- Metin dosyasının ilk satırının (sayaç=1), dolayısıyla lazerin tek paslık taramasına ait verinin string formatında okunması: Hexadecimal veriler harf de içerdiğinden öncelikle string okuma gerekmektedir. String okuma, yüksek hafıza gerektirdiğinden her bir paslık tarama sayısallaştırıldıktan sonra bir sonraki satır okunarak döngü tekrarlanmaktadır.

5- String veriler içindeki boşluk karakterlerinin bulunması ve satırın boşluk konumlarından ayrılarak hücre (cell) formatında kaydedilmesi: String veride boşluklar kolon ayrımlarını ifade etmektedir.

6- Cell formatta verinin okunma zamanının (milisaniye mertebesinde) kaydedildiği kısmın çekilmesi ve kaydedilmesi: LMS 511 cihazı için zaman kaydı Cell yapıda 20 ila 31 no.lu hücreler arasında kaydedilmektedir. Kayıt decimal formatta olup, zaman verisi kaydedilirken saat, dakika, saniye ve mili saniye değerleri cell yapıdan doğrudan sayısala çevrilmektedir.

7- Cell yapı içinde cihaza özel olan ve "magic word" olarak adlandırılan "FFFF3CB0" içerikli hücrenin bulunması: "Magic word" verideki tarama kaydı kolonlarının başladığı konumu ifade etmektedir.

8- "Magic word"ten itibaren "190/(açı aralığı)" adet kolondaki okuma konumlarının tespiti: LMS 511, bir pasta toplam 190 derecelik açı tarama aralığına sahiptir. Dolayısıyla her bir açı değerine ait lazer dönüşü, açı aralığının 0.25 derece alındığı düşünülürse 760 adet kolonda kaydedilmektedir.

9- 760 kolonluk hücre kesiminin hexadecimal formattan decimal formata dönüştürülmesi

10- Tarama sırası (sayaç), zaman bileşenleri ve okumaların boş matrisin "sayaç" no.lu satırını kaydedilmesi

11- Sayaçın bir arttırılarak 4. adımdan itibaren işlemlerin tekrarlanarak, sonunda boş satır okuması gerçekleşene kadar tüm verilerin sayısallaştırılması

12- Sayısal matriste yaklaşık süre nedeniyle boş kalan satırların silinmesi

13- Açısal dizinin -5 ila 185 aralığında açı aralığı kadar adımlarla oluşturulması, her bir açının sinüs ve kosinüs değerinin dizi şeklinde hesaplanması

14- X ve Y matrislerinin tarama satır sayısı kadar satır, açısal dizi kadar sütun içerek şekilde boş matris olarak tanımlanması

15- X matrisi için sayısallaştırılmış tarama matrisindeki her bir satırın kosinüs dizisi ile çarpılıp kaydedilmesi

16- Y matrisi için sayısallaştırılmış tarama matrisindeki her bir satırın sinüs dizisi ile çarpılıp kaydedilmesi

17- Tamamlan X ve Y koordinat matrislerinin arka arkaya birleştirilerek tek bir "mat" dosyasında kaydedilmesi: "mat" dosya formatı, MATLAB tarafından oldukça hızlı okunarak işlenebilmekte ve büyük sayısal matrislerin sıkıştırılmış bir formatta kaydedilmesine olanak vermektedir. Bu yüzden koordinatlı veri kaydı için "mat" formatı tercih edilmiştir.

LMS 511 cihazı için oluşturulan ikinci algoritma, ilk aşamada elde edilen X-Y matrisi ve kayıt zamanlarından hareketle, istenilen bir zaman aralığı veya tüm tarama süresi için "avi" formatında video görüntüsü oluşturmaktadır. Algoritmanın temel adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1- X-Y koordinat verisi içeren ve sayısal radyal koordinatlar ile tarama zamanı verisini içeren "mat" dosyalarının okunması, X-Y koordinat dosyasından okunan matrislerin X ve Y matrisleri olarak ayrı ayrı kaydedilmesi

2- Tarama frekansının girilmesi: Video görüntüsünde her bir "frame"nin ne kadar süreyle ekranda kalacağını belirlemektedir. Cihaz saniyede 25 tarama ile çalıştırılmıştır.

3- Video görüntüsü oluşturulacak ilk ve son pas numarasının girilmesi: Videonun tarama verisinin hangi karesinde başlayıp biteceği tanımlanmaktadır.

4- Girilen ilk ve son kare değerleri arasında çalışacak bir döngü oluşturulması

5- İlk kare için tarama zamanının radyal koordinatlı matristen çekilmesi ve saat formatına dönüştürülmesi

6- Karenin X ve Y vektörlerinin genel matrislerden çekilmesi

7- X ve Y vektörleri içindeki, lazerin yansıma hatasından kaynaklanabilecek ortak ekstrem değerlerin elenmesi: 100 m'nin üzerinde çıkabilecek değerler video karesi içerisinde anlamlı bir şekilde ifade edilemeyeceğinden dolayı elenmiştir. Bu tür büyük değerlere sıkça rastlanmamaktadır.

8- Elenmiş X ve Y vektörlerinin "scatter" komutuyla figüre dönüştürülmesi

9- Figür akslarının eşit ölçekte (her iki boyut için aynı aralıkta) kalmasının sağlanması

10- Çizilen aksların başlangıç ve bitiş sınırlarının sabitlenmesi: Video görüntüsü, istenen bir bölge için daha detaylı inceleme sağlamak üzere dar bir aks aralığında da çizdirilebilmektedir.

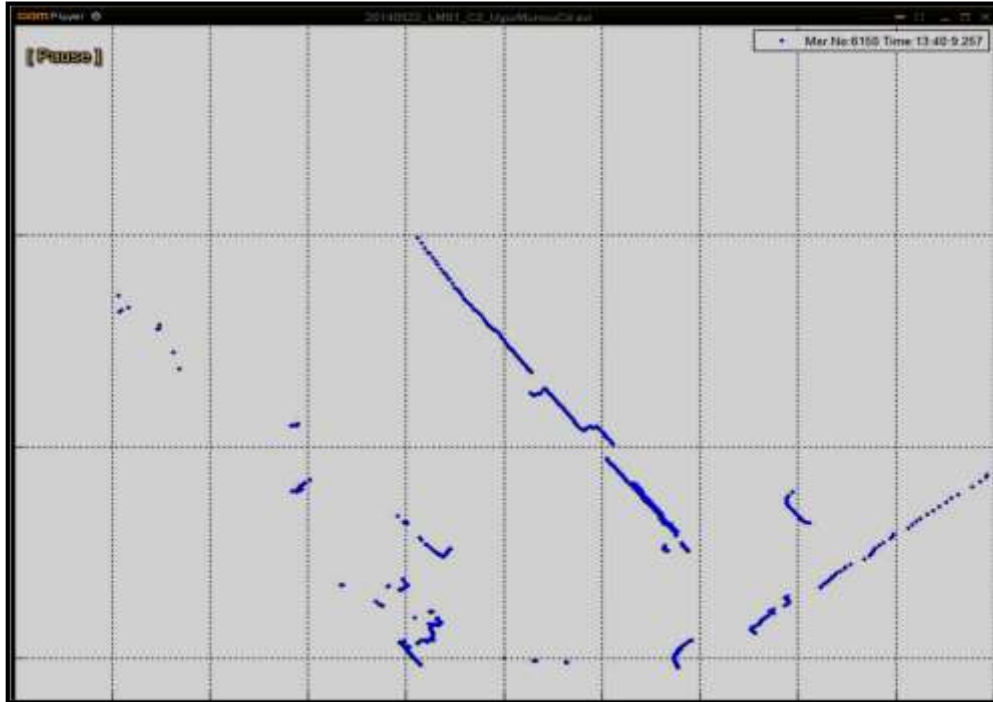
11- Tarama sıra no.su ve 5. adımda çekilen tarama zamanının figüre lejant olarak basılması

12- Oluşturulan figürün video karesi olarak kaydedilmesi

13- Girilen son tarama no.suna kadar döngünün tekrarlanması

14- Figür dizisinin, "VideoWriter" komutuyla ,"FrameRate" frekans değerine ayarlanarak "avi" formatında kaydedilmesi

Sahada ortamın karmaşıklığına ve gerekli mesafelere göre göre farklı etütlerde iki, üç veya dört adet cihaz birlikte kullanılmıştır. Cihazların entegrasyonu için gerekli olan ortak noktaların koordinatları, ikinci aşama algoritma ile oluşturulan videolar yardımıyla bulunmuştur. Ortak noktalar yakalandığında video durdurulup sağ üst köşedeki frame numarası not edilmiştir (Şekil 5.10). Bu numaradaki görüntü MATLAB'da scatter komutuyla girilerek ortak noktanın koordinatı belirlenmiştir.



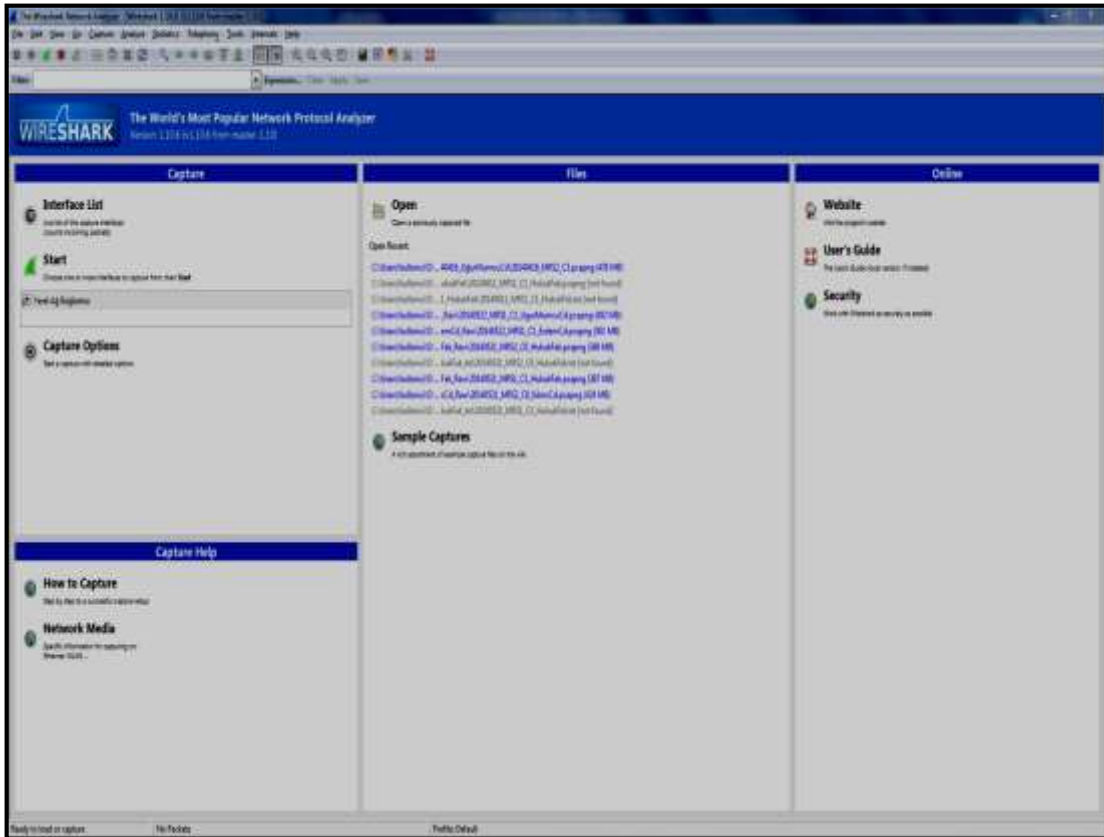
Şekil 5.10 Cihazdan alınan verilerin videosundan görünüm

MATLAB ile oluşturulan videolar kullanılarak ortak noktaların koordinat bilgileri belirlenmiştir.

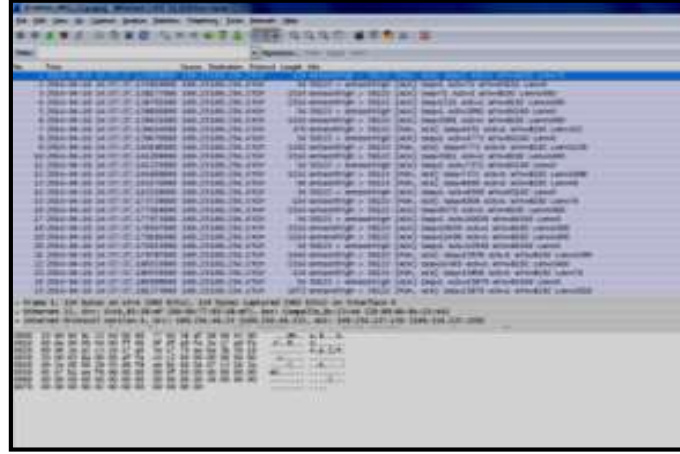
Ortak noktaları belirlerken her bir cihazın bu noktaları görmesi konusunda dikkat edilmiştir. Genel olarak elektrik direği, bina köşeleri, ağaç gibi sabit nesnelere ortak nokta olarak ele alınmıştır. Bu nesnelere belirlendikten sonra scatter komutunda işlenen verilerle noktaların koordinatları bulunmuştur.

5.1.2 LD-MRS Lazerli Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi

Bu cihazdan gelen veri akışı “Wireshark” adı verilen bir “network bilgi akışı okuma” sistemi kullanılarak kaydedilmektedir (Şekil 5.11). Wireshark network trafiğinin, bir grafik arayüz üzerinden izlenmesini sağlayan bir programdır. Uygulamanın kurulu olduğu bilgisayar üzerinden anlık network trafiği izlenebileceği gibi, Wireshark daha önce kaydedilmiş dosyaların incelenmesi amacıyla da kullanılabilir. LD-MRS cihazından gelen veri akışı Wireshark programından sağlanmıştır ve MATLAB programında yazılan algoritma ile cihazdan gelen veriler mesafe okumalarına dönüştürülmüştür (Şekil 5.12).

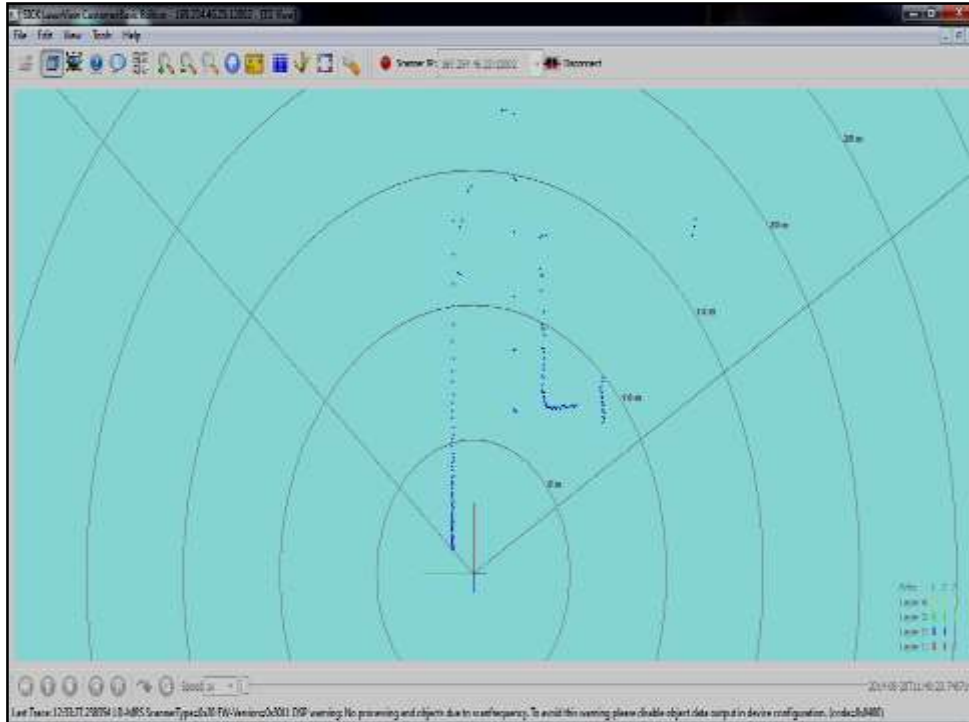


Şekil 5.11 Wireshark arayüz programında veri akışını başlatma



Şekil 5.12 Wireshark programında veri akışı

Arazi çalışmalarında daha sağlıklı veriler elde etmek için cihazın açısı çok dikkatli bir şekilde ayarlanmıştır. Lazer ışınlarının yere veya havaya gitmemesine dikkat edilmiş ve yatayla paralel olacak şekilde uygun aletlerle ayarlanmıştır. Lazerli tarayıcılar, yayaların ayak bilekleri seviyesinde tarama yapacak şekilde daha önceden belirlenen noktalara yerleştirilmiştir. Lazer ışınlarının gidiş açısını ayarlarken bütün arazi çalışmalarında 2. katman açılarak ayarlamalar yapılmıştır. Cihazın olabildiğince uzun menzilde ışınları göndermesi için dikkat edilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 LD-MRS arayüz programında görüntüleme

LD-MRS cihazının görüntüleme arayüzünde mesafe okumaları da görülmektedir. Ekranın sağ alt tarafında da katmanları görülmektedir. Arazi ölçümlerinden önce cihazın ayarını yapmak için sadece ikinci katmanı açılmıştır. Veri kalabalığı olmasın ve ortadaki iki katmandan biri olduğu için sadece mavi katman seçilmiştir. Fakat wireshark programından dört katmanın da açık olduğu şekilde veri elde edilmiştir. Bu verilerden MATLAB programında yazılan kodlarla (x,y) koordinat okumaları elde edilmiştir. Bu (x,y) verileri kullanılarak MATLAB programında video elde etme işlemi yapılmıştır.

LD-MRS cihazından gelen verilerin sayısallaştırılması, kartezyen koordinatlara dönüştürülmesi ve videoya çevrilmesi aşamaları LMS 511 cihazına göre daha karmaşık algoritmalar gerektirmektedir. Saha çalışması sırasında tarama verisinin bilgisayarın RAM bölümünden WireShark yardımıyla çekilerek, veri akışının rahatlatılması gereği olduğundan, WireShark tarafından oluşturulan karmaşık formattaki verinin işlenmesi, LMS 511'e göre ilave ara adımlar gerektirmektedir.

LD-MRS için geliştirilen 1. adım algoritma WireShark aracılığıyla çekilen veriyi sayısallaştırmaktadır. Öncelikle WireShark verisinin metin dosyası formatında export edilmesi gerekmektedir. Bu algoritmanın temel aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1- WireShark programından çekilen gelen txt formatlı dosyanın MATLAB a tanıtılması

2- Cihazın frekans ve yaklaşık tarama kayıt süresinin girilmesi: Net süre tüm veri dönüşümü sonunda hesaplanmaktadır. İlk aşamada girilecek süre, yaklaşık tarama zamanın üst bir değere yuvarlanmış halidir.

3- Boş kayıt matrislerinin kurulması: LD-MRS cihazının her bir nokta okuması 6 farklı değişken ile kaydedilmektedir. Tablo 5.3'te bu 6 değişken görülmektedir. Bu yüzden kayıt matrisi kurulurken her bir pas için 6 satırlık bir bölüm ayrılmıştır. Bir pasta maksimum nokta okumasını 900 civarında gerçekleştirdiği (0.25 derece açı aralığı için), yapılan denemeler ile görüldüğünden, kayıt matrisinin 900 kolondan oluşması gerekmektedir.

4- Metin dosyasından tek bir taramaya ait satırların okunması ve birleştirilmesi: WireShark yazılımı, lazer tarama verilerini çekerken taramanın ilk kolonlarına kendi parametrelerini kaydetmekte ve tarama verisini satırlara bölmektedir. Dolayısıyla metin dosyasından çekilen her bir satırın aynı taramada devam edip etmediğini sınamak gerekmektedir. Bir pas geçişin tamamlanmasının ardından sadece WireShark parametresi içeren kısa satırların geldiği görülmüştür. Dolayısıyla bir pas verisinin tamamlanması için string formatındaki satırların, bu bahsedilen satır yakalanana kadar birleştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 5.1 LD-MRSS nokta okuma kaydı yapısı

Bytes	Offset	Measured point	Data type	Description
1	0	measurement layer	UINT4	Measurement layer of the measured point (starting with 0).
		echo	UINT4	Echo number of the measured point (starting with 0).
1	1	flags	Bit field 8 bits	0x01: transparent point 0x02: atmospheric noise (rain, dust, or similar) 0x08: dirt 0xF0: reserved
2	2	horizontal angle	INT16	Angle of the measured point in angular steps in the sensor coordinate system.
2	4	radial distance	UINT16	Measured distance in the sensor co-ordinate system in cm
2	6	echo pulse width	UINT16	Echo pulse width in cm
2	8	reserved	UINT16	-
	10			

Tab. 10-3: Design of the measured point data

5- Tarama satırında "magic word" kolonunun bulunması: LMS 511 verisinde olduğu gibi cihaza özel "magic word" verinin bu kolondan itibaren tarama verisi olduğunu göstermektedir.

6- "Data Header" olarak isimlendirilen kayıt tanımlama bilgilerinin veriden çekilip byte formatında birleştirilerek decimal formata dönüştürülmesi: Cihazdan gelen her bir mesaj, önceki mesajın boyutu, NTP zamanı gibi tanımlarla başlamaktadır. Öncelikle, Tablo 5.2'de verilen bu tanımlar çekilmektedir.

Tablo 5.2 LD-MRS veri başlığı içeriği

Bytes	Offset	Data header	Data type	Description
4	0	Magic word (0xAFFECOC2)	UINT32	The "magic word" can be used to detect a new message.
4	4	Size of the previous message	UINT32	Supports the backwards navigation in recorded data. Not used in measurement mode.
4	8	Size of this message	UINT32	Supports the decoding of the following message. Specifies the length of the following message without "data header".
1	12	reserved	UINT8	-
1	13	DeviceID	UINT8	ID of the connected device. Not used in the direct connection to an LD-MRS.
2	14	Data type	UINT16	Informs about the following data.
8	16	NTP time	NTP64	Time at which this message has been sent.
	24	Messages	-	Depends on the data type.

Tab. 10-1: Design of the data header

7- Kaydedilen tarama verisinin açıklama kolonlarının çekilip byte formatında birleştirilerek decimal formata dönüştürülmesi: "data header" kısmını ardından 44 byte uzunluğunda tarama verisi açıklaması gelmektedir. Bu verinin içeriği Tablo 5.3'te verilmiştir. Taramanın başlangıç-bitiş zamanları, ölçüm numarası gibi birçok açıklamayı Tablo 5.3'te verilen aç okumaları izlemektedir.

Tablo 5.3 LD-MRS tarama verisi açıklama kolonları

Bytes	Offset	Scan header	Data type	Description
2	0	measurement number	UINT16	This number specifies the number of former measurements and increases with every measurement.
2	2	sensor status	Bit field 16 bits	0x0007: Reserved 0x0008: Measurement frequency reached 0x0010: External synchronisation signal detected 0x0020: Sensor is synchronous 0x0040: Sync. master (instead of Sync. slave) 0xFF80: Reserved
2	4	synchronisation phase offset	UINT16	Phase offset in angular steps between the synchronisation signal and the synchronisation angle.
8	6	start time of measurement NTP	NTP64	NTP Time at start/end of measurement
8	14	end time of measurement NTP	NTP64	
2	22	angular steps per scanner rotation	UINT16	Number of angular steps per rotation of the scanner
2	24	start angle	INT16	Start/end angle of the measurement in angular steps
2	26	end angle	INT16	
2	28	number of measured point	UINT16	Number of measured points of this measurement
2	30	reserved	INT16	
2	32	reserved	INT16	
2	34	reserved	INT16	
2	36	reserved	INT16	
2	38	reserved	INT16	
2	40	reserved	INT16	
2	42	reserved	UINT16	
	44	list of measured points	measured point	List of measured points. Description of the measured point see below.

Tab. 10-2: Design of the scan header

8- Her bir açı okumasına ait altışarlı byte verilerin birleştirilerek decimal formata dönüştürülmesi, veri bloğunun kaydedilmesi: Her açı dilimi aynı tabakadan lazer dönüşüyle okunmadığından, radyal mesafelerin mutlaka açı dilimi ve tabaka numarası değerleri ile birlikte kaydedilmesi gerekmektedir.

9- 50.000'in katına eş tarama adedine erişildiğinde sayısal veri bloğunun "mat" formatında kaydedilmesi: LD-MRS verisinin dönüşümü, yarım saatlik bir gözlem için yaklaşık 16 saat sürdüğünden, sayısallaştırılmış veriler 50.000 taramalık bloklar halinde kaydedilmektedir. Böylece algoritma çalışırken olabilecek hata, elektrik kesintisi vb. durumlarda, daha önce işlenmiş verilerin kaybı önlenmektedir.

10- Boş satır okunana dek okuma ve sayısallaştırma döngüsünün çevrimi

İlk algoritma çok süre aldığından ve bloklar halinde kayıt gerektirdiğinden lazer okumalarına ait radyal değerlerin kaztezyen koordinatlara dönüştürülmesi aşaması ikinci bir aşama olarak ayrılmıştır. İkinci aşamada gerçekleştirilen temel adımlar aşağıdaki gibidir:

1- İlk aşamadaki 50.000 nokta okumalık veri bloklarının okunarak alt alta birleştirilmesi

2- Verisi çekilecek lazer tabaka türlerinin tanıtılması

3- Her bir tarama için ilgili altı satırlık veri bloğunun çekilerek, içinden açı ve radyal mesafe satırlarının alınması, içindeki boş kalan kolonların ayıklanması

4- Açı değerlerinin sinüs ve kosinüs vektörlerinin hesaplanması

5- Taramada X değerleri için radyal mesafe ile kosinüs vektörünün skaler çarpılması, Y değerleri için radyal mesafe ile sinüs vektörünün skaler çarpılması: LMS 511'de açılar her açı adımında eşit aralıklarla devam ettiğinden, tüm koordinatlar tek çarpımla elde edilebilmekteydi. LD-MRS için ise ardışık açı adımları farklı lazer tabakalarına dağılabildiğinden her bir satırın ilgili açı vektörü ile birer birer çarpılıp kaydedilmesi gerekmektedir.

6- Kaydedilen vektörlerin, aynı boyutlu X ve Y matrisleri olarak (LMS 511 verisiyle aynı formatta) birleştirilip kaydedilmesi

X-Y matrisleri elde edildiğinde, veri formatı LMS 511 ile aynı yapıya getirilmiş olmaktadır. Bu yüzden, algoritmada 3. adım olan video oluşturma aşaması, yukarıda LMS 511 cihazı için açıklanan video oluşturma algoritması ile benzer niteliktedir.

Arazi çalışmalarında üç veya dört farklı cihaz aynı anda kullanılmıştır. Cihazlar arasındaki entegrasyonu sağlamak için dört cihazın da tarama alanında bulunan sabit nesnelere belirlenip bu noktaların her bir cihazdaki koordinatı belirlenmiştir.

5.2 Video Kameralar ile Görsel Veri Elde Edilmesi

Çalışmanın hedeflerine uygun olarak, yaya hareketlerinin lazerli tarayıcılar ile incelenmesi esnasında görsel verilerle doğrulanması ve diğer karakteristiklerine ait parametrelerin de hesaba katılması amacıyla, tüm saha çalışmalarında lazer verisi kaydedilirken eş zamanlı

video çekimi yapılmıştır. Daha sonra bu videolar ofiste dikkatle seyredilerek yol kullanıcılarına ait çeşitli bilgiler birer tabloya kaydedilmiştir (Tablo 5.4).

Tablo 5.4 Video görüntülerinden yayaların özelliklerinin belirtilmesi

Yaya								Taşıt					
Zaman	Yön	Cinsiyet	Yaş	Kilo	Yük Durumu	Yük	Yürüme	Zaman	Yön	Taşıt Tipi	Yaşı	Sahiplik	ID
00:16:29	Sola	Erkek	15-25	Normal	Hafif	defter/kitap	Normal	00:11:58	Sağa	Minibüs	Yeni	Ticari	18
00:16:30	Sola	Erkek	15-25	Normal	Hafif	El/kol çantası	Normal	00:12:00	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	19
00:16:37	Sağa	Erkek	15-25	Normal	Hafif	defter/kitap	Hızlı	00:12:02	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	20
00:16:45	Sola	Erkek	25-40	Normal	yok		Normal	00:12:03	Sola	Otomobil	Yeni	Özel	21
00:17:33	Sola	Erkek	25-40	Normal	Hafif	defter/kitap	Normal	00:12:08	Sağa	Otomobil	Eski	Özel	22
00:17:36	Sola	Erkek	25-40	Normal	Yok		Hızlı	00:12:10	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	23
01:17:36	Sola	Erkek	40-65	Normal	Yok		Yavaş	00:12:13	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	24
02:17:36	Sola	Kadın	40-65	Normal	Hafif	El/kol çantası	Yavaş	00:12:16	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	25
00:19:03	Sola	Erkek	15-25	Normal	Yok		Normal	00:12:20	Sağa	Otomobil	Yeni	Ticari	26
00:19:48	Sola	Kadın	15-25	Normal	Hafif	El/kol çantası	Yavaş	00:12:21	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	27
00:19:48	Sola	Kadın	15-25	Normal	Hafif	El/kol çantası	Yavaş	00:12:24	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	28
00:19:49	Sola	Kadın	15-25	Normal	Hafif	El/kol çantası	Yavaş	00:12:25	Sola	Otomobil	Yeni	Özel	29
00:19:49	Sola	Kadın	15-25	Normal	Hafif	El/kol çantası	Yavaş	00:12:26	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	30
00:21:07	Sola	Erkek	15-25	Zayıf	Yok		Normal	00:12:29	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	31
00:21:07	Sola	Erkek	15-25	Normal	Yok		Normal	00:12:32	Sağa	Otomobil	Yeni	Kamu	32
00:21:17	Sağa	Erkek	15-25	Normal	Yok		Normal	00:12:34	Sola	Kamyonet	Eski	Ticari	33
00:23:24	Sola	Kadın	25-40	Normal	Hafif	El/kol çantası	Normal	00:12:35	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	34
00:23:24	Sola	Kadın	25-40	Normal	Hafif	El/kol çantası	Normal	00:12:35	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	35

Aşağıda bir örneği sunulan söz konusu tablolarda, ölçüm esnasında sahayı kullanan tüm yayalara ait cinsiyet, tahmini yaş aralığı, yaklaşık ağırlık (kilo), yük durumu, yük ayrıntısı ve yürüme temposu başlığı altındaki değişkenler kaydedilmeye çalışılmıştır. Ölçüm esnasında yoldan geçen taşıtlarla ilgili olarak ise farklı bir yaklaşımda bulunulmuştur. Taşıtlardan bazıları yayalar ile etkileşime girerken, bir kısmı ise ya ölçüm sahasından geçerken yol üzerinde yaya bulunmamakta veya görünür bir etkileşim meydana gelmemektedir. Ayrıca ölçüm süresinde yolu kullanan taşıt sayısı yayalardan çok daha fazladır ve görsel verilerin elde edilmesi çok zaman almaktadır. Bu yüzden yalnızca yayalar ile etkileşime girdiği görülen taşıtlara ait bilgilerin kaydedilmesi uygun bulunmuştur. Bu bilgiler taşıt tipi, yaklaşık taşıt yaşı ve sahiplik durumu değişkenlerini içermektedir. Gerek yayalar gerekse taşıtlar ait değişkenlerin alabileceği değerler ayrı bir veri doğrulama tablosunda tespit edilmiştir (Tablo 5.5). Tabloya kaydedilen tüm yaya veya taşıtlar için belirli bir noktadan geçtiği zaman (saniye cinsinden) ve hareket yönü de kaydedilmiştir.

Tablo 5.5 Video görüntülerinde dikkate alınan parametreler

Yön	Cinsiyet	Yaş Grubu	Kilo Durumu	Yük Durumu	Yük Ayrıntı	Yürüme Tempusu	Taşıt Tipi	Taşıt Yaşı	Sahiplik
Sağa	Erkek	0-5	Zayıf	Yok	Sirt çantası	Yavaş	Otomobil	Yeni	Özel
Sola	Kadın	5-15	Normal	Hafif	El/kol çantası	Normal	Minibüs	Eski	Kamu
Yaklaşan		15-25	Kilolu	Orta	Alışveriş torbası/çantası	Hızlı	Kamyon		Ticari
Uzaklaşan		25-40	Aşırı kilolu	Ağır	Hamile		Otobüs		
		40-65			defter/kitap		Motosiklet		
		65-100			Evcil hayvan		Bisiklet		
							Kamyonet		

Yukarıda tarif edilen görsel verilerin çalışmanın ilerleyen aşamalarında algoritmalar yardımıyla oluşturulacak yaya ve taşıt izleri ile eşleştirilmesi ve yapılacak analizler sonucu proje amaçlarına ulaşılması hedeflenmektedir.

Burada belirtilmesi gereken husus nihai rapor içinde yukarıda belirtilen yaya sorunlarının görüldüğü ve kontrol noktası olarak seçilen tüm istasyon noktalarına lazer tarama cihazları ile birlikte video kameralar periyodik olarak çıkılıp veri toplama işlemlerinin gerçekleştirildiğidir. Buradaki amaç. Yaya hareketlerinin dönemsel ve mevsimler değişimi hakkında bilgi sahibi olup genel bir değerlendirmede bulunmaktadır.

5.3. Kaza Verilerinin Elde Edilmesi

İncelenen yol kesimlerine ait yaya-taşıtlar kazaları verilerinin alınması, düzenlemesi ile ilgili bilgilere geçmeden önce rapor kapsamında öncelikle trafik kazaları ile ilgili temel bilgilere yer verilmiştir.

Trafik kazaları;

- İnsan (sürücü veya yaya)
- Araç
- Çevre (yol, tesis ve hava şartları)

olmak üzere başlıca üç faktörden kaynaklanabilir.

Trafik kazalarına neden olan insan faktörü, sürücü ve yayaların her ikisini birden kapsamaktadır. Kaza tutanakları üzerinde yapılan istatistik çalışmaları, kazaların çok büyük kısmının sürücü hatalarından kaynaklandığını göstermektedir. Ülkemizde bu oranın, yabancı ülkelere kıyasla daha yüksek olduğu bilinmektedir. Ölümcül kazalar çoğunlukla aşırı hız,

hatalı solama ve geçiş hakkı ihlali sonucu oluşurken, yaralanma kazaları ise geçiş hakkı ihlali, aşırı hız ve yakın takip sonucu oluşmaktadır. Kazaların büyük çoğunluğunu oluşturan hasarlı kazalar ise yaralanma ile sonuçlanan kazaların nedenleriyle hemen hemen aynıdır. Alkol, uyuşturucu ve ilaç kullanımı, yorgunluk, dikkatsizlik, acemilik, yaşlılık, sorumsuzluk, vb. gibi bir takım sürücü hataları da kazaların oluşumunda etki eden faktörlerdir.

Kazaların önemli bir kısmı otomobil sürücüleri tarafından yapılmaktadır. Yaya hataları çoğunlukla yaya geçişlerinde meydana gelmekte ve büyük kısmı da yaşlı yayalardan kaynaklanmaktadır. Park eden vasıtaların arasından çıkan yayaların yarattığı trafik kazaları daha çok çocuklar tarafından yaratılmaktadır.

Her ne kadar yol, araç ve çevresel şartlarının (görüş, meteorolojik ve yol yüzeyi) trafik kazaları üzerinde etkisi olsa da kaza istatistik sonuçlarına göre en ideal şartlarda (örneğin; açık hava ve kuru kaplama şartı, düz kesimli yollar, vb.) trafik kazalarının sayısı ve oranı, kötü şartlarda (örneğin; kaplama yüzeyi yağ veya karlı, çok dik eğimli ve keskin kurbulu, vb.) meydana gelen trafik kazalarından daha fazla olmaktadır. Bu durumun nedeni, ideal şartların bulunduğu gün sayısının çok olması olabileceği gibi, ideal şartlarda sürücülerin daha az dikkat sarf ederek daha hızlı sürmeye eğilimli olmaları ve dolayısıyla daha fazla kaza riski oluşması ile açıklanabilir. Yol ve trafik şartlarına göre sürücü davranışlarının modellenmesi ve sürücü karakteristiklerinin belirlenebilmesi trafik mühendisliğinin bilgi alanı dışında olup, disiplinler arası çalışmayı gerektirmektedir. Zaten son yıllarda ulaşım mühendislerinin de talep etmesi ile psikoloji biliminin içinde trafik psikolojisi alt bilim dalı da oluşmuş ve sürücü davranışları üzerinde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

ABD’de yapılan geniş kapsamlı bir araştırmanın sonuçlarına göre, ölümcül kazaların %60 gibi büyük bir kısmı düz ve eğimsiz kesimlerde meydana gelmektedir (FARS, 1998). Bu değer her ne kadar ABD için geçerli olsa da, yol tasarım ilkeleri ve analiz için dikkate alınması gereken bir değerdir. Yine ABD’de yapılan başka bir çalışmada; arazi kullanımı, kavşak tipi ve yoldaki konumun ölümcül kazalar üzerindeki çarpıcı sonuçları verilmektedir (Tablo 5.6).

Tablo 5.6 Arazi kullanımı, kavşak tipi ve yoldaki konumun ölümcül kazalar üzerindeki etkileri

	Yolda	Banket	Refüj	Yol kenarı	Park şeridi	Diğer	Bilinmeyen	TOPLAM (%)
KENT DIŞI								
Kavşak dışında	35,4	55,3	43,9	61,4	8,5	68,2	26,4	45,9
Kavşakta	12,9	1,9	1,0	2,6	2,4	3,2	0,0	8,9
Yol bağlantısında	1,7	1,1	0,1	1,0	1,2	0,6	3,8	1,3
Demiryolu geçişi	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7
Bilinmeyen	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	0,1
ALT TOPLAM	51,3	58,4	45,0	65,0	12,1	72,2	32,1	56,9
KENT İÇİ								
Kavşak dışında	27,2	36,5	47,8	29,0	85,4	23,5	54,7	27,9
Kavşakta	19,6	4,8	7,0	5,4	2,4	3,7	3,8	13,7
Yol bağlantısında	1,2	0,3	0,0	0,5	0,0	0,3	3,8	0,9
Demiryolu geçişi	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4
Bilinmeyen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0
ALT TOPLAM	48,7	41,6	54,9	35,0	87,9	27,8	67,9	42,9
TOPLAM	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Örneğin; kent içi kavşaklardaki ölümcül kaza oranının kent dışı kavşaklardan daha fazla oluşu, kent dışı yollardaki yol kenarı sabit cisimlere çarpma şeklindeki ölümcül kaza oranının kent içi yollardan daha fazla oluşu ve buna benzer sonuçlar, yol güvenliği ile ilgilenen mühendisin iyileştirme taleplerine nasıl odaklanması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir.

Kavşaklarda meydana gelen ölümcül kazaların arazi kullanımına ve trafik kontrol tipine bağlı olarak dağılımı Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7 Arazi kullanımı ve trafik kontrol tipinin kavşaklardaki ölümcül kazalar üzerindeki etkisi (FHWA, 2001).

Trafik Kontrol Tipi	KENT İÇİ (%)	KENT DIŞI (%)	BİLİNMEYEN (%)	TOPLAM (%)
KontROLSÜZ	35,9	35,8	54,5	35,9
Tek renkli trafik sinyali	35,7	7,3	13,6	24,5
Flaşörlü sinyal	1,9	3,7	0,0	2,6
Sinyalize	1,8	2,3	0,0	2,0
DUR işareti	23,8	49,0	31,8	33,7
YOLVER işareti	0,6	1,8	0,0	1,1
Diğer	0,0	0,1	0,0	0,1
Bilinmeyen	0,3	0,1	0,0	0,2
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0

Yine aynı çalışma kapsamında incelenen, yol yüzeyi ve atmosferik şartların ölümcül kazalar üzerindeki etkisi Tablo 5.8’de sunulmaktadır.

Buraya kadar ölümcül kazalar ile ilgili verilen değerler her ne kadar ABD’de yapılan kapsamlı bir çalışmanın sonucu olsa da kaza oluşum nedenleri hakkında fikir vermesi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

Tablo 5.8 Yol yüzeyi ve atmosferik şartların ölümcül kazalar üzerindeki etkisi (FHWA, 2001).

Yüzey Şartları	Atmosferik Şartlar					
	Normal	Yağmur	Kar/Buz	Sis	Bilinmeye n	Toplam (%)
Kuru	82,1	0,0	0,0	0,9	0,0	83,1
Yaş	3,7	9,1	0,4	0,4	0,0	13,6
Kar	0,4	0,0	1,0	0,0	0,0	1,4
Buz	0,7	0,1	0,6	0,0	0,0	1,4
Kum ve diğeri	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Bilinmeyen	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Toplam	87,2	9,2	2,0	1,3	0,2	100,0

Araç faktörü trafik kazalarında ikinci derece rol oynamaktadır. Araç kusurlarından (fren arızası, yeterli aydınlatma, vb.) kaynaklanan kazaların oranı son derece düşüktür. Son yıllarda araçların teknik özelliklerinde (ABS sistem fren, hava yastığı, emniyet kemeri, yan koruyucu kirişler, koltuklarda baş yastığı, vb.) yapılan değişiklikler ölümcül kazaların azaltılmasını sağlamıştır. Kazaya karışan araçların yaklaşık %75'ini otomobiller, %21'ini kamyonlar, %1'inini otobüsler ve geri kalanını da diğer araçlar (motosiklet, bisiklet, iş makineleri, vb.) oluşturmaktadır. Ayrıca gece sürüşlerinde meydana gelen kazalarda otomobiller için bu oranlar artarken diğer araçlarda belirgin bir azalma görülmektedir. Çevresel faktörler, uygun olmayan yol ve hava şartları olarak ele alınmaktadır. Bu faktörlerin trafik kazalarının oluşmasında az veya çok etkisi vardır.

5.3.1 Trafik Kaza Etütleri

Trafik kaza etütleri;

- Kaza oluşumuna neden olan faktörlerin,
- Kaza oluş nedenleri ve sonuçlarının,
- Kazaların yoğun olduğu kesimlerin,

belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla kazaya neden olan faktörlerin (insan, araç, çevre) kaza yerindeki ayrıntılı planlarının saptanması, sonuçların (ölüm, yaralanma ve hasarların) tespiti, kara noktaların (kaza yoğunluk noktalarının) ve kaza risk bölgeleri haritalarının hazırlanması ile kaza verileri saptanabilecektir. Bu veriler ile kazaların önlenmesi için alınacak gerekli mühendislik ve polisiye tedbirler belirlenebilecektir. Kaza etütleri ile elde

edilen veriler ile belirli bir nokta veya kesim için kaza sonuçları belirlenerek kaza oluşum nedenleri ve kaza önleyici tedbirler saptanabilir. Bu amaçla belirli bir nokta veya kesimdeki kaza sonuçlarını:

- Kaza tipi ve şiddeti,
- Kaza sıklığı,
- Kazaya karışanlar,
- Çevresel şartlar,
- Zaman periyotları,

yönünden sınıflandırmak mümkündür. Kaza tipleri yönünden genel olarak:

- Arkadan çarpma,
- Yandan çarpma,
- Önden çarpma,
- Sol dönüş çarpması,
- Sabit bir nesneye çarpma,
- Yandan sürtme,
- Yaya ile ilgili,
- Yoldan çıkma,
- Parkeden araca çarpma,
- Bisiklet ile ilgili,

şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaların amacı alınabilecek uygun yol güvenlik tedbirlerinin seçimi içindir. Zira her bir güvenlik tedbiri kaza tipine bağlı olarak belirlenmek zorundadır. Tablo 5.9'da farklı kaza tipleri için olası kaza nedenleri sunulmaktadır.

Tablo 5.9 Farklı kaza tipleri için olası kaza nedenleri

Kaza Tipi	Olası Kaza Nedenleri
Sola Dönüşlerde önden çarpma	<p>Sol trafik hacminin büyüklüğü</p> <p>Kısıtlı yanıl görüş mesafesi</p> <p>Çok kısa sarı ışık süresi</p> <p>Özel sol dönü şeridinin olmaması</p> <p>Kavşağa yaklaşımlarda aşırı hız</p>
Sinyalize kavşaklardaki sağ dönüşlerde dik açılı çarpma	<p>Kısıtlı yanıl görüş mesafesi</p> <p>Aşırı hız</p> <p>Sinyalin iyi görünmemesi</p> <p>Uygun olmayan sinyal süreleri</p> <p>Yetersiz aydınlatma</p> <p>Aşırı trafik hacmi</p>
Sinyalize olmayan kavşaklardaki sağ dönüşlerde dik açılı çarpışma	<p>Kısıtlı yanıl görüş mesafesi</p> <p>Aşırı trafik hacmi</p> <p>Aşırı hız</p> <p>Uygun olmayan aydınlatma</p> <p>Uygun olmayan kavşak uyarı levhası</p> <p>Uygun olmayan trafik kontrol araçları</p>
Sinyalize olmayan kavşaklarda arkadan çarpma	<p>Sürücü hatası (Sürücünün kavşaktan haberdar olmaması)</p> <p>Kaygan kaplama</p> <p>Aşırı dönüş yapan trafik hacmi</p> <p>Yetersiz hız</p> <p>Araçlar arasında yetersiz aralık</p> <p>Karşıdan karşıya geçen yayalar</p>
Sinyalize kavşaklara arkadan çarpma	<p>Kaygan kaplama</p> <p>Aşırı dönüş yapan trafik hacmi</p> <p>Sinyalin iyi görünmemesi</p>

	Uygun olmayan sinyal süreleri Yetersiz aydınlatma
Araç – Yaya çarpışması	Kısıtlı yanal görüş mesafesi Yayaların yetersiz korunması Okul geçiş alanları Uygun olmayan sinyalizasyon Uygun olmayan sinyal fazı
Yaş kaplama	Kaygan kaplama Yetersiz veya uygun olmayan yer işaretlemesi
Yoldan çıkma	Aşırı hız Kaygan kaplama Yetersiz aydınlatma Trafik kontrol araçlarının iyi görünmemesi Uygun olmayan yol tasarımı Yetersiz banket Yetersiz yönlendirme tekniği
Sabit nesneye çarpma	Aşırı hız Kaygan kaplama Yetersiz aydınlatma Yetersiz veya uygun olmayan yer işaretlemesi Uygun olmayan yol tasarımı Sabit nesne yol içinde veya çok yakınında Uygun olmayan trafik kontrol cihazları ve bariyer
Park eden vasıtalara çarpma	Aşırı hız Yetersiz veya uygun olmayan yer işaretlemesi Yolda yetersiz park açıklığı Açılacak park etmiş araçlar

	Yasal olmayan park
Yandan sürtme veya önden çarpışma	Aşırı hız Yetersiz veya uygun olmayan yer işaretlemesi Uygun olmayan yol tasarımı Yetersiz yönlendirme tekniği Yetersiz kaplama bakımı Yetersiz düşey işaretleme
Yol ile ilgili kazalar	Aşırı dönüş yapan trafik hacmi Kısıtlı görüş mesafesi Aşırı hız Yetersiz aydınlatma Yol ekseninin uygun olmayan yerleşimi Sapmayan aşırı trafik hacmi

5.3.2. Analiz İçin Talep Edilen Kaza Verileri

2009 yılı başında Trafik Kanunu'nda yapılan değişiklik nedeni ile anlaşma ile sonuçlanan ikili kazalar TRAMER'den; ölümlü, yaralanmalı, kamu araçlarının karıştığı kazalar ile tek aracın bulunduğu kazalara ait veriler Emniyet Genel Müdürlüğü'nden temin edilmeye çalışılmıştır. Rapor kapsamında, Emniyet Genel Müdürlüğü ile yapılan protokol uyarınca Tablo 5.10'da sunulan veriler elde edilmiştir. 2015 yılı Şubat ayında temin edilen özet tablosunda, ölçüm yapılan istasyon noktalarının bulunduğu caddeler üzerinde 2010-2015 yıllarında meydana gelmiş kazaların cinslerine göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 5.10 Emniyet Genel Müdürlüğü'nden alınan kaza verileri

KAZA YILI/KAZA CİNSİ	Yaralanmal ı Kaza	Ölümlü Kaza	Hasarlı Kaza	Yaralı Sayısı	Ölü Sayısı
2010 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	1	0	14	1	0
Uğur Mumcu Caddesi	20	0	28	27	0
Hukuk Fakültesi	2	0	15	3	0
2011 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	6	0	9	6	0
Uğur Mumcu Caddesi	21	0	21	32	0
Hukuk Fakültesi	1	0	5	1	0
2012 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	8	0	12	8	0
Uğur Mumcu Caddesi	30	0	21	38	0
Hukuk Fakültesi	3	0	4	5	0
2013 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	5	0	14	8	0
Uğur Mumcu Caddesi	8	0	55	13	0
Hukuk Fakültesi	1	0	3	1	0
2014 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	6	0	8	6	0
Uğur Mumcu Caddesi	37	0	41	59	0
Hukuk Fakültesi	3	0	6	3	0
2015 YILI					
Kıbrıs Caddesi (Kıbrıs Cd-1 &Kıbrıs Cd-2)	6	0	11	6	0
Uğur Mumcu Caddesi	23	0	35	34	0
Hukuk Fakültesi	2	0	7	3	0

TRAMER ile yapılan ayrıntılı yazışmalarda, kendilerinden belirtilen istasyon noktalarında veri talebi yapılmıştır. Ancak TRAMER, SGK Gelirler İdaresi, Maliye Bakanlığı, Sigorta Denetleme Kurulu ile veri paylaşımı yapabildiklerini belirtmişler ve taleplerimizi geri çevirmişlerdir. TRAMER'den talepler üst seviyede devam etmektedir. Tablo 5.10'da sunulan



veriler TRAMER'den alınması planlanan veriler ile birleştirilerek güncellenecek ve analize dahil edilecektir.

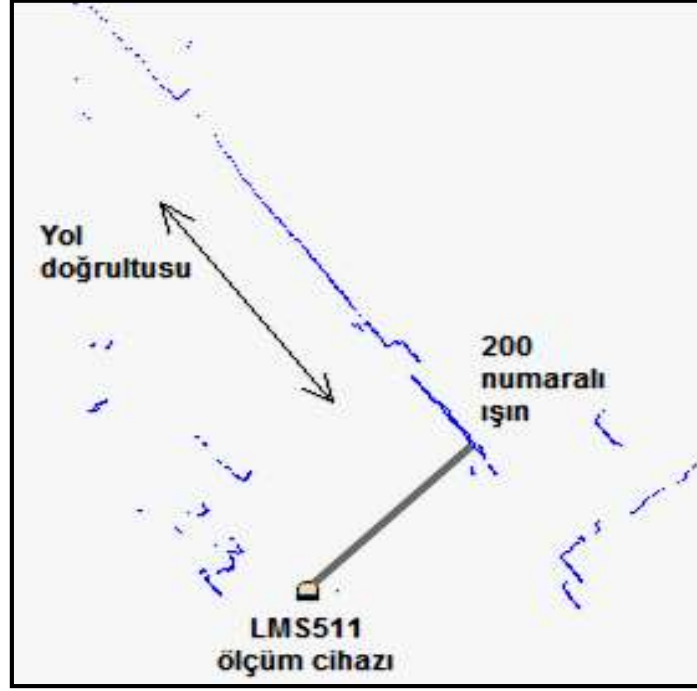
6. VERİLERİN İŞLENMESİ

6.1 Hareketli Ve Sabit Noktaların Sınıflandırılması (Background Subtraction)

Proje kapsamında saha ölçümlerinde farklı tip lazer tarayıcılarla yapılan ölçümlerden elde edilen ham veriler, MATLAB kodlarıyla işlenerek anlamlı veri seti haline getirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan LMS 511 ve LD-MRS lazer tarayıcıların her biri için yazılan MATLAB kodları yardımıyla ham verilerden açı ve mesafe okumaları elde edilmiştir. Sonraki aşamada ise, hem takip algoritmasının daha etkin çalışabilmesi hem de bilgisayarda veri işleme yükünün azaltılması amacıyla hareketli nesnelerin ayrı bir veri tablosu haline getirilmesine çalışılmıştır. Deneylerde kullanılan iki farklı tip lazer tarayıcılara ait veri setlerinde hareketli ve sabit noktaların sınıflandırılması işlemi için aynı yöntem kullanılmıştır. Bu bölümde söz konusu yöntem ile ilgili bilgilere yer verilmektedir.

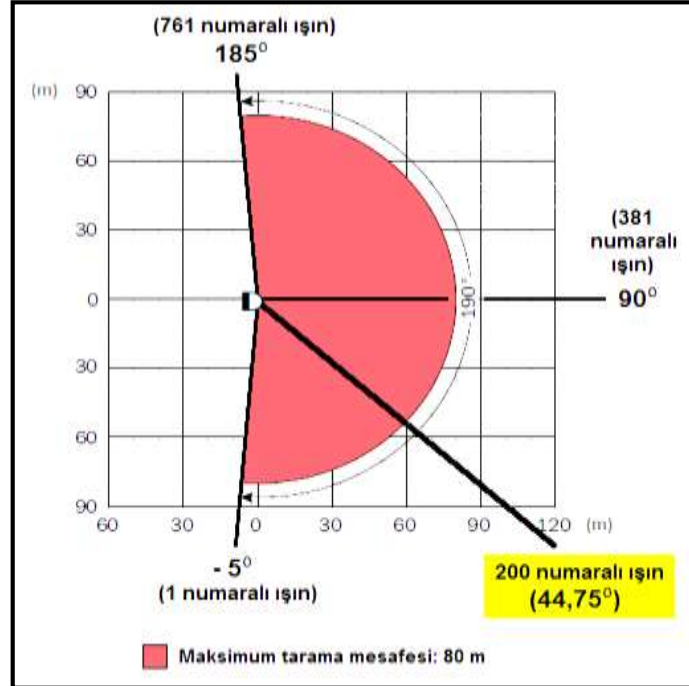
Yöntem, belirli bir açı doğrultusunda ölçüm süresince elde edilen tüm mesafe okumalarına ait histogram üzerinde mod olarak öne çıkan (en çok tekrar eden) mesafe değerinin o doğrultudaki sabit nesneye ait olacağı yaklaşımından yola çıkmaktadır. Daha açık şekilde anlaşılması için söz konusu yaklaşım aşağıda somut bir örnek ile açıklanmıştır:

Şekil 6.1'de 22 Mayıs 2014 tarihinde Uğur Mumcu Caddesi'nden elde edilmiş veri setinden bir kesit sunulmuştur. Bu tarihteki veri toplama çalışmasında dört cihaz (2 şer adet LMS 511 ve LD-MRS) birden kullanılmış olmakla birlikte, şekildeki plan görünümü yalnızca LMS511 lazer tarayıcıya ait bir görüntüdür. Lazer tarayıcıdan elde edilmiş ham veri videosu EK_B1'de sunulmaktadır. Burada, ölçüm sahasının durumu gereğince cihazın tarafsız eksenini (optik eksenini) yol doğrultusuna çapraz olacak şekilde yerleştirilmiştir. Buradaki amaç yolun herhangi bir enkesiti üzerindeki mesafe okumalarının histogramını elde etmektir. Bunun için, yolu enine keserek cihazın bulunduğu kaldırımdan yolun karşısındaki kaldırıma doğru yönelen lazer ışınlarına ait bir açı değeri seçilmelidir.



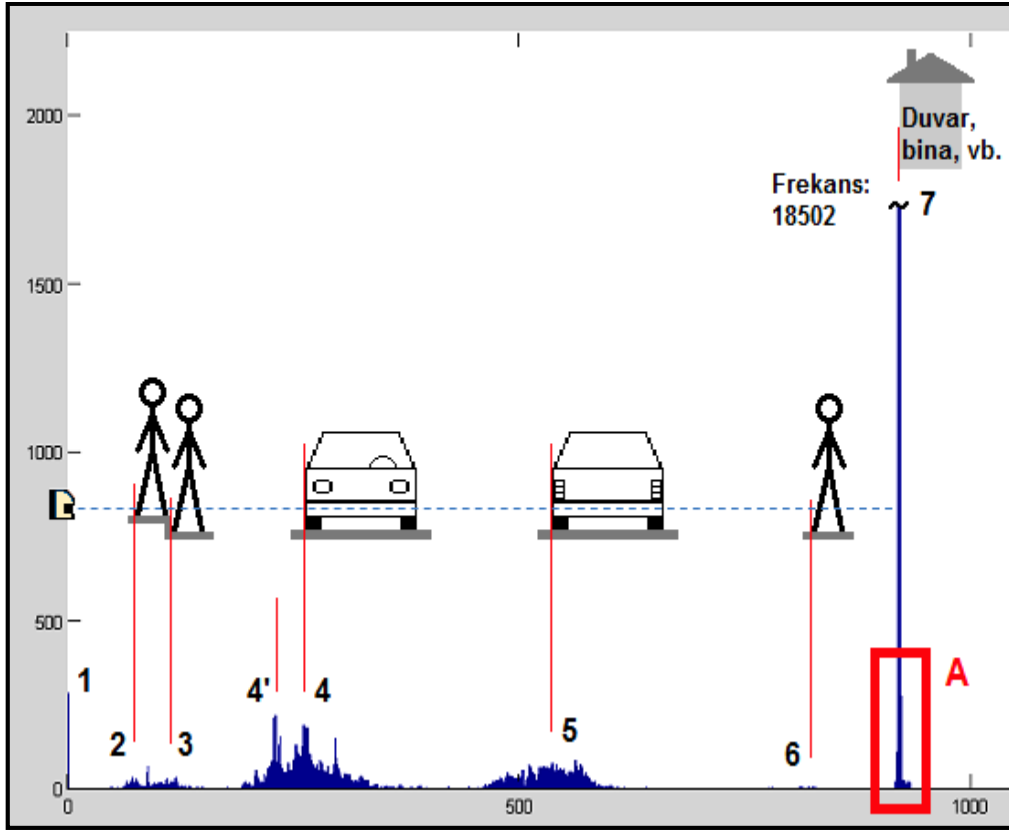
Şekil 6.1 LMS 511 cihazından alınan ham veri setinin görüntüsü

Ayrıntıya olanak vermesi bakımından, örnek olarak seçilen LMS511 cihazının $0,25^\circ$ açısal çözünürlük ayarında 190° aralığında yaptığı 761 adet açısal mesafe okuması Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2 LMS 511'e ait açısal mesafe okuması

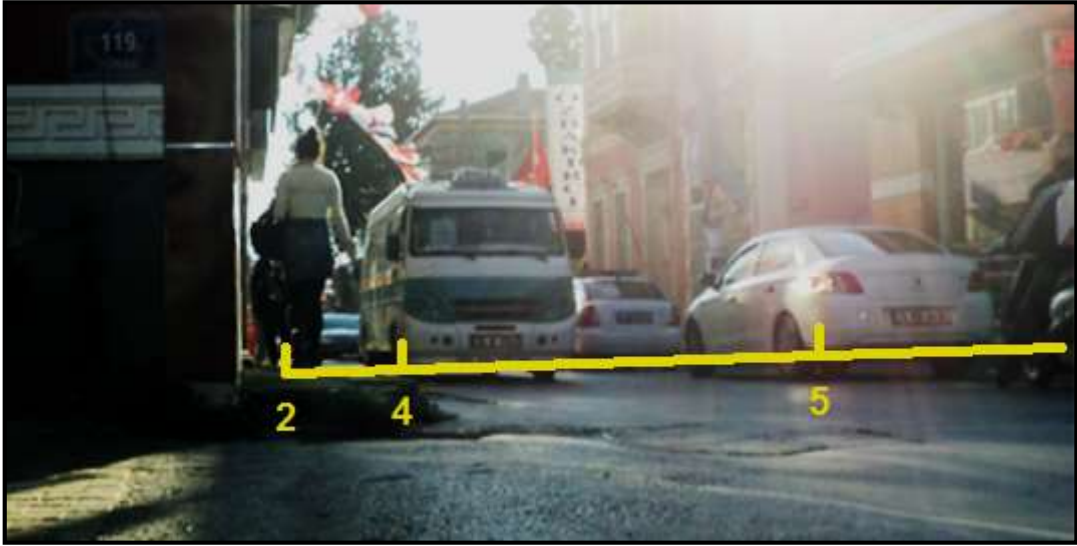
Buna göre, Şekil 6.1'deki yol kesimine ait plan incelendiğinde yaklaşık olarak 45° çevresindeki ışınların yolu enine kestiği ve karşıdaki binanın duvarından yansıdığı görülmektedir. MATLAB'da kod yazım kolaylığı bakımından örnek olması bakımından 200 numaralı ışın ele alınarak buna ait mesafe okumaları matrisi oluşturulmuştur. Bu matriste 47182 adet satır (mesafe okuması) mevcuttur. Bu mesafe değerlerinin histogramı çizdirildiğinde Şekil 6.3'te görülen mavi renkli dağılım elde edilmektedir. Burada histogram grup sayısı olarak maksimum mesafe ölçümü alınmış, böylelikle her bir santimetre değerinin kaç kez tekrar ettiği görüntülenmiştir. Yatay eksen santimetre (cm) cinsinden mesafeyi gösterirken dikey eksen gözlem tekrar sayısını (frekans) göstermektedir. Şeklin solunda LMS511 cihazı görülürken, ölçüm için cihazdan gönderilen lazer ışınları kesikli mavi çizgi ile gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.3 200 numaralı ışının histogram değerlerinin dağılımı

Şekil 6.3'teki dağılım şu biçimde yorumlanabilmektedir: 1 numaralı nokta (ölçüm) kümesi cihazın koruyucu ekranındaki tozlara denk gelen bazı ışınlarla ait olduğu tahmin edilmektedir. 2 ve 3 numaralı kümeler yayalara ait olmalıdır. Burada yaya kaldırımının dar olması sebebiyle yayaların yan yana yürümesi halinde birinin taşıt platformunda yürümesi söz konusudur. 4 numaralı küme cihazın ölçüm alanı içinde sağ (alt) tarafa doğru giden taşıtlara

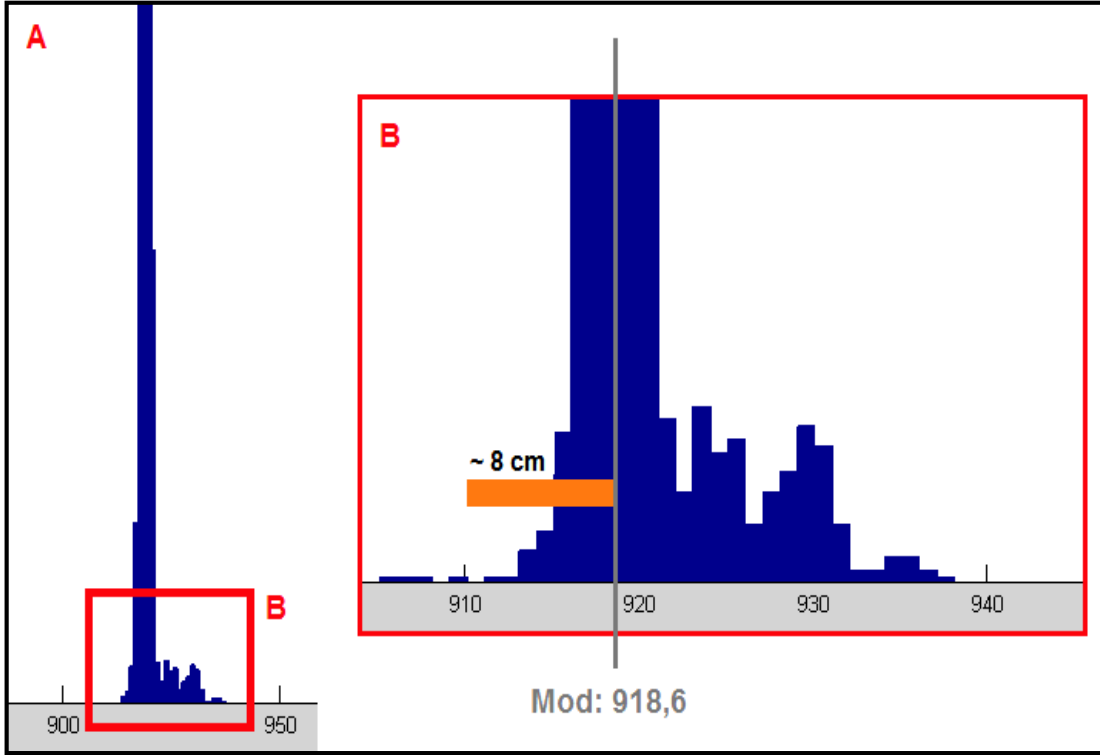
ait olmalıdır. Şekilde noktaların, gerek yaya gerek taşıtların cihaza yakın olan yan yüzeylerinden yansımakta olduğuna dikkat çekilmeye çalışılmıştır. 5 numaralı küme diğer şeritteki ve yöndeki taşıtlara ait olmalıdır. 6 numaralı kümenin yolun karşısındaki kaldırımda veya yolda ilerleyen yayalara ait olduğu düşünülmektedir. 6'da frekansın daha düşük olması, aradan geçen taşıtlara ve yayaların çoğunun yolun diğer tarafını (cihazın bulunduğu kaldırım) tercih etmesine bağlanabilir. 4' ile işaretlenmiş olan kümenin ise belediye otobüsleri gibi, daha geniş olduğu için kaldırıma daha yakın geçmek durumunda kalan taşıtlara ait olduğu düşünülmektedir. Yukarıda tasvir edilen yol kesitinin somutlaştırılması açısından, açıklaması yapılan noktaların incelenen kesite yaklaşık 10 m uzaklıktaki benzer bir kesite ait fotoğraf üzerindeki gösterimi Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4 Ele alınan yol kesiti

Şekil 6.3'te 7 numara ile işaretlenmiş bulunan nokta kümesi üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Çünkü hareketli (foreground) ve sabit (background) nesnelere ait noktaların belirlenmesinde bu kısım belirleyici role sahiptir. Histogram dağılımının mod değeri bu küme içerisindeydir. Moda ait frekans değeri çok büyük olduğundan şekilde diğer kümelerin görüntülenebilmesi için çizim büyütülmüş ve 18502'lik frekans değerine sahip mod grafiği kesilerek gösterilmiştir.


Şekil 6.3'te A dikdörtgeni içerisindeki kısım ayrıntılı incelemeye olanak yaratması bakımından büyütülmüştür (Şekil 6.5-A bölümü). Daha sonra ele alınan kesit üzerinde bir kez daha büyütme yapılmıştır (Şekil 6.5-B dikdörtgeni).



Şekil 6.5 Histogram dağılımında incelenen A bölgesi ve bu bölgenin büyütülerek gösterilmesi

Burada mod'a ait frekansın 18502 olması, yaklaşık yarım saat süresince gerçekleşen 47182 ölçümden 18502'sinin yolun karşısındaki yapının duvarından yansımış olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Bu zirve noktası, diğer nokta kümelerindeki zirve noktaları ile karşılaştırılmayacak kadar yüksektir. Öte yandan, söz konusu duvara ait ölçüm, akla ilk geldiği şekliyle cm cinsinden bir tek mesafe değeri değil, belli sapma miktarına sahip bir dağılım ile kendini göstermektedir. 918,6 cm'lik mod değeri çevresindeki frekans dağılımı Şekil 6.5'te açıkça görülmektedir. Buna göre, mod değerinin yaklaşık 8 cm aşağısında frekans sıfıra inmektedir. Bu dağılımda modun solunda (aşağısında) kalan ve dağılımdaki frekans değerinin sıfırlandığı mesafeye kadar olan mesafe okumalarının, cihazın sistematik ölçüm hatasından kaynaklandığı ve aslında mod ile kendini gösteren duvara ait olduğu kabul edilmiştir. Şekil 6.6'da, kullanılan cihazların teknik belgelerinde verilen ölçüm hatalarına ait büyüklükler görülmektedir.

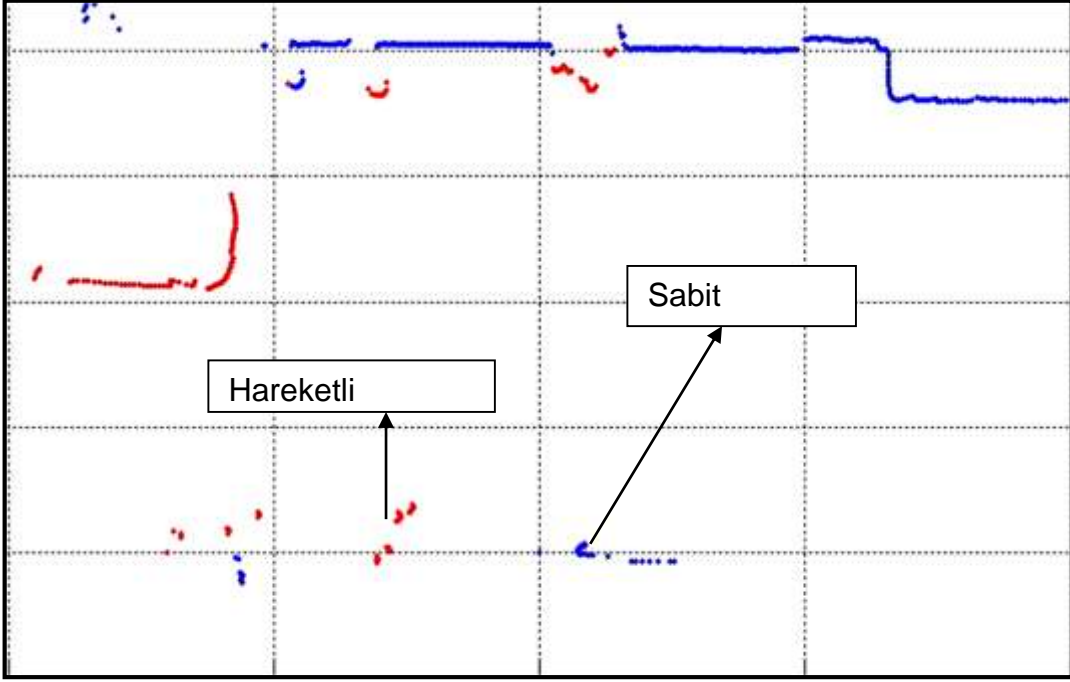
Sonuç olarak, mod etrafındaki dağılım içinde kümelenen bu noktalar gruplandırılarak sabit noktalar (background points) olarak; geri kalan ölçüm noktalarının hareketli noktalar (foreground points) olarak işaretlenmesi ve farklı tablolar halinde kaydedilmesi ile sabit ve hareketli nesnelere ayrılmıştır. Eşik değeri olarak mod'dan 10 cm çıkarılarak bu mesafeden büyük tüm okumalar sabit noktalar sayılmıştır.

LMS511-20100 Pro		
Measurement error 1st reflected pulse ³⁾		
Systematic error (at 10% object remission ⁴⁾)		
High Resolution 1 to 10 m		±25 mm (±0.98 in)
High Resolution 10 to 20 m		±35 mm (±1.38 in)
Statistical error (1σ) (at 10% object remission ⁴⁾)		
High Resolution 1 to 10 m		±7 mm (±0.28 in)
High Resolution 10 to 20 m		±9 mm (±0.35 in)
LD-MRS400001S0		
Statistical error (1 sigma)		100 mm (3.94 in)

Şekil 6.6 Teknik belgelerde belirtilen ölçüm hataları

Duvarın 10 cm yakınından bir yaya veya taşıt geçemeyecek olmasından dolayı hareketli cisimlere ait veri kaybı söz konusu olmadığı varsayılmıştır. Takip algoritmasının daha etkin çalışabilmesi ve bilgisayardaki veri işleme yükünün azaltılması amacıyla (Şekil 6.7) elde edilmiş görüntü karelerindeki aynı pikselleri (arka plan olarak kabul edip) yok ederek, sadece farklı pikselleri ortaya çıkartıp dolayısıyla hareketli olan nesneyi tespit edilmiştir. EK_B2’de örnek olarak seçilen LMS 511 lazer tarayıcıdan elde edilen ham görüntü üzerinde yukarıda ayrıntıları verilen işlemler sonucunda sabit (mavi renk ile kodlanmış) ve hareketli noktaların (kırmızı ile kodlanmış) ayırt edildiği video sunulmuştur.

Arka plan noktaları ile hareketli noktaların (foreground points) ayrılmasını sağlayan kodlar geliştirilirken, işlemin mevcut çalışmadaki trafik ortamında doğru sonuç vermesi için birçok defa kalibrasyon yapılması gerekmiştir. EK_B3’te ise örnek olarak alınan Uğur Mumcu caddesi üzerinde kırmızı renkte ifade edilen hareketli noktaların dökümüne ait video sunulmuştur.



Şekil 6.7 Hareketli ve sabit noktaların gösterimi

Cihazlardan gönderilen bazı ışınlar, caddeye paralel kesimlere denk gelebilmekte, bu durumda makul mesafede hareketsiz nokta olarak nitelendirilebilecek keskin histogram pikleri yakalanamamaktadır. Bu tür durumların ayrımının yapılabilmesi için, histogramda bulunan zirve noktasının ötesinde gözlemlenen ölçüm miktarının, toplam gözlemlerin %1'inden az olması koşulu aranmış, aksi halde ışın dilimi için bir sabit nokta limiti atanmamıştır.

Uğur Mumcu Caddesi üzerinde örnek olması bakımından yalnızca LMS 511 lazer tarayıcıdan alınan ham veriler üzerinde yukarıda ana hatları ile anlatılan işleme yöntemlerinin benzeri diğer lazer tarayıcılar içinde uygulanmıştır. Uygulanan yöntemin karmaşık olduğu kadar duyarlılıkta gerektirdiği için açıklanan işlemler uzun zaman almaktadır. Yapılan uygulamalar diğer istasyon noktalarında da yapıldığı göz önüne alındığında işlemlerin yoğunluğu artmaktadır. Aşağıda sabit ve hareketli noktalarının belirlenmesinden sonraki işlemlere yer verilmektedir.

6.2 Farklı Lazer Tarayıcılardan Gelen Verilerin Birleştirilmesi

Sabit ve hareketli noktaların ayrıştırılmasından sonra ölçüm yapılan sahalarda cihazlar arası mesafeler ve yayaları algılamaya elverişli tarama menzili düşünüldüğünde, ölçüm ve kayıt yapılan yol kesimleri 30 m ilâ 40 m uzunluğunda olup bir yol kesiminde 3 veya 4 farklı cihaz kullanılarak yaya hareketleri ve taşıtların etkileşiminin incelenmesi için konumları ve

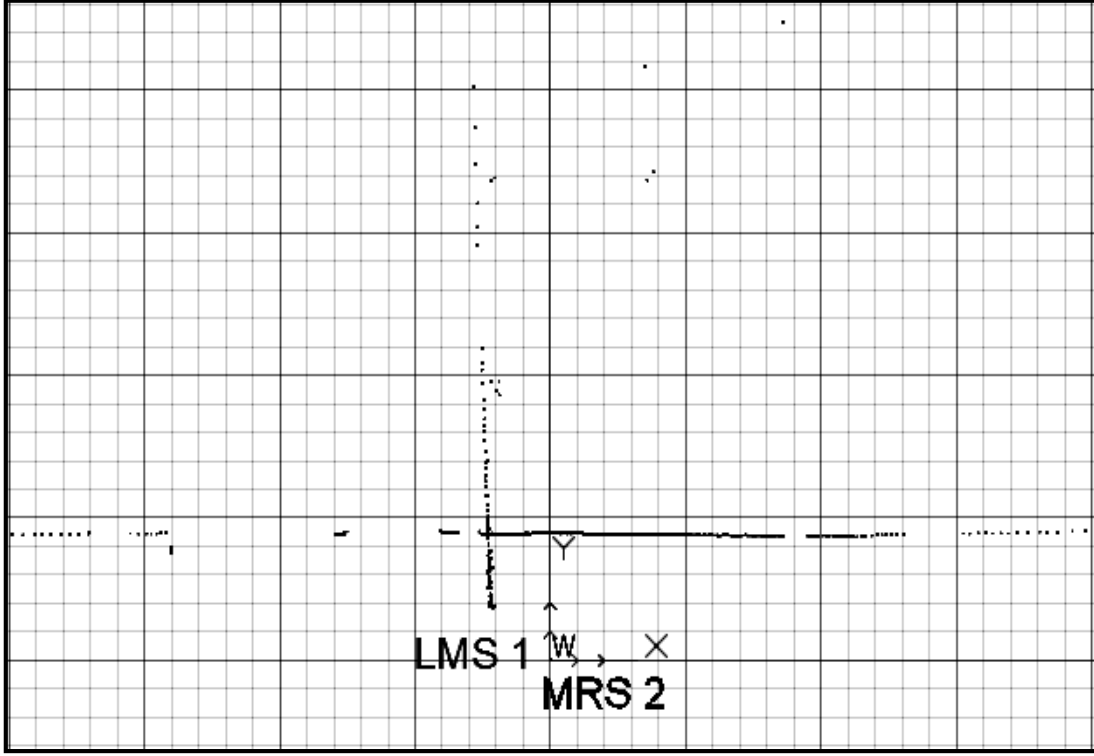
tarama yönleri birbirinden farklı olan lazer tarayıcılardan elde edilen verilerin takip algoritması çalıştırılmadan önce birleştirilmesi gerekmektedir.

Birleştirme işleminde geliştirilen yöntem doğrultusunda yine toplanan veri grupları üzerinde cihazlar için ortak olan birden fazla noktanın her bir cihaz için cihazların bağıl açısı ve bağıl mesafesi kullanılarak hesaplama yapılmaya devam edilmiştir. Bahsedilen bu işlem için MATLAB, AutoCAD ve Excel programları kullanılmıştır. Verilerin birleştirilmesi için izlenen yöntem şöyle sıralanabilir:

1- LMS 511 ve LD MRS cihazlarından elde edilen arka planı çıkartılmış verilerin işlenmesi için mat uzantılı dosyalarının okunması

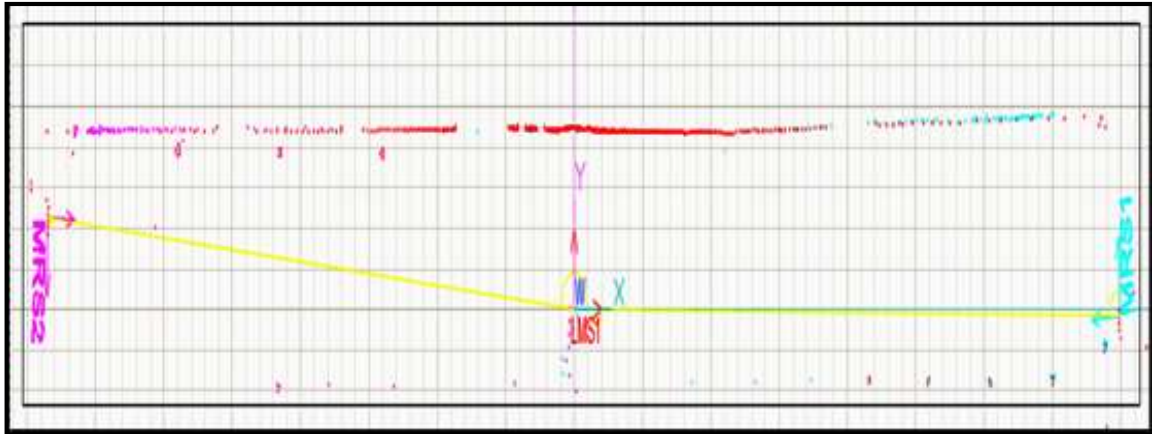
2- LD-MRS ve LMS 511 adlı her bir cihazdan belirlenen ortak bir zaman dilimine ait (örn: 144000000 saat: dk: saniye: salise) her bir cihaz için elde edilen X ve Y kartezyen koordinata ait okumalarından birer arka plan görüntü karesi seçilmesi ve seçilen bu kareye ait verilerin tek kolondan oluşan Excel dosyasına aktarılması

3- Cihazlardan birinin baz alınması ile diğer cihazların baz alınan cihaza göre ortak olan noktalar vasıtasıyla bağıl pozisyonları doğrultusunda örtüştürülmesi: Bir örnekle açıklamak gerekirse, 1 adet LMS-511 ve 2 adet LD-MRS lazer tarayıcıların kullanıldığı Hukuk Fakültesi istasyon noktasına ait verilerin AutoCAD programı yardımıyla, bir lazer tarayıcının X-Y mesafe okumaları önceki maddelerde de bahsedildiği gibi cihazın kendisi, programın X-Y koordinat sisteminin merkezine yerleşecek biçimde etrafındaki nesnelere beraber noktasal olarak çizdirilmiştir. Şekil 6.8'de görüldüğü üzere başlangıçta her bir lazer tarama cihazının kendisi merkeze gelecek şekilde aynı merkeze çizilmektedir.



Şekil 6.8 Aynı merkeze sahip lazerler

Burada cihazlardan biri diğer lazer tarayıcıları görmesi ya da bulunduğu konum nedeniyle birleştirme işleminde kolaylık sağlaması bakımından baz cihaz olarak seçilmiştir. Bu örnekteki baz alınan lazer tarayıcı LMS-511 'dir. Ortak bir nokta seçilmesi ile (ki burada ortak noktalar yaya yolu üzerinde bulunan direkler olarak seçilmiştir) LD MRS1 ve LD MRS2 cihazları LMS-511'e göre saha çalışmasında bulunan yerlerine göre konumlandırılmıştır. (Şekil 6.9). Şekil de pembe ve yeşil renkte iki adet LD MRS ve kırmızı renkte LMS 511 cihazı ile cihazların gördükleri noktalar belirtilmiştir.



Şekil 6.9 Farklı cihazlara ait veri setlerinin bütünleştirilmesi

4- Excel programında oluşturulan tabloya konum ve açı değerlerinin girilmesi: Cihazların açıları ve konumları AutoCAD yardımıyla belirlendikten sonra bu verilerden yararlanmak için Excel'de tablo oluşturulmaktadır (Şekil 6.10). Şekil 6.10'da görüldüğü üzere baz alınan cihazın merkezde bulunmasından dolayı açı değerleri ve X-Y koordinatları sıfır olarak girilmektedir. Diğer lazer tarayıcılar için de x-y merkezinin ana cihaza göre konumu, ana cihazın her bir kaydırılan cihazı gördüğü radyal mesafe açısı (AngMS) ve her bir cihazın ana cihazı gördüğü radyal mesafe açısı (AngSM) belirlenerek Excel dosyasına kaydedilmiştir (Şekil 6.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1				The main should be "1", others "0"	X position according to the Main Device	Y position according to the Main Device	Scanning angle of Sec. Dev. from the Main Dev.	Scanning angle of Main Device from the Sec. De.		
2	Type	Device Cod	Gen. File Name	Main Device?	Xcenter	Ycenter	AngMS	AngSM	Colour	Size
3	LMS	LMS1	20140924_LMS1_C1_HukukFak_2_	1	0	0	0	0	b	761
4	MRS	MRS1	20140924_MRS1_C3_HukukFak_2_	0	1994.0272	-7.9002	359.773	87.307	r	201
5	MRS	MRS2	20140924_MRS2_C2_HukukFak_2_	0	-1925.391	114.1455	176.607	88.456	g	201

Şekil 6.10 Lazer tarayıcıların konumları

5- Cihazların konumu ve birbirlerine göre açısı belirlendikten sonra önceden elde edilen her bir cihaz için radyal mesafelerin bulunduğu "mat" dosyaları ve cihazlara ait açı ve mesafe okumalarının kaydedildiği Excel dosyasının okunması ile MATLAB programı yardımıyla cihazların senkronize olmuş haldeki X ve Y koordinatlarının elde edilmesi: Burada önemli olan nokta Excel tablosunda bulunan cihazların sırasına göre cihazların sayısının belli edilmesi ve senkronizasyona uygun olan lazer tarayıcının seçilmesidir.

Bu aşama için geliştirilen algoritma adımlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Her bir cihaz için sabit ve hareketli noktaları içeren iki ayrı radyal mesafe dosyasının okunması
- LD-MRS türü cihazlar için açı veri kütüğünün okunması: LMS-511 cihazı için açı değerleri her okumada sabit iken, LD-MRS cihazı için seçilen lazer tabakasına göre farklılık göstermektedir. Bu yüzden LD-MRS verisi işlenirken açı veri kütüğü ayrıca kaydedilmekte, bu veriye tüm cihaz verileri birleştirilirken ihtiyaç duyulmaktadır.

iii. Radyal mesafelerin, açı farklılıkları kullanılarak X-Y koordinatlarına dönüştürülmesi: Dönüşüm açısı seçilen ana cihaz için "0" iken, diğer cihazlar için "AngMS+(180-AngSM)" şeklinde hesaplanmakta; bu dönüşüm açısı ikincil cihazların tarama açısı değerlerine ilave edilmektedir. X-Y koordinatları sabit ve hareketli dosya kayıtları için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

iv. Cihazlar arasında gözlemlenen bir zamanlama hatası tespit edildiyse, bunun düzeltilmesi: Bu aşama için manuel olarak tespit edilen saniye farklarının koda girilmesi gerekmektedir. Zamanlaması yanlış cihaz varsa, girilen saniye farkı kadar her bir taramanın zamanı ötelenmektedir.

v. Düzeltilen zamanlar üzerinden, her bir cihazın ortak anlı tarama numaralarının belirlenmesi: Bütün cihazlar aynı anda çalıştırılıp durdurulamadığından, bu aşama için öncelikle cihazların birlikte çalıştığı zaman diliminin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için başlangıç zamanlarının en büyüğü, bitiş zamanlarının en küçüğü alınarak tüm cihazlardan bu aralık içindeki kayıtları çekilmektedir. Her bir cihazın eş zamanlı tarama kayıt numaraları, senkronizasyon için referans alınan bir cihazın kayıtlarına diğer cihazlardan en yakın kaydın eşleştirilmesi ile bulunmaktadır.

vi. Eşleştirilmiş tarama kayıtlarına ait X-Y değerlerinin, cihaz merkezlerine ait koordinat değerlerinden hareketle kaydırılması ve ortak tarama kaydında birleştirilmesi: AutoCad görüntüsünden ölçülerek Excel e kaydedilen cihaz merkez koordinatları, "iii" no.lu aşamada hesaplanmış X-Y değerlerine ilave edilmektedir.

vii. Koordinatları kaydırılan her bir cihaza ait X-Y matrislerinin yan yana birleştirilerek, hareketli ve sabit noktalar için ayrı dosyalar halinde kaydedilmesi: Bu aşamada ayrıca, her bir cihazdan gelen X-Y verisi kolon sayısı kayıt altına alınmakta, birleştirilmiş dosyadaki hangi kolonların hangi cihazdan geldiği belirlenmiş olmaktadır. Kolon sayıları Şekil 6.10'da örneği verilen Excel dosyasının son kolonuna (size) kaydedilmektedir. Bu kayıt, birleştirilmiş verilerden video oluşturulurken her bir cihazdan gelen verinin farklı renkte çizilmesine olanak vermekte (Şekil 6.10 "colour" kolonu), böylece cihazların veri örtüşmeleri görsel olarak kontrol edilebilmektedir.

6- Elde edilen koordinatlar doğrultusunda video oluşturulması: Video oluşturulurken Video oluşumu sırasında algoritma içinde bulunan XminR, XmaxR, YminR ve YmaxR videonun sınırlarını göstermektedir. Bu sınırlar videonun max ve min değerleri yuvarlatılarak dış sınırlar belirlenmektedir. Bu değerlerin ilk belirlendiği satırlar ise:

$$X_{minR}=(\text{fix}(X_{min}/100)-1)*100;$$

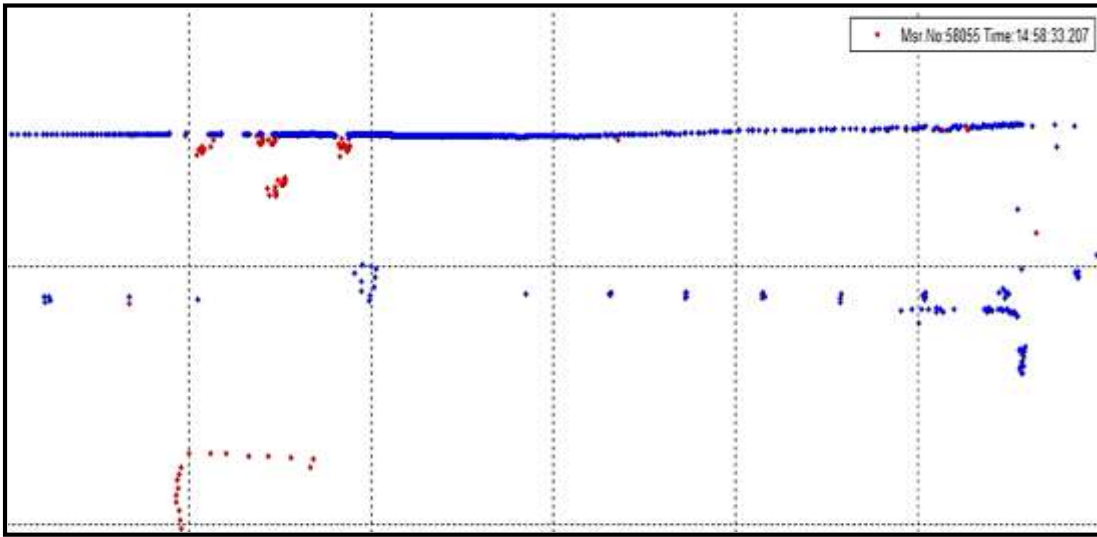
$$X_{maxR}=(\text{fix}(X_{max}/100)+1)*100;$$

$$Y_{minR}=(\text{fix}(Y_{min}/100)-1)*100;$$

$$Y_{maxR}=(\text{fix}(Y_{max}/100)+1)*100;$$

Ayrıca video oluşturulurken bir önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılan hareketli ve sabit noktaların sınıflandırılması işlemi göz önünde tutulmuş ve burada kullanılan veri setleri üzerinde de kullanılmıştır. Daha önce de anlatıldığı üzere aynı pikseller ve farklı pikseller tespit edilmiş ve aynı pikseller elenerek hareketli nesnelere temsil eden farklı pikseller belirlenmiştir. Şekil 6.11’de Hukuk Fakültesi’nde elde edilen veri setlerinin birleştirilmesi sonucu meydana gelen videodan örnek bir kesit sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü üzere hareketli noktalar kırmızı renkle, sabit noktalar ise mavi renkle temsil edilmektedir.

Bütünleştirilmiş (entegrasyonu yapılmış) veri setinde hareketli ve sabit noktaların gösterimi ile ilgili videolar EK_B4’te yalnızca hareketli noktaların gösterimi ile ilgili video ise EK_B5’te sunulmuştur.



Şekil 6.11 Bütünleştirilmiş veri setinde hareketli ve sabit noktaların gösterimi

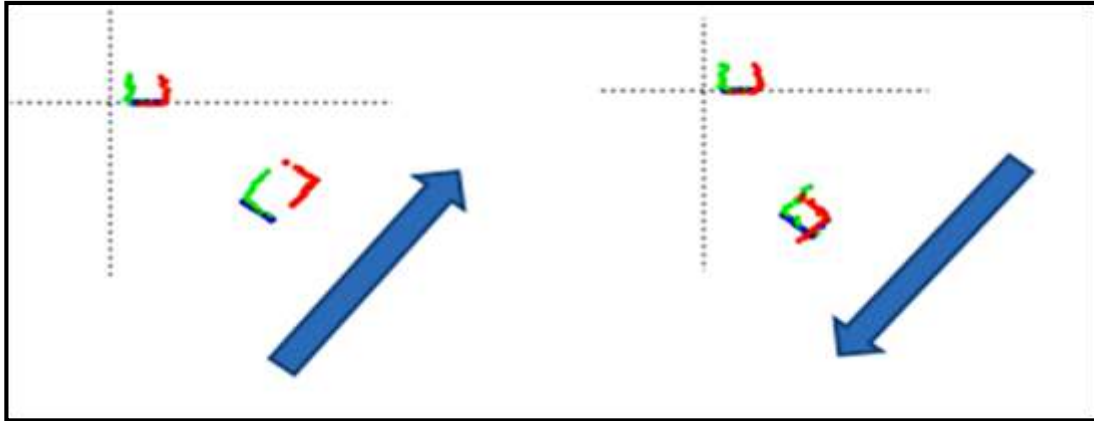
Entegrasyon işlemi yapılırken ortamda bulunan yayaların ve araçların aynı anda bütün cihazlar tarafından aynı şekilde görülmesi için daha da duyarlılık gerektiren zaman senkronizasyonunun uygulanması önemli bir faktör haline gelmektedir.

Kullanılan cihazlardan gelen verilerin bütünleştirilmesi sırasında zaman senkronize sorunu çıkmaması için yapılan işlemlerin dikkatli bir biçimde yapılmasına rağmen kimi durumlarda birleştirilen verilerde zaman sorunu olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorunu çözmek amacıyla laboratuvar içerisinde ve bina koridorlarında bir takım deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney için

kare prizma olan bir kutu kullanılmıştır. Kare prizma kutu kullanılmasının sebebi her bir cihazın, kutunun aynı boyuttaki yüzünü görmesi ve senkronize yapılırken daha doğru sonuçlar elde edilecek olmasıdır. Daha sonra her lazer tarama cihazın kare prizma kutuyu görebileceği bir açıdan kutu ip yardımıyla çekilmiştir. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi birleştirme işlemi AutoCAD, MATLAB ve Excel programları kullanılarak tamamlanmıştır.

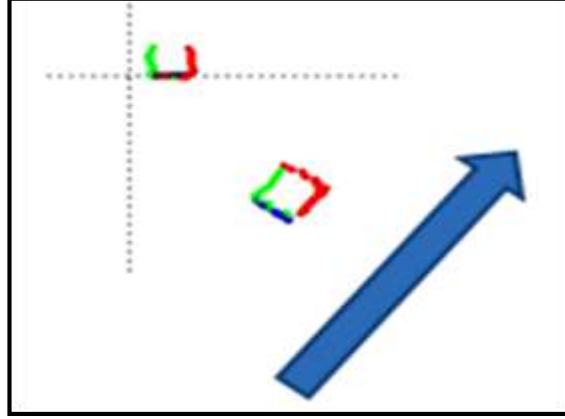
Burada dikkat edilmesi gereken nokta ise yukarıdaki 4. maddede bahsedilen her bir cihazın konumu ve bağlı açısının Excel dosyasına işlenirken aynı zamanda hangi cihazın verilerde zamansal olarak geri ya da ileri olduğu anlamak için her bir cihazdan gelen verinin farklı bir renkte simgelendiği durumda colour (renk) adlı sütuna işlenmesidir (Şekil 6.11). Bu işlemler yapıldıktan sonra cihaz verilerinin entegre olmuş halinin videosu oluşturulmuş ve zamansal olarak problem yaşayan cihaz tespit edilmiştir.

Şekil 6.12'de görüldüğü üzere zaman senkronizasyonu olmadan önce kare prizması olan kutunun kenarlarında kayma mevcuttur.



Şekil 6.12 Kalibrasyon öncesi

Yukarıda açıklanan sorundan yola çıkarak cihazlardan birinin zaman satırı sabit alınarak diğer cihazların zaman satırları baz alınan cihaza göre manüel olarak saniye mertebesinde ayarlanmış ve yapılan bu ayarlardan sonra zaman senkronizasyonu sorununun ortadan kalktığı ve bütün cihazların nesnelere aynı zaman diliminde gördüğü gözlemlenmiştir (Şekil 6.13)



Şekil 6.13 Kalibrasyon sonrası

6.3. Yaya ve Taşıt İzlerinin Oluşturulması

Yaya yolu sorunlarının yaya hareketlerine etkisi ve ortaya çıkan yaya-taşıtlar etkileşiminin irdelenmesi için trafikteki kullanıcılara ait izlerin özel bir algoritma aracılığı ile oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan bu algoritma yardımı ile izleri çıkartılan nesnelerin anlık hızları, yönleri, mesafeleri ve birbirinden uzaklıkları analiz edilebilecektir. Bu bölümde, lazer tarayıcılar ile toplanan veriler kullanılarak yaya ve taşıt izlerinin çıkartılması amacı ile üzerinde çalışılmış bulunan **optik akış (optical flow)**, **X-Y koordinat verisi ile kümeleme (k-means ve hierarchical clustering)** ve **blob analizi** yöntemleri ayrıntıları ile ele alınmış, birbirlerine göre üstünlükleri vurgulanmıştır.

6.3.1. Optik Akış (Optical Flow) Yöntemi

Bu bölümde arazi çalışmalarında elde edilen veriler birleştirildikten sonra yaya ve taşıtların ayırt edilebilmesi amacıyla aşağıda ayrıntıları bulunan ve simulink ortamında çalıştırılan optical flow (optik akış) yöntemi hakkında bilgiler sunulmuştur.

Optik akış, iki frame arasındaki farkı alarak nesnelerin hareketini algılayıp, görüntüdeki nesnelerin takibini sağlamaya yarayan bir yöntemdir. Optik akış yöntemi ile takip edilen her pikselin hareket vektörü çıkartılır. Çıkartılan bu vektörün açısı ve büyüklüğü hareketin karakteristiği hakkında bilgi vermektedir. Takip edilen pikseller aynı nesne üzerinde ise aynı yönlü bir hareket sergileyecekler ve bunun sonucunda benzer optik akış vektörlerine sahip olacaklardır. Optik akış yöntemi, takip edilen temsil noktasının küçük bir alanda yer değiştirdiği ve kameranın görüş açısına giren parazitler nedeniyle büyük desen değişikliklerine uğramadığı durumlarda yüksek başarımla çalışmaktadır. Takip noktasının

görüntü çerçevesi geçişlerindeki yer değiştirmesinin büyük olduğu durumlarda ise başarı oranı düşmektedir.

Optik akış tahmini; hedef izleme, model tanıma ve diğer görüntü işleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Optik akış, robot biliminin yanı sıra video kodlama gibi farklı uygulamalarda da kullanılır. Video kodlamada, parlaklığı değişmeyen piksel bloklarının hareketi temel alınır. Robot biliminde ise çarpışmadan kaçma ve rota belirleme için daha karmaşık optik akış algoritmaları geliştirilmiştir.

Ardışık görüntü dizilerinin işlenmesindeki esas problem; optik akışın veya görüntü hızının ölçme zorluğudur. Buradaki genel amaç, iki boyutlu hareket alanına yaklaşık bir hesaplama yapmaktır. Optik akış hesaplaması için birçok yöntem ileri sürülmüştür ve günümüzde hala yeni yöntemler ortaya çıkmaya devam etmektedir. Optik akış teknikleri aşağıda bahsedilen üç gruptan birine bağlı olarak sınıflandırılabilir:

- Fark teknikleri: uzay-zamansal şiddet türevlerinden görüntü hızını hesaplar.
- Frekans-temelli teknikler: hız ayarlı filtre çıkışındaki enerji/faz bilgisini kullanırlar.
- Eşleştirme teknikleri: az sayıda görüntüden (genellikle iki veya üç görüntü dizisinden) değişik görüntü özelliklerini eşleştirerek görüntü hareketini hesaplar.

