

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE
YAYA HAREKETLERİNİN MODELLENMESİ



Mehmet ÇAPUTCU

Ocak, 2017

İZMİR

KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE YAYA HAREKETLERİNİN MODELLENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Doktora Programı



Mehmet ÇAPUTCU

Ocak, 2017

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET ÇAPUTCU, tarafından PROF. DR. BURAK ŞENGÖZ yönetiminde hazırlanan “KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE YAYA HAREKETLERİNİN MODELLENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Burak ŞENGÖZ

Yönetici



Prof. Dr. Hülya KOÇ

Tez İzleme Komitesi Üyesi



Prof. Dr. Serhan TANYEL

Tez İzleme Komitesi Üyesi



Prof. Dr. Soner HALDENBİLEN

Jüri Üyesi



Doc. Dr. Yalçın ALVER

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Emine İlknur CÖCEN

Prof. Dr. Emine İlknur CÖCEN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Araştırılan konunun bir fikir olarak ortaya konması, geliştirilerek bir araştırma projesine dönüşmesi ve başarıyla tamamlanmasında büyük emeği ve yönlendirmesi bulunan, değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Burak ŞENGÖZ ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Serhan TANYEL’e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmadaki en kritik hesaplama süreçlerinde desteğini ve zamanını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZUYSAL’a; araştırma projesinde birlikte çalıştığım değerli çalışma arkadaşlarım Aykut KARABAYIR ve Sezin KAPLAN’a; algoritma geliştirme konusunda destek veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Haidar SHARIF, Feyza GALİP ve Hilal İNAN’a; lazer teknolojisi ile veri toplama ve işleme konusunda yol gösteren Sayın Doç. Dr. Xiaowei SHAO’ya; şehir plancısı perspektifi sunarak çalışmamızı zenginleştiren Sayın Prof. Dr. Hülya KOÇ ve Sayın Prof. Dr. Ebru ÇUBUKÇU’ya; veri toplama ve işleme aşamasında katkı veren Ecem ŞENTÜRK, Burcu YİĞİT, Berkay ETEKE, Burak ÖZARKALIOĞLU, Merdan ÖZTEKİN ve Cansu SARIOĞLU ile Sayın Yrd. Doç. Dr. Pelin ÇALIŞKANELLİ’ye; verilerin istatistik analizinde desteklerini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Umay UZUNOĞLU KOÇER, Sayın Prof. Dr. Mustafa GÜNEŞ ve Sayın Cumhur Yusuf DEMİRKALE’ye; lazer cihazları ile iletişim konusunda yardımları bulunan Sayın Doç. Dr. Hürevren KILIÇ’a, veri değerlendirme konusunda iletişime geçtiğim yüksek lisans danışmanım Sayın Prof. Dr. Reginald SOULEYRETTE’e; veri toplama sürecinde ölçüm ve kayıt cihazlarının kurulumu için mekân desteğinde bulunan iş yeri temsilcileri ile konut ve yurt sakinlerine; doktora çalışmamı teşvik eden ve mesaimi düzenlememde yardımlarını esirgemeyen, daha önce görev yaptığım Gediz Üniversitesi’ndeki bölüm başkanlarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Rıdvan ÖZEL ve Sayın Prof. Dr. Darçın AKIN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Zaman zaman “eşsiz” ve “babasız” geçen hafta sonlarına katlanan eşim Sare Hanım ve kızımız Yasemin Gülsüm’e; yoğun çalışma gerektiren bazı dönemlerde uzun zaman ziyaretlerine gidemediğim aileme ve sosyal geçen bazı haftalarımnda ilgisini benden esirgemeyen arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Bu çalışma, “Yaya Yolu Tasarımı ve Uygulamaları Kaynaklı Yaya-Taşıt Trafiği Çatışmasının İncelenmesi” başlıklı 113M222 numaralı proje ile TÜBİTAK 1001 Programı kapsamında desteklenmiştir. Önemli katkılarından dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Mehmet ÇAPUTCU

KENT İÇİ ULAŞIM SİSTEMLERİNDE YAYA HAREKETLERİNİN MODELLENMESİ

ÖZ

Yaya hareketliliği kent içi trafiğini oluşturan temel bileşenlerden biridir. Bir ulaştırma türü olarak *yaya hareketleri (yürüme)*, kentsel ulaşımında oldukça büyük bir paya sahiptir. Nitekim, ev, iş veya okul gibi bir başlangıç noktasından hareket eden bir kişi, yolculuğunun en azından bir bölümünü yürüyerek gerçekleştirmekte; herhangi bir toplu taşıma sistemini kullanması halinde erişim amacıyla yürümek durumundadır. Dolayısıyla, kentsel alanlar içerisindeki yol ağı üzerinde bulunan kaldırımların yayalara sunacağı hizmet kalitesi kent nüfusunun yolculuklarını güvenli ve konforlu biçimde gerçekleştirebilmesi bakımından son derece önemlidir.

Öte yandan ülkemizde, yayalar tarafından da kullanılmakta olan kent içi yolların birçoğu, standart dışı kaldırım uygulamalarından kaynaklanan çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır. Kaldırım bulunmaması, genişliğinin yetersiz olması, kural dışı işgallerin bulunması ve gereksiz kot değişimleri göstermesi olarak özetlenebilecek söz konusu sorunlar, seçilmiş etüt sahaları özelinde ele alınmış; yaya ve taşıt hareketleri yüksek ölçüm hassasiyetine sahip lazer tarama cihazları yardımıyla incelenmiştir. Toplanan verinin işlenmesi ve analizinde çeşitli yazılım ve bilgisayar algoritmalarından yararlanılmıştır. Üç ayrı sorunlu yol kesiminden elde edilen değerler, standarda uygun kabul edilen bir kontrol yol kesimine ait olanlar ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada varılan sonuçlar, sık aralıklarla değişen kaldırım genişlikleri ve yüksekliklerinin yaya yürüme hızı ve hizmet seviyesini olumsuz etkilediğini; yer yer yol platformu üzerinde yürümek durumunda kalan yayaların büyük konforsuzluk yaşadığını ve güvenlik risklerine maruz kaldığını göstermektedir. Kaldırım sorunları, ayrıca, gerek birbirine paralel seyreden yaya ve taşıt trafiği arasında gerekse birbirine ters yöndeki taşıt akımları arasında çatışma durumları doğurmakta; taşıt hızlarını olumsuz etkileyerek yoldaki yolculuk direncinin artmasına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Kaldırım sorunları, yaya hareketleri, yürüme hızı, yaya hizmet seviyesi, yaya-taşıt çatışması

MODELLING OF PEDESTRIAN MOVEMENT CHARACTERISTICS IN URBAN TRANSPORTATION SYSTEMS

ABSTRACT

Pedestrian mobility is an essential constituent of urban traffic. *Pedestrian movements (walking)*, as a transportation mode, has a significant share in urban transportation. Upon departing from an origin such as house, business or school, a person utilizes walking on at least some portion of their travel, and also has to walk for access to/from any mass transportation system. Thus, the quality of service offered to pedestrians by sidewalks along urban roads is very important to ensure an acceptable level of safety and comfort in urban trips.

On the other hand, most urban roads in our country which also carry pedestrian traffic are suffering from a number of problems caused by non-standard sidewalk implementations. These problems include absence of a sidewalk, insufficient cross-sectional width, existence of illegal encroachments, and unnecessary changes of elevation. The aforementioned problems were investigated through cases observed at selected sites, and the data about pedestrian and vehicle movements were collected by means of laser scanning devices with high measurement precision levels. Computer software and algorithms were utilized to process and analyze the data. Results obtained from three different non-standard sidewalk segments were compared to that of a control site.

Results show that changes of width and elevation within small distances on a sidewalk have a negative impact on walking speeds and pedestrian level of service; and that pedestrians forced to walk on vehicular road experience significant loss of comfort and exposure to safety risks. In addition, sidewalk problems yield to conflicts between parallel pedestrian flow and adjacent vehicular traffic, as well as between the two vehicle flows in opposite direction, resulting in an increase in the travel impedance on such roads.

Keywords: Sidewalk problems, pedestrian movements, walking speed, pedestrian level of service, pedestrian-vehicle conflicts

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xxiii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - LİTERATÜR	4
2.1 Yaya Hareketleri	4
2.1.1 Yaya Akımının Bazı Özellikleri	5
2.1.2 Yaya Hareketlerini Modelleme Çalışmaları	5
2.1.3 Yaya Davranış ve Tercihlerine Ait Etkenler	6
2.1.3.1 Yaya Geçitlerindeki Kurallı Geçişler.....	7
2.1.3.2 Yaya Geçitlerindeki Kurallara Aykırı Geçişler.....	8
2.1.3.3 Geçit Bulunmayan Yerlerdeki (Kural Dışı) Geçişler.....	8
2.1.4 Yaya Hizmet Seviyesi Yöntemi	9
2.1.4.1 Serbest Akımdaki Yaya Hızının Belirlenmesi	12
2.1.4.2 Ortalama Yaya Alanının Belirlenmesi	12
2.1.4.2.1 Etkili Yürüme Alanının Belirlenmesi	12
2.1.4.2.2 Birim Genişlikteki Akım Oranının Hesaplanması	16
2.1.4.2.3 Ortalama Yürüme Hızı.....	17
2.1.4.2.4 Yayanın Kapladığı Alan.....	17
2.1.4.3 Yaya Hizmet Seviyesi Puanının Belirlenmesi	17
2.2 Kent İçi Yol Ağı ve Kaldırımlar	20

2.2.1 Kentsel Yolların Sınıflandırılması	20
2.2.2 Yaya Kaldırımları Tasarım Esasları.....	21
2.2.3 Yaya Yollarına Ayrılmış Yürüme Alanlarının Derecelendirilmesi	23
2.3 Yaya ve Taşıt Trafik Arasındaki Çatışmalar.....	25
2.3.1 Trafik Çatışma Tekniği Kavramı	27
2.3.2 Yaya Yollarının Taşıtlarla Çatışma Durumundaki Hareketleri	29
2.4 Yaya Yollarında Yeni Teknolojilerin Kullanımı.....	34

BÖLÜM ÜÇ - ETÜT ÇALIŞMALARI..... 42

3.1 Etüt Sahaları	42
3.1.1 Saha Seçim Ölçütleri.....	43
3.1.2 Seçilen Etüt Sahaları	45
3.1.2.1 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki Sorunlu Yol Kesimi	48
3.1.2.2 Kıbrıs Caddesi'ndeki Sorunlu İki Farklı Yol Kesimi	49
3.1.2.3 Erdem Caddesi'ndeki Kontrol Yol Kesimi (Hukuk Fakültesi).....	51
3.2 Veri Toplanması.....	52
3.2.1 Kullanılan Ölçüm ve Kayıt Düzeni	54
3.2.2 Ön Etüt Çalışmaları ve Ölçüm Yönteminin Kalibrasyonu	59
3.2.3 Etüt Sahalarında Lazer Ölçümü ve Video Kaydı.....	63
3.2.4 Kaza Geçmişinin Araştırılması	64
3.3 Verinin İşlenmesi	66
3.3.1 Lazer Ölçümlerinden Nokta Bulutu Elde Edilmesi	66
3.3.2 Hareketli ve Sabit Nesnelerin Sınıflandırılması.....	67
3.3.3 Farklı Lazer Tarayıcılardan Gelen Verilerin Birleştirilmesi	73
3.3.4 Yaya ve Taşıt İzlerinin Oluşturulması Çalışmaları	77
3.3.4.1 Optik Akış	79
3.3.4.2 X-Y Koordinat Verisi ile Kümeleme	80
3.3.4.2.1 K-Means Yöntemi.....	81
3.3.4.2.2 Sıradüzensel Kümeleme.....	81
3.3.4.3 Blob Analizi	83
3.3.4.4 Oluşturulan Yaya İzleri	85

3.3.5 Nokta Bulutu Görüntüleme Yoluyla Konum ve Zaman Verisi Toplanması	86
3.3.6 Video Kayıtlarından Görsel Veri Elde Edilmesi.....	93
3.3.7 Lazer ve Video Veri Kümelerinin Bütünleştirilmesi	95
BÖLÜM DÖRT - ANALİZ VE SONUÇLAR.....	101
4.1 Etüt Sahalarında Yaya Özelliklerinin Yüzdesel Dağılımı	101
4.1.1 Sorunlu Yol Kesimleri	103
4.1.2 Kontrol Yol Kesimi.....	108
4.2 Yürüme Hızları.....	109
4.2.1 Sorunlu Yol Kesimlerinde Hızların Yaya Özelliklerine Göre Değişimi	109
4.2.1.1 Kıbrıs Caddesi 2; Kaldırım Bulunmayan Kesim	109
4.2.1.2 Uğur Mumcu Caddesi; Yetersiz Genişlikteki (Dar) Kaldırım Kesimi	113
4.2.1.3 Uğur Mumcu Caddesi; İşgaller Nedeniyle Daralan Kaldırım Kesimi	117
4.2.1.4 Kıbrıs Caddesi 1; İşgaller Nedeniyle Yayaların Yolu Kullandığı Durum	120
4.2.1.5 Kıbrıs Caddesi 1; İşgallere Rağmen Yayaların Kaldırımı Kullandığı Durum	123
4.2.2 Kontrol Yol Kesiminde Hızların Yaya Özelliklerine Göre Değişimi	126
4.2.3 Çeşitli Yaya Özelliklerinde Hızların Etüt Sahalarına Göre Değişimi.....	130
4.2.3.1 Cinsiyet Etkisi	130
4.2.3.2 Yaş Grubu Etkisi	133
4.2.3.3 Kilo Durumu Etkisi	135
4.2.3.4 Yük Durumu Etkisi	137
4.2.3.5 Grup Etkisi	140
4.2.4 Hızlarda Mevsimsel Değişimler.....	142
4.2.5 Hız Değişimleri Regresyon Modeli	146
4.2.6 Hızların Mikroskobik Ölçekte Analizi.....	154

4.2.6.1 Kontrol Yol Kesiminde Yaya Hareketleri.....	157
4.2.6.2 Yetersiz Genişlikteki (Dar) Kaldırımda Yaya Hareketleri.....	158
4.2.6.3 Değişen Enkesitli Yol Kesiminde Yaya Hareketleri.....	161
4.2.6.4 Basamak İnme ve Çıkma Hareketi.....	162
4.2.7 Yürüme Hızının Çevresel Etkenleri	164
4.3 Yaya Yolculuk Süreleri ve Gecikmeler	165
4.3.1 Sorunlu Kaldırımlarda Yaya Gecikmesi	166
4.3.2 Gecikme Hesabına Yönelik Rejim Hızı Regresyon Modeli	168
4.3.3 Etüt Sahalarında Gözlemlenen Gecikmeler	171
4.3.3.1 Kıbrıs Caddesi 1	171
4.3.3.2 Uğur Mumcu Caddesi	173
4.3.4 Bir Koridor Boyunca Yaya Gecikmesi	175
4.4 Yaya Hizmet Seviyesi	177
4.4.1 Uğur Mumcu Caddesi Yaya Hizmet Seviyesi	179
4.4.2 Kontrol Yol Kesimi (Hukuk Fakültesi) Yaya Hizmet Seviyesi.....	180
4.4.3 Kıbrıs Caddesi 1 Yaya Hizmet Seviyesi	181
4.4.4 Sonuçların Yorumlanması.....	181
4.5 Yaya-Taşıt Çatışması	183
4.5.1 Gözlemlenen Mikro Hareket ve Etkileşimlere Örnekler	184
4.5.2 Trafik Çatışma Tekniğinin Uyarlanması.....	190
4.5.2.1 Yayaaların Aniden Taşıt Yoluna İnmesi ve Yürümesi	190
4.5.2.2 Yayaalar ve Taşıtların Tedrici Yakınlaşması.....	192
4.5.3 Yanal Mesafe ve Hızlardaki Değişim	197
4.5.4 İncelenen Etüt Sahalarında Yaya-Taşıt Kazaları Geçmişi	206
4.6 Taşıt Trafiği Yolculuk Direnci.....	212
4.7 Benzetim Çalışmaları	221
4.7.1 Kullanılan Benzetim Yazılımı Hakkında Kısa Bilgi.....	222
4.7.2 Modellenen Etüt Sahası	224
4.7.3 Dikkate Alınan Değişkenler.....	226
4.7.4 Kullanılan Veri Kümesi	226
4.7.5 Ortamın Oluşturulmasına Yönelik Bazı Denemeler	230
4.7.6 Benzetim Senaryosu.....	232

4.7.7 Benzetim Sonuçları	238
4.8 Yayaların Kaldırımında Gözlemlenen Yanal Konumları.....	241
BÖLÜM BEŞ - DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	251
5.1 Araştırmaya Yönelik Öneriler.....	254
5.1.1 Yol Kesimlerinin Koridor Halinde Derecelendirilmesi	254
5.1.2 Gecikmeler, Yürüme Konforu ve Yolculuk Tercihleri	255
5.1.3 Yaya Hizmet Seviyesi	256
5.1.4 Yaya-Taşıt Çatışması ve Yaya Güvenliği	257
5.1.5 Yol Kapasitesinde Değişim ve Ulaşım Planlaması.....	259
5.1.6 Benzetim Çalışmaları.....	261
5.2 Uygulamaya Yönelik Öneriler	262
5.2.1 Yol, Kaldırım, Trafik ve Otopark Düzenleme Önerileri.....	262
5.2.2 Standartların Uygulanabilirliği, Güncellenmesi ve Uygulanması	265
5.2.3 Yaya Hareketliliğine Öncelik Tanıyan Kalkınma Stratejileri	266
BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR	268
KAYNAKLAR	269
EKLER.....	277
EK-1: Etüt Sahalarına Ait Ayrıntılı Plan Örneği (Kıbrıs Caddesi 1).....	278
EK-2: LMS 511 Lazer Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi	279
EK-3: LD-MRS Lazer Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi	288
EK-4: Veri Kümelerinin Birleştirilmesindeki Hesap Adımları	293
EK-5: Blob Analizi Akış Şeması	298
EK-6: MATLAB Arayüzünde Yer Alan Düğme ve Alanların İşlevi	299
EK-7: GUI'den Elde Edilen Konum ve Zaman Verisi için Kayıt Tablosu Örneği	301

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yaya vücut elipsi	10
Şekil 2.2 Yaya hizmet seviyesi (YHS) şematik gösterimi ve sınıflandırması	11
Şekil 2.3 Yaya hizmet seviyesi belirlenmesinde izlenen adımlar	12
Şekil 2.4 Etkili yürüme alanı gösterimi	15
Şekil 2.5 Yol ağı sınıflandırma örneği	21
Şekil 2.6 Yaya geçidinde yaya-taşıt çatışması şematik gösterimi.....	28
Şekil 2.7 Karma (paylaşımlı) platform uygulaması sonrası caddenin genel görünümü	31
Şekil 2.8 Faz düzenlemesi denemesinde elde edilen taşıt izleri ve yaya izleri	36
Şekil 2.9 Lazer tarama sonucu elde edilen yaya izleri	37
Şekil 2.10 Veri toplama düzeneği ve deney ortamı	37
Şekil 2.11 Algılanan yayaya ait nokta kümesi	38
Şekil 2.12 Taranan mesafelerin radyal ve kartezyen türden gösterimi	39
Şekil 2.13 Takip edilen tüm yayalara ait izler.....	39
Şekil 2.14 Yürüme modeli, adım uzunluğu, adım periyodu ve hız değişimi	40
Şekil 2.15 Yaya hareketlerinin tahminine bağlı hız kontrolü	41
Şekil 3.1 Olası yol enkesit tiplerinin şematik gösterimi	44
Şekil 3.2 İncelenen sahaların konumu	46
Şekil 3.3 Etüt sahası olarak seçilen yol kesimlerinin bulunduğu alana ait vaziyet planı	47
Şekil 3.4 Kıbrıs Caddesi 1 sahasına ait lazer noktası tabanlı plan örneği.....	48
Şekil 3.5 Uğur Mumcu Caddesi üzerindeki etüt sahası	49
Şekil 3.6 Kıbrıs Caddesi üzerindeki etüt sahaları	50
Şekil 3.7 Kıbrıs Caddesi üzerindeki etüt sahalarının yakından görünümü	50
Şekil 3.8 Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasındaki kaldırım boyunca bulunan gereksiz basamaklar.....	51

Şekil 3.9 Erdem Caddesi üzerindeki Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi)	52
Şekil 3.10 LMS 511 genel görünümü ve tarama aralığı	55
Şekil 3.11 Sehpaya monte edilmiş cihazın (LMS 511) ölçüm düzeneği	56
Şekil 3.12 LMS 511 bağlantı ekipmanları üstten ve yandan görünüşü	56
Şekil 3.13 LD-MRS genel görünümü ve tarama aralığı	57
Şekil 3.14 Sehpaya monte edilmiş cihazın (LD-MRS) ölçüm düzeneği	58
Şekil 3.15 LD-MRS bağlantı ekipmanları	58
Şekil 3.16 Bölüm binası koridorunda yapılan oryantasyon çalışmaları	59
Şekil 3.17 Excel programında ölçümlerin geçerli olduğunun doğrulanması işlemi	60
Şekil 3.18 Yol yüzeyine paralel yatay düzlemin yakalanabilmesi için anahtar yardımı ile cihazlara açı ayarı yapılması işlemi	62
Şekil 3.19 LMS 511 ve LD-MRS cihazlarına ait ölçüm önizleme ekranı görüntüleri	63
Şekil 3.20 İki boyutlu (tek düzlemde bulunan) bir nokta bulutu örneği	66
Şekil 3.21 Polar mesafe verisinin belirli bir andaki görüntülenme çıktısı ve LMS 511'in tarama alanı sınırları	69
Şekil 3.22 32 dakikalık ölçümde 200 numaralı ışına ait mesafe okumaları histogramı	70
Şekil 3.23 Örnek yol enkesiti gerçek görüntüsü	71
Şekil 3.24 Mod değeri çevresinde kümelenen noktaların dağılımı	72
Şekil 3.25 Sınıflandırma işlemi sonrası bir tek cihaza ait hareketli ve sabit noktaların görünümü	73
Şekil 3.26 Farklı cihazlara ait noktaların birleştirilmesi işlemindeki geometrik ilişkiler	74
Şekil 3.27 Birleştirilmiş veri kümesinin zaman kalibrasyonu öncesindeki hatalı görünümü	76
Şekil 3.28 Birleştirilmiş veri kümesinin zaman kalibrasyonu sonrası görünümü	76
Şekil 3.29 Bütünleştirilmiş veri kümesindeki hareketli ve sabit noktaların gösterimi	77
Şekil 3.30 Veri matrislerinin şematik gösterimi	78

Şekil 3.31 Yayaya ait adım uzunluğu, adım periyodu ve anlık hız.....	78
Şekil 3.32 Optik akış yönteminin çıktısı	80
Şekil 3.33 K-means kümeleme yöntemi şematik gösterimi.....	81
Şekil 3.34 Sıradüzensel kümelemede oluşturulan dendrogram çizelgesinin basit bir örneği.....	82
Şekil 3.35 İncelenen noktaların plan görünüşüne bir örnek ve Dendrogram'a ait karmaşık bir örnek.....	82
Şekil 3.36 İki yayanın hatalı birleşmesi ve tek olarak algılanması	83
Şekil 3.37 Bir tek taşıtın birden çok blob halinde algılanması	83
Şekil 3.38 Birbirine yakın geçen bir yaya ile bir taşıtın birlikte tek blob olarak algılanması	84
Şekil 3.39 Herhangi bir andaki takip işlemi ve oluşan izlerin görünümü.....	84
Şekil 3.40 Elde edilen iz kayıtlarının çıktısına ait ekran görüntüsü.....	85
Şekil 3.41 Algoritma çalışmaları sonucu elde edilen yaya izleri	86
Şekil 3.42 Oluşturulan GUI'nin arkaplan kodları	88
Şekil 3.43 Manuel yolla veri elde edilmesinde kullanılan MATLAB arayüzü.....	89
Şekil 3.44 GUI'de dosya seçim penceresi.....	90
Şekil 3.45 Nokta seçme aracının etkinleştirilmesi	91
Şekil 3.46 Yürümekte olan bir yayaya ait noktaların seçimi	91
Şekil 3.47 Seçilen nokta koordinatları ve zaman bilgisinin kayda alınması.....	92
Şekil 3.48 Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasında konum ve zaman verisi toplanması örneği	93
Şekil 3.49 Uğur Mumcu Caddesi etüt sahasında konum ve zaman verisi toplanması örneği.....	93
Şekil 3.50 Görsel verilerin iz verilerine eklenmesi	100
Şekil 4.1 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde (Kıbrıs Caddesi 2) yolda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı	103
Şekil 4.2 Uğur Mumcu Caddesi'nde yeterli kesit genişliği olmayan (dar) kaldırım kesiminde yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı	104
Şekil 4.3 Uğur Mumcu Caddesi'nde kural dışı işgallerin bulunduğu geniş kaldırımda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı.....	105

Şekil 4.4 Kıbrıs Caddesi 1’de kural dışı tasarım ve işgallerin bulunduğu yol kesiminde yolda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı	106
Şekil 4.5 Kıbrıs Caddesi 1’de kural dışı tasarım ve işgallerin bulunduğu yol kesiminde kaldırımda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı	107
Şekil 4.6 Kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi sahasında) kaldırımda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı	108
Şekil 4.7 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri	110
Şekil 4.8 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	110
Şekil 4.9 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	111
Şekil 4.10 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	112
Şekil 4.11 Kıbrıs caddesi 2 gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	113
Şekil 4.12 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikler	114
Şekil 4.13 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarının yaya hız grafikleri	114
Şekil 4.14 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	115
Şekil 4.15 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	116
Şekil 4.16 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	117
Şekil 4.17 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri	117
Şekil 4.18 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	118

Şekil 4.19 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	118
Şekil 4.20 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	119
Şekil 4.21 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	120
Şekil 4.22 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler	120
Şekil 4.23 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri.....	121
Şekil 4.24 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	122
Şekil 4.25 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	122
Şekil 4.26 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	123
Şekil 4.27 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikler	124
Şekil 4.28 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri	124
Şekil 4.29 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri	125
Şekil 4.30 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri	125
Şekil 4.31 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri	126
Şekil 4.32 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri	127
Şekil 4.33 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri.....	128
Şekil 4.34 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	128

Şekil 4.35 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	129
Şekil 4.36 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri.....	129
Şekil 4.37 Tüm gözlem noktalarına ait erkek yayaların hız grafikleri.....	131
Şekil 4.38 Tüm gözlem noktalarına ait kadın yayaların hız grafikleri.....	131
Şekil 4.39 Tüm gözlem noktalarına ait erkek ve kadın yayaların hızları.....	131
Şekil 4.40 Tüm gözlem noktalarına ait 15-25 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri	133
Şekil 4.41 Tüm gözlem noktalarına ait 25-40 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri	133
Şekil 4.42 Tüm gözlem noktalarına ait 40-65 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri	134
Şekil 4.43 Tüm gözlem noktalarına ait 65 üstü yaş grubundaki yayaların hız grafikleri	134
Şekil 4.44 Tüm gözlem noktalarına ait farklı yaş gruplarındaki yayaların hız grafiği	134
Şekil 4.45 Tüm gözlem noktalarına ait zayıf yayaların hız grafikleri.....	135
Şekil 4.46 Tüm gözlem noktalarına ait normal kilolu yayaların hız grafikleri	136
Şekil 4.47 Tüm gözlem noktalarına ait kilolu yayaların hız grafikleri	136
Şekil 4.48 Tüm gözlem noktalarına ait farklı kilolardaki yayaların hız grafiği.....	137
Şekil 4.49 Tüm gözlem noktalarına ait yüksüz yayaların hız grafikleri	138
Şekil 4.50 Tüm gözlem noktalarına ait hafif yüklü yayaların hız grafikleri	138
Şekil 4.51 Tüm gözlem noktalarına ait orta yüklü yayaların hız grafikleri	138
Şekil 4.52 Tüm gözlem noktalarına ait ağır yüklü yayaların hız grafikleri	139
Şekil 4.53 Tüm gözlem noktalarına yük durumuna göre yayaların hız grafiği	139
Şekil 4.54 Tüm gözlem noktalarına ait tek yürüyen yayaların hız grafikleri.....	140
Şekil 4.55 Tüm gözlem noktalarına ait iki kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri.....	140
Şekil 4.56 Tüm gözlem noktalarına ait üç kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri.....	141

Şekil 4.57 Tüm gözlem noktalarına ait dört kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri.....	141
Şekil 4.58 Tüm gözlem noktalarına gruptaki kişi sayısına göre yayaların hız grafiği	141
Şekil 4.59 Mevsimsel değişikliklerin cinsiyete göre yaya hızları üzerindeki etkisi	143
Şekil 4.60 Mevsimsel değişikliklerin yaş durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	143
Şekil 4.61 Mevsimsel değişikliklerin kilo durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	144
Şekil 4.62 Mevsimsel değişikliklerin yük durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	145
Şekil 4.63 Mevsimsel değişikliklerin grup durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi	145
Şekil 4.64 Kaldırımdan mecburi iniş ve çıkışlar (Uğur Mumcu Caddesi).....	147
Şekil 4.65 Analizlerde dikkate alınan basamakların gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)	147
Şekil 4.66 Çeşitli engellerle karşılaşan bir yaya için hesaplanan hız sinyallerine bağlı konum-zaman ve hız-zaman grafikleri.....	155
Şekil 4.67 Yukarıdaki Şekil 4.66’da grafiği verilen yayanın izlediği yol ve çevresi	155
Şekil 4.68 Aynı yayanın 1., 2., 5. ve 6. bölgelerdeki anlık görüntüleri	156
Şekil 4.69 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (kontrol yol kesimi)	157
Şekil 4.70 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) genel görünümü	158
Şekil 4.71 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım kesiti)	159
Şekil 4.72 Uğur Mumcu Caddesi’ndeki dar kaldırımın görünümü.....	159
Şekil 4.73 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi işgallerden dolayı daralan bölge)	160
Şekil 4.74 Uğur Mumcu Caddesi’ndeki kaldırımın geniş ancak işgallerden dolayı daralan kesiminin görünümü.....	160

Şekil 4.75 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)	161
Şekil 4.76 Kıbrıs Caddesi 1 sahası genel görünümü.....	161
Şekil 4.77 Dokuzçeşmeler'den Üçkuyular yönüne giden yayanın hız gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)	162
Şekil 4.78 Üçkuyular'dan Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın hız gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)	163
Şekil 4.79 Kaldırım boykesiti üzerinde yaya hızındaki değişimin yaklaşık şematik gösterimi.....	163
Şekil 4.80 Kaldırım sorunları nedeniyle yayaların maruz kaldığı yol ve zaman kayıpları.....	166
Şekil 4.81 Yayanın maruz kaldığı hız ve yol kayıpları.....	168
Şekil 4.82 Yolculuk süresinde değişime neden olan bölgelerin noktasal gösterimi	172
Şekil 4.83 Yayalara ait temsili bir rejim hızına göre bir koridor boyunca kaldırım sorunları nedeniyle yaşanan kümülatif gecikmeler	176
Şekil 4.84 Koridor boyunca taşıt ve yaya gecikmeleri arasındaki benzerlik	177
Şekil 4.85 Uğur Mumcu Caddesi'nde yaya hizmet seviyesi karşılaştırılan kesitler	180
Şekil 4.86 İncelenen etkileşim ilişkileri	185
Şekil 4.87 Kaldırım olmayan yol kesiminde yaya-taşıt etkileşimine örnekler	186
Şekil 4.88 Kaldırımın çok yüksek olduğu kesimde yaya davranışı	186
Şekil 4.89 Kaldırımın çok yüksek olduğu kesimde yaya davranışı	187
Şekil 4.90 Dar kaldırımda yayanın yürüme davranışı.....	188
Şekil 4.91 Uğur Mumcu Caddesi etüt sahasındaki dar kaldırım kesimi	188
Şekil 4.92 Yetersiz kesit genişliğinde grup halinde yürüyen yayaların davranışı ...	189
Şekil 4.93 Karşı yönden yayalarla karşılaşan yayanın davranışı	189
Şekil 4.94 İncelenen çatışma durumlarının şematik sınıflandırması	190
Şekil 4.95 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde tedrici yaklaşma durumu	193
Şekil 4.96 Çatışma noktalarının şematik gösterimi	194
Şekil 4.97 Lazer tarama ile algılanan ve gerçek genişliğin farkı	195
Şekil 4.98 Yaya ve taşıt doğrultuları için esas alınan kesitlerin konumu	196

Şekil 4.99 Yaya ve taşıtların yaklaşık doğrultuları	197
Şekil 4.100 Yaya ve taşıtların bina duvarına olan yanıl mesafeleri	198
Şekil 4.101 Gözlemlenen yaya izleri	199
Şekil 4.102 Gözlemlenen taşıt izleri	199
Şekil 4.103 Gözlemlenen yaya ve taşıt izlerinin bir arada görünümü	200
Şekil 4.104 Gözlemlenen taşıt izleri ile işaretli yol kesimlerinde yaya varlığı ilişkisi	201
Şekil 4.105 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasının yaya yanıl mesafesine etkisi	203
Şekil 4.106 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasının yaya hızı üzerindeki etkisi.....	203
Şekil 4.107 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasının taşıt yanıl mesafesi ve hızı üzerindeki etkisi	205
Şekil 4.108 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasında dikkate alınan yaya ve taşıt izlerine ait ortalama konumların uzanımı	205
Şekil 4.109 Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi ve incelenen sahaların konumları.....	207
Şekil 4.110 İncelenen caddeler üzerindeki kazaların coğrafi dağılımı	208
Şekil 4.111 Kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi etüt sahası çevresindeki (Erdem Caddesi üzerinde) kazaların konumu	209
Şekil 4.112 Uğur Mumcu Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu	209
Şekil 4.113 Kıbrıs Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu.....	209
Şekil 4.114 İncelenen sahaların çevresinde görülen ve yayaların etkilendiği kazaların konumu.....	211
Şekil 4.115 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen tüm taşıtların hız dağılımı.....	214
Şekil 4.116 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen otomobillerin hız dağılımı	215
Şekil 4.117 İncelenen yol kesiminde elde edilen trafik temel bağıntılarına ait grafikler	216
Şekil 4.118 Yaya varlığına göre yolculuk süresi ve gecikmeler arasındaki ilişkiler	220

Şekil 4.119 VISSIM 7.00 kullanıcı arayüzü	223
Şekil 4.120 VISSIM 7.00'daki VISWALK modülü araçları	223
Şekil 4.121 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki etüt sahası (sorunlu yol kesimine örnek)	225
Şekil 4.122 Erkekler için istenen yürüme hızı dağılımı	228
Şekil 4.123 Kadınlar için istenen yürüme hızı dağılımı	228
Şekil 4.124 Yayaların genel kilo durumu dağılımı	229
Şekil 4.125 Yaya trafiği üretiminde erkek ve kadın oranı girişi	229
Şekil 4.126 40 cm genişliğindeki bir geçitte yayaların davranışı	230
Şekil 4.127 Geçit genişliği 50 cm'ye çıkarıldığında tüm yayaların geçebilmesi durumu	231
Şekil 4.128 Taşıt yolu genişliği sınırlarının belirlenmesi	231
Şekil 4.129 Sahanın genel görünümü ve gözlenen yaya hareketlerine bir örnek	232
Şekil 4.130 Gözlenen yaya hareketlerine bir örnek (büyütülmüş)	232
Şekil 4.131 Modelleme aşamasında sahanın plan görünümü	233
Şekil 4.132 Modelleme aşamasında sahanın perspektif görünümü	234
Şekil 4.133 Sahanın perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)	234
Şekil 4.134 Sahanın diğer bir açıdan perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)	235
Şekil 4.135 Sahanın üç boyutlu modeller ile perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)	235
Şekil 4.136 Sahanın diğer bir açıdan üç boyutlu modeller ile perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)	236
Şekil 4.137 Sahanın perspektif görünümü (önerilen düzenleme sonrası durum)	237
Şekil 4.138 Sahanın diğer bir açıdan perspektif görünümü (önerilen düzenleme sonrası durum)	237
Şekil 4.139 Benzetim ayarları	238
Şekil 4.140 Benzetim sonuç raporu tercihleri	239
Şekil 4.141 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafeler	239
Şekil 4.142 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yaşadığı ortalama gecikmeler	240

Şekil 4.143 Yayaların benzetim ortamı içerisinde ortalama yürüme hızları.....	240
Şekil 4.144 Kaldırım kullanım analizi için Hukuk Fakültesi etüt sahasında (kontrol yol kesiminde) saha çalışmasından alınan kesitlerin konumları	242
Şekil 4.145 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	243
Şekil 4.146 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	243
Şekil 4.147 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	243
Şekil 4.148 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	244
Şekil 4.149 TS 12576'ya göre tip kaldırım enkesiti kısıtları	244
Şekil 4.150 Kaldırım kullanım analizi için Uğur Mumcu Caddesi'ndeki saha çalışmasından alınan kesit konumları	245
Şekil 4.151 Uğur Mumcu Caddesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı.....	245
Şekil 4.152 Uğur Mumcu Caddesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı.....	246
Şekil 4.153 Uğur Mumcu Caddesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı.....	246
Şekil 4.154 Uğur Mumcu Caddesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı.....	246
Şekil 4.155 Uğur Mumcu Caddesi 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı.....	247
Şekil 4.156 Kaldırım kullanım analizi için Kıbrıs Caddesi 1 kesimindeki saha çalışmasından alınan kesit konumları	248
Şekil 4.157 Kıbrıs Caddesi 1 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	248
Şekil 4.158 Kıbrıs Caddesi 1 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	249
Şekil 4.159 Kıbrıs Caddesi 1 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	249
Şekil 4.160 Kıbrıs Caddesi 1 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	249
Şekil 4.161 Kıbrıs Caddesi 1 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	250
Şekil 4.162 Kıbrıs Caddesi 1 6. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı	250
Şekil 5.1 İncelenen yol kesimindeki taşıt trafiği bağıntılarının bisiklet yoğunluğuna göre değişimi.....	259
Şekil 5.2 Yol kenarında yaya varlığının etkisiyle taşıt trafiğinde meydana geldiği düşünülen değişme	260

Şekil 5.3 Kaldırımın standarttan yüksek olduğu kesimde yayanın kullanmaktan kaçınması.....	263
Şekil 5.4 Yaya güvenliği teminine yönelik tip otopark önerisi.....	264
Şekil 5.5 TS 12576'ya göre kaldırımlardaki bazı geometrik ölçütler	265



TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Yaya hizmet seviyesi cetveli.....	10
Tablo 2.2 Etkili yürüme alanının belirlenmesinde kullanılan değerler.....	14
Tablo 2.3 Değişkenlerin YHS'ye etkisi	16
Tablo 2.4 YHS değişkenlerine ait koşullar	19
Tablo 2.5 Değişkenlerin yaya hizmet seviyesine etkisi	20
Tablo 2.6 Yaya Çevre Kalite İndeksi (PEQI) sistem bileşenlerine ait göstergeler....	24
Tablo 3.1 Şekil 3.1'de şematize edilen sorun çeşitlerinin her bir etüt sahasında bulunma durumu	46
Tablo 3.2 SICK LMS 511-20100 PRO cihazı özellikleri	55
Tablo 3.3 SICK LD-MRS cihazı özellikleri	57
Tablo 3.4 Emniyet Genel Müdürlüğü'nden alınan kaza verisi özeti	65
Tablo 3.5 İlgili yayayı temsil eden seçilmiş noktaların x ve y koordinatlarına örnek	92
Tablo 3.6 Video görüntülerinden elde edilen yaya özelliklerinin kayda geçirilmesi	94
Tablo 3.7 Video kayıtlarından veri elde edilmesinde dikkate alınan değişkenler ve aldıkları değerler	95
Tablo 3.8 Yayaalara ait özelliklerin kaydedilmesi işlemini gösteren ekran görüntüsü	96
Tablo 3.9 Ölçüm yapılan sahalardan geçen yaya ve taşıt sayısı	96
Tablo 3.10 Veri tanımlayıcı özet tablolar	98
Tablo 4.1 Grafiklerde yer alan beş farklı yaya özelliği ve aldıkları değerler	102
Tablo 4.2 Grafiklerde kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları.....	130
Tablo 4.3 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler ve bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler	148
Tablo 4.4 Tüm sahalardaki toplam 2279 yaya için oluşturulan regresyon modeli ve anlamlılık değerleri	149

Tablo 4.5 Çeşitli yaya özelliklerinin ele alındığı senaryolar için tahmin edilen hız değerleri.....	150
Tablo 4.6 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler, bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler ve gözlem sayıları.....	152
Tablo 4.7 Modelde dikkate alınan değişkenler arasındaki korelasyon değerleri	152
Tablo 4.8 Tüm sahalardaki toplam 2270 yaya için oluşturulan ikinci regresyon modeli ve anlamlılık değerleri.....	153
Tablo 4.9 Algoritmadan alınan yaya izi verisi örneği.....	154
Tablo 4.10 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler ve bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler	169
Tablo 4.11 Hukuk Fakültesi etüt sahasında (kontrol yol kesiminde) gözlemlenen 1112 yaya için oluşturulan regresyon modeli ve anlamlılık değerleri	169
Tablo 4.12 Çeşitli yaya özelliklerinin ele alındığı senaryolar için tahmin edilen hız değerleri.....	170
Tablo 4.13 Kaldırım boyunca görülen basamak inme hareketinin yolculuk süresine etkisi (gecikme).....	172
Tablo 4.14 Kaldırım boyunca görülen basamak çıkma hareketinin yolculuk süresine etkisi (gecikme).....	172
Tablo 4.15 Kaldırımı karşı yönden gelen bir başka yaya ile paylaşmak zorunluluğu ile kaldırımdan yola basamak inişlerinin yolculuk süresine etkisi (gecikme)	174
Tablo 4.16 Yoldan kaldırıma tekrar dönerken basamak çıkışlarının yolculuk süresine etkisi (gecikme).....	174
Tablo 4.17 Yayalar arasında gerçekleşen birbirine temasın (yan dönerek geçme hareketinin) yolculuk süresine etkisi (gecikme)	174
Tablo 4.18 Taşıtlarla etkileşim ve karşı şeritte taşıt varlığına göre yayalara ait yol kenarı duvarına olan mesafe ve yürüme hızı değerleri	201
Tablo 4.19 Yayalarla etkileşim ve karşı şeritte taşıt varlığına göre incelenen şeritteki taşıtlara ait yol kenarı duvarına olan mesafe ve seyir hızı değerleri	203
Tablo 4.20 Elde edilen kaza verisine örnek	206
Tablo 4.21 İncelenen yol kesimlerindeki kaza sayıları.....	207
Tablo 4.22 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen kazalar	210

Tablo 4.23 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen ve en az bir yaya içeren kazalar	210
Tablo 4.24 Her bir saha için toplam kaza sayısı ve yayanın karıştığı kaza sayısı ...	211
Tablo 4.25 Her bir saha için çarpma türüne göre kaza sayısı	211
Tablo 4.26 Her bir etüt sahasında kazaya karışan taşıt sayısına göre kaza sayısı....	212
Tablo 4.27 İncelenen her bir kazadaki yaralı veya ölü yaya ve sürücü sayısı	212
Tablo 4.28 Yol kenarında yaya varlığına göre taşıt hızları tanımlayıcı istatistikleri	215
Tablo 4.29 Hesaplanan optimum akım, yoğunluk ve hız değerleri	217
Tablo 4.30 Tanımlanan değişkenlerin 50 m’lik yol kesimine göre hesaplanan değerleri	220
Tablo 4.31 Benzetimde kullanılan yaya özellikleri ve hız dağılımı.....	227
Tablo 4.32 Elde edilen sonuçların özeti	240

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Ülkemiz kentsel alanlarında yaya ulaşımı, kentlerimizin fiziki yapısı ve insanların taşıt alım gücü gibi etkenler nedeniyle kent içi ulaşımının önemli bir bölümünü teşkil etmektedir. Yaygın ulaştırma türleri arasında en ekonomik yöntem olan toplu taşıma sistemlerine erişim de yürüyerek sağlanmaktadır. Kent içi ulaşımında, yaya yolculuklarının günlük toplam yolculukların yaklaşık %35'ini oluşturduğu ortaya konmuştur (Oral, 2012). Kişisel taşıt kullanımının yaygınlaşması ve bir anlamda bağımlılık haline gelmesine işaret ettiği bir eserinde Vuchic (1999), dünyadaki en *yaşanabilir kentleri*, ulaşım ağı içerisinde hem otoyol hem de toplu taşıma sistemlerini içermekle birlikte, yayalar ve bisiklet kullanıcılarına gereken konforu ve emniyeti sağlayan kentler olarak nitelemiştir.

Otomobil sahipliğinin ve servis taşımacılığının oldukça yaygın olduğu günümüzde, kentlerde yaşayan insanların sağlığı açısından yürüme eylemi çok önemli bir rol üstlenmektedir. Bu noktada *hareketli yaşam (active living)* olarak adlandırılan ve “günlük hayatı şekillendirirken fiziksel hareketliliği rutin işlerin bir parçası haline getiren yaşam tarzı” olarak tarif edilen bir yaklaşım öne çıkmaktadır (Çubukçu, 2013). Günlük ulaşım ihtiyaçlarını yerine getirirken yürümeye yer vermek hareketli yaşam tarzı içinde ilk akla gelen uygulama olmaktadır.

Kentlerin daha yaşanabilir olması yayalara sunulan olanakların iyileştirilmesiyle mümkün olabilecektir. Dolayısıyla, yayaların kullanım bölgelerinin başarımı ve tasarımı da büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, *talep edilen* kent içi ulaşım sistemlerinin tasarlanabilmesi için yaya hareket ve davranışlarının iyi anlaşılması gerekmektedir.

Öte yandan, cadde ve sokaklarda yayaların kullanımına ayrılması gereken yürüme alanları (kaldırımlar) çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır. Yaya trafiğini de barındıran kent içi yollar üzerinde rastlanan bu sorunlar, yol kenarında kaldırım bulunmaması, yaya trafiği talebini karşılayacak kesit genişliğine sahip olmaması (dar olması), kural dışı geçici veya kalıcı işgallerden kaynaklanan daralmalar nedeniyle gerekli hizmeti verememesi ve kaldırım boyunca gereksiz kot farkları (basamaklar) bulunması şeklinde kendini göstermektedir. Ayrıca, yayaların yürümede konfor algısı ve güvenlik

hissi ciddi ölçüde olumsuz etkilenmektedir. Ülkemizde özellikle kent içi ulaşım ağında yaya trafiğine ayrılmış olan alanların, ya çevrede bulunan işyerleri tarafından ya da taşıtlar tarafından işgal edildiği dikkati çekmekte, bazı kesimlerde ise yaya kaldırımı olarak planlanan ancak yayaların kullanmasının mümkün olmadığı koridorlar oluşturulduğu görülmektedir.

Yukarıda çerçevelenen sorunlarla ilgili yapılan gözlemler sonucunda bazı hipotezler geliştirilmiş ve çalışma kapsamında sınanmaya çalışılmıştır. Bu hipotezler, analiz sonuçları ışığında değerlendirilmiş ve Bölüm 5'te sunulmuştur.

Söz konusu sorunların irdelenmesi ve geliştirilen hipotezlerin sınanmasına yönelik, mevcut tez çalışması kapsamında aşağıdaki çalışmaların gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır:

- Birbirine paralel hareket eden yaya ve taşıt trafiği arasındaki çeşitli çatışma durumlarının gözlem ve ölçüm yoluyla anlaşılması,
- Çatışma süreçleri içerisindeki birtakım mikro hareketlerin hassas lazer ölçümleri ve bilgisayar uygulamaları ile irdelenmesi yoluyla, yayaların gerek kaldırımlar üzerindeki engeller karşısında gerekse taşıt trafiği ile çatışma anında gösterdikleri mikro tepki, manevra ve hareketlerin anlaşılması,
- Fiziksel engeller ve taşıt trafiği arasında yaya akımının uğradığı hız ve yol kayıplarının ortaya konması,
- Farklı mekânsal etkenlerin yaya hızı üzerindeki etkilerini ifade eden ampirik bir model geliştirilmesi,
- Yaya hareketlerinin mikroskobik analizinden yola çıkılarak, *Highway Capacity Manual 2010*'daki (Transportation Research Board, 2010) mevcut yaya hizmet seviyesi tanımlamalarında değişken geometriye sahip sorunlu kaldırım kesimleri için önerilen değerlendirme yöntemine yönelik revizyon olanağının araştırılması,
- Hassas ölçüm ve hesaplamalar yoluyla elde edilmiş veri ışığında, mevcut trafik çatışması tekniklerine (Traffic Conflict Technique -TCT-) aynı yol üzerindeki yaya-taşıt çatışmasını açıklayan yeni bir yaklaşım önerilmesi,
- Taşıt trafiği benzetiminde kullanılan yazılımlar için yola paralel hareket eden yayalardan kaynaklanan yeni bir sürtünme katsayısına ulaşılması.

Bu çalışmada, kent içi ulaşım sistemlerimizin vazgeçilmez bir bileşeni olan yaya kaldırımları arasından seçilmiş bazı kesimlerdeki yaya hareketleri İzmir özelinde değerlendirilmiştir. Yayaların fiziksel ortam ve taşıtlarla olan etkileşimleri, davranışları ve yürüme hızları matematik bazı modeller ile temsil edilmeye; söz konusu sorunlar nedeniyle yayalar ve taşıtlar arasında meydana gelen çatışma durumları ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, trafik etüdü çalışmalarında kullanımı gittikçe yaygınlaşan ve video kayıtları ile lazer tarama teknolojilerine ait çıktıların bütünleşik olarak değerlendirilebildiği bir yöntemden yararlanılmıştır.



BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR

Bu tez çalışması kaldırım sorunları, yaya hareketleri ve yayaların taşıtlarla etkileşimlerine odaklanılarak geliştirilmiş bulunmaktadır. Bu nedenle, literatür araştırması yaya davranışları, yayaların yürümek için kullandığı fiziksel ortam, yayalar ile taşıtlar arasındaki etkileşimler ve yaya verisi toplama yöntemleri şeklinde ifade edilebilecek kategorilerde ele alınmıştır.

2.1 Yaya Hareketleri

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 yolları ve kaldırımın başarımı, yaya hareketlerinin farklı yaklaşımlarla modellenmesi, kaldırım 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.

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 ulaşımını ilgilendiren konuların şehir ve bölge planlama yöntemleri ile irdelendiği bir raporda Pushkarev ve Zupan (1975), gelecekte araştırılmasına ihtiyaç duyulacak bazı konulara dikkat çekmişlerdir. Sıralanan konulardan birçoğunun geçerliliğini koruduğu ve bilimsel olarak henüz yeterince açıklanmış olmadığı görülmektedir.

- Doğrudan yaya tahmin yaklaşımının, küçük kent merkezlerinin erişilebilirliği ve kapsama alanı bakımlarından tekrar ele alınması,
- Yaya akımındaki gündüz/geceye bağlı, haftalık ve sezonsal değişimlerin ölçümü,

- Farklı kentsel çevrelerdeki yürüme mesafeleri ve çevresel etkenlerin yürümeyi teşvik edici veya vazgeçirici etkileri üzerinde daha fazla veri toplanması ve değerlendirilmesi,
- Engellerin yaya akımı üzerindeki etkisi,
- Birey halindeki yayanın merdivenlerde ve köşelerdeki hareketlerinin dinamiği ve fizyolojisi; hızlanma ve yavaşlama,
- Farklı mertebelerde mekansal genişliklerde psikolojik tepkiler,
- Yapılara değer biçmede; para, zaman, yürüme mesafesi, fiziksel çevrenin farklı koşullarında kendini gösteren tıkanıklık, tesis özellikleri ve hava koşulları gibi etmenlerin birlikte kullanılması,
- Mekanik modlar (yürüyen merdivenler ve hızlı yürüme bantları) üzerinde detaylı veri toplanması.

Mevcut çalışma ile yakından ilgili olan bazı geçmiş çalışmalar sınıflandırılarak aşağıda kısaca sunulmuştur.

2.1.1 Yaya Akımının Bazı Özellikleri

Yaya trafiği akımının çeşitli yönleri araştırmacılar tarafından incelenmiş, yaya hareketlerinin hangi etkenlerle değişim gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Farklı şartlar altında gerçekleştirilen gözlem ve sayımlar arasındaki değişimin % 15'i geçmemesinden yola çıkılarak, yaya trafiğinin hava durumu, sıcaklık veya mevsim gibi etkenlerden neredeyse bağımsız olduğu ifade edilmiştir. Okul, iş, alışveriş gibi örneklendirilebilecek olan *yolculuğun amacının* yaya trafiği oluşumunda daha etkin olduğuna dikkat çekilmiştir (Schweizer, 2005).

2.1.2 Yaya Hareketlerini Modelleme Çalışmaları

Yaya verisi yardımıyla yaya davranışlarının modellenmesi konularındaki uygulamalar; hücresel özdevinirler/otomatlar (cellular automata), akışkanlar dinamiği (fluid dynamics), çok-etmenli modeller (multi-agent models), ayrık seçim modelleri (discrete choice models), kural-tabanlı modeller (rule-based models), çok elemanlı

modeller (multi-agent models) ve sınırlı rasyonellik modelleri (bounded rationality models) olarak adlandırılan yöntemleri kapsamaktadır (Timmermans, 2009).

2.1.3 Yaya Davranış ve Tercihlerine Ait Etkenler

Yaya yolları ve kaldırımların kullanıcıları olan yayalara ait davranışların anlaşılmasına yönelik etüt çalışmaları yalnızca trafik mühendisliği açısından değil, diğer birçok sektörde verilebilecek kararlara ışık tutabilecek nitelikte ve önemlidir. A.B.D.'nin Baltimore kentinde toplanan yaya trafiği verilerinden, mühendisler, şehir plancılar, danışmanlık hizmeti verenler, kentte ulaştırma yatırımları ve projeleri yürüten diğer kişi ve kurumlar ile bazı işletmeler ve mahalle yönetimleri yararlanmıştır. Hatta ülkenin diğer bölgelerinde ve Kanada'da faaliyet göstermekte iken Baltimore'da yatırım imkanlarını araştıran bazı firmalar da yaya verisi talebinde bulunmuştur. Bu firmalar mevcut veriler ışığında mağazanın önünden geçecek yaya sayısından hareketle olası müşteri potansiyelini tahmin etmeye çalışmıştır. Ayrıca, Baltimore Belediye Meclisi en güncel yaya hareketliliği verisini kararlarında kullanabilmek amacıyla, belli noktalardaki yaya sayılarını periyodik olarak talep etmiştir (Schneider ve diğer., 2005).

Öte yandan, yaya ve bisiklet trafiği verisinin toplanması, yayılımı (paylaşımı) ve kullanımına ilişkin birtakım kaygılar da ortaya çıkabilmektedir. Bazı sivil toplum kuruluşları, bu tip verilerden yola çıkılarak hazırlanan bazı raporların halk ve idareciler tarafından yorumlanırken bisiklet ve yaya trafiğinin olduğundan düşük olarak algılanması ve bunun neticesinde yürüme ve bisiklet kullanımına yönelik teşviklerin bu durumdan olumsuz etkilenmesi riskine işaret etmiştir (Schneider ve diğer., 2005). Ayrıca, taşıt trafiği ve diğer motorlu taşıtlardan oluşan (motorized) ulaştırma sistemlerine ait düzenli veri toplanması daha kolay ve yaygın olmasına karşın, yaya ve bisiklet kullanıcıları hakkında düzenli veri toplamanın doğası gereği daha zor olduğuna dikkat çekilmiştir (Schweizer, 2005).

Genel bağlamda yayaların yolculuk tercihleri *strateji*, *taktik* ve *ilerleme* aşamalarından oluşan bir süreç olarak açıklanmaya çalışılmıştır (Hoogendoorn ve Bovy, 2004). Bazı çalışmalarda çevresel etkenler psikolojik ve sosyal etkenler ile

birlikte ele alınmıştır. Örneğin, yayaların cep telefonu ile konuşma esnasında yol ve çevreye karşı daha az dikkatli bir davranış sergiledikleri belirlenmiştir (Hatfield ve Murphy, 2007; Nasar ve diğer., 2008; Stavrinou ve diğer., 2009). Kişisel müzik cihazları kullanılması durumunda ise, cep telefonu kullanımının aksine yayaların trafik ortamına olan dikkatinde bir azalmaya yol açmadığı bulunmuştur (Walker ve diğer., 2012).

Bierlaire ve Robin (2009) özellikle seçim ve karar içeren yaya davranışları konusunda önemli bir araştırma potansiyeli bulunduğunu belirtmişlerdir. Literatürde yaya davranışları ile ilgili çalışmaların birçoğunda, gerek kavşaklarda gerekse yol kesimlerinde karşıdan karşıya geçme hareketine odaklanıldığı görülmüştür. Dolayısıyla kavşaklar arası yol kesimleri üzerindeki yaya kaldırımları çevresindeki yaya hareketleri ve davranışları ile taşıt trafiği ile olan etkileşimleri yeterince açıklanmış değildir.

Karşıdan karşıya geçme hareketleri, yaya geçidinde veya geçit içermeyen taşıt yolu kesiminde gerçekleşmesi, ayrıca kurallı veya kural dışı olması durumuna göre sınıflandırılarak, dikkat çeken birtakım etkenler ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

2.1.3.1 Yaya Geçitlerindeki Kurallı Geçişler

Bu tür geçişlere çoğunlukla kavşaklarda veya kavşaklar arası yol kesimleri üzerinde bulunan yaya geçitlerinde rastlanmaktadır. Yaya geçitlerindeki yürüme hızının, yayanın yaşı ve yaya geçidi konumu ile değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Bowman ve Vecellio, 1994). Kavşaklarda zamansal olarak erkek yayaların kurallara daha az uyduğu ve karşıya geçiş esnasında erkek yayalar çoğunlukla taşıtlara odaklanırken kadın yayaların diğer yayalara ve çevredeki diğer unsurlara odaklandığı gözlemlenmiştir (Tom ve Granié, 2011). Yaya bekleme alanlarında yer kalmaması, yayaların tahammül sınırlarını zorlayan kırmızı faz süreleri ve psikolojik birtakım etkenler nedeniyle kavşaklarda öne eğilen, yola sarkan veya inen yayaların taşıt trafiği üzerinde bir *sıkıştırma etkisi* uyguladıkları belirlenmiştir (Feng ve diğer., 2010).

Yaya hareketleri etkenleri arasında çevre koşullarının etkisi de incelenmiştir. Yoldan karşıya geçiş esnasındaki yürüme hızına ait en önemli etkenler yaş ve cinsiyet,

geçerken başı öne eğmenin en önemli nedeni ise düşme endişesi olarak bulunmuştur. Bu bulgunun yaya geçidinin orta kısmı için geçerli olduğu gözlenmiş ve bu durum yaya kaldırımı ile taşıt yolu arasındaki kot farkının doğal bir uyarıcı olması ile açıklanmıştır (Avineri ve diğer., 2012).

2.1.3.2 Yaya Geçitlerindeki Kurallara Aykırı Geçişler

Yaya geçidi bulunmasına karşın yeşil ışığı beklemeden karşıya geçme girişiminde bulunan yol kullanıcılarının davranışları da incelenen konular arasındadır. Bu bağlamda, ışıklı kavşaklarda yayalar ve bisiklet kullanıcılarına etki eden farklı dürtü nedenlerinin incelendiği bir çalışmada, farklı faz düzeninde art arda birden fazla ışık kontrollü geçişin bulunduğu (refüjlü) yol kesitlerinde, karşıdan yayaların geldiğinin görüldüğü ve yayalara ait yeşil fazın kısa olduğu durumlarda kural dışı geçişlerin bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir (Lange ve diğer., 2011).

Yaya geçitlerinde kural dışı geçişlerin incelendiği bir başka çalışmada, yayaların geçiş aralığı seçimi ve karşıya geçişlerin zamanlamasında taşıt hızı ve mesafesinin başlıca etkenler olduğu ortaya konmuştur (Onelcin ve Alver, 2015).

2.1.3.3 Geçit Bulunmayan Yerlerdeki (Kural Dışı) Geçişler

Bu tür geçişler daha çok kavşaklar arası yol kesimlerinde görülmektedir. Kural dışı karşıya geçişlerin incelendiği bir çalışmada benzetim çalışmaları ile bütünleştirilebilecek birtakım bulgulara ulaşılmıştır. 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 baktığı ve eşya taşınmasının yayaların dikkatini dağıtan etkenlerin başında geldiği belirlenmiştir (Zhuang ve Wu, 2011). Dört şeritli bölünmüş (2x2 kesitli) bir yolda yaklaşan taşıt trafiğinin her iki şeridi için aynı anda geçiş aralığı sağlanamadığı durumlarda yayaların güvenlik riskine rağmen *kayan aralık* adı verilen bir manevra ile karşıya geçmeyi göze aldıkları gözlemlenmiştir (Brewer ve diğer., 2006).

Bir başka çalışmada yoldan karşıya geçiş sürecinde yayaların verdiği kararlar, yaş ve cinsiyet farkları ile niyet, durum ve risk algısı ilişkilerini dikkate alan planlı

davranış teorisi yardımıyla test edilmeye çalışılmıştır (Holland ve Hill, 2007). Farklı özelliklere sahip yayalardaki risk algısının aynı olmadığı ve tek tip güvenlik önleminin tüm yayalar için yararlı olmayabileceği sonucuna varılmıştır.

2.1.4 Yaya Hizmet Seviyesi Yöntemi

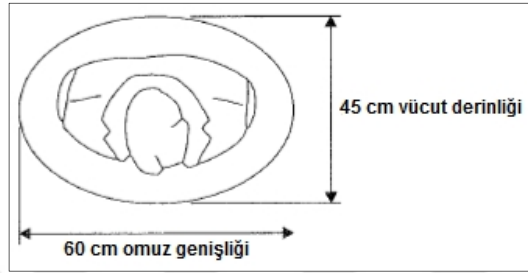
Güvenli, konforlu ve kolay erişilebilir, ayrıca hareket kısıtlılığı olan insanlar da dahil olmak üzere tüm yayalar için engellerden arındırılmış olan yaya kaldırımları yaya trafiği için çok önemlidir. Yaya kaldırımlarına ait yukarıda sıralanan özellikler göz önüne alındığında yayaların gerek yürüyüş 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 trafiği talebini karşılayacak biçimde yaya kaldırımlarının tasarlanması, yayalara verilen hizmeti de belirlemektedir. Taşıt trafiğinde olduğu gibi, yaya hizmet seviyesi (YHS) yaya trafiğinin kalitesini ölçmek için kullanılan nitel bir ölçüttür. Diğer bir deyişle, yayalara sunulan bu hizmet yayaların yaya kaldırımındaki koşullarından kaynaklanan bir nevi memnuniyet derecesi olarak da ifade edilebilir. Yaya hizmet seviyesi hız, yoğunluk, akım, yaya alanı gibi değişkenlere bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Yaya hizmet seviyesinin belirlenmesine yönelik en ayrıntılı yöntem HCM 2010'da görülmesinden dolayı çalışma kapsamındaki analizlerde yaya hizmet seviyelerinin belirlenmesinde HCM 2010 temel alınmıştır.

Yaya kaldırımının enkesit genişliği tasarlanırken yayanın kapladığı alan büyük bir önem arz etmektedir. Minimum alan standardı Highway Capacity Manual (HCM) 2010'daki *pedestrian facility designer* modülü tarafından vücut derinliği ve omuz genişliği kullanılarak belirlenmektedir (Transportation Research Board, 2010). Bir yayanın omuz genişliği 60 cm ve vücut derinliği 45 cm olarak kabul edildiğinde, bir yayanın kapladığı toplam alan $0,27 \text{ m}^2$ 'ye karşılık gelmektedir (Şekil 2.1). 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.



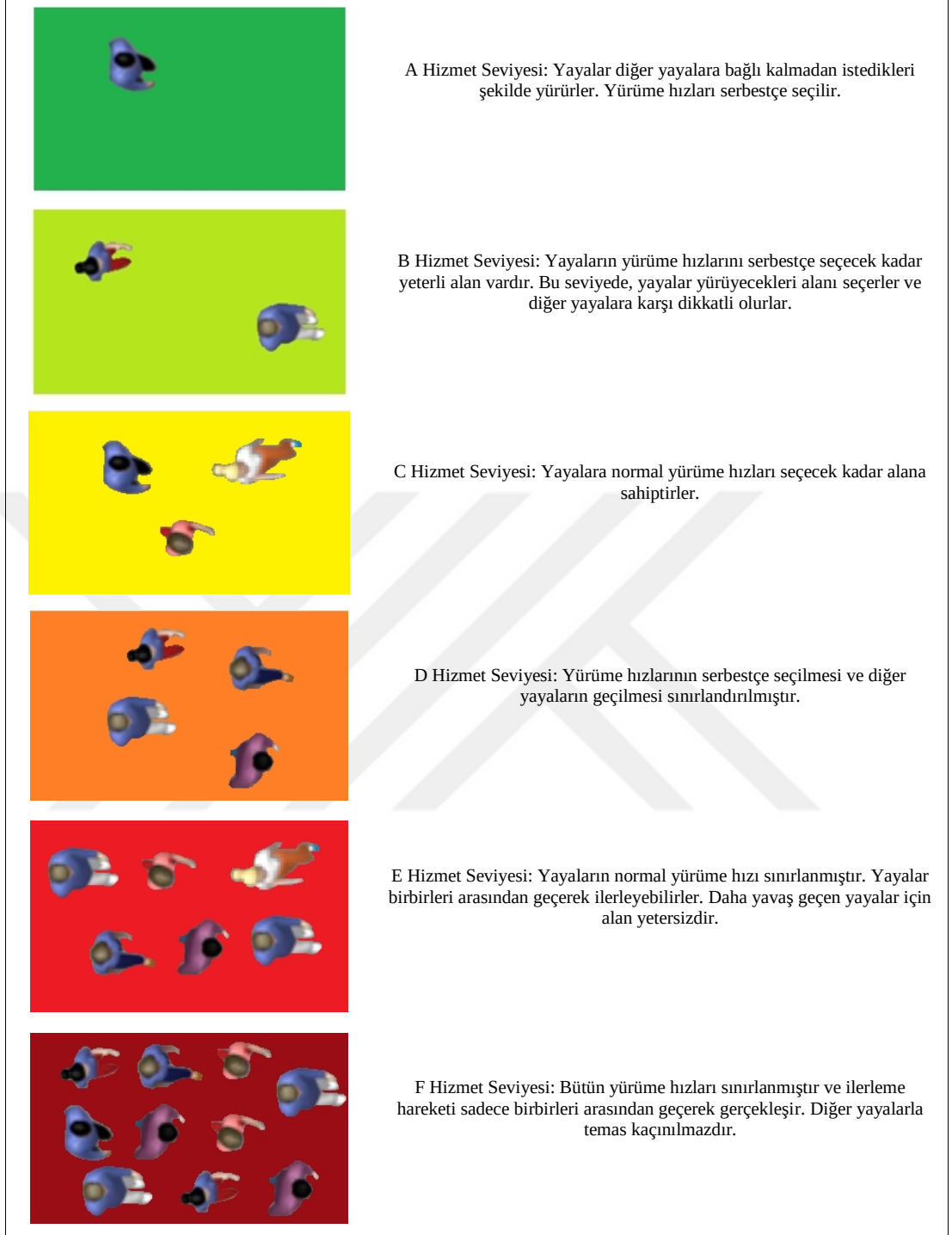
Şekil 2.1 Yaya vücut elipsi (Transportation Research Board, 2010)

Yaya hizmet seviyesi, kavşaklar arası yol kesimi üzerindeki yaya kaldırımına ait yaya hizmet seviyesi puanı ve yayanın kapladığı ortalama alan doğrultusunda bulunur. Tablo 2.1’de görüldüğü şekilde A’dan F’ye olmak üzere yayalar için altı farklı hizmet seviyesi tanımlanmaktadır. HCM 2000’den yararlanılarak hizmet seviyelerine ait koşulların açıklandığı şematik gösterimler Şekil 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.1 Yaya hizmet seviyesi cetveli (Transportation Research Board, 2010)

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/yaya’dır.

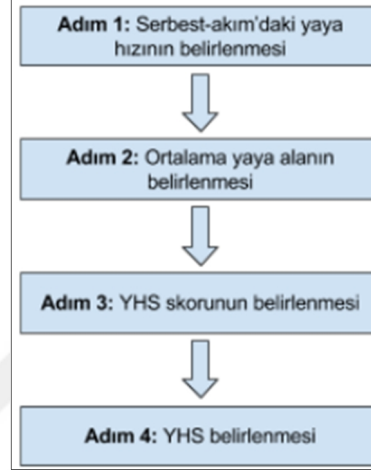


Şekil 2.2 Yaya hizmet seviyesi (YHS) şematik gösterimi ve sınıflandırması (Transportation Research Board, 2000)

Yukarıdaki tanımlamalardan da anlaşılacağı gibi, A hizmet seviyesi en iyi durumu, F hizmet seviyesi ise en istenmeyen durumu temsil etmektedir. En iyi durum

ve en istenmeyen durum yayaların yolculuk deneyimi ve yayaların hizmet kalitesinin algısı olarak tanımlanabilir (Transportation Research Board, 2010).

HCM 2010 esas alınarak yaya hizmet seviyelerinin belirlenmesinde izlenen adımlar aşağıda sunulmuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Yaya hizmet seviyesi belirlenmesinde izlenen adımlar. HCM 2010'dan uyarlanmıştır. (Transportation Research Board, 2010).

2.1.4.1 Serbest Akımdaki Yaya Hızının Belirlenmesi

HCM 2010'da yayaların yürüme hızı etkenleri 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.

2.1.4.2 Ortalama Yaya Alanının Belirlenmesi

Ortalama yaya alanı; etkili yürüme alanı, yaya akım oranı ve yaya yürüme hızına bağlıdır. Dört aşama halinde aşağıda anlatılmıştır.

2.1.4.2.1 Etkili Yürüme Alanının Belirlenmesi. Çalışma kapsamında seçilen yaya kaldırimleri 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'un 23'üncü bölümünde yayaların etkili yürüyüş alanlarının belirlenmesine yardımcı olmak amacıyla bazı değerler önerilmiştir (Transportation Research Board, 2010). Ancak, İzmir'de gerçekleştirilen bu çalışmada daha uygun olacağı dikkate alınarak İzmir Ulaşım Ana Planı'nda (2009) yer alan değerler kullanılmıştır (Tablo 2.2). Etkili yürüyüş alanı hesaplaması, Tablo 2.2'de yer alan sabit nesnelerin boyutları göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Etkili yürüyüş alanına ait ortalama bir değer bulunmasında Formül 2.1 - 2.5 kullanılmaktadır.

$$W_E = W_T - W_{O,i} - W_{O,o} - W_{s,i} - W_{s,o} \geq 0.0 \quad (2.1)$$

$$W_{s,i} = \max(W_{buf}, 45 \text{ cm}) \quad (2.2)$$

$$W_{s,o} = 3,0p_{\text{window}} + 2,0p_{\text{bulding}} + 1,5p_{\text{fence}} \quad (2.3)$$

$$W_{O,i} = w_{o,i} - W_{s,i} \geq 0.0 \quad (2.4)$$

$$W_{O,o} = w_{o,o} - W_{s,o} \geq 0.0 \quad (2.5)$$

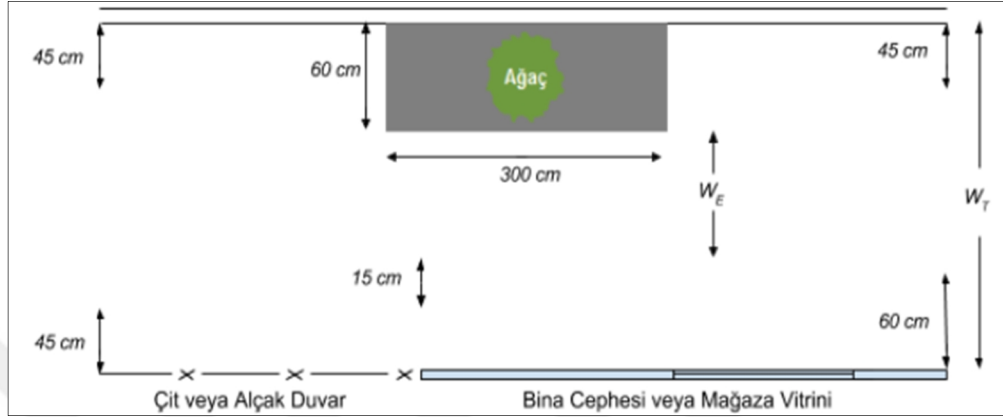
W_E :	Efektif kaldırım genişliği (ft)
W_T :	Toplam kaldırım genişliği (ft)
$W_{O,i}$:	Kaldırımın iç kısmındaki sabit nesnelerin düzeltilmiş genişliği (ft)
$W_{O,o}$:	Kaldırımın dış kısmındaki sabit nesnelerin düzeltilmiş genişliği (ft)
$W_{s,i}$:	Kaldırımın iç kısmında yürüyen yayaların emniyet mesafesi (ft)
$W_{s,o}$:	Kaldırımın dış kısmında yürüyen yayaların emniyet mesafesi (ft)
W_{buf} :	Taşıt yolu ve kaldırım arasında yer alan tampon bölge (ft)
p_{window} :	Kaldırıma bitişik mağaza vitrinin yüzdesi (ondalık)
p_{bulding} :	Kaldırıma bitişik bina cephesinin yüzdesi (ondalık)
p_{fence} :	Kaldırıma bitişik çit veya duvar yüzdesi (ondalık)

- $w_{O,i}$: Kaldırımın iç kısmında bulunan sabit nesnelerin genişliği (ft)
- $w_{O,o}$: Kaldırımın dış kısmında bulunan sabit nesnelerin genişliği (ft)

Tablo 2.2 Etkili yürüme alanının belirlenmesinde kullanılan değerler (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2009)

Engel	Kapladığı Yaklaşık Genişlik (m)
Cadde Mobilyaları	
Lamba Direği	0,3-1,1
Trafik Lamba Direkleri	0,9-1,2
Yangın Muslukları	0,8-0,9
Trafik İşaretleri	0,6-0,8
Telefon Kulüpleri	1,0
Çöp Tenekeleri	0,4-0,8
Kapalı Otobüs Durakları	1,5-2,0
Banklar	1-2,5
Metro İstasyonları	
Yürüyen Merdiven Girişi	1,7-2,5
Merdiven Girişi	1,7-5
Havalandırma Bacası	1,8-3
Engelli Asansörleri	2,5+
Çevre Düzenlemeleri	
Ağaçlar	0,5-1,7
Bitki Havuzları	1+
Ticari Kullanım	
Gazete Bayileri	1,2-4
Satış Tezgahları	0,6+
Reklam Panoları	Değişken
Dükkan Tezgahları	Değişken
Kafeterya ve Lokanta	Değişken
Bina Cepheleri	
Kolonlar	0,8-0,9
Sundurma, veranda vb.	0,6-1,8
Bodrum, kiler vb. Girişleri	1,5-2,1
Boru Bağlantıları	0,3-0,5
Gölgelik Direkleri	0,8
Yürüme Rampaları	Değişken
Garaj Giriş-Çıkışı	Değişken
Özel Bağlantı Yolları	Değişken

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.



Şekil 2.4 Etkili yürüme alanı gösterimi (Transportation Research Board, 2010)

Etkili yürüme genişliği; toplam yaya kaldırımı genişliğinden sabit nesnelerin 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 kaldırımı ve taşıt trafiği arasında oluşturulan bu güvenli bölgede ağaç, direk, reklam panoları vb. sabit nesnelerin bulunması durumunda sabit nesnelerin kapladığı alana bakılmaktadır. Eğer sabit nesnenin kapladığı alan 45 cm’den geniş ise sabit nesnenin gerçek genişliği hesaplamalarda kullanılmakta, aksi takdirde genişlik değeri 45 cm olarak alınmaktadır. 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 2.4’te sabit nesne daha az yer kaplamasına rağmen kapladığı uzunluk 300 cm (10 Feet) olarak gösterilmiştir. Bunun nedeni bir yaya yol boyunca yürürken sabit nesnelerden kaçınmak için manevralarını sabit nesneye erişmeden önce yapmaktır. Nesnenin gerçek uzunluğu ve yayanın kaçınmak için bıraktığı aralık; nesnenin genişliğinin beş ile çarpılması varsayımı ile bulunur.

Aşağıda yer alan tabloda farklı değerlerin YHS’yi ne şekilde etkilediği açıklanmıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Değişkenlerin YHS’ye etkisi (Huff ve Liggett, 2014)

Değişken	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.

2.1.4.2.2 Birim Genişlikteki Akım Oranının Hesaplanması. Birim genişlik başına düşen akım oranı aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$v_p = \frac{v_{ped}}{60W_E} \quad (2.6)$$

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)

2.1.4.2.3 Ortalama Yürüme Hızı. Ortalama yürüme hızı aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$S_p = (1 - 0.00078v_p^2)S_{pf} \geq 0,5 S_{pf} \quad (2.7)$$

S_p : Yayanın yürüme hızı (m/s)

S_{pf} : Yayanın serbest-akım yürüme hızı (m/s)

2.1.4.2.4 Yayanın Kapladığı Alan. Ortalama yaya alanı aşağıda verilen Formül 2.8 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$A_p = 60 \frac{S_p}{v_p} \quad (2.8)$$

S_p değeri yukarıda da bahsedildiği gibi 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 değişkeninin birimi ft^2/p olmaktadır.

2.1.4.3 Yaya Hizmet Seviyesi Puanının Belirlenmesi

Bu adımda Formül 2.9 yardımıyla YHS puanı hesaplanır. YHS puanının yüksek ya da düşük çıkması YHS kalitesi hakkında bir fikir vermektedir. Formül 2.9'da yer alan terimlerin (değişkenlerin) hesaplanması için Formül 2.10 - 2.12 kullanılmaktadır.

$$I_{p,link} = 6,0468 + F_w + F_v + F_s \quad (2.9)$$

$$F_w = -1,2276 \ln(W_v + 0.5W_1 + 50p_{pk} + W_{buf}f_b + W_{aA}f_{sw}) \quad (2.10)$$

$$F_v = 0.0091 \frac{v_m}{4N_{th}} \quad (2.11)$$

$$F_s = 4\left(\frac{v_m}{4N_{th}}\right)^2 \quad (2.12)$$

$I_{p,link}$:	YHS puanı
F_w :	Enkesit katsayısı
F_v :	Motorlu taşıt hacmi katsayısı
F_s :	Motorlu taşıt hızı katsayısı
W_v :	Trafik hacmine bağlı olarak en sağdaki şeridin toplam etkili genişliği (ft) (Tablo 2.4)
W_1 :	Bisiklet şeridi ve banketin toplam etkili genişliği (ft) (Tablo 2.4)
p_{pk} :	Paralel park etme yüzdesi
W_{buf} :	Taşıt yolu ile mevcut kaldırım arasındaki tampon alan genişliği (ft)
f_b :	Tampon alan katsayısı
W_A :	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 ($=6,0-0,3W_{aA}$)
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 2.9 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 değişkeni negatif işaretli bir değer olduğu için YHS puanı üzerinde azaltıcı bir etkiye sahiptir. F_v , F_s değişkenleri ise YHS puanı üzerinde arttırıcı bir etkiye sahiptir. Bu üç bileşenin toplanmasıyla eğer yüksek bir puan elde edilirse, YHS kalitesi düşük çıkmaktadır.

Görüldüğü gibi, YHS puanı hesaplanırken birçok değişken hesaba katılmaktadır. Özellikle Formül 2.10 içinde yer alan bazı değişkenler için ekstra şartlar gerekmektedir. Bu formülde bulunan W_A değişkeni yaya kaldırımının mevcut olduğu durumlarda toplam yaya kaldırımı genişliğinden tampon bölge (ağaç, direk, bisiklet şeridi vb.) genişliği çıkarılarak bulunur. f_b değişkeni yaya kaldırımı ve taşıt yolunu

ayırır 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 değişkenleri Tablo 2.4 dikkate alınarak hesaplanır.

Tablo 2.4'ün ilk sütununda bazı koşullar sunulmuştur. Koşullar sağlanması durumunda tablonun ikinci sütunu, aksi takdirde tabloda yer alan üçüncü sütun kullanılarak hesap yapılmaktadır.

Yukarıda anlatılan yöntem, incelenen yol kesimi boyunca kendi içinde sürekliliği bulunan bir enkesite sahip kaldırımdaki 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 2.9 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 alan tabloda, yukarıda ayrıntılı olarak incelenen yöntemde yer alan değişkenlerin YHS puanını nasıl etkilediği sunulmuştur (Tablo 2.5).

Tablo 2.4 YHS değişkenlerine ait koşullar (Transportation Research Board, 2010)

Koşul	Değişken (Koşulların Sağlanması Durumu)	Değişken (Koşulların Sağlanmaması Durumu)
$P_{pk} = 0,0$	$W_t = W_{ol} + W_{bl} + W_{os}^*$	$W_t = W_{ol} + W_{bl}$
$V_v > 160$ 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_{ol} = 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 ampirik bağıntılar ile uyumlu olabilmesi için alan birimi ft olarak korunmuştur.		

Tablo 2.5 Değişkenlerin yaya hizmet seviyesine etkisi (Huff ve Liggett, 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 kaldırımı arasındaki tampon alan genişliği(ft)	Artması YHS kalitesini artırır.Ama mevcut yaya alanının azalması YHS kalitesini düşürür.	Eğer yaya kaldırımı yoksa bu değer 0 alınır.
f_b	Tampon alan katsayısı	Artması YHS kalitesini artırır.	Yaya kaldırımı 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	Kaldırımı 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 şehir hızı(mi/saat)	Artması YHS kalitesini düşürür.	

2.2 Kent İçi Yol Ağı ve Kaldırımlar

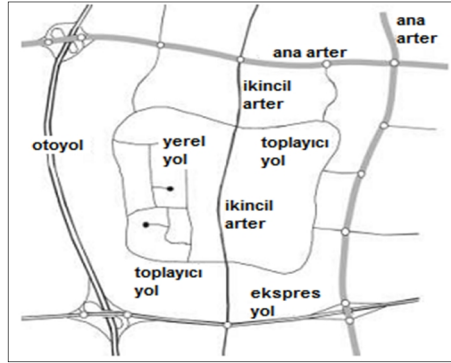
Bu çalışmada incelenen yol kesimleri, İzmir kenti yol ağı içerisinde kaldırım sorunlarına rastlanan *arter*lerden oluşmaktadır. Belli hacim büyüklüğüne sahip bu yol sınıfı, taşıt sürücülerinin geçiş üstünlüğü hissi ile sokak ve toplayıcı yollardakine kıyasla daha hızlı gitme eğilimi gösterdiği için tercih edilmiştir. Yaya ve sürücü hareketleri, *yol, kaldırım ve bunları sınırlayan yapılar* olarak tanımlanabilecek fiziksel ortam ile doğrudan bir etkileşim içindedir. Bu bölümde kentsel yol türlerinin sınıflandırma ölçütleri, yaya kaldırımalarının tasarımına yönelik standartlar ve kaldırımaların sunduğu hizmet kalitesinin değerlendirilmesine ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

2.2.1 Kentsel Yolların Sınıflandırılması

Kent içi yol ağı içerisinde yaya hareketleri, kaldırım sorunları ve yayaların taşıtlarla etkileşimi bağlamında hangi yol sınıfına odaklanılmasının daha uygun olacağı, çalışmanın ilk aşamalarında karar verilen konulardan biri olmuştur. Çalışmanın amaçları açısından uygun olan yol sınıfının seçilmesi süreci, Bölüm 3.1’de tartışılmıştır.