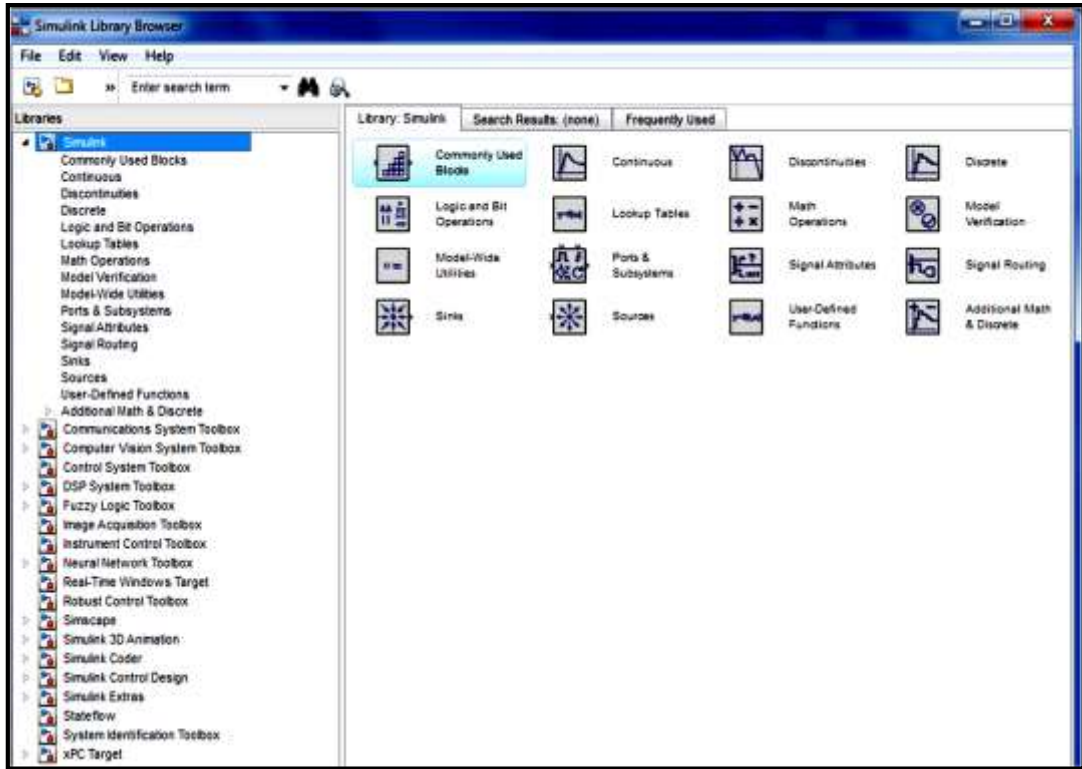
Bu üç grup yaklaşım arasında uygulama ve performans farklılıkları olmasına karşın genelde birçok bakımdan denk olarak gösterilmektedirler. Genel yapısı bakımından bu teknikler üç işleme aşamasına dayanarak incelenebilir:

1. Görüntü üzerinde ilgilenilen işaret yapısını elde edebilmek ve işaret/gürültü oranını arttırmak için alçak-geçiren veya bant-geçiren filtre kullanarak ön-filtreleme veya yumuşatma,
2. Hızın normal bileşenlerini hesaplamak için temel ölçümlerin hesaplanması; örneğin uzay-zamansal türevlerin elde edilmesi,
3. İki boyutlu akış alanını üretebilmek için ön filtreleme ve temel hesaplamaların entegrasyonunun yapılması.

Proje dahilinde yukarıda adı geçen Fark tekniği yöntemi ve bu yöntem dahilinde Horn ve Schunck modeli lazer tarayıcılardan elde edilen veriler üzerine uygulamaya çalışılmıştır. Adı geçen model MATLAB'in alt fonksiyonlarından biri olan **Simulink** programında ele alınan iki modelden bir tanesidir (diğer model ise Lucas-Kanade olarak adlandırılmaktadır). Horn ve Schunck modeline göre optik akış, görüntü dizilerindeki yerel türevler üzerine kurulu yerel

görüntü hareketi yaklaşımıdır. İki boyutlu görüntüde yerel türevler hesaplanarak her görüntü pikselinin ardışık görüntüler arasında ne kadar ilerlediği belirlenir. Optik akış, gözlenen görüntülerin uzaysal düzenlemesi ve bu düzenlemenin değişim oranı hakkında yararlı bilgiler vermektedir. Hareket eden görüntüler görüntü parlaklığında zamansal değişimlere neden olmaktadır ve tüm bu zamansal şiddet değişimlerinin sadece harekete bağlı olduğu varsayımı yapılmaktadır.

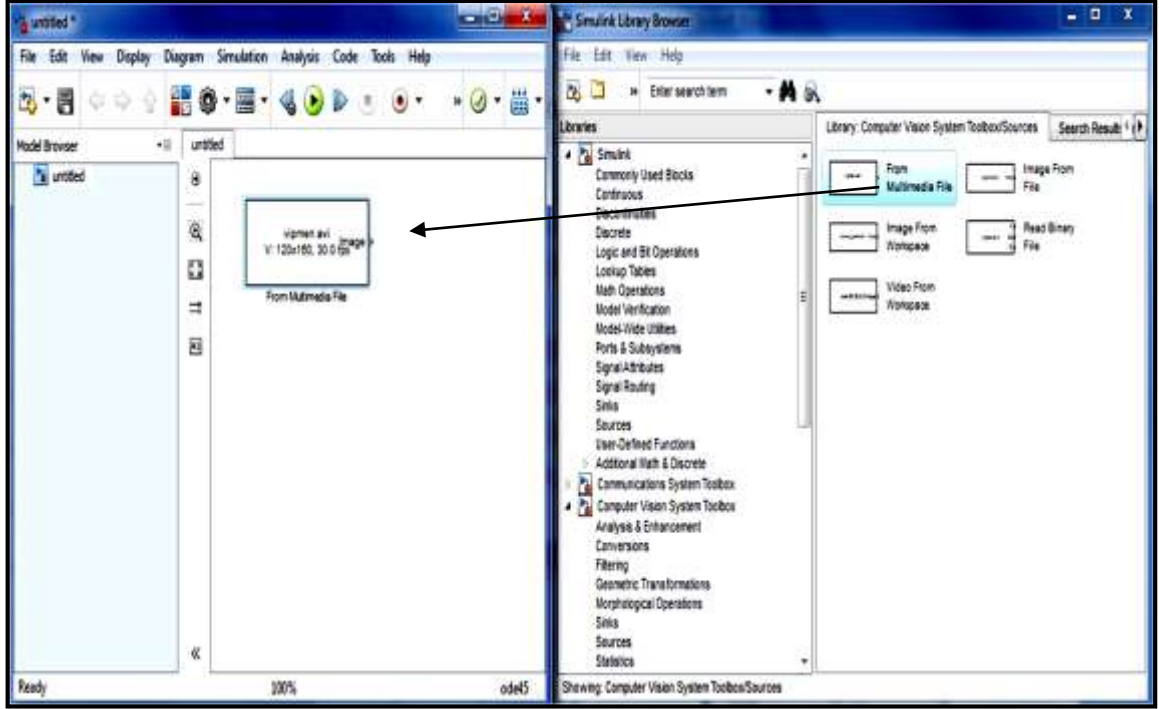
Yukarıda ifade edildiği üzere, Simulink programı sistemlerin simülasyonu, modellenmesi ve analizi için kullanılmaktadır. MATLAB'de fonksiyonlar halinde kullanılan komutlar Simulink'te menülerin altında bloklar halinde bulunmaktadır. Bu bloklar sayesinde doğrusal ve doğrusal olmayan sistemler daha basit bir şekilde modellenebilmektedir. Simulink video ve image processing blockset ile videoların okunması, yazılması, videolardaki hareketlerin ve nesnelerin algılanması ve bu nesnelerin takibi sağlanmaktadır. MATLAB programının arayüzünde Simulink Library butonuna tıklayarak Simulink bloklarına erişilebilmektedir (Şekil 6.14).



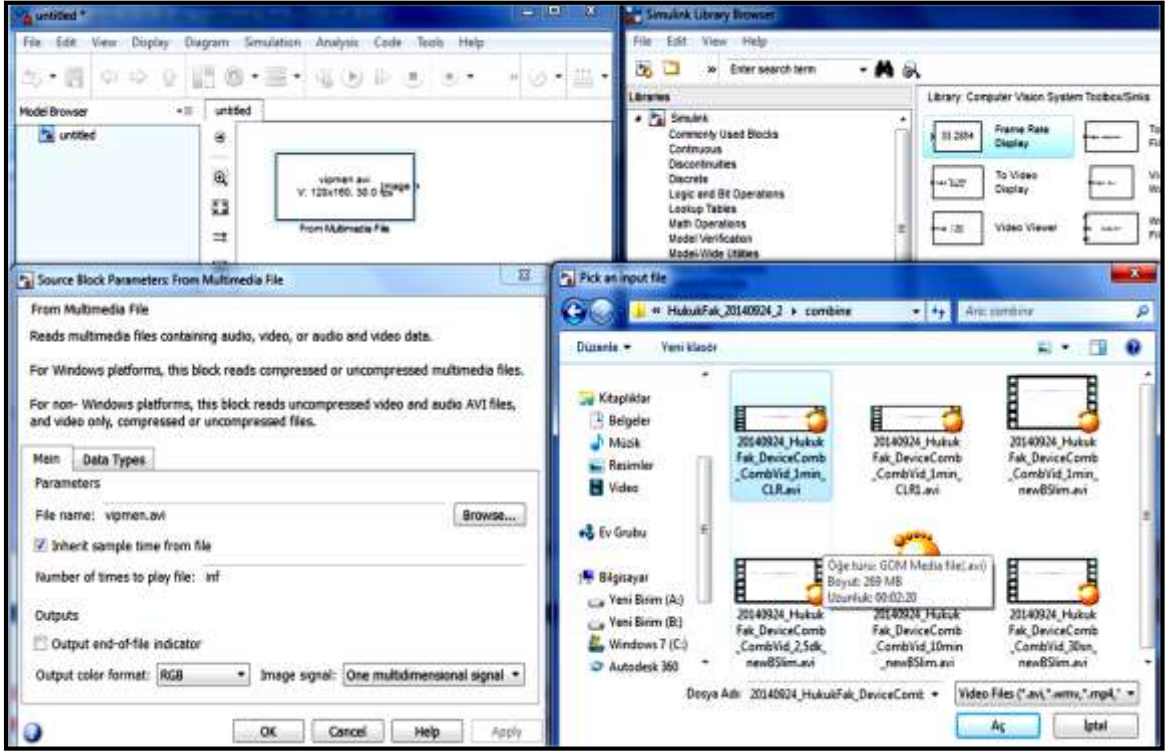
Şekil 6.14 Simulink programının ara yüzü

İlk olarak Simulink bloklarını eklemek için yeni bir çalışma sayfası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sayfaya 'computer vision toolbox' menüsü altındaki kaynaklar (sources) sekmesinden yer alan 'from multimedia file' bloğu sürüklenerek eklenmiştir (Şekil 6.15).

Lazer tarayıcılardan gelen veriler kullanılarak elde edilen videolar bu bloğa yüklenmiş ve seçilen videonun görselleştirilmesi için 'sink' sekmesindeki 'to video display' bloğu 'from multimedia file' bloğuna bağlanmıştır (Şekil 6.16).

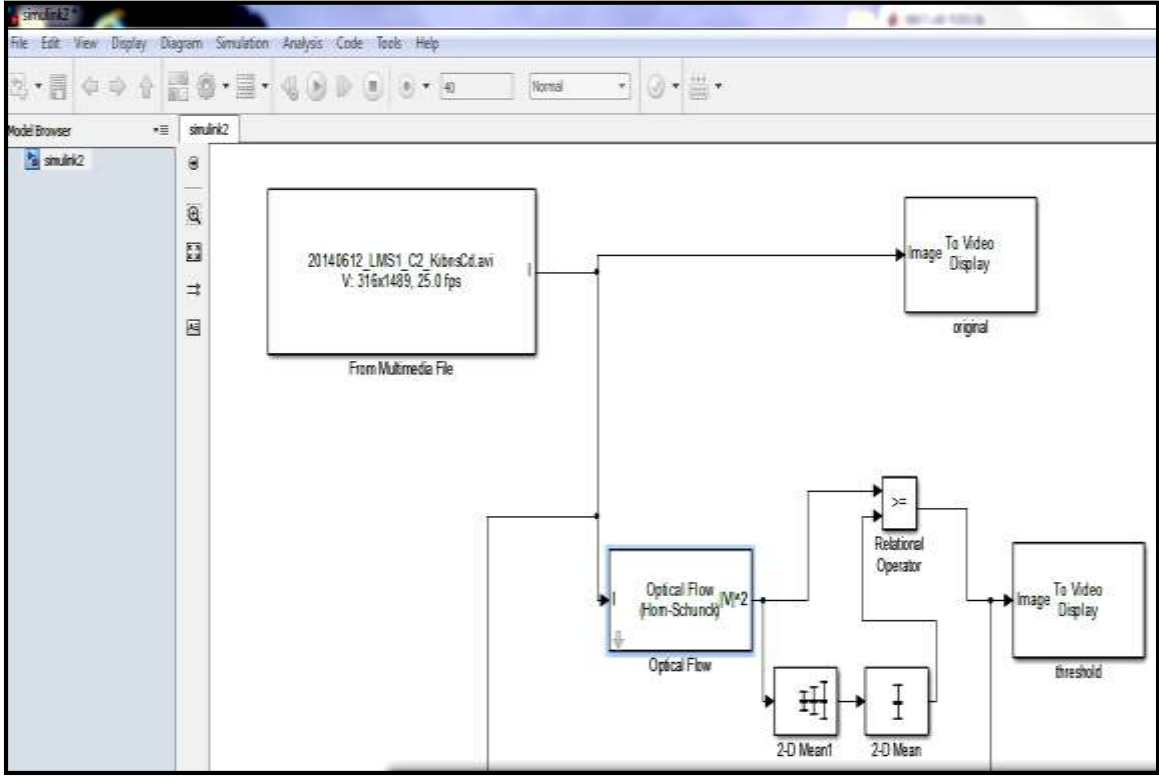


Şekil 6.15 Simulink bloklarının eklenmesi



Şekil 6.16 Simulinkte videonun eklenmesi

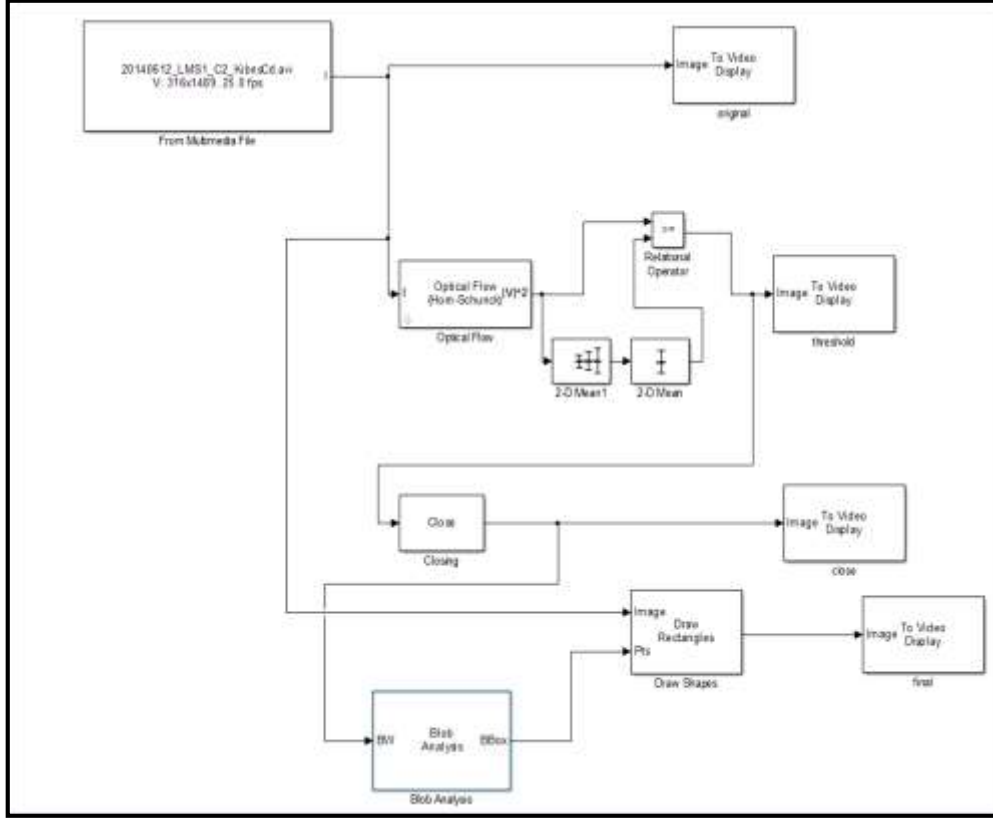
Sonraki aşamada “analysis & enhancement” sekmesi altında bulunan “optical flow” bloğu görselleştirilen görüntüye bağlanmıştır. Burada sisteme eklenen optical flow bloğu tek başına verimli sonuç vermemektedir. Bu sistemin iyileştirilmesi için herhangi bir resmin renk skalasına göre ayırt edilmesini sağlayan simulink ortamındaki en temel görüntü işleme fonksiyonu olan threshold özelliğinin kullanılması gerekmektedir. Threshold genellikle resmi binary resme yani ya siyaha ya beyaza çevirmek için kullanılan bir tekniktir ve genel olarak belirlenen bir sınır değeriyle resmin tüm piksellerinin teker teker karşılaştırılması ile kullanılmaktadır. Threshold özelliğinden faydalanmak için ‘autothreshold’ bloğunun sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Ancak kullanılan autothreshold bloğu nesnelerin belirlenmesinde istenilen sonucu vermemektedir. Bu yüzden bu bloğu kullanmak yerine nesnelerin takibini daha kolay sağlamak için ‘mean’ ve ‘relational operator’ blokları ile yeni bir threshold oluşturulmuş ve optical flow bloğu ile birleştirilmiştir (Şekil 6.17)



Şekil 6.17 Optical flow ve mean bloklarının eklenmesi

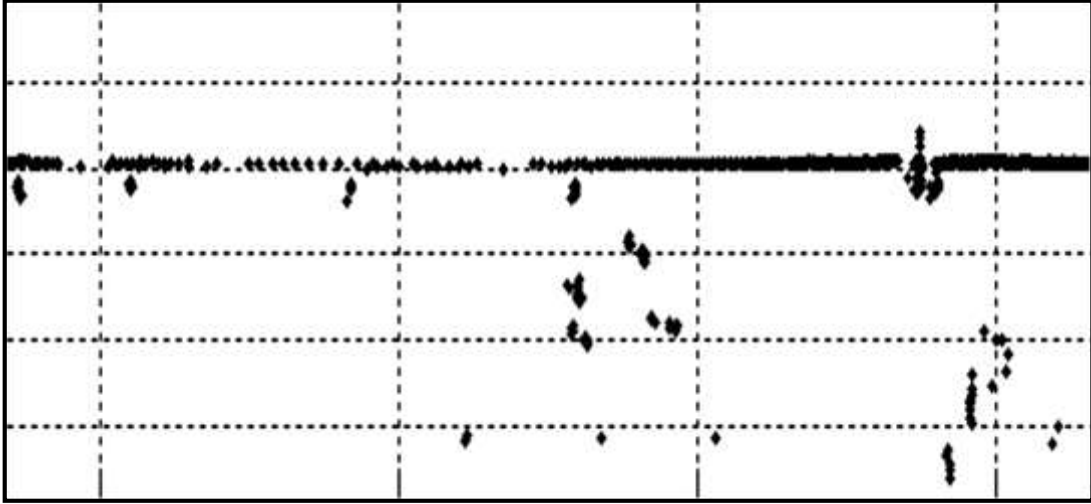
Yeni oluşturulan threshold için eklenen “mean” bloğu, Statistics menüsü altında bulunmaktadır ve görüntüdeki nesnelere köşelerini belirgin hale getirmek için kullanılmaktadır. Ama bu işlem kullanıldığı zaman görüntü üzerindeki gürültülerin (noise) artış gösterdiği görülmüştür. Bu durumun iyileştirilmesi için oluşan gürültüleri yok etmeye yarayan “closing” bloğu sisteme eklenmiş ve her yeni özellik eklendikten sonra görüntünün görselleştirilmesi için bu bloğa ‘to video display’ bloğu bağlanmıştır.

Son aşamaya gelindiğinde, nesne takibinin yapılmasına yardımcı olan ‘blob analysis’ ve ‘draw shapes’ blokları dahil edilmiştir. Blob analizi bloğu dijital görüntüde işaretli bölgelerin istatistiklerini hesaplamak için kullanılır. Bu blok geometrik merkez gibi mekânsal koordinat yerlerini gösteren verileri vermektedir. Blob analizi bloğu dijital görüntülerini hem izleme hem de görüntüleme için kullanılmaktadır. Blob analiz bloğunun kullanılmasının amacı ele alınan görüntüde bulunan nesnelere saydırmak ve bu nesnelere takibini sağlamaktır. Bu işlemleri yapabilmek için ise piksel boyutları tanımlanarak alan sınırlanması getirilmektedir. Alan sınırlanması doğrultusunda nesnelere görüntü üzerinde belirlenmesinden sonra nesnelere çerçeve içine alınması için Draw shapes bloğu kullanılır ve görselleştirme işleminden sonra sistem tamamlanmış olur.(Şekil 6.18)

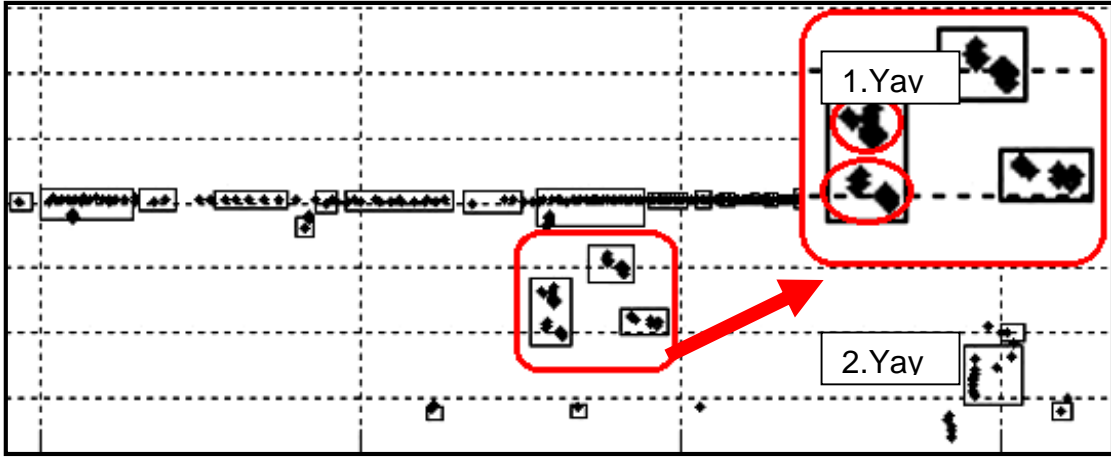


Şekil 6.18 Simulinkte optical flow akış şeması

Yukarıdaki paragraflar ışığında lazer tarayıcılarından gelen verilerin kullanılmasıyla elde edilen videolar üzerinde optik akış yöntemi uygulanmıştır. Şekil 6.19 (a) ve (b)'de sırasıyla ayrıntıları ile açıklanmış olan optik flow yönteminin kullanılmadan önceki ve simulink programı ile çalıştırıldıktan sonraki videoya ait bir görüntü karesi sunulmuştur. Görüldüğü üzere yöntem uygulandıktan sonra bir yayanın görüntüye girdiği andan çıktığı ana kadar belirlenen piksel alanları doğrultusunda yayalar dikdörtgen bir çerçeve içine alınmıştır. Simulink programında kullanılan optik akış yöntemine ait videolar EK_B6 ve EK_B7'de sunulmuştur. Her iki video da optik akış yönteminin çıktısını belirtmekle birlikte EK_B7 noktaların kümelenmesi ve takip edilmesini çerçeveler şeklinde göstermektedir.



a) Orijinal lazer tarayıcı videosu



b) Optical flow çalıştıktan sonra elde edilen görüntü

Şekil 6.19 Optik akış yönteminin çıktısı

Şekil 6.19-b incelendiği zaman nesnelerin takibini sağlamak için kullanılan optik akış yönteminde, birbirinden farklı hareket eden yayaların farklı alan içinde ifade edilmeleri gerekirken program çıktısı olarak aynı çerçeve içine alınması ile bu yayaların birbirine göre mesafeleri ve hızlarının belirlenmesi güç bir hale gelmiştir. Bu da kullanılan yöntemin olumsuz taraflarından bir tanesi olarak değerlendirilebilir. Ancak proje dâhilinde olumsuz olarak görülen bu noktaların çözümlenmesi üzerine çalışmalara devam edilmektedir.

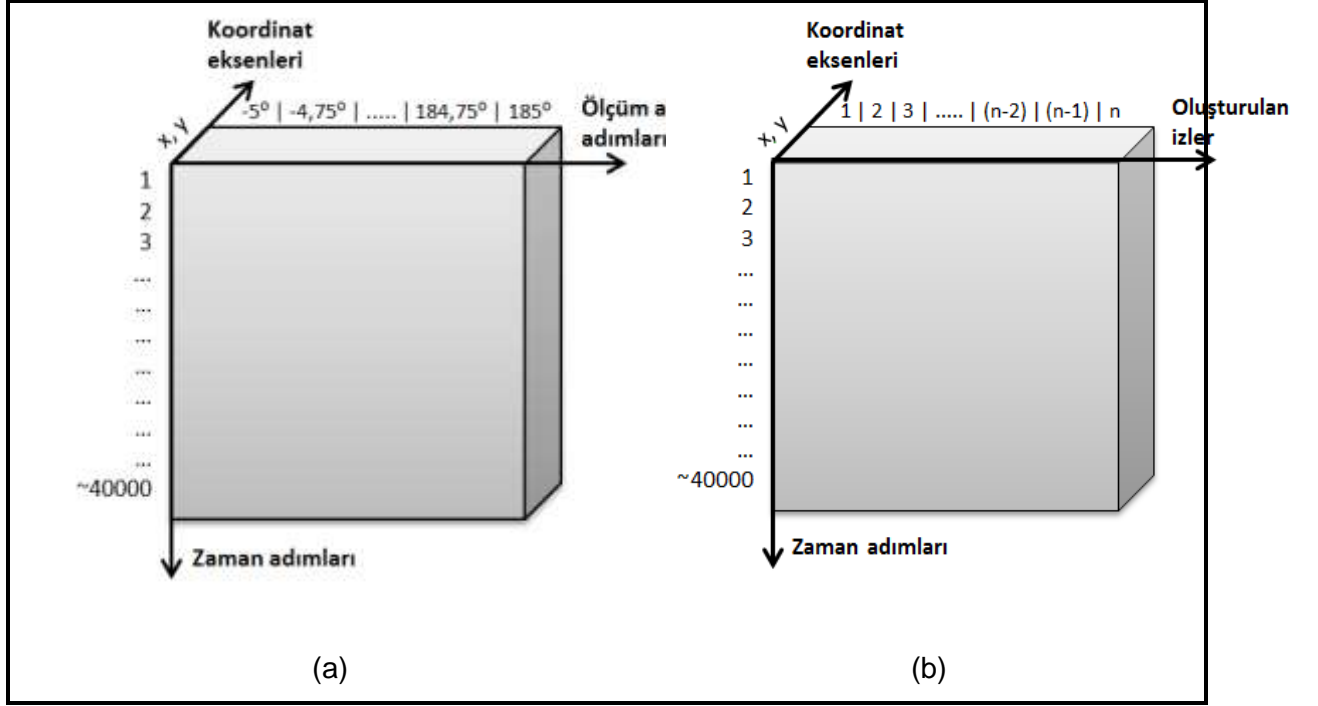
Lazer tarayıcıların kullanılmasından dolayı nesnelerin özelliklerinin belirlenip algılanması için aşağıda ayrıntıları bulunan ve Kalman filtresinin kullanıldığı blob analizi yöntemi optik akış yönteminden farklı bir yöntem olarak proje kapsamında ele alınmıştır. Yürütülen her iki

yöntemin başarımlı dereceleri ayrıntılı olarak ele alınıp hızlı ve verimli bir yöntem seçimine gidilecektir.

6.3.2 X-Y Koordinat Verisi ile Kümeleme

Bu aşamada, üzerinde çalışılan trafik ortamındaki hareketli nesnelerin (yaya ve taşıt gibi yol kullanıcılarının) algılanması ve takip edilmesini gerçekleştirecek algoritmanın, elde edilmiş bulunan üç boyutlu koordinat matrisi üzerinde hesaplamalar yaptırılarak oluşturulması hedeflenmiştir. Takip algoritmasının tasarımı esnasında yapılması gereken ilk işlem, nokta bulutu halindeki dağınık noktaların kümeleneşidir (clustering). Bu amaçla, blob analizi çalışmasından önce K-means ve sıra düzensel kümeleme (hierarchical clustering) yöntemleri ile kümeleme yapılmaya çalışılmıştır. Bu iki yöntem aşağıda kısaca anlatılmış ve başarımlı düzeyleri ile ilgili yorumlara yer verilmiştir.

Algoritma geliştirme aşamasında girdi olarak kullanılan veri kümesi, her bir zaman adımı için açı aralıklarına atanmış bulunan x ve y koordinat değerlerini içeren üç boyutlu bir matristir. Trafik mühendisliğı analizlerine yönelik kullanılmak üzere çıktı olarak alınması hedeflenen veri kümesi ise, her bir zaman adımı için her bir yol kullanıcısının (yaya/taşıtlı) izine ait x ve y koordinat değerlerini içeren diğler bir üç boyutlu bir matris olmalıdır. Fikir vermesi açısından, algoritmaya girdi olarak verilen ve çıktı olarak alınması hedeflenen üç boyutlu matrisler Şekil 6.20'de şematize edilmiştir.

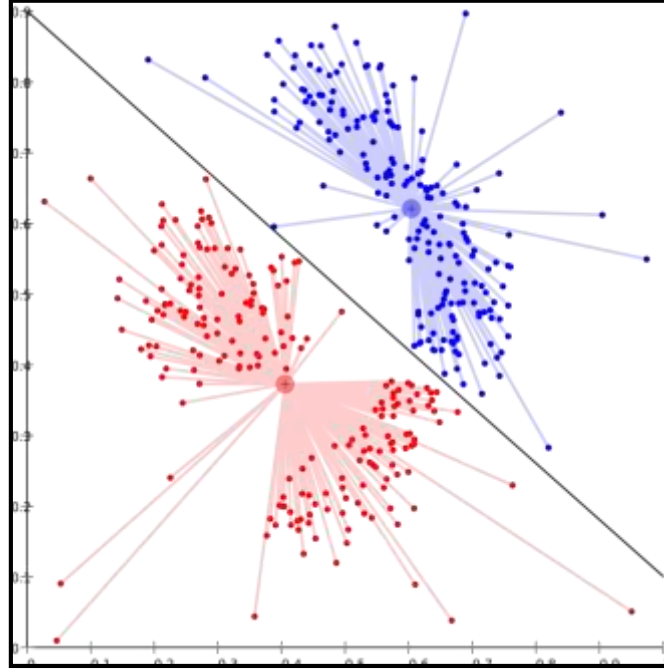


Şekil 6.20 Üç boyutlu girdi ve çıktısı matrisleri şeması:

a) Algoritmaya girdi olarak verilen üç boyutlu matris b) Çıktı olarak alınan üç boyutlu matris

K-Means Yöntemi:

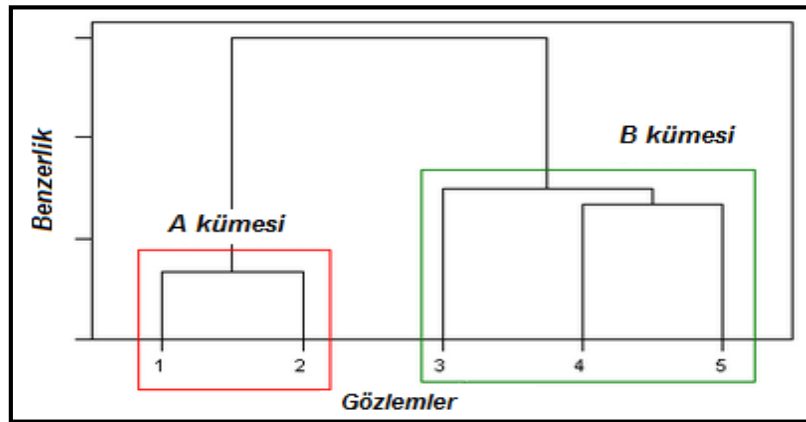
Bu yöntem, kalabalık bir nokta bulutundan belirli sayıda küme oluşturulabilmesi için, küme sayısınınca rastgele atanacak belli sayıda merkezi noktaya yakınlığa göre diğer noktalarla olan uzaklığı minimize edecek şekilde çok sayıda iterasyon yapılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntem ortamdaki nesne (küme) sayısının bilinmesini gerektirir. Ancak mevcut çalışmada gözlemlenen nesne (yaya ve taşıt) sayısı anlık olarak sürekli değişmektedir ve tahmin edilmesi zordur. Bu yüzden, kümeleme yöntemi olarak k-means algoritması sonuç vermemiştir. K-means kümeleme yönteminin diğer bir zayıf yanı, başlangıç noktalarının rastgele seçiliyor olması ve isabetli olmayan seçimlerin kötü (başarılı olmayan) kümeler oluşturacak olmasıdır. Bu kümeleme yöntemini şematize eden bir grafik Şekil 6.21'de verilmiştir. Şekildeki nokta bulutundan kümeler oluşturulması yoluyla kırmızı ile mavi renkte kodlanmış bulunan iki farklı nesnenin algılandığı (varsayıldığı) görülmektedir.



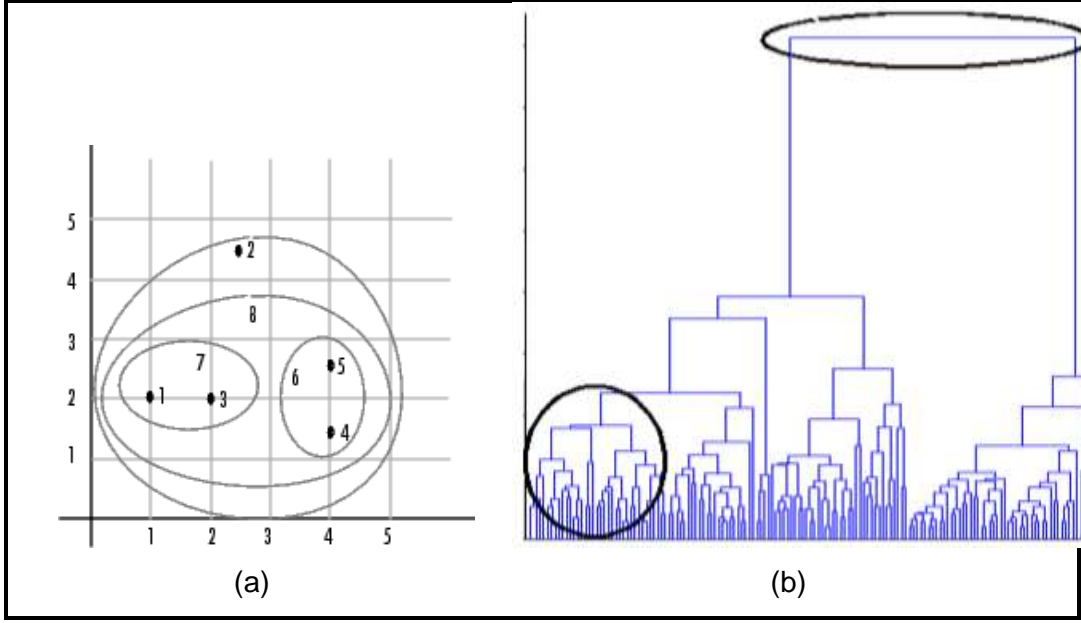
Şekil 6.21 K-means kümeleme yöntemi

Sıradüzensel Kümeleme (Hierarchical Clustering):

Bu yöntem, en az iki adet noktadan (nokta çiftlerinden) başlayarak “en yakın”lık yaklaşımına göre mesafe adım adım artırılıp daha fazla sayıda nokta içeren kümeler silsilesi oluşturulması esasına dayanır. K-means yönteminin aksine, burada gözlemlenen nesne sayısının bilinmesi gerekli değildir çünkü bunun bir önemi yoktur. Her zaman adımında noktalar arası mesafeleri ifade eden ve “dendrogram” adı verilen bir çizelge oluşturularak farklı genişliğe sahip küme alternatifleri oluşturulmuş olur. Şekil 6.22 ve Şekil 6.23’te bu yöntemle ilişkin görsel örnekler sunulmuştur.



Şekil 6.22 Sıradüzensel kümelemede oluşturulan 'dendrogram' çizelgesinin basit bir örneği



Şekil 6.23 a) İncelenen noktaların plan görünüşüne bir örnek b) Dendrogram'a ait karmaşık bir örnek

Bu yöntem ile mevcut çalışmanın değişken ortamında eşik mesafe değerini, dolayısıyla nesne sayısını, tespit etmek oldukça zordur. Nitekim nesnelerin boyutları, şekilleri, birbirine yakınlıkları ve bağıl pozisyonları oldukça değişkendir. Bu yüzden, incelenen sahalardaki noktaların kümelenmesi için sıradüzensel kümeleme algoritması beklenen sonucu verememiştir.

Yukarıda ifade edilen nedenlerle k-means ve sıradüzensel kümeleme yöntemlerinden beklenen sonuç alınamayınca, kümeleme ve takip için resim tabanlı bir yöntem olan “blob analizi” yaklaşımı üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir.

6.3.3 Blob Analizi ile Algılama ve Takip

Bu yöntem, noktalara belli bir büyüklük (alan) atanarak her bir zaman adımındaki nokta bulutu ayrı ayrı resimler halinde kaydedildikten sonra, alansal büyüklükten dolayı birbirine temas halinde olan noktaların tanımlı belli eşikler (thresholds) yardımıyla ayırt edilip takip edilmesi esasına dayanmaktadır. Birbirine temas halindeki nokta kümesine “blob” adı verilmektedir. Blob analizi yöntemi eşik tabanlı (threshold-based) bir yöntemdir.

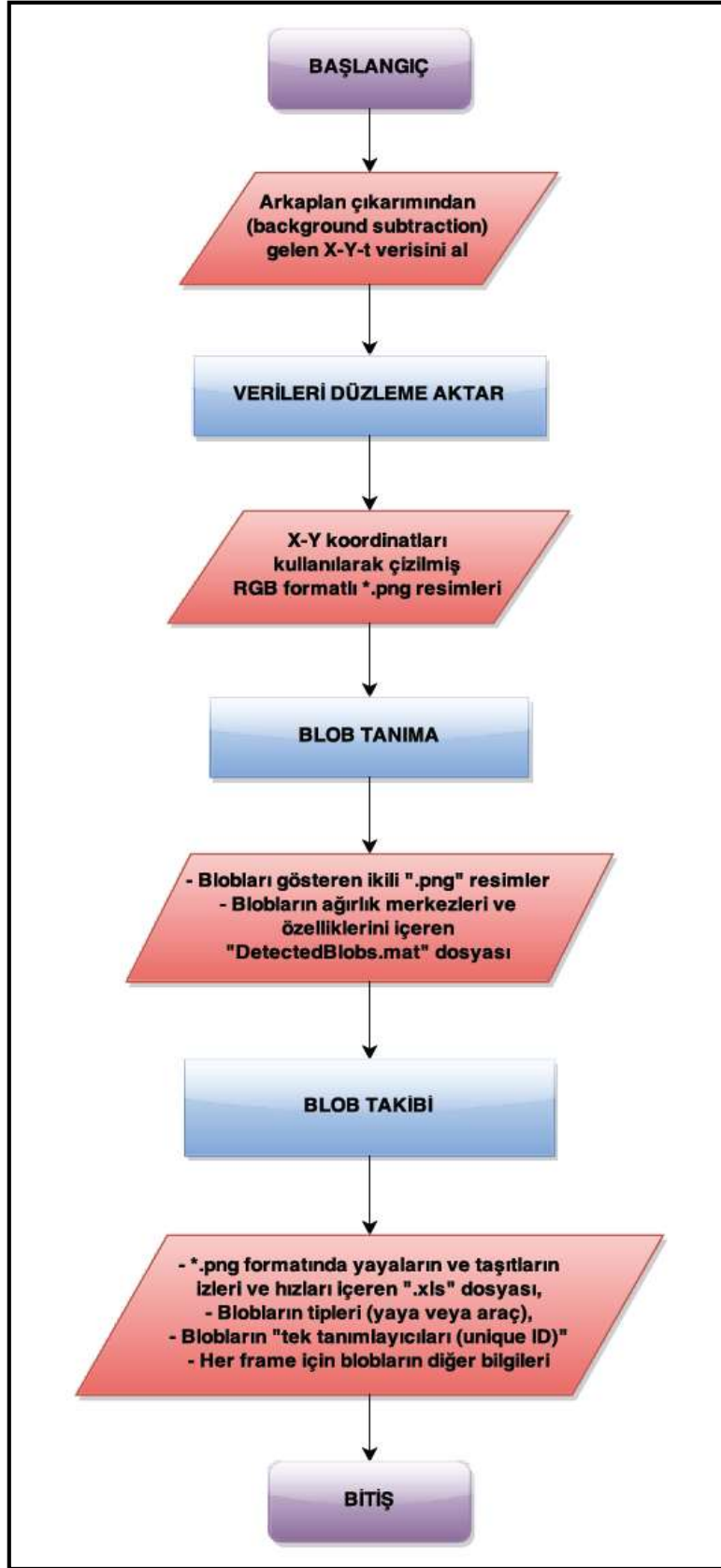
Bu bölümde ayrıntılı olarak tarifi verilmiş bulunan bu yöntem kapsamında gerçekleştirilen işlemler Şekil 6.24'teki akış şemasında özetlenmiştir. Akış şemasında görülen ana işlem

grupları ayrı birer akış şeması halinde EK_B8'de (4 farklı dosya halinde) daha ayrıntılı olarak sunulmuştur.

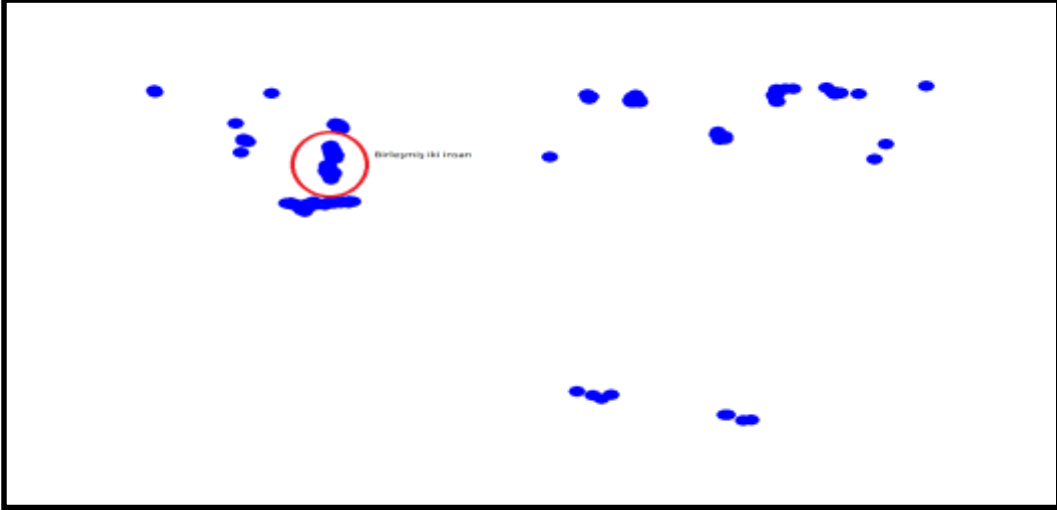
6.3.3.1 Verilerin Düzleme Aktarılması

Bu işlem, her bir kayıt adımı (timestamp) için mevcut noktaları gösteren dağılım grafiğinin resim olarak kaydedilmesini kapsamaktadır.

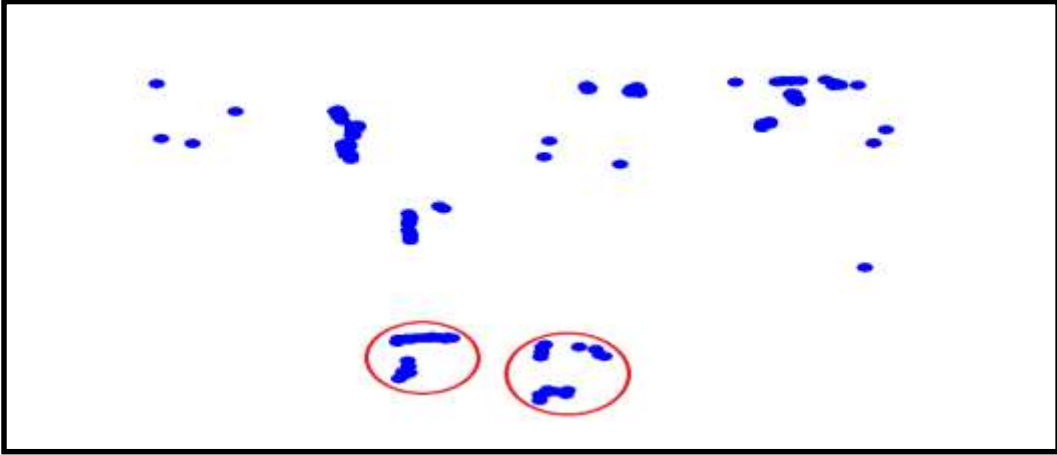
Background subtraction'dan sonra gelen üç boyutlu verinin (zaman; açısal adımlar; x-y koordinatları) beş karede (zaman adımı) bir olmak üzere noktalara belli bir büyüklük verilerek resim üzerine, resimlerin boyutları aynı olacak şekilde, çizilmesi ve bir klasöre kaydedilmesi aşamasıdır. Beş karede bir alınma nedeni yayaların ve taşıtların hareketinde her kare için büyük bir değişiklik gözlenmemesidir. Ayrıca işlem için gereken zaman da kısaltılmış olmaktadır. Noktalara verilen büyüklükteki ölçüyü belirlemek için taşıtların ve yayaların iki ayağı birden birleşecek kadar olup yayaların birleşmemesi dikkate alınmıştır. Fakat yine de Şekil 6.25-6.27'de görüldüğü üzere yan yana yürüyen yayalar birleşmiş, bazı taşıtlar parçalı olarak görülmüş, yayalarla taşıtlar birleşmişlerdir.



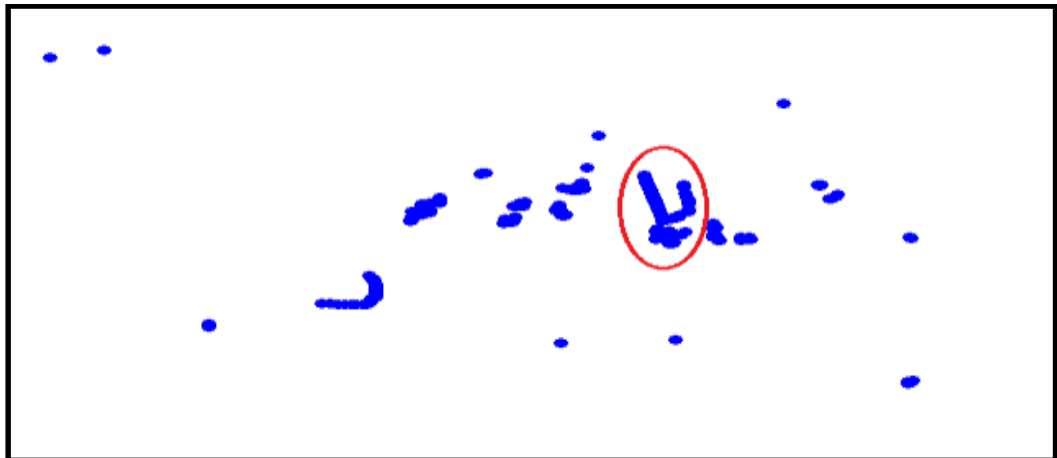
Şekil 6.24 Takip algoritması genel akış şeması



Şekil 6.25 Birleşmiş iki yaya



Şekil 6.26 Parçalı görünen iki taşıt



Şekil 6.27 Birleşmiş taşıt ve yaya

Bu yöntemin kullanılmasındaki amaç kümeleme(clustering) yapmadan noktaların birleşmesini sağlamaktır.

6.3.3.2 Bloklar Halinde Nesnelerin Algılanması

İki aşamalı bu işlem, blokların eldesi için arkaplan noktalarının (verisinin) elenmesi ve bloklara ait çevre, eşdeğer çap, alan, hız, yön bilgilerinin hesaplanması işlerini kapsamaktadır.

i. Arka plan noktalarının çıkarılması

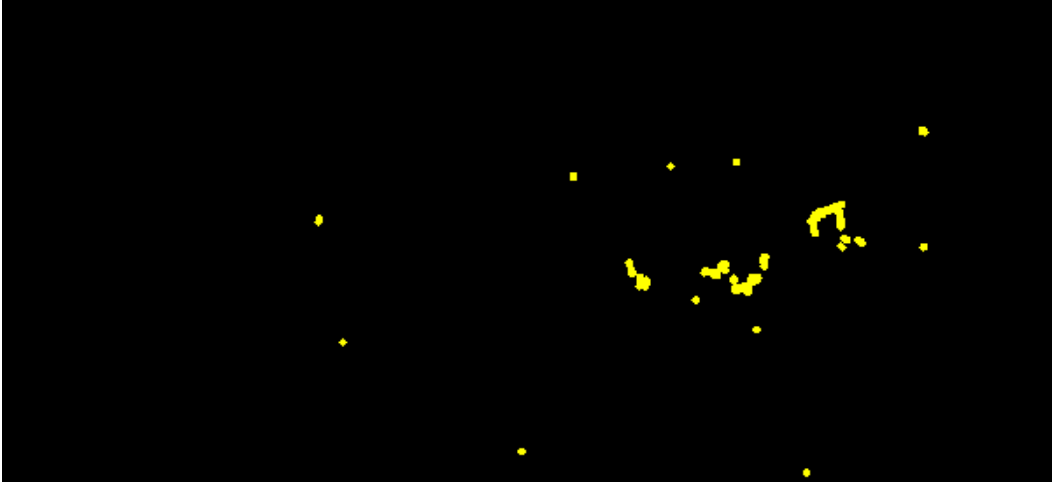
Bu aşamada blob tespiti için dağılım grafiği biçimindeki resimler üzerinde sırasıyla aşağıda sıralanan işlemler uygulanır: Resmin tümleyenini alma, gri ölçekli resme çevirme ve siyah-beyaz resme dönüştürme.

Resmin tümleyenini alma aşamasında, resim üzerindeki her bir pixel için olan 0-255(siyah-beyaz) arasındaki renk değerlerinden, maksimum değer olan 255 değeri çıkarılarak Şekil 6.28'teki gibi bir resim elde edilir.

İkinci aşamada ise renkli olan ve birinci aşamadan gelmiş olan resmin parlaklığı korunup renk doygunluğu (saturation) ve tonu (hue) elimine edilerek Şekil 6.29'daki gibi gri ölçekli bir resim elde edilir.

Üçüncü aşamada, resim Şekil 6.30'da görüldüğü gibi, "100" sınır değeri ile ikinci aşamadan gelen resim siyah-beyaz resme çevrilmiştir. Resim içindeki her bir pixel değerine bakılıp, eğer 100'den büyükse "0"(siyah) küçükse "1"(beyaz) değeri verilmiştir.

Bu yöntemde resimler üzerindeki bloklar çıkarıldığından göreceli olarak bir "arkaplan çıkarma"dır (background subtraction).



Şekil 6.28 Tümlenyeni alınmış resim



Şekil 6.29 Gri Ölçekli Resim

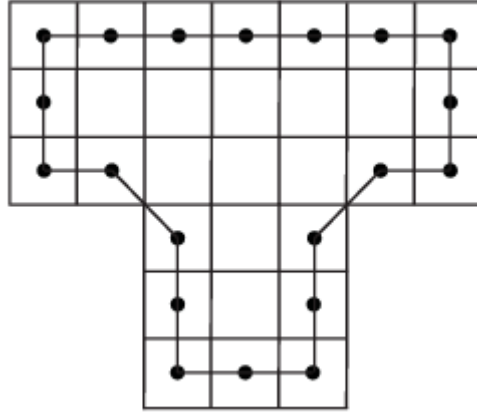


Şekil 6.30 Siyah-beyaz resim

ii. Çevre uzunluğu, eşdeğer çap, alan, hız ve yön hesaplanması

Bir görüntü işleme yöntemi olan blob tespitinden sonra elimizde her bir bloba ait alan, çevre, yarıçap, ortalama koyuluk, ağırlık merkezi, blobu çevreleyen bir karenin x,y koordinat noktaları ve genişlik-uzunluk miktarı gibi bilgiler elde edilmiştir.

Burada alan bilgisi o blobun piksel sayısı ile hesaplanır. Eşdeğer çap ise "karekök(4*Alan/pi)" formülü ile hesaplanır. Şekil 6.31'de görüleceği gibi blobun çevresi, birbirine en yakın piksellerin aralarındaki uzaklıklar hesaplanarak elde edilir.



Şekil 6.31 Blob çevresi hesaplanması

Tracking aşamasında kullanılmak üzere blobların ağırlık merkezlerine ait x ve y koordinatları ile blobların diğer özellikleri (alan, eşdeğer çap, çevre, vs.) "Detected Blobs" isimli .mat uzantılı dosyaya kaydedilmiştir. Bloblara ait hızlar ise blobların ağırlık merkezlerinin Kalman filtresi ile işlenmesi sonucunda elde edilmiştir (Şekil 6.39).

Eşik değerlerinin tahmini ile ilgili ayrıntılı bilgi Kalman filtresinin tarif edildiği kısmın sonunda verilmiştir.

6.3.3.3 Blobların (Nesnelerin) Takibi ve İzlerinin Oluşturulması

Bu işlem, Hungarian (Macar) algoritması ve Kalman filtresi ile noktaların takibinin gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır.

Hungarian algoritmasında, blobların Kalman filtresinden gelen ve bir sonraki karede tahmin edilen konumlarına en yakında olan bloblar eşleştirilmiştir. Bu şekilde blobların takibi mümkün olmuştur.

function [assignment, cost] = assignmentoptimal(distMatrix)[1]

Yukarıdaki fonksiyon, verilen bir dikdörtgenel matrisin elemanları için en uygun eşleştirmeyi sağlar. Örnek olarak izlerin (trajectories) satırlardaki gözlemlerle (observations) eşleştirilmesi verilebilir. Çıktı olarak her satır için eşleşen sütun numarası alınır. Eğer eşleşme yapılamadıysa sonuç "0" olur. Bu, aşağıda kişiler ve görevlerin bulunduğu Şekil 6.32'de görülen tabloda işaretli alanlarla örneklendirilmiş ve aşağıda açıklanmıştır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Assignment Problem									
2										
3		Cost	Task 1	Task 2	Task 3					
4		Person 1	40	47	80					
5		Person 2	72	36	58					
6		Person 3	24	61	71					
7										
8										
9		Assignment	Task 1	Task 2	Task 3		Tasks Assigned	=	Supply	
10		Person 1	0	1	0		1	=	1	
11		Person 2	0	0	1		1	=	1	
12		Person 3	1	0	0		1	=	1	
13										
14		Persons Assigned	1	1	1					
15			=	=	=					
16		Demand	1	1	1				Total Cost	
17									129	
18										

Şekil 6.32 Eşleştirme örneği

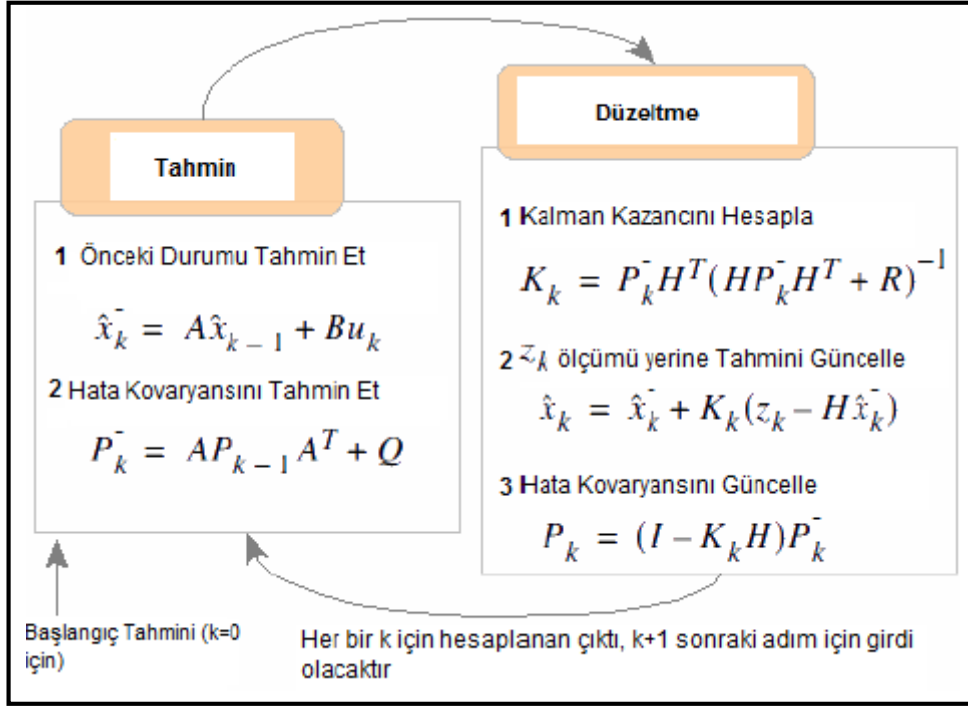
Hedef, en uygun maliyeti olan eşleştirmenin sağlanmasıdır.

- Görev 1 için en uygun performans 3. kişi için sağlanmıştır.
- Görev 2 için en uygun performans 2. kişi için sağlanmıştır.
- Görev 3 için en uygun performans yine 2. kişi için sağlanmıştır.

Burada bir seçim yapılması gerekmektedir. En uygun maliyet hedeflendiği için, önce Görev 2'ye 2'nci kişinin seçildiği düşünülürse, Görev 3'ye 1'inci kişinin seçilmesi gerekmektedir. Bu durumda; $24 + 36 + 80 = 140$ olur.

Eğer Görev 3'e 2'nci kişi seçilirse: $24 + 47 + 58 = 129$ maliyeti elde edilir. Bu durumda eşleşen kişiler ile görevler için tabloya "1"; eşleşmeyenler için de "0" yazılır.

Kalman filtresi tahmin aşamasında bir önceki zamandaki tahmine bakarak o an takip edilmekte olan izlerin bir sonraki pozisyonlarını, hızlarını ve hata kovaryansını tahmin eder (Şekil 6.33). Formüldeki A,B,R,H başta belirlenen sabit matrislerdir.



Şekil 6.33 Kalman filtresinde tahmin ve düzeltme prensibi

Daha sonra tahmin edilen pozisyonlar ile lazer tarayıcıdan gelen ölçüm değerleri Hungarian algoritması yardımıyla ilişkilendirilir. İlişkilendirme yapılmasının sebebi, Kalman filtresinin “Düzeltilme” aşamasında pozisyon ve hız tekrar hesaplanırken ölçüm değerlerinin bilinmesi gereğidir. Dolayısıyla hangi ölçüm değerinin hangi tahmin değerine karşılık geldiği bulunmalıdır.

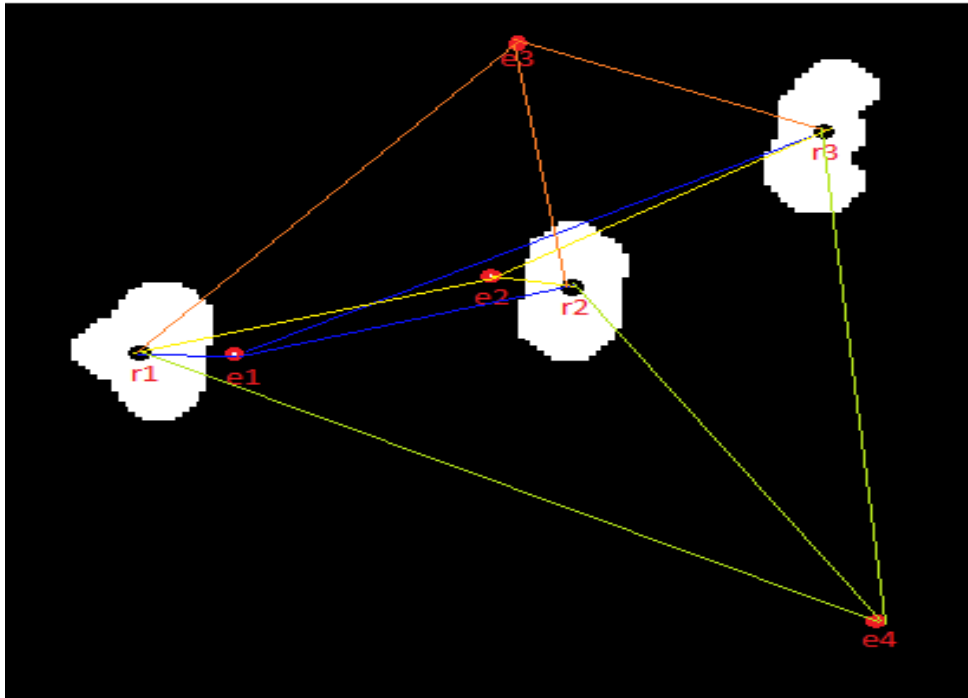
İlişkilendirme için girdi olarak, her bir tahmin değerinin her bir ölçüm değerine olan uzaklık değerinin bulunduğu bir matris verilmelidir.

Şekil 6.34’te görüldüğü gibi her bir tahmin değerinin ölçüm değerine olan uzaklığı hesaplanır. Bu şekilde r1, r2, r3 değerleri ölçüm değerleri, e1, e2, e3, e4 ise tahmin değerleridir.

Daha sonra Hungarian algoritması ile bu uzaklıklara bakılarak Şekil 6.35’te görüleceği gibi toplam mesafe en az çıkacak şekilde her bir ölçüm değeri bir tahmin değeri ile eşleştirilir ve çıktı olarak, o ana kadar takip edilen iz sayısının uzunluğunda bir vektör alınmaktadır. Bu sayı en başta ilk karedeki nokta sayısı kadardır; yeni iz tespit edildikçe bu sayı artar ve bu iz sayısı her nokta için tektir (eşsizdir). Şekil 6.35’te r1-e1, r2,e2, r3-e3 şeklinde bir eşleştirme yapılmıştır. Görüldüğü gibi eşleştirilemeyen e4 gibi noktalar “0” olarak döner. Yani ilişkilendirme aşamasından sonra elde edilen bu vektörün her bir iz için olan indeksi o izin

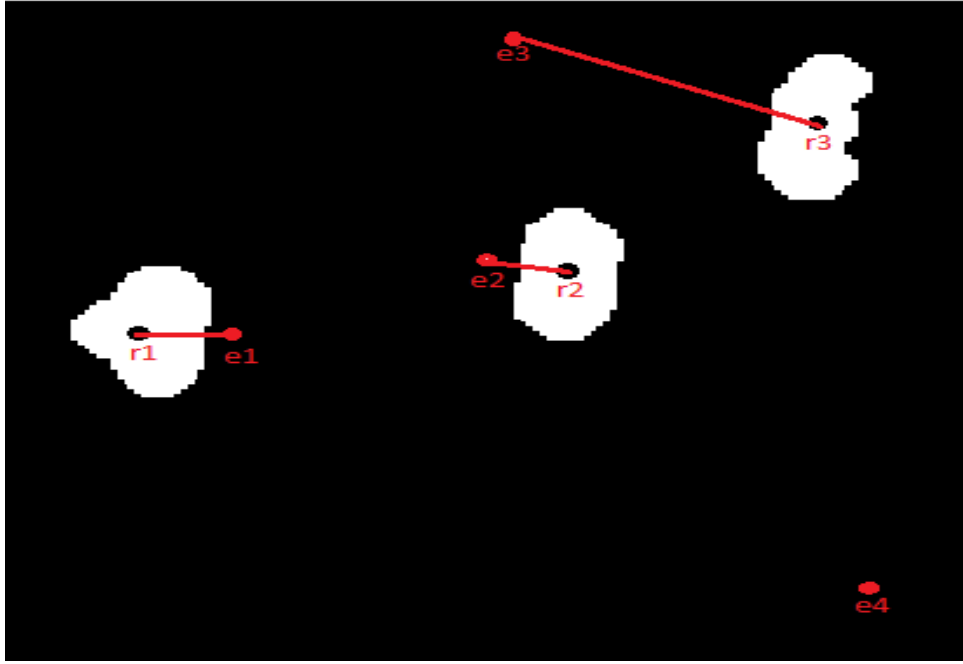
ölçümünde hangi nokta ile ilişkilendirildiğini ifade etmektedir. Örneğin Şekil 6.35'teki gibi bir durum için eldeki çıktı vektörü “[1 2 3 0]” şeklinde olur.

İlişkilendirme aşamasından sonra, ilişkilendirilen izler ile gerçek ölçümler arasında istenmeyen derecede bir uzaklık var ise o ilişkilendirme yok sayılır, bir diğer ifade ile o indekse sıfır atanır. Şekil 6.36'da görülebileceği gibi r3 ile e3 arasındaki uzaklık çok fazla olduğundan bu ilişkilendirmeyi yok sayılmıştır. Bu, tahmin değeri olan e3'ün önceden başka bir ize ait olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda eldeki çıktı vektörünün son hali “[1 2 0 0]” şeklinde olurken r3 blobu artık yeni bir iz olacaktır.

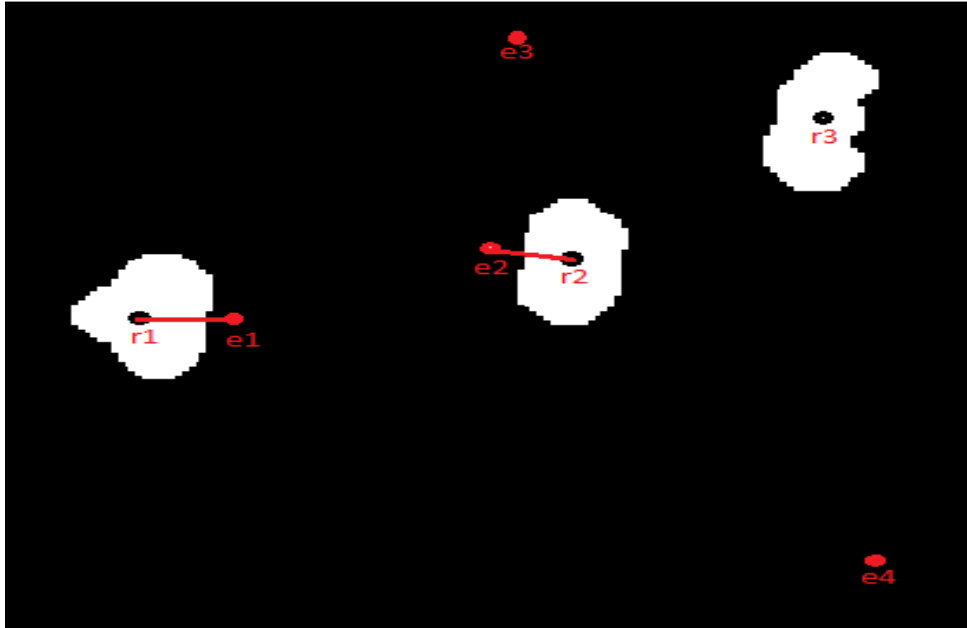


Şekil 6.34 Ölçüm değerlerinin tahmin değerlerine olan uzaklıklarının hesaplanması

Uzaklık için eşik değeri belirlenirken, taşıtlar hızlı gittiğinden, taşıtların izlenmesini engellemeyecek kadar büyük; yanlış ilişkilendirmeye sebep vermeyecek kadar küçük olmasına dikkat edilmiştir. Sonuç olarak “20” değerinin optimal bir değer olduğu tahmin edilmiştir.



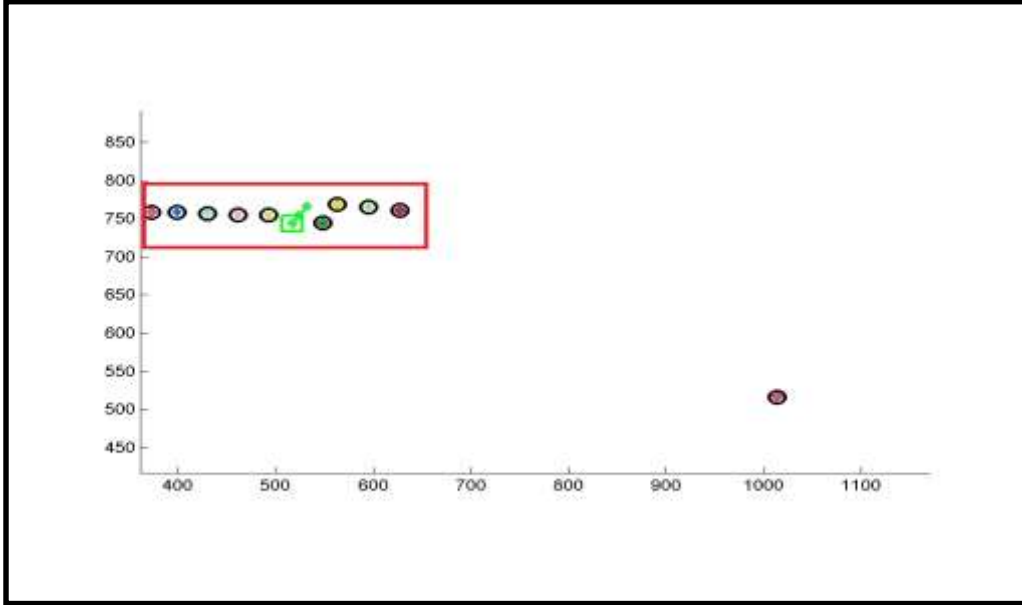
Şekil 6.35 Hungarian algoritması ilişkilendirme sonucu



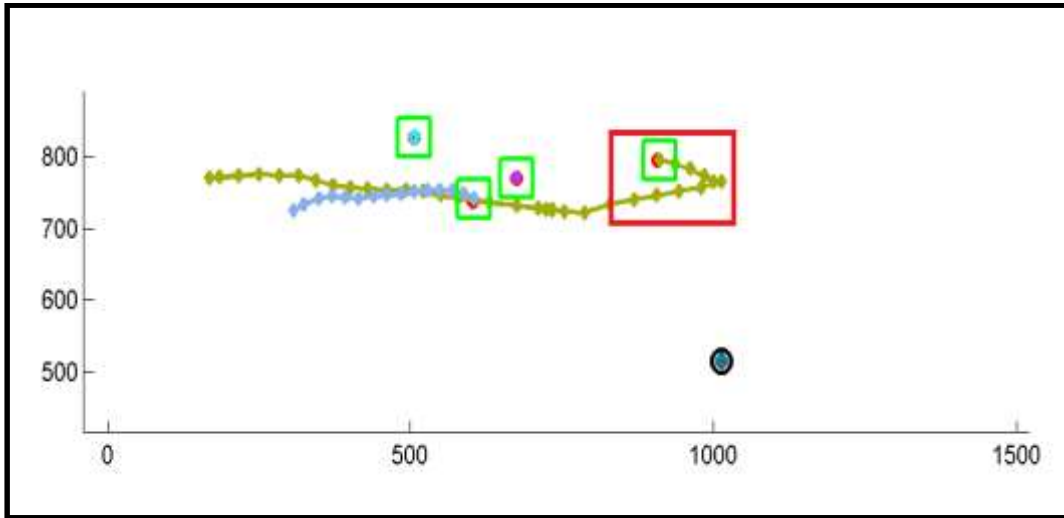
Şekil 6.36 Uzaklık sınır değeri ile e3-r3 ilişkilendirilmesinin yok sayılması

“20”den küçük değerlerde, taşıtın hızı büyük olduğunda takip başarısız olup taşıtın geçmiş olduğu noktalar yeni birer yaya gibi algılandığı görülmüştür. Bu durum Şekil 6.37’de kırmızı kutu içinde gösterilen taşıtın hareketi ile örneklendirilmiştir. “20”den büyük değerlerde ise, gerçekte görüntüleme alanından çıkan taşıt, o an sahaya yeni bir taşıtın gelmesiyle, sahadan

çıkması gereken taşıt yeni bir taşıt olarak ilişkilendirilip, taşıt dönüyormuş gibi bir yanlış izlemeye sebep olmuştur. Bu durumun örneği Şekil 6.38’de görülmektedir.



Şekil 6.37 Eşik değeri “10” için bir taşıtın yanlış iz görüntüsü



Şekil 6.38 Eşik değeri “30” için bir taşıtın hatalı ilişkilendirilmesi

Daha sonra Kalman filtresine ait olan “Düzeltilme” aşaması uygulanmıştır. Bu aşamada Kalman başarımı (gain), hata kovaryansı ve konum-hız güncellemesi yapılmıştır. Bu noktadan sonra, buradaki güncellenmiş bilgiler bir sonraki döngü için girdi olarak kullanılıp her bir iz için yukarıda anlatılan işlemler tekrar edilecektir. Bir döngü bitmeden önce yeni gelen izler tespit edilmeli ve belli sayıdaki ilişkilendirilemeyen izler de silinmelidir.

Hungarian algoritması kısmında ilişkilendirilemeyen ölçüm değerleri yeni birer iz olarak ele alınır. Yani ilişkilendirmeden dönen vektörün içinde ölçüm değerlerinden bir indeks bulunmuyorsa o indeksteki nokta yeni bir iz anlamı taşımaktadır. Buna örnek olarak Şekil 6.35'teki r3 blobu verilebilir. Bu değerler tahmin değerlerinin kaydının tutulduğu matrise konulup, hızları sıfır atanarak, iz sayısı yeni gelen nokta sayısı kadar artırılır.

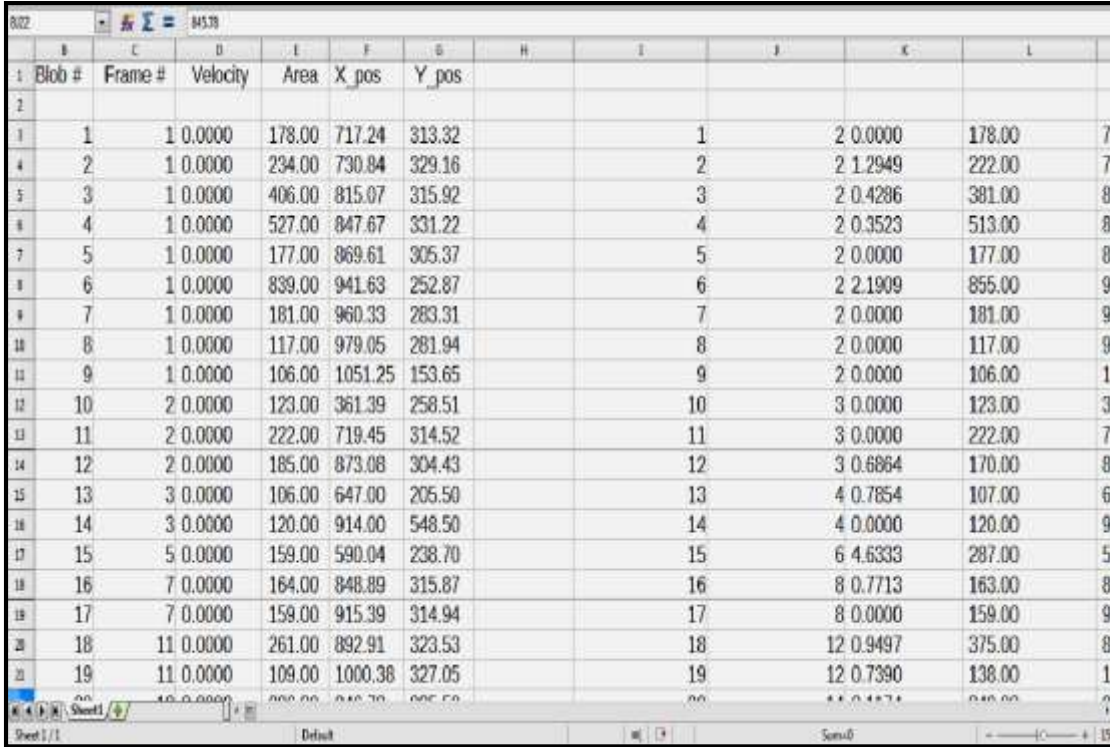
İz silmek içinse döngü içinde bir sayaç tutulur. İlişkilendirme vektöründe değeri sıfır olan her bir iz için bu sayaç bir artırılır Şekil 6.35'teki e4 değeri buna bir örnektir. Sayaçtaki değeri belli bir miktardan büyük olan izler için tüm değerler "NaN" olarak atanarak o izin silinmiş olması sağlanır. Buradaki sayaç eşiğinin 6 olması uygun görülmüştür. Böyle bir sayaç kaydı tutulmasındaki amaç, o an ölçüm değerlerinde sistemin gürültüsünden dolayı görülemeyen bazı noktaların Kalman filtresinde hesaplanan tahmin değerleri yardımıyla takibinin sağlanmasıdır. Diğer bir deyişle bu sayede, gerçekte o anda kaybolmuş noktanın/noktaların yine de takip edilebilmesi sağlanmış olur. Ama bir nokta 6'dan fazla izlenemiyorsa, artık o noktanın gerçekten izleme alanından çıktığı anlamına gelir ve o nokta silinir.

Eşik Değerlerinin Tahmini

Hungarian algoritmasıyla birlikte Kalman filtresinin çalışması sonucunda her bir blobun her kare için hızı hesaplanmış ve tüm kareler için değişmez, kendisine özgü bir numara verilmiştir. Bu numara ile artık o blob izlenebilen tüm kareler için hız, alan vs. gibi bilgilere ulaşılabilmektedir. Bir sonraki aşama uygun eşik değerlerini belirlemek için her blobun ortalama alan ve hız değerleri alınmasıdır Buna ek olarak her kare için hız, alan, konum bilgileriyle birlikte bir excel dosyasına kaydedilmiştir (Şekil 6.39). Sunulan excel dosyasında her satırda bir blob bulunmakta ve o satırda o blobun gözlendiği tüm resim kareleri için "hız, alan, X-Y koordinatı" bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca bu satırın sonunda Şekil 6.39'da da görüleceği gibi blobun "ortalama hız ve alanı, gözlenebildiği resim karesi sayısı ve program tarafından tespit edilmiş olan tipi(yaya-taşıt-gürültü)" bulunmaktadır.

Her blobun gerçekte yaya mı yoksa araç mı olduğuna bakılıp bu Excel dosyasındaki hız ve alan değerleri göz önünde bulundurularak taşıt ve yayalar için uygun hız ve alan eşik değerleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda bir taşıtın hız ve alanı bir yayaya göre genelde daha fazla çıktığı görülmüştür. Alan eşik değeri belirlenirken yayaların da birleşmiş olabileceği düşünülerek bu eşik değeri yüksek tutulmuştur. Ayrıca eşik belirleme yapılırken bazı taşıtların küçük parçaları bir yaya gibi

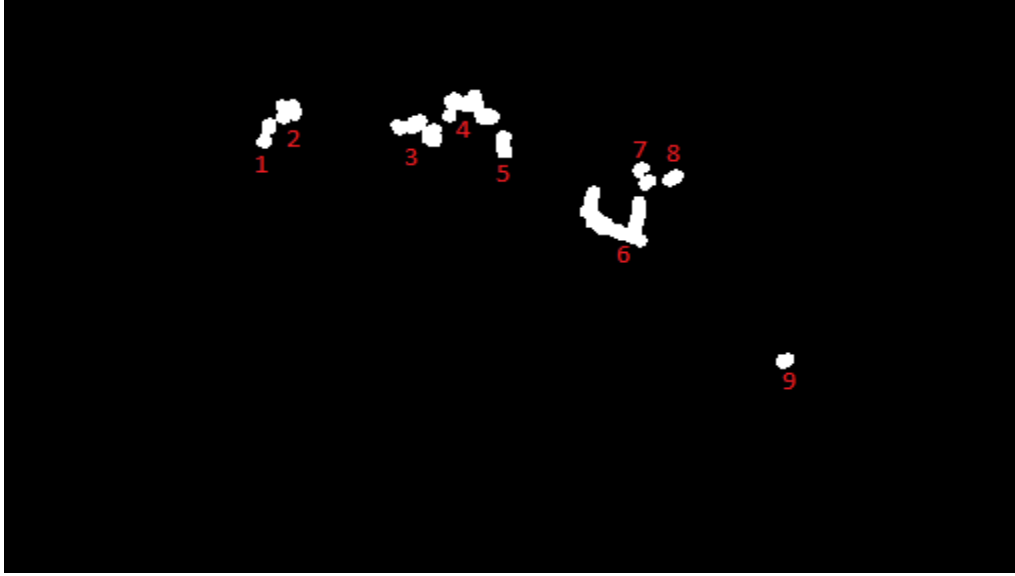
algılandığından daha doğru bir yaya-taşıt ayrımı yapmak için blobların izlenebildiği kare sayısına bakılmıştır. Taşıtların bu küçük parçalarının izlendiği kare sayısı bir yayaya göre çok daha az olduğu tespit edilmiş ve eşik değeri için olarak kare sayısı belirlenmiştir.



Blob #	Frame #	Velocity	Area	X_pos	Y_pos						
1	1	1 0.0000	178.00	717.24	313.32						
4	2	1 0.0000	234.00	730.84	329.16						
5	3	1 0.0000	406.00	815.07	315.92						
8	4	1 0.0000	527.00	847.67	331.22						
7	5	1 0.0000	177.00	869.61	305.37						
8	6	1 0.0000	839.00	941.63	252.87						
9	7	1 0.0000	181.00	960.33	283.31						
10	8	1 0.0000	117.00	979.05	281.94						
11	9	1 0.0000	106.00	1051.25	153.65						
12	10	2 0.0000	123.00	361.39	258.51						
13	11	2 0.0000	222.00	719.45	314.52						
14	12	2 0.0000	185.00	873.08	304.43						
15	13	3 0.0000	106.00	647.00	205.50						
16	14	3 0.0000	120.00	914.00	548.50						
17	15	5 0.0000	159.00	590.04	238.70						
18	16	7 0.0000	164.00	848.89	315.87						
19	17	7 0.0000	159.00	915.39	314.94						
20	18	11 0.0000	261.00	892.91	323.53						
21	19	11 0.0000	109.00	1000.38	327.05						

Şekil 6.39 Takip sonucu elde edilen “.xls” dosyası

Eşik değerlerini belirlemek için “Bloblar Halinde Nesnelerin Algılanması” bölümünde (Bölüm 6.3.3.2) elde edilen resimlerden, Excel dosyasındaki konum bilgilerine de bakılarak resim üstündeki blobların Şekil 6.40 örneğindeki gibi hangi iz numarasına ait olduğu belirlenmiştir. Sonra da resimdeki görüntülerden yola çıkılarak o blobun gerçekte yaya mı taşıt mı yoksa bir gürültü mü olduğuna karar verilmiştir. Karar verme aşamasında bu resimlerin ilerleyen görüntülerine bakılarak blobların hareket şekillerine ve kendi şekillerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Eğer hareket şekilleri ilerleyen resim karelerinde sabitse, yeri hiç değişmiyorsa veya çok ufak oynamalar varsa “gürültü”, bir yürüme şekli varsa “yaya”, sabit bir şekilde ilerliyorsa “taşıt” olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 6.41’de görüldüğü gibi Excel dosyasına bu sınıflandırmalar kaydedilmiştir. Bu aşama yaklaşık 20 resim karesi için yapılmıştır. Bu aşamadan sonra Excel dosyasında var olan gerçekte yaya, taşıt ve gürültü olan blobların her satırın sonunda yer alan ortalama hız, ortalama alan ve gözlenebildikleri resim karesi sayısına bakılarak uygun sınır değerleri (thresholds) belirlenmiştir.



Şekil 6.40 Resim karesi için numaralandırılmış blob görüntüsü

	Blob #	Frame #	Velocity	Area	X_pos	Y_pos					
İnsan	1	1	0.0000	178.00	717.24	313.32					
İnsan	2	1	0.0000	234.00	730.84	329.16					
İnsan+noise	3	1	0.0000	406.00	815.07	315.92					
Noise	4	1	0.0000	527.00	847.67	331.22					
İnsan	5	1	0.0000	177.00	869.61	305.37					
Araç	6	1	0.0000	839.00	941.63	252.87					
İnsan	7	1	0.0000	181.00	960.33	283.31					
İnsan	8	1	0.0000	117.00	979.05	281.94					
Noise	9	1	0.0000	106.00	1051.25	153.65					
İnsan	10	2	0.0000	123.00	361.39	258.51					
Noise	11	2	0.0000	222.00	719.45	314.52					
İnsan	12	2	0.0000	185.00	873.08	304.43					
İnsan	13	3	0.0000	106.00	647.00	205.50					
Noise	14	3	0.0000	120.00	914.00	548.50					
Araç	15	5	0.0000	159.00	590.04	238.70					
İnsan	16	7	0.0000	164.00	848.89	315.87					
Araç	17	7	0.0000	159.00	915.39	314.94					
Araç	18	11	0.0000	261.00	892.91	323.53					
İnsan	19	11	0.0000	109.00	1000.38	327.05					

Şekil 6.41 Gözlem sonucunda elde edilen blob sınıflandırması kayıtları

Bu gibi etkenler göz önünde tutulduğunda bir blobun hızı eğer 3'den küçükse çok büyük ihtimal ile "yaya" olduğu, 5'ten büyükse "taşıt" olduğu görülmüştür. Eğer hız 3 ile 5 arasında ise yaya ve taşıt ayrımı net yapılamadığından eşik değeri olarak "alan" özelliği de hesaplanmıştır. Bir blobun alanı eğer "500'den büyükse çok büyük ihtimal ile taşıt olduğu, küçük değerler içinse parçalı taşıtlar yaya olarak algılanabileceğinden o blobun kaç resim karesi boyunca görüldüğü de eşik değeri olarak belirlenmiştir. Eğer bu sayı 15'ten büyükse büyük ihtimal ile yaya küçükse taşıt olduğu tespit edilmiştir. Anlatılan işleme ilişkin sahte kod aşağıda sunulmaktadır.

Eğer hız ≤ 0.5

blob=gürültü

Eğer hız ≤ 3

blob=yaya

Eğer hız ≤ 5

Eğer alan ≤ 500

Eğer resim KareSayısı >15

blob=yaya

Eğer resimKareSayısı <15

blob=taşıit

Eğer alan >500

blob=taşıit

Eğer hız >5

blob=taşıit

Görüldüğü gibi hız, alan ve blobun görüldüğü kare sayısı değişkenleri için farklı eşik değerleri kullanılarak yaya, taşıit ve gürültü noktaları için optimum eşik değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır. Yukarıdaki sahte kodda gösterilen eşik değişkenleri ve verilen değerler, olası durumlardan (kombinasyonlardan) yalnızca birini yansıtmaktadır. Yukarıdaki örnek değerlendirmeye ait değişkenler ve çıktılar arasındaki ilişkiler Tablo 6.1'de özetlenmiştir. Farklı sahalarda veya veri kümelerinde bu eşik değişkenlerinin farklı şekilde değerlendirilmesi göz önünde bulundurulmaktadır.

Tablo 6.1 Eşik değişkenleri tercihleri

İncelenen öge	Eşik Değişkenleri		
	Hız	Alan	Gözlendiği kare sayısı
Yayalar	+	+	+
Taşıtlar	+	+	+
Gürültü (Noise)	+	-	-

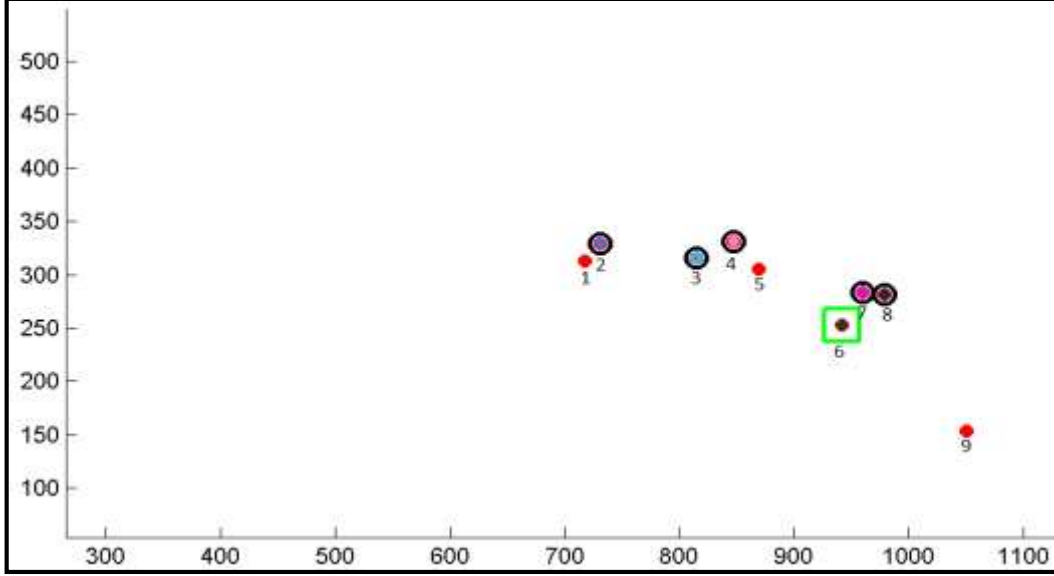
Sonuç olarak alan, hız ve kare sayısı göz önünde bulundurularak bir blobun yaya mı taşıt mı olduğu tespit edilmiştir.

6.3.3.4 Çıktılar

Aşağıdaki Şekil ve tablolarda, beş resim karesinde bir olacak şekilde, rastgele seçilmiş 4 resim karesine ait iz görüntüleri ve Excel dosyasında var olan değerler verilmiştir. Şekildeki izlerde siyah daireler yaya, yeşil kareler taşıt, tek kırmızı noktalar ise gürültüdür (noise). Tablolardaki *Blob #*, o blobun takip boyunca değişmeyen-kendisine özgü numarasını, *Kare #*; resim karesi sayısını, *Hız*; o blobun o anki resim karesindeki hızını, *Alan*; o blobun o anki resim karesindeki alanını, *X*; *X* pozisyonunu, *Y*; *Y* pozisyonunu, *Ort_hız*; ortalama hızı, *Ort_alan*: ortalama alanı, *FN*; o blobun gözlenebildiği toplam resim karesi sayısını, *Tür*; o blobun yaya mı taşıt mı yoksa gürültü mü olduğunu ($p=yaya$, $v=taşıt$, $n=gürültü(noise)$) göstermektedir. Ayrıca her resim karesi için olan iz görünümünde ölçüm değerleri kırmızı nokta ile gösterilmektedir.

Takip sonuçları dört ekran görüntüsü ve dört tablo halinde Şekil 6.42-45 ve Tablo 6.2-6.5 yardımıyla aşağıda anlatılmıştır. Örneğin 6. resim karesine ait olan iz görüntüsünde (Şekil 6.43) Tablo 6.3'te değerleri olmasına rağmen 1., 5. ve 11. nesnelere ait merkez noktalarının bulunmamasıdır. Ölçüm değerlerinde bulunmamasına rağmen bu nesnelere için tabloda değerlerin hesaplanmış olmasının sebebi ise Kalman filtresinin tahmine dayalı bir şekilde bu nesnelere takip edilebilmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı sebep, Şekil 6.44'te 10. nesnenin kırmızı nokta ile işaretlenmiş olmaması (yani ölçüm değerinde o an var olmaması) ama yine de o nesneyi belli bir sayıda (bu değer 6 olarak belirlenmişti) takip edilebilmesini de açıklamaktadır. Nitekim Tablo 6.4'te 1., 5. ve 11. nesnelere ait değerlerini artık görmeyişimizin nedeni bu nesnelere 6'dan fazla ölçüm değerlerinde rastlanmamasıdır.

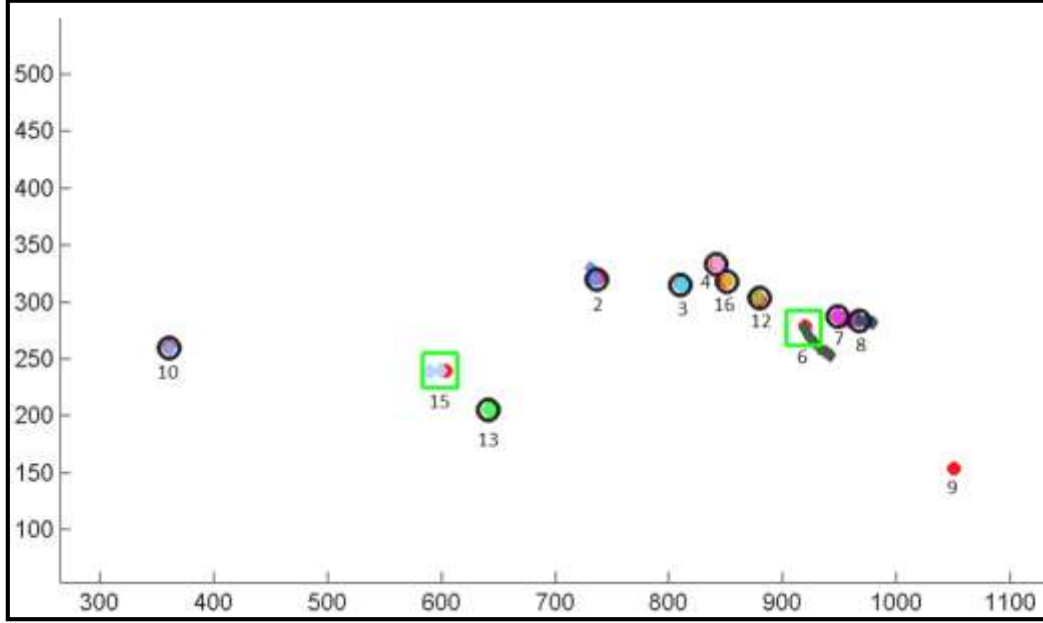
Aşağıda sunulan şekil ve tablolara ek olarak, seçilmiş bulunan bir istasyon noktası üzerinde uygulanan takip algoritması sonucunda elde edilen 20 sn süreli örnek video EK_B9'da verilmiştir.