Gerek kentsel gerek kırsal yolların çeşitli yönlerden sınıflandırılarak incelenmesi mümkündür. Hem kent içi hem kırsal yollar işlevsel özelliklerine göre genel olarak ana arter, ikincil arter, toplayıcı ve yerel yollar olarak sınıflandırılmaktadır (Tekin, 2007). Şekil 2.5'te şematize edilmiş bulunan söz konusu sınıflandırmanın ortaya çıkmasında yollar ile ilgili başlıca aşağıdaki etkenler dikkate alınmaktadır:

- Konum ve çevre,
- Uzunluk,
- Hacim ve kapasite,
- Hareketlilik ve erişime katkı,
- Hangi tip yolları birbirine bağladığı,
- Hangi tip alanlara (zone) hizmet verdiği,
- Yol kullanıcısı taşıtların ve verdikleri hizmetlerin dağılımı,
- Benzer sınıftaki diğer yollara olan mesafeler,
- Şerit sayısı ve yol genişliği,
- Üzerinde görülen kesişme (kavşak) tipi,
- Sinyalizasyon ve yaya geçidi varlığı,
- Yolda park etme imkanı.



Şekil 2.5 Yol ağı sınıflandırma örneği (Tekin, 2007)

2.2.2 Yaya Kaldırımları Tasarım Esasları

Kent içi alanlarda yaya ulaşımına ayrılmış yollar iki ana kategoride incelenmektedir. Birincisi, yayaların taşıt yolu boyunca yürüyerek ulaşımı için oluşturulan *yaya kaldırımları*, ikincisi ise yayaların yollar dışında kalan park, bahçe,

site, kampüs, otopark gibi içinden taşıt trafiği geçmeyen alanlarda yürümesi için ayrılmış *yaya yollarıdır*. Çalışma kapsamında incelenen yaya alanları, yol kenarlarında standartlara uygun şekilde oluşturulmuş olması gereken yaya kaldırımlarıdır.

Ülkemizde yaya yolları ve yaya kaldırımlarının tasarım ölçütleri ile ilgili olarak Türk Standardları Enstitüsü tarafından belirlenmiş ölçütlerin başında, söz konusu tesislerin hareket kısıtlılığı olan kişiler dahil tüm yayalar için ulaşılabilir olmasının gerekliliği vurgulanmaktadır (Türk Standardları Enstitüsü, 2012). Yerel talebi karşılayacak yeterli genişlikte olması, güvenli olması ve süreklilik göstermesi uygun bir kaldırımda bulunması gereken diğer özellikler olarak sıralanmaktadır. Bu gereksinimleri sağlayan bir kaldırım tasarımındaki bazı ölçüler aşağıda sunulmuştur.

Söz konusu standartlara göre, kentsel alan içerisinde minimum kaldırım genişlikleri çevre yollarında 150 cm, bölge bağlantı ve toplayıcı yollarında yolun her iki tarafında 200 cm, ön bahçesiz yapı düzenine sahip yollarda 250 cm, yoğun iş bölgelerinde 500 cm olmalı, yol genişliğinin olanak tanınamaması gibi zorunlu durumlarda 300 cm'den dar olmamalıdır. Yeni düzenlenen bir yol güzergahı üzerinde kaldırım genişliği TS 7937'ye (1990) göre en az 100 cm, TS 12576'ya (2012) göre ise hareket kısıtlılığı olanlar (örneğin, tekerlekli sandalye kullananlar) dikkate alınarak en az 150 cm olarak tanımlanmıştır. Ayrıca yayanın güvenlikle yürümesine engel olabilecek trafik işareti, elektrik direği, ağaç gibi nesnelerin de kaldırımı işgal etmemesi, zorunlu hallerde bahçe veya bina duvarlarından askılı sistemlerle çözüm aranması gereklidir. Kaldırım yüzeyinin taşıt yolu yüzeyinden yüksekliği 15 cm'yi aşmamalı, taşıt yolu kaplamasında yapılacak herhangi bir çalışmada bu kot farkı sınırı korunmalıdır. Yağmur suyu drenajı amacıyla kaldırıma yanal olarak taşıt yoluna doğru %2-3'lük çatı eğimi verilmelidir.

Kaldırım tasarımı kapsamında ayrıca bordür taşlarının uygulama esaslarına da yer verilmiştir. Mevcut çalışmanın kapsamında olmamakla birlikte, ilişkili olması bakımından aşağıdaki esaslara dikkat çekilebilir.

- Kaldırımda düşey açıklıkla ilgili olarak, 220 cm yükseklik içerisinde bitki veya tabela benzeri engellerin bulunmaması gerekmektedir.

- Boyuna eğimin büyük olduğu durumlarda bedensel ve görme engellilerin güvenliği için kaldırım kenarına 70-90 cm yüksekliğinde korkuluk önerilmektedir.
- Kaldırımın taşıtlar tarafından işgal edilmesi yasaklanmalı veya 70-90 cm yüksekliğinde koruyucu elemanlar ile önlenmelidir.
- Gece güvenliği ve yürüyüş konforu için kaldırımlar yeterince aydınlatılmalıdır.
- Yayalar için net 150 cm yürüme genişliğinin sağlanamayacağı durumlarda ağaçlandırma yapılmamalıdır.

Ayrıca, Türk Standardları Enstitüsü (2012) tüm yayaların (engelliler dahil olmak üzere) rahat ve güvenli hareket edebilmesi için yaya yolları ve kaldırımlarda gerekli ve yeterli (1) hareket alanının, (2) genişliğin, (3) yüksekliğin, (4) yüzey kaplamasının, (5) bilgilendirme, yönlendirme ve uyarma araçlarının, (6) uygun ölçülendirme, malzeme ve renk seçimin sağlanmasının önemini vurgulamıştır.

2.2.3 Yayalara Ayrılmış Yürüme Alanlarının Derecelendirilmesi

Kent içinde yayalara ayrılmış yürüme alanlarının trafik mühendisliği, şehir plancılığı ve sosyo-psikolojik bilgiler ışığında bir değerlendirmeden geçirilmesi; her bir koridor için gerekli iyileştirmelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi önem arz etmektedir.

Walk score adıyla aynı zamanda ticari bir firmaya adını vermiş bulunan yürünebilirlik endeksi yöntemi, ev veya apartman adresi gibi bir noktanın ya da bir bölgenin en yakın iş, alışveriş veya eğlence merkezi, en yakın okul ve hastane gibi yaşam için önemli çekim noktalarına olan uzaklığı esasına dayalı bir değerlendirme sistemidir. Ancak bu yöntem yaya yollarındaki fiziksel koşulları hesaba katmamaktadır (Çubukçu ve diğer., 2015; Wikipedia, 2016).

Yaya yolları veya kaldırımların yayalara sunduğu güvenlik ve konforun bir endeks yaklaşımıyla derecelendirilebilmesi amacıyla çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlardan biri, yola ait çeşitli özelliklerin dikkate alındığı Yaya Çevre Katsayısı'dır (Pedestrian Environment Factor -PEF-) (Rakesh, 2010). PEF kapsamında; kaldırımların erişilebilirliği, yol yaya geçitlerinin standartlara uygunluğu, farklı fiziksel öğeler arasında uygun bağlantı ve geçişlerin varlığı, eğimin düzeyi ve arazi

özellikleri gibi çevre koşulları incelenmiştir. San Fransisko Kamu Sağlığı Müdürlüğü (San Francisco Department of Public Health -SFDPH-) mühendisleri (2008) ise, yayaların kullanımına sunulmuş bulunan fiziksel çevrenin kalitesini değerlendirebilmek ve mevcut engelleri tespit edebilmek için Yaya Çevre Kalite İndeksi (Pedestrian Environmental Quality Index -PEQI-) adını verdikleri bir yaklaşım geliştirmişlerdir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6 Yaya Çevre Kalite İndeksi (PEQI) sistem bileşenlerine ait göstergeler (San Fransisko Kamu Sağlığı Müdürlüğü, 2008)

Kavşak	Yol Kesimi			
Kavşak Güvenliği	Trafik	Yol Tasarımı	Arazi Kullanımı	Güvenlik Algısı
Yaya geçitleri	Şerit sayısı	Kaldırım genişliği	Dükkan önü işgaller	Yasadışı grafiti
Yaya alt/üst geçitleri	Çift yönlü trafik	Kaldırımdaki engeller	Tarihi ve kültürel mekanlar	Kirlilik, çöpler
Yaya sinyalleri	Taşıt hız sınırları	Kaldırımdaki görüş engelleri		Yaya hedefli aydınlatma
Trafik sinyalleri	Trafik hacmi	Bordür taşları		Şantiyeler
Karşıya geçme hızı	Trafik yavaşlatma tedbirleri	Kesişen yol süreksizliği		Terk edilmiş binalar
Yaya geçidinde karmaşa		Ağaçlar		
<i>Kırmızıda dönülmez</i> işareti		Süs bitkileri		
Trafik yavaşlatma tedbirleri		Kent mobilyaları		
Yayalara özel bazı levhalar		Yol ile arada tampon mesafe		

Kent içi yolların yürünebilirlik açısından değerlendirilmesi bağlamında, çok sayıda değişkenin dikkate alınmasıyla öne çıkan bir diğer çalışma, İzmir ili Karşıyaka ilçesi belediye teknik personeli tarafından sokakların derecelendirilmesinde kullanımı amaçlanarak hazırlanmış uygulama rehberidir (Çubukçu ve diğer., 2014). Bu çalışmayı diğerlerinden ayıran özellik, Türkiye özelinde karşılaşılabilecek farklı birtakım etkenlerin değerlendirmeye dahil edilmiş olmasıdır.

Yukarıda değinilen yol ve kaldırımların değerlendirilmesine yönelik ölçütler ışığında bu tesisler üzerinde daha etkin ve kalıcı iyileştirmeler yapılması mümkün

olmaktadır. Bu bağlamda New York Belediyesi Şehir Planlama Dairesi Ulaştırma Birimi tarafından uzun süren bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan envanter haritaları ve planları paylaşılarak ilgili birimlerden görüş alınması sonucunda önerilen ıslah çalışmalarından bazıları aşağıda listelenmiştir (Schneider ve diğer., 2005).

- Yaya kaldırımı genişletilmesi,
- Kaldırım kenarlarının iyileştirilmesi,
- Yüksek kaza riski taşıyan noktalarda yaya geçitlerinde görüş alanı iyileştirmesi,
- Yaya trafik sinyallerinde düzenlemeler,
- Tıkanık ve/veya görüş alanı sorunu bulunan kavşakların köşelerinde düzenlemeler,
- Kontrollü kavşaklarda dur çizgisi uygulaması veya yenilenmesi,
- Tek yönlü yollar önerilmesi,
- Yayaları yaya geçitlerine kanalize edecek fiziksel bariyerler tesis edilmesi,
- Yaya geçidi işgalini önleyecek yaptırımların kararlı bir şekilde yürütülmesi.

Yukarıda listelenen çözüm önerileri, benzer çalışmaların tekrarlanması ile her yerel yönetim tarafından oluşturulabilir. Nitekim her farklı kentin veya bölgenin sorun ve ihtiyaçları yanı sıra öncelikleri de farklı olacaktır. Bu yöntem, sınırlı kaynakların daha etkin kullanımı ve kentte yaşayan insanların daha kısa zamanda daha konforlu yollara kavuşması açısından önemli rol oynamaktadır.

2.3 Yaya ve Taşıt Trafiği Arasındaki Çatışmalar

Kentsel alanlarda gerek nüfusun gerekse yaya ve taşıt trafiğinin artması sonucunda yol kullanıcılarının birbirleri ile istenmeyen birtakım etkileşimler içine girmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Yaya ve taşıt izlerinin çatışma noktalarında trafik güvenliği sorunu doğmaktadır. Taşıtların kendi arasında ve yayalarla olan çatışma durumları birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve güvenlik risklerine yönelik çeşitli tanımlamalar geliştirilmiştir.

Trafik bağlamında *çatışma* için ilk olarak “iki veya daha fazla yol kullanıcısı arasındaki etkileşim ve yakın temaslı kazadan korunmak için yol kullanıcılarının kaçınma davranışını azaltan olay” şeklinde bir tanım getirilmiştir (Perkins ve Harris,

1968). Bir diğerk yaklaşıma göre çatışma, “farklı doğrultularda birbirlerine yaklaşmakta olan iki veya daha fazla yol kullanıcısının mekânsal ve zamansal olarak hareketleri değişmeden devam etmesi halinde birbirlerine çarpışacakları kadar yaklaşımları şeklinde gözlenen durum” olarak tanımlanmıştır (Swain, 1987). Daha sonra önerilmiş bulunan bir tanım ise “trafikte karşılaşan kullanıcılardan en az birinin davranışına yolculuk hızı veya yönünde bir değişiklik olarak yansıyan ve dışarıdan gözlenebilen durum” şeklinde olmuştur (Westra ve Rothengatter, 1992).

Birçoğunda yalnızca taşıtlar arasındaki çatışma durumlarına odaklanılan geçmiş çalışmalarda çatışma kavramının açıklanmasında çeşitli değişkenler öne çıkmaktadır. Bunlar manevra türü, zaman ve mekan cinsinden aralıklar (çatışma noktasına olan uzaklıklar), taşıtların hızları ve hızlarındaki değişimler, taşıtların hareket yönü ve bu yönlerdeki değişimler ile çeşitli yol kullanıcıları kategorileridir. Bu değişkenlerden çeşitli kombinasyonlar oluşturularak irdelenmeye çalışılmıştır. Çatışmalar şiddet derecesine göre sınıflandırılıp çatışmaların şiddet seviyesi, kaçınma eylemlerinin yoğunluğu (sıklığı) ya da zaman veya mekan cinsinden mesafeler şeklinde hesaplanarak yorumlamaya çalışılmıştır (Campbell ve King, 1970).

Çatışmaya olan mesafenin dikkate alındığı trafik çatışması yaklaşımında “zamansal ve mekansal olarak bir çarpışma riski ile beraber iki veya daha fazla yol kullanıcısının birbirine yaklaşmasının gözlenebildiği durum” tanımlaması tercih edilmiştir (Hydén, 1987). Bu tanımda ortaya konduğu gibi, çatışma noktasına olan mesafeler trafik çatışma tekniklerinde önemli bir rol oynamıştır.

Kaçınma hareketinin (evasive action) dikkate alındığı yaklaşımda ise trafik çatışması “iki veya daha fazla yol kullanıcısı içeren bir trafik senaryosunda, bir taşıtın varlığı nedeniyle diğerk taşıt sürücüsünün kazadan korunmak için ani yön değiştirme manevrası yapmaya zorlandığı olay” olarak tanımlanmıştır (Zheng ve diğerk., 2014).

Yayalarla olan çatışmaların da değerlendirildiği diğerk bir çalışmada, tanımlanmış bir çatışma alanında gerçekleşen ve gerçekleşebilecek bütün çatışmaları kapsayan bir *potansiyel çatışma* tanımı önerilmiştir (Akin ve Sisiopiku, 2007). Bu çatışmalar yaya ile taşıtın yollarının kesişmesi ve her iki türün de çatışma alanı içinde bulunması

şeklinde açıklanmıştır. Sinyalize kavşaklarda sağa ve sola dönüşlerde meydana gelen taşıt-yaya etkileşimleri da potansiyel çatışma olarak adlandırılmıştır.

2.3.1 Trafik Çatışma Tekniği Kavramı

Trafikte karşılaşılan çatışma durumları trafik güvenliği açısından önemli riskleri beraberinde getirdiğinden, araştırmacılar trafik çatışmalarını derecelendirmek amacıyla genel *trafik çatışma tekniği* adı verilen birtakım yöntemler geliştirmeye çalışmışlardır.

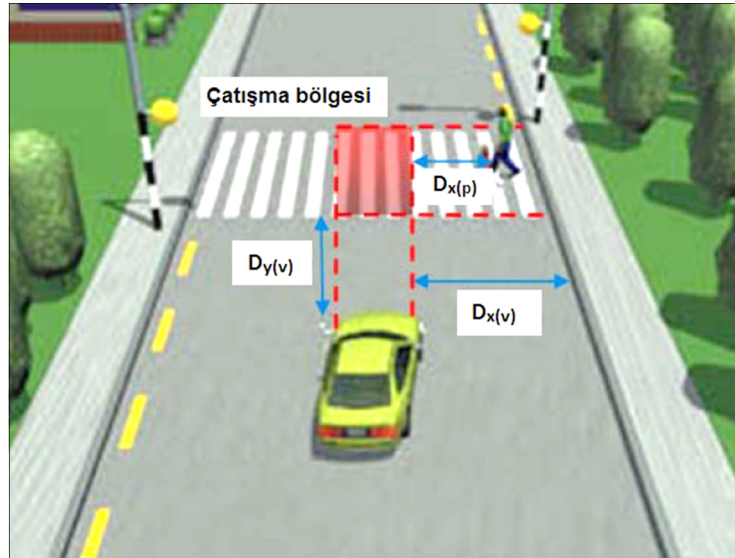
Trafikteki çatışmalar bağlamında literatür incelendiğinde, *Traffic Conflict(s) Technique* (TCT: Trafik Çatışma Tekniği) adı verilen bir ölçüm yönteminin bazı varyasyonlarla çeşitli ülkelerde kullanıldığı görülmektedir. İlk olarak General Motors Research Laboratories (GMR) tarafından kullanılmış olduğu anlaşılan TCT terimi, kaza potansiyelinin sistematik yolla gözlenmesi ve ölçülmesi için ortaya konulmuş bir kavramdır (Perkins ve Harris, 1968). Çatışma “taşıtlarda kaçınmaya yönelik hareketler (hız ve yön değişiklikleri) meydana gelmesi” olarak tanımlanarak 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.

Bir başka yaklaşıma göre, yol güvenliği ve işletimini ilgilendiren trafik çatışmaları ve benzeri durumların gözlemlendiği ve kayıt altına alındığı sistematik saha çalışmaları *trafik çatışması etüdü* olarak isimlendirilirken, *trafik çatışması* “iki veya daha fazla yol kullanıcısının etkileşimini içeren trafik olayları” şeklinde tanımlanmış ve bu kullanıcıların genellikle motorlu taşıtlar (sürücüler) olarak ele alındığına dikkat çekilmiştir (Parker ve Zegeer, 1989).

Farklı yaklaşımlarla İsveç, A.B.D. ve İngiltere gibi farklı ülkelerde geliştirilmiş bulunan çeşitli trafik çatışma tekniği yöntemleri öne çıkmaktadır. Bunlar sırasıyla İsveç Trafik Çatışma Tekniği, Amerikan Karayolları Genel Müdürlüğü Çatışma Tekniği ve İngiliz Karayolları ve Ulaştırma Enstitüsü Çatışma Tekniği’dir (Kaparias ve diğer., 2010). Çatışma tekniğini uygulamakla görevli uzman gözlemciler genellikle bir haftayı bulan bir eğitimden geçtikten sonra gözlemlere başlarlar. Tekniğin

uygulanması çoğunlukla trafik yoğunluğunun yüksek olduğu ve buna bağlı olarak çatışmaların sık görüldüğü kentsel kavşakları kapsar. Gözlemci eğitiminin temelinde, etüt sahasında meydana gelen çatışmaların şiddetini belirlemede etkin olan hız ve mesafe eşik değerlerine yönelik sezgi yeteneklerinin geliştirilmesi vardır.

TCT genel olarak, trafik çatışmalarının, trafik güvenliğine yönelik birtakım uygulamaların ve bu bağlamda önemi olan olayların gözlemlenip sistematik olarak kaydedildiği bir yöntemdir. TCT farklı yöntemlerle uygulanabilmektedir. Yerinde yapılan gözlemler, kaza analizleri, çatışma analizleri ve yol kullanıcılarıyla yapılan birebir görüşmelerin (veya anketler) birarada gerçekleştirilmesi sorunların isabetli bir şekilde belirlenmesine ve çözüm önerilerinde bulunulmasına olanak tanımaktadır. Kazaların önlenmesine yönelik stratejilerin oluşturulmasında da TCT uygulanmış, yol kullanıcıları arasındaki mesafeyi dikkate alan kaza göstergeleri kullanılarak *yol güvenliği için geçici ölçüm yöntemi* geliştirilmiştir (Grayson ve diğer., 1984). TCT aynı zamanda, belirli bir yerleşim bölgesindeki sorunların belirlenmesine yönelik olarak risklerin ortaya konmasında katkı sağlar (Cafiso ve diğer., 2010). TCT yaklaşımında dikkate alınan başlıca değişkenler olan yayanın ve taşıtın çatışma bölgesine olan uzaklıkları Şekil 2.6’da sırasıyla $D_{x(p)}$ ve $D_{y(v)}$ olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Yaya geçidinde yaya-taşıt çatışması şematik gösterimi (Cafiso ve diğer., 2010)

Trafik çatışma tekniğinin gözlem yöntemleri *öznel* ve *nesnel* yöntemler olmak üzere iki kategoride değerlendirilmiştir. Öznel olarak nitelenen yöntemlerde yapılan

tanımlamalar *ani davranış* ve *kaçınma hareketi* gibi, uzman gözlemciler tarafından tercih edilen birtakım terimleri içermektedir. Nesnel olarak nitelenen yöntemlerde ise *time to collision* (TTC: çarpışmaya kalan süre) ve *post encroachment time* (PET: ihlal sonrası süre) gibi terimler kullanılmıştır. Bir diğer sınıflandırma da çatışma durumunun şiddeti dikkate alınarak yapılmış, kaza potansiyelindeki çeşitliliğe, diğer bir deyişle kaza riskinin derecesine işaret etmek amacıyla *ciddi* ve *hafif* gibi terimler kullanılmıştır (Grayson ve diğer., 1984).

1984 yılına kadar kullanılmış olan çeşitli TCT yaklaşımlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, çatışmanın nicelenmesinde (1) çarpışmaya kalan süre, (2) ihlal sonrası süre ve (3) kaçınma hareketi derecesi olmak üzere üç farklı değişkenin ağırlıklı olarak kullanıldığına dikkat çekilmektedir (Grayson ve diğer., 1984).

TCT yöntemlerini karayolu güvenliği araştırması kapsamındaki bir benzetim çalışmasında kullanan Yang ve diğer. (2010), geçmiş çalışmalarda gerçekleştirilen trafik çatışması analizlerinde yer verilen değişkenleri özetlemişlerdir. Trafik çatışma teknikleri uygulanarak bir trafik analizi yapılmak istendiğinde, çarpışmaya kalan süre, çarpışmaya kalan sürenin tersi, güvensiz yoğunluk, ani durmalı çarpışmada potansiyel indeks, kritik indeks, açık zamanlı çarpışmaya kalan süre, zaman entegreli çarpışmaya kalan süre, çatışma potansiyeli, araçlar arası zaman takip aralığı, çarpışmadan kaçınma için yavaşlama oranı, tahmin edilen minimum mesafe, çarpışma indeksi gibi değişkenlerin çeşitli bağıntılarda birer terim olarak hesaplanması gerekebilmektedir.

2.3.2 Yayaların Taşıtlarla Çatışma Durumundaki Hareketleri

Yayaların yoldan karşıya geçmesi sürecinde yoldaki taşıt trafiği ile etkileşim ve çatışma durumları literatürde oldukça geniş yer bulmuştur. Çalışmada yayaların karşıya geçiş değil ancak taşıt yolu boyunca ilerlemeleri esnasında karşılaştıkları çatışma durumları irdelenmiştir. Bu bağlamda, birbirine paralel hareket eden yaya ve taşıt trafiği arasındaki çatışmaların az sayıda araştırmacı tarafından incelendiği dikkati çekmektedir.

Pakistan'ın Karachi şehrinde yaya-taşıt kazaları açısından yüksek risk taşıyan on etüt sahası belirlenmiş, buralarda yayaların yoldan karşıya geçerken, taşıt yolu

kenarında yürürken ve kaldırımda yürürken sergilediği davranışlar video kaydı yardımıyla izlenmiştir (Khan ve diğer., 1999). Taşıtların manevra yapmasına neden olacak şekilde yayaların yer yer taşıt platformuna inerek yol kenarından yürüdükleri ve bunun ilgili yol kesimlerinde kaldırım genişliğinin ortalama %77'sinin kural dışı şekilde işgal edilmiş olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Aynı kesimlerde cadde genişliğinin ise ortalama %33'ünün kural dışı park edilmiş taşıtlar tarafından işgal edilmiş olduğu gözlemlenmiştir.

Khan ve diğer. (1999) tarafından *işgal*, “yayaların yürüme güzergahını bloke eden kaldırım ve taşıt yolu üzerindeki herhangi bir cisim ya da engel” olarak tanımlanmıştır. Farklı yol enkesitlerinde kaldırım, taşıt platformu ve kural dışı işgale neden olan cisimlerin toplam genişlikleri ölçülmüş, işgallerden kaynaklanan daralma miktarı ile yaya davranışı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Ek olarak, karşıya kural dışı geçiş yapan yaya ile hemen ardından geçen taşıt arasındaki süre ölçülmüş; yaya kaldırımı işgallerinin taşıt trafiğine etkileri de ortaya konmaya çalışılmıştır.

Kullanılmakta olan TCT yaklaşımlarının karma (paylaşımlı) yaya ve taşıt trafiği içeren yol kesimlerine uyarlanması noktasındaki eksikliğe de dikkat çekilmiş, hem yaya hem taşıt kullanımı için tasarlanmış söz konusu kent içi yollarda yer yer birbirine paralel hareket eden yaya ve taşıt trafiği arasındaki çatışmaların belirlenmesine yönelik bir yöntem önerilmiştir (Kaparias ve diğer., 2010). Swain'in (1987) trafik çatışması tanımına sadık kalınarak geliştirilen yeni yaya-taşıt çatışması yaklaşımı aslında İngiliz IHTCT (Institute of Highways and Transportation Conflicts Technique: Karayolları ve Ulaştırma Çatışmaları Tekniği Kurumu) taşıt-taşıt çatışması yaklaşımının bir uyarlamasıdır. Kaparias vd.nin yönteminde, yolları kesişmek üzere olan taşıt 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 katsayılar kullanılarak çatışma durumları derecelendirilmiştir.

Yukarıda anılan çalışmaya ek olarak, söz konusu karma yolu kullanan yaya ve sürücülerin caddedeki trafiğe ilişkin algıları irdelenmiştir (Kaparias ve diğer., 2012). Uygulanan anketten elde edilen veriden bir regresyon modeli oluşturulmuş, *algı* kavramı yayalar için *alanı taşıtlarla paylaşırken hissettikleri konfor* ve sürücüler için

alanı yayalarla paylaşmaya isteklilik (gönüllülük) şeklinde ele alınmıştır. Anket çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiş, cevaplayan yayaların %55'i *karma yol (shared space)* kavramını ilk kez duyduklarını belirtirken, sürücülerin %71'i bu kavramı duymuş olduklarını ve %44'ü bu özellikteki bir caddenin içinden taşıtla daha önce geçmiş olduklarını belirtmiştir. Anketlerde sunulan farklı senaryolara toplamda yayalar %51 oranında *konforlu (evet)* cevabını verirken, sürücülerin %54'ü yolu yayalar ile paylaşmaya sıcak bakmışlardır. Karma kullanıma açılan caddenin her iki yönden görünümü Şekil 2.7'de sunulmuştur.



Şekil 2.7 Karma (paylaşımlı) platform uygulaması sonrası caddenin genel görünümü (Kaparias ve diğer., 2010; 2012)

Kent 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 çatışmalar oluşmaktadır. Bu çatışmalar her iki yol kullanıcı türünün geçişlerinde gecikmeye neden olabilmektedir.

Kavşakta dönüş yapan taşıtlar ile yayalar arasında meydana gelen çatışmaları incelemek için kullanılan çatışma analizi teknikleri ve çatışmalarla kazalar arasındaki ilişkiler geçtiğimiz 20 yıl içindeki araştırmalarda yer bulmuştur. Bu bağlamdaki çalışmalarda, karşılaştıran iki tür arasındaki çatışmanın değerlendirilmesinde her iki türün akım değerlerinin çarpımı dikkate alınmıştır (Cynecki, 1980; Glauz ve Migletz, 1980). Söz gelimi, bir yaya geçidinde yayalara ait yeşil faz esnasında yoldan karşıya geçen yaya hacmi ile bu yayalarla yolu kesişen ve dönen motorlu taşıt hacminin çarpımı bu kavşaktaki taşıt-yaya çatışması değeri olarak ele alınmıştır.

Sinyalize kavşaklarda sola dönen taşıtlar ile karşıdan karşıya geçmekte olan yayalar arasındaki etkileşim ve çatışma durumları trafik çatışma teknikleri kullanılarak incelenmiştir (Lord, 1996). Üç kollu ve dört kollu olmak üzere iki farklı kavşak türü ele alınmıştır. Üç ve dört kollu kavşakların herbiri için farklı yaya ve taşıt güzergâhlarını kapsayan bir kayıt yöntemi geliştirilmiştir. Araştırmalar sonucunda üç kollu kavşaklarda dört kollu kavşaklara göre daha fazla trafik çatışması olduğu belirlenmiştir.

Sağa ve sola dönüş yapan taşıtlarla karşıdan karşıya geçmekte olan yayalar arasındaki çatışmaların incelendiği bir diğer çalışmada, taşıtların dönüş hareketi esnasında yayaların önceliğini gösteren işaretlerin varlığı ile taşıt-yaya çatışmalarının azaldığı gözlenmiştir (Abdulsattar ve diğer., 1996). İşaretlerin varlığı çatışma durumlarının azalmasında sola dönüşlerde %20 ila 65, sağa dönüşlerde ise %15 ila 30 oranında etkili olmuştur.

Sinyalize kavşaklardaki yaya geçitlerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, yayalar ve dönüş hareketi yapan taşıtlar arasındaki çatışmalar sınıflandırılarak tanımlanmış, bu tanımlara uygun olarak potansiyel çatışma, yaya akımı ve taşıt akımı verisi toplanmış, sonrasında istatistik modeller geliştirilmiştir (Akin ve Sisiopiku, 2007). Belli yaya ve taşıt akım değerleri karşısında, yayalar ile taşıtlar arasında ortaya çıkabilecek çatışmaların bu modeller aracılığıyla tahmin edilmesi önerilmiştir. Ayrıca, kavşaklarda oluşabilecek potansiyel çatışmalar için bir önem sırası oluşturulmuş, ortaya çıkan sayısal değerler ışığında gerek yaya gerekse taşıt trafiği için gerekli önlemlerin alınması önerisinde bulunulmuştur. Çalışmada, yaya ve taşıt güzergâhlarının kesiştiği yaya geçitleri gibi noktalar yaya-taşıt çatışması bakımından sınıflandırmaya tabi tutulmuştur.

Yaya geçidinden karşıya geçmekte olan yayalara ait hızların yaklaşmakta olan taşıtların hızları ile doğru orantılı olduğu ve incelenen sahada çoğu sürücünün çatışma noktasına 28 m mesafede manevra yaptığı gözlemlenmiştir (Wang ve Fang, 2008).

Kentsel alandaki yapısal çevrenin yaya hareketliliği ve yaya-taşıt çarpışmaları üzerindeki etkisi de incelenmiş olan konulardan biridir. (Miranda-Moreno ve diğer.,

2011). Çalışmanın sonuçları, trafik hacmindeki %30'luk bir azalmanın yayalara çarpma riskini %50 ve yaralanan toplam yaya sayısını %30 düşüreceğini göstermiştir.

Yaya-taşıt çatışması üzerine çeşitli trafik çatışma tekniklerinin uygulanmakta olması araştırmacıları, etkileşime giren her iki yol kullanıcısı arasında rastlanan çeşitli etkileşim senaryoları içerisinde ortaya çıkan güvenlik risklerini daha etkin bir şekilde temsil edebilen bir değerlendirme yöntemi geliştirmeye yöneltmiştir. Buradan hareketle geliştirilen yaya risk indeksi (Pedestrian Risk Index -PRI-) yeni bir çatışma göstergesi olarak ortaya çıkmıştır (Cafiso ve diğer., 2011). PRI yönteminde çatışmanın şiddeti, taşıt-yaya çarpışması olasılığı ve herhangi olası çarpışmanın tahmini sonuçlarının derecesi dikkate alınarak belirlenmektedir.

PRI değerinin hesaplanmasında kullanılan çarpışmaya kalan süre (Time to Collision -TTC-) terimi önceki çalışmalarda da kullanılmış bulunan TTC tanımına dayanmaktadır. Bu tanıma göre çarpışmaya kalan süre, “motorlu taşıt sürücülerinin olası bir tehlikeyi fark edip bunu önlemeye yönelik hareketi yaptıktan sonra hızlarını ve yönlerini değiştirmeden yollarına devam ettiklerinde muhtemel çarpışmanın oluşmasına kadar geçen süre”dir (Hayward, 1972). Bir başka terim olan yaya geçidine kalan süre (Time to Zebra -TTZ-) ise, yaya geçidine yaklaşmakta olan taşıtlar ve yaya geçidini kullanmakta olan yayalar arasındaki çatışma durumunun tahmini şiddeti (ciddiyeti) ve oluşma sıklığını temsil etmektedir (Varhelyi, 1998). TTZ gözlemciler tarafından, incelenen çatışmanın başlangıç anında belirlenir. İhlal sonrası süre (Post Encroachment Time -PET-) ise ilk yol kullanıcısının çatışma alanını terk ettiği an ile ikinci yol kullanıcısının bu alana girdiği an arasında geçen süre olarak tanımlanmıştır (Allen ve diğer., 1978).

Trafik güvenliğine ait dört ayrı etkenin değerlendirildiği farklı bir yaya-taşıt çatışması yönteminde, bu etkenlerin şiddet seviyesi çatışma senaryosu ile ilgili risk seviyesini tanımlamakta, ayrıca her bir etken kendi içinde çeşitli değişkenler içermektedir (Dong, 2012). Bu çalışmada farklı noktalarda gerçekleştirilen gözlemlerde gözlemciler tarafından o noktalarda görülen çatışmalar şiddetine göre tablolaştırılmıştır. Tabloların oluşturulmasında Kaparias vd. (2010 ve 2012) tarafından kullanılan tablolardan yararlanılmıştır.

Özetle, yapılan çalışmalarda yaya-taşıt çatışması incelenirken öncelikle gözlem noktalarında birer çatışma alanı seçilerek, bu alandaki taşıt ve yayaların çatışma durumundan önceki hızları ve konumları 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 eğitilmiş gözlemciler tarafından belirlenip incelenen kavşak veya yaya geçidi gibi yaya-taşıt etkileşimlerinin olduğu bölgelerde bir güvenlik ölçeği oluşturulmuştur. Yaya-taşıt çatışma olasılığına göre kavşakların kaza bakımından risk sınıfları belirlenmeye çalışılmıştır.

Geçmişte yapılan çalışmalara bakıldığında yaya-taşıt çatışmaları ile ilgili daha çok sinyalizasyon kavşaklarda dönüş yapan taşıtlarla yayalar arasındaki etkileşimlerin ele alındığı görülmüştür. Kaldırım üzerinde bulunan engellerden dolayı taşıt yoluna inmek zorunda olan yayalarla taşıtlar arasında meydana gelen çatışma durumlarının incelenmesine literatür araştırmalarında rastlanmamıştır.

2.4 Yaya Etütlerinde Yeni Teknolojilerin Kullanımı

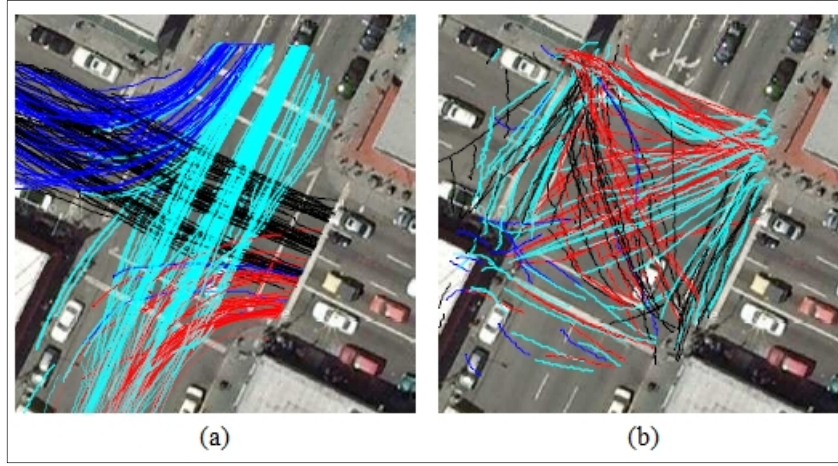
Bu çalışmada kaldırım sorunlarının yaya hareketleri üzerindeki etkileri ve ortaya çıkan yaya-taşıt etkileşiminin mikroskobik ölçekte ve öznel tanımların ötesinde birtakım sayısal yöntemlerle irdelenmesi hedeflenmiştir. Yalnızca geleneksel trafik etüdü yöntemlerinin kullanılması bu amaca ulaşmaya olanak tanımadığından, trafikteki kullanıcılara ait izlerin hızlı ve kolay bir biçimde sistematik 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. Video ve lazer teknolojileri, trafik ortamındaki diğer kullanıcılar arasından yayaların otomatik olarak algılanması, mesafe bakımından hassas mertebelerde takip edilmesi ve izlerinin oluşturulması gibi karmaşık birtakım ürünlere ulaşılmasına olanak tanımaktadır.

Öte yandan, Greene-Roesel ve diğer. (2008), geleneksel etüt yöntemlerine alternatif olarak geliştirilmekte olan teknolojilerin başarımları yönüyle daha fazla irdelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, taşıt-yaya çarpışmasına sıklıkla sahne olduğu için

özellikle kavşaklarda yaya akımını sayabilecek cihazların geliştirilip test edilmesi konusunda henüz tatmin edici noktaya gelinmediğine işaret etmişler, uygulamada maliyet ve karmaşık montaj işlemlerinden kaynaklanan kısıtlara dikkat çekmişlerdir.

Gerek video çekimleri gerekse lazer tarama verisinden yol kullanıcıları ayırt edilerek trafik etüdü yapılabilmesi için güçlü bilgisayar algoritmalarına ihtiyaç vardır. Bu konuda yapılmış ilk çalışmalar 2000’li yıllara rastlamaktadır. Bu çalışmalardan birinde hareketli nesneler lazer tarayıcılar kullanılarak algılanmış ve izleri çıkarılmıştır (Mendes ve diğer., 2004). Bir başka çalışmada, yaya hareketlerine ait birtakım değişkenlerin elde edilebilmesi için video görüntülerinin görüntü işleme programları yardımıyla işlenmesi yönteminin yararlı olabileceği ortaya konmuş, mikroskobik düzeyde yaya özelliklerinin incelenmesi olanağı bulunmuştur (Teknomo ve diğer., 2001, 2004).

Video kamera yardımıyla yaya ve taşıt izlerinin oluşturulması ve trafik analizi gerçekleştirilmesine yönelik dikkat çekici çalışmalardan biri dört kollu bir kent içi kavşakta yürütülmüştür (Ismail ve diğer., 2009; Ismail ve diğer., 2010). Prototip yaya ve taşıt sürücülerini yardımıyla, uygulanması düşünülen farklı bir faz düzenlemesine yönelik denemelerin öncesi ve sonrasına ait video kayıtları kullanılarak yaya ve taşıt izleri oluşturulmuş, yaya ve taşıtlar arası çatışma mesafeleri irdelenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan görüntülü izleme yöntemi, görsel olarak daha fazla ayrıntıyı kapsıyor olsa da, kalabalık ve daha karmaşık senaryolarda beklenen başarıyı ortaya koyamamaktadır (Şekil 2.8). Buradan hareketle araştırmacılar, lazer ışınları ile alan taraması yapabilen cihazlardan yararlanılan bir yöntem geliştirmişlerdir. Lazer tarayıcılar, tarama düzlemindeki nesneleri algılayarak mesafeleri iki boyutlu bir koordinat sistemine aktarabilmektedir. Yayaları algılama, izlerini oluşturma ve takip etme amacı ile özel programlama algoritmaları tasarlanmıştır. Trafik mühendisiği bağlamında lazer tarayıcılar, LoTraffic firması tarafından “kent içi yollarda menzilleri dahilindeki tüm yol kullanıcılarına ait trafik akımı ve davranış verisini toplamak üzere kullanılabilen çok fonksiyonlu sensörler” olarak tanımlanmıştır (Schweizer, 2005).



Şekil 2.8 Faz düzenlemesi denemesinde elde edilen (a) taşıt izleri ve (b) yaya izleri. Renk kodları, farklı güzergah ve yönde ilerleyen kullanıcıların hareketlerini temsil etmektedir (Ismail ve diğer., 2009; 2010).

Lazer tarayıcılarla trafik etüdü bağlamında ilk kullanılan cihazlardan biri olan LoTraffic marka 2004 model tarayıcılar, belli bir menzile dahilinde çevresini saniyede 38 kez tarayıp veri toplamakta ve özel bir yazılıma entegre olarak çalışmaktadır (Schweizer, 2005). Ayrıca, gerçek zamanda veri analiz edilebilmekte ve kullanılan program sayesinde cihazın ölçüm alanındaki her cisim hakkında bilgi çıktısı sağlanabilmektedir. Yayalar, bisikletler, motosikletler, otomobiller ve kamyonlar, temel geometrik özellikleriyle beraber algılanabilmektedir. Hatta bu cisimler zaman içinde takip edilebilmekte, hızları ve izleri oluşturulabilmektedir. Bu işlemleri destekleyen güçlendirilmiş takip motoru sayesinde, takip edilen cisimler kısa zaman aralıklarında başka cisimler tarafından gölgede kalarak görünmemesi halinde tamamlayıcı (spekülatif) bir algoritma devreye girerek izdeki süreksizliği tahmin yöntemiyle tamamlamaktadır.

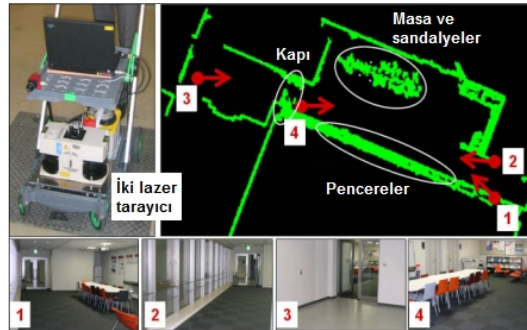
Gerçekleştirilen ilk çalışmalarda, algoritma tasarımının kolay olması açısından tarayıcılar yayaların bel seviyesine, diğer deyişle zeminden yaklaşık 1 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Ancak lazer ile taramada bir nesne ile karşılaşan ışın geri yansımakta ve nesnenin arkasındaki diğer nesneleri algılayamamaktadır. Dolayısıyla, kalabalık sayılabilecek trafik senaryolarında bu *gölgelenme* durumunun oluşturduğu dezavantajın önüne geçilebilmesi amacıyla, daha geniş tarama alanına elvermesi açısından bele kıyasla daha dar bir kesite sahip olan yayaların ayak bilekleri seviyesi tercih edilmiş ve buna uygun yeni algoritmalar tasarlanmıştır. Bu sayede eşzamanlı

olarak 100'den fazla yayayı görüntüleme olanağı elde edilmiştir. Söz konusu yöntem kapsamında yalnız lazer tarayıcıların veya video kameralar ile lazer tarayıcıların bütünlük olarak kullanıldığı çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Nakamura ve diğer., 2005; Zhao ve Shibasaki, 2005; Nakamura ve diğer., 2006; Zhao ve diğer., 2006; Shao ve diğer., 2007; Cui ve diğer., 2008; Katabira ve diğer., 2008)

Kalabalık ve geniş bir ortamdaki yaya hareketlerine ait izlerin oluşturulması ve görüntülenmesi için SICK marka LMS 291 model tek katmanlı lazer tarayıcılar kullanılmıştır (Zhao ve diğer., 2007). Lazer tarayıcılar taşınabilir bir platform üzerine kurulup deneyler bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu tarayıcılarla iki farklı etüt sahasında deney yapılmıştır. Laboratuvar ortamındaki ilk deneyin amacı hazırlanan algoritmalarının test edilmesi ve gerekli kalibrasyonun yapılabilmesi olmuştur. İkincisi deneysel amaçlarla hazırlanmış bir koridorda yapılmıştır. Ölçüm anında deney koridorunda bulunan yayaların izleri lazer tarayıcılar yardımıyla belirlenip işlenmiştir (Şekil 2.9 ve Şekil 2.10).



Şekil 2.9 Lazer tarama sonucu elde edilen yaya izleri (Zhao ve diğer., 2007)



Şekil 2.10 Veri toplama düzeneği ve deney ortamı (Zhao ve diğer., 2007)

Mikroskobik ölçekte yayaların takip edilmesi çalışmaları kapsamında, görüntü işleme teknikleri kullanımı sonucunda video görüntüleri üzerinde yayaların izleri araştırılmıştır (Teknomo ve diğer., 2001). Sistem görüntü işleme, nesne takibi ve trafik akım değişkenleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşmuştur (Şekil 2.11).



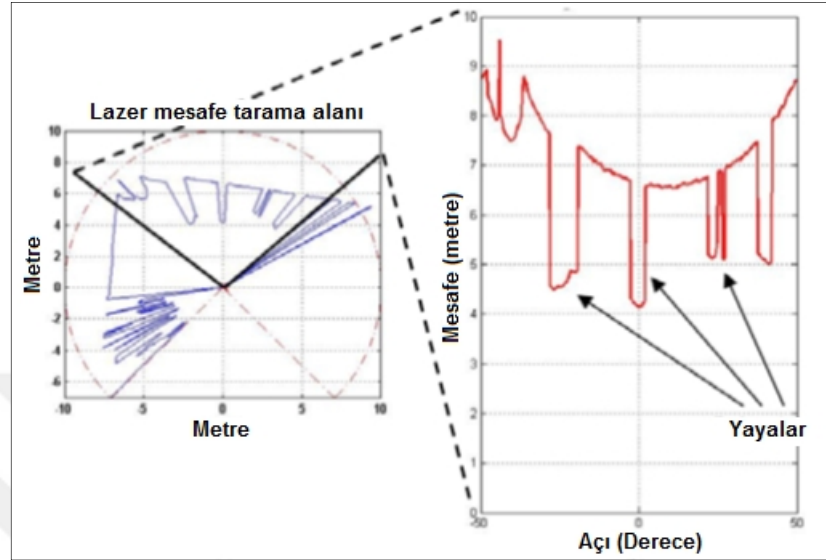
Şekil 2.11 Algılanan yayaya ait nokta kümesi (Teknomo ve diğer., 2001)

Bir araca monte edilmiş lazer tarayıcı ile gerçekleştirilen bir çalışmada, hızlı hareket eden nesnelerin belirlenmesi ve veriler gerçek zamanda işlenerek yüksek performanslı nesne takip algoritması geliştirilmesi sağlanmıştır (Fuerstenberg ve Dietmayer, 2004).

Yatay düzlemde tarama yapan lazer tarayıcılar çeşitli avantajları ile öne çıkmaktadır. Birincisi; hareketli nesneleri gerçek koordinat sistemine aktarması yönüyle mesafe ölçüm yöntemi olarak değerlendirilebileceği ve bunun video kameralı yöntemlerden çok daha hızlı ve kolay yapılabilirdir. 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 olabilmektedir. Son olarak; lazer tarama yöntemi her ne kadar gözlenen yayaların birtakım fiziksel özellikleri ve görünüşleri hakkında bilgi sağlamasa da, video çekimlerinin neden olduğu özel hayatın korunumu ile ilgili sorunları ortadan kaldırmış olmaktadır (Zhao ve Shibasaki, 2005).

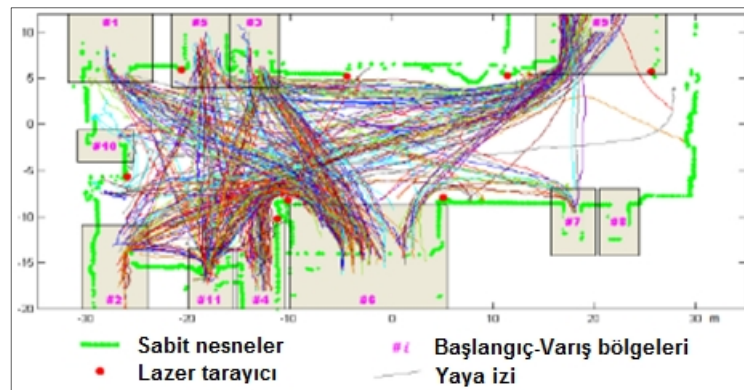
Kamera ve lazer tarayıcının birarada kullanıldığı bir yaya sayma sistemi geliştirilmiştir (Ling ve diğer., 2010). Bu sistemde video kamera ve lazer tarayıcının

her birine ait koordinatların çakıştırılabilmesi için bir eşleştirme algoritması tasarlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan lazer tarayıcı 270°'lik tarama aralığı ve 0,25°'lik açısal çözünürlüğe sahiptir (Şekil 2.12).



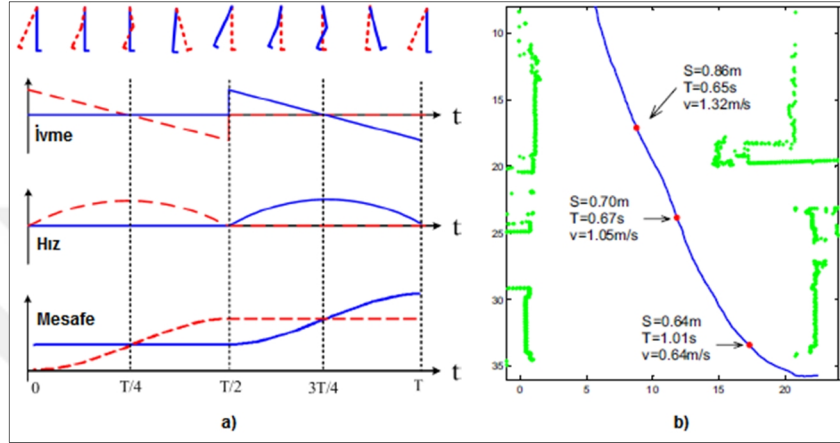
Şekil 2.12 Taranan mesafelerin radyal ve kartezyen türden gösterimi (Ling ve diğer., 2010)

Mevcut çalışmanın hedefleri doğrultusunda belki de en ilham verici yöntemin kullanılmış olduğu çalışmada, bir tren istasyonundaki 60 m x 15 m boyutlarında bir alanda farklı giriş ve çıkış noktaları arasında yayalar için bir başlangıç-varış (origin/destination -OD-) matrisi oluşturulması amaçlanmıştır (Shao ve diğer., 2007). IBEO marka sekiz lazer tarayıcı bütünleşik olarak kullanılarak 5 dakika içerisinde 300'ü aşkın yayanın izleri oluşturulmuştur (Shao ve diğer., 2007).



Şekil 2.13 Takip edilen tüm yayalara ait izler (Shao ve diğer., 2007)

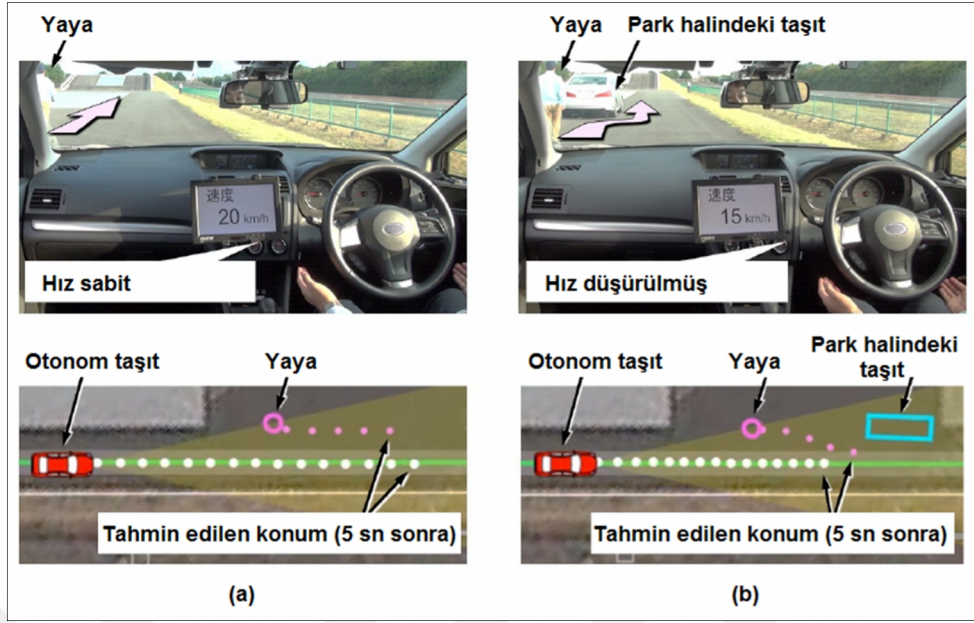
Söz konusu çalışmada kullanılan algorithmada ayakların adım atarken yaptığı salınım modellenmiş, ayak bilekleri seviyesinde algılanan yayalara ait ayak çiftleri eşleştirilmiş ve böylelikle yayaların takip edilmesi mümkün olmuştur. Yayaların yürüme esnasındaki doğrultu ve yön değişimleri yanı sıra, adım uzunluğu, adım periyodu (iki ayağın bağıl olarak aynı pozisyona gelme süresi) ve anlık hızlar da veri toplanabilen diğer değişkenlerdir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 (a) Yürüme modeli (b) Adım uzunluğu (S), adım periyodu (T) ve hız değişimi (v) (Shao ve diğer., 2007)

Yaya hareketlerinin etüt edilmesi ile doğrudan ilgili olmamakla birlikte, sürüş güvenliği amacıyla kullanılan veya geliştirilmekte olan teknolojiler de yol kullanıcılarının takibi ile ilgili gelinen nokta hakkında fikir vericidir. Bu bağlamda, Ibeo GmbH (2013) tarafından geliştirilmiş bulunan lazer tarama ve nesne algılama yazılımı ikilisi oldukça başarılı sayılabilir. Bir otomobilin ön tamponu içerisine yerleştirilen lazer tarayıcı yardımıyla gerçek zamanlı algılanan ve sınıflandırılan nesneler, eş zamanlı video görüntüleri ile doğrulanabilmektedir. Bu işlemin kullanımına dair internet ortamında örnek video görüntüleri mevcuttur (AutonomouStuff, 2012).

Bu konudaki bir diğer örnek de, Hitachi Group (2015) tarafından yürütülen, yol kenarında yaya varlığı durumunda hızını kendi ayarlayabilen otonom taşıtlara yönelik teknoloji geliştirme çalışmalarıdır.



Şekil 2.15 Yaya hareketlerinin tahminine bağlı hız kontrolü: a) Yayanın yol kenarına paralel yürümesi, b) Yayanın park halindeki taşıt nedeniyle yola doğru manevra yapması (Hitachi Group, 2015)

BÖLÜM ÜÇ

ETÜT ÇALIŞMALARI

Bu bölümde, çalışma amaçları doğrultusunda etüt sahalarının seçimi, sahada veri toplanması ve ofiste düzenlenmesini kapsayan işlemler anlatılmıştır. Elde edilen veri kümeleri ile gerçekleştirilen analizlerde izlenen yöntem ve ulaşılan sonuçlar Bölüm 4'te ele alınmış, sonuçlara dayalı değerlendirme ve öneriler ise Bölüm 5'te sunulmuştur.

Etüt çalışmalarında, kaldırım çevresindeki fiziksel koşulların ve trafik kullanıcılarının sergilediği hareketlerin görüntülenmesi ve irdelenmesi amacıyla lazer tarayıcılar, video kameralar ve bilgisayar uygulamaları birlikte kullanılmıştır. Öncelikle, çalışmanın amacı ve gerçekleştirilmesi planlanan analizler için uygun etüt sahaları seçilmiştir. Lazer tarayıcılar ve video kameralar kullanılarak seçilen sahalarda sistematik ve periyodik veri toplanmıştır. Toplanan ham veri MATLAB ve MS Excel yazılımları yardımıyla işlenerek gerek sabit cisimlere ait planlar (duvarlar, yapılar, park halindeki taşıtlar, direkler, vb.) gerekse yayalar, taşıtlar ve diğer hareketli nesnelere ait izler oluşturulmaya çalışılmıştır. İz bilgisi elde edilen her bir yol kullanıcısına (hareketli nesneye) ait iz kaydına, video kayıtlarından elde edilmiş görsel veriler (yaş, cinsiyet, yük durumu, taşıt tipi, kullanım amacı gibi) eklenmiştir.

3.1 Etüt Sahaları

Çalışma kapsamında etüt edilmek üzere seçilen sahalarda İzmir ili Buca ilçesinde bulunmaktadır. Buca'daki yapı ve nüfus yoğunluğu, yapılaşma koşulları ve ulaşım güzergahlarının özellikleri İzmir genelinde birçok semtteki ve orta ölçekli diğer Türk kentlerindeki genel dokuyu ve özellikleri temsil etmektedir. Dolayısıyla Buca ilçesi sınırları içindeki kentsel doku ve trafik ortamı, çalışmanın ilgi alanında bulunan taşıt ve yaya hareketleri ile sorunlu ve uygun yol kesimlerinin gözlemlenmesine olanak tanıyan özelliklere sahiptir. Bir başka ifade ile, orta ölçekli Türk kentlerinde gözlemlenebilecek çeşitli taşıt-yaya ilişkisi senaryolarının ve çatışmaların var olduğu Buca ilçesi, örnek alan çeşitliliği açısından da yeterli kaynak sağlamaktadır. Ayrıca, sahaların Buca'da bulunması çalışma ekibinin kolay erişimi için de elverişli bir

etkendir. Söz konusu etüt sahalarının seçilmesi sürecinde etkili olan ölçütler ve seçilmiş bulunan yol kesimlerine ait ayrıntılar aşağıda anlatılmıştır.

3.1.1 Saha Seçim Ölçütleri

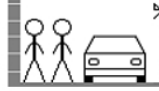
Çok sayıdaki aday yol kesimi arasından, veri toplanacak sahaların sezgisel ve öznel yöntemlerle belirlenmesi yerine farklı özellikteki enkesitlerin daha nesnel bir şekilde karşılaştırılmasına olanak tanıyan bir Excel tablosu hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Bu tablo üzerindeki çeşitli yol enkesitleri *sorunlu* ve *sorunsuz* olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Kaldırım sorunları nedeniyle yaya-taşıt çatışmasının görüldüğü yol kesimleri *sorunlu yol kesimi* olarak nitelenmiştir. Yaya-taşıt çatışmasının görülmediği kesimler ise *sorunsuz yol kesimi* olarak adlandırılmış ve çalışma kapsamında kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.

Sorunlu yol kesimlerini tanımlayan dört sorun tipi öne çıkmaktadır:

- *Sorun 1 - Kaldırım Yok:* Yolu kullanmayı tercih eden yaya bulunmasına rağmen yolda yaya kaldırımı bulunmaması durumu.
- *Sorun 2 - Yetersiz:* Kaldırımın yaya trafiği talebini karşılayacak yeterli kesit genişliğine sahip olmadığı (dar olduğu) durum.
- *Sorun 3 - İşgal:* Kural dışı geçici veya kalıcı işgallerden kaynaklanan daralmalar nedeniyle kaldırımın gerekli hizmeti verememesi durumu.
- *Sorun 4 - Kot Farkları:* Aynı kaldırım kesimi içerisinde yolun boyuna eğimi dikkate alındığında gerekli olmadığı halde farklı kot'a sahip kısımların ve basamakların (iniş ve çıkışların) bulunması durumu.

Bu dört sorun tipi ile uygunluk gösteren çeşitli enkesit kombinasyonları Şekil 3.1'de şematize edilmiş ve İzmir ilinin farklı noktalarında bu durumların rastlandığı yol kesimlerinin bir listesi oluşturulmuştur. Şekil 3.1'de gösterilen enkesit tiplerinin çeşitlendirilmesi mümkün olmakla birlikte, burada en sık rastlanan ve incelenecek durumlara yönelik açıklayıcı olanları tercih edilmiştir. Tablodaki yeşil, sarı ve kırmızı renk kodları ilgili fiziksel özelliğin yaya trafiğine ve trafik güvenliğine olumlu veya olumsuz etki düzeylerini göstermektedir. Örneğin, kaldırım bulunması *olumlu* ve *istenen* bir durum olduğundan yeşil ile, işgal bulunması *olumsuz* ve *istenmeyen* bir

durum olduğundan kırmızı ile, kaldırım bulunmakla birlikte yetersiz olması sarı ile renklendirilmiştir. Korkuluk, bariyer ve sıra halinde ağaçlar veya bitkiler gibi koruyucu öğelerin ve yol kenarında park halindeki taşıtların varlığının yaya trafiği ve hareketleri üzerinde davranış bağlamında etkileri tartışılabilir olduğundan yalnızca bulundukları durumlar sarı ile işaretlenmiştir. Benzer yaklaşımla, yayaların taşıt yolunda yürümek durumunda kaldığı örnekler de kırmızı ile işaretlenmiştir.

	Durum	Kaldırım	Korkuluk vs.	Park Halinde Taşıt	Noktasal İşgal veya Engel	Yayalar Taşıt Yolunda
Sorunlu Yol Kesimleri	Sorun 1 Kaldırım YOK		Yok	Yok	Yok	Evet
	Sorun 2 YETERSİZ		Var & Yetersiz	Yok	Yok	Evet
	Sorun 2 YETERSİZ (Taşıt park)		Var & Yetersiz	Var	Yok	Evet
	Sorun 3,2 İŞGAL nedeniyle YETERSİZ		Var & Yetersiz	Yok	Var	Evet
	Sorun 3,1 İŞGAL nedeniyle YOK hükmünde		Var (Yok)	Yok	Var	Evet
	Sorun 4 KOT FARKI		Var	Yok	Yok	Hayır
	Sorun 4,2 KOT FARKI ve YETERSİZ		Var & Yetersiz	Yok	Yok	Evet
Kontrol Yol Kesimleri	YETERLİ		Var & Yeterli	Yok	Yok	Hayır
	YETERLİ (Taşıt park)		Var & Yeterli	Var	Yok	Hayır
	YETERLİ (Arada herhangi bir bariyer)		Var & Yeterli	Var	Yok	Hayır

Şekil 3.1 Olası yol enkesit tiplerinin şematik gösterimi

Alsancak, Altındağ, Bozyaka, Buca, Çankaya, Çiğli, Egekent-2, Eşrefpaşa, Konak, Menemen, Üçkuyular, Üçyol gibi farklı semt veya ilçelerde, aranan sorunlu kesit özelliklerine sahip çok sayıda nokta tespit edilmiştir. Bu aday yol kesimlerinin her biri yerinde ziyaret edilerek gözlemler yapılmış; video ve fotoğraflarla kayıt altına alınmıştır. Bu görüntüler tez izleme komitesinde yer alan öğretim üyelerinin hazır bulunduğu bir tez izleme toplantısında karşılaştırmalı olarak tartışılarak değerlendirmeye alınmıştır. Ön değerlendirmeye alınan söz konusu yol kesimleri birtakım ölçütler kullanılarak daha az sayıya indirgenmiştir. Bu ölçütler *enkesit geometrisi, bölünmüş yol olup olmadığı, yaya/taşıt trafiği hacmi, taşıt hızı etkenleri (en yakın kavşağa veya sinyalizasyona olan mesafe gibi), kent içi yol sınıfı, arazi kullanımı, nüfus yoğunluğu, iş yeri çeşitliliği, çekim noktalarının varlığı (market veya alışveriş merkezi gibi), genel trafik alışkanlıklarında homojenlik ve veri toplamaya elverişlilik* gibi değişkenleri içermektedir.

Yaya-taşıt çatışmalarının sorunlu ve sorunsuz (kontrol grubu) yol kesimlerinde karşılaştırılarak irdelenmesi çalışmanın önemli bir parçasını oluşturduğundan, seçilecek yol kesimlerinde yukarıda sayılan ölçütlerin benzer özelliklerde olmasına özen gösterilmiştir. Bu mekansal özelliklerin homojenliğini sağlamak amacıyla, seçilecek yol kesimlerinin farklı ilçelerde olması yerine aynı ilçede ve birbirine yakın olmasının daha yararlı olacağı düşünülmüştür. Yukarıda Şekil 3.1 üzerinde temsil edilen çeşitlilik ve koşulları, aynı zamanda Dokuz Eylül Üniversitesi kampüsüne yakın mesafede olan ve Buca ilçesi sınırlarında bulunan bazı aday yol kesimlerinin sağladığı görülmüştür. Mesafe ve erişim süresi bakımından kolaylık sağlaması amacıyla Buca'daki dört yol kesimi veri toplanmak ve etüt edilmek üzere seçilmiştir. Bu seçimde, yukarıda sıralanan ve yaya trafiği yoğunluğunu etkileyebilecek arazi kullanım durumu gibi mekansal özelliklerden çok, sorunlu kaldırımlarda rastlanan enkesit geometrisindeki değişkenliğin yeterli bir şekilde temsil edilebilir olması etkili olmuştur.

3.1.2 Seçilen Etüt Sahaları

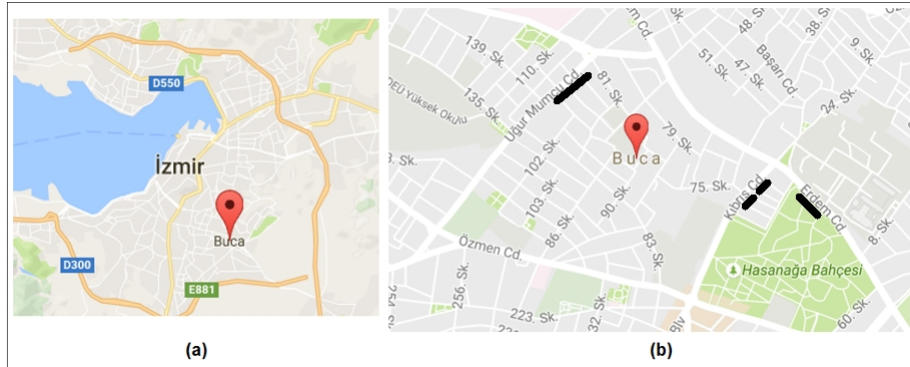
Çalışma kapsamında etüt edilmek üzere seçilen dört sahadan üçü yaya-taşıt çatışmasının yoğun olarak görüldüğü farklı enkesitlere sahip sorunlu yol kesimleri,

biri ise standarda uygun kabul edilen ve söz konusu çatışma durumlarına neden olmayan bir kontrol yol kesimidir. İncelenen her bir saha içerisinde yer alan farklı sorunlu enkesit tipleri aşağıda tablo halinde özetlenmiştir (Tablo 3.1). Tablodaki birinci sütun, yukarıda Şekil 3.1’de şematik olarak tanıtılmaya çalışılan çeşitli enkesit senaryolarından hangilerinin seçilen sahalarda bulunduğunu göstermekte; tablo içerisindeki “✓” işareti ise bu senaryoların görüldüğü sahaları belirtmektedir.

Tablo 3.1 Şekil 3.1’de şematize edilen sorun çeşitlerinin her bir etüt sahasında bulunma durumu

Yol Kesimi Tipi	Uğur Mumcu Cad.	Kıbrıs Cad. 1	Kıbrıs Cad. 2	Erdem Cad. (Hukuk Fak.)
Sorun 1: Kaldırım YOK	×	×	✓	×
Sorun 2: Kaldırım YETERSİZ	✓	✓	×	×
Sorun 3: İŞGAL nedeniyle YETERSİZ	✓	✓	×	×
Sorun 4: KOT FARKI	×	✓	×	×
YETERLİ	✓	×	×	✓
(Kontrol Yol Kesimi)	×	×	×	✓

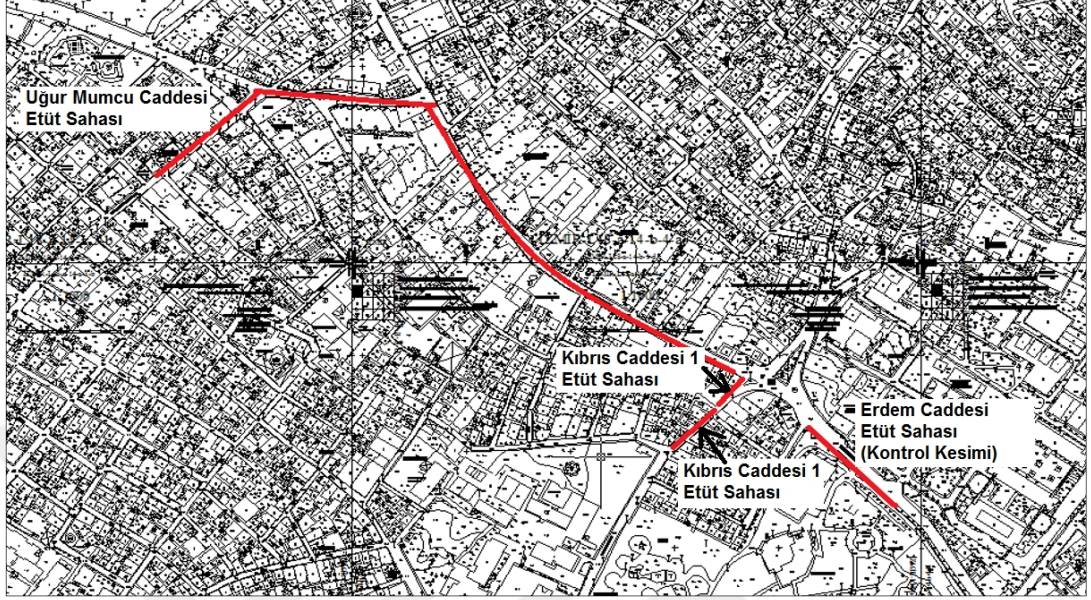
Her dört sahanın içinde bulunduğu Buca ilçesinin İzmir içindeki konumu ve sahalara Buca’daki konumları aşağıda işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İncelenen sahalara konumu: a) İzmir’de Buca ilçesinin konumu, b) Buca ilçesinde Uğur Mumcu, Kıbrıs ve Erdem Caddeleri üzerinde bulunan seçilmiş sahalara konumları [Google Maps (2016) haritalarından yararlanılmıştır.]

Seçilen dört yol kesimi Buca Belediyesi’nden alınan vaziyet planı yardımıyla da incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.3). Ayrıca her bir sahaya ait ayrıntılı planlar

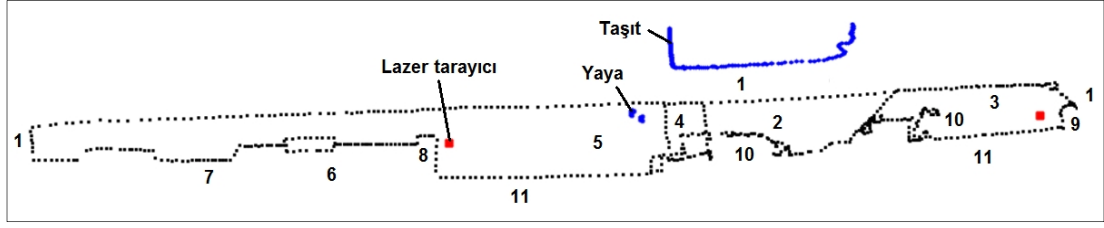
çizilmiştir. Bu planlardan Kıbrıs Caddesi 1 sahasına ait olan bir örnek EK-1’de sunulmuştur.



Şekil 3.3 Etüt sahası olarak seçilen yol kesimlerinin bulunduğu alana ait vaziyet planı (Buca Belediyesi, 2013)

Saha çalışmaları devam ederken, Bölüm 3.3.3’te anlatılan veri birleştirme yönteminin geliştirilmesiyle, planların lazer noktalarından yola çıkarak oluşturulmasının geometrik bakımdan daha güvenilir sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Bir lazer tarama cihazı sahanın farklı noktalarında yukarı-aşağı hareket ettirilerek kayıt alınması ve AutoCAD programında işlenmesiyle elde edilen, farklı kotlardaki ve düzlemlerdeki nesnelerin gösterilebildiği, lazer noktalarına dayalı bu planların kullanılması tercih edilmiştir. Planlar üzerinde, bina ve duvar gibi sabit yapıların kaldırım veya yola bitişik sınırları, direkler, kaldırımlar, basamaklar, ağaçlar, reklam panoları ve lazer tarayıcıların konumları gibi önemli öğelerin gösterilmesine özen gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 3.4’te bir örneği verildiği gibi lazer noktalarından oluşturulmuş olması, planların Bölüm 3.3.5’te anlatılan arayüz uygulamasında kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Söz konusu planlarda, farklı kottaki noktaların projeksiyonundan kaynaklanan küçük mesafe farkları ihmal edilmiştir. Nitekim bu planlar, özellikle yayaların kaldırım ve yolun hangi kısmında yürüdüğünün görüntülenmesi amacını taşımaktadır.



Şekil 3.4 Kıbrıs Caddesi 1 sahasına ait lazer noktası tabanlı plan örneği

Yukarıdaki plan örneğinde farklı kota sahip olduğu için aynı düzlem içerisinde bulunmayan, ancak geliştirilen plan çizim yöntemi sayesinde aynı plan üzerinde gösterilmesi mümkün olmuş bulunan çeşitli öğeler işaretlenmiştir. Bunlardan 1 taşıt yolu ve sokak kotunu, 2 birkaç cm yüksekliğindeki bir yükseltiyi, 3 kaldırım parçasını, 4 kaldırım parçaları arasında bir basamağı, 5 bir diğer kaldırım parçasını, 6 ve 7 kaldırım ile işyerleri arasındaki basamakları, 8 direğe monte edilmiş reklam tabelasını, 9 elektrik direğini, 10 bakkal önünde sergilenen ürünleri, 11 ise bina duvarları veya camlarını ifade etmektedir. Görüldüğü gibi, yaya hareketlerini kısıtlayan nesneler ve etkili genişlikler kolaylıkla anlaşılabilir.

Yaya kaldırımlarında boyuna eğim, yaya hareketlerinin ve yürüme hızının önemli bir etkenidir. Çalışmada seçilen etüt sahalarında yol kesimleri ve kaldırım kesimlerinin gerek boyuna gerek enine eğimleri literatürde karşılaşılan tanımlamalara göre ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle, Bölüm 4'te gerçekleştirilen analizlerde eğimler dikkate alınmamıştır.

3.1.2.1 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki Sorunlu Yol Kesimi

Bu cadde üzerinde seçilen etüt sahası yukarıda Bölüm 3.1.1'de açıklanan ve Şekil 3.1 üzerinde gösterilen 2 ve 3 numaralı sorunların görüldüğü bir yol kesimidir. Sahanın bir kısmında yalnız bir yayanın kullanabileceği genişlikte dar bir kaldırım kesimi bulunurken, diğer kısmında ise yeterli genişlikteki bir kaldırım üzerinde yer yer kural dışı işgallere rastlanmaktadır. Dolayısıyla, yayaların bazıları taşıt yolunda yürümek ve taşıtlarla çatışma yaşamak durumunda kalmaktadır. Etüt edilen sahayı çevreleyen cadde üzerinde ağırlıklı olarak çeşitli ticari işletmeler ve bağlanan sokaklarda yer yer konutlar bulunmaktadır. Sahanın genel görünümü Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Uğur Mumcu Caddesi üzerindeki etüt sahası (Kişisel arşiv, 2013)

3.1.2.2 Kıbrıs Caddesi'ndeki Sorunlu İki Farklı Yol Kesimi

Bu cadde üzerinde birbirine yakın mesafede iki farklı yol kesimi incelenmiştir. Bu iki sahadan *Kıbrıs Caddesi 1* olarak adlandırılmış olan birincisi, yukarıda Bölüm 3.1.1'de açıklanan ve Şekil 3.1 üzerinde gösterilen 2 ve 4 numaralı sorunları içermekte, diğer deyişle yer yer daralmalar ve gereksiz iniş-çıkışlar göstermektedir. *Kıbrıs Caddesi 2* olarak adlandırılan ikincisi ise 1 numaralı sorun ile öne çıkmakta, dolayısıyla yol boyunca yayalar tarafından kullanılmasına rağmen sahada hiçbir kaldırım uygulaması bulunmamaktadır. Etüt sahalarının çevresinde ticari ve konutsal yapılar karma biçimde yer almaktadır. Sahaların genel görünümü Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de, yaya hareketlerini olumsuz etkileyen gereksiz basamaklar ise Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kibris Caddesi üzerindeki etüt sahaları (Kişisel arşiv, 2013)



Şekil 3.7 Kibris Caddesi üzerindeki etüt sahalarının yakından görünümü (Kişisel arşiv, 2013)



Şekil 3.8 Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasındaki kaldırım boyunca bulunan gereksiz basamaklar (Kişisel arşiv, 2013)

3.1.2.3 Erdem Caddesi'ndeki Kontrol Yol Kesimi (Hukuk Fakültesi)

Standartlara göre yeterli genişlik, yükseklik (kot) ve tesviye uygulamasına sahip olduğu düşünülerek kontrol yol kesimi olarak ele alınan bu etüt sahası, Dokuz Eylül Üniversitesi Dokuzçeşmeler Yerleşkesi karşısındaki Hasanağa Bahçesi kenarında bulunan yaya kaldırımının taksi durağı ile otobüs durağı arasında kalan bir kesimdir. Yerleşkede bulunan Hukuk Fakültesi dolayısıyla bu etüt sahası *Hukuk Fakültesi* olarak adlandırılmıştır. Kaldırım boyunca yayaların taşıt yoluna inmelerine neden olacak ve yaya-taşıt çatışmasına yol açacak herhangi bir engel bulunmamaktadır. Bu yol kesimi çeşitli sorunların görüldüğü diğer etüt sahalarındaki yaya davranışlarının karşılaştırılacağı bir kontrol grubu verisi elde etmek amacıyla tercih edilmiştir. Sahanın genel görünümü Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Erdem Caddesi üzerindeki Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) (Kişisel arşiv, 2013)

3.2 Veri Toplanması

Saha çalışmalarından önce laboratuvarında gerçekleştirilen ön hazırlık çalışmaları, lazer tarayıcılar ve video kameralarla etüt sahalarında ölçüm ve kayıt yapılması, toplanan verinin işlenebilir biçime getirilmesi ve sahaların çevresindeki geçmiş kaza bilgisinin elde edilmesine yönelik çalışmalar bu bölümde ele alınmıştır.

Saha çalışmalarının zamanlaması ve süresinin belirlenmesinde bir dizi etken göz önünde bulundurulmuştur. Öncelikle belirtilmelidir ki lazer 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 çalışmalarda çoğunlukla yalnız bir sahadaki trafik senaryosu irdelenmiştir. 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, tez 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 etüt sahasında haftanın aynı günü olmak kaydıyla her ay bir kez ölçüm yapılmıştır. Bu sayede yaya çeşitliliği, hızları, talebi gibi

değişkenlerde mevsimlere göre oluşan değişimlerin karşılaştırma yoluyla ortaya konmasına çalışılmıştır. Diğer üç etüt sahası ise her ay bir kez bir tanesinde ölçüm yapılmak suretiyle her bir saha üç ayda bir ziyaret edilmiştir. Esasında *sorunlu kesimler* adı verilen bu üç sahanın her birinde, gerekli minimum sayıda yayanın gözlemlendiği ve sağlıklı şekilde toplanan birer adet veri kümesi bile tezin amaçlarına ulaşmak için yeterli olabilirdi. Ancak, buralardan periyodik olarak yılda dört kez veri toplamakla, sadece kontrol yol kesimi için değil, kısmen bile olsa sorunlu kesimler için de mevsimlere göre değişimi gözleme imkânı bulunabileceği düşünülmüştür. Aynı sahayı üç ayda bir ziyaret etmekte beklenen bir diğer fayda da şudur: Takip eden bölümlerde de görüleceği gibi, lazer cihazlarıyla analizlerde kullanılabilecek kalitede veri toplamak karmaşık ve dikkat gerektiren bir iştir. Ayrıca algoritma geliştirilirken yeni veri kümelerine ihtiyaç duyulabilmekte veya ölçüm içeriği bakımından küçük çaplı varyasyonlara gidilmesi gerekebilmektedir. Bu yüzden, aynı etüt sahalarında 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 tez çıktıları bakımından bir avantaj görülmemiştir. Sonuç olarak sorunlu her bir yol kesiminde üç ayda bir, kontrol yol kesiminde ise her ay ölçüm yapılmıştır.

Gün içinde saatlik zamanlama bakımından zirve saati trafiği şartı aranmamıştır. Nitekim bu çalışmada yaya kaldırimleri çevresinde maksimum yaya talebi veya kapasite gibi değişkenler irdelenmemiştir. Çalışmada kaldırım sorunları ve engellerin gerek yaya gerek taşıt hareketlerini mikro ölçekte ne şekilde etkilediğine odaklanılmıştır. Dolayısıyla, yeterli sayıda yayanın ve taşıtın incelenmesi halinde maksimum talep anını gözlemleme 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 gereksinimler ve kısıtlar arasında bir optimizasyon yapılmıştır.

Etüt sahalarında saha çalışmaları esnasında yapılan lazer ölçümlerinin süresinin belirlenmesinde, ortamdaki yaya hareketliliği göz önünde bulundurulmuştur. Birçok

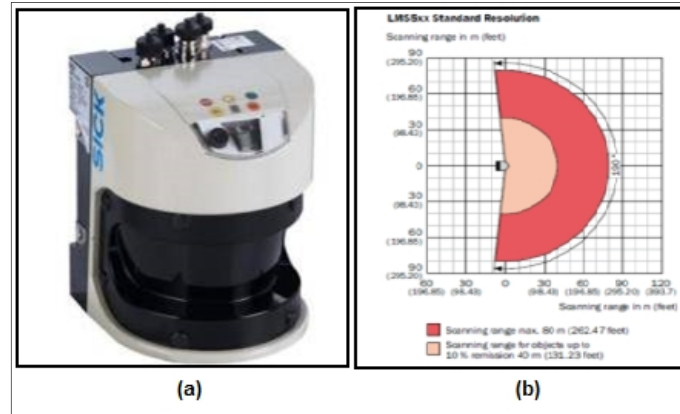
durumda, 30 dakikalık bir zaman diliminde 100'e yakın yaya incelenen kesimden geçiş yapmakta ve hareketleri lazer tarama kayıtlarında yer almaktadır. Bu sayı da istatistik değerlendirme yapmaya yetecek çokluktur. Bu nedenle, başlatma ve sonlandırma esnasındaki kayıplar göz önünde bulundurularak çoğu durumda 35 dakika civarında veri kaydı yapılmıştır. Etüt esnasında yaya trafiği hacminin beklenenden az olduğu görüldüğü az sayıdaki durumda ise ölçüm 45 dakika mertebesine uzatılmıştır. Laboratuvarda verinin işlenmesi ve analizinin yapılması sürecinde yeterli görülmesi halinde söz konusu veri kümelerinin istenen uzunlukta bir kısmı kesilerek kullanılması olanağı olmuştur. Tüm etüt sahalarında ölçümler esnasında görülmüştür ki taşıt trafiği hacmi yayalarınkinden çok daha yüksektir. Çalışmanın odağında öncelikle yaya hareketliliği olduğu için taşıt hareketliliği ölçüm sürelerinde göz önünde bulundurulmamıştır. Taşıt trafiği hacmi yayalarla etkileşim ve çatışma durumlarının irdelenmesinde önem kazanmaktadır. Bu durumlar Bölüm 4.5'te incelenmiştir.