Şekil 6.42 1. resim karesi (frame) iz görünümü

Tablo 6.2 1. resim karesi (frame) değerleri

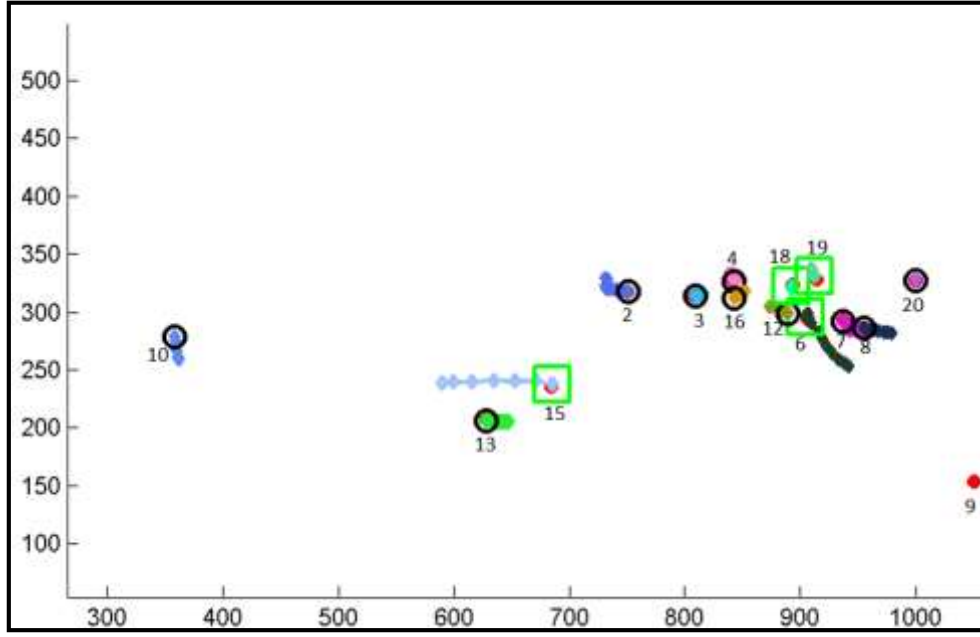
Blob #	Kare #	Hız	Alan	X	Y	Ort_hız	Ort_alan	FN	Tür
1	1	0	178	717	313	0	178	7	n
2	1	0	234	730	329	2.48	375	31	p
3	1	0	406	815	315	1.49	404	42	p
4	1	0	527	847	331	1.54	393	23	p
5	1	0	177	869	305	0	177	7	n
6	1	0	839	941	252	7.23	936	23	v
7	1	0	181	960	283	2.4	185	20	p
8	1	0	117	979	281	2.45	128	19	p
9	1	0	106	1051	153	0.23	118	104	n



Şekil 6.43 6. resim karesi (frame) iz görünümü

Tablo 6.3 6. resim karesi(frame) değerleri

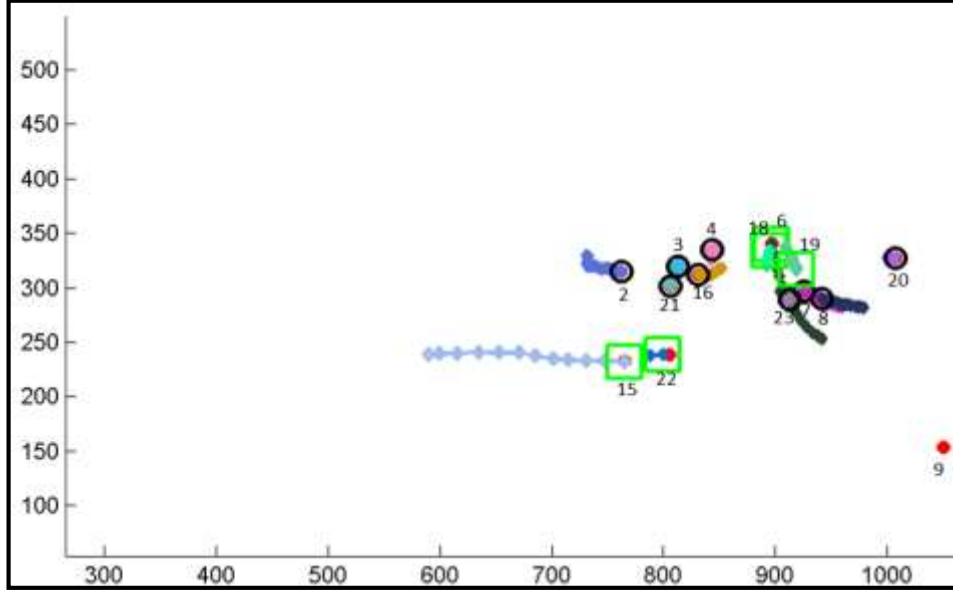
Blob #	Kare #	Hız	Alan	X	Y	Ort_hız	Ort_alan	FN	Tür
1	6	0.00	178.00	717.24	313.32	0	178	7	n
2	6	23.127	485.00	737.17	319.73	2.48	375	31	p
3	6	0.7961	328.00	810.30	315.39	1.49	404	42	p
4	6	22.001	320.00	841.31	332.80	1.54	393	23	p
5	6	0.00	177.00	869.61	305.37	0	177	7	n
6	6	72.438	1039.00	919.51	276.91	7.23	936	23	v
7	6	28.890	153.00	948.76	287.05	2.4	185	20	p
8	6	34.026	105.00	967.50	283.69	2.45	128	19	p
9	6	0.00	106.00	1051.25	153.65	0.23	118	104	n
10	6	0.7207	157.00	360.94	259.82	2.46	149.14	14	p
11	6	0.0000	222.00	719.45	314.52	0.00	222.00	7	n
12	6	18.415	137.00	880.18	303.43	1.86	163.42	12	p
13	6	16.860	106.00	641.25	205.50	2.26	106.73	11	p
14	6	0.2377	116.00	914.49	548.01	0.13	117.60	10	n
15	6	46.333	287.00	598.95	239.18	17.54	696.13	24	v
16	6	0.6335	172.00	850.83	317.56	2.11	180.17	23	p



Şekil 6.44 11. resim karesi (frame) iz görünümü

Tablo 6.4 11.resim karesi (frame) değerleri

Blob #	Kare #	Hız	Alan	X	Y	Ort_hız	Ort_alan	FN	Tür
2	11	26.441	498.00	750.66	317.94	2.48	375	31	p
3	11	0.7696	372.00	808.89	313.72	1.49	404.19	42	p
4	11	15.970	523.00	842.48	326.42	1.54	393.61	23	p
6	11	17.009	823.00	904.94	295.58	7.23	936.83	23	v
7	11	36.618	316.00	937.31	291.96	2.40	185.50	20	p
8	11	27.131	158.00	955.03	285.93	2.45	128.84	19	p
9	11	0.0012	106.00	1051.20	153.82	0.23	118.06	104	n
10	11	38.020	156.00	357.81	278.43	2.46	149.14	14	p
12	11	21.127	163.00	889.71	298.32	1.86	163.42	12	p
13	11	34.664	108.00	628.11	206.56	2.26	106.73	11	p
14	11	0.0508	116.00	914.38	548.12	0.13	117.60	10	n
15	11	160.621	428.00	685.33	237.20	17.54	696.13	24	v
16	11	18.269	163.00	842.85	312.02	2.11	180.17	23	p



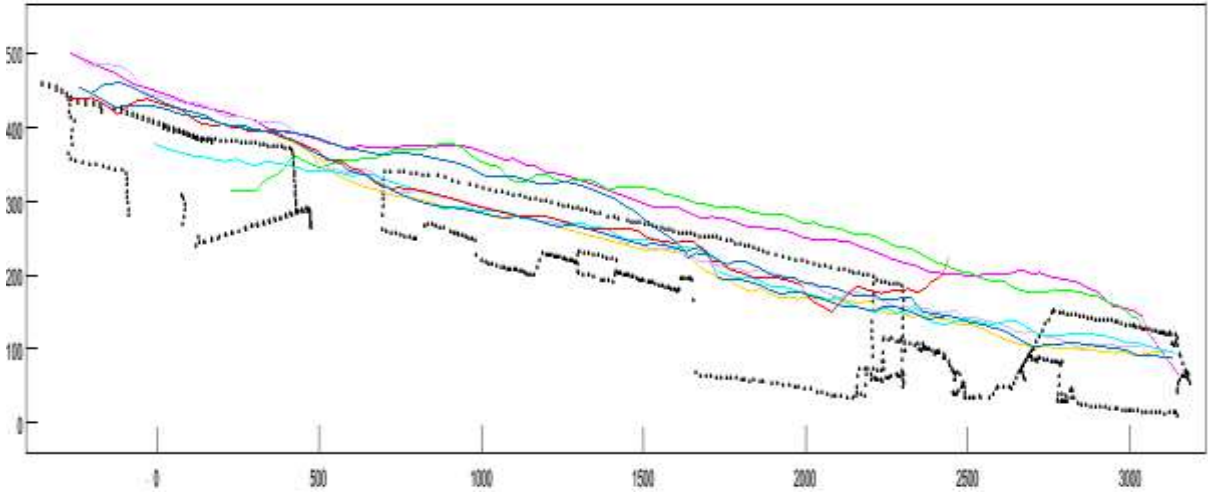
Şekil 6.45 16. resim karesi (frame) iz görünümü

Tablo 6.5 16. resim karesi (frame) değerleri

Blob #	Kare #	Hız	Alan	X	Y	Ort_hız	Ort_alan	FN	Tür
2	16	24.381	473.00	762.35	314.71	2.48	375	31	p
3	16	0.0240	141.00	812.73	319.69	1.49	404.19	42	p
4	16	0.9693	363.00	844.11	335.41	1.54	393.61	23	p
6	16	103.455	920.00	897.34	339.79	7.23	936.83	23	v
7	16	23.679	182.00	926.02	296.61	2.40	185.50	20	p
8	16	28.073	151.00	941.59	290.30	2.45	128.84	19	p
9	16	0.0390	106.00	1051.22	153.65	0.23	118.06	104	n
15	16	167.389	599.00	765.01	232.26	17.54	696.13	24	v
16	16	22.759	175.00	831.70	312.17	2.11	180.17	23	p
18	16	21.719	375.00	894.95	333.84	4.68	477.42	12	v
19	16	31.896	186.00	919.41	316.62	3.19	192.38	8	v
20	16	13.157	206.00	1007.46	327.41	1.73	150.79	19	p
21	16	0.9465	150.00	806.24	301.98	1.92	147.58	26	p
22	16	59.129	294.00	799.56	238.28	15.38	426.15	20	v
23	16	33.629	530.00	913.57	288.71	3.34	231.80	45	p
24	16	0.0000	121.00	915.00	548.00	0.17	118.00	9	n

6.3.4 Oluşturulan Yaya ve Taşıt İzleri

Yukarıda blob analiz yöntemi kullanılarak algoritmanın nasıl geliştirildiği ve algoritma yardımıyla yayalara ait konum ile zaman verilerinin nasıl elde edildiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Her bir yayanın konum ve zaman bilgilerini içeren veri setlerinden yararlanılarak saha planları üzerinde her bir yaya ait izler çizdirilmiştir. Aşağıda yer alan şekilde Kıbrıs Caddesine ait olan kaldırım planı üzerinde farklı yayalara ait izler bulunmaktadır. Şekil incelendiği zaman her bir yayanın farklı bir renk skalası dahilinde çizdirildiği net olarak görülmektedir. Kıbrıs Caddesine ait bu planda özellikle yayaların yürürken yüz yüze geldiği farklı durumlara karşı gösterdiği yürüme eğilimi izler yardımıyla göz önüne serilmiştir.



Şekil 6.46 Yaya izlerinin Saha Planı Üzerinde Gösterimi

Yukarıda da bahsedildiği üzere algoritma yardımıyla yayalara ait konum ve zaman verilerinin belirlenmesi ışığında yayaların farklı ortamlardaki gösterdiği hız değişimleri de hesaplanmıştır. Hız değişimlerinin daha iyi kavranması açısından inceleme yapılan saha planı üzerinde hız değerlerinin renk skalaları ile izler üzerinde gösterilmesi ve yayaların uğradığı yol kayıpları bölüm 7.1.5 de ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

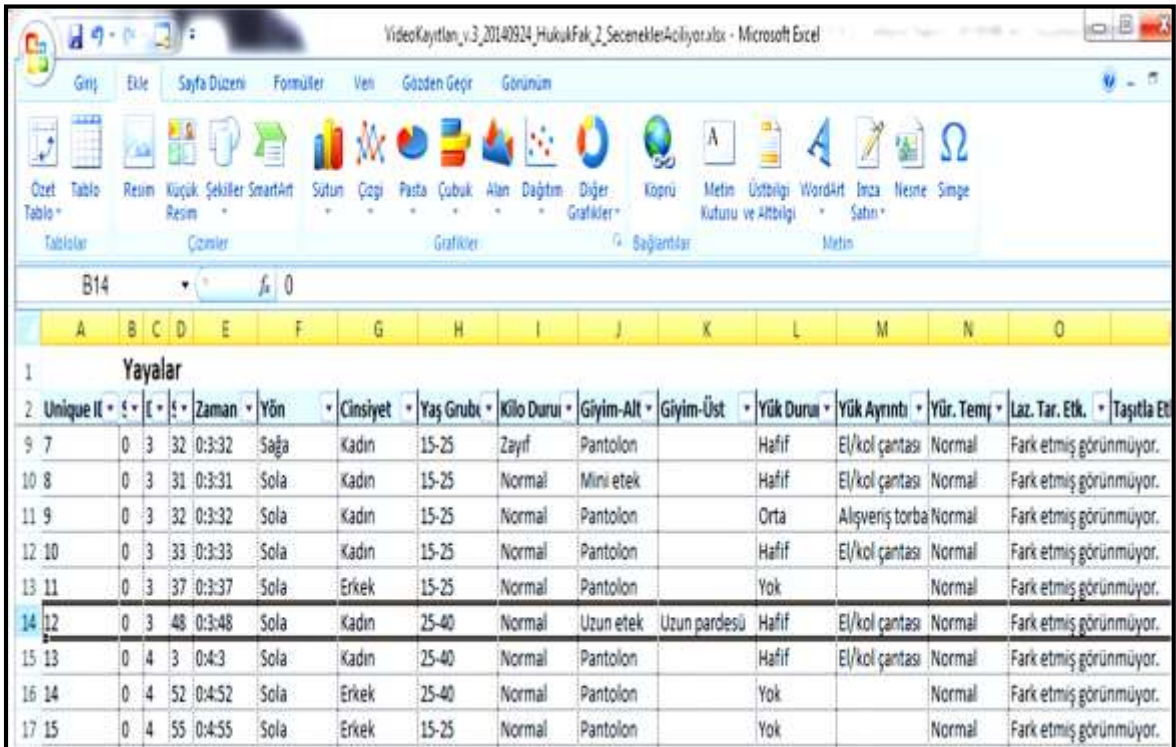
Kullanılan algoritma ile sadece yayalara ait veri setlerine ulaşılmamış aynı zamanda taşıtlara ait konum ve zaman verilerine de ulaşılmıştır. Hem yayalara hem de araçlara ait ulaşılan veri setlerinin beraber değerlendirilmesi yapılarak projenin de asıl konusunu oluşturan yaya-taşıt çatışmalarına ait izler çizdirilmiştir. Bölüm 7.3.3 de bahsedilen taşıt izleri yardımıyla taşıtların bina duvarına olan yanıl mesafeleri, geçiş

esnasında yol kenarında yürüyen yaya bulunması ve bulunmaması durumlarına göre ayrı ayrı incelemelerde bulunmuş ve incelemeler görsel şekiller ile desteklenmiştir. Ayrıca çizdirilen izler yardımıyla yayalar ve taşıtlar arasındaki etkileşimlerde gözler önüne serilmiştir. Yaya ve taşıt izlerinin çizdirilmesi ile elde edilen bu bulgular bölüm 7.3.3. de ayrıntılı olarak değerlendirildiği için bu bölüm de ayrıntılı incelemelere yer verilemiştir.

6.4 Lazer İzleri ve Video Görüntülerinden Elde Edilen Verilerin Birleştirilmesi

Proje kapsamına uygun olarak, lazer tarayıcılarla yaya hareketlerinin incelenmesi esnasında bu hareketlerin görsel veriler ile doğrulanması; ayrıca gözlemlenen yol kullanıcılarının diğer karakteristiklerine ait parametrelerin de değerlendirmeye alınması için, saha çalışmalarında lazer tarama kaydı ile eş zamanlı olarak video çekimleri de yapılmıştır. Daha sonra bu videolar seyredilerek izleri oluşturulan yayalara ait çeşitli bilgiler tabloya kaydedilmiştir (Tablo 6.6).

Tablo 6.6 Yayalara ait özelliklerin belirtilmesi



Unique ID	S	E	Zaman	Yön	Cinsiyet	Yaş Grubu	Kilo Duru	Giyim-Alt	Giyim-Üst	Yük Duru	Yük Ayrıntı	Yür. Temi	Laz. Tar. Etk.	Taşıtla Et	
9	7	0	3	32	0:3:32	Sağa	Kadın	15-25	Zayıf	Pantolon		Hafif	El/kol çantası	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
10	8	0	3	31	0:3:31	Sola	Kadın	15-25	Normal	Mini etek		Hafif	El/kol çantası	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
11	9	0	3	32	0:3:32	Sola	Kadın	15-25	Normal	Pantolon		Orta	Alışveriş torba	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
12	10	0	3	33	0:3:33	Sola	Kadın	15-25	Normal	Pantolon		Hafif	El/kol çantası	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
13	11	0	3	37	0:3:37	Sola	Erkek	15-25	Normal	Pantolon		Yok		Normal	Fark etmiş görünmüyor.
14	12	0	3	48	0:3:48	Sola	Kadın	25-40	Normal	Uzun etek	Uzun pardesü	Hafif	El/kol çantası	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
15	13	0	4	3	0:4:3	Sola	Kadın	25-40	Normal	Pantolon		Hafif	El/kol çantası	Normal	Fark etmiş görünmüyor.
16	14	0	4	52	0:4:52	Sola	Erkek	25-40	Normal	Pantolon		Yok		Normal	Fark etmiş görünmüyor.
17	15	0	4	55	0:4:55	Sola	Erkek	15-25	Normal	Pantolon		Yok		Normal	Fark etmiş görünmüyor.

Videolar ayrıntılı olarak incelenip Tablo 6.6'da örneği görülen bilgiler elde edilmeye başlamadan önce, her bir saha çalışmasına ait videolar yüksek hızlı (x16) görüntüleme ayarında izlenerek, sahadan geçen yaklaşık yaya sayısı sayılıp not edilmiştir (Tablo 6.7). Bu

bilgi, ayrıntılı analizlerde hangi saha ve tarihteki kayıtlara öncelik verilebileceği ile ilgili ön fikir edinmek amacıyla toplanmıştır.

Tablo 6.7 Ölçüm yapılan sahalardan geçen yaya ve araç sayısı

İstasyon Noktası	Tarih	Çekim Süresi	Sola Doğru Giden	Sağa Doğru Giden	Toplam Yaya Sayısı	Araç Sayısı
Hukuk Fakültesi	11.06.2014	00:34:15	120	100	220	450
Kıbrıs Cd.	12.06.2014	00:45:47	40	47	87	360
Hukuk Fakültesi	17.07.2014	00:34:18	37	64	101	376
Uğur Mumcu Cd.	17.07.2014	00:34:15	66	54	120	256
Hukuk Fakültesi	20.08.2014	00:38:36	56	58	114	434
Kıbrıs Cd.	21.08.2014	00:46:01	22	42	64	364
Uğur Mumcu Cd.	18.09.2014	00:25:27	50	39	89	310
Hukuk Fakültesi_1	24.09.2014	00:32:50	156	118	274	388
Hukuk Fakültesi_2	24.09.2014	00:37:48	98	102	200	440
Kıbrıs Cd.	26.09.2014	00:46:57	86	45	131	331
Uğur Mumcu Cd.	22.10.2014	00:41:27	139	126	265	359
Hukuk Fakültesi	22.10.2014	00:36:22	168	162	330	406
Hukuk Fakültesi	12.11.2014		202	120	322	404
Kıbrıs Cd.	12.11.2014		60	56	116	320
Kıbrıs Cd.	18.12.2014	00:25:57	57	38	95	293
Hukuk Fakültesi	18.12.2014	00:38:36	112	134	246	335
Hukuk Fakültesi	21.01.2015		85	70	155	520
Uğur Mumcu Cd.	21.01.2015		53	41	94	402

Saha çalışmalarında gözlemlenen yayalara ait cinsiyet, tahmini yaş aralığı, yaklaşık ağırlık (kilo), yük durumu, yük ayrıntısı, yürüme temposu, yayanın lazer tarayıcıları fark edip etmemesi gibi özellikler göz önüne alınarak ana başlıklar oluşturulmuş; lazer ölçüm süresi içerisinde, incelenen sahada yol boyunca (taşıt akımına paralel doğrultuda) hareket eden tüm yayalar için bu değişkenler kaydedilmeye çalışılmıştır (Tablo 6.6). Bilindiği üzere, deneylerin pek çoğunda lazer tarayıcıların gönderdikleri ışınlar yayaları bilek hizasında algıladığı için, bazı durumlarda, pardösü veya etek gibi bazı kıyafetlerin ayak hizasına kadar inmesinden dolayı algılama ve takip aşamasında karmaşıklık ortaya çıkmaktadır. Bu ve benzeri durumların çözümlenmesinde yardımcı olabileceği düşüncesiyle veri tablosuna giyimle ilgili bir alan da eklenmiştir.

Yukarıda açıklanan ve görsel yolla elde edilen değişkenler tablosu ile algılama ve takip algoritması kullanılarak oluşturulan izler birbirine bağlı tablolar halinde analiz edilecektir. Bunu mümkün kılmak için videolardan elde edilen veri tablosuna, her bir yaya ve taşıta ait bir tek tanımlayıcı (unique identifier) eklenmiştir. Ayrıca, videoda görülen hangi kullanıcının (yaya/taşıta), yani görsel veri tablosundaki hangi kaydın (satırın), lazer taraması ile

oluşturulmuş bulunan izlerden hangisine karşılık geldiğinin net olarak tespit edilebilmesi analizin en önemli işlemlerinden biridir.

Zamansal ve konumsal bir belirteç olması amacıyla, videoda açıkça görülebilen belirli bir nokta seçilerek tabloya kaydedilen her bir kullanıcı için, kullanıcının tam o noktadan geçtiği an (saniye cinsinden) ve hareket yönü kayıt altına alınmıştır. Son olarak, ilgili yayanın -eğer gözlemlendi ise- yoldan geçen taşıtlar ile etkileşime maruz kaldığı an ve gerekirse bir açıklama alanı da tabloya eklenmiştir. Ancak tablonun bu kısmı henüz doldurulmamış, taşıt izleri oluşturulduktan sonra videolar tekrar izlenerek kaydedilmesi planlanmıştır.

Görsel izlenimlerden elde edilen veri setiyle ilgili bir konunun altını çizmekte yarar vardır: Videolardan elde edilen değişkenlerden cinsiyet ve yük durumu gibi bazıları nesnel kabul edilebilecekken, yürüme temposu ve kilo durumu gibi bazıları ise öznel görüşlerle oluşmuş yanlış bilgiler olarak değerlendirilmelidir. Yapılacak tüm analizlerde bu değişkenler nesnellik veya öznelliğe yakınlıklarına göre farklı ağırlıklar verilerek kullanılacaktır.

Videolar izlenerek Tablo 6.6'da örneği görülen veri tabloları oluşturulduktan sonra, elde edilen verinin niteliği ve gözlemlenen yol kullanıcısı (yayalar ve taşıtlar) sayılarının farklı özelliklerine göre dağılımının görülebilmesi için veriyi tanımlayıcı özet tablolar oluşturulmuştur. Böylece her bir saha çalışmasına ait görsel veri tablosundaki yön, cinsiyet, yaş grubu, kilo durumu, giyim, yük durumu, yürüme temposu gibi değişkenlerin farklı değerlere göre dağılımı (frekansını) incelenmiştir. Adı geçen özet tablolara ait örnekler Tablo 6.8'de verilmiştir.

Yukarıda bahsedilen işlemler yapıldıktan sonra, videolardan elde edilen veri tablosu, oluşturulan izlere ait veri tablosu, izlerin saha planı üzerindeki görüntüsü ve video görüntüsüne ait bir resim aynı ekran üzerinde düzenlenerek incelenmesi işlemine geçilmektedir.

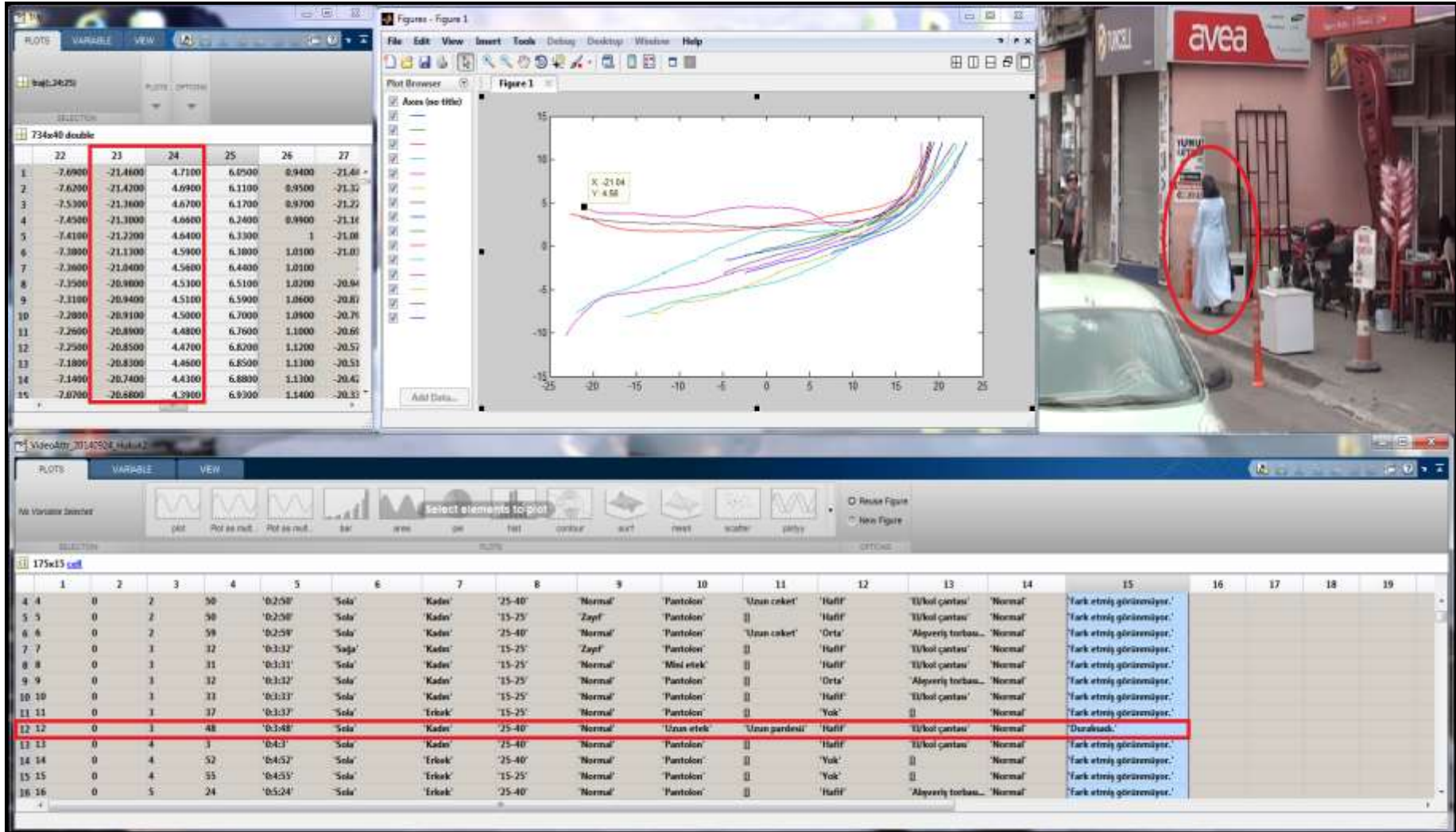
Aşağıda sunulan Şekil 6.47'da ekran görüntüsü halinde örneği verilen çalışma, kaldırımın dar olduğu sorun tipinin gözlemlendiği yol kesimi olan Uğur Mumcu Caddesi'ndeki etüt sahasına aittir. Sol üst köşede görülen tablo yayalara ait x ve y koordinatları cinsinden zamansal olarak ardışık şekilde mesafe değerlerini içermektedir.

Tablo 6.8 Veri tanımlayıcı özet tablolar

YÖN	Erkek	Kadın	Toplam
Sağa	46	41	87
Sola	54	34	88
Genel Toplam	100	75	175
KİLO DURUMU	Erkek	Kadın	Toplam
Kilolu	6	6	12
Normal	85	46	131
Zayıf	9	23	32
Genel Toplam	100	75	175
GIYİM-ÜST	Erkek	Kadın	Toplam
Uzun ceket		4	4
Uzun pardesü		2	2
(boş)	100	69	169
Genel Toplam	100	75	175
YÜRÜYÜŞ TEMPOSU	Erkek	Kadın	Toplam
Hızlı	3		3
Normal	89	73	162
Yavaş	8	2	10
Genel Toplam	100	75	175
LAZERLİ TARAYICI ETKİLEŞİM	Erkek	Kadın	Toplam
Başını çevirip baktı.	7	3	10
Duraksadı.		1	1
Fark etmiş görünmüyor.	93	71	164
Genel Toplam	100	75	175
YAŞ GRUBU	Erkek	Kadın	Toplam
15-25	67	61	128
25-40	24	11	35
40-65	6	2	8
5-15	1		1
65-100	2	1	3
Genel Toplam	100	75	175
GIYİM-ALT	Erkek	Kadın	Toplam
Mini etek		5	5
Pantolon	91	62	153
Şort	9	4	13
Uzun etek		4	4
Genel Toplam	100	75	175
YÜK DURUMU	Erkek	Kadın	Toplam
Ağır	5	2	7
Alışveriş torbası/çantası	5	2	7
Hafif	32	64	96
Alışveriş torbası/çantası	12	5	17
Defter/kitap	12	3	15
El/kol çantası	6	52	58
Sırt çantası	2	3	5
(boş)		1	1
Orta	3	4	7
Alışveriş torbası/çantası	2	3	5
El/kol çantası	1	1	2
Yok	60	5	65
El/kol çantası		1	1
Sırt çantası		1	1
(boş)	60	3	63
Genel Toplam	100	75	175

Söz gelimi, kırmızı ile çevrelenen iki sütun takibi yapılarak izi oluşturulmuş bulunan 12'nci yayaya ait veriyi içermektedir. Burada 23'üncü sütun x koordinatını, 24'üncü sütun ise y koordinatını göstermektedir. Üst orta kısımda algoritma yardımıyla çizdirilen yayalara ait izler görülmektedir. Sağ üst köşede, incelenen sahaya ait video görüntüsünden anlık bir resim bulunmaktadır. Alt kısımda ise, yukarıda ayrıntılı şekilde tarif edilen ve Excel tablosu yardımıyla oluşturulmuş görsel veri setinin, analizde iz verisi ile bütünleşik olarak değerlendirilebilmesi amacıyla Matlab veri tablosu formatında kaydedilmiş bir görüntüsü yer almaktadır. Bu ekranda görülen pencereler aynı yayaya ait çeşitli bilgileri bir arada görmeye ve incelemeye olanak tanımaktadır.

Şekil 6.47'deki ekran düzeninde yapılan incelemeler, farklı işlemleri birlikte görüntüleme ve çapraz doğrulama yapma amaçlı olarak yapılmaktadır.



Şekil 6.47 Görsel verilerinin iz verilerine eklenme

7. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde öncelikle çeşitli yaya karakteristiklerine göre değişen yaya hızlarının analizi ele alınmıştır. Bu analizler Bölüm 3.3'te belirtilen sorunlu yol kesimleri (Kıbrıs Caddesi-2, Uğur Mumcu Caddesi, Kıbrıs Caddesi-1) ve karşılaştırma amacı ile seçilen kontrol kesimi (Hukuk Fakültesi) temelinde yapılmıştır. Bu kesimlerin hangi sorunu karakterize ettiği ilgili şekillerde verilmiştir. İkinci olarak, yaya kaldırım sorunlarının görüldüğü yol kesimlerinin yaya hareketlerine etkisi hız ve seyahat değişimi özelinde incelenerek yaya hizmet seviyesi analizleri yapılmıştır. Gerek kaldırım olmayan yol kesiminde (Kıbrıs Caddesi-2) gerekse kaldırımın dar olduğu yol kesiminde (Uğur Mumcu Cd.) yolun kenarında yürümeye elverişli alan genişliğinin daralması veya yayanın çeşitli nedenlerle yola inerek yürümeye zorlanması durumlarında taşıtlar ile yayalar arasında meydana gelen çatışma halleri incelenmiş ve sunulmuştur. Elde edilen verilere bağlı olarak taşıt yolu yolculuk direnci (sürtünme) çıkarımlarında bulunulmuş, benzetim modelleri üzerinde bazı senaryolara yer verilmiştir.

Yaya hızlarının yukarıda belirtilen ayrıntılı etütlerine geçmeden önce gözlem yapılan istasyon noktalarındaki yaya özellikleri (cinsiyet, yaş grubu, kilo durumu, yük durumu ve grup durumu olmak üzere beş kategoride) incelenmiştir. Tüm istasyon noktalarından elde edilen verilere göre;

-Cinsiyet farklılıkları açısından %57 erkek yaya, %43 kadın yaya;

-Yaş grubu farklılıkları açısından %70 15-25 yaş grubu, %16 25-40 yaş grubu, %13 40-65 yaş grubu, %1 65-100 yaş grubu;

-Kilo farklılıkları açısından %12 zayıf, %75 normal kilolu, %13 kilolu;

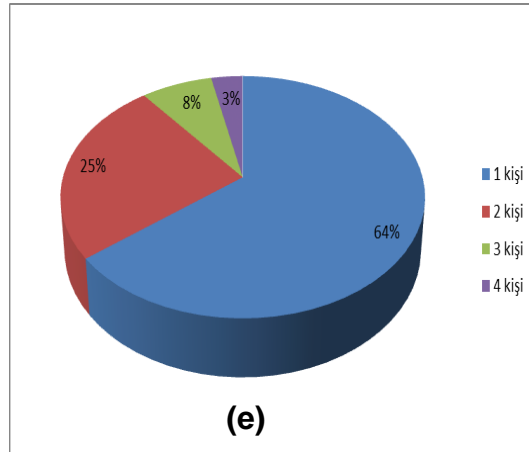
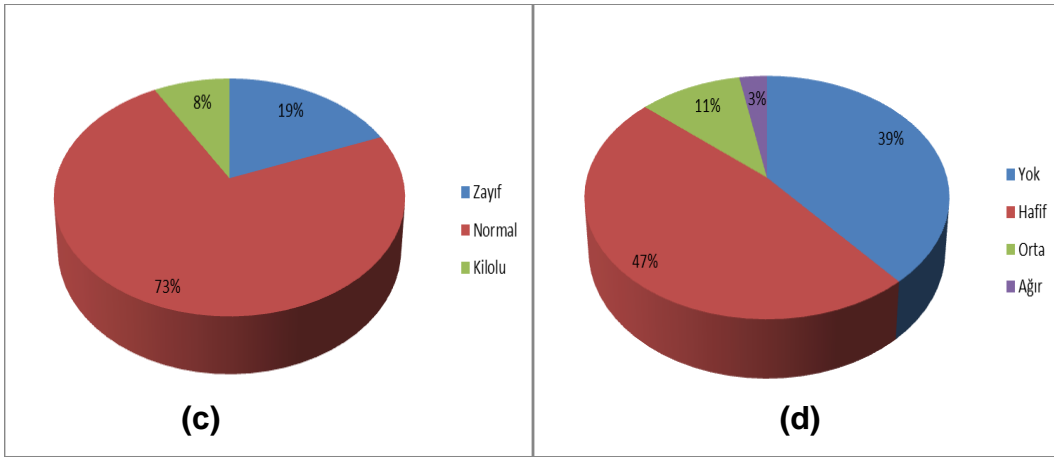
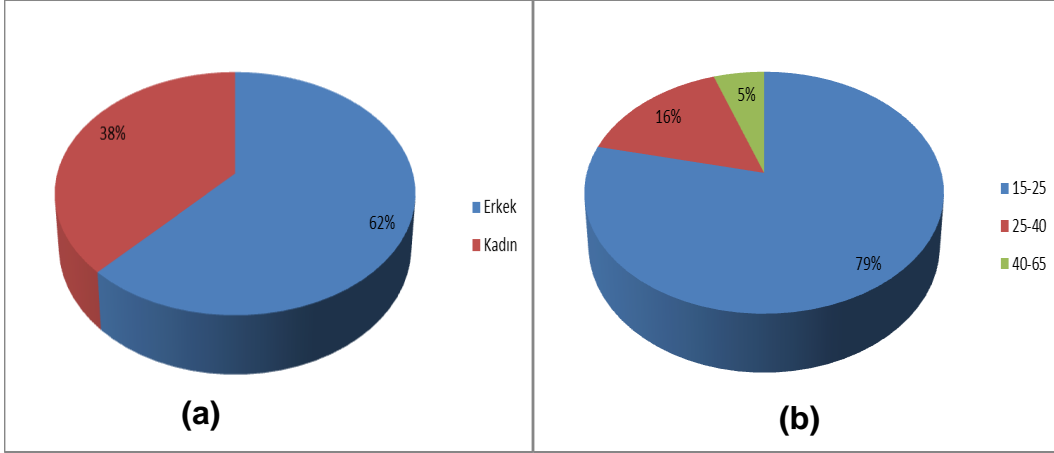
-Yük durumu açısından %35 yüksüz, %48 hafif yüklü, %14 orta yüklü, %3 ağır yüklü;

-Grup durumu açısından %63 1 kişi, %29 2 kişi, %6 3 kişi, %2 4 kişilik gruptaki

yayalar olarak belirlenmiştir.

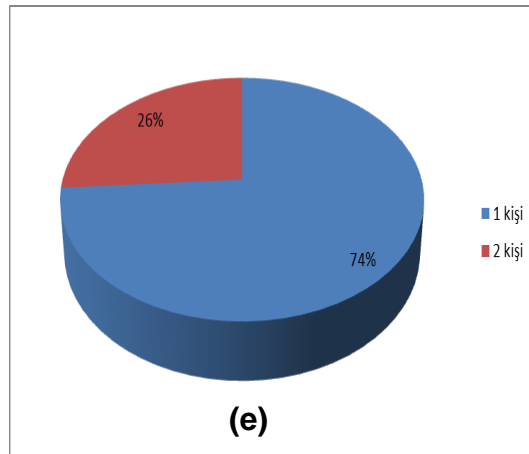
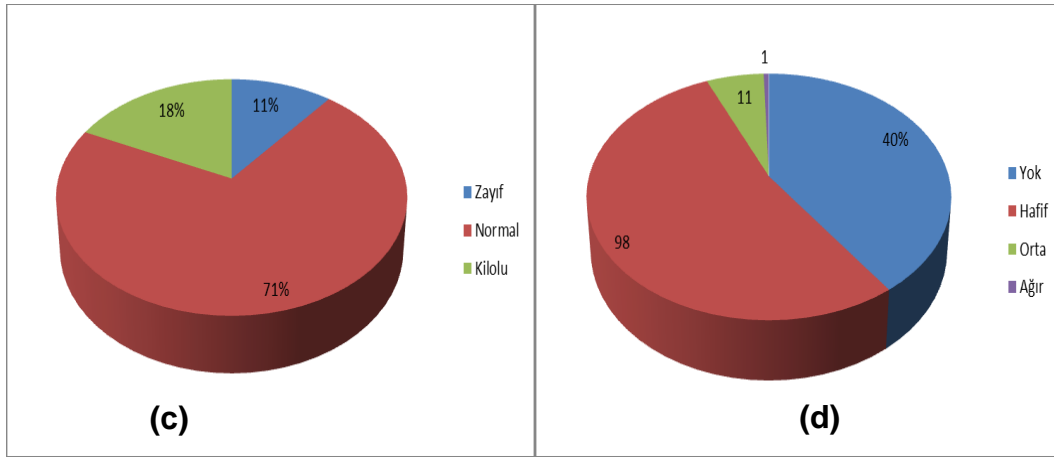
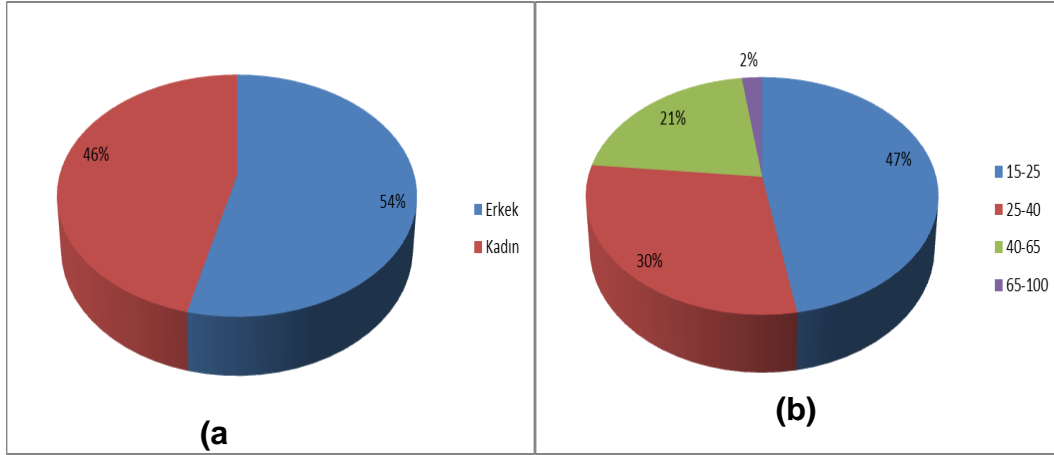
Her bir istasyon noktasında beş farklı kategoriye göre yayaların yüzdesel dağılımları Şekil 7.1~Şekil 7.6' da sunulmuştur.

• Kıbrıs Caddesi-2 Kaldırımsız Kesim



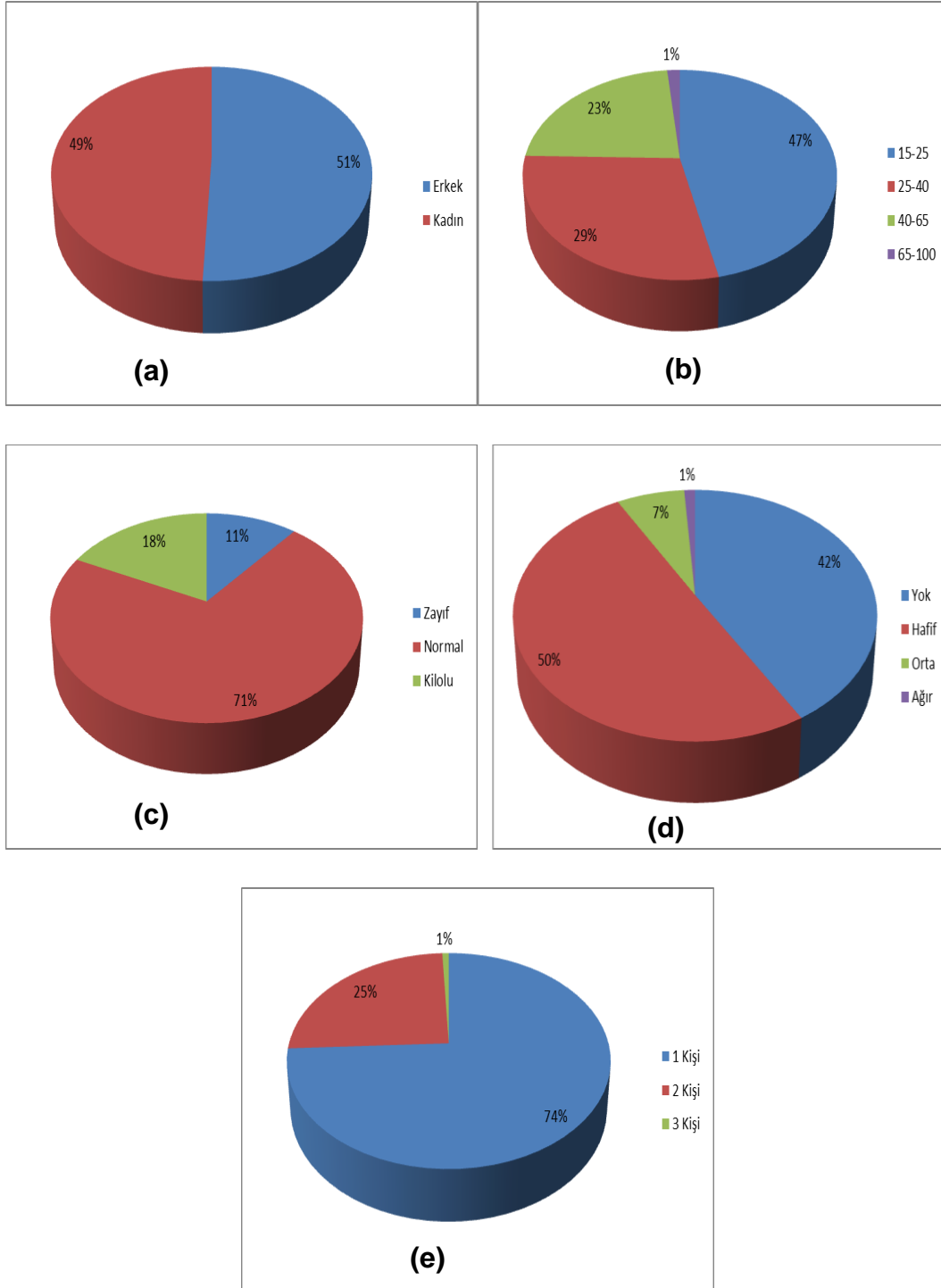
Şekil 7.1 Kıbrıs Caddesi-2 Kaldırımsız Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesele Dağılımı

• **Uğur Mumcu Caddesi Yeterli Kesit Genişliği Olmayan Kaldırım Kesimi**



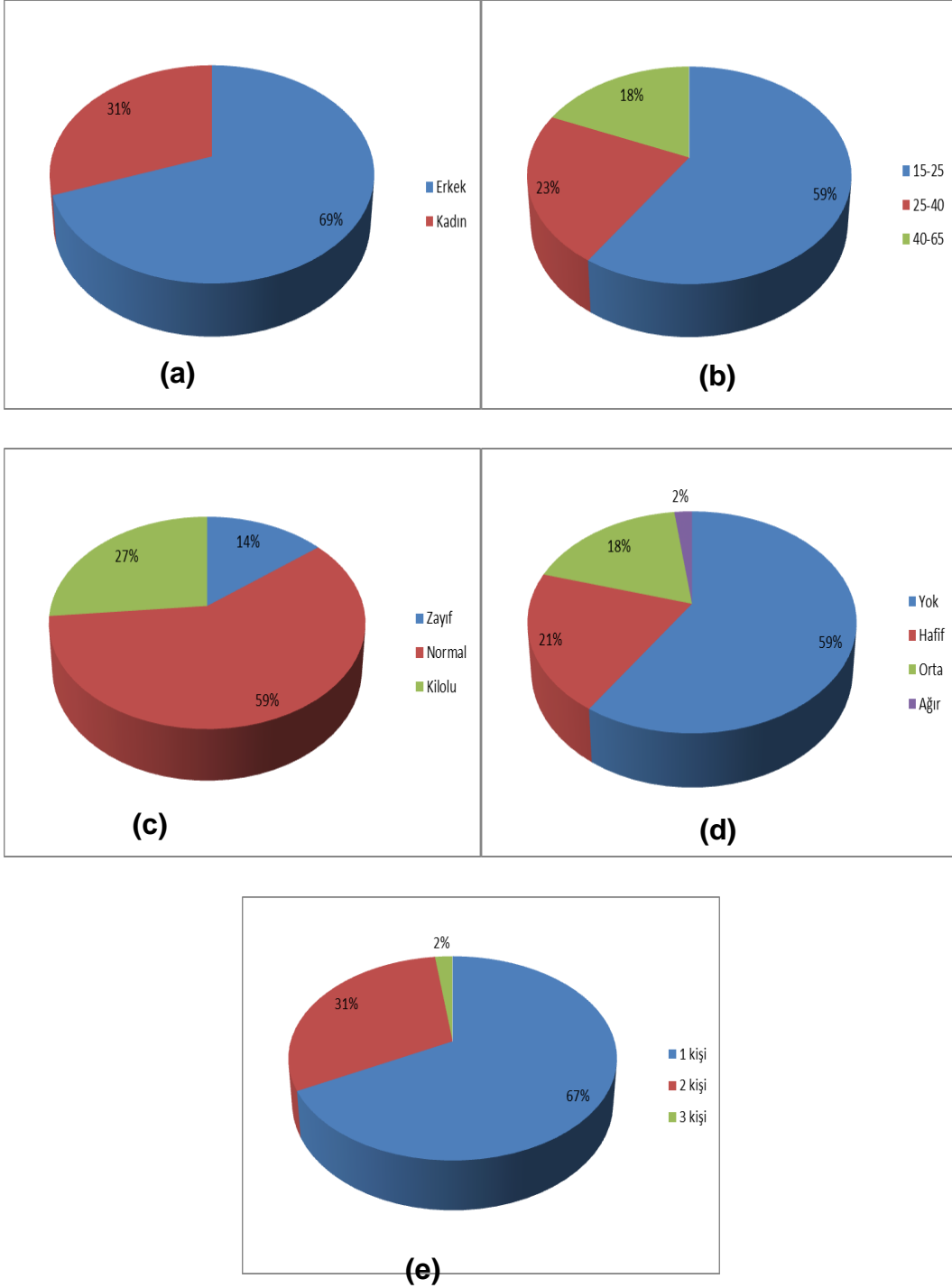
Şekil 7.2 Uğur Mumcu Caddesi Yeterli Kesit Genişliği Olmayan Kaldırımda Yaya Karakteristiklerine Göre Yaya Yürümlerinin Yüzdesele Dağılımı

• **Uğur Mumcu Caddesi Plan Dışı İşgallerin Olduğu Geniş Kaldırım Kesim**



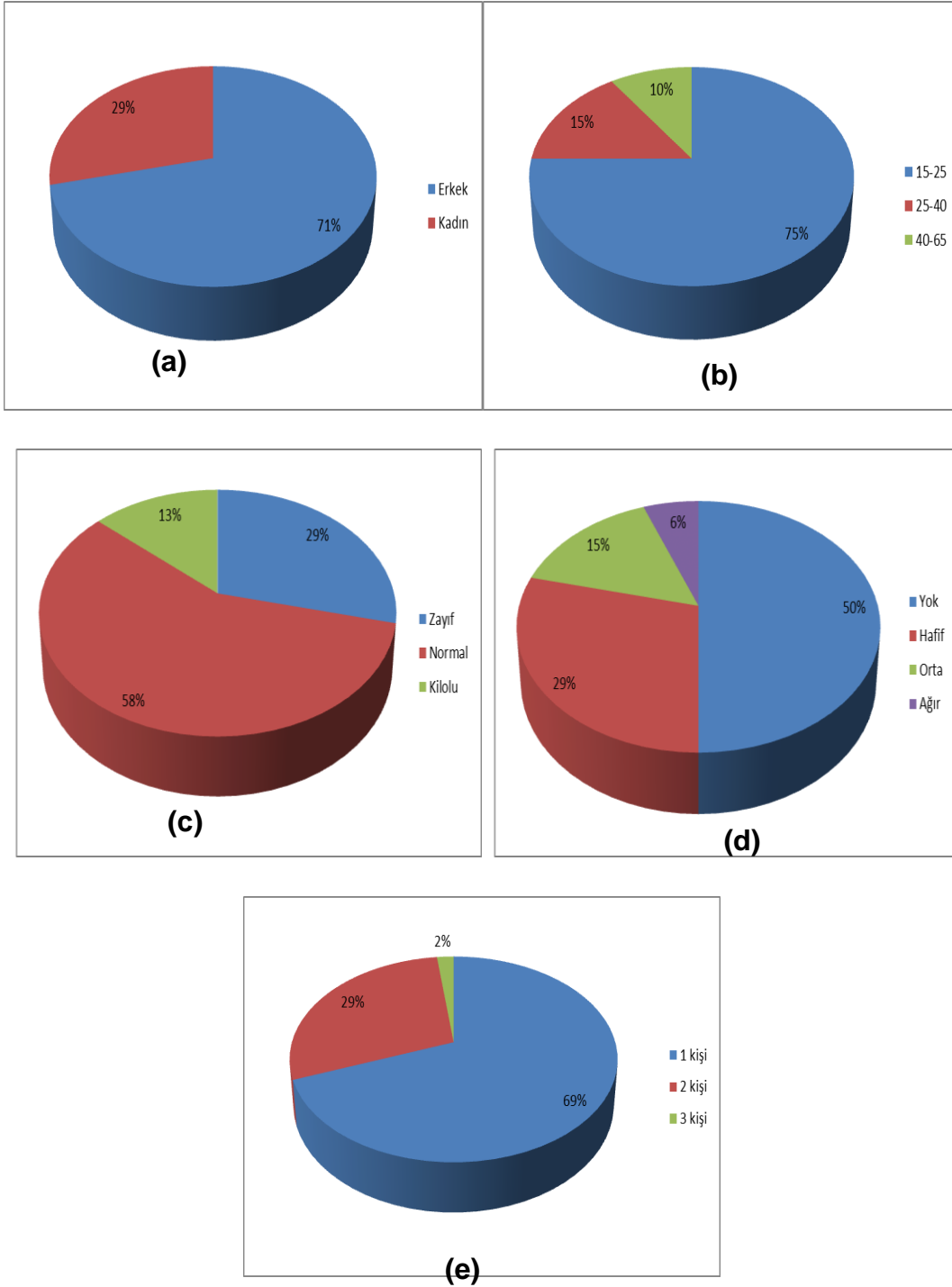
Şekil 7.3 Uğur Mumcu Caddesi Plan Dışı İşgallerin Olduğu Geniş Kaldırımda Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaaların Yüzdesele Dağılımı

• Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kurlsız İşgallerin Olduğu Kesim (Yolda Yürüyen Yayalar)



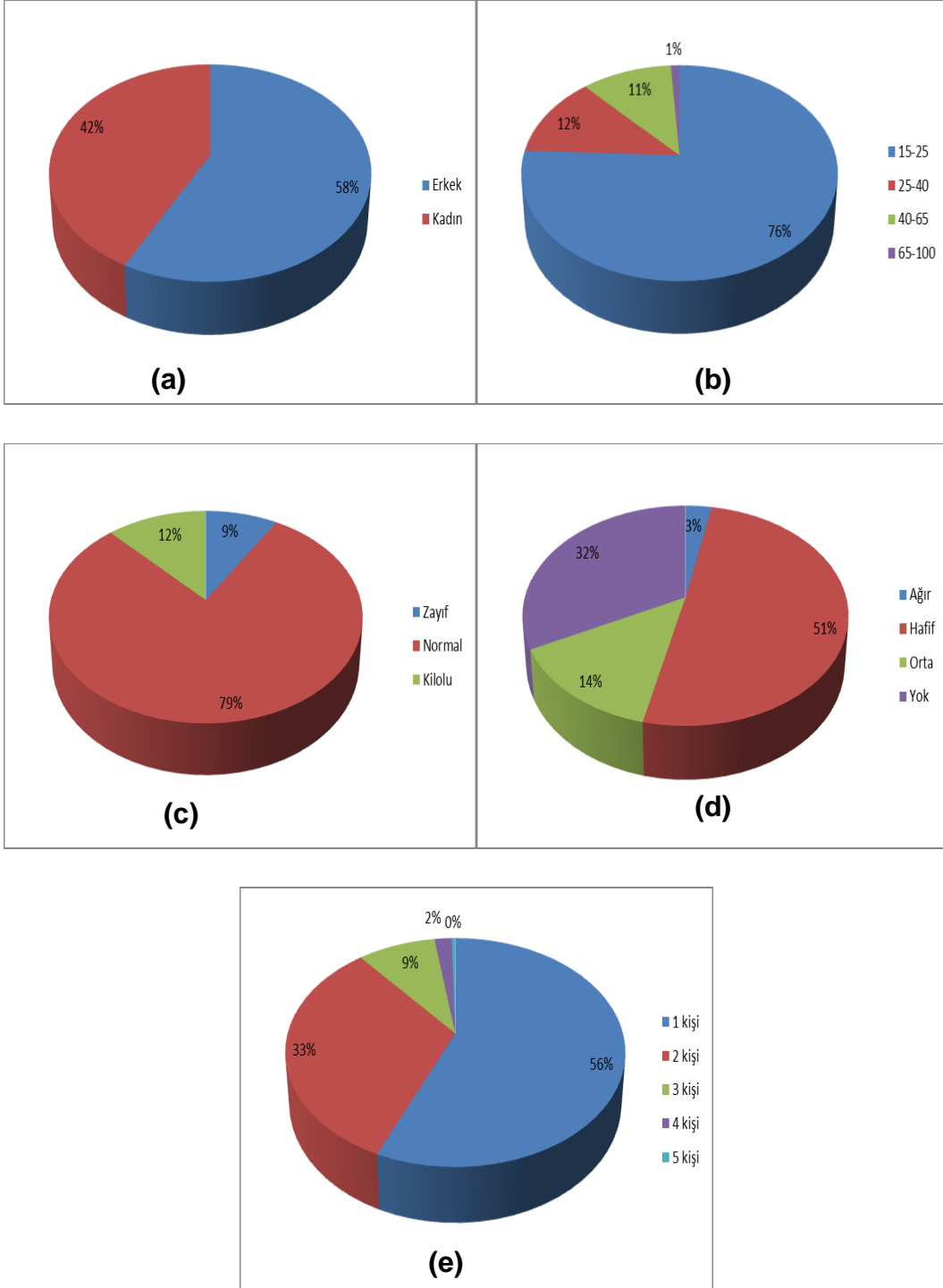
Şekil 7.4 Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kurlsız İşgallerin Olduğu Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Yolda Yürüyen Yayaların Yüzdesele Dağılımı

• Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesim (Kaldırımda Yürüyen Yayılar)



Şekil 7.5 Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesimde Yaya Karakteristiklerine Göre Kaldırımda Yürüyen Yayıların Yüzdesele Dağılımı

• **Hukuk Fakültesi**



Şekil 7.6 Hukuk Fakültesinde Yaya Karakteristiklerine Göre Yayaların Yüzdesel Dağılımı

7.1 Yaya Hızlarının Analizi

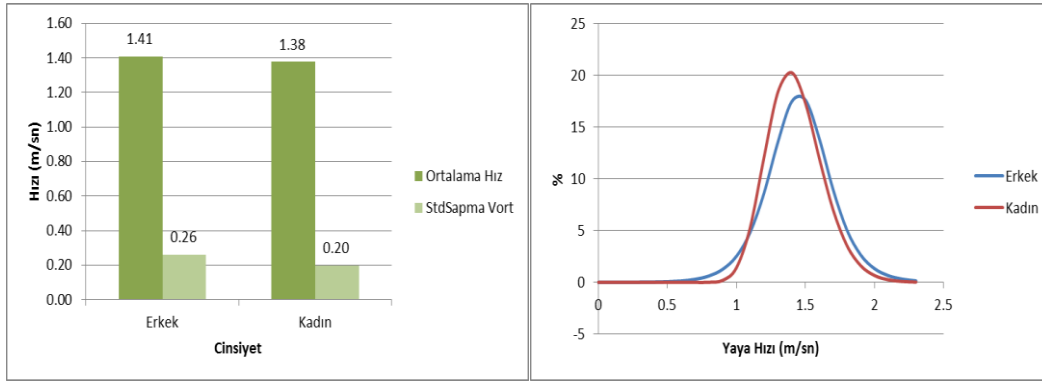
Bu bölümde sorunlu yol kesimi ile kontrol noktası temelinde yaya hızları incelenmiştir. Bu incelemelerin ardından cinsiyet, yük, kilo, yaş ve grup yürümesi gibi yaya karakteristiklerinin istasyon noktalarındaki değişimleri analiz edilerek genel değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bununla birlikte yaya hızları üzerinde mevsimsel değişiklikler değerlendirilmiştir.

7.1.1 İstasyon Noktası Bazında Yaya Hızlarının Analizi

7.1.1.1 Sorunlu Yol Kesimleri

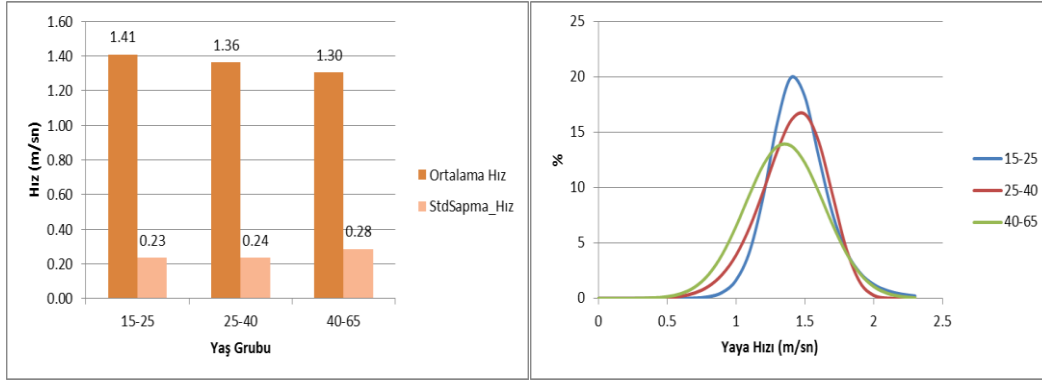
•Kıbrıs Caddesi-2 Kaldırımsız Kesimde Yapılan Gözlemler

Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasında yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.7~Şekil 7.11'de verilmiştir.



Şekil 7.7 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Cinsiyet faktörünün yaya hızına etkisi incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızının 1.41 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1,38 m/sn olduğu görülmektedir (Şekil 7.7-a). Erkek yayaların standart sapmaları kadın yayaların standart sapmalarından daha yüksek değerdedir. Yayaların hızlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları incelendiğinde ise (Şekil 7.7-b) iki grafiğin birbirine yakın çıktığı ve daha yüksek hızlarla hareket eden erkek yayaların oranının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

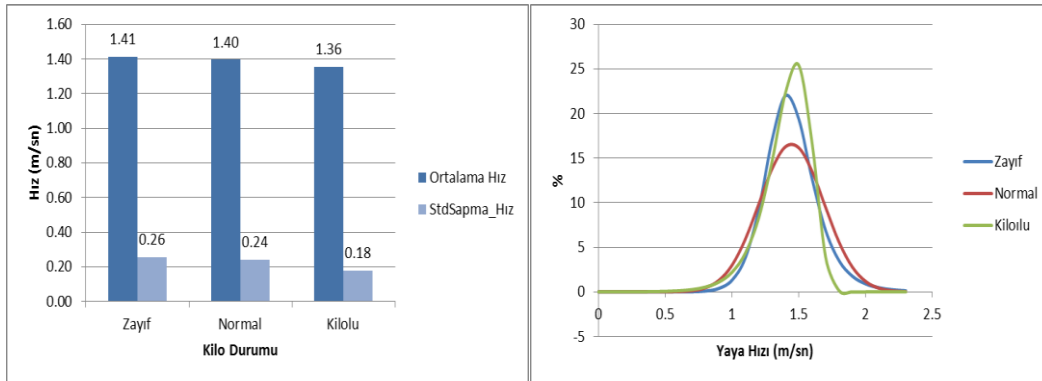


(a)

(b)

Şekil 7.8 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.8-a ise, Kıbrıs Caddesi-2 kaldırımsız kesimde yayaların farklı yaş gruplarına göre yaya hızlarındaki değişimler incelenmiştir. Şekilden, beklenildiği üzere yayaların yaşları arttıkça ortalama hızlarının düştüğü fakat standart sapmalarının da azaldığı anlaşılmaktadır. Yaş grupları arasında ortalama hızlarda en az değişimin olduğu yaş grubu standart sapması en düşük olan 15-25 yaş aralığı olarak görülmektedir (0.23m/sn). 25-40 yaş grubundaki yayaların standart sapmalarının 15-25 yaş grubundaki yayaların standart sapmalarına yakın olduğu belirtilmiştir. En düşük hıza sahip yaş grubu 40-65 grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1.30 m/sn'dir. En yüksek standart sapma değeri bu gruptan elde edilmiştir. Yaş gruplarının hız dağılımlarına bakıldığında 15-25 ve 25-40 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu belirtilmiştir (Şekil 7.8-b). Grafikten 40-65 yaş grubundaki yayaların daha düşük hızda yürüdükleri düşünülmektedir. Bu yaş gruplarındaki hız dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

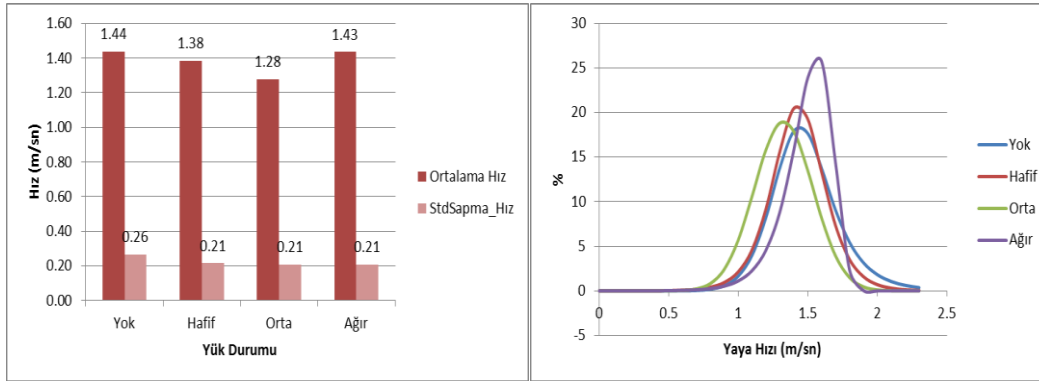


(a)

(b)

Şekil 7.9 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Kilo durumu faktörünün incelendiği Şekil 7.9-a'daki grafikte ise beklenildiği gibi yayaların kiloları arttıkça ortalama hızlarında azalma olduğu görülmektedir. Zayıf ve normal kilolu yayaların ortalama hızları birbirine yakın olup kilolu yayaların en düşük ortalama hıza sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek ortalama hız (1.41 m/sn) ve standart sapma (0.26 m/sn) zayıf yaya sınıfında bulunmaktadır. En düşük hıza kilolu yayalar sahip olup, bu yayalara ait ortalama hız değeri 1.36 m/sn değerinde olduğu belirlenmiştir. En düşük standart sapma değeri de kilolu yayalarda gözlenmiş olup bu değer 0.18 m/sn olarak belirlenmiştir. Farklı kilo sınıflarındaki yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 7.9-b) dağılımların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde daha düşük hızlarla hareket eden kilolu yayaların oranının daha fazla olduğu düşünülmektedir.



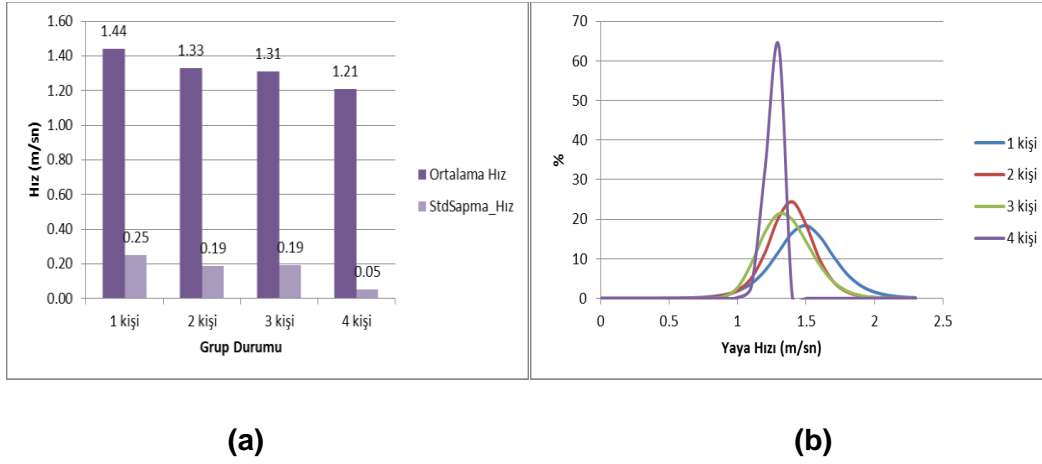
(a)

(b)

Şekil 7.10 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.10-a'ya bakıldığında yük derecesinin arttıkça ağır yük taşıyan yayalar haricinde ortalama hızlarda azalma olduğu anlaşılmaktadır. Yüksüz yayaların 1.44 m/sn ile en yüksek ortalama hıza ve aynı zamanda en yüksek standart sapmaya (0.26 m/sn) sahip olduğu görülmektedir. Hafif yük taşıyan yayaların ortalama hızı 1.38 m/sn; orta yük taşıyan yayaların ortalama hızı 1.28 m/sn olarak belirlenmiştir. Ağır yük taşıyan yayaların ortalama hızları ise yüksüz yayaların ortalama hızına yakın olduğu belirlenmiş olup, 1.43 m/sn olarak hesaplanmıştır. Şekil 7.10-a 'da yük taşıyan yayaların hız değişimlerinin eşit olduğu şekil 7.10-b de sunulan grafikteki hız dağılımları incelendiğinde de yüksüz, hafif yüklü ve orta yüklü yayaların dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu grafiğe göre daha yüksek hızlarla hareket

eden ağır yük taşıyan yayaların oranının orta ve hafif yük taşıyan yayalara göre daha fazla olduğu düşünülmektedir.

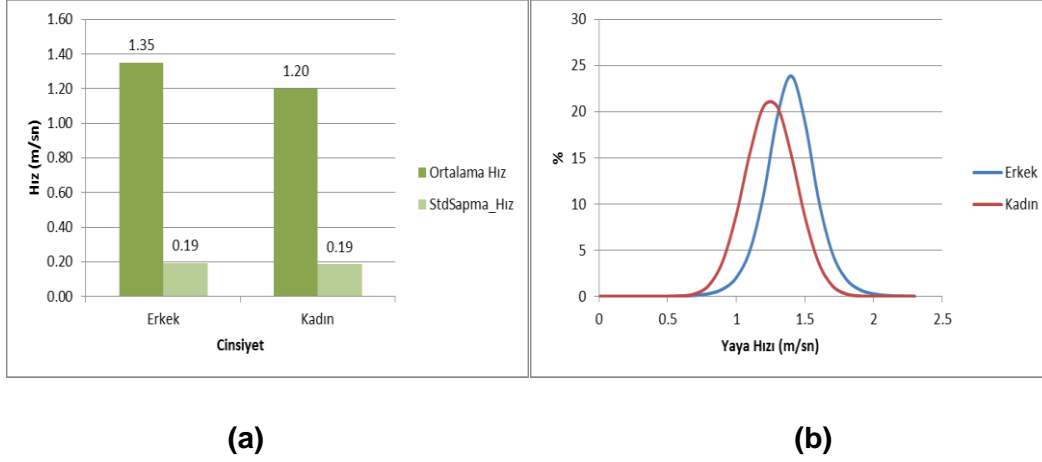


Şekil 7.11 Kıbrıs Caddesi-2 gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.11-a'ya bakıldığında gruptaki kişi sayısı arttıkça yayaların ortalama hızında ve standart sapmasında azalma olduğu görülmektedir. Ortalama hızın en yüksek olduğu sınıf tek yürüyen yayalar olarak belirlenmiştir (1.44 m/sn). En fazla hız değişimi tek yürüyen yayalarda gözlenmektedir. En düşük hızla sahip yayalar ise 4 kişilik grup olup, bu gruptaki yayalara ait ortalama hız değeri 1,21 m/sn olarak hesaplanmıştır. 2 kişilik ve 3 kişilik gruplarda yürüyen yayaların ortalama hızlarının birbirine yakın olduğu Şekil 7.11-a'da görülmektedir. Grup halinde yürüyen yayaların hız dağılımları incelendiğinde (Şekil 7.11-b) 2 kişilik ve 3 kişilik grupların dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir. 4 kişilik grupta daha düşük hızların yüksek oranda gözlendiği Şekil 7.11-b'den anlaşılmaktadır. Bu hızların dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

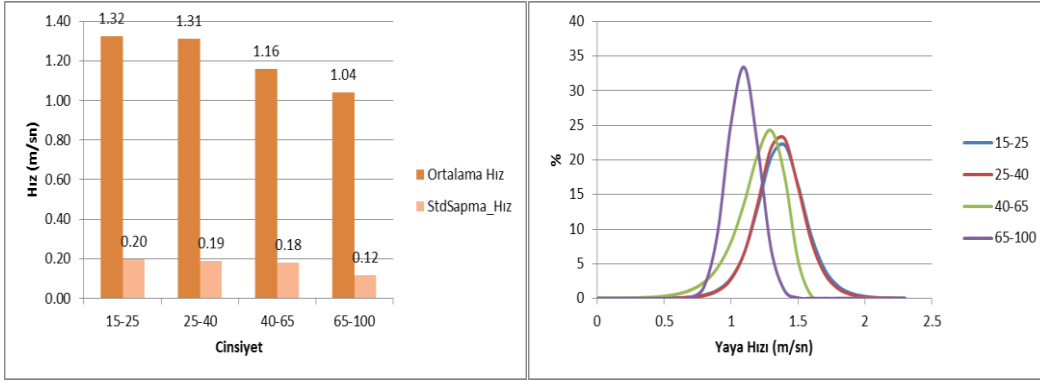
•**Uğur Mumcu Caddesi Yeterli Kesit Genişliği Olmayan Kaldırım Kesiminde (Dar Kaldırım) Yapılan Gözlemler**

Uğur Mumcu Caddesi yeterli kesit genişliği olmayan kaldırım kesiminde yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.12~Şekil 7.16'da verilmiştir.



Şekil 7.12 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Şekil 7.12-a incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızlarının 1.35 m/sn kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1.20 m/sn olduğu görülmektedir. Erkek ve kadın yayaların standart sapmalarının eşit olduğu belirtilmiştir. Erkek yayaların standart sapmaları kadın yayaların standart sapmalarından daha yüksek değerde olduğu anlaşılmıştır. Yaya hızlarının dağılımları incelendiğinde ise (Şekil 7.12-b) iki grafiğin birbirine yakın çıktığı ve daha yüksek hızlarla hareket eden erkek yayaların oranının daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki cinsiyet grubundaki yayaların hız dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

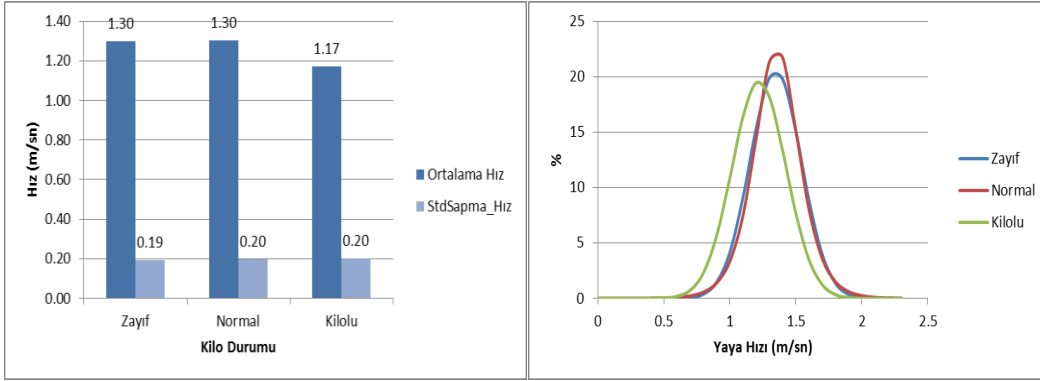


(a)

(b)

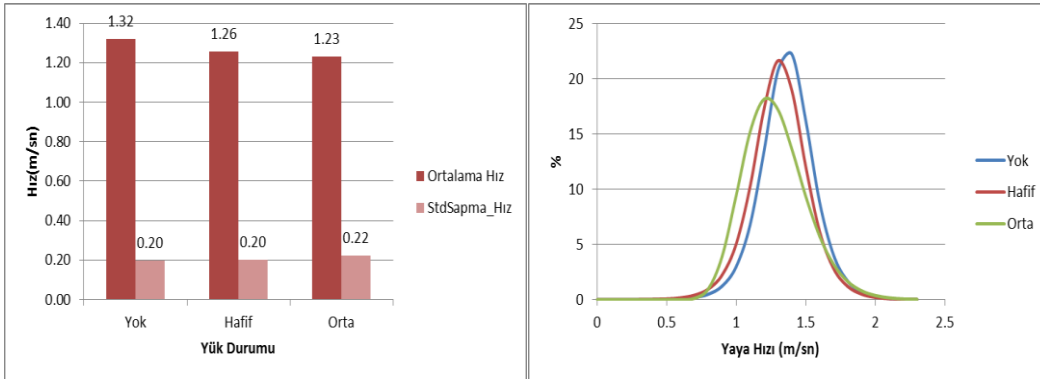
Şekil 7.13 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.13-a incelendiğinde beklenildiği üzere yayaların yaş aralıkları arttıkça ortalama hızda azalma olduğu görülmektedir. En yüksek hıza sahip yaş grubu 15-25 yaş grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1,32 m/sn'dir. En yüksek standart sapma değeri de bu gruptan elde edilmiştir. En düşük hıza sahip yaş grubu ise 65-100 yaş grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1,04 m/sn'dir. En düşük standart sapma değeri de bu gruptan elde edilmiştir. 25-40 yaş grubunun ortalama hızı 1,31 m/sn, 40-65 yaş grubunun ise 1,16 m/sn olduğu hesaplanmıştır.. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına bakıldığında 15-25 ve 25-40 yaş gruplarının dağılımının yakın ve benzer olduğu ancak daha yüksek hızlarla hareket eden 15-25 yaş grubundaki yayaların oranının daha fazla olduğu belirlenmiştir. 65-100 yaş grubundaki yayaların ortalama hızları 1 m/sn civarında yoğunlaştığı Şekil 7.13-b de sunulan grafikte görülmektedir. Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırımında incelenen farklı yaş gruplarındaki yaya hızlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 7.14 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

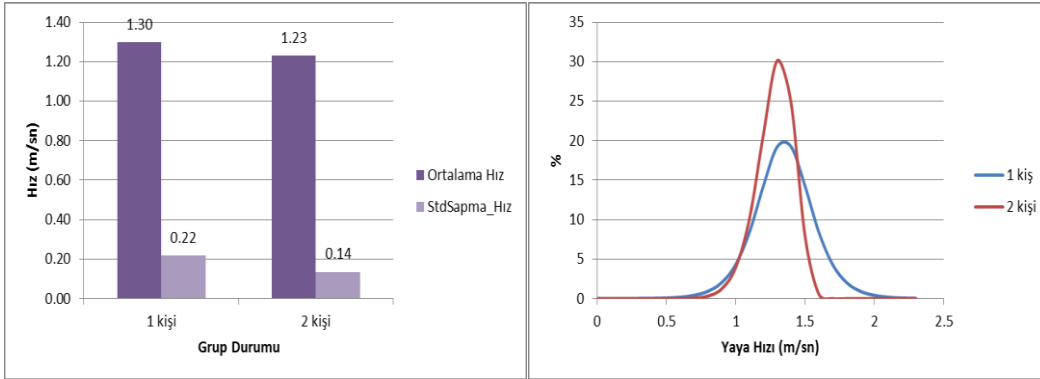
Şekil 7.14-a'daki grafik incelendiğinde zayıf ve normal kilolu yayaların ortalama hızlarının eşit ve bu değer 1.30 m/sn olduğu görülmektedir. En düşük ortalama hıza 1.17 m/sn ile kilolu yayaların sahip olduğu belirlenmiştir. Bu istasyon noktasındaki gözlenen farklı kilo sınıfındaki yayaların hızlarının standart sapmaları yaklaşık olarak aynı çıkmıştır. Farklı kilo sınıflarındaki yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 7.14-b) zayıf ve normal kilolu yayalarının dağılımlarının birbirine yakın ve benzer olduğu görülmektedir. Daha düşük hızlarla yürüyen kilolu yayaların gözlenme sıklığı zayıf ve normal kilolu yayalara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7.15 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.15-a 'da yayaların taşıdıkları yük miktarı arttıkça ortalama hızın azaldığı fakat standart sapmaların da arttığı görülmektedir. En yüksek ortalama hız yük taşımayan yayalara ait olup 1.32 m/sn'dir. en düşük ortalama hızın ise orta yük taşıyan yayalarda ait (1.23 m/sn) gözlemlendiği belirtilmiştir. En fazla hız değişiminin yaşandığı sınıf ta orta yük taşıyan yayalar olarak gösterilmiştir. Şekil 7.15-b de olasılık dağılım fonksiyonlarına bakıldığında yüksüz ve hafif yük taşıyan yayaların dağılımlarının birbirine yakın ve benzer olduğu görülmektedir. Yüksüz yayalar daha yüksek hızlarla daha fazla gözlenmekle beraber orta yüklü yayalar daha düşük hızlarla daha fazla oranda gözlenmiştir.

Grup durumu faktörünün incelendiği Şekil 7.16-a'daki grafiğe bakıldığında beklenildiği gibi ortalama yaya hızında ve standart sapmada azalma gözlenmektedir. Olasılık dağılım fonksiyonlarına bakıldığında ise tek yürüyen yayaların daha yüksek hızlarla daha fazla oranda gözlemlendiği görülmektedir.



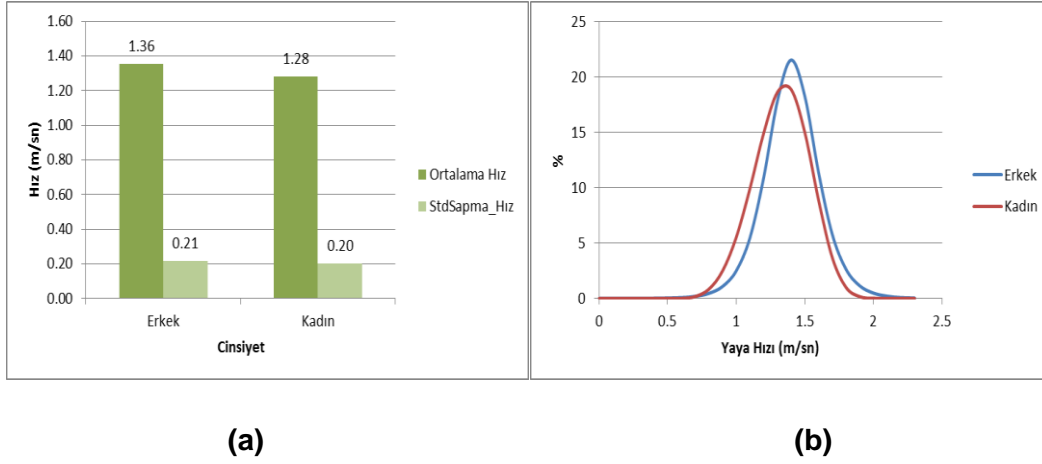
(a)

(b)

Şekil 7.16 Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

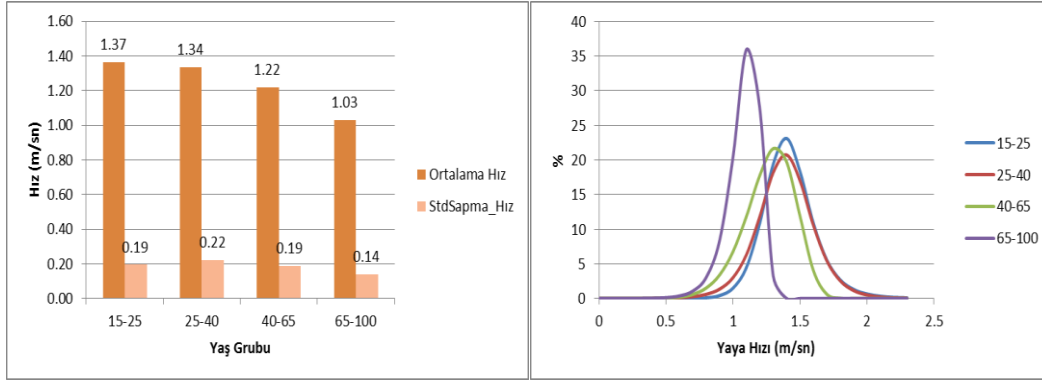
•Uğur Mumcu Caddesi Plan Dışı İşgallerin Olduğu Geniş Kaldırım Kesiminde Yapılan Gözlemler

Uğur Mumcu Caddesi plan dışı işgallerin olduğu geniş kaldırım kesiminde yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.17~Şekil 7.21'da verilmiştir.



Şekil 7.17 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Şekil 7.17-a daki grafik incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızı 1.36 m/sn; kadın yayaların ortalama hızı 1.28 m/sn değerinde çıkmıştır. Erkek ve kadın yayaların standart sapmaları yaklaşık olarak aynıdır. Şekil 7.17-b incelendiğinde erkek ve kadın yayaların hız dağılımının birbirine yakın olduğu erkek yayalarda daha yüksek hızların daha fazla oranda gözlemlendiği görülmektedir.



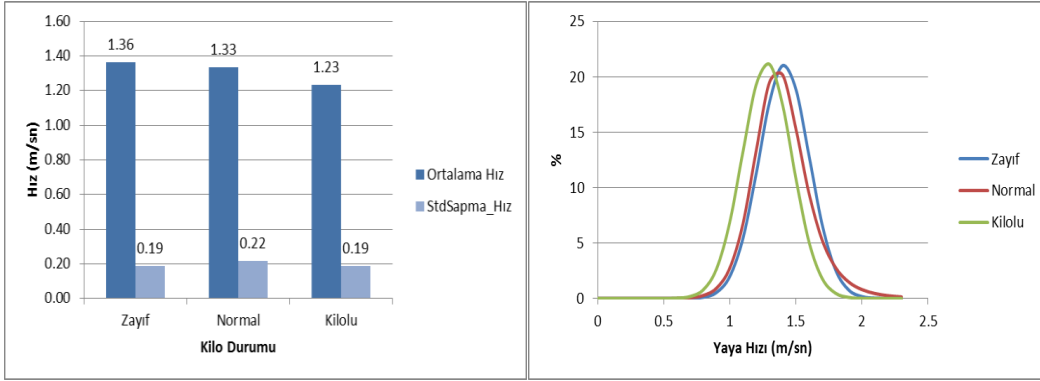
(a)

(b)

Şekil 7.18 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

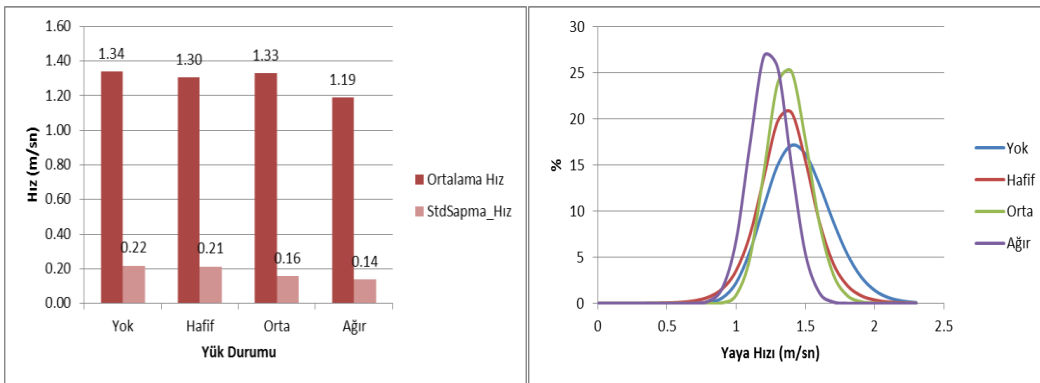
Şekil 7.18-b de beklenildiği üzere yaş aralıkları arttıkça yayaların ortalama hızlarında azalma olduğu görülmektedir. Standart sapmalarda da yaş grupları arttıkça azalma göstermiştir. En yüksek ortalama hızın olduğu yaş grubu 15-25 yaş grubu olarak belirlenmiştir (1.37 m/sn). 25-40 yaş grubundaki yayalar hızlarında en fazla değişiklik yapan grup olarak belirlenmiştir. 40-65 yaş grubunun ortalama hızı 1.22 m/sn olup standart sapması 15-25 yaş grubundaki standart sapmaya eşit çıkmıştır. En düşük ortalama hızın görüldüğü 65-100 yaş grubunda standart sapma değeri de en düşük çıkmıştır. Şekil 7.18-b incelendiğinde 15-25,25-40,40-65 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 7.18-a incelendiğinde yayaların kiloları arttıkça ortalama hızında azalma olduğu görülmektedir. Zayıf ve kilolu yayaların hızlarındaki değişim eşitken ortalama hızlarda en fazla değişimin olduğu grup normal kilolu yayalar olarak belirlenmiştir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında zayıf ve normal kilolu yayaların dağılımları birbirine yakındır.



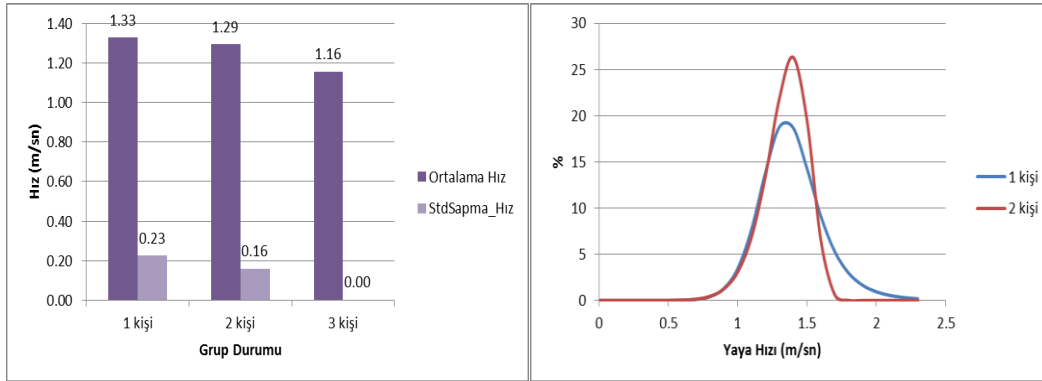
Şekil 7.19 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.19-a incelendiğinde yayaların kiloları arttıkça ortalama hızında azalma olmaktadır. En yüksek hızın görüldüğü grup zayıf yayalar olarak görülmektedir (1.36 m/sn). En düşük hızın görüldüğü grup ise kilolu yayalar olarak belirlenmiştir. Standart sapma değerleri incelendiğinde zayıf ve kilolu yayaların ortalama hızlarındaki değişim oranının aynı olduğu normal kilolu yayalarda ise bu değişimin zayıf ve normal kilolu yayaların hızına göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7.20 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.20-a incelendiğinde yüksüz yayaların ortalama hızı 1.34 m/sn; hafif yüklü yayaların hızı 1.30 m/sn; orta yüklü yayaların hızı 1.33 m/sn; ağır yüklü yayaların hızı 1.19 m/sn olarak görülmektedir. Yüksüz, hafif yüklü ve orta yüklü yayaların ortalama hızları birbirine yakındır. En yüksek standart sapmanın gözleendiği grup yüksüz yayalar olarak belirlenmiştir. En düşük standart sapmanın gözleendiği grup ise ağır yük taşıyan yayalar olarak görülmektedir. Yüksüz ve hafif yüklü yayaların hızlarındaki değişim miktarı birbirine yakındır. Şekil 7.20-b incelendiğinde yüksüz yayalarda yüksek hızların daha fazla oranda gözleendiği ağır yüklü yayalarda daha düşük hızların daha fazla oranda gözleendiği görülmektedir. Hafif yüklü ve orta yüklü yayaların dağılımları birbirine yakındır. Şekil 7.20-b de dağılımların normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.



(a)

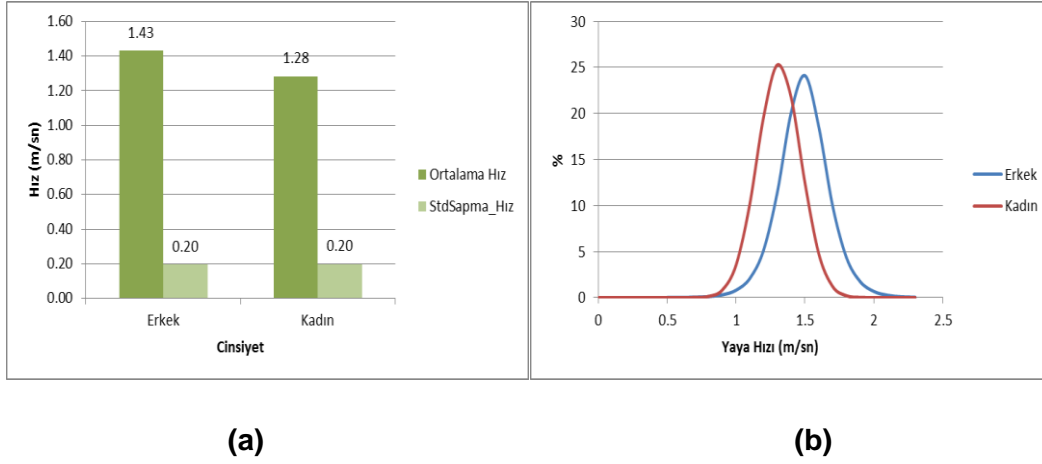
(b)

Şekil 7.21 Uğur Mumcu Caddesi Geniş Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.21-a incelendiğinde gruptaki kişi sayısı arttıkça yayaların ortalama hızının azaldığı, hızında en fazla değişimin olduğu grup ise tek başına yürüyen yayalar olarak belirlenmiştir. Tek yürüyen yayaların hızını daha rahat bir şekilde değiştirebildiği için standart sapması değeri yüksek çıkmıştır. Şekil 7.21-b incelendiğinde etrafında kimse olmayan yayaların daha yüksek hızda gittiği görülmektedir. 2 kişilik grupta yürüyen yayalarda düşük hızlar daha fazla oranda gözlenmiştir.

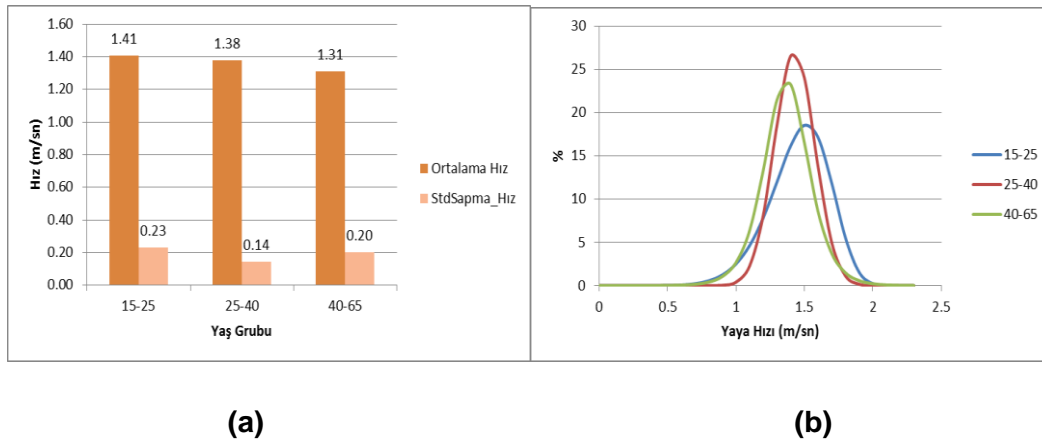
•Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesimde (Yolda Yürüyen Yayalar) Yapılan Gözlemler

Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kuralsız İşgallerin Olduğu Kesimde yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.22~Şekil 7.26'da verilmiştir.



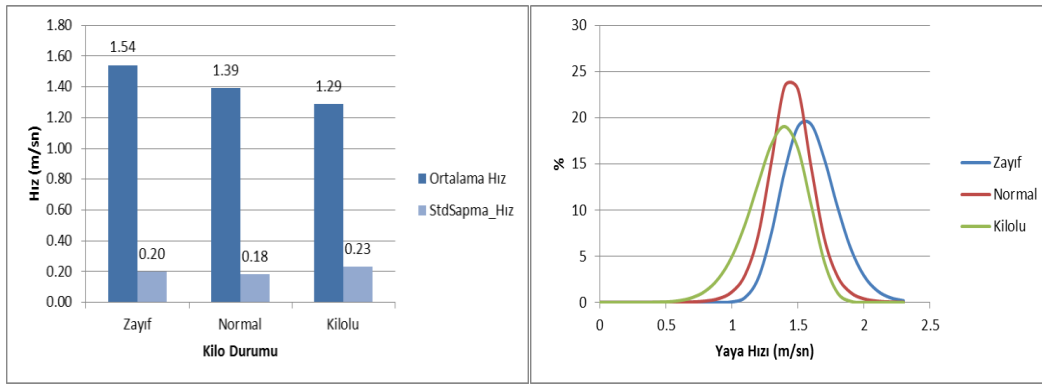
Şekil 7.22 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Şekil 7.22-a daki grafik incelendiğinde Kıbrıs Caddesi Dar Kaldırımda erkek yayaların ortalama hızı 1.43 m/sn; kadın yayaların ortalama hızı 1.28 m/sn değerinde ele alınmıştır. Erkek ve kadın yayaların standart sapmalarının eşit olduğu görülmektedir. Şekil 7.22-b incelendiğinde erkek yayalarda yüksek hızların daha yüksek oranda gözlemlendiği görülmektedir. .



Şekil 7.23 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.23-a incelendiğinde beklenildiği üzere yaş grupları arttıkça yayaların ortalama hızlarında azalma olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama hızın olduğu yaş grubu 15-25 yaş grubu olarak belirlenmiştir (1.41 m/sn). 25-40 yaş grubundaki yayalar hızlarında en az değişimin gerçekleştiği grup olarak belirlenmiştir. 40-65 yaş grubunun ortalama hızı 1.31 m/sn olup standart sapması 15-25 yaş grubundaki standart sapmaya eşit olduğu görülmektedir. Şekil 7.23-b incelendiğinde 25-40,40-65 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

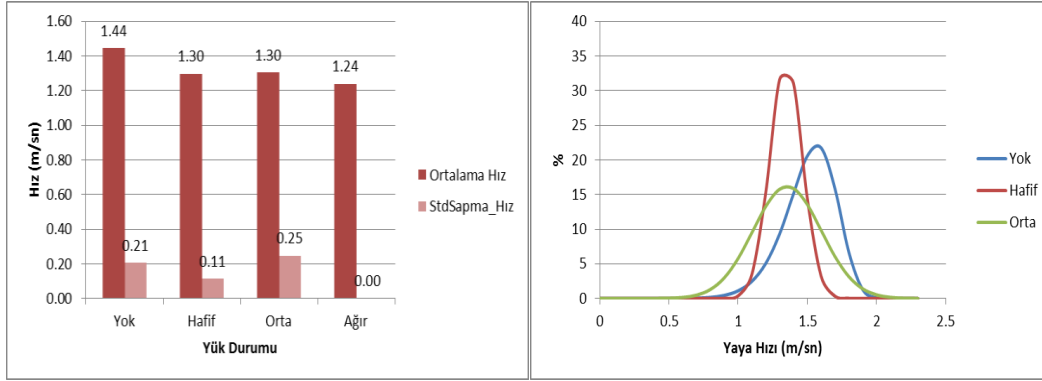


(a)

(b)

Şekil 7.24 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.24-a incelendiğinde yayaların kiloları arttıkça ortalama hızında azalma olmaktadır. En yüksek hızın görüldüğü grup zayıf yayalar olarak görülmektedir (1.54 m/sn). En düşük hızın görüldüğü grup ise kilolu yayalar olarak belirlenmiştir. Kilolu yayalarda en düşük hızın görülmesinin yanında en yüksek standart sapma değeri gözlenmiştir. Ortalama hızda en az değişimin görüldüğü grup normal kilolu yayalar olarak belirlenmiştir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında zayıf yayalarda yüksek hızların daha fazla oranda görüldüğü, kilolu yayalarda ise düşük hızların daha fazla oranda gözlemlendiği anlaşılmaktadır.

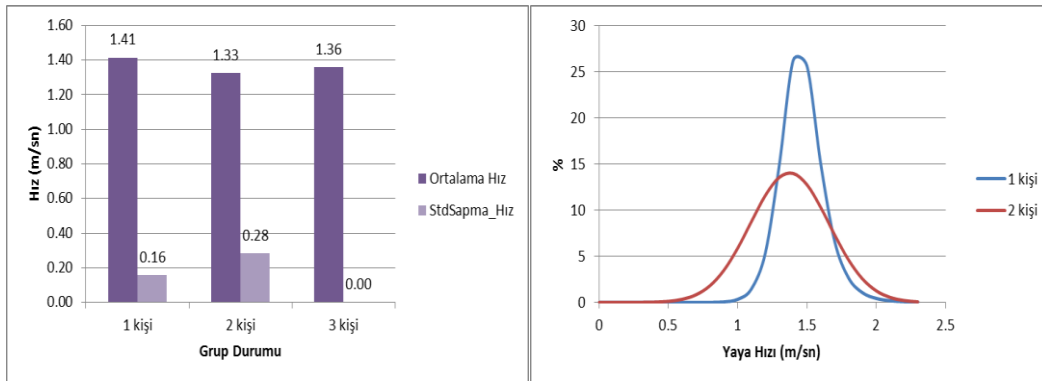


(a)

(b)

Şekil 7.25 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.25-a incelendiğinde yüksüz yayaların ortalama hızı 1.44 m/sn; hafif yüklü ve orta yüklü yayaların hızı 1.30 m/sn; ağır yüklü yayaların hızı 1.24 m/sn olarak görülmektedir. Hafif yüklü ve orta yüklü yayaların ortalama hızları birbirine eşittir. Ortalama hızda en fazla değişim orta yüklü yayalarda bulunmaktadır. En düşük standart sapmanın gözlemlendiği grup ise hafif yük taşıyan yayalar olarak görülmektedir. Şekil 7.25-b de verilen grafiğe göre hafif yüklü yayaların hızı 1.3 m/sn etrafında birikmekte, orta yüklü yayalarda ise hız düzgün bir şekilde dağılmaktadır. Yüksüz yayalarda yüksek hızların sık gözlemlendiği Şekil 7.25-b den anlaşılmaktadır. Şekil 7.25-b de dağılımların normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.



(a)

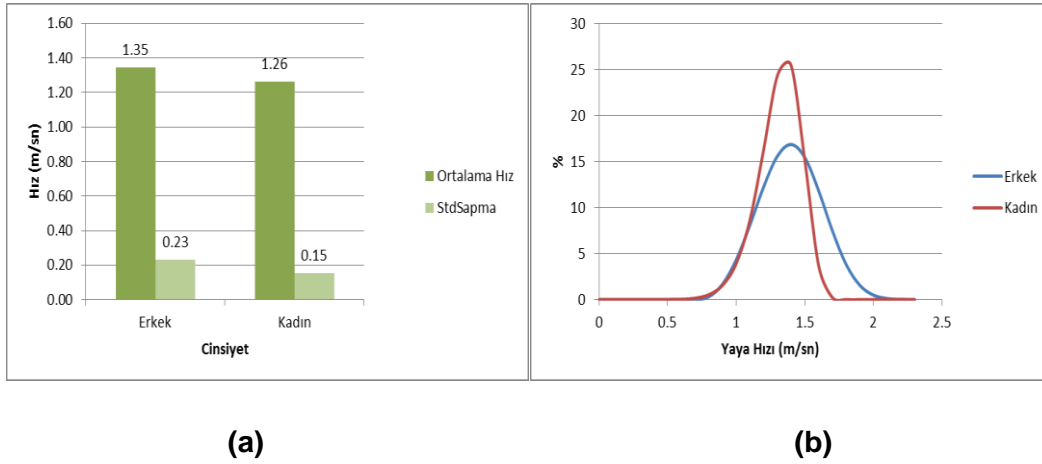
(b)

Şekil 7.26 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.26-a incelendiğinde tek yürüyen yayaların ortalama hızı 1.41 m/sn; 2 kişiyle yürüyen yayaların ortalama hızı 1.33 m/sn olarak görülmektedir. Hızında en fazla değişimin olduğu grup ise 2 kişi ile yürüyen yayalarda gözlenmiştir. Şekil 7.26-b incelendiğinde etrafında kimse olmayan yayaların daha yüksek hızda gitmektedirler. 2 kişilik grupta yürüyen yayalarda düşük hızlar sık gözlenmiştir. Şekil 7.26-b incelendiğinde tek yürüyen yayaların hızının 1.4-1.6 m/sn civarında biriktiği, iki kişi ile yürüyen yayaların hızının dağılımı ise daha basık olduğu görülmektedir.

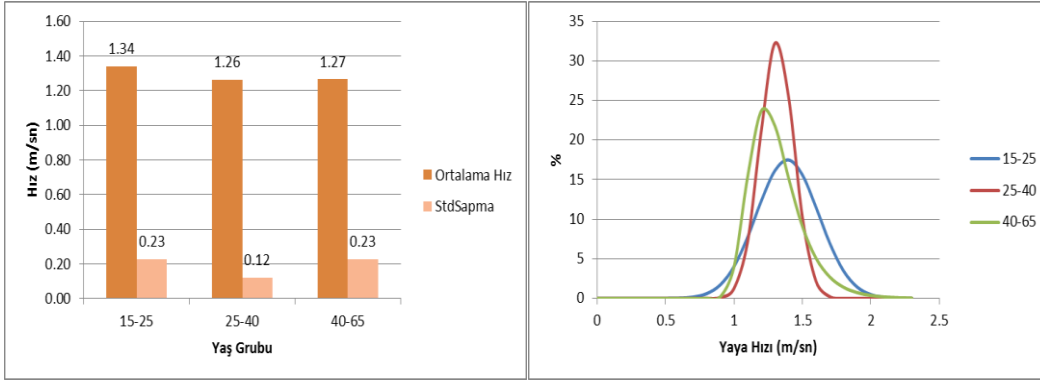
•Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kurlsız İşgallerin Olduğu Kesimde(Kaldırımda Yürüyen Yayalar) Yapılan Gözlemler

Kıbrıs Caddesi-1 Plan Dışı ve Kurlsız İşgallerin Olduğu Kesimde yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.27~Şekil 7.31'da verilmiştir.



Şekil 7.27 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Şekil 7.27-a daki grafik incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızının 1.35 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının 1.26 m/sn olduğu görülmektedir. Erkek yayaların standart sapmasının kadın yayaların standart sapmasından daha yüksektir. Şekil 7.27-b incelendiğinde erkek yayalarda gözlenen yüksek hızların kadın yayalarda gözlenmediği anlaşılmaktadır.

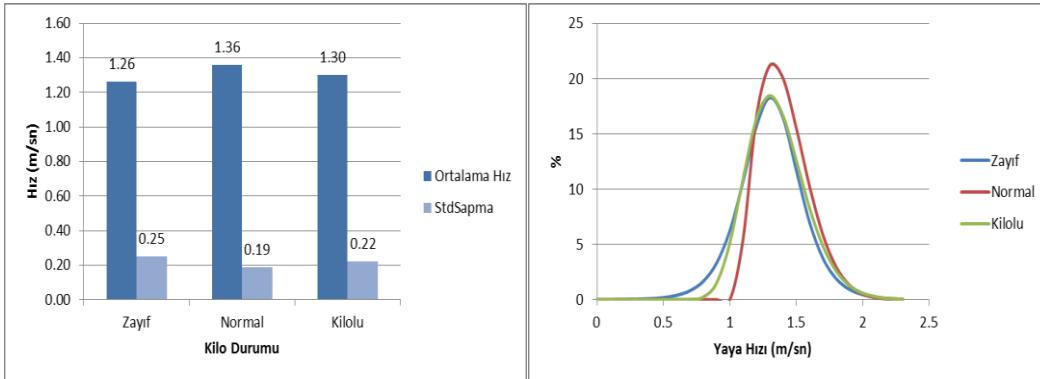


(a)

(b)

Şekil 7.28 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.28-a incelendiğinde 15-25 yaş grubunun ortalama hızlarının 1.34 m/sn; 25-40 yaş grubunun ortalama hızlarının 1.26 m/sn; 40-65 yaş grubunun ortalama hızlarının ise 1.27 m/sn olduğu görülmektedir. En yüksek standart sapma değeri 15-25 ve 40-65 yaş gruplarında görülmektedir. En düşük standart sapma değeri ise 25-40 yaş grubunda gözlenmiştir. Şekil 7.28-b incelendiğinde 25-40 ve 40-65 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir. 15-25 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının diğer yaş grubundaki yayaların dağılımlarına göre daha basık olduğu görülmektedir.

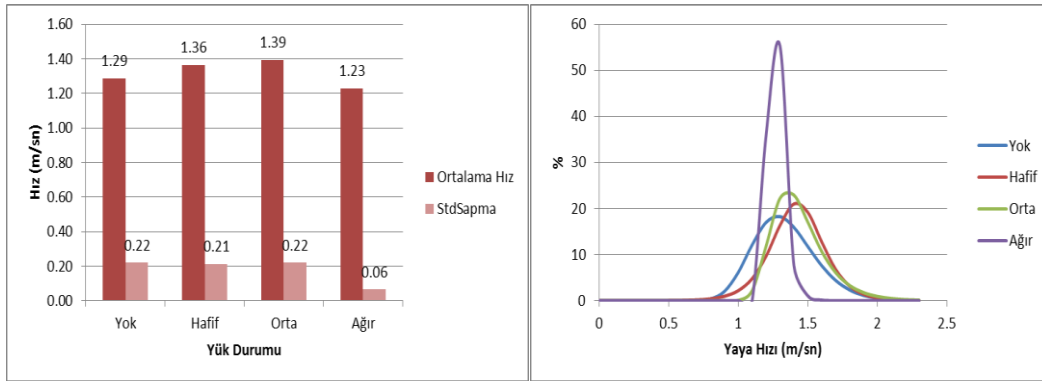


(a)

(b)

Şekil 7.29 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.29-a incelendiğinde en yüksek hızın normal kilolu yayalarda gözlenmiştir (1.36 m/sn). En düşük hız ise zayıf yayalarda gözlenmiştir. Şekil 7.29-a da En yüksek standart sapma değeri zayıf yayalarda; en düşük standart sapma değeri ise normal kilolu yayalarda görülmektedir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 7.29-b) normal kilolu yayalarda yüksek hız değerleri daha fazla oranda gözlenmiştir. Zayıf ve kilolu yayaların hız dağılımları birbirine benzerdir.

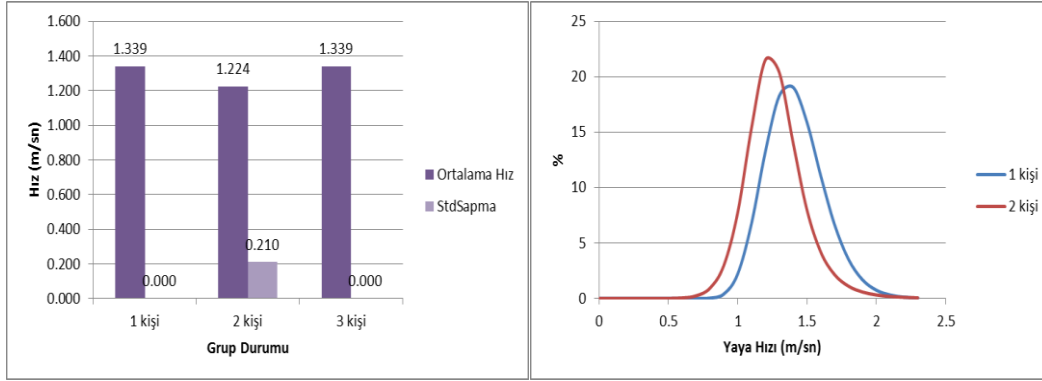


(a)

(b)

Şekil 7.30 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.30-a incelendiğinde yüksüz yayaların ortalama hızı 1.29 m/sn; hafif yüklü yayaların hızı 1.36 m/sn; orta yüklü yayaların hızı 1.39 m/sn; ağır yüklü yayaların hızı 1.23 m/sn olarak görülmektedir. Standart sapma değerleri yüksüz, hafif ve orta yüklü yayalarda birbirine yakın çıkmıştır. Şekil 7.30-b de hafif ve orta yüklü yayaların hız dağılımları birbirine yakındır. Ağır yüklü yayaların hızları 1.2-1.3 m/sn civarında toplanmaktadır. Yüksüz yayalarda ortalama hız değerleri ağır yüklü yayaların dağılımına göre daha basıktır ve veriler dağılmıştır.

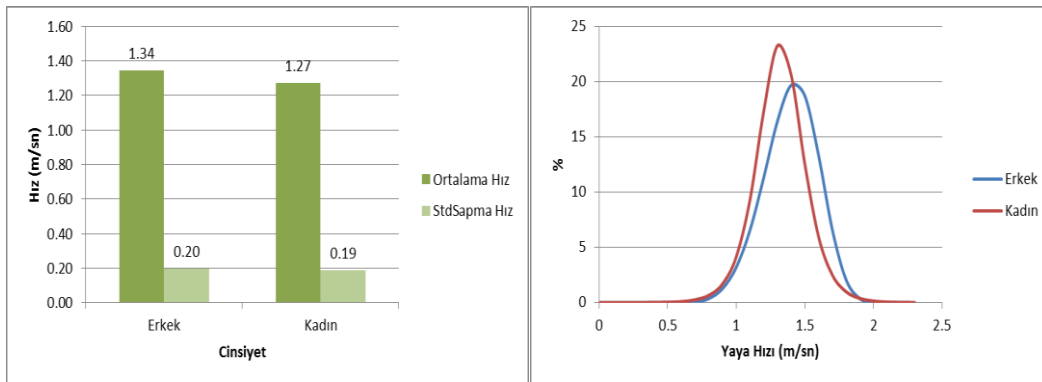


Şekil 7.31 Kıbrıs Caddesi-1 Dar Kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.31-a incelendiğinde tek yürüyen yayaların ortalama hızı 1.34 m/sn; 2 kişiyle yürüyen yayaların ortalama hızı 1.22 m/sn olarak görülmektedir. Standart sapma değerlerine bakıldığında en fazla hız değişimi 2 kişi ile beraber yürüyen yayalarda görülmektedir. Şekil 7.31-b de verilen grafiğe göre tek kişi ve iki kişi yürüyen yayaların ortalama hızlarının dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

7.1.1.2 Kontrol Kesiminde Yapılan Gözlemler

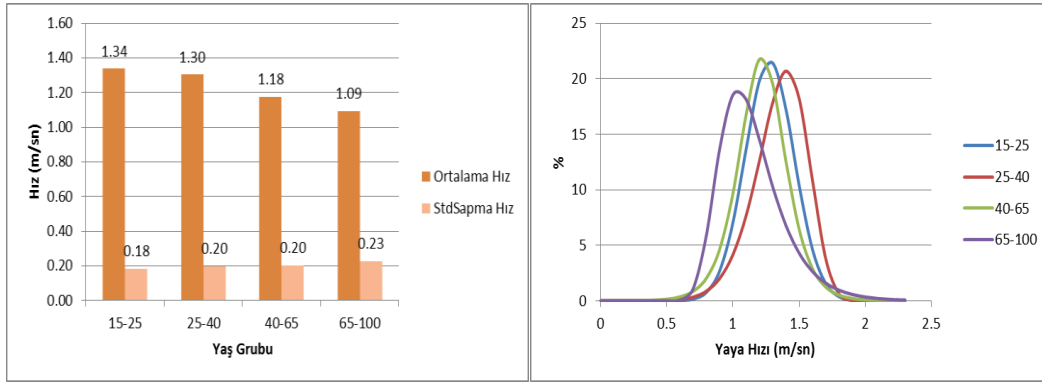
Hukuk Fakültesi gözlem noktasında yapılan analizlerin sonuçları ise Şekil 7.32-Şekil 7.36'da verilmiştir.



Şekil 7.32 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler

Şekil 7.32-a incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızlarının 1,34 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1,27 m/sn olduğu görülmektedir. Standart sapmaları ise birbirlerine çok yakın değerlerdedir. Yayaların hızlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları incelendiğinde ise (Şekil 7.32-b) iki grafiğin birbirine yakın ve benzer olduğu ancak daha yüksek hızlarla hareket eden erkek yayaların oranının daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki gruptaki yayaların hızlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

Şekil 7.33'de ise, yayaların farklı yaş gruplarına göre hızlarına ait özellikler görülmektedir. Şekilden, beklenildiği üzere yayaların yaşları arttıkça ortalama hızlarının düştüğü fakat standart sapmalarının da azaldığı görülmektedir. Ortalama hızlarda en az değişimin olduğu yaş grubu 15-25 yaş aralığı olarak belirlenmiştir (1,34 m/sn). En düşük hıza sahip yaş grubu ise 65-100 yaş grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1,09 m/sn'dir

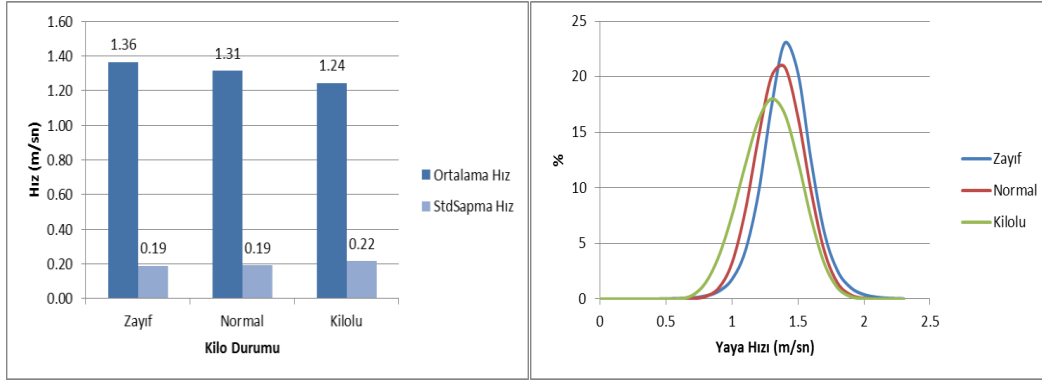


(a)

(b)

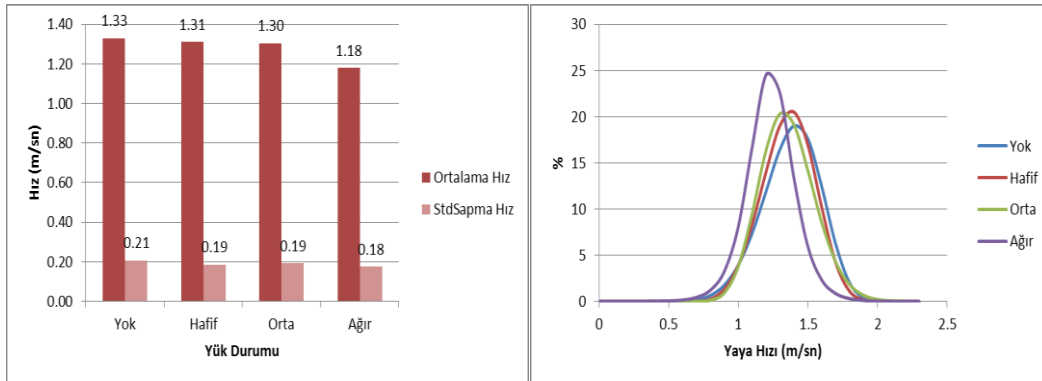
Şekil 7.33 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri

. En yüksek standart sapma değeri de bu gruptan elde edilmiştir. 25-40 yaş grubunun ortalama hızı 1,30 m/sn, 40-65 yaş grubunun ise 1,18 m/sn olduğu hesaplanmıştır. Her iki grubun standart sapmaları ise aynıdır. İleri yaş grubundaki kişilerin hareket kabiliyetleri genç kişilere göre nispeten az olduğundan ortalama hızlarında daha fazla değişim olduğu söylenebilir. Hız dağılımlarına bakıldığında 65-100 yaş grubu dışındaki yayaların hızlarının normal dağılıma uygun olduğu, 65-100 yaş grubunda ise hızların 1 m/sn mertebesinde toplandığı görülmüştür.



Şekil 7.34 Hukuk fakültesi gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.34-a incelendiğinde en yüksek hız zayıf yayalarda (1.36 m/sn), en yüksek hız (1.24 m/sn) ise kilolu yayalarda gözlenmiştir. Şekil 7.34-a da en yüksek standart sapma değeri kilolu yayalarda elde edilmiştir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 7.34-b) dağılımların birbirine yakın olduğu görülmektedir.

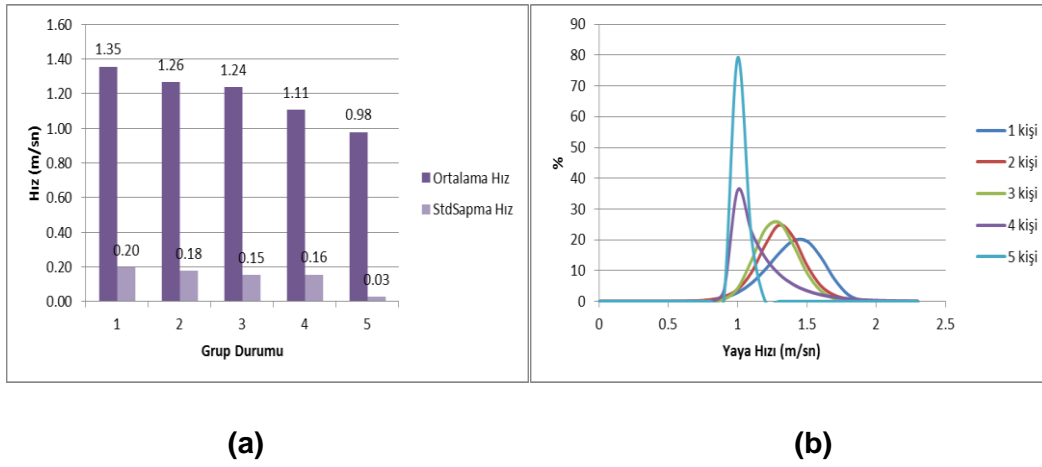


Şekil 7.35 Hukuk fakültesi gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri

Şekil 7.35-a incelendiğinde yüksüz yayaların ortalama hızı 1.33 m/sn; hafif yüklü yayaların hızı 1.31 m/sn; orta yüklü yayaların hızı 1.30 m/sn; ağır yüklü yayaların hızı 1.18 m/sn olarak görülmektedir. Standart sapma değerleri hafif, orta ve ağır yüklü yayalarda birbirine yakın çıkmıştır. Şekil 7.35-b de verilen grafiğe göre yüksüz, hafif yüklü ve orta yüklü yayaların hız

dağılımları birbirine yakındır. Ağır yüklü yayaların hızları 1.1-1.2 m/sn civarında toplanmaktadır. Yüksüz yayalarda ortalama hız değerleri ağır yüklü yayaların dağılımına göre daha basıktır ve veriler dağılmıştır.

Şekil 7.36-a incelendiğinde kontrol istasyon noktasında grup halinde yürüyen yayaların hız değişimleri görülmektedir. Beklenildiği üzere yayaların etrafında beraber yürüdüğü kişi sayısı arttıkça; yayaların ortalama hızlarının azaldığı bununla birlikte standart sapmanın da azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama hız (1.35 m/sn) tek yürüyen yayalarda, en düşük ortalama hız (0.98 m/sn) ise 5 kişi ile beraber yürüyen yayalarda elde edilmiştir. Standart sapma değerlerine bakıldığında en fazla hız değişimi tek yürüyen yayalarda görülmektedir. Şekil 7.36-b de verilen grafiğe göre iki kişi ve üç kişi yürüyen yayaların ortalama hızlarının dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Dört kişi ve beş kişi ile beraber yürüyen yayalarda düşük hız değerleri sık görülmeyle birlikte dört kişilik grupta yürüyen yayalarda yüksek hız değerleri beş kişilik grupta yürüyen yayalara göre daha sık olduğu belirlenmiştir (Şekil 7.36-b). (

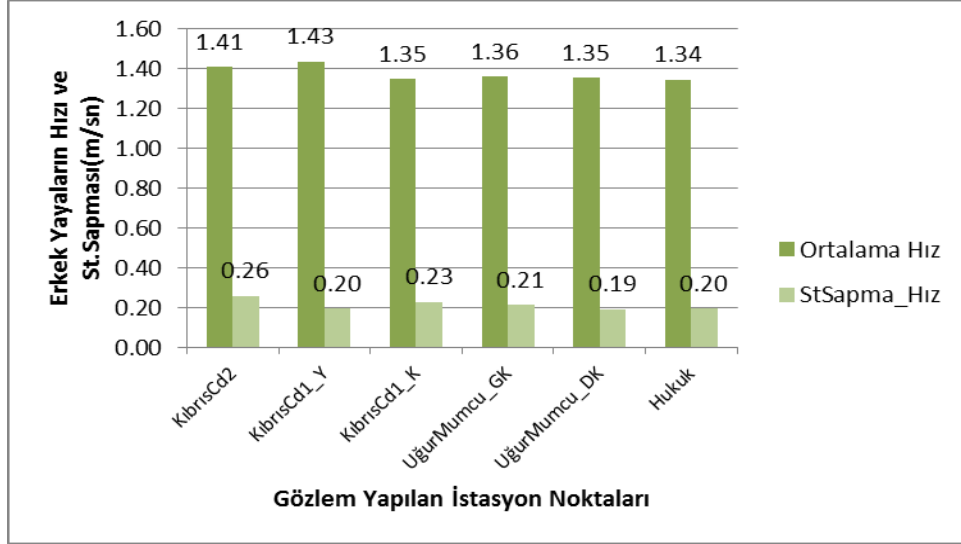


Şekil 7.36 Hukuk Fakültesi gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri

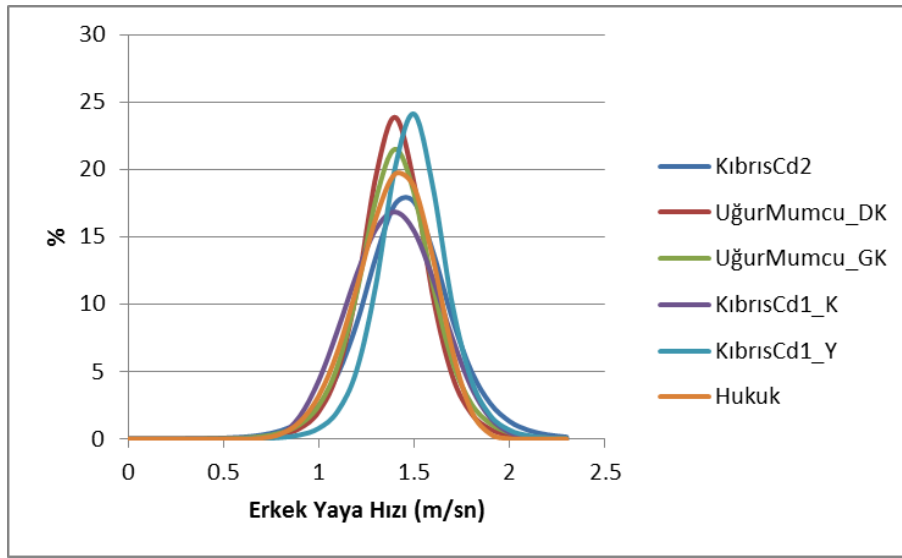
7.1.2 Yaya Karakteristiklerine Bağlı Yaya Hızlarının İstasyon Noktalarına Göre Karşılaştırılması

•Cinsiyet Faktörü

Cinsiyet faktörü bazlı tüm istasyon noktalarındaki ortalama hızların grafikleri Şekil 7.37- Şekil 7.39'da verilmiştir.

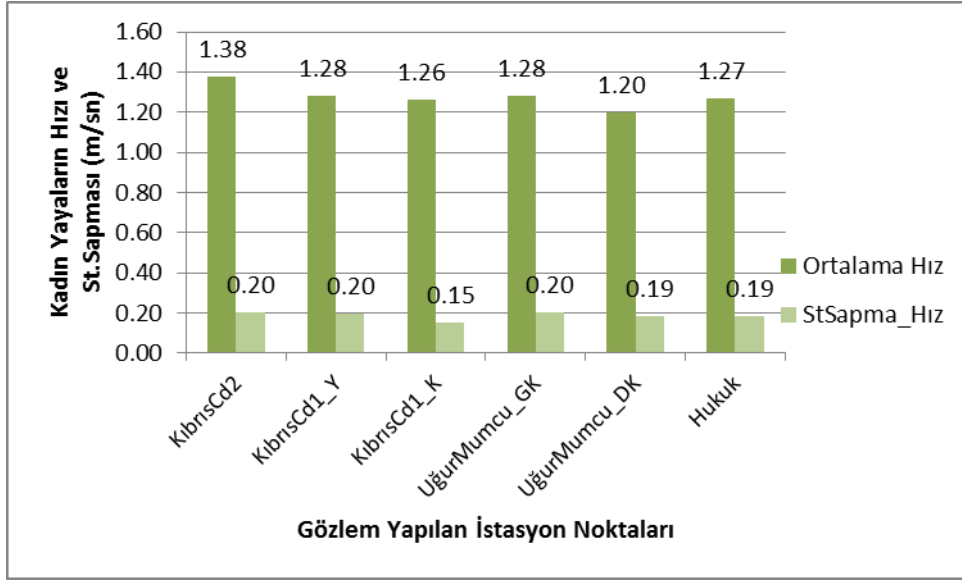


(a)

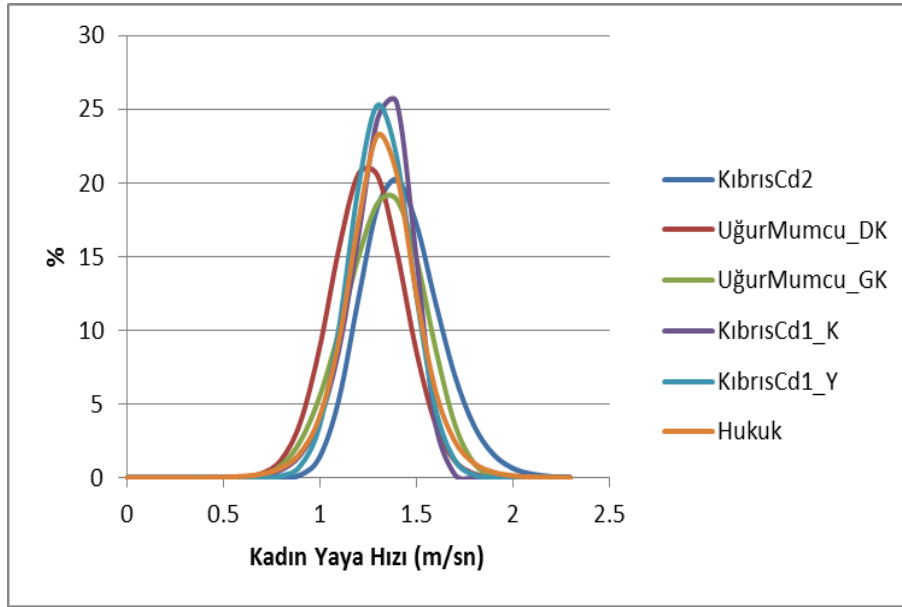


(b)

Şekil 7.37 Tüm gözlem noktalarına ait erkek yayaların hız grafikleri

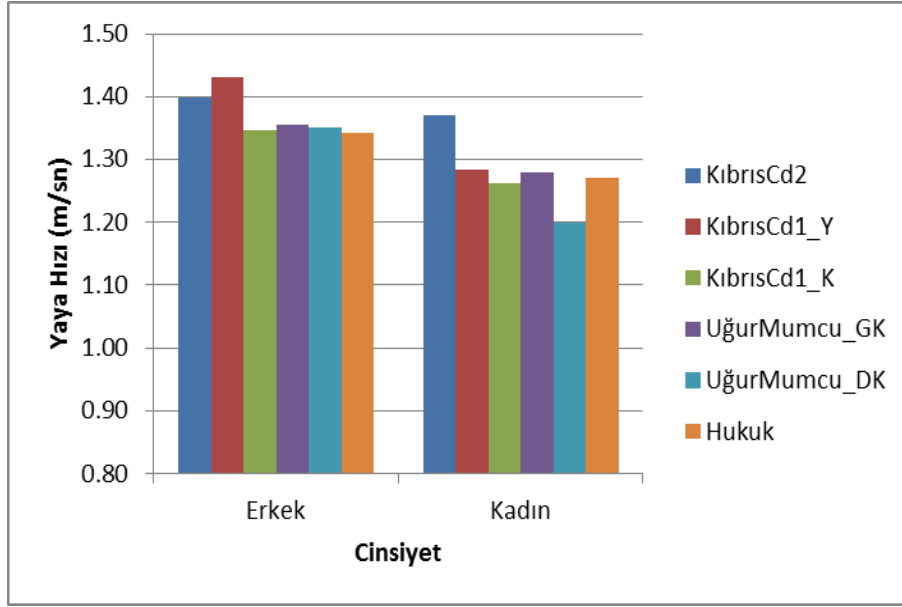


(a)



(b)

Şekil 7.38 Tüm gözlem noktalarına ait kadın yayaların hız grafikleri



Şekil 7.39 Tüm gözlem noktalarına ait erkek ve kadın yayaların hızları

Cinsiyet farklılıkları açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde tüm istasyon noktalarında erkek yayaların ortalama hızının kadın yayaların ortalama hızından yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 7.39). Kıbrıs Caddesi kaldırımsız kesimde erkek ve kadın yayaların ortalama hızları birbirine yakinken diğer istasyon noktalarında hızlar arasında daha net farkların olduğu görülmektedir.

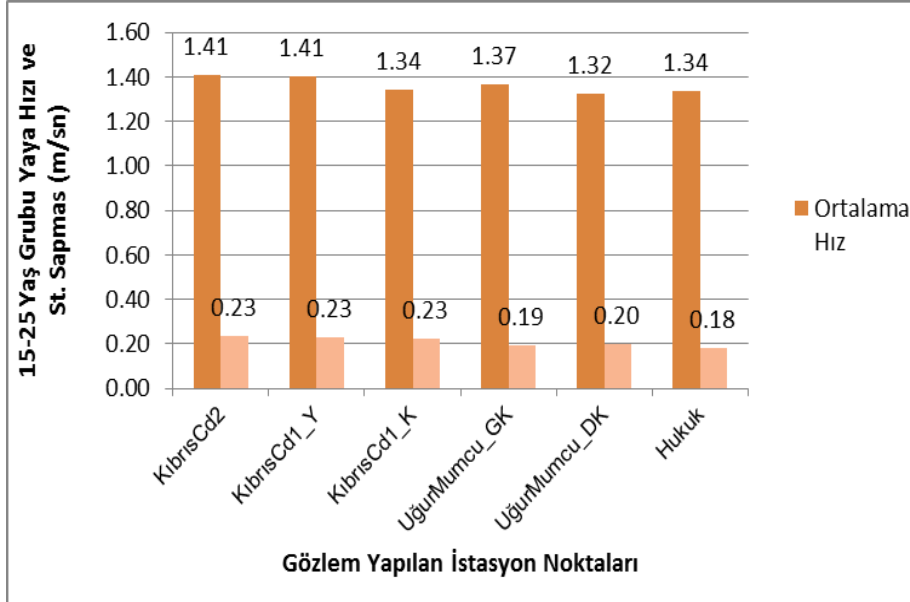
Şekil 7.37-a incelendiğinde erkek yayalarda en yüksek ortalama hız Kıbrıs Caddesindeki kaldırımın yetersiz olduğu kesimde görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında yolda yürüyen erkek yayaların hızları kaldırımda yürüyen yayaların ortalama hızlarından yüksek olduğu görülmektedir. Yayaların kaldırımda bulunmadıklarında tedirginlik yaşadıklarından bir an önce kaldırıma çıkmak için yüksek hızda yürüdükleri anlaşılmaktadır. Kaldırımda yürüyen erkek yayaların ise yaklaşık aynı hızda yürüdükleri Şekil 7.37-b de görülmektedir. Kıbrıs Caddesi 2 kaldırımsız kesimde yayaların ortalama hızlarında diğer istasyon noktalarında yayaların hızlarına göre daha fazla değişim olduğu görülmektedir. Bu gözlem noktasında yayalarla taşıtlar etkileşim içine girdiklerinden dolayı yaya kendini taşıtlardan sakınmak için yürüme temposunu değiştirdiği ve bundan dolayı da standart sapmanın yüksek çıktığı anlaşılmaktadır. Şekil 7.37-b incelendiğinde yolda yürüyen erkek yayalarda yüksek hızlar daha sık gözlenmektedir. Kaldırımda yürüyen erkek yayaların hızları ise yaklaşık aynıdır. Kaldırım genişliğinin yetersiz kesit genişliğine sahip olması ve işgale maruz kalmasından dolayı yayalar daha dikkatli

yürüdüklerinden dolayı, rahat hareket etmesini engelleyen etrafındaki yayalardan dolayı ortalama hızlarının daha düşük çıktığı anlaşılmaktadır.

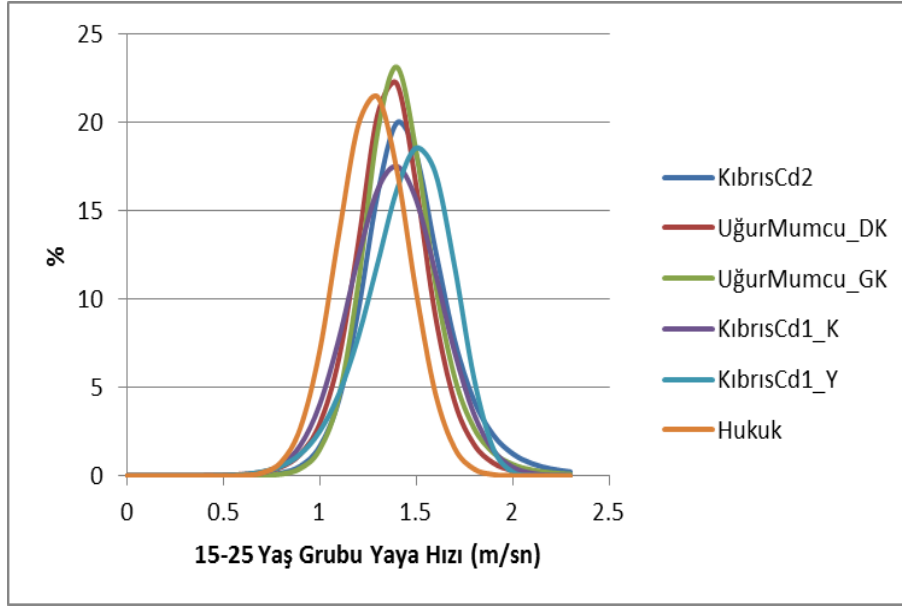
Şekil 7.38-a da sunulan grafik incelendiğinde kadın yayaların kaldırım olmayan kesimdeki ortalama hızları daha yüksek çıktığı görülmektedir. Kontrol noktası olarak Hukuk Fakültesi gözlem noktası ele alındığında kaldırımsız kesimde kadın yayaların ortalama hızında belirgin bir artış olduğu Şekil 7.38-a da görülmektedir. Kesit genişliğinin yetersiz olduğu Uğur Mumcu caddesinde hem kaldırım darlığından hem de mağaza gibi çekim noktalarından dolayı kadın yayaların daha yavaş yürüdüğü anlaşılmaktadır. Kıbrıs caddesinde ise basamak iniş çıkışlarda kadın yayaların daha temkinli davrandığı ve hızlarında erkek yayalara göre daha fazla azalma olduğu görülmektedir

•Yaş Grubu Faktörü

Yaş grubu faktörü bazlı tüm istasyon noktalarındaki ortalama hızların grafikleri Şekil 7.40-Şekil 7.44'te verilmiştir.

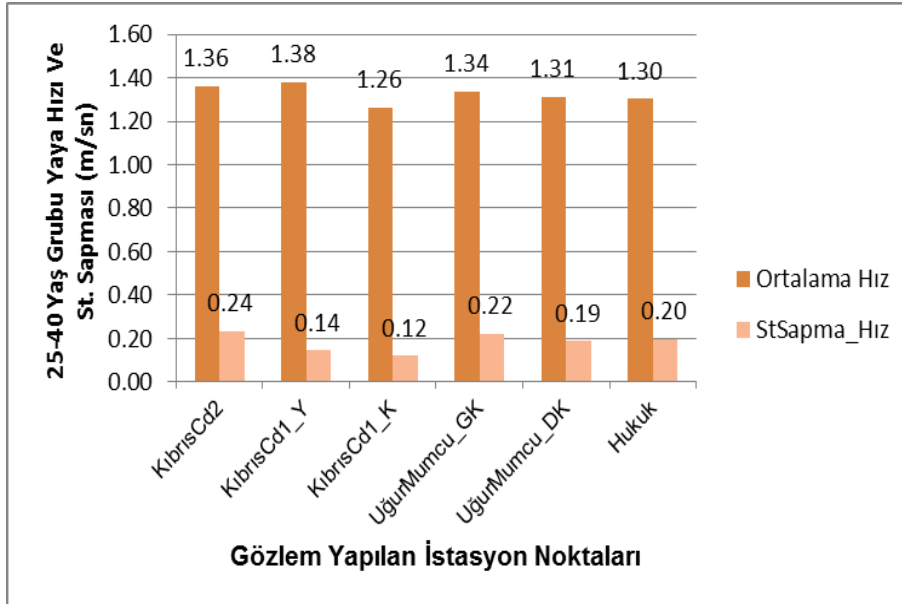


(a)

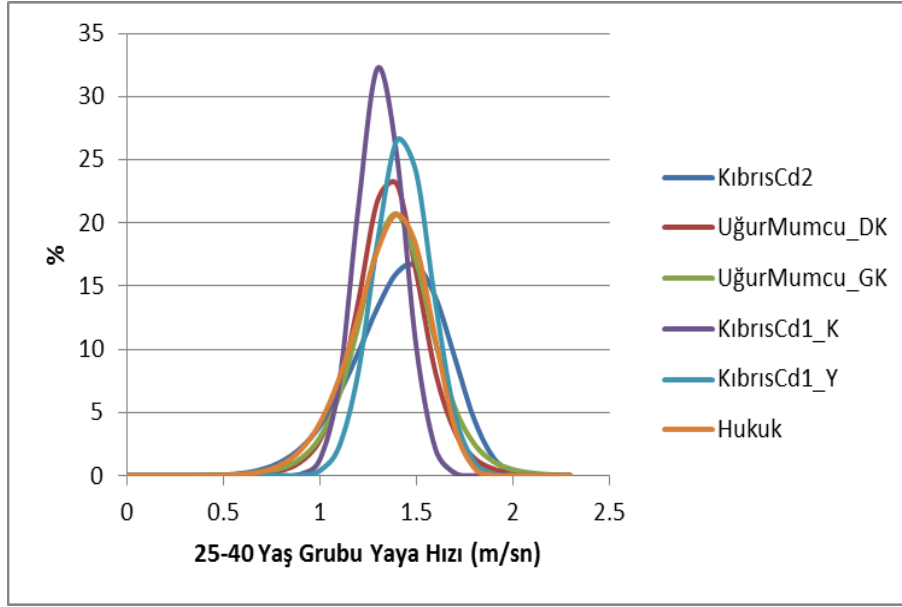


(b)

Şekil 7.40 Tüm gözlem noktalarına ait 15-25 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri

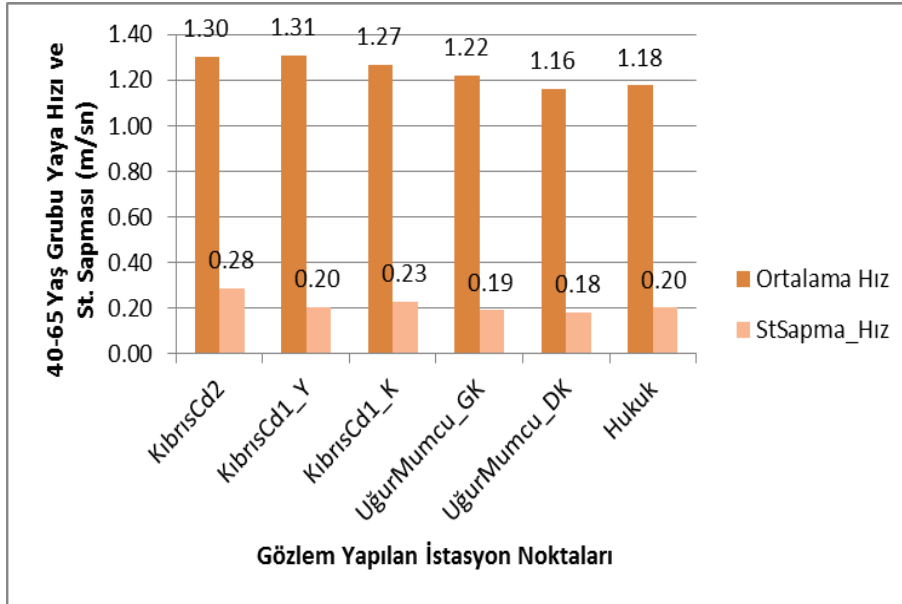


(a)

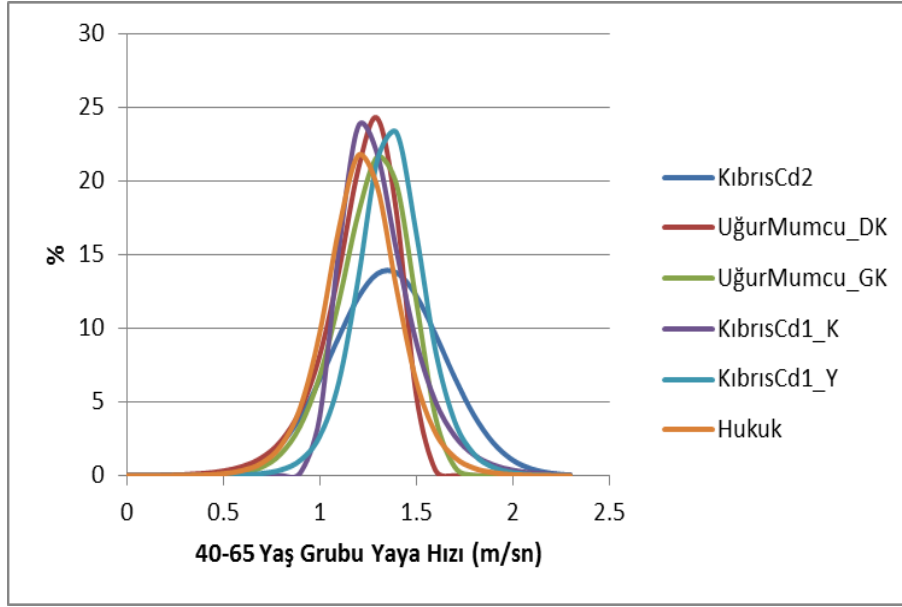


(b)

Şekil 7.41 Tüm gözlem noktalarına ait 25-40 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri

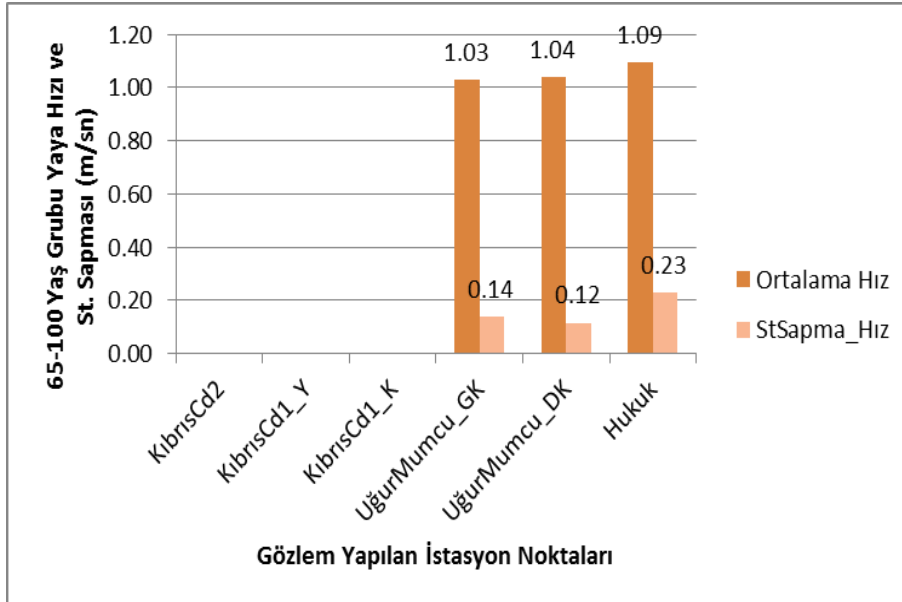


(a)

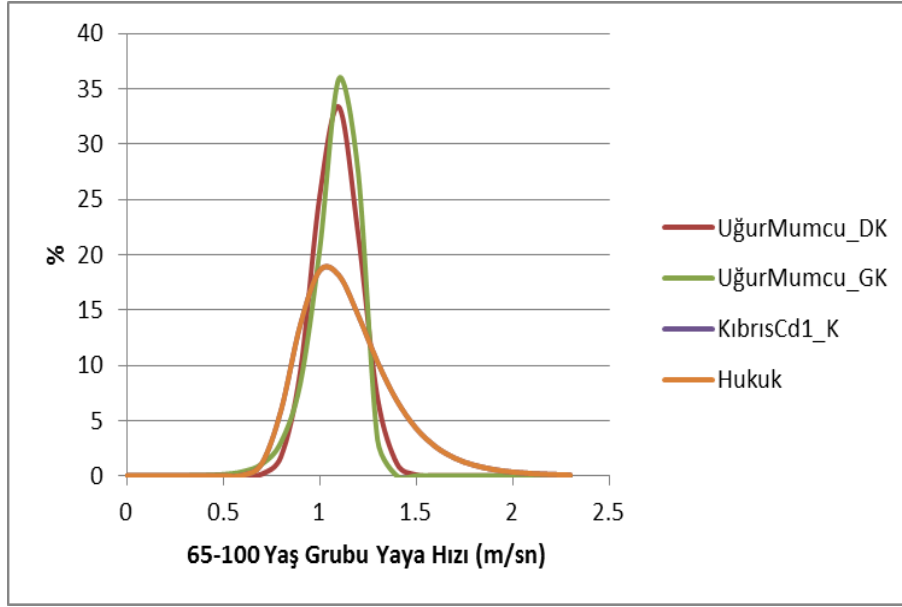


(b)

Şekil 7.42 Tüm gözlem noktalarına ait 40-65 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri

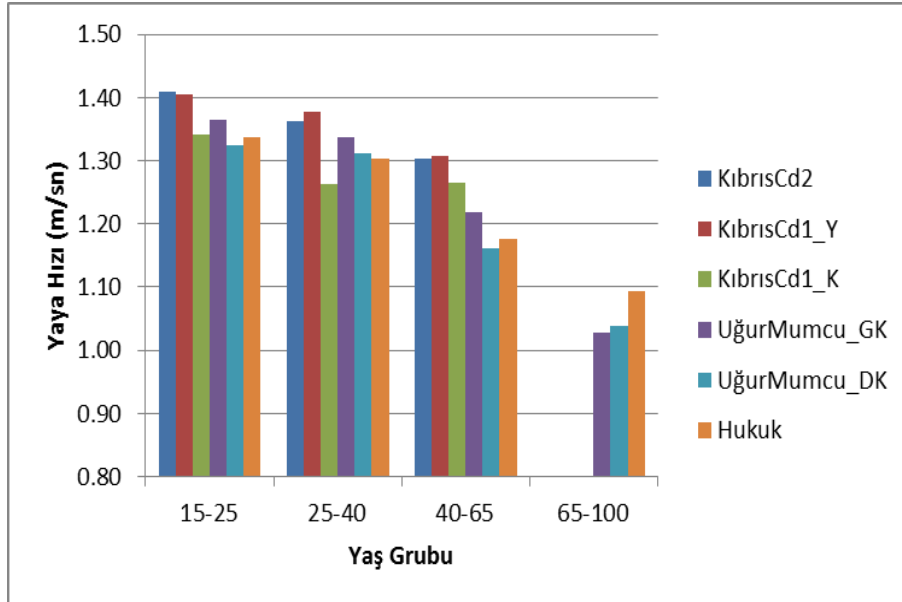


(a)



(b)

Şekil 7.43 Tüm gözlem noktalarına ait 65-100 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri

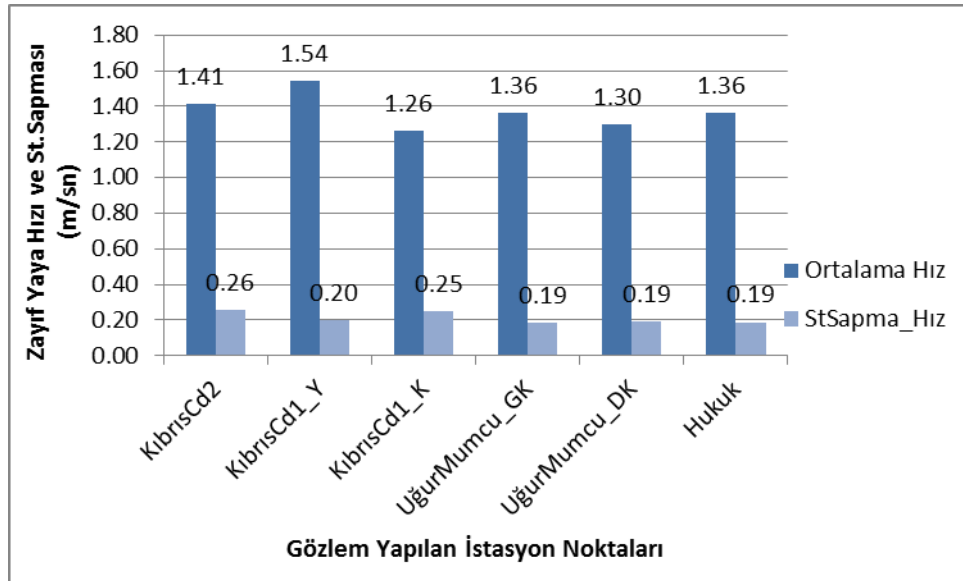


Şekil 7.44 Tüm gözlem noktalarına ait farklı yaş gruplarındaki yayaların hız grafiği

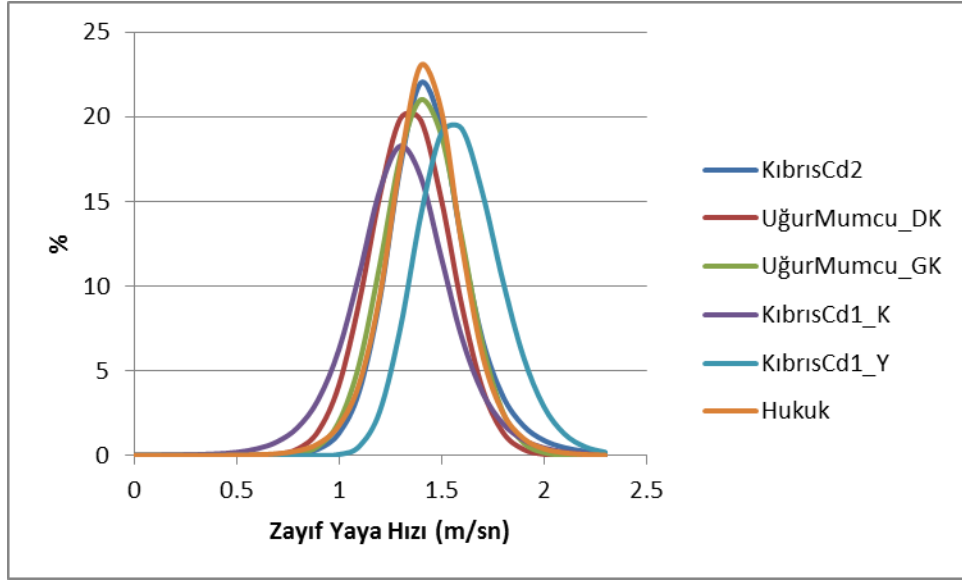
Yaş gruplarının değişimi açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde tüm istasyon noktalarında yayaların yaşlarının arttıkça ortalama hızlarında azalma görülmektedir (Şekil 7.44).Gözlem yapılan noktalarda yaş grupları arasında en çok gözlenen 15-25 yaş grubundaki ortalama yaya hızının en yüksek değerde çıkmıştır. 15-25 yaş grubunun ortalama hızları kaldırımsız kesimde ve kesit yetersizliği veya basamak yüksekliğinden dolayı yoldan yürünen kesimde ortalama hızları diğer istasyon noktalarındaki ortalama hızlara göre daha fazla çıktığı görülmektedir. 15-25 yaş grubunda bulunan yayaların çoğunluğu öğrenci oldukları için eğitim kurumlarındaki derslere yetişmek için yüksek hızda yürüdükleri düşünülmektedir. Kontrol noktasındaki ortalama hız baz alındığında dar kaldırımda ortalama hız 65-100 yaş grubu dışındaki yaş gruplarında düşmektedir (Şekil 7.44). 25-40 yaş grubundaki yayaların ortalama hızlarına bakıldığında en yüksek değerler kaldırım olmayan kesim ve kesit yetersizliği ve basamak yüksekliğinden dolayı yolda yürünen kesimde gözlenmiştir.

•Kilo Faktörü

Kilo durumu faktörü bazlı tüm istasyon noktalarındaki ortalama hızların grafikleri Şekil 7.45-Şekil 7.48'de verilmiştir.

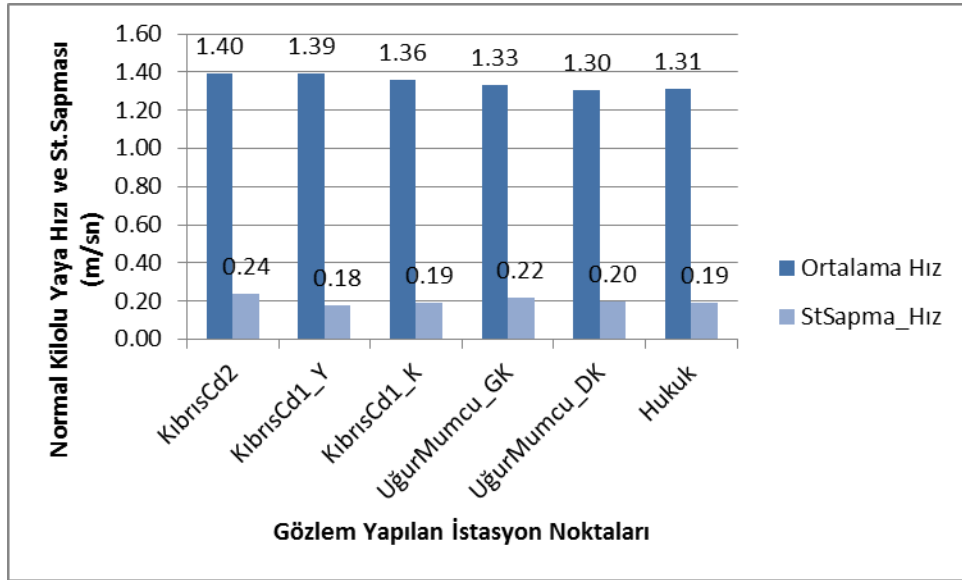


(a)

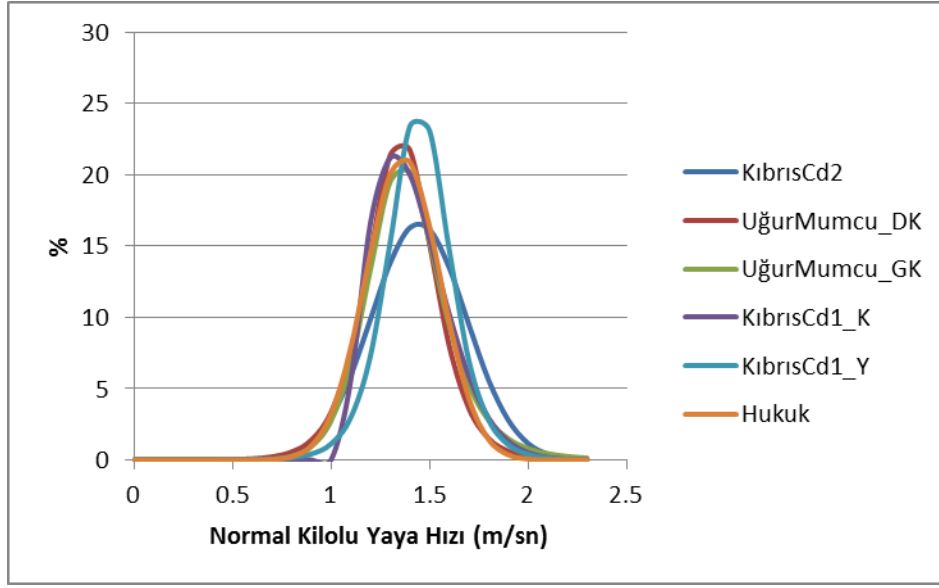


(b)

Şekil 7.45 Tüm gözlem noktalarına ait zayıf yayaların hız grafikleri

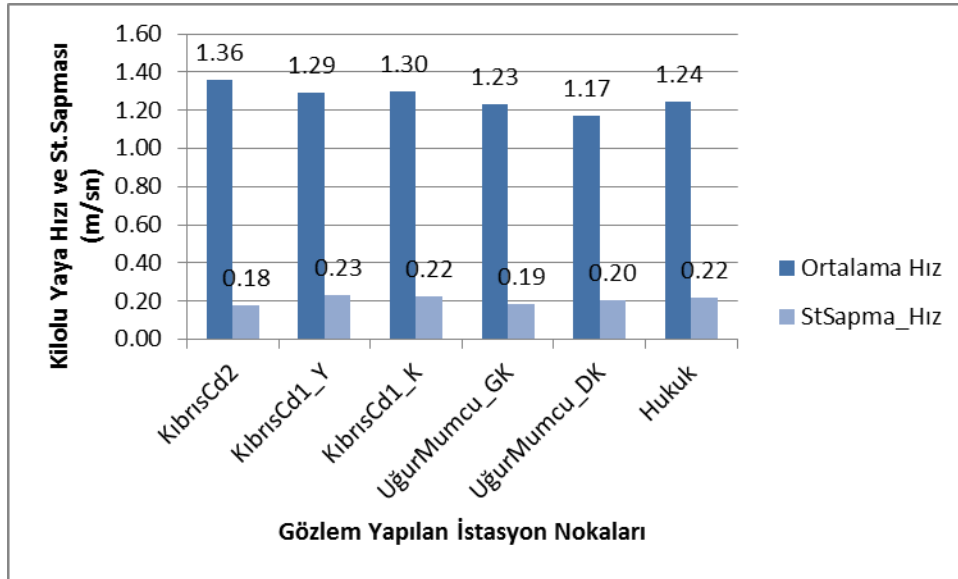


(a)

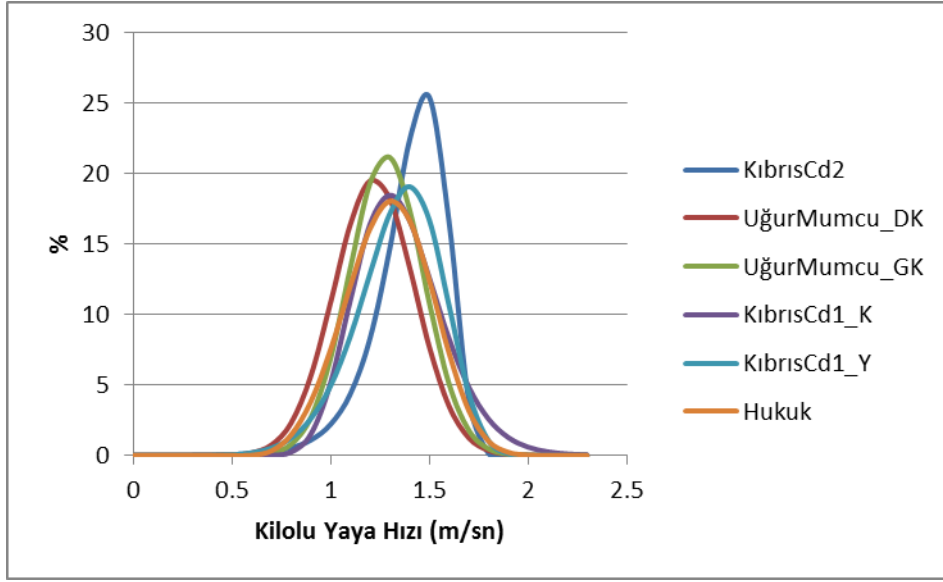


(b)

Şekil 7.46 Tüm gözlem noktalarına ait normal kilolu yaya hız grafikleri

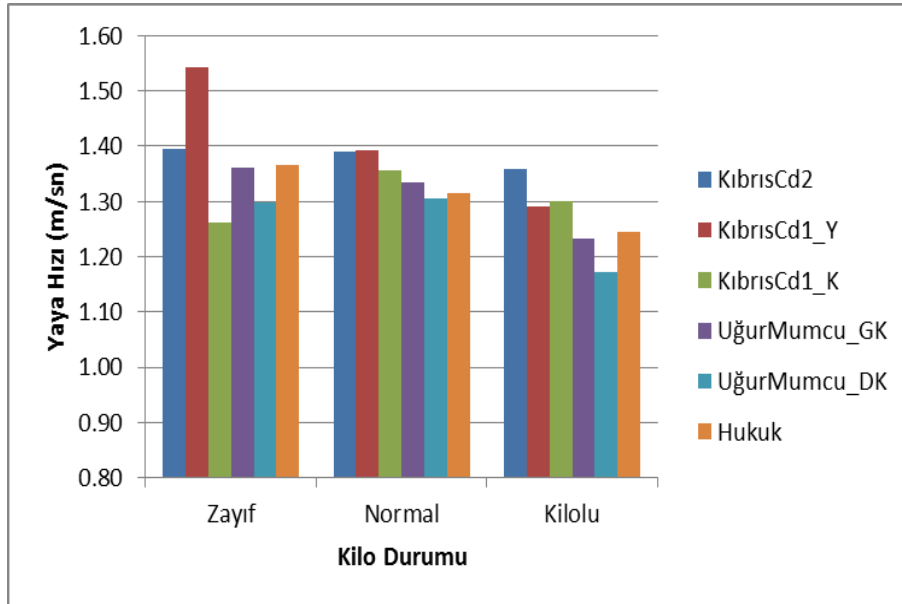


(a)



(b)

Şekil 7.47 Tüm gözlem noktalarına ait kilolu yayaların hız grafikleri

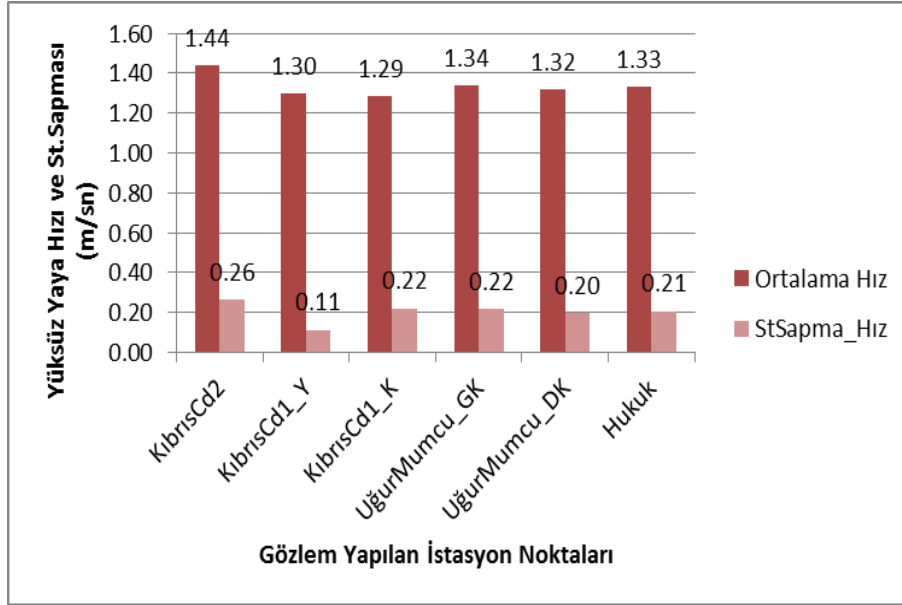


Şekil 7.48 Tüm gözlem noktalarına ait farklı kilolardaki yayaların hız grafiği

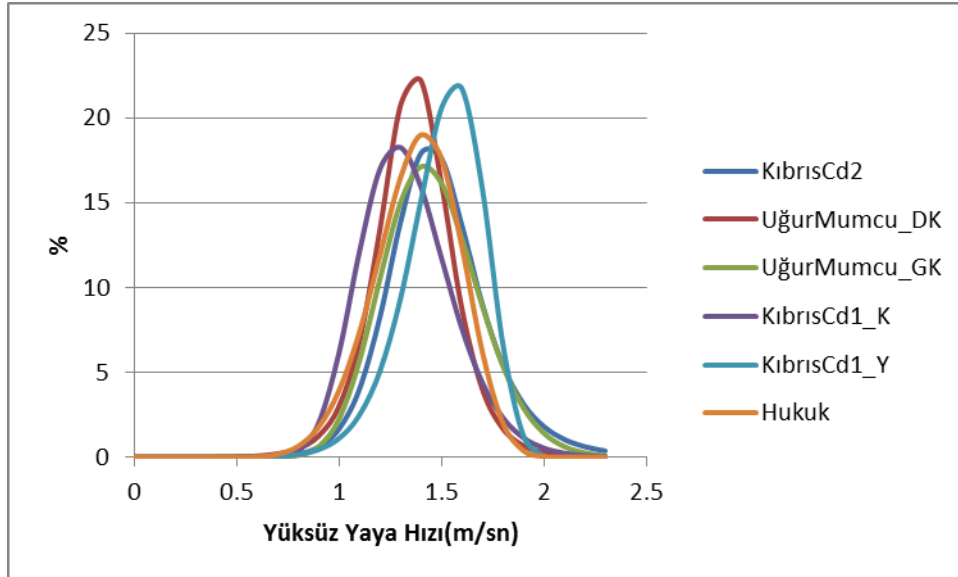
İncelen istasyon noktalarında yayaların %75i normal kilolu, %12 si zayıf, %13 kilolu olduğu belirlenmiştir. Yayaların kilo seviyeleri açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde Kıbrıs caddesindeki yetersiz kesit genişliğine sahip kaldırım dışındaki istasyon noktalarında, yayaların kilosu arttıkça ortalama hızları azalmaktadır (Şekil 7.48). Zayıf yayalarda ortalama hızın en düşük görüldüğü istasyon noktası Kıbrıs caddesindeki dar ve yüksek basamaklı kaldırım olarak görülmektedir (Şekil 7.45-a). Kıbrıs caddesinde kaldırımın yanındaki taşıt platformunda yürüyen zayıf yayaların ortalama hızlarının en yüksek değerinde olduğu görülmektedir. Yayalar seyahat sürelerini kısaltmak için kaldırıma çıkmayıp taşıt platformundan yoluna daha hızlı bir şekilde gittiği anlaşılmaktadır. Kaldırım genişliğinin azalması ile tüm kilo gruplarındaki yayaların ortalama hızlarının azaldığı belirlenmiştir.

•Yük Faktörü

Yük durumu faktörü bazlı tüm istasyon noktalarındaki ortalama hızların grafikleri Şekil 7.49-Şekil 7.53'te verilmiştir.

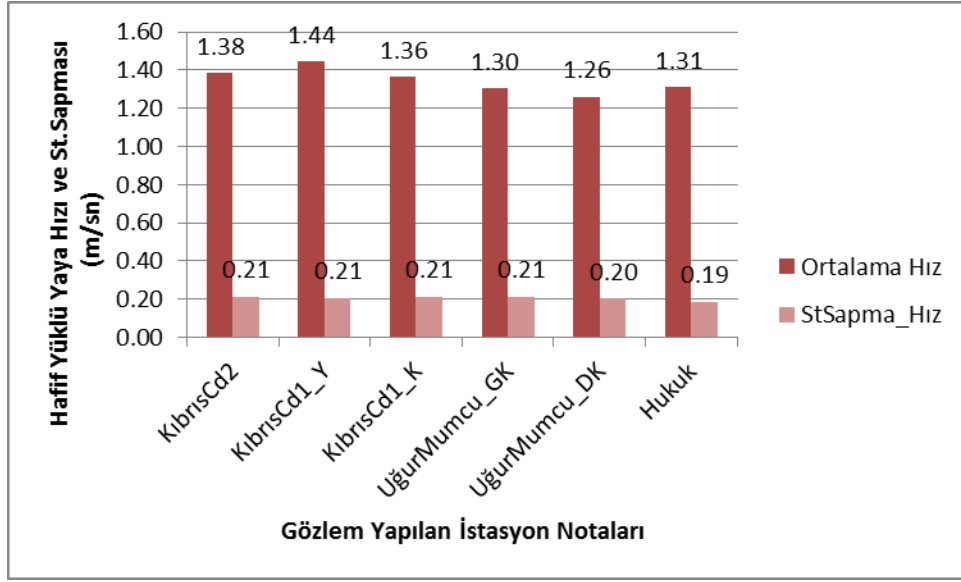


(a)

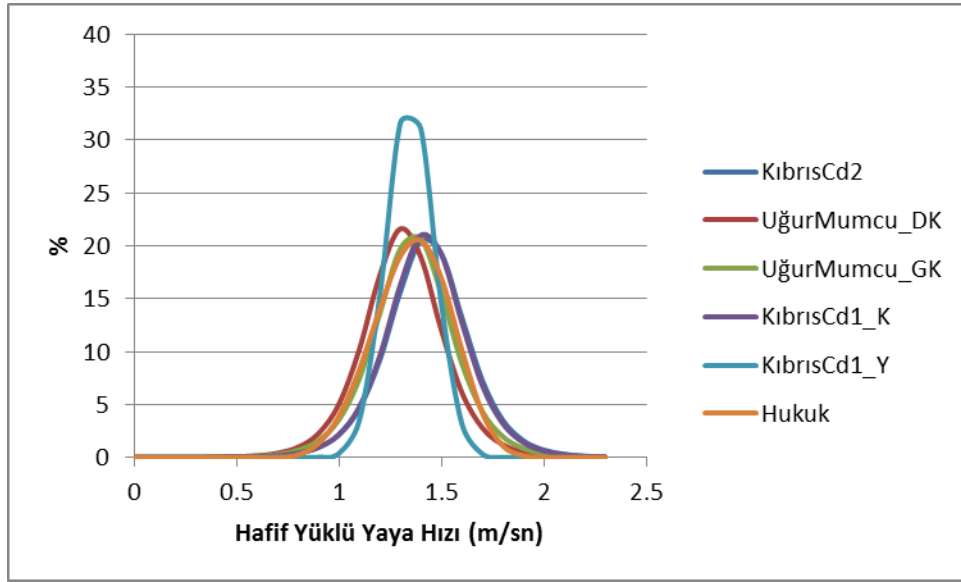


(b)

Şekil 7.49 Tüm gözlem noktalarına ait yüksüz yayaların hız grafikleri

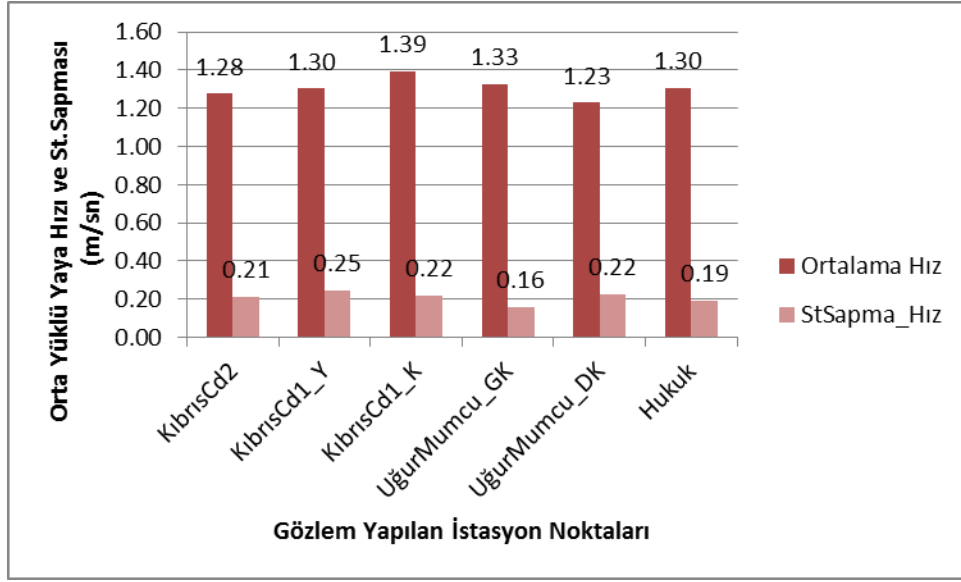


(a)

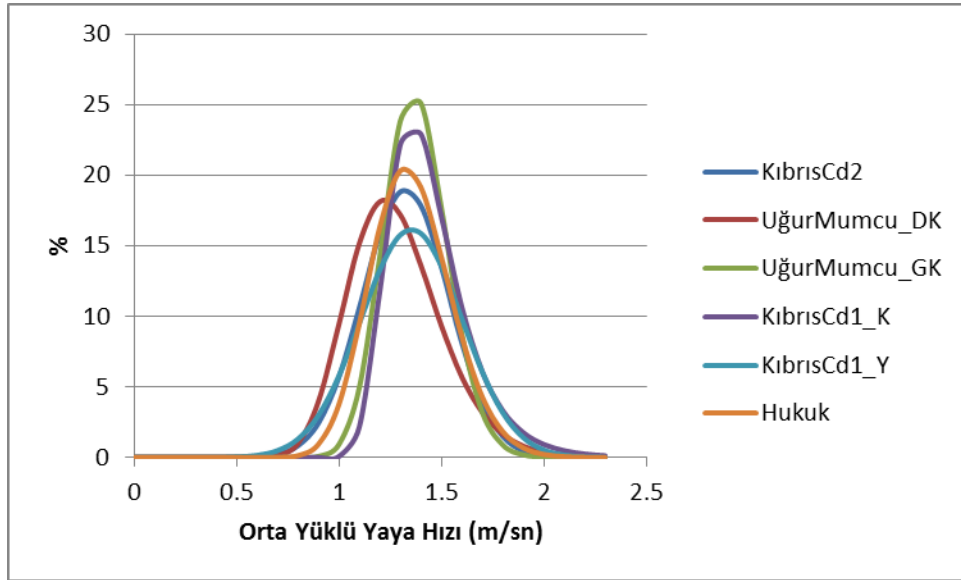


(b)

Şekil 7.50 Tüm gözlem noktalarına ait hafif yüklü yayaların hız grafikleri

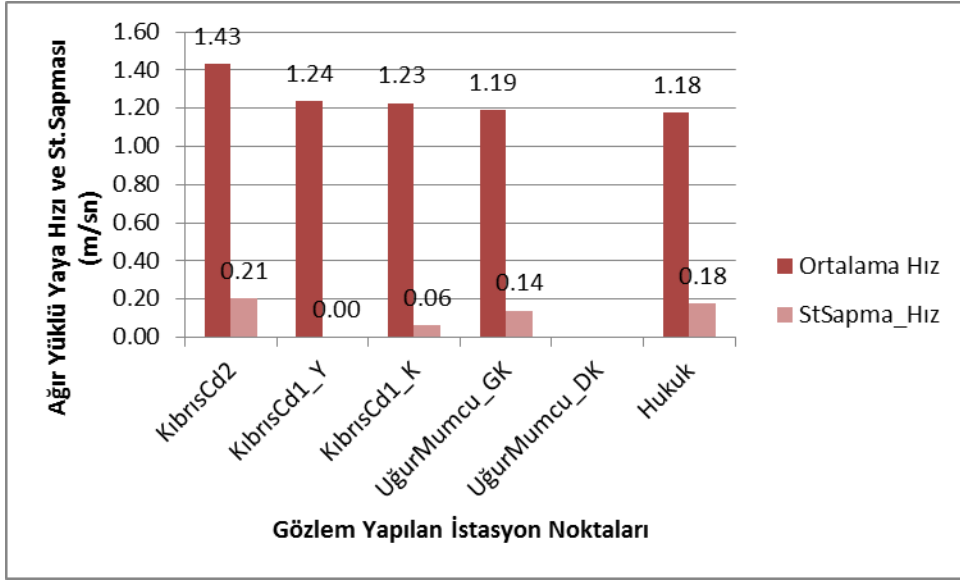


(a)

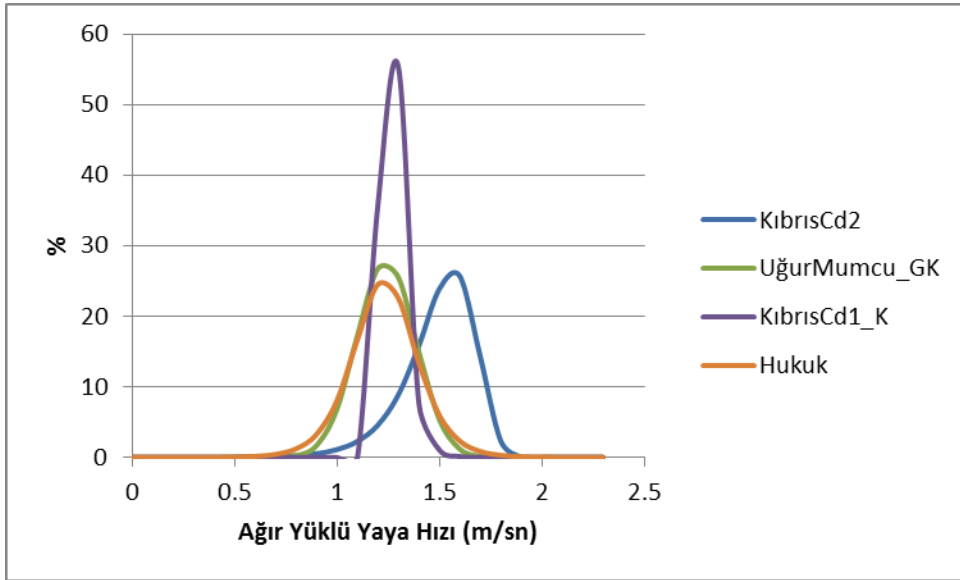


(b)

Şekil 7.51 Tüm gözlem noktalarına ait orta yüklü yayaların hız grafikleri

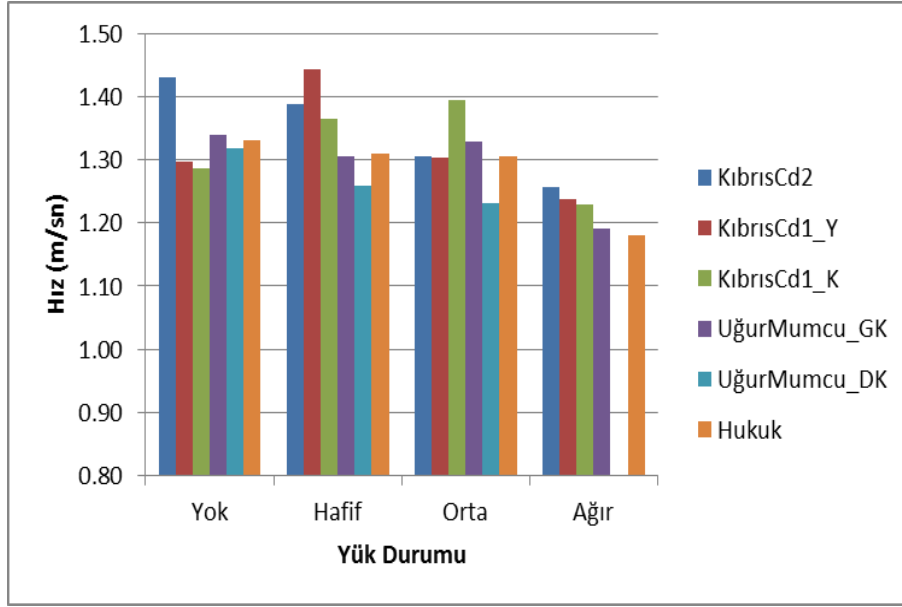


(a)



(b)

Şekil 7.52 Tüm gözlem noktalarına ait ağır yüklü yayaların hız grafikleri

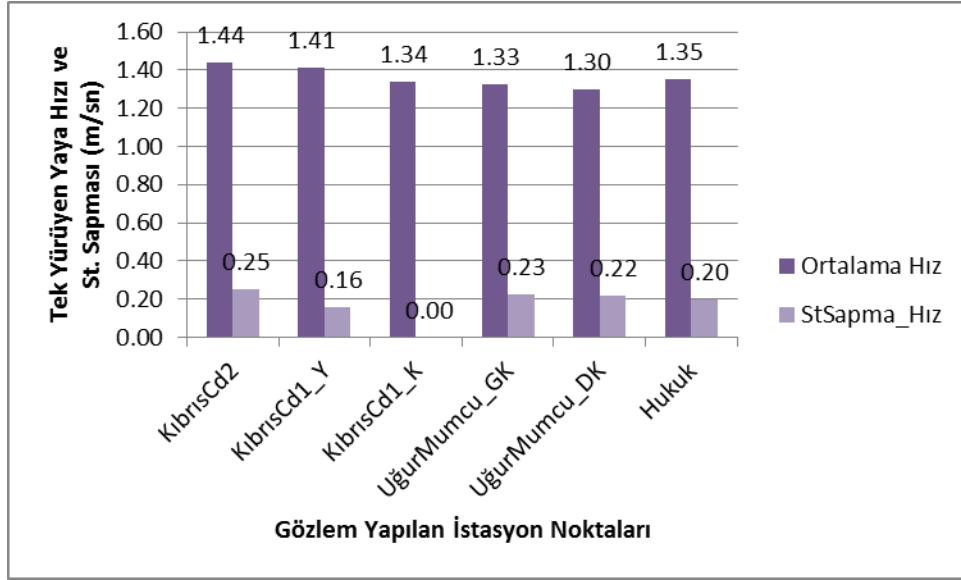


Şekil 7.53 Tüm gözlem noktalarına yük durumuna göre yayaların hız grafiği

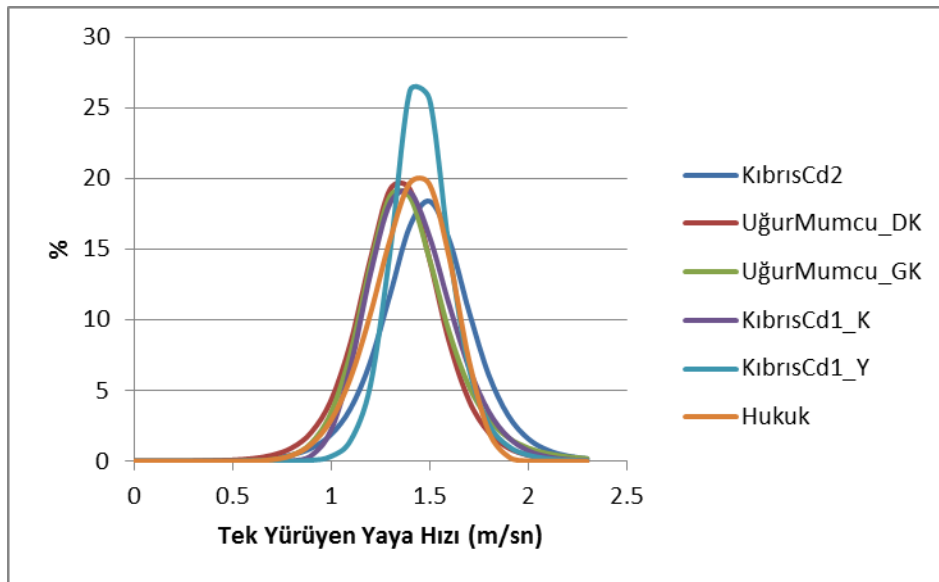
Yük durumu faktörünün incelendiği grafiklerde kontrol noktasına göre her bir sorunlu istasyon noktasındaki değişimlerin farklılık gösterdiği görülmektedir. Yüksüz yayaların hızı kontrol noktasının dışındaki istasyon noktalarında düşme eğilimindeyken Kıbrıs caddesinde kaldırımsız kesimde belirgin bir artış gözlenmektedir. Taşıtlar ile aynı platformu kullanırken yayalar araçlardan çekindiklerinden hızlı bir şekilde buldukları konumlarını değiştirmek istedikleri için ortalama hızları yüksek çıkmıştır. Hafif yüklü yayalarda ortalama hız değerleri en yüksek, taşıt platformundan yürüyen yayalarda görülmektedir (Şekil 7.50-a). Kıbrıs caddesi1 gözlem noktasındaki yayaların çoğunluğunun genç ve erkek olması ve aynı zamanda bu kesimde yürüyen yayaların çoğu tek yürüdüğünden dolayı yüksek ortalama hız değerleri görülmektedir.. Yük durumlarının etkisindeki en belirgin değişiklik Kıbrıs caddesindeki kaldırımsız kesimde görülmektedir (Şekil 7.52-a). Kaldırımsız sorunlu bölgelerde ağır yük taşıyan yayalar yüklerinden bir an önce kurtulmak için daha hızlı bir şekilde yürüdükleri düşünülmektedir. Kıbrıs Caddesi1_Yol ve Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırımda yapılan gözlemlerde ağır yüklü yayalar gözlenmemiştir.

•Grup Faktörü

Grup durumu faktörü bazlı tüm istasyon noktalarındaki ortalama hızların grafikleri Şekil 7.54-Şekil 7.58' de verilmiştir.

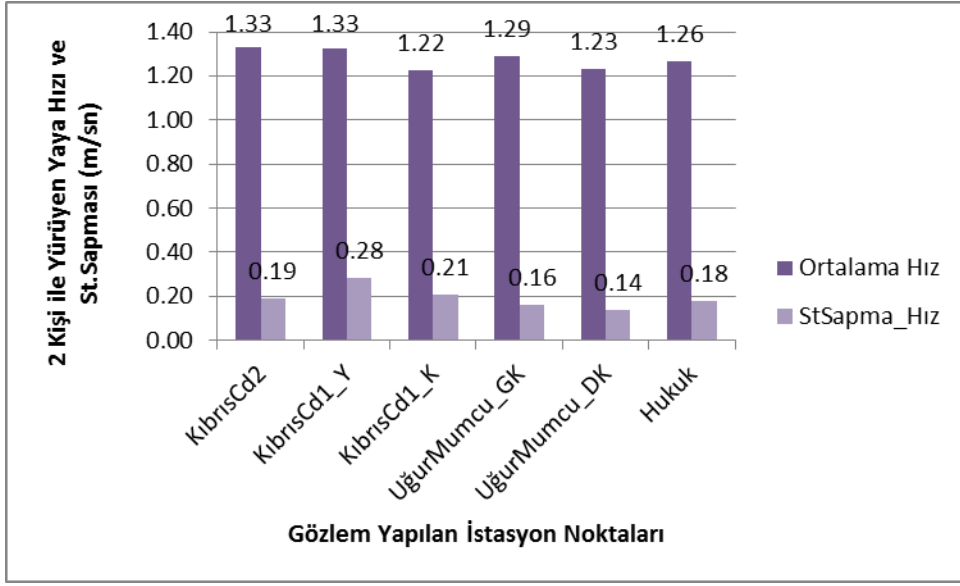


(a)

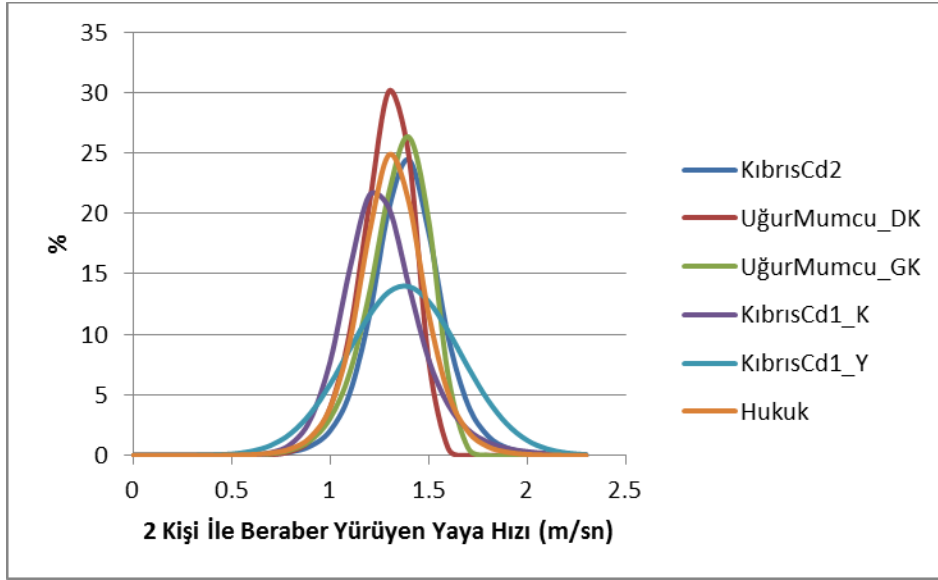


(b)

Şekil 7.54 Tüm gözlem noktalarına ait tek yürüyen yayaların hız grafikleri

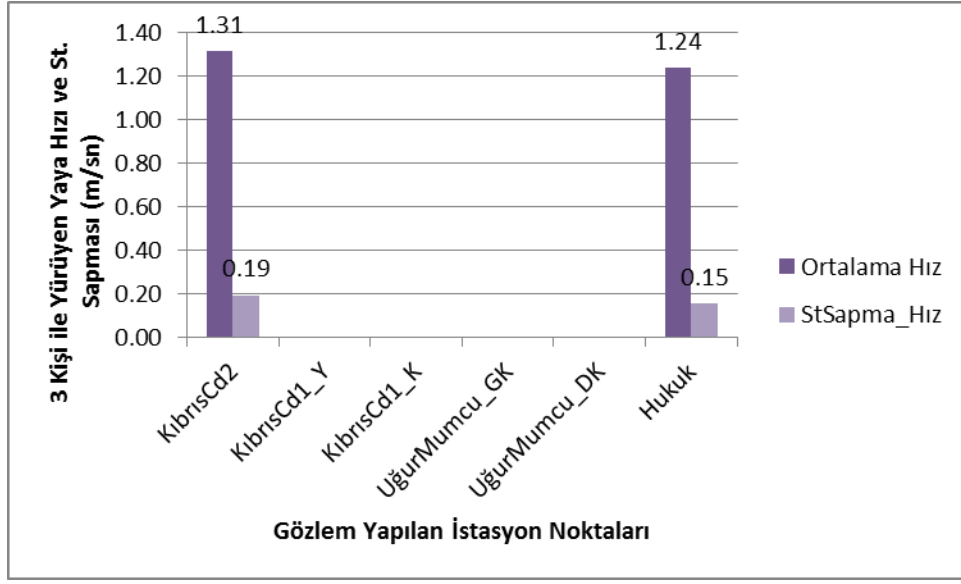


(a)

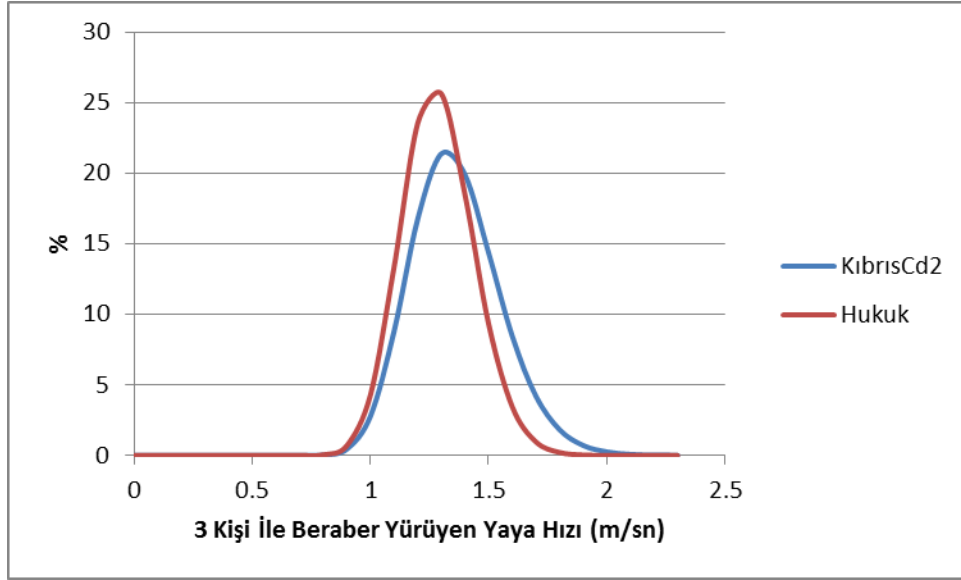


(b)

Şekil 7.55 Tüm gözlem noktalarına ait iki kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri

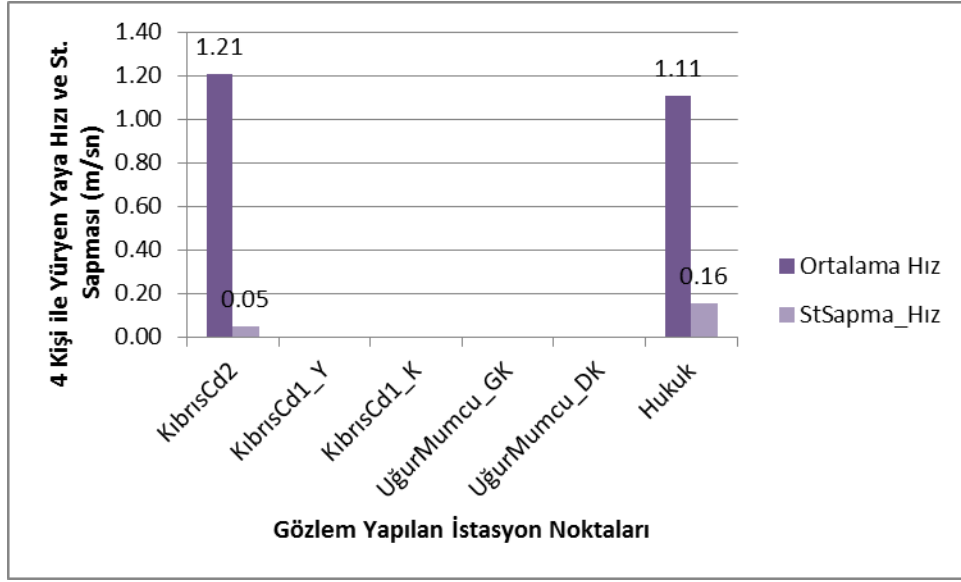


(a)

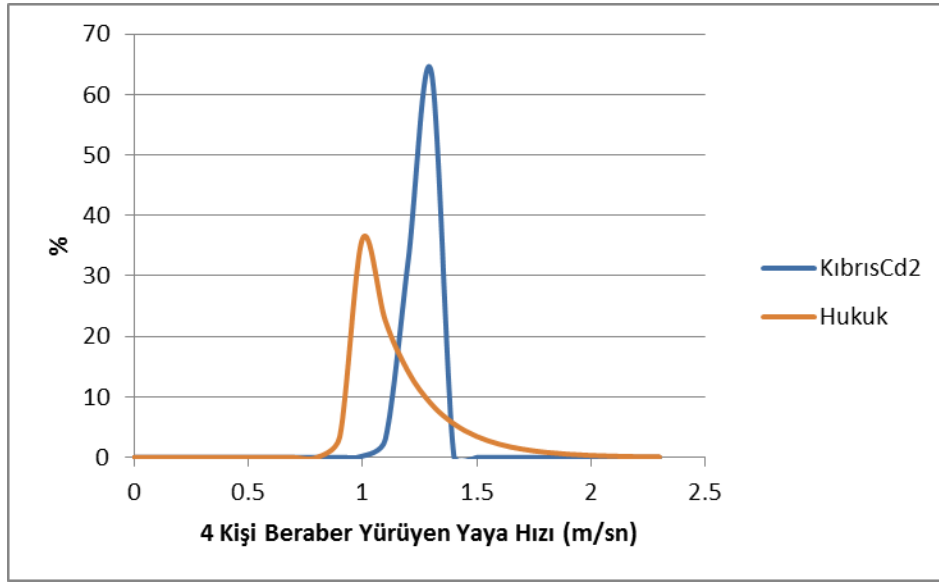


(b)

Şekil 7.56 Tüm gözlem noktalarına ait üç kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri

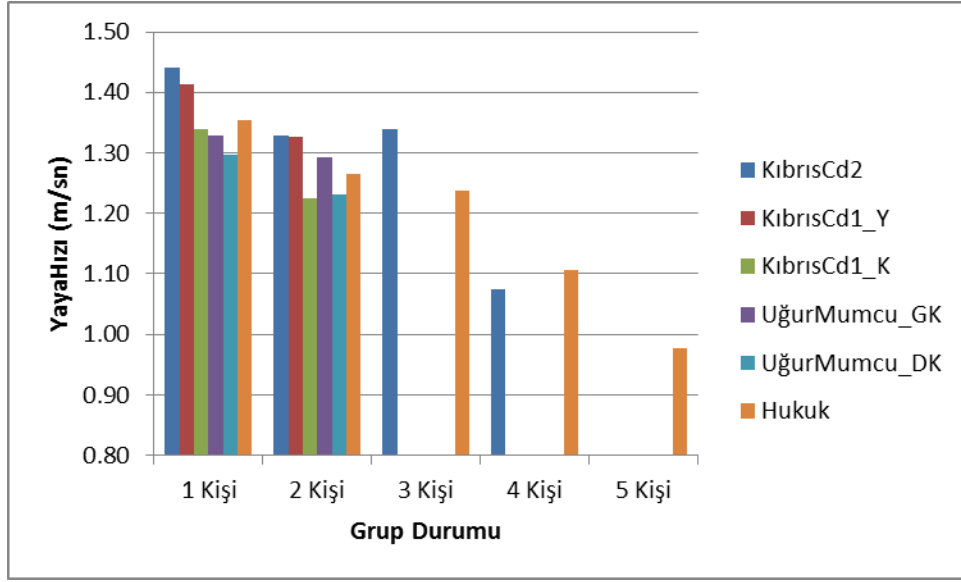


(a)



(b)

Şekil 7.57 Tüm gözlem noktalarına ait dört kişi ile beraber yürüyen yayaaların hız grafikleri



Şekil 7.58 Tüm gözlem noktalarına gruptaki kişi sayısına göre yayaların hız grafiği

Grup durumu faktörünün incelendiği grafiklerde tek yürüyen yayalarda ortalama hızların yüksek çıktığı görülmektedir. İki kişilik gruplarda yürüyen yayaların hızlarında en fazla değişimin Kıbrıs caddesinde yolda yürüyen yayalarda görülmektedir. Yayalar beraber yürüdükleri anda bir taşıt geldiğinde veya karşı yönden yaya geldiğinde hızlarında değişiklik yaptıkları anlaşılmıştır. İki kişilik gruplarda kaldırımda bulunan sorunlardan dolayı yayaların takip algısıyla daha temkinli ve yavaş gittikleri anlaşılmıştır. Üç ve dört kişilik gruplar kesit genişliğinin uygun olduğu hukuk fakültesinde ve öğrenci gruplarının sık geçtiği Kıbrıs Caddesi kaldırımsız kesimde görülmektedir. Üç kişilik gruplarda Kıbrıs caddesindeki yayaların hızının daha fazla olduğu hukuk fakültesindeki yaya hızlarının daha düşük değer etrafında biriktiği görülmektedir (Şekil 7.56-b).