3.2.1 Kullanılan Ölçüm ve Kayıt Düzeneği

Çalışma kapsamında SICK marka iki adet LMS 511-20100 PRO modeli ve iki adet LD-MRS modeli olmak üzere toplam dört adet lazer tarayıcı kullanılmıştır. Seçilen etüt sahalarının geometrik özellikleri farklılık gösterebileceği göz önüne alınarak tarama menzilleri farklı cihazlar seçilmiştir. LD-MRS lazer tarayıcı LMS 511 lazer tarayıcıya göre daha uzun tarama menziline sahiptir. Bu lazer tarayıcılara ait teknik birtakım bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Lazer tarayıcıların çalışma prensibi, gönderilen ışık ışınının bir nesneden yansıtılarak geri döndüğünde cihaza ulaştığı anda havadaki yolculuk süresinden nesnenin mesafesinin hesaplanması esasına dayanmaktadır.

LMS 511 lazer tarayıcı tek düzlemde kendi eksen takımına göre -5° ile $+185^{\circ}$ aralığında toplam 190° tarama yapan, farklı frekans ve açısal çözünürlük değerleri sunan bir cihazdır (Şekil 3.10). 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 aşağıda özetlenmiştir (Tablo 3.2).

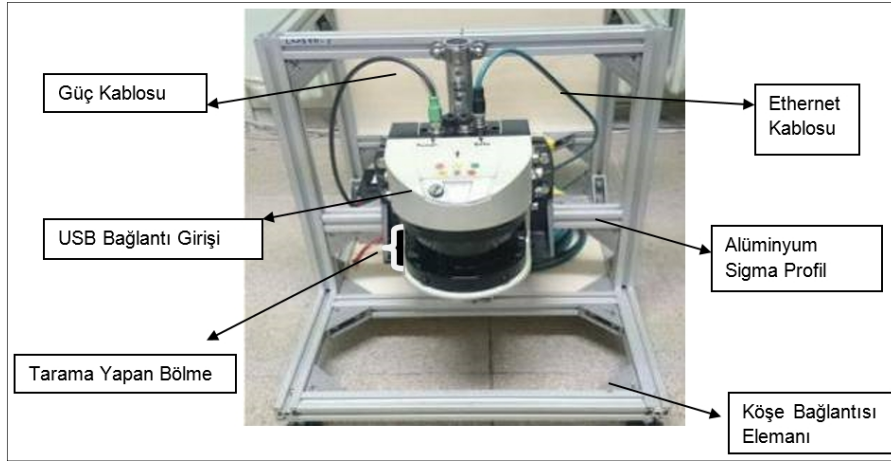


Şekil 3.10 LMS 511 a) genel görünümü ve b) tarama aralığı (SICK AG, 2011)

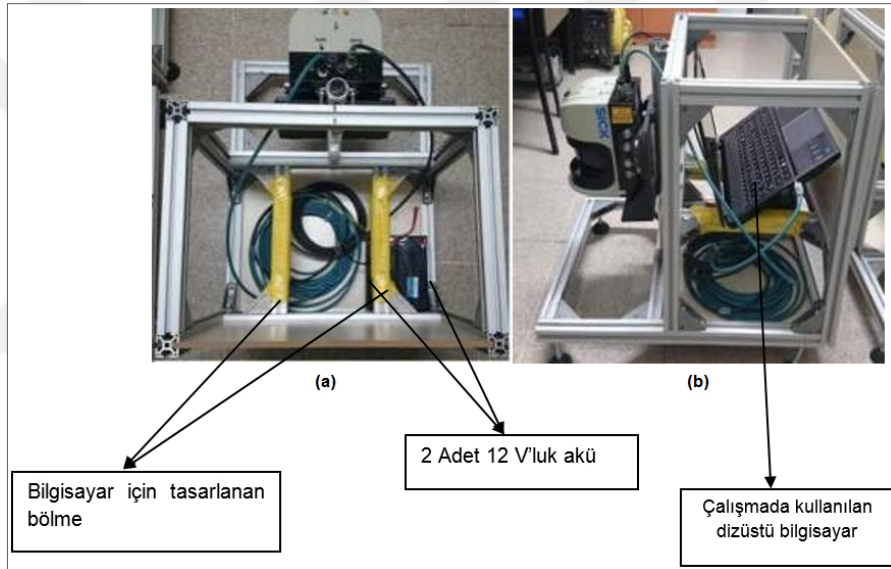
Tablo 3.2 SICK LMS 511-20100 PRO cihazı özellikleri (SICK AG, 2011)

Uygulama alanı	Dış Alanlarda
Lazer Sınıfı	1, Göz Güvenliği [IEC 60825-1 (2007-6)]
Görüntülenen alan	Yatay düzlemde -5° ve $+185^{\circ}$ 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
Arayüzler	Ethernet, USB, CAN, Serial

LMS 511 lazer tarayıcıda ethernet, güç kaynağı ve USB için çıkışlar bulunmaktadır. LMS 511 lazer tarayıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantı ethernet kablosu ile yapılmıştır. LMS 511 lazer tarayıcının çalıştırılması için 24 V'luk güç gerekli olduğundan iki adet 12 V'luk akü seri bağlantı yapılarak kullanılmıştır. Saha etütleri için özel bir taşınabilir sehpa (ölçüm düzeneği) tasarlanmış ve gerek LMS 511 gerekse LD-MRS lazer tarayıcıların her biri cihazlara ait altlıklarla birlikte bu düzeneklere monte edilerek sabitlenmiştir. LMS 511 lazer tarayıcı ölçüm düzeneğinde bulunan ekipmanlar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.11 ve Şekil 3.12).

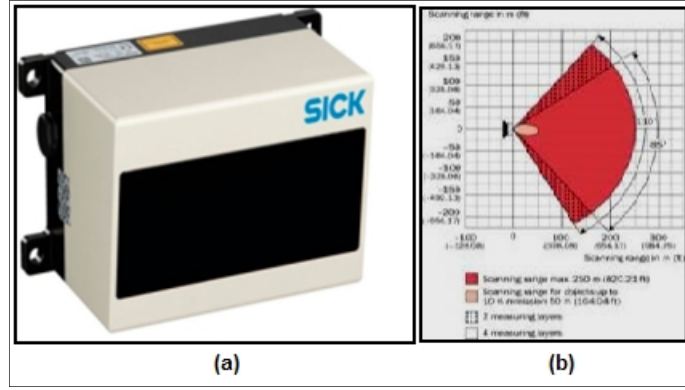


Şekil 3.11 Sehpaya monte edilmiş cihazın (LMS 511) ölçüm düzeneği



Şekil 3.12 LMS 511 bağlantı ekipmanları a) üstten, b) yandan görünüş

LD-MRS Time-of-Flight (ToF: havadaki yolculuk süresi) teknolojisine dayanan, düşey doğrultuda kabul edilebilecek ve aralarında çok küçük açı farkı bulunan dört katman halinde tarama yapan bir ölçüm cihazıdır (Şekil 3.13). LD-MRS lazer tarayıcı ile nesnelerin cihazın konumuna göreli olarak açıları ve mesafeleri belirlenir. Cihazın tarama verisi mesafe, açı ve eko darbe (echo-pulse) genişliği verilerinden oluşmaktadır (Tablo 3.3). LD-MRS lazer tarayıcı, LMS 511 lazer 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.

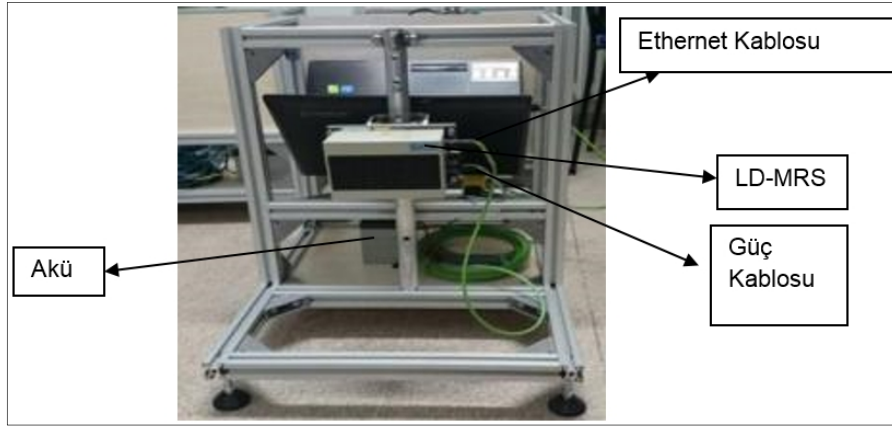


Şekil 3.13 LD-MRS a) genel görünümü ve b) tarama aralığı (SICK AG, 2009)

Tablo 3.3 SICK LD-MRS cihazı özellikleri (SICK AG, 2009)

Cihaz Türü	LD-MRS-400001
Versiyon	Uzun mesafe
Uygulama Şartları	Yağmur ve kar dahil
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 eko
Mesafe Çözünürlüğü	40 mm
Veri Arayüzü	Ethernet 100 Mbit TCP/IP, full duplex
Lazer Koruma Sınıfı	Laser Sınıfı: 1 (IEC 608251)

LD-MRS cihazına ait ölçüm düzeneği ile ilgili ayrıntılar aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.14 ve Şekil 3.15).



Şekil 3.14 Sehpaya monte edilmiş cihazın (LD-MRS) ölçüm düzeneği



Şekil 3.15 LD-MRS bağlantı ekipmanları

LD-MRS lazer tarayıcı ile bilgisayar arasındaki bağlantı ethernet kablosu ile sağlanmıştır. Cihazın çalıştırılabilmesi için 12 V'luk güç gerekli olduğundan bir adet 12 V'luk aküden yararlanılmıştır.

Her bir etüt sahasındaki trafik senaryosunun gereksinimleri dikkate alınarak toplam dört adet cihazdan aynı etüt çalışmasında iki veya üç tanesi kullanılmıştır. Her bir cihazın bağlı olduğu ayrı dizüstü bilgisayarlar gerek sahadaki ayarların yapılmasında gerekse cihazlardan gelen veri kümelerinin kaydedilmesi ve ofisteki depolama alanına taşınana dek geçici olarak depolanmasını sağlamıştır.

3.2.2 Ön Etüt Çalışmaları ve Ölçüm Yönteminin Kalibrasyonu

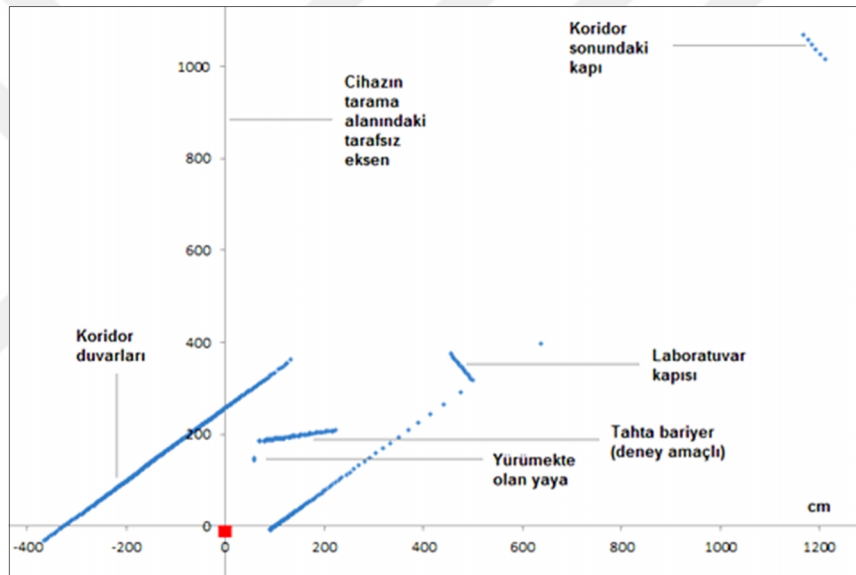
Arazi ölçümlerine çıkılmadan önce, gerek uygun tarama frekansı ve açışal çözünürlüğün belirlenmesi gerekse ölçüm esnasında karşılaşılabilecek sorunlar için önceden tecrübe kazanılması ve önlem alınması amacıyla bazı denemeler yapılmıştır. Laboratuvar içerisinde, bina koridorlarında ve bahçede gerçekleştirilen bu oryantasyon deneyleri cihazların ölçüm sisteminin yeterince tanınması ve saha çalışmalarına hazır hale gelmesini sağlamıştır. Burada *ölçüm yönteminin kalibrasyonu* ile anlatılmak istenen; cihazlardan her birinin monte edildiği alüminyum profilden üretilmiş sehpa'nın ölçüm esnasında sarsılmayacak şekilde döner ayaklarıyla sahada tesviye edilmesi ve montaj için kullanılan ara elemanların cihazın gereken hassasiyetteki açışal ayarının yapılmasında kullanılmış olmasıdır. Ön etüt çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen işlemler bu bölümde özetlenmiş, veri toplama ve işleme yöntemi ile ilgili ayrıntılar ise sonraki bölümlerde sunulmuştur.

Deneylerden bazıları Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü binası içerisinde gerçekleştirilerek lazer tarayıcıların başıarım düzeyleri test edilmiş, gerekli kontroller yapılarak cihazların gerçek mesafeleri ölçme yeterliliği doğrulanmış, ölçme değerlerinin cihazlara ait kullanma kılavuzunda belirtilen hata aralıkları içinde olduğu görülmüş ve herhangi bir mekanik veya matematik kalibrasyona gerek olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Bölüm binası koridorunda yapılan oryantasyon çalışmaları (Kişisel arşiv, 2014)

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 olası veri toplama hataları veya düzensizlikler için kontroller yapılmıştır. Cihazların yaptığı açısal mesafe okumalarından elde edilen verinin gerçek mesafeleri ve ortam planını ne ölçüde temsil ettiğinin doğrulanabilmesi amacıyla, veri tablosunda herhangi bir andaki mesafe kayıtları Excel ve MATLAB programında işlenerek Kartezyen koordinat sistemine aktarılmış ve grafik olarak çizdirilmiştir. Gerek mesafeler gerekse koridor planının görüntülenmesi başarılı olmuş ve ölçümlerin geçerli olduğu doğrulanmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Excel programında ölçümlerin geçerli olduğunun doğrulanması işlemi

Ön etüt çalışmaları kapsamında alınan kararlarda, çalışma boyunca toplanacak veri kümelerinin toplam boyutu, veri işleme kapasitesi ve hızı gibi kısıtlar dikkate alınmıştır. Farklı frekans ve açısal çözünürlük kombinasyonları arasından optimal ayar değerlerinin seçimine yönelik olarak, gerek LMS 511 gerekse LD-MRS cihazları üzerinden çeşitli ayar değerlerinde birer dakikalık veri kaydı yapılmış ve elde edilen veri dosyalarının büyüklüğü karşılaştırılmıştır. Ayrıca diğer araştırmacıların benzer özelliklere sahip çalışmalarda tercih ettikleri değerlere bakılmış, bunlardan biri ile eposta yazışması yapılarak mevcut çalışmadaki durum için tavsiyesine başvurulmuştur.

Aynı ayar kombinasyonları ile benzer şekilde koridorda yürüme deneyi yapılarak sahada toplanacak verinin bir benzetimi yapılmaya çalışılmış, yaya algılama ve takibine yönelik hangi ayarın daha uygun olabileceği araştırılmıştır (Şekil 3.16). Sonuçta 25-35 Hz frekans aralığında (lazer motorunun saniyede 25-35 aralığında dönerek ölçüm yapması) ve 0,5° çözünürlüğünde (her 0,5°’de mesafe ölçümü alınması) veri toplanması kararlaştırılmıştır. Bu seçimde, literatürde rastlanan benzer geçmiş çalışmalarda yaygın olarak tercih edildiği görülen tarama ayarları da dikkate alınmıştır.

Öte yandan, cihazlara bilgisayar ile erişimin sağlanması ve sağlıklı iletişimin kurulması süreci ön etüt çalışmaları esnasında en çok zaman alan işlerin başında gelmiştir. Ayrıntıları EK-2’de sunulan ve LMS 511 cihazının çalıştırılmasında kullanılan Terminal modülü üzerinden kod gönderebilme ve veri elde etme işlemi oldukça fazla emek ve zaman gerektirmiştir. Nitekim söz konusu yöntem elektronik cihazlarla iletişim alanında uzmanlık ve tecrübe gerektirmektedir. Bu süreçte çeşitli alanlardan birçok kişi ile iletişime geçilmiş ve yardım alınmıştır. SICK firması temsilcileri ile telefon ve internet bağlantısı üzerinden yapılan görüşmeler sonunda kodların çalıştırılmasında başarılı olunmuştur. LMS 511 cihazının açılabilir çözünürlük ve tarama frekansı ayarı Terminal modülü üzerinden gönderilen birtakım özel kodlar aracılığıyla yapılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen veri dosyalarının boyutları karşılaştırılmış, veri işleme potansiyeli göz önünde bulundurularak her bir saha çalışmasında 30 dakikalık ölçüm yapılmasının uygun olacağı kararlaştırılmıştır.

LD-MRS cihazı, bu cihaz için oluşturulmuş özel bir görüntüleme ve ayar 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 kurulmuştur. Söz konusu arayüz üzerinden ölçüm için tercih edilecek tarama açısı aralığı, açılabilir çözünürlük ve tarama frekans değeri girilmiştir. LD-MRS dört katman üzerinden eş zamanlı ölçüm yapmaktadır ve bu katmanların her birinde üç eko bulunmaktadır. Arayüz programında farklı renklerle kodlanmış bulunan bu katmanlardan bazıları gerçekleştirilecek etütteki ihtiyaca ve tercihe göre kapatılıp gereksiz veri kalabalığı önlenmiştir. Ön etüt çalışmalarında bütün katmanlar ayrı ayrı

değerlendirilerek ölçüm esnasında ortadaki iki katmanın açık tutulmasının daha yararlı olacağına ve analizlerde bu iki katmandan birinin kullanılmasına karar verilmiştir. Katmanların seçimi esnasında belirli bir uzaklıktaki yatay ve düşey yüzeylere ışın gönderilmiş, cihaz elle yukarıya doğru yavaşça kaldırılmış, belli nesnelerin ekranda görüldüğü ve kayboldukları anlardaki cihazın konumu dikkate alınmıştır. Ölçüm ve analizlerde kullanılmak üzere ortadaki iki katmandan biri olan 2 numaralı katmanın açık kalmasına karar verilmiş, ayarlamalar buna uygun olarak yapılmıştır. Gerek LMS 511 gerekse LD-MRS cihazları ile iletişim ve nokta bulutu verisi elde edilmesi işlemleri Bölüm 3.3.1’de ele alınmıştır.

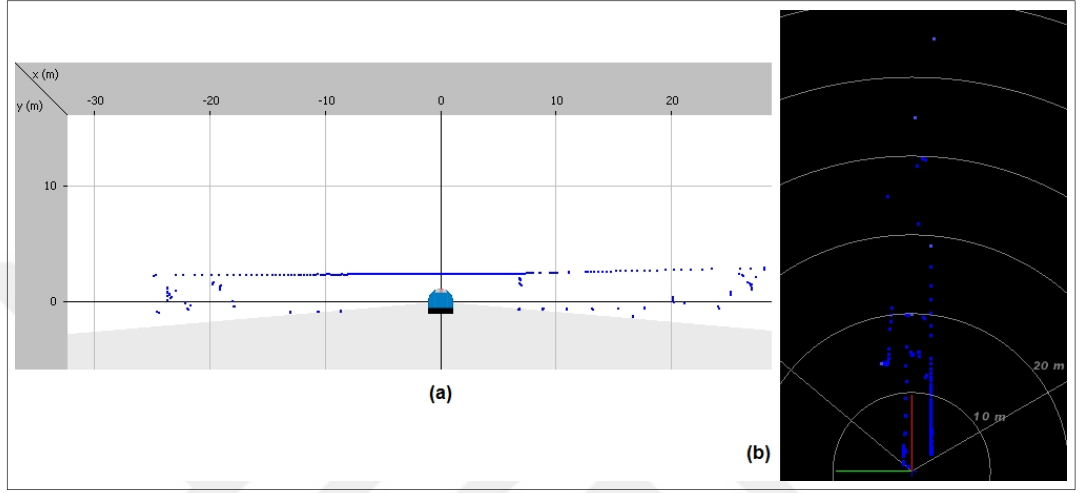
Arazi ölçümlerinde cihazların konum ve açı ayarları, gerekli aletlerin (anahtar takımı, alyan anahtar, vb.) kullanımıyla çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Hazırlık çalışmalarında bu konu üzerinde hassasiyetle durulmuştur. Farklı cihazlardan gelen ölçümlerin kabul edilebilir düzeyde küçük hata payları ile birleştirilebilmesi amacıyla, ölçüm yapılırken cihazlar tarafından görüntülenmesi gereken alanlar ve ölçüm boyunca cihazların sağlıklı bir şekilde durabilmesi için gereken mekanik ayarlarla ilgili çok sayıda prova gerçekleştirilmiştir. Öncelikle her bir ayağın yükseklik ayarı yapılarak ölçüm sehpasının tesviyesi sağlanmıştır. Ardından, montaj elemanlarındaki civatalar yardımıyla her üç ekseninde ayarlar yapılarak cihazların istenen düzlemde tarama yaptığı ekran üzerinden doğrulanmaya çalışılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Yol yüzeyine paralel yatay düzlemin yakalanabilmesi için anahtar yardımı ile cihazlara açı ayarı yapılması işlemi

Ayarlama ve doğrulama esnasında tarama alanı görüntüleme arayüzünden yararlanılmıştır (Şekil 3.19). Yapılan ayar denemeleri sırasında kampüsteki yaya yolu

ve kaldırımlarda yürümekte olan veya yolda giden taşıtlar dikkate alınarak anlık denemeler yapılmıştır. Bilgisayar ekranından belli bir yaya takip edilerek görüntünün hangi mesafede kaybolduğu, lazer cihazına ait tarama düzleminin yayanın ayaklarına mı yoksa vücudun üst kısımlarını mı taradığı gibi etkenlerin dikkate alınması suretiyle cihazların kullanım ayarları sonlandırılmıştır.



Şekil 3.19 a) LMS 511 ve b) LD-MRS cihazlarına ait ölçüm önizleme ekranı görüntüleri

3.2.3 Etüt Sahalarında Lazer Ölçümü ve Video Kaydı

Kontrol yol kesiminde her ay hafta içi aynı gün bir kez, diğer sahalarda üç ayda bir hafta içi bir gün lazer tarama cihazları ile ölçümler yapılmıştır. Lazer ölçümünden birkaç dakika önce başlayıp birkaç dakika sonra bitecek şekilde, incelenen saha eş zamanlı video kaydı altına alınmıştır. Video kaydı yapılmasında, görsel yolla yaya ve taşıt özellikleri gibi ek birtakım veriler elde edilmesi, lazer noktalarının görüntülenmesinde doğrulama yapılabilmesi ve olası karmaşık durumların çözümlenmesi, planlanan trafik etüdü kapsamı dışında meydana gelebilecek ve analizlerde dikkate alınması gerekebilecek bazı özel durumların fark edilmesi gibi amaçlar gözetilmiştir.

Sahada LMS 511 lazer tarayıcıdan bilgisayara aktarılan ayrıntılı ölçüm verisinin anlık olarak kaydedilmesi amacıyla *SOPAS Terminal*, LD-MRS cihazı için de *Wireshark* arayüz programları kullanılmıştır. Bu ölçüm ve kayıtlardan elde edilen ham verinin işlenmesi ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 3.3'te verilmiştir.

3.2.4 Kaza Geçmişinin Araştırılması

2009 yılı başında Trafik Kanunu'nda yapılan değişiklik nedeni ile anlaşma ile sonuçlanan ikili kazalar TRAMER'den; ölümlü, yaralanmalı, kamu taşıtlarının karıştığı kazalar ile tek aracın bulunduğu kazalara ait veriler Emniyet Genel Müdürlüğü'nden temin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamındaki etüt sahalarının bulunduğu caddeler üzerindeki kaza geçmişi ile ilgili olarak, Emniyet Genel Müdürlüğü'nden Tablo 3.4'te sunulan veriler elde edilmiştir. 2015 yılı Şubat ayında temin edilen veri tablosunda, ölçüm yapılan etüt sahalarının bulunduğu caddeler üzerinde 2010-2015 yıllarında meydana gelmiş kazaların cinslerine göre dağılımı verilmiştir.

Eski adı Trafik Sigortası Bilgi Merkezi (TRAMER) olan Sigorta Bilgi ve Gözetim Merkezi (SBM) ile yapılan ayrıntılı yazışmalarda, ilgili etüt sahalarına ait veri talebinde bulunulmuştur. Ancak SBM'den yalnızca SGK, Gelirler İdaresi Başkanlığı, Maliye Bakanlığı ve Sigorta Denetleme Kurulu ile veri paylaşımı yapabildikleri cevabı alınmış ve veri talebi sonuçsuz kalmıştır.

Aşağıda Tablo 3.4'te özeti sunulan veri kümesinde temsil edilen kazaların yaya bulunma durumuna göre dökümü ve yorumlanması Bölüm 4.5.4'te ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Tablo 3.4 Emniyet Genel Müdürlüğü’nden alınan kaza verisi özeti¹

KAZA YILI/KAZA CİNSİ	Yaralanmalı 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 (kontrol yol kesimi)	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 (kontrol yol kesimi)	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 (kontrol yol kesimi)	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 (kontrol yol kesimi)	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 (kontrol yol kesimi)	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 (kontrol yol kesimi)	2	0	7	3	0

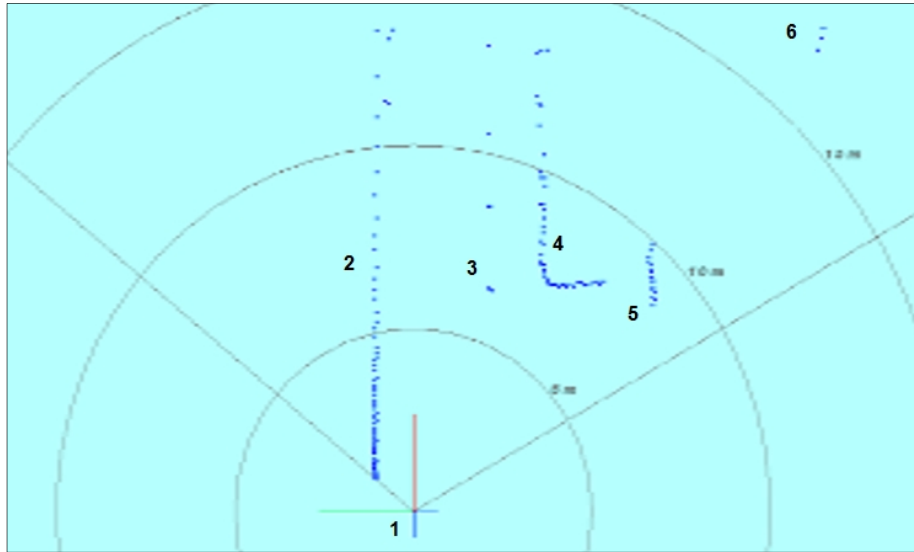
¹ Kazaların yaya içirme durumuna Bölüm 4.5.4’te yer verilmiştir.

3.3 Verinin İşlenmesi

Ele alınan etüt sahalarında yaya hareketlerinin incelenmesi amacıyla, sahada elde edilen lazer ve video verisi, analizlere hazır hale gelmeden önce çok sayıda işlemden geçirilmiştir.

3.3.1 Lazer Ölçümlerinden Nokta Bulutu Elde Edilmesi

Çalışmada kullanılan lazer tarayıcılar polar açı ve mesafe verisini onaltılık sayı sisteminde vermektedir. Her bir okuma ekranda plan üzerinde bir nokta olarak görüntülenir. Herhangi bir andaki kayıt satırında kayıtlı noktaların kümesine ve bunların görüntüsüne *nokta bulutu* adı verilmektedir. Bu terim, art arda birlikte işlenebilen ardışık lazer kayıtlarının tümünü de ifade edebilir. Nokta bulutu aynı düzlemde bulunan iki boyutlu bir uzay içerisinde olabileceği gibi, servo motor ile döndürülerek çalışan lazer tarayıcılar kullanılarak üç boyutlu bir form da alabilir. Bu çalışmada kullanılan cihazlar düzlemde (iki boyutlu) tarama yapmaktadır. Şekil 3.20’de örneği sunulan nokta bulutu, LD-MRS cihazına ait bir anlık bir görüntüdür. Burada 1 lazer tarayıcıyı, 2 rekreasyon alanı duvarını, 3 bariyer direklerini, 4 belediye otobüsünü, 5 karşı yöndeki bir diğer taşıtı, 6 ise 4 ve 5 numaralı taşıtların arasından algılanan yolun diğer tarafındaki duvarı işaret etmektedir.



Şekil 3.20 İki boyutlu (tek düzlemde bulunan) bir nokta bulutu örneği

Çalışma kapsamında sahada lazer tarayıcılarla yapılan ölçümlerden elde edilen temel metin ve tablo (*.txt ve *.csv) biçimindeki ham veri kümeleri, Excel araçları ve MATLAB kodları yardımıyla ayıklanarak işlenebilir Excel tabloları ve MATLAB matrislerine dönüştürülmüştür. Veri tablosu ve düzenindeki farklılıklar nedeniyle ölçümlerde kullanılan LMS 511 ve LD-MRS lazer tarayıcılar için ayrı MATLAB kodları yazılmış, ham veri kümelerinden açı ve polar mesafe okumaları elde edilmiştir. LMS 511 ve LD-MRS cihazlarından veri elde edilmesi işlemlerinde yer alan adımlar sırasıyla EK-2 ve EK-3'te anlatılmıştır.

Her bir cihazdan veri elde etme yöntemi kapsamında değinilmesi gereken bir konu vardır: İncelenen sahanın gerektirdiği ölçüde, çalışmada birden fazla lazer 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 bilgisayarların, kameraların ve lazer tarayıcılara güç sağlayan akülerin şarj edilmesi öncelikli olarak yer almıştır.

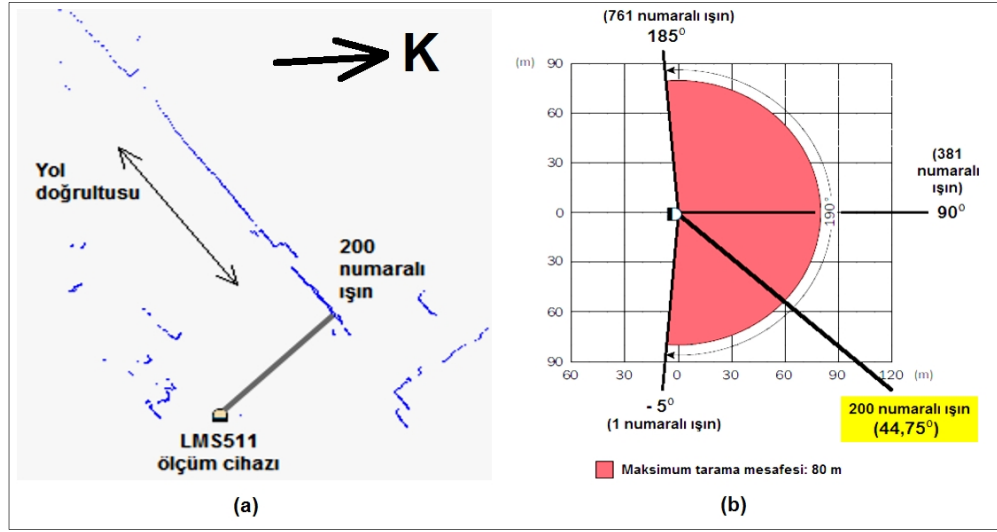
3.3.2 Hareketli ve Sabit Nesnelerin Sınıflandırılması

Gerek yaya ve taşıt algılama ve takip algoritmasının daha etkin çalışabilmesi gerekse bilgisayarda veri işleme yükünün azaltılması için hareketli nesnelerin ayrı bir veri tablosu haline getirilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla hareketli ve sabit noktaların ayırt edilerek sınıflandırılması işlemine literatürde *background subtraction* adı

verilmektedir. Deneylerde kullanılan iki farklı tip lazer tarayıcıya ait veri kümelerindeki hareketli ve sabit nesnelere ait noktaların sınıflandırılmasında aynı yöntem kullanılmıştır. Bu bölümde söz konusu yöntem ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

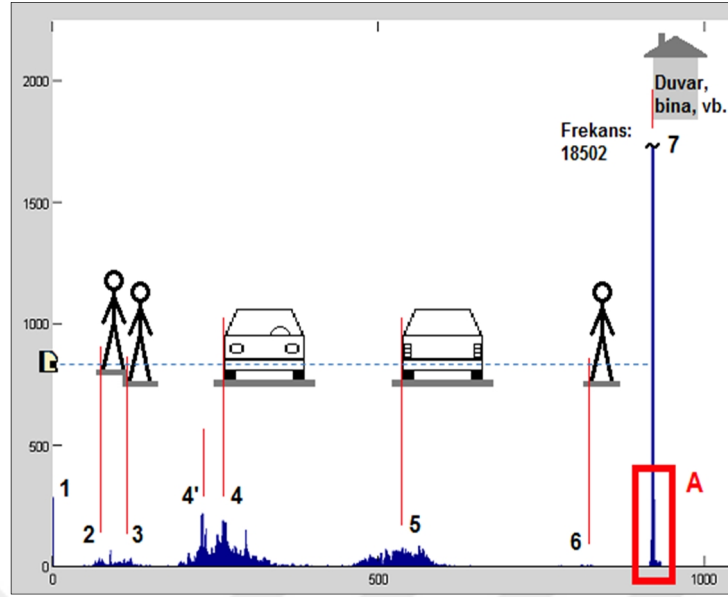
Yöntem, belirli bir açı doğrultusunda ölçüm süresince elde edilen tüm mesafe okumalarına ait histogram üzerinde mod olarak öne çıkan (en çok tekrar eden) mesafe değerinin o doğrultudaki sabit nesneye ait olacağı yaklaşımından yola çıkmaktadır. Daha açık şekilde anlaşılması için söz konusu yaklaşım aşağıda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

Şekil 3.21’de 22 Mayıs 2014 tarihinde Uğur Mumcu Caddesi’nden elde edilmiş veri grubundan bir lazer noktası görüntüsü sunulmuştur. Bu tarihteki veri toplama çalışmasında dört cihaz (ikişer adet LMS 511 ve LD-MRS) birden kullanılmış olmakla birlikte, şekildeki plan görünümü yalnızca LMS 511 lazer tarayıcıya ait bir görüntüdür. Burada, ölçüm sahası kısıtları gereği cihazın tarafsız eksenini (optik eksenini) yol doğrultusuna çapraz olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu örnekte amaç yol kullanıcılarına ve sabit yapıya ait lazer noktalarını daha açık şekilde göstermek üzere yolun herhangi bir enkesiti üzerindeki mesafe okumalarının histogramını elde etmektir. Bunun için, yolu enine keserek cihazın bulunduğu kaldırımdan yolun karşısındaki kaldırıma ve yapıya ulaşan lazer ışınlarından biri seçilmelidir. Cihaz $0,25^\circ$ aralıklarla toplam 190° ’lik alanı taramakta, dolayısıyla bir turda 761 adet lazer ışını göndermekte ve her biri için mesafe okuması kaydetmektedir. Şekil 3.21a’da görülen yol kesimine ait plan incelendiğinde yaklaşık olarak 45° çevresindeki ışınların yolu enine kestiği ve karşıdaki binanın duvarından yansıdığı görülmektedir. Burada yolu yaklaşık olarak enine kesen 200’üncü ışın ele alınmıştır (Şekil 3.21a ve b).



Şekil 3.21 a) Polar mesafe verisinin belirli bir andaki görüntülenme çıktısı, b) LMS 511'in tarama alanı sınırları

İlgili tarihte kaydedilen söz konusu veri kümesi MATLAB'da incelendiğinde bu matriste 47182 adet satır (mesafe okuması) bulunduğu görülmüştür. Cihazın saniyede 25 kez (25 Hz frekansında) taramaya ayarlanmış olduğu dikkate alındığında, 47182 veri satırının yaklaşık 32 dakikalık ölçüme karşılık geldiği anlaşılmaktadır. 200 numaralı ışına ait zamansal olarak 47182 ardışık mesafe değerinin histogramı çizdirildiğinde Şekil 3.22'de görülen mavi renkli dağılım elde edilmiştir. 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 LMS 511 cihazı görülürken, ölçüm için cihazdan gönderilen lazer ışınları kesikli mavi çizgi ile temsil edilmiştir.



Şekil 3.22 32 dakikalık ölçümde 200 numaralı ışına ait mesafe okumaları histogramı

Yukarıdaki dağılım şu biçimde yorumlanmıştır: 1 numaralı nokta (ölçüm) kümesi cihazın koruyucu ekranındaki tozlara denk gelen bazı ışınlarla ait olduğu tahmin edilmektedir. 2 ve 3 numaralı kümeler kaldırımı kullanan yayalara aittir. Burada yaya kaldırımının dar olması nedeniyle yayaların yan yana yürümesi halinde birinin taşıt platformunda yürümesi söz konusudur. 4 numaralı küme cihazın ölçüm alanı içinde (Şekil 3.21a) sağ-alt (kuzeydoğu) yönünde giden taşıtlara ait olduğu anlaşılmaktadır. 4' ile işaretlenmiş olan kümenin ise belediye otobüsleri gibi, daha geniş olduğu için kaldırıma daha yakın geçmek durumunda kalan taşıtlara ait olduğu düşünülmektedir. 5 numaralı nokta kümesi yolun diğer şeridini kullanan ters yöndeki taşıtlara aittir. Göreceli olarak daha az sayıda nokta bulunan 6 numaralı kümenin yolun karşısındaki kaldırımda veya yolda ilerleyen yayalara ait olduğu düşünülmektedir. 6'da frekansın daha düşük olması, aradan geçen taşıtlar nedeniyle buradan geçen yayaların algılanmamış olması ve yoldaki yayaların birçoğunun yolun diğer tarafını (cihazın bulunduğu kaldırıma) tercih ediyor olması ile açıklanabilir. Şekil 3.22'de dikey kırmızı çizgilerin, nesnelerin (yaya, taşıt ve yapı gibi) lazer tarayıcıya yakın yüzeylerine hizalanmış olması lazer ışınının bu noktalardan geri yansımakta olmasındandır. Söz konusu yol enkesitinin gerçek görüntüsü ile ilgili fikir vermesi açısından, incelenen kesite yaklaşık 10 m uzaklıktaki benzer bir kesite ait fotoğraf aşağıda sunulmuş ve Şekil 3.22'deki noktalardan bazıları burada gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 3.23).

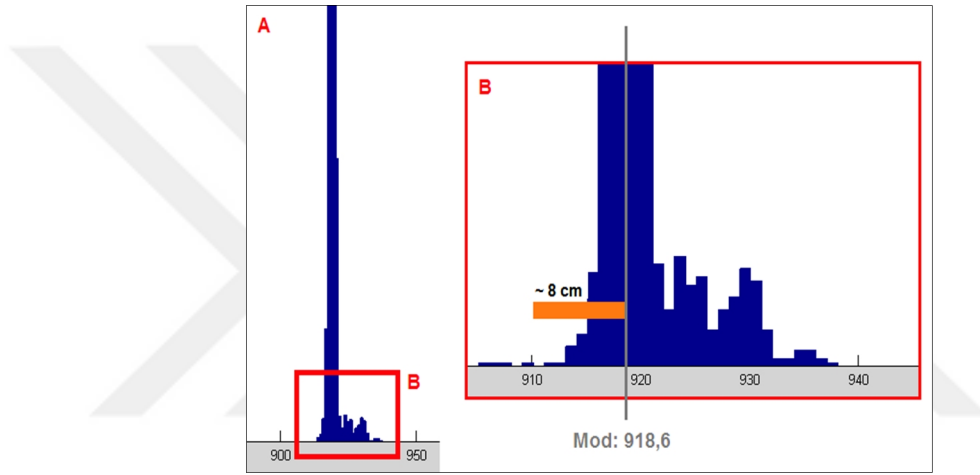


Şekil 3.23 Örnek yol enkesiti gerçek görüntüsü (Kişisel arşiv, 2013)

Şekil 3.22’de 7 numaralı kısımda yığılmış mesafe ölçümleri üzerinde dikkatle durulması gerekmektedir. Nitekim burası hareketli (foreground) ve sabit (background) nesnelere ait noktaların sınıflandırılmasında belirleyici role sahiptir. Ölçüm süresi boyunca hiçbir hareketli nesnenin (yaya veya taşıt) geçmediği anlarda lazer ışını belli bir sabit nesneden yansımış olması ve trafik yoğunluğu dikkate alındığında bu durumun tüm kayıtların önemli bir kısmında geçerli olması gerekir. Buradan hareketle, tüm kayıtların histogramı içinde söz konusu sabit nesneye (duvar, bina, park halindeki taşıt gibi) ait noktaların, histogramın mod değeri ve buna komşu olan mesafe değerleri ile temsil edildiği sonucuna varılmaktadır.

Şekil 3.22’de moda ait frekans değeri diğerlerine oranla çok büyük olduğundan, diğer kümelerin görüntülenebilmesi için grafik büyütülmüş ve 18502’lik frekans değerine sahip mod grafiği üstten kesilerek gösterilmiştir. A dörtgeni içerisindeki kısım büyütülerek Şekil 3.24’te tekrar gösterilmiştir. Buradaki B dörtgeni ise mod çevresindeki komşu mesafe değerlerinin frekans dağılımı konusunda fikir vermektedir. Buna göre, 200 numaralı ışına ait histogramdaki mod mesafe değerinin 918,6 cm olduğu anlaşılmaktadır. Diğer bir deyişle bu mesafe, iki şeritli yol ve karşılıklı iki kaldırımın diğer tarafında bulunan bina duvarının cihaza uzaklığıdır. B dörtgeni içinde gösterilen dağılım ise şöyle açıklanmıştır: Lazer tarama cihazındaki lazer ışın üreten motorun eksenini etrafında hızla dönmesi, ışın gönderilmesi, yansıyan ışının algılanması ve ışının havadaki yolculuk süresinden mesafenin hesaplanması işlemleri anlık olarak cihaz tarafından gerçekleştirilmesi esnasında sistematik bazı hatalar meydana gelmektedir. Nitekim, lazer nokta bulutunun MATLAB’da oynatılarak görüntülenmesi esnasında aynı sabit nesnelere ait noktaların titreşim

yapmakta olduğu açıkça görülmektedir. Buradan, aynı sıradaki ışının nesneler üzerinde her turda aynı noktaya çarpmadığı sonucuna da varılabilir. Işının yansıdığı duvarın dışa veya içe doğru ölçülebilir mertebede herhangi bir salınım yapmadığı kabul edilirse, B dörtgeni içinde görülen dağılımın cihaza ait sistematik ölçüm hatalarından kaynaklandığı ve şekilde görüldüğü gibi bu hatanın cihaza yakın tarafta 8 cm’den küçük olduğu anlaşılmaktadır. Ölçüm hatasının ölçülen mesafe ile orantılı olarak büyümesi beklenmekle birlikte, yaklaşık 8 cm büyüklüğündeki hatanın yaklaşık 10 m’lik mesafe için cihazların kullanma kılavuzunda belirtilen aralıklar içinde kaldığı görülmüştür (SICK AG, 2009; 2011).

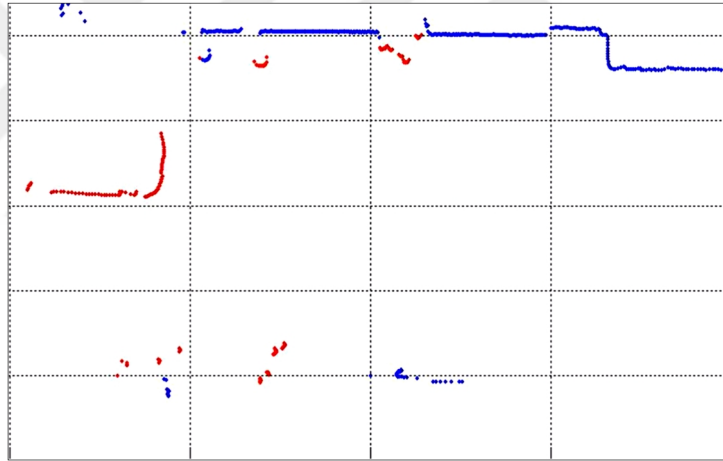


Şekil 3.24 Mod değeri çevresinde kümelenen noktaların dağılımı

Özetle, moda ait frekansın 18502 olması, yaklaşık 32 dakikada gerçekleşen 47182 ölçümden 18502’sinin yolun karşısındaki yapının duvarından yansımış olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Bu zirve noktası, diğer nokta kümelerindeki zirve noktaları ile karşılaştırılamayacak 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 3.24’te açıkça görülmektedir. Buna göre, mod değerinin yaklaşık 8 cm solunda frekans sıfıra inmektedir. Dolayısıyla, bu örnek için, veri tablosunda 200 numaralı ışına ait ölçümlere $918 \text{ cm} - 8 \text{ cm} = 910 \text{ cm}$ ’lik bir eşik mesafe değeri uygulandığında, bu eşik değerden küçük mesafe okumaları hareketli nesnelere ait noktaları, büyük olanlar ise sabit nesnelere ait olanları belirtmektedir. MATLAB kodları yardımıyla bu şekilde sınıflandırılan nokta bulutu verisi *hareketli*

ve *sabit* noktalar olmak üzere iki farklı matris (veri tablosu) halinde kaydedilerek sınıflandırma işlemi tamamlanmış olmaktadır. Ancak toplanan örneklem genelinde güvenli tarafta kalınması amacıyla, bir duvarın çok yakınından bir nesnenin geçemeyecek olması varsayılarak, en az 10 cm'lik bir hata mesafesi uygulanmış, uzaklığın arttığı alanlarda değişen eşik değerlerine başvurulmuştur. Bu yaklaşımın her bir açı aralığına ait okuma değerlerine uygulanmasıyla belli bir etüt sahasında yapılan ölçümün tamamı için hareketli ve sabit noktaların sınıflandırılması gerçekleştirilmiş, bu yöntem tüm etüt çalışmalarında tekrarlanmıştır.

Hareketli ve sabit noktaların sınıflandırılmasından sonra elde edilen iki farklı veri tablosu MATLAB ortamında birarada oynatılarak görüntülendiğinde, Şekil 3.25'teki şekil ortaya çıkmaktadır. Burada kırmızı noktalar hareketli nesneleri (foreground points), mavi noktalar ise sabit duran nesneleri (background points) temsil etmektedir.



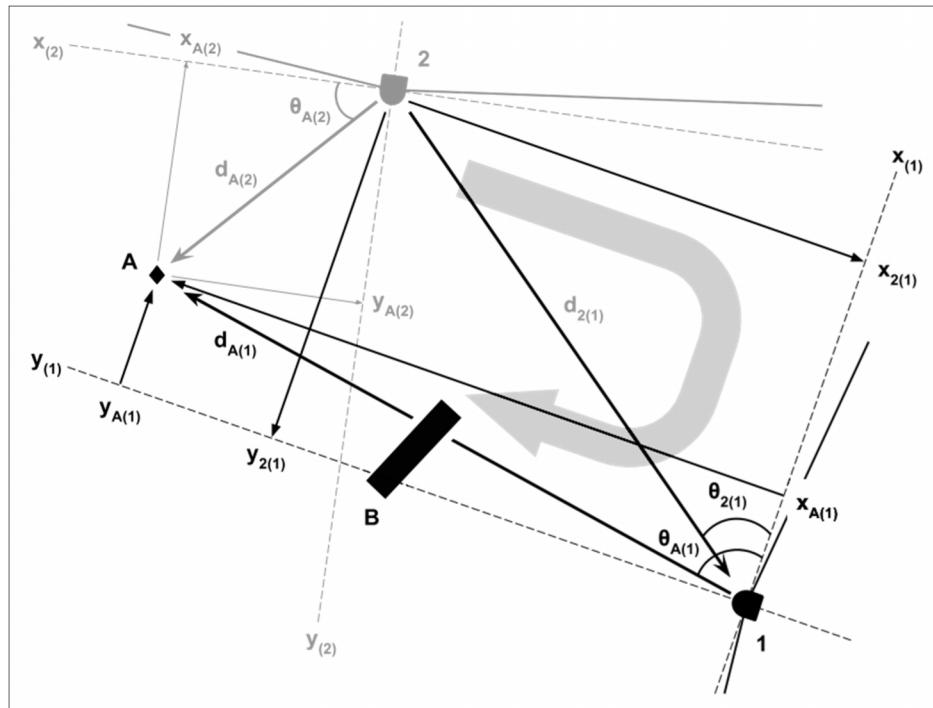
Şekil 3.25 Sınıflandırma işlemi sonrası bir tek cihaza ait hareketli ve sabit noktaların görünümü

3.3.3 Farklı Lazer Tarayıcılardan Gelen Verilerin Birleştirilmesi

Gerçekleştirilen etüt çalışmalarında hedeflenen sahanın sınırları içindeki incelenen yol kullanıcılarının (yaya ve taşıtlar) en etkin şekilde görüntülenebilmesi amacıyla birden fazla lazer tarayıcı kullanılmıştır. Böylelikle herhangi bir sabit veya hareketli engelin arkasında kaldığı için bir cihaz tarafından algılanamayan ve mesafesi ölçülemeyen bir nesnenin, farklı konum ve açıda yerleştirilmiş ikinci veya üçüncü bir cihaz tarafından kaydedilmesi mümkün olmuştur. Ancak bu cihazların her biri kendine

ait ayrı birer polar ve Kartezyen koordinat sistemine sahip olduğundan, farklı cihazlara ait veri tabloları, seçilmiş bir cihaza ait koordinat değerlerine dönüştürülerek işlenebilir bir tek nokta bulutu tablosu oluşturulmuştur. Bu bölümde koordinat dönüştürme (taşıma) işlemindeki temel prensip ve izlenen yol kısaca açıklanmıştır.

Söz konusu koordinat dönüştürme işlemi aşağıdaki Şekil 3.26 ile açıklanmaya çalışılmıştır. Şekilde şematize edilmek üzere seçilen cihazların ikisi de 190°'lik tarama aralığına sahip LMS 511'dir. Burada baz alınan, diğer deyişle koordinat değerleri aynı kalacak olan cihaz 1 ile temsil edilmiş, bu cihazla ilişkili olan öğeler koyu (siyah) renk ile gösterilmiştir. Koordinat değerleri taşınacak olan cihaz ise 2 ile temsil edilerek ilgili öğeler açık (gri) renk ile gösterilmiştir. Şekildeki senaryoda noktasal A nesnesi aradaki B nesnesi nedeniyle 1 numaralı lazer tarayıcı tarafından algılanamamakta, konumu yalnızca 2 numaralı cihaz tarafından belirlenebilmektedir. Dolayısıyla etüt sahasında A'nın konumu 2'ye ait koordinat sistemine kaydedilmiş olacak, sonra laboratuvarında gerekli dönüşüm hesabı yaptırılarak bu nokta 1'e ait koordinat sistemindeki veri tablosuna eklenecektir. Şeklin orta kısmındaki kalın ok ve diğer ince okların yönleri bu işlem adımlarında kullanılan değişkenlerin işleme konma sırasını temsil etmektedir.



Şekil 3.26 Farklı cihazlara ait noktaların birleştirilmesi işlemindeki geometrik ilişkiler

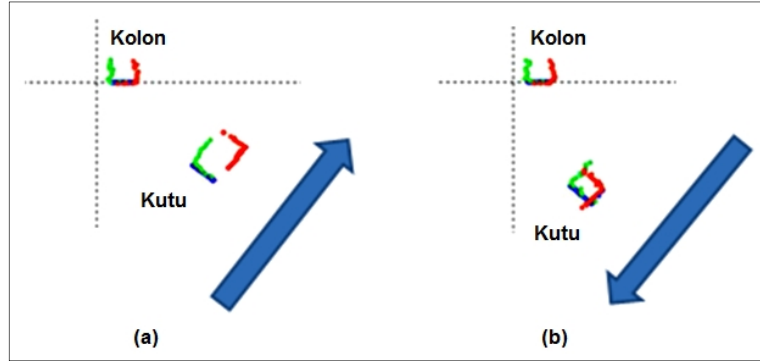
Şekildeki sembollerin anlamı aşağıda listelenmiştir. Sembol indislerinde parantez içindeki rakam koordinat sisteminin ait olduğu cihazı ifade etmektedir.

$x_{(1)}$	:	1 cihazının x eksen
$y_{(1)}$	:	1 cihazının y eksen
$x_{(2)}$	:	2 cihazının x eksen
$y_{(2)}$	:	2 cihazının y eksen
$\theta_{A(2)}$	:	A noktasının 2 cihazına göre açısı
$d_{A(2)}$	:	A noktasının 2 cihazına uzaklığı
$x_{A(2)}$	:	A noktasının 2 cihazına göre x koordinatı
$y_{A(2)}$	:	A noktasının 2 cihazına göre y koordinatı
$\theta_{2(1)}$	:	2 cihazının 1 cihazına göre açısı
$d_{2(1)}$	:	2 cihazının 1 cihazına uzaklığı
$x_{2(1)}$	:	2 cihazının 1 cihazına göre x koordinatı
$y_{2(1)}$	:	2 cihazının 1 cihazına göre y koordinatı
$\theta_{A(1)}$	:	A noktasının 1 cihazına göre açısı
$d_{A(1)}$	:	A noktasının 1 cihazına uzaklığı
$x_{A(1)}$	:	A noktasının 1 cihazına göre x koordinatı
$y_{A(1)}$	:	A noktasının 1 cihazına göre y koordinatı

Yukarıda listelenen değişkenler yardımıyla, A'nın 2'ye göre olan koordinatları 2'nin 1'e göre bağlı koordinatları kullanılarak 1'e ait koordinatlar cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplamalarda temel analitik geometri bilgilerinden yararlanılmış, MATLAB ortamında bu işlemleri kolay ve hızlı şekilde tekrarlayacak kodlar yazılmıştır. Veri kümelerinin birleştirilmesinde uygulanan hesaplamalarda gerçekleştirilen ara adımlar EK-4'te anlatılmıştır.

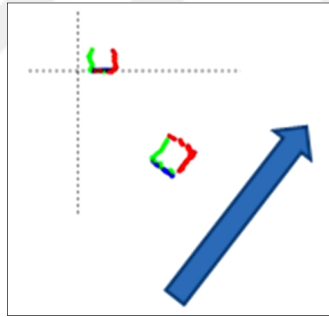
Veri kümelerinin birleştirilmesi sonrasında bazı sahalara ait kayıtlarda çok küçük zamansal kaymalar dikkat çekmiştir. Farklı renklerle kodlanarak bir arada görüntülenen her bir cihaza ait noktalar bazı durumlarda Şekil 3.27'de görüldüğü gibi hatalı sonuçlar vermiştir. Şekildeki mavi, yeşil ve kırmızı noktalar üç farklı cihaz tarafından kaydedilmiş bir kutunun hareketini göstermektedir. Mavi okun kutunun hareket yönünü belirttiği dikkate alındığında, kırmızı renk kodlu cihaza ait zaman

bilgisinin saniyeden küçük bir zaman farkıyla erken kaydedilmiş olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.27 Birleştirilmiş veri kümesinin zaman kalibrasyonu öncesindeki *hatalı* görünümü

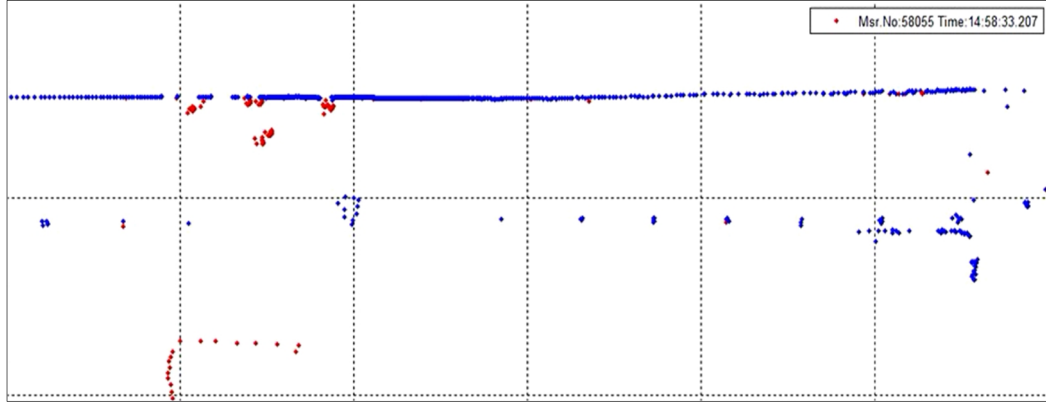
İlgili zaman sütununa manuel olarak müdahalelerde bulunularak buna benzer zaman kaymaları düzeltilmiştir. Söz konusu hata kontrolü tüm sahalara ait eğitim kayıtlarında tekrarlanmış ve gereken durumlarda zaman senkronizasyonu kalibre edilmiştir.



Şekil 3.28 Birleştirilmiş veri kümesinin zaman kalibrasyonu *sonrası* görünümü

Örnek olarak, kontrol yol kesiminden (Hukuk Fakültesi sahasından) elde edilen veri kümelerinin birleştirilmesi sonucu oluşturulmuş nokta bulutu videosuna ait bir ekran görüntüsü Şekil 3.29’da sunulmuştur. Şekilde hareketli noktalar kırmızı renkle, sabit noktalar ise mavi renkle temsil edilmektedir.²

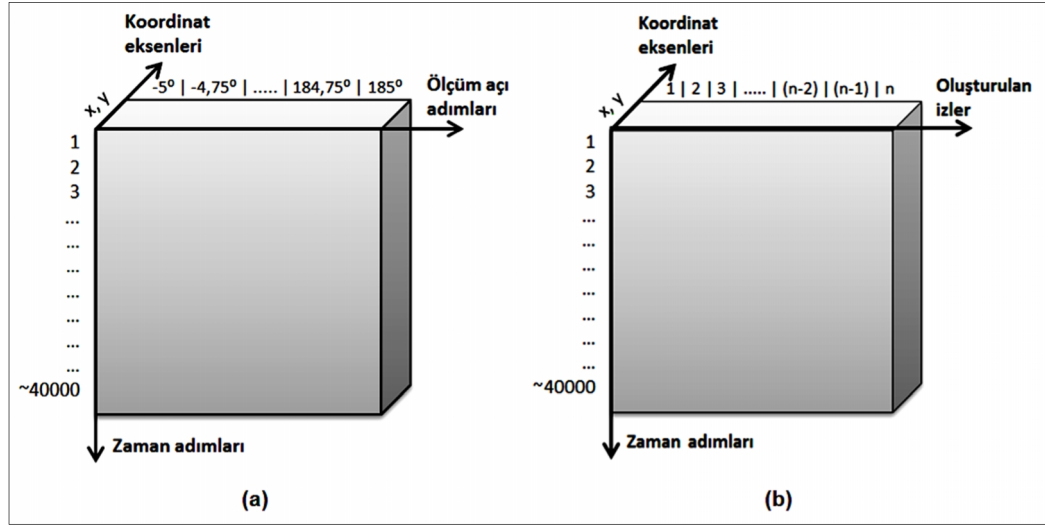
² Bütünleştirilmiş veri kümesindeki hareketli ve sabit noktaların bir arada ve ayrı olarak oynatıldığı videolar mevcuttur.



Şekil 3.29 Bütünleştirilmiş veri kümesindeki hareketli ve sabit noktaların gösterimi

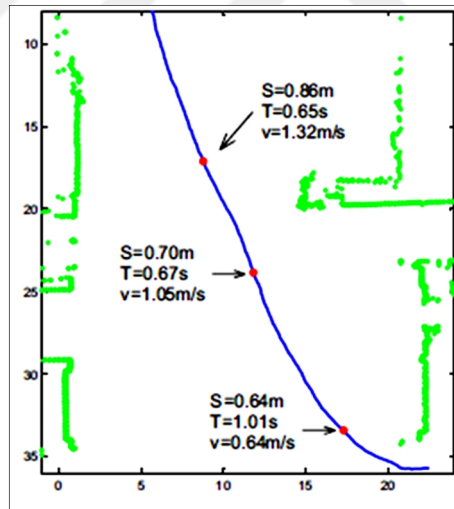
3.3.4 Yaya ve Taşıt İzlerinin Oluşturulması Çalışmaları

Önceki bölümlerde anlatılan işlemler sonucu, yaya ve taşıtların algılanması, takibi ve izlerinin oluşturulmasına yönelik çalışmaların yürütülmesine olanak tanıyacak olan, hareketli nesnelere (yol kullanıcılarına) ait nokta bulutunu kapsayan bir matris elde edilmiştir. Her bir etüt için ayrı ayrı elde edilen söz konusu matrisler, *koordinat eksen takımı* (x ve y), *ölçüm açısı adımları* (LMS örneğinde -5° ile $+185^\circ$ aralığındaki 761 kayıt sırası) ve sahadaki kayıt süresince oluşan *zaman adımları* olmak üzere üç ayrı vektör matrisini birarada barındıran, Şekil 3.30a'da şematize edilmiş bulunan üç boyutlu matrislerdir. Bu matrisler girdi olarak kullanılarak, çalışma kapsamında hedeflenen trafik mühendisliği analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için elde edilmesi gereken iz verisi (çıkı matrisleri) ise Şekil 3.30b'de şematize edilmiştir. Çıkı olarak alınması hedeflenen veri kümesi, her bir zaman adımı için her bir yol kullanıcısının (yaya veya taşıt) izine ait x ve y koordinat değerlerini içeren diğer bir üç boyutlu bir matris olmalıdır.



Şekil 3.30 Veri matrislerinin şematik gösterimi a) Algoritma girdisi, b) Hedeflenen çıktı

Çeşitli yazılım araçları ve algoritmaların kullanıldığı işlemler sonucunda, Shao ve diğer. (2007) tarafından oluşturulmuş bulunan yaya izlerine benzer özellikteki yaya ve taşıt izlerinin oluşturulması hedeflenmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 Yayaya ait adım uzunluğu (S), adım periyodu (T) ve anlık hız (v) (Shao ve diğer., 2007)

Yol kullanıcılarına ait nokta bulutundan Şekil 3.30b'deki yapıya sahip iz verisinin oluşturulabilmesi amacıyla MATLAB ortamında farklı araçlar kullanılmış ve çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bunlar kısaca, Simulink modülünde yer alan Optik Akış (Optical Flow) işlevi, kümeleme teknikleri ve blob analizi olarak sıralanabilir.

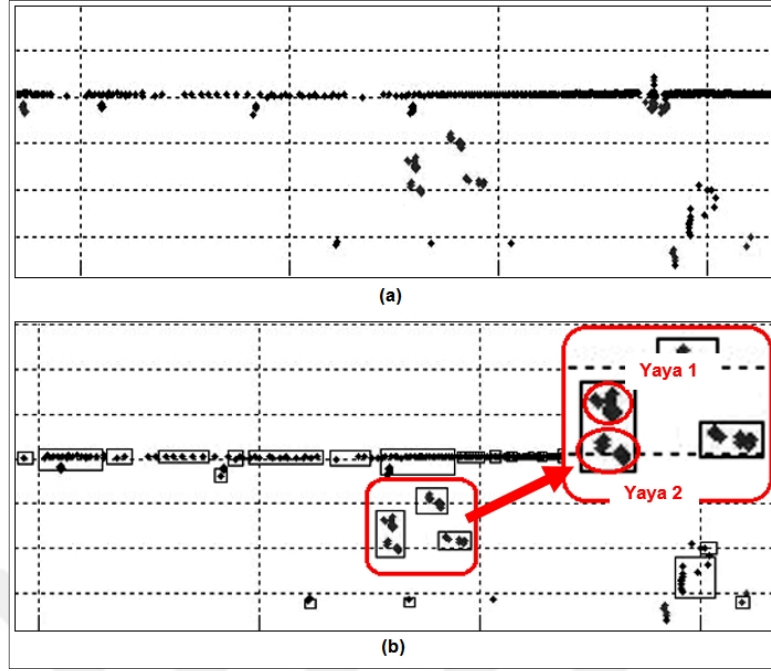
3.3.4.1 Optik Akış

Optik akış (optical flow), veri tablosundaki iki satır arasındaki sayısal farklar yardımıyla nesnelerin hareketini algılayarak takibini yapmayı amaçlayan bir yöntemdir. Optik akış yöntemi ile takip edilen her pikselin hareket vektörü oluşturulur. Bu vektörün açısı ve büyüklüğü hareketin özelliği hakkında bilgi içermektedir. 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 noktanın hareket sahasının çok büyük olmadığı ve kamera veya tarama cihazının kapsama alanına giren parazitler nedeniyle büyük desen değişikliklerine uğramadığı durumlarda yüksek başarımla sergilemektedir. Takip noktasının görüntü çerçevesi geçişlerindeki yer değiştirmesinin büyük olduğu durumlarda ise başarı oranı düşmektedir.

İstatistik tahmine dayalı bir yöntem olan optik akış, hedef izleme, model tanıma ve diğer görüntü işleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca, robotik biliminin yanı sıra video kodlama gibi farklı uygulamalarda da kullanılmaktadır. Video kodlamada, parlaklığı değişmeyen piksel bloklarının hareketi esas alınır. Robotik bilimde ise çarpışmadan kaçma ve rota belirlemeye yönelik daha karmaşık optik akış algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Lazer tarayıcılarından gelen veri kümelerinin kullanılmasıyla elde edilen nokta bulutu görüntüleme videoları üzerinde optik akış yöntemi uygulanmıştır. Optik akış yöntemi kullanılmadan öncesi ve Simulink programı ile çalıştırıldıktan sonrasına ait birer ekran görüntüsü sırasıyla Şekil 3.32a ve b’de sunulmuştur. Görüldüğü gibi, yöntem uygulandıktan sonra bir yayanın görüntüye girdiği andan çıktığı ana kadar belirlenen piksel alanları doğrultusunda yayalar dikdörtgen bir çerçeve içinde takip edilmektedir. Farklı zaman dilimleri için elde edilen çıktılar birer video halinde kaydedilmiştir³.

³ Optik akış yönteminin çıktısı olan ve noktaların kümelenerek takip edilmesini çerçeveler şeklinde gösteren iki video gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.32 Optik akış yönteminin çıktısı: a) Ham lazer tarama videosu, b) Optik akış işlemi sonucu algılama ve sınıflandırma

Nesnelerin takibini amaçlayan optik akış yönteminde, Şekil 3.32b’de görüldüğü gibi, birbirinden ayrı iki yayanın farklı alan içinde ifade edilmesi gerekirken program çıktısında hata olarak aynı çerçeve içine alınması, bu yayaların birbirine göre mesafeleri ve hızlarının belirlenmesini güç hale getirmiştir. Bu, kullanılan yöntemin dezavantajlarından biridir.

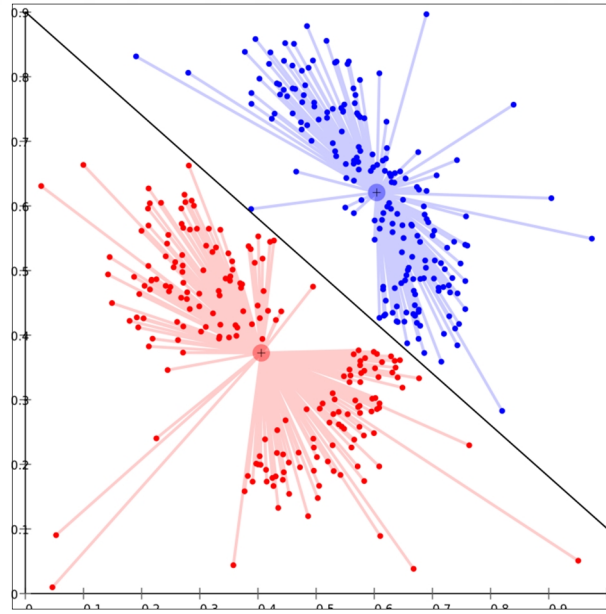
Yukarıdaki sorunun aşılabilmesi amacıyla optik akışa alternatif yöntemler denenmiştir. Lazer verisinden yola çıkarak nesnelerin algılanması ve gerekli özelliklerinin belirlenmesi için, birtakım kümeleme teknikleri ve Kalman filtresinin kullanıldığı blob analizi yöntemi ele alınmıştır.

3.3.4.2 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 kümelenmesidir

(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 başarımları düzeyleri ile ilgili yorumlara yer verilmiştir.

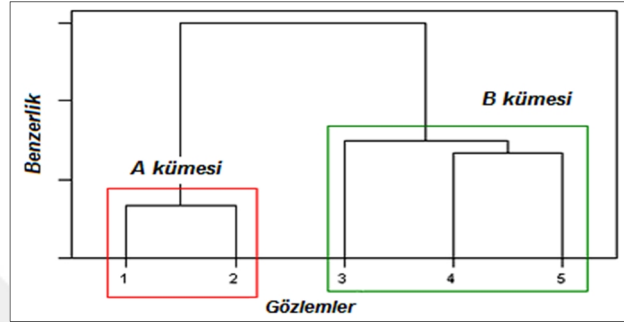
3.3.4.2.1 K-Means Yöntemi. Bu yöntem, kalabalık bir nokta bulutundan belirli sayıda küme oluşturulabilmesi için, küme sayısının rastgele atanacak *belli sayıda merkezi noktaya yakınlığa* göre diğer noktalarla olan uzaklığı minimize edecek şekilde çok sayıda iterasyon yapılması esasına dayanmaktadır. 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 3.33'te verilmiştir. Şekildeki nokta bulutundan kümeler oluşturulması yoluyla kırmızı ile mavi renkte kodlanmış bulunan iki farklı nesnenin algılandığı (varsayıldığı) görülmektedir.



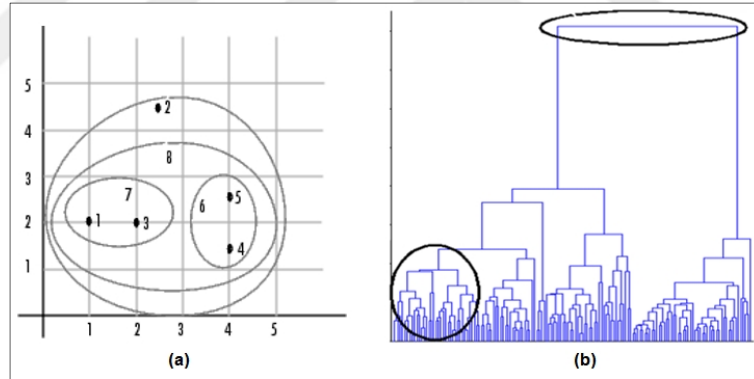
Şekil 3.33 K-means kümeleme yöntemi şematik gösterimi

3.3.4.2.2 Sıradüzensel Kümeleme. Bu yöntem, en az iki adet noktadan (nokta çiftlerinden) başlayarak *en yakınlık 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 3.34 ve Şekil 3.35'te bu yöntemle ilişkin görsel örnekler sunulmuştur.



Şekil 3.34 Sıradüzensel kümelemede oluşturulan *dendrogram* çizelgesinin basit bir örneği



Şekil 3.35 a) İncelenen noktaların plan görünüşüne bir örnek b) Dendrogram'a ait karmaşık bir örnek

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

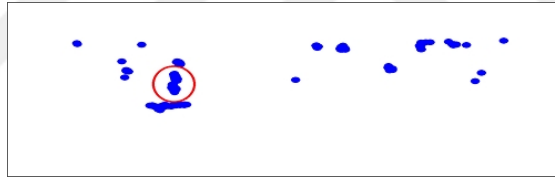
Yukarıda ifade edilen nedenlerle k-means ve sıradüzensel kümeleme yöntemlerinden beklenen sonuç alınamayınca, kümeleme ve takip için resim tabanlı bir yöntem olan *blob analizi* yaklaşımı üzerinde çalışılmasına karar verilmiştir.

3.3.4.3 Blob Analizi

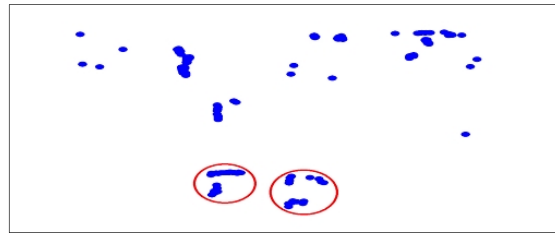
Bu yöntem, noktalara belli bir büyüklük (alan) atanarak her bir zaman adımıdaki nokta bulutu ayrı ayrı resimler halinde kaydedildikten sonra, alansal büyüklükten dolayı birbirine temas halinde olan noktaların tanımlı belli eşikler (thresholds) yardımıyla ayırt edilip takip edilmesi esasına dayanmaktadır.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

Yöntem, sırasıyla, verilerin düzleme aktarılması, bloblar halinde nesnelerin algılanması, blobların (nesnelerin) takibi ve izlerinin oluşturulması gibi işlemleri kapsamaktadır. Gerçekleştirilen işlemlere ait akış şeması Ek-5’te sunulmuştur.

Bu yöntemde genel olarak öncekilerden daha başarılı olunmuşsa da, Şekil 3.36, Şekil 3.37 ve Şekil 3.38’de örnekleri sunulan birtakım sistematik hataların aşılması mümkün olmamıştır.



Şekil 3.36 İki yayanın hatalı birleşmesi ve tek olarak algılanması

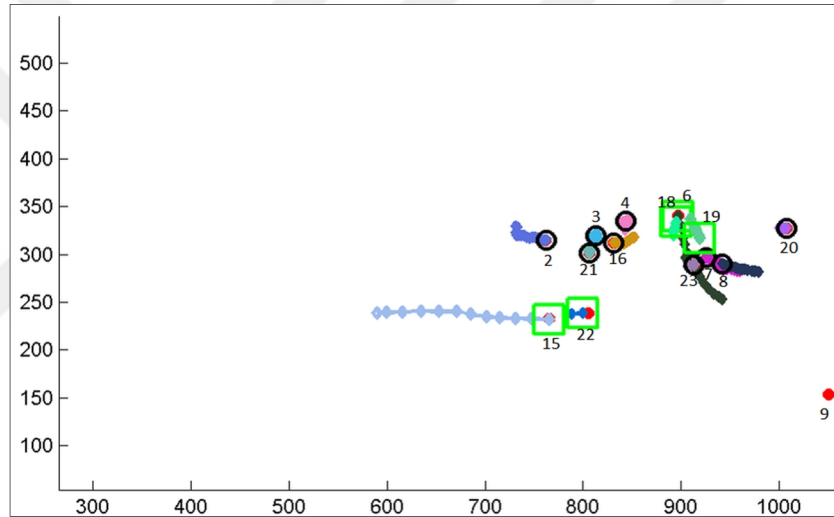


Şekil 3.37 Bir tek taşıtın birden çok blob halinde algılanması



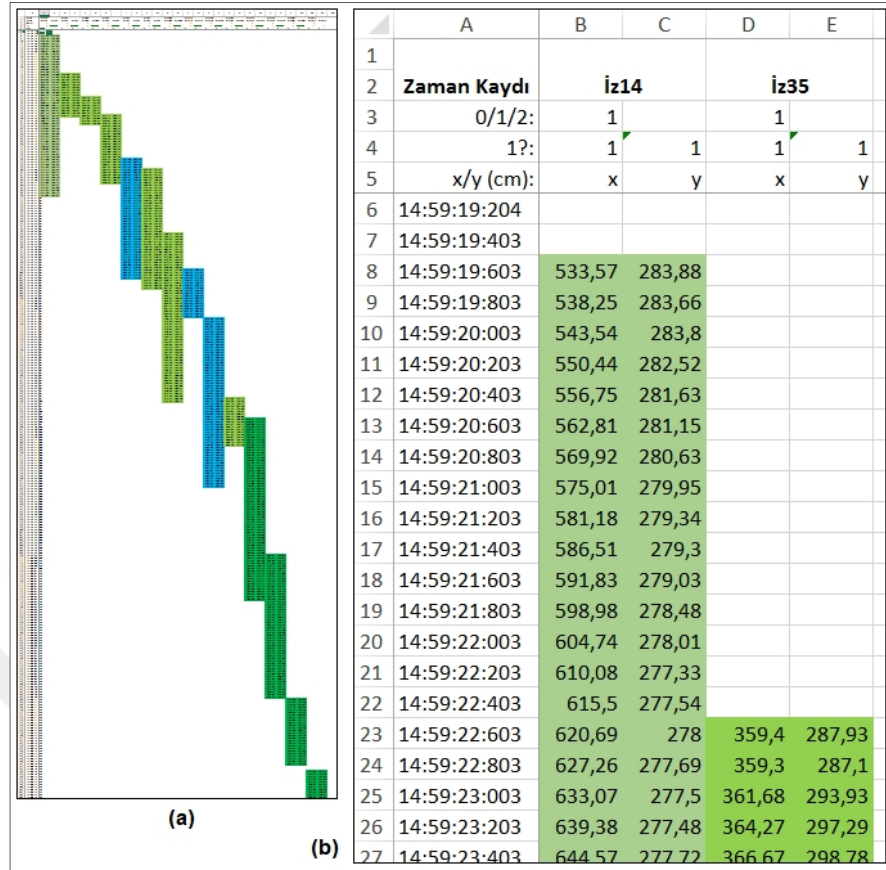
Şekil 3.38 Birbirine yakın geçen bir yaya ile bir taşıtın birlikte tek blob olarak algılanması

Bu olumsuzluklarla beraber, hataya neden olan kısıtların bulunmadığı durumlarda gözlemlenen bazı yayalara ait izlerin analiz gereksinimlerini kısmen karşılayabilecek nitelikte oluşturulması mümkün olmuştur. Şekil 3.39’da görülen 15 numaralı yaya izi bu izlere bir örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 3.39 Herhangi bir andaki takip işlemi ve oluşan izlerin görünümü

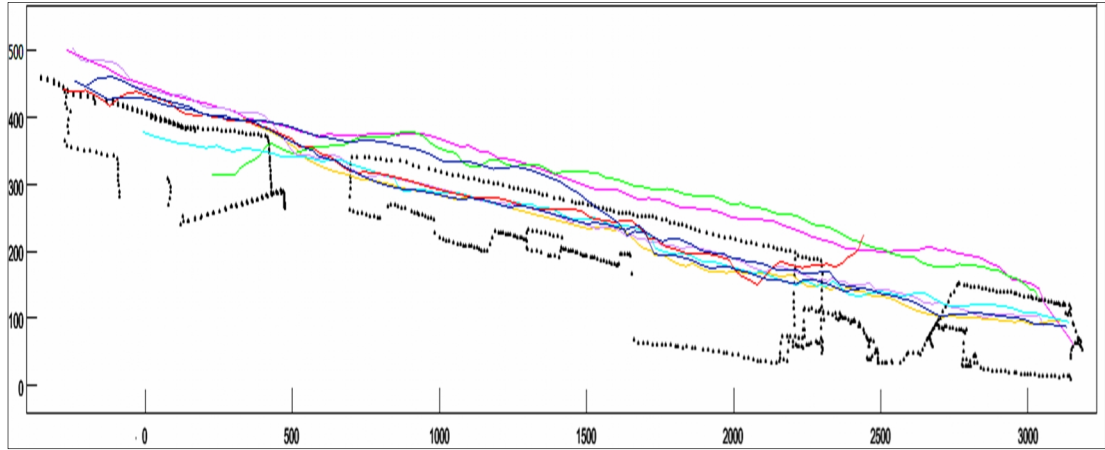
Elde edilen iz verisi anlık zaman kaydı, blob yüzey alanı, hız, x ve y koordinatları, yol kullanıcısı türü (yaya/taşıt) gibi özellikleri sağlamaktadır. Bu bilgilerden zaman ve koordinat bilgileri gerçekleştirilen analizler için kullanılmıştır. Çıktı olarak elde edilen izlere ait koordinat dizisi bir Excel tablosu görüntüsü küçültülerek Şekil 3.40a’da gösterilmiştir. Burada farklı dikdörtgenlerin her biri ayrı bir yaya izini temsil etmektedir. Düşey yönde çok kısa olanlar takibin başarısız olduğu iz parçalarına, uzun olanlar ise yukarıdaki 15 numaralı yayanın gibi izlere aittir. Şekil 3.40b’de ise aynı tablonun ayrıntısı verilmiştir.



Şekil 3.40 Elde edilen iz kayıtlarının çıktısına ait ekran görüntüsü

3.3.4.4 Oluşturulan Yaya İzleri

Çeşitli algoritmaların kullanıldığı üç ayrı yöntem ile yapılan denemeler sonucu, blob analizi yardımıyla elde edilen yaya izlerine ait bir ekran görüntüsü aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.41). Siyah noktalar bina duvarları ve kaldırım basamakları gibi sabit nesneleri (diğer deyişle, saha planını) gösterirken, renkli çizgilerden her biri ayrı bir yayanın izini temsil etmektedir.



Şekil 3.41 Algoritma çalışmaları sonucu elde edilen yaya izleri⁴

Yukarıda görülen yaya izleri ve çıktı olarak alınan veri kümesi, çalışma gereksinimlerini yeterince karşılayacak nitelikte değildir. Bu izlerle ancak kısıtlı birtakım analizler gerçekleştirilebilmiş ve Bölüm 4.2.6’da anlatılmıştır. Ayrıca, taşıt izlerinin oluşturulmasında da beklenen düzeyde bir başarımla elde edilememiştir. Bu nedenle, diğer bir yöntem olarak, girdi matrisleri MATLAB ortamında oluşturulan ve Bölüm 3.3.5’te anlatılan bir arayüz programı yardımıyla görüntülenerek irdelenmeye çalışılmıştır.