7.1.3 Gözlem Noktalarında Yaya Hızlarına Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi

Önceki bölümlerde, yaya hızları ve değişimleri ile ilgili gözlem noktalarından elde edilen veriler değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda, yayalara ait demografik özellikler dışında, yaya hızlarına etki eden fiziksel faktörler için genel olarak aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Yetersiz kesit genişliği olan kaldırımlardaki engellerin yaya hareketleri üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Dar kaldırım genişlikleri, yayaların elektrik direği gibi daha fazla

engelle karşılaşması sonucunu doğurmakta; yayaların hızlarında söz konusu engeller sebebiyle düşüşler gözlenmektedir.

- Yine yetersiz kaldırım genişliklerinin bulunduğu kesimlerde farklı yönlerden gelen yayaların çatışma noktaları artmakta ve yayalar birbirlerini beklemek zorunda kalmaktadır. Ayrıca, kaldırım genişliğinin yetersiz olması durumunda hareket alanı daraldığından (yetersiz kaldığından) aynı yönde hareket eden yayalar, önlerindeki yayayı takip etmek durumunda kalmakta ve bundan dolayı ortalama hızları düşmektedir.

- Yüksek kaldırımlarda, yayalar basamak çıkıp inmek yerine taşıt yoluna inerek yürümeyi tercih etmektedirler. Bunun sonucunda yaya-taşıt çatışmaları oluşmaktadır. Diğer yandan yüksek basamak bulunmasına rağmen kaldırımdan yürümeyi tercih eden yayalar, basamak iniş çıkışlarda daha dikkatli davranmakta ve hızlarında azalma meydana gelmektedir.

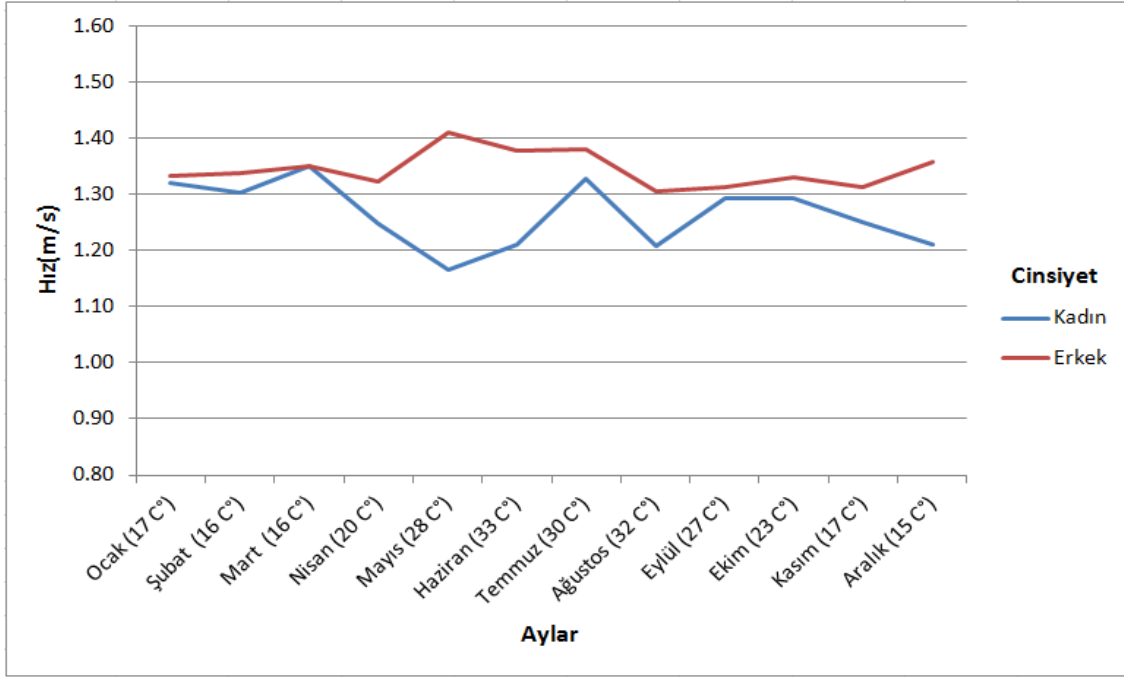
- Yük taşıyan yayaların kaldırımdan yürüdükleri koşullar incelendiğinde, yayaların ortalama hızlarının, taşıdıkları yük ağırlığı arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. Bu beklenen bir durumdur. Ancak kaldırımın olmadığı veya farklı engeller sebebiyle yük taşıyan yayaların yola inmeleri ve taşıtlarla çatışma olasılıklarının arttığı koşullarda, özellikle ağır yük taşıyan yayaların ortalama hızlarında önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Ağır yük taşıyan yayaların hareket kabiliyetleri diğer yayalara oranla daha düşüktür. Bunun sonucunda, özellikle ağır yük taşıyan yayaların taşıtlarla karşılaşma olasılığı sebebiyle daha fazla tedirgin oldukları ve bir an önce kaldırıma çıkarak çatışma olasılığından uzaklaşma istekleri sebebiyle daha hızlı hareket etme eğiliminde oldukları düşünülmektedir.

- Grup halinde yürüyen yayalarda ortalama hız değeri gruptaki kişi sayısı arttıkça azalmaktadır. Kişi sayısı arttıkça yayaların kaldırımdaki kullandıkları alan kısıtlanmakta ve istedikleri gibi hızlarını değiştirme olanakları kısıtlıdır. Bu nedenle, grup halinde yürüyen yayaların hızlarındaki değişim, diğer yayalara oranla daha düşüktür.

7.1.4 Yaya Hızlarında Mevsimsel Değişiklikler

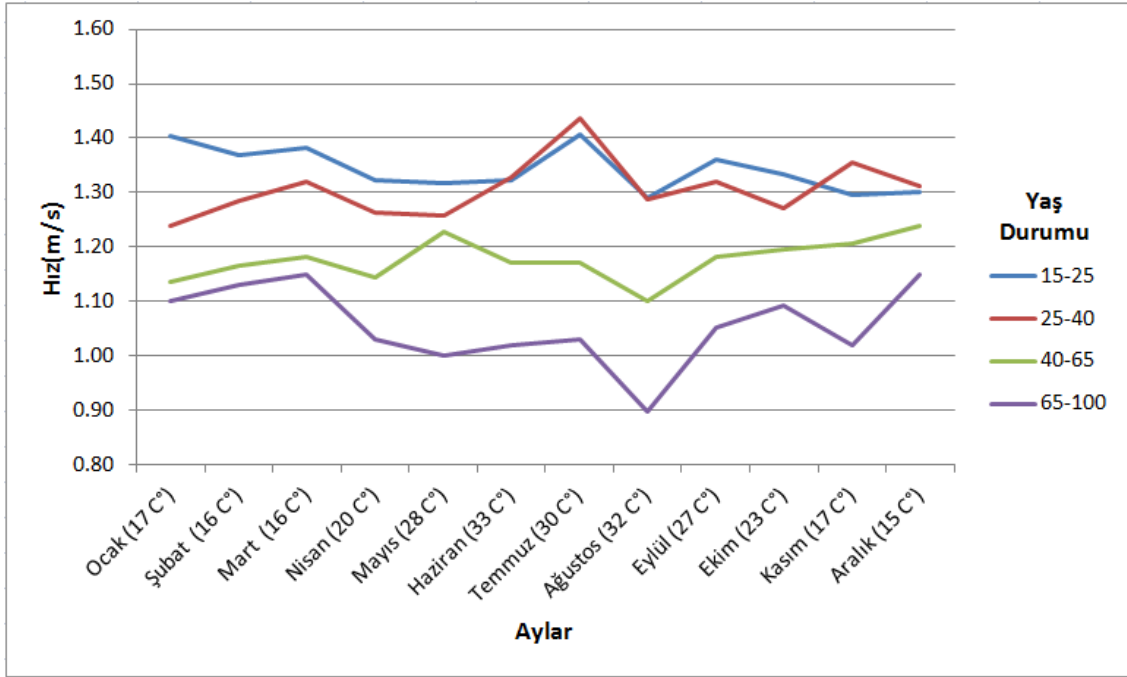
Kontrol noktası olarak seçilen Hukuk Fakültesi karşısında bulunan kaldırımda 12 ay boyunca çekimler yapılmış ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak yayaların ortalama hızları belirlenmiştir. Yayaların mevsimsel değişikliklere göre ortalama hızları değerlendirilirken yayaların cinsiyet, yaş grubu, kilo durumu, yük durumu ve grup durumu olmak üzere yaya karakteristiklerinin etkisi de incelenmiştir. Ayrıca analizler yapılırken ölçüm yapılan aylardaki hava sıcaklığı ve hava durumu dikkate alınmıştır.

Hukuk Fakültesi gözlem noktasında yapılan analizlerin sonuçları Şekil 7.59'da verilmiştir.



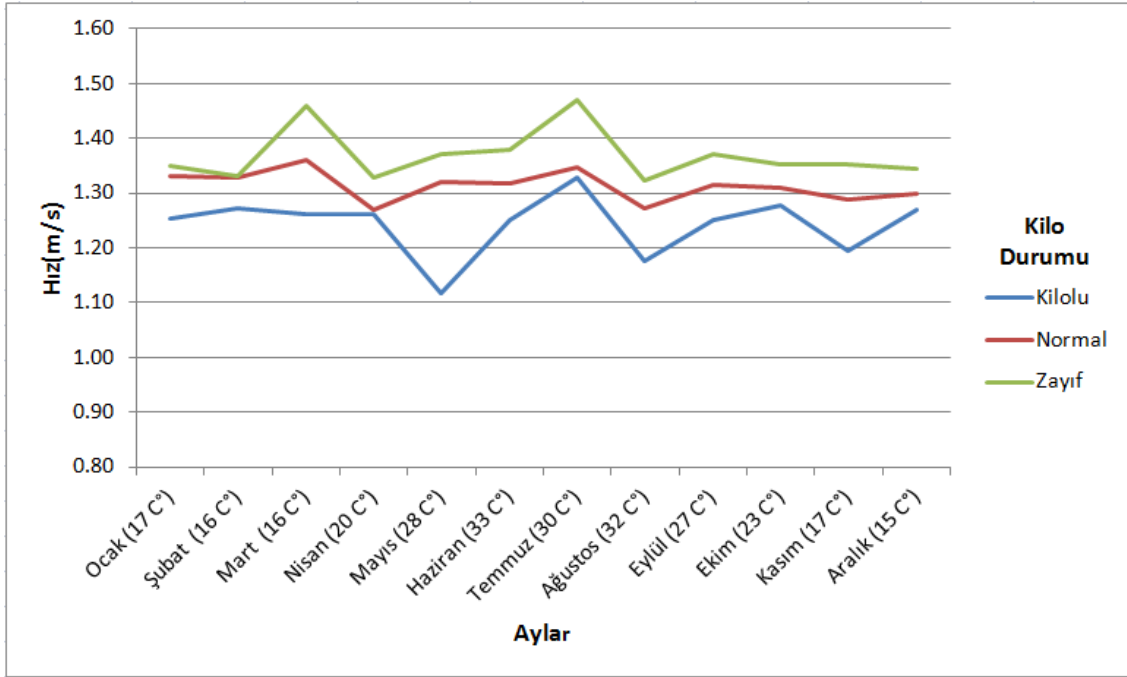
Şekil 7.59 Mevsimsel değişikliklerin cinsiyete göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 7.59 incelendiğinde mart ayı hariç 11 ay boyunca kadın yayaların ortalama hızları erkek yayaların ortalama hızlarından düşük olduğu görülmektedir. Mart ayında erkek ve kadın yayaların ortalama hızlarının aynı olmasının nedeni, mart ayında yapılan çekimde hava durumunun yağmurlu olmasıdır. Yayalar üzerinde yağmurlu havanın verdiği etki ile kadın yayalarında erkek yayalar kadar hızlı hareket ettiği gözlenmiştir. Kalan 11 ay boyunca sıcaklık değişimlerine göre yaya davranışlarına bakıldığı zaman, her iki cinsiyetin de sıcaklık değişimleri ile bağlantılı olarak hareket etmediği söylenebilir.



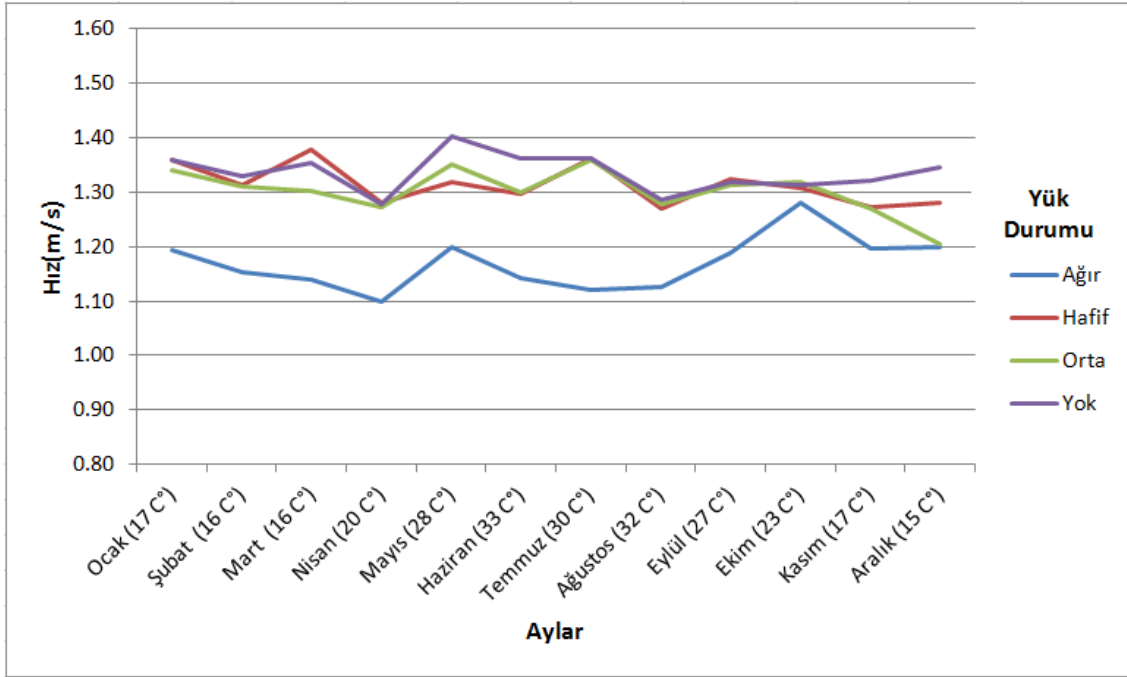
Şekil 7.60 Mevsimsel değişikliklerin yaş durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 7.60 bakıldığında, 65-100 yaş grubunda yer alan yayaların 12 boyunca diğer gruplara oranla daha düşük hızlarla hareket ettiği gözlemlenmiştir. Ama hızda yaşanan bu düşüşlerin sıcaklığa bağlı olarak gerçekleştiği söylenememektedir. 15-25 yaş grubu ve 25-40 yaş grubuna ait yayaların ortalama hızları, bazı aylarda birbirine yaklaşmış ama görüldüğü üzere her iki gruba mensup yayalar davranışlarını sıcaklıkla orantılı olacak şekilde sergilememektedir. Fakat diğer yaş gruplarından farklı olarak, 40-65 yaş grubundaki yayaların ortalama hızlarında mayıs, haziran, temmuz ve ağustos ayında sıcaklığa bağlı olarak düşüş görülmektedir.



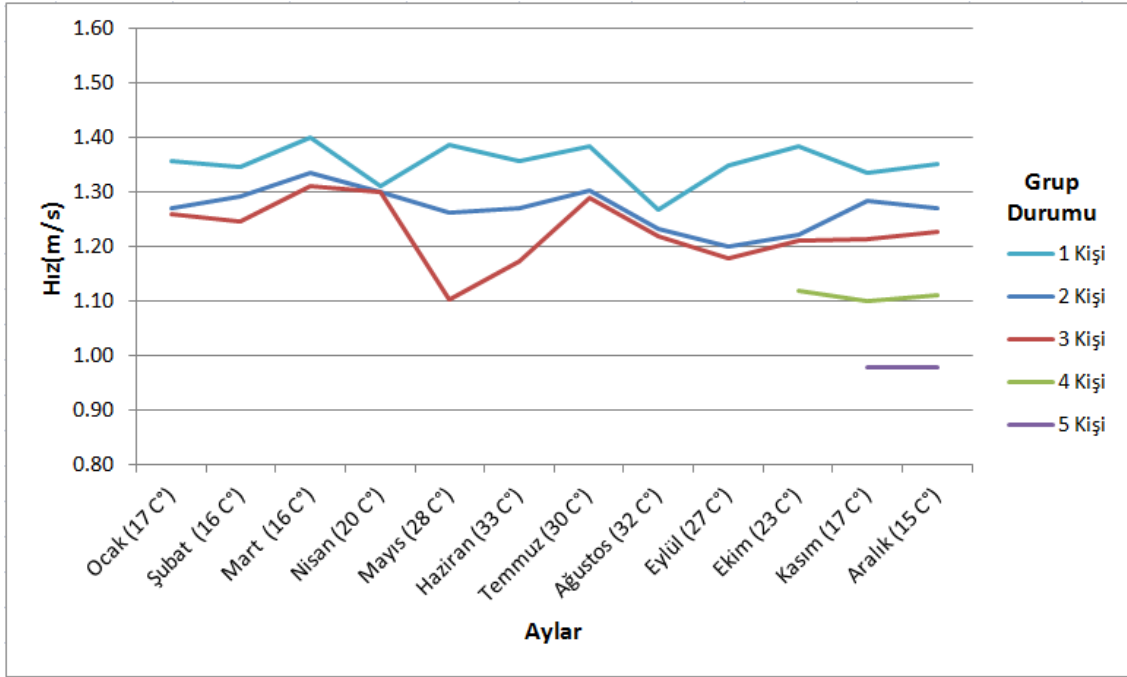
Şekil 7.61 Mevsimsel değişikliklerin kilo durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 7.61’de kilo durumuna bakıldığında kilolu olan yayalar 12 ay boyunca ortalama hızları diğer gruplara mensup yayalara oranla düşüktür. Kilo durumuna göre 3 grup da incelendiğinde, yayaların ortalama hızları sıcaklık değişimlerine bağlı olarak değişmemekte yani sıcaklığın yaya davranışları üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir.



Şekil 7.62 Mevsimsel değişikliklerin yük durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 7.62’de görüldüğü üzere yük durumu orta, hafif ve yok olan yayaların ortalama hızlarındaki değişimler birbirine yakındır. Ama ortalama hızların sıcaklığın etkisi ile değiştiği söylenemez. Ağır yük taşıyan yayalar ise tüm aylar boyunca en düşük ortalama hızlara sahiptir ancak ortalama hızları sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik göstermemektedir.



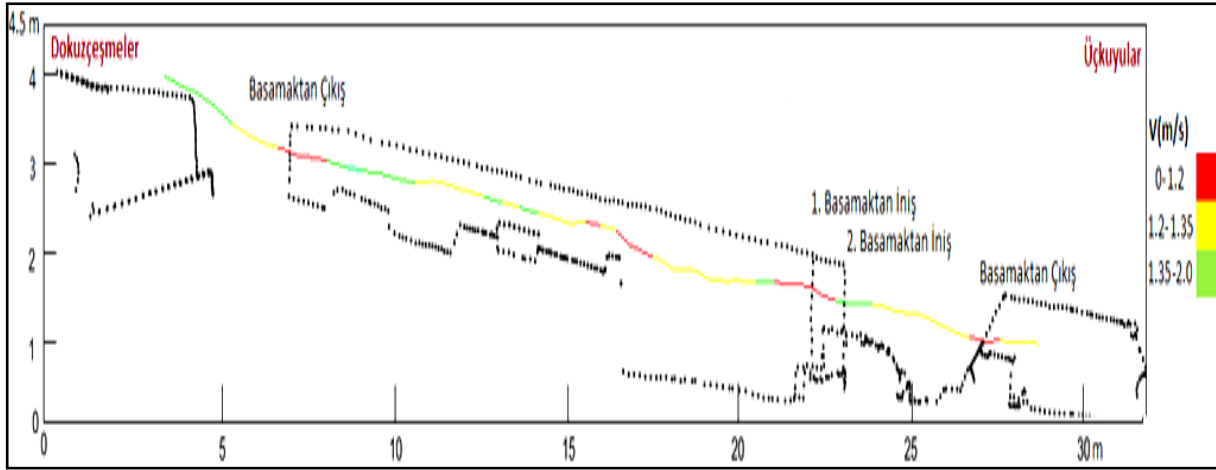
Şekil 7.63 Mevsimsel değişikliklerin grup durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 7.63'te 4 kişilik ve 5 kişilik gruplar halinde yürüyen yayalar ekim, kasım ve aralık hariç diğer aylarda gözlemlenmediği için mevsimsel değişikliklerin etkisi hakkında bir yorum yapılamamaktadır. Tek başına yürüyen ve ikili üçlü şekilde yürüyen gruplar mart ayında yağmurlu havanın etkisiyle diğer aylara göre en yüksek ortalama hızlara erişmişlerdir. Ama sıcaklıktan kaynaklı ortalama hızlarda değişim söz konusu değildir.

7.1.5 Yaya Hızlarının Mikroskobik Ölçekli Analizi

Bölüm 6.3.4'te değinildiği üzere algoritma yardımıyla her bir yayaya ait veri setinin kullanılması ile hız değerleri elde edilmiş ve bu hız değerleri renk skalası kullanılarak izler üzerinde gösterilmiştir. Burada, yayaların aniden karşılaştıkları engeller ve ortam kısıtlamaları nedeniyle yaya hızlarının nasıl bir değişim gösterdiği hem görsel hem de sayısal olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

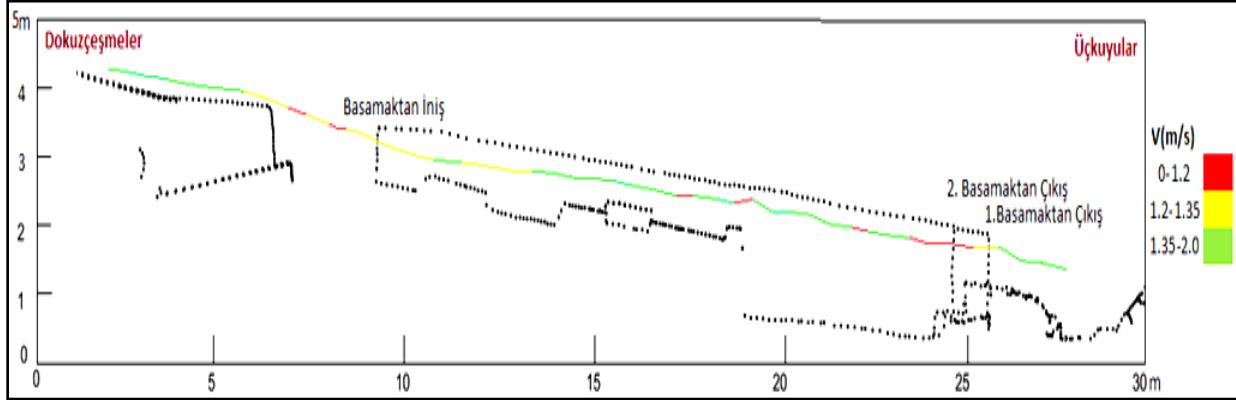
Bu nedenle yayaların basamak iniş-çıkışları yüzünden hızlarındaki değişimin daha net görülmesi açısından, Kıbrıs Caddesi-1 saha planı üzerinde yayaların hız değerleri renk skalaları kullanılarak izler üzerinde gösterilmiştir. 0 (m/s)-1.2 (m/s) hızlar kırmızı renkle, 1.2(m/s)-1.35(m/s) hızlar sarı renkle, 1.35(m/s)-2(m/s) arasındaki hızlar yeşil renkle temsil edilmektedir.



Şekil 7.64 Dokuzçeşmeler'den Üçkuyular yönüne giden yayanın hız gösterimi(Kıbrıs Caddesi-1)

Şekil 7.64'te Üçkuyular yönüne giden yayanın kaldırım sürekliliğinin sağlanmamasından dolayı maruz kaldığı zorunlu manevralar ve kaldırımdan iniş-çıkış kaynaklı yaşadığı konfor kayıpları net olarak görülmektedir. İlgili yaya, yürüyüşünü kaldırımda devam ettirmek sureti ile basamak yüksekliği 20 cm olan bir kaldırımdan çıkmakta. Kaldırımdan çıkarken renkler ile simgelenen hızın sarı renkten kırmızı rene dönüşmesiyle yaya hızında düşüş yaşandığı sonucuna varılmaktadır. Yaya ilgili kaldırımda ilerlerken mekansal özellikler elverdiği ölçüde hız kazanmakta, bazı bölgelerde küçük hız kayıplarına uğramaktadır. Standartları aşan yüksek bir kaldırımdan(32 cm) inerken hız kaybı yaşanmakta fakat daha alçak kaldırımlardan(10 cm) inişlerde ise yayanın hız kazandığı görülmektedir. İncelemeye alınan bu şekil sadece tek bir yaya için değil ayrıca diğer yayalar içinde yaya kaldırımı sorunlarından kaynaklı hız kayıpları da

değerlendirilmiştir. İncelemeler sonucunda genel olarak şu kanaata varılabilir; yüksek basamaklardan çıkışlar ve inişler yayaların hız kaybına uğramasına sebebiyet vermektedir ama standartlar çerçevesinde tasarlanan kaldırımdan inişlerde ise böyle bir durum söz konusu değildir. Ayrıca Bölüm 7.2'.de ortaya çıkan sonuçlar yukarıdaki şekli destekleyen niteliktedir.

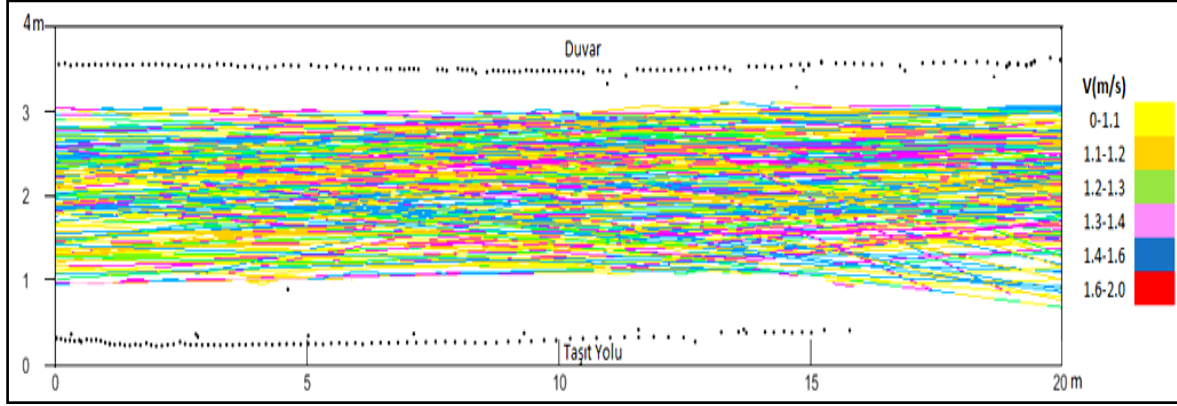


Şekil 7.65 Üçkuyular'dan Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın hız gösterimi(Kıbrıs Caddesi-1)

Şekil 7.65'te Üçkuyular yönünden Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın kaldırım sürekliliğinin sağlanmamasından dolayı maruz kaldığı zorunlu manevralar ve kaldırımdan iniş – çıkış kaynaklı yaşadığı konfor kayıpları net olarak görülmektedir. Daha öncede bahsedildiği üzere, basamak yüksekliği ile orantılı olarak basamak çıkışları yayaların hız kaybına uğramasına sebebiyet vermektedir. Şekilde izi çizdirilen yaya, birinci basamaktan çıkarken hızında belli bir oranda düşüş yaşamakta, ikinci basamaktan çıkarken daha büyük bir hız kaybına uğramaktadır. Sonra, yaya kaldırımın izin verdiği ölçütte hız kazanmış ama basamak yüksekliğinin 20 cm olduğu bölgeden inerken tekrar konfor ve hız kaybına uğramıştır. Bölüm 7.2'de elde edilen sayısal sonuçlar ve regresyon modeli bu durumu destekler niteliktedir. Aşağıda yapılan incelemelerde her bir istasyon noktası kendi içinde değerlendirilmiştir.

Kontrol kesimi olarak ele alınan Hukuk Fakültesi'nin karşısında bulunan yaya kaldırımını kullanan yayaların, hız değişimleri renk kodlamalı olarak Şekil 7.66'da görülmektedir. Kaldırım üzerinde otobüs durağı bulunması nedeniyle yayaların otobüs durağını geçtikten sonra (serbest hızlarına kavuştukları an), 30 dakikalık ölçüm boyunca hızlar renk kodlamalı olarak çizdirilmeye başlanmıştır (Şekil 7.66).

0(m/s) -1.1(m/s) arası sarı renk, 1.1(m/s) -1.2(m/s) arası turuncu renk, 1.2(m/s) -1.3(m/s) arası yeşil renk, 1.3(m/s)-1.4(m/s) arası pembe renk,1.4(m/s) -1.6(m/s) arası mavi renk,1.6(m/s) -2(m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile temsil edilmektedir.



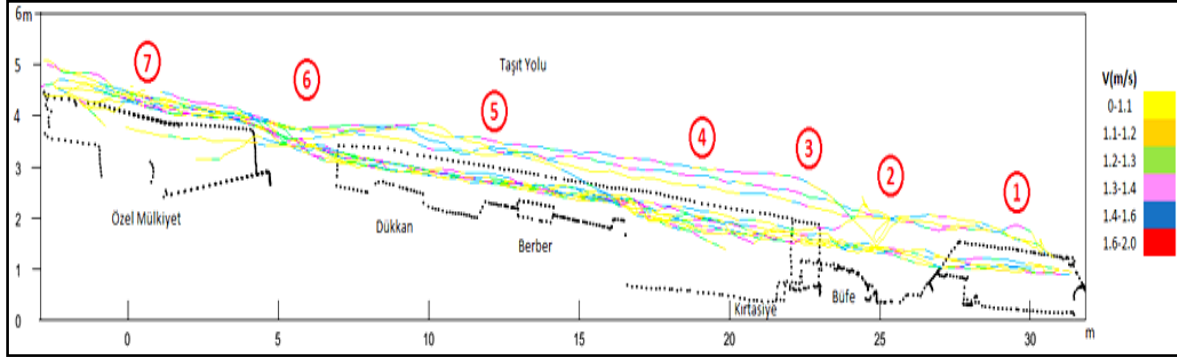
Şekil 7.66 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Hukuk Fakültesi)



Şekil 7.67 Hukuk Fakültesi'ne ait ekran görüntüsü

Aşağıdaki Şekil 7.68 plan dışı ve kuralsız işgallerin olduğu Kıbrıs Caddesi-1'e ait bir kesiti göstermektedir. Algoritma yardımıyla oluşturulan izlerin olduğu grafikte numaralandırılan bölgeler, sahaya ait ekran görüntüsünde belirtilmiştir. Grafikte yayaların yaptıkları manevralar açıkça görülmektedir. Yoldan yürüyen yayalar kaldırım üzerinde yürüyen yayalara oranla daha hızlı hareket etmektedirler. Ayrıca kaldırımın sürekli olmamasından dolayı yayaların büyük bir kısmı 7 numaralı bölgeden yürümektedirler. Yaya hızları 0(m/s)-1.1(m/s) arası sarı renk, 1.1(m/s) -1.2(m/s) arası turuncu renk, 1.2(m/s) -1.3(m/s) arası yeşil renk, 1.3(m/s) -1.4(m/s)

arası pembe renk, 1.4(m/s) -1.6(m/s) arası mavi renk, 1.6(m/s) -2(m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile temsil edilmektedir.

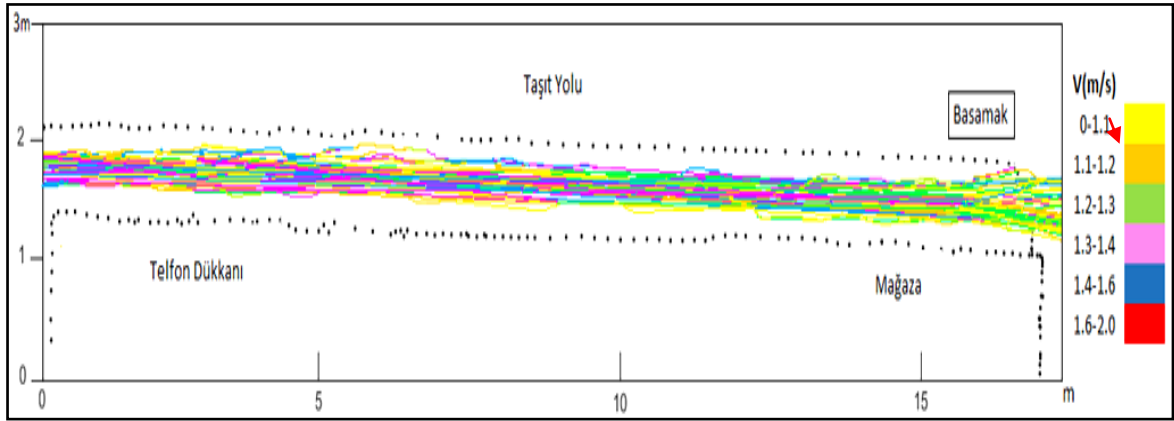


Şekil 7.68 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Kıbrıs Caddesi-1)



Şekil 7.69 Kıbrıs Caddesi-1'e ait görüntü karesi

Uğur Mumcu Caddesi'nde enkesit genişliği yayaların serbest hareketini kısıtlayıcı düzeyde olan bölümde algoritma yardımıyla yayaların renk kodlamalı hızları çizilmiştir. Yaya hızları 0-1.1 m/s arası sarı renk, 1.1(m/s)-1.2(m/s) arası turuncu renk, 1.2(m/s) -1.3(m/s) arası yeşil renk, 1.3(m/s)-1.4(m/s) arası pembe renk, 1.4(m/s) -1.6(m/s) arası mavi renk, 1.6(m/s)-2(m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kaldırımdan çıkan yayaların hızlarındaki azalma grafikte net olarak görülmektedir.



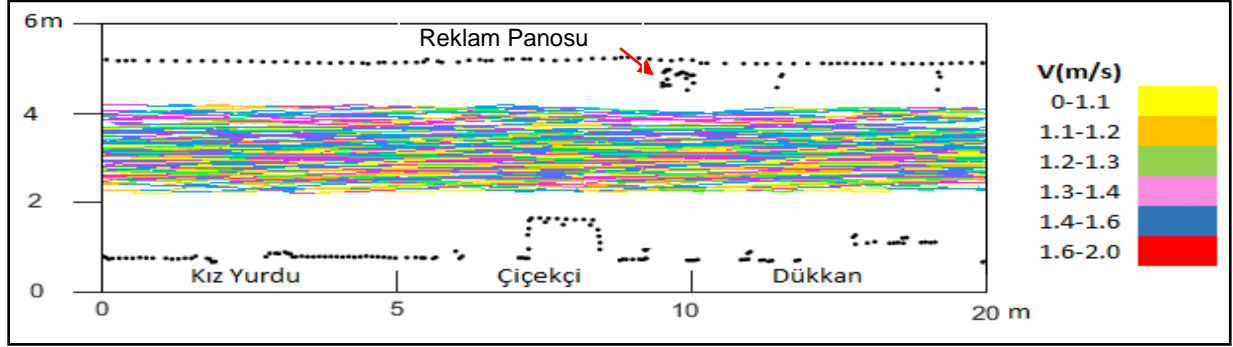
Şekil 7.70 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırım Kesiti)



Şekil 7.71 Uğur Mumcu Caddesi'ne ait görüntü karesi (Dar Kaldırım)

Uğur Mumcu Caddesinde enkesit genişliği yeterli olup ama engeller-işgaller nedeni ile yayaaların yürüyüş alanlarının sınırlandırıldığı bölümde yayaaların renk kodlamalı olarak hızları çizilmiştir. Yaya hızları 0(m/s)-1.1(m/s) arası sarı renk, 1.1(m/s)-1.2(m/s) arası turuncu renk, 1.2(m/s)-1.3(m/s) arası yeşil renk, 1.3(m/s)-1.4(m/s) arası pembe renk, 1.4(m/s)-1.6(m/s) arası mavi renk, 1.6(m/s)-2(m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Yayaalar engellere temas etmeyecek şekilde kendi yürüme koridorlarını oluşturmuşlardır ve bu hayali koridor

boyunca yürümektedirler. Hukuk Fakültesi'nde yürüyen yayalar ve Uğur Mumcu Caddesi'nde yürüyen yayalar yaklaşık olarak aynı yürüme davranışı gösterdikleri için renk kodlamaları benzer karakterdedirler.



Şekil 7.72 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi İşgallerden Dolayı Daralan Bölge)



Şekil 7.73 Uğur Mumcu Caddesi'ne ait görüntü karesi (İşgallerden Dolayı Daralan Kesim)

7.2 Yaya Kaldırım Sorunlarının Yaya Hareketlerine Etkisi

7.2.1 Hız Değişimlerinin Regresyon ile Analizi

Bölüm 7.1’de her bir sahaya ait ayrıntılı olarak ele alınan hız verilerinin bütünleştirilmesi ile regresyon modeli oluşturulmuştur (Tablo 7.1.). Kurulan regresyon modelinde yaya karakteristiklerine bağlı olan hız değişimlerinin yanı sıra, her bir sahaya ait özel koşullardan kaynaklanan ve hız değişimlerine neden olan aşağıdaki davranışlara da yer verilmiştir.

- Azami yükseklik sınırları içinde olan basamaklardan inen yayaların istemeden hız kazanması, iniş esnasında fiziksel etkiye (konforsuzluk hissine) maruz kalması, azami yükseklik sınırlarını aşan basamaklarda ise inerken yayaların hızlarında azalmalar meydana gelmesi.
- Aynı kaldırımı paylaşan karşı yönde veya aynı yönde yürüyen yayaların fiziksel temastan kaçmak için kaldırımdan inmeleri.
- Yürüme yönünde kaldırımın ilerisinde yer alan işgaller nedeni ile yayaların kaldırımı tercih etmeyerek olası güvenlik risklerine rağmen yola inmesi ve bunun yarattığı konforsuzluğun görülmesi.

Bu modelde bağımlı değişken olarak hız; bağımsız değişken olarak ise sahalarda ölçülen sıcaklık değeri, yayaların cinsiyeti, yaş grubu, kilo durumu, yük durumu ve grup yürümesi dikkate alınmıştır. Uğur Mumcu Caddesi’nde dar kaldırımda yürüyen yayaların mecbur kalarak kaldırımdan iniş ve çıkışlarını temsil eden basamak yüksekliği (cm) (Şekil 7.74), Kıbrıs Caddesi-1 istasyon noktasında yaya hızları ve konforunu etkileyen basamak yükseklikleri (Şekil 7.75) ve yaya kaldırımlarının genişlikleri regresyonda yer almıştır. Tablo 7.1.’de regresyon modelinde kullanılan değişkenler ve bu değişkenlerin nümerik karşılıkları gösterilmiştir.



Şekil 7.74 Kaldırımdan mecburi iniş ve çıkışlar(Uğur Mumcu Caddesi)



Şekil 7.75 Analizlerde dikkate alınan basamakların gösterimi (Kıbrıs Caddesi-1)

Tablo 7.1 Regresyon analizinde kullanılan simgesel gösterimler(Tüm sahalr)

Değişkenler	Numerik Gösterim	Değişkenler	Numerik Gösterim
Cinsiyet		Yük Durumu	
Kadın	0	Yok	0
Erkek	1	Hafif	1
Yaş Grupları		Orta	2
0-15	0	Ağır	3
15-25	1	KiloDurumu	
25-40	2	Zayıf	0
40-65	3	Normal	1
65-100	4	Kilolu	2
Grup Yürüme		Sıcaklık (C°)	
Tek Kişi	0	Ölçülen sıcaklık değerleri	
2 Kişi	1	Kaldırım Genişliği (cm)	
3 Kişi	2	Değişken kaldırım genişlikleri	
4 Kişi	3	Basamak Yükseklikleri (cm)	
5 Kişi	4	10 cm-15 cm-20 cm-32 cm	

Tablo 7.1’de her bir değişkene ait nümerik gösterimler, daha anlamlı sonuçlar elde etmek için 0’dan başlayıp 1 arttırılarak verilmiştir. İstasyon noktalarında 12 ay boyunca yapılan çekimler sonucunda elde edilen sıcaklık değerlerine ait çok fazla değişken olduğu için tabloda gösterilmemiş fakat regresyon analizine dahil edilmiştir. Yayaların iniş ve çıkış hızları regresyon modelinde bağımsız değişken olarak girilmiştir. Yürüme hızının değişimi basamak yüksekliklerine bağlı olduğu için basamak yükseklikleri analize bağımsız değişken olarak dahil edilmiştir.

Tablo 7.2 Oluşturulan Regresyon Modelinin Parametreleri

Bağımlı Değişken=Hız	Simge	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Çoklu R	0,494195
Kesişim	-	1,4838	0,0153	97,0413	0		
Cinsiyet	C	0,0754	0,0088	8,5538	2,15636E-17		
Yaş Grubu	YG	-0,0840	0,0053	-15,9048	4,40213E-54	R Kare	0,244229
Yük Durumu	YD	-0,0269	0,0057	-4,7572	2,0867E-06		
Grup Yürümesi	GY	-0,0789	0,0059	-13,4900	5,94789E-40		
Kaldırımdan Yanal İniş(cm)	Ynl	0,0107	0,0040	2,6581	0,00791444	Ayarlı R Kare	0,241231
Kaldırımdan Yanal Çıkış(cm)	YnC	-0,0157	0,0044	-3,5660	0,000370031		
Kaldırımdan Yukarı Çıkış(cm)	Cks	-0,0125	0,0009	-13,6081	1,34333E-40		
Kaldırımdan Aşağı İniş(cm)	Ins	-0,0070	0,0007	-9,4493	8,18428E-21	Standart Hata	0,194198
Kaldırım Genişliği(cm)	KG	-0,0001	0,0000	-2,6015	0,009341942		

$$V=1.4838 + C*0.0754 - YG*0.0840 - YD*0.269 - GY*0.0789 - YnC*0.0157 + Ynl*0.0107 - Cks*0.0125 - Ins*0.0070 - 0.0001* KG \dots\dots\dots \text{Formül 7.1}$$

Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan model Formül 7.1’de bulunmaktadır. Formüldeki katsayıların t-istatistik değerleri ve buna bağlı olarak elde edilen p değerleri Tablo 7.2’de verilmiştir.t-istatistik değerleri mutlak değerce t-kritik(1.960) değerinden büyük olduğu için değerlendirmeye katılan her bir parametre anlamlıdır. Tablo incelendiğinde aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmaktadır;

- Erkek yayalar kadın yayalara göre daha hızlı yürümektedir.
- En yüksek t-istatistik değerini veren yaş grubu olduğu için diğer parametrelere oranla hızı daha çok etkilediği görülmektedir. Ayrıca yaşlı yayalar genç yayalara oranla daha yavaş yürüme eğiliminde bulunmaktadır.
- Grup halinde yürüyen yayalarda gruptaki kişi sayısı arttıkça yayaların hızlarında azalma olmaktadır.

- Ağır yük taşıyan yayalar yüksüz olan yayalara oranla yavaş yürümektedirler.
- Kaldırımdaki basamak yüksekliklerine bağlı olarak basamak iniş hızlarında farklılıklar meydana geldiğine değinilmiştir. TS12576'da belirlenen azami değerleri sağlayan kaldırım yüksekliklerinde yayalar istem dışı hızlanmaktadır. Ama daha yüksek kaldırımda basamaklardan (>15cm) inerken yayaların hızlarında azalma meydana gelmektedir. Yüksek basamaklı kaldırımlarda yayaların hızlarında azalmaların etkisiyle aşağı inişler regresyon modelinde negatif işaret ile temsil edilmektedir. Ayrıca kaldırımdan çıkan yayaların hızında düşüş yaşanmaktadır.

- Kaldırım yüksekliği standartlara uygun olan kaldırım kesimlerinde yayanın yanal inerken kazandığı ivmelenme ile hızı artmakta ancak kaldırıma çıkarken yayalar yavaşlamaktadır.

- Serbest hızların başka yayalara bağlı olmadan ayarlanabildiği kaldırım genişliklerinde bulunan yayalar, dar kaldırımda yürüyen yayalara göre daha hızlıdır. Fakat kaldırımın olmadığı durumlarda yayalar araç trafiği ile daha az etkileşimde bulunmak istedikleri için daha hızlı hareket etmektedirler. Bu nedenle kaldırımın olduğu kesimlerde hızlarda düşük de olsa bir azalma olduğu görülmüştür.

Yapılan analiz sonucunda dikkat çeken noktalardan biri de yayaların yaş, cinsiyet ve grup yürümesi gibi karakteristik özelliklerinin yayaların yürüme hızları üzerinde diğer parametrelere oranla daha etkili olduklarıdır. En az etki ise kaldırım genişliği parametresinde görülmektedir.

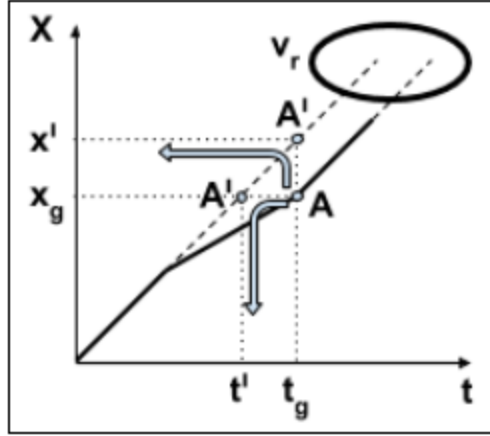
7.2.2 Seyahat Sürelerinin Analizi

Bölüm 7.1'de ayrıntılı olarak sunulduğu gibi, Hukuk Fakültesi'nde yürüyen bir yayanın hızı ile aynı yaya karakteristiklerine sahip Kıbrıs Caddesi-1'de yürüyen bir yayanın hızı aynı değerlere sahip olmadığı belirlenmiştir. İki değer arasındaki farklılığın sebebi, Hukuk Fakültesi istasyon noktası yayalar için daha konforlu bir yürüme ortamı sunarken Kıbrıs Caddesi-1 istasyon noktasında bulunan kaldırımın, olması gereken azami kaldırım yüksekliğini sağlamayıp aynı zamanda daha dar bir kesite sahip olması olduğu düşünülmektedir. Farklı özelliklere sahip ortamlar yayalar üzerinde farklı davranış değişikliklerine yol açmaktadır. Ancak bu değişimler sadece yaya hızları ile sınırlı değildir. Farklı özelliklere sahip ortamlar aynı zamanda yayaların seyahat sürelerini de etkilemektedir. İncelenen yol kesimlerinde karşılaşılan ve yayaların seyahat sürelerine etki eden hareketler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Farklı kesit genişliklerine sahip kaldırımda yayaların hareketleri
- Azami basamak yüksekliği altında kalan kaldırımlardaki iniş ve çıkış hareketleri

- Farklı kesit genişliğine sahip ve azami basamak yüksekliğini aşan kaldırımlardaki hareketler
 - Zıt yönlü yürüyen yayaların yetersiz kesit genişliğine sahip bir kaldırımda birbirine fiziksel temasta bulunmalarından dolayı ortaya çıkan hareketler
 - Aynı kaldırmı paylaşan zıt veya aynı yönlü yürüyen yayaların fiziksel yaklaşımdan kaçınmak amacıyla kaldırımdan inmeleri

Seyahat süresini etkileyen bahsi geçen hareketlerden yola çıkılarak, yayaların seyahat sürelerinin farklı durumlardan nasıl etkilendiği analiz edilmiştir. Yukarıda sıralanan engel veya sorunlardan herhangi birinin bulunmadığı ve yeterli kesit genişliğine sahip kaldırım kesimlerinde yayanın serbest yürüme hızı v_r (rejim hızı) şeklinde ifade edilecek olursa, yaya yolu sorunlarından herhangi birinden dolayı yayanın seyahat süresi üzerindeki değişim şematik olarak Şekil 7.76'daki gibi gösterilebilir.



Şekil 7.76 Yaya yolu sorunları nedeniyle yayaların maruz kaldığı yol ve zaman kayıpları

Yol-zaman grafiği üzerinde bulunan A noktası, yayanın seyahat süresinin uzamasına neden olan engeli aştıktan sonra tekrar serbest rejim hızına ulaştığı noktayı temsil etmektedir. t_g ve x_g ise sırasıyla A anında gözlemlenen gerçek süre ve mesafe değerleridir. x' terimi, eğer yaya yolunda sorun bulunmasaydı ve yaya rejim hızını sürdürebilseydi t_g süresinde varmış olabileceği mesafeyi ifade etmektedir. t' terimi ise, benzer şekilde, yaya hız kaybetmeden yürümeye devam edebilseydi x_g konumuna ulaşmış olabileceği erken süreyi ifade etmektedir. Bu noktalar hız-

zaman grafiği üzerinde A¹ olarak işaretlenmiştir. Dolayısıyla, kaldırım sorunları nedeniyle yayanların seyahat sürelerinde artış meydana gelmektedir.

Yukarıda bahsedilen serbest yürüme hızının belirlenebilmesi için kontrol kesim olarak seçilen Hukuk Fakültesinde yapılan analizler sonucunda sadece yaya karakteristiklerine bağlı regresyon modeli elde edilmiştir. Buradaki amaç, sorunlu kesimde yürüyen yaya ile aynı özelliklere sahip kontrol kesiminde yürüyen yayanın karşılaştırmasını yapmaktır.

Tablo 7.3'te her bir kategoriye ait nümerik gösterimler daha anlamlı sonuçlar vermesi için 0'dan başlayıp 1 arttırılarak verilmiştir. Sıcaklık değerleri 12 ay boyunca yapılan çekimler sırasında ölçülmüştür.

Tablo 7.3 Regresyon Analizinde Kullanılan Simgesel Gösterimler(Hukuk Fakültesi)

Değişkenler	Nümerik Gösterim	Değişkenler	Nümerik Gösterim
Cinsiyet		Yük Durumu	
Kadın	0	Yok	0
Erkek	1	Hafif	1
Yaş Grupları		Orta	2
0-15	0	Ağır	3
15-25	1	Grup Yürüme	
25-40	2	Tek Kişi	0
40-65	3	2 Kişi	1
65-100	4	3 Kişi	2
KiloDurumu		4 Kişi	3
Zayıf	0	5 Kişi	4
Normal	1	Sıcaklık (C°)	
Kilolu	2	Ölçülen sıcaklık değerleri	

Tablo 7.4 Oluşturulan Regresyon Modelinin Parametreleri

Bağımlı Değişken=Hız	Simge	Katsayılar	Standart Hata	t-stat	P-değeri	Çoklu R	0,504363
Kesişim	-	1,4103	0,0161	87,5787	0		
Cinsiyet	C	0,0718	0,0113	6,3598	2,95052E-10	R Kare	0,254382
Yaş Grubu	YG	-0,0963	0,0075	-12,8164	3,67806E-35		
Kilo Durumu	KD	-0,0303	0,0113	-2,6859	0,007341168	Ayarlı R Kare	0,251012
Yük Durumu	YD	-0,0246	0,0072	-3,4238	0,000640182		
Grup Yürümesi	GY	-0,0905	0,0068	-13,3552	7,91948E-38	Standart Hata	0,172547

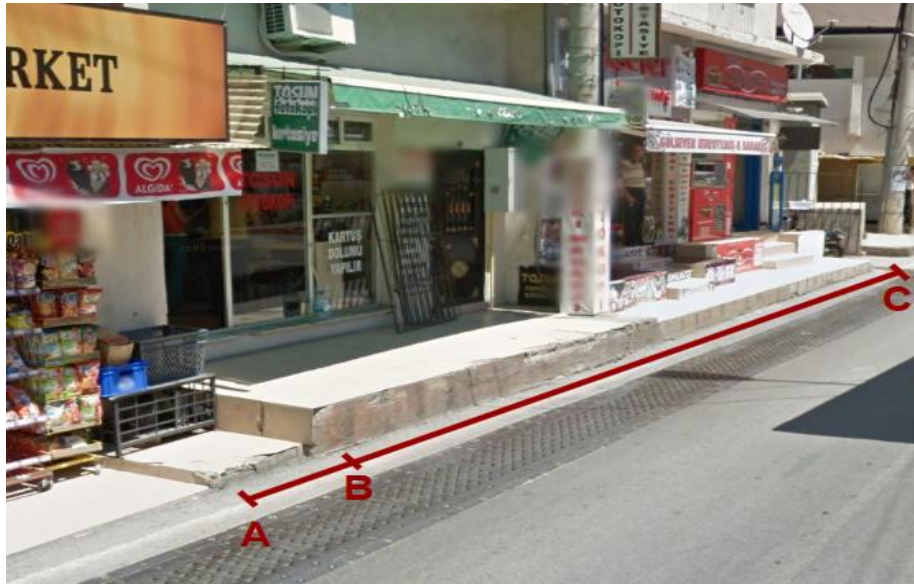
$$V=1.4103 + C*0.0718 - YG*0.0963 - KD*0.0303 - YD*0.0246 - GY*0.0905$$

Formül 7.2

Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan model Formül 7.2’de sunulmaktadır. Formüldeki katsayıların t-istatistik değerleri ve buna bağlı olarak elde edilen p değerleri Tablo 7.4’te verilmiştir.t-istatistik değerleri mutlak değerce t-kritik(1.960) değerinden büyük olduğu için değerlendirmeye katılan her bir parametre anlamlıdır.ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır;

- Erkek yayalar kadın yayalara göre daha hızlı yürümektedir.
- Yaşlı yayalar genç yayalara oranla daha yavaş yürüme eğilimindedir.
- Yayaların kilosu arttıkça hızları azalmaktadır..
- Ağır yük taşıyan yayalar yük taşımayan yayalara oranla yavaş yürümektedirler.
- En yüksek t-istatistik değerini veren grup yürümesi olduğu için diğer parametrelere oranla hızı daha çok etkilediği görülmektedir Grup halinde yürüyen yayaların hızı gruptaki kişi sayısı arttıkça azalmaktadır Yayaların seyahat sürelerindeki değişimleri görmek açısından yukarıda kurulan model kullanılmıştır.

Kıbrıs Caddesi-1



Şekil 7.77 Yolculuk süresinde değişime neden olan bölgelerin noktasal gösterimi

Kıbrıs Caddesi-1’de Üçkuyular yönüne giden yayaların yolculuk süresini etkileyen faktörler incelenmiştir. Şekil 7.77’de A-B arasında basamak inişlerinden kaynaklı meydana gelen değişimler Tablo 7.5’te sunulmuştur. Eğer yayanın karşısına basamak çıkmasaydı yayanın basamağa gelmeden önceki hızını sürdürmeye devam edeceği varsayılabilir. Bu varsayımdan

yola çıkılarak, A-B bölgesinde alınan süreden, gerçek durum yani yayanın basamak inerken kaybettiği süre çıkarılmıştır (Δt_0). Çıkan sonuç Tablo 7.5'te ilk sütunda bulunmaktadır. Eğer yaya Hukuk Fakültesindeki gibi bir kaldırımda yürüseydi daha farklı bir hıza sahip olacaktı. Buradan yola çıkılarak, daha önce oluşturulan regresyon modelinin (Tablo 7.2) kullanılmasıyla yayanın A-B bölgesinden geçtiği süre bulunmuştur (Basamaktan iniş yaşanmadığı varsayımı yapılmıştır.). Bu süreden A-B bölgesindeki gerçek süresi çıkarılmış ve yaşanan değişim ikinci sütunda temsil edilmiştir (Δt_{Reg}). 15-40 yaş grubuna dahil yüksüz, tek yürüyen, normal kiloya sahip bir yayanın hızı Hukuk Fakültesinde yapılan analizler sonucunda 1.41 m/s olarak belirlenmiştir. 1.41 m/s hızında olan bir yayanın A-B mesafesini geçtiği süreden, gerçek durumun çıkarılmasıyla elde edilen veriler ise üçüncü sütunda yer almaktadır (Δt_{SH}).

Tablo 7.5 Basamak İnişlerinin Yolculuk Süresine Etkisi

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
0.251	0.431	0.514

Tablo 7.5'te yayalara ait ortalama delta-t süreleri sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yayalar basamak inişlerinden dolayı kaldırımdaki yürüme hızlarını koruyamadıkları için 0.251 saniye süre kaybına uğradığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca yayaların kontrol kesimindeki şartlarda yürüyemeyip karşılıklarına basamak çıktığı durumlarda 0.431 saniye süre kaybına uğradıkları görülmüş ve yayalar serbest hızla (1.41 m/s) yürüyemedikleri için gidecekleri yere basamak inişinden dolayı 0.51 saniye daha geç ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Kıbrıs Caddesi-1'de Üçkuyular yönüne giden yayalar incelenmiş ve C bölgesinde basamak çıkmadan dolayı meydana gelen süre değişimleri Tablo 7.6'da sunulmuştur.

Tablo 7.6 Basamak Çıkışın Yolculuk Süresine Etkisi

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
0.21	0.22	0.26

Tablo 7.6'da yer alan birinci sütunda yukarıda da bahsedildiği gibi bir önceki hızla devam etmesi durumu, ikinci sütunda Hukuk Fakültesi'nde elde edilen regresyon modelinden elde edilen hıza göre ve son sütunda da serbest yaya hızı (1.41 m/s) ile yürüme durumu irdelenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde yayalar basamak çıkışlarından dolayı kaldırımdaki yürüme hızlarını koruyamadıkları için 0.21 saniye süre kaybına uğradığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca yayaların kontrol kesimindeki şartlarda yürüyemeyip karşılarına basamak çıktığı durumlarda 0.22 saniye süre kaybına uğradıkları görülmüş ve yayalar serbest hızla (1.41 m/s) yürüyemedikleri için gidecekleri yere basamak çıkışından dolayı 0.26 saniye daha geç ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Uğur Mumcu Caddesi

Yayaların seyahat süreleri üzerinde etkili olan diğer bir yaya davranışı ise mecburi olarak kaldırımlardan iniş ve çıkışlardır. Karşılıklı birbirlerine doğru yürüyen yayalar veya aynı yönde yürüyen yayalardan biri diğer yaya ile temasa geçmemek için kaldırımdan inerek yoluna devam etmek durumunda kalmakta, temastan kaçındığı yayayı geçtikten sonra tekrar kaldırıma çıkmaktadır. Kaldırımdan inen yaya alçak bir kaldırımdan (azami 15 cm) inmesinin etkisiyle birden hızlanmaktadır. Bu hızlanma sonucunda yaya süre kaybetmek yerine kazanmaktadır. Fakat bu durumda yaya süre olarak kazanç sağlasa bile konfor olarak bir kayba uğramaktadır. Sonuçlar değerlendirilirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Aşağıda sunulan tabloların birinci sütununda bulunan sayısal değerler, gözlenen gerçek durumdan (yayanın mecburi olarak kaldırımdan inmesi halinde harcadığı süreden), yaya kaldırımdan inmeden kendi rotasında ve önceki hızıyla devam etmesi halinde geçecek sürenin çıkarılması ile elde edilmiştir. İkinci sütunda ise yayaların Hukuk Fakültesi kontrol noktasında bulunan kaldırım koşullarında yürümesi ve son sütunda da serbest yaya hızı(1.41 m/s) ile yürümesi halinde alacağı sürenin mevcut durumdan çıkarılması ile elde edilen delta t değerleri irdelenmiştir.

Tablo 7.7 Mecburi Basamak İnişlerinin Yolculuk Süresine Etkisi

$\Delta t_{\text{ö}} (s)$	$\Delta t_{\text{Reg}} (s)$	$\Delta t_{\text{SH}} (s)$
-0.170	-0.091	0.049

Tablo 7.8 Basamak Çıkışlarının Yolculuk Süresine Etkisi

$\Delta t_{\text{ö}} (s)$	$\Delta t_{\text{Reg}} (s)$	$\Delta t_{\text{SH}} (s)$
0.075	0.053	0.156

Kaldırım standartlarında tanımlanan yükseklik sınırları içerisindeki kaldırımlarda, alan yetersizliğinden kaynaklanan basamak iniş ve çıkışlarının beklenebileceği gibi yolculuk süresine etkisi büyük değildir. Ancak yayaların yaşadığı konforsuzluk ve taşıt yoluna inmelerinden dolayı yaşadıkları tedirginlik insanlar üzerinde psikolojik baskı yaratmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda birbirine temas etmek zorunda kalan yayaların, seyahat sürelerinin nasıl etkilendiği dikkat çeken bir nokta olarak görülmektedir. Aynı kaldırımda karşılıklı yürüyen bazı yayalar kaldırımda sahip oldukları alanı terk etmemek için kimi durumlarda birbirlerine temas ederek birbirlerini geçmeye çalışmaktadırlar. Yayalar biri birlerine değmekten dolayı hem rahatsızlık duyup konforsuzluk yaşadıkları hem de yapılan analiz sonucunda yayaların birbirlerine temas etmekten basamak iniş ve çıkışlara oranla daha fazla etkilendikleri görülmektedir.

Tablo 7.9 Yayalar Arasında Gerçekleşen Birbirine Temasın Yolculuk Süresine Etkisi

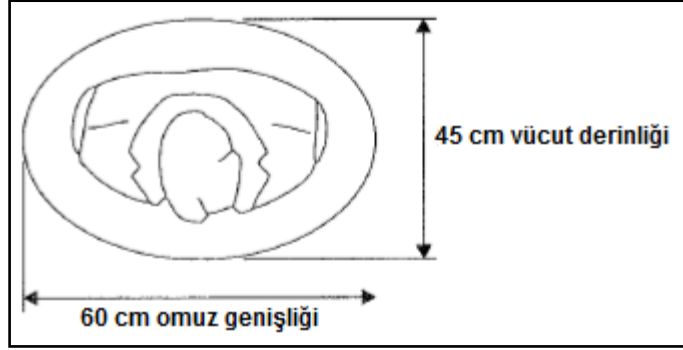
$\Delta t_{\text{ö}} (s)$	$\Delta t_{\text{Req}} (s)$	$\Delta t_{\text{SH}} (s)$
2.047	1.687	1.640

7.2.3 Yaya Hizmet Seviyelerinin Analizi

Yaya kaldırımları, hareket kısıtlılığı olan insanlar da dahil olmak üzere tüm yayalar için engellerden arındırılmış, güvenli, konforlu ve erişilebilirliği rahat olan, yaya trafiğinin önemli bir unsurudur. Yaya kaldırımlarına ait yukarıda sıralanan özellikler göz önüne alındığında yayaların gerek yürüyüş hızlarını, gerek yürüme davranışlarını ve alışkanlıklarını etkileyecek yaya kaldırımlarına ait tasarımsal öğeler ön plana çıkmaktadır. Bu öğelerden en önemlisi ise kaldırımın enkesit genişliğidir. Kaldırımın enkesit genişliğine bağlı olarak yayaların hızları, yayaların yaşadığı süre kayıpları ve yayalar tarafından kaldırımın tercih edilebilirliği büyük oranda etkilenmektedir. Bu nedenle kaldırımlar, belli fiziksel standartlar doğrultusunda tasarlanmaktadır.

Yaya kaldırımının enkesit genişliği tasarlanırken yayanın kapladığı alan büyük bir önem arz etmektedir. Minimum alan standardı Highway Capacity Manual(HCM) de “*pedestrian facility designer*” tarafından vücut derinliği ve omuz genişliği kullanılarak belirlenmektedir.(HCM 2010).Bir yayanın omuz genişliği 60 cm ve vücut derinliği 45 cm olarak kabul edildiğinde, bir yayanın kapladığı toplam alan 0.27 m² karşılık gelmektedir (Şekil 7.78) . TS 12576 kaldırım

tasarım kurallarının yer aldığı şartname dikkate alındığında hareket kısıtlılığı olan yayalar da dahil olmak üzere yayaların rahatça hareket edebilmeleri için yürüme alanının genişliği minimum 150 cm kabul edilmiştir. Bu genişlik iki insanın rahatça yürüyebileceği genişlik olmasının yanı sıra, iki tekerlekli sandalye kullanıcısının yan yana geçebilmesini sağlayacak minimum geniştir. Ayrıca TSE de kaldırım üzerinde otobüs durağının olması durumunda kaldırım genişliği minimum 300 cm olması gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 7.78 Yaya Vücut Elipsi (HCM 2010)

Yukarıda bahsedilen bilgilerin ışığında yaya trafiği talebini karşılayacak biçimde yaya kaldırımlarının tasarlanması, yayalara verilen hizmeti de belirlemektedir. Yaya hizmet seviyesi yaya trafiğinin kalitesini ölçmek için kullanılan nitel bir ölçüttür. Yani yayalara sunulan bu hizmet yayaların yaya kaldırımındaki koşullarından kaynaklanan bir nevi memnuniyetlik derecesi olarak da ifade edilebilir. Yaya hizmet seviyesi hız, yoğunluk, akım, yaya alanı gibi parametrelere bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Yaya hizmet seviyesinin (YHS) belirlenmesine yönelik en ayrıntılı yöntem HCM 2010 'da görülmesinden dolayı proje kapsamındaki çalışmalarda yaya hizmet seviyelerinin belirlenmesinde HCM 2010 temel alınmıştır.

Yaya hizmet seviyesi, kavşaklar arası yol kesimi üzerindeki yaya kaldırımına ait yaya hizmet seviyesi puanı ve yayanın kapladığı ortalama alan doğrultusunda bulunur. Tablo 7.10'da görüldüğü üzere A'dan F'ye olmak üzere yayalar için altı tane hizmet seviyesi tanımlanmaktadır. Aşağıda HCM 2000'den yararlanılarak hizmet seviyelerine ait koşullar açıklanmıştır.



A Hizmet Seviyesi: Yayalar diğer yayalara bağlı kalmadan istedikleri şekilde yürürler. Yürüme hızları serbestçe seçilir.



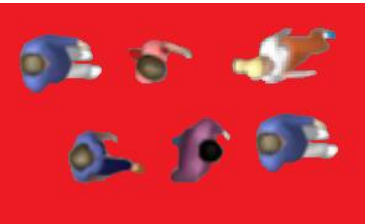
B Hizmet Seviyesi: Yayaların yürüme hızlarını serbestçe seçecek kadar yeterli alan vardır. Bu seviyede, yayalar yürüyecekleri alanı seçerler ve diğer yayalara karşı dikkatli olurlar.



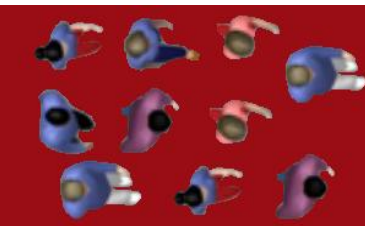
C Hizmet Seviyesi: Yayalara normal yürüme hızları seçecek kadar alana sahiptirler.



D Hizmet Seviyesi: Yürüme hızlarının serbestçe seçilmesi ve diğer yayaların geçilmesi sınırlandırılmıştır.



E Hizmet Seviyesi: Yayaların normal yürüme hızı sınırlandırılmıştır. Yayalar birbirleri arasından geçerek ilerleyebilirler. Daha yavaş geçen yayalar için alan yetersizdir.



F Hizmet Seviyesi: Bütün yürüme hızları sınırlandırılmıştır ve ilerleme hareketi sadece birbirleri arasından geçerek gerçekleşir. Diğer yayalarla temas kaçınılmazdır.

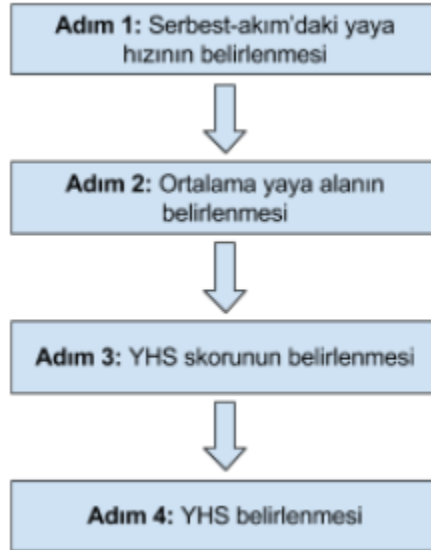
Tablo 7.10 Yaya Hizmet Seviyeleri

YHS Puanı	YHS; Ortalama Yaya Alanına Göre (ft ² /yaya) ^a					
	>60	>40-60	>24-40	>15-24	>8.0-15 ^b	≤ 8.0 ^a
≤2.00	A	B	C	D	E	F
>2.00-2.75	B	B	C	D	E	F
>2.75-3.50	C	C	C	D	E	F
>3.50-4.25	D	D	D	D	E	F
>4.25-5.00	E	E	E	E	E	F
>5.00	F	F	F	F	F	F

Notlar: ^aYöntem kapsamında kullanılan ampirik bağıntılar ile uyumlu olabilmesi için alan birimi ft olarak korunmuştur.
^bKesişen akımlar bulunması durumunda, YHS E/F eşik değeri 13 ft²/yayadır.

Yukarıdaki tanımlamalardan da anlaşılacağı üzere A hizmet seviyesi en iyi durumu, F hizmet seviyesi ise en istenmeyen durumu temsil etmektedir. En iyi durum ve en istenmeyen durum yayaların seyahat deneyimi ve yayaların hizmet kalitesinin algısı olarak tanımlanabilir.(HCM 2010)

HCM 2010 baz alınarak yaya hizmet seviyelerinin belirlenmesinde izlenen adımlar Şekil 7.79'da sunulmuştur.



Şekil 7.79 Yaya hizmet seviyesi belirlenme adımları

Adım 1: Serbest-Akım'daki Yaya Hızının Belirlenmesi

HCM 2010'da yayaların yürüme hızını etkileyen faktörler yayaların yaşı ve yaya kaldırımı eğimi olarak belirtilmektedir. Eğer yaşlı yaya oranı (65 yaş ve üstündeki yayalar) %0 ile %20 arasında ise serbest akım ortalama yürüme hızı 1.34 m/s olarak belirtilmiştir. Yaşlı yaya oranı

%20'nin üstünde ise ortalama yürüme hızı 1 m/s olarak verilmektedir. Bu oran her %10'luk artış için 0.09 m/s hız değeri olarak azalmaktadır.

Adım 2:Ortalama Yaya Alanının Belirlenmesi

Ortalama yaya alanı etkili yürüme alanına, yaya akım oranına ve yaya yürüme hızına bağlıdır.

Etkili Yürüme Alanının Belirlenmesi

Proje kapsamında seçilen yaya kaldırımları üzerinde bulunan dükkanlara ait reklam panoları, dükkan sahiplerine ait eşyalar, yaya kaldırımı ile yoldaki trafiği ayırmak için kullanılan bariyerler gibi engeller yaya kaldırımının etkili yürüyüş alanını sınırlamaktadır. Bu tip işgaller yayaların serbest hareket etme yeteneğini kısıtlamakla beraber yayalar arasındaki çatışmaları da kaçınılmaz hale getirmektedir. HCM 2010 da 23. bölümde yayaların etkili yürüyüş alanlarının belirlenmesine yardımcı olmak amacıyla bazı değerler önerilmiştir. Bu çalışmaya daha uygun olacağı için İzmir Ulaşım Ana Planı (2009) da yer alan tablo sunulmuştur (Tablo 7.11).

Etkili yürüyüş alanı hesaplaması, yukarıdaki tabloda yer alan sabit objelerin boyutları göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Aşağıda yer alan formül etkili yürüyüş alanına ait ortalama bir değer bulunmasında yardımcı olmaktadır. HCM 2010'da formüller feet birimine göre sunulduğu için yanlış sonuçların ortaya çıkmasını önlemek amacıyla formüller bu birime göre hesaplanmaktadır. Ama formüller dışında kalan gösterimlerde yöntemin daha iyi kavranması için cm, m birimlerinden yararlanılmıştır. 1 Feet=30.48 cm'dir.

Tablo 7.11 Etkili Yürüme Alanının Belirlenmesinde Kullanılan Değerler

<i>Engel</i>	<i>Kapladığı Yaklaşık Genişlik(m)</i>
Cadde Mobilyaları	
<i>Lamba Direği</i>	<i>0.3-1.1</i>
<i>Trafik Lamba Direkleri</i>	<i>0.9-1.2</i>
<i>Yangın Muslukları</i>	<i>0.8-0.9</i>
<i>Trafik İşaretleri</i>	<i>0.6-0.8</i>
<i>Telefon Kulübeleri</i>	<i>1.0</i>
<i>Çöp Tenekeleri</i>	<i>0.4-0.8</i>
<i>Kapalı Otobüs Durakları</i>	<i>1.5-2.0</i>
<i>Banklar</i>	<i>1-2.5</i>
Metro İstasyonları	
<i>Yürüyen Merdiven Girişi</i>	<i>1.7-2.5</i>
<i>Merdiven Girişi</i>	<i>1.7-5</i>
<i>Havalandırma Bacası</i>	<i>1.8-3</i>
<i>Engelli Asansörleri</i>	<i>2.5+</i>
Çevre Düzenlemeleri	
<i>Ağaçlar</i>	<i>0.5-1.7</i>
<i>Bitki Havuzları</i>	<i>1+</i>
Ticari Kullanım	
<i>Gazete Bayileri</i>	<i>1.2-4</i>
<i>Satış Tezgahları</i>	<i>0.6+</i>
<i>Reklam Panoları</i>	<i>Değişken</i>
<i>Dükkan Tezgahları</i>	<i>Değişken</i>
<i>Kafeterya ve Lokanta</i>	<i>Değişken</i>
Bina Cepheleri	
<i>Kolonlar</i>	<i>0.8-0.9</i>
<i>Sundurma, veranda v.b.</i>	<i>0.6-1.8</i>
<i>Bodrum , kiler v.b. Girişleri</i>	<i>1.5-2.1</i>
<i>Boru Bağlantıları</i>	<i>0.3-0.5</i>
<i>Gölgelik Direkleri</i>	<i>0.8</i>
<i>Yüm Rampaları</i>	<i>Değişken</i>
<i>Garaj Giriş-Çıkışı</i>	<i>Değişken</i>
<i>Özel Bağlantı Yolları</i>	<i>Değişken</i>

$$W_E = W_T - W_{O,i} - W_{O,o} - W_{s,i} - W_{s,o} \geq 0.0 \quad \text{Formül 7.3.}$$

$$W_{s,i} = \max(W_{buf}, 45 \text{ cm}) \quad \text{Formül 7.4.}$$

$$W_{s,o} = 3.0p_{window} + 2.0p_{building} + 1.5p_{fence} \quad \text{Formül 7.5.}$$

$$W_{O,i} = w_{O,i} - W_{s,i} \geq 0.0 \quad \text{Formül 7.6.}$$

$$W_{O,o} = w_{O,o} - W_{s,o} \geq 0.0 \quad \text{Formül 7.7.}$$

W_E = Efektif kaldırım genişliği (ft)

W_T = Toplam kaldırım genişliği (ft)

$W_{O,i}$ = Yaya kaldırımının iç kısmında bulunan sabit objelerin düzeltilmiş genişliği (ft)

$W_{O,o}$ = Yaya kaldırımının dış kısmında bulunan sabit objelerin düzeltilmiş genişliği (ft)

$W_{s,i}$ = Kaldırımın iç kısmında yürüyen yayaların oluşturduğu emniyet mesafesi (ft)

$W_{s,o}$ = Kaldırımın dış kısmında yürüyen yayaların oluşturduğu emniyet mesafesi (ft)

W_{buf} = Taşıt yolu ve yaya yolu arasında yer alan tampon bölge (ft)

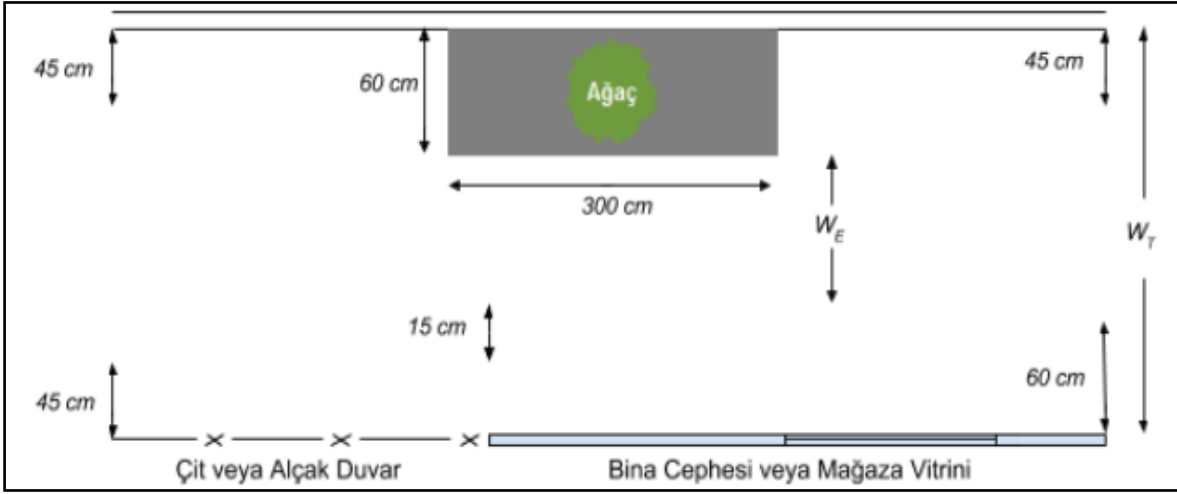
p_{window} = Yaya kaldırımına bitişik mağaza vitrinin yüzdesi (ondalık)

$p_{building}$ = Yaya kaldırımına bitişik bina cephesinin yüzdesi (ondalık)

p_{fence} = Yaya kaldırımına bitişik çit veya duvar yüzdesi (ondalık)

$w_{O,i}$ = Yaya kaldırımının iç kısmında bulunan sabit objelerin genişliği (ft)

$w_{O,o}$ = Yaya kaldırımının dış kısmında bulunan sabit objelerin genişliği (ft)



Şekil 7.80 Etkili Yürüme Alanı Gösterimi(HCM 2010)

Etkili yürüme genişliği; toplam yaya kaldırım genişliğinden sabit objelerin genişliği, tampon bölgenin genişliği ve yayaların yürürken oluşturduğu emniyet mesafesinin çıkarılmasıyla bulunmaktadır. Yayaların yürürken oluşturduğu emniyet mesafesi, kaldırımın yola yakın kesiminde yürüyen yayaların kazayla yola inmemesi ya da yaya kaldırımının dış kısmı çit, alçak bir duvar, bina cephesi ya da mağaza vitrinine bitişik ise yayaların bu bölgelere sürtünüp geçmemesi için bıraktığı mesafe olarak ifade edilmektedir.. HCM 2010'da yaya kaldırımının yola yakın bölümünde yürüyen yayaların bıraktığı mesafe, bordür taşından itibaren 45 cm (1.5 Feet) olarak önerilmiştir. Yaya kaldırım ve taşıt trafiği arasında oluşturulan bu güvenli bölgede ağaç, direk, reklam panolar vb. sabit objelerin bulunması durumunda sabit objelerin kapladığı alana bakılmaktadır. Eğer sabit objenin kapladığı alan 45 cm'den büyükse sabit objenin genişliği hesaplamalar da kullanılmaktadır. Aksi takdirde bu değer 45 cm alınır. Kaldırımın dış kısmında yürüyen yayalar için bu mesafeler bir çit veya alçak bir duvara bitişik ise 45 cm, bina cephesine bitişik ise 60 cm(2 Feet), mağaza vitrinine bitişik ise 90 cm(3 Feet) ve bunlardan hiç biri mevcut değilse 0 cm olarak HCM 2010'da verilmiştir.

Şekil 7.80'de sabit obje daha az yer kaplamasına rağmen kapladığı uzunluk 300 cm(10 Feet) olarak gösterilmiştir. Bunun nedeni bir yaya yol boyunca yürürken sabit objelerden kaçınmak için manevralarını sabit objeye erişmeden önce yapmaktadır. Objenin gerçek uzunluğu ve yayanın kaçınmak için bıraktığı aralık; objenin genişliğinin beş ile çarpılması varsayımı ile bulunur.

Aşağıda yer alan tabloda farklı değerlerin YHS'yi nasıl etkilediği yer almaktadır (Tablo 7.12)

Tablo 7.12 Değişkenlerin YHS'ye etkisi (Huff H. and Liggett R.,2014)

Parametreler	YHS Etkileme Şekli
$W_{s,i}$	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
$W_{s,o}$	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
W_{buf}	Artması YHS kalitesini arttırabilir ama mevcut yaya alanının azaldığı durumlarda YHS kalitesini düşürebilir.
$p_{building}$	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
p_{window}	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
p_{fence}	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
$w_{O,i}$	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.
$w_{O,o}$	Yaya hacminin yüksek olduğu durumlarda artması YHS kalitesini düşürebilir.

Ülkemiz şartlarında yaya kaldırımları erişilebilirliği en yüksek olan ulaşım türü olmasına rağmen gerek yayalara verilen öneminin az olması, gerek tasarımsal ve planlama kaynaklı eksikliklerin mevcut olması nedeni ile yaya kaldırımları TS 12576 kaldırımların tasarım kuralları esaslarına uyulmadan uygulanmaktadır. Bu nedenle HCM 2010'da sunulan etkili yürüme alanı hesaplamaları her kaldırım kesitine uymamaktadır. Hesaplamalar HCM 2010'da önerilen değerlere göre uygulandığı takdirde, yapılan hesaplamalar sonucunda yayalara yürüme için bir alan kalmamaktadır (sonuçlar sıfırdan küçük çıkmaktadır). Bundan dolayı seçtiğimiz sahaların şartları göz önüne alındığında, dar kaldırımların olması gerekenden daha az bir genişliğe sahip oldukları için etkili yürüme alanları bölüm 8.1'de sunulan yaya kaldırımlarındaki yaya hareketliliği göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Birim Genişlik Başına Düşen Akım Oranın Hesaplanması

Birim genişlik başına düşen akım oranı aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$v_p = \frac{v_{ped}}{60W_E} \quad \text{Formül 7.8}$$

v_p = Birim genişlik başına düşen yaya akımı (p/ft/dk)

v_{ped} = Yaya kaldırımındaki yaya akımı (p/h)

W_E = Etkili yürüme genişliği (ft)

Ortalama Yürüme Hızı

Ortalama yürüme hızı aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$S_p = (1 - 0.00078v_p^2)S_{pf} \geq 0.5 S_{pf} \quad \text{Formül 7.9}$$

S_p = Yayanın Yürüme Hızı (m/s)

S_{pf} = Yayanın Serbest-Akım Yürüme Hızı (m/s)

Yayanın Kapladığı Alan

Aşağıdaki formül yardımıyla ortalama yaya alanı hesaplanmaktadır.

$$A_p = 60 \frac{S_p}{v_p} \quad \text{Formül 7.10}$$

S_p değeri yukarıda da bahsedildiği üzere yayanın yürüme hızı, v_p değeri ise birim genişlik başına düşen yaya akımını temsil etmektedir. Formülde bulunan sabit katsayı 60 ise hız değerinden gelen saniyenin dakikaya dönüştürülmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Böylece A_p parametresinin birimi ft^2/p olmaktadır.

Adım 3: YHS Puanının Belirlenmesi

Bu adımda Formül 7.11. kullanılması ile YHS puanı hesaplanır. YHS puanının yüksek ya da düşük çıkması YHS kalitesi hakkında bir fikir vermektedir.

$$I_{p,link} = 6,0468 + F_w + F_v + F_s \quad \text{Formül 7.11}$$

$$F_w = - 1,2276 \ln(W_v + 0.5W_1 + 50p_{pk} + W_{buf} f_b + W_{aA} f_{sw}) \quad \text{Formül 7.12}$$

$$F_v = 0.0091 \frac{v_m}{4N_{th}} \quad \text{Formül 7.13}$$

$$F_s = 4 \left(\frac{v_m}{4N_{th}} \right)^2 \quad \text{Formül 7.14}$$

$I_{p,link}$ = YHS puanı

F_w = Enkesit faktörü

F_v = Motorlu taşıt hacmi faktörü

F_s = Motorlu taşıt hızı faktörü

W_v = Trafik hacmine bağlı olarak en sağdaki şeridin toplam etkili genişliği(ft) (Tablo 7.6.)

W_1 = Bisiklet şeridi ve banketin toplam etkili genişliği(ft)(Tablo 7.6.)

p_{pk} = Paralel park etme yüzdesi

W_{buf} = Taşıt yolu ile mevcut yaya yolu arasındaki tampon alan genişliği(ft)

f_b = Tampon alan katsayısı

W_{aA} = Mevcut kaldırım genişliği (ft) (Eğer yaya kaldırımı mevcut değilse bu değer 0 alınır. Eğer yaya kaldırımı mevcut ise W_T (Toplam Kaldırım Genişliği) - W_{buf} olarak hesaplanır.)

W_{aA} = Düzeltilmiş mevcut kaldırım genişliği

f_{sw} = Kaldırım genişliği katsayısı (=6.0-0.3 W_{aA})

v_m = Kaldırıma yakın şeritteki yöne ait taşıt trafiği akımı(taşıt/saat)

N_{th} = Şerit sayısı

S_R = Motorlu taşıt seyir hızı(mil/saat)

Formül 7.11 incelendiğinde eşitliğin sağ tarafında sabit bir sayı, enkesit bileşeni(F_w), motorlu taşıt hacmi bileşeni (F_v) ve motorlu taşıt hızı bileşenine (F_s) yer verilmiştir. F_w parametresi negatif işaretli bir değer olduğu için YHS puanı üzerinde azaltıcı bir etkiye sahiptir. F_v , F_s parametreleri ise YHS puanı üzerinde artırıcı bir etkiye sahiptir. Bu üç bileşenin toplanmasıyla eğer yüksek bir puan elde edilirse, YHS kalitesi düşük çıkmaktadır.

Anlaşılabacağı üzere YHS puanı hesaplanırken birçok parametre işin içine girmektedir. Özellikle Formül 7.10 içinde yer alan bazı parametreler için ekstra şartlar gerekmektedir. *Bu formülde bulunan W_A parametresi yaya kaldırımının mevcut olduğu durumlarda toplam yaya kaldırımı genişliğinden tampon bölge(ağaç, direk, bisiklet şeridi vb.) genişliği çıkarılarak bulunur. f_b parametresi yaya kaldırımı ve taşıt yolunu ayıran en az 90 cm boyunda her hangi bir sürekli bariyer varsa 5.37 alınır; aksi takdirde bu katsayı 1 alınır. W_v ve W_1 parametreleri tablo 7.6 dikkate alınarak hesaplanır.*

Tablo 7.13'ün ilk sütununda bazı koşullar sunulmuştur. Koşullar sağlanması durumunda tablonun 2. sütunu, aksi takdirde tabloda yer alan 3. sütun kullanılarak hesap yapılmaktadır.

Tablo 7.13 YHS parametrelerine ait koşullar

Koşul	Değişken (Koşulların Sağlanması Durumu)	Değişken (Koşulların Sağlanmaması Durumu)
$P_{pk} = 0,0$	$W_t = W_{al} + W_{bl} + W_{os}^*$	$W_t = W_{al} + W_{bl}$
$V_v > 160$ taşıt/saat veya bölünmüş yol	$W_t = W_v$	$W_v = W_t (2 - 0.005 v_m)$
$P_{pk} < 0.25$	$W_1 = W_{os}^* + W_{bl}$	$W_1 = 10$

Notlar: W_t = en dıştaki (sağdaki) yol şeridi, bisiklet şeridi ve kaplamalı banketin toplam genişliği (ft)*

W_{al} = en dıştaki (sağdaki) yol şeridi genişliği (ft)

W_{os}^* = kaplamalı dış banketin düzeltilmiş genişliği; kaldırım var ise $W_{os}^* = W_{os} - 1.5 \geq 0.0$, yok ise $W_{os}^* = W_{os}$ (ft)

W_{os} = kaplamalı dış banket genişliği (ft)

W_{bl} = bisiklet şeridi genişliği (ft); eğer bisiklet şeridi yok ise 0.0 alınacaktır.

* Yöntem kapsamında kullanılan deneysel bağıntılar ile uyumlu olabilmesi için alan birimi ft olarak korunmuştur.



Yukarıda anlatılan yöntem, incelenen yol kesimi boyunca kendi içinde sürekliliği bulunan bir enkesite sahip yaya yolundaki YHS'yi hesaplamak üzere kullanılmaktadır. Değişiklik gösteren (yaya kaldırımlarının sürekliliğini engelleyen durumların var olduğu) karma enkesitlerin bulunduğu yol kesimlerine ait YHS'nin belirlenmesine yönelik olarak ise, birbirinden farklı fakat kendi içinde sürekli sayılabilecek her bir bölüm için yukarıdaki formül kullanılarak ayrı ayrı hizmet seviyesi hesaplanması; ayrı ayrı bulunan her bir hizmet seviyesi değerinin karşılık gelen yol uzunluğu ile orantılı olarak ağırlıklı ortalaması alınması; böylece incelenen yol kesiminin tümü için eşdeğer bir hizmet seviyesi değerine ulaşılması önerilmiştir. Aşağıda yer bulunan tabloda yukarıda ayrıntılı olarak incelenen yöntemde yer alan parametrelerin YHS puanını nasıl etkilediği sunulmuştur.

Tablo 7.14 Değişkenlerin Yaya Hizmet Seviyesine Etkisi (Huff H. and Liggett R.,2014)

Parametreler	Adlandırma	YHS Etkileme Şekli	Açıklama
W_{ol}	Şerit genişliği(ft)	Artması YHS kalitesini artırır.	
p_{pk}	Paralel park etme yüzdesi	Artması YHS kalitesini artırır.	Eğer parklanma yoksa bu değer 0 alınır.
W_{buf}	Taşıt yolu ile yaya kaldırım arasındaki tampon alan genişliği(ft)	Artması YHS kalitesini artırır. Ama mevcut yaya alanının azalması YHS kalitesini düşürür.	Eğer yaya kaldırım yoksa bu değer 0 alınır.
f_b	Tampon alan katsayısı	Artması YHS kalitesini artırır.	Yaya kaldırım ve taşıt yolunu ayıran en az 90 cm boyunda herhangi bir sürekli bariyer varsa 5.37 alınır; aksi takdirde bu değer 1 alınır.
W_{aA}	Düzeltilmiş mevcut kaldırım genişliği(ft)	Artması YHS kalitesini artırır.	$W_{aA} = \min(W_A, 10)$
V_m	Kaldırma yakın şeritteki yöne ait taşıt trafiği akımı(taşıt/saat)	Artması YHS kalitesini düşürür.	
N_{th}	Şerit sayısı	Artması YHS kalitesini düşürür.	
S_R	Motorlu taşıt sehir hızı(mi/saat)	Artması YHS kalitesini düşürür.	

Uğur Mumcu Caddesi Yaya Hizmet Seviyesi

HCM 2010 temel alınarak açıklanan yöntem ışığında Uğur Mumcu Caddesi'nde iki farklı kaldırım kesitine ait YHS seviyeleri belirlenmiştir.

Bu kesitlerden birinde; yaya kaldırımı yeterli kesit genişliğe sahip olmasına rağmen dükkanlara ait reklam panoları yüzünden kesit genişliği daralmakta ve bu alan kullanım dışı olmaktadır. Bu bölümde işgal varken yan yana yürüyen iki yaya herhangi bir çatışmaya maruz kalmamaktadır ama üçüncü bir yaya kaldırımı kullanmak istediğinde çatışmalar kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu faktör göz önünde bulundurulduğunda hizmet seviyesi bu kesitte C olarak, bu kesimde dükkanlara ait reklam panolarının yer almaması durumunda yaya hizmet seviyesi B olarak belirlenmiştir.

Diğer kesitte; kaldırımın yeterli kesit genişliğine sahip olmadığı için yayalar yürümekte zorlanmakta, birbirlerine karşılıklı gelen iki yaya temas etmek zorunda kalmakta ve yayaların önünde başka bir yaya bulunması halinde taşıt yoluna inerek yürümelerine devam emektedir. Yayaların yaya kaldırımını kullanılırken birçok olumsuz faktöre maruz kaldığı bu kesitte ise hizmet seviyesi C olarak belirlenmiştir.

Görüldüğü üzere birinci kesit ile ikinci kesitin yaya hizmet seviyeleri aynı çıkmıştır. Bunun nedeni; yaya hizmet seviyesinin hesaplanmasında yardımcı olan formülasyon incelendiğinde bu kesitlerde mevcut trafik hacmi ve yol geometrik elemanları önemli bir rol oynaması olarak belirlenmiştir. Her ne kadar burada kapasitenin yüksek olması nedeni ile kuyruklanmalar ve araçların hızında düşüşler görülse de yüksek trafik hacimleri yayalar üzerinde psikolojik bir baskı oluşturmakta ve yaya hareketlerini kısıtlamaktadır. Bundan dolayı, yapılan düzenlemeler sadece kaldırım kesit genişliğinin düzenlenmesi ile sınırlı kalmamalı mevcut trafik koşullarının da değiştirilmesi sağlanmalıdır.

Hukuk Fakültesi Yaya Hizmet Seviyesi

HCM 2010 temel alınarak açıklanan yöntem ışığında Hukuk Fakültesi karşısında bulunan kaldırım kesitine ait YHS seviyeleri belirlenmiştir. Bu kaldırım kesitinde yayalar yürürken hızlarını dış faktörlere bağlı kalmadan istekleri doğrultusunda seçmekte, yayalar yürürken birbirleri ile çatışma durumuna girmemekte ayrıca taşıt yolu ve yaya kaldırımı arasında bariyerler bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yaya kaldırımın hizmet seviyesi B olarak belirlenmiştir.

Yayalar üzerinde bahsedilen bu kadar olumlu sonuca rağmen yaya hizmet seviyesinin B çıkmasının nedeni; yaya hizmet seviyesinin hesaplanmasında yardımcı olan formülasyonda yer alan trafik hacmi bileşenidir. Fakat dikkat çekilmesi gereken bir nokta burada bulunan banket genişliğinin yaklaşık 2 metre olması ve taşıt yolu ile yaya kaldırımı arasında yer alan bariyerlerin bulunması taşıtların insanlar üzerinde yarattığı kaygı ve psikolojik bariyeri elimine etmesidir. Bu nedenle taşıt trafiği insanlar üzerinde önemli bir rol oynamamaktadır. Her ne kadar on-street olarak bu kesit değerlendirilse de mevcut şartlar göz önüne alındığında trafik hacim bileşeninin göz ardı edilerek hesaplamaların yapılması daha doğru olacaktır.

Kıbrıs Caddesi-1 Yaya Hizmet Seviyesi

Yapılan hesaplamalar sonucundan yaya hizmet seviyesi Kıbrıs Caddesi için D hizmet seviyesi olarak belirlenmiştir. Kıbrıs Caddesinde kaldırım kesit genişliğinin yetersiz olmasının yanı sıra kaldırımın basamak yükseklikleri 15 cm'den fazla olduğu için yayaların yürüme performansı ciddi olarak etkilemektedir. Kaldırım yüksekliği ve enkesit genişliğinin yetersiz olması yayaları kaldırım aşağısından yürümeye zorlamaktadır. Grup halinde yürüyen yayalar ya yol kenarında yürümekte ya da kaldırımda tek sıra halinde yürümektedirler. Yukarıda bahsedilen durumların sonucu olarak yayalar bu caddeyi çok fazla tercih etmemekte bu da yaya hizmet seviyesinin olduğundan daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bölüm 8.1. de bulunan histogramlardan burada gözlenen durum daha net anlaşılmaktadır.