3.3.5 Nokta Bulutu Görüntüleme Yoluyla Konum ve Zaman Verisi Toplanması

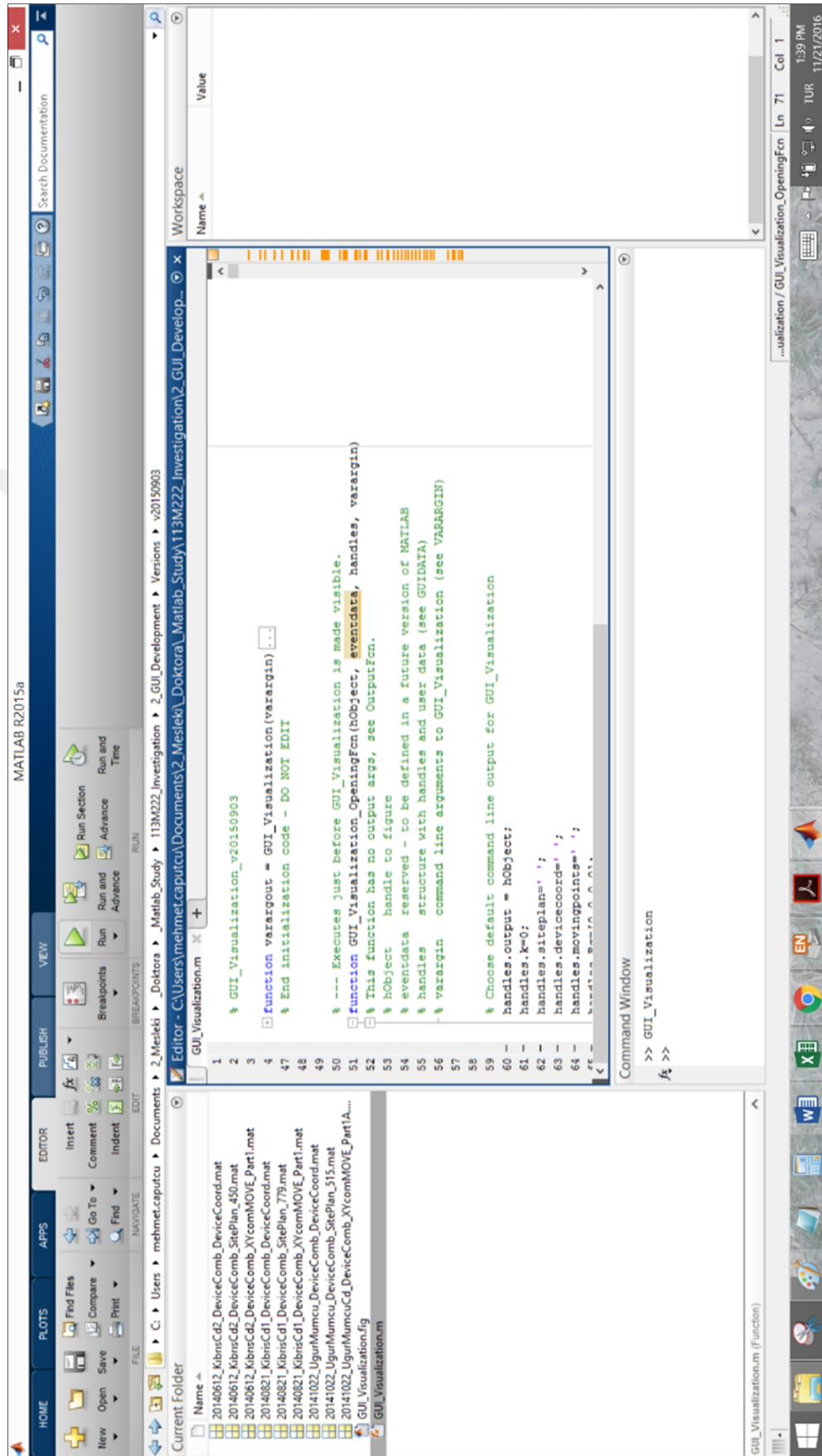
Bölüm 3.3.4’te anlatılan algoritma çalışmalarından hedeflenen analizler için yeterli nitelikte veri elde edilememesi sonucu alternatif bir yöntem geliştirilmiştir. Bölüm 3.3.3’te anlatılan işlemler sonucu elde edilen hareketli nesnelere (yol kullanıcılarına) ait noktalar MATLAB yazılımı yardımıyla plan üzerinde görüntülenerek oynatılmış, analizler bakımından önemli olan anlarda durdurularak incelenmekte olan yaya veya taşıtı belirten noktaların koordinatları ile zaman bilgisi bir Excel tablosuna aktarılmış, daha sonra hesaplama ve analizler toplanan bu veri kümeleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu yöntem ile manuel olarak konum ve zaman verisi elde edilmesi işlemi oldukça fazla emek ve zaman gerektirdiğinden, algoritma ile hedeflendiği gibi

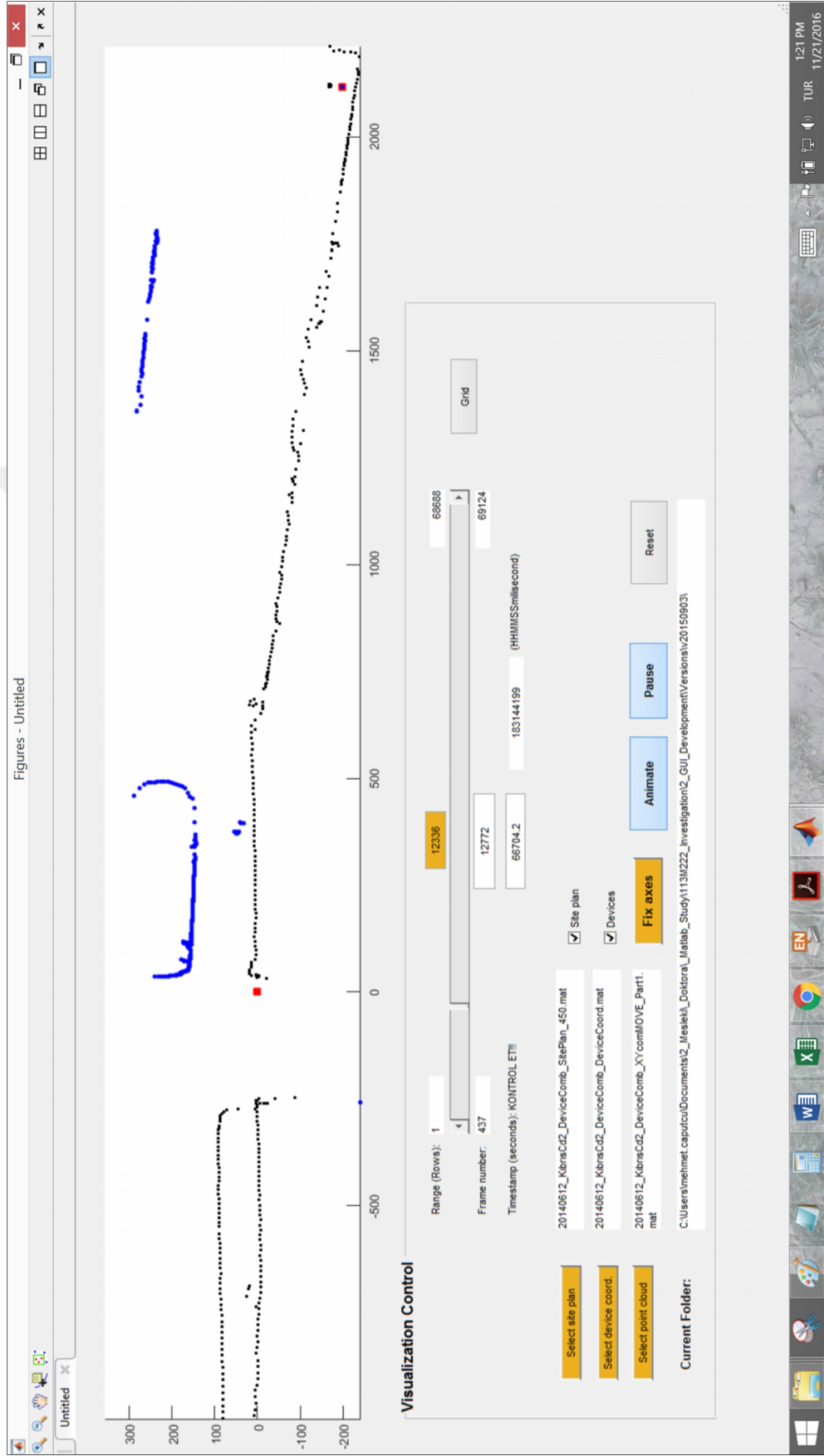
⁴ Çizgilerin belirgin görülmesi amacıyla şekil dikey doğrultuda bir miktar uzatılmıştır.

sistematik olarak yaya ve taşıtların sık aralıklarla iz verisi oluşturulması yerine, kısıtlı sayıda seçilmiş bazı önemli noktalarda yaya ve taşıtlara ait konum ve zaman bilgisi kayıt altına alınabilmektedir. Sonuçta, Shao ve diğer. (2007) tarafından elde edilen ve Şekil 3.31’de gösterilen veya mevcut çalışma kapsamındaki algoritma denemeleri sonucu elde edilen ve Şekil 3.41’de bir örneği gösterilen sürekli poligonlar yerine, Şekil 4.102, Şekil 4.103 ve Şekil 4.104’te örneği görülen, belli aralıklar arasında kırık çizgiler (veya poligonlar) biçiminde çizdirilen izler oluşturulabilmektedir. Buna rağmen, elde edilen veri Bölüm 4’te sunulan analizlerin gerçekleştirilebilmesi için yeterli olmuştur.

Nokta bulutu verisinin görüntülenmesi ve manuel olarak veri elde edilmesi için MATLAB programının GUIDE (Graphical User Interface Development Environment: Görsel kullanıcı arayüzü geliştirme ortamı) modülü kullanılmıştır. Burada oluşturulan görsel arayüz (GUI) ve yazılan arkaplan kodları yardımıyla, ilgili saha çalışmasına ait kayıtların istenen herhangi bir anındaki noktalar görüntülenebilmiş, gerektiğinde ileri veya geri oynatılarak hedeflenen veri tipi elde edilmeye çalışılmıştır. Kullanılan program kodları ve arayüzü aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.42 ve Şekil 3.43). Kullanılan arayüz üzerindeki bilgi alanları ve kontrol düğmeleri numaralandırılarak EK-6’da gösterilmiş, işlevleri liste halinde sunulmuştur.

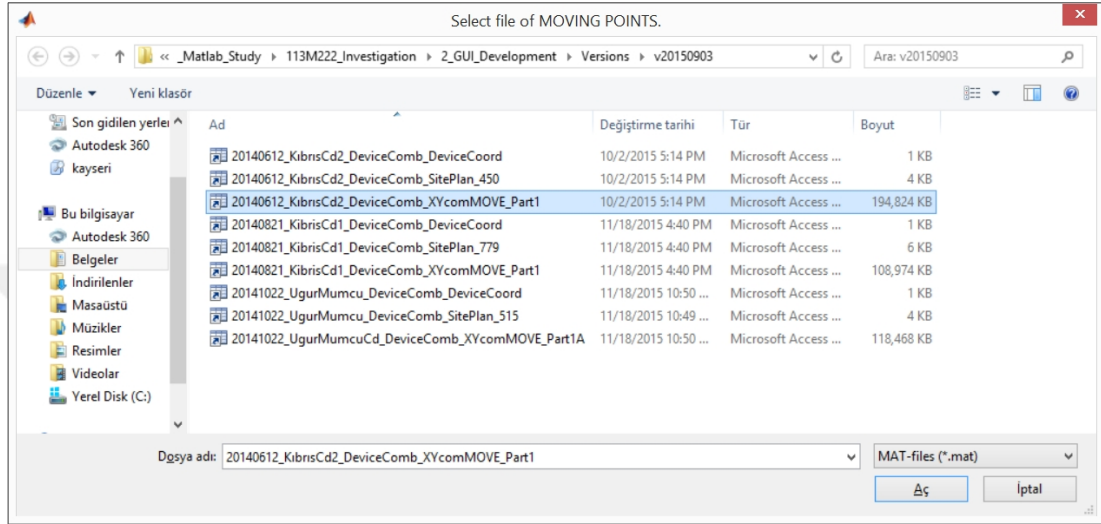


Şekil 3.42 Oluşturulan GUI'nin arkaplan kodları



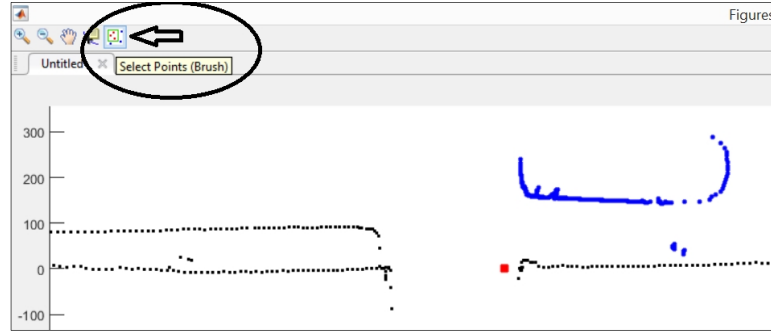
Şekil 3.43 Manuel yolla veri elde edilmesinde kullanılan MATLAB arayüzü

Oluşturulan GUI yardımıyla konum ve zaman verisi toplanması işlemine burada kısaca değinilmiştir. MATLAB programı içerisinde, Şekil 3.42’de görülen ve GUI’ye ait kodları içeren GUI_Visualization.m dosyası çalıştırıldığında, bir diyalog penceresi üzerinden saha planı, cihaz konumları ve zamana göre hareketli noktaları içeren üç adet dosya seçilir (Şekil 3.44).



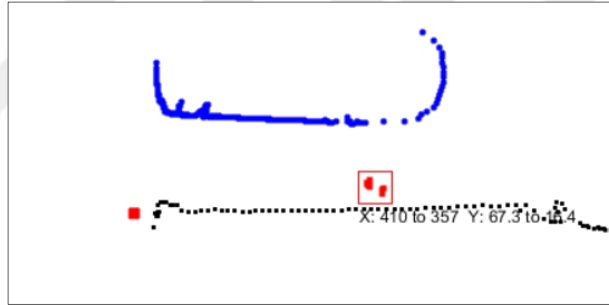
Şekil 3.44 GUI’de dosya seçim penceresi

Şekil 3.43’te görülen arayüz düğmeleri ve kontrol çubuğu yardımıyla, etüt edilmek istenen süre içerisinde nokta bulutu oynatılır. Hedeflenen analize yönelik veri tipine uygun bir trafik senaryosu meydana geldiği anda görüntü *Pause (Beklet)* düğmesi ile durdurulur. Gerektiğinde kontrol çubuğundaki sol ve sağ yön seçenekleri ile geri veya ileri birkaç adım gidilebilir, ya da EK-6’da 6 numara ile gösterilen, kontrol çubuğunun üzerindeki turuncu alana istenen bir satır (frame) numarası girilip *Enter* tuşlanarak en uygun görüntü yakalanmaya çalışılır. İstenen görüntü elde edildiğinde, nokta seçme düğmesi etkinleştirilir (Şekil 3.45).



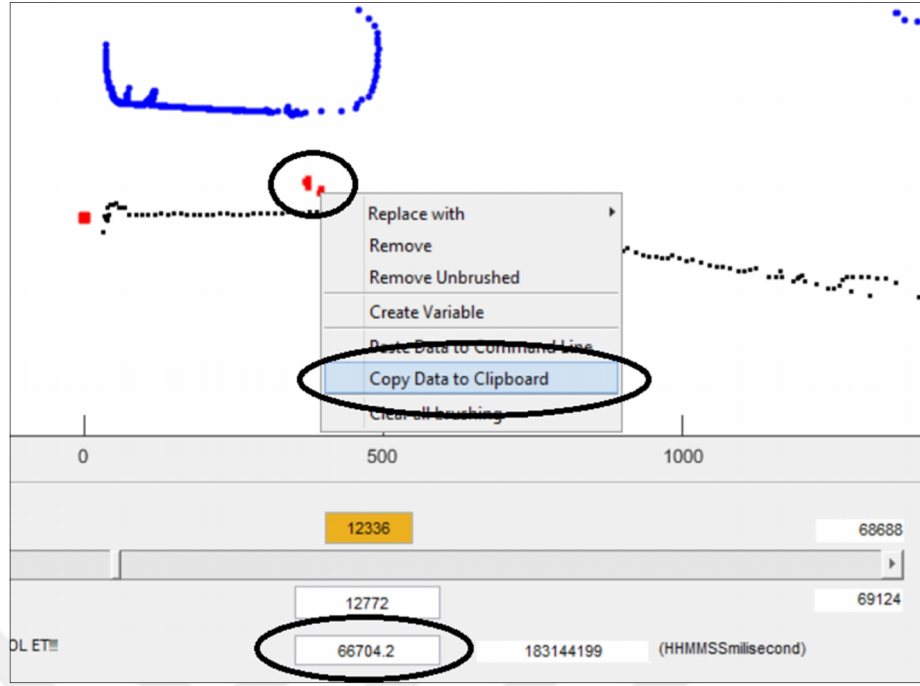
Şekil 3.45 Nokta seçme aracının etkinleştirilmesi

Hedeflenen analize yönelik toplanacak veri türüne uygun şekilde yaya veya taşıta ait gerekli noktalar seçilir. Aşağıdaki şekilde bir yayaya ait iki ayağı temsil eden noktaların seçildiği görülmektedir (Şekil 3.46). Bu seçimde, cihazlara olan uzaklığa göre değişen sayıda birçok nokta bulunmaktadır. Yayaya ait seçilen noktaların x ve y koordinatlarının aritmetik ortalamasının yayanın bedenini sınırlayan geometrik şeklin ağırlık merkezi olacağı varsayılmıştır.



Şekil 3.46 Yürümekte olan bir yayaya ait noktaların seçimi

Sonraki adımda, seçilmiş bulunan noktalara ait cm cinsinden koordinat ve 0,1 saniye hassasiyetteki kümülatif zaman bilgisi kopyalanır (Şekil 3.47). Nokta koordinatları bir Exel tablosuna değerler olarak yapıştırılır (Tablo 3.5). Buradaki değişken sayıdaki x ve y değerlerinin aritmetik ortalamaları ile zaman bilgisi, ilgili analiz noktasında o yaya için bir veri alanı olarak bir başka Excel dosyasında kayıt edilir.



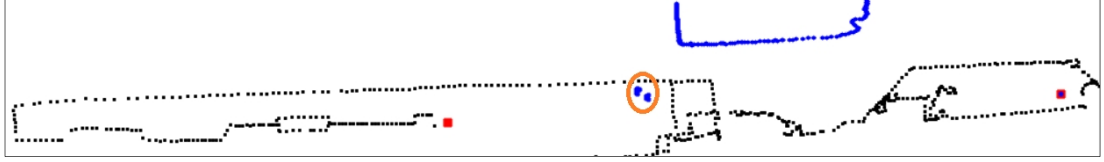
Şekil 3.47 Seçilen nokta koordinatları ve zaman bilgisinin kayda alınması

Tablo 3.5 İlgili yayayı temsil eden seçilmiş noktaların x ve y koordinatlarına örnek

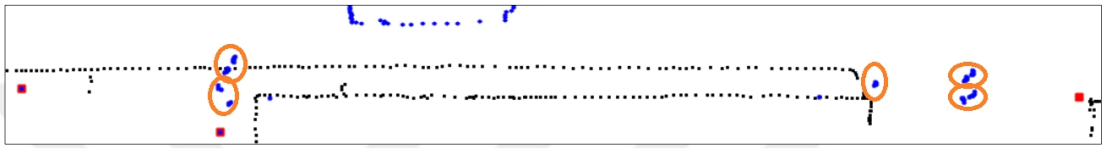
396,035	32,907
395,090	34,565
395,732	36,362
395,769	38,108
396,594	39,934
374,974	42,722
375,578	44,452
373,594	45,871
371,208	47,223
370,998	48,842
371,772	50,596
373,925	52,551
374,682	54,326

Buraya kadar yukarıda gösterilen örnek uygulama Kıbrıs Caddesi 2 etüt sahasından seçilmiştir. Aşağıda ise sırasıyla Kıbrıs Caddesi 1 (Şekil 3.48) ve Uğur Mumcu Caddesi (Şekil 3.49) sahalarından birer görüntü sunulmuştur. Söz gelimi, Kıbrıs Caddesi 1 örneğinde incelenmekte olan yayaya ait noktalar elips ile işaretlenmiş iki ayak biçiminde görülmektedir. İlgili analizin gereksinimlerine göre, yaya incelenen yol kesimi boyunca hareket ederken basamak öncesi ve sonrası, daralma öncesi ve sonrası, yol kenarından yürüme başı ve sonu gibi önemli noktalarda durdurularak konum ve zamanları sistematik olarak kayıt altına alınmaya çalışılmıştır. Etüt boyunca

gözlemlenen yaya veya taşıtlar için bu işlemler tekrar edilmiş ve toplanan veri bir Excel tablosunda depolanmıştır. Söz konusu veri tablolarına bir örnek EK-7’de sunulmuştur.



Şekil 3.48 Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasında konum ve zaman verisi toplanması örneği



Şekil 3.49 Uğur Mumcu Caddesi etüt sahasında konum ve zaman verisi toplanması örneği

Yukarıda anlatılan işlemlerden görüldüğü gibi, otomatik ve sistematik şekilde algoritma yardımıyla iz verisi elde edilmesine kıyasla, bu yöntemle veri toplanması oldukça yoğun emek ve uzun zaman gerektirmektedir. Bu nedenle, başlangıçta ölçüm yapılan tüm sahalara ve aylara için ayrıntılı veri toplanması yerine, çalışma kapsamındaki zaman ve personel kısıtları dikkate alınarak, analizlerden anlamlı çıkarımlar yapılmasına yetebilecek nitelikte ve büyüklükte veri elde edilmesi ile sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

3.3.6 Video Kayıtlarından Görsel Veri Elde Edilmesi

Çalışmanın hedeflerine uygun olarak, yaya hareketlerinin lazer tarayıcılar ile incelenmesi esnasında lazer verisinin görsel verilerle doğrulanması ve yayaların ek bazı özelliklerine ait değişkenlerin de hesaba katılması amacıyla, tüm saha çalışmalarında lazer verisi kaydedilirken eş zamanlı video çekimi yapılmıştır. Daha sonra bu videolar laboratuvarında dikkatle seyredilerek yol kullanıcılarına ait çeşitli bilgiler Excel tablolarına kaydedilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Video görüntülerinden elde edilen yaya özelliklerinin kayda geçirilmesi

Yaya								Taşıt						
		Yaş		Kilo	Yük		Yürüme			Taşıt				
Zaman	Yön	Cinsiyet	Grubu	Durumu	Durumu	Yük Ayrıntısı	Temposu	Zaman	Yön	Taşıt Tipi	Yaşı	Sahipli	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	00:12:38	Sağa	Otomobil	Yeni	Özel	35	

Yukarıda 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 sırasında 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 nedenle yayalar ile etkileşime girdiği görülen taşıtlara ait bilgilerin kaydedilmesine karar verilmiş; yalnızca Kıbrıs Caddesi 2 etüt sahasına ait 2014 Haziran ayı kayıtlarındaki tüm taşıtlardan veri alınmış ve Bölüm 4.5'te sunulan analizlerde kullanılmıştır. Bu bilgiler taşıt tipi, yaklaşık taşıt yaşı ve sahiplik durumu gibi değişkenleri içermektedir. Gerek yayalar gerekse taşıtlara ait değişkenlerin alabileceği değerler Excel programında ayrı bir veri doğrulama tablosunda listelenmiş ve ana tablo bu listelere dayalı seçenekler kullanılarak doldurulmuştur (Tablo 3.7). Tabloya kaydedilen tüm yaya ve taşıtların belirlenmiş bir noktadan geçtiği zaman (saniye cinsinden) ve hareket yönü de kayıt altına alınmıştır.

Tablo 3.7 Video kayıtlarından veri elde edilmesinde dikkate alınan değişkenler ve aldıkları değerler

Yön	Cinsiyet	Yaş Grubu	Kilo Durumu	Yük Durumu	Yük Ayrıntı	Yürüme Temposu	Taşıt Tipi	Taşıt Yaşı	Sahiplik
Sağa	Erkek	0-5	Zayıf	Yok	Sırt 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 anlatılan görsel veri kümeleri çalışmanın sonraki aşamalarında algoritma ve görüntüleme arayüzü yardımıyla oluşturulmuş yaya ve taşıt izleri ile eşleştirilerek gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Tablo 3.7’de listelenen *Taşıt Yaşı* ve *Sahiplik* durumu değişkenleri, gerek özneliği artıracağı gerekse bu ayrıntı düzeyinde yeterli gözlem sayısı bulunamayabileceği gibi nedenlerle analizlerde dikkate alınmamıştır. Ayrıca, yaya hızları nesnel olarak hesaplanabildiği için *Yürüme Temposu* değişkenine yönelik değerlerin toplanmasından vazgeçilmiştir. *Yük Ayrıntı* değişkeni ise direkt olarak hesaba katılmamış, ancak *Yük Durumu* değişkenindeki kategorilerin gözden geçirilmesi ve yeniden düzenlenmesinde dikkate alınmıştır.

3.3.7 Lazer ve Video Veri Kümelerinin Bütünleştirilmesi

Tez çalışması aşamalarına uygun olarak, lazer tarayıcılarla yaya hareketlerinin incelenmesi esnasında bu hareketlerin görsel veriler ile doğrulanması; ayrıca, gözlemlenen yol kullanıcılarının diğer özelliklerine ait değişkenlerin 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 Tablo 3.8’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 3.8 Yayaalara ait özelliklerin kaydedilmesi işlemini gösteren ekran görüntüsü

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Yayalar														
2	Unique ID	İ	İ	Zaman	Yön	Cinsiyet	Yaş Grubu	Kilo Duru	Giyim-Alt	Giyim-Üst	Yük Duru	Yük Ayrıntı	Yür. Tem	Laz. Tar. Etk.	Taşıtlı 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 3.8’de örneği görülen bilgiler elde edilmeye başlamadan önce, her bir saha çalışmasına ait videolar yüksek hızlı görüntüleme ayarında izlenerek, sahadan geçen yaklaşık yaya sayısı sayılıp not edilmiştir. Bu bilgi, ayrıntılı analizlerde hangi saha ve tarihteki kayıtlara öncelik verilebileceği ile ilgili ön fikir edinmek amacıyla derlenmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.9 Ölçüm yapılan sahalardan geçen yaya ve taşıt 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, 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. Bilindiği gibi, 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 eklenmiştir. Ayrıca, videoda görülen hangi kullanıcının, 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.

Görsel gözlemlerden elde edilen veri kümesiyle 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 yanlı bilgiler olarak değerlendirilmelidir. Yapılacak tüm analizlerde bu değişkenler nesnellik veya öznelliğe yakınlıklarına göre farklı ağırlıklar verilerek kullanılmaya çalışılmıştır.

Videolar izlenerek Tablo 3.8’de 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 aşağıda sunulmuştur (Tablo 3.10).

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 geçilmiştir.

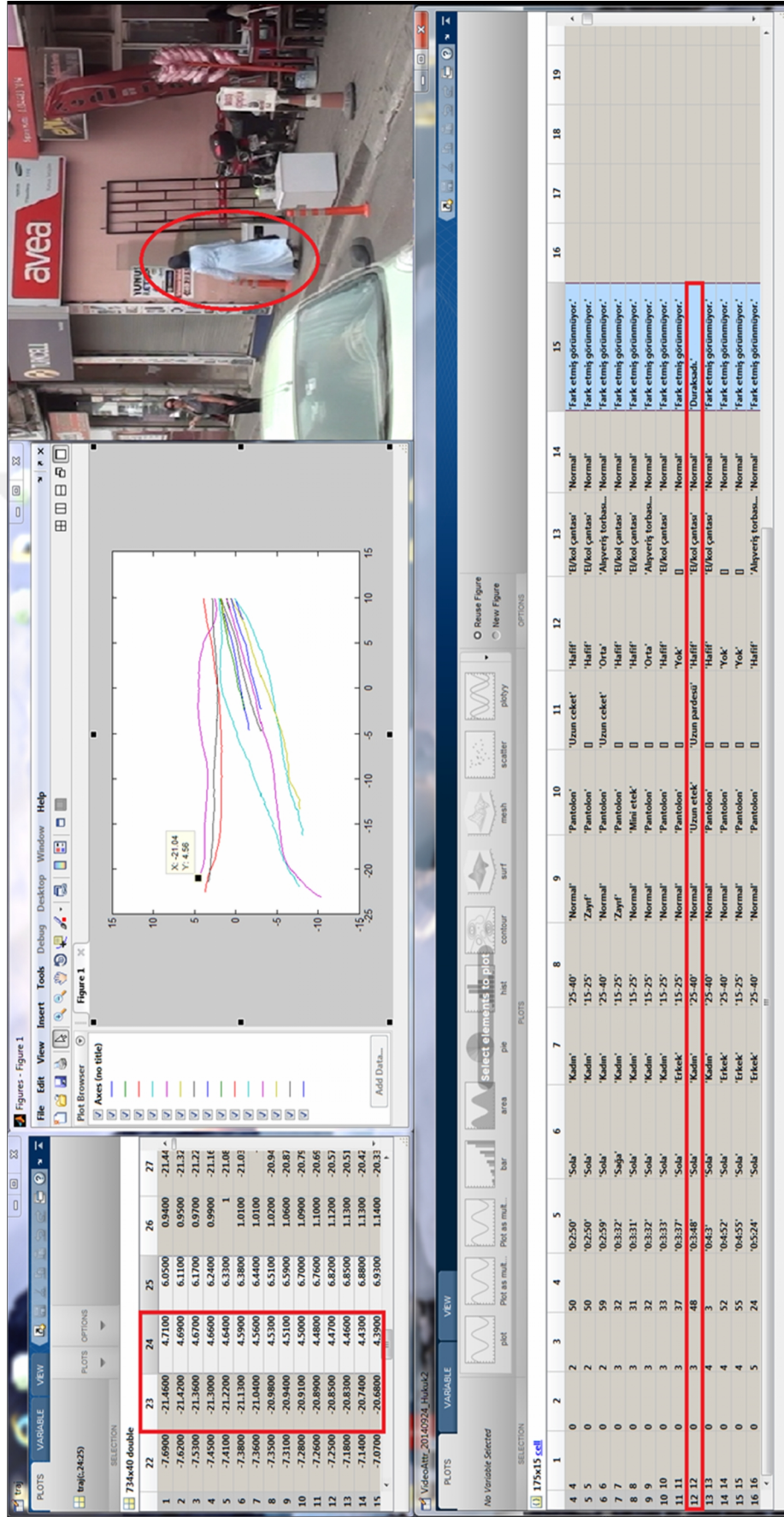
Tablo 3.10 Veri tanımlayıcı özet tablolar

Yön	Erkek	Kadın	Toplam	Yaş	Erkek	Kadın	Toplam
Sağa	306	205	511	15-25	453	394	847
Sola	329	272	601	25-40	84	45	129
Genel Toplam	635	477	1112	40-65	82	35	117
				65-100	16	3	19
Kilo	Erkek	Kadın	Toplam	Genel Toplam	635	477	1112
Kilolu	68	55	123	Giyim-Alt	Erkek	Kadın	Toplam
Normal	525	328	853	Mini etek		11	11
Zayıf	42	94	136	Pantolon	614	417	1031
Genel Toplam	635	477	1112	Şort	20	12	32
				Uzun etek	1	37	38
Giyim-Üst	Erkek	Kadın	Toplam	Genel Toplam	635	477	1112
Ceket	32	32	64				
Uzun ceket	1	8	9	Yük Ayrıtı	Erkek	Kadın	Toplam
Uzun pardesü	2	21	23	Ağır	13	14	27
(boş)	600	416	1016	Alışveriş torbası/çantası	9	7	16
Genel Toplam	635	477	1112	El/kol çantası	4	7	11
				Hafif	205	306	511
Gruo	Erkek	Kadın	Toplam	Alışveriş torbası/çantası	32	21	53
1	391	252	643	Defter/kitap	107	30	137
2	175	163	338	El/kol çantası	64	229	293
3	49	53	102	Sırt çantası		25	25
4	17	7	24	(boş)	2	1	3
5	3	2	5	Orta	87	113	200
Genel Toplam	635	477	1112	Alışveriş torbası/çantası	11	26	37
				Defter/kitap	2	7	9
Lazer Etkileşimi	Erkek	Kadın	Toplam	El/kol çantası	24	75	99
Başını çevirip bak	90	23	113	Sırt çantası	50	5	55
Fark etmiş görün	475	392	867	Yok	330	44	374
(boş)	70	62	132	(boş)	330	44	374
Genel Toplam	635	477	1112	Genel Toplam	635	477	1112

Şekil 3.50’de ekran görüntüsü halinde örneği verilen çalışmada sol üst köşede görülen tablo yayalara ait x ve y koordinatları cinsinden zamansal olarak ardışık şekilde mesafe değerlerini içermektedir. 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 kümesinin, analizde iz verisi ile bütünleşik olarak

değerlendirilebilmesi amacıyla MATLAB veri tablosu biçiminde kaydedilmiş bir görüntüsü yer almaktadır. Bu ekranda görülen pencereler aynı yayaya ait çeşitli bilgileri bir arada görmeye ve incelemeye olanak tanımaktadır. Çoklu pencere düzeninde yapılan incelemeler, farklı işlemleri birlikte görüntüleme ve çapraz doğrulama amaçlı olarak yapılmıştır.





Şekil 3.50 Görsel verilerin iz verilerine eklenmesi (Şekil içindeki fotoğraf: Kişisel arşiv, 2014)

BÖLÜM DÖRT

ANALİZ VE SONUÇLAR

Bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde toplanan ve işlenen veri kümeleri çeşitli yönlerden irdelenerek bu bölümde sunulmuştur. Gerçekleştirilen analizler yayaların yürüme hızları, yolculuk süreleri, yaşanan mikro gecikmeler, yaya hizmet seviyesi, yaya-taşıt çatışması ve taşıt trafiği yolculuk direnci gibi konuları kapsamaktadır. Analizler sonucu elde edilen değerler kullanılarak sorunlu yol kesimleri ile kontrol yol kesimi karşılaştırılmış, kaldırım tasarımı ve uygulamalarından kaynaklanan sorunların yaya ve taşıt hareketlerine etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Her bir etüt sahası çevresindeki kaza geçmişi elde edilerek yaya ve taşıt çatışmaları analizinde dikkate alınması olanağı araştırılmıştır. Ayrıca, seçilen bir etüt sahası VISSIM-VISWALK benzetim (simülasyon) ortamında modellenerek bir iyileştirme senaryosu kurgulanmış ve yazılımın yaya hareketleri bakımından iyileşmeyi temsil etme başarımı test edilmeye çalışılmıştır. Bu bilgilerden hareketle, kaldırım ve çevresinin tasarımı ile bunların sürdürülebilirliği konusunda bazı çıkarımlar elde edilmesi mümkün olmuştur.

Öncelikle etüt sahaları genelinde toplanan tüm yaya verisinin çeşitli değişkenlere göre dağılımı özetlenmiş, sonrasında ise bu veriye dayalı gerçekleştirilen analizlere yer verilmiştir.

4.1 Etüt Sahalarında Yaya Özelliklerinin Yüzdesel Dağılımı

Bu bölümde öncelikle çeşitli yaya özelliklerine göre değişen yaya hızlarının analizi ele alınmıştır. Bu analizler Bölüm 3.1.2’de tanıtılan sorunlu yol kesimleri (Kıbrıs Caddesi 2, Uğur Mumcu Caddesi, Kıbrıs Caddesi 1) ve karşılaştırma amacı ile seçilen kontrol yol kesimi (Hukuk Fakültesi sahası) temelinde yapılmıştır. Bu kesimlerin hangi sorunu veya sorunları temsil ettiği ilgili şekillerde verilmiştir. İkinci olarak, yaya kaldırım sorunlarının görüldüğü yol kesimlerinin yaya hareketlerine etkisi hız ve yolculuk değişimi özelinde incelenerek yaya hizmet seviyesi analizleri yapılmıştır. Gerek kaldırım olmayan yol kesiminde (Kıbrıs Caddesi 2) gerekse kaldırımın dar olduğu yol kesiminde (Uğur Mumcu Caddesi) 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 etüt sahalarındaki yaya özellikleri (cinsiyet, yaş grubu, kilo durumu, yük durumu ve grup durumu olmak üzere beş kategoride) incelenmiştir. Tüm etüt sahalarından elde edilen veri kümesinde;

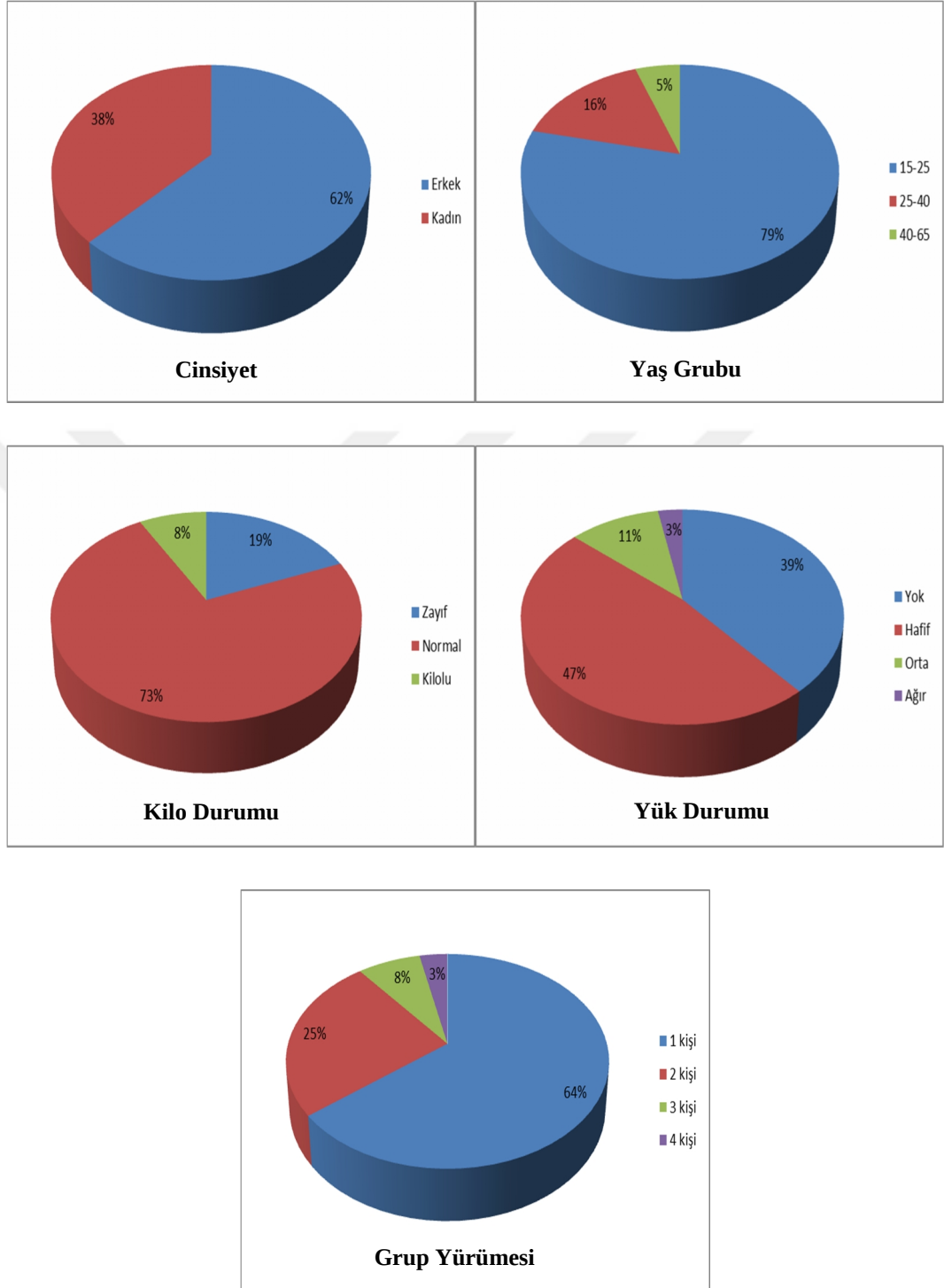
- Cinsiyet farklılıkları açısından %57: erkek yaya, %43: kadın yaya;
- Yaş grubu farklılıkları açısından %70: 15-25 yaş grubu, %16: 25-40 yaş grubu, %13: 40-65 yaş grubu, %1: 65 üstü yaş grubu;
- Kilo farklılıkları açısından %12: zayıf, %75: normal kilolu, %13: kilolu;
- Yük durumu açısından %35: yüksüz, %48: hafif yüklü, %14: orta yüklü, %3: ağır yüklü;
- Grup durumu açısından %63: 1 kişi, %29: 2 kişi, %6: 3 kişi, %2: 4 kişilik gruplardaki yayalar olarak belirlenmiştir.

Her bir etüt sahası için beş farklı kategoride yayaların yüzdesel dağılımları aşağıda Tablo 4.1’de sunulmuştur.

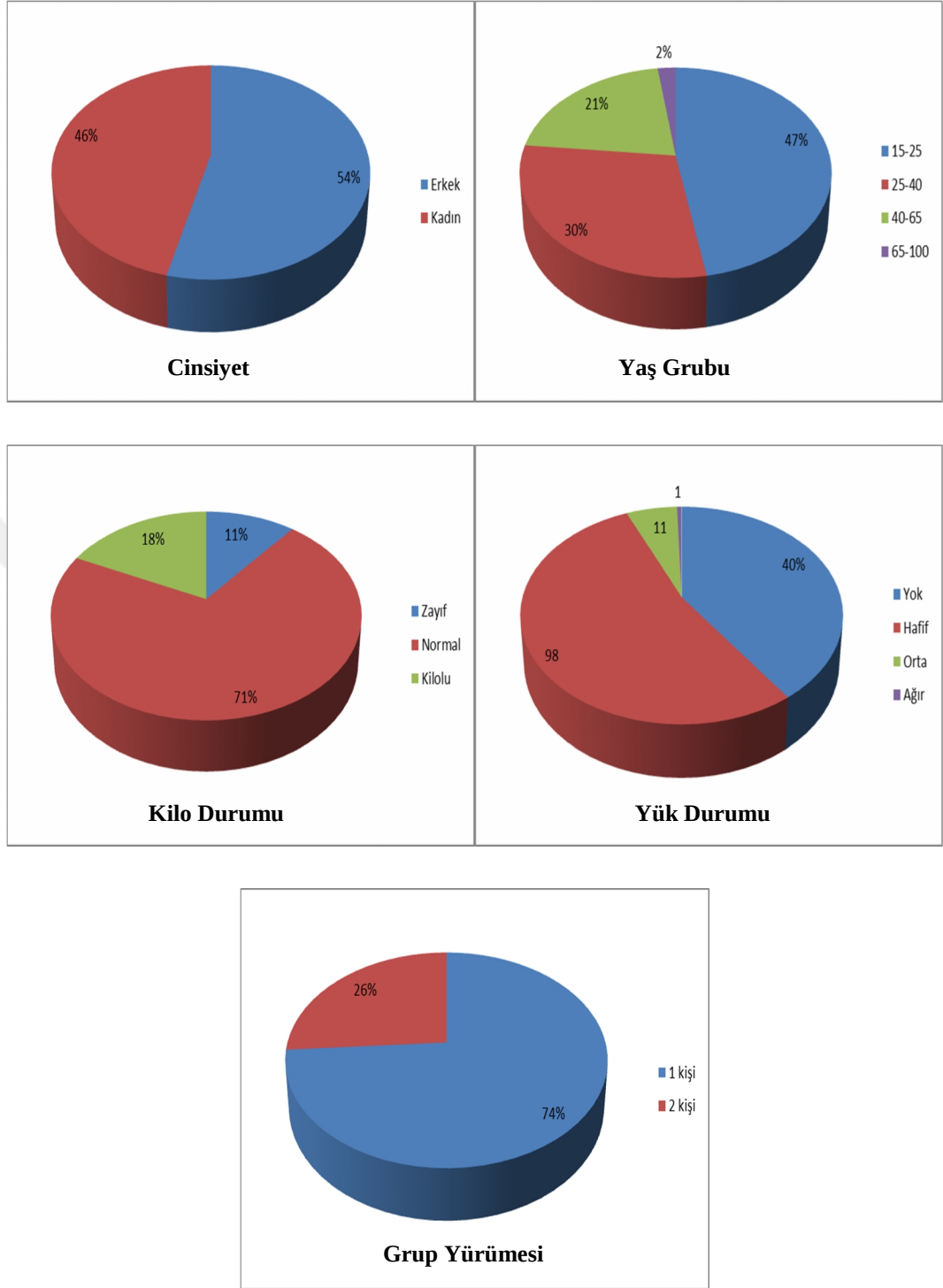
Tablo 4.1 Grafiklerde yer alan beş farklı yaya özelliği ve aldıkları değerler

Değişkenler	Değerler
Cinsiyet	Erkek/Kadın
Yaş grubu	15-25/25-40/40-65/65+
Kilo durumu	Zayıf/Normal/Kilolu
Yük durumu	Yok/Hafif/Orta/Ağır
Grup yürümesi	1/2/3/4

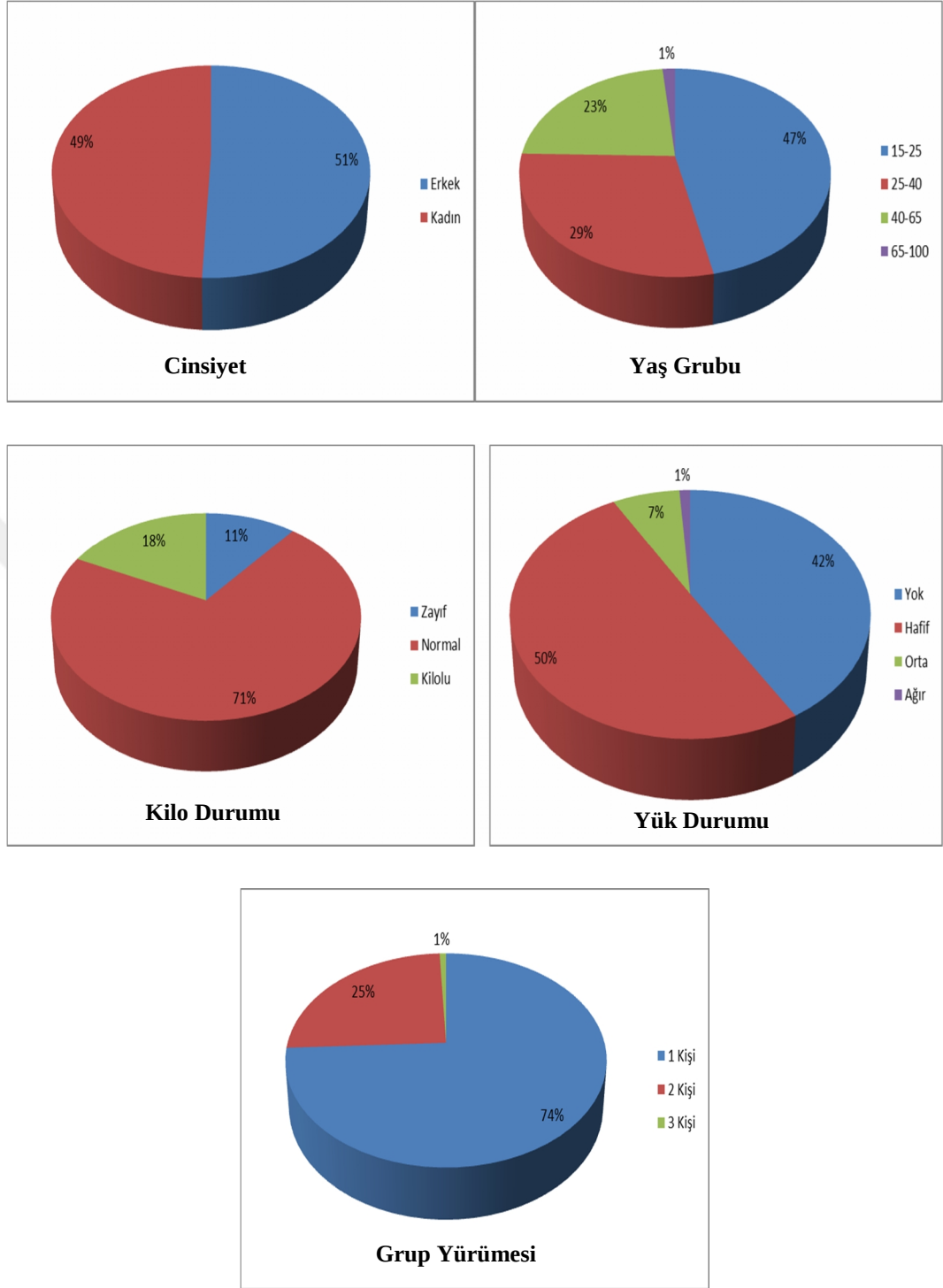
4.1.1 Sorunlu Yol Kesimleri



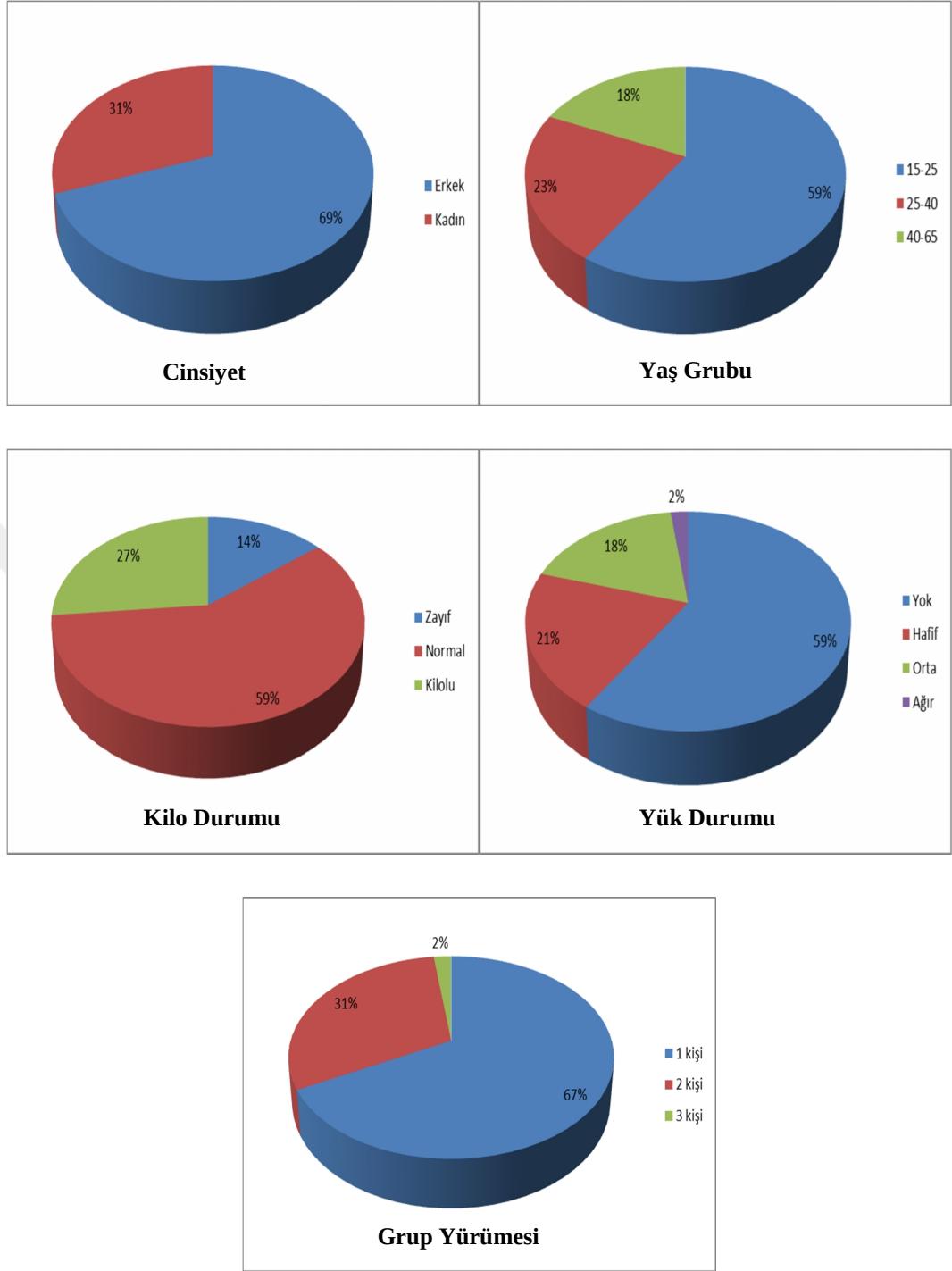
Şekil 4.1 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde (Kıbrıs Caddesi 2) yolda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı



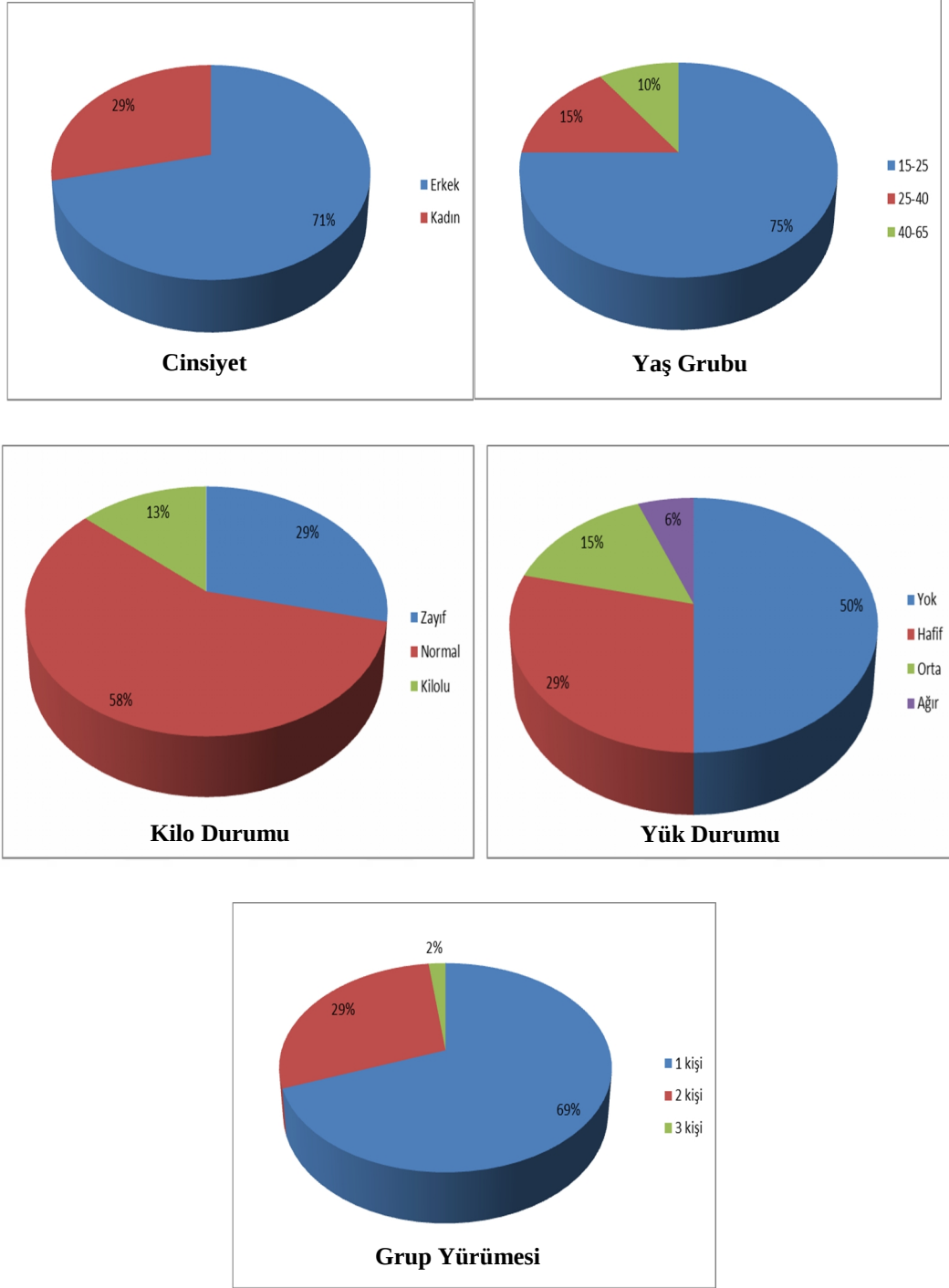
Şekil 4.2 Uğur Mumcu Caddesi'nde yeterli kesit genişliği olmayan (*dar*) kaldırım kesiminde yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı



Şekil 4.3 Uğur Mumcu Caddesi'nde kural dışı işgallerin bulunduğu geniş kaldırımda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı

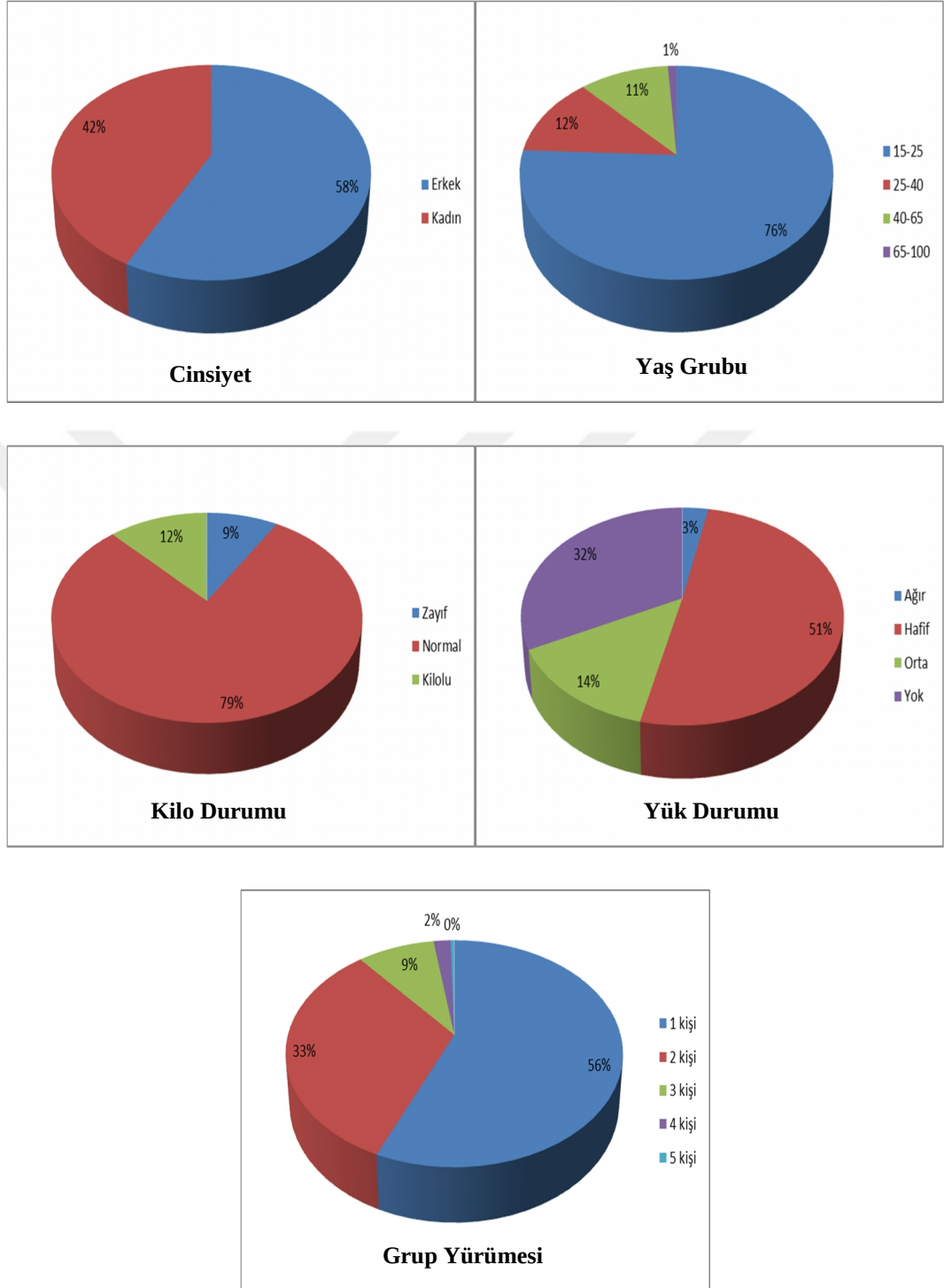


Şekil 4.4 Kıbrıs Caddesi 1’de kural dışı tasarım ve işgallerin bulunduğu yol kesiminde yolda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı



Şekil 4.5 Kırıncı Caddesi 1’de *kural dışı tasarım ve işgallerin bulunduğu yol kesiminde kaldırımında yürüyen yaya*ların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı

4.1.2 Kontrol Yol Kesimi



Şekil 4.6 Kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi sahasında) kaldırımda yürüyen yayaların yaya özelliklerine göre yüzdesel dağılımı

4.2 Yürüme Hızları

Bu bölümde sorunlu yol kesimi ile kontrol noktası temelinde yaya hızları incelenmiştir. Bu incelemelerin ardından cinsiyet, yük, kilo, yaş ve grup yürümesi gibi yaya özelliklerinin etüt sahalarındaki değişimleri irdelenerek genel değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bununla birlikte yaya hızları üzerinde mevsimsel değişiklikler değerlendirilmiştir.

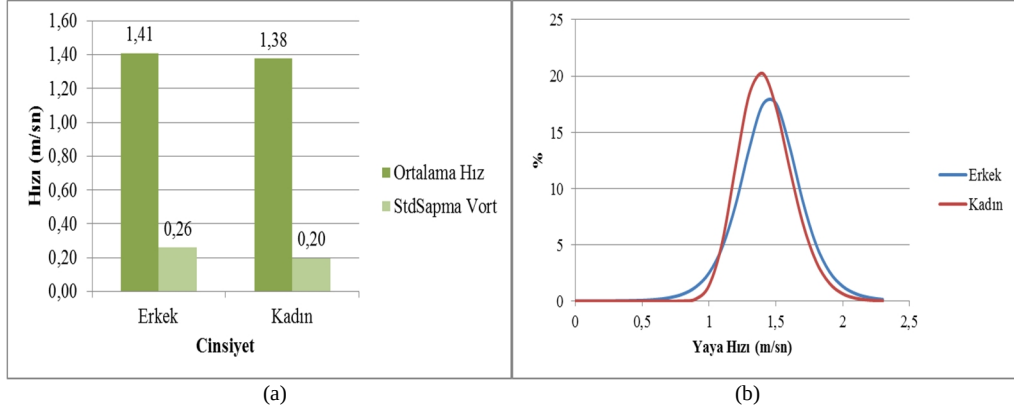
Yaya hızları, ölçüm alanı içinde belirlenmiş birer A ve B kesiti arasında izlediği yol (iz) uzunluğu ve geçen süre kullanılarak hesaplanmış; dolayısıyla yayaların bu iki nokta arasındaki ortalama yürüme hızları elde edilmiştir. Böylelikle, lazer ölçümü esnasında cihazdan kaynaklanan sistematik hatalardan ve verinin birleştirilmesi işleminde ortaya çıkmış olabilecek ms (milisaniye) cinsinden küçük zamansal hatalardan kaynaklanan çok küçük mertebedeki hız atlamalarının etkisi minimize edilmiştir. Bu yöntemle gerek sağ gerek sol yönde ilerleyen her bir yaya için hesaplanan ortalama hız değeri; video görüntüleri ve etüt föylerinden elde edilmiş bulunan, ilgili yayaya ait diğer özellikler ve çeşitli çevre koşulları değişkenleri ile eşleştirilerek bir Excel tablosu üzerinde kaydedilmiştir.

4.2.1 Sorunlu Yol Kesimlerinde Hızların Yaya Özelliklerine Göre Değişimi

Her bir etüt sahası için beş farklı kategoride yayaların yürüme hızlarına ait ortalamalar ve standart sapma değerleri ile dağılım eğrileri bu bölümde sunulmuştur.

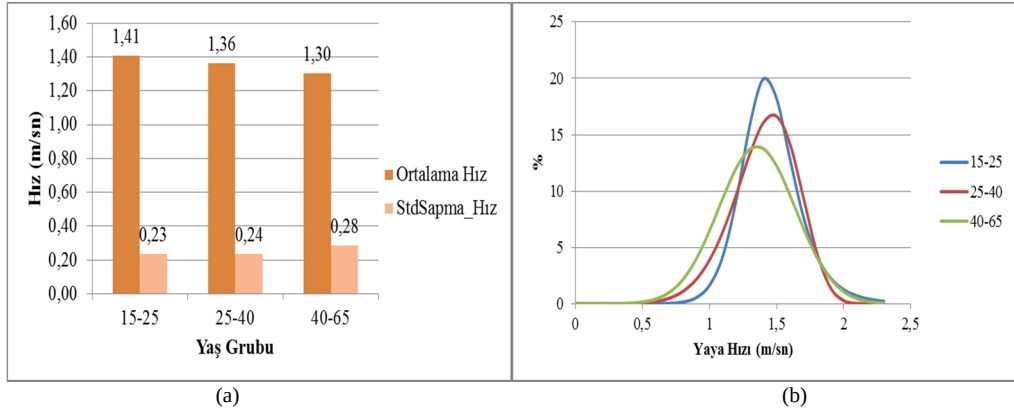
4.2.1.1 Kıbrıs Caddesi 2; Kaldırım Bulunmayan Kesim

Kıbrıs Caddesi 2 etüt sahası için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.7 - Şekil 4.11) verilmiştir.



Şekil 4.7 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri: a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

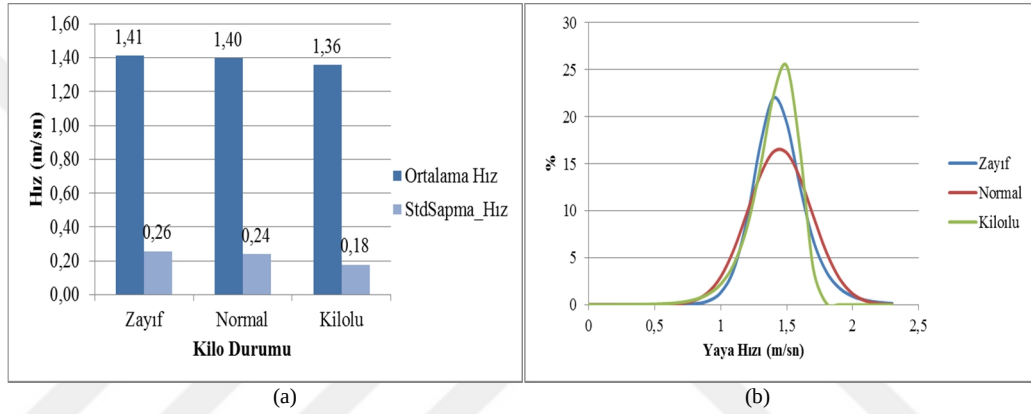
Cinsiyet etkeninin yaya hızına etkisi incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızının 1,41 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1,38 m/sn olduğu görülmektedir (Şekil 4.7a). Erkek yayaların standart sapmaları kadın yayaların standart sapmalarından daha yüksek değerdedir. Şekil 4.7b’de yayaların hızlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları incelendiğinde ise iki grafiğin birbirine yakın çıktığı ve daha yüksek hızlarla hareket eden erkek yayaların oranının daha fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri: a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

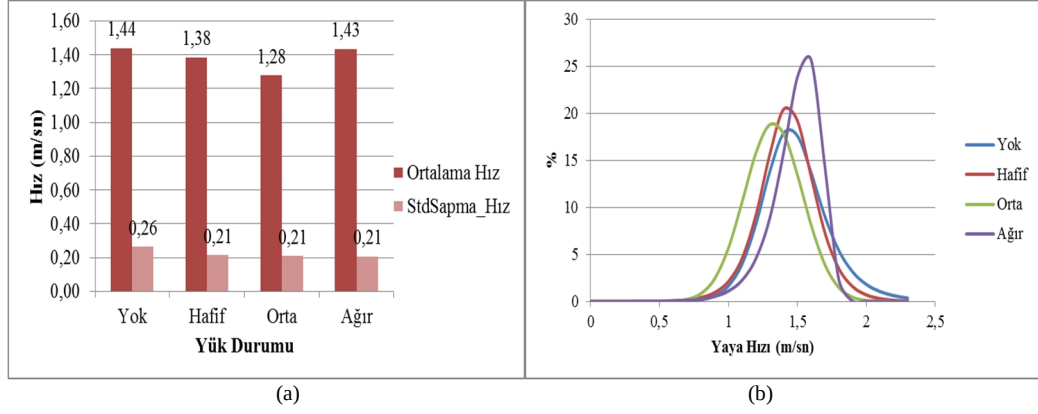
Şekil 4.8a’da ise, Kıbrıs Caddesi 2 kaldırımsız kesimde yayaların farklı yaş gruplarına göre yaya hızlarındaki değişimler incelenmiştir. Şekilden, beklendiği gibi, yayaların yaşları arttıkça ortalama hızlarının düştüğü fakat standart sapmalarının da azaldığı anlaşılmaktadır. Yaş grupları arasında ortalama 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. Şekil 4.8b incelendiğinde yaş gruplarının hız dağılımlarına bakıldığında 15-25 ve 25-40 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu belirtilmiştir. Grafikten 40-65 yaş grubundaki yayaların daha düşük hızda yürüdükleri anlaşılmaktadır. Bu yaş gruplarındaki hız dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.



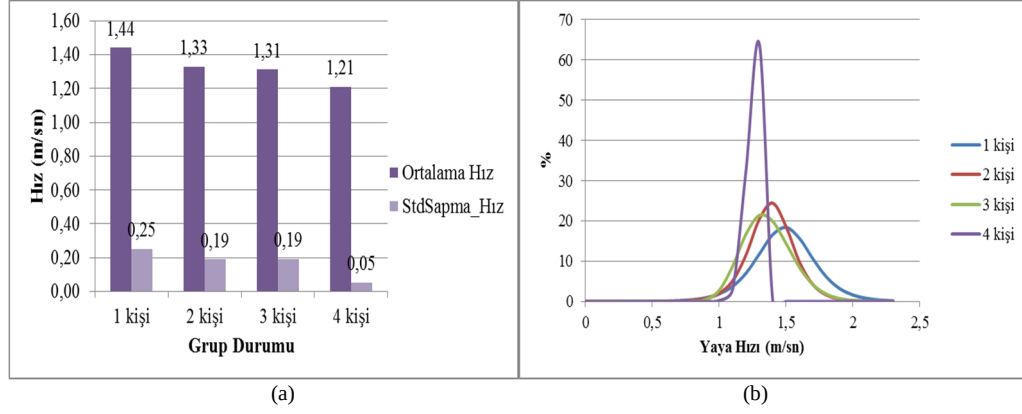
Şekil 4.9 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Kilo durumu etkeninin incelendiği Şekil 4.9a'daki grafikte ise beklendiği 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 yayaların sahip olduğu ve bu yayalara ait ortalama hız değeri 1,36 m/sn 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 4.9b'de verilen dağılımların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde daha düşük hızlarla hareket eden kilolu yayaların oranının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.10 Kıbrıs Caddesi 2 gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaaların hız değişimleri, b) Yayaaların hız dağılımları

Şekil 4.10a'ya bakıldığında yük derecesi 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 4.10a'da yük taşıyan yayaların hız değişimlerinin eşit olduğu; Şekil 4.10b'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 ve ağır yük taşıyan yayaların oranının orta ve hafif yük taşıyan yayalara göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

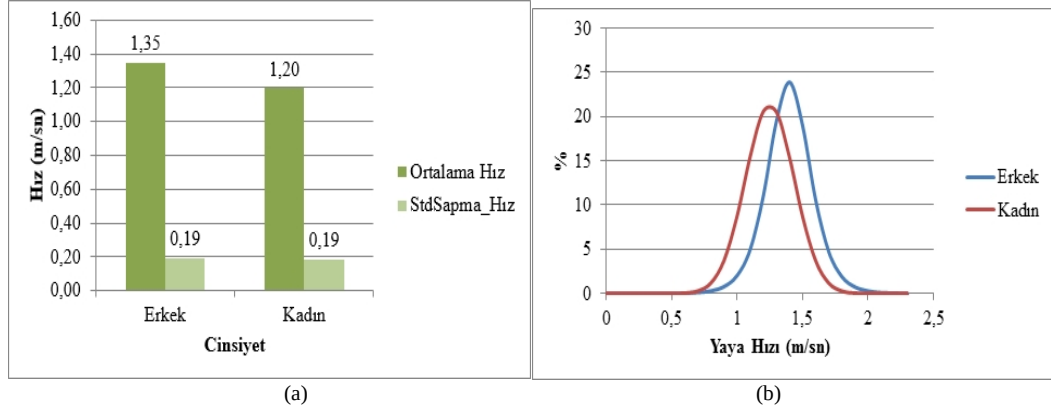


Şekil 4.11 Kıbrıs caddesi 2 gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.11a'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 hıza 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 4.11a'da görülmektedir. Grup halinde yürüyen yayaların hız dağılımları incelendiğinde Şekil 4.11b'de sunulan 2 kişilik ve 3 kişilik grupların dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir. 4 kişilik grupta daha düşük hızların yüksek oranda gözlendiği Şekil 4.11b'den anlaşılmaktadır. Bu hızların dağılımlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

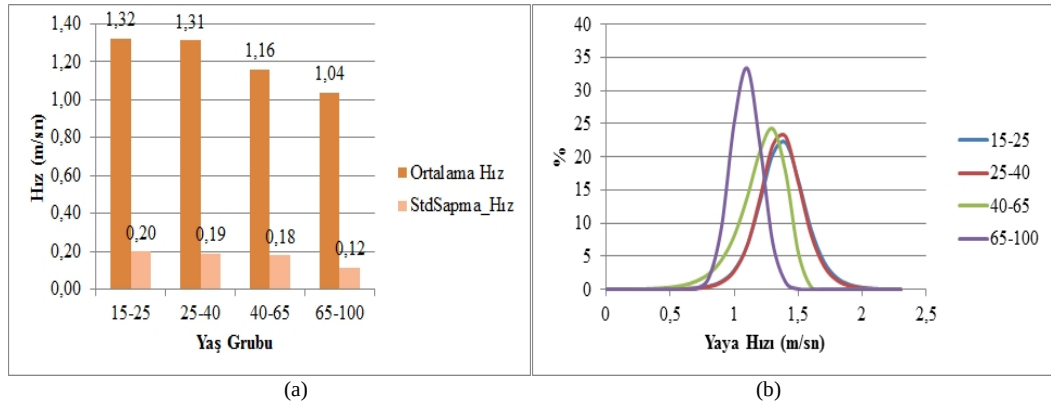
4.2.1.2 Uğur Mumcu Caddesi; Yetersiz Genişlikteki (Dar) Kaldırım Kesimi

Uğur Mumcu Caddesi yeterli kesit genişliği olmayan kaldırım kesimi için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.12 - Şekil 4.16) verilmiştir.



Şekil 4.12 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikler, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

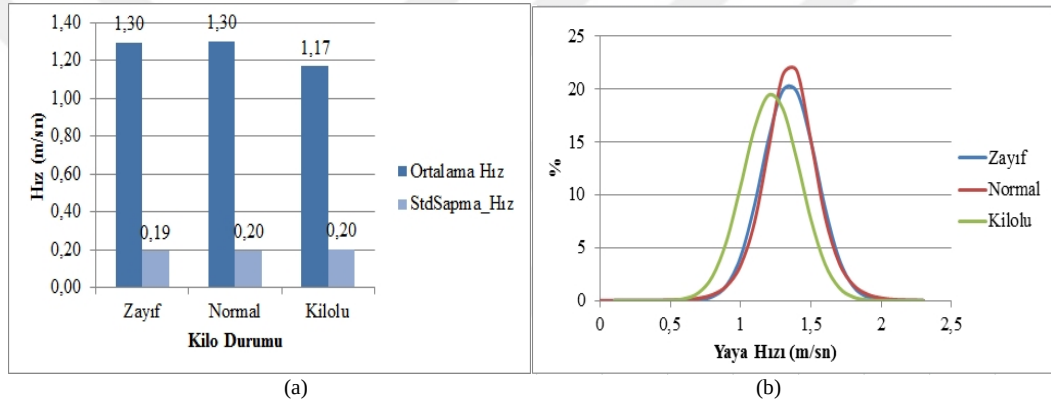
Şekil 4.12a incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızlarının 1,35 m/sn kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1,20 m/sn olduğu görülmektedir. Erkek ve kadın yayaların standart sapmalarının eşit olduğu belirtilmiştir. Erkek yayaların standart sapmaları kadın yayaların standart sapmalarından daha yüksek değerde olduğu anlaşılmıştır. Yaya hızlarının dağılımları incelendiğinde ise (Şekil 4.12b) 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.



Şekil 4.13 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarının yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

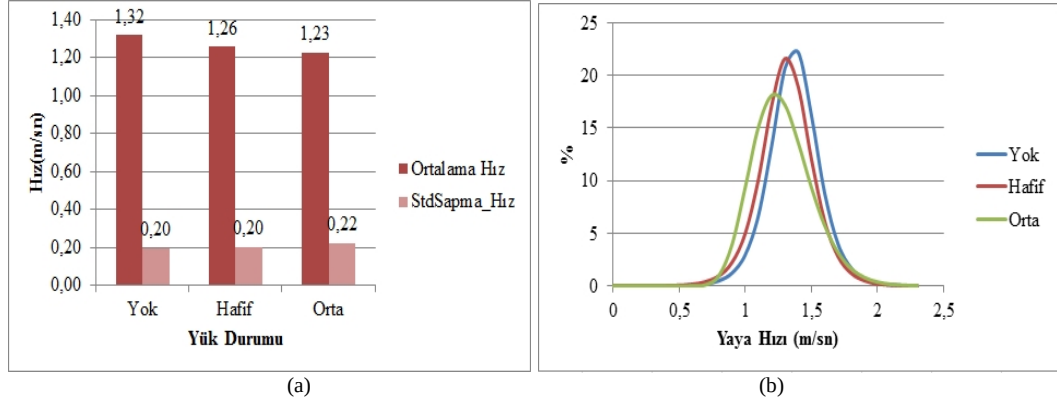
Şekil 4.13a incelendiğinde beklendiği gibi yayaların yaş aralıkları arttıkça ortalama hızda azalma olduğu görülmektedir. En yüksek hıza sahip yaş grubu 15-25 yaş grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1,32 m/sn'dir. En yüksek standart sapma değeri

de bu gruptan elde edilmiştir. En düşük hızla sahip yaş grubu ise 65 üstü 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 üstü yaş grubundaki yayaların ortalama hızları 1 m/sn civarında yoğunlaştığı Şekil 4.13b'de sunulan grafikte görülmektedir. Uğur Mumcu Caddesi Dar Kaldırımında incelenen farklı yaş gruplarındaki yaya hızlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 4.14 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

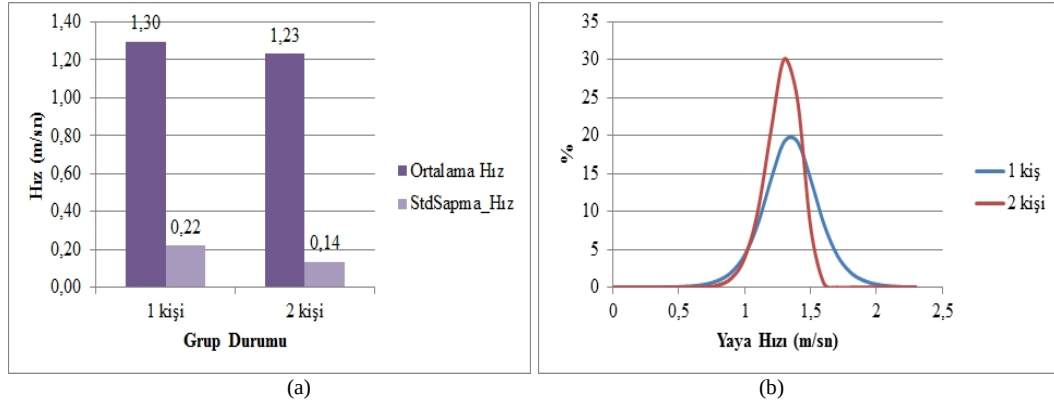
Şekil 4.14a'daki grafik incelendiğinde zayıf ve normal kilolu yayaların ortalama hızlarının eşit ve bu değer 1,30 m/sn olduğu görülmektedir. En düşük ortalama hızla 1,17 m/sn ile kilolu yayaların sahip olduğu belirlenmiştir. Bu etüt sahasındaki gözlenen farklı kilo sınıfındaki yayaların hızlarının standart sapmaları yaklaşık olarak aynı çıkmıştır. Farklı kilo sınıflarındaki yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 4.14b) 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 4.15 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.15a’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 4.15b’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.

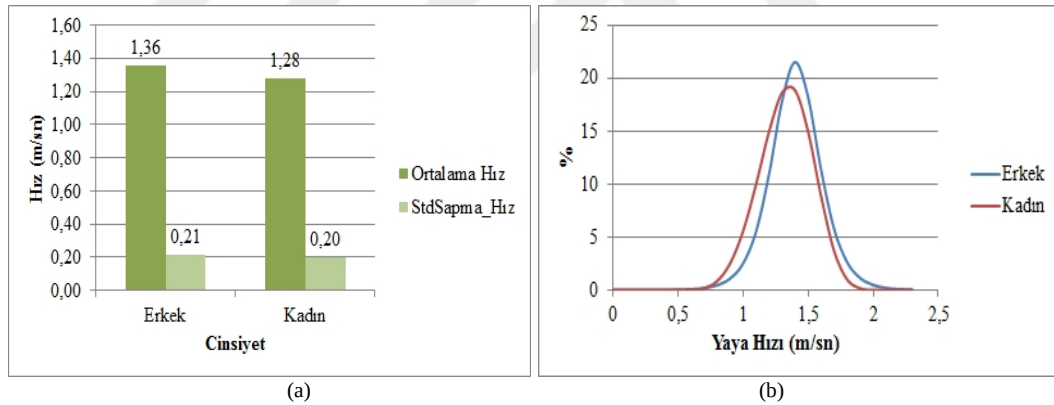
Grup durumu etkeninin incelendiği Şekil 4.16a’daki grafiğe bakıldığında beklendiği gibi ortalama yaya hızında ve standart sapmada azalma gözlenmektedir. Olasılık dağılım fonksiyonlarına bakıldığında ise tek yürüyen yayaların daha yüksek hızlarla daha fazla oranda gözlendiği görülmektedir.