İncelenen sahalarda yaya kaldırımlarının varlığı, genişliği, yüksekliği, işgal durumu gibi özelliklerin çok kısa aralıklarla değişiklik gösterebildiği ve koridor üzerinde belli mesafeler boyunca veya noktasal/anlık olarak yayaların taşıtlarla etkileşimine neden olabildiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden, YHS'nin belirlenmesinde kullanılan ölçütler, incelenen sorunlu yol kesimleri örneğinde gözden geçirilerek mevcut yönleme olası revizyon önerilerine yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Yapılan incelemeler sonucunda HCM 2010'da ve TS12576 önerilen minimum enkesit genişliği proje kapsamında yaya sorunlarının sıklıkla görüldüğü istasyon noktaları bazında yetersiz kaldığı görülmüştür. Şehirlere yönelik yapılan planlamalar ve bazı bölgelerin sit alanı içine girmesinin yaya kaldırımı enkesit genişliklerini tasarlanmasını olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Bu olumsuzluklar yaya kaldırımlarının tercih edilebilirliğini etkilemektedir. Kaldırımı kullanan yaya kapasitesi düşük olduğu için ve YHS'de kullanılan diğer parametrelerin de etkisiyle yaya hizmet seviyesi olduğundan daha iyi bir sonuç sergilemektedir. Bölüm 8.1'de her bir istasyon noktası dikkate alınarak çizdirilen histogram bu durumu daha net temsil etmektedir (Şekil 8.8~Şekil 8.12). Özellikle kaldırım genişliğinin 75 cm olduğu Uğur Mumcu Caddesi'nde, birbirine zıt yürüyen yayalardan birinin temastan kaçınmak için kaldırımdan inmesi ya da kaldırımdan inmeyen yayanın yaşadığı kararsızlık hali yayalara verilen hizmetin düştüğünü göstermektedir. Bu nedenle yaya kaldırımlarını kullanmayan veya karşısına çıkan başka bir yayanın varlığı nedeniyle yola inen yayalara ait yüzdesel bir parametre veya katsayı eklenmesi YHS'nin daha doğru sonuçlar vermesine olanak sağlayabilir.

Yaya alanının yetersiz olmasından dolayı yayaların kaldırımdan inip çıkması veya yürüme rotalarının yön değiştirmesi yaya konforunu etkilemektedir. Bununla birlikte Bölüm 7.2.1 ve bölüm 7.2.2'de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, yaya hızları yaya yolu boyunca çeşitli nedenlerle beklenmedik şekilde değişebilmektedir. Örneğin yayaların yavaşlayarak birbirini takip etmek zorunda kaldığı ya da karşı yönden bir yaya geldiği durumlarda, yayalardan biri önünde bulunan yayayı geçmek için yaya kaldırımdan inmekte ve kendilerine ait yeni bir yürüme seçmektedirler. Bu durum, yaya hızlarında artma veya azalmalar doğurmaktadır. Standart dışı kaldırım uygulamalarının bulunduğu yerlerde yukarıda sayılan durumların yürüme hızını anlık olarak etkilediği kabul edilebilir. Her türlü hız değişiminin YHS'yi etkileme veya değiştirme potansiyeli olduğu düşünülürse, gelecek çalışmalarda hız değişimlerine ait bir parametre eklenebilir.

Bölüm 7.2.1'de elde edilen sonuçlara göre, yürüme hızı ile kaldırım yüksekliği arasında da bir ilişki mevcuttur. İlgili bölümde elde edilen regresyon modelinde de görüleceği gibi,

standartlara uygun olmayacak şekilde tasarlanan kaldırımlardan inerken yayaların hızlarında düşüşler meydana gelmektedir. Bu yüzden Kıbrıs Caddesi-1'de yürüyen yayaların yarısı kaldırımdan yürümeyi tercih ederken geriye kalan yarısı taşıt yolundan yürümektedirler. Kaldırımların yüksek olması yalnızca yayaların iniş ve çıkış hızlarını değil aynı zamanda yayaların basamak inip çıkmadan dolayı fiziksel eforlarını etkilemektedir. Ayrıca bölüm 8.1'de açıklandığı üzere kaldırım yüksekliği arttıkça yayaların taşıt yolunu tercih etmesi yaya-taşıt çatışmalarını da meydana getirmektedir. Bu tip etkenlerin yayaların memnuniyet derecelerini ciddi oranda etkilediği göz önüne alınırsa **YHS hesaplamalarında kaldırım yüksekliğine ait bir parametrenin enkesit bileşeni formülü (Formül 7.12) içinde yer alması gerektiği** söylenebilir.

Yukarıda bahsedilen bulguların dışında dikkat çeken diğer bir nokta YHS hesaplanırken enkesit bileşeni formülünde yer alan W_{aA} (Düzeltilmiş mevcut kaldırım genişliği) ve f_{sw} (Kaldırım genişliği katsayısı) parametrelerinin sonuçlar üzerindeki etkilerinin beklenilenden farklı çıkmasıdır. Bu yüzden formülde yer alan **katsayı için yeni bir düzenleme getirilmelidir**. Benzer bir öneri Huff ve Liggett (2014) tarafından da yapılmıştır. Ayrıca W_{aA} maksimum 3 metre seçilmesi zorunluluğu 3 metrenin yukarısındaki enkesit genişliklerinin YHS değiştirmedeği görülmektedir.

7.3 Yaya-Taşıt Çatışması

Proje kapsamında incelenen konulardan biri, proje başlığına da adını veren, birbirine paralel ve bitişik yollar/alanlar üzerinde ilerleyen yaya trafiği ile taşıt trafiği arasındaki çatışma durumlarıdır. Gerek taşıtlar arası gerek taşıtlar ve yayalar arasındaki çatışma hallerinin trafik çatışması tekniği (traffic conflict technique -TCT-) ve diğer birtakım yöntemler ışığında değerlendirmeye alındığı geçmiş çalışmalarla ilgili olarak Bölüm 2.3'te ayrıntılı bilgi verilmiştir. Birbirine paralel doğrultudaki taşıt yolu ve yaya yolu (kaldırım) kullanıcıları arasındaki istenmeyen etkileşim ve çatışma hallerinin sayısal ve analitik yöntemlerle incelenmiş olması bu projenin literatüre en önemli katkılarından biri olacaktır.

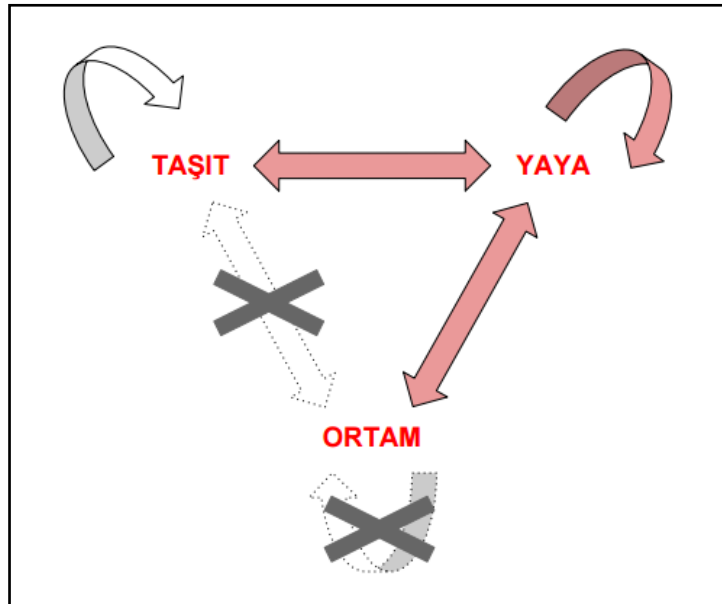
İncelenen yaya yolu (kaldırım) sorunlarının, hız ve yön değişikliği ile gecikmeler gibi yaya trafiği üzerinde mikro düzeydeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, önemli diğer bir sonucu da yayaların arter üzerinde belli hızlarla ilerlemekte olan taşıtlarla riskli bazı etkileşimlere zorlanmakta olmasıdır. Bölüm 7.3.1'de örnekleri sunulan bu durumlar, gerek yayaların gerekse taşıtların birbiri ile çatışmamak üzere hızını ve yönünü değiştirmesi gibi sonuçları doğurmaktadır. Dolayısıyla bazı yol kesimleri üzerinde, söz konusu iki trafik akımı arasında "yaya-taşıt çatışma noktaları" meydana gelmektedir.

Kıbrıs Caddesi_2 kaldırım bulunmayan yol kesimi ile Uğur Mumcu Caddesi (dar kaldırım) üzerindeki yol kesimi, yaya ve taşıt çatışmalarının irdelenmesi için en elverişli sahalardan ele alınmış, buralarda toplanmış bulunan lazer verisi kullanılarak birtakım analizler gerçekleştirilmiştir.

7.3.1 Gözlemlenen Mikro Hareket ve Etkileşimlere Örnekler

Yürütülen projede, sayısal analizler yardımıyla kaldırım sorunlarının dolaylı veya direkt birtakım sonuçlarının hesaplanması yanı sıra, sorunlu yol kesimlerinde mikro ölçekte karşılaşılan istenmeyen durumların belirlenmesi ve bunlara dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, etüt çalışmaları esnasında farklı sahalardan elde edilmiş bulunan video çekimleri dikkatle izlenerek söz konusu mikro tepki ve etkileşimlerin mümkün olduğu kadar birbirinden farklı durumları kapsayacak şekilde çeşitlendirilmesine çalışılmıştır. Belirlenen durumlar aşağıda ekran görüntüleri ile birlikte anlatılmıştır.

Çalışmada irdelenen etkileşimlere ait ilişkiler Şekil 7.81’te renkli oklar ile gösterilmiştir. Buna göre, yayaların kendi arasındaki etkileşimleri ile taşıtlar ve ortamdaki engeller ile olan etkileşimleri öncelikli olarak ele alınmıştır. Taşıtlar arasındaki etkileşimler yol platformunda yaya varlığına ve yokluğuna bağlı olması durumlarında incelenmiş, taşıtların fiziksel ortam ile olan etkileşimleri çalışma kapsamının dışında olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır. İncelenen yol kullanıcıları dışındaki ortama ait öğelerin kendi arasındaki etkileşimler de dikkate alınmamıştır.



Şekil 7.81 İncelenen etkileşim ilişkileri

Ortamdaki şartlara bağılı olarak yaya ve taşıtlar arasındaki etkileşimler incelenmiş ve bazı durumlar fotoğraflarla açıklanmıştır.

Yaya yolu olmadığı durumlarda taşıt yolundan ilerlemek zorunda olan yayalar zaman zaman taşıtlarla çatışma durumunda araçlardan kaçınmak için çeşitli manevralar yaparak kendilerini korumaktadırlar. Kaldırımsız yolda elektrik direği de ekstra bir engel olarak yayaları zor duruma düşürebilmektedir. .Aracın duvara yakın geçtiğini gören yaya elektrik direğinden bir miktar gerisinde durup aracın uzaklaşmasını beklemektedir (Şekil 7.82).



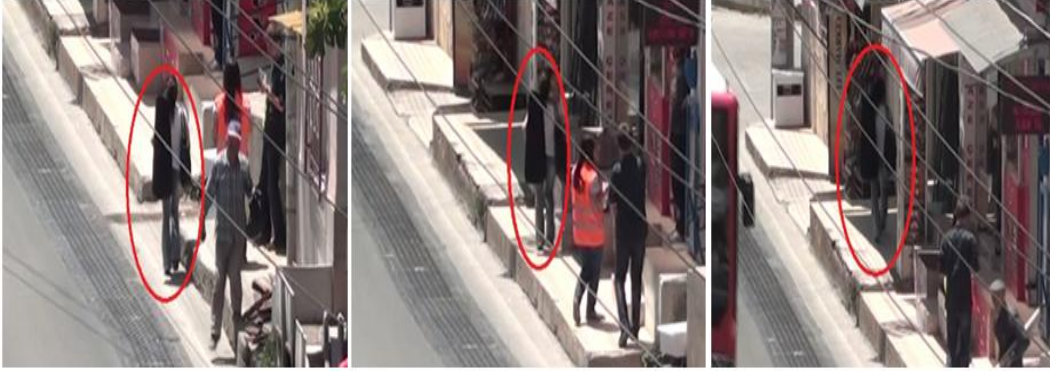
Şekil 7.82 Kaldırım olmayan kesimde yaya taşıt etkileşimi

Yer yer kaldırımın standarttan yüksek olması nedeniyle risklere rağmen yayanın taşıt platformunda ilerlemeyi tercih ettiği ve kaldırımın çıkış için kabul edilebilir yüksekliğe indiği noktada kısa bir mesafe için bile olsa kaldırıma çıkmayı tercih ettiği görülmüştür (Şekil 7.83).



Şekil 7.83 Yüksek kaldırımın olduğu kesimde yayanların tercihi

Yayanın kaldırımda yürüme isteğine rağmen, kaldırımın boyut olarak yetersiz olması yayayı taşıt platformunda yürümeye zorlamaktadır. Bu durum yayanın yürüme tercihini kısıtlamakla beraber yayanın üzerinde güvensizlik hissi oluşturduğu görülmektedir. Yaya bu ortamı atlattıktan sonra karşısına çıkan kaldırım farklı özelliklere sahip iki bölgeye ayrılabiliriz. Birinci bölge, yaya yolu engellerinden dolayı daralan bir alan; ikinci bölge ise boyut olarak birkaç yayanın beraber yürümesine olanak sağlayan bir alana sahiptir. Birinci bölgede, yaya sadece kendi geçebileceği genişlikte olan bir alana sahip olmak ile beraber serbestçe hareket edemediği görülmektedir. İkinci bölgede ise mekanı isteği gibi etkin bir şekilde kullanabilmektedir (Şekil 7.84).



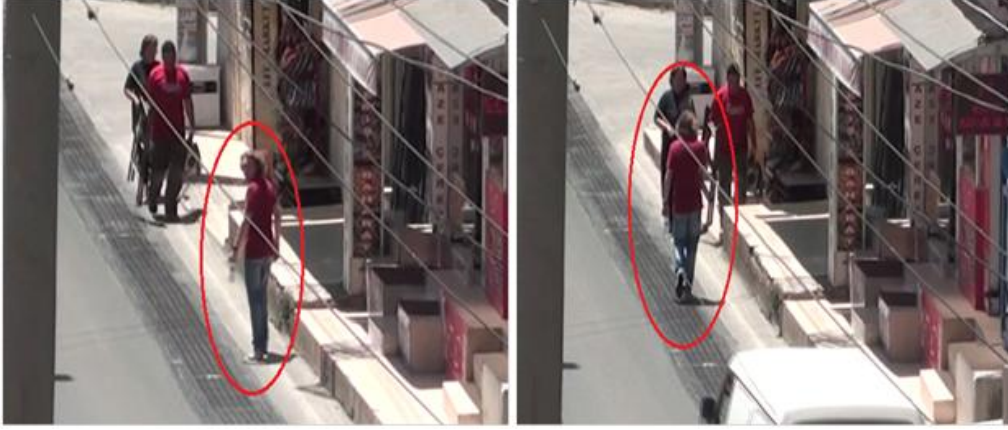
Şekil 7.84 Dar kaldırımda yayaların yürüme tercihinin gösterimi

Yayaların beraber yürüme isteğine rağmen, yaya yolundaki yetersiz alandan kaynaklı olarak beraber yürüme zorluğunun yanında yayalardan birinin taşıt platformunda yürüdüğü görülmektedir. Yayaların maruz kaldığı bu durumun sonucunda yayaların konfor algısı ve yayaların hızlarının kısıtlandığı görülebilmektedir. Bunun yanı sıra taşıt platformunda yürüyen yaya yaya-taşıt çatışmasına maruz kalmaktadır (Şekil 7.85).



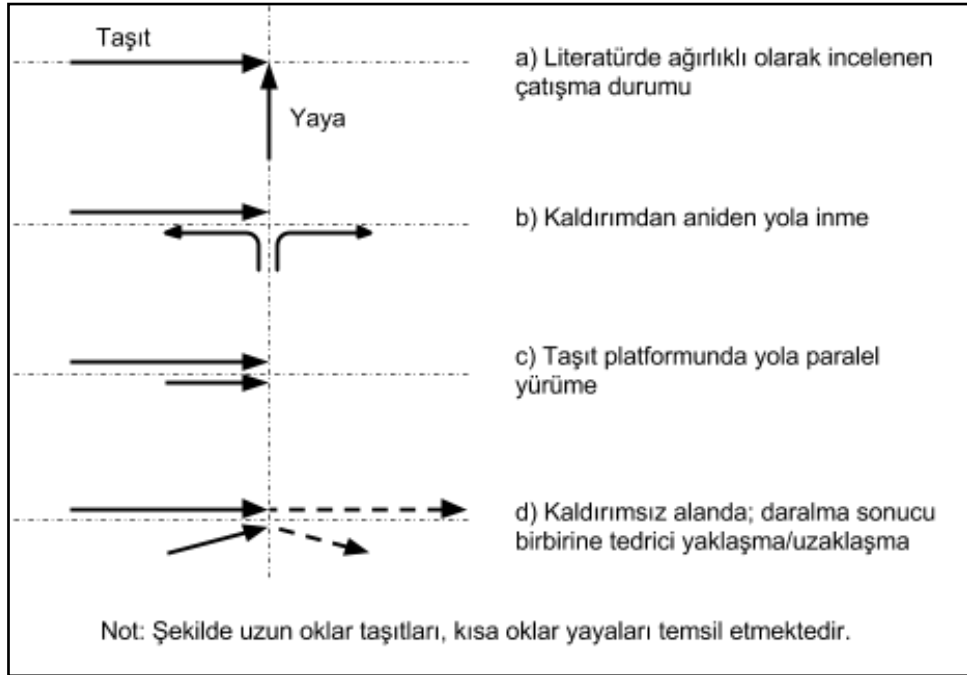
Şekil 7.85 Yetersiz kesit genişliğinde grup halinde yürüyen yayaların yürüme tercihi

Gerek kaldırım yüksekliği gerekse kaldırım üzerinde bulunan işgallerin yarattığı daralmalardan dolayı taşıt platformunda yürümeyi tercih eden yayanın karşısına, kendi bulunduğu yönün aksi yönünde yürüyen yayaların çıktığı görülmektedir. Yayanın bu durum karşısındaki ilk tutumu önce arkasına bakıp taşıt gelip gelmediğini kontrol etmek ve sonra yürüdüğü rotanın dışına çıkarak karşısına çıkan yayaları geçmektir. Yayanın içinde bulunduğu bu davranış hem yayanın hem de taşıt sürücüsünün güvenliğini riske atmaktadır. Ayrıca yaya yolunun yetersizliği ile yaratılan bu durumlar hem yayalar hem de sürücüler için gecikmelere yol açmaktadır (Şekil 7.86).



Şekil 7.86 Karşı yönden yayalarla karşılaşan yayanın davranışı

Yukarıda gösterilmeye çalışılan durumlar sınıflandırılarak belirli gruplar halinde incelenmeye çalışılmıştır. Şekil 7.87’te şematize edilen bu sınıflandırma baz alınarak yaya-taşıt çatışmasına yönelik analizleri içeren aşağıdaki bölümler oluşturulmuştur.



Şekil 7.87 İncelenen çatışma durumlarının şematik sınıflandırması

7.3.2 Trafik Çatışması Analizi

Bölüm 2.3.2’de görülebileceği gibi, geçmiş çalışmalarda, birbiri ile kesişen taşıt ve yaya trafiği arasındaki çatışma noktaları, “trafik çatışma tekniği (trafik conflict technique -TCT)” adı verilen bir yöntemle incelenerek risk potansiyelinin incelenmesine çalışılmıştır. Bu yöntemle göre, yolda ilerleyen taşıt ile karşıya geçmek isteyen/geçmekte olan yayanın birbirine dik doğrultudaki hareketleri baz alınarak, izlerin kesişme noktasına olan uzaklık ve her iki yol kullanıcısının (taşıt ve yaya) hızlarından yola çıkarak “çatışmaya kalan süre” cinsinden bir risk faktörü hesaplanmakta; böylece trafik çatışma analizi gerçekleştirilmektedir. Halbuki proje kapsamında incelenen yaya ve taşıt trafiği birbirine dik değil paralel sayılabilecek doğrultudadır. Gözlemlenen çatışma halleri de birbirine ani veya tedrici yaklaşma şeklinde kendini göstermektedir. Dolayısıyla bu durumların incelenebilmesi için TCT’nin birtakım uyarlamalar yapılarak uygulanması ihtiyacı doğmaktadır.

7.3.2.1 Yayaların Aniden Taşıt Yoluna İnmesi ve Yürümesi

Yaya yolları bakımından sorunlu yol kesimlerinde yer yer yayalar taşıt yoluna inmeye zorlanmaktadır. Şekil 7.87.b’de şematize edilen bu durum özellikle Uğur Mumcu Caddesi’nde öne çıkmaktadır. Sahanın genel görünümü ise Bölüm 7.5.2 Şekil 7.115 ve Şekil 7.124’te görülebilir. Yürünebilir kaldırım genişliğinin 70 cm’ye indiği, dolayısıyla kesit genişliğinin yetersiz hale geldiği yol kesiminde birbirine karşıt yönden iki yaya karşılaşması durumunda, çoğunlukla yayalardan birinin kaldırımdan indiği ve taşıt yolundan ilerleyerek diğer yayayı geçtiği, sonra tekrar kaldırıma çıktığı veya taşıt yolundan bir süre daha ilerlediği gözlenmiştir. Benzer hareketi yayaların, aynı yönde ancak daha yavaş yürüyen bir başka yayayı geçmek için de tercih ettiği görülmüştür. Karşı yönden birbirlerine yaklaşan yayaların bazı durumlarda omuzlarını hafifçe döndürerek kaldırımdan inmeden birbirlerini geçtikleri de gözlenmiştir. Bu süreçteki yaya hareketi irdelenirken, yayanın herhangi bir nedenle taşıt yoluna inme olasılığı ve bu esnada yolda yayanın hemen yanında veya yaklaşmakta olan bir taşıtın varlığı durumu dikkate alınmıştır. Ayrıca, yayanın taşıt yolunda ilerlemesi ve bu esnada taşıt(lar) ile yana gelmesi durumu da ele alınmıştır.

Uğur Mumcu Caddesi’nde gözlenen her iki yönde ilerleyen yayaların %18’inin dar kaldırım kesimi üzerinde başka bir yaya ile karşılaştığı görülmüştür. Karşı yönden birbirine yaklaşan bu yayalardan %11’lik bir dilimin yola inmeyi tercih ettiği, kalan %7’lik kısmın ise karşı yönden gelen yaya(lar) ile omuzlarını çevirerek ve bir sürtünme hareketi sergileyerek geçmeyi tercih ettiği belirlenmiştir. Yola inip kaldırıma tekrar çıkan veya yoldan ilerlemeye

devam etmeyi tercih eden %11'lik dilim içerisindeki yayalardan %6'lık kısmın ise taşıt yolundan yürüdüğü sırada yanından en az bir taşıt geçmiştir. Özetle, bu yol kesimini kullanan yayaların %11'i yola inmiş, %6'sı ise taşıtlar ile çatışmaya maruz kalmıştır. Buna göre, incelenen sahadaki mevcut yaya ve taşıt hacmi baz alınarak, söz konusu koridoru kullanan bir yayanın kaldırım darlığı nedeniyle yolda bir taşıt ile yan yana gelme olasılığını belirleyecek etkenler

$$P_{ytç} = f(q_y, q_t, P_{yyk}, P_{yi})$$

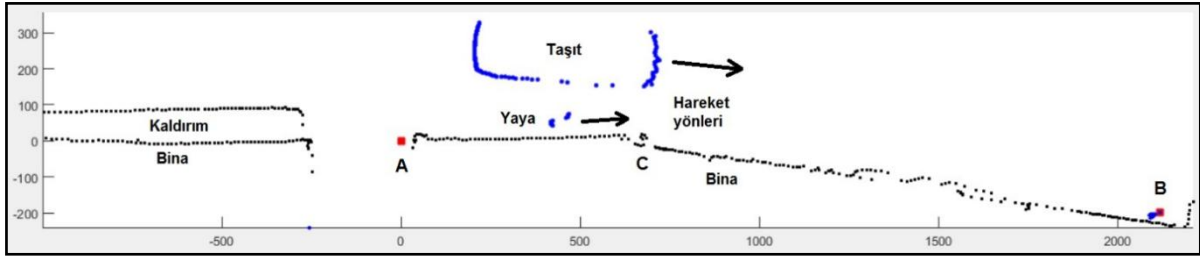
bağıntısı ile ifade edilen ilişkiler ile açıklanabilir. Burada $P_{ytç}$ yaya-taşıtlar çatışması olasılığını, q_y ve q_t sırasıyla yolun ilgili şeridindeki yaya ve taşıt trafiği hacmini, P_{yyk} yaya-yaya karşılaşması olasılığını, P_{yi} ise yayanın yola inme olasılığını temsil etmektedir. Ancak bu olasılık gerek yoldaki taşıt hacmi gerek her iki yöndeki yaya hacmine bağlı olarak değişecektir. Öte yandan, kaldırımın daralan kesimindeki efektif yürüme genişliği de yayaların yola inme tercihlerini etkilediğinden mutlaka hesaba katılması gerekecektir. Daralma miktarının bu davranış üzerindeki etkisinin net olarak ortaya konabilmesi için, bu projenin devamı niteliğinde, çeşitli genişliklerde gözlem yapılabilecek yeni çalışmalar tasarlanabilir.

7.3.2.2 Yayalar ve Taşıtların Tedrici Yakınlaşması

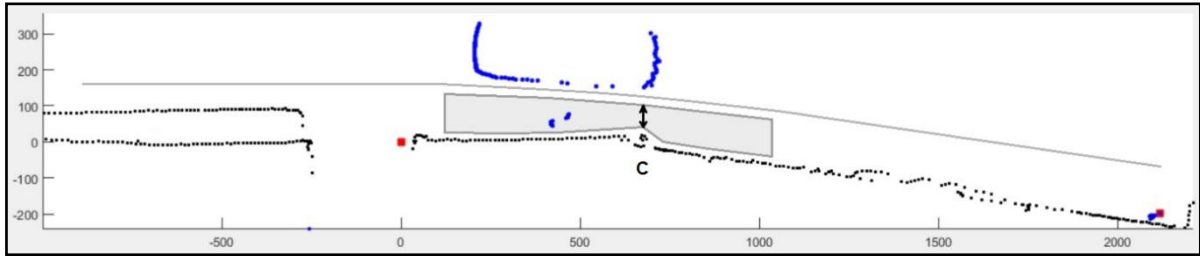
Kaldırım bulunmayan yol kesimlerinde, binaların geometrik özelliklerinin ve taşıt yolu ile bina arasındaki yürümeye elverişli genişliğin değişkenlik gösterdiği yerlerde yürüyen yayalar, Bölüm 7.3.2.1'de sunulan durumdan farklı olarak, taşıt yoluna tedrici olarak yaklaşmaktadırlar. Taşıtlar ile yayaların yön vektörleri arasındaki açı çok küçük olduğundan, yan yana ve paralel seyir hali gibi görünen ancak kullanıcıların birbiri ile etkileşim derecesinin değişim gösterdiği bir hareket gözlenmektedir. Nitekim yaya ve taşıt arasındaki yanıl mesafe azalmakta, dolayısıyla bu yol kullanıcılarına ait yön vektörlerinden çizilen doğrular ileri bir noktada kesişmektedir. Bu durum, Bölüm 2.3.1'de anlatılan trafik çatışması tekniklerinde (traffic conflict technique –TCT) kullanılan, çatışma noktasına kalan mesafe ve hızlardan yola çıkılarak hesaplanan “çarpışmaya kalan süre” (time to collision –TTC) yaklaşımı ile benzerlik göstermektedir. Yukarıda Şekil 7.87.d'de şematik olarak gösterilmiş olan bu durum en açık şekilde Kıbrıs Caddesi'ndeki kaldırım bulunmayan kesimde gözlenmektedir.

Kaldırım bulunmayan yol kesimine ait lazer noktalarından oluşan plan ile yolda ilerleyen bir yaya ve bir taşıtın şematik gösterimi Şekil 7.88.a'da sunulmuştur. Şekilde A ve B harfleriyle işaretlenen kırmızı noktalar sahada ölçüm yapılan lazer tarayıcıların konumlarıdır. Bu iki nokta arasında, bina sınırının kırılma noktası sayılabilecek C noktasında ise dairesel

kesitli bir telefon direği mevcuttur. Görüldüğü gibi bina sınırı planda dışbükey bir şekil almış; yol güzergahı gösterilen hareket yönüne göre sağa doğru yakınsamaktadır. Dolayısıyla C noktası çevresinde sağa dönen bir kurbun varlığından söz edilebilir. Söz konusu yön değişimi, Şekil 7.88.b'de taşıt seyir alanı ile yürünebilir alan¹ (gri taralı bölge) sınırını betimleyen gri çizginin doğrultu değiştirmesinden de anlaşılmaktadır. Taşıt ile bu çizgi arasındaki mesafe, lazer tarayıcının algılayamadığı, taşıtın ayna veya muhtemel diğer bileşenlerinden kaynaklanan genişlemeyi temsil etmektedir. Yürünebilir alan ile çizgi arasında ve bina duvarı arasında kalan mesafeler, yayaların genel davranışsal bir özellik olarak sabit veya hareketli herhangi bir nesnenin yanında yürürken veya yanından geçerken sürtünmemek için istem dışı olarak korudukları aralığı ("shy distance") temsil etmektedir.



(a) Plan ve yol kullanıcıları görünümü



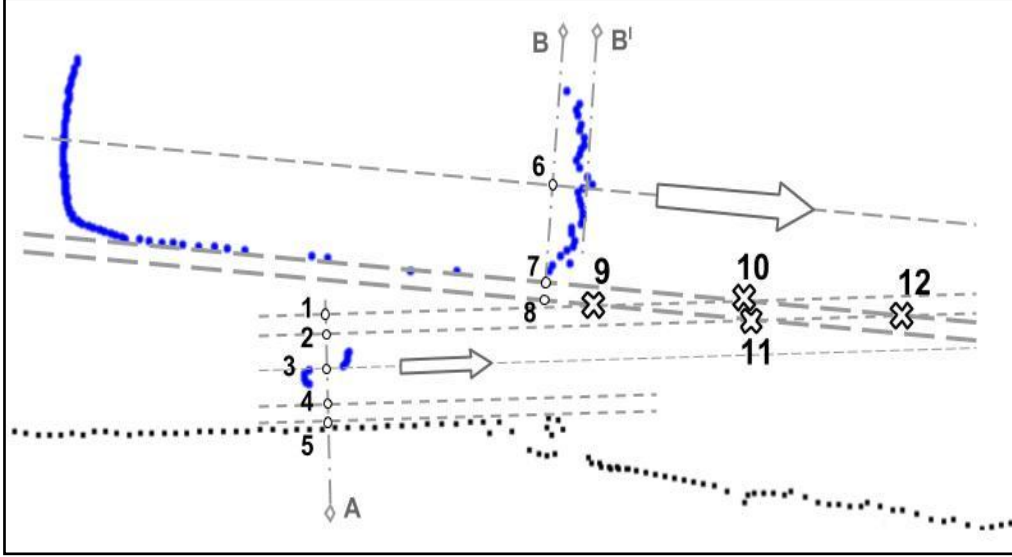
(b) Yürünebilir alandaki daralmanın gösterimi

Şekil 7.88 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde tedrici yaklaşma durumu

Şekil 7.88.b'de C noktasındaki çift yönlü ok, yukarıda tanımlanan yürünebilir alana ait genişliğin en dar olduğu noktayı göstermektedir. Bu nokta, yaya ile taşıtın birbirine en çok yaklaştığı ve genişliğin yayanın omuz genişliği için bile yeterli olmadığı durumu göstermektedir. Gerçekte, yayalar ve taşıtlar bu noktada yan yana gelmekten kaçınmakta; hız ve konumlarına bağlı olarak bu noktanın öncesinde yavaşlayarak veya durarak birbirlerine yol vermektedirler. Bununla beraber, her ikisinin de hız ve yön değiştirmeden

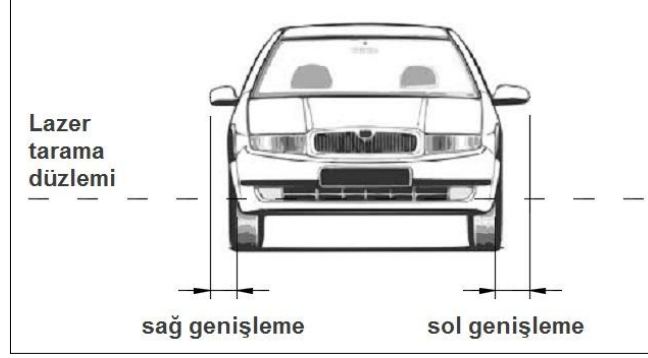
¹ Burada kullanılan "yürünebilir alan" terimi güvenli ve konforlu bir seyahate elverişlilik anlamı taşımamakta; yalnızca geometrik olarak taşıtlarla aradaki yanıl mesafelere bağlı genişliğe atıfta bulunmaktadır.

ilerlemeleri durumunda, Bölüm 2.3.1’de ayrıntılı olarak ele alınan trafik çatışması tekniği ile incelenebilecek bir çatışma durumu meydana gelmektedir. Söz konusu çatışma durumunun çeşitli yönleri, yukarıda planı verilen sahanın ilgili bölgesi büyütülerek oluşturulan Şekil 7.89’deki şematik gösterim ışığında aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 7.89 Çatışma noktalarının şematik gösterimi

Şekilde 1’den 12’ye kadar numaralanmış bulunan noktalardan küçük punto ile gösterilenler (1-8) yayaya ve taşıta ait A ve B enkesitleri üzerindeki farklı genişliklere karşılık gelirken, çarpı işareti ile işaretlenen ve daha büyük punto ile gösterilenler (9-12) yayaya ve taşıta ait iz doğrultularının kesişme noktalarını temsil etmektedir. 3 numaralı nokta yayanın merkezini, |24| aralığı yaklaşık 60 cm olan yayanın omuz açıklığını, |12| ve |45| sırasıyla yayanın taşıtla ve duvarla arasında korumak istediği güvenlik aralığını (“shy distance”) göstermektedir. 6 numaralı nokta taşıtın yanal merkezini, 7 lazer noktaları ile algılanan taşıt gövdesinin en yakın yüzeyini, |78| aralığı ise taşıta ait muhtemel diğer bileşenlerden kaynaklanan genişlemeyi temsil etmektedir. Bu genişleme aşağıda Şekil 7.90’te şematik olarak gösterilmiştir. Kesik çizgiler kullanılarak 1, 2, 3, 4 ve 5 noktalarından yaya hareket vektörüne paralel, 6, 7 ve 8 noktalarından ise taşıt hareket vektörüne paralel doğrular çizilmiştir. Bu doğrulardan 1 ilerlemekte olan yayanın güvenlik aralığı sınırının, 2 yayanın sol omuz sınırının, 7 taşıt gövdesinin yayaya yakın tarafındaki sınırının ve 8 taşıtın en uç noktasının hareket doğrultusundaki izlerini belirtmektedir.

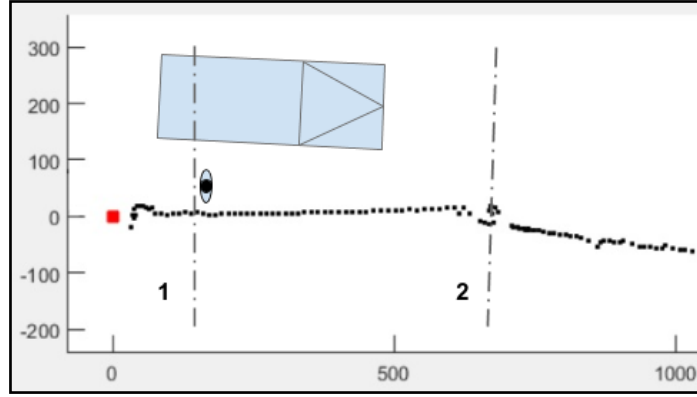


Şekil 7.90 Lazer tarama ile algılanan ve gerçek genişliğin farkı

Birbirine yaklaşan yaya ve taşıta ait doğrultu izleri 9, 10, 11 ve 12 numaralı noktalarda kesişmektedir. Yayanın güvenlik ve konfor algısı bakımından, hiçbir taşıtın yayaya 1 doğrusundan daha yakın bir noktadan geçmemesi gereklidir. Herhangi bir taşıtın bu sınırı geçmesi halinde beklenecek bir sonraki olay, yüksek çarpma riski nedeniyle yayanın ciddi seviyede tedirginlik yaşaması ve sonrasında taşıta ait bir nesnenin yayaya çarpması veya yan yana sürtünmesi olacaktır. Her ne kadar geometrik bakımdan fiziksel çarpma veya sürtünmenin 2 numaralı doğru üzerinde gerçekleşmesi beklense de, çatışma analizinde yaya güvenliği bakımından yaya sınırı olarak 2 yerine 1 numaralı doğrunun dikkate alınması tercih edilmiştir. Benzer yaklaşımla, taşıtın yayaya yakın sınırı olarak 7 yerine 8 numaralı doğru dikkate alınmıştır. Dolayısıyla, çatışma analizinde ele alınması mümkün olan ve çarpı ile belirtilen dört çatışma noktası arasında, yaya güvenlik ve konforuna öncelik veren 9 numaralı nokta seçilmiş ve yaya-taşıtlar çatışması analizi bu nokta esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Trafik çatışma tekniği yaklaşımlarındaki yaygın tanımıyla tekrar ifade edilecek olursa, yaya ve taşıtlar yön değiştirmeden ilerlemeleri durumunda taşıtın yanal olarak en dış noktası ile yayanın güvenlik aralığı sınırının birbirine değdiği andaki konum çatışma noktası olarak dikkate alınmasına karar verilmiştir.

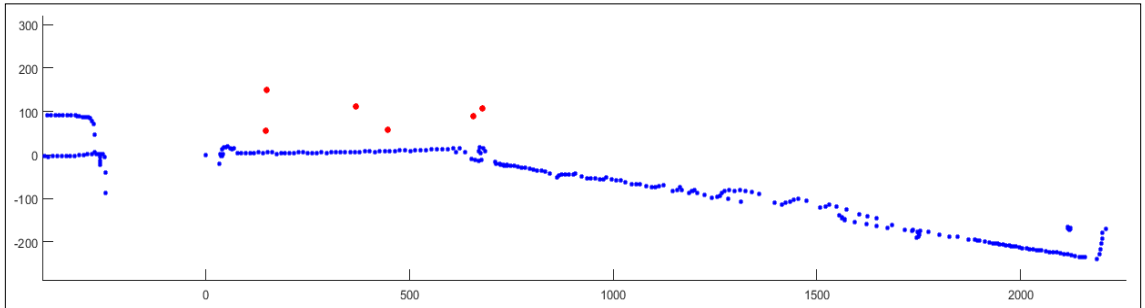
Kavramsal olarak yukarıda anlatılmış bulunan çatışma noktasının (9 numaralı nokta) toplanmış veri (örneklem) içindeki karşılığı olan gerçek konumun (koordinatların) belirlenmesine yönelik şöyle bir yöntem izlenmiştir: İlgili sahada etüt edilen her bir yayaya ve taşıta ait izlerin Şekil 7.91'te gösterilen 1 ve 2 enkesitleri ile kesiştikleri noktaların x ve y koordinatları kaydedilmiş; yayalara ve taşıtlara ait konumların x ve y eksenlerine göre ayrı ayrı ortalaması hesaplanmıştır. Böylelikle elde edilen iki çift nokta yardımıyla yaya ve taşıtlar izlerinin yaklaşık doğrultusu belirlenmiştir. Söz konusu doğruları oluşturan noktalar Şekil

7.92.a'da lazer noktalı saha planı üzerinde çizdirilmiş, doğrultular ise Şekil 7.92.b'de aynı planın büyütülmüş görünümü üzerinde gösterilmiştir.

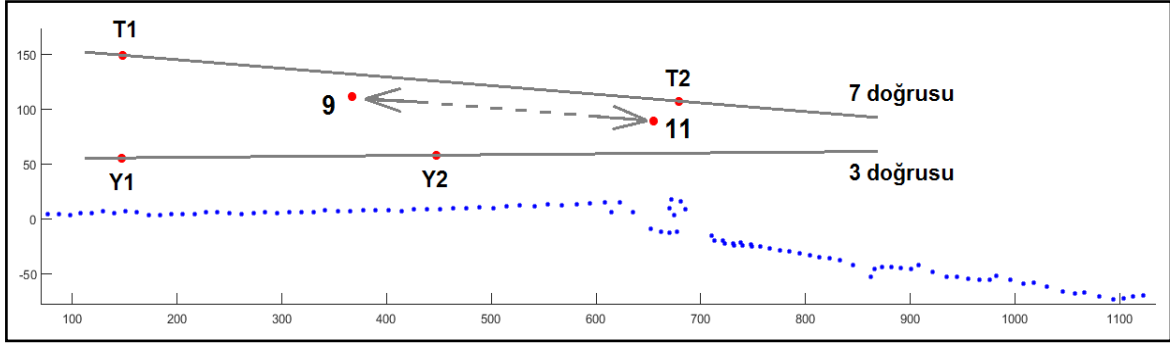


Şekil 7.91 Yaya ve taşıt doğrultuları için esas alınan kesitlerin konumu

Şekil 7.92.b'de T1 ve T2 noktaları taşıtların sırasıyla 1 ve 2 kesitindeki ortalama konumlarını, Y1 ve Y2 noktaları ise bu kesitlerde yayaların ortalama konumunu göstermektedir. Direk çevresindeki daralmanın yön değiştirme etkisini azaltmak için Y2 noktası 2 kesitinin biraz gerisinden alınmıştır. Bu noktalar ve doğrultular AutoCAD ortamına aktarılarak Şekil 7.89'deki 1, 2, 3, 7 ve 8 numaralı doğrular hesaplanmış ve çizdirilmiştir. Bu işlemde, yayanın vücut genişliğinin yarısına karşılık gelen [23] aralığı 30 cm, [12] şeklinde ifade edilebilecek yayanın güvenlik aralığı ("shy distance") değeri ise 25 cm olarak alınmıştır. Taşıtın ayna ve diğer özelliklerinden kaynaklanan genişleme değeri olan [78] ise 20 cm olarak alınmıştır. Buna göre şekildeki 9 noktası geometrik olarak taşıtın yayanın güvenlik alanına gireceği ve 11 ise yaya ile taşıtın birbirlerine çarpacağı noktanın koordinatlarını göstermektedir.



(a)



(b)

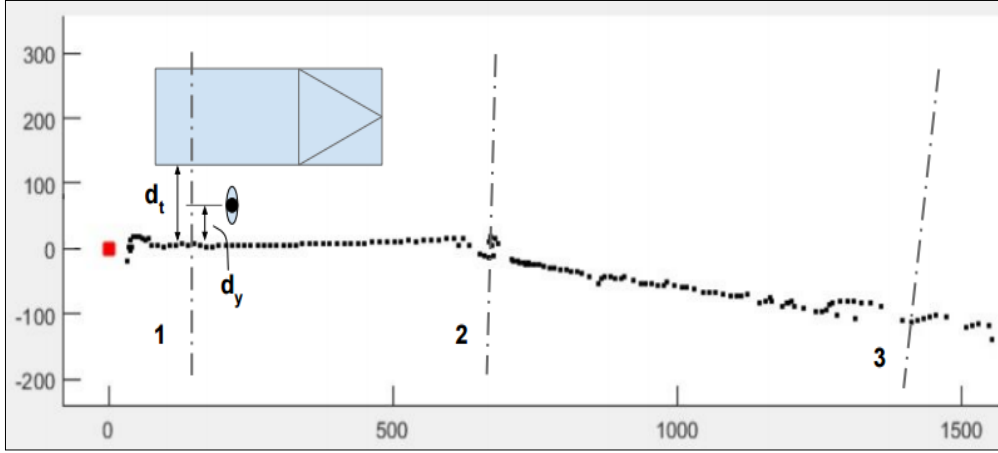
Şekil 7.92 Yaya ve taşıtların ortalama doğrultuları

Bir sonraki adım, gözlenen her bir yayanın koordinatları AutoCAD yardımıyla hesaplanmış olan 9 ve 11 noktalarına seyahat süresinin hesaplanmasıdır. Bunun için her bir yayanın 1 ve 2 enkesiti arasındaki ortalama hızları kullanılarak, gözlemlendikleri noktadan 9 ve 11 noktasına olan uzaklıklarına göre “çarpışmaya kalan süre”leri hesaplanmıştır. Her bir yaya için ayrı ayrı tekrarlanan bu işlem sonucunda elde edilen sürelerden, ortalama bazı değerlere varılmıştır. 25 cm’lik güvenlik aralığı esas alınarak 9 noktası hizasına olan ortalama seyahat süresi 1,83 s; 11 noktasına olan ortalama seyahat süresi ise 4,20 s olarak belirlenmiştir. Bu ikisi arasındaki farkların ortalama değeri olan, taşıt yayanın güvenlik alanına girmesinden sonra fiziksel çarpışmaya kalan süre ise 2,37 s olarak bulunmuştur.

7.3.3 İzlerde Yanal Mesafelerin Değişimi

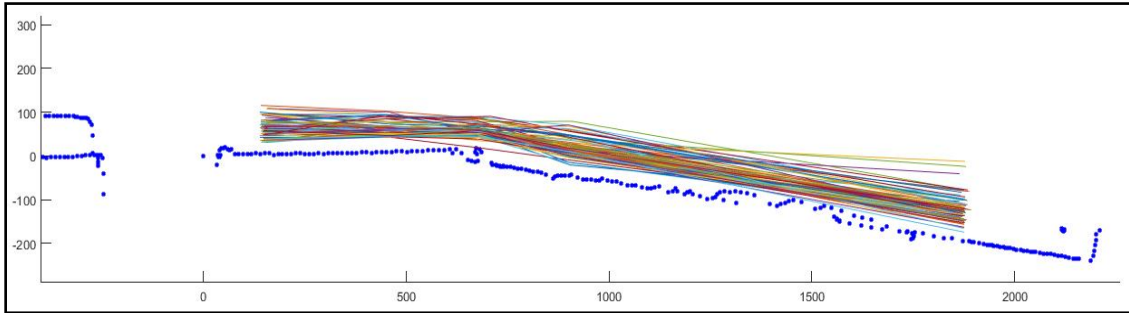
İncelenen yol kesimlerinde görülen yaya ve taşıtlar arasındaki etkileşimlerin bir diğer sonucu da kaldırım bulunmayan bir yol kesiminde yaya bulunması halinde taşıtların yolun orta kısmına doğru ötelenmiş bir iz üzerinde ilerlemek durumunda kalmalarıdır. Dolayısıyla taşıt sürücüsü tarafından yol kenarından yolun iç kısmına doğru bir manevra hareketi söz konusudur. Bunun bir sonucu olarak, yayanın yanından geçmekte olan taşıt ile karşı yönden gelen taşıtlar arasında güvenlik riskleri doğmaktadır. Video kayıtları izlenerek yapılan gözlemlerde dikkati çeken bu durum lazer ölçümlerinden elde edilen sayısal bir takım veri yardımıyla ortaya konmaya çalışılmıştır. Bölüm 7.3.2.2’de incelenen Kıbrıs Caddesi’ndeki kaldırımsız yol kesimi üzerinde, konumları Şekil 7.93’de gösterilen noktalarda yayaların ve taşıtların yanal mesafeleri ölçülmüştür. Taşıt izlerinin bina duvarına olan yanal mesafeleri, geçiş esnasında yol kenarında yürüyen yaya bulunması ve bulunmaması durumlarına göre ayrı ayrı incelenmiştir. Aynı işlem yayalar için, yoldan taşıt geçmesi ve geçmemesi durumlarına göre tekrarlanmıştır. Kullanılan veri kümesinin tamamı, karşı yöne ait şeritte de

en az bir taşıt bulunması koşulu ile oluşturulmuştur. Böylece yolun serbest olmasından kaynaklanabilecek yanal öteleme olasılığı en aza indirilmiştir.

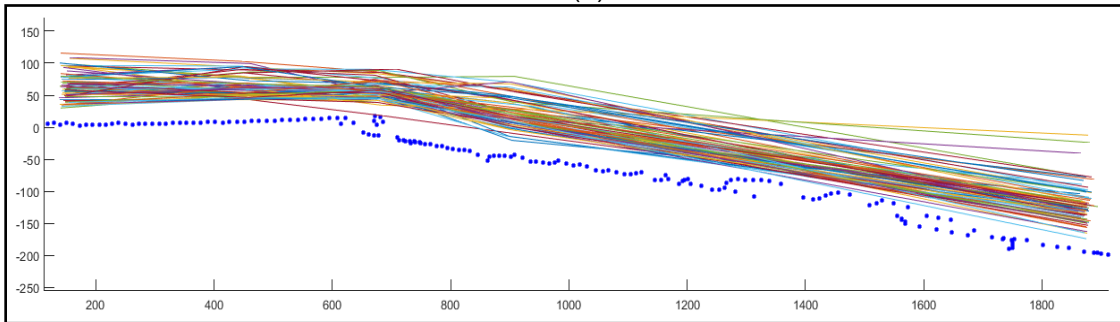


Şekil 7.93 Yaya ve taşıtların bina duvarına olan yanal mesafeleri

Yanal mesafe ölçümleri Şekil 7.93'de 1, 2 ve 3 numaralı kesikli çizgiler ile gösterilen enkesitlerde gerçekleştirilmiştir. Her bir enkesitte, sırasıyla d_t ve d_y ile gösterilen taşıtın ve yayanın duvara olan yanal mesafeleri kaydedilmiştir. Bu mesafeler, taşıtın duvara yakın kenarı ve yayanın merkez noktası alınarak hesaplanmıştır. Yayalara ait izler Şekil 7.94.a ve b'de gösterilmiştir.



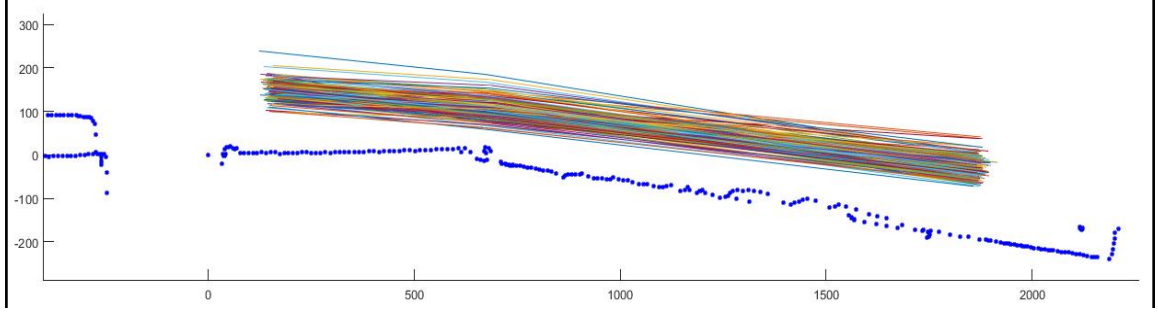
(a)



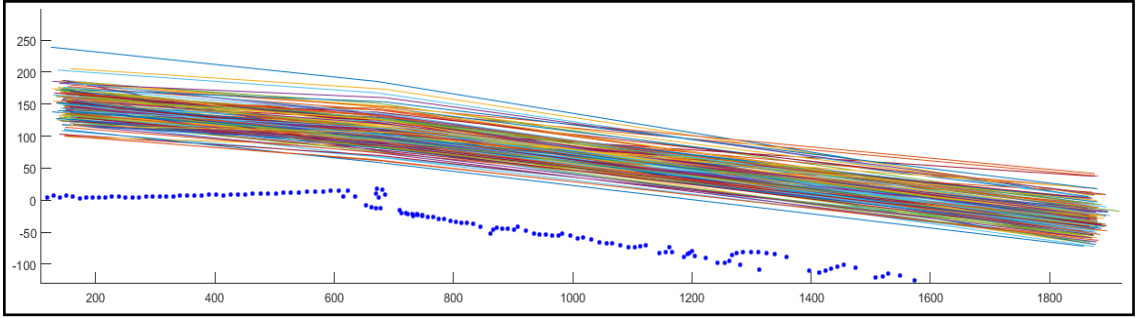
(b)

Şekil 7.94 Gözlemlenen yaya izleri

Taşıtlara ait izler ise Şekil 7.95.a ve b'de gösterilmiştir. Şekil 7.96'da hem yayaların hem taşıtların izleri aynı grafik üzerinde çizdirilerek gösterilmiştir. Bina duvarına yakın olan eflatun renkli çizgiler yayaların ve açık mavi çizgiler taşıtların izlerini temsil etmektedir.

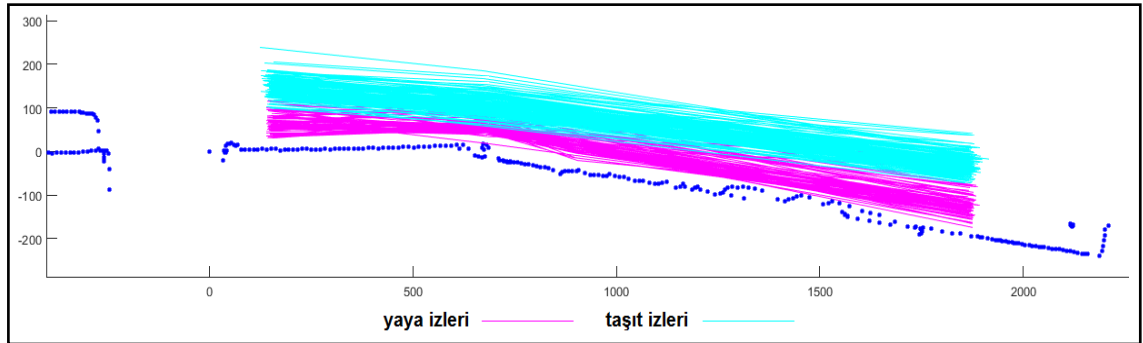


(a)



(b)

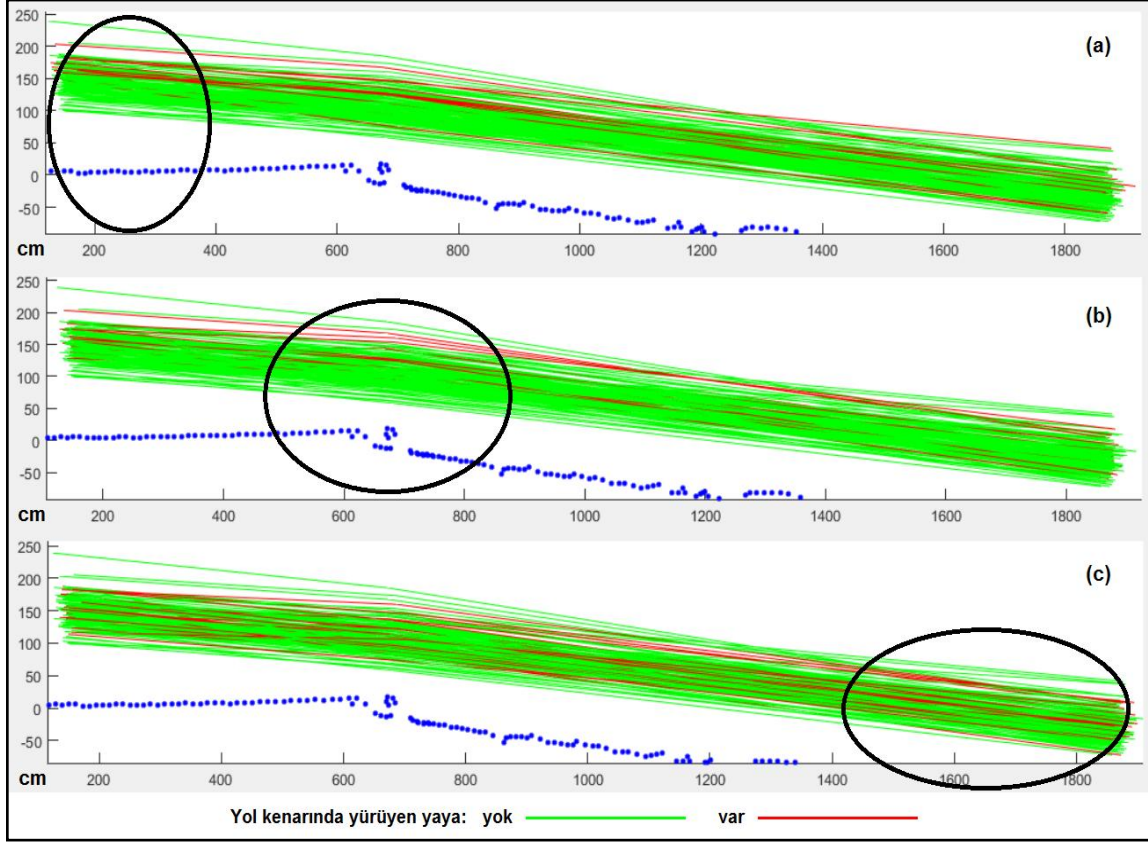
Şekil 7.95 Gözlemlenen taşıt izleri



Şekil 7.96 Gözlemlenen yaya ve taşıt izlerinin bir arada görünümü

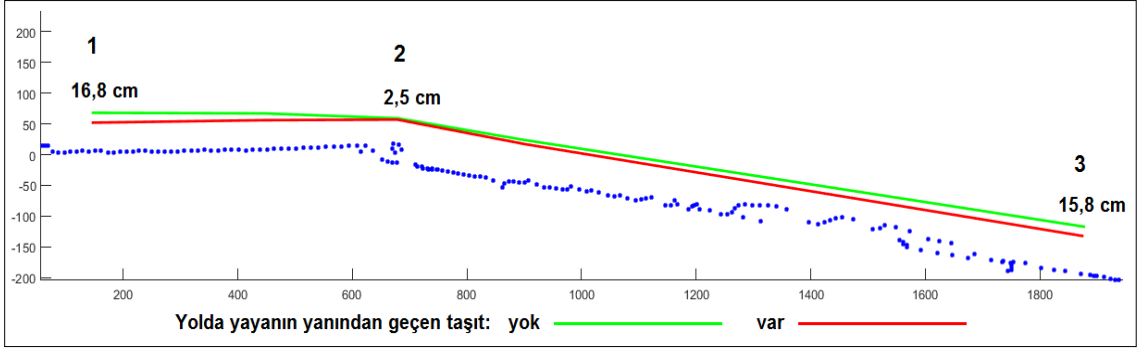
Yaya ve taşıt izlerinin bir arada çizdirilmesinden sonra, yalnız taşıt izleri farklı bir yöntemle tekrar çizdirilmiştir. Çizgiler, sahanın belirlenmiş üç bölgesinde yaya varlığına bağlı olarak renklendirilmiştir. Yaya mevcut iken geçen taşıtların izi kırmızı, yaya yok iken geçen taşıtların izi yeşil renk ile kodlanmıştır. Buna göre, Şekil 7.97.a'da işaretli bölge çevresinde yaya mevcut iken taşıtların yolun kenarından uzaklaşıp ortasına doğru yaklaştığı anlaşılmaktadır. Şekil

7.97.b'de de aynı ilişkiyi görmek mümkündür. Şekil 7.97.c'de ise yolun kenarında yürümeye elverişli alan daha geniş olduğu için etkileşim azalmakta, bunun sonucunda taşıtların yanıl ötelenmesi baskın olarak gözlenmemektedir.

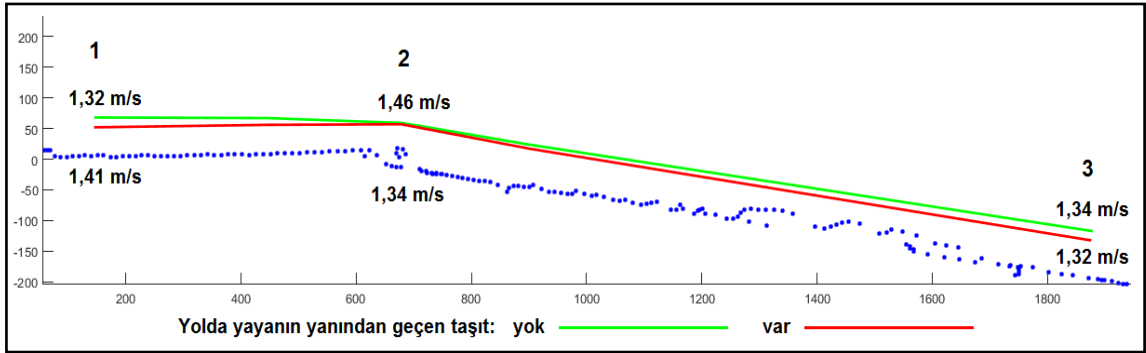


Şekil 7.97 Gözlemlenen taşıt izleri ile yolda yaya varlığı ilişkisi

Yukarıda Şekil 7.94'de çizgiler halinde gösterilen yaya izlerinin, Şekil 7.93'da temsil edilen yaklaşımla duvara olan yanıl mesafelerinin ortalaması alınarak aşağıdaki taşıt etkileşimi ile yayaların yanıl konumları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Şekil 7.98'deki çizgiler, yolda taşıtın varlığı ile yayanın duvara ortalama 16 cm kadar yaklaşmak zorunda kaldığını ortaya koymaktadır. Şekil 7.99'de sunulan yürüme hızları ise şöyle yorumlanabilir: 1'inci enkesitte yaya kaldırımsız bölgeyi en kısa zamanda geçmek ve taşıtlarla etkileşimden kurtulmak için hızlanmaktadır. Ancak 2 ve 3'üncü enkesitlere gelindiğinde, aynı etki geçerli olmakla birlikte, bu bölgelerin daha dar olması ve tedirginliğe neden olması yönüyle yaya, güvenliği için belli aralıklarla yoldaki taşıtları kontrol etmek zorunda kalmakta ve yavaşlamaktadır.

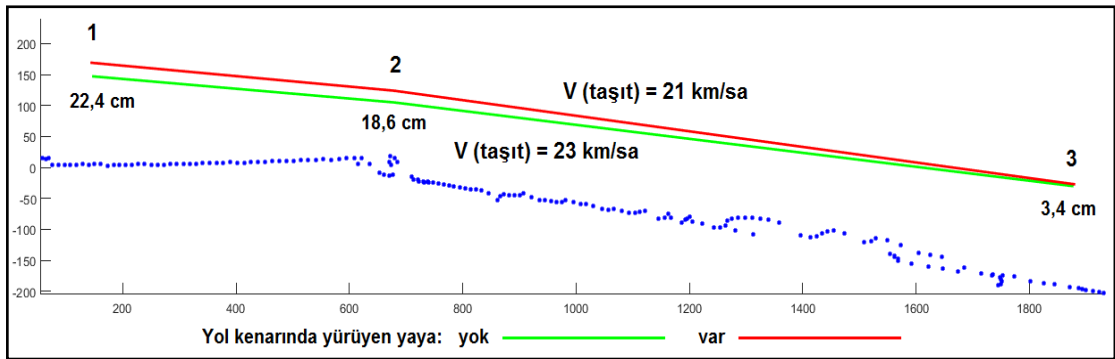


Şekil 7.98 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışması ile yaya yanıl mesafe ilişkisi



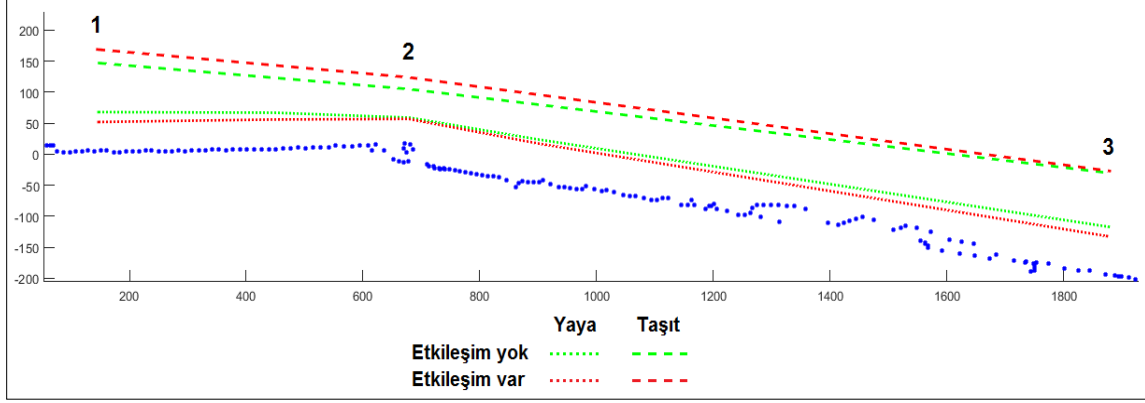
Şekil 7.99 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışması ile yaya hızı ilişkisi

Yol kenarında yürüyen yaya bulunması halinde taşıtların yanıl yer değiştirmesi ise aşağıda Şekil 7.100'te gösterilmiştir. Bu grafikteki çizgiler de, yayalarda olduğu gibi, Şekil 7.95'deki taşıt izlerinin yanıl ortalaması hesaplanarak oluşturulmuştur. Yayaların yol kenarındaki varlığı nedeniyle taşıtların yolun ortasında doğru ötelendiği ve bu esnada hız kaybettiği açıkça görölmektedir. Bu durum Şekil 7.97.a ve b'deki gözlemleri desteklemekte ve açıklamaktadır.



Şekil 7.100 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışması ile taşıt hızı ilişkisi

Özetle Şekil 7.101’te birlikte sunulan yaya ve taşıtların birbirleri ile etkileşim durumlarına göre renk kodlu olarak çizilmiş temsili ortalama izleri, kaldırım bulunmayan yol kesimlerinde yol kenarında yürümekte olan yayaların, komşu şeritteki taşıtların karşı şeride doğru ötelenmesine neden olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu durum, karşı yönden gelen taşıtlarla da etkileşime neden olmaktadır.



Şekil 7.101 Gözlemlenen yaya-taşıtların etkileşim durumlarına göre çizilmiş temsili ortalama izleri ile çatışma ilişkisi

7.3.4 İncelenen Sahalarda Yaya-Taşıtların Kazaya Geçmişinin Analizi

Emniyet Genel Müdürlüğü’nden çalışmanın yürütüldüğü yol kesimlerinin bulunduğu Buca İlçesi’ndeki Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi’nde son beş yıl içerisinde meydana gelmiş kazalarla ilgili bilgi talep edilmiştir. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından sağlanan veri kümesinde 2010-2014 yılları aralığında bu caddeler üzerinde meydana gelmiş 252 adet kazaya ait çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Genel görünüşü Şekil 7.102’de gösterilen veri tablosunda kazanın meydana geldiği tarih, ilçe, kazaya karışan taşıt sayısı, taşıtların birbirine göre yönü, kaza tipi, cadde ismi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) enlem ve boylam koordinatları, ölü ve yaralı varlığı, sürücü/yolcu/yaya ölü ve yaralı sayılarına yer verilmiştir.

İZMİR İLİ BUCA İLÇESİNDE 2006-2014 YILLARI ARASINDA UĞUR MUMCU, KIBRIS VE ERDEM CADDELERİNDE MEYDANA GELEN ÖLÜMLÜ-YARALANMALI KAZA BİLGİLERİ										
KAZ_TARİH	KAZ_ILCE	AracSayısı	BagilYon	OlusTuru1	YER_YOLNO	YolunYonu	XKOORDINAT	YKOORDINAT	SONUC_OLUMLU	SONUC_YARALANMALI
20100530	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2716700	3838139	0	1
20100718	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718259	3838206	0	1
20100902	BUCA	İki araçlı	Komşu	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	1-Tek Yonlu	2718287	3838202	0	1
20100727	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718245	3838182	0	1
20100331	BUCA	İki araçlı	Komşu	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718258	3838210	0	1
20100810	BUCA	İki araçlı	Aynı	Yandan çarpma/çarpışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2717084	3838279	0	1
20100405	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Yayaya çarpma	Kıbrıs Cad.	2-İki Yonlu	2717750	3838318	0	1
20100408	BUCA	İki araçlı	Aynı	Arkadan çarpma	Uğur Mumcu Cad.	2-İki Yonlu	2716914	3838202	0	1
20100806	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Yayaya çarpma	Uğur Mumcu Cad.	2-İki Yonlu	2719966	3833011	0	1
20100616	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Sabit cisme çarpma	Uğur Mumcu Cad.	2-İki Yonlu	2716948	3838159	0	1
20100629	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Devrilme/Savrulma/Takla	Uğur Mumcu Cad.	2-İki Yonlu	2716115	3838177	0	1
20100219	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Yayaya çarpma	Uğur Mumcu Cad.	1-Tek Yonlu	2716845	3838024	0	1

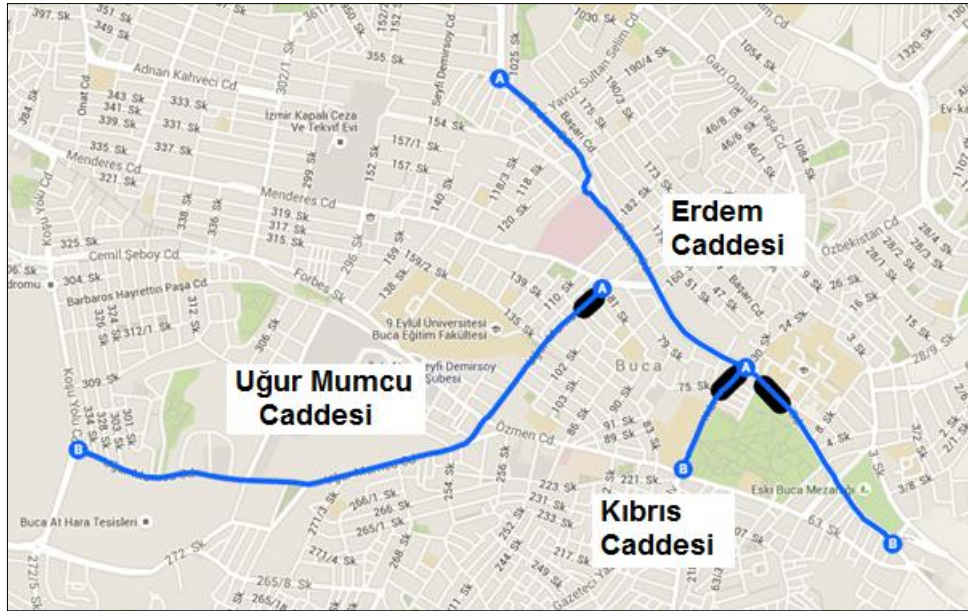
Şekil 7.102 Elde edilen kaza verisi genel görünüşü

Proje kapsamında incelenen caddeler üzerinde görülen toplam 252 kazanın caddelere göre dağılımı Tablo 7.15'da sunulmuştur. Ancak bu sayılar incelenen caddeler boyunca görülen tüm kazaları kapsamaktadır. Dolayısıyla incelenen yol kesimleri çevresinde meydana gelmiş kazaları ayırt etmeye olanak tanıyacak kesin bilgi bulunmamaktadır.

Tablo 7.15 İncelenen yol kesimlerindeki kaza sayıları (2010-2014)

Yer	Kaza Sayısı
Erdem Cad.	91
Kıbrıs Cad.	20
Uğur Mumcu Cad.	141
Toplam	252

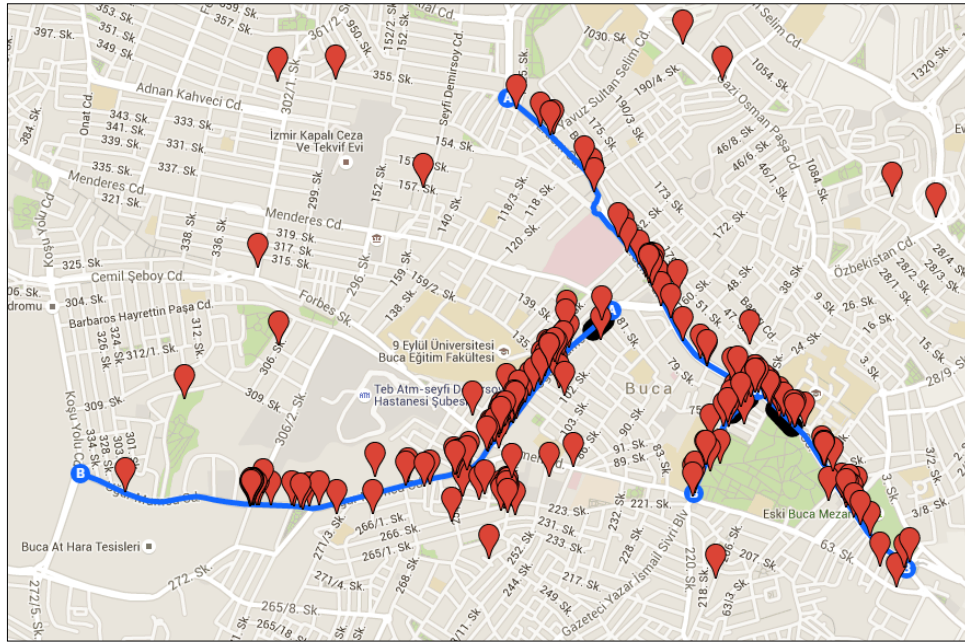
Kazaların konumlarının bulunması ve incelenen sahalarla eşleştirilerek irdelenebilmesi amacıyla öncelikle Google Maps uygulaması üzerinde Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi işaretlenmiştir. Bu üç caddenin harita üzerindeki görünümü Şekil 7.103'de görülmektedir. Haritada söz konusu caddeler üzerinde siyah renkli bir bant ile işaretlenmiş bulunan kısımlar ise incelenen yol kesimleridir.



Şekil 7.103 Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi ve incelenen sahaların konumları

Veri tablosunda bulunan enlem (Y) ve boylam (X) bilgileri işlenerek Google Maps uygulamasına yüklendiğinde kazaların coğrafi dağılımının Şekil 7.104'deki gibi olduğu görülmüştür. Harita üzerinde bazı kazaların ilgili caddelerden uzak konumlar üzerinde görülmesi çeşitli nedenlerle açıklanabilir. Bunlardan biri, CBS ile kaza konumu kaydedilmesi uygulamasına ilk kez başlandığında, sahada veri kaydı veya daha sonra ofiste düzenlenmesi esnasında bazı hatalar yapılmış olabilir. Ya da kaza verisi girişine taban oluşturan CBS yol ağı yıllar içinde güncellenirken farklı projeksiyon sistemleri kullanılmış ve önceki yıllara ait kazaların yeni yol ağına uygun konumları oluşturulamamış olabilir. Ancak bu tip farklılık veya hatalar veri tablosundaki konum haricindeki diğer bilgilerle ilgili herhangi bir çelişki veya yanlışlığa neden olmaz.

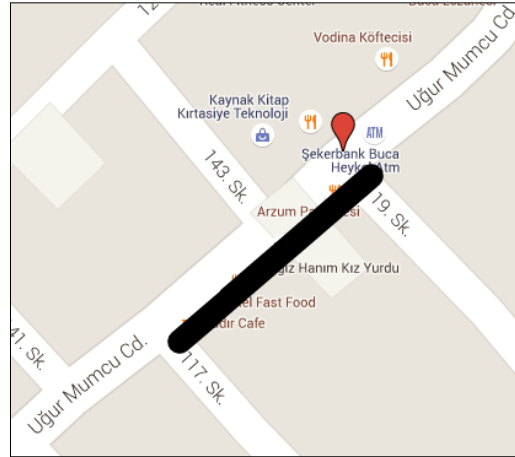
İncelenen yol kesimleri çevresindeki kazaların lazer tarama ve video çekimlerinden elde edilen veri ile birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla, Şekil 7.104'de haritada görülen kazaların konumları doğru olduğu varsayılmıştır. Edinilen veri tablosundaki X ve Y değerleri esas alınarak haritaya yerleştirilen tüm kazalardan, incelenen her bir etüt sahası çevresindeki kazaların konumunu gösteren büyütülmüş haritalar Şekil 7.105, Şekil 7.106 ve Şekil 7.107'te sunulmuştur.



Şekil 7.104 İncelenen caddeler üzerindeki kazaların coğrafi dağılımı (2010-2014)



Şekil 7.105 Kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi çevresindeki (Erdem Caddesi üzerinde) kazaların konumu (2010-2014)



Şekil 7.106 Uğur Mumcu Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu (2010-2014)



Şekil 7.107 Kibris Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu (2010-2014)

Şekil 7.105, Şekil 7.106, Şekil 7.107'te görülen 15 kazanın çeşitli özellikleri Tablo 7.16'de sunulmuştur. Ancak bu 15 kaza arasında en az bir yayanın etkilendiği kazaların sayısı 7 olarak bulunmuştur. Söz konusu kazaların çeşitli özellikleri Tablo 7.17'gösterilmiştir.

Proje kapsamında incelenen istasyon noktalarında alınan kaza verileri incelendiğinde kaza tipi ve bu kazalara karışan araç sayıları Tablo 7.16'de sunulmaktadır. Tablo 7.16'de görüldüğü üzere en yüksek aracı yayaya çarpması olarak belirlenmiştir. Kaldırım kesit genişliğinin yetersiz olması, yol geometrisinin sorunlu olması gibi durumlardan dolayı yayaya çarpma ve yandan çarpışma verileri diğer kaza tiplerine oranla daha fazla çıkmıştır.

Tablo 7.16 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen kazaların özellikleri (2010-2014)

Kaza Tipi	Tek araçlı	İki araçlı	Çok araçlı	Toplam
Yayaya çarpma	6	-	-	6
Yandan çarpma/çarpışma	-	4	1	5
Arkadan çarpma	-	1	-	1
Karşılıklı çarpışma	-	2	-	2
Devrilme/Savrulma/Takla	1	-	-	1
Toplam	7	7	1	15

Tablo 7.17 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen ve en az bir yaya içeren kazaların özellikleri (2010-2014)

Kaza Tipi	Tek araçlı	İki araçlı	Toplam
Yayaya çarpma	6		6
Yandan çarpma/çarpışma		1	1
Toplam	6	1	7

En az bir yayanın bulunduğu kazaların konumları, her bir saha için Şekil 7.108'da sarı ile işaretlenerek gösterilmiştir.



Şekil 7.108 İncelenen sahalarda çevresinde görülen ve yayaların etkilendiği kazaların konumu (2010-2014)

İstasyon noktalarında olan kazalarda kazaların içinde olan yayaların sayısal verilerine bakıldığında (Tablo 7.18) kazalarda yayanın en fazla etkilendiği istasyon noktası olarak Erdem Cd. belirlenmiştir.

Tablo 7.18 Her bir saha için toplam kaza sayısı ve yaya karışan kaza sayısı (2010-2014)

Yer	Toplam Kaza Sayısı	Yaya İçeren Kaza Sayısı
Erdem Cad.	8	5
Uğur Mumcu Cad.	1	1
Kibris Cad.	6	1
Toplam	15	7

İstasyon noktaları bazlı yandan çarpma ve yayaya çarpma verilerine bakıldığında (Tablo 7.19) yayaya çarpmanın olduğu 6 kazadan 5'inin erdem caddesinde kalanın da Kıbrıs caddesinde, uğur mumcu caddesinde ise yandan çarpma olayının görüldüğü belirlenmiştir.

Tablo 7.19 Her bir istasyon noktası için çarpma türüne göre kaza sayısı

Yer	Yandan çarpma/çarpışma	Yayaya çarpma	Toplam
Erdem Cad.	-	5	5
Uğur Mumcu Cad.	1	-	1
Kıbrıs Cad.	-	1	1
Toplam	1	6	7

Tablo 7.20'de incelenen istasyon noktalarında kazaya karışan araç sayısına göre sınıflandırma yapılmıştır

Tablo 7.20 Her bir istasyon noktasında kazaya karışan araç sayısına göre kaza sayısı

Yer	İki araçlı	Tek araçlı	Toplam
Erdem Cad.		5	5
Uğur Mumcu Cad.	1		1
Kıbrıs Cad.		1	1
Toplam	1	6	7

Yayaların etkilendiği kazalar tüm istasyon noktalarında incelendiğinde kazaya karışanlardan ölenlerin olmadığı, yaralandıkları ve bu yaralanan kişilerin yayalar olduğu görülmektedir (Tablo 7.21).

Tablo 7.21 Her bir istasyon noktasında gözlenen çarpışmada yaralı&ölü yaya ve sürücü sayısı

Kaza Tarihi	Yer	Kaza Tipi	Toplam Ölü Sayısı	Toplam Yaralı Sayısı	Yaralı Sürücü	Yaralı Yaya	Yaralı Yolcu
2012 Haziran	Erdem Cad.	Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
2014 Ocak		Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
2014 Haziran		Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
2014 Eylül		Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
2014 Aralık		Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
2014 Aralık	Uğur Mumcu Cad.	Yandan çarpma/çarpışma	0	1	0	1	0
2013 Eylül	Kıbrıs Cad.	Yayaya çarpma	0	1	0	1	0
Toplam			0	7	0	7	0

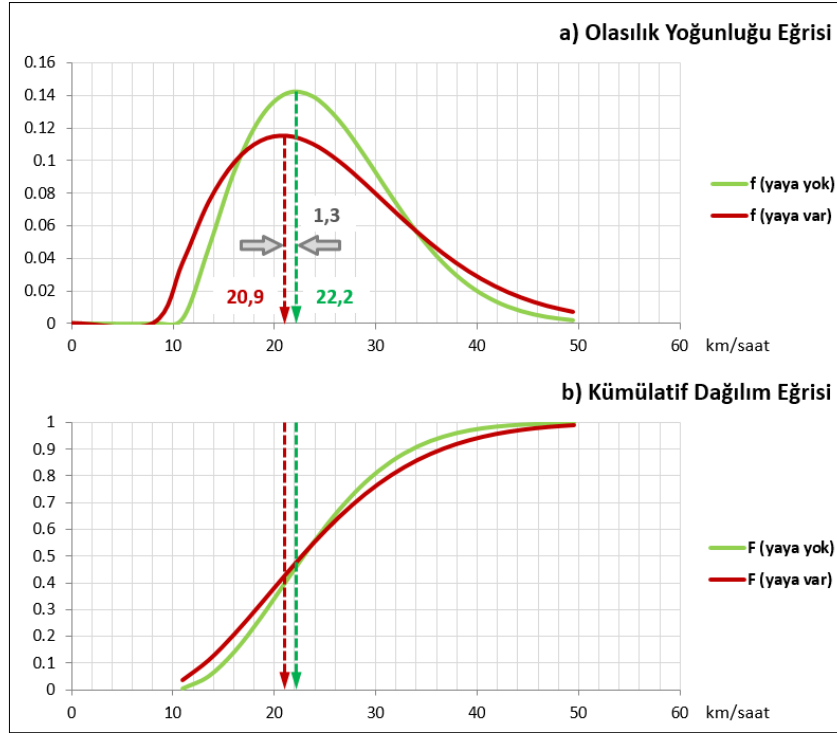
7.4 Yolculuk Direnci (Sürtünme) Parametresi

Bir koridor boyunca akmakta olan trafiğe karşı direnç oluşturarak yolun kapasitesini düşüren veya ortalama yolculuk süresini artıran etkilerin her biri birer sürtünme etkeni olarak nitelendirilebilir. Trafik mühendisliği bağlamında yoldaki trafik akımını etkileyen sürtünme kavramı, gerek yol (veya şerit) kapasitesinin hesaplanmasında gerekse ulaşım talep modellemesinde yolculuk ataması yapılırken hesaba katılmaktadır.

Mikro düzeyde bakıldığında, proje kapsamında incelenmiş bulunan kaldırım sorunları nedeniyle taşıt yolu kenarında meydana gelen yaya-taşıt çatışması sonucunda hem taşıt hem de yaya trafiğinde aksamalar gözlenmektedir. Taşıtlar yol kenarından yol ortasına doğru manevra yapmak ya da hızlarını değiştirmek, hatta yer yer durmak durumunda kalabilmektedir. Yol ortasına doğru manevra yapılması halinde ise karşı yönden gelmekte olan taşıtlar ile ikinci bir çatışma durumu ortaya çıkmaktadır. Yanal öteleme şeklinde adlandırılabilir bu durum Bölüm 7.3.3'te ortaya konmuştur. Yayalar da benzer şekilde taşıtlara yol vermek için yavaşlamakta veya durmakta, hatta güvenlik riski nedeniyle sık sık yoldaki taşıtları kontrol etme durumunda kalmaktadırlar. Yayaların fiziksel koşullardan kaynaklanan diğer bir takım etkilerle birlikte taşıt trafiği ile çatışma nedeniyle maruz kaldıkları hız değişimleri ve yolculuk süresi kayıpları (gecikmeler) Bölüm 7.1 ve 7.2'de ele alınmıştır. Bu bölümde, yola inen veya yolda yürüyen yayalardan kaynaklanan çatışma durumlarının taşıt yolculuk sürelerine etkisi üzerinde durulacaktır.

Yayalar ve taşıtlar arasındaki çatışma durumları çeşitli yönlerden Bölüm 7.3'te irdelenmiş, kaldırım bulunmayan bir yol kesiminde (Kıbrıs Cd.) yol kenarından yürüyen yayaların taşıt hızlarına ve hareket izlerindeki yanal değişime olan etkisi ortaya konmuştur. Şekil 7.100'de görüldüğü gibi, yol kenarında yürüyen yaya bulunduğu durumlarda, daralan bölgeden geçmekte olan taşıtların izleri yaklaşık 20 cm ötelenmekte ve hızları ortalama olarak yaklaşık 23 km/saat'ten 21 km/saat'e düşmektedir. Bulunan bu hız değerleri ele alınarak gerçekleştirilen yolculuk süresi kaybı (gecikme) analizi aşağıda sunulmaktadır.

Analiz için, yaya taşıt çatışmasının en belirgin şekilde gözleendiği, Şekil 7.88.a'da planı görülen Kıbrıs Caddesi'nde 2014 yılı Haziran ayında gerçekleştirilen saha çalışmasında toplanan taşıt verisi kullanılmıştır. Etüt süresi boyunca yolun kaldırım bulunmayan şeridinden geçen taşıtların belli konumdaki geçiş zamanları ile hızları elde edilmiştir. Söz konusu şeritte gözlenen tüm taşıtlar dikkate alındığında, yol kenarında yürümekte olan yaya bulunmaması ve bulunması durumuna göre hızların dağılımı Şekil 7.109'daki gibi olmuştur. İki dağılımın modları arasındaki fark yaklaşık 1,3 km/saat olurken ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Birkaç nedenden dolayı bu sonuca varıldığı düşünülmektedir: Birincisi, veri tüm taşıt tiplerini içerdiğinden, taşıt genişlikleri oldukça değişkendir. Mevcut yol genişliği içerisinde taşıt ve yaya arasında korunmak istenen güvenlik aralığı taşıt genişliğinden etkilenmekte ve hızlarda dağılmaya neden olmaktadır Şekil 7.109'daki kırmızı eğrinin daha büyük bir varyans değeri sergilemesi bu önermeyi desteklemektedir. Yaya bulunmadığı durumlarda taşıt hızlarının birbirine daha yakın bir değer etrafında kümelenildiği yeşil renkli dağılım eğrisi üzerinde görülmektedir. Öte yandan, karşı şeritten gelen bir taşıt bulunmadığı durumlarda, yolda yayanın varlığını fark eden bazı taşıt sürücülerinin yaya ile arasındaki yanal mesafeyi güvenlik bakımından gerekli sayılabilecek aralıktan daha büyük bir değerde tercih ettiği ve karşı şeridi kaplayarak geçtiği gözlenmiştir. Yayaya olan mesafenin büyümesi, taşıt sürücüsünün hızını azaltmaması veya çok az değiştirmesi sonucunu doğurduğu tahmin edilmektedir. Bu durum, hız dağılımındaki varyansı açıklayan ikinci bir neden olarak karşımıza çıkmaktadır.

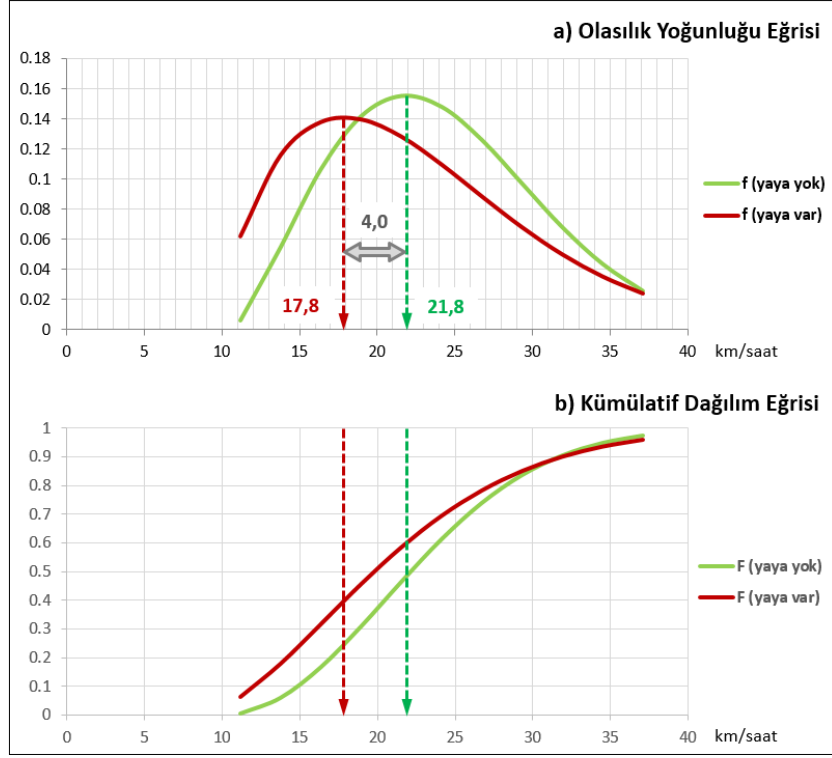


Şekil 7.109 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen tüm taşıtların hız dağılımı (km/saat)

Yukarıda açıklanan değişkenlerin dağılım üzerindeki etkilerinin minimize edilmesi amacıyla veri kümesi bir filtreden geçirilerek analiz tekrarlanmıştır. Değerlendirilen ikinci veri kümesine yalnızca otomobiller dahil edilmiş ve karşı yöndeki şerit içerisinde en az bir taşıt bulunduğu yani karşı şeridin boş olmadığı durumlar dikkate alınmıştır. Bu durumda hız dağılımı Şekil Y’de görüldüğü gibi olmuştur. Tüm veri kümesinden elde edilen sonuçlarda olduğu gibi, yolda yaya mevcut iken hız dağılımı daha büyük bir varyansa sahip olmaktadır. Mod değerlerine bakıldığında ise, yol kenarında yaya bulunmaması ve bulunması durumları arasındaki fark açıkça görülmektedir. Yaya mevcut iken hız dağılımının mod değerinde yaklaşık 4 km/saat’lik azalma bulunmuştur. Her iki dağılıma ait özet istatistik değerleri Tablo 7.22’ de sunulmuştur.

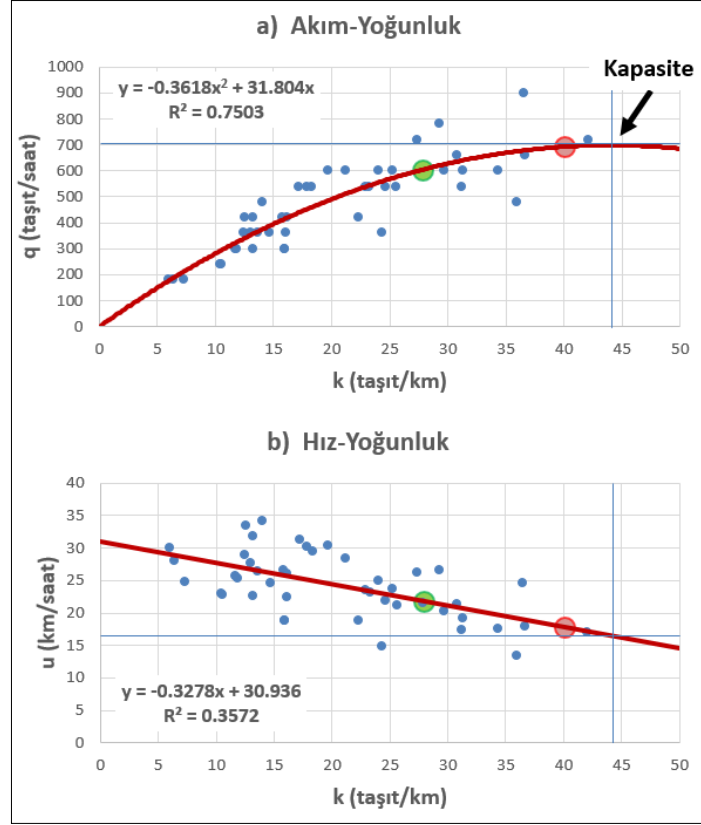
Tablo 7.22 Yol kenarında yaya varlığına göre taşıt hızları tanımlayıcı istatistikleri (km/saat)

	Mod	Ortalama	St. Sapma	Varyans	Minimum	Maksimum
Yol kenarında yaya yok	21,8	22,83	6,55	42,97	11,17	39,69
Yol kenarında yaya var	17,8	21,16	8,05	64,84	9,59	42,99



Şekil 7.110 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen otomobillerin hız dağılımı (km/saat)

Yukarıda Tablo 7.22'de özetlenen ve hız dağılımı Şekil 7.110'da gösterilen ikinci veri kümesindeki taşıtlara ait bilgiler kullanılarak kaldırım bulunmayan yol şeridindeki taşıt trafiğinin temel bağıntıları elde edilmeye çalışılmıştır. Bu şeritteki dakikalık taşıt hacmi ve dakikalık ortalama hızlar hesaplanmış, buradan her bir dakikaya karşılık gelen akım ve yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Şekil 7.111'de sunulan akım-hız-yoğunluk dağılımları çizdirilmiş ve birer eğilim çizgisi geçirilmiştir. Akım-yoğunluk grafiğinde 2'nci derece polinom tercih edilirken hız-yoğunluk grafiğinde doğrusal regresyon kullanılmıştır.



Şekil 7.111 İncelenen yol kesimine ait trafik temel bağıntıları ve yapılan hesaplamaların özeti

Grafikler üzerinde büyük yeşil noktalar ile gösterilen değerler, yol kenarında yaya bulunmaması halinde gözlenen, taşıtlara ait akım, hız ve yoğunluk değerlerini temsil etmektedir. Büyük kırmızı noktalar ise, yol kenarında yaya bulunması halinde gözlenen, taşıtlara ait akım, hız ve yoğunluk değerlerini temsil etmektedir. Söz konusu yeşil ve kırmızı noktalar, oluşturulan eğilim çizgilerine ait bağıntılar kullanılarak hesaplanmış ve yerleştirilmiştir. Şekil 7.111.a'da görüldüğü gibi, mevcut veri kümesine göre incelenen yolun serbest hızı 30,9 km/saat, kapasitesi 699 taşıt/saat, optimum yoğunluğu 44 taşıt/km, optimum hızı ise 16,5 km/saat olarak bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 7.23'de özet olarak sunulmuştur.

Tablo 7.23 Hesaplanan optimum akım, yoğunluk ve hız değerleri

	Yaya Yok	Yaya Var
Hız (km/saat):	21.8	17.8
Yoğunluk (taşıt/km):	28	40
Akım (taşıt/saat):	605	693
Opt. Hız (km/saat):	16.5	
Opt. Yoğunluk (taşıt/km):	44	
Kapasite (taşıt/saat):	699	

Yukarıdaki tespitler ışığında, bir yol kesimi üzerinde kaldırım bulunmadığı ve yayaların yol kenarında yürüdüğü durumda taşıtlar ve yayalar arasında oluşan çatışmanın sonucu olarak taşıt trafiğinde gecikme yaşanması beklenebilir. Bu konu aşağıda irdelenmiştir.

Ele alınan yol kesimi uzunluğu L , yoldaki serbest hız v_0 , taşıtın yayayla karşılaşmama durumundaki hızı v_{yy} (yolda “yaya yok”) ve karşılaşma durumundaki hızı v_{yv} (yolda “yaya var”) şeklinde tanımlanırsa, yol kesiminde yolculuk süresi yolda yaya bulunmama ve bulunma durumları için sırasıyla;

$$t_{yy} = \frac{L}{v_{yy}} \quad \text{Formül 7.15}$$

$$t_{yv} = \frac{L}{v_{yv}} \quad \text{Formül 7.16}$$

bağıntıları ile, serbest hız durumunda ise,

$$t_0 = \frac{L}{v_0} \quad \text{Formül 7.17}$$

bağıntısı ile ifade edilebilir. Varılmak istenen noktada t_i ve t_0 değerleri bölüm halinde değerlendirilerek karşılaştırılacağından L değerinin büyüklüğü sonucu etkilemeyecektir. İncelenen yol kesiminin yaklaşık gerçek uzunluğundan hareketle L uzunluğu 50 m olarak alınır ve Tablo 7.23’de gösterilen hız değerleri yolculuk süresi bağıntısında yerine konursa,

$$t_0 = \frac{L}{v_0} = \frac{50 \text{ m}}{30,9 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{8,6 \text{ m/s}} = 5,8 \text{ s} \quad \text{Formül 7.18}$$

$$t_{yy} = \frac{L}{v_{yy}} = \frac{50 \text{ m}}{21,8 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{6,1 \text{ m/s}} = 8,3 \text{ s} \quad \text{Formül 7.19}$$

$$t_{yv} = \frac{L}{v_{yv}} = \frac{50 \text{ m}}{17,8 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{4,9 \text{ m/s}} = 10,1 \text{ s} \quad \text{Formül 7.20}$$

elde edilir. İncelenen yol kesiminde yaşanacak gecikmeyi sırasıyla yolda yaya bulunmama ve bulunma durumları için verecek bağıntı,

$$d_{yy} = t_{yy} - t_0 \quad \text{Formül 7.21}$$

$$d_{yv} = t_{yv} - t_0 \quad \text{Formül 7.22}$$

olacaktır. Burada d_{yy} yolda yaya yok iken yaşanan gecikmeyi, d_{yv} yolda yaya var iken yaşanan gecikmeyi ifade etmektedir. Değerler yerine konduğunda,

$$d_{yy} = t_{yy} - t_0 = 8,3 s - 5,8 s = 2,4 s \quad \text{Formül 7.23}$$

$$d_{yv} = t_{yv} - t_0 = 10,1 s - 5,8 s = 4,3 s \quad \text{Formül 7.24}$$

olacaktır. Yol kenarında yaya varlığı nedeniyle yaşanan gecikme miktarı,

$$d_{yv} - d_{yy} = 4,3 s - 2,4 s = 1,9 s \quad \text{Formül 7.25}$$

olarak bulunur. Bu değer yolda yaya olmadığı durum için hesaplanan 8,3 saniyelik yolculuk süresinde %22'lik bir artış, diğer bir deyişle, yayaların varlığı nedeniyle yolculuk süresinin %22'si kadar bir gecikme meydana gelmesi anlamını taşımaktadır.