Şekil 4.16 Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

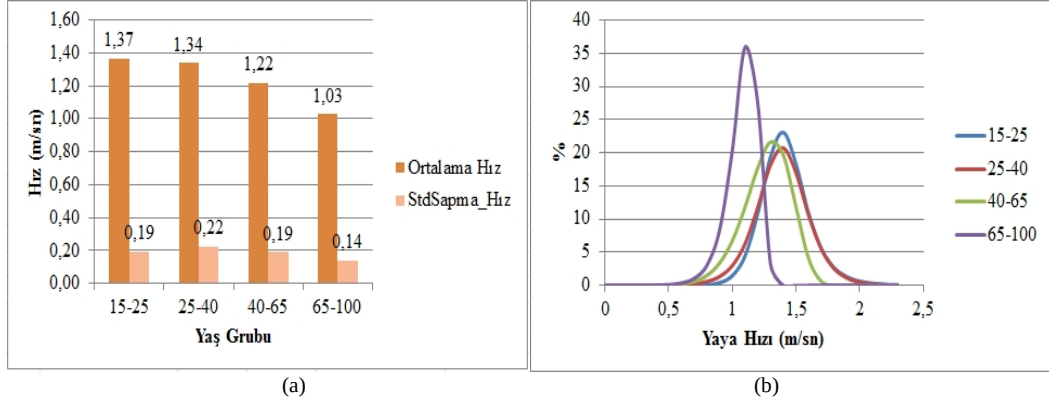
4.2.1.3 Uğur Mumcu Caddesi; İşgaller Nedeniyle Daralan Kaldırım Kesimi

Uğur Mumcu Caddesi'ndeki plan dışı işgallerin olduğu geniş kaldırım kesimi için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.17 - Şekil 4.21) verilmiştir.



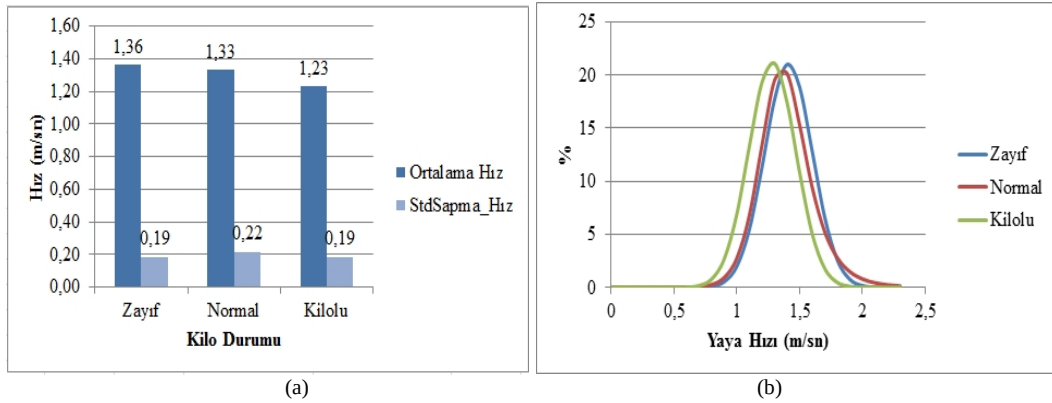
Şekil 4.17 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.17a'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 4.17b incelendiğinde erkek ve kadın yayaların hız dağılımının birbirine yakın olduğu erkek yayalarda daha yüksek hızların daha fazla oranda gözlemlendiği görülmektedir.



Şekil 4.18 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

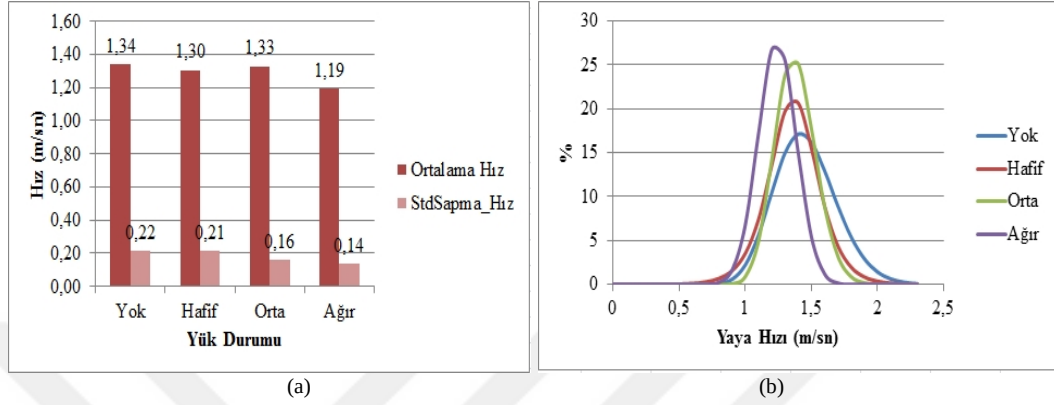
Şekil 4.18a’da beklendiği gibi yaş aralıkları arttıkça yayaların ortalama hızlarında azalma olduğu görülmektedir. Standart sapmalarda da yaş grupları arttıkça azalma göstermiştir. En yüksek ortalama hızın olduğu yaş grubu 15-25 yaş grubu olarak belirlenmiştir (1,37 m/sn). 25-40 yaş grubundaki yayalar 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 üstü yaş grubunda standart sapma değeri de en düşük çıkmıştır. Şekil 4.18b incelendiğinde 15-25, 25-40, 40-65 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.19 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

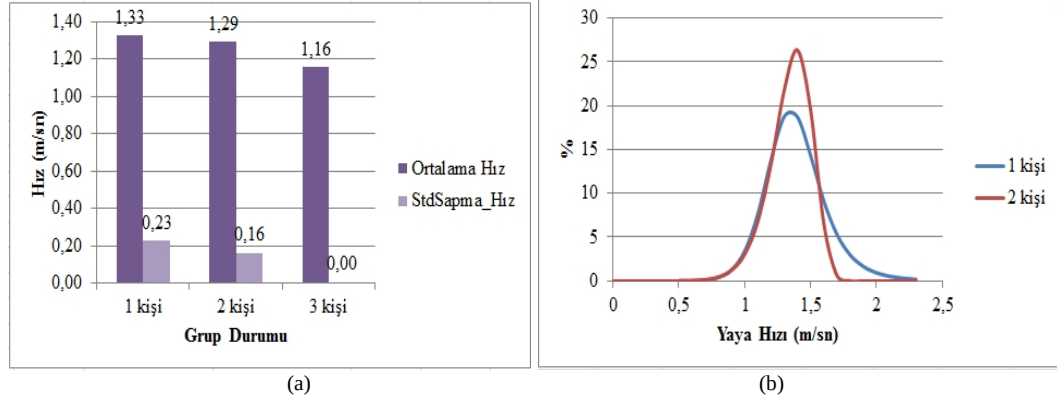
Şekil 4.19a incelendiğinde yayaların kiloları arttıkça ortalama hızında azalma olmaktadır. En yüksek hızın görüldüğü grup zayıf yayalar olarak görülmektedir (1,36

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 4.20 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.20a 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 gözlemlendiği grup yüksüz yayalar olarak belirlenmiştir. En düşük standart sapmanın gözlemlendiği grup ise ağır yük taşıyan yayalar olarak görülmektedir. Yüksüz ve hafif yüklü yayaların hızlarındaki değişim miktarı birbirine yakındır. Şekil 4.20b incelendiğinde yüksüz yayalarda yüksek hızların daha fazla oranda gözlemlendiği ağır yüklü yayalarda daha düşük hızların daha fazla oranda gözlemlendiği görülmektedir. Hafif yüklü ve orta yüklü yayaların dağılımları birbirine yakındır. Şekil 4.20b’de dağılımların normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

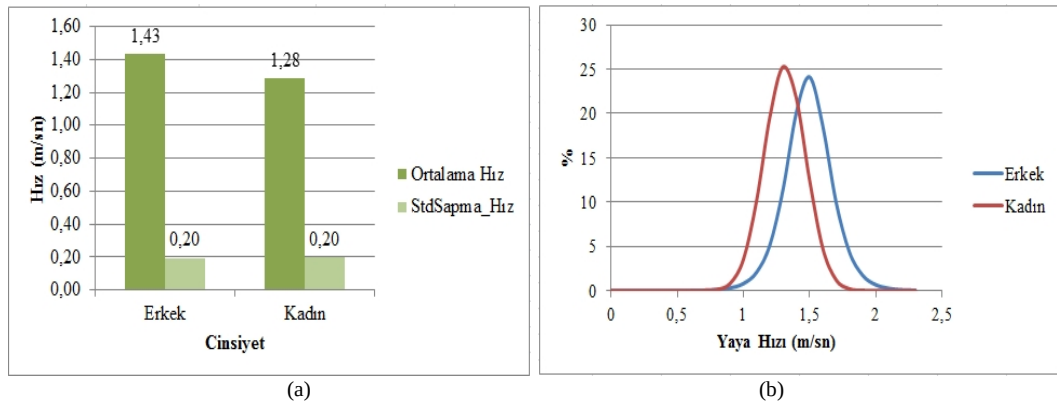


Şekil 4.21 Uğur Mumcu Caddesi geniş kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaaların hız değişimleri, b) Yayaaların hız dağılımları

Şekil 4.21a incelendiğinde gruptaki kişi sayısı arttıkça yayaaların ortalama hızının azaldığı, hızında en fazla değişimin olduğu grup ise tek başına yürüyen yayaalar olarak belirlenmiştir. Tek yürüyen yayaaların hızını daha rahat bir şekilde değiştirebildiği için standart sapması değeri yüksek çıkmıştır Şekil 4.21b incelendiğinde etrafında kimse olmayan yayaaların daha yüksek hızda gittiği görülmektedir. 2 kişilik grupta yürüyen yayaalarda düşük hızlar daha fazla oranda gözlenmiştir.

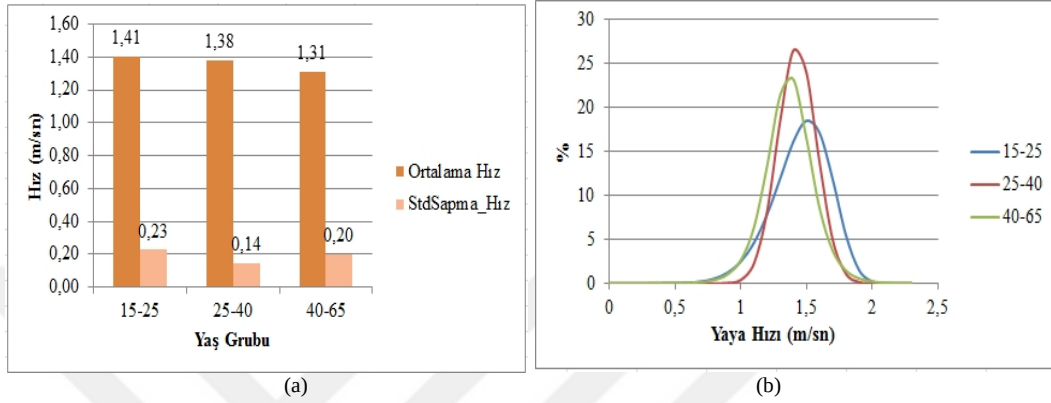
4.2.1.4 Kıbrıs Caddesi 1; İşgaller Nedeniyle Yayaaların Yolu Kullandığı Durum

Kıbrıs Caddesi 1 plan dışı ve kurlsız işgallerin bulunduğı kesim için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.22 - Şekil 4.26) verilmiştir.



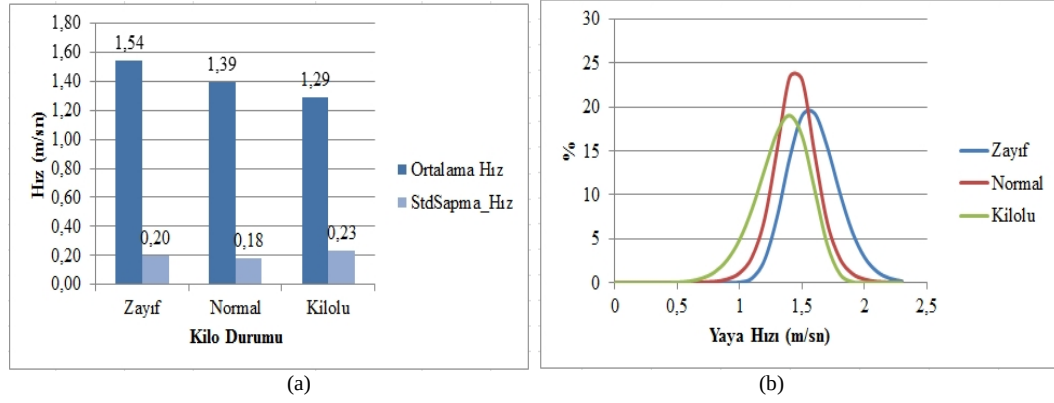
Şekil 4.22 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hızlarına ait grafikler, a) Yayaaların hız değişimleri, b) Yayaaların hız dağılımları

Şekil 4.22a'daki grafik incelendiğinde Kıbrıs Caddesi Dar Kaldırımında 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 4.22b incelendiğinde erkek yayalarda yüksek hızların daha yüksek oranda gözlemlendiği görülmektedir.



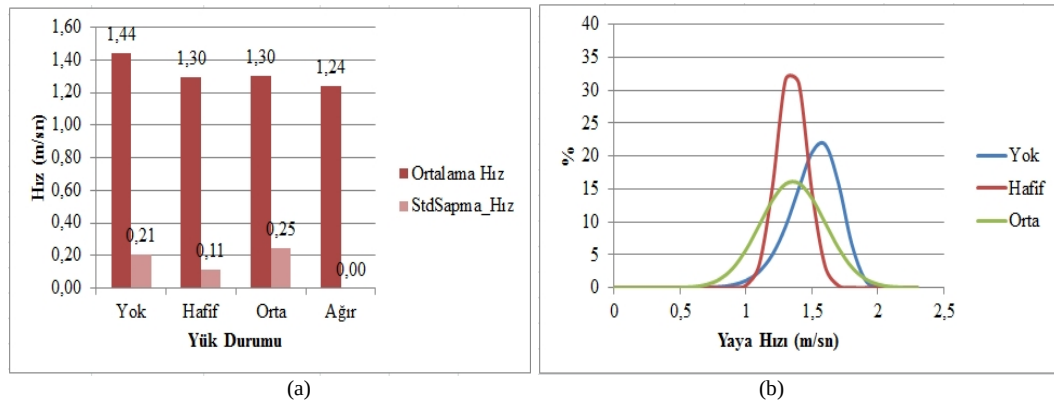
Şekil 4.23 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.23a incelendiğinde beklendiği gibi 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 4.23b incelendiğinde 25-40,40-65 yaş grubundaki yayaların hız dağılımlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

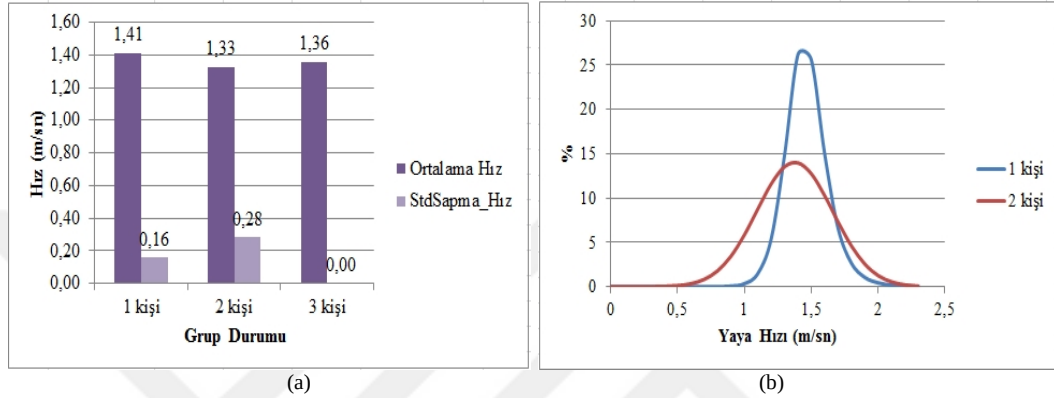
Şekil 4.24a incelendiğinde yayaların kiloları arttıkça ortalama hızında azalma olmaktadır. En yüksek hızın görüldüğü grup zayıf yayalar olarak görülmektedir (1,54 m/sn). En düşük hızın görüldüğü grup ise kilolu yayalar olarak belirlenmiştir. Kilolu yayalarda en düşük hızın görülmesinin yanında en yüksek 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.



Şekil 4.25 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.25a 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 gözleendiği grup ise hafif yük taşıyan yayalar olarak görülmektedir. Şekil 4.25b’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 gözleendiği Şekil 4.25b’den anlaşılmaktadır. Şekil 4.25b’de dağılımların normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

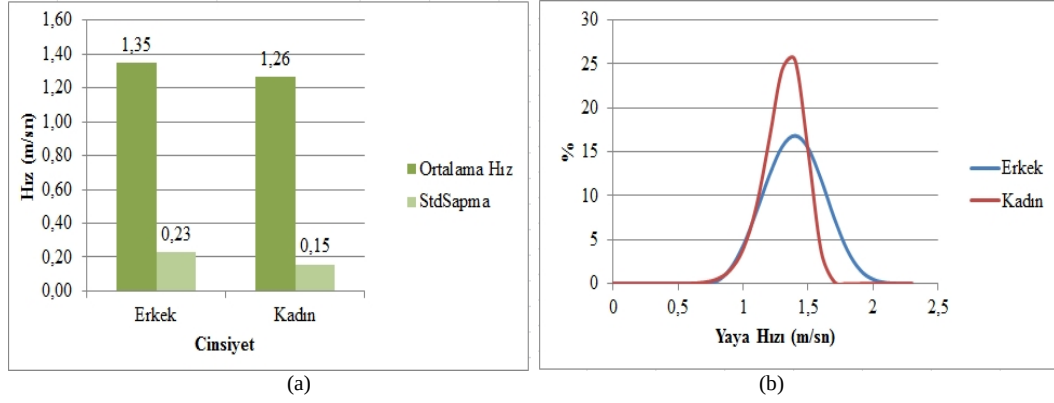


Şekil 4.26 Kıbrıs Caddesi 1 yol gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri a) Yaya hız değişimleri, b) Yaya hız dağılımları

Şekil 4.26a 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 4.26b incelendiğinde etrafında kimse olmayan yayaların daha yüksek hızda gitmektedirler. 2 kişilik grupta yürüyen yayalarda düşük hızlar sık gözlenmiştir. Şekil 4.26b 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.

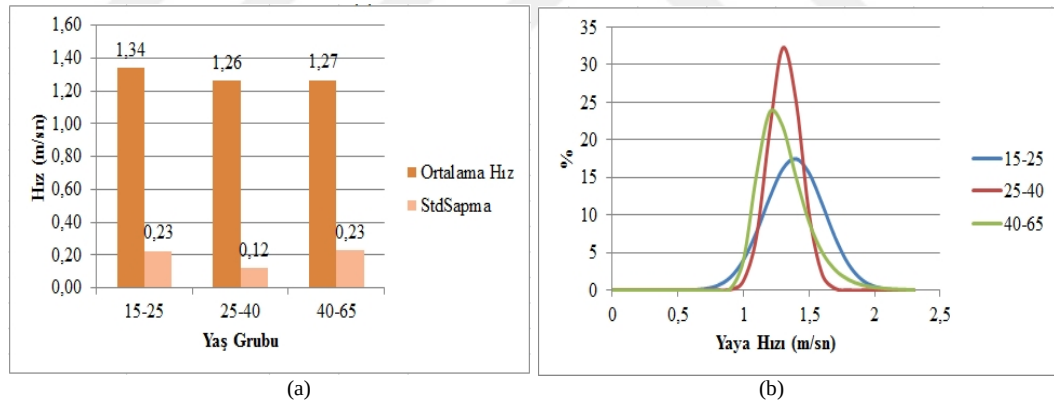
4.2.1.5 Kıbrıs Caddesi 1; İşgallere Rağmen Yayaların Kaldırımı Kullandığı Durum

Kıbrıs Caddesi 1 plan dışı ve kurlsız işgallerin bulunduğu kesim için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.27 - Şekil 4.31) verilmiştir.



Şekil 4.27 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikler a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

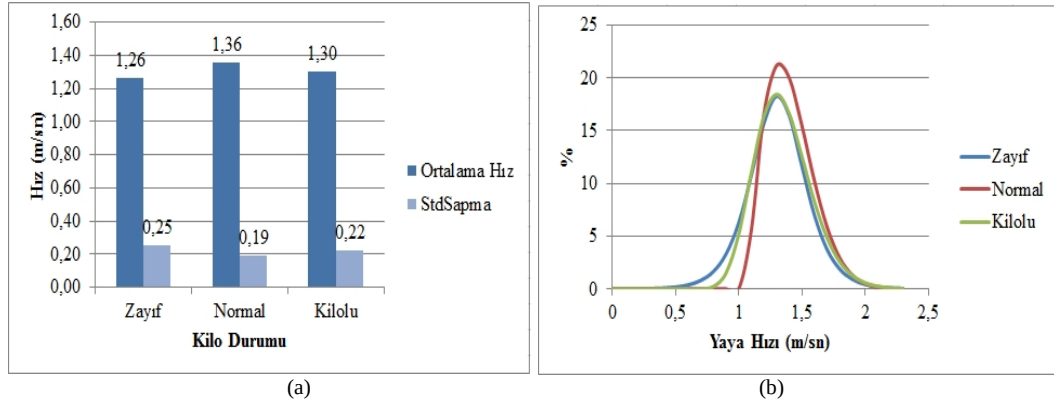
Şekil 4.27a'daki grafik incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızının 1,35 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının 1,26 m/sn olduğu görülmektedir. Erkek yayaların standart sapmasının kadın yayaların standart sapmasından daha yüksektir. Şekil 4.27b incelendiğinde erkek yayalarda gözlenen yüksek hızların kadın yayalarda gözlenmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.28 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri: a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

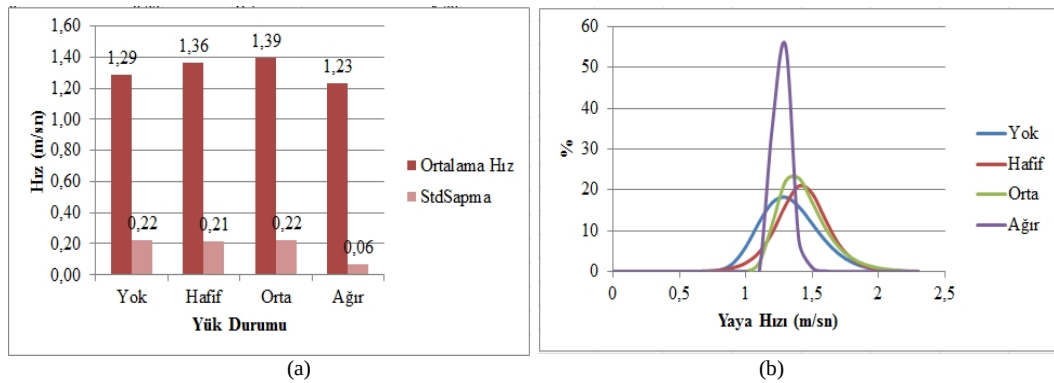
Şekil 4.28a incelendiğinde 15-25 yaş grubunun ortalama hızlarının 1,34 m/sn; 25-40 yaş grubunun ortalama hızlarının 1,26 m/sn; 40-65 yaş grubunun ortalama hızlarının ise 1,27 m/sn olduğu görülmektedir. En yüksek standart sapma değeri 15-25 ve 40-65 yaş gruplarında görülmektedir. En düşük standart sapma değeri ise 25-40 yaş grubunda gözlenmiştir. Şekil 4.28b 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.



Şekil 4.29 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri
a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

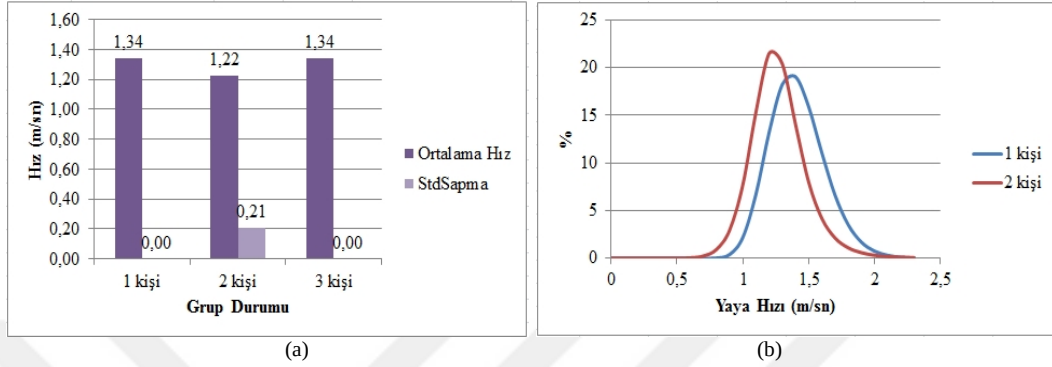
Şekil 4.29a incelendiğinde en yüksek hızın normal kilolu yayalarda gözlenmiştir (1,36 m/sn). En düşük hız ise zayıf yayalarda gözlenmiştir. Şekil 4.29a'da en yüksek standart sapma değeri zayıf yayalarda; en düşük standart sapma değeri ise normal kilolu yayalarda görülmektedir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 4.29b) normal kilolu yayalarda yüksek hız değerleri daha fazla oranda gözlenmiştir. Zayıf ve kilolu yayaların hız dağılımları birbirine benzerdir.



Şekil 4.30 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri
a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.30a 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 4.30b’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.

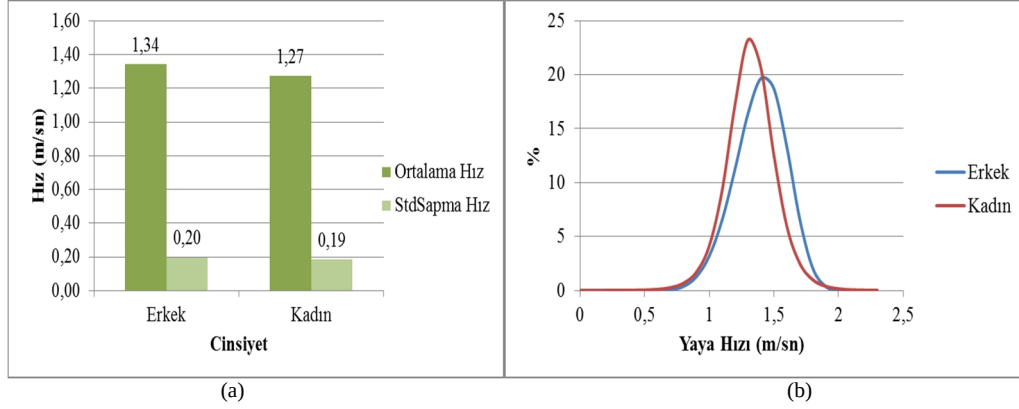


Şekil 4.31 Kıbrıs Caddesi 1 dar kaldırım gözlem noktasına ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri
a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.31a 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 4.31b’de verilen grafiğe göre tek kişi ve iki kişi yürüyen yayaların ortalama hızlarının dağılımının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

4.2.2 Kontrol Yol Kesiminde Hızların Yaya Özelliklerine Göre Değişimi

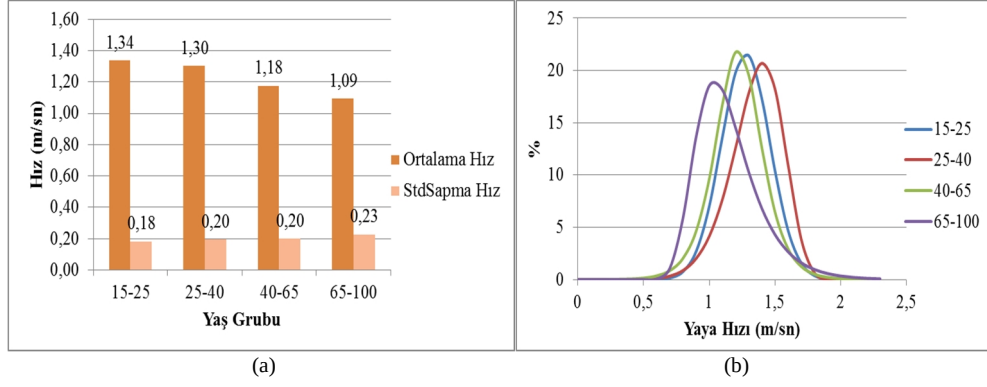
Kontrol yol kesimi olarak ele alınan Hukuk Fakültesi etüt sahası için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda (Şekil 4.32 - Şekil 4.36) verilmiştir.



Şekil 4.32 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait cinsiyete bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

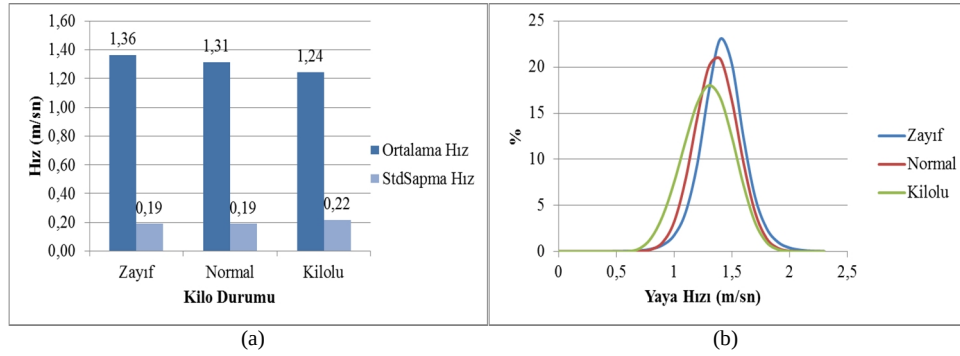
Şekil 4.32a incelendiğinde erkek yayaların ortalama hızlarının 1,34 m/sn; kadın yayaların ortalama hızlarının ise 1,27 m/sn olduğu görülmektedir. Standart sapmaları ise birbirlerine çok yakın değerlerdedir. Yayaların hızlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları (Şekil 4.32b) incelendiğinde ise iki grafiğin 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 4.33'te ise, yayaların farklı yaş gruplarına göre hızlarına ait özellikler görülmektedir. Şekilden, beklendiği gibi 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 üstü yaş grubu olup, bu gruba ait ortalama hız değeri 1,09 m/sn'dir.



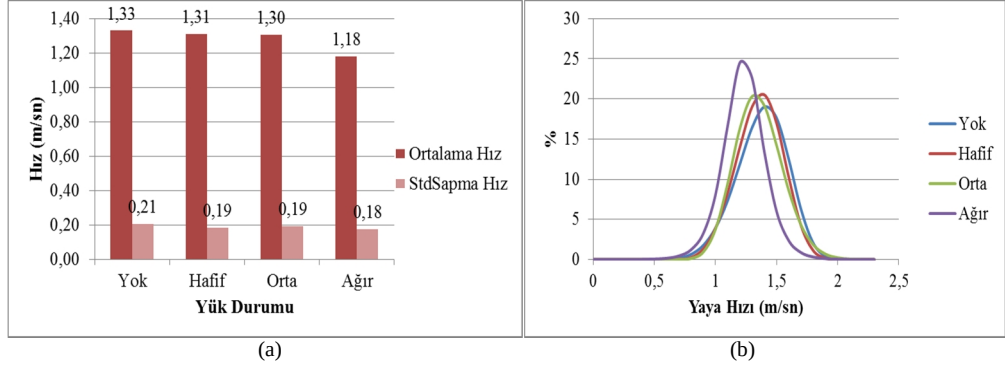
Şekil 4.33 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait yaş gruplarına bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

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 üstü yaş grubu dışındaki yayaların hızlarının normal dağılıma uygun olduğu, 65 üstü yaş grubunda ise hızların 1 m/sn mertebesinde toplandığı görülmüştür.



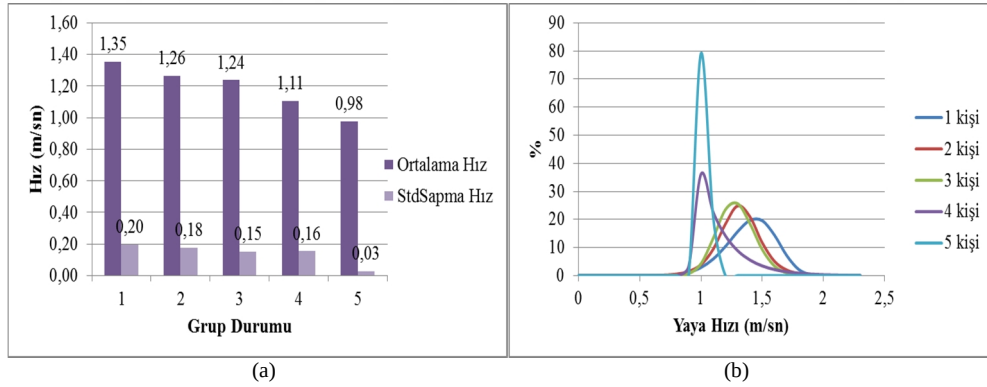
Şekil 4.34 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait kilo durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

Şekil 4.34a incelendiğinde en yüksek hız zayıf yayalarda (1,36 m/sn), en düşük hız (1,24 m/sn) ise kilolu yayalarda gözlenmiştir. Şekil 4.34a'da en yüksek standart sapma değeri kilolu yayalarda elde edilmiştir. Yayaların hız dağılımlarına bakıldığında (Şekil 4.34b) dağılımların birbirine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.35 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait yük durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaaların hız değişimleri, b) Yayaaların hız dağılımları

Şekil 4.35a incelendiğinde yüksüz yayaaların ortalama hızı 1,33 m/sn; hafif yüklü yayaaların hızı 1,31 m/sn; orta yüklü yayaaların hızı 1,30 m/sn; ağır yüklü yayaaların hızı 1,18 m/sn olarak görülmektedir. Standart sapma değerleri hafif, orta ve ağır yüklü yayaalarda birbirine yakın çıkmıştır. Şekil 4.35b’de verilen grafiğe göre yüksüz, hafif yüklü ve orta yüklü yayaaların hız dağılımları birbirine yakındır. Ağır yüklü yayaaların hızları 1,1-1,2 m/sn civarında toplanmaktadır. Yüksüz yayaalarda ortalama hız değerleri ağır yüklü yayaaların dağılımına göre daha basıktır.



Şekil 4.36 Kontrol yol kesimine (Hukuk Fak.) ait grup durumuna bağlı yaya hız grafikleri, a) Yayaaların hız değişimleri, b) Yayaaların hız dağılımları

Şekil 4.36a incelendiğinde kontrol etüt sahasında grup halinde yürüyen yayaaların hız değişimleri görülmektedir. Beklendiği gibi yayaaların etrafında beraber yürüdüğü kişi sayısı arttıkça; yayaaların ortalama hızlarının azaldığı bununla birlikte standart sapmanın da azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama hız (1,35 m/sn) tek yürüyen yayaalarda, 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 4.36b’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 görülmekle birlikte dört kişilik grupta yürüyen yayalarda yüksek hız değerleri beş kişilik grupta yürüyen yayalara göre daha sık olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.36b).

4.2.3 Çeşitli Yaya Özelliklerinde Hızların Etüt Sahalarına Göre Değişimi

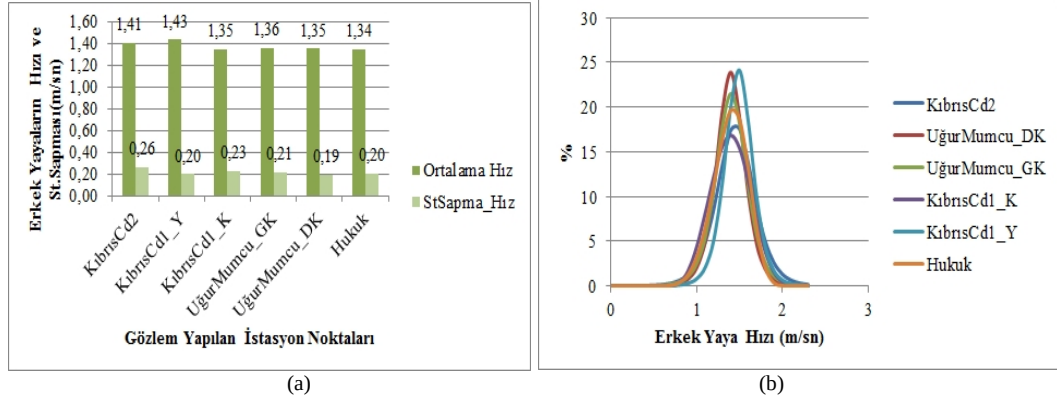
Dikkate alınan yaya özellikleri için her bir etüt sahasında gözlenen yayaların yürüme hızlarına ait ortalamalar ve standart sapma değerleri ile dağılım eğrileri bu bölümde sunulmuştur. Grafikler üzerindeki lejant bilgilerinde yol kesimleri için kullanılan kısaltmalar Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2 Grafiklerde kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları

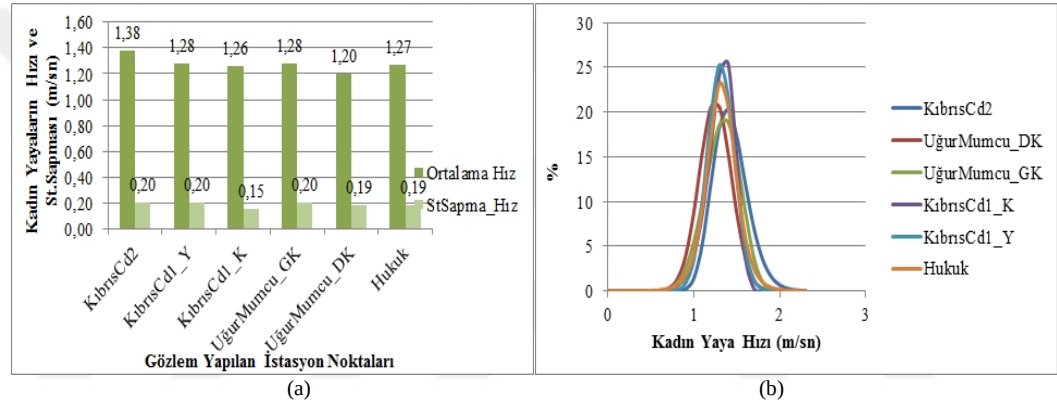
Kısaltma	Açıklama	Saha Tipi
KıbrısCd2	Kıbrıs Cd.-2	Sorunlu yol kesimi
KıbrısCd1_Y	Kıbrıs Cd.-1 taşıt yolunda	Sorunlu yol kesimi
KıbrısCd1_K	Kıbrıs Cd.-1 kaldırımda	Sorunlu yol kesimi
UğurMumcu_GK	Uğur Mumcu Cd. geniş kaldırım	Sorunlu yol kesimi
UğurMumcu_DK	Uğur Mumcu Cd. dar kaldırım	Sorunlu yol kesimi
Hukuk	Hukuk Fak. (Erdem Cd.)	Kontrol yol kesimi

4.2.3.1 Cinsiyet Etkisi

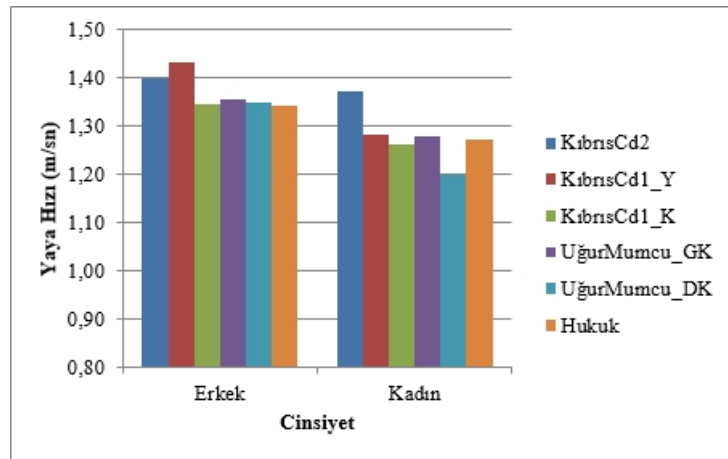
Cinsiyet etkeni bazında tüm etüt sahalarındaki ortalama hızların grafikleri aşağıda (Şekil 4.37 - Şekil 4.39) verilmiştir.



Şekil 4.37 Tüm gözlem noktalarına ait erkek yayaların hız grafikleri, a) Yayıların hız değişimleri, b) Yayıların hız dağılımları



Şekil 4.38 Tüm gözlem noktalarına ait kadın yayaların hız grafikleri, a) Yayıların hız değişimleri, b) Yayıların hız dağılımları



Şekil 4.39 Tüm gözlem noktalarına ait erkek ve kadın yayaların hızları

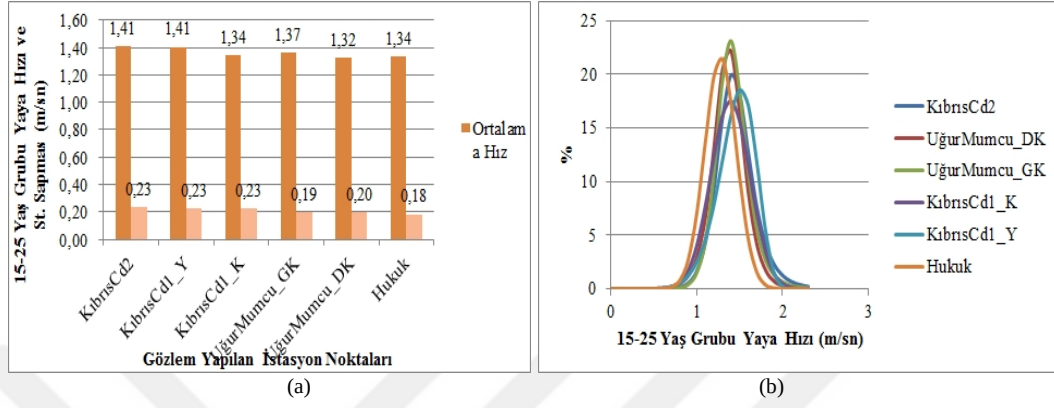
Cinsiyet farklılıkları açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde tüm etüt sahalarında erkek yayaların ortalama hızının kadın yayaların ortalama hızından yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.39). Kıbrıs Caddesi kaldırımsız kesimde erkek ve kadın yayaların ortalama hızları birbirine yakınken diğer etüt sahalarında hızlar arasında daha net farkların olduğu görülmektedir.

Şekil 4.37a 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 4.37b’de görülmektedir. Kıbrıs Caddesi 2 kaldırımsız kesimde yayaların ortalama hızlarında diğer etüt sahalarında 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 4.37b 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.

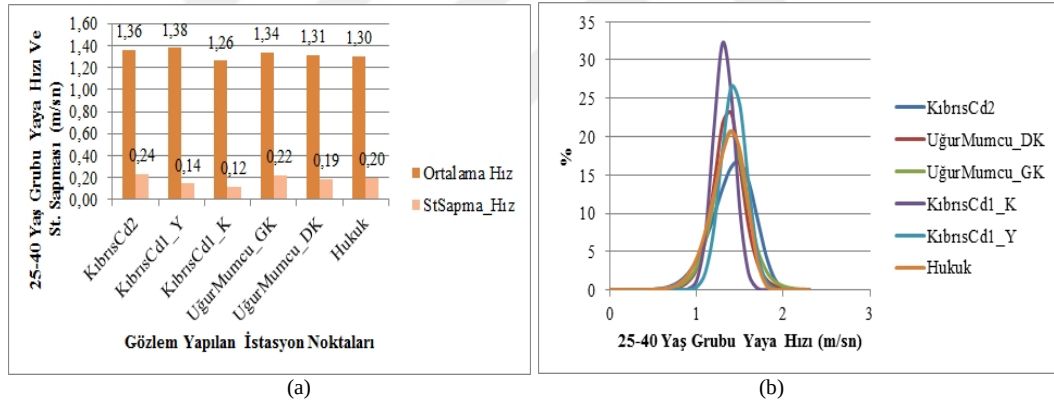
Şekil 4.38a’da sunulan grafik incelendiğinde kadın yayaların kaldırım olmayan kesimdeki ortalama hızları daha yüksek çıktığı görülmektedir. Kontrol noktası olarak Hukuk Fakültesi gözlem noktası ele alındığında kaldırımsız kesimde kadın yayaların ortalama hızında belirgin bir artış olduğu Şekil 4.38a’da 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

4.2.3.2 Yaş Grubu Etkisi

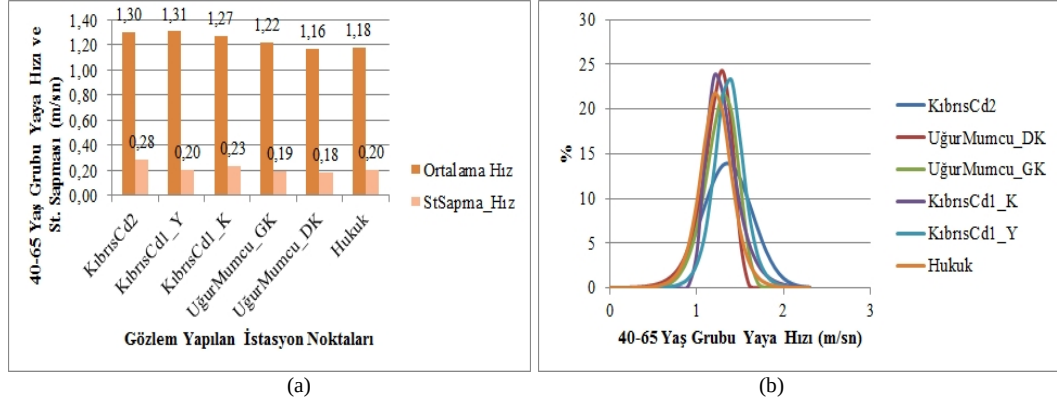
Yaş grubu etkeni bazında tüm etüt sahalarındaki ortalama hızların grafikleri aşağıda (Şekil 4.40 - Şekil 4.44) verilmiştir.



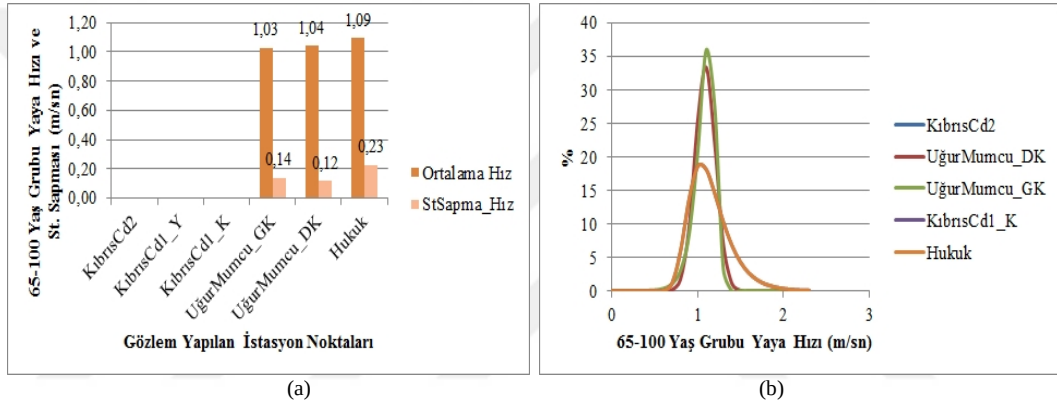
Şekil 4.40 Tüm gözlem noktalarına ait 15-25 yaş grubundaki yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



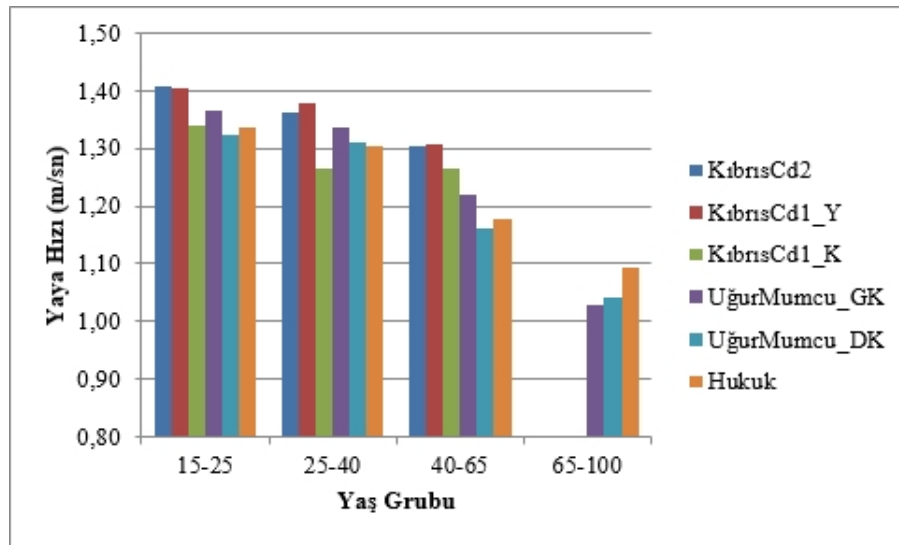
Şekil 4.41 Tüm gözlem noktalarına ait 25-40 yaş grubundaki yaya hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.42 Tüm gözlem noktalarına ait 40-65 yaş grubundaki yayaların hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.43 Tüm gözlem noktalarına ait 65 üstü yaş grubundaki yayaların hız grafikleri, a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



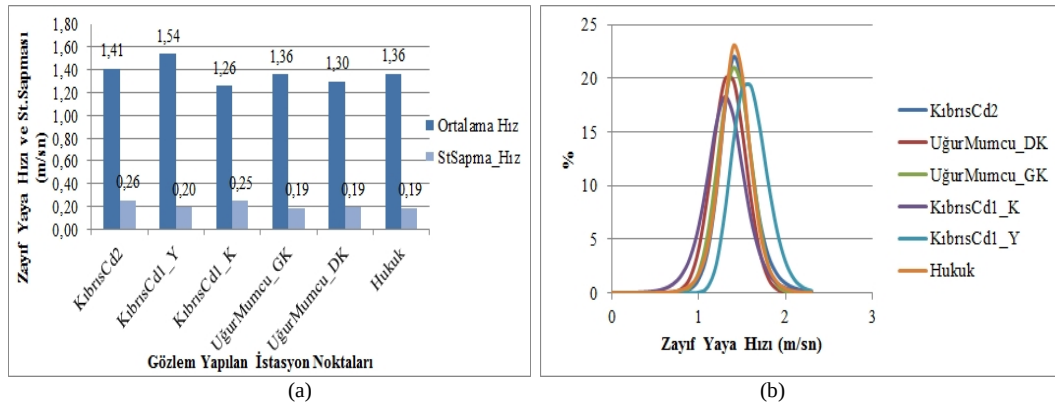
Şekil 4.44 Tüm gözlem noktalarına ait farklı yaş gruplarındaki yayaların hız grafiği

Yaş gruplarının değişimi açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde tüm etüt sahalarında yayaların yaşlarının arttıkça ortalama hızlarında azalma görülmektedir (Şekil 4.44).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 etüt sahalarındaki ortalama hızlara göre daha fazla çıktığı görülmektedir. 15-25 yaş grubunda bulunan yayaların çoğunluğu öğrenci olduğu varsayımı ile, derslerine yetişmek için yüksek hızda yürüdükleri düşünülmektedir.

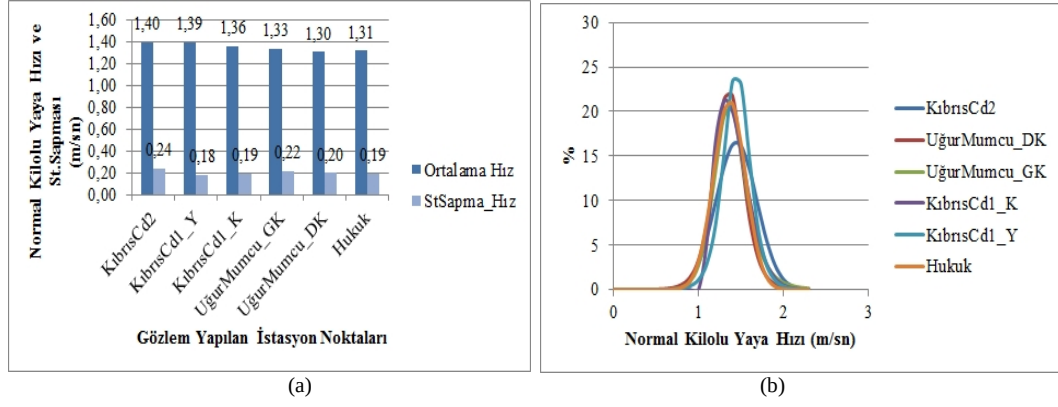
Kontrol noktasındaki ortalama hız baz alındığında dar kaldırımda ortalama hız 65 üstü yaş grubu dışındaki yaş gruplarında düşmektedir (Şekil 4.44). 25-40 yaş grubundaki yayaların ortalama hızlarına bakıldığında en yüksek değerler kaldırım olmayan kesim ve kesit yetersizliği ve basamak yüksekliğinden dolayı yolda yürünen kesimde gözlenmiştir.

4.2.3.3 Kilo Durumu Etkisi

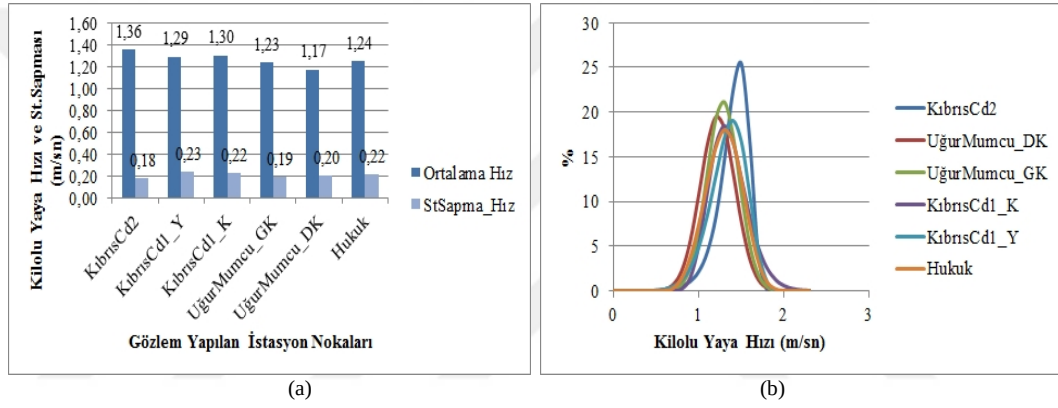
Kilo durumu etkeni bazında tüm etüt sahalarındaki ortalama hızların grafikleri aşağıda (Şekil 4.45 - Şekil 4.48) verilmiştir.



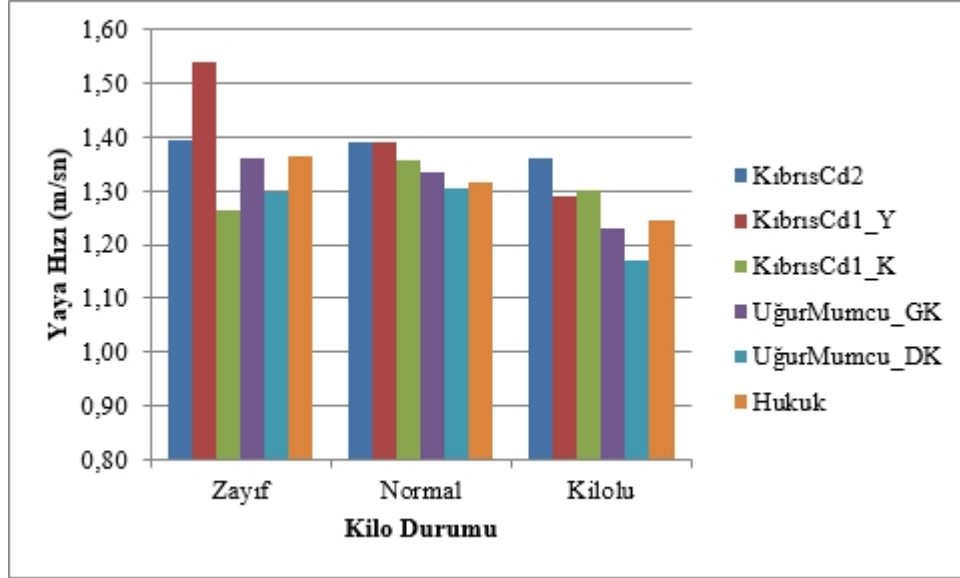
Şekil 4.45 Tüm gözlem noktalarına ait zayıf yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.46 Tüm gözlem noktalarına ait normal kilolu yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.47 Tüm gözlem noktalarına ait kilolu yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları

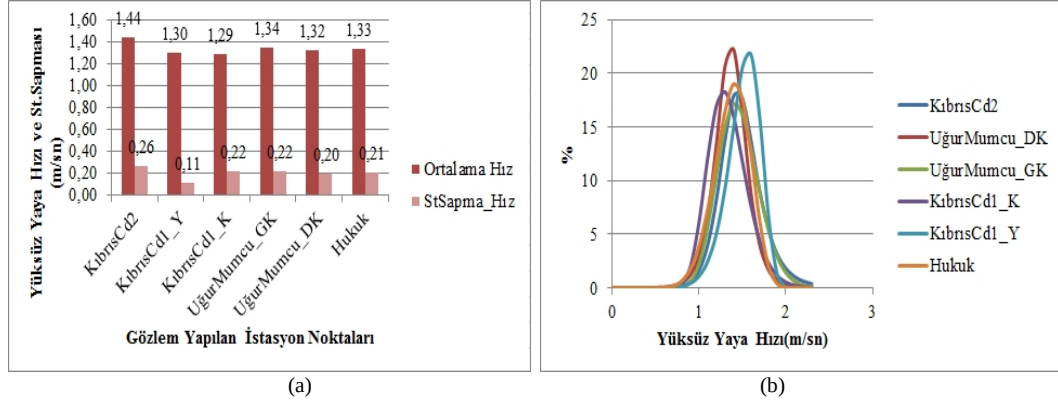


Şekil 4.48 Tüm gözlem noktalarına ait farklı kilolardaki yayaların hız grafiği

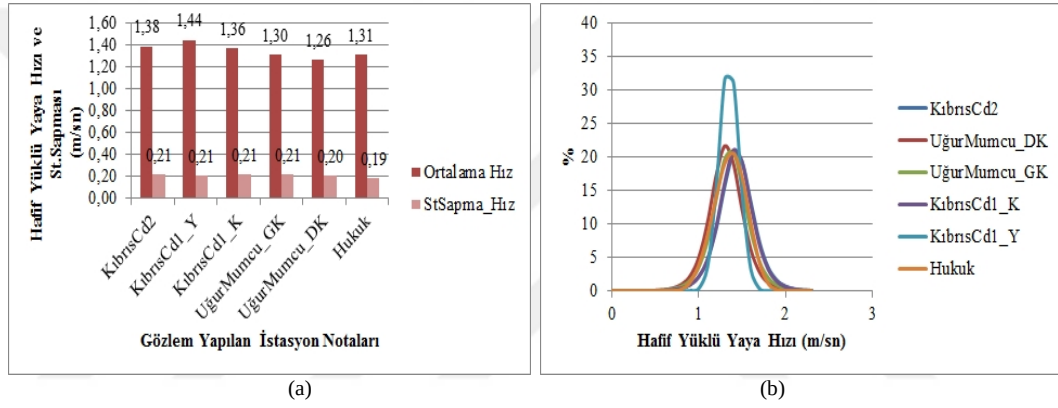
İncelenen etüt sahalarında yayaların %75'i normal kilolu, %12 si zayıf, %13 kilolu olduğu belirlenmiştir. Yayaların kilo seviyeleri açısından ortalama yaya hızı incelendiğinde Kıbrıs caddesindeki yetersiz kesit genişliğine sahip kaldırım dışındaki etüt sahalarında, yayaların kilosu arttıkça ortalama hızları azalmaktadır (Şekil 4.48). Zayıf yayalarda ortalama hızın en düşük görüldüğü etüt sahası Kıbrıs caddesindeki dar ve yüksek basamaklı kaldırım olarak görülmektedir (Şekil 4.45a). Kıbrıs caddesinde kaldırımın yanındaki taşıt platformunda yürüyen zayıf yayaların ortalama hızlarının en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Yayalar yolculuk 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.

4.2.3.4 Yük Durumu Etkisi

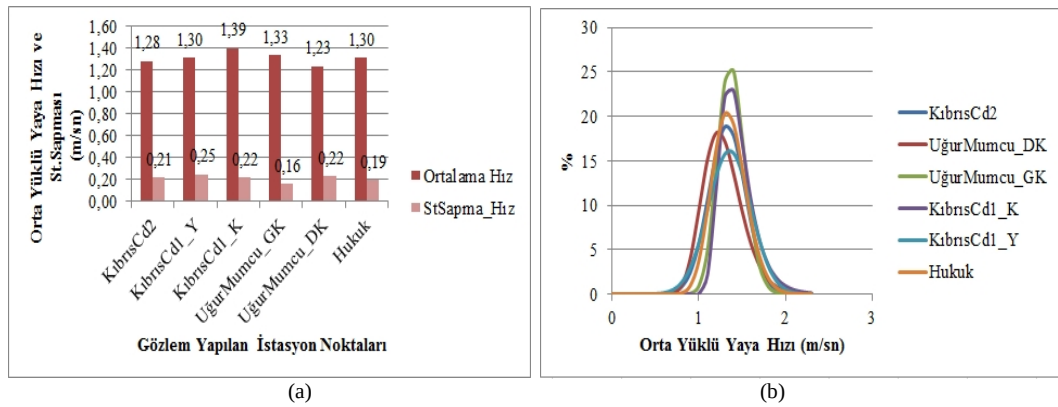
Yük durumu etkeni bazında tüm etüt sahalarındaki ortalama hızların grafikleri aşağıda (Şekil 4.49 - Şekil 4.53) verilmiştir.



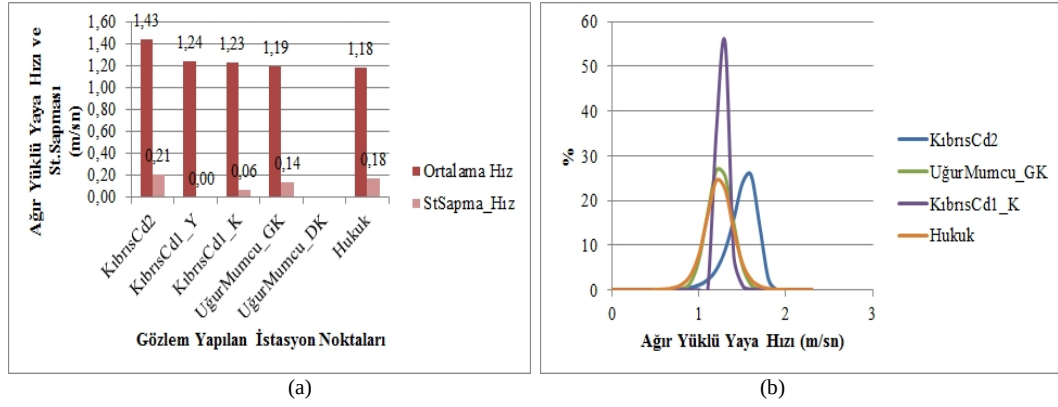
Şekil 4.49 Tüm gözlem noktalarına ait yüxsüz yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değışimleri, b) Yayaların hız dağılımları



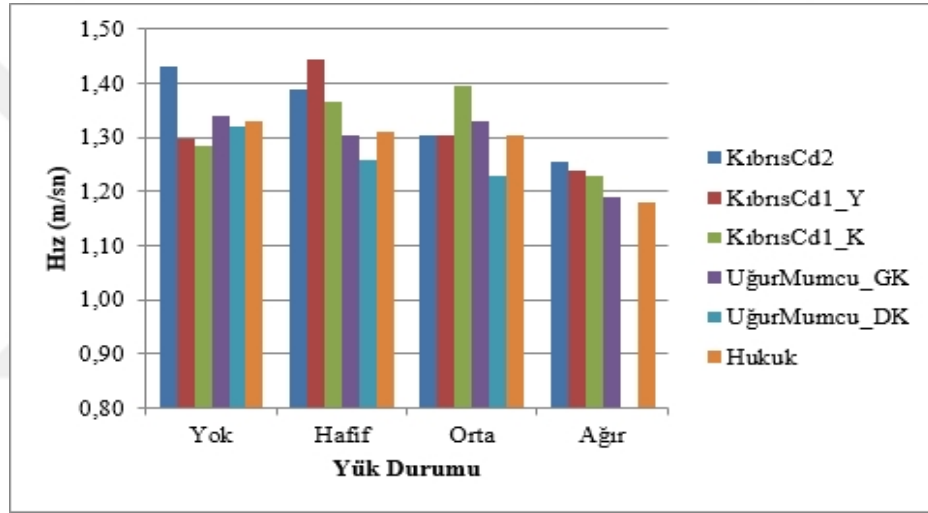
Şekil 4.50 Tüm gözlem noktalarına ait hafif yüklü yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değışimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.51 Tüm gözlem noktalarına ait orta yüklü yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değışimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.52 Tüm gözlem noktalarına ait ağır yüklü yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



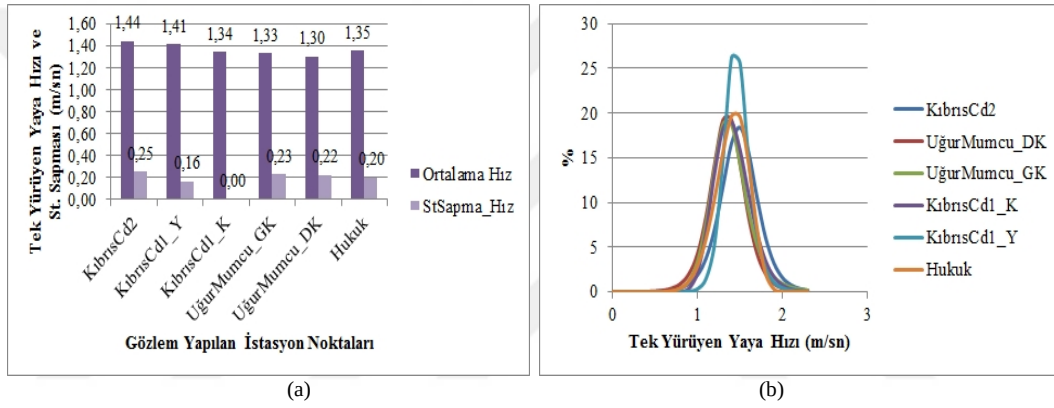
Şekil 4.53 Tüm gözlem noktalarına yük durumuna göre yayaların hız grafiği

Yük durumu etkeninin incelendiği grafiklerde kontrol noktasına göre her bir sorunlu etüt sahasındaki değişimlerin farklılık gösterdiği görülmektedir. Yüksüz yayaların hızı kontrol noktasının dışındaki etüt sahalarında düşme eğilimindeyken Kıbrıs caddesinde kaldırımsız kesimde belirgin bir artış gözlenmektedir. Taşıtlar ile aynı platformu kullanırken yayalar taşıtlardan çekindiklerinden hızlı bir şekilde bulundukları konumlarını değiştirmek istedikleri için ortalama hızları yüksek çıkmıştır. Hafif yüklü yayalarda ortalama hız değerleri en yüksek, taşıt platformundan yürüyen yayalarda görülmektedir (Şekil 4.50a). 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..

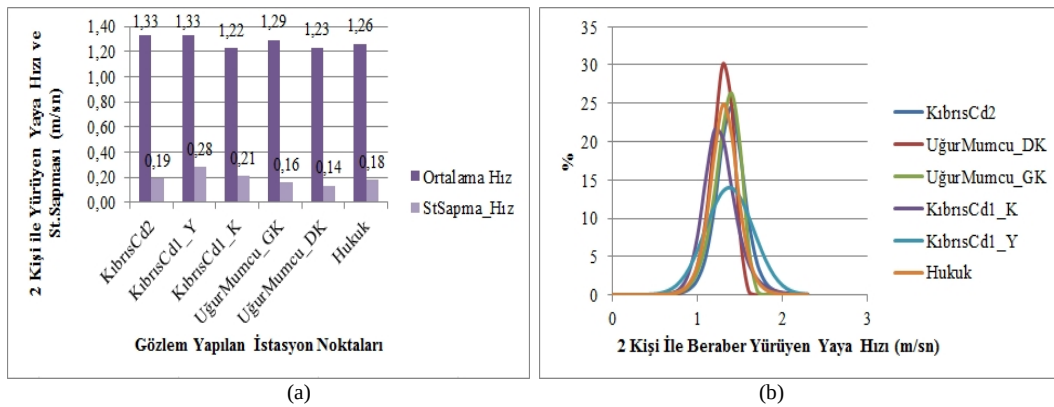
Yük durumlarının etkisindeki en belirgin değişiklik Kıbrıs caddesindeki kaldırımsız kesimde görülmektedir (Şekil 4.52a). Kaldırımsız sorunlu bölgelerde ağır yük taşıyan yayalar yüklerinden bir an önce kurtulmak için daha hızlı bir şekilde yürüdükleri düşünülmektedir. Kıbrıs Caddesi 1 Yol ve Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırımda yapılan gözlemlerde ağır yüklü yayalar gözlenmemiştir.

4.2.3.5 Grup Etkisi

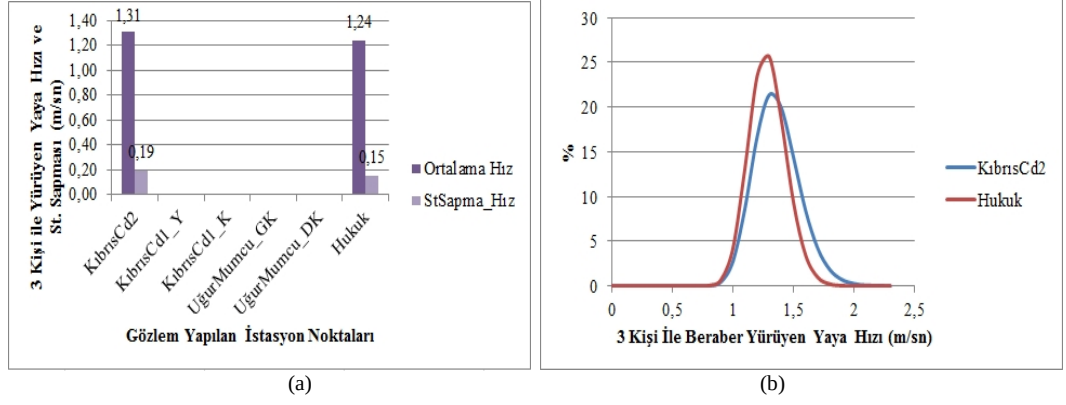
Grup durumu etkeni bazında tüm etüt sahalarındaki ortalama hızların grafikleri aşağıda (Şekil 4.54 - Şekil 4.58) verilmiştir.



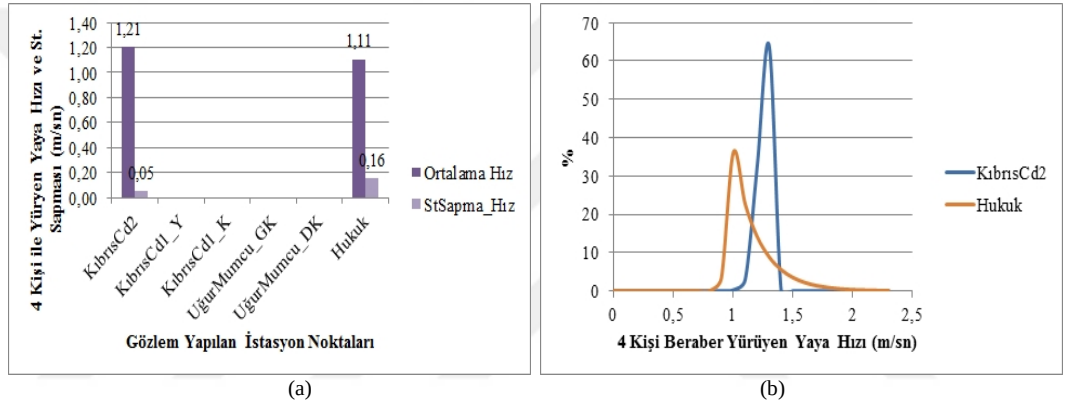
Şekil 4.54 Tüm gözlem noktalarına ait tek yürüyen yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



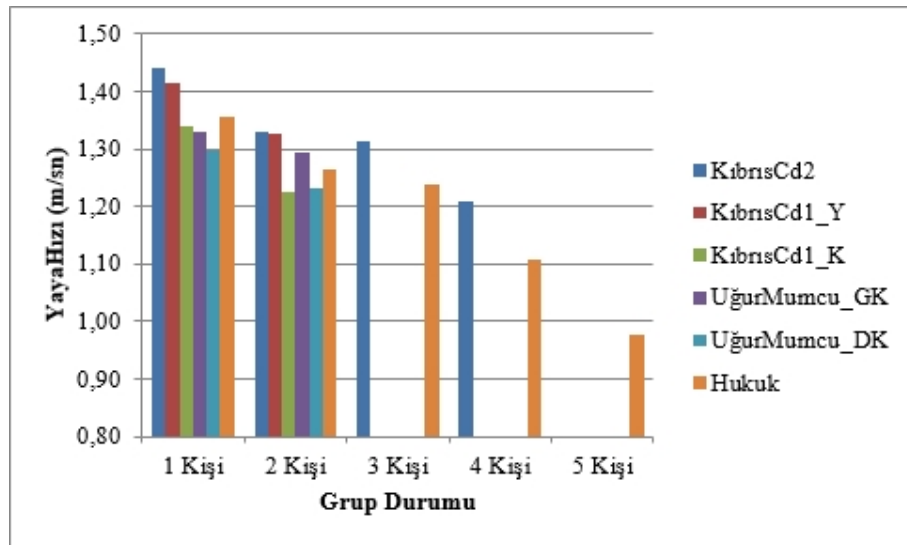
Şekil 4.55 Tüm gözlem noktalarına ait iki kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.56 Tüm gözlem noktalarına ait üç kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



Şekil 4.57 Tüm gözlem noktalarına ait dört kişi ile beraber yürüyen yayaların hız grafikleri a) Yayaların hız değişimleri, b) Yayaların hız dağılımları



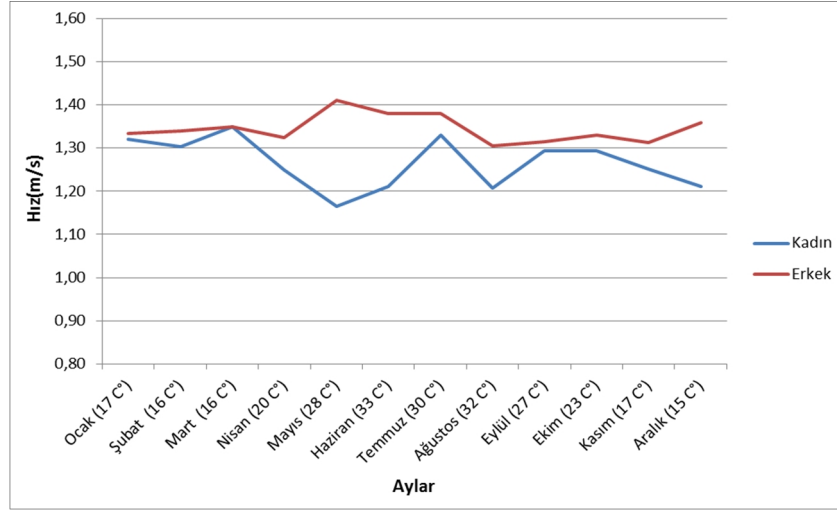
Şekil 4.58 Tüm gözlem noktalarına gruptaki kişi sayısına göre yayaların hız grafiği

Grup durumu etkeninin 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 kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi etüt sahasında) ve öğrenci gruplarının sık geçtiği Kıbrıs Caddesi kaldırımsız kesimde görülmektedir. Üç kişilik gruplarda Kıbrıs caddesindeki yayaların hızının daha yüksek olduğu; kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi sahasında) yaya hızlarının daha düşük değer etrafında yığıldığı görülmektedir (Şekil 4.56b).

4.2.4 Hızlarda Mevsimsel Değişimler

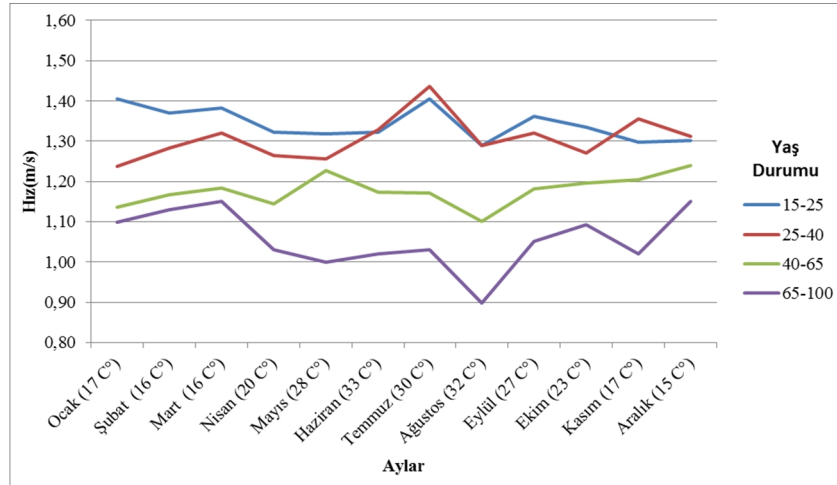
Kontrol noktası olarak seçilen Hukuk Fakültesi karşısında bulunan kaldırımda 12 ay boyunca çekimler yapılmış ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak yayaların ortalama hızları belirlenmiştir. Yayaların mevsimsel değişimlere göre ortalama hızları değerlendirilirken yayaların cinsiyet, yaş grubu, kilo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

Kontrol gözlem noktası (Hukuk Fakültesi) için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları Şekil 4.59'da verilmiştir.



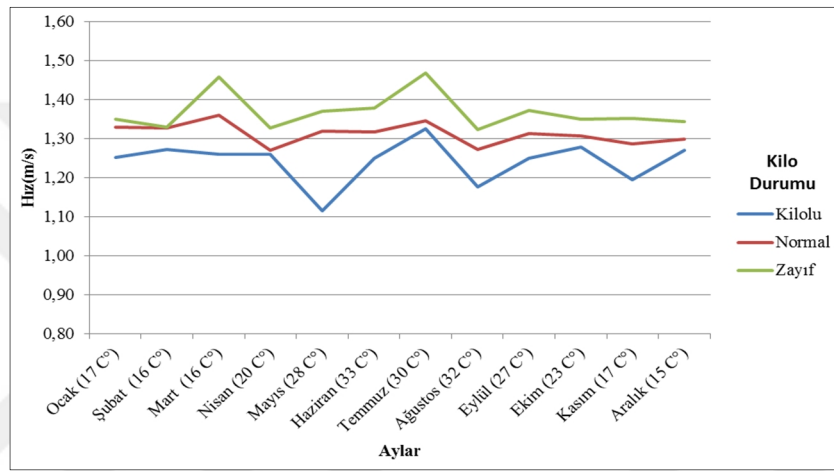
Şekil 4.59 Mevsimsel değişikliklerin cinsiyete göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 4.59 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.



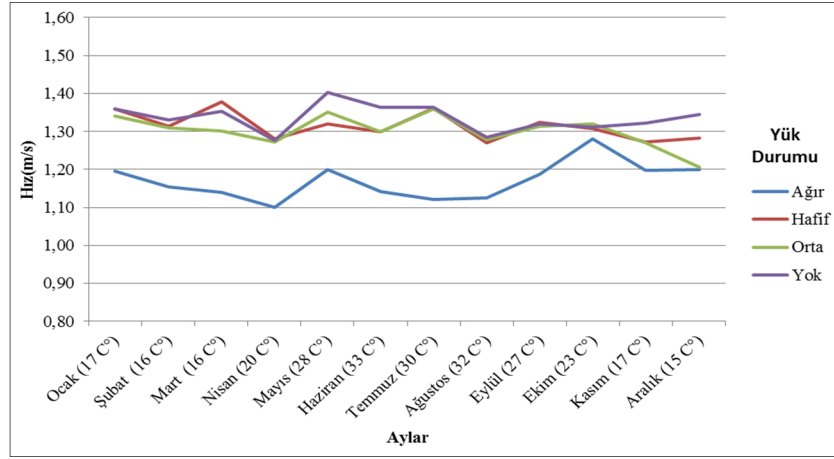
Şekil 4.60 Mevsimsel değişikliklerin yaş durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 4.60 bakıldığında, 65 üstü 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 olmakla birlikte, görüldüğü gibi 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.



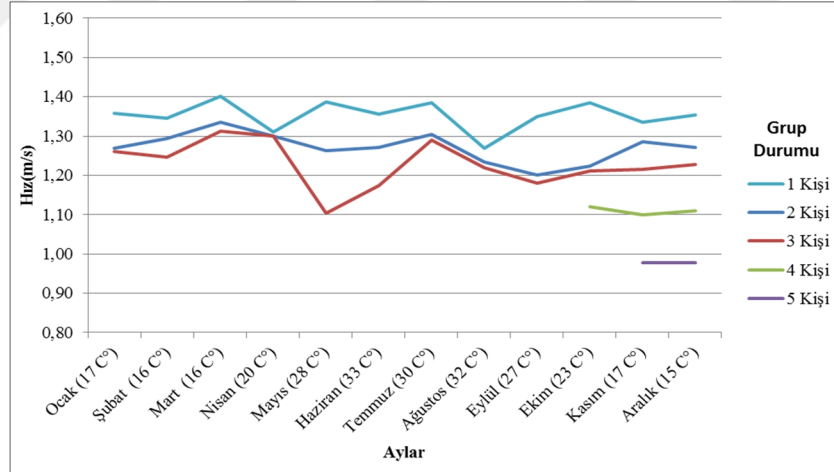
Şekil 4.61 Mevsimsel değişikliklerin kilo durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 4.61’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 4.62 Mevsimsel değişikliklerin yük durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 4.62’de görüldüğü gibi 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 4.63 Mevsimsel değişikliklerin grup durumuna göre yaya hızları üzerindeki etkisi

Şekil 4.63’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.

4.2.5 Hız Değişimleri Regresyon Modeli

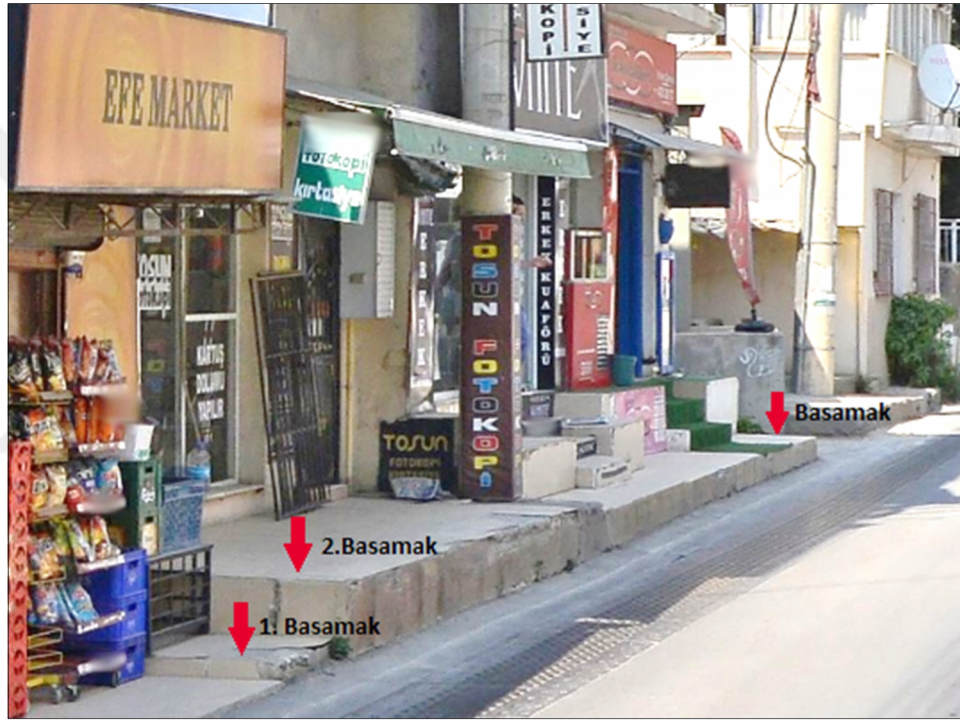
Bölüm 4.2.1 - 4.2.4'te her bir saha için ayrıntılı olarak ele alınan hız verilerinin bütünleştirilmesi ile doğrusal bir çoklu regresyon modeli oluşturulmuştur. Kurulan regresyon modelinde yaya özelliklerine bağlı olan hız değişimlerinin yanı sıra, her bir sahaya ait özel koşullardan kaynaklanan ve hız 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 bu nedenle oluşan konforsuzluk.

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 4.64), Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasında yaya hızları ve konforunu etkileyen basamak yükseklikleri (Şekil 4.65) ve yaya kaldırımlarının genişlikleri regresyonda yer almıştır. Tablo 4.3'te regresyon modelinde kullanılan değişkenler ve bu değişkenlerin sayısal karşılıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.64 Kaldırımdan mecburi iniş ve çıkışlar (Uğur Mumcu Caddesi) (Kişisel arşiv, 2014)



Şekil 4.65 Analizlerde dikkate alınan basamakların gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1) (Kişisel arşiv, 2013)

Tablo 4.3 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler ve bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler

Değişkenler	Sayısal Sembol	Değişkenler	Sayısal Sembol
Cinsiyet		Yük Durumu	
Kadın	0	Yok	0
Erkek	1	Hafif	1
Yaş Grupları		Orta	2
0-15	0	Ağır	3
15-25	1	Kilo Durumu	
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 4.3'te görülen her bir değişkene ait sayısal gösterimler, daha anlamlı sonuçlar elde etmek için 0'dan başlayıp 1 artırılarak verilmiştir. Etüt sahalarında 12 ay boyunca yapılan kayıtlar 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. *Sıcaklık*, *Kaldırım Genişliği* ve *Basamak Yüksekliği* değişkenleri modele sürekli değişken olarak katılmıştır. Oluşturulan çoklu doğrusal regresyon modelinde %5 anlamlılık düzeyi tercih edilmiştir. Tahmin edilen model ve anlamlılık değerleri Tablo 4.4'te sunulmuştur.

Tablo 4.4 Tüm sahalardaki toplam 2279 yaya için oluşturulan regresyon modeli ve anlamlılık değerleri

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R	0,494		Bağımlı Değişken (Tahmin Edilen)		
R Kare	0,244				
Düzeltilmiş R Kare	0,241		Yürüme Hızı (m/s)		
Standart Hata	0,194				
Gözlem	2279				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	9	27,652	3,072	81,47	0,0000
Fark	2269	85,571	0,038		
Toplam	2278	113,223			
BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER					
Değişken	Simge	Katsayılar	St. Hata	t	P-değeri
Kesen	-	1,4838	0,015	97,04	0,0000
Cinsiyet	C	0,0754	0,009	8,55	0,0000
Yaş Grubu	YG	-0,0840	0,005	-15,90	0,0000
Yük Durumu	YD	-0,0269	0,006	-4,76	0,0000
Grup Yürümesi	GY	-0,0789	0,006	-13,49	0,0000
Kaldırımdan Yanal İniş	YnI	0,0107	0,004	2,66	0,0079
Kaldırımdan Yanal Çıkış	YnC	-0,0157	0,004	-3,57	0,0004
Kaldırımdan Yukarı Çıkış	Cks	-0,0125	0,001	-13,61	0,0000
Kaldırımdan Aşağı İniş	Ins	-0,0070	0,001	-9,45	0,0000
Kaldırım Genişliği(cm)	KG	-0,0001	0,000	-2,60	0,0093

Tablo 4.3'te listelenen değişkenler adımsal (stepwise) regresyon yöntemi ile modele dahil edilmiş; *Kilo Durumu* ve *Sıcaklık* değişkenleri beklenen anlamlılık düzeyini (0,05) sağlamadığı için modelin dışında bırakılmıştır. Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan yaya yürüme hızı tahmin modeli Formül 4.1'de verilmiştir. Rastgele özellikler verilerek tanımlanmış temsili birkaç yayanın hızı tahmin modeline göre hesaplanmış ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 4.5).

$$V = 1,4838 + 0,0754 \cdot C - 0,0840 \cdot YG - 0,0269 \cdot YD - 0,0789 \cdot GY + 0,0107 \cdot YnI - 0,0157 \cdot YnC - 0,0125 \cdot Cks - 0,0070 \cdot Ins - 0,0001 \cdot KG \quad (4.1)$$

Tablo 4.5 Çeşitli yaya özelliklerinin ele alındığı senaryolar için tahmin edilen hız değerleri (Değiştirilen değişken değerinin altı çizilmiştir.)

	Yaya Senaryosu	V (m/s)	C	YG	YD	GY	YnI	YnC	Cks	Ins	KG
1.a	Erkek, 30 yaşında, yükü yok, tek başına, basamak yok, 200 cm	1,37	1	2	0	0	0	0	0	0	200
1.b	Erkek, 30 yaşında, yükü yok, tek başına, <u>boyuna 15 cm</u> , 200 cm	1,08	1	2	0	0	0	0	15	15	200
1.c	Erkek, 30 yaşında, yükü yok, tek başına, <u>yanal 15 cm</u> , 200 cm	1,30	1	2	0	0	15	15	0	0	200
1.d	Erkek, 30 yaşında, yükü yok, tek başına, basamak yok, <u>100 cm</u>	1,38	1	2	0	0	0	0	0	0	100
1.e	Erkek, 30 yaşında, yükü yok, tek başına, basamak yok, <u>300 cm</u>	1,36	1	2	0	0	0	0	0	0	300
2.a	Kadın, 50 yaşında, hafif çanta, tek başına, basamak yok, 200 cm	1,19	0	3	1	0	0	0	0	0	200
2.b	Kadın, 50 yaşında, hafif çanta, <u>iki kişi</u> , basamak yok, 200 cm	1,11	0	3	1	1	0	0	0	0	200
2.c	Kadın, 50 yaşında, hafif çanta, <u>dört kişi</u> , basamak yok, 200 cm	0,95	0	3	1	3	0	0	0	0	200
2.d	Kadın, <u>70 yaşında</u> , hafif çanta, tek başına, basamak yok, 200 cm	1,10	0	4	1	0	0	0	0	0	200
2.e	Kadın, 50 yaşında, hafif çanta, tek başına, basamak yok, <u>70 cm</u>	1,20	0	3	1	0	0	0	0	0	70

Yukarıda elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

- Erkek yayalar kadın yayalara göre daha hızlı yürümektedir.
- 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. TS 12576'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 taşıt 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.

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

Yukarıda anlatılan regresyon modelinde r-kare değeri 0,24 mertebelerinde bulunmuştur. Bazı değişkenlere ait değer kategorilerinin tekrar düzenlenmesi ile daha yüksek bir r-kare değerine ulaşılabileceği düşünülmüş; modelde kullanılan değişkenler ve aldıkları değerler tekrar gözden geçirilerek ikinci bir model oluşturulmuştur. Toplamda 2279 olan gözlem sayısı yeni kategoriler oluşturulurken fark edilen birtakım veri hataları nedeniyle yeni modelde 2270'e indirilmiştir. Ayrıca, kısmen yanlışlık içerdiği için basamak inme/çıkma hareketleri ve basamak yüksekliğine ait değişkenler bu modelde hesaba katılmamıştır. Kullanılan her bir değişkenin aldığı değerler ve gözlem sayıları Tablo 4.6'da özetlenmiştir.

Yukarıdaki tabloda ayrıntıları sunulan değişkenlerin kendi arasındaki ve bağımlı değişken (yürüme hızı) ile olan korelasyon değerleri hesaplatılmış ve Tablo 4.7'de sunulmuştur. Kategoriler oluşturulurken yapılan tercihlerden kaynaklanan negatif değerlerin tablodaki pozitif korelasyon değerleri ile birlikte karşılaştırılabilmesi amacıyla korelasyon değerleri bu tabloda mutlak değerleri alınarak gösterilmiştir. Tablodaki gölgelendirilmiş çubukların boyu korelasyon değerinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Tablo 4.6'da da görüldüğü gibi, Yük durumu ve Grup yürümesi durumu ikiye farklı değişken ile temsil edilmeye çalışılmıştır. Beklendiği gibi yüksek

korelasyon sergileyen bu değişken çiftlerinden yalnız bir tanesi modelde kullanılmıştır.

Tablo 4.6 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler, bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler ve gözlem sayıları

Değişken ve Değerler	Sembol	Frekans	Değişken ve Değerler	Sembol	Frekans
Taşıt ile aynı yönde mi?	TYON		Yükü var mı?	YUK	
Hayır	0	981	Yok	0	845
Evet	1	1289	Var (Hafif/Orta/Ağır)	1	1425
Cinsiyet	CNS		Grup durumu	GR3	
Kadın	0	984	Tek yaya	0	1447
Erkek	1	1286	2 veya 3 yaya birlikte	1	773
Genç veya orta yaşlı mı?*	YASGO		4 veya daha çok yaya birlikte	2	50
Yaş < 15 veya Yaş > 40	0	369	Grup halinde mi (yürüyor)?	GR	
15 < Yaş < 40	1	1901	Hayır (tek başına)	0	1447
Kilolu mu?*	KILO		Evet	1	823
Zayıf/Normal	0	1968	Taşıt yolunda mı?	TYOL	
Kilolu	1	302	Hayır (Kaldırımda)	0	1991
Yük durumu**	YUK3		Evet	1	279
Yükü yok	0	845	Kaldırım genişliği standarda uygun mu?	KGENST	
Hafif/Orta	1	1349	Hayır	0	894
Ağır	2	76	Evet	1	1376
Toplam:		2270	Toplam:		2270

* Öznel gözlemlere dayalı olarak ** Kısmen öznel gözlemlere dayalı olarak

Tablo 4.7 Modelde dikkate alınan değişkenler arasındaki korelasyon değerleri

	TYON	CNS	YASGO	KILO	YUK3	YUK	GR3	GR	TYOL	KGENST	V
TYON	1										
CNS	0,011	1									
YASGO	0,030	0,014	1								
KILO	0,004	0,081 **	0,316 **	1							
YUK3	0,007	0,414 **	0,060 **	0,004	1						
YUK	0,008	0,455 **	0,132 **	0,012	0,944 **	1					
GR3	0,054 **	0,088 **	0,092 **	0,086 **	0,003	0,005	1				
GR	0,047 *	0,106 **	0,104 **	0,085 **	0,008	0,016	0,962 **	1			
TYOL	0,010	0,043 *	0,132 **	0,024	0,034	0,042 *	0,007	0,003	1		
KGENST	0,053 *	0,021	0,055 **	0,035	0,035	0,069 **	0,063 **	0,072 **	0,464 **	1	
V	0,022	0,203 **	0,269 **	0,138 **	0,114 **	0,084 **	0,214 **	0,192 **	0,130 **	0,086 **	1
	TYON	CNS	YASGO	KILO	YUK3	YUK	GR3	GR	TYOL	KGENST	V

** Korelasyonun anlamlılık düzeyi 0,01 (iki yanlı sınama).

* Korelasyonun anlamlılık düzeyi 0,05 (iki yanlı sınama).

Yürüme hızını (V) tahmin etmek üzere adımsal (stepwise) yöntemle %5 anlamlılık düzeyi için oluşturulmuş çoklu doğrusal regresyon modeli Tablo 4.8’de verilmiştir. Düzeltilmiş r-kare değerinin 0,2 mertebesinde olduğu görülmektedir. Değişkenler ve kategorilerde yapılan iyileştirmelere karşın r-kare değerinde beklendiği şekilde yükselme görülmemiştir. Bu durum, önceki modelde dikkate alınmış olmasına rağmen

basamak inme/çıkma hareketleri ve basamak yüksekliğine ait değişkenlerin bu modelde dikkate alınmamış olması ile açıklanabilir.

Tablo 4.8 Tüm sahalardaki toplam 2270 yaya için oluşturulan ikinci regresyon modeli ve anlamlılık değerleri

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R	0,449			Bağımlı Değişken (Tahmin Edilen)	
R Kare	0,201				
Düzeltilmiş R Kare	0,199			Yürüme Hızı (m/s)	
Standart Hata	0,199				
Gözlem	2270				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	8	22,600	2,825	71,30	0,0000
Fark	2261	89,580	0,040		
Toplam	2269	112,180			
BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER					
Değişken	Simge	Katsayılar	St. Hata	t	P-değeri
Kesen	-	1,1279	0,017	67,87	0,0000
Taşıt ile aynı yönde mi?	TYON	0,0164	0,008	1,93	0,0532
Cinsiyet	CNS	0,0666	0,009	7,11	0,0000
Genç veya orta yaşlı mı?	YASGO	0,1480	0,012	12,14	0,0000
Kilolu mu?	KILO	-0,0390	0,013	-2,99	0,0028
Yük durumu	YUK3	-0,0282	0,009	-3,31	0,0010
Grup durumu	GR3	-0,1017	0,008	-12,70	0,0000
Taşıt yolunda mı?	TYOL	0,1141	0,015	7,80	0,0000
Kaldırım genişliği standarda uygun mu?	KGENST	0,0781	0,010	7,98	0,0000

Tablo 4.8’de sıralanan değişkenlerden TYON (yaya taşıt ile aynı yönde mi?) değişkeni %95 anlamlılık düzeyi sınırında bulunmasına rağmen, yön farkının hız üzerindeki etkisinin görülebilmesi için modelden çıkarılmamıştır. Tablodaki katsayılara bakıldığında yaya hızı için bir önceki modele ek olarak şu çıkarımlarda bulunulabilir: Yaya sırtı dönük olduğu için yaklaşan taşıt akımını görmediğinde, muhtemelen bu durumdan daha çabuk çıkmak amacıyla, daha hızlı yürüme eğilimi göstermektedir. Çocuk yaştaki ve orta yaş üstü yayalar daha yavaş yürümektedir. Kilolu yayalar daha yavaş yürümektedir. Yük düzeyi artışı ile hız düşmekte; benzer şekilde, artan yaya sayısı ile grup halinde ilerleyen yayaların hızları da düşmektedir. Taşıt yolunda yürümek durumunda kalan yaya hızını artırmaktadır. Standart minimum kaldırım genişliğinin sağlanmadığı enkesitlerde yayalar daha yavaş yürümektedir.

4.2.6 Hızların Mikroskobik Ölçekte Analizi

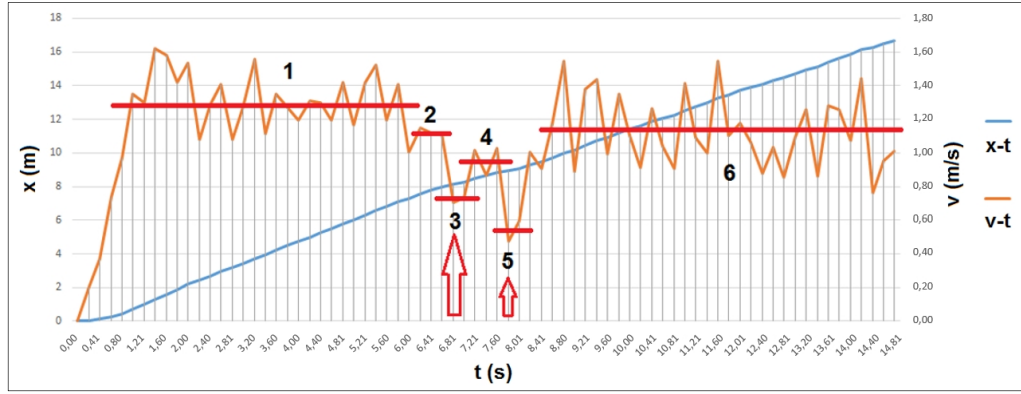
Bu bölümde sunulan analizler Bölüm 3.3.4'te değinilen algoritma çalışmaları sonucu elde edilen kısıtlı özellikteki yaya izlerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Yayaların aniden karşılaştıkları engeller ve ortam kısıtları nedeniyle yaya hızlarının nasıl bir değişim gösterdiği ortaya konmaya çalışılmıştır. Algoritma çalışmaları ile elde edilmiş bulunan yaya izleri, yayanın bacaklarının yürüme esnasında yaptığı salınımlar nedeniyle aniden yavaşlayan ve hızlanan bir hareket sergilemektedir. Ham haliyle bu hız verisine *hız sinyali* adı verilmektedir. Algoritma çıktısı olarak alınan veri biçimini gösteren bir örnek Tablo 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.9 Algoritmadan alınan yaya izi verisi örneği

Zaman Kaydı	İz14		İz35	
0/1/2:	1		1	
1?:	1	1	1	1
x/y (cm):	x	y	x	y
14:59:19:204				
14:59:19:403				
14:59:19:603	533,57	283,88		
14:59:19:803	538,25	283,66		
14:59:20:003	543,54	283,8		
14:59:20:203	550,44	282,52		
14:59:20:403	556,75	281,63		
14:59:20:603	562,81	281,15		

Yayaların kaldırım sorunları karşısındaki mikro hareketleri bağlamında, söz konusu yaya izlerinden göreceli olarak daha anlamlı sinyaller veren bir tanesi seçilerek aşağıda ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Yayanın yol-zaman ve hız-zaman grafiği çizdirilmiş; Şekil 4.66'da sunulmuştur. Grafikte, her bir zaman adımına karşılık gelen kümülatif mesafeler ve bu mesafelere karşılık gelen hız değerleri görülmektedir.

Düşey eksenler konum ve hız yatay eksen ise zaman verilerini içermektedir. Bu grafikte çizgilerin eğimlerinden ilgili yayanın hızlandığı ve yavaşladığı anlar açıkça görülebilmektedir. Ayrıca incelenen yol kesimlerinden her birine ait ayrıntılı AutoCAD çizimi MATLAB ortamına aktarılması ile yayaların yavaşlama ve hızlanmalarının meydana geldiği noktalar yol ve kaldırım planı üzerinde gözlenebilmektedir. Bu incelemeler sonucunda yayaların hareketleri üzerinde kısıtlayıcı etkilerde bulunan mekansal noktalar açıkça görülebilmektedir.



Şekil 4.66 Çeşitli engellerle karşılaşan bir yaya için hesaplanan hız sinyallerine bağlı konum-zaman ve hız-zaman grafikleri



Şekil 4.67 Yukarıdaki Şekil 4.66’da grafiği verilen yayanın izlediği yol ve çevresi (Kişisel arşiv, 2013)

Şekil 4.66 üzerinde numaralandırılmış yatay çizgiler yayanın yürüdüğü kaldırımdaki 6 farklı bölgeye ait ortalama hız değerlerini temsil etmektedir. Burada; 1 numaralı bölge yayanın karışısına her hangi bir engel çıkmadan serbestçe yürümesini, 2 numaralı bölge yayanın büfe önündeki ürünlere bakma nedeniyle anlık yavaşlamasını, 3 numaralı bölge yayanın karşısına çıkan ilk basamaktaki hız kaybını, 4 numaralı bölge yayanın birinci (küçük) basamağa kadar yürümesini, 5 numaralı bölge yayanın ikinci (büyük) basamağa tırmanmasını, 6 numaralı bölge kaldırım darlığı nedeniyle yayanın önündeki yayayı geçemediği için hız azaltarak takip etmesini temsil etmektedir. Bu hareketler Şekil 4.68’de açıkça görülmektedir.



Şekil 4.68 Aynı yayanın 1., 2., 5. ve 6. bölgelerdeki anlık görüntüleri (Kişisel arşiv, 2014)

Şekil 4.66'daki grafikte de görüldüğü gibi 1 numaralı bölgede yayanın hız değeri, yayanın karşısına her hangi bir engel çıkmadığı durumda ortalama 1,28 m/s olarak hesaplanmıştır. Bu değerdeki ilk değişim, 2 numaralı bölgede yaya büfenin önünden geçerken, sergilenen ürünlerin dikkatini çekmesi ile meydana gelmiştir. Bu nedenle yayanın bu bölgede hızı 1,17 m/s'ye kadar düşmüştür. Bu bölgeden sonra yayanın karşısına çıkan ilk basamak nedeniyle yayanın hızında 0,44 m/s'lik değişim (azalma) meydana gelmiştir. Bu bölgeden sonra yaya hızını tekrar yükseltmek istese de karşısına çıkan daha yüksek bir basamak nedeniyle hızında tekrar bir düşüş yaşanmaktadır. Hem karşısına art arda çıkan basamaklar nedeniyle hem de iki basamak arasındaki bulunan yükseklik farkı nedeniyle yayanın yürüme konforu önemli ölçüde etkilenmektedir.

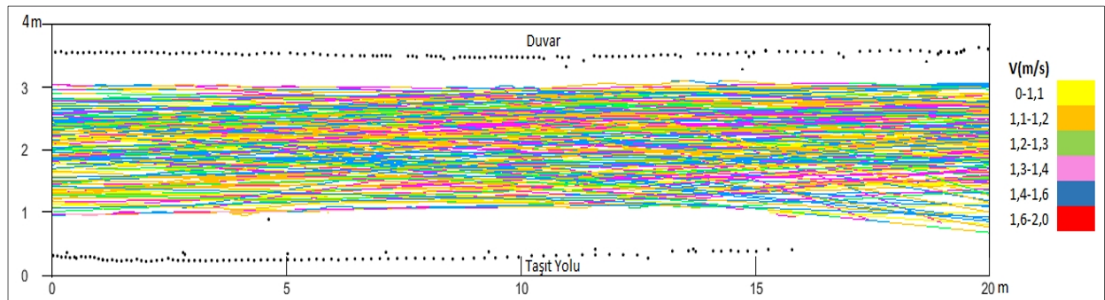
Eğer yaya ikinci basamağa kadar 1 numaralı bölgedeki hızını sürdürebilseydi yani karşısına çıkan basamaklar olmasaydı ve bu basamaklardan dolayı hız kaybı yaşamaydı 8,3 m'lik bir mesafeyi yaklaşık olarak 7,35 saniyede kat edebilecekti. Fakat yukarıda da bahsedildiği gibi yayanın karşısına çıkan basamaklar nedeniyle yaya bu bölgelerin toplamını 0,45 saniye gecikme ile tamamlamaktadır. Bu gecikme süresi ele alınan yolculuk süresinin %6'sına ($0,45 \text{ s} / 7,35 \text{ s}$) karşılık gelmektedir. Değerinecek olan diğer bir nokta ise 6 numaralı bölgede yayanın karşısına başka bir yol kullanıcısının çıkması ve kaldırım geometresinden kaynaklı olarak yayanın önündeki kişiyi geçemeyip hızını o kişiye göre ayarlaması sonucunda yayanın ortalama hızı 1,15 m/s olarak hesaplanmıştır ve bu bölgede yaşadığı gecikme 0,57 saniye olarak gerçekleşmiştir.

Mikro ölçekte hareketleri irdelenen ve Şekil 4.66’da hız sinyalleri gösterilen yayanın yaşadığı gecikme, aynı hız sinyallerindeki değişime bağlı olarak Bölüm 4.3.1’de ayrıca ele alınmıştır. Burada anlatılan gözlem ve gecikme hesabı bir tek yaya içindir ve istatistik olarak anlamlılığı sınanmamıştır ancak yaşanan sorunla ilgili oldukça somut bir fikir vermektedir. Söz konusu analizin çok sayıda yaya ile, belli bir istatistik anlamlılık düzeyinde tekrarlanmamış olmasının nedeni, Bölüm 3.3.4’te açıklanan algoritma çalışmalarında yaya izlerinin beklenen kolaylık ve doğrulukta otomatik yöntemle oluşturulması başarısının elde edilememiş olmasıdır.

Aşağıdaki bölümlerde, her bir etüt sahasına ait veri kümesinin kullanılması ile elde edilmiş hız değerleri renk skalası kullanılarak yaya izleri üzerinde gösterilmiştir.

4.2.6.1 Kontrol Yol Kesiminde Yaya Hareketleri

Kontrol yol kesimi olarak ele alınan Hukuk Fakültesi’nin karşısında bulunan yaya kaldırımını kullanan yayaların, hız değişimleri renk kodlamalı olarak Şekil 4.69’da görülmektedir. Kaldırım üzerinde otobüs durağı bulunması nedeniyle yayaların otobüs durağını geçtikten sonra (serbest hızlarına kavuştukları kesitten sonrası), 30 dakikalık ölçüm boyunca hızlar renk kodlamalı olarak çizdirilmiştir (Şekil 4.69 ve Şekil 4.70).



Şekil 4.69 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (kontrol yol kesimi)

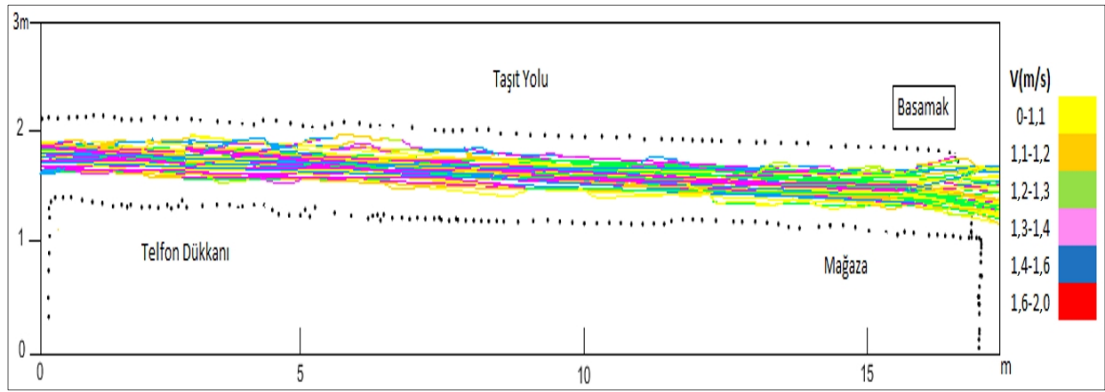


Şekil 4.70 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) genel görünümü (Kişisel arşiv, 2014)

Şekil 4.69’da 0,0-1,1 (m/s) arası sarı renk, 1,1-1,2 (m/s) arası turuncu renk, 1,2-1,3 (m/s) arası yeşil renk, 1,3-1,4 (m/s) arası pembe renk, 1,4-1,6 (m/s) arası mavi renk, 1,6-2,0 (m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile temsil edilmektedir. Yukarıdaki karmaşık gözüken renkler, Bölüm 4.2.6’nın başında tanımlanmış bulunan hız sinyallerindeki ani değişimlerden kaynaklanmaktadır. Kullanılan hız aralıkları gözden geçirilerek Bölüm 4.2.6.4’te bir örneği sunulduğu gibi daha anlaşılır çizgiler elde edilmesi mümkündür.

4.2.6.2 Yetersiz Genişlikteki (Dar) Kaldırımda Yaya Hareketleri

Uğur Mumcu Caddesi’nde enkesit genişliği yayaların serbest hareketini kısıtlayıcı düzeyde olan bölümde algoritma yardımıyla yayaların hızları renk kodlamalı olarak çizdirilmiştir. Yaya hızları 0,0-1,1 (m/s) arası sarı renk, 1,1-1,2 (m/s) arası turuncu renk, 1,2-1,3 (m/s) arası yeşil renk, 1,3-1,4 (m/s) arası pembe renk, 1,4-1,6 (m/s) arası mavi renk, 1,6-2,0 (m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Kaldırımdan çıkan yayaların hızlarındaki azalma grafikte açıkça görülmektedir.



Şekil 4.71 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi dar kaldırım kesiti)⁵

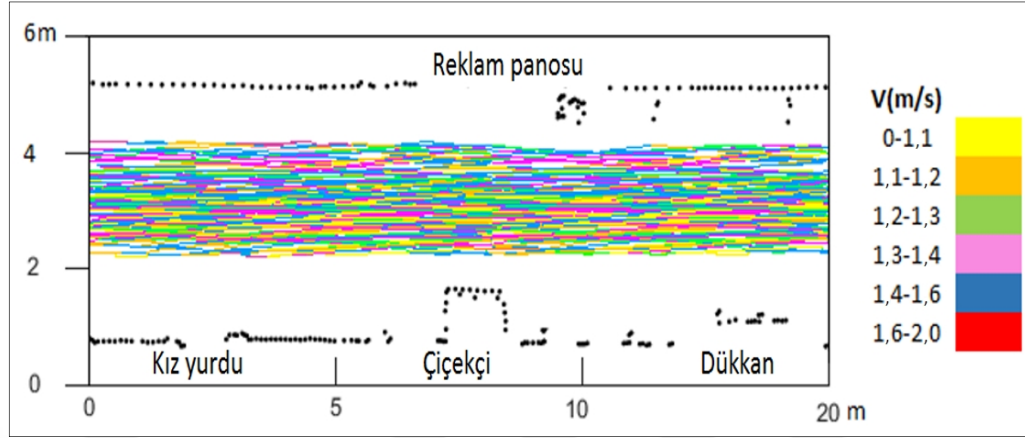


Şekil 4.72 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki dar kaldırımın görünümü (Kişisel arşiv, 2013)

Uğur Mumcu Caddesinde enkesit genişliği yeterli olmakla birlikte engeller ve işgaller nedeni ile yayaaların yürüyüş alanlarının sınırlandırıldığı bölümde yayaaların hızları renk kodlamalı olarak çizdirilmiştir. Yaya hızları 0,0-1,1 (m/s) arası sarı renk, 1,1-1,2 (m/s) arası turuncu renk, 1,2-1,3 (m/s) arası yeşil renk, 1,3-1,4 (m/s) arası pembe renk, 1,4-1,6 (m/s) arası mavi renk, 1,6-2,0 (m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile gösterilmiştir. Yayalar engellere temas etmeyecek şekilde kendi yürüme koridorlarını oluşturmuşlardır ve bu hayali koridor boyunca yürümektedirler. Kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi sahasında) yürüyen yayalar ve Uğur Mumcu

⁵ Renklerin belirgin görülmesi amacıyla şekil düşey doğrultuda bir miktar uzatılmıştır.

Caddesi’nde yürüyen yayalar yaklaşık olarak aynı yürüme davranışı gösterdikleri için renk kodlamaları benzer karakterdedir.



Şekil 4.73 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Uğur Mumcu Caddesi işgallerden dolayı daralan bölge)⁶

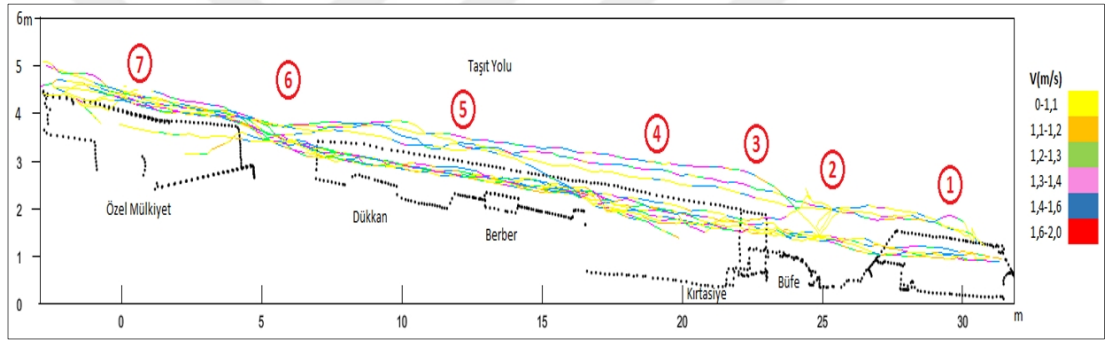


Şekil 4.74 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki kaldırımın geniş ancak işgallerden dolayı daralan kesiminin görünümü (Kişisel arşiv, 2013)

⁶ Renklerin belirgin görülmesi amacıyla şekil düşey doğrultuda bir miktar uzatılmıştır.

4.2.6.3 Değişen Enkesitli Yol Kesiminde Yaya Hareketleri

Aşağıdaki Şekil 4.75 plan dışı ve kurlsız 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 0,0-1,1 (m/s) arası sarı renk, 1,1-1,2 (m/s) arası turuncu renk, 1,2-1,3 (m/s) arası yeşil renk, 1,3-1,4 (m/s) arası pembe renk, 1,4-1,6 (m/s) arası mavi renk, 1,6-2,0 (m/s) arasında ise hızlar kırmızı renk ile temsil edilmektedir.



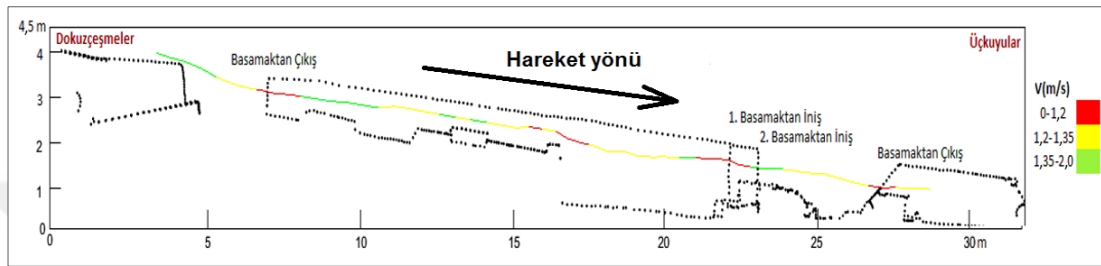
Şekil 4.75 Yaya hızlarının izler üzerinde renk kodlu gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)



Şekil 4.76 Kıbrıs Caddesi 1 sahası genel görünümü (Kişisel arşiv, 2013)

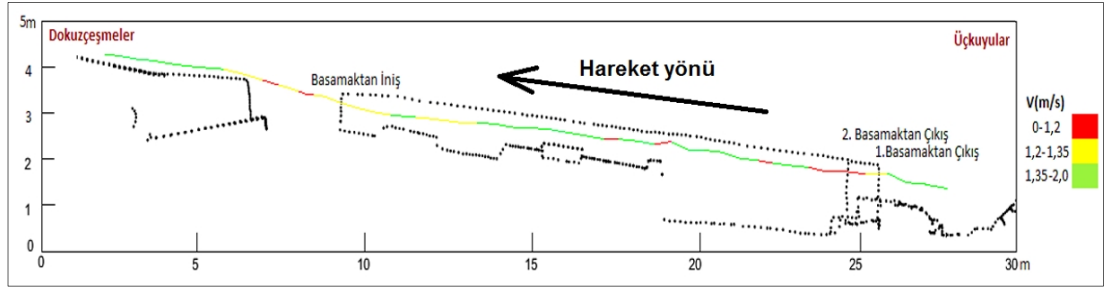
4.2.6.4 Basamak İnme ve Çıkma Hareketi

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 (Şekil 4.77). 0,0-1,2 (m/s) hızlar kırmızı renkle, 1,2-1,35 (m/s) hızlar sarı renkle, 1,35-2,0 (m/s) arasındaki hızlar yeşil renkle temsil edilmektedir.



Şekil 4.77 Dokuzçeşmeler'den Üçkuyular yönüne giden yayanın hız gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)

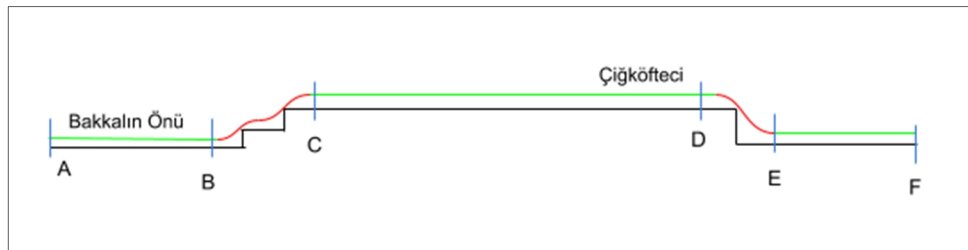
Şekil 4.77’de Üçkuyular yönüne giden yayanın kaldırım sürekliliğinin sağlanmamasından dolayı maruz kaldığı zorunlu manevralar ve kaldırımdan iniş–çıkış kaynaklı yaşadığı konfor kayıpları açıkça görülmektedir. İlgili yaya, yürüyüşünü kaldırımda devam ettirmek sureti ile basamak yüksekliği 20 cm olan bir kaldırımdan çıkmaktadır. Kaldırımdan çıkarken renkler ile simgelenen hızın sarı renkten kırmızı renge dönmesiyle 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 kanıya varılabilir; yüksek basamaklardan çıkışlar ve inişler yayaların hız kaybına uğramasına neden olmaktadır ama standartlar çerçevesinde tasarlanan kaldırımdan inişlerde ise böyle bir durum söz konusu değildir.



Şekil 4.78 Üçkuyular'dan Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın hız gösterimi (Kıbrıs Caddesi 1)

Şekil 4.78'de Üçkuyular yönünden Dokuzçeşmeler yönüne giden yayanın kaldırım sürekliliğinin sağlanmamasından dolayı maruz kaldığı zorunlu manevralar ve kaldırımdan iniş ve çıkış kaynaklı yaşadığı konfor kayıpları açıkça görülmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi, basamak yüksekliği ile orantılı olarak basamak çıkışları yayaaların hız kaybına uğramasına neden olmaktadır. 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 4.2.5, 4.3 ve 4.4'te ortaya çıkan sonuçlar yukarıda elde edilen sonuçları desteklemektedir. Yürüme hızı yanı sıra güvenlik ve konfor algısı ile birlikte değerlendirildiğinde, söz konusu sorunlu kaldırım kesimi boyunca yaya hareketinin karşılaştığı direnç bölgeleri Şekil 4.79'da şematik olarak gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.79 Kaldırım boykesiti üzerinde yaya hızındaki değişimin yaklaşık şematik gösterimi

Şekilde yeşil (açık renkli) çizgiler yayanın engelsiz yürüdüğü, kırmızı (koyu renkli) eğriler ise çeşitli engellerle karşılaştığı kesimleri temsil etmektedir.

4.2.7 Yürüme Hızının Çevresel Etkenleri

Bölüm 4.2.1 - 4.2.6'da, yaya hızları ve değişimleri ile ilgili gözlem noktalarından elde edilen veri kümeleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda, yayalara ait demografik özellikler dışında, yaya hızlarının fiziksel etkenleri için genel olarak aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

- Yetersiz kesit genişliği olan kaldırımlardaki engellerin yaya hareketleri üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Dar kaldırım genişlikleri, yayalar üzerinde göreceli olarak daha geniş olan kaldırımlardaki elektrik direği veya ağaç engeline benzer bir etki yapmakta; yayaların hızlarında söz konusu engeller nedeniyle azalma gözlenmektedir.
- 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 yolunda yürümeyi tercih etmektedirler. Bunun sonucunda yaya-taşıt çatışmaları ve güvenlik riskleri doğmaktadır. Diğer yandan, yüksek basamak bulunmasına rağmen kaldırımdan yürümeyi tercih eden yayalar basamak iniş çıkışlarda daha dikkatli davranmakta; hız ve konforlarında azalma meydana gelmektedir.
- Yük taşıyan yayaların kaldırımda yürüdükleri koşullar incelendiğinde, yayaların ortalama hızlarının, taşıdıkları yük ağırlığı arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir. Bu beklenen bir durumdur. Ancak kaldırımın olmadığı veya farklı engeller nedeniyle 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 manevra kabiliyetleri diğer yayalara oranla daha azdır. Bunun sonucunda, özellikle ağır yük taşıyan yayaların taşıtlarla karşılaşma olasılığı nedeniyle daha fazla tedirgin oldukları; ilk fırsatta kaldırıma çıkarak çatışma olasılığından uzaklaşma dürtüsüyle daha hızlı hareket etme eğiliminde oldukları düşünülmektedir.

- Kaldırımlardaki fiziksel sorunların etkisine ek olarak grup yürümesinin etkisi dikkate alındığında, grup halinde yürüyen yayalarda ortalama hız değeri gruptaki kişi sayısı arttıkça azaldığı görülmektedir. Kişi sayısı arttıkça yayaların kaldırımda kullandıkları alan kısıtlanmakta ve hızlarını değiştirme olanakları azalmaktadır. Bu nedenle, grup halinde yürüyen yayaların hızlarındaki değişim, diğer yayalara oranla daha düşüktür.

4.3 Yaya Yolculuk Süreleri ve Gecikmeler

Bölüm 4.2.1 - 4.2.4'te ayrıntılı olarak sunulduğu gibi, kontrol yol kesiminde (Hukuk Fakültesi sahasında) yürüyen bir yayanın hızı ile aynı yaya özelliklerine sahip Kıbrıs Caddesi 1'de yürüyen bir yayanın hızı aynı değerlere sahip olmadığı belirlenmiştir. İki değer arasındaki farklılığın, Hukuk Fakültesi etüt sahası yayalar için daha konforlu bir yürüme ortamı sunarken Kıbrıs Caddesi 1 etüt sahasında bulunan kaldırımın, olması gereken azami kaldırım yüksekliğini sağlamayıp aynı zamanda daha dar bir kesite sahip olmasından kaynaklandığı 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 yolculuk sürelerini de etkilemektedir. İncelenen yol kesimlerinde karşılaşılan ve yayaların yolculuk 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 kaldırımı paylaşan zıt veya aynı yönlü yürüyen yayaların fiziksel yaklaşımdan kaçınmak amacıyla kaldırımdan inmeleri.

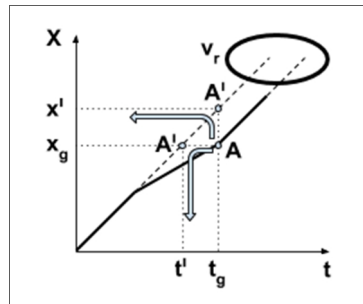
Yaya yolculuk süresini etkileyen, yukarıda listelenmiş bulunan mikro hareketlerden yola çıkılarak, yayaların yolculuk sürelerinin farklı durumlardan ne ölçüde etkilendiği

bu bölümde irdelenmiştir. Öncelikle yayalara ait serbest rejim hızı, yolculuk süresi ve gecikme kavramlarına kısaca değinilecek; sonrasında Kıbrıs Caddesi 1 ve Uğur Mumcu Caddesi etüt sahalarında yaşanan gecikmenin hesaplanmasına yönelik örneklere yer verilecek; son olarak da yayanın yürüdüğü belli uzunluktaki bir koridor üzerinde yaşadığı toplam gecikme ile ilgili bir yaklaşım önerilecektir.

4.3.1 Sorunlu Kaldırımlarda Yaya Gecikmesi

İncelenen yol kesimlerinde karşılaşılan ve yayaların yürüme hızına etki eden istenmeyen durumlar üç kategori altında sınıflandırılabilir: (1) Gecikmeye neden olanlar, (2) hızlanmaya neden olup konforu olumsuz etkileyenler, (3) yürüme esnasında mikro tercihlerde (yönelimlerde) kararsızlığa neden olanlar. Bu bağlamda değerlendirilebilecek mikro hareket ve etkileşimler, yaya-taşıt çatışmasının irdelendiği Bölüm 4.5.1’de çeşitlendirilmiştir. Aşağıda yayaların yaşadığı gecikme üzerinde durulmuş; ayrıca basamak inişlerinde konforsuzluğa neden olan hızlanmalara değinilmiştir.

Yukarıda sıralanan mikro hareketleri doğuran 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, kaldırım sorunlarından herhangi biri karşısında yayanın yaşayacağı yol kaybı ve gecikme (zaman kaybı) şematik olarak Şekil 4.80’deki gibi gösterilebilir.

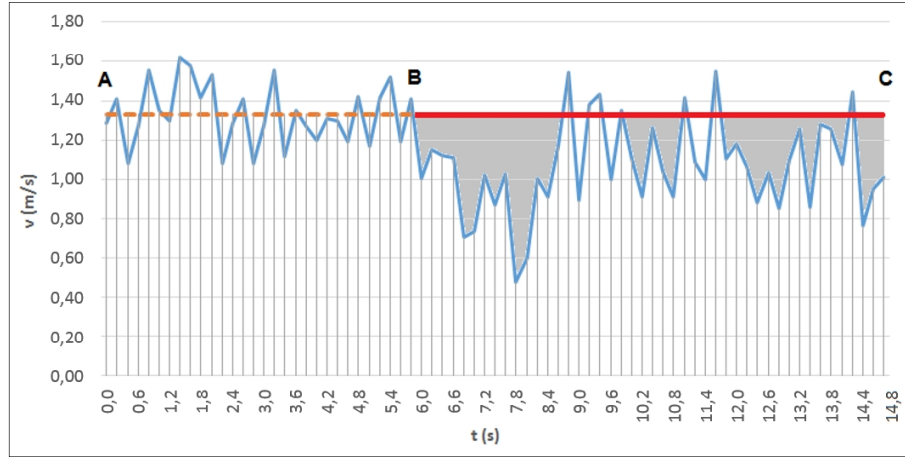


Şekil 4.80 Kaldırım sorunları nedeniyle yayaların maruz kaldığı yol ve zaman kayıpları

Burada A noktası, yol-zaman grafiği üzerinde, yayanın gecikme göstererek aştığı bir engelden sonra tekrar serbest rejim hızına ulaştığı varsayılan noktayı temsil etmektedir. t_g ve x_g ise sırasıyla A anında gözlemlenen gerçek süre ve mesafe

değerleridir. x^l terimi, eğer kaldırımda sorun bulunmasaydı ve yaya rejim hızını sürdürebilseydi t_g süresinde varmış olabileceği mesafeyi ifade etmektedir. t^l terimi ise, benzer şekilde, eğer yaya hız kaybetmeden yürümeye devam edebilseydi x_g konumuna ulaşmış olabileceği erken süreyi ifade etmektedir. Bu noktalar hız-zaman grafiği üzerinde A^l olarak işaretlenmiştir. Dolayısıyla, kaldırım sorunları nedeniyle yayaların yolculuk sürelerinde artış meydana gelmekte; süre (zaman) veya kat edilen mesafe (yol) olarak iki farklı yönden değerlendirilebilecek bir kayıpla karşı karşıya kalmaktadırlar. Çalışma kapsamındaki analizlerde, literatürdeki yaygın kullanımı ile *gecikme (delay)* olarak adlandırılan trafikte süre kaybı tanımına uygun olması açısından zamansal kayıplar (gecikmeler) üzerinde durulması tercih edilmiştir.

Daha önce Bölüm 4.2.6’da hız sinyallerine yer verilen yayaya ait hız-zaman eğrisi ve istenmeyen yavaşlamalar nedeniyle ortaya çıkan yol kayıpları aşağıda Şekil 4.81 üzerinde gösterilmeye çalışılmıştır. Buradaki yatay çizgi, yayanın herhangi bir engel olmadan yol alabildiği A-B kesitleri arasındaki serbest rejim hızı olan 1,33 m/s değerini göstermektedir. Çizginin sağdaki kesikli olmayan kısmı ise B-C kesitleri aralığındaki engeller nedeniyle yayanın hızında meydana gelen azalmayı ve aynı kümülatif süre içerisindeki yaklaşık yol kaybını belirtmek için uzatılmıştır. Gri ton ile renklendirilmiş alanlar, söz konusu yol kaybı hakkında fikir vermektedir. Şekilde ham hız sinyalleri kullanıldığından, gri tonlama yapılırken yalnızca önemli görülen alanlar işaretlenmiştir. Yatay ve düşey eksenlerdeki değişkenlere ait birimler dikkate alınırsa, bu değerlerin çarpımları, $(m/s) \times (s) = (m)$ olacak; dolayısıyla gri alanların yayanın C noktasına vardığında aynı sürede ulaşmış olabileceği mesafenin farkını temsil ettiği anlaşılabacaktır. Bu mesafe aynı zamanda, Şekil 4.80’de gösterilen $(x^l - x_g)$ farkına eşittir.



Şekil 4.81 Yayanın maruz kaldığı hız ve yol kayıpları

Etüt sahalarındaki kaldırım sorunları nedeniyle yaşanan mikro gecikmeler farklı yaklaşımlarla aşağıda irdelenmiştir. Yaya özelliklerini dikkate alan bir yürüme rejim hızının tahmin edilebilmesi amacıyla kontrol yol kesiminde elde edilen gözlemler üzerinden bir regresyon modeli oluşturulmuştur. Ayrıca, ortalama bir yayanın kontrol yol kesimi üzerindeki ortalama serbest hızı belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında iki farklı sahada gecikme değerleri üç farklı yaklaşımla hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

4.3.2 Gecikme Hesabına Yönelik Rejim Hızı Regresyon Modeli

Yukarıda değinilen yürüme rejim hızının belirlenebilmesi için, kontrol yol kesimi olarak seçilen Hukuk Fakültesi sahasında gerçekleştirilen analizler yardımıyla sadece yaya özelliklerine bağlı bir regresyon modeli elde edilmiştir. Buradaki amaç, sorunlu kesimde yürüyen yaya ile aynı özelliklere sahip kontrol yol kesiminde yürüyen yayanın karşılaştırmasını yapmaktır.

Tablo 4.10’da görülen her bir kategoriye ait sayısal gösterimler daha anlamlı sonuçlar vermesi için 0’dan başlayıp 1 artırılarak verilmiştir. Sıcaklık değerleri 12 ay boyunca yapılan çekimler sırasında ölçülmüştür.

Tablo 4.10 Regresyon analizinde dikkate alınan değişkenler ve bu değişkenlere ait kategorileri temsil eden sayısal değerler

Değişkenler	Sayısal Sembol	Değişkenler	Sayısal Sembol
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
Kilo Durumu		4 Kişi	3
Zayıf	0	5 Kişi	4
Normal	1	Sıcaklık (C°)	
Kilolu	2	Ölçülen sıcaklık değerleri	

Yukarıdaki değişkenler ve aldıkları değerler kullanılarak Tablo 4.11’de sunulan çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. Modelde %5 anlamlılık düzeyi tercih edilmiştir.

Tablo 4.11 Hukuk Fakültesi etüt sahasında (kontrol yol kesiminde) gözlemlenen 1112 yaya için oluşturulan regresyon modeli ve anlamlılık değerleri

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R	0,504		Bağımlı Değişken (Tahmin Edilen)		
R Kare	0,254				
Düzeltilmiş R Kare	0,251		Yürüme Hızı (m/s)		
Standart Hata	0,173				
Gözlem	1112				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	5	11,234	2,247	75,47	0,0000
Fark	1106	32,928	0,030		
Toplam	1111	44,162			
BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER					
Değişken	Simge	Katsayılar	St. Hata	t	P-değeri
Kesen	-	1,4103	0,016	87,58	0,0000
Cinsiyet	C	0,0718	0,011	6,36	0,0000
Yaş Grubu	YG	-0,0963	0,008	-12,82	0,0000
Kilo Durumu	KD	-0,0303	0,011	-2,69	0,0073
Yük Durumu	YD	-0,0246	0,007	-3,42	0,0006
Grup Yürümesi	GY	-0,0905	0,007	-13,36	0,0000

Modelde 1,41 m/s olarak hesaplanan kesen değeri, aşağıda Bölüm 4.3.3.1’de değinildiği gibi, kontrol yol kesimindeki 15-40 yaş grubuna dahil, yüksüz, tek başına yürüyen ve normal kiloya sahip yayaların ortalama hız değerine karşılık gelmektedir.

Modele istenen anlamlılık düzeyinde (0,05) katkı vermeyen *Sıcaklık* sürekli değişkeni model dışında bırakılmıştır. Regresyon analizi sonucunda ortaya çıkan yaya yürüme hızı tahmin modeli Formül 4.2’de verilmiştir. Rastgele özellikler verilerek tanımlanmış temsili birkaç yayanın hızı tahmin modeline göre hesaplanmış ve aşağıda sunulmuştur (Tablo 4.12).

$$V = 1,4103 + 0,0718*C - 0,0963*YG - 0,0303*KD - 0,0246*YD - 0,0905*GY \quad (4.2)$$

Tablo 4.12 Çeşitli yaya özelliklerinin ele alındığı senaryolar için tahmin edilen hız değerleri (Değiştirilen değişken değerinin altı çizilmiştir.)

	Yaya Senaryosu	V (m/s)	C	YG	KD	YD	GY
1.a	Erkek, 30 yaşında, normal kiloda, yükü yok, tek başına	1,26	1	2	1	0	0
1.b	Erkek, 30 yaşında, <u>kilolu</u> , yükü yok, tek başına	1,23	1	2	2	0	0
1.c	Erkek, <u>50 yaşında</u> , normal kiloda, yükü yok, tek başına	1,16	1	3	1	0	0
1.d	Erkek, 30 yaşında, normal kiloda, <u>ağır çanta</u> , tek başına	1,19	1	2	1	3	0
1.e	Erkek, 30 yaşında, normal kiloda, yükü yok, <u>üç kişi</u>	1,08	1	2	1	0	2
2.a	Kadın, 50 yaşında, normal kiloda, hafif çanta, tek başına	1,07	0	3	1	1	0
2.b	Kadın, 50 yaşında, <u>zayıf</u> , hafif çanta, tek başına	1,10	0	3	0	1	0
2.c	Kadın, <u>14 yaşında</u> , normal kiloda, hafif çanta, tek başına	1,36	0	0	1	1	0
2.d	Kadın, 50 yaşında, normal kiloda, <u>ağır çanta</u> , tek başına	1,02	0	3	1	3	0
2.e	Kadın, 50 yaşında, normal kiloda, hafif çanta, <u>üç kişi</u>	0,89	0	3	1	1	2

Yukarıda elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

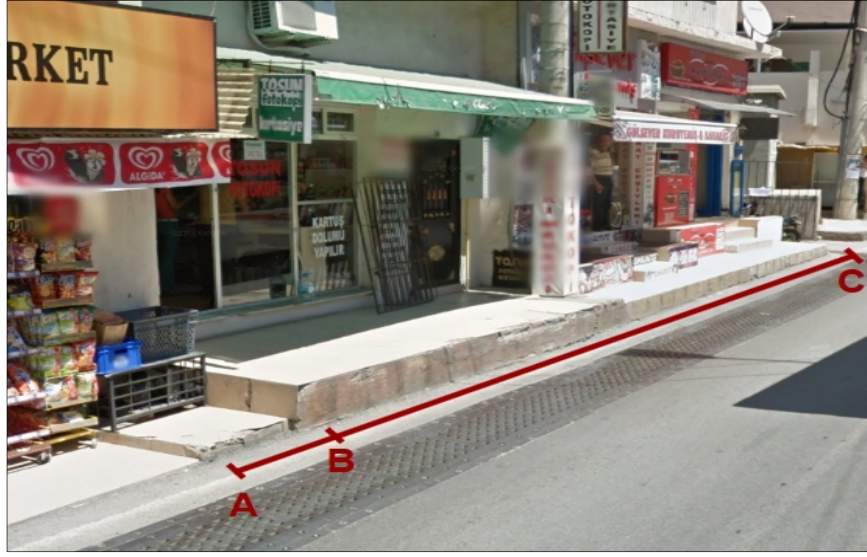
- Erkek yayalar kadın yayalara göre daha hızlı yürümektedir.
- Yaşlı yayalar genç yayalara oranla daha yavaş yürüme eğilimindedir.
- Yayaların kilosu arttıkça hızları azalmaktadır.
- Ağır yük taşıyan yayalar yük taşımayan yayalara oranla yavaş yürümektedir.
- Grup halinde yürüyen yayaların hızı gruptaki kişi sayısı arttıkça azalmaktadır.

4.3.3 Etüt Sahalarında Gözlemlenen Gecikmeler

Farklı etüt sahalarında yayaaların yolculuk sürelerindeki değişimleri görmek amacıyla Formül 4.2’de verilen regresyon modeli kullanılmış ve aşağıda sunulan analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3.3.1 Kıbrıs Caddesi 1

Kıbrıs Caddesi 1’de Üçkuyular yönüne giden yayaaların yolculuk süresinin etkenleri incelenmiştir. Şekil 4.82’de A-B arasında basamak inişlerinden kaynaklı meydana gelen değişimler Tablo 4.13’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 4.13’te ilk sütunda bulunmaktadır. Eğer yaya kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi sahasındaki gibi bir kaldırımda yürüseydi daha farklı bir hıza sahip olacaktı. Buradan yola çıkılarak, yukarıda anlatılan *regresyon modelinin* (Tablo 4.4) kullanılmasıyla yayanın A-B bölgesinden geçebileceği 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 *serbest hızı* daha önce Hukuk Fakültesi sahası (kontrol yol kesimi) üzerinde gerçekleştirilen 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}).



Şekil 4.82 Yolculuk süresinde değişime neden olan bölgelerin noktasal gösterimi (Kişisel arşiv, 2013)

Tablo 4.13 Kaldırım boyunca görülen basamak *inme* hareketinin yolculuk süresine etkisi (gecikme)

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
0,25	0,43	0,51

Tablo 4.13'te yayalara ait ortalama Δt değerleri sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yayalar basamak inişlerinden dolayı kaldırımdaki yürüme hızlarını koruyamadıkları için önceki hızlarına göre 0,25 saniye süre kaybına uğradığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca yayaların kontrol yol kesimindeki şartlarda yürüyemeyip karşılarına basamak çıktığı durumlarda kontrol yol kesimine ait regresyon modeline göre 0,43 saniye süre kaybına uğradıkları görülmüş ve daha önce tanımlanmış bulunan 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 yukarıdakine benzer şekilde Tablo 4.14'te sunulmuştur.

Tablo 4.14 Kaldırım boyunca görülen basamak *çıkma* hareketinin yolculuk süresine etkisi (gecikme)

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
0,21	0,22	0,26

Tablo 4.14'te yer alan birinci sütunda yukarıda da bahsedildiği gibi bir önceki hızla devam etmesi durumu, ikinci sütunda Hukuk Fakültesi sahası (kontrol yol kesimi) için oluşturulan 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 yol 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.

4.3.3.2 Uğur Mumcu Caddesi

Yayaların yolculuk 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 sahasında (kontrol yol kesiminde) 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 Δt değerleri irdelenmiştir (Tablo 4.15 ve Tablo 4.16). Tablolarda kullanılan semboller Bölüm 4.3.3.1'de kullanılanlarla aynı anlamı taşımaktadır.

Tablo 4.15 Kaldırımı karşı yönden gelen bir başka yaya ile paylaşmak zorunluluğu ile kaldırımdan yola basamak inişlerinin yolculuk süresine etkisi (gecikme)

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
-0,17	-0,09	0,05

Tablo 4.16 Yoldan kaldırıma tekrar dönerken basamak çıkışlarının yolculuk süresine etkisi (gecikme)

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
0,08	0,05	0,16

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 tanımı yapılmamış bir psikolojik baskıyı beraberinde getirmektedir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda birbirine temas etmek zorunda kalan yayaların yolculuk sürelerinin nasıl etkilendiği dikkat çeken bir nokta olarak görülmüştür. Aynı kaldırımda karşılıklı yürüyen bazı yayalar kaldırımda sahip oldukları alanı terk etmemek için kimi durumlarda birbirlerine temas ederek birbirlerini geçmeye çalışmaktadırlar. Yayalar birbirlerine değmekten dolayı hem rahatsızlık duyup konforsuzluk yaşadıkları hem de gerçekleştirilen analiz sonucunda yayaların birbirlerine temas etmekten basamak iniş ve çıkışlara oranla daha fazla etkilendikleri görülmektedir (Tablo 4.17).

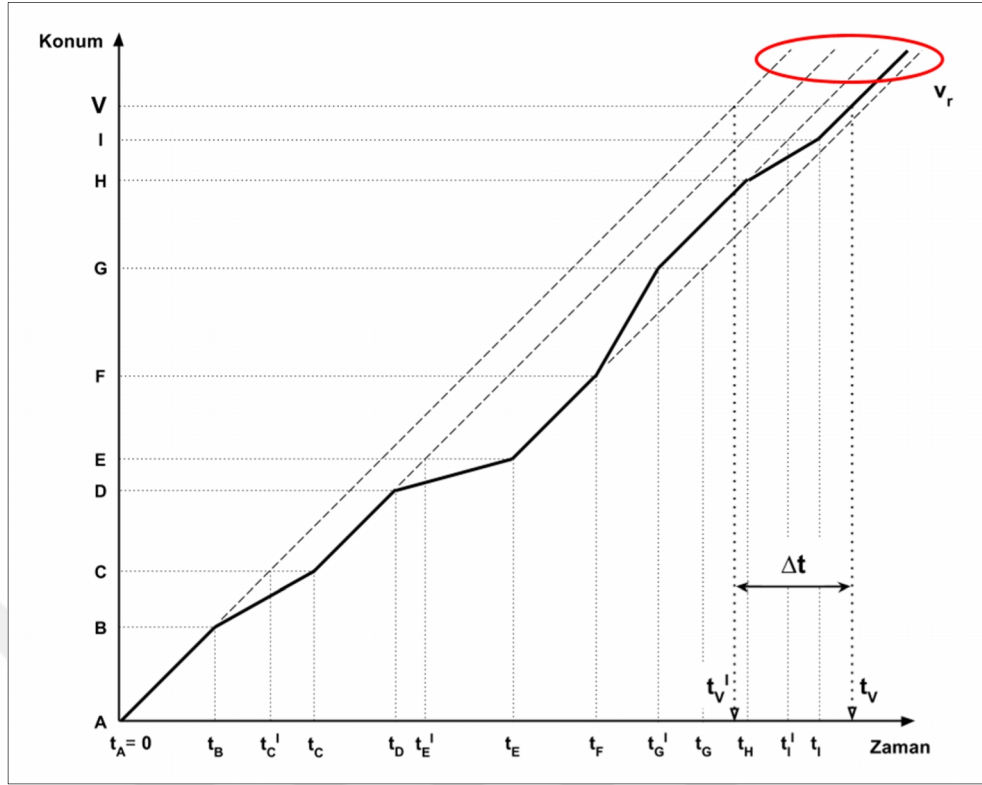
Tablo 4.17 Yayalar arasında gerçekleşen birbirine temasın (yan dönerek geçme hareketinin) yolculuk süresine etkisi (gecikme)

Δt_0 (s)	Δt_{Reg} (s)	Δt_{SH} (s)
2,05	1,69	1,57

4.3.4 Bir Koridor Boyunca Yaya Gecikmesi

Yaya gecikmesi bağlamında literatürde rastlanan çalışmalarda kavşak geçişleri veya yaya geçitlerinde yayaların maruz kaldığı gecikmeler incelendiği görülmüştür. Öte yandan, kavşaklar arası yol kesimlerindeki daralmalar, işgaller, kaldırım bulunmaması, standart dışı basamak iniş ve çıkışları gibi fiziksel etkenlerle yürüme hız ve konforu sık sık değişikliğe maruz kalmaktadır. Buralarda mikro ölçekte gecikmeler oluşmaktadır. Bu gecikmeler aşağıda yer verilen konum-zaman grafiği üzerinde şematize edilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.83).

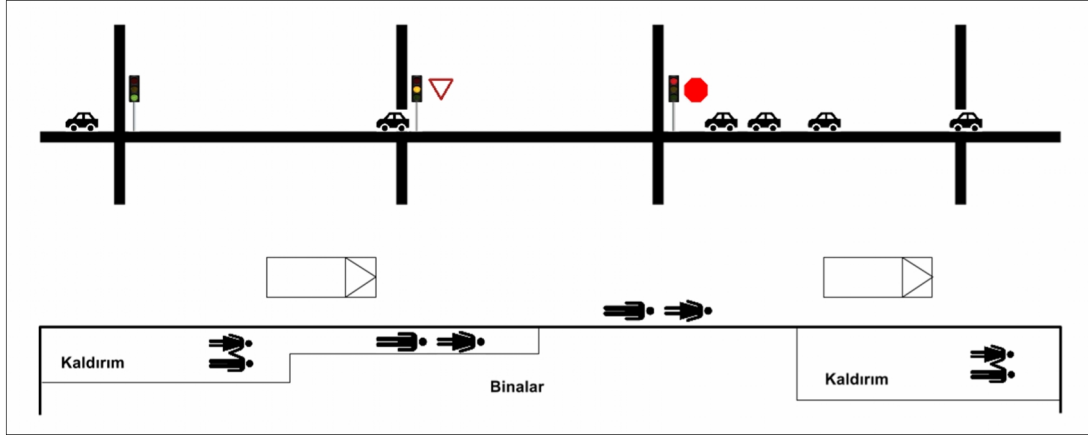
Şekilde birbirine paralel kesikli çizgiler ortalama bir yayanın standarda uygun bir kaldırımdaki yürüme rejim hızını (v_r), kalın çizgi ile çizilmiş poligon ise kaldırım sorunları ile karşılaşarak yürümeye devam eden bir yayanın ilerlemesini temsil etmektedir. Eğimin azaldığı kısımlar yayanın kaldırımda bir işgal ile karşılaşması, kaldırım daralması sonucu bir başka yayaya yol vermek durumunda kalması veya yavaşlaması gibi Bölüm 4.2.6 ve 4.3'te değinilmiş bulunan, ayrıca Bölüm 4.5'te dikkat çekilecek olan birtakım istenmeyen manevraları temsil etmektedir. Eğimin artması ise Bölüm 4.3.3.2'de örneği gösterildiği gibi, basamak inerken hızlanması sonucu yayanın zaman kazanmasını temsil etmektedir. Ancak, hızın anlık olarak artış gösterdiği mikro düzeydeki bu hız farkları yayaya zaman kazanma hissi vermekten daha çok konforsuzluk yaşatmaktadır. Poligonun kesikli çizgilere paralel kısımları ise herhangi bir sorun bulunmayan kaldırım kesimlerinde yayanın tekrar rejim hızı ile yürümeye devam etmesini göstermektedir. Zaman eksenini üzerinde kullanılan sembollerde Şekil 4.80'deki yaklaşım tercih edilmiştir. Aynı konuma (harfe) ait zamanın üslü (...) olarak gösterimi, o noktaya gecikmesiz varılabilecek zamanı ifade etmektedir.



Şekil 4.83 Yaya hareketi için bir rejim hızına göre bir koridor boyunca kaldırım sorunları nedeniyle yaşanan kümülatif gecikmeler

Konum ekseninde gösterilen V yayanın varış noktasını ifade edecek olur ise, yayanın hareket eğrisi olarak çizilen poligonun zaman eksenini kestiği nokta t_v olur. Öte yandan, yaya gereksiz ve kural dışı engellerle karşılaşmamış ve v_r hızı ile yürümüş olsaydı V'ye t_v^I süresinde varmış olacaktır. Dolayısıyla bu iki süre değeri arasındaki fark (Δt) yayanın standartlara uygun olmayan kaldırım uygulamaları nedeniyle A-V koridoru boyunca maruz kaldığı toplam gecikmeyi göstermektedir.

Bir benzetme yaklaşımıyla, kaldırım sorunları kaynaklı yaya gecikmeleri, bir koridor boyunca ilerleyen taşıtın ardışık sinyalizasyon kavşaklarında yeşil, sarı veya kırmızı fazla karşılaşma ve muhtemel kuyruk durumuna göre farklı gecikmelere maruz kalmasına benzer şekilde, yayalar da geometrik sorunlar ve fiziksel koşulların etkisiyle farklı mertebelerde gecikmeler ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu benzetim, Şekil 4.84'te şematize edilerek gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.84 Koridor boyunca taşıt ve yaya gecikmeleri arasındaki benzerlik

Aynı yol üzerinde paralel taşıt ve yaya trafiği arasında Şekil 4.84 yardımıyla kurulmaya çalışılan benzetmede, Bölüm 4.2.6’da değinilen basamak inme ve çıkma hareketinin neden olduğu direnç taşıtların *yol ver* veya *dur* işaretinde yaşadığı konfor ve zaman kaybı ile ilişkilendirilebilir. Bu bağlamda, daha önce Şekil 4.79 olarak yer verilmiş olan şematik gösterime bakıldığında konu daha net anlaşılacaktır. Söz konusu şekilde yeşil (açık renkli) çizgiler yayanın engelsiz yürüdüğü, kırmızı (koyu renkli) eğriler ise çeşitli engellerle karşılaştığı ve gecikme yaşadığı kesimleri temsil etmektedir.

4.4 Yaya Hizmet Seviyesi

Çalışmada dikkat çekilen kaldırım sorunlarının rastlandığı yol kesimlerinde yaya hizmet seviyesinin (YHS) de sık aralıklarla istenmeyen değişimlere maruz kaldığı gözlenmiştir. İncelenen sahalarda yaya kaldırımlarının varlığı, genişliği, yüksekliği, işgal durumu gibi özelliklerin çok kısa aralıklarla değişiklik gösterebildiği; bunun sonucunda koridor üzerinde belli mesafeler boyunca veya noktasal ve anlık olarak yayaların taşıtlarla etkileşimine neden olabildiği gözlemlenmiştir. Bu yüzden, YHS’nin belirlenmesinde kullanılan ölçütler, incelenen sorunlu yol kesimleri örneğinde gözden geçirilerek Highway Capacity Manual’da (HCM) açıklanan yöntemin revizyonuna yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Yaya hizmet seviyesinin derecelendirilmesine yönelik en kapsamlı hesaplama yöntemine HCM 2010’da rastlanmıştır (Transportation Research Board, 2010). Daha

önce Bölüm 2.1.4.3'te ayrıntılı olarak ele alındığı gibi, kavşaklar arası yol kesimi üzerindeki kaldırıma ait yaya hizmet seviyesi puanı $I_{p,link}$ (score) Formül 4.3'te gösterilen bağıntı ile ifade edilmektedir. Eşitliğin sağ tarafında bir sabit sayı, enkesit bileşeni (F_w), motorlu taşıt hacmi bileşeni (F_v) ve motorlu taşıt hızı bileşeni (F_s) terimlerine yer verilmiştir.

$$I_{p,link} = 6,0468 + F_w + F_v + F_s \quad (4.3)$$

Yukarıdaki YHS eşitliğinde yer alan terimlerin elde edilmesinde kullanılan değişkenler ise Formül 4.4 - 4.6'da gösterilmiştir. Hesaplama yöntemi kaynakta açıkça anlatılan bu değişkenler sırasıyla; elde edilecek uzunluğun doğal logaritma değeri, trafik hacmine bağlı olarak en sağdaki şeridin toplam etkili genişliği (W_v), bisiklet şeridi ve banketin toplam etkili genişliği (W_l), paralel park etme yüzdesi (p_{pk}), taşıt yolu ile mevcut kaldırım arasındaki tampon alan genişliği (W_{buf}), tampon alan katsayısı (f_b), düzeltilmiş mevcut kaldırım genişliği (W_{aA}), kaldırım genişliği katsayısı (f_{sw}), kaldırıma yakın şeritteki yöne ait taşıt trafiği akımı (v_m), şerit sayısı (N_{th}) ve motorlu taşıt seyir hızı (S_R) değerlerini içermektedir.

$$F_w = -1,2276 \ln(W_v + 0,5 W_l + 50 p_{pk} + W_{buf} f_b + W_{aA} f_{sw}) \quad (4.4)$$

$$F_v = 0,0091 \frac{v_m}{4 N_{th}} \quad (4.5)$$

$$F_s = 4 \left(\frac{S_R}{100} \right)^2 \quad (4.6)$$

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 yöntemle olası revizyon önerilerine yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Ülkemiz şartlarında yaya kaldırımları erişilebilirliği en yüksek ulaşım tesisleri olmasına rağmen yaya trafiğine yeterince önem verilmemesi, planlama süreçlerinde gereken özen gösterilmemesi ve birtakım tasarım kusurları nedeni ile yaya kaldırımları TS 12576’da çerçevelenen kaldırım tasarım esaslarına uygun şekilde inşa edilmemektedir. Bu nedenle Bölüm 2.1.4.2’de anlatılan HCM 2010’a ait etkili yürüme alanı hesaplamaları her kaldırım kesiti ile uyum sağlamamaktadır. Hesaplamalar HCM 2010’da verilen ölçütlere göre uygulandığı takdirde, sonuç değerleri sıfırdan küçük olması nedeniyle yürümeleri için yayalara teorik olarak hiç bir alan kalmamaktadır. Çalışma kapsamında seçilen sahaların koşulları göz önünde bulundurulduğunda, bazı kaldırımlar olması gerekenden daha az bir genişliğe sahip olduğu için aşağıda yapılan hesaplamalarda etkili yürüme alanı değerleri Bölüm 4.8’de sunulan yaya kaldırımlarındaki yaya hareketliliği dikkate alınarak belirlenmiştir.

4.4.1 Uğur Mumcu Caddesi Yaya Hizmet Seviyesi

HCM 2010 temel alınarak açıklanan yöntem ışığında Uğur Mumcu Caddesi’nde iki farklı kaldırım kesitine ait YHS değerleri 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 etken 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 etkene maruz kaldığı bu kesitte ise hizmet seviyesi C olarak belirlenmiştir. Sahada incelenen kesitler Şekil 4.85’te görülmektedir.



Şekil 4.85 Uğur Mumcu Caddesi’nde yaya hizmet seviyesi karşılaştırılan kesitler (Kişisel arşiv, 2013)

Görüldüğü gibi, 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 taşıtların 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.

4.4.2 Kontrol Yol Kesimi (Hukuk Fakültesi) Yaya Hizmet Seviyesi

HCM 2010 temel alınarak açıklanan yöntem ışığında Hukuk Fakültesi karşısında bulunan kaldırım kesimine (kontrol yol kesimine) ait YHS değerleri belirlenmiştir. Bu kaldırım kesitinde yayalar yürürken hızlarını dış etkenlere 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 kaldırımının hizmet seviyesi B olarak belirlemiştir.

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 meydana getirdiği 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.

4.4.3 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 4.8'de verilen histogramlara bakıldığında burada gözlenen durum açıkça anlaşılmaktadır.

4.4.4 Sonuçların Yorumlanması

Bölüm 4.4'ün başında Formül 4.3 - 4.6 ile özet olarak sunulan yöntem, incelenen yol uzunluğu boyunca kendi içinde sürekliliği bulunan enkesite sahip bir kaldırımdaki YHS'yi hesaplamak üzere kullanılmaktadır. *Değişken (karma) enkesitlerin veya kaldırım geometrilerinin bulunduğu yol kesimlerine ait YHS'nin belirlenmesine yönelik olarak* ise, birbirinden farklı fakat kendi içinde sürekli sayılabilecek her bir bölüm için yukarıdaki Formül 4.3 kullanılarak ayrı ayrı YHS hesaplanması; ayrı ayrı bulunan her bir YHS değerinin karşılık gelen yol uzunluğu ile orantılı olarak ağırlıklı ortalaması alınması; böylece incelenen yol kesiminin tümü için eşdeğer (veya bileşik) bir YHS değerine ulaşılması önerilmiştir. Yalnızca uzunluğa bağlı ağırlıklı ortalamaya dayalı bu yaklaşım, yaya hızını ve dolaylı olarak YHS'yi etkileyen diğer bazı değişkenlere dair bir çözüm önermemektedir.

Yapılan incelemeler sonucunda HCM 2010'da ve TS 12576'da önerilen minimum enkesit genişliğinin çalışma kapsamında yaya sorunlarının sıklıkla görüldüğü etüt sahaları bazında yetersiz kaldığı görülmüştür. Kentsel planlama süreçlerinde bazı bölgelerin sit alanı içine girmesinin, yaya kaldırımı enkesit genişliklerinin tasarımını olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Bu olumsuzluklar yaya kaldırımlarının tercih edilebilirliğini etkilemektedir. Kaldırımı kullanan yaya trafiği hacmi düşük olması nedeniyle ve YHS'de kullanılan diğer değişkenlerin etkisiyle yaya hizmet seviyesi olduğundan daha iyi bir sonuç sergilemektedir. Bölüm 4.8'de her bir etüt sahası dikkate alınarak çizdirilen histogramlar bu durumu daha açık temsil etmektedir (Şekil 4.151 - Şekil 4.155). 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 değişken 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 4.2.5 ve Bölüm 4.3'te açıklandığı gibi, yaya hızları kaldırım 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 yörünge 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 değişken eklenmesi düşünülebilir.

Bölüm 4.2.5'te 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 4.3.3.1 ve 4.5.1’de yer verilen bilgilere göre, kaldırım yüksekliği arttıkça yayaların taşıt yolunu tercih etmesi yaya-taşıt çatışmalarını da meydana getirmektedir. Bu tip etkenlerin yayaların memnuniyet derecelerini ciddi oranda etkilediği dikkate alınırca YHS hesaplamalarında kaldırım yüksekliğine ait bir değişkenin enkesit bileşeni formülü (Formül 4.4) içinde yer alması gerektiği ifade edilebilir.

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) değişkenlerinin 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 yukarıdaki enkesit genişliklerinin YHS değiştirmedeği görülmektedir.

4.5 Yaya-Taşıt Çatışması

Çalışma kapsamında incelenen konunun bir diğer yönü, 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 kaldırım kullanıcıları arasındaki istenmeyen etkileşim ve çatışma hallerinin sayısal ve analitik yöntemlerle incelenmiş olması bu çalışmanın literatüre en önemli katkılarından biri olacaktır.

İncelenen kaldırım sorunlarının, hız ve yön değişikliği ile gecikmeler gibi yaya trafiği üzerinde mikro düzeydeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, önemli diğer bir sonucu

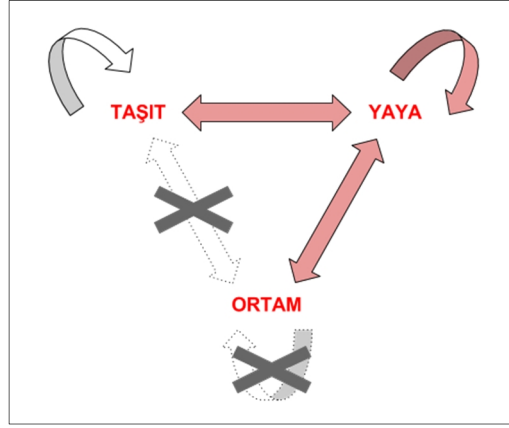
da yayaların arter üzerinde belli hızlarla ilerlemekte olan taşıtlarla riskli bazı etkileşimlere zorlanmakta olmasıdır. Bölüm 4.5.1’de örnekleri sunulan bu durumlar, gerek yayaların gerekse taşıtların birbiri ile çatışmamak üzere hızını ve yönünü değiştirmesi gibi sonuçları doğurmaktadır. Dolayısıyla 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 sahalar olarak ele alınmış, buralarda toplanmış bulunan lazer verisi kullanılarak birtakım analizler gerçekleştirilmiştir.

4.5.1 Gözlemlenen Mikro Hareket ve Etkileşimlere Örnekler

Çalışmada, sayısal yöntemlerin kullanıldığı birtakım analizler yardımıyla kaldırım sorunlarının dolaylı veya direkt etkilerinin ortaya konmasının 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 bu bölümde ekran görüntüleri ile birlikte anlatılmıştır.

Sahada gözlenen etkileşimlere ait ilişkiler Şekil 4.86’da 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 4.86 İncelenen etkileşim ilişkileri

Ortamdaki şartlara bağlı olarak yaya ve taşıtlar arasındaki etkileşimler gözlemlenmiş, seçilmiş bazı durumlar fotoğraflanarak açıklanmaya çalışılmıştır. Kaldırım bulunmadığı durumlarda taşıt yolundan ilerlemek zorunda olan yayalar zaman zaman taşıtlarla çatışma durumunda taşıtlardan kaçınmak için çeşitli manevralar yaparak kendilerini korumaktadırlar. Kaldırımsız yolda elektrik direği de fazladan bir engel olarak yayaları zor duruma düşürebilmektedir. Aracın duvara yakın bir şekilde yaklaştığını fark eden yaya elektrik direğinin bir miktar gerisinde durup aracın geçmesini beklemektedir (Şekil 4.87).



Şekil 4.87 Kaldırım olmayan yol kesiminde yaya-taşıt etkileşimine örnekler: a) İki erkek yayadan oluşan bir grubun maruz kaldığı etkiler, b) Bir bayan yayanın maruz kaldığı etkiler (Kişisel arşiv, 2014)

Kaldırım bulunmaması nedeniyle aynı platformu taşıtlar ile paylaşmak durumunda kalan iki farklı yayanın yavaşlama ve bekleme hareketleri Şekil 4.88’de işaretlenerek gösterilmiştir.



Şekil 4.88 Kaldırımın çok yüksek olduğu kesimde yaya davranışı (Kişisel arşiv, 2014)

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 4.89).



Şekil 4.89 Kaldırımın çok yüksek olduğu kesimde yaya davranışı (Kişisel arşiv, 2014)

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 atlattuktan sonra karşısına çıkan kaldırımı farklı özelliklere sahip iki bölgeye ayırabiliriz. Birinci bölge, kaldırım üzerindeki engellerden 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 4.90).



Şekil 4.90 Dar kaldırımda yayanın yürüme davranışı (Kişisel arşiv, 2014)

Kaldırımın yetersiz genişlikte olduğu bir başka etüt sahasında (Uğur Mumcu Caddesi) karşılaştıran iki yayadan birinin yola inerek yürümek durumunda kaldığı görülmektedir (Şekil 4.91).



Şekil 4.91 Uğur Mumcu Caddesi etüt sahasındaki dar kaldırım kesimi (Kişisel arşiv, 2013)

Yayaların beraber yürüme isteğine rağmen, kaldırımdaki 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 4.92).



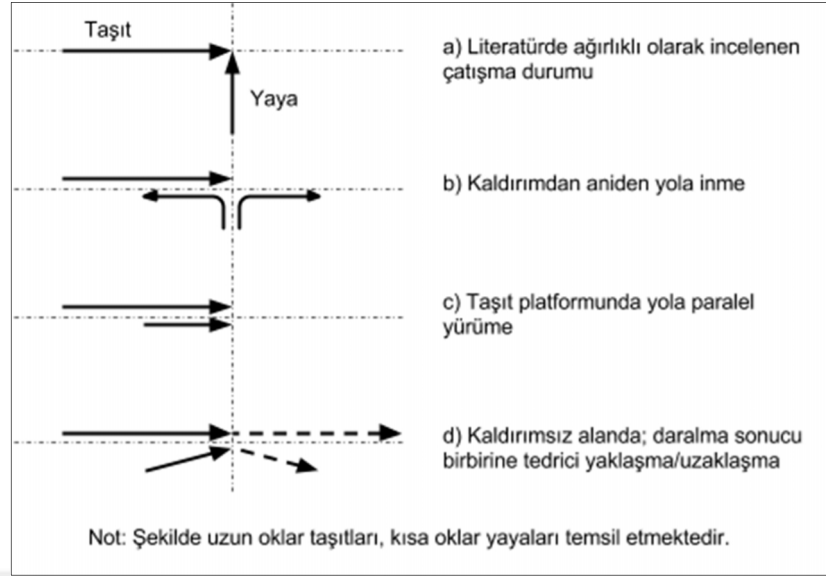
Şekil 4.92 Yetersiz kesit genişliğinde grup halinde yürüyen yayaların davranışı (Kişisel arşiv, 2014)

Gerek kaldırım yüksekliği gerekse kaldırım üzerinde bulunan işgallerin neden olduğu 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 kaldırımın yetersizliğinden kaynaklanan bu durumlar hem yayalar hem de sürücüler için gecikmelere yol açmaktadır (Şekil 4.93).