Yolda yürüyen yaya bulunması sonucu oluşan yaya-taşıtlar çatışması durumunun hesaba katılabilmesi için aşağıdaki gibi olasılığa dayalı bir yaklaşım getirilebilir. Bir taşıtların incelenen yol kesiminden geçerken hiçbir yaya ile karşılaşmama olasılığı $P(yy)$ ve yol kenarında yürümekte olan en az bir yaya ile karşılaşma olasılığı $P(yv)$ şeklinde tanımlanacak olursa, yol kesimindeki bileşke yolculuk süresi,

$$t' = P(yy) * t_{yy} + P(yv) * t_{yv} \quad \text{Formül 7.26}$$

şeklinde bir bağıntı ile gösterilebilir. Elde edilecek t' değeri, incelenen yol kesiminde “yoldaki yaya sürtünmesi”nden kaynaklanan mikro gecikmelerin hesaba katıldığı ve olasılığa dayalı olarak hesaplanan bir bileşke taşıtlar yolculuk süresi olacaktır. İncelenen yol kesimi için Bölüm 7.4.1'de kullanılan ikinci veri kümesine (karşı şeritte taşıtlar olduğu durumda ve yalnızca otomobillerin hesaba katıldığı veri kümesi) göre ilgili şeritten geçen herhangi bir taşıtların yol kenarında yürüyen en az bir yaya ile karşılaşmaması ve karşılaşması olasılığı sırasıyla 0,79 ve 0,21 olarak bulunmuştur. Değerler yerine konursa,

$$t' = P(yy) * t_{yy} + P(yv) * t_{yv} = 0,79 * 8,3 + 0,21 * 10,1 = 8,6 s \quad \text{Formül 7.27}$$

elde edilir. Gecikme bağıntısı ise her iki durumu kapsayacak şekilde,

$$d' = t' - t_0 \quad \text{Formül 7.28}$$

olarak yazılabilir. Burada d' terimi, olasılığa dayalı olarak hesaplanan t' bileşke yolculuk süresine karşılık gelen gecikmedir. Değerler yerine konursa bileşke gecikme değeri,

$$d' = t' - t_0 = 8,6 s - 5,8 s = 2,8 s \quad \text{Formül 7.29}$$

olarak bulunur. Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunma ve bulunmama olasılığı arasındaki ilişki $P(yv) = 1 - P(yy)$ olduğundan, seyahat süresinde beklenen kayıp, yüzde cinsinden,

$$\% \text{ kayıp} = \left(\frac{d'}{d_{yy}} - 1 \right) * 100 \quad \text{Formül 7.30}$$

bağıntısı ile bulunabilir. İncelenen durum için değerler yerine konursa,

$$\% \text{ kayıp} = \left(\frac{d'}{d_{yy}} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{2,8 \text{ s}}{2,4 \text{ s}} - 1 \right) * 100 = \%16 \quad \text{Formül 7.31}$$

olacaktır. Bulunan gecikme değerleri dört aşamalı talep tahmin modelleme sürecindeki trafik ataması aşamasında kullanılan yolculuk maliyeti bağıntılarında değerlendirilebilir ve böylelikle kural dışı kaldırım uygulamalarından kaynaklanan yaya-taşıtlı çatışmasından doğan kayıplar ulaşım modellemesinde birer yolculuk direnci parametresi olarak hesaba katılabilir.

7.5 Benzetim Modeli ve Senaryolar

Benzetim, gerçekte mevcut olmayan bir sistemin bilgisayar uygulamaları yardımıyla ya da elle çözümlenerek taklit edilmesi, farklı durumlar karşısında zamana göre işletilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir.

Trafik mühendisliği bağlamındaki benzetim çalışmaları çoğunlukla ulaşım ağı (bir kavşak noktası, yol kesimi veya koridor) üzerinde iyileştirme veya güncellemeye yönelik yapılacak yatırımlardan önce, alternatifler arasında işlevsellik ve maliyet açısından değerlendirme ve seçim yapılması amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yönüyle trafik benzetimi, kaynakların daha etkin kullanımına yönelik önemli bir araç anlamı taşımaktadır. Bazı çalışmalar ise mikroskobik düzeyde yol kullanıcılarının davranışlarının araştırılmasına yönelik yapılmaktadır.

Benzetim uygulamaları ışığında, önerilen sistemle ilgili öngörülerde bulunmak ve gündeme gelmesi muhtemel ihtiyaç ve değişiklikleri önceden kestirerek uygulamaya yönelik daha isabetli kararlar almak mümkündür. Örneğin, köprülülük kavşak veya alt geçit gibi yüksek maliyetli ve çevredeki yol kullanıcılarını olumsuz etkileyen inşaat işlerinin fizibilite çalışması ve tasarımı, yeterli yazılım ve donanım ile gerekli uzman personel bulunması halinde benzetim yardımıyla kolaylıkla yapılabilmektedir.

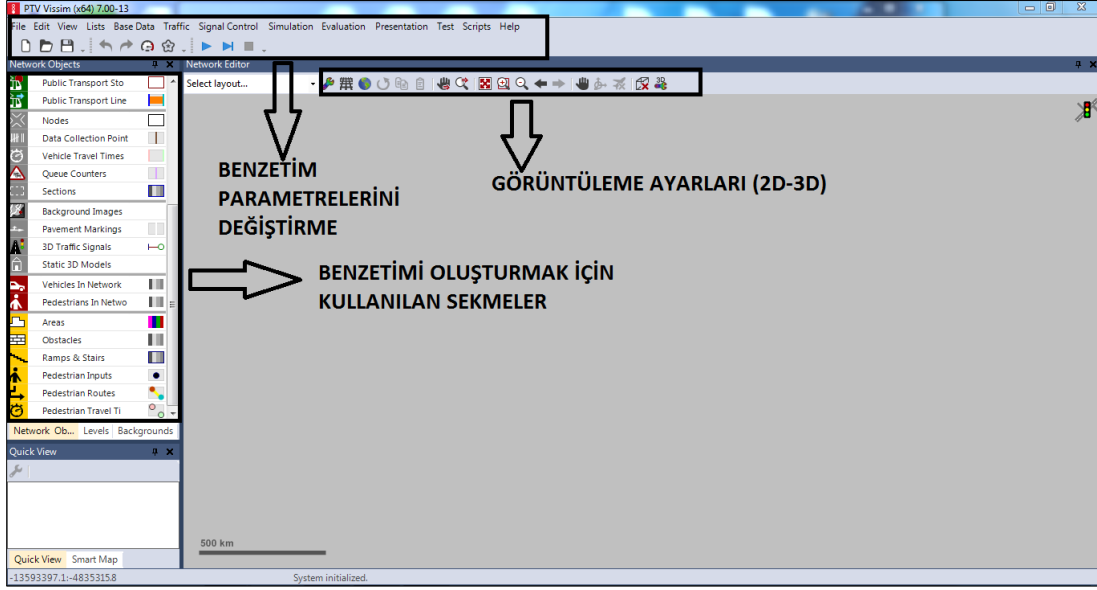
Mevcut projede benzetim, kaldırım sorunları nedeniyle gözlenen yaya-taşıı çatışmasının önlenemesi ve söz konusu yol kesimlerindeki gerek yaya gerek taşıı trafiğinde iyileştirme yapılabilmesine yönelik önerilmesi planlanan bazı senaryoların test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu bölümde, söz konusu senaryolardan birinin uygulanma aşamaları anlatılmıştır.

Deneyde, yaygın olarak tercih edilen bir mikroskobik benzetim yazılımı olan PTV VISSIM 7.00 versiyonu ve bu programın VISWALK modülü kullanılmıştır. Öncelikle mevcut durum elde edilen parametreler bazında benzetim ile temsil edilmeye çalışılmıştır. İkinci olarak ise, mevcut durumdaki sorunlara bir düzenleme önerisi getirilerek yeni bir benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir.

7.5.1 Kullanılan Benzetim Yazılımı Hakkında Genel Bilgiler

VISSIM, gerçekçi kent içi ulaşım ağı modellemesi yapabilen, ayrıca şehirlerarası taşıı ve yaya trafiğini modelleme amacıyla da kullanılan, zaman adımı ve davranış tabanlı mikroskobik bir benzetim ortamıdır. VISSIM ile şahsi kullanım amaçlı trafiğin yanında demiryolu ve karayolu tabanlı toplu taşıma türleri de modellenenilmektedir. Trafik akımı benzetimi sürecinde şerit ayrımı, taşııların dağılımı, sinyalizasyon kontrollü kavşaklar ve özel araçlar ile toplu taşıma araçlarının ayrımı üzerinde önemle durulmaktadır. PTV VISSIM'in öne çıkan bazı uygulama alanları şunlardır: Kavşak veya aktarma merkezi düzenleme alternatiflerinin karşılaştırılması, ulaşım planlaması, yol çalışması yönetimi, bina tahliyesi, kapasite analizi (örnek: yaya trafiği bulunan dönel kavşakta yaya talep artışı), ve aktif trafik yönetimi (örnek: VMS ve geçici acil durak kullanımı).

Programın ana kullanıcı arayüzünde; sol panoda temel bileşenlere ait tasarım ölçütleri ve bilgilerin oluşturulduğu araçlar, üst şeritte menüler ve pratik butonlar, sağ-orta panelde ise çizim, tasarım ve benzetim alanı yer almaktadır. (Şekil 7.112)



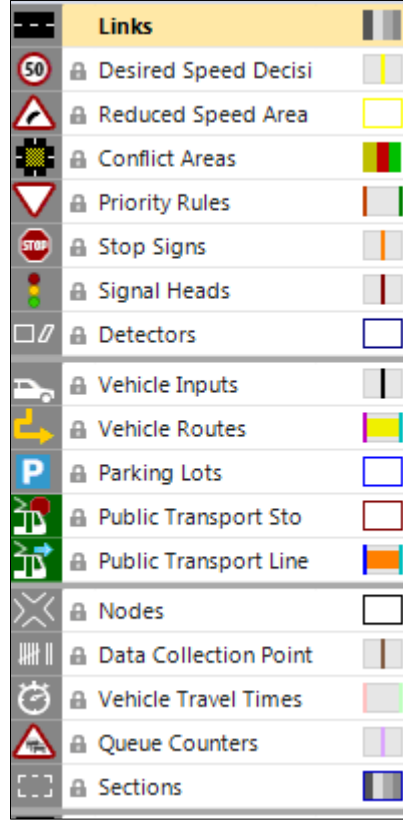
Şekil 7.112 VISSIM 7.00 kullanıcı arayüzü

Bir mikroskobik trafik benzetim ortamı olan VISSIM'in içerisinde yaya hareketlerini modellemek için kullanılan VISWALK isimli bir modül bulunmaktadır. Yaya benzetimini gerçekleştiren bu modüle bulunan araçlar Şekil 7.113'de gösterilmiştir.



Şekil 7.113 VISSIM 7.00'daki VISWALK modülü araçları

VISWALK modülü yardımıyla oluşturulabilen ve Şekil 7.81'de listelenen yaya yürüme alanları, trafik üretim ve çekim noktaları, engeller, rampa ve merdivenler, trafik değerleri, güzergahlar ve yolculuk süreleri bileşenleri, taşıt trafiği içeren bir koridor, kavşak veya yol ağı çevresinde yer alması halinde, etüt edilecek saha öncelikle VISSIM ana modülünde bulunan ve Şekil 7.114'da gösterilen araçlar yardımıyla tasarlanır.



Şekil 7.114 VISSIM ana modülü araçları

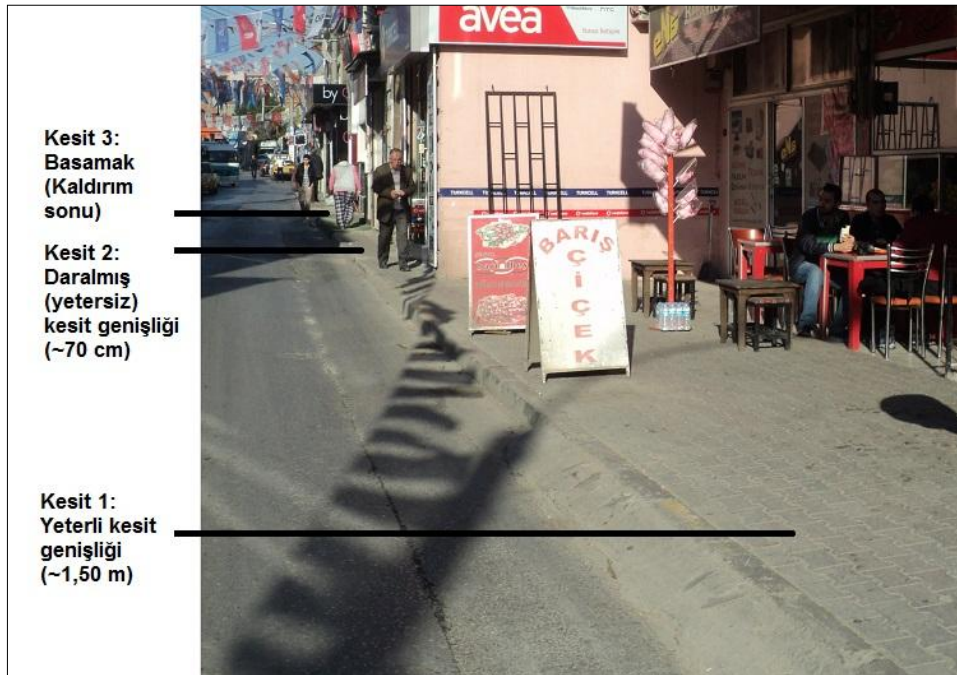
7.5.2 Benzetimi Yapılan Etüt Sahası

Tercih edilen benzetim yazılımının mevcut durumuyla yaya özelliklerini, ortam koşullarını ve yayaların gerek ortamla gerek taşıtlarla olan etkileşimini projede irdelenen ölçekte ve ayrıntıda temsil etmeye yeterli bilgi girişine elverişli olmadığı görülmüştür. Proje kapsamında elde edilen, çeşitli değişkenlere bağlı olarak yürüme hızını tahmin eden regresyon modeline ait kaynak verinin bu nedenle VISWALK ortamına sağlıklı olarak aktarılması ve gerçekte gözlemlenen yaya davranışlarına ait dağılımların benzetim ortamında temsil edilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi istasyon noktasından elde edilen ayrıntılı yaya verisinin benzetim ortamına aktarılması ve benzetim koşullarının modelden elde edilen hareket ve davranış dağılımını temsil edecek düzeyde kalibre edilmesi çalışmaları beklenen sonucu vermemiştir. Bunun yerine sorunlu yol kesimlerinden biri ele alınarak, buraya ait veriye dayalı bir iyileştirme çalışması üzerinde durulmuştur.

Proje kapsamında veri toplanan üç etüt sahası arasında benzetim için Bölüm 3.3'te ayrıntılı olarak anlatılan ve İzmir ili Buca ilçesinde bulunan Uğur Mumcu Caddesi seçilmiştir. Kıbrıs Caddesi-1 yol kesimi gerek çok değişken olan genişlik özellikleri gerek kot farkları

nedeniyle yayaların mikro güzergah tercihleri bakımından oldukça karmaşık bir yapı sergilemektedir. Kıbrıs Caddesi-2 yol kesimi ise kaldırım bulunmadığından yaya-taşıt etkileşiminin yoğun olarak görüldüğü bir yol kesimidir. Kıbrıs Caddesi'ndeki her iki sorunlu yol kesimindeki yaya davranışları çok sayıda değişken içerdiğinden, VISWALK ortamında sağlıklı bir analiz gerçekleştirilebileceği öngörülmemiştir. Uğur Mumcu Caddesi'ndeki yol kesimi ise irdelenen konular bağlamında daha az değişken içeren ve kısmen geniş ve kısmen dar (yetersiz) olmak üzere iki farklı kaldırım kesimini barındıran bir sahadır. Dolayısıyla kaldırım genişliğindeki değişimden kaynaklanan seyahat sürelerindeki kayıplarının, önerilen bir iyileştirme yöntemi öncesi ve sonrası için VISWALK ortamında karşılaştırılarak ortaya konabileceği düşünülmüştür. Bu bölümde Uğur Mumcu Caddesi birinci senaryoda mevcut durumu ile, ikinci senaryoda ise dar kaldırım genişletilerek temsil edilmeye çalışılmıştır. Her iki senaryoda yayaların ortalama yürüme hızları, saha içinde ortalama yolculuk süreleri ve gecikme değerleri elde edilerek bunların karşılaştırmasına yer verilmiştir.

Dar şeritlere sahip iki yönlü bir koridor üzerinde bulunan söz konusu yol kesimi üzerindeki kaldırım, binaların daraltması ve kaldırım üzerinde dükkanlara ait işgal unsurlarının varlığı nedeniyle yer yer daralmakta; daralan bölgelerde yayalar karşı yönden gelen yayayı geçmek için yola inip yürümektedirler. Caddedeki taşıt trafiği oldukça yüksek hacimli olduğundan, yaya ve araç trafiği açısından trafik güvenliği riskleri doğmaktadır. Söz konusu sahanın genel görünüşü Şekil 7.115'de sunulmuştur.



Şekil 7.115 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki etüt sahası (sorunlu yol kesimine örnek)

7.5.3 Dikkate Alınan Değişkenler

Çalışma kapsamında incelenen etüt sahalarının benzetim ortamında modellenmesi esnasında, yaya özellikleri, mekansal özellikler, yol kullanıcılarının hareketleri ve birbirleri ile etkileşimleri gibi farklı kategorilerde ele alınabilecek çeşitli değişkenler ve parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir. Ancak, yazılım bunların tümünü hesaba katmamakta, hesaba katılanların da tümüne müdahale izni vermemektedir. Dolayısıyla benzetim esnasında bazı değişkenler değerlendirmeye alınırken bazıları alınamamıştır.

Örneğin, yaya yürüme hızı dağılımı, cinsiyet-hız ilişkisi, kilo-hız ilişkisi gibi değişkenler VISWALK'ta tanımlanabilmektedir. Ancak, yaş grubu, yük durumu, grup halinde yürüme durumu ile yaya performansı arasındaki ilişkilerle ilgili bir dağılım veya parametre girilememektedir. Program yayaların kaldırımdan inip çıkma davranışlarını gerçekleştirmekte, ancak bunun oluşturacağı gecikme veya hız kaybı ile ilgili değişkenler tanımlanmasına olanak vermemektedir. Ayrıca, dar kaldırımda veya engel bulunan bir geniş kaldırımda karşı yönden yaya ile karşılaşıldığında yola inme ya da omuzunu döndürerek geçme hareketleri arasında karar vermeye dair bir parametre girişi de bulunmamaktadır. Proje hedefleri kapsamında en önemli konulardan olan, yaya-taşıt çatışması programda tanımlı değildir. Yayalar ve taşıtlar arasında karşıdan karşıya geçme dışında bir yol hakkı veya etkileşim durumu dikkate alınmamaktadır. Yolda yaya yürümekte iken taşıtın hızını değiştirmesi veya yanal olarak ötelenmesi gibi durumlar temsil edilememektedir. Dolayısıyla, konunun Bölüm 7'de incelenen çeşitli yönleri ve varılan bulguların birçoğunun benzetim ortamında canlandırılması mümkün olmamıştır.

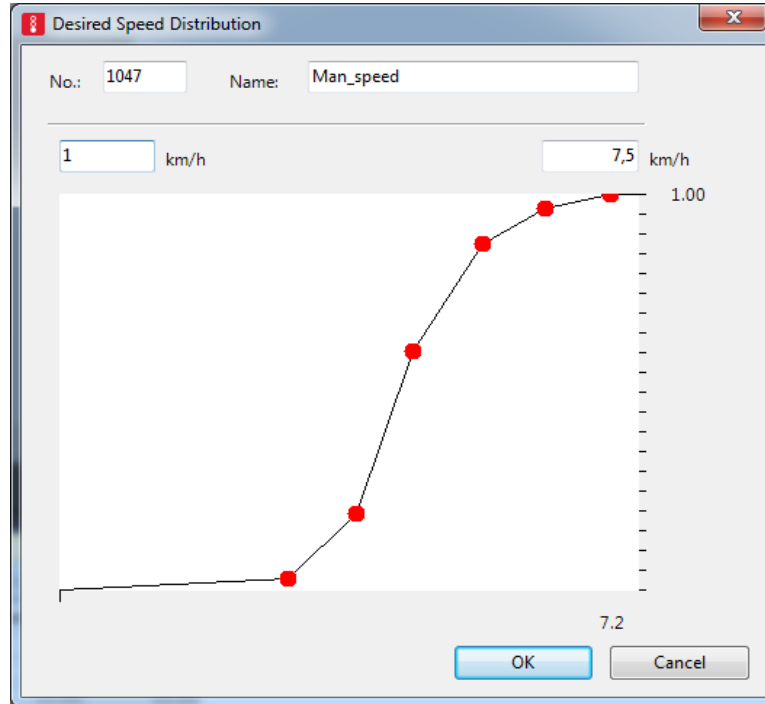
7.5.4 Kullanılan Veri Kümesi

Sisteme girilmek istenen yaya özellikleri Şekil 7.116'de görülmektedir. Buradaki değişkenlerden yalnızca cinsiyet, kilo durumu ve hız verisi hesaba katılmıştır.

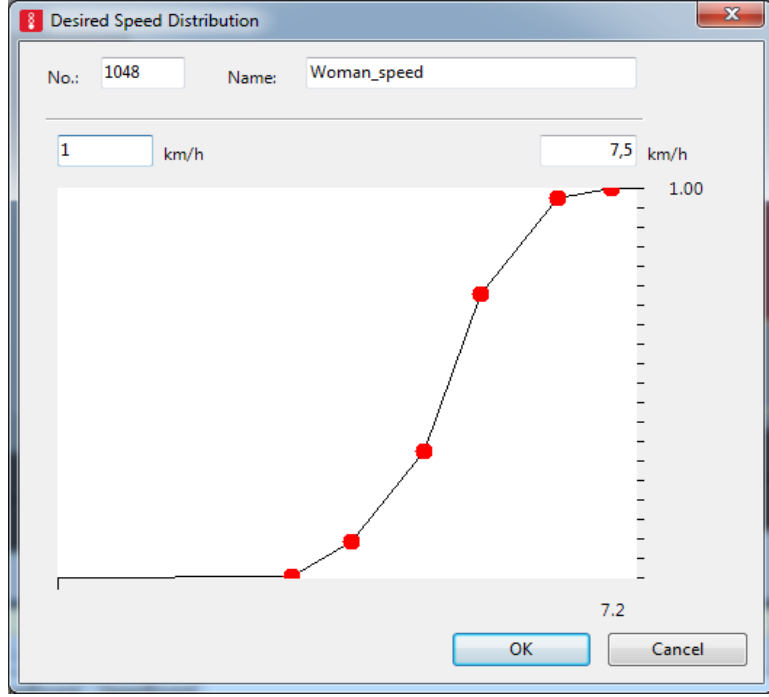
GENİŞ ENKESİTTE			DARALAN ENKESİTTE		
	Ortalama Hız (m/s)	Yüzde		Ortalama Hız (m/s)	Yüzde
Cinsiyet			Cinsiyet		
Erkek	1.36	50%	Erkek	1.35	54%
Kadın	1.28	50%	Kadın	1.20	46%
Yaş			Yaş		
15-25	1.37	47%	15-25	1.32	47%
25-40	1.34	29%	25-40	1.31	29%
40-65	1.22	23%	40-65	1.16	21%
65-100	1.03	2%	65-100	1.04	2%
Kilo Durumu			Kilo Durumu		
Zayıf	1.36	11%	Zayıf	1.30	11%
Normal	1.33	71%	Normal	1.30	71%
Kilolu	1.23	18%	Kilolu	1.17	18%
Yük Durumu			Yük Durumu		
Yok	1.34	39%	Yok	1.32	40%
Hafif	1.30	54%	Hafif	1.26	53%
Orta	1.33	6%	Orta	1.23	6%
Ağır	1.19	1%	Ağır	1.10	1%
Grup Yürüme			Grup Yürüme		
Tek	1.33	74%	Tek	1.30	74%
2 kişi	1.29	25%	2 kişi	1.23	26%
3 kişi	1.16	1%	--	--	--
Genel Ortalama	1.32		Genel Ortalama	1.28	

Şekil 7.116 Benzetimde kullanılan yaya özellikleri ve hız dağılımı

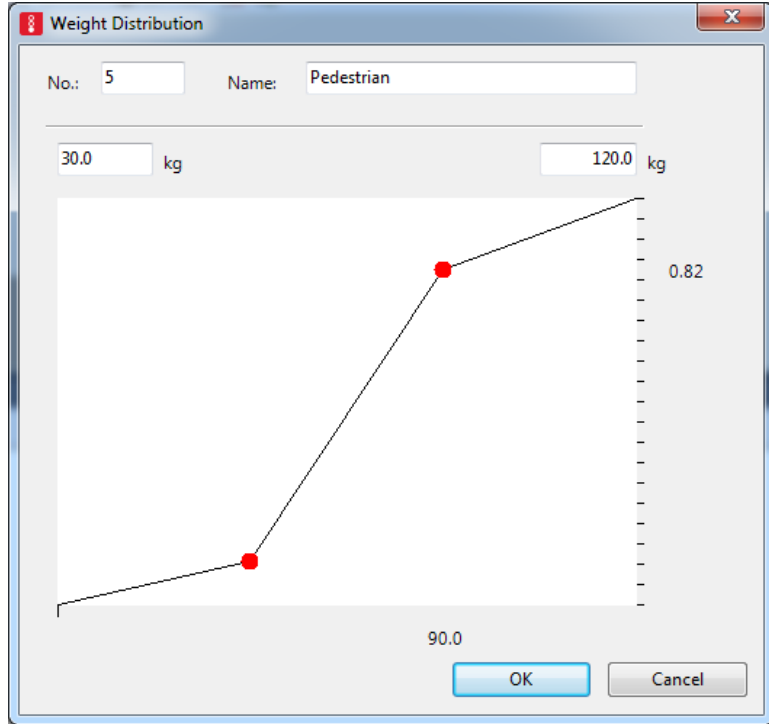
Şekil 7.116'deki özet tabloya esas teşkil eden veri kümesindeki değerlerin kümülatif olasılık dağılımları çizdirilerek, cinsiyete göre hız dağılımına (km/sa cinsinden) ve genel kilo durumuna (kg cinsinden) ait kırılma noktaları sırasıyla Şekil 7.117 ve Şekil 118.103 ile Şekil 7.119'te görüldüğü gibi sistemde tanımlanmıştır.



Şekil 7.117 Erkek yürüme hızı dağılımı



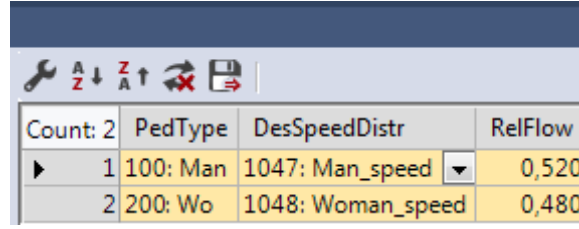
Şekil 7.118 Kadın yürüme hızı dağılımı



Şekil 7.119 Genel kilo durumu dağılımı

Ölçüm ve izleme sürecindeki kısıtlar nedeniyle geniş ve daralan enkesitte farklılık gösteren erkek ve kadın oranının ortalaması alınarak sırasıyla yaklaşık olarak %52 ve

%48'lik trafik oranı tanımlanmıştır (Şekil 7.120). Yaya için, iki yönden toplam 400 yaya/saat'lik akım değeri girilmiştir.



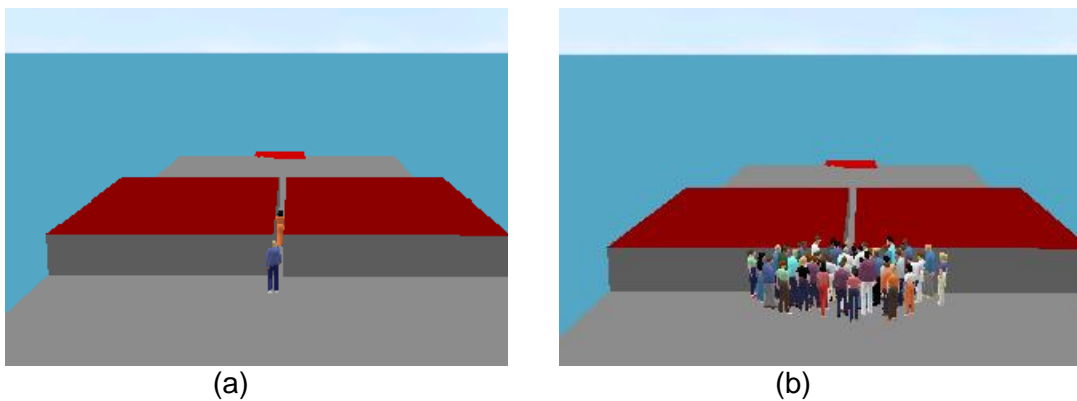
Count	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Man	1047: Man_speed	0,520
2	200: Wo	1048: Woman_speed	0,480

Şekil 7.120 Yaya trafiği üretiminde erkek ve kadın oranı

7.5.5 Program Üzerinde Bazı Testler

Benzetim için ele alınan etüt sahasında daralan bir kaldırım kesimi ile yayaların yola inme ve kaldırıma çıkma hareketleri öne çıkmaktadır. Etkin bir benzetim çalışması için, yazılımın bu durumlara karşı hangi mertebede duyarlı olduğunun anlaşılması amacıyla genel bir dizi deney gerçekleştirilmiştir.

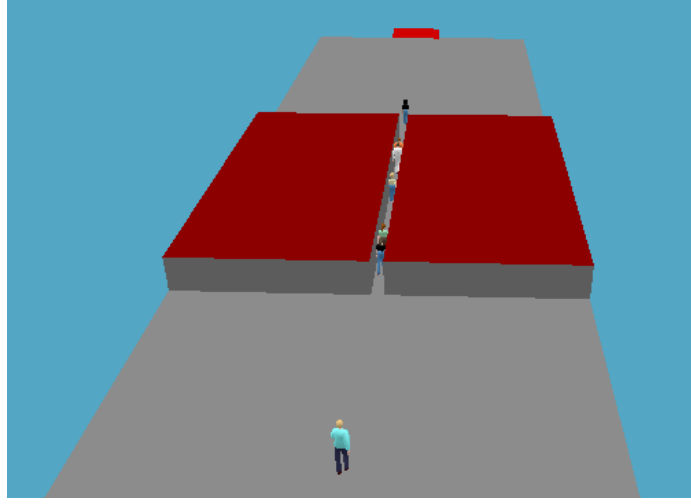
Birinci deneme, daralan kaldırımda yayaların yürümesi esnasında kaldırım genişliği ve duvarın yayalar üzerindeki etkisini anlamaya yönelik olmuştur. Yaya trafiği, aralarında 30 cm aralık bulunan iki engel bloğu arasından geçecek şekilde tasarlandığında hiçbir yayanın bu genişlikten geçemediği görülmüştür. Aralık 40 cm'ye çıkarıldığında yalnızca kısa boylu bir kadın yayanın geçebildiği; ancak takip eden ilk erkek yayanın aralıktan geçemeyerek geçit başlangıcında tıkanıklık meydana gelmesine neden olduğu görülmüştür. Bu durum Şekil 7.121.a ve. b 'de gösterilmiştir.



Şekil 7.121 40 cm genişliğindeki bir geçitte yayaların davranışı

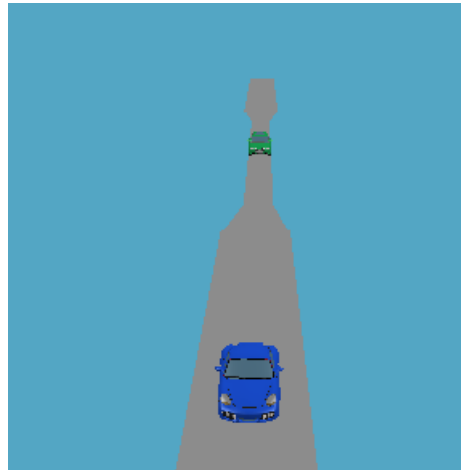
Bloklar arası geçidin genişliği 50 cm olarak ayarlandığında ise tüm yayaların diğer tarafa geçerek varış noktasına ulaştığı görülmüştür (Şekil 7.122). Uğur Mumcu Caddesi'ndeki dar

kaldırımın genişliği 70 cm olarak ölçülmüş olduğundan, benzetim esnasında burada yayaların yürümesi için bir engel bulunmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 7.122 Geçit genişliği 50 cm'ye çıkarıldığında tüm yayaların geçebilmesi durumu

İncelenen bir diğer senaryo, yayaların yola inmesi durumunda taşıt trafiği için gerekli olan minimum şerit genişliği ile ilgilidir. Bu amaçla taşıt yoluna ait şerit genişliği yol kesiminin orta kısmında birkaç adımda azaltılarak taşıtların hangi minimum genişlikte etkin bir şekilde yolu kullanmaya devam edebildikleri bulunmuştur. Otomobillerin esas alındığı bu deneyde minimum şerit genişliği 170 cm olarak belirlenmiştir. Bu durum Şekil 7.123'de görülmektedir.



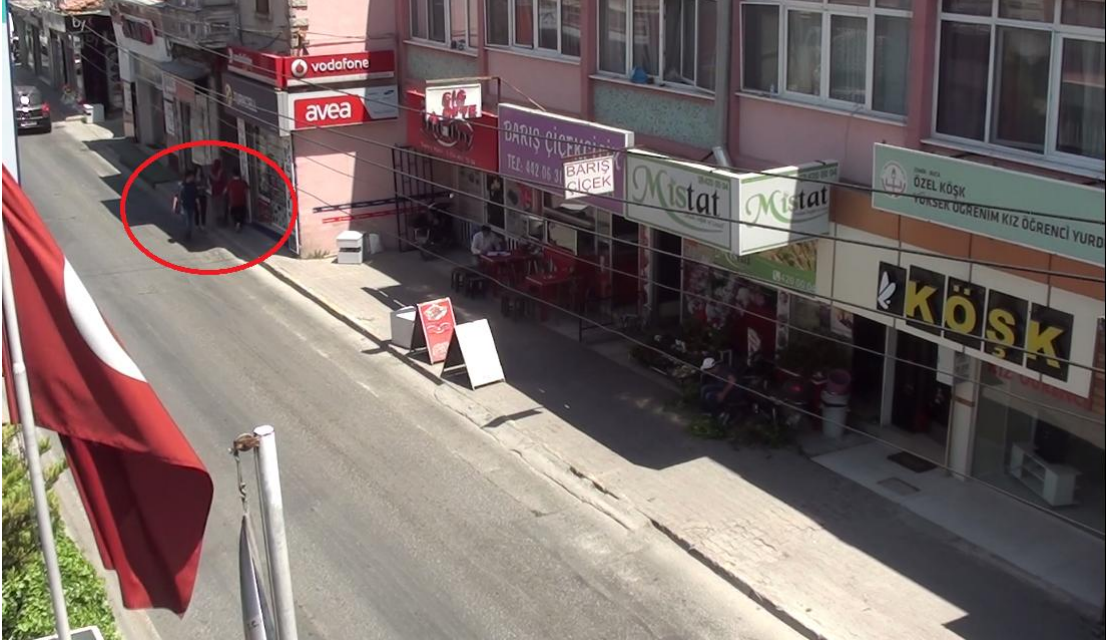
Şekil 7.123 Taşıt yolu genişliği sınırlarının belirlenmesi

7.5.6 Benzetim Uygulaması

Bölüm 7.5.2'de tanıtılan Uğur Mumcu Caddesi'ndeki saha üzerinde benzetim modellemesi yapılmıştır. Bu yol kesiminde kaldırımın 70 cm mertebelerine kadar daralması nedeniyle

karşı yönden gelen bir yaya ile karşılaşan yayalar yola inerek yürümekte, taşıtlarla riskli bir etkileşime zorlanmaktadır. Söz konusu dar kaldırım kesimi genişletilerek yayaların seyahat süreleri ve gecikmeleri ölçülmeye çalışılmıştır.

Şekil 7.124'daki fotoğrafta kırmızı elips içinde işaretlenen bölge, daralan kaldırımda yayaların göstermiş olduğu, dar kaldırım nedeniyle yola inerek geçme hareketidir. Durum, resim büyütülerek Şekil 7.125'da gösterilmiştir.

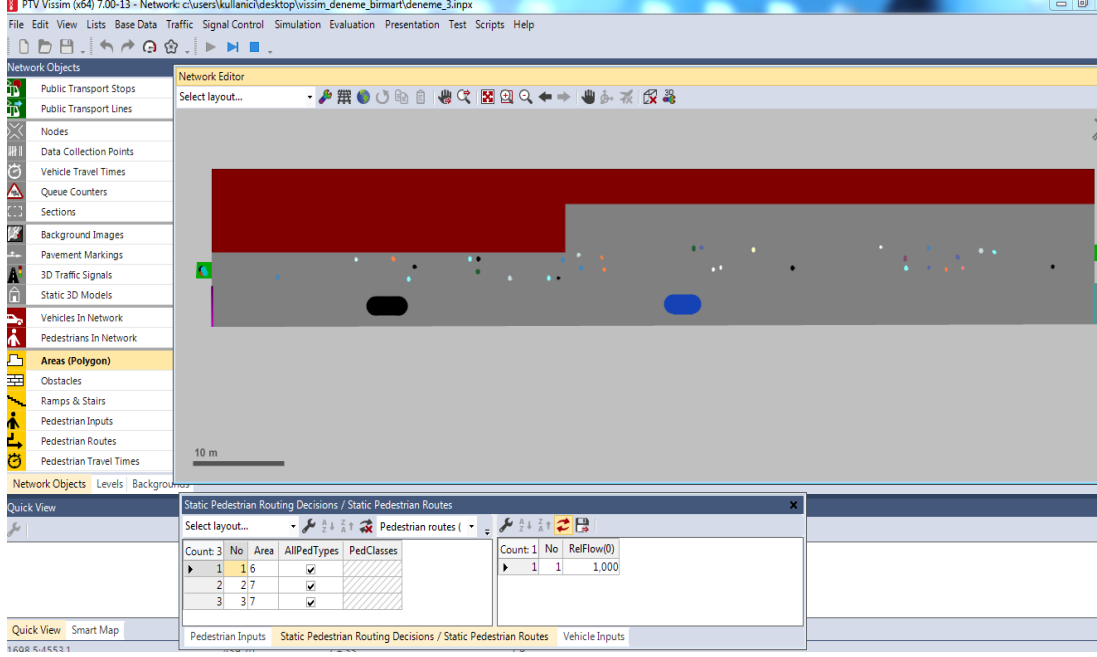


Şekil 7.124 Sahanın genel görünümü ve gözlenen yaya hareketlerine bir örnek



Şekil 7.125 Gözlenen yaya hareketlerine bir örnek (büyütülmüş)

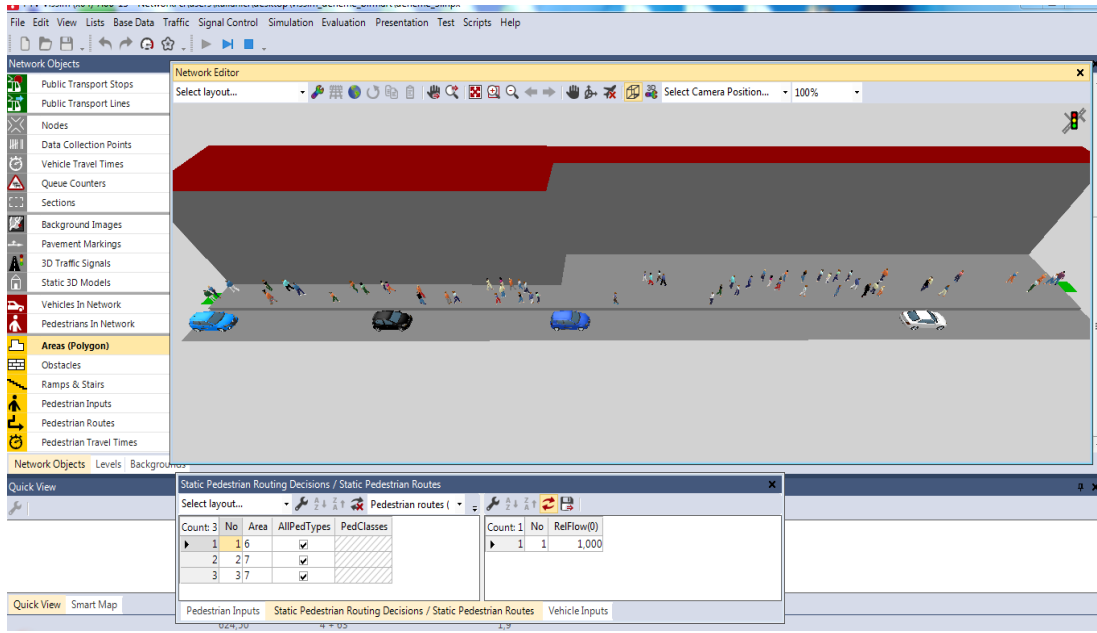
Yukarıda anlatılan yola inme durumundan kaynaklanan kayıplar benzetim ortamında temsil edilerek ölçülmüş, bir düzenleme yapılarak sonuçlar karşılaştırmaya çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle saha AutoCAD planından aktarılarak VISSIM ortamında çizilmiştir. Şekil 7.126'de sahanın benzetim ortamında ilk oluşturulan modeli sonrası iki boyutlu (havadan) görünümü sunulmuştur.



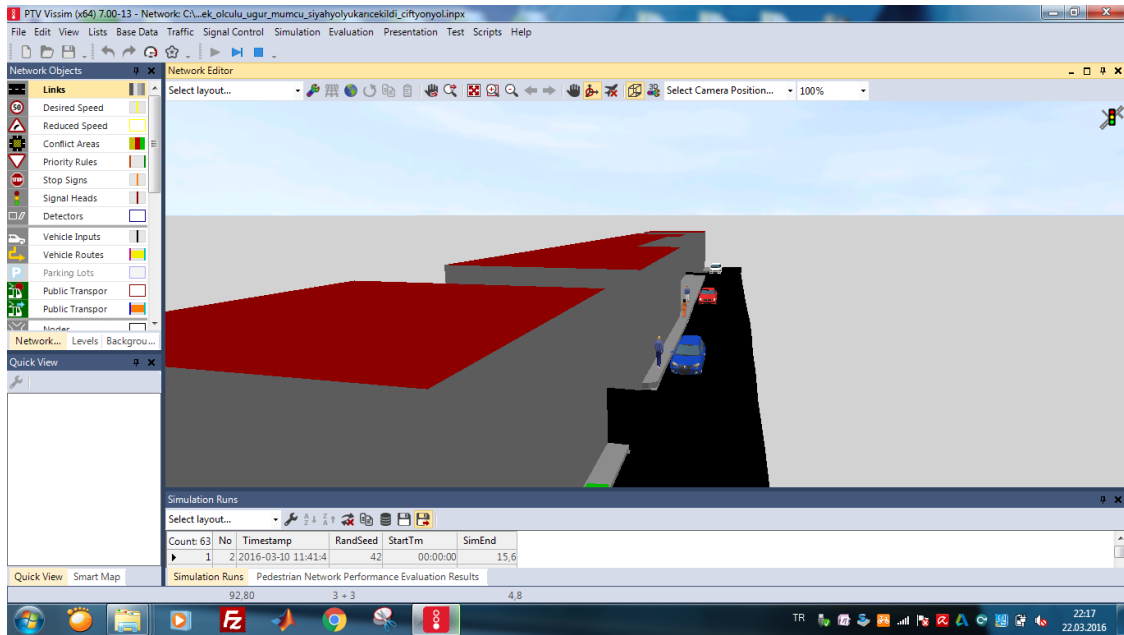
Şekil 7.126 Sahanın plan görünümü

Yeşil alanlar "pedestrian inputs" yani yaya girişleri olarak gösterilmiştir. İncelenen kaldırımdan ayrı olarak yaya girişlerinin gösterilmesinin sebebi program mantığında yayaların aynı alan içerisinde hareket edememesindedir. Böylece başlangıç ve varış noktaları belirlenmektedir. Yaya ve araç hacimleri etüt çalışmalarında gözlenen değerlere uygun olarak girilmiştir. Şekildeki kırmızı renkli alan "obstacle" yani engel olarak tanımlanmıştır. Bu kırmızı alanlar kaldırımı sınırlayan yapıları, küçük noktalar yayaları, elips şekiller ise araçları temsil etmektedir. Şekil 7.126'deki sahanın üç boyutlu perspektif görünümü ise Şekil 7.127'de sunulmuştur.

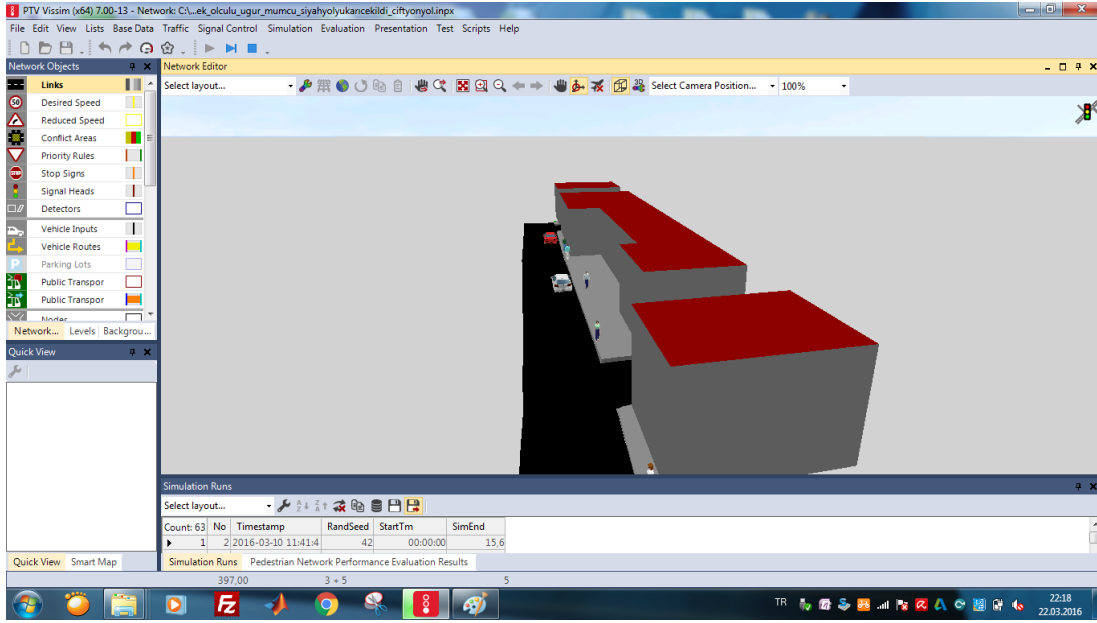
Şekil 7.126 ve Şekil 7.127 gösterilen ilk benzetim ortamı üzerinde gerçekteki duruma uyarlanması için gereken son müdahaleler yapılarak Şekil 7.128 ve Şekil 7.129'te sunulan modeller oluşturulmuştur.



Şekil 7.127 Sahanın perspektif görünümü

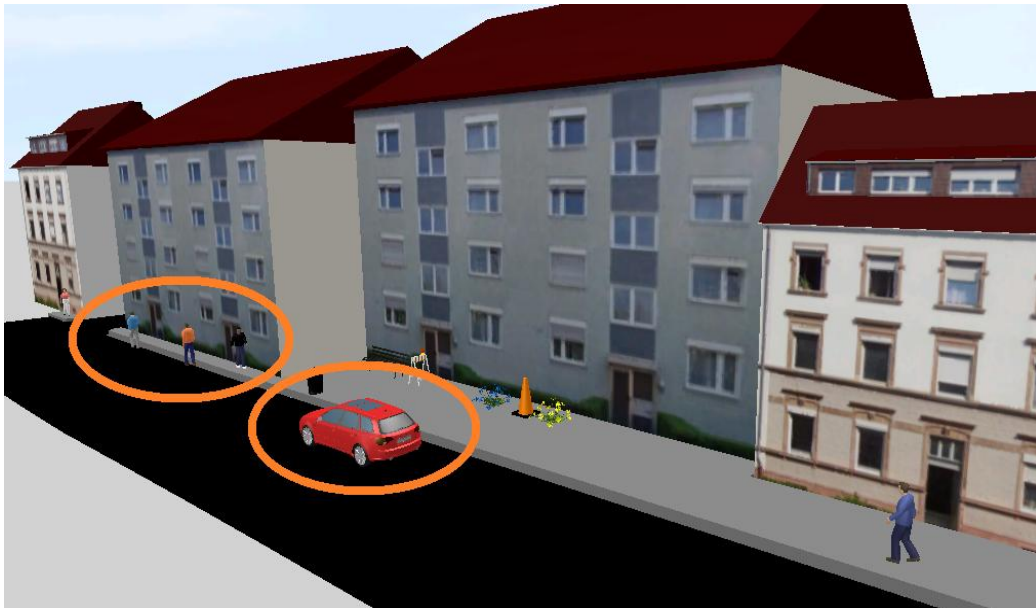


Şekil 7.128 Sahanın perspektif görünümü



Şekil 7.129 Sahanın perspektif görünümü

Daha sonra yapı blokları üzerine üç boyutlu bina modelleri giydirilerek ortam görüntüsünün gerçeğe yaklaştırılması sağlanmıştır. Bu ortam, mevcut durumu temsil etmektedir. Kaldırımın yetersizliği sonucu yayaların yola inerek buradan yürümesi ve taşıtların çok yakından geçmesi Şekil 7.130 ve Şekil 7.131’de işaretlenerek gösterilmiştir.

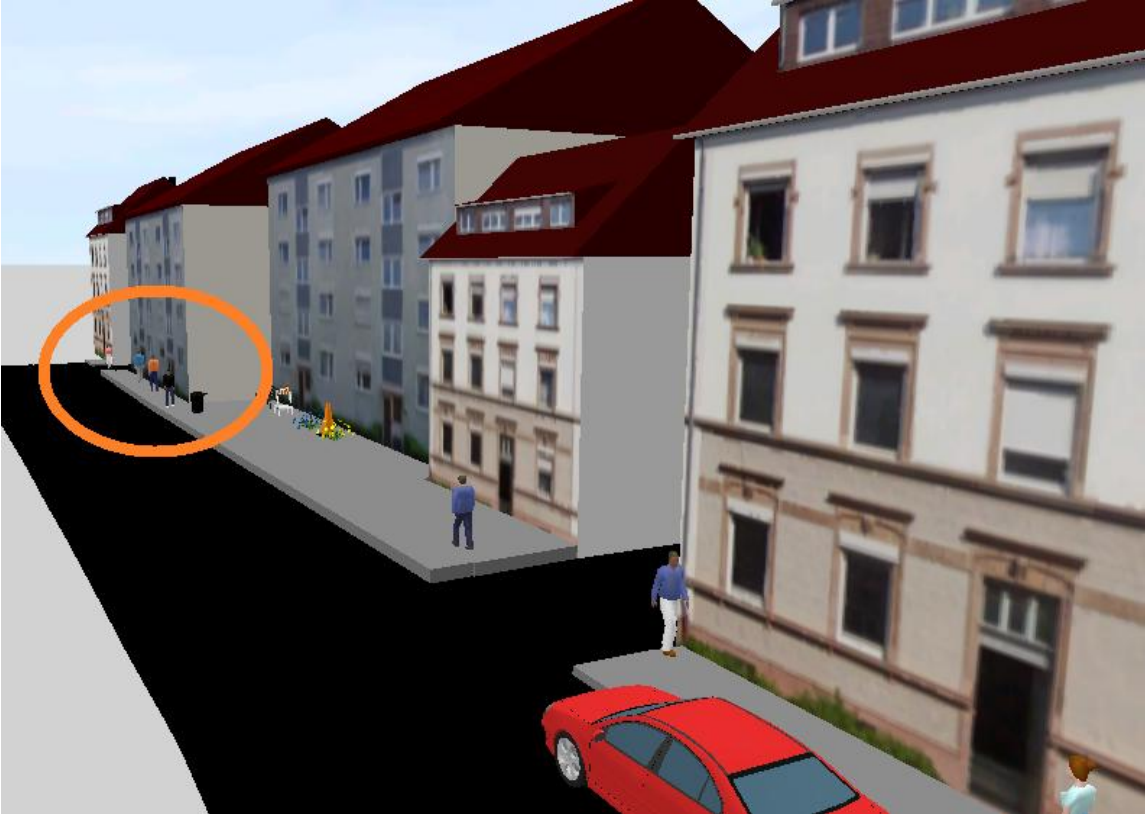


Şekil 7.130 Sahanın perspektif görünümü (mevcut durum)



Şekil 7.131 Sahanın perspektif görünümü (mevcut durum)

İkinci durum ise, yayaların yola inmeye zorlandığı dar kaldırımın, iki yayanın yan yana geçebilmesine olanak tanıyacak kadar genişletilmesi ile oluşturulmuş ortamı kapsamaktadır. Şekil 7.132 ve Şekil 7.133'da, yayaların artık yola inmeden sürekli kaldırımda ilerlediği görülmektedir.



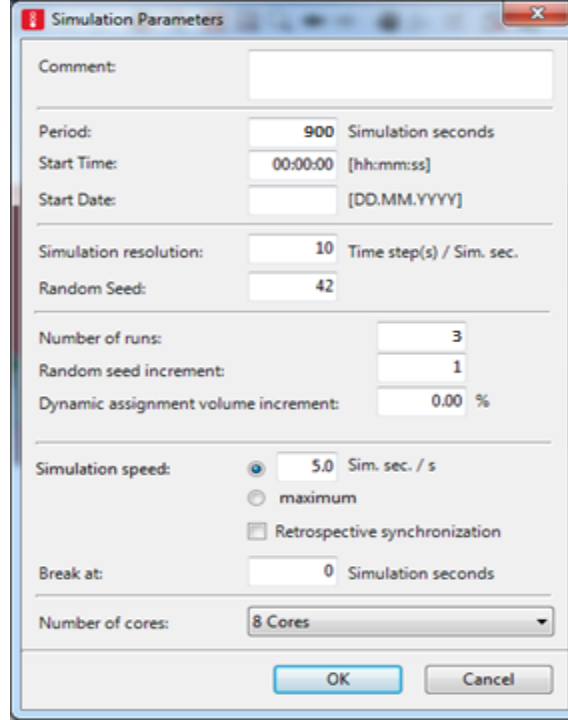
Şekil 7.132 Sahanın perspektif görünümü (düzenleme sonrası durum)



Şekil 7.133 Sahanın perspektif görünümü (düzenleme sonrası durum)

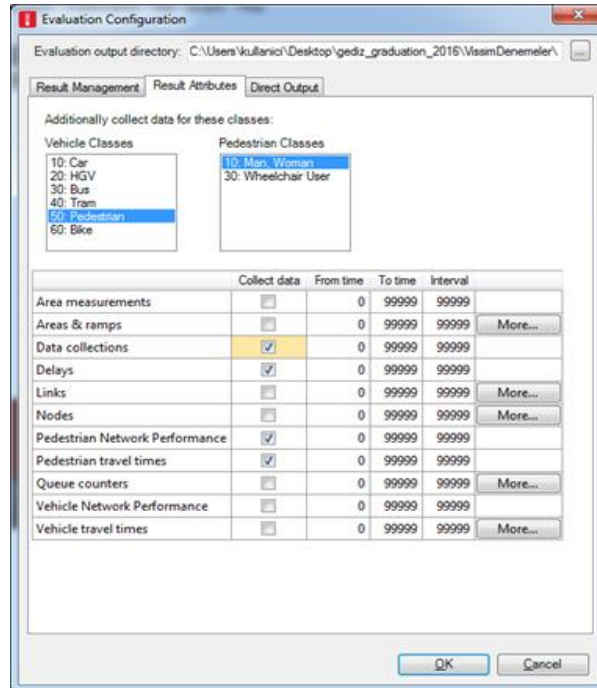
7.5.7 Deney Raporları ve Sonuçlar

Mevcut durum ile düzenleme önerisi sonrası durumun karşılaştırılmasına esas teşkil edecek benzetim sonuçlarının elde edilmesi amacıyla benzetim ayarları Şekil 7.134'te görüldüğü gibi girilmiştir. Saniyede 5 benzetim saniyesi olmak üzere 900 benzetim saniyesi, yani gerçekte 3 dk süren benzetim senaryosu oluşturulmuş; benzetim her bir durum için 5 kez tekrarlanacak şekilde ayarlanmıştır.



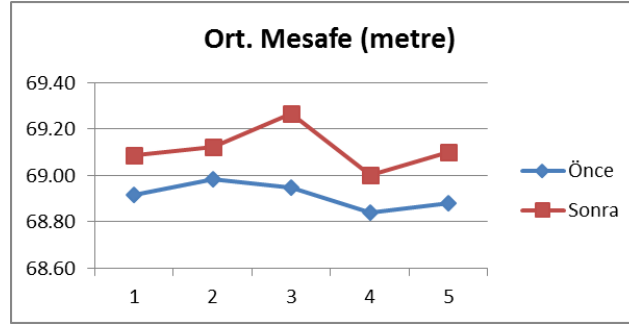
Şekil 7.134 Benzetim ayarları

Değerlendirme raporları penceresi üzerinden, gerekli çıktılar Şekil 7.135'te görüldüğü şekilde seçilmiştir. Raporlardan elde edilen sonuçların ortalaması alınarak yapılan değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

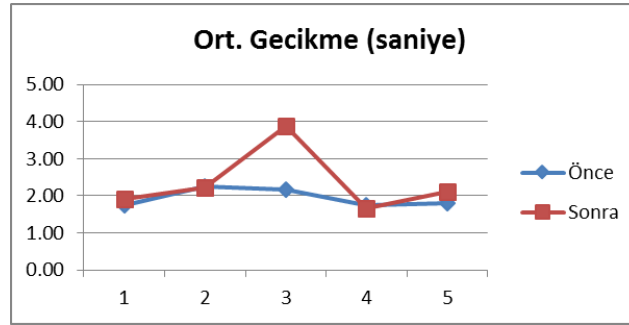


Şekil 7.135 Benzetim sonuç raporu tercihleri

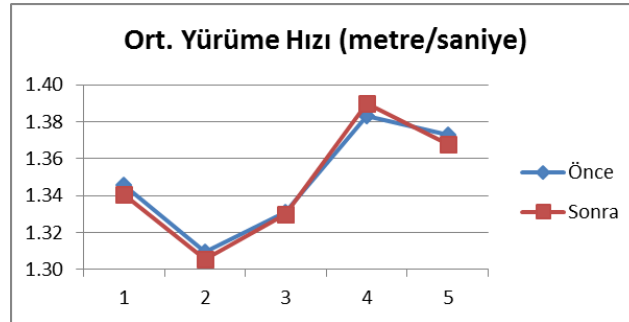
Mevcut durum ve düzenleme önerisi sonrası için 5'er kez çalıştırılan benzetim döngüsü sonucu elde edilen değerler aşağıda özetlenmiştir. Şekil 7.137 ve Şekil 7.138'de sırasıyla yayaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafe, ortalama gecikme ve ortalama yürüme hızı değişimleri sunulmuştur. Yatay eksen 5 benzetim tekrarını ifade etmektedir.



Şekil 7.136 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafeler



Şekil 7.137 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yaşadığı ortalama gecikmeler



Şekil 7.138 Yayaların benzetim ortamı içerisinde ortalama yürüme hızları

Yukarıdaki şekillerde sunulan bilgiler aşağıda Tablo 7.24'te özetlenmiştir.

Tablo 7.24 Elde edilen sonuçların özeti

	Ort. Mesafe (m)	Yolculuk Süresi (s)	Gecikme (s)	Hız St. Sapma (m/s)	Hız (m/s)
Önce	68.91	53.32	1.94	0.19	1.35
Sonra	69.12	53.87	2.35	0.20	1.35

Yukarıdaki benzetim hesaplamaları sonuçlarına göre, dar kaldırımın genişletilerek düzenlenmesine karşın, yürüme mesafeleri ve gecikmelerde herhangi bir azalma gözlenmemiş, beklenenin aksine artış olmuştur. Bu sonuç, yaya hareketlerini mikro düzeyde temsil etme konusunda benzetim yazılımlarına yeni değişken ve parametreler eklenmesi ve modellerin daha ayrıntılı kalibre edilmesine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

8. ÇIKTILARIN POTANSİYEL UYGULAMA ALANLARI

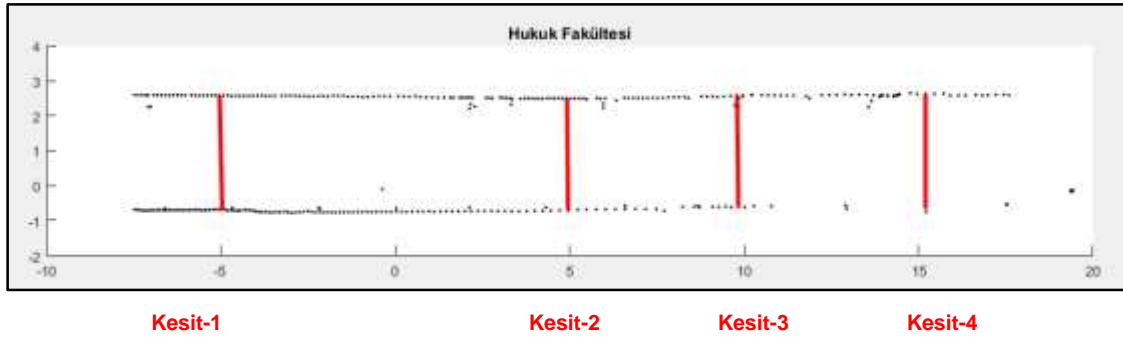
Bu bölümde kentlerimizin daha yaşanabilir olması ve yaya hareketliliğinin sağlıklı biçimde sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yol, kaldırım trafik ve otopark düzenlemeleri ile ilgili önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır. yaya ulaşım tesislerindeki iyileştirme önerileri temelinde yaya güvenliğine potansiyel katkısı incelenmiş ve kalite indeksi yaklaşımlarında bulunulmuştur.

8.1 Yol, Kaldırım, Trafik ve Otopark Düzenleme Önerileri

Bu çalışma yüksekliği ve genişliği değişen 50 metrelik kısa sokak / kaldırım parçalarında yaya hızlarının değişimine odaklanmıştır. Dolayısıyla böylesi bir çalışmadan yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemelerine yönelik kapsamlı önerilerde bulunmak mümkün değildir. Bununla beraber, yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemeleri konusunda küresel ve yerel ölçekte kamu kurumları tarafından çok sayıda standart geliştirilmiştir (Türk Standartları Enstitüsü, 2012). Ayrıca yerel ölçekte kentsel gelişmeyi yönlendirmek amacıyla gerek kurumlar gerekse özel kuruluşlar tarafından sayısız “kentsel tasarım rehberi” yayınlanmıştır. Bu rehberlerde çalışma sahasına özel olarak yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemelerine yönelik öneriler geliştirilmiştir. Genellikle kentsel tasarım uzmanları tarafından yayınlanan bu kentsel tasarım rehberlerinde yer alan yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenleme alanı özgüdür ve çok çeşitlidir (Gaziantep Kentsel Tasarım Rehberi, Punter, 1999; Urban Design Associates, 2002; City of Toronto, 1997). Bu projede elde edilen bulgular anılan bu kentsel tasarım rehberlerine girdi sağlayabilecek niteliktedir. Örneğin bu çalışmada kaldırım yüksekliği arttıkça yayaların daha uzun süreler taşıt yolunda yürümeyi tercih ettiği ortaya konulmuştur ve kaldırım yüksekliğindeki artışın yaya taşıt çatışmasını arttırdığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, her ne kadar yaya taşıt ayrımının kaldırım yüksekliği ile sağlandığı durumlarda yaya güvenliğinin artırıldığı varsayılsa da bu çalışma yayalar için gerekli ve yeterli hareket alanı ve genişliği sağlanmadığı durumlarda yaya yolu yüksekliğinin artırılmasının yaya güvenliğini daha çok tehdit ettiğini ortaya koymuştur. Gerekli ve yeterli hareket alanının bulunmadığı ve yaya yolu sürekliliğinin sağlanmadığı durumlarda (kaldırım üzerinde bariyerlerin bulunması durumunda) taşıt ve yaya yolu (kaldırım) arasında yükseklik farkının minimum düzeyde olması tercih edilebilir. Bu bulgu hem çalışma sahası özelinde hem de Türkiye kentleri genelinde yerel yönetimlerin uygulamalarını yönlendirebilecek bir bulgudur.

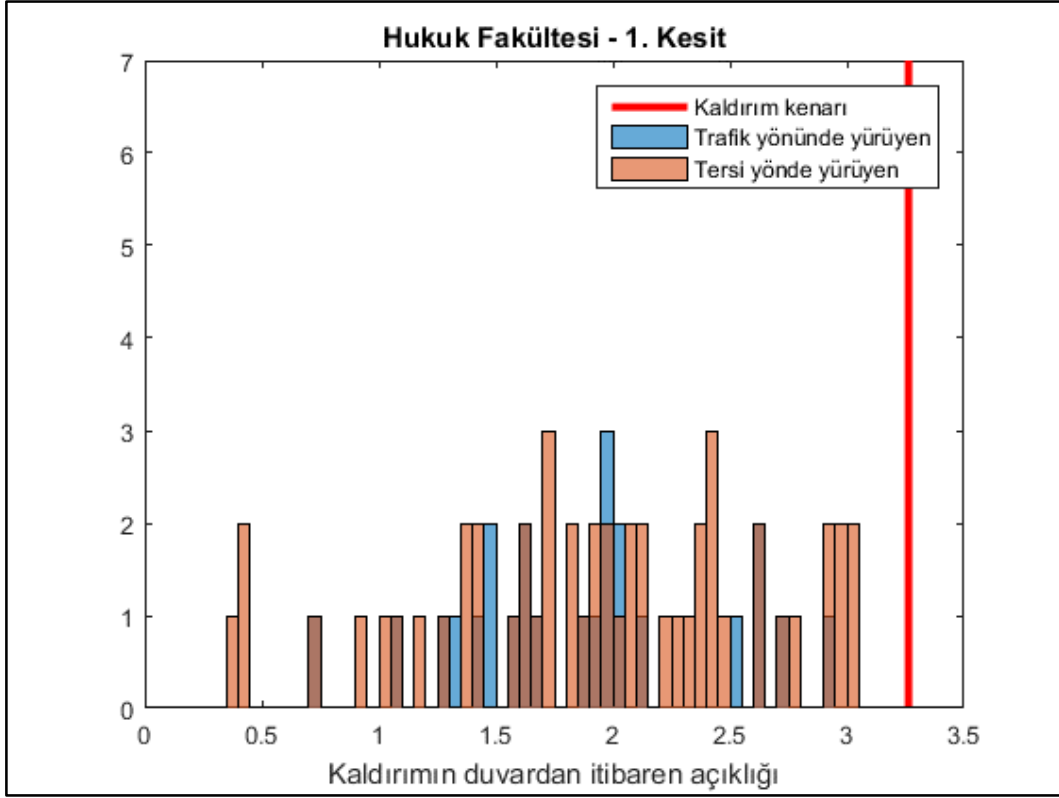
Bu bölümde, proje bulgularından hareketle, yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemeleri hakkında bazı prensipler önerilmiştir. Öncelikle kaldırım ve yolun, kaldırım bulunan gözlem noktalarında yayalar tarafından, kesit üzerindeki konum bakımından nasıl kullanıldığı incelenerek, kaldırım ve yol düzenlemeleri tartışılmıştır.

Şekil 8.1’de, kontrol gözlem noktası olan Hukuk Fakültesi yakınındaki kaldırım ve üzerinde incelenen 4 enkesit noktasının konumu gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, kontrol gözlem noktası kayda değer bir enkesit değişimi göstermediğinden, enkesitler rastlantısal konumlardan seçilmiştir. Seçilen enkesitlerdeki yaya geçiş histogramları, 5’er cm’lik aralıklar için Şekil 8.2~ Şekil 8.5’te verilmiştir.

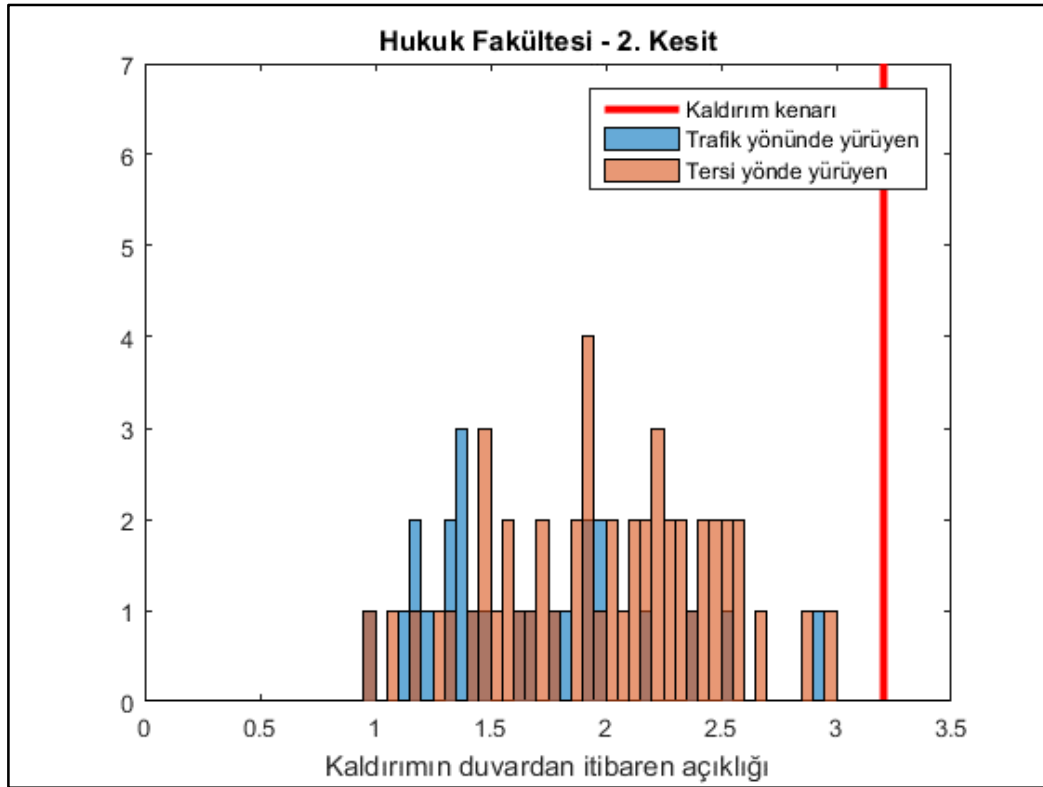


Şekil 8.1 Kaldırım kullanım analizi için Hukuk Fakültesi kesiminde saha çalışmasından alınan kesit konumları

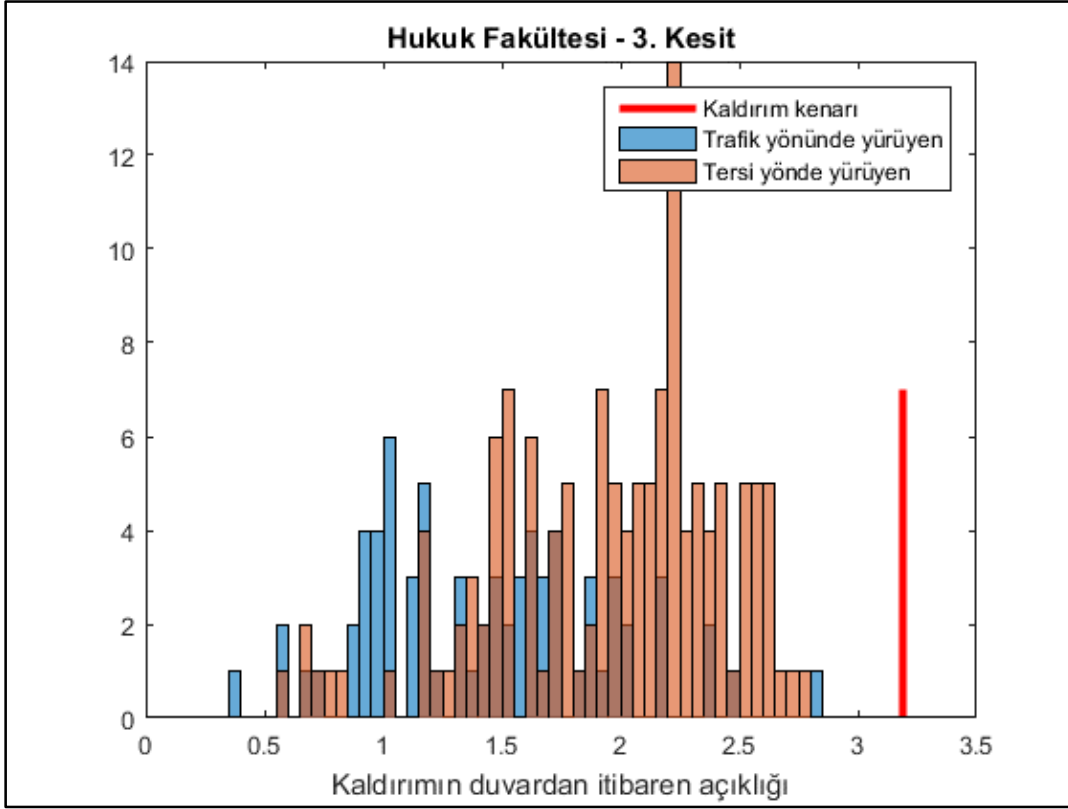
Enkesit histogramları incelendiğinde, 3 metrenin üzerinde genişliğe sahip olan kaldırımda, hiçbir yayanın kaldırım dışından hareket etmediği görülmektedir. Kaldırımın yol seviyesine göre ergonomik bir yükseklikte olması ve kaldırıma park etmenin ayraçlarla ayrılmış olması, yayalar tarafından tasarımına uygun kullanılmasını sağlamaktadır. Duvar dibinde yer alan 50 cm’lik kesimin çok az kullanıldığı, kaldırım kenarına yakın 50 cm’lik kesimin ise daha çok trafiğe ters yönde hareket eden yayalar tarafından kullanılmaktadır. Dolayısıyla karşıdan gelen araç trafiğini görebilen yayaların Şekil 8.6’da verilen TSE standardına göre olması gereken emniyet şeridini de kullandığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, geniş kaldırımlarda dahi, yaya emniyetinin sağlanması için mutlaka bitkilendirme vb. ayraç uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yayaların yönlere göre kaldırım kesitinde aldıkları konum belirgin bir farklılık göstermemektedir.



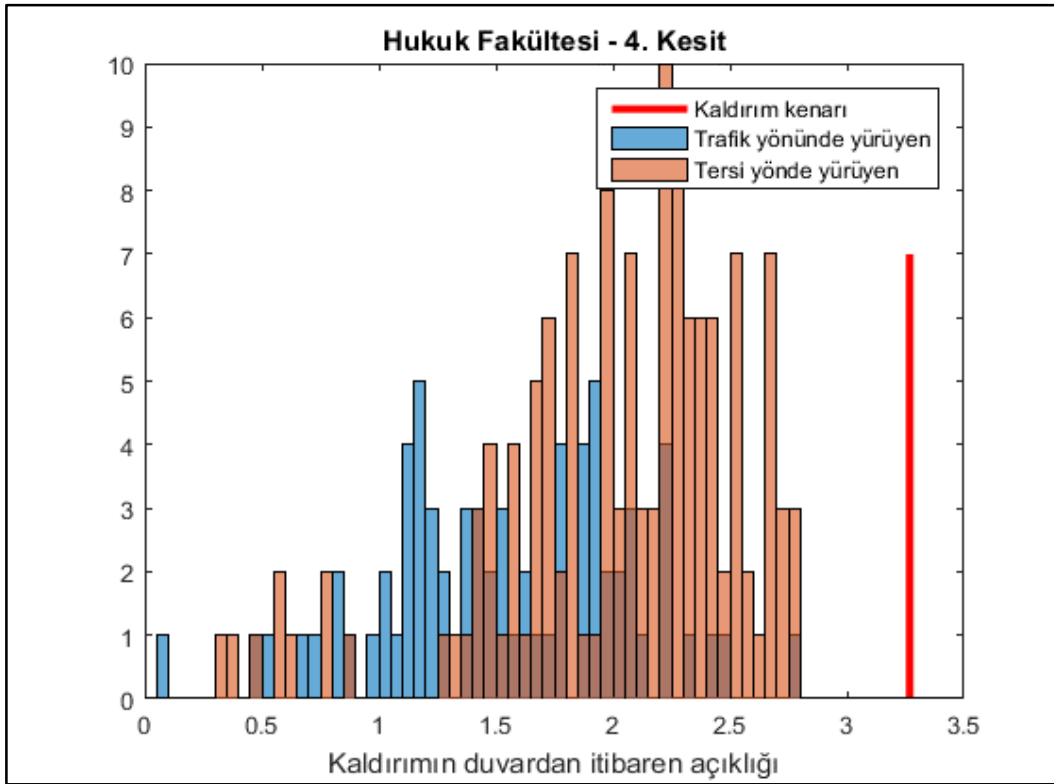
Şekil 8.2 Hukuk Fakültesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



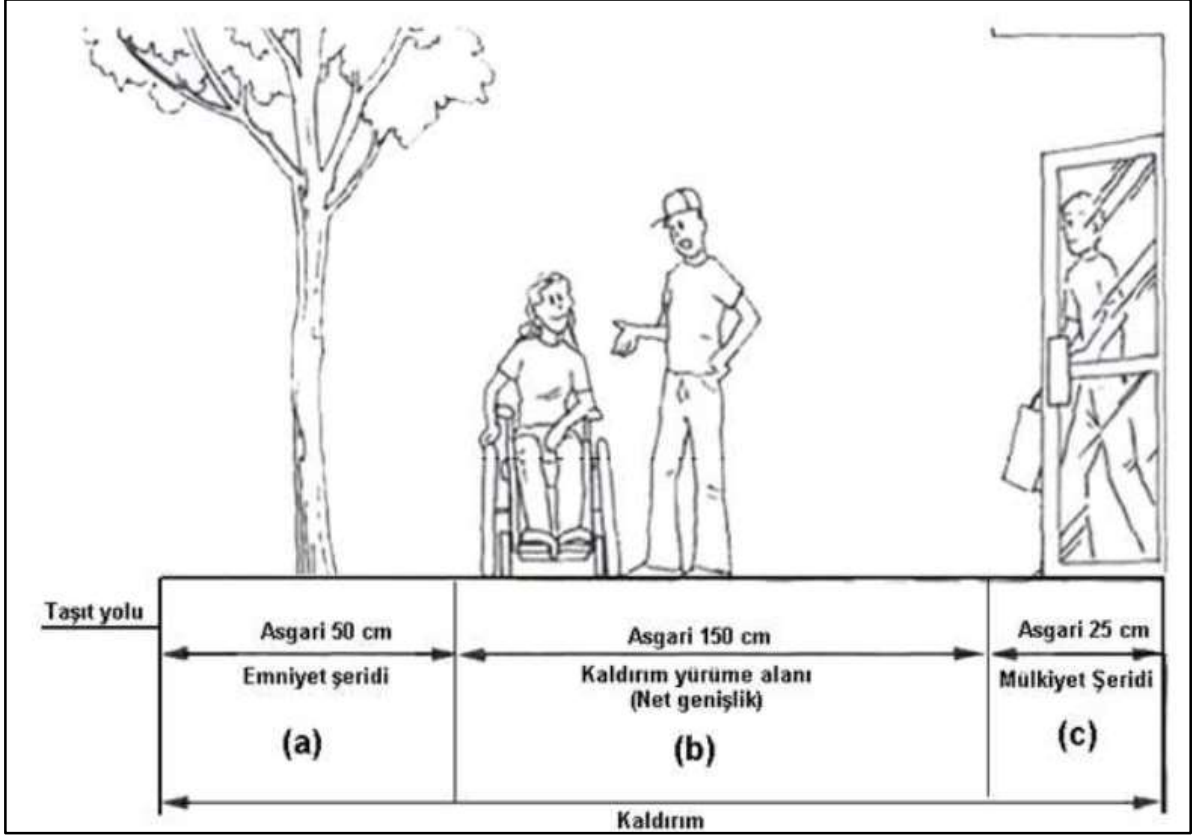
Şekil 8.3 Hukuk Fakültesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 8.4 Hukuk Fakültesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



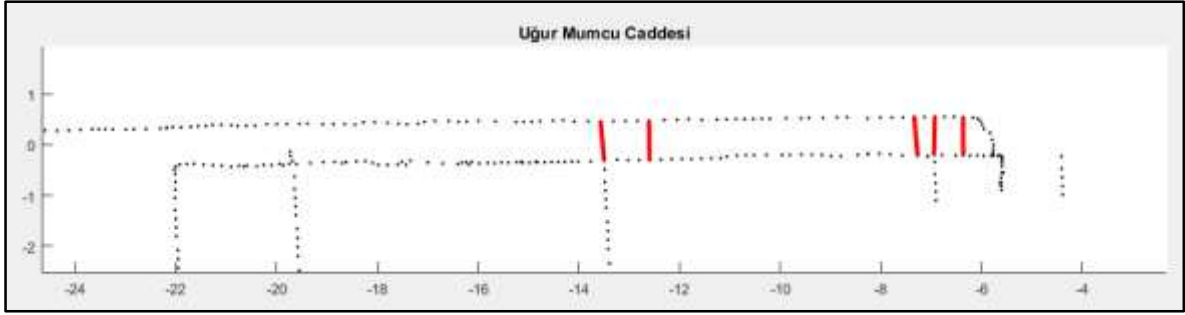
Şekil 8.5 Hukuk Fakültesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 8.6 TS12576'ya göre kaldırım kesiti

Şekil 8.7'de, Uğur Mumcu Caddesindeki daralan kaldırım gözlem bölgesinden seçilen kesit noktaları görülmektedir. Şekil 8.8~Şekil 8.12 arasında ise enkesitlerdeki yaya hareket histogramları görülmektedir. Kaldırımda zıt yönde yürüyen yayaların yaklaşık eşit sayıda olması ve aynı dar kesiti kullanmaları, yaya hareketliliğinin güçleşebileceğini düşündürmektedir. Bölüm 7'de sunulan karşılaştırmalı grafiklerde, Uğur Mumcu dar kaldırım gözlemlerinin, diğer gözlem noktalarına göre çoğunlukla en düşük ortalama hızı vermesi de bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Bu gözlem bölgesinde kaldırım genişliği 75 cm civarı olup standartların oldukça altındadır. Kaldırımın yaklaşık 30 cm'lik mülkiyet şeridi bölgesinin yayalar tarafından kullanılmadığı, dolayısıyla standartta önerilen asgari 25 cm'lik bölgenin, tasarımda mutlaka dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Her iki yönde hareket eden yayaların aynı kesit bölgesinden geçtiği, birçok yaya hareketinin açıklığının 45-65 cm bölgesinde yoğunlaştığı ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, trafiğin tersi yönünde hareket eden, dolayısıyla karşı yönden gelen taşıt trafiğini görebilen yayaların kayda değer bir kısmının taşıt yolu üzerinden gitmek zorunda kaldığı, kaldırım kenarının yaklaşık 40 cm açıklığından yürüdükleri anlaşılmaktadır. 75 cm'lik bir kaldırım uygulaması, yayaları kural dışı kullanıma zorlamakta, ortaya çıkan kullanım alan 125 cm civarı olmaktadır. Standartta verilen

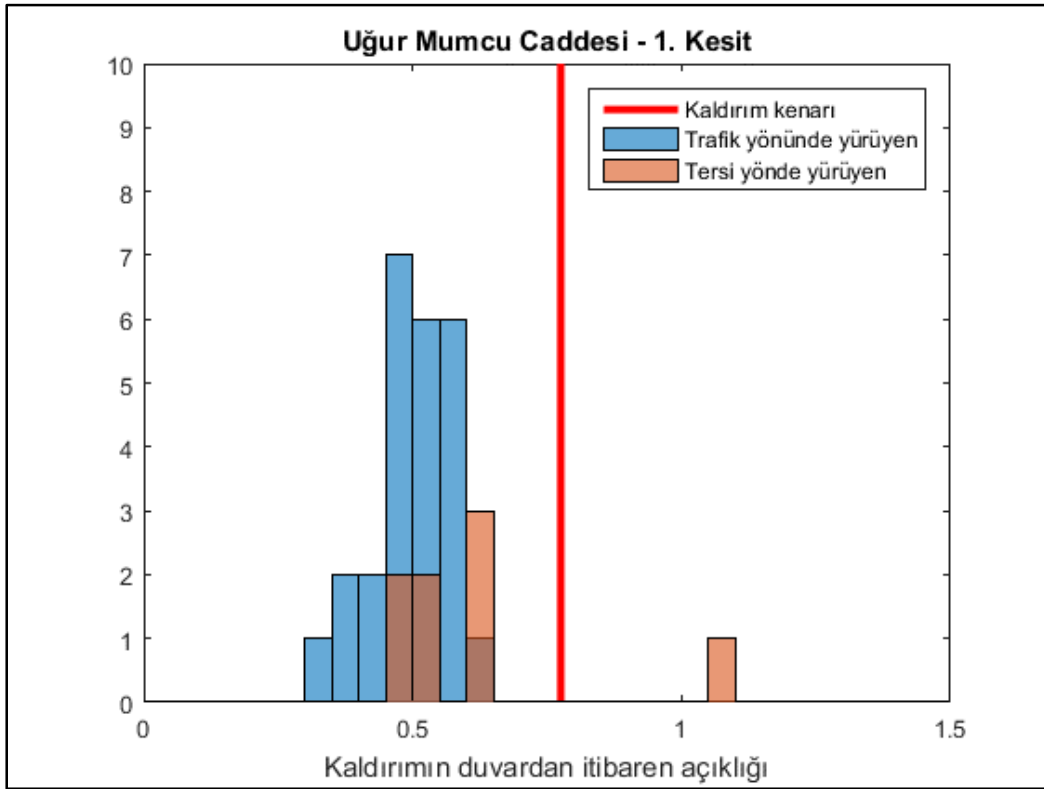
asgari 225 cm'lik yaya platformunun sağlanmasına olanak olmasa dahi, 125 cm'lik bir tasarımın gerekli olduğu düşünülmektedir.



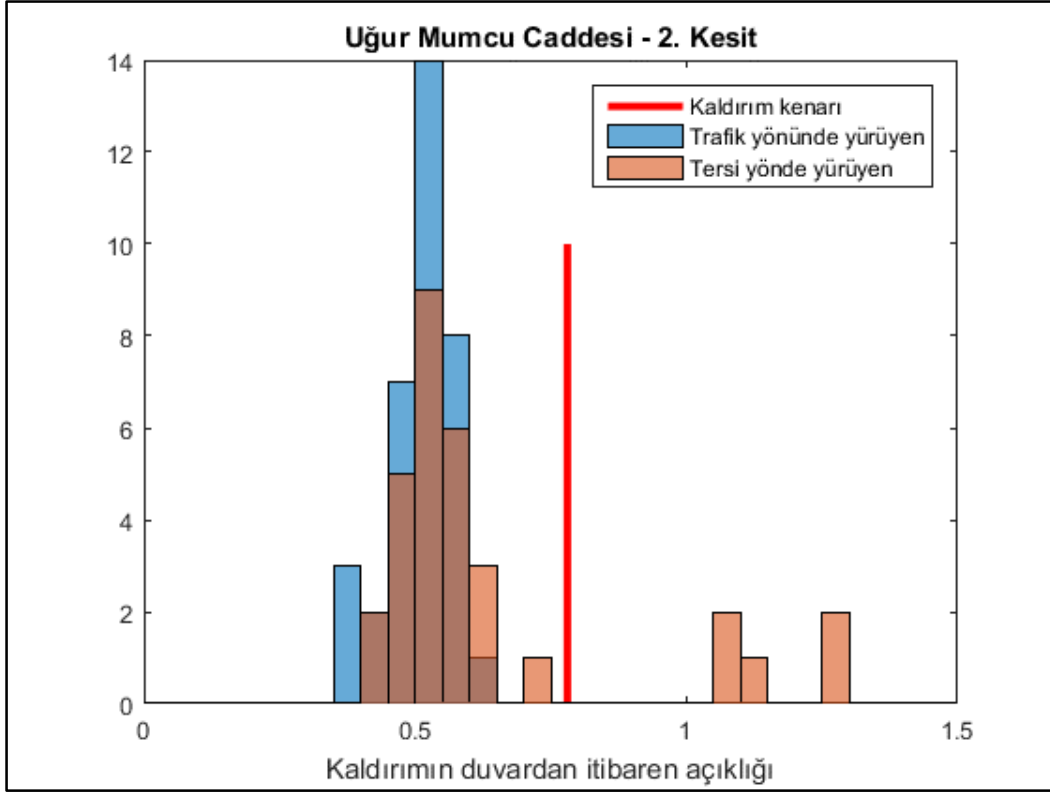
K1 K2

K3 K4 K5

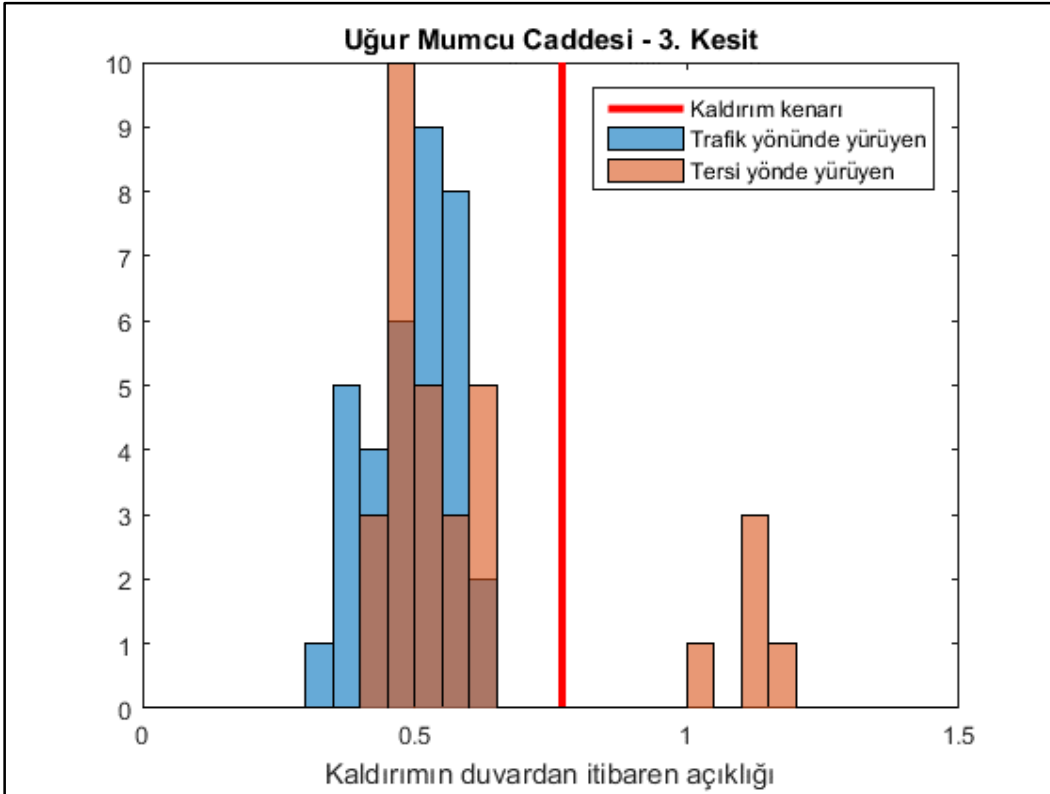
Şekil 8.7 Kaldırım kullanım analizi için Uğur Mumcu Caddesi'ndeki saha çalışmasından alınan kesit konumları



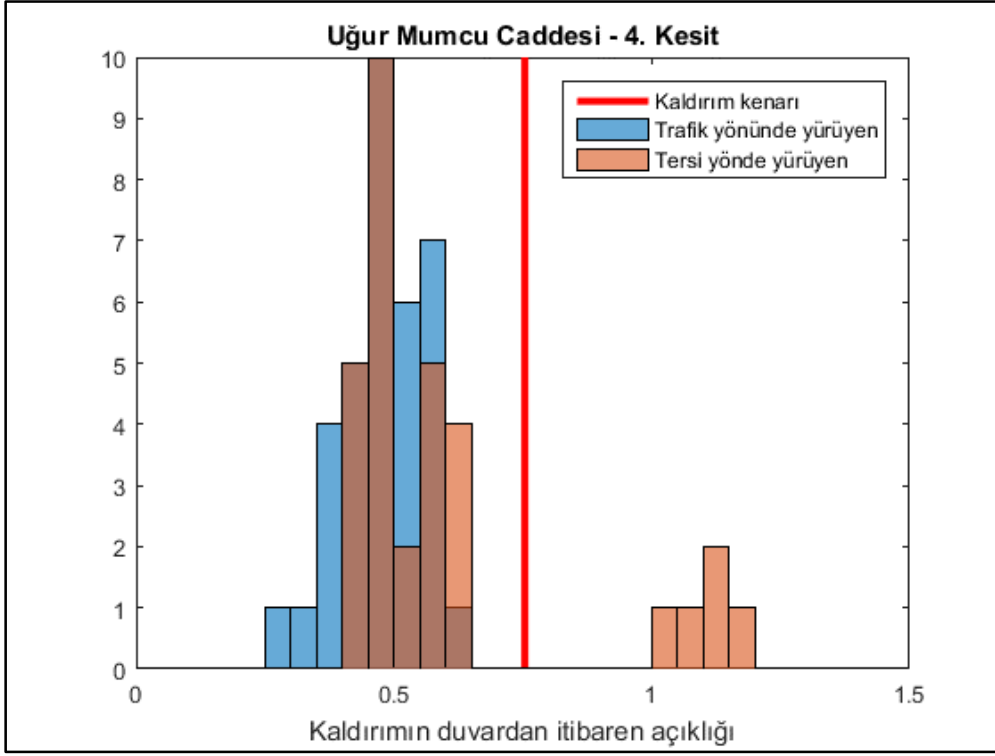
Şekil 8.8 Uğur Mumcu Caddesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



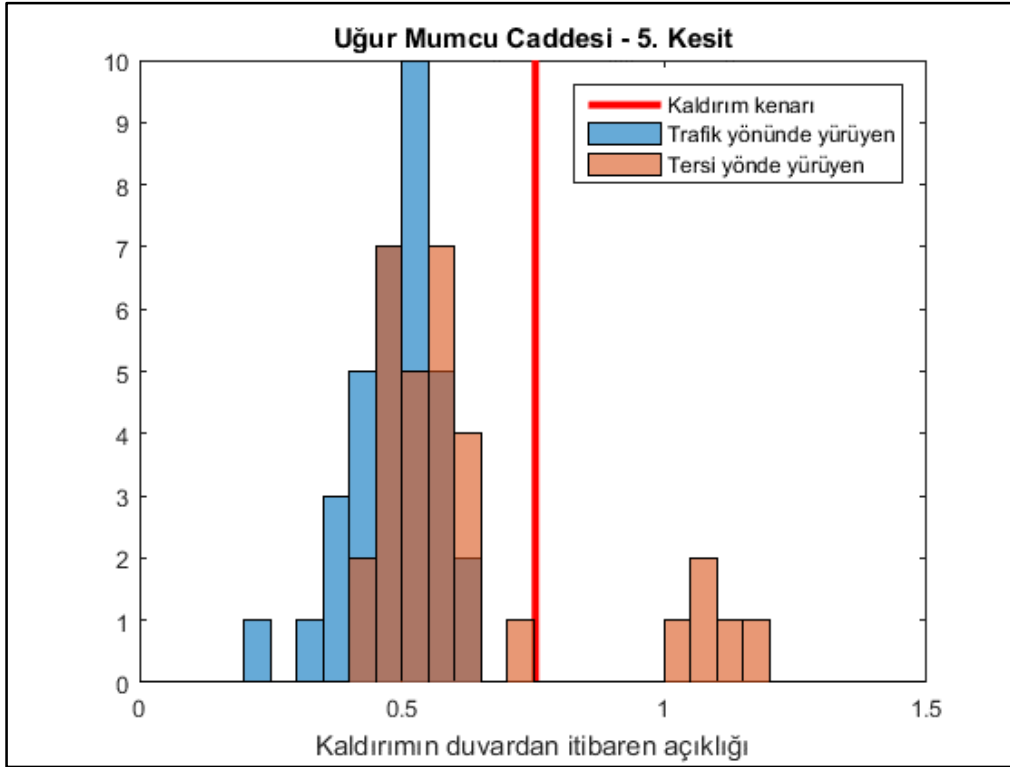
Şekil 8.9 Uğur Mumcu Caddesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 8.10 Uğur Mumcu Caddesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



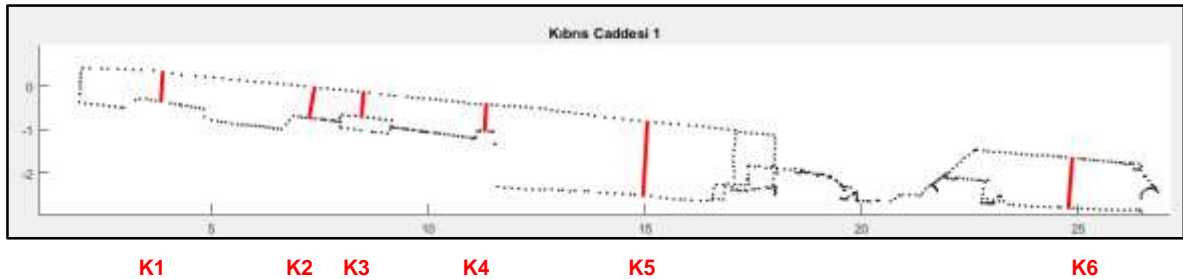
Şekil 8.11 Uğur Mumcu Caddesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



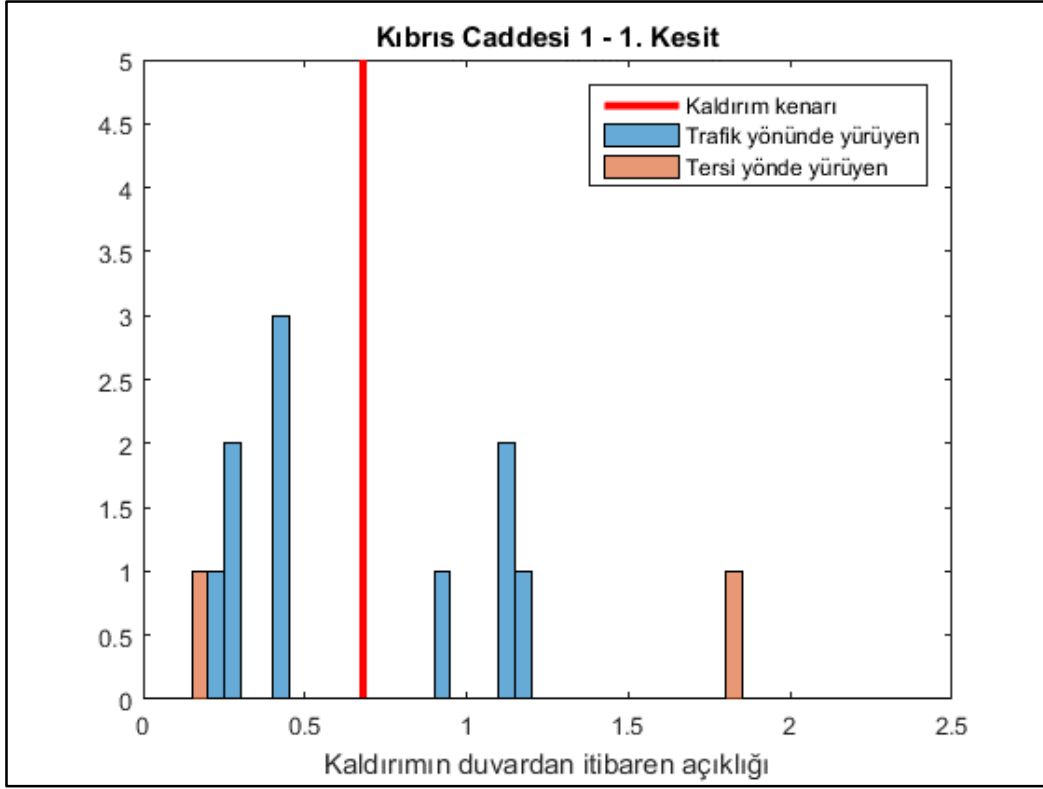
Şekil 8.12 Uğur Mumcu Caddesi 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı

Şekil 8.13'te Kıbrıs Caddesi-1 gözlem bölgesine ait plan üzerinde, kaldırımın daralan ve genişleyen farklı kesimlerinden alınan kesit histogramlarının konumları görülmektedir. Alınan 6 kesit histogramı ise Şekil 8.14~8.19'da sunulmuştur. Yaklaşık 60-70 cm genişliğinde olan ilk 4 kesitte, bitişik trafik şeridi yönünde, dolayısıyla yanından geçecek trafiği sağlıklı şekilde göremeyerek yürüyen yayaların bile kaldırım dışından yürüdükleri ve emniyetsiz bir kullanım gerçekleştirdikleri görülmektedir. 5 ve 6 no.lu kesitlerde kaldırım genişliği 1 m'yi aşmasına rağmen, kaldırım dışında hareket eden yaya sayısının hala yüksek olduğu görülmektedir. Yayalar, platform genişliği düzensiz olan kaldırımlarda, yeterli genişliğin sağlanabildiği yerlerde dahi emniyetsiz kullanımlarını sürdürmekte, gözle görülür yol kesitinde hareketlerinin tekrar engelleneceğini gördükleri takdirde kaldırımı kullanmamayı tercih edebilmektedirler. Uğur Mumcu caddesi örneğinde, kaldırım dar olsa dahi aynı genişlikte olduğundan, en azından trafikle aynı yönde ilerleyen yayalar taşıt yoluna inmemektedir. Dolayısıyla kaldırımların, değişen kesitler yerine, dar da olsa üniform kesitler halinde düzenlenmesi sonucuna varılmaktadır. Kaldırım üniform genişlikte tasarlansa dahi dükkanlar tarafından kaldırımların bölgesel olarak işgali engellenmedikçe, yayaların taşıt platformuna inmeleri engellenemeyecektir.