Şekil 4.93 Karşı yönden yayalarla karşılaşan yayanın davranışı (Kişisel arşiv, 2014)

Yukarıda gösterilmeye çalışılan durumlar sınıflandırılarak belirli gruplar halinde incelenmeye çalışılmıştır. Şekil 4.94'te şematize edilen bu sınıflandırma baz alınarak yaya-taşıt çatışmasına yönelik analizleri içeren aşağıdaki bölümler oluşturulmuştur.



Şekil 4.94 İncelenen çatışma durumlarının şematik sınıflandırması

4.5.2 Trafik Çatışma Tekniğinin Uyarlanması

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 yöneme 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 katsayısı hesaplanmakta, böylece trafik çatışma analizi gerçekleştirilmektedir. Öte yandan, çalışma 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.

4.5.2.1 Yayaların Aniden Taşıt Yoluna İnmesi ve Yürümesi

Kaldırımlardaki bazı sorunlu yol kesimlerinde yer yer yayalar taşıt yoluna inmeye zorlanmaktadır. Şekil 4.94b’de şematize edilen bu durum özellikle Uğur Mumcu Caddesi’nde öne çıkmaktadır. Sahanın genel görünümü ise Bölüm 4.7’deki Şekil

4.121 ve Şekil 4.129’da görülebilir. Yürünebilir kaldırım genişliğinin 70 cm’ye indiği, dolayısıyla kesit genişliğinin yetersiz hale geldiği yol kesiminde birbirine karşı 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 yan 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

$$P_{ytç} = f(q_y, q_t, P_{yyk}, P_{yi}) \quad (4.7)$$

bağıntısında bulunan değişkenler ile açıklanabilir. Burada $P_{ytç}$ yaya-taşıt 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

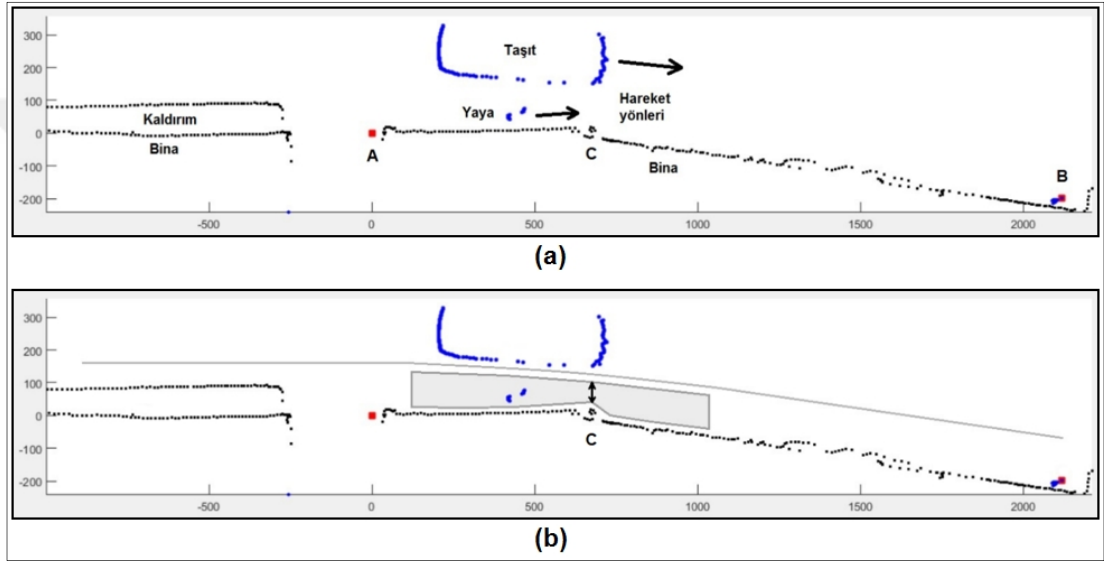
katılması gerekecektir. Daralma miktarının bu davranış üzerindeki etkisinin net olarak ortaya konabilmesi için, bu çalışmanın devamı niteliğinde, çeşitli genişliklerde gözlem yapılarak daha büyük bir veri kümesinin değerlendirmeye alınabileceği yeni çalışmalar tasarlanmalıdır.

4.5.2.2 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, yukarıda 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 4.94.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 4.95a’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 4.95b’de taşıt seyir alanı ile

yürünebilir alan⁷ (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.

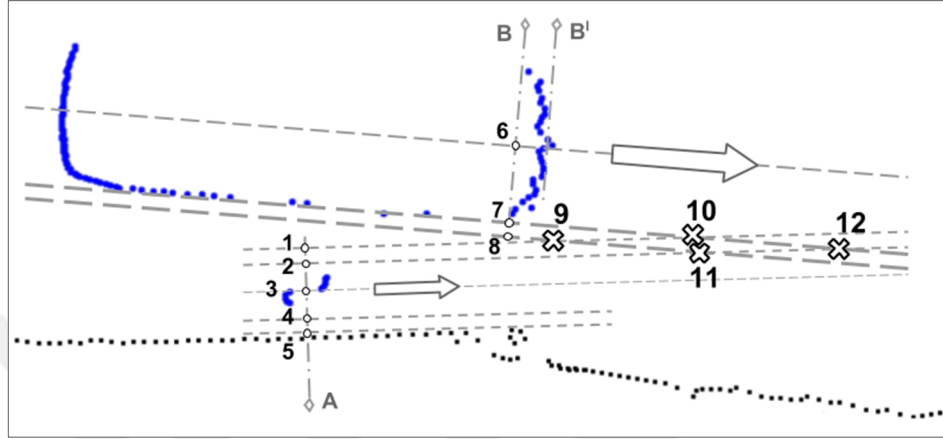


Şekil 4.95 Kaldırım bulunmayan yol kesiminde tedrici yaklaşma durumu: a) Saha planı ve yol kullanıcıları b) Yürünebilir alandaki daralma

Şekil 4.95b’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

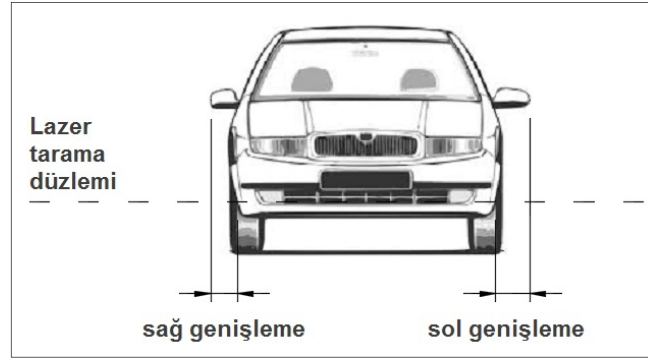
⁷ Burada kullanılan *yürünebilir alan* terimi güvenli ve konforlu bir yolculuk deneyimi sunması anlamı taşımamakta; yalnızca geometrik olarak taşıtlarla aradaki yanal mesafelere bağlı genişliğe atıfta bulunmaktadır.

değiştirmeden 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 4.96’daki şematik gösterim ışığında aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 4.96 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 yanıl 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 4.97’de 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.

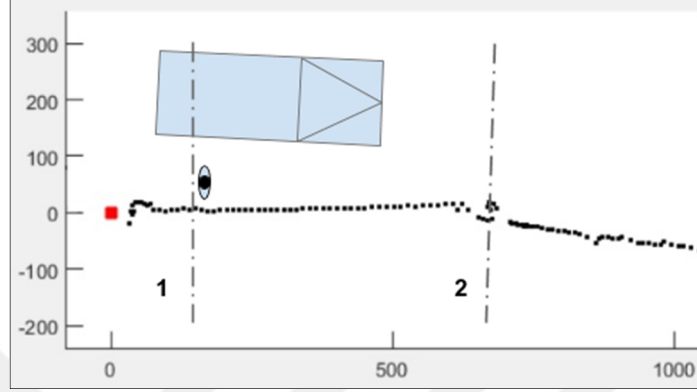


Şekil 4.97 Lazer tarama ile algılanan ve gerçek genişliğin farkı

Birbirine yaklaşan yaya ve taşıta ait doğrultu izleri 9, 10, 11 ve 12 numaralı noktalarda kesismektedir. 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-taşıt çatışması analizi bu nokta esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Trafik çatışma tekniği yaklaşımlarındaki yaygın tanımıyla tekrar ifade edilecek olursa, yaya ve taşıt 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.

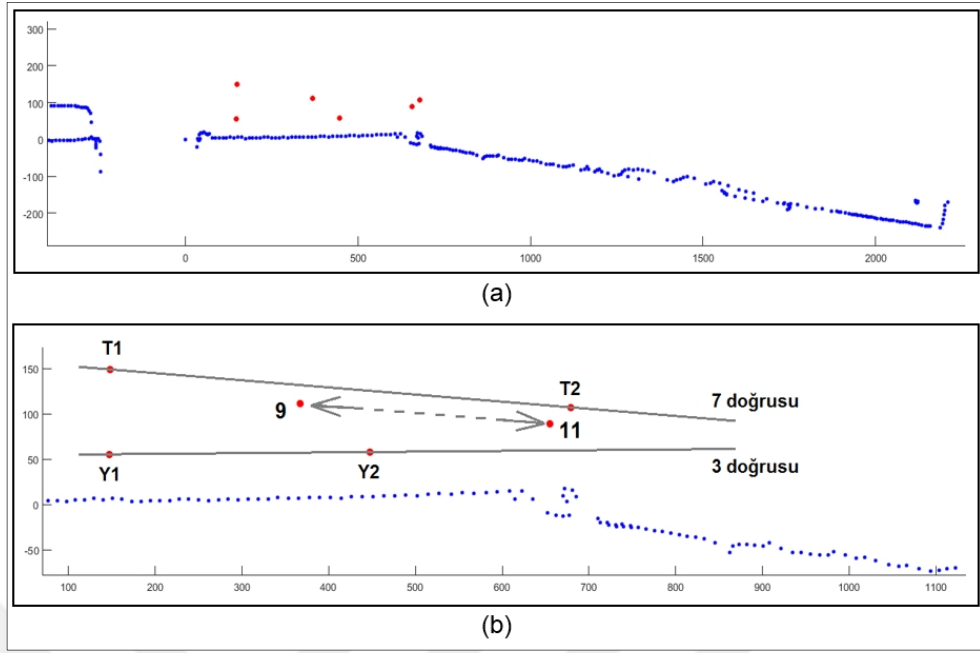
Kavramsal olarak yukarıda anlatılmış bulunan çatışma noktasının (9 numaralı nokta) toplanmış veri (örneklem) içindeki karşılığı olan gerçek konumun (koordinatların) belirlenmesine yönelik şöyle bir yöntem izlenmiştir: İlgili sahada etüt edilen her bir yayaya ve taşıta ait izlerin Şekil 4.98’de gösterilen 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 taşıt izlerinin yaklaşık doğrultusu belirlenmiştir. Söz konusu doğruları oluşturan noktalar Şekil 4.99a’da lazer noktalı saha planı üzerinde çizdirilmiş, doğrultular ise Şekil 4.99b’de aynı planın büyütülmüş görünümü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.98 Yaya ve taşıt doğrultuları için esas alınan kesitlerin konumu

Şekil 4.99b’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 4.96’daki 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.



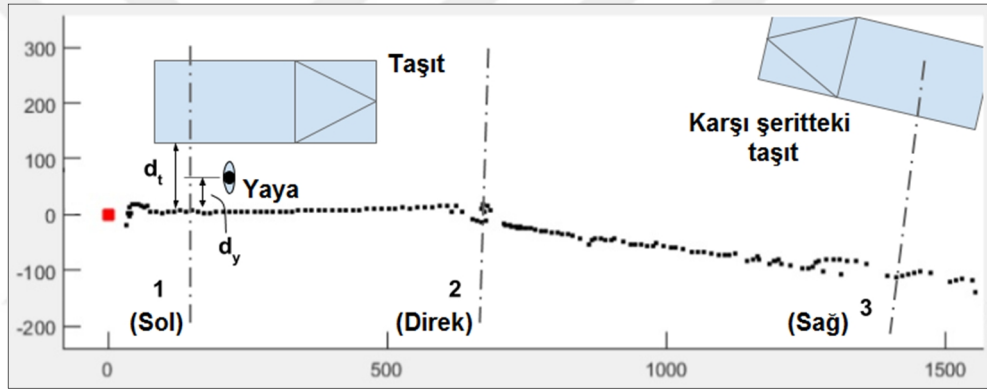
Şekil 4.99 Yaya ve taşıtların yaklaşık doğrultuları: a) Yaya, taşıt ve emniyet alanına ait noktaların saha planı içindeki konumları, b) Konum ve doğrultuların büyütülmüş gösterimi

Bir sonraki adım, gözlenen her bir yayanın koordinatları AutoCAD yardımıyla hesaplanmış olan 9 ve 11 noktalarına yolculuk 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 süreleri* 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 yolculuk süresi 1,83 s; 11 noktasına olan ortalama yolculuk 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.

4.5.3 Yanal Mesafe ve Hızlardaki Değişim

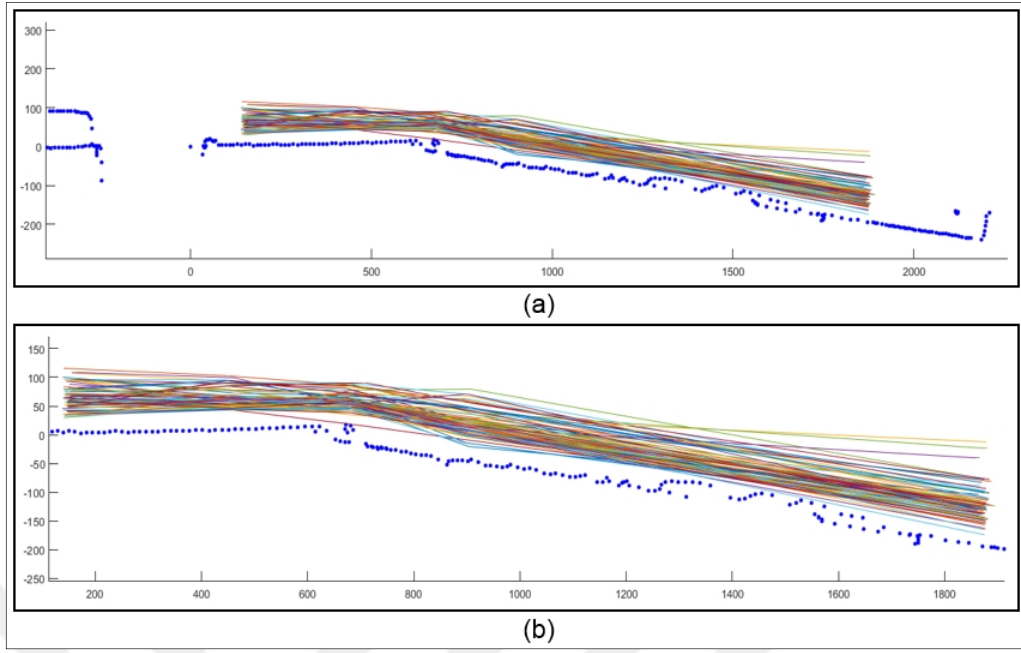
İncelenen yol kesimlerinde görülen yaya ve taşıtlar arasındaki etkileşimlerin bir diğer sonucu da kaldırım bulunmayan bir yol kesiminde yaya bulunması halinde taşıtların yolun orta kısmına doğru ötelenmiş bir iz üzerinde ilerlemek durumunda kalmalarıdır. Dolayısıyla taşıt sürücüsü tarafından yol kenarından 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 4.5.2.2’de incelenen Kıbrıs Caddesi’ndeki kaldırımsız yol kesimi üzerinde, konumları Şekil 4.100’de gösterilen noktalarda yayaların ve taşıtların yanıl mesafeleri ölçülmüştür. Taşıt izlerinin bina duvarına olan yanıl 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 yanıl öteleme olasılığı en aza indirilmiştir.



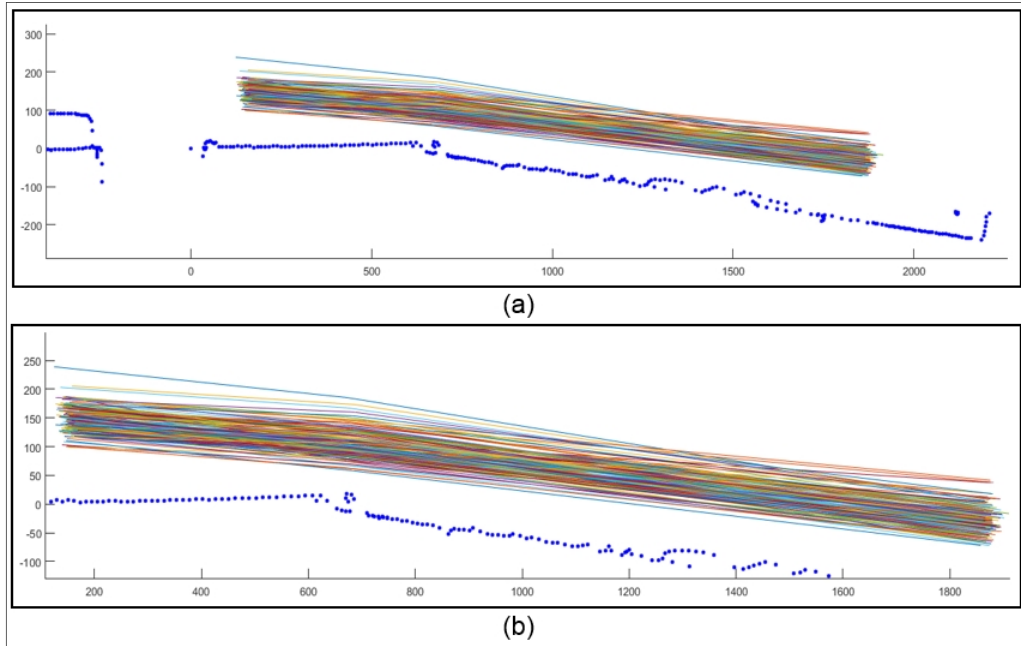
Şekil 4.100 Yaya ve taşıtların bina duvarına olan yanıl mesafeleri

Yanal mesafe ölçümleri Şekil 4.100’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 yanıl mesafeleri kaydedilmiştir. Bu mesafeler, taşıtın duvara yakın kenarı ve yayanın merkez noktası alınarak hesaplanmıştır. Yayalara ait izler Şekil 4.101a ve b’de gösterilmiştir.

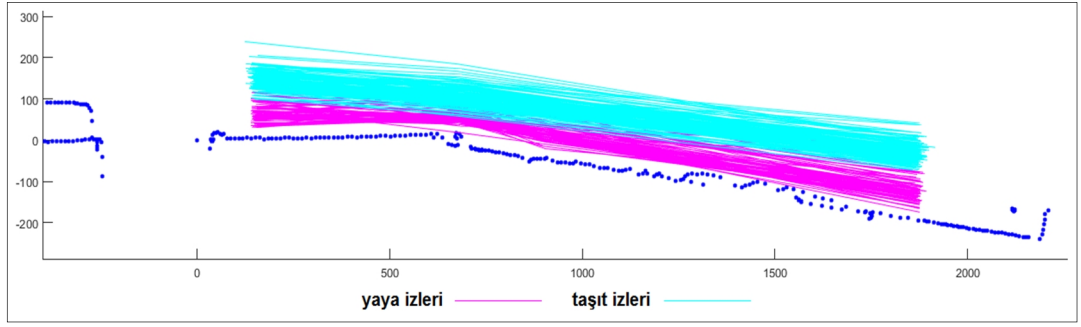


Şekil 4.101 Gözlemlenen yaya izleri: a) Saha genel görünümü b) Büyütülmüş görünüm

Taşıtlara ait izler ise Şekil 4.102a ve b’de gösterilmiştir. Şekil 4.103’te 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.

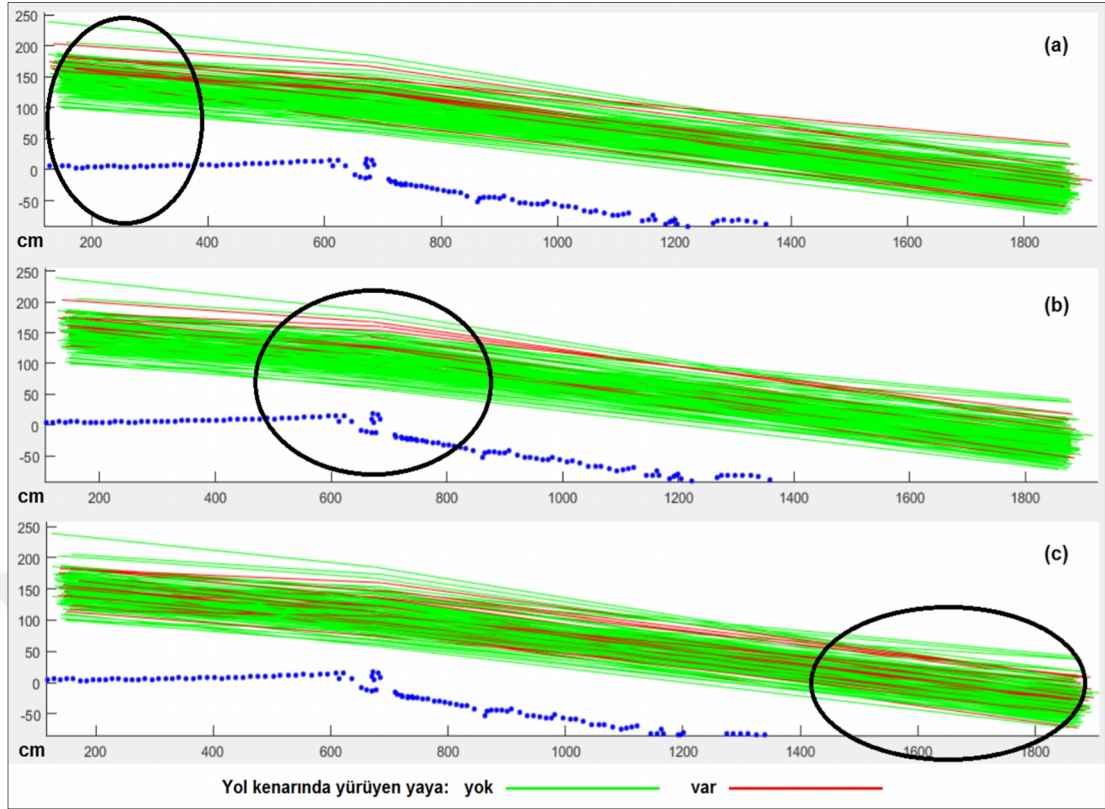


Şekil 4.102 Gözlemlenen taşıt izleri, a) Saha genel görünümü, b) Büyütülmüş görünüm



Şekil 4.103 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 taşıtın izi kırmızı, yaya yok iken geçen taşıtın izi yeşil renk ile kodlanmıştır. Buna göre, Şekil 4.104a'da işaretli bölge çevresinde yaya mevcut iken taşıtların yolun kenarından uzaklaşıp ortasına doğru yaklaştığı anlaşılmaktadır. Şekil 4.104b'de de aynı ilişkiyi görmek mümkündür. Şekil 4.104.c'de ise yolun kenarında yürümeye elverişli alan daha geniş olduğu için etkileşim azalmakta, bunun sonucunda taşıtların yanal ötelenmesi baskın olarak gözlenmemektedir.



Şekil 4.104 Gözlemlenen taşıt izleri ile işaretli yol kesimlerinde yaya varlığı ilişkisi

Yukarıda Şekil 4.101’de çizgiler halinde gösterilen yaya izlerinin, Şekil 4.100’de temsil edilen yaklaşımla duvara olan yanal mesafelerinin ortalaması alınarak taşıt etkileşimi ile yayaların yanal konumları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Ayrıca ortalama yürüme hızlarındaki değişim de hesaplanmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 4.18).

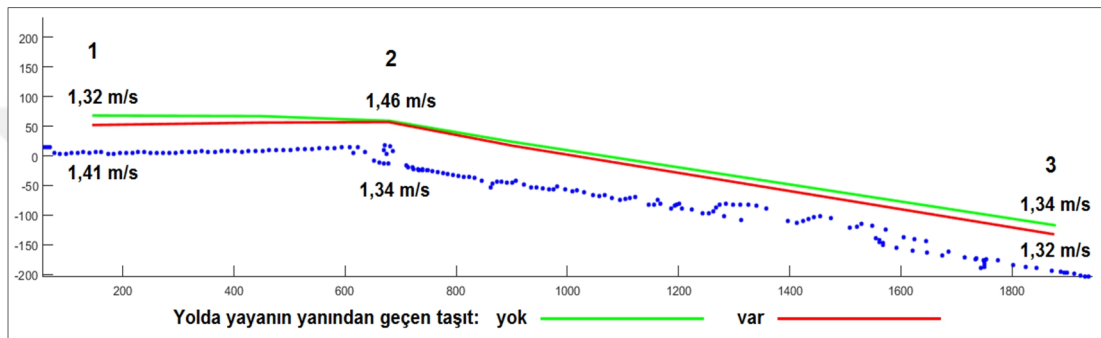
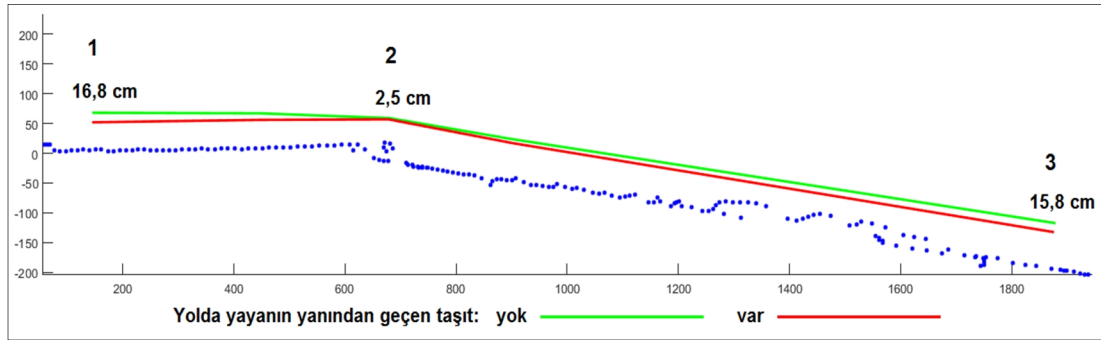
Tablo 4.18 Taşıtlarla etkileşim ve karşı şeritte taşıt varlığına göre yayalara ait yol kenarı duvarına olan mesafe ve yürüme hızı değerleri

		Sol			Direk			Sağ		
		Karşı Şeritte Taşıt			Karşı Şeritte Taşıt			Karşı Şeritte Taşıt		
	Taşıtlarla Etkileşim	Var	Yok	Genel	Var	Yok	Genel	Var	Yok	Genel
Gözlem Sayısı (Frekans)	Var	13	9	22	13	8	21	9	13	22
	Yok	18	28	46	18	29	47	22	24	46
	Genel	31	37	68	31	37	68	31	37	68
Duvara Mesafe -Ortalama (cm)	Var	46	47	46	41	38	40	54	66	61
	Yok	54	69	63	37	46	43	66	87	77
	Fark	8	22	16,8	-4	8	2,5	12	21	15,8
	Genel	51	64	58	39	44	42	63	80	72
Hız-Ortalama (m/s)	Var	1,37	1,47	1,41	1,25	1,50	1,34	1,32	1,31	1,32
	Yok	1,28	1,34	1,32	1,49	1,43	1,46	1,36	1,32	1,34
	Genel	1,32	1,37	1,35	1,39	1,45	1,42	1,35	1,32	1,33

Tabloda karşı şeritte taşıt varlığı her ne kadar gösterilmiş olsa da, arada yayanın yanından geçen taşıt trafiğine ait şerit bulunduğundan, karşı şeritteki taşıtların yolun kenarında yürümekte olan yayanın yanıl konumu ve yürüme hızı üzerinde etkisi olmayacağı varsayılmıştır. Bu nedenle bu iki değişkenin yalnızca yayanın yürüme yoluna komşu olan şeritte taşıt (taşıtla etkileşim) varlığına bağlı değişimi dikkate alınmış ve tabloda kalın karakterler ile belirtilmiştir. Söz gelimi, saha planının *Sol* kısmında ele alınan yayaların duvara olan yürüme mesafesi bitişik şeritte herhangi bir taşıtın varlığı nedeniyle yaklaşık 17 cm duvara yaklaşmış, yürüme hızı ise 0,09 m/s artış göstermiştir. Bu iki değişkendeki değişimin istatistik anlamlılığı bağımsız t-testi ile incelenmiştir. %95'lik güven düzeyine göre duvara olan mesafedeki yaklaşık 17 cm'lik değişim anlamlı olarak bulunurken ($t = 3,915$; $p = 0,000236$), sonuç değerleri hızdaki değişimin anlamlı olduğuna dair yeterli görülmemiştir ($t = - 1,299$; $p = 0,201$).

İstatistik bakımdan anlamlı bulunan yayanın duvara yanıl mesafesi (veya yanıl ötelenme miktarı) üzerinde, karşı şeritte taşıt varlığı ve yayaya bitişik şeritte taşıt bulunma değişkenlerinin birbiri ile etkileşimli etkisi bir varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Bu iki değişken arasındaki ilişki %95 güven düzeyine göre anlamlı bulunmamıştır ($F = 2,216$; $p = 0,142$).

Şekil 4.105'teki çizgiler, yolda taşıtın varlığı ile yayanın duvara ortalama 17 cm kadar yaklaşmak zorunda kaldığı durumu ortalama olarak göstermektedir. Şekil 4.106'da 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.



Yukarıda Şekil 4.102’de çizgiler halinde gösterilen taşıt izlerinin, Şekil 4.100’de temsil edilen yaklaşımla duvara olan yanıl mesafelerinin ortalaması alınarak yaya etkileşimi ile taşıtların yanıl konumları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Ayrıca ortalama seyir hızlarındaki değişim de hesaplanmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19 Yayalarla etkileşim ve karşı şeritte taşıt varlığına göre incelenen şeritteki *taşıtlara* ait yol kenarı duvarına olan mesafe ve seyir hızı değerleri

		Sol				Direk			Sağ		
		Karşı Şeritte Taşıt				Karşı Şeritte Taşıt			Karşı Şeritte Taşıt		
	Yol Kenarında Yaya	Var	Yok	Fark	Genel	Var	Yok	Genel	Var	Yok	Genel
Gözlem Sayısı (Frekans)	Yok	123	53	-	176	122	52	174	114	53	167
	Var	15	8	-	23	16	9	25	24	8	32
	Genel	138	61	-	199	138	61	199	138	61	199
Duvara Mesafe -Ortalama (cm)	Yok	142	177	→ 36	152	89	120	98	163	182	169
	Var	164	186	→ 22	172	107	148	122	166	202	175
	Fark	22,4	9	-	19	18,6	29	24	3,4	20	6
	Genel	144	178	→ 34	155	91	124	101	163	185	170
Hız-Ortalama (km/sa)	Yok	23	29	→ 6	25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Var	21	31	→ 10	25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Fark	2	-2	-	0	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Genel	23	29	→ 7	25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

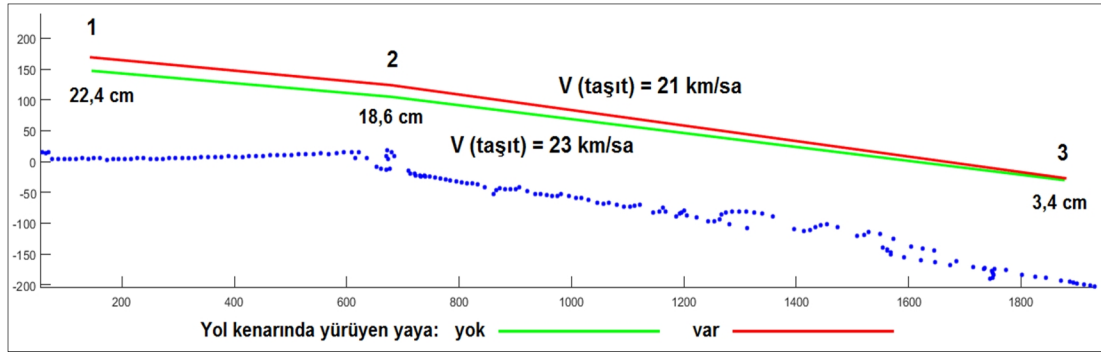
Yukarıda irdelenmiş bulunan yayalardaki durumun aksine, karşı şeritte taşıt varlığı taşıt hareketleri bakımından önem arz etmektedir. Taşıtların yanal ötelenmesinde yol kenarında yaya varlığının etkisi net olarak ortaya konabilmesi için, burada yalnız karşı şeritte taşıt bulunduğu durumlar dikkate alınmıştır. Ayrıca yalnız otomobiller değerlendirmeye alınmış, otobüs, kamyon, kamyonet, minibüs gibi diğer taşıt türleri hariç tutulmuştur. Böylelikle duvara olan mesafede taşıt türüne bağlı genişlik farklarından ve karşı şeritte taşıt varlığından kaynaklanan değişimler ile seyir hızında taşıt performansından kaynaklanan değişimlerin söz konusu analizde etkisi kalmamıştır. Tabloda kalın karakterler ile gösterilen değerler taşıtın duvara mesafesi ve seyir hızı ile yol kenarında yaya varlığı ilişkisini göstermektedir. Şekil 4.100’de 2 (Direk) ve 3 (Sağ) olarak verilen kesitlerde taşıt hızları elde edilememiş olduğundan yalnızca 1 (Sol) kesitinde değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 4.19’daki değerler, yol kenarında yaya varlığı nedeniyle taşıtların duvara mesafesinde 22,4 cm’lik bir artış, diğer deyişle karşı şeride doğru bir ötelenme, seyir hızında ise yaklaşık 2 km/sa’lık bir düşüş belirtmektedir. Bu iki değişkendeki değişimin istatistik anlamlılığı bağımsız t-testi ile incelenmiştir. %95’lik güven düzeyine göre duvara olan mesafedeki yaklaşık 22,4 cm’lik değişim anlamlı olarak bulunurken ($t = -3,829$; $p = 0,000196$), sonuçlar hızdaki değişimin anlamlı olduğuna dair yeterli bulunmamıştır ($t = 0,912$; $p = 0,363$).

İstatistik bakımdan anlamlı bulunan taşıtın duvara yanal mesafesi (veya yanal ötelenme miktarı) üzerinde, karşı şeritte taşıt varlığı ve yol kenarında yaya bulunma değişkenlerinin birbiri ile etkileşimli etkisi bir varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Bu iki değişken arasındaki ilişki %95 güven düzeyine göre anlamlı bulunmamıştır ($F = 1,650$; $p = 0,200$). İncelenen şeritteki bir taşıtın aynı anda yol kenarında yaya ve karşı şeritte taşıt bulunduğu bir anda aralarından geçtiği bir senaryo ele alınacak olursa, her ikisinden de kaçınmak durumunda kalan sürücünün kullandığı taşıtın duvardan mesafesi daha ayrıntılı veri ile analiz edilmesi gereken bir durumdur.

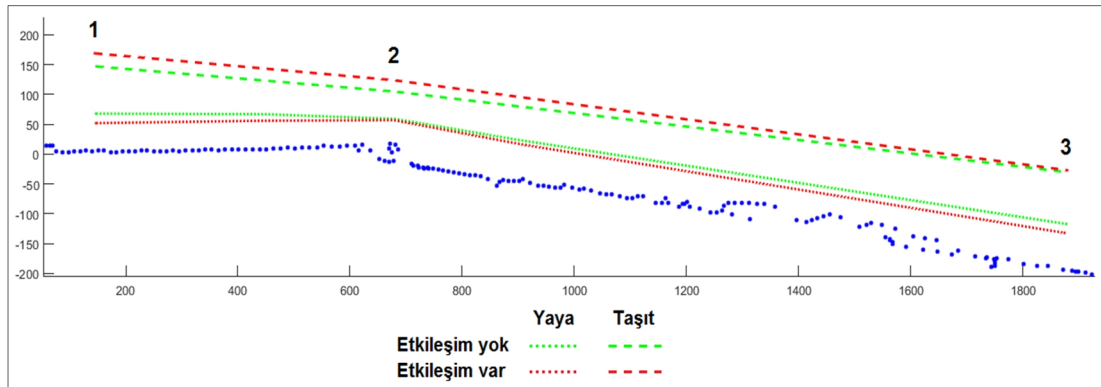
Yol kenarında yürüyen yaya bulunması halinde taşıtların yanal yer değiştirmesi aşağıda Şekil 4.107’de gösterilmiştir. Bu grafikteki çizgiler de, yayalarda olduğu gibi, Şekil 4.102’deki taşıt izlerinin yanal ortalaması hesaplanarak oluşturulmuştur. Yayaların yol kenarındaki varlığı nedeniyle taşıtların yolun ortasına doğru ötelendiği

ve bu esnada hız kaybettiği açıkça görülmektedir. Bu durum Şekil 4.104a ve b'deki gözlemleri desteklemekte ve açıklamaktadır.



Şekil 4.107 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasının taşıt yanal mesafesi ve hızı üzerindeki etkisi

Yaya ve taşıtların birbirleri ile etkileşim durumları özet olarak Şekil 4.108'de renk kodlu olarak sunulmuştur. Çizimde yaya ve taşıt izlerinin ortalama konumları kullanılmıştır. Kaldırım bulunmayan yol kesimlerinde yol kenarında yürümekte olan yayaların, komşu şeritteki taşıtlardan korunmak amacıyla duvara yaklaşarak yürüdüğü, aynı zamanda bu taşıtların karşı şeride doğru ötelenmesine neden olduğu görülmektedir. Buradan hareketle, yayanın yanından geçmekte olan taşıtın karşı yönden gelen taşıtlarla da olumsuz bir etkileşime neden olduğu öne sürülebilir.



Şekil 4.108 Gözlemlenen yaya-taşıt çatışmasında dikkate alınan yaya ve taşıt izlerine ait ortalama konumların uzanımı

Söz konusu taşıt-taşıt çatışmasının taşıt hızlarına bağlı olarak açıklanabilmesi amacıyla, Tablo 4.19'da özet bilgileri verilen 199 taşıttan yol kenarında yaya ile etkileşime girmeyen 176'sına ait hızların karşı şeritte taşıt varlığı koşuluna göre

değişimi sınanmıştır. Böylece yaya varlığının etkisi olmadan, taşıt hızının yalnızca karşı şeritteki taşıt nedeniyle azalma gösterip göstermediği görülmeye çalışılmıştır.

Yol kenarında yaya bulunmayan durumlarda karşı şeritte taşıt varlığı nedeniyle seyir hızında yaklaşık 6 km/sa'lık bir azalma dikkati çekmektedir (Tablo 4.19). Bağımsız t-testi ile hız değerleri sırandığında, %95 güven düzeyi için bu farkın anlamlı olduğu ortaya çıkmaktadır ($t = 5,296$; $p < 0,0001$). Sonuç olarak, kaldırım bulunmayan bir yol kesiminde yol kenarında yürümekte olan bir yayanın varlığı nedeniyle, karşı yönde ilerleyen taşıtlar arasında bir çatışma gerçekleştiği ortaya konmaktadır.

4.5.4 İncelenen Etüt Sahalarında Yaya-Taşıt Kazaları Geçmişi

Emniyet Genel Müdürlüğü'nden, çalışmanın yürütüldüğü yol kesimlerinin bulunduğu Buca İlçesi'ndeki Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi'nde beş yıllık bir periyot 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 aşağıda (Tablo 4.20) 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 ile sürücü, yolcu ve yaya sınıfları için ölü ve yaralı sayılarına yer verilmiştir.

Tablo 4.20 Elde edilen kaza verisine örnek (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

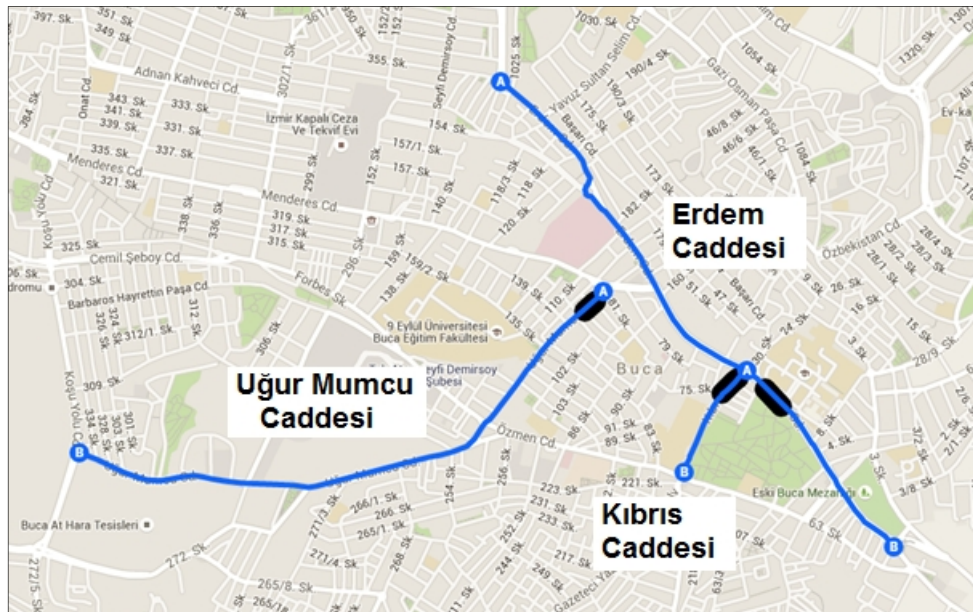
İZMİR İLİ BUCA İLÇESİNDE 2006-2014 YILLARI ARASINDA UĞUR MUMCU, KIBRIS VE ERDEM CADDELERİNDE MEYDANA GELEN ÖLÜMLÜ-YARALANMALI KAZA BİLGİLERİ										
KAZ_TARİH	KAZ_ILCE	AracSayısı	BagliYon	OlusTuru1	YER_YOLNO	YolunYonu	XKOORDINAT	YKOORDINAT	SONUC_OLUMLU	SONUC_YARALAMALI
20100530	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpmışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2716700	3838139	0	1
20100718	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpmışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718259	3838206	0	1
20100902	BUCA	İki araçlı	Komşu	Yandan çarpma/çarpmışma	Erdem Cad.	1-Tek Yonlu	2718287	3838202	0	1
20100727	BUCA	İki araçlı	Zıt	Yandan çarpma/çarpmışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718245	3838182	0	1
20100331	BUCA	İki araçlı	Komşu	Yandan çarpma/çarpmışma	Erdem Cad.	2-İki Yonlu	2718258	3838210	0	1
20100810	BUCA	İki araçlı	Aynı	Yandan çarpma/çarpmışma	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
20100210	BUCA	Tek araçlı	Bilgi yok	Yayaya çarpma	Uğur Mumcu Cad.	1-Tek Yonlu	2716845	3838024	0	1

Çalışma kapsamında incelenen caddeler üzerinde görülen toplam 252 kazanın caddelere göre dağılımı aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 4.21). 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 4.21 İncelenen yol kesimlerindeki kaza sayıları (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

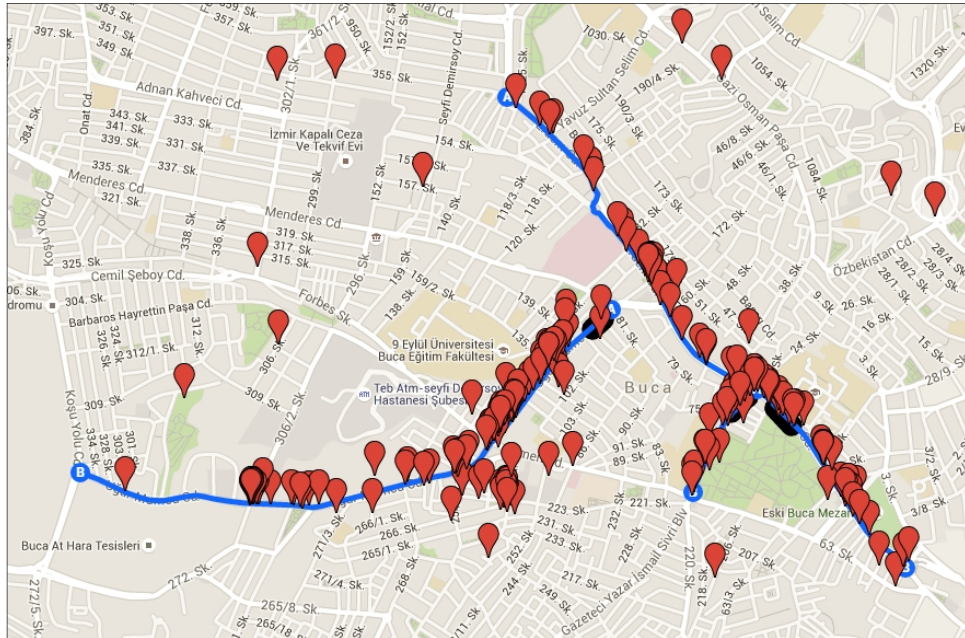
Kazaların konumlarının bulunması ve incelenen sahalarla eşleştirilerek irdelenebilmesi amacıyla öncelikle Google Maps uygulaması üzerinde Erdem Caddesi, Uğur Mumcu Caddesi ve Kıbrıs Caddesi işaretlenmiştir. Bu üç caddenin harita üzerindeki görünümü aşağıda görülmektedir (Şekil 4.109). Haritada söz konusu caddeler üzerinde siyah renkli bir bant ile işaretlenmiş bulunan kısımlar ise incelenen yol kesimleridir.



Şekil 4.109 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 4.110'daki gibi olduğu görülmüştür. Harita üzerinde bazı kazaların ilgili caddelerden uzak konumlar üzerinde görülmesi çeşitli nedenlerle açıklanabilir. Bunlardan biri, CBS kullanılarak kaza konumu kaydedilmesi uygulamasına ilk kez başlandığında, sahada veri kaydı veya daha sonra ofiste düzenlenmesi esnasında bazı hatalar yapılmış olabilir. Diğer bir neden, kaza verisi girişine taban oluşturan CBS yol ağı yıllar içinde güncellenirken farklı projeksiyon sistemleri kullanılmış ve önceki yıllara ait kazaların yeni yol ağına uygun konum dönüşümü yapılamamış olabilir. Ancak bu tip farklılık veya hatalar veri tablosundaki konum haricindeki diğer bilgilerle ilgili herhangi bir çelişki veya yanlışlığa neden olmamaktadır.

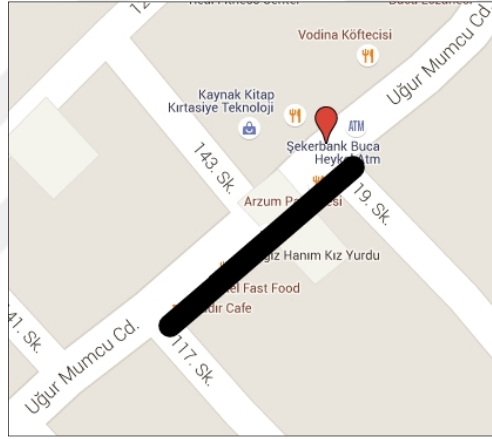
İncelenen yol kesimleri çevresindeki kazaların lazer tarama ve video çekimlerinden elde edilen veri ile birlikte değerlendirilebilmesi amacıyla, Şekil 4.110'daki haritada görülen kaza konumlarının doğru olduğu varsayılmıştır. Edinilen veri tablosundaki X ve Y değerleri esas alınarak haritaya yerleştirilen tüm kazalardan, incelenen her bir etüt sahası çevresindeki kazaların konumunu gösteren büyütülmüş haritalar Şekil 4.111, Şekil 4.112 ve Şekil 4.113 olarak aşağıda sunulmuştur.



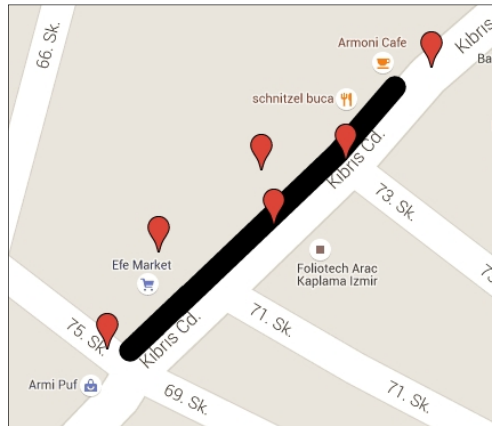
Şekil 4.110 İncelenen caddeler üzerindeki kazaların coğrafi dağılımı



Şekil 4.111 Kontrol yol kesimi olan Hukuk Fakültesi etüt sahası çevresindeki (Erdem Caddesi üzerinde) kazaların konumu



Şekil 4.112 Uğur Mumcu Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu



Şekil 4.113 Kıbrıs Caddesi'nde incelenen sorunlu yol kesimi çevresindeki kazaların konumu

Şekil 4.111, Şekil 4.112, Şekil 4.113 üzerinde gösterilen 15 kazanın çeşitli özelliklere göre dağılımı aşağıda tablolaştırılmıştır (Tablo 4.22). Bu 15 kaza arasında en az bir yayanın kazaya karıştığı kazaların sayısı 7 olarak bulunmuştur. Bu kazalar tabloda tırnak içerisinde belirtilen *Yayaya çarpma* kodlu ve *Tek taşıtlı* 6 kaza ile *Yandan çarpma/çarpışma* kodlu ve *Çok taşıtlı* 1 kazadan oluşmaktadır. Söz konusu kazalar Tablo 4.23'te özetlenmiştir. Burada taşıtın yayaya çarpması öne çıkan bir özelliktir. Yayaya çarpma ve yandan çarpışma kazalarının nedeni kaldırım kesit genişliğinin yetersiz olması, yol geometrisinin sorunlu olması ve yayanın taşıt trafiğine yer yer *sıkıştırma* etkisi yapması ile açıklanması mümkün olduğu kadar, bu kazalardaki yayaların yoldan karşıya geçmeye çalışan yayalar olması olasılığı da bulunmaktadır. Bu konuda açık bir bilgi yoktur.

Tablo 4.22 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen kazalar (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

Kaza Tipi	Tek taşıtlı	İki taşıtlı	Çok taşıtlı	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 4.23 İncelenen yol kesimleri çevresinde görülen ve en az bir yaya içeren kazalar (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

En az bir yayanın bulunduğu kazaların konumları herbir saha için Şekil 4.114'te sarı (açık) renkli işaretle gösterilmiştir.



Şekil 4.114 İncelenen sahalarda çevresinde görülen ve yayaların etkilendiği kazaların konumu

Söz konusu yaya içeren kazaların incelenen etüt sahalarına göre dağılımına bakıldığında en yüksek kaza sayısının Erdem Caddesi üzerindeki yol kesiminde meydana geldiği görülmektedir (Tablo 4.24). Bu kazaların türüne bakıldığında ise tümünün *Yayaya çarpma* şeklinde olduğu dikkati çekmektedir (Tablo 4.25). Etüt sahasının hemen yanında bir otobüs durağı ve yolun karşı tarafında bir üniversite yerleşkesi girişi bulunmaktadır. Buradan hareketle, bu kazaların karşıya geçmek isteyen yayaları içerdiği düşünülebilir. Ancak bu yargıyı destekleyecek daha ayrıntılı bilgiye ulaşılamamıştır.

Tablo 4.24 Her bir saha için toplam kaza sayısı ve yayanın karıştığı kaza sayısı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

Tablo 4.25 Her bir saha için çarpma türüne göre kaza sayısı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

Aynı kaza grubunun kazaya karışan taşıt sayısına göre dağılımı Tablo 4.26’da gösterilmiştir.

Tablo 4.26 Her bir etüt sahasında kazaya karışan taşıt sayısına göre kaza sayısı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

Söz konusu 7 kazanın şiddetine bakıldığında, kazaya karışanlardan ölen olmadığı, yalnız yaralanma meydana geldiği ve yaralanan kişilerin yayalar olduğu görülmektedir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27 İncelenen her bir kazadaki yaralı veya ölü yaya ve sürücü sayısı (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2015)

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

4.6 Taşıt Trafiki Yolculuk Direnci

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

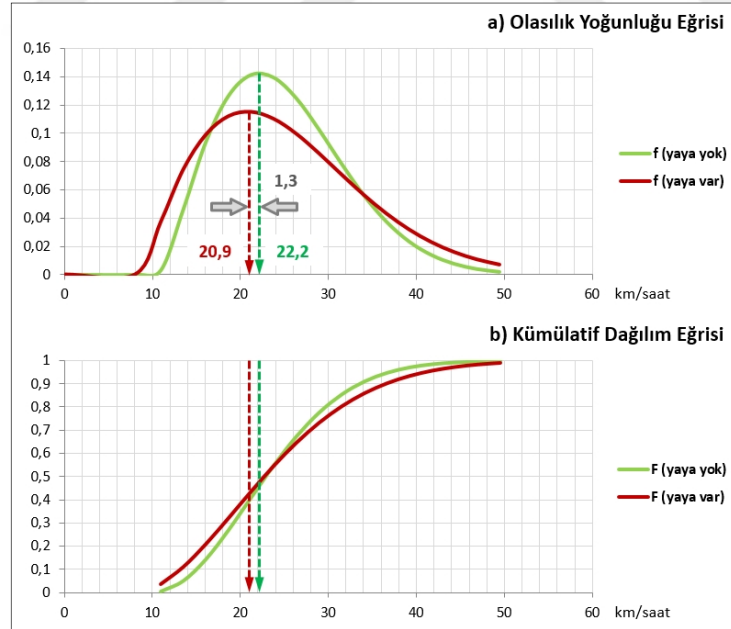
trafik akımını etkileyen sürtünme kavramı, gerek yol (veya şerit) kapasitesinin hesaplanmasında gerekse ulaşım talep modellemesinde yolculuk ataması yapılırken hesaba katılmaktadır.

Mikro düzeyde bakıldığında, çalışma 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 adlandırılabilen bu durum Bölüm 4.5.3'te ortaya konmuştur. Yaya 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 4.2 ve 4.3'te 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 4.5'te irdelenmiş, kaldırım bulunmayan bir yol kesiminde (Kıbrıs Caddesi 2) yol kenarından yürüyen yayaların taşıt hızlarına ve hareket izlerindeki yanal değişime olan etkisi ortaya konmuştur. Şekil 4.107'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 gözlemlendiği, Şekil 4.95a'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 4.115'teki 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 4.115'teki kırmızı eğrinin daha büyük bir varyans değeri sergilemesi bu önermeyi desteklemektedir. Yaya bulunmadığı durumlarda taşıt hızlarının birbirine daha yakın bir değer etrafında kümелendiği 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 yanıl mesafeyi güvenlik bakımından gerekli sayılabilecek aralıktan daha büyük bir değerde tercih ettiğı ve karşı şeridi kaplayarak geçtiğı gözlenmiştir. Yayaya olan mesafenin büyümesi, taşıt sürücüsünün hızını azaltmaması veya çok az değıştirmesi sonucunu doğurduğu tahmin edilmektedir. Bu durum, hız dağılımındaki varyansı açıklayan ikinci bir neden olarak karşımıza çıkmaktadır.

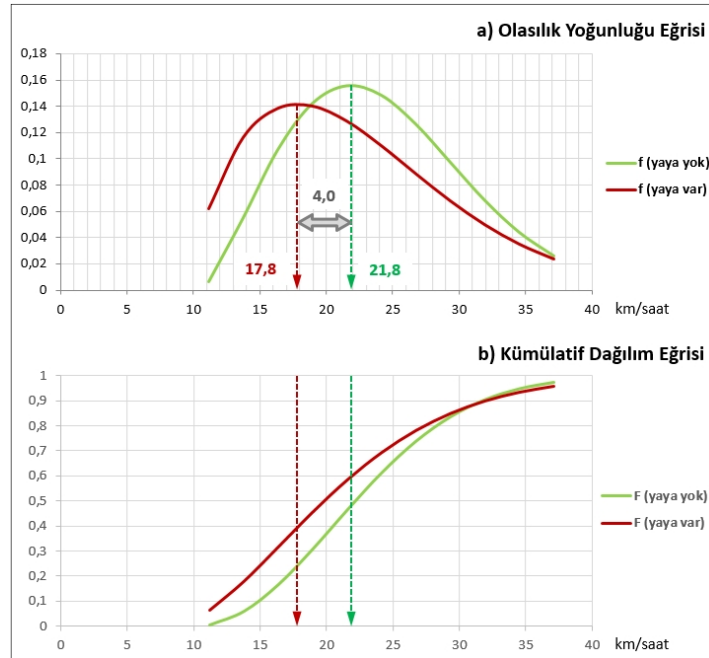


Şekil 4.115 Yol kenarında yürümekte olan yaya bulunması durumuna göre sahada gözlemlenen şeritten geçen tüm taşıtların hız dağılımı (km/saat)

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 4.116’da 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 4.28’de sunulmuştur.

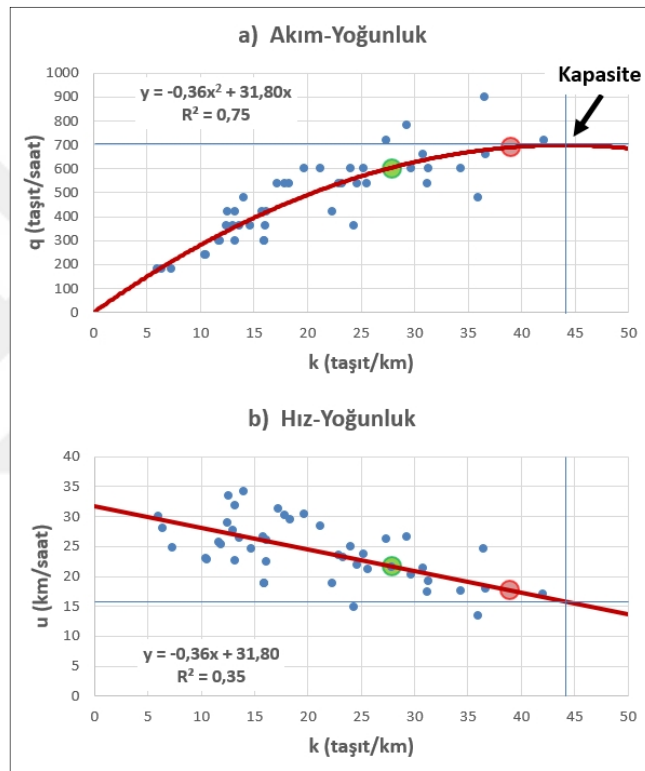
Tablo 4.28 Yol kenarında yaya varlığına göre taşıt hızları tanımlayıcı istatistikleri (km/saat)

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

Yukarıda Tablo 4.28’de özetlenen ve hız dağılımı Şekil 4.116’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 4.117’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 kullanılmış ve Greenshields modeli uygulanmıştır.



Şekil 4.117 İncelenen yol kesiminde elde edilen trafik temel bağıntılarına ait grafikler

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 4.117a’da görüldüğü gibi, mevcut veri kümesine göre incelenen yolun serbest hızı 31,8 km/saat, kapasitesi 702 taşıt/saat,

optimum yoğunluğu 44 taşıt/km, optimum hızı ise 15,9 km/saat olarak bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 4.29’da özet olarak sunulmuştur.

Tablo 4.29 Hesaplanan optimum akım, yoğunluk ve hız değerleri

	Yaya Yok	Yaya Var	Optimum Değerler
Hız (km/saat)	21,8	17,8	15,9
Yoğunluk (taşıt/km)	28	39	44
Akım (taşıt/saat)	606	692	702 (Kapasite)

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;

$$t_{yy} = \frac{L}{v_{yy}} \quad (4.8)$$

$$t_{yv} = \frac{L}{v_{yv}} \quad (4.9)$$

bağıntıları ile, serbest hız durumunda ise,

$$t_0 = \frac{L}{v_0} \quad (4.10)$$

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 4.29’da gösterilen hız değerleri yolculuk süresi bağıntısında yerine konursa,

$$t_0 = \frac{L}{v_0} = \frac{50 \text{ m}}{31,8 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{8,8 \text{ m/s}} = 5,7 \text{ s} \quad (4.11)$$

$$t_{yy} = \frac{L}{v_{yy}} = \frac{50 \text{ m}}{21,8 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{6,1 \text{ m/s}} = 8,3 \text{ s} \quad (4.12)$$

$$t_{yv} = \frac{L}{v_{yv}} = \frac{50 \text{ m}}{17,8 \text{ km/sa}} = \frac{50 \text{ m}}{4,9 \text{ m/s}} = 10,1 \text{ s} \quad (4.13)$$

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

$$d_{yy} = t_{yy} - t_0 \quad (4.14)$$

$$d_{yv} = t_{yv} - t_0 \quad (4.15)$$

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

$$d_{yy} = t_{yy} - t_0 = 8,3 \text{ s} - 5,7 \text{ s} = 2,5 \text{ s} \quad (4.16)$$

$$d_{yv} = t_{yv} - t_0 = 10,1 \text{ s} - 5,7 \text{ s} = 4,4 \text{ s} \quad (4.17)$$

olacaktır. Yol kenarında yaya varlığı nedeniyle yaşanan ekstra gecikme miktarı,

$$d_{yv} - d_{yy} = 4,4 \text{ s} - 2,5 \text{ s} = 1,9 \text{ s} \quad (4.18)$$

olarak bulunur. Bu değer yolda yaya olmadığı durum için hesaplanan 8,3 saniyelik yolculuk süresinde; $1,9 \text{ s} / 8,3 \text{ s} = \%23$ ’lük bir artış, diğer bir deyişle, yayaların varlığı nedeniyle yolculuk süresinin $\%23$ ’ü kadar bir gecikme meydana gelmesi anlamını

taşımaktadır. Gecikme süresinde ise $1,9 \text{ s} / 2,5 \text{ s} = \%76$ 'lık bir artış meydana gelmektedir.

Yolda yürüyen yaya bulunması sonucu oluşan yaya-taşıt çatışması durumunun hesaba katılabilmesi için aşağıda olasılığa dayalı bir yaklaşım getirilmiştir. Bir taşıtın 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 kenarında yürümekte olan yaya bulunma ve bulunmama olasılığı arasındaki ilişki $P(yy) + P(yv) = 1$ şeklinde olduğundan yol kesimindeki bileşik yolculuk süresi,

$$t' = P(yy) * t_{yy} + P(yv) * t_{yv} \quad (4.19)$$

şeklinde bir bağıntı ile gösterilebilir. Elde edilecek t' değeri, incelenen yol kesiminde *yoldaki yaya sürtünmesinden* kaynaklanan mikro gecikmelerin hesaba katıldığı ve olasılığa dayalı olarak hesaplanan bir bileşik taşıt yolculuk süresi olacaktır. İncelenen yol kesiminde kullanılan ikinci veri kümesine (karşı şeritte taşıt olduğu durumda ve yalnızca otomobillerin hesaba katıldığı veri kümesi) göre ilgili şeritten geçen herhangi bir taşıtın yol kenarında yürüyen en az bir yaya ile *karşılaşmaması* ve *karşılaşması* olasılığı sırasıyla 0,79 ve 0,21 olarak bulunmuştur. Değerler yerine konursa,

$$t' = P(yy) * t_{yy} + P(yv) * t_{yv} = 0,79 * 8,3 + 0,21 * 10,1 = 8,6 \text{ s} \quad (4.20)$$

elde edilir. Gecikme bağıntısı ise her iki durumu kapsayacak şekilde,

$$d' = t' - t_0 \quad (4.21)$$

olarak yazılabilir. Burada d' terimi, olasılığa dayalı olarak hesaplanan t' bileşik yolculuk süresine karşılık gelen gecikmedir. Değerler yerine konursa bileşik gecikme değeri,

$$d' = t' - t_0 = 8,6 \text{ s} - 5,7 = 2,9 \text{ s} \quad (4.22)$$

olarak bulunur. Yolculuk süresinde beklenen kayıp, yüzde cinsinden,

$$\% \text{ kayıp} = \left(\frac{d'}{d_{yy}} - 1 \right) * 100 \quad (4.23)$$

bağıntısı ile bulunabilir. İncelenen durum için değerler yerine konursa,

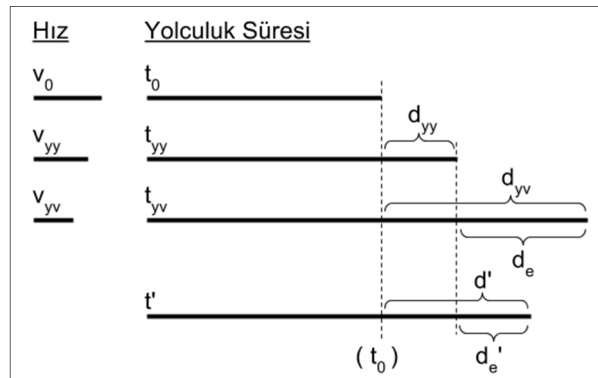
$$\% \text{ kayıp} = \left(\frac{d'}{d_{yy}} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{2,9 \text{ s}}{2,5 \text{ s}} - 1 \right) * 100 = \%16 \quad (4.24)$$

olacaktır.

Yukarıda açıklanan değişkenler için hesaplanmış değerler Tablo 4.30'da özetlenmiş, değişkenler arasındaki ilişkiler şematize edilerek Şekil 4.118'de gösterilmiştir.

Tablo 4.30 Tanımlanan değişkenlerin 50 m'lik yol kesimine göre hesaplanan değerleri

Durum	Hız (km/sa)	Yolculuk Süresi (s veya %)	Gecikme (s veya %)	Gözlemlenen Olasılık
Serbest	$v_0 : 31,8$	$t_0 : 5,7$	–	–
Yaya yok	$v_{yy} : 21,8$	$t_{yy} : 8,3$	$d_{yy} : 2,5$	$P(yy) : 0,79$
Yaya var	$v_{yv} : 17,8$	$t_{yv} : 10,1$	$d_{yv} : 4,4$	$P(yv) : 0,21$
Ekstra gecikme			$d_e : 1,9$	
Yüzde artış		$\%t_e : \%23$	$\%d_e : \%76$	
Bileşik değerler (olasılığa dayalı)		$t' : 8,6$	$d' : 2,9$	
Bileşik ekstra gecikme			$d_e' : 0,4$	
Bileşik yüzde artış		$\%t_e' : \%4$	$\%d_e' : \%16$	



Şekil 4.118 Yaya varlığına göre yolculuk süresi ve gecikmeler arasındaki ilişkiler

Şekildeki d_e ve d_e' terimleri, sırasıyla, yol kenarında yaya varlığı durumunda taşıt trafiğinde yaşanan ekstra gecikmeyi ve yaya varlığı olasılığı dikkate alınarak hesaplanan ekstra gecikmeyi temsil etmektedir.

Tablo 4.30'da özetlenen sonuçlar Şekil 4.118'de gösterilen ilişkiler ışığında şu şekilde yorumlanmıştır: Ele alınan 50 m uzunluğundaki yol kesimi üzerinde, hız-yoğunluk bağıntısından elde edilen serbest akım hızında gecikmenin sıfır olduğu varsayılmıştır. Bu temel koşul esas alındığında, *yaya yok* ve *yaya var* durumları için otomobillerde gözlemlenen 21,8 km/sa ve 17,8 km/sa'lık hız değerleri, sırasıyla 2,5 s ve 4,4 s'lik gecikme süresi doğurmaktadır. Bu iki gecikme değeri arasındaki fark (artış), yayaların etkisinden kaynaklanan bir *ekstra gecikme* olarak değerlendirilmiştir. Ekstra gecikmenin *yaya yok* durumundaki gecikmeye oranı yol kesimi üzerindeki gecikme süresinde %76'lık bir artış değeri vermektedir. Herhangi bir taşıtın bir yaya ile çatışma yaşama olasılığının dikkate alındığı *bileşik yolculuk süresi* ve *gecikmeye* bakıldığında ise, *bileşik ekstra gecikmenin yaya yok* durumundaki gecikmeye oranı %16'lık bir *bileşik artış* ortaya koymaktadır.

Yukarıda anlatılan sonuçlar Bölüm 4.5'te sunulan analizlerle birlikte değerlendirildiğinde anlaşılmaktadır ki, kaldırım sorunları (bu örnekte, kaldırım bulunmaması) nedeniyle taşıt trafiği olumsuz etkilenmekte; yayalar ve taşıtlar arasındaki çatışma durumları taşıt akımındaki hızlarda azalma ve gecikme sürelerinde artış meydana getirmekte; dolayısıyla yolun yolculuk direncinin artmasına neden olmaktadır.

4.7 Benzetim Çalışmaları

Benzetim, gerçekte mevcut olmayan bir sistemin bilgisayar uygulamaları yardımıyla ya da elle çözülerek 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 çalışmada benzetim, kaldırım sorunları nedeniyle gözlenen yaya-taşıt çatışmasının önlenmesi ve söz konusu yol kesimlerindeki gerek yaya gerek taşıt trafiğinde iyileştirme yapılabilmesine yönelik önerilmesi planlanan bazı senaryoların test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu bölümde, söz konusu senaryolardan birinin uygulanma aşamaları anlatılmıştır.

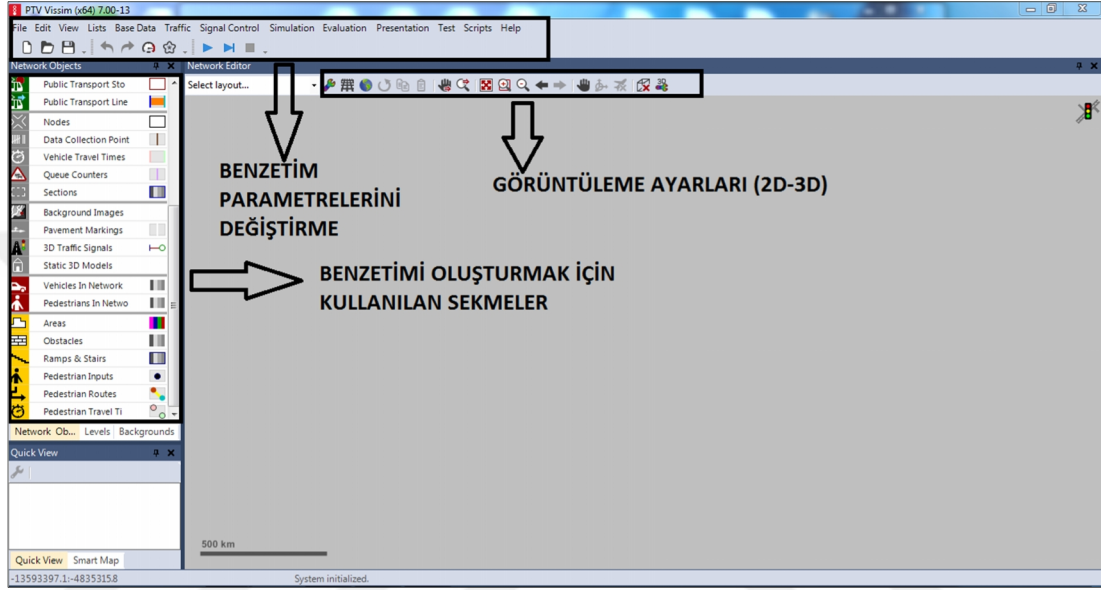
Deneyde, yaygın olarak tercih edilen bir mikroskobik benzetim yazılımı olan PTV VISSIM 7.00 versiyonu ve bu programın VISWALK modülü kullanılmıştır. Öncelikle, mevcut durumda elde edilen değişken değerleri benzetim ile temsil edilmeye çalışılmıştır. İkinci olarak ise, mevcut durumdaki sorunlara bir düzenleme önerisi getirilerek yeni bir benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir.

4.7.1 Kullanılan Benzetim Yazılımı Hakkında Kısa Bilgi

VISSIM, gerçekçi kent içi ulaşım ağı modellemesi yapabilen, ayrıca şehirlerarası taşıt ve yaya trafiğini modelleme amacıyla da kullanılan, zaman adımı ve davranış tabanlı, mikroskobik düzeyde bir benzetim ortamıdır. VISSIM ile bireysel kullanıcıların bulunduğu genel trafiğin yanı sıra demiryolu ve karayolu tabanlı toplu taşıma türleri de modellenmektedir. Trafik akımı benzetimi sürecinde şerit ayrımı, taşıtların dağılımı, sinyalizasyon kontrollü kavşaklar ve özel taşıtlar ile toplu taşıma taşıtlarının 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 4.119)



Şekil 4.119 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 modülde Şekil 4.120'de gösterildiği gibi *Alanlar (Areas)*, *Engeller (Obstacles)*, *Rampa ve Merdivenler (Ramps & Stairs)*, *Yaya Girdileri (Pedestrian Inputs)*, *Yaya Güzergahları (Pedestrian Routes)* ve *Yaya Yolculuk Süreleri (Pedestrian Travel Times)* elemanlarının oluşturulabildiği ve ilgili değişken değerlerinin girildiği araçlar bulunmaktadır.



Şekil 4.120 VISSIM 7.00'daki VISWALK modülü araçları (Terimler yukarıda açıklanmıştır.)

VISWALK modülü yardımıyla oluşturulabilen ve Şekil 4.120’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 4.119’un sol tarafında gösterilen araçlar yardımıyla tasarlanır.

4.7.2 Modellenen Etüt Sahası

Tercih edilen benzetim yazılımının mevcut durumuyla yaya özelliklerini, ortam koşullarını ve yayaların gerek ortamla gerek taşıtlarla olan etkileşimini çalışmada irdelenen ölçekte ve ayrıntıda temsil etmeye yeterli bilgi girişine elverişli olmadığı görülmüştür. Çalışma 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 etüt sahasından 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.

Çalışma kapsamında veri toplanan üç sorunlu etüt sahası arasında benzetim için Bölüm 3.1.2.1’de 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 yolculuk 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 taşıt trafiği açısından trafik güvenliği riskleri doğmaktadır. Söz konusu sahanın genel görünüşü Şekil 4.121’de sunulmuştur.



Şekil 4.121 Uğur Mumcu Caddesi'ndeki etüt sahası (sorunlu yol kesimine örnek) (Kişisel arşiv, 2013)

4.7.3 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. Bu tez çalışmasının hedefleri kapsamındaki en önemli konulardan biri 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 4'te incelenen çeşitli yönleri ve varılan bulguların birçoğunun benzetim ortamında canlandırılması mümkün olmamıştır.

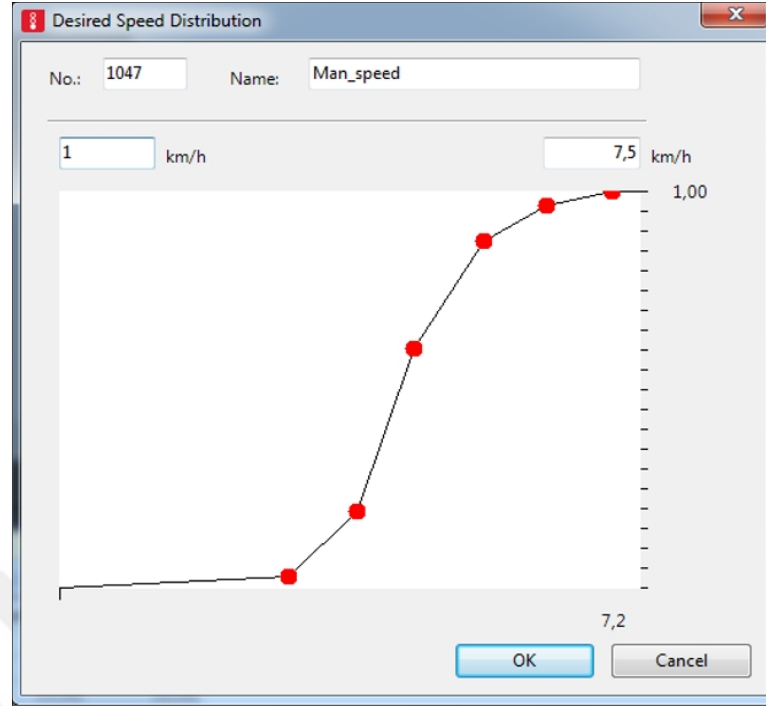
4.7.4 Kullanılan Veri Kümesi

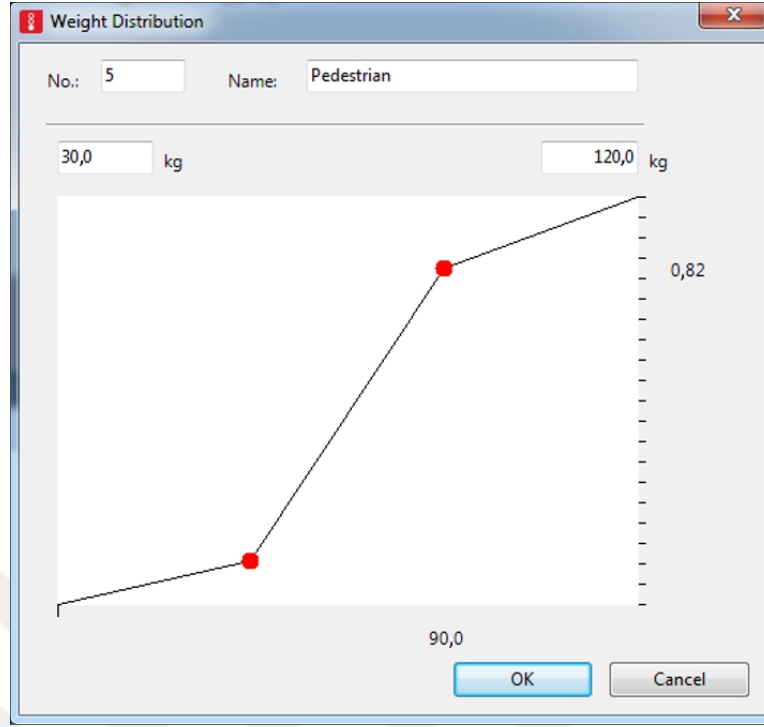
Sisteme girilmek istenen yaya özellikleri Tablo 4.31'de görülmektedir. Buradaki değişkenlerden yalnızca cinsiyet, kilo durumu ve hız verisi hesaba katılmıştır.

Tablo 4.31 Benzetimde kullanılan yaya özellikleri ve hız dağılımı

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	

Tablo 4.31’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 4.122 - Şekil 4.124’te görüldüğü gibi sistemde tanımlanmıştır. Bu şekillerde sırasıyla *erkek yayalar için istenen hız dağılımı*, *kadın yayalar için istenen hız dağılımı* ve *tüm yayalar için kilo durumu dağılımı* görülmektedir.





Şekil 4.124 Yayaların 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 Şekil 4.125’te görüldüğü gibi tanımlanmıştır. Şekildeki *Count*, *PedType*, *DesSpeedDistr* ve *RelFlow* sütunları sırasıyla satır sayısı, yaya türü, istenen hız dağılımı ve trafik akım oranları değişkenlerini ifade etmektedir. Hız dağılımı değerlerine dikkat edildiğinde, yukarıdaki Şekil 4.122 ve Şekil 4.123’te erkek ve kadın için 1047 ve 1048 numaraları ile oluşturulan dağılımlar olduğu görülecektir. Yayalar için, iki yönden toplam 400 yaya/saat’lik akım değeri girilmiştir.

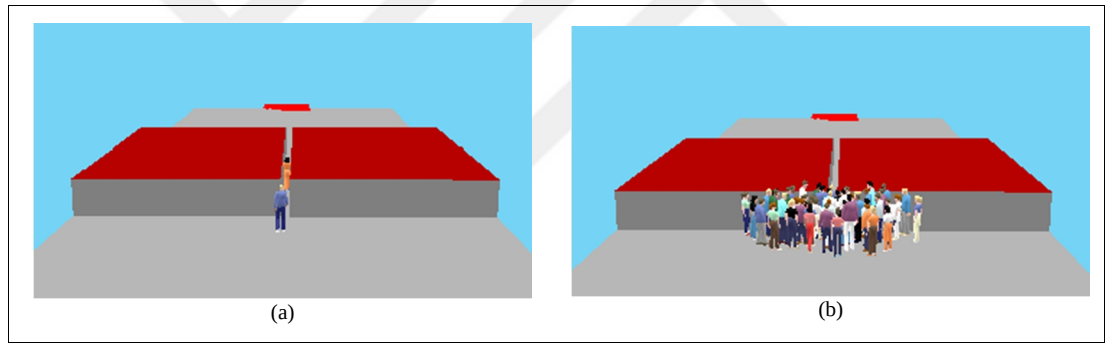
Count: 2	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Man	1047: Man_speed	0,520
2	200: Wo	1048: Woman_speed	0,480

Şekil 4.125 Yaya trafiği üretiminde erkek ve kadın oranı girişi (Count: girdi adedi, PedType: yaya tipi, DesSpeedDistr: istenen hız dağılımı, RelFlow: bağlı akım oranı)

4.7.5 Ortamın Oluşturulmasına Yönelik Bazı Denemeler

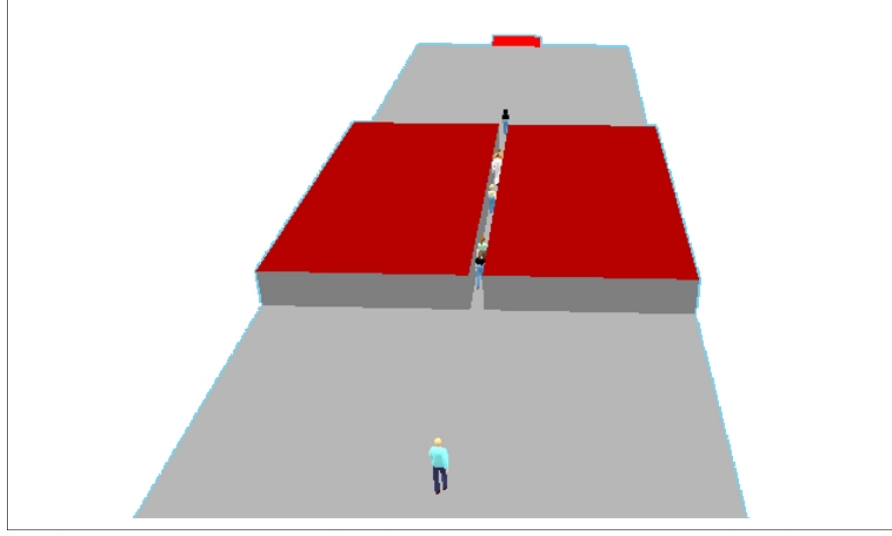
Benzetim için ele alınan etüt sahasında daralan bir kaldırım kesimi ile yayaların yola inme ve kaldırıma çıkma hareketleri öne çıkmaktadır. Etkin bir benzetim çalışması için, yazılımın bu durumlara karşı hangi mertebede duyarlı olduğunun anlaşılması amacıyla genel bir dizi deney gerçekleştirilmiştir.