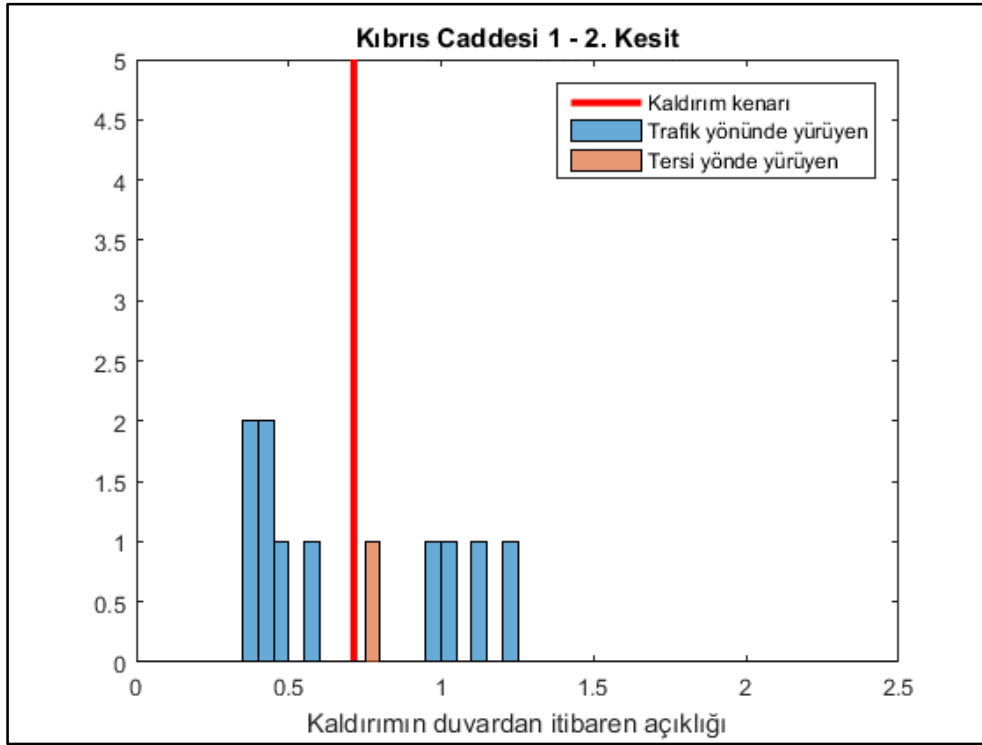
Trafiğe ilişkin tasarım önerisi, gözlem odağı yaya-taşıt çatışması olan bir çalışma için kısıtlı ve taraflı olacaktır. Trafik düzenlemelerine ilişkin söylenebilecek en önemli bulgu, iki yönlü trafiğin sağlanması için kaldırım genişliğinin 60-70 cm'ye indirilmesinin, yaya güvenliği bakımından oldukça sakıncalı olduğu ve yayaları taşıt platformunu kullanmaya sevk ettiğiidir. Dolayısıyla, kaldırım genişliğinin asgari 125 cm ve sürekli olarak ayarlanamadığı koşullarda, trafiğin iki yönlü ve çift şeritli olarak düzenlenmesi yerine, bölge yol ağı bütün olarak analiz edilip tek yönlü ve tek şeritli uygulamalarla yaya hareketliliğinin güvenli hale getirilmesi sağlanmalıdır.



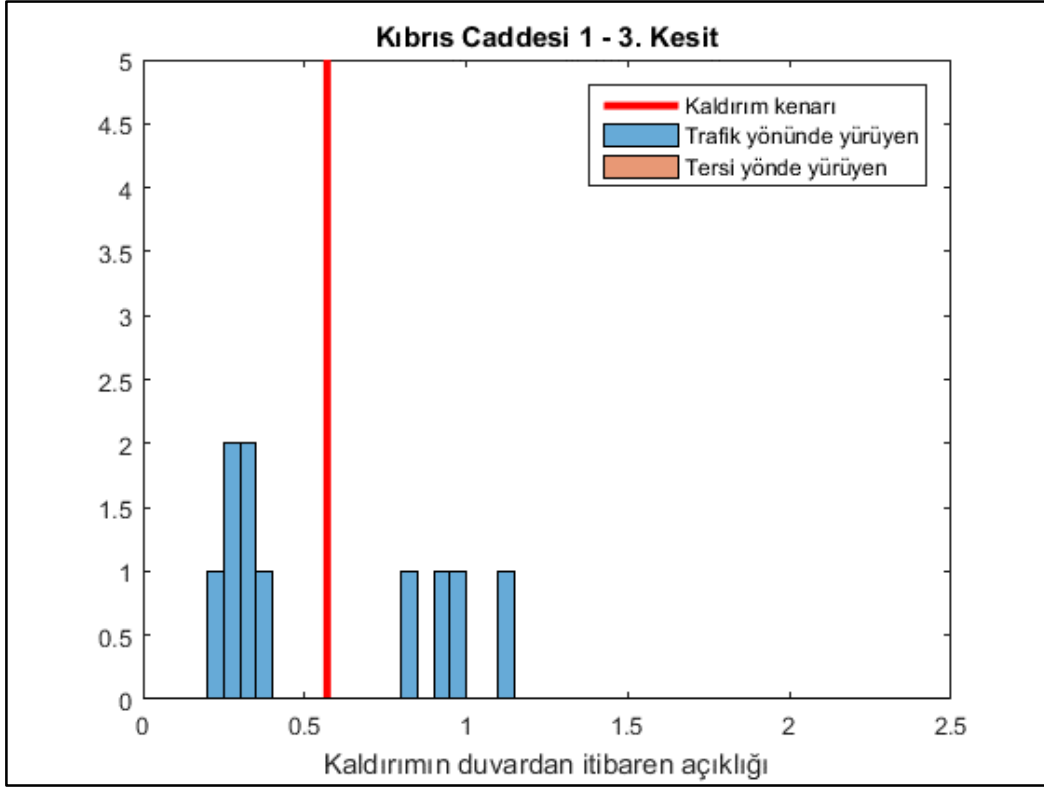
Şekil 8.13 Kaldırım kullanım analizi için Kıbrıs Caddesi-1 kesimindeki saha çalışmasından alınan kesit konumları



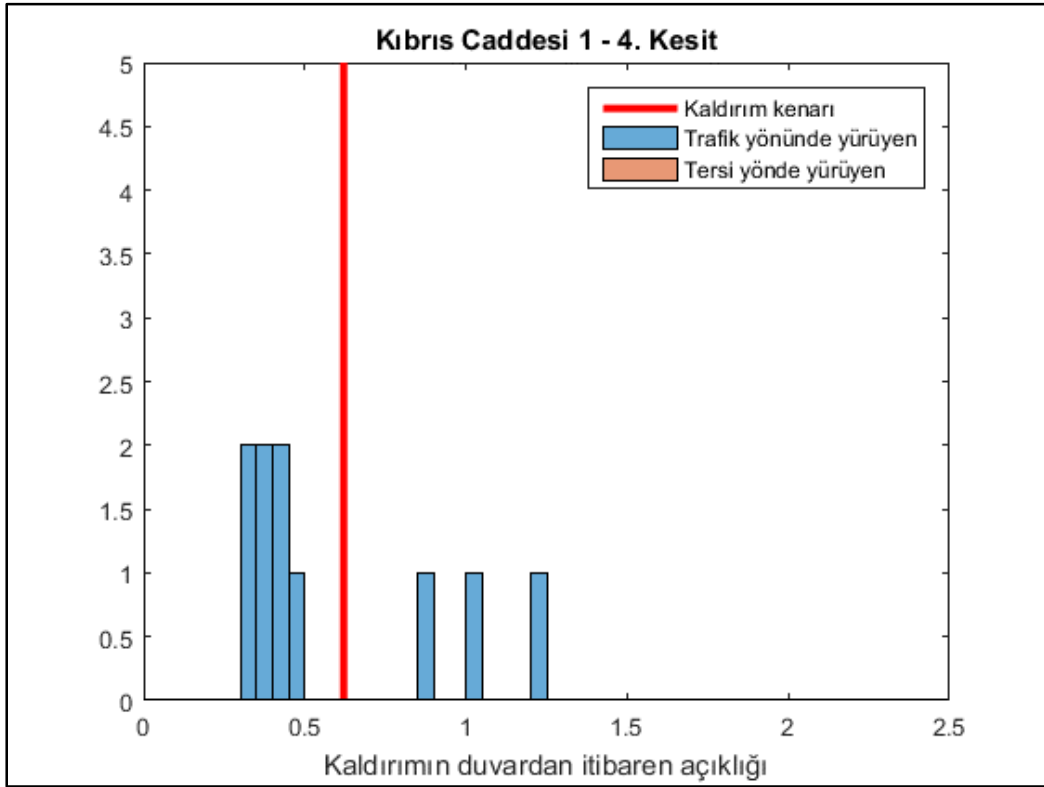
Şekil 8.14 Kıbrıs Caddesi-1 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



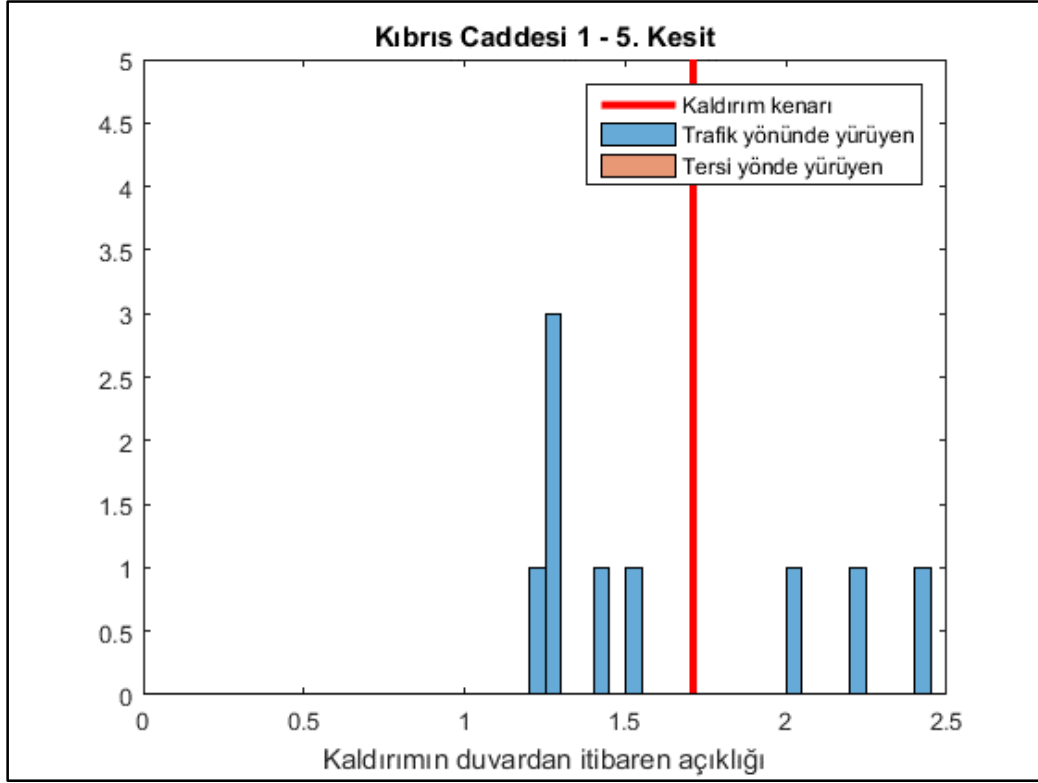
Şekil 8.15 Kıbrıs Caddesi-1 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



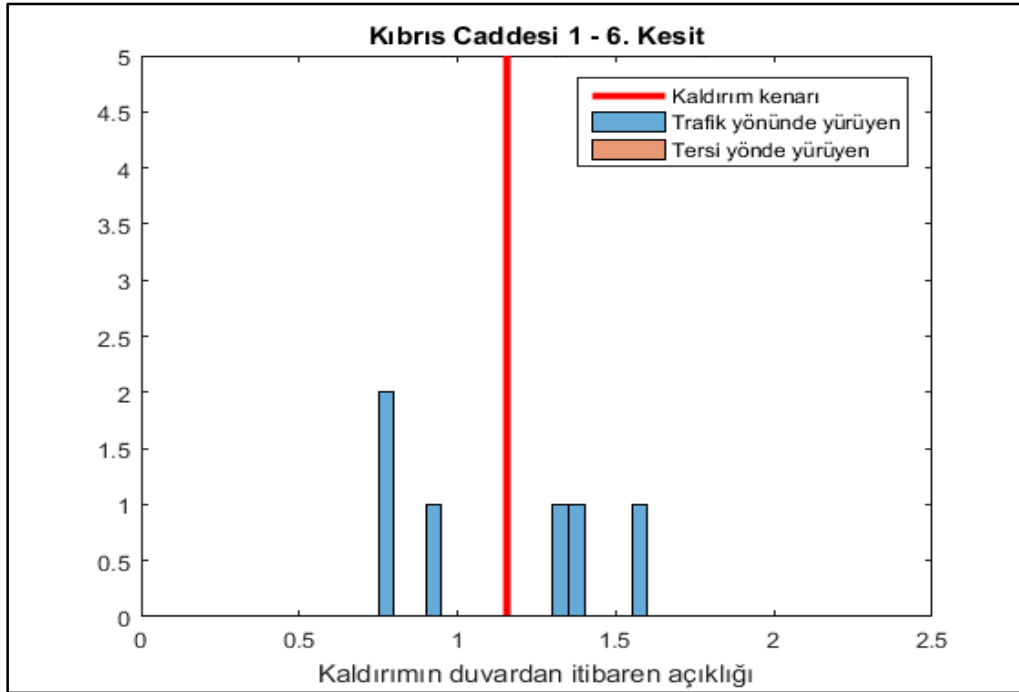
Şekil 8.16 Kıbrıs Caddesi-1 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 8.17 Kıbrıs Caddesi-1 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



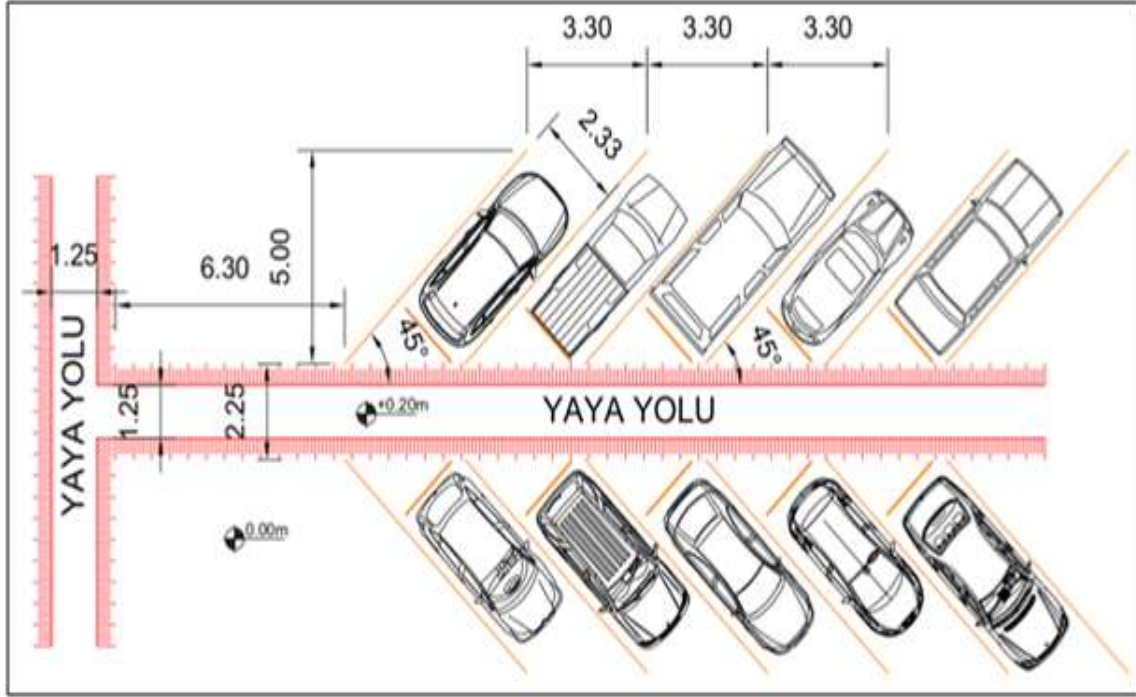
Şekil 8.18 Kıbrıs Caddesi-1 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 8.19 Kıbrıs Caddesi-1 6. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı

Yol kenarı parklanmaları, kaldırım kullanımına engel teşkil etmeyecek ve yayaların karşıdan karşıya geçişlerini engellemeyecek şekilde düzenlendiğinde, standartlarda belirtilen emniyet bölgesinin oluşmasını sağlamakta, yaya-taşıit etkileşimini engellemektedir. Dolayısıyla yol platform genişliğinin müsait olduğu alt toplayıcı yollarda, yol kenarı paralel parklarının düzenlenmesi yaya güvenliğini arttıracak bir önlem olarak düşünülebilir.

Parklanma konusunda diğler bir önemli konu, yaya hareketliliğinin yüksek olduğu alışveriş merkezi vb. yerleşimlerdeki yaya-taşıit etkileşimidir. Bu tür otoparklarda, taşıitlar arasında hareket etmek zorunda kalan yayalar, yön ve hız kısıtının yeterli olmadığı düzenlemelerde riskli durumlara karşılaşmaktadır. Öncelikle otoparklarda taşıitların her yönde değil, belirli koridorlarda belirlenen yönde hareketi sağlanmalıdır. Bu ancak “balık kılıçığı” şeklinde tasarlanan park düzeni ile mümkün olmaktadır. Ayrıca otoparklarda taşıitların geri geri park etmelerini sağlayacak uyarı levhaları düzenlenmelidir. Birçok sanayi tesisinde, acil durumlarda otoparkların hızlıca boşaltılabilmesi için geri geri park etme zorunluluğı bulunmaktadır. Bu zorunluluk konut, AVM vb. sosyal tesislerde de uygulandığı takdirde, acil durum emniyetinin yanı sıra, otomobilinin bagajı ile meşgul olan insanların hareket halindeki taşıitlardan uzak kalmasını sağlayacaktır. Bunun yanı sıra, yine yaya-taşıit etkileşiminin azaltılması için otoparklarda, yaya hareketi için özel bölgelerin bırakılması önerilmektedir. Bu bölgeler, yol eksenine dik veya açılı (örn. 45 derece) parklanmalarda, iki taşıit bölgesi arasında bırakılabilecektir. Bu yaya yollarının, taşıit yolundan yaklaşık 20 cm daha yüksek olması ve bu kot farkının taşıit yoluyla kesişen yerlerde de korunması, hem yayaların fark edilebilirliğini arttıracak, hem de taşıit hızını azaltıcı bir kasis görevi görecektir. Şekil 8.20’de değinilen konuları içeren bir tip otopark önerisi verilmiştir.



Şekil 8.20 Yaya güvenliği teminine yönelik tip otopark önerisi

8.2 Önerilen Düzenlemelerin Yaya Güvenliğine Potansiyel Katkısı

Bölüm 8.1’de yol, kaldırım, trafik ve otopark uygulamalarına yönelik getirilen düzenleme önerileri bu bölümde özetlenerek, bunların arter ve toplayıcı yol koridorları boyunca yaya güvenliğinin iyileştirilmesi üzerindeki olumlu etkilerine dikkat çekilmiştir.

1. Kaldırım enkesitinin genişletilemediği ve gerek yanal (genişlik) gerek düşey (kot) olarak sürekliliğin sağlanamadığı durumlarda kaldırım ile yol arasındaki kot farkının mümkün olduğunca düşük tutulması kaldırımın yayalar açısından daha kolay çıkılabilir olmasını sağlayacağından, geometrik veya işletimsel nedenlerle yola inmiş bulunan yayanın taşıt yolundan ilerlemeye devam etmek yerine kaldırımda yeterli alan bulunduğu noktada kaldırıma tekrar çıkmasına olanak tanıyacaktır. Böylece yayanın koridor üzerinde taşıtlar ile riskli etkileşimlere girdiği yol parçalarının yolun tümüne oranı küçülecek, gözlenen yaya-taşıtlar çatışması sıklığında azalma meydana gelecektir.
2. Kaldırım enkesitinin yaya trafiği için yeterli olduğu durumlarda bile, taşıt yolu ile arada herhangi bir araç bulunmadığında yayaların yola yakın yürümekten çekinmediği görülmüştür. Öte yandan, taşıt hareketlerinde kontrolden çıkma gibi istenmeyen bir değişim meydana geldiğinde ve taşıt kaldırıma doğru aniden yaklaştığı durumlarda, yaya ile yol arasındaki emniyet şeridi yaya güvenliğine küçümsenmeyecek katkılar sağlayabilir. Dolayısıyla bir arter kenarında yürümekte olan yayaların yol kenarından

uzaklaşmasını sağlayan her cm'lik mesafe büyük önem taşımaktadır. Enkesit genişliğinin elverdiği ölçüde bir ayırma yöntemiyle ayraç oluşturulması yayaları koruyucu etki gösterecektir.

3. Kaldırım genişliğinin en az iki yayanın yan yana geçişine olanak tanıyacak şekilde güncellenmesi yayaların taşıt yoluna inmesini önleyecek ve onları çeşitli risklerden koruyacaktır. Bu risklerden birincisi, kaldırımın darlığı nedeniyle karşı yönden gelen yaya ile karşı karşıya gelmek üzere olan ve (yürüdüğü yöne göre) başını çevirip yaklaşan trafiği kontrol ederek yola inmeyi dikkate alan yayanın ani ve yanlış bir karar vererek taşıtlardan zarar görme olasılığından ileri gelmektedir. İkincisi, yola inmiş bulunan yaya yol kenarında ilerlerken bir taşıt sürücüsünün hızını ve/veya yanıl mesafesini adapte etmeyi başaramaması sonucunda yaya çarpması veya yandan sürtünmesi olasılığından ileri gelmektedir. Söz konusu süreç içerisinde yaya ve taşıt hareketleri mikro düzeyde irdelendikçe bu riskler çeşitlendirilebilir. Kaldırım genişliğinin yan yana en az iki yaya için elverişli hale getirilmesi bu riskleri ortadan kaldıracaktır.
4. Yeterli genişliğe sahip kaldırımlarla beraber, kaldırım sorunu gözlenen yol kesimlerinde mümkün olan trafik düzenlemelerinin yapıldığı ve yol enkesitinin yaya kaldırımlarında iyileştirme yapılarak güncellendiği durumlarda, kaldırımın etkin işletimi büyük önem taşımaktadır. İzinsiz ve kuralsız yerleştirilen sabit öğeler ve satış amaçlı taşınabilen öğeler tarafından kaldırımların işgal edilmesinin önlenmesi veya önem derecesine göre işgal edilmek istenen genişlik miktarının yaya trafiğinin gerektirdiği etkili genişlik ile optimize edilmesi yayaların yola inişlerini azaltarak güvenliği artıracaktır.
5. Özellikle eski yerleşimlerde rastlanan dar yollarda tek yönlü tek şerit uygulaması ile kaldırımlar genişletildiğinde yayaların taşıt yolunu kullanmasına gerek kalmayacak ve koridor boyunca yaya-taşıtlar çatışması içeren risklerde önemli düşüş gözlenecektir.
6. Büyük otopark alanlarında tek yön uygulaması yapılarak zemine yön belirten işaretler konması yayanın, taşıt gelmesinin beklendiği yöne karşı daha dikkatli davranmasını sağlayacak ve riskli durumların kaçınmasını kolaylaştıracaktır.
7. Taşıtların geri geri park edilmesi bagaj kullanımı esnasında hareketli taşıtlardan kaynaklanan riskleri azaltacaktır.
8. Otopark alanlarında yükseltilmiş yürüme alanları gerek sürücünün dikkatini çekmesi gerek fiziksel olarak taşıtlara engel oluşturması bakımından yaya güvenliğini artıracaktır. Bu yolların varlığı yayaları çekerek otopark alanında rastgele güzergahlar



yerine belirli yürüme alanlarını kullanmalarını sağlayacak ve yaya-taşıt çatışma risklerini azaltacaktır.

8.3 Kalite İndeksi Yaklaşımları

Yolların yaya ulaşımına uygunluk derecesi farklı yaklaşımlarla incelenmiştir. San Francisco Kamu Sağlığı Müdürlüğü mühendisleri (2008), yayaların kullanımındaki fiziksel çevrenin kalitesini değerlendirebilmek ve mevcut engelleri tespit edebilmek için Yaya Çevresi Kalite İndeksi (Pedestrian Environmental Quality Index –PEQI) adını verdikleri bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Kavşakları ve yol kenarlarını trafik güvenliği, trafik akımı, yol tasarımı, arazi kullanımı ve güvenlik algısı kategorileri altında 30 farklı ölçüte göre değerlendirmişlerdir. Benzer şekilde, gelişmiş dünya ülkelerinde yolların yaya ulaşımına uygunluk derecesini ölçülebilmek amacıyla sahada yapılan sistematik gözlemlere dayanan çok çeşitli “Sokak Denetim Araçları (Street Audit Tools)” geliştirilmiştir (Tablo 8.1). Mekânsal özelliklerin kişilerin yürüyüş davranışı üzerindeki etkisinin incelendiği çok sayıda çalışmada bu “sokak denetim araçları” kullanılmıştır (Boarnet vd., 2006; Brownson vd., 2004; Clifton vd., 2007; Day vd., 2006; Ewing vd., 2006; Hoehner vd., 2005; Lee vd., 2005; Pikora vd., 2002; Pikora vd., 2003; Troped vd., 2006; Williams vd., 2005). Gelişmiş dünya kentlerinde yaygın olarak kullanılan bu sokak denetim araçlarından ilham alarak Türkiye kentlerine özgü koşullara yönelik olarak geliştirilen “Karşıyaka Sokak Denetim Aracı”nda ise yaya çevresi kalitesi beş kategoride (arazi kullanım, yaya Kullanımına uygunluk, trafik güvenliği, suç güvenliği) toplam 35 soru ile ölçülmüştür (Cubukcu vd. 2014). Özetle, dünyada ve Türkiye’de geliştirilen bu sokak denetim araçları ile “Yaya Çevresi Kalitesi” ölçülmeye çalışılmakta ve mekanın fiziksel özellikleri hakkında sahada sistematik gözlemler yapılmaktadır. Bu sokak denetim araçlarında yaya güvenliği konusu “kaldırımların varlığı, genişliği, sürekliliği ve kalitesi”, “sokak genişliği”, “ortalama trafik yoğunluğu ve hızı”, “karşıdan karşıya geçiş noktalarında yaya güvenlik önlemlerinin varlığı” ve “sokak üzerinde otopark girişlerinin sayısı” gibi göstergeler aracılığıyla ölçülmeye çalışılmıştır. Bu mekansal özellikler hakkındaki bilgi sahada yapılan gözlemlere dayanarak genellikle kapalı uçlu likert ölçeği ya da çoktan seçmeli kutucukların işaretlenebileceği anket soruları ile elde edilmiştir. Yaya güvenliği çok çeşitli anket soruları ile ölçülse de, gözleme dayalı anket yöntemi değerlendiricinin öznel yargılarından etkilenebilmektedir. Dolayısıyla, çok sayıda araştırmada kullanılan “yaya çevresi kalitesi” ve “yaya güvenliği” ile ilişkili göstergeler dolaylı yoldan ölçüldüğünden yanıltıcı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu araştırma projesinde kullanılan yöntem ile yaya - taşıt çatışması doğrudan izlenebildiğinden yaya güvenliği dolaylı yoldan (göstergeler üzerinden) değil doğrudan ölçülebilmektedir. Dolayısıyla, “yaya çevresi kalitesinin” ölçümünde sokak denetim araçlarından elde edilen anket verisi yerine, bu araştırma projesinde tarif

edilen yöntem tercih edilebilir. Bir başka ifade ile, “yaya güvenliği” konusu “karşıdan karşıya geçiş noktalarında yaya güvenlik önlemlerinin varlığı gibi” dolaylı göstergeler yerine bu araştırmada kullanılan araçlar (lazerli tarayıcılar) ile doğrudan, yaya–taşıt çatışması üzerinden ölçülebilir. Örneğin, kaldırım durumu-yürüme hızı-gecikme ilişkisi, basamak yüksekliği-konfor ilişkisi, mikro etkileşim çeşitlerinden hangilerinin daha etkili olabileceği (birbirine yol verme, yola inme, yol kenarında tedirgin yürüme durumu vs.) gibi bulgular bu projenin kalite indeksi yaklaşımlarına sunabileceği önemli katkılardır. Özetle, bu araştırma projesinde tarif edilen yöntemin yaya çevresi kalitesi indeksinin daha doğru ve net ölçülmesi konusunda katkı yapması beklenmektedir.

Tablo 8.1 Gelişmiş sayılan ülkelerde yolların yaya ulaşımına uygunluk derecesini ölçebilmek amacıyla kullanılan “Sokak Denetim Araçları (Street Audit Tools)”

Sokak Denetim Aracı*	Kullanılan Parametreler
Yaya Mekanı Veri Taraması (Pedestrian Environment Data Scan – PEDS)	(1) fiziksel çevre özellikleri, (2) yaya olanakları, (3) taşıt yolu özellikleri ve (4) yürüyüş / bisiklet çevresi ile ilişkili konularda toplam 31 sorudan oluşmaktadır
Sistemik Yaya ve Bisiklet Çevresi Taraması (Systematic Pedestrian and Cycling Environment Scan – SPACES)	(1) arazi kullanım özellikleri, (2) yürüyüş ve/veya bisiklet yolları, (3) taşıt yolları ve (4) estetik ile ilişkili konularda toplam 37 sorudan oluşmaktadır
Irvine Minnesota Envanteri (Irvine Minnesota Inventory – IMI)	(1) arazi kullanım, (2) kaldırımların ve yaya yollarının genel durumu, (3) bisiklet yollarının genel durumu, (4) erişilebilirlik, (5) trafik güvenliği, (6) suç güvenliği, (7) estetik ile ilişkili konularda toplam 178 sorudan oluşmaktadır
Yürünebilirlik için Uygunluk Değerlendirmesi (Walking Suitability Assessment Form - WSAF)	Taşıt yolu ve kaldırımların genişlikleri, yüzey malzemeleri ve bakım düzeyleri ile ilişkili konularda toplam 15 sorudan oluşmaktadır
Kaldırımların Bakımı Değerlendirmesi (Assess Sidewalk Maintenance – ASM)	Yaya yolu ve kaldırımların bakım düzeyleri ile ilişkili konularda toplam 5 sorudan oluşmaktadır
Aktif Mahalle Kontrol Listesi (Active Neighborhood Checklist – ANC)	(1) arazi kullanım durumu, (2) erişilebilirlik, (3) sokakların genel nitelikleri ve (4) yürüyüş / bisiklet yolları ile ilişkili konularda toplam 40 sorudan oluşmaktadır
PIN 3 Mahalle Denetim Aracı (PIN 3 Neighborhood Audit Instrument):	(1) arazi kullanım durumu, (2) estetik, (3) yürüyüş ve bisiklet olanakları, (4) ulaşım ve taşıt yolu özellikleri ile ilişkili konularda toplam 43 sorudan oluşmaktadır
Yürüyüş Yolu Denetim Aracı (Walking Route Audit Tool – WRAT)	(1) güzergah özellikleri, (2) trafik güvenliği, (3) güzergah üzerindeki olanaklar, (4)

	çekicilik / estetik özellikler, (5) kişisel güvenlik, (6) varış noktası özellikleri ile ilişkili konularda toplam 18 sorudan oluşmaktadır
--	---

Benzer şekilde, 2000 yılında başlamış olan “Yürüyüş 21 (Walk 21)” konferansları serisinde kentsel ve kırsal mekanda yürüyüşü ve aktif yaşamı teşvik etmek amacıyla yaya davranışını etkileyen mekansal özelliklere dair ölçütler ve bu ölçütlere yönelik araçlar tartışılmaktadır (<http://www.walk21.com/conferences>). Bu konferans serisi aynı zamanda “Avrupa Bilim Fonunun Bilim ve Teknolojide Avrupa İşbirliği (COST) Projesi kapsamında yürütülen çok kapsamlı bir projenin (Yayaların Temel İhtiyaçları ve Yaya Yolu Kalitesi - Pedestrian Quality Needs) de ortaya çıktığı platformdur. 2006 - 2010 yılları arasında yürütülen COST projesinde Avustralya, Almanya, Belçika, Çekoslovakya, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Sırbistan, Yunanistan gibi ülkelerden çok sayıda araştırmacı yer almıştır ve kamusal alanda hareketliliği arttırmak için yaya konforunu arttıran mekansal özelliklerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Anılan araştırma projesinin 7 bölümden oluşan final raporu genelinde en çok tekrar edilen problem; “yayaya dönük veri toplamaya ve mekanın yürünülebilirliğini etkileyen fiziksel çevreye ait parametrelerin ölçütlerine yönelik olarak uluslararası bir standardın bulunmamasıdır” (Methorst vd. 2010). Bir başka ifade ile ulusal, bölgesel ve küresel ölçekte standart bir “yaya çevresi kalite indeksinin” geliştirilememiş olması eleştirilmiş ve böylesi bir indeks oluşturulmasına yönelik ilk adımlar atılmıştır. Anılan proje raporunda bahsedilen kalite indeksi ile ilişkili parametreler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Bu çalışma, aşağıda belirtilen maddelerden “yaya güvenliği” konusunun ölçümüne yönelik standartların geliştirilmesine katkı koyabilecek potansiyele sahiptir.

- Yaya güvenliği
 - Sokak parçasında trafik hızı (belirlenen hız limiti ya da uygulanan hız)
 - Sokak parçasında trafik hacmi
 - Sokak kesişimi sayısı ya da yaya geçişinin kolaylığı
 - Sokak parçasında trafik sakinleştirici öğelerin (kasis, sokak daralmaları gibi) varlığı
 - Kaldırımların genişliği / erişilebilirliği / toplam ulaşım ağı içinde kapladığı alan
- Yaya konforu
 - Yaya ihtiyaçlarını karşılayacak ya da yürüyüş konforunu arttıracak sokak mobilyaları (banklar gibi) ve doğal elemanlar (gölge veren ağaçlar gibi)
- Mekansal estetik ve güvenlik
 - Güvenlik algısı

- Sokak lambası sayısı / kalitesi
- Sokakların temizliği / bakımı
- Sokak parçasındaki ilgi çekici manzaranın varlığı
- Alanda yeşil öğelerin varlığı
- Alanda gürültü düzeyi
- Yaya çekim alanları ve yoğunluk
 - Otopark alanlarının varlığı ve büyüklüğü
 - Alanda yaşayan ve çalışan sayısı
 - Alanda bulunan yaya çekim merkezlerinin sayısı ve açılış saatleri
 - Yaya çekim merkezlerine tahmini varış süresi
 - Toplu taşıma ağının aktifliği ve toplu taşıma duraklarına erişim

Yürüyüş 21 (Walk 21) konferansları serisinde yürüyüşü teşvik eden mekansal özellikler kadar yaya davranışlarının ölçümüne yönelik geliştirilen araçlar da sıklıkla tartışılmış ve tartışılmaktadır. Sokaklarda yaya yoğunluğunun ölçülmesi ya da yaya davranışlarının gözlemlenmesinde “gizli gözlem” “küresel konumlanma sistemi (global positioning systems)”, “pedometre” ve “akselerometre” gibi cihazların kullanımı önerilmiş ve tartışılmıştır. Ancak, anılan bu yöntemlerde yaya izlendiğinin farkına varabilir ve davranışını (hızını) değiştirebilir. Oysa, bu araştırma projesinde kullanılan “lazer tarayıcı” gibi araçlar yaya davranışı hakkında veriyi yaya izlendiğinin farkında olmadan toplayabilmektedir. Dolayısıyla bu araştırma projesinde uygulanan yöntem yaya çevresi kalitesinin yaya davranışı üzerindeki etkisini inceleyen farklı disiplinlerdeki (kentsel tasarım, şehir plancısı, çevre psikoloğu gibi) uzmanlar için bir ilham kaynağı olabilecektir ve yaya davranışı daha doğru bir şekilde ölçülebilecektir. Ayrıca, Türk Standartlar Enstitüsü (2012) tüm yayaaların (engelliler dahil olmak üzere) rahat ve güvenli hareket edebilmesi için yaya yollarında gerekli ve yeterli (1) hareket alanının, (2) genişliğinin, (3) yüksekliğinin, (4) yüzey kaplamasının, (5) bilgilendirme, yönlendirme ve uyarma araçlarının, (5) uygun ölçülendirme, malzeme ve renk seçiminin sağlanmasının önemini vurgulamıştır. Ancak, bu gerekliliklerin ülkemizde tüm kentlerde tüm yaya güzergâhlarında sağlandığını öne sürmek mümkün değildir. Yaya yollarında gerekli standartlar sağlanmadığı gibi bu standartların yaya konforunu (dolayısıyla davranışını) ne düzeyde etkilediği bilinmemektedir. Bu araştırma projesi, bu standartlardan yeterli hareket alanı ve genişliğinin sağlandığı ve sağlanmadığı alanlarda ve kaldırım yüksekliğinin düşük ve yüksek olduğu bölgelerde yaya hızının değişimini ortaya koyması nedeniyle anılan standartların yaya davranışını nasıl etkilediğine yönelik çalışmaları yönlendirebilecek potansiyele sahiptir. Bir başka ifade ile, bu çalışmada tarif edilen yöntem yaya davranışının doğrudan izlenmesine olanak tanınması nedeniyle mekanın insan davranışı üzerindeki etkisini inceleyen uzmanlara yeni bir bakış açısı sağlayabilecektir.

9. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Ulaşım türleri arasında en ekonomik, erişilebilirliği en kolay ve kentiçi trafiğinin doğal bir bileşeni olan yaya yollarının gerek tasarım esaslarındaki boşluklar, gerekse de uygulamada yaşanan aksamlar sebebiyle, yayalar belli standartlara erişemeyen kaldırımlarda ve taşıt yolunda yürümek zorunda kalmaktadırlar. Söz konusu sorunlar nedeni ile yayalara verilen hizmet yetersiz kalmakta ve taşıt yolunda yürümek zorunda kalan yayalar ile taşıt yolunun diğer bir kullanıcısı olan taşıtlar arasında hayati risk doğuran çatışmalar ve etkileşimler meydana gelmektedir. Toplu ulaşım artan talep doğrultusunda yaya yolları kentiçi seyahatlerde ön plana çıkmakta ve tasarım ile uygulamadaki yetersizliklere karşın yayalara sunulan hizmetin en iyi derecede sağlanması gerekmektedir. Bahsedilen bu bilgiler ışığında yapılan proje kapsamında yaya yolu sorunlarına ve çatışmalara dikkat çekilmesi, iyileşme potansiyelinin ortaya konması ve çözüm önerileri sunulması hedefi doğrultusunda ulaşım ağının önemli bir unsuru olan yaya yollarının tasarımı ve uygulaması kaynaklı yaya-taşıtlar çatışması incelenmiştir.

Proje kapsamında yapılan tespitler ışığında elde edilmiş olan sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Yaya karakteristiklerine bağlı olarak ortalama yaya hızları değerlendirildiğinde dikkate alınan tüm istasyon noktalarındaki erkek yayaların hızı beklenildiği gibi kadın yayaların hızından yüksek çıkmaktadır. Her bir istasyon noktası kendi içinde değerlendirildiğinde özellikle taşıt yoluna inen erkek ve kadın yayaların taşıtlarla etkileşime girmenin yarattığı tedirginlikle daha hızlı yürümekte olduklarının sonucuna varılmıştır. Bu bulgu yaş, kilo, grup yürümesi vb. yaya karakteristikleri içinde geçerlidir.

Yaş gruplarının değişimi açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde, tüm istasyon noktalarında yayaların yaşları arttıkça ortalama hızlarında azalma görülmektedir.

Yayaların kilo seviyeleri açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde genç ve erkek yayaların yoğun olarak görüldüğü istasyon noktaları dışındaki istasyon noktalarında, yayaların kilosu arttıkça ortalama hızları azalmaktadır.

Yüksüz yayaların hızı kontrol noktasının dışındaki istasyon noktalarında düşme eğilimindeyken Kıbrıs Caddesi'nde kaldırımsız kesimde belirgin bir artış gözlenmektedir. Taşıtlar platformunda yürüyen yayalar, araçların yayalar üzerinde yarattığı psikolojik etkenlerden kaynaklı olarak hızlı hareket etmektedirler.

Grup halinde yürüyen yayalarda ortalama hız değeri gruptaki kişi sayısı arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni grup üyeleri arasındaki beraber yürüme isteği ve ortaya çıkan etkileşimler olarak gösterilebilir.

Proje kapsamında mevsimsel değişikliklerin yaya karakteristikleri üzerinde etkisi de ortaya konmuştur. Mevsimsel değişiklikler incelendiğinde; yağmurlu havalarda kadın yayaların erkek yayalar kadar hızlı hareket ettiği, 40-65 yaş grubunda yer alan yayaların ortalama hızlarının mayıs, haziran, temmuz, ağustos gibi yüksek sıcaklıkların hakim olduğu havalarda azalma eğilimi gösterdiği ve yaya davranışlarının kilo-yük-grup yürümesi gibi yaya karakteristikleri bakımından ise mevsimsel değişimlerden etkilenmedikleri gözlemlenmiştir.

Her bir istasyon noktasının yaya akımı hızı üzerindeki etkilerini ifade eden ampirik bir model oluşturulmuştur. Bu modelde bağımlı değişken olarak hız; bağımsız değişken olarak farklı yaya karakteristikleri, kaldırımdan iniş ve çıkışlarını temsilen basamak yükseklikleri ve yaya kaldırımlarının genişliklerine ait sayısal değerler yer almaktadır. Oluşturulan ampirik modelde dikkat çeken diğer nokta, cinsiyet faktörünün etkisi diğer değişkenlere oranla yüksek olduğudur. Ayrıca basamak çıkışları ve yüksek basamaklardan inişlerin hızı düşürdüğü buna karşılık olarak alçak basamaklardan inişlerin ise hızı arttırdığı ortaya konmuştur.

Projede çeşitli mekânsal özelliklerin yayaların seyahat süreleri üzerindeki etkilerine dair değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda yayaların daha alçak basamaklardan (azami yüksekliği 15 cm'in altında) inişlerde zaman kaybı yaşamadığı ortaya çıkmıştır. Yayaların iniş ve çıkışlar nedeniyle kaybettiği sürelerin saniyenin onda biri ve katları mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Tüm durumlar arasında, yayaların seyahat sürelerini etkileyen en önemli unsur ise birbirine temas eden yayaların yaşadığı kayıplardır. Bu davranış şekline maruz kalan yayalar ise saniye(ler) mertebesinde kayıp yaşamaktadırlar.

Proje kapsamında incelenen diğer bir konu ise yaya hizmet seviyeleridir. Yapılan çalışmalar sonucunda Highway Capacity Manual (HCM) 2010 da sunulan kaldırımlar için yaya hizmet seviyesi bazı noktalarda uygulama açısından eksiklik içerdiği düşünülmektedir. Hukuk Fakültesi gibi enkesit genişliği yeterli, taşıt ve yaya kaldırımı arasında bariyer bulunan bir bölgede yaya hizmet seviyesi beklenen kalitenin altında çıkmaktadır. Ayrıca görülen hizmet şartlarının daha düşük olduğu fakat yaya trafiğinin yüksek olmadığı bölgelerde yaya hizmet seviyesi beklenen kalitenin üzerinde çıkmaktadır. Bununla beraber HCM 2010'daki yaya hizmet seviyesi hesaplamalarında basamak yüksekliklerinin insanlar üzerinde yarattığı etkiye dair bir parametre bulunmadığı tespit edilmesine rağmen insanların yüksek kaldırımlardan yürümeyi tercih etmediği sayısal veriler ile desteklenmiştir. Ayrıca yayalar



bazı zorunlu şartlar altında hızlanma veya yavaşlama hareketinde bulunmaktadır. Bu tip durumlar yayaların hizmet seviyesi kalitesini etkileyen değerlerdir. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, yaya hizmet seviyesi hesaplamalarının uygulandığı kaldırımlar beklenen sonuçları karşılamakta bazı noktalarda yetersiz kalabildiği sonucuna varılmıştır. Yapılan bu projeye ait bazı sayısal veriler HCM'de yaya hizmet seviyesi konusunda yapılabilecek güncellemelere ışık tutabilir.

Proje sürecinde elde edilen video kayıtları gözden geçirilerek sahada veri toplama çalışmaları esnasında gözlemlenen bazı mikro etkileşim ve hareketler görseller eşliğinde sunulmuştur. Gruplandırılacak olursa, gözlenen bu etkileşim ve hareketler; yayaların kendi aralarındaki etkileşimlerinden kaynaklanan mikro hareketler, fiziksel ortam kısıtları nedeniyle görülen mikro yaya hareketleri, ve fiziksel sorunlar nedeniyle görülen yayalar ve taşıtlar arasında meydana gelen mikro etkileşim ve hareketler olarak özetlenebilir. Söz konusu mikro etkileşim ve hareketlerin mümkün olduğunda çeşitlendirilerek sunulması, incelenen kaldırım sorunlarının yaya davranışları üzerindeki etkilerinin tüm ayrıntılarıyla etkili bir şekilde ortaya konmasını sağlamıştır. Ayrıca, proje kapsamında gerçekleştirilen analizlere ışık tutmuş olmakla birlikte, gelecekte bazı çalışmalara birer başlangıç noktası olabilecek potansiyeldedir.

Proje kapsamında yapılan gözlemler sonucunda birbirine paralel hareket eden yaya ve taşıt arasındaki çatışma durumları incelenmiş, meydana gelen çatışma halleri yaya ve taşıtların birbirine ani veya tedrici yaklaşma şeklinde kendini gösterdiği belirlenmiştir. Adı geçen durumların incelenebilmesi için belirlenen çatışma noktalarında taşıtlar ve yayalara ait yanal mesafelerin birbirleriyle etkileşim durumundaki değişimleri ele alınmıştır. Taşıt yoluna paralel hareket eden yayaların yanal mesafelerinin, yanlarından taşıt geçmesi durumunda kendilerini korumak amaçlı duvara doğru ötelendiği, taşıt olmadığı durumlarda ise kendilerini güvende hissettikleri için yola doğru ötelenme olduğu anlaşılmaktadır. Aynı şekilde taşıtların durumu incelendiğinde, yanlarında yaya olması durumunda taşıtların yayalar ile temas etmemek için dışa doğru ötelendiği ve hızında azalma olduğu sonucuna varılmaktadır. Araştırmalar sonucunda aynı kesimde birbirine paralel hareket eden yayaların ve taşıtların aralarındaki mesafenin daralmanın gözlemlendiği çatışma noktalarında arttığı yani birbirlerinden uzaklaştıkları herhangi bir etkileşim olmadığı durumlarda yayanın yola daha yakın taşıtın ise duvara daha yakın noktadan geçtiği bulgusu sonucuna varılmıştır.

Proje kapsamında ele alınan diğer konu yoldaki trafik akımını etkileyen sürtünme parametresinin hesaplanmasıdır. Bu amaçla öncelikle yol kenarında yürüyen yayaların bulunması veya bulunması durumuna göre gözlemlenen şeritten geçen taşıtlara ait olasılık

yoğunluk eğrileri ve kümülatif dağılım eğrileri çizdirilmiştir. Daha sonra kümülatif dağılım eğrisindeki veri kümesindeki taşıtlara ait bilgiler kullanılarak akım-hız-yoğunluk grafikleri çizdirilmiş ve çizdirilen grafikler yardımıyla bağıntılar ortaya konmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda, incelenen yol kesiminde taşıtlar üzerinde “yoldaki yaya sürtünmesi”nden kaynaklanan mikro gecikmelere ait bulgular saptanmıştır. Yaya-taşıtlar çatışması kaynaklı bu kayıplar ulaşım modellemesinde birer sürtünme parametresi olarak hesaba katılabilir niteliktedir.

Yaya karakteristiklerinin benzetimi ile ilgili olarak istasyon noktaları arasından Uğur Mumcu Caddesi seçilmiştir. Bu cadde üzerinde kaldırımın 70 cm mertebelerine kadar daralması nedeniyle karşı yönden gelen bir yaya ile karşılaşan yayalar yola inerek yürümekte, taşıtlarla riskli bir etkileşime zorlanmaktadır. Bu nedenle söz konusu dar kaldırım kesimi genişletilerek yayaların seyahat süreleri ve gecikmeleri ölçülmeye çalışılmıştır. Benzetim hesaplamaları sonuçlarına göre, dar kaldırımın genişletilerek düzenlenmesine karşın, yürüme mesafeleri ve gecikmelerde herhangi bir azalma gözlenmemiş, beklenenin aksine artış olmuştur. Bu sonuç, yaya hareketlerini mikro düzeyde temsil etme konusunda benzetim yazılımlarına yeni değişken ve parametreler eklenmesi ve modellerin daha ayrıntılı kalibre edilmesine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Proje kapsamında yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemelerine ait öneriler ile önerilen düzenlemelerin yaya güvenliğine katkısı sunulmuş ve kalite indeksi yaklaşımlarında bulunulmuştur.

Ülkemizde ve gelişmekte olan birçok ülkede yayalara ait yürüme alanları çoğunlukla standarda uygun olmayan uygulamalara maruz kalmakta, ortaya çıkan kent görünümünde yol kenarlarındaki kaldırımların ihmal edildiği veya gözardı edildiği izlenimi oluşmaktadır. Kent içi yolculukların önemli bir kısmını oluşturmasına, erişim noktasında toplu ulaşım sistemlerinin vazgeçilmez bir tamamlayıcısı olmasına, ülkemiz özelinde pek çok kentte vatandaşların günlük işlerinin belirli bir kısmını yürüyerek tamamlamasına ve yürümenin en çevreci ve ekonomik ulaşım türü olmasına karşın yayalar ve yürüme eylemi hak ettiği değeri ve saygıyı görmekten henüz uzak bulunmaktadır. Projenin en önemli yaygın etkisinin bu konuya dikkat çekmesi olduğu düşünülmektedir. Yaya yolu (kaldırım) sorunlarının lazer verisi kullanılan yeni bir yöntemle ele alınmış olması, standart dışı kaldırım uygulamaları nedeniyle yayaların maruz kaldığı istenmeyen mikro etkileşimlerin ve yaya trafiğine ait çeşitli karakteristiklerin hassas mertebelerde ve nicel ölçütlerle açıklanmasına yönelik yeni yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Projede uygulanan yöntem ve ulaşılan bulgular yakın gelecekte farklı açılardan ele alındığında, bilimsel pek çok çıktı vaat etmektedir. Yöntem farklı sahalarda çeşitli durumlar için tekrar uygulanarak bu projede elde



edilen bulguların doğrulanması veya kalibre edilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir; projede dikkate alınmamış olan ve diğer kentlerde karşılaşılan farklı durumlar için uyarlanabilir. Orijinalliği yönüyle projede uygulanan yöntem, gelecekte yaya gecikmesi, hizmet seviyesi ve yaya-taşıit çatışması konularında yürütülebilecek araştırmalara esas teşkil edebilecek niteliktedir.



10.KAYNAKLAR

- Abdulsattar, H. N., Tarawneh, M. S., McCoy, P. T. and Kachman, S. D., 1996, "Effect on Vehicle-Pedestrian Conflicts of "Turning Traffic Must Yield to Pedestrians" Sign", Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington DC, V. 1553, p.38-45.
- Airault, V., Espie, S., Lattaud, C. and Auberlet, J.-M., 2004, "Interaction between pedestrians and their environment when road-crossing: A behavioural approach".
- Akın, D. and Sisiopiku V. P., 2007, "Modeling Interactions Between Pedestrians and Turning Vehicles at Signalized Crosswalks Operating Under Combined Pedestrian-Vehicle Interval", TRB 86th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, DC, p. 19.
- Allen, B.L., Shin, B.T., and Cooper, P.J., 1978, "Analysis of traffic conflicts and collisions", Transportation Research Board, Washington D.C., Report No. TRR 667
- Avineri, E., Shinar, D. and Susilo, Y. O., 2012, "Pedestrians' behaviour in cross walks: The effects of fear of falling and age", Accident Analysis & Prevention, Volume 44, Issue 1, Elsevier, , p. 30-34.
- Baran P.K., Rodríguez D.A. & Khattak A.J., 2008, "Space syntax and walking in a new urbanist and suburban neighbourhoods", Journal of Urban Design, 13(1), p. 5-28.
- Boarnet M.G., Day K., Alfonzo M., Forsyth A. & Oakes M., 2006, "The Irvine-Minnesota Inventory to measure built environments: Reliability test", American Journal of Preventive Medicine, 30 (2), p. 153-159.
- Bowman, B. L. and Vecellio, R. L., 1994, "Pedestrian Walking Speeds and Conflicts at Urban Median Locations", Transportation Research Record, , Washington, DC, Transportation Research Board, V. 1438, p. 67-73.

Brewer, M. A., Fitzpatrick, K., Whitacre, J. A. and Lord, D., 2006, Exploration of Pedestrian Gap-Acceptance Behavior at Selected Locations, Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 1982, p. 132-140.

Brownson R.C., Hoehner C.M., Brennan L.K., Cook R.A., Elliott M.B., McMullen K., 2004, "Reliability of two instruments for auditing the environment for physical activity", Journal of Physical Activity Health, 1:191–208.

Cafiso S., Garcia, A., G., Cavarra, R., and Rojas, M., A., R., 2011, "Pedestrian Crossing Safety Improvements: Before and After Study using Traffic Conflict Techniques".

Campbell, R.E., and King, L.E., 1970, "The traffic conflicts technique applied to rural intersections", Accident Analysis and Prevention, p. 202–221.

Chen, Y., Meng, H. and Wang, Z., 2009, "Safety Improvement Practice for Vulnerable Road Users in Beijing Junctions", TRB 86th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, DC, , p. 10.

City of Toronto, 1997, "Streetscape Manual, Toronto: City Planning and Development Department".

Clifton K.J., Livi S.A. & Rodriguez D., 2007, "The development and testing of an audit for the pedestrian environment", Landscape and Urban Planning, 80: 95-110.

Cynecki, M. J., 1980, "Development of Conflicts Analysis Technique for Pedestrian Crossings", Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 743, p. 12-20.

Çubukçu E., Hepguzel B., Onder Z, Tumer B., 2014, Yürünebilirliğin Sokak Bazındaki Ölçütleri: Karşıyaka Örneği Sokak Denetim Aracı Uygulama Rehberi, DEU Mimarlık Fakültesi, 180.



- Cui, J., Zha, H., Zhao, H. and Shibasaki R., 2006, Laser-based Interacting People Tracking Using Multi-level Observations, International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE/RSJ, p 1799-1804.
- Cui, J., Zha, H., Zhao, H. and Shibasaki R., 2006, “Robust Tracking of Multiple People in Crowds Using Laser Range Scanners”, 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2006), IEEE, p. 857-860.
- Cui, J., Zha, H., Zhao, H. and Shibasaki R., 2007, “Laser-based detection and tracking of multiple people in crowds, Computer Vision and Image Understanding”, Volume 106, Issues 2–3, Elsevier, p. 300-312
- Cui, J., Zha, H., Zhao, H. and Shibasaki R., 2008, “Multi-modal tracking of people using laser scanners and video camera”, Image and Vision Computing, Volume 26, Issue 2, Elsevier, p. 240-252.
- Day K., Boarnet M.G., Alfonzo M., Forsyth A., 2006, “The Irvine-Minnesota Inventory to measure built environments: Development” , American Journal of Preventive Medicine, 30 (2), 144-152.
- Dijkstra, J., Jessurun, J. and Timmermans, H., 2001, “A Multi-Agent Cellular Automata Model of Pedestrian Movement”, M. Schreckenberg and S.D. Sharma(ed.): Pedestrian and Evacuation Dynamics, p. 171-183
- Dong, W., 2012, “Traffic Conflict And Shared Space: A Before- And After- Case Study On Exhibition Road”, 1st Civil and Environmental Engineering Student Conference,
- Doniec, A., Mandiau, R., Piechowiak, S. and Espie, S., 2008, “A behavioural multi-agent model for road traffic simulation, Engineering Applications of Artificial Intelligence”, Volume 21, Issue 8, Elsevier, , p. 1443-1454.



Ewing R., Handy S., Brownson R., Clemente O., Winston E., 2006, "Identifying and measuring urban design qualities related to walkability", *Journal of Physical Activity and Health*, 3, 223-240.

Feng, S., Ding, N., and Ci. Y., 2010, "Behavior of Pedestrians Compressing Vehicle Lanes at Intersections", 6th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2010), IEEE, p. 13-18.

Fod, A., Howard, A. and Mataric, M., J., 2002, "Laser-Based People Tracking, International Conference on Robotics and Automation (ICRA)", p. 3024-3029

Fuerstenberg, K.,Ch. and Dietmayer, K., 2004, "Object Tracking and Classification for Multiple Active Safety and Comfort Applications using a Multilayer Laserscanner", *Intelligent Vehicles Symposium University of Parma*, IEEE, , p. 802-807

Fuerstenberg, K.,Ch., Dietmayer, K. and Willhoeft, V., "Pedestrian Recognition in Urban Traffic using a vehicle based Multilayer Laserscanner"

Gaud, N., Galland, S., Gechter, F., Hilaire, V. and Koukam, A., 2008, "Holonc multilevel simulation of complex systems: Application to real-time pedestrians simulation in virtual urban environment", *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 16, Issue 10, Elsevier, , p. 1659-1676.

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, *Gaziantep Kentsel Tasarım Rehberi İçin İlk Adım: Essex Tasarım Rehberi Örneği*, Neşa Ofset, İzmir.

Hatfield, J. and Murphy, S., 2007, "The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections", *Accident Analysis & Prevention*, Volume 39, Issue 1, Elsevier, p. 197-205.

Himanen, V. and Kulmala, R., 1988, "An application of logit models in analysing the behaviour of pedestrians and car drivers on pedestrian crossings", *Accident Analysis & Prevention*, Volume 20, Issue 3, Elsevier, p. 187-197.



Highway Capacity Manual, 2010, Interrupted flow, Transportation Research Board, Volume 3, Chapter 17, p 17

Highway Capacity Manual, 2010, Interrupted flow, Transportation Research Board, Volume 3, Chapter 17, p 52

Highway Capacity Manual, 2010, Interrupted flow, Transportation Research Board, Volume 3, Chapter 17, p 17

Highway Capacity Manual, 2010, Concepts, Transportation Research Board, Volume 1, Chapter 4, p 24

Hoehner C.M., Brennan Ramirez L.K., Elliot M.B., Handy S.L. and Brownson R.C., 2005, "Perceived and objective environmental measures of physical activity among urban adults", American Journal of Preventive Medicine, 28 (2S2): 105-116.

Hoogendoorn, S. P. and Bovy, P. H. L., 2004,"Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models", Transportation Research Part B: Methodological, Volume 38, Issue 2, Elsevier, , p. 169-190.

Houten, R. V., Malenfant, J. E. L. and McCusker, D., 2001, "Advance Yield Markings Reduce Motor Vehicle/Pedestrian Conflicts at Multilane Crosswalks with an Uncontrolled Approach", Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 1773,p. 69-74.

Holland,C.,&Hill,R., 2007, "The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations". Accident Analysis and Prevention, V. 39, p. 224–237

Hunt, J. G. and Griffiths, J. D., 1991, "Pedestrian crossing criteria research: Random crossing model", Transport and Road Research Laboratory, Berkshire, England, p. 25.



Huff, H. ve Liggett, R., 2014, "The Highway Capacity Manual's Method for Calculating Bicycle and Pedestrian Levels of Service: the Ultimate White Paper, University of California, Los Angeles

Hyden, C. 1987. "The development of a method for traffic safety evaluation: the Swedish traffic conflicts technique", Lund Institute of Technology, Lund.

<http://www.ibeo-as.com/>

<http://www.walk21.com/conferences>

Ismail K., Sayed, T. and Saunier, N., 2010, "Automated Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflicts: A Context for Before-and-After Studies", Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 2198, p. 52-64.

Ismail K., Sayed, T., Saunier, N. and Lim, C., 2009, "Automated Analysis of Pedestrian-Vehicle Conflicts Using Video Data", Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 2140, p. 44-54.

İZTO, İzmir Ticaret Odası Web Sitesi

Junhua W., 2010, "Pedestrian's Critical Cross Gap and Its Application in Conflict Simulation", International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), , IEEE, Volume 2, p. 889-892.

Junhua, W. and Shouen, F., 2008, "Pedestrian-Vehicle Conflict Observation and Characteristics of Road Section", Natural Science Journal of Tongji University, Tongji University, Volume 4, p. 503-507.

Kaparias, I., Bell, M. G. H., Greensted, J., Cheng, S., Miri, A., Taylor, C. and Mount, B., 2010, "Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflicts



analysis method: Adaptation of a vehicle-vehicle technique”, Transportation Research Record, Transportation Research Board, Washington, DC, V. 2198, p. 75-82.

Kaparias, I., Bell, M. G. H., Miri, A., Chan, C. and Mount, B., 2012, “Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space”, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 15, Issue 3, Elsevier, p. 297-310.

Katabira K., Suzuki, T., Zhao, H., Nakagawa, Y. and Shibasaki, R., 2008, “An Analysis of Crowds Flow Characteristics by using Laser Range Scanners”.

Khan, F. M., Jawaid, M., Chotani, H. and Luby, S., 1999, “Pedestrian environment and behavior in Karachi, Pakistan”, Accident Analysis & Prevention, Volume 31, Issue 4, p. 335-339.

Kuan-Min, C., Xiao-qiang, L., Hai, J. and Yang-dong, Z., 2010, “Towards the pedestrian delay estimation at intersections under vehicular platoon caused conflicts”, Scientific Research and Essays, Academic Journals, Vol. 5(9), p. 941-947.

Lange, F., Haiduk, M., Schwarze, A. and Eggert, F., 2011, “The dark side of stimulus control—Associations between contradictory stimulus configurations and pedestrians’ and cyclists’ illegal street crossing behavior”, Accident Analysis & Prevention, Volume 43, Issue 6, Elsevier, p. 2166-2172.

Lawalata, G.,M., Agah, H.,R., 2011, “Traffic Conflict Analysis As A Road Safety Diagnostic Tool For Urban Road Facilities International Journal of Technology”, p.112-121.

Lee R.E., Booth K.M., Reese-Smith J.Y., Regan G., Howard H.H., 2005, “The physical activity resource assessment (PARA) instrument: Evaluating features, amenities and incivilities of physical activity resources in urban neighborhoods”, International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 2, 13.



- LI, J., Shao, C., Dong, C., Zhao, D. and Liu, Y., A , 2010, "Video-based Algorithm for Moving Objects Detection at Signalized Intersection", World Academy of Science, Engineering and Technology
- Ling, B., Tiwari, S., Li, Z., Gibson,D.R.P., 2010, "A Multi-Pedestrian Detection and Counting System Using Fusion of Stereo Camera and Laser Scanner", Applications of Digital Image Processing, 1 - 5 August 2010, San Diego, California, USA,
- Liu vd., 2000, "A Bi-Modal Micro-Simulation Tool For The Assessment Of Pedestrian Delays And Traffic Management".
- Lord, D., 1996, "Analysis of Pedestrian Conflicts with Left-Turning Traffic", Transportation Research RecordTransportation Research Board, Washington, DC, V. 1538, p. 61-67.
- Malkhamah, S., Tight, M. ve Montgomery, F., 2005, "The Development of an Automatic Method of Safety Monitoring at Pelican Crossings", Accident Analysis & Prevention, Volume 37, Issue 5, Elsevier, p. 938-946.
- Mendes, A., Bento, L., C. and Nunes, U., 2004, "Multi-target Detection and Tracking with a Laserscanner", Intelligent Vehicles Symposium University of Parma, IEEE, p. 796-801
- Methorst R., Monerde i Bort H., Risser R., Sauter D., Tight M. & Walker J. (Eds.), 2010, "Pedestrians' Quality Needs. Final Report of the COST project 358", Cheltenham: Walk21
- Milazzo, J. S., Roupail, N. M., Hummer, J. E. and Allen, D. P., 1998, "Effect of Pedestrians on Capacity of Signalized Intersections", Transportation Research Record, , Transportation Research Board, Washington, DC, V. 1646, p. 37-46.

- Morency, P., El-Geneidy, A.,M. and Miranda-Moreno, L.,F., 2011, “The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian–vehicle collision occurrence at signalized intersections”, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 43, Elsevier, p. 1624-1634
- Nakamura, K., Zhao, H., Shibasaki, R., Sakamoto, K., Ohga, T. and Suzukawa, N., 2006, “Tracking pedestrians using multiple single-row laser range scanners and its reliability evaluation”, *Systems and Computers in Japan*, Volume 37, Issue 7, Wiley, p. 1-11.
- Nakamura, K., Zhao, H., Shibasaki, R., Sakamoto, K. and Suzukawa, N., 2005, “Visualizing passenger flow in railway station using laser scanners”.
- Nasar, J., Hecht, P. and Wener, R., 2008, “Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety”, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 40, Issue 1, Elsevier, p. 69-75.
- Papadimitriou, E., Yannis, G. and Golias, J., 2009, A critical assessment of pedestrian behaviour models, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 12, Issue 3, Elsevier, p. 242-255.
- Perkins, R.S., and Harris, J.I. 1968. “Traffic conflict characteristics-Accident potential at intersections”. *Highway Research Record No. 224*, p. 35-43.
- Pikora T., Giles-Corti B., Bull F., Jamrozik K. & Donovan R., 2003, “Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling” *Social Science and Medicine*, 56, 1693–703.
- Pikora T.J., Bull F.C.L., Jamrozik K., Knuiman M., Giles-Corti B. & Donovan R.J., 2002, “Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for physical activity”, *American Journal of Preventive Medicine*, 23: 187-194.



Punter, J. V., 1999, "Design Guidelines in American Cities: A Review of Design Policies and Guidance in Five"

Qiu, X., Yang, L., Zhang, L and Huang, Z., 2011, "The Non-signal Intersection Traffic Behavior Analysis based on Game Theory", Fourth International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), IEEE, p. 122-124.

San Francisco Department of Public Health, "The Pedestrian Environmental Quality Index (PEQI): An assessment of the physical condition of streets and intersections, Program on Health, Equity and Sustainability - Environmental Health Section", San Francisco, CA, 2008.

Shao, X., Zhao, H., Nakamura, K., Katabira, K., Shibasaki, R. and Nakagawa, Y., 2007, "Detection and Tracking of Multiple Pedestrians by Using Laser Range Scanners", International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2007), IEEE/RSJ, p. 2174-2179.

Stavrinos, D., Byington, K. W. and Schwebel, D. C., 2009,"Effect of Cell Phone Distraction on Pediatric Pedestrian Injury Risk", Pediatrics, American Academy of Pediatrics, Vol. 123, p. e179-e185.

Sun, D., Ukkusuri, S. V. S. K., Benekohal, R. F. and Waller, S. T., 2003, Modeling of motorist-pedestrian interaction at uncontrolled mid-block crosswalks,

Swain, J., 1987, Highway Safety: The Traffic Conflict Technique, Transport and Road Research Laboratory,.

Teknomo, K., Inamura, H., and Takeyama, Y., 2001, Tracking System To Automate Data Collection Of Microscopic Pedestrian Traffic Flow, Proceeding of The 4th Eastern Asia Society For Transportation Studies, Volume:3, Issue:1, p. 11-25

Teknomo, K., Takeyama, Y. and Inamura, H., 2000, Data Collection Method For Pedestrian Movement Variables,



The Malmö Study: A Calibration Of Traffic Conflict Techniques, the International Committee on Traffic Conflict Techniques, Institute for Road Safety Research SWOV, The Netherlands, 1984

The Swedish Traffic Conflict Technique Observers' Manual, 2001

Timmermans, 2009, Pedestrian behavior: models, data collection and applications, Emerald Group Publishing Ltd., Bingley, UK,.

Tom, A. and Granie, M.-A., 2011, Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads, Accident Analysis & Prevention, Volume 43, Issue 5, Elsevier, p. 1794-1801.

Troped P.J., Cromley E.K., Fragala M.S., Melly S.J., Hasbrouck H.H., Gortmaker S.L., Brownson, R.C., 2006, "Development and reliability and validity testing of an audit tool for trail/path characteristics: The Path Environment Audit Tool (PEAT)", Journal of Physical Activity and Health, 3(1), 158-175.

Türk Standartları Enstitüsü, 2012, Şehir içi yollar – Kaldırım ve yaya geçitlerinde ulaşılabilirlik için yapısal önlemler ve işaretlemelerin tasarım kuralları, Ankara

Urban Design Associates, 2002, The Urban Design Handbook, New York: W.W. Norton.

U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Research and Development Evaluation Of The Traffic Conflicts Technique, Final Report, Washington, D.C. 1975

Varhelyi A., 1998, Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: A case study, Accident Analysis & Prevention, Volume 30, Issue 6, Elsevier, p. 731-743.

Vuchic, V. R., Transportation for Livable Cities, Center for Urban Policy Research,



2005.

Wakim, C. F., Capperon, S. and Oksman, J., 2004, "A Markovian model of pedestrian behavior", International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol.4, IEEE, p. 4028-4033.

Walker, E. J., Lanthier, S. N., Risko, E. F. and Kingstone, 2012, A., "The effects of personal music devices on pedestrian behaviour", Safety Science, Volume 50, Issue 1, Elsevier, p. 123-128.

Westra, E., J. ve Rothengatter, J., A., 1992, Behaviour-conflict-safety relations for pedestrians. Catalogue of Reports and Public Deliverables from Applications of Telematics in Transport, 37

Williams J.E., Evans M., Kirtland K.A., Cavnar M.M., Sharpe P.A., Neet M.J. & Cook A., 2005, "Development and use of a tool for assessing sidewalk maintenance as an environmental support of physical activity", Health Promotion Practice, 6: 81-89.

Zhao, H., Shao, X., Katabira, K. and Shibasaki, R., 2006, "Joint tracking and classification of moving objects at intersection using a single-row laser range scanner", Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC '06), IEEE, p. 287-294.

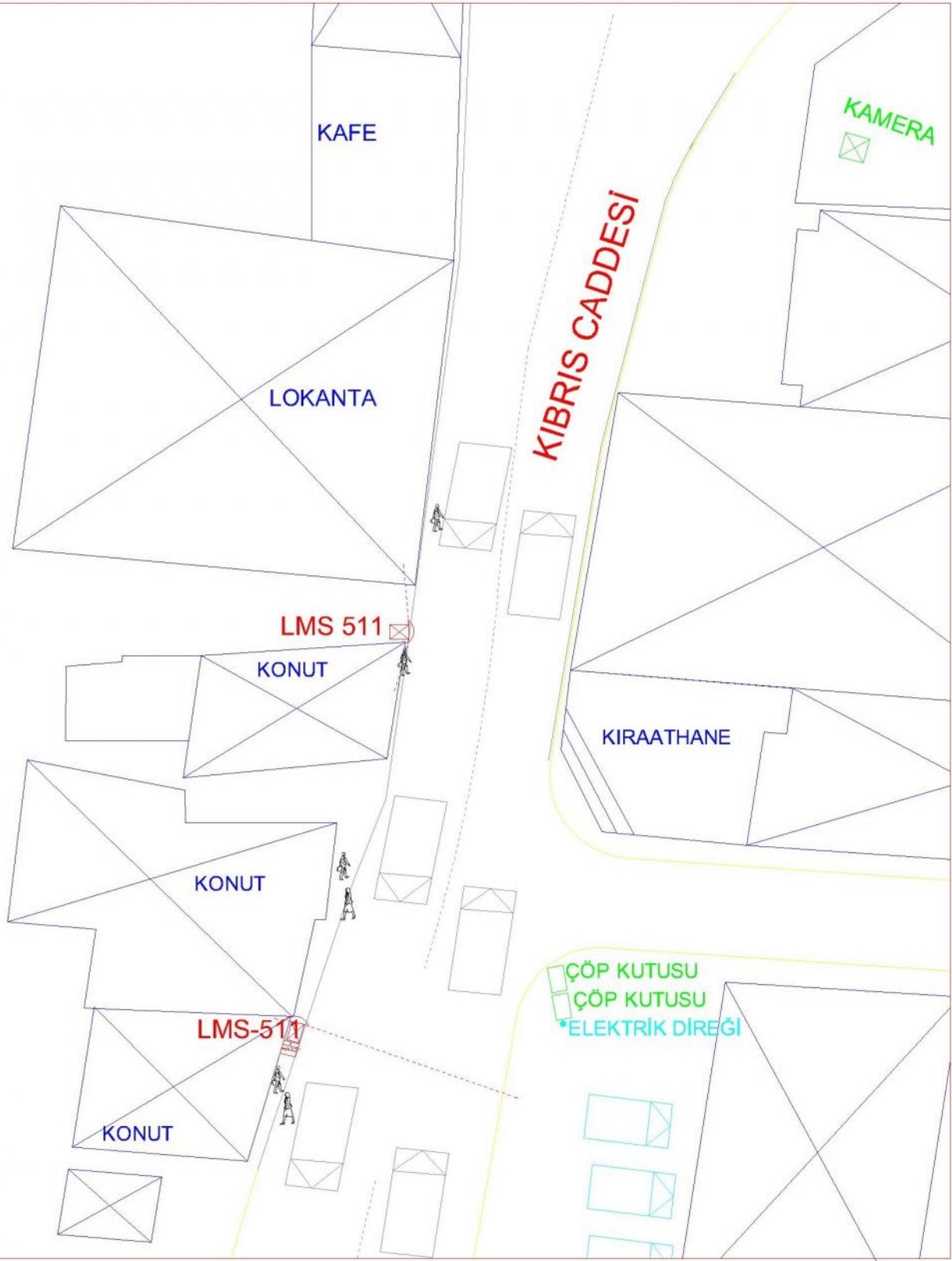
Zhao, H., Chen, Y., Shao, X., Katabira, K. and Shibasaki, R., , 2007, "Monitoring a populated environment using single-row laser range scanners from a mobile platform", International Conference on Robotics and Automation, IEEE, p. 4739-4745

Zhao, H. and Shibasaki R. 2005, "A Novel System for Tracking Pedestrians Using Multiple Single-Row Laser-Range Scanners", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, Volume: 35, Issue: 2, IEEE, p. 283-291.

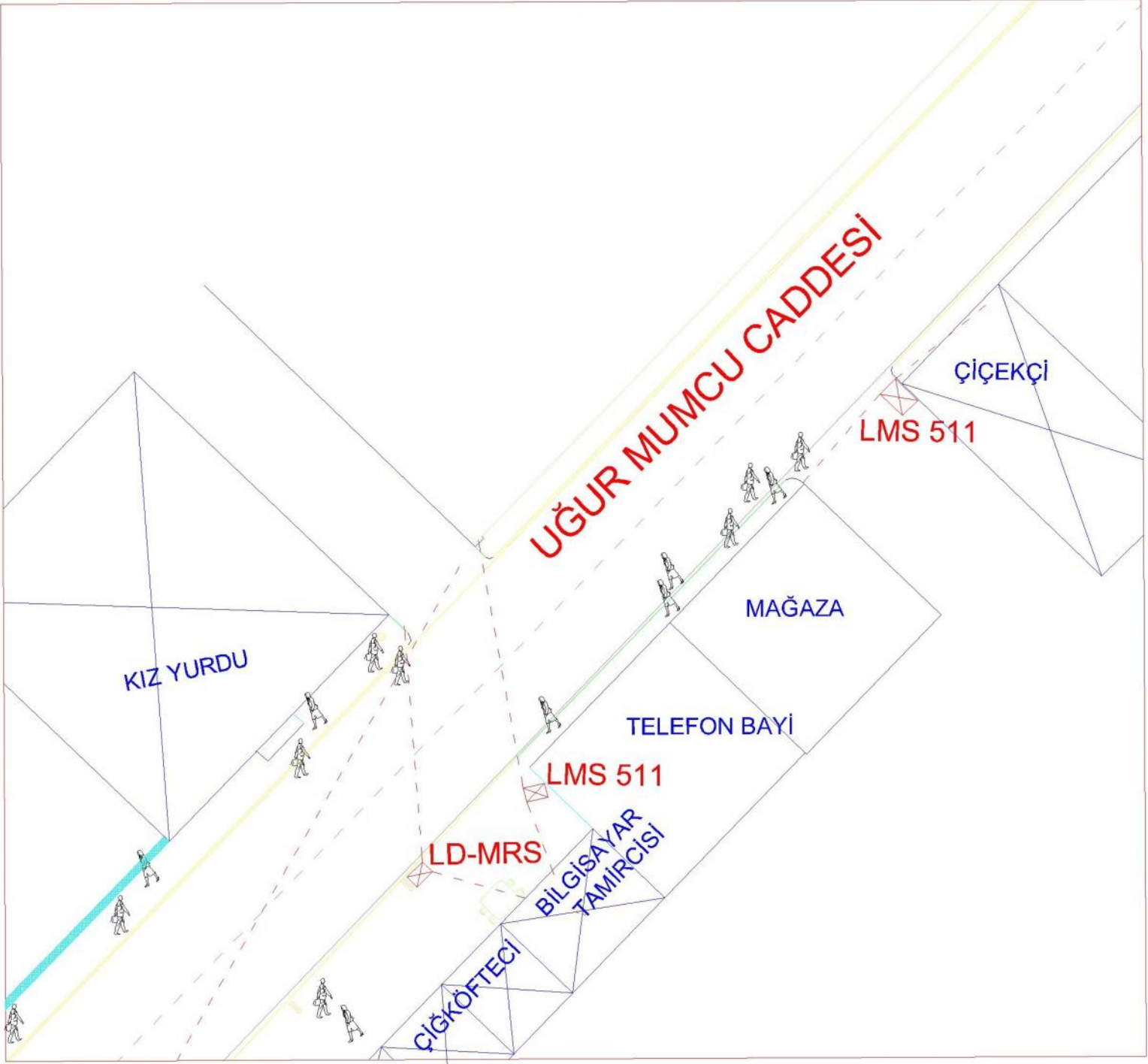


Zheng, L., Ismail, K., and Meng, X., 2014, "Traffic Conflict Techniques For Road Safety Analysis: Open Questions And Some Insights", *Can. J. Civ. Eng.*, Vol:41, p. 633-644

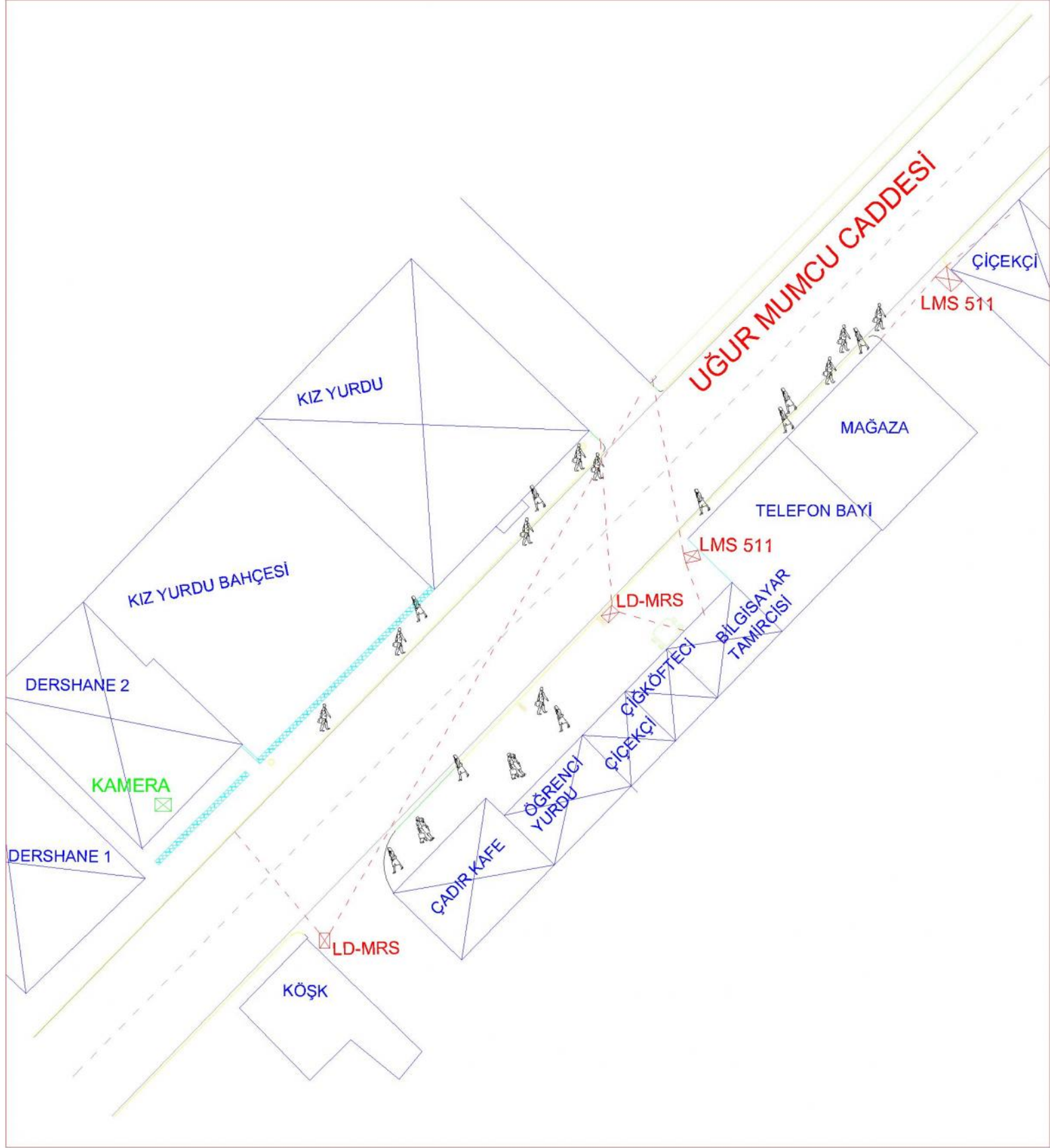
Zhuang, X. and Wu, C., 2011, "Pedestrians' crossing behaviors and safety at unmarked roadway in China", *Accident Analysis & Prevention*, Volume 43, Issue 6, Elsevier, p. 1927-1936.



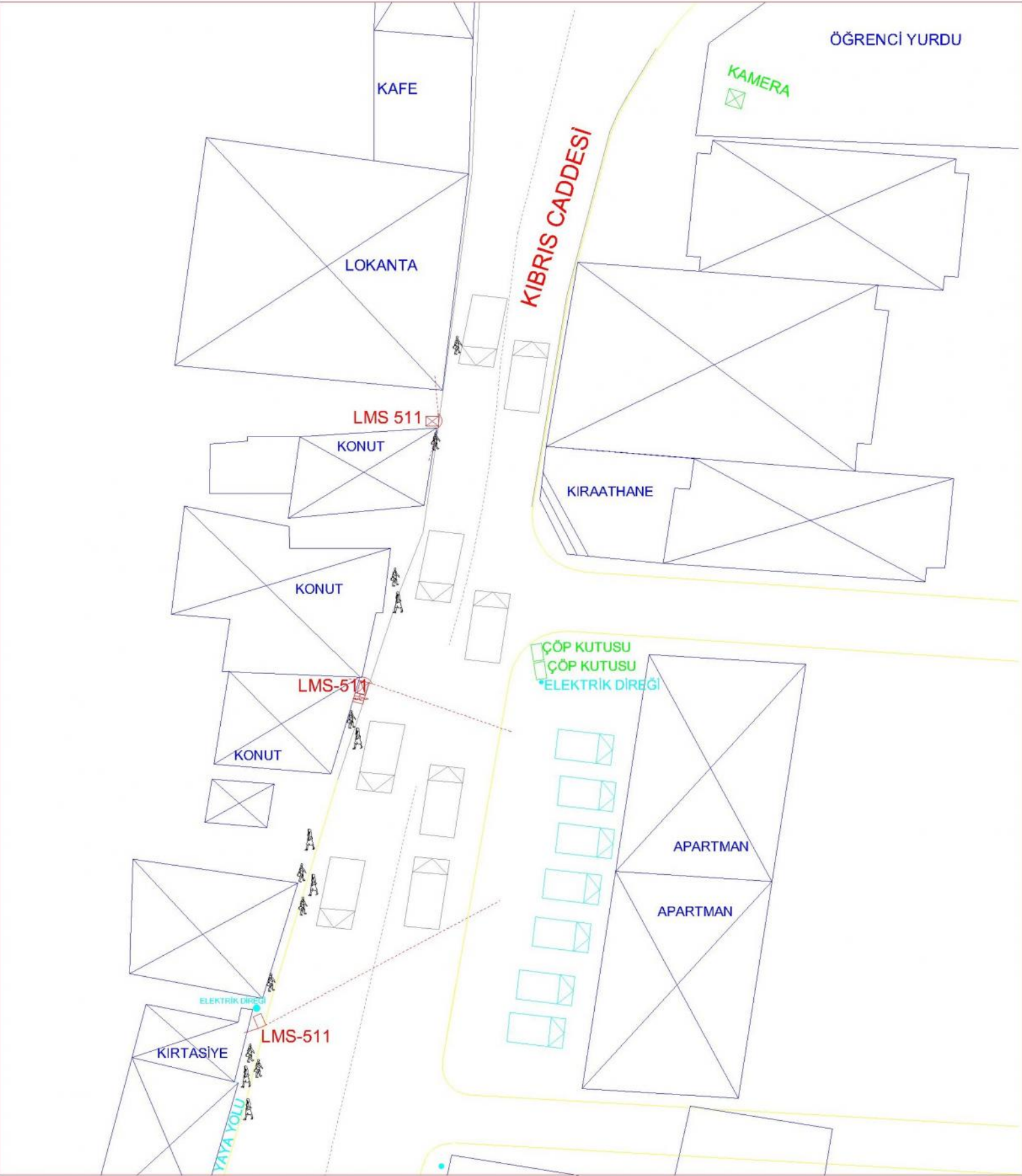
EK_A1 Yaya Yolunun Olmadığı Kesim - Kibris Caddesi_2



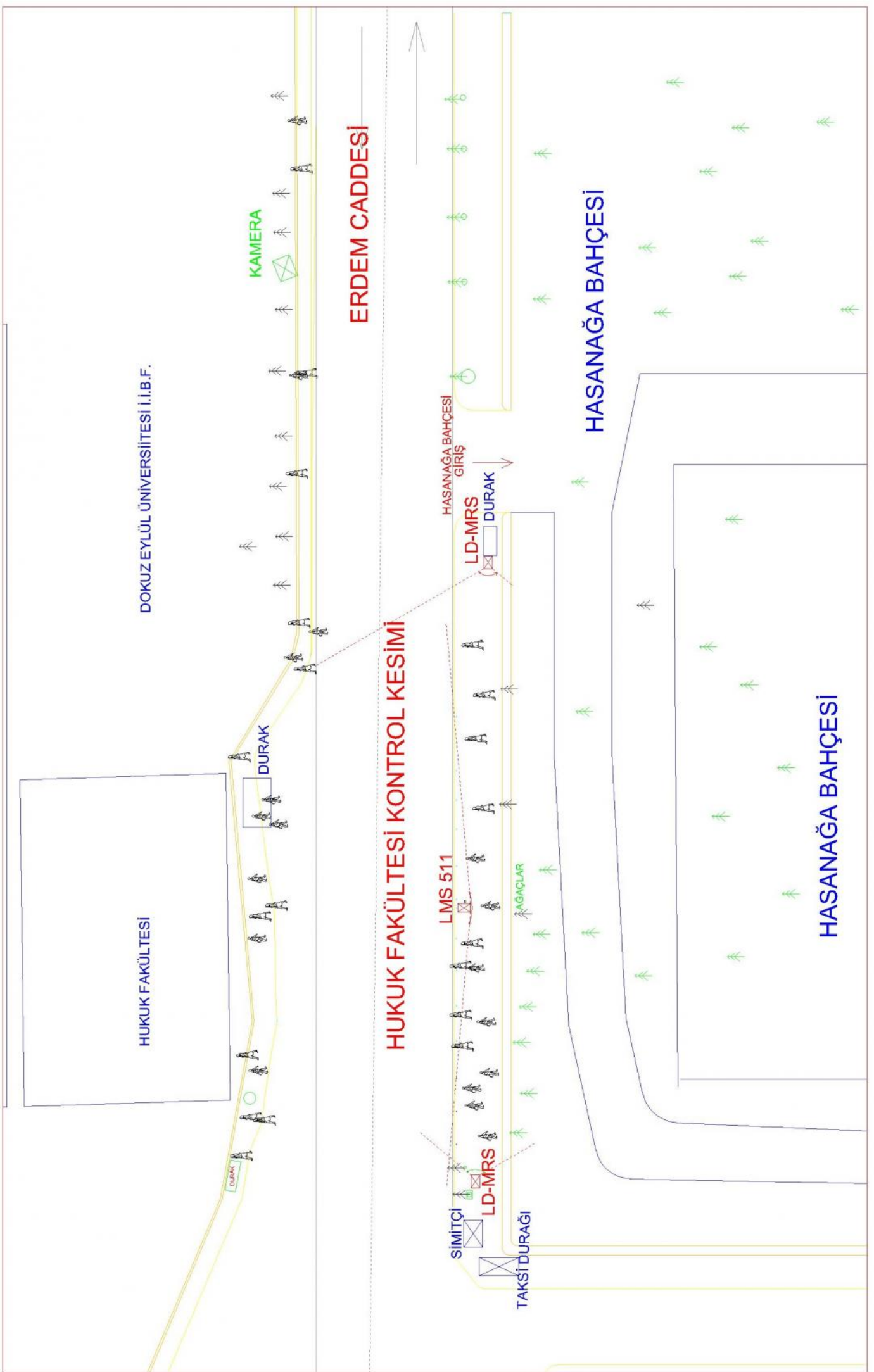
EK_A2 Yeterli Kesit Genişliğine Sahip Olmayan ve
Yaya Yolu İşgalinin Bulunduğu Kesim - Uğur Mumcu Caddesi



EK_A3 Plan Dışı Veya Kuralsız İşgallerden Kaynaklanan Daralmaların Görüldüğü Kesim - Uğur Mumcu Caddesi



EK_A4 Plan Dışı Veya Kuralsız İşgallerden Kaynaklanan Daralmaların Görüldüğü Kesim - Kibris Caddesi_1



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ İ.İ.B.F.

HUKUK FAKÜLTESİ

KAMERA

ERDEM CADDESİ

HUKUK FAKÜLTESİ KONTROL KESİMİ

LMS 511

SİMİTÇİ

LD-MRS

TAKSİ DURAĞI

HASANAĞA BAHÇESİ GİRİŞ

LD-MRS

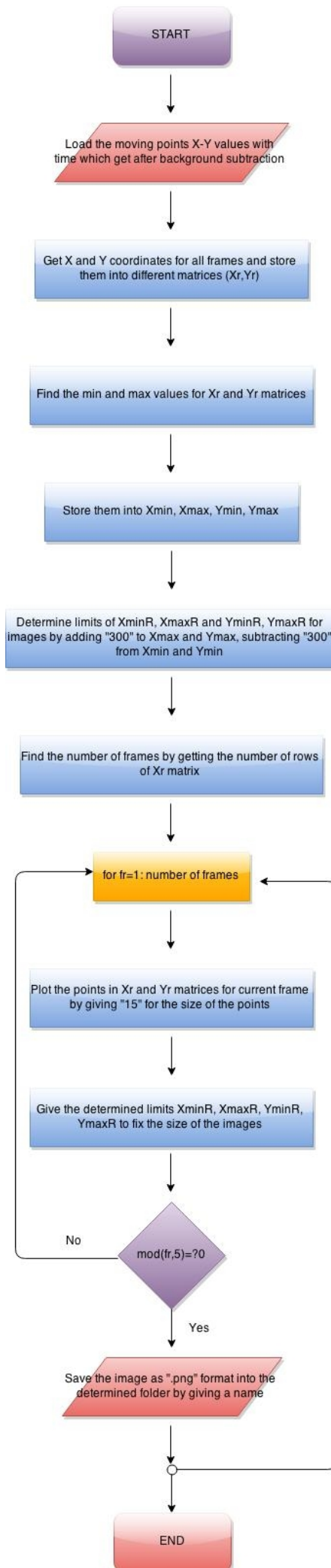
DURAK

HASANAĞA BAHÇESİ

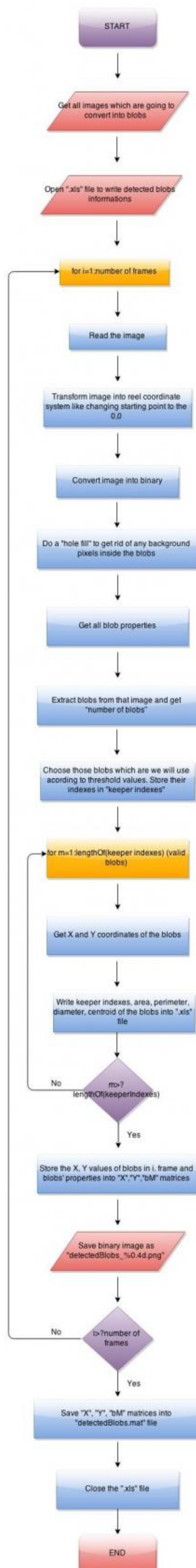
HASANAĞA BAHÇESİ

EK_A5 Hukuk Fakültesi Karşısı-Hasanağa Bahçesi Boyunca Olan Kontrol Kesimi

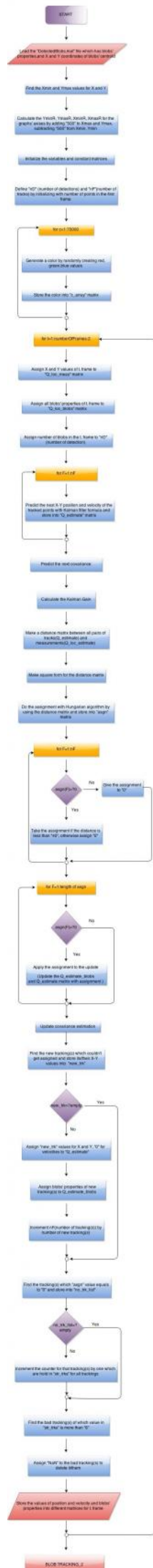
DATA TO FRAMES



BLOB DETECTION



BLOB TRACKING-1



**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. BURAK ŞENGÖZ
Proje No:	113M222
Proje Başlığı:	Yaya Yolu Tasarımı Ve Uygulamaları Kaynaklı Yaya-Taşıtlı Trafik Çatışmasının İncelenmesi
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	30
Araştırmacılar:	MD. HAİDAR SHARİF, EBRU ÇUBUKÇU, MUSTAFA ÖZUYSAL
Danışmanlar:	HÜLYA KOÇ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	DOKUZ EYLÜL Ü. MÜHENDİSLİK F. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/10/2013 - 01/04/2016
Onaylanan Bütçe:	269193.0
Harcanan Bütçe:	221640.0
Öz:	<p>Proje kapsamında İzmir kent merkezinde yaya trafiği talebini karşılayacak kesit genişliğine sahip olmayan ve plan dışı ve kuralsız işgallerden kaynaklanan daralmalar görülen kaldırımlar üzerinde yaya davranışları ve yaya-taşıtlı etkileşimleri farklı yaya grupları göz önüne alınarak mikroskobik ölçekte incelenmiştir.</p> <p>Bu amaçla hassas lazerli tarayıcılardan düzlemsel mesafe verisi elde edilerek iki boyutlu bir koordinat sistemine aktarılmış ve geliştirilen bir bilgisayar algoritması yardımıyla yaya ve taşıtların izleri oluşturularak ayrıntılı analizler yapılmıştır.</p>
Anahtar Kelimeler:	Yaya yolu işgalleri, yaya hareketleri, yaya-taşıtlı çatışması, yaya güvenliği, yaya hizmet seviyesi
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Yaya Yollarındaki Farklı Engellerin Yürümeyi Tercih Etme Üzerindeki Olumsuz Etkileri (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum), 2- Use of Laser Measurements and Video Images to Investigate Pedestrian Movement Along Non-Uniform Sidewalks (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 3- A novel approach to obtain trajectories of targets from laser scanned datasets (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),