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 4.126a ve b'de gösterilmiştir.



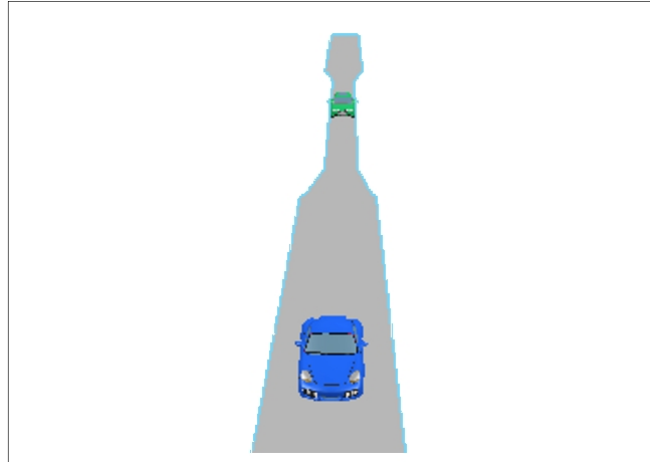
Şekil 4.126 40 cm genişliğindeki bir geçitte yayaların davranışı

Bloklar arası geçidin genişliği 50 cm olarak ayarlandığında ise tüm yayaların diğer tarafa geçerek varış noktasına ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.127). Uğur Mumcu Caddesi'ndeki dar kaldırımın genişliği 70 cm olarak ölçülmüş olduğundan, benzetim esnasında burada yayaların yürümesi için bir engel bulunmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.127 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 4.128'de görülmektedir.



Şekil 4.128 Taşıt yolu genişliği sınırlarının belirlenmesi

4.7.6 Benzetim Senaryosu

Bölüm 4.7.2’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 yolculuk süreleri ve gecikmeleri ölçülmeye çalışılmıştır.

Şekil 4.129’daki fotoğrafta kırmızı elips içinde işaretlenen bölge, daralan kaldırımda yayaların göstermiş olduğu, dar kaldırım nedeniyle yola inerek geçme hareketidir. Durum, resim büyütülerek Şekil 4.130’da gösterilmiştir.

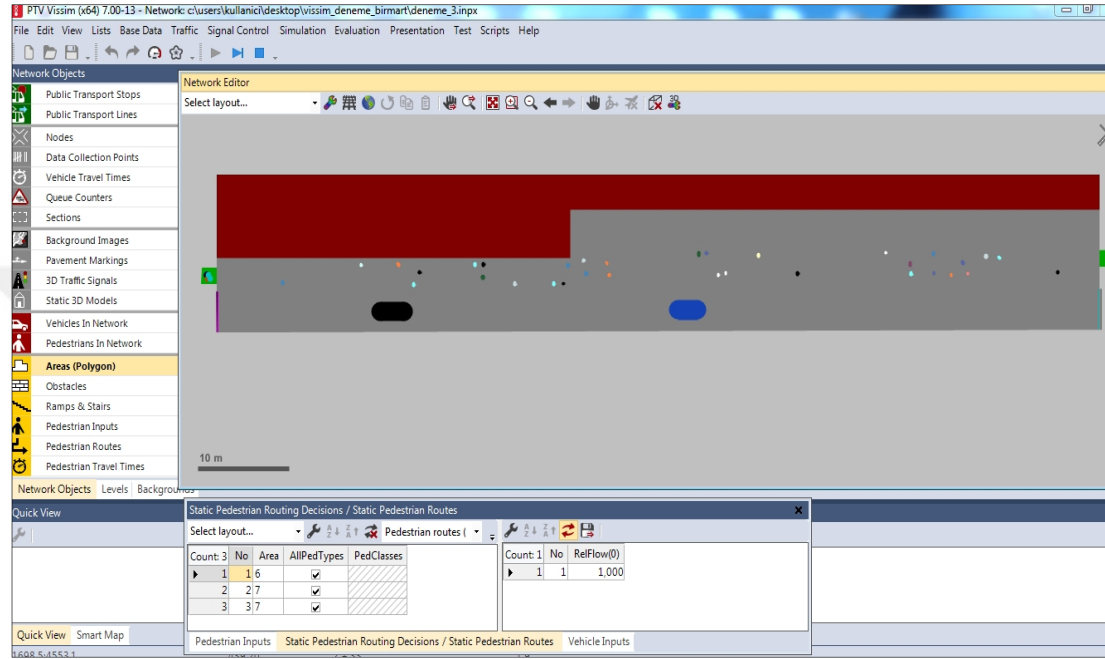


Şekil 4.129 Sahanın genel görünümü ve gözlenen yaya hareketlerine bir örnek (Kişisel arşiv, 2014)



Şekil 4.130 Gözlenen yaya hareketlerine bir örnek (büyütülmüş) (Kişisel arşiv, 2014)

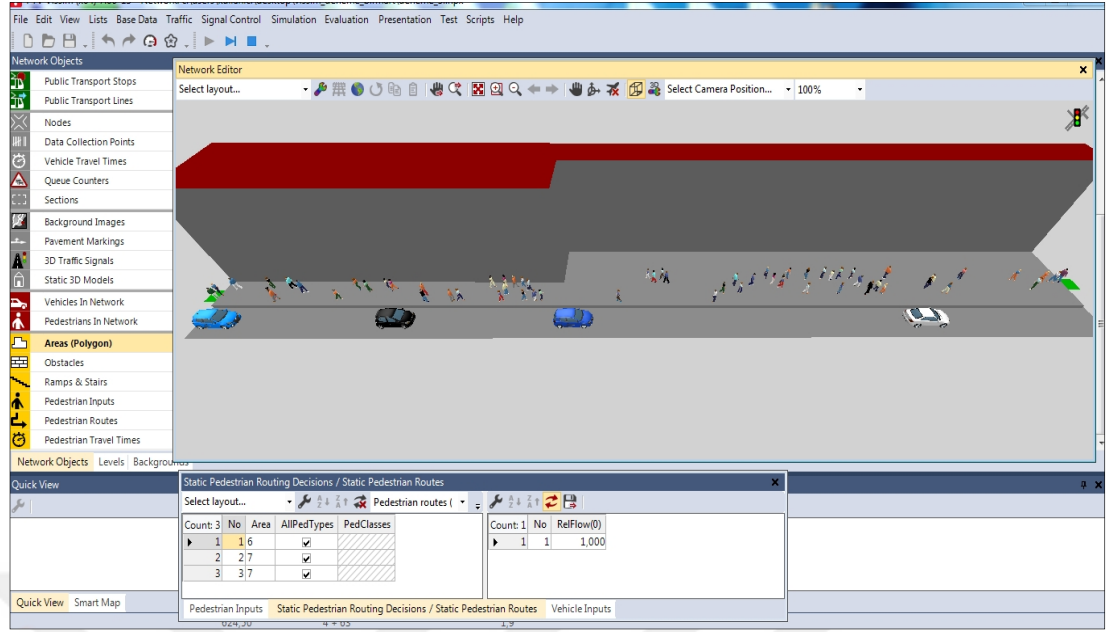
Yukarıda anlatılan yola inme durumundan kaynaklanan kayıplar benzetim ortamında temsil edilerek ölçülmüş, bir düzenleme yapılarak sonuçlar karşılaştırmaya çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle saha AutoCAD planından aktarılarak VISSIM ortamında çizilmiştir. Şekil 4.131’de sahanın benzetim ortamında ilk oluşturulan modeli sonrası iki boyutlu (havadan) görünümü sunulmuştur.



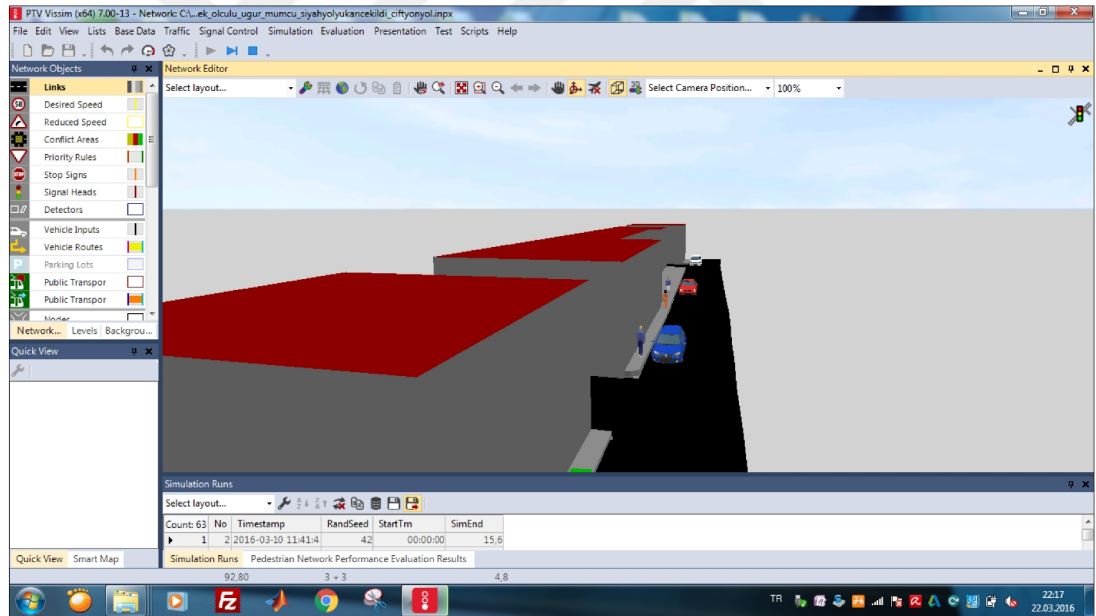
Şekil 4.131 Modelleme aşamasında sahanın plan görünümü

Yeşil alanlar *pedestrian inputs* yani yaya girişleri olarak gösterilmiştir. İncelenen kaldırımdan ayrı olarak yaya girişlerinin gösterilmesinin nedeni program ayarlarında yayaların aynı alan içerisinde hareket edememesindendir. Böylece başlangıç ve varış noktaları belirlenmektedir. Yaya ve taşıt hacimleri etüt çalışmalarında gözlenen değerlere uygun olarak girilmiştir. Şekildeki kırmızı renkli alan *obstacle* yani engel olarak tanımlanmıştır. Bu kırmızı alanlar kaldırmıyı sınırlayan yapıları, küçük noktalar yayaları, elips şekiller ise taşıtları temsil etmektedir. Şekil 4.131’deki sahanın üç boyutlu perspektif görünümü ise Şekil 4.132’de sunulmuştur.

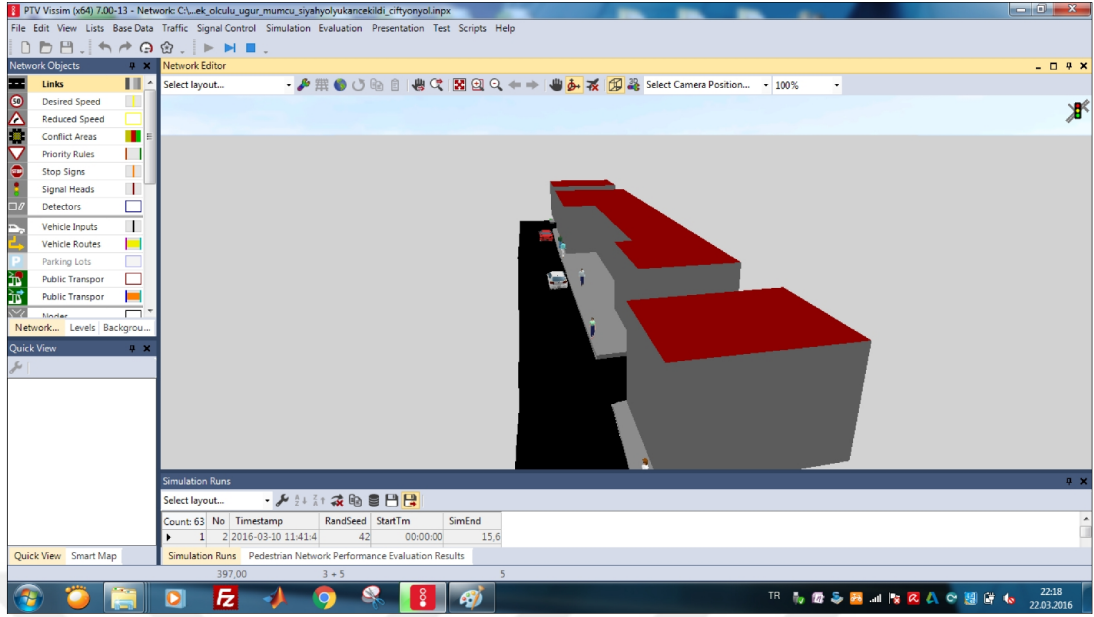
Şekil 4.131 ve Şekil 4.132 gösterilen ilk benzetim ortamı üzerinde gerçekteki duruma uyarlanması için gereken son müdahaleler yapılarak Şekil 4.133 ve Şekil 4.134’te sunulan modeller oluşturulmuştur.



Şekil 4.132 Modelleme aşamasında sahanın perspektif görünümü



Şekil 4.133 Sahanın perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)



Şekil 4.134 Sahanın diğer bir açıdan perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)

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 4.135 ve Şekil 4.136’da işaretlenerek gösterilmiştir.

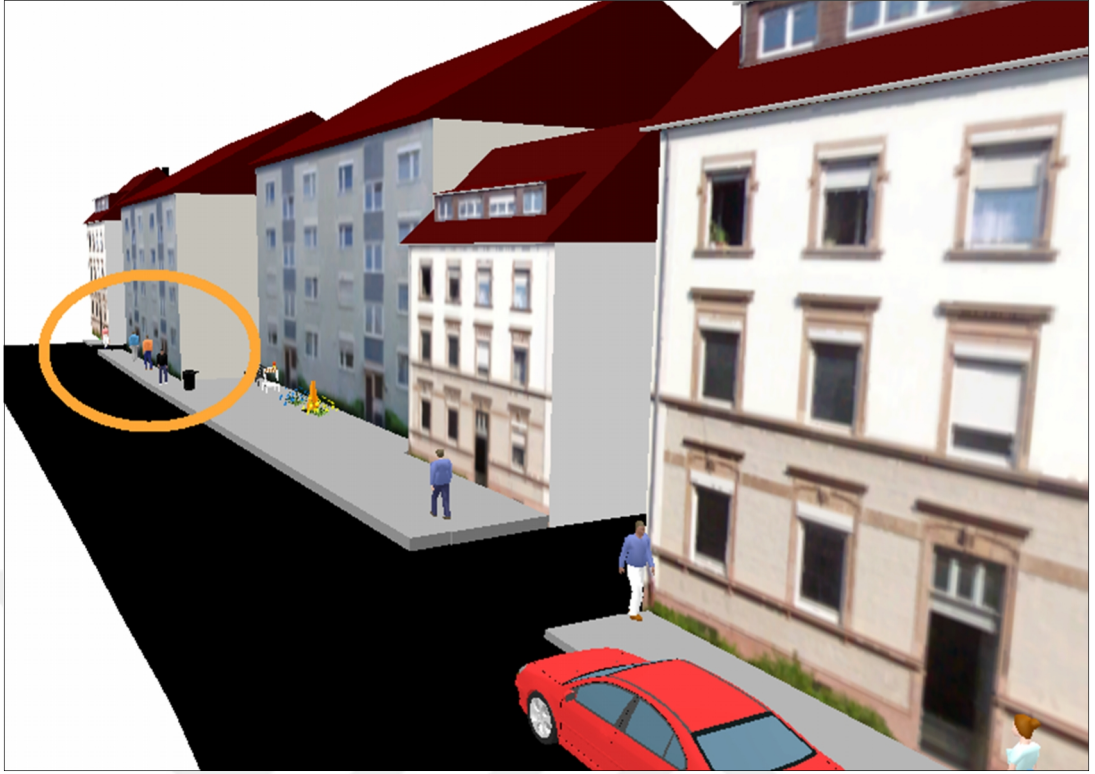


Şekil 4.135 Sahanın üç boyutlu modeller ile perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)



Şekil 4.136 Sahanın diğer bir açıdan üç boyutlu modeller ile perspektif görünümü (mevcut sorunlu durum)

İkinci durum ise, yayaaların yola inmeye zorlandığı dar kaldırımın, iki yayanın yan yana geçebilmesine olanak tanıyacak kadar genişletilmesi ile oluşturulmuş ortamı kapsamaktadır. Şekil 4.137 ve Şekil 4.138’de, yayaaların artık yola inmeden sürekli kaldırımda ilerlediği görülmektedir.



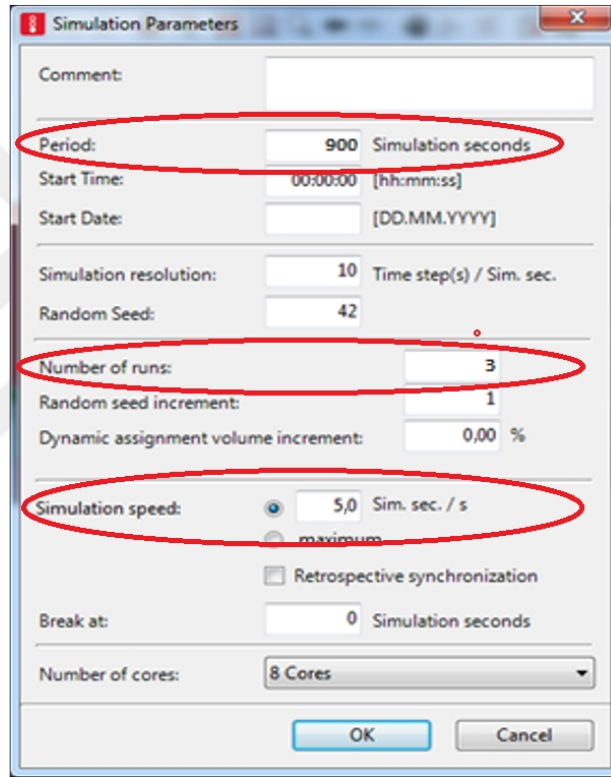
Şekil 4.137 Sahanın perspektif görünümü (önerilen düzenleme sonrası durum)



Şekil 4.138 Sahanın diğer bir açıdan perspektif görünümü (önerilen düzenleme sonrası durum)

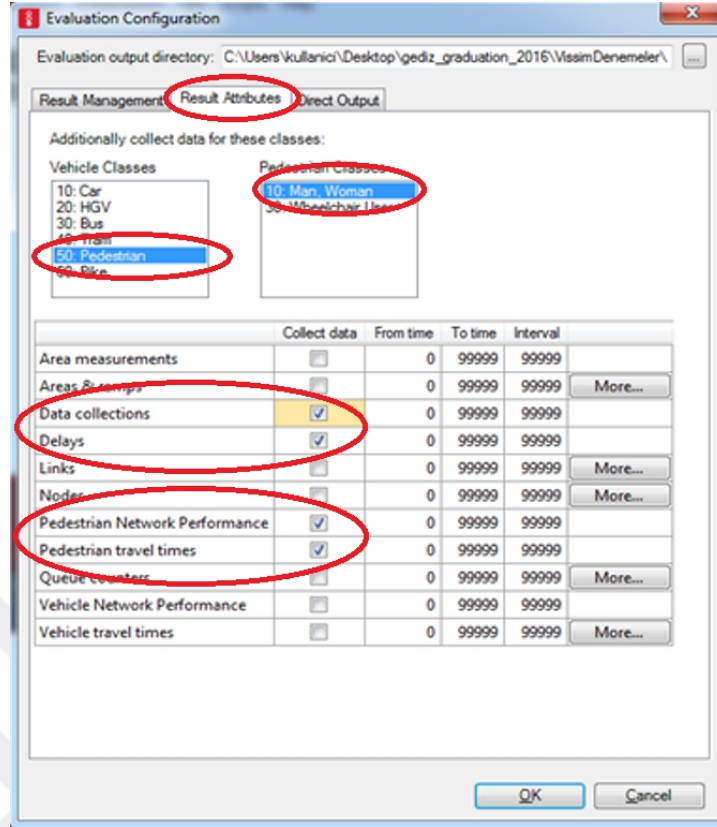
4.7.7 Benzetim Sonuçları

Mevcut durum ile düzenleme önerisi sonrası durumun karşılaştırılmasına esas teşkil edecek benzetim sonuçlarının elde edilmesi amacıyla benzetim ayarları Şekil 4.139’da görüldüğü gibi girilmiştir. Saniyede 5 benzetim saniyesi (Simulation speed: 5,0 sim. sec./s) olmak üzere 900 benzetim saniyesi (Period: 900 Simulation seconds), yani gerçekte 3 dk süren benzetim senaryosu oluşturulmuş; benzetim her bir durum için 3 kez tekrarlanacak şekilde (Number of runs: 3) ayarlanmıştır. Şekilde görülen diğer ayarlar değiştirilmemiştir.



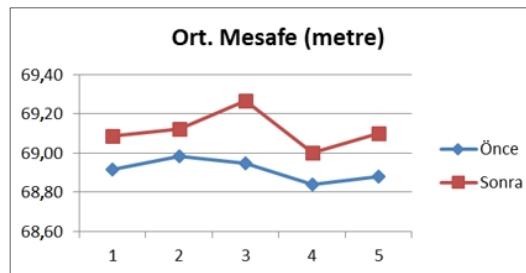
Şekil 4.139 Benzetim ayarları (Terimler yukarıda açıklanmıştır.)

Değerlendirme raporları ayar penceresi üzerinden, gerekli çıktılar Şekil 4.140’ta görüldüğü şekilde seçilmiştir. Buradaki *Sonuç Değişkenleri* sekmesinde yol kullanıcıları arasından *Yayalar* ve *Kadın/Erkek* seçenekleri işaretlenmiş; *toplanan veri*, *gecikmeler*, *yayaların başarıımı* ve *yaya yolculuk süreleri* verisi elde edilmesi seçilmiştir. Raporlardan elde edilen sonuçların ortalaması alınarak yapılan değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

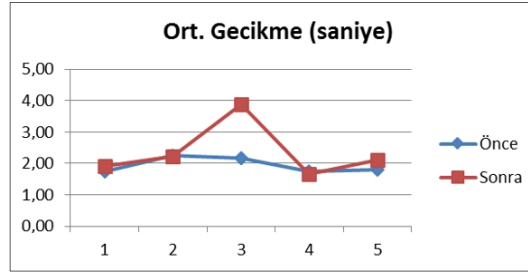


Şekil 4.140 Benzetim sonuç raporu tercihleri (Terimler yukarıda açıklanmıştır.)

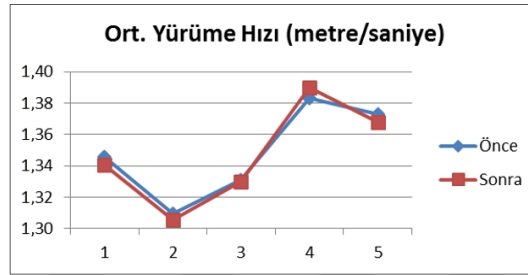
Mevcut durum ve düzenleme önerisi sonrası için 5'er kez çalıştırılan benzetim döngüsü sonucu elde edilen değerler aşağıda özetlenmiştir. Şekil 4.141 - Şekil 4.143'te sırasıyla yayaaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafe, ortalama gecikme ve ortalama yürüme hızı değişimleri sunulmuştur. Yatay eksen 5 benzetim tekrarını ifade etmektedir.



Şekil 4.141 Yayaaların benzetim ortamı içerisinde yürüdüğü ortalama mesafeler



Şekil 4.142 Yayaların benzetim ortamı içerisinde yaşadığı ortalama gecikmeler



Şekil 4.143 Yayaların benzetim ortamı içerisinde ortalama yürüme hızları

Yukarıdaki şekillerde sunulan bilgiler aşağıda Tablo 4.32’de özetlenmiştir.

Tablo 4.32 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. Bu konudaki gelecek çalışmalara yönelik öneriler Bölüm 5.1.6’da sunulmuştur.

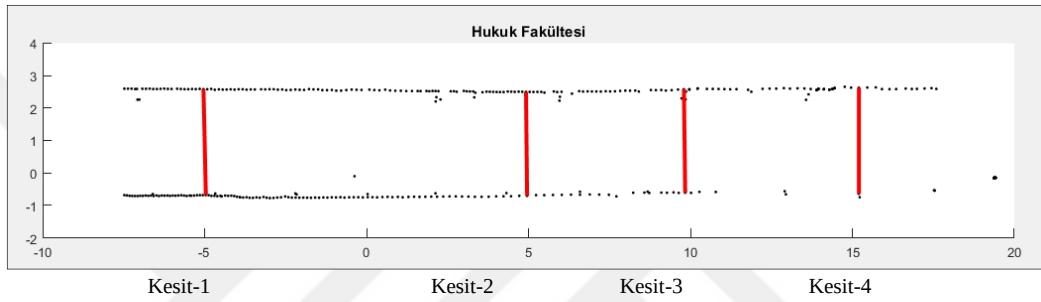
4.8 Yayaların Kaldırımında Gözlemlenen Yanal Konumları

Bu çalışma yüksekliği ve genişliği değişen 50 metrelik kısa yol ve 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 çalışmada 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 ve taşıt trafiği ayrımının kaldırım yüksekliği ile sağlandığı durumlarda yaya güvenliğinin artırıldığı varsayılsa da bu çalışma yayalar için gerekli ve yeterli hareket alanı ve genişliği sağlanmadığı durumlarda kaldırım yüksekliğinin artırılmasının yaya güvenliğini daha çok tehdit ettiğini ortaya koymuştur. Gerekli ve yeterli hareket alanının bulunmadığı ve kaldırım sürekliliğinin sağlanamadığı durumlarda (kaldırım üzerinde bariyerlerin bulunması durumunda) taşıt ve 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, çalışmada elde edilen bulgulardan hareketle, yol, kaldırım, trafik ve otopark düzenlemeleri hakkında bazı prensipler önerilmiştir. Öncelikle kaldırım ve yolun, kaldırım bulunan gözlem noktalarında yayalar tarafından, kesit üzerindeki

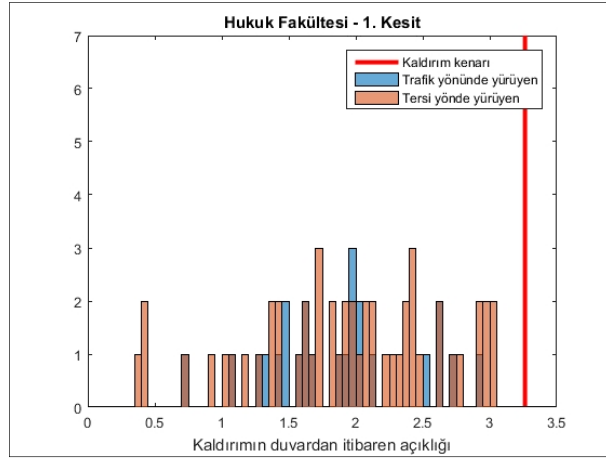
konum bakımından nasıl kullanıldığı incelenerek, kaldırım ve yol düzenlemeleri tartışılmıştır.

Şekil 4.144'te, kontrol gözlem noktası olan Hukuk Fakültesi sahası 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 4.145 - Şekil 4.148'de verilmiştir.

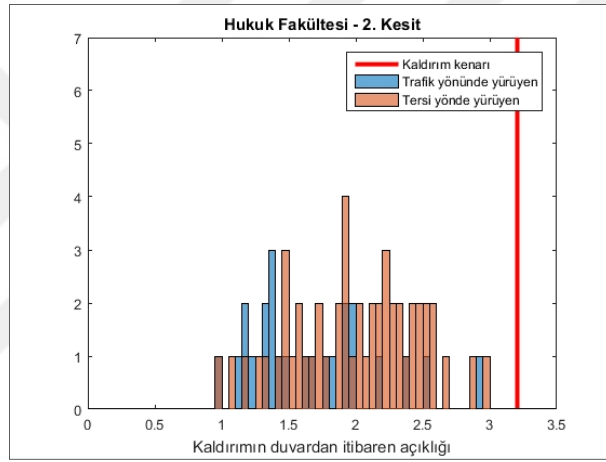


Şekil 4.144 Kaldırım kullanım analizi için Hukuk Fakültesi etüt sahasında (kontrol yol kesiminde) saha çalışmasından alınan kesitlerin konumları

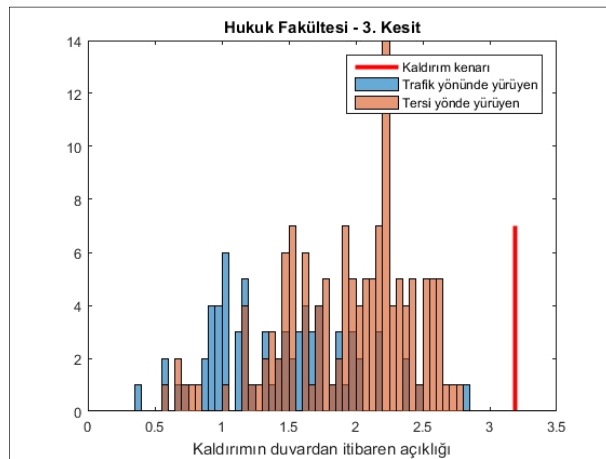
Enkesit histogramları incelendiğinde, 3 metrenin üzerinde genişliğe sahip olan kaldırımda, hiçbir yayanın kaldırım dışından hareket etmediği görülmektedir. Kaldırımın yol seviyesine göre ergonomik bir yükseklikte olması ve kaldırıma park etmenin araçlarla ayrılmış olması, yayalar tarafından tasarımına 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 taşıt trafiğini görebilen yayaların Şekil 4.149'da verilen TSE standardına göre olması gereken emniyet şeridini de kullandığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, geniş kaldırımlarda dahi, yaya emniyetinin sağlanması için mutlaka bitkilendirme vb. araç uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yayaların yönle göre kaldırım kesitinde aldıkları konum belirgin bir farklılık göstermemektedir.



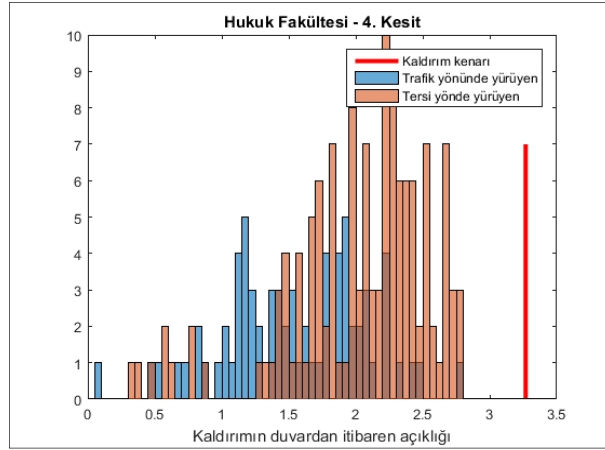
Şekil 4.145 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



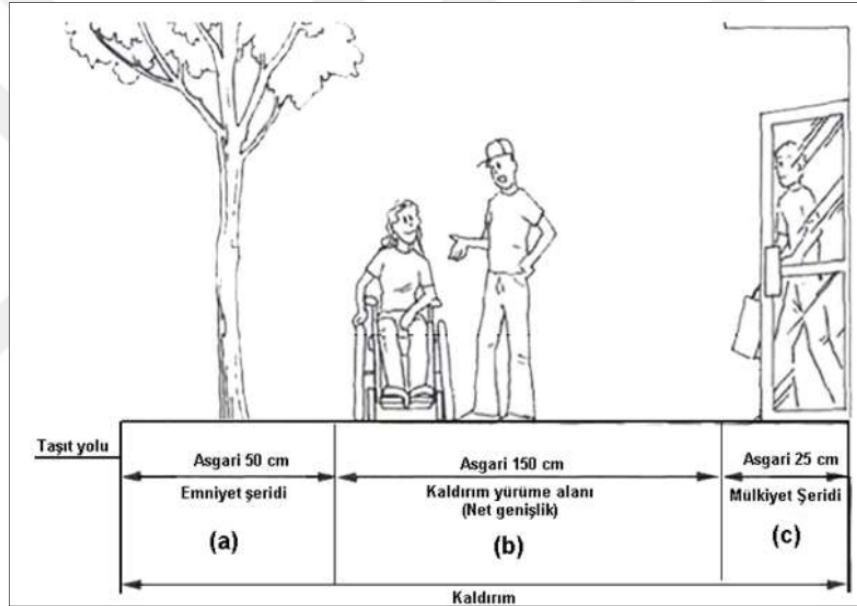
Şekil 4.146 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.147 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



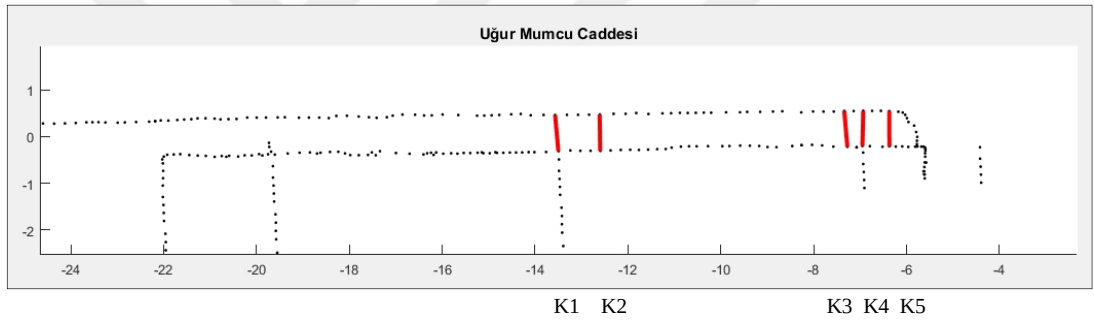
Şekil 4.148 Hukuk Fakültesi etüt sahası (kontrol yol kesimi) 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



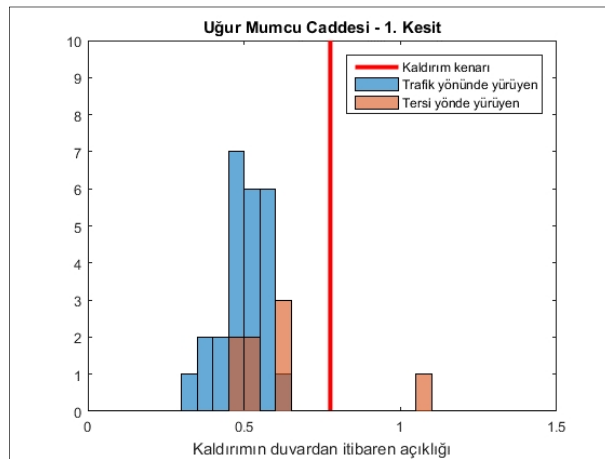
Şekil 4.149 TS 12576'ya göre tip kaldırım enkesiti kısıtları (Türk Standartları Enstitüsü, 2012)

Şekil 4.150'de, Uğur Mumcu Caddesindeki daralan kaldırım gözlem bölgesinden seçilen kesit noktaları görülmektedir. Şekil 4.151~Şekil 4.155 arasında ise enkesitlerdeki yaya hareket histogramları görülmektedir. Kaldırımda zıt yönde yürüyen yayaların yaklaşık eşit sayıda olması ve aynı dar kesiti kullanmaları, yaya hareketliliğin güçleşebileceğini düşündürmektedir. Bölüm 4.2'de sunulan karşılaştırmalı grafiklerde, Uğur Mumcu dar kaldırım gözlemlerinin, diğer gözlem noktalarına göre çoğunlukla en düşük ortalama hızı vermesi de bu düşünceyi doğrulamaktadır. Bu gözlem bölgesinde kaldırım genişliği 75 cm civarındadır ve

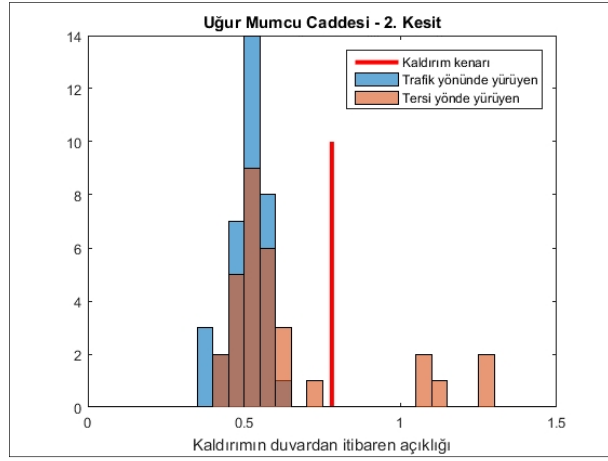
standartların oldukça altındadır. Kaldırımın yaklaşık 30 cm’lik mülkiyet şeridi bölgesinin yaya tarafından kullanılmadığı, dolayısıyla standartta önerilen asgari 25 cm’lik bölgenin, tasarımda mutlaka dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Her iki yönde hareket eden yayaaların aynı kesit bölgesinden geçtiği, birçok yaya hareketinin açıklığın 45-65 cm bölgesinde yoğunlaştığı ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, trafiğin tersi yönünde hareket eden, dolayısıyla karşı yönden gelen taşıt trafiğini görebilen yayaaların kayda değer bir kısmının taşıt yolu üzerinden gitmek zorunda kaldığı, kaldırım kenarının yaklaşık 40 cm açıklıktan yürüdükleri anlaşılmaktadır. 75 cm’lik bir kaldırım uygulaması, yayaaları 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.



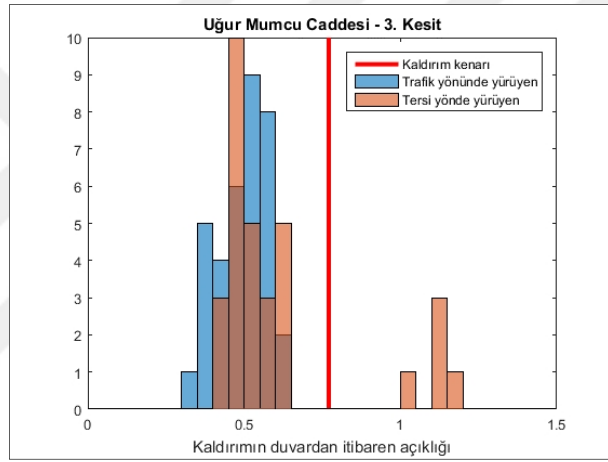
Şekil 4.150 Kaldırım kullanım analizi için Uğur Mumcu Caddesi’ndeki saha çalışmasından alınan kesit konumları



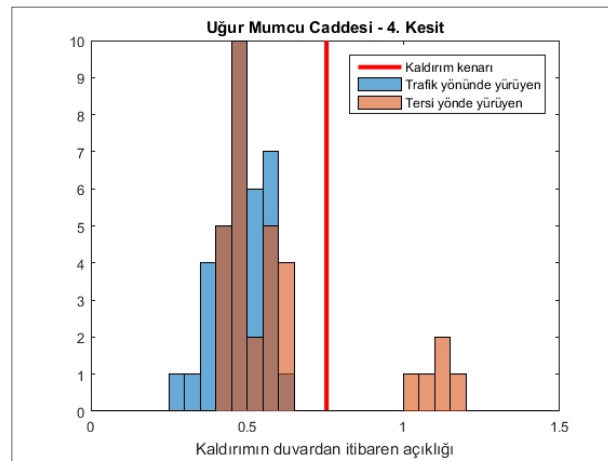
Şekil 4.151 Uğur Mumcu Caddesi 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



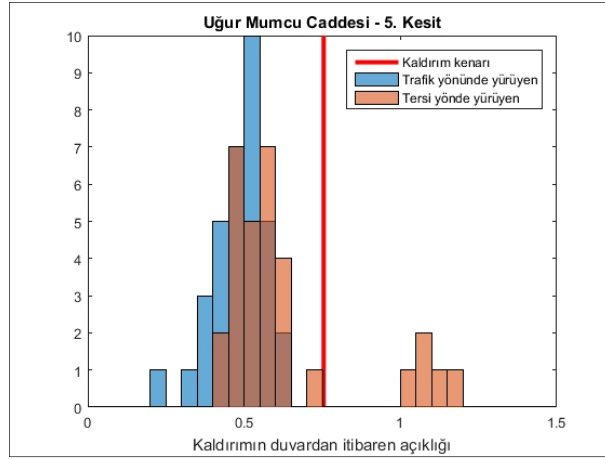
Şekil 4.152 Uğur Mumcu Caddesi 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.153 Uğur Mumcu Caddesi 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.154 Uğur Mumcu Caddesi 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı

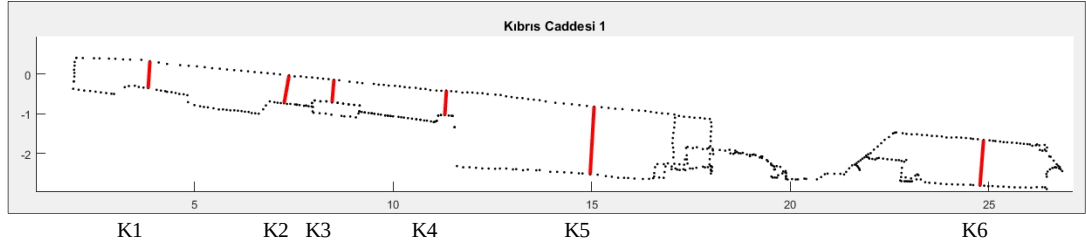


Şekil 4.155 Uğur Mumcu Caddesi 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı

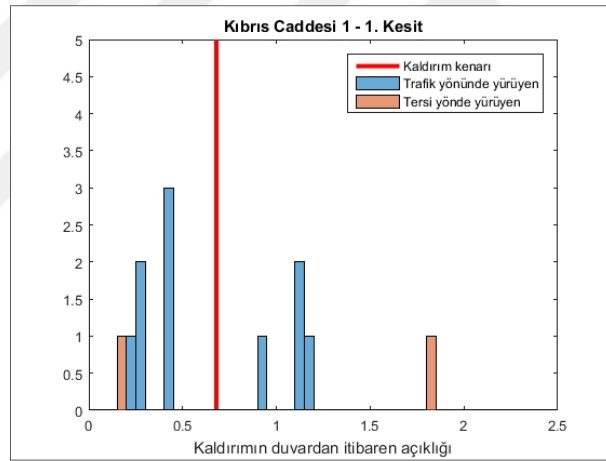
Şekil 4.156’da Kıbrıs Caddesi 1 gözlem bölgesine ait plan üzerinde, kaldırımın daralan ve genişleyen farklı kesimlerinden alınan kesit histogramlarının konumları görülmektedir. Alınan 6 kesit histogramı ise Şekil 8.14 - 8.19’da sunulmuştur. Yaklaşık 60-70 cm genişliğinde olan ilk 4 kesitte, bitişik trafik 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 kaldırım 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 tasarlanırsa 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

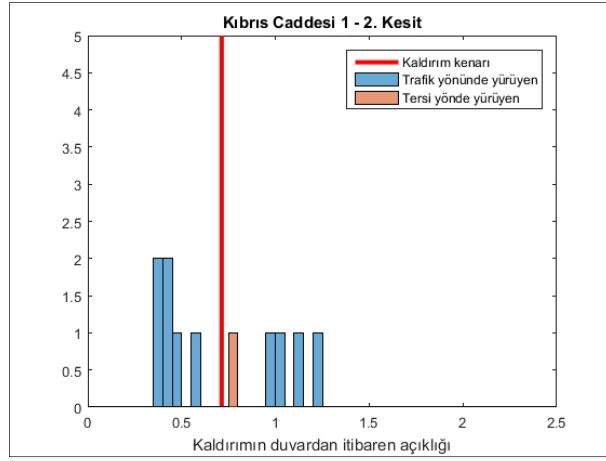
platformunu kullanmaya sevk ettiğidir. Dolayısıyla, kaldırım genişliğinin asgari 125 cm ve sürekli olarak ayarlanamadığı koşullarda, trafiğin iki yönlü ve iki şeritli olarak düzenlenmesi yerine, bölge yol ağı bütün olarak çözümlenip tek yönlü ve tek şeritli uygulamalarla yaya hareketliliğinin güvenli hale getirilmesi sağlanmalıdır.



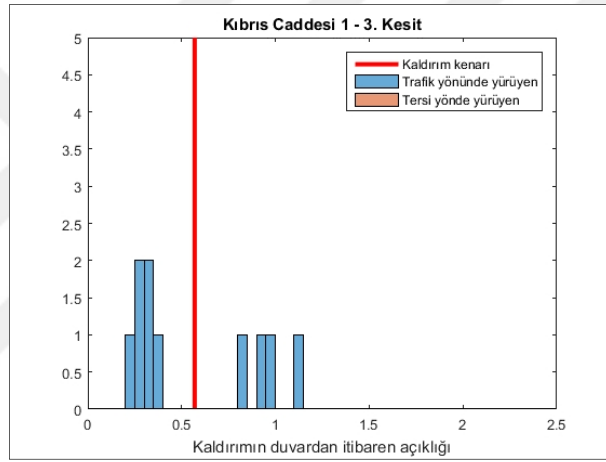
Şekil 4.156 Kaldırım kullanım analizi için Kıbrıs Caddesi 1 kesimindeki saha çalışmasından alınan kesit konumları



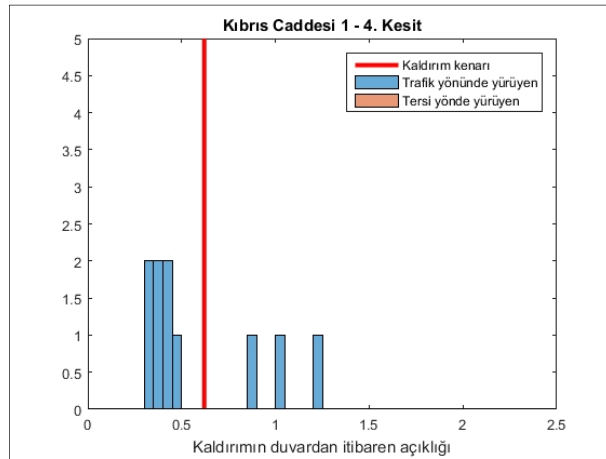
Şekil 4.157 Kıbrıs Caddesi 1 1. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



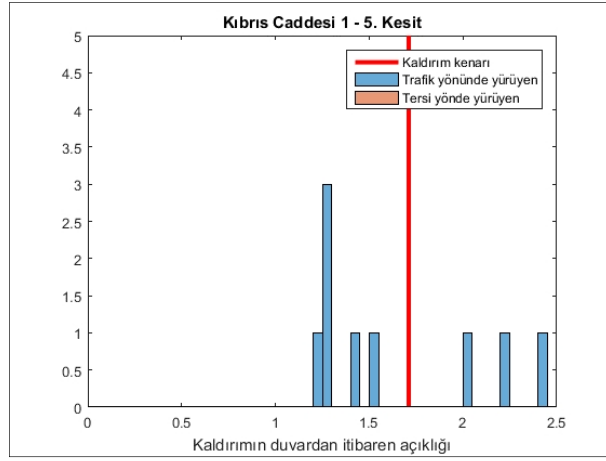
Şekil 4.158 Kıbrıs Caddesi 1 2. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



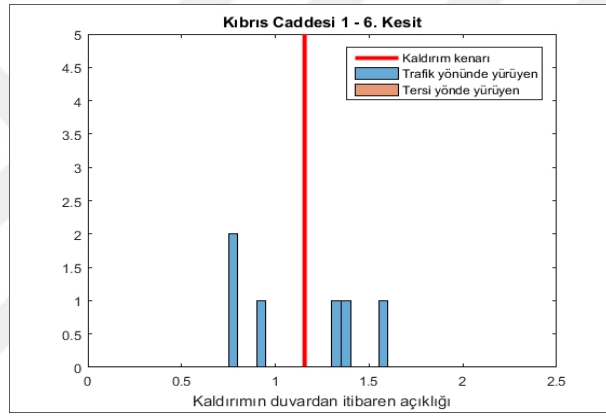
Şekil 4.159 Kıbrıs Caddesi 1 3. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.160 Kıbrıs Caddesi 1 4. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.161 Kıbrıs Caddesi 1 5. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı



Şekil 4.162 Kıbrıs Caddesi 1 6. kesitine ait kaldırım kullanım histogramı

BÖLÜM BEŞ

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Tamamlanan doktora tez çalışması ile, konu kapsamında oluşturulmuş bulunan hipotezler sınanmış ve Bölüm 1’de sıralanan amaçlara ulaşılmıştır. Bu bölümde öncelikle, çalışmayı özgün kılan bazı yönlerine kısaca değinilecektir. Sonrasında, sınanmış bulunan hipotezlerle ilgili değerlendirmelere yer verilecektir. Son olarak ise, analizlerden elde edilen sayısal sonuçlar özetlenerek bu çalışmanın devamı niteliğinde gerçekleştirilebilecek çalışmalara yönelik önerilerle birlikte sunulacaktır.

Yaya hareketleri bağlamında lazer tarayıcılardan yararlanılması, büyük oranda bilgisayar bilimleri (yazılım) araştırmacılarının algılama ve izleme algoritmaları geliştirmek amaçlı kullanımında öne çıkmaktadır. Lazer teknolojisinin kullanıldığı bir diğer alan, hareket halindeki taşıtlarda yayaların ve diğer nesnelerin algılanmasıdır. Taşıtlarda güvenli sürüş desteği için tercih edilen söz konusu teknoloji, aynı zamanda yayaların korunması yani yaya güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak bu konudaki deney ve çalışmalarda, yaya izlerinin oluşturulmasına veya taşıtlarla etkileşimin yaya hareketine yansımalarına yer verilmemiştir. Öte yandan lazer tarayıcıların sunduğu veri toplama olanakları ve veriyi işlemekte kullanılabilecek bilgisayar algoritmaları, yaya hareketleri ve yaya-taşıt etkileşiminde rol oynayan mikroskobik bazı etkenlerin ortaya çıkarılmasına yönelik yeni bir yöntem teşkil etmektedir. Kaldırım sorunları ve çatışma durumlarının bu yöntem kullanılarak irdelenmesi, geçmiş çalışmalarda video kayıtları ve görsel gözlemlerle sınırlı olarak varılan sonuçların ötesinde sayısal ve analitik birtakım çözümleri beraberinde getirmiştir.

Uzun, zahmetli ve sonuçları göreceli olan yöntemlere alternatif olarak doğrudan ölçüm esasına dayanan bir yöntem kullanılmış olması, bu trafik mühendisliği çalışmasını farklı kılan en önemli özelliktir. Geçmiş çalışmalarda rastlanan, video kayıtları veya gerçek zamanlı görsel gözlemlerin yorumlanması yöntemi ile, kural dışı yaya kaldırımı işgallerinden dolayı yayaların yola inmek zorunda kalması, bu işgaller sonucu oluşan daralmalar, yayaların taşıt yolu kenarından yürürken maruz kaldığı riskler, ortaya çıkan konforsuzluklar ve taşıtların yaptığı manevralar gibi durumların

sıklığı (ve sayısı) konusunda bilgiler ortaya konabilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntem ile söz konusu olumsuz etkileşimlerin *sıklığı* yanı sıra, *büyüklüğü (şiddeti)* hassasiyet mertebesi yüksek sayısal veri ışığında ortaya konmuştur.

Çalışmanın bir diğer özgün değeri de, farklı disiplinlere ait tekniklerin bir arada kullanılmış olması dolayısıyla, elde edilen çıktıların inşaat mühendisliği, şehir plancılığı ve bilgisayar bilimleri gibi farklı alanlardaki kurum ve kişiler tarafından değerlendirilmeye elverişli olmasıdır.

Tez çalışması başlangıcında yapılan ilk gözlemler sonucu birtakım hipotezler oluşturulmuş ve gerçekleştirilen analizler bu üç hipotezin sınanmasına olanak tanıyacak şekilde tasarlanmaya çalışılmıştır. Analiz sonuçları ışığında değerlendirmeye alınan her üç hipotezin de doğrulandığı görülmüştür. Bu değerlendirmeye ilişkin özet bilgiler aşağıda sunulmuştur.

Birinci Hipotez: “Yol kenarında kaldırım bulunmaması, yaya trafiği talebini karşılayacak kesit genişliğine sahip olmaması (dar olması), kural dışı geçici veya kalıcı işgallerden kaynaklanan daralmalar nedeniyle gerekli hizmeti verememesi ve kaldırım boyunca gereksiz kot farkları (veya basamaklar) bulunması şeklinde ifade edilebilecek kaldırım sorunları, yaya hızı ve hizmet seviyesini olumsuz etkilemektedir.”

Kaldırım sorunlarının yürüme hızı üzerindeki olumsuz etkileri Bölüm 4.2.5’te bir *hız regresyon modeli oluşturulması*, Bölüm 4.3’te *yolculuk süresi ve gecikmelerin karşılaştırılması*, Bölüm 4.5’te gerek yaya gerek taşıtlara ait *yanal mesafe ve hızlardaki değişimin* sınanması yoluyla ortaya konmuş ve istatistik anlamlılık göstermiştir. İncelenen her bir etüt sahası için *yaya hizmet seviyesi* Highway Capacity Manual 2010 yöntemine uygun olarak hesaplanmış; benzer trafik koşullarında sorunsuz kaldırım kesimlerinde B olan yaya hizmet seviyesinin kaldırım sorunları nedeniyle C ve D seviyesine düştüğü belirlenmiş ve Bölüm 4.4’te sunulmuştur.

İstatistik anlamlılık sınaması için daha büyük veri kümelerine ihtiyaç olmakla birlikte, Bölüm 4.2.6’da yaya izlerinin yürüme hızına bağlı renk kodlu gösterimi yoluyla, yayaların çeşitli kaldırım sorunları karşısındaki mikro hareket ve manevralarına dikkat çekilmiştir. Ek olarak, Bölüm 4.5.1’de, kaldırım bulunmayan yol

kesiminde taşıtlar ile aynı platformu paylaşan ve onlar ile çatışma yaşayan yayaların yavaşlamak veya beklemek durumunda kalmasına değinilmiş; Bölüm 4.3.1 ve 4.3.3'te bu mikro süreçlerde yaşanan hız ve yol kayıplarına işaret edilmiştir.

İkinci Hipotez: “Taşıt yolu boyunca yayaların yürüdüğü kesimlerde karşılaşılan kaldırım sorunları yayaları taşıt platformunu kullanmaya zorlamakta; bu yüzden birbirine paralel yaya ve taşıt akımları arasında *paralel* çatışmalar (veya *sürtünmeler*) meydana gelmekte; sonuçta özellikle yayalar açısından ciddi güvenlik riskleri doğmaktadır.”

Yayaların taşıt platformunda yürümek zorunda kalması sonucu taşıtlar ile aralarında meydana gelen *çatışma durumu* Bölüm 4.5.2.2'de açıklanmış; yolda taşıt varlığı nedeniyle yayalarda gözlemlenen *duvara yaklaşarak yürüme eğilimi* Bölüm 4.5.3'te belirtildiği gibi istatistik anlamlılık göstermiştir.

Üçüncü Hipotez: “Taşıt yolundan yürüyen/yürümek zorunda kalan yayaların, arada hiçbir engel bulunmaması nedeniyle taşıt trafiği akımı üzerinde olumsuz etkileri vardır.”

Bölüm 4.5.3'te varılan sonuçlar, yol kenarında yürümekte olan yayaların etkisiyle taşıtların duvara olan yanal mesafelerinin de istatistik bakımdan anlamlı artışlar gösterdiğini; dolayısıyla karşı yönden gelmekte olan taşıtlarla riskli etkileşimlere yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca, söz konusu sorunlu geometriye sahip yollarda yaya etkisiyle taşıt trafiğinde meydana gelen gecikme Bölüm 4.6'da sayısal bir çözümleme ile gösterilmiş; ulaşım planlaması süreçlerinde dikkate alınması gerektiği aşağıda Bölüm 5.1.5'te vurgulanmıştır.

Çalışmada varılan bulgulara dayanarak gelecekte bu çalışmanın devamı niteliğinde gerçekleştirilebilecek yeni araştırma çalışmaları ile ilgili fikirler ve uygulamaya yönelik öneriler aşağıda sunulmuştur. Elde edilen *sayısal sonuçların* bir kısmı, araştırma önerisinden önce ilgili başlık altında özetlenmeye çalışılmıştır.

5.1 Araştırmaya Yönelik Öneriler

Birtakım kısıtlarla birlikte gerçekleştirilen mevcut çalışma, Bölüm 4’te anlatılan analizler ile, kaldırım sorunlarının yaya ve taşıt trafiği üzerindeki çeşitli etkilerine dikkat çekmektedir. Öte yandan, ortaya konan etkileşim senaryoları veya dikkate alınan değişkenlerin birçoğu için daha ayrıntılı analizler yapılması ve farklı sayısal modellere varılmasına olanak vardır. Gelecekte bu konuların herbirinin ayrı ayrı ele alındığı ve daha fazla gözlem sayısı içerecek şekilde tasarlanabilecek birtakım çalışmalar, söz konusu sorunlar ve çözümlerine ilişkin daha açık bilgiler sunacaktır.

Çalışmada incelenen konunun farklı yönleri hakkında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiş; gelecekte araştırılabileceği öngörülen yönlerine dikkat çekilmiştir.

5.1.1 Yol Kesimlerinin Koridor Halinde Derecelendirilmesi

Mevcut çalışmada, ölçüm ve sayısal birtakım analizler gerçekleştirilerek, fiziksel ortam değişkenleri ile yaya hareketleri arasındaki ilişkiler hız ve gecikmeye dayalı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Öte yandan, kaldırıma iniş-çıkış yüksekliği ile yayanın sarf etmek zorunda kaldığı çaba ve dikkatin derecesi arasında anlamlı bir bağıntı kurulması kolay değildir. Bunun yerine, kaldırım sorunlarına rastlanan kent içi yol kesimleri veya koridorlar bir bütün olarak incelenebilir.

Yayaların yoğun olarak tercih ettiği belli başlangıç ve bitiş noktaları arasında kalan kesimler video veya sürekli fotoğraflar yardımıyla adım adım ele alınarak, çeşitli kaldırım sorun tiplerinin incelenen aralıkta kaç kez görüldüğü belirlenebilir, bir puanlama ve endeks sistemi oluşturularak birim uzunluğa karşılık gelen sorun yoğunluğu hesaplanabilir. Böylelikle farklı güzergahların karşılaştırılması mümkün olabilir. Söz konusu karşılaştırma yöntemi, yürüme alanlarının iyileştirilmesi ve trafik düzenlemeleri konularında önceliklerin belirlenmesinde yol gösterici olabilir.

Ayrıca, kaldırım sorunları ile yaya hareketleri arasındaki ilişkilerin çeşitli yönlerden ele alındığı Bölüm 4’te varılan bulgular ışığında, Bölüm 2.2.3’te örnekleri verilen yürüme alanları derecelendirilme (kalite indeksi) yöntemlerinde yer alan

değişkenler gözden geçirilerek, yürünebilirlik bağlamında ek birtakım değişkenler ve ölçütler tanımlanabilir.

5.1.2 Gecikmeler, Yürüme Konforu ve Yolculuk Tercihleri

Kısıtlı algoritma çıktıları arasından seçilmiş bir tek yayanın sorunlu kaldırım kesiminde yaşadığı güçlükler Bölüm 4.2.6 ve 4.3.1’de anlatılmaya ve yayanın yaşadığı mikro gecikmeler hesaplanmaya çalışılmış; Bölüm 4.3.3’te birtakım gecikme değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, kaldırım sorunları nedeniyle yaklaşık 15 m uzunluğundaki bir yol kesiminde yayaaların çeşitli etkenlere bağlı olarak 0,21 s ile 0,51 s arasında değişen sürelerde *gecikme* yaşadığını ve söz konusu mesafe içerisindeki *yaya yolculuk süresinin* %6 mertebesinde uzadığını göstermektedir. Ayrıca Bölüm 4.6’da, Kıbrıs Caddesi 2’de kaldırım bulunmaması nedeniyle yol kenarında yürüyen yayaaların etkisiyle *taşıt yolculuk süresinde* örneklem değerlerine göre %23’lük bir artış; yaya ile çatışma olasılığını hesaba katan ampirik bağıntıya (Formül 4.19) göre ise %4’lük bir artış hesaplanmıştır.

Sunulan bilgiler yaşanan sorunla ilgili fikir verici olmakla birlikte, gelecek çalışmalarda daha çok sayıda gözlem içeren bir örneklem elde edilerek istatistik bakımdan anlamlı sonuçlara varılması mümkündür. Ek olarak, basamak yüksekliği değişkeninin hesaba katıldığı bir regresyon modeli oluşturulması da incelenen sürecin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Bölüm 4.2.6 ve 4.3’te dikkat çekilen mikro hareketlere bağlı olarak her ne kadar sayısal birtakım yolculuk süresi kayıpları ve gecikme değerlerine ulaşılmış olsa da söz konusu *mikro dirençlerin* yaya tarafından nasıl ve ne ölçüde algılandığı ya da yayada stres artışına neden olup olmadığı gibi konular bilinmemektedir. Bunların yanı sıra, sıkça tekrar eden anlamsız manevraların tetikleyebileceği fiziksel ve psikolojik yorgunluk gibi etkiler, psikoloji ve tıp bilimlerinin katkısıyla incelenebilir. Ulaşılabilecek bulgular, yayaaların yolculuk türü ve güzergah konusundaki tercihlerine yönelik çalışmalara da ışık tutabilir.

Ayrıca, Bölüm 5.1.1’de önerilen çalışmaya benzer şekilde, söz konusu mikro dirençlerden kaynaklanan gecikmelerin belirli bir koridor boyunca kümülatif toplamı

irdelenebilir. Bölüm 4.3.4'teki Şekil 4.84'te gösterilmeye çalışılan benzerlik yaklaşımı ile, taşıt ve yayanın tipik birer koridor üzerinde yaşayacağı gecikme ayrı ayrı incelenerek karşılaştırılabilir; aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konabilir. Mikro ölçekte, bir yayanın yaşayacağı gecikme, bu çalışma kapsamında irdelenen kaldırım sorunlarının her bir türü karşısında yaşadığı süre kaybının dikkate alınması suretiyle ortaya konabilecektir. Buradan hareketle bir *yaya trafiği gecikmesi* kavramı geliştirilebilir.

5.1.3 Yaya Hizmet Seviyesi

Yaya hızları kaldırım boyunca çeşitli nedenlerle beklenmedik şekilde değişebilmektedir. Örneğin yayalar yavaşlayarak birbirini takip etmek zorunda kalabilmekte, darboğaz noktalarına yaklaşırken birbirine yaklaşmaktadırlar. Standarda uygun olmayan kaldırım uygulamalarının bulunduğu yerlerde bu durumla sık sık karşılaşılabilirdiği ve yürüme hızını anlık olarak etkilediği kabul edilebilir. Geçici genişlemelerin görüldüğü süreksiz kaldırım kesimlerinde, acelesi olmaksızın yürüyen yaya ilerideki bariyeri veya daralmayı fark ettiğinde istemli ya da istemsiz olarak hızını artırmıyor olabilir. Dolayısıyla kaldırımlar üzerindeki yaya hizmet seviyesinin (YHS) sık aralıklarla farklılık göstermesi söz konusudur. Örneğin, Bölüm 4.4.1'de ele alınan Uğur Mumcu Caddesi'nde birbirini takip eden bitişik ancak farklı genişliğe sahip kaldırım parçaları üzerinde, kaldırımın aniden daralması sonucu Highway Capacity Manual (HCM) 2010 yöntemine göre hesaplanmış YHS değeri B'den C'ye düşmektedir.

Bu bağlamda, Bölüm 4.4.4'te varılan sonuçlar ışığında şu değerlendirmede bulunulabilir: Yukarıda değinilen örnekteki benzer durumlarda, HCM 2010 yönteminde kaldırımın tamamına ait YHS değerinin, içindeki kaldırım parçalarının her biri için hesaplanan YHS değerlerinin parçaların uzunluğuna bağlı ağırlıklı ortalaması alınarak bulunması önerilmektedir. Burada her bir kaldırım parçasında *sürekli* sayılabilecek bir enkesit geometrisi koşulu aranmakta, YHS hesaplaması yapılacak kaldırım parçaları bu *süreklilik* ölçütüne göre oluşturulması gerekmektedir. Kaldırım geometrisi ve yürüme hızındaki her türlü değişiminin YHS'yi etkileme veya değiştirme potansiyeli olduğu düşünülürse, HCM 2010'da önerilen YHS yönteminde

ek bazı değişkenlere ihtiyaç duyulduğu dikkati çekmektedir. Birincisi; *sürekli* kabul edilecek kaldırım geometrisine ait *minimum uzunluğun* veya *bazı eşik uzunluk değerlerinin* tanımlanması ile ilgilidir. Nitekim, geometri değişimleri birbirine çok yakın ve sık olduğunda, tedrici hız ve yön değişiklikleri ile kat edilen mesafe serbest bir rejim hızı ile yürünen mesafeye göre oransal olarak istenmeyen büyüklükte olabilir ve tahkik edilmesi gereklidir. Bir diğer etken; *kaldırım üzerindeki yürüme hızı* ile *kaldırım yüksekliği* arasında bir ilişki olmasıdır. Bu çalışmadan elde edilen grafikler bu değişkenlerin türetilebileceğine dair ipuçları vermektedir. Daha büyük veri kümelerinin kullanılmasıyla daha güvenilir ve anlamlı sonuçlar elde edilecektir.

Özetle, HCM 2010 yaya hizmet seviyesi yönteminin, 3E (engineering, education, enforcement: mühendislik, eğitim, yaptırım) kavramının dikkatle uygulandığı ve gelişmiş sayılan ülkelerdeki koşullar esas alınarak oluşturulmuş olduğu söylenebilir. 3E'nin uygulanmasında aksamaların görüldüğü gelişmekte olan ülkeler için, bu çalışmada değinilen etkenlerin dikkate alındığı farklı birtakım modeller geliştirilmesi yararlı olacaktır.

5.1.4 Yaya-Taşıt Çatışması ve Yaya Güvenliği

Kaldırım sorunları nedeniyle birbiri ile yan yana hareket eden yaya ve taşıt akımları arasındaki etkileşimler ve çatışma durumları Bölüm 4.5'te irdelenmiştir. Söz konusu bölümde, yaya ve taşıt hacimlerine bağlı olarak daralan kesitlerde yayanın yola inme ve bir taşıtla etkileşime girme olasılığı, kaldırımdaki efektif yürüme genişliğindeki değişkenlik, yayaların sabit öğeler ve taşıtlar ile aralarında korumayı tercih ettikleri güvenlik mesafeleri (shy distance), yaya ve taşıtın birbirine tedrici olarak yaklaştığı durumda çarpışmaya kalan süreler, her iki yol kullanıcısının (yaya ve taşıt) yanıl konumunda ve hızında çatışmadan kaynaklanan değişimler, karşı şeritte taşıt bulunup bulunmamasının etkisi gibi değişkenler dikkate alınmış ve sayısal birtakım değerlendirmeler yapılmıştır.

Bölüm 4.5.2.1'de sunulan Uğur Mumcu Caddesi örneğinde, standarda uygun olmayan 70 cm genişliğindeki bir kaldırım kesimini kullanan yayalardan %11'inin, kaldırımı karşı yönden gelmekte olan bir diğer yaya ile paylaşmak durumunda kaldığı

için yola inerek yürümeyi tercih ettiği; %6'sının bu nedenle taşıt platformunda yürüdüğü esnada yanından taşıt geçtiği belirlenmiştir. Bu durum, yayaların *trafikteki güvenliği bakımından büyük bir risk* oluşturmaktadır.

Bölüm 4.5.2.2'de irdelenen Kıbrıs Caddesi 2 örneğinde paralel yaya ve taşıt trafiğinin yol enkesit geometrisindeki değişim nedeniyle tedrici olarak birbirine yaklaşması sonucu, trafik çatışması tekniği yaklaşımıyla ele alınan örnekleme göre yayalar ve taşıtlar arasında *çarpışmaya kalan süre 2,37 s* olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, aynı yol kesimini kullanan yayaların taşıtlarla etkileşim durumunda yolu sınırlayan duvara ortalama 17 cm yaklaşarak yürüdüğünü, aynı durum içerisinde taşıtların ortalama 22,4 cm duvardan uzaklaşarak (yolun ortasına, diğer deyişle, karşı şeride doğru ötelenerek) seyrettiği Bölüm 4.5.3'te ortaya konmuştur. Bu sonuçlar, yol kenarında kaldırım bulunmaması nedeniyle yayalar ve taşıtlar arasında bir çatışma durumunun meydana geldiğini, ayrıca birbirine zıt yöndeki taşıt akımları arasında ikinci bir çatışma durumunun doğduğunu göstermektedir.

Öte yandan mevcut çalışmada, yaya ve taşıtın birbirine tedrici olarak yaklaştığı durumda aradaki açı, kaldırım bulunmadığı veya yetersiz olduğu durumlarda yayanın yol kenarında yürürken taşıtlar ile etkileşimi sürecinde yaya ve taşıtın birbirine göre hareket yönleri (aynı yönde veya ters yönde, diğer deyişle, yayanın taşıtı karşıdan gördüğü veya direkt görmediği durumlar) ile yol ve şerit genişlikleri gibi diğer birtakım değişkenlerin bir arada değerlendirilmesine olanak tanıyacak türde veri elde edilememiştir. Bu değişkenlerin de irdelenebileceği gelecek çalışmalar tasarlanıp daha çeşitli enkesitlerde daha büyük veri kümeleri elde edilmesi, söz konusu değişkenler arasındaki ilişkilerin açıklanabilmesi açısından yararlı olacaktır.

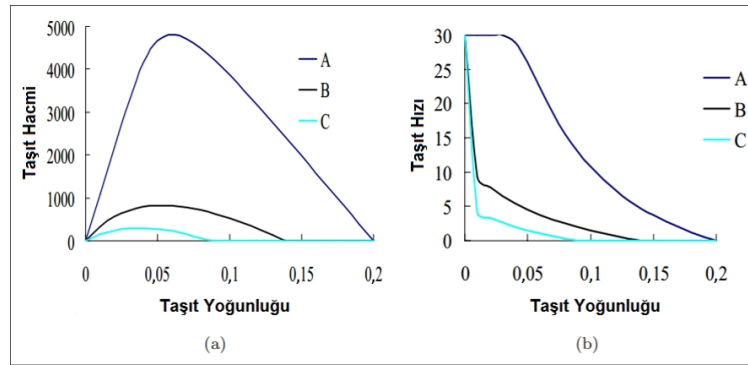
Yetersiz kaldırımlar nedeniyle taşıt yolundan yürümek zorunda kalan yayalar trafik güvenliği risklerine maruz bırakılmaktadır. Bu bağlamda Bölüm 4.5.4'te sunulan kaza verisi, yayalar ve taşıtlar arasında meydana gelmiş olabilecek kazalar ile ilgili bilgi vermemektedir. Bu kazalar, taşıt ile yayanın sürtüşmesi veya taşıtın aynasının yayaya çarpması gibi hafif çarpışma veya çarpma durumları şeklinde de meydana gelmiş olabilir. Bu tür durumların ortaya çıkarılabilmesi amacıyla, sistematik bir anket çalışması gerçekleştirilerek etüt sahaları çevresindeki iş yeri sahipleri, çalışanlar ve

hane sakinlerinin geçmişle ilgili bilgilerinden yardım alınabilir. Özellikten uzak olmasa da toplanabilecek veri yukarıda değinilen risklerin ciddiye derecesi hakkında fikir verici olacaktır.

5.1.5 Yol Kapasitesinde Değişim ve Ulaşım Planlaması

Trafik hacmi, taşıtların seyir hızı ve yoldaki yoğunluk arasındaki ilişkileri ifade eden trafik akımı temel bağıntıları, farklı özelliklerdeki her bir yol için ayrı ayrı oluşturulabildiği gibi, aynı yol üzerinde kendi içinde ardışıklık ve süreklilik gösteren daha alt trafik grupları için de incelenebilir. Örneğin, belirli bir yolda güneşli havadaki ile karlı havadaki trafik, ya da yoğunluğu otomobillerden oluşan ve sürücülerin hedefi işe gitmek olan sabah trafiği ile gün içinde ürün sevkiyatı yapan kamyonların baskın olduğu bir trafik bileşiminin birbirinden farklı bağıntılar sergilemesi beklenir.

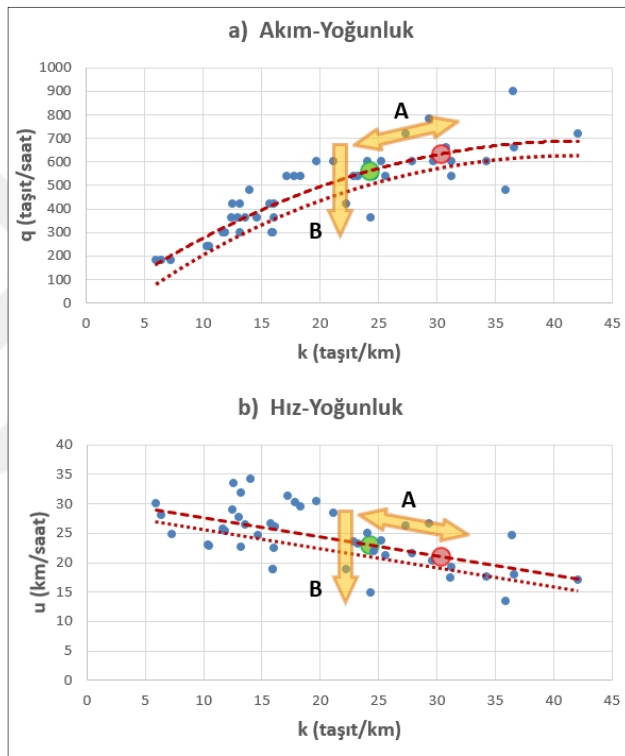
Taşıt, bisiklet ve yayalar tarafından karma olarak kullanıldığı için heterojen bir akım sergileyen kent içi yollarla ilgili gerçekleştirilen bir çalışmada dinamik bir trafik modeli önerilmiş, üç farklı türdeki yol kullanıcıları arasındaki etkileşimin her bir türe ait trafik bağıntılarında meydana getirdiği kayma ve değişimler irdelenmiştir (Tang ve diğer., 2010). Örneğin, yol kenarında veya yol içerisinde bisiklet varlığı ve sayısının artması ile taşıt trafiğindeki değişim arasındaki ilişki aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 İncelenen yol kesimindeki taşıt trafiği bağıntılarının bisiklet yoğunluğuna göre değişimi: Bisiklet yoğunluğu A'dan C'ye doğru artmaktadır (Tang ve diğer., 2010).

Benzer şekilde, Bölüm 4.5.3'te irdelenen yol kesimi için Bölüm 4.6'da oluşturulan trafik bağıntılarının yol kenarında yaya varlığına bağlı olarak bir kaymaya uğradığı düşünülebilir. Nitekim sürücü davranışları dışarıdan bir etki ile değişmektedir.

Dolayısıyla, incelenen belli bir gözlem değerinin Şekil 4.117’de gösterildiği gibi aynı hacim-yoğunluk eğrisi üzerinde yeşil daireden kırmızı daireye doğru sağ yönde kayması yerine, Şekil 5.2’deki B oku ile belirtildiği gibi bağıntının değişikliğe uğraması, eğrinin kayması ve şekil değiştirmesi söz konusu olabilir⁸. Bu eğriyi ifade eden katsayı ve parametrelerde nasıl bir değişim ortaya çıkabileceği gelecek çalışmalarda irdelenebilir. Ancak, hacim-yoğunluk bağıntısında hacmin azaldığı kesimin gözlemlenebilmesi ve modellenebilmesi yaya hacmine ve yoğunluğuna bağlı olacaktır. Bu ölçüde veri toplanabilmesinin fizibilitesi ise ayrıca tartışılabilir.



Şekil 5.2 Yol kenarında yaya varlığının etkisiyle taşıt trafiğinde meydana geldiği düşünülen değişme

Yukarıda değinilen taşıt trafiği bağıntılarında bir kayma bulunması halinde bunun anlamı Tang ve diğer. (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada görüldüğü gibi kapasitenin değişmesi (azalması) anlamına gelebilir. Bu durumda, kaldırım sorunları ve yolda yaya varlığından doğan bir şerit kapasitesi düzeltme katsayısı (lane capacity adjustment factor) ortaya konması mümkün olacaktır. İdeal durumda, şerit kapasitesi

⁸ Mevcut çalışmada, Bölüm 4.6’daki Şekil 4.117 ve Tablo 4.29’da sunulan bilgilere göre, yol kenarında yaya varlığının etkisiyle taşıt akımında hız düşerken yoğunluk artış göstermekte; hacim ise artarak kapasiteye yaklaşıyor gözükmektedir.

hesabına müdahale edilmesi yerine sorunların görüldüğü yol kesimlerinde enkesit geometrisinin iyileştirilmesi ve trafiğin yeniden düzenlenmesi hedeflenir. Ancak oluşum ve gelişimi nispeten daha önceye dayanan kentlerde çeşitli nedenlerle bu tür çözümler her durumda uygulanamayabilir veya uygulanması zaman alabilir. Dolayısıyla, en azından dönemlik yerel ulaşım planları güncellenirken yol kapasitesinin yukarıda belirtilen etken dikkate alınarak düzeltilmesi yarar sağlayacaktır.

İncelenen kaldırım sorunları nedeniyle yaya ve taşıt trafiği arasında meydana gelen sürtünmeler, yukarıda değinildiği gibi yol kapasitesinde bir azalmaya neden olmanın yanı sıra, yol üzerindeki genel yolculuk maliyetini de etkilemekte olabilir.

Daha çeşitli gözlemler ve daha büyük veri kümeleri yardımıyla, Bölüm 4.6'da bulunan gecikme değerleri bir parametreye dönüştürülerek, dört aşamalı talep tahmini modelleme sürecindeki trafik ataması aşamasında dikkate alınan genel yolculuk maliyeti bağıntılarına eklenebilir. Böylelikle kural dışı kaldırım uygulamalarının neden olduğu yaya-taşıt çatışmasından doğan kayıplar ulaşım modellemesinde birer yolculuk direnci değişkeni olarak hesaba katılabilir.

5.1.6 Benzetim Çalışmaları

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen benzetim çalışmasında daralan bir kaldırım kesiminin genişletilmesi durumunda, seçilen bir yaya benzetim yazılımının yaya hareketleri bakımından nasıl bir sonuç vereceği test edilmiş ve Bölüm 4.7'de sunulmuştur. Gelecekte ek olarak, Bölüm 4.2.5 ve 4.3'te elde edilen regresyon modellerinde öne çıkan değişken ve katsayılar bir benzetim yazılımına gömülerek daha hassas hareket modelleri oluşturulabilir. Bu model kullanılarak Bölüm 4.4'te hesabı yapılan sahaların benzetim ortamında yaya hizmet seviyeleri ölçülebilir ve kural dışı uygulamaların görüldüğü alanlarda yazılımın HCM'ye uygunluğu test edilerek hassasiyeti kalibre edilebilir. Bölüm 4.5'te sunulan çatışma analizlerinde elde edilen sonuçlar ışığında benzetim modellerine eklenmek üzere birtakım parametreler tasarlanabilir. Ayrıca, söz konusu kaldırım sorunlarının Bölüm 5.1.5'te değinilen yol kapasitesi üzerindeki etkisi ile ilgili anlamlı bulgulara ulaşılması halinde, taşıt trafiği

benzetim yazılımlarına kaldırım sorunları ve yolda yaya varlığından doğan bir şerit kapasitesi düzeltme katsayısı (lane capacity adjustment factor) eklenebilir.

Benzetim ortamında bir başka çalışma da yol ağındaki fiziksel koşulların yaya yolculuk ve güzergah seçimleri üzerindeki etkilerinin modellenmesine yönelik olarak yapılabilir. Bunun için geçmiş çalışmalarda rastlanan Mekansal Dizin (Space Syntax) uygulamaları ve Bölüm 5.1.1 ve 5.1.2’de önerilen çalışmalardan alınabilecek sonuçlar ışığında yol kesimleri ve koridorlar için yürünebilirlik katsayıları belirlenebilir. Daha sonra bu katsayılar benzetim ortamında modellenenebilir; kaldırım başarımı ile yol ağındaki ticari ve sosyal hareketlilik arasında ilişki kurulabilir; kaldırımlarda yapılabilecek bir iyileştirmenin belli bir bölgede oluşturabileceği yaya hareketliliği hakkında tahminlerde bulunulabilir.

5.2 Uygulamaya Yönelik Öneriler

Burada önerilen uygulamaların, yayalara sunulan kaldırım ve yol hizmetinin iyileştirilmesine herhangi bir katkıda bulunabilmesi, bu çalışmanın en önemli çıktılarından biri olacaktır.

5.2.1 Yol, Kaldırım, Trafik ve Otopark Düzenleme Önerileri

Yol enkesitinin kaldırım genişliğinde iyileştirme yapılmasına elvermediği koridorlarda, yakın çevredeki cadde ve sokaklar değerlendirmeye alınarak bazı yollarda tek yön uygulaması olanağı araştırılmalı; çeşitli senaryolar oluşturularak benzetim yazılımları yardımıyla trafik düzeninde nasıl bir değişiklik meydana getirebileceği sınanmalı; sosyoekonomik ve mühendislik açılarından fizibilitesi olduğu belirlenen alternatifler hayata geçirilmelidir. Bu yöntem, çeşitli nedenlerle kamulaştırmanın mümkün olmadığı durumlarda yaya güvenli ve konforunun sağlanabilmesi için önemli bir alternatif olarak gözükmektedir.

Kaldırım genişliğinin düzenlenebilmesi için etkili diğer bir yöntem, yoğun nüfus ve paralel parklanmanın görüldüğü kesimlerde belli aralıklarla katlı otopark inşa edilmesi; çeşitli tedbirlerle sürücülerin bu otoparkları kullanmaya teşvik edilmesi ve

kaldırım iyileştirmesi yapılacak koridorlarda taşıt park etmenin kesin olarak yasaklanması olacaktır.

Çalışma sonucu varılan bulgular ışığında, ülkemizde mevcut kaldırımların en belirgin kusurlarından biri yol kotundan oldukça değişken yüksekliklerde olması ve kullanım zorluğu nedeniyle birçok yaya tarafından tercih edilmemesi olarak ifade edilebilir. Bu durum, cadde ve sokaklarda yayaların taşıtlara ayrılmış alanda yürümesi sonucunu doğurmaktadır. Şekil 5.3'te gösterilen örnekte yük taşıyan kadın yaya, kot farkı nedeniyle yoldan yürüdükten sonra, çok kısa bir uzunluk için de olsa kaldırım yüksekliğinin azaldığı noktadan itibaren kaldırımı kullanmayı tercih etmiştir.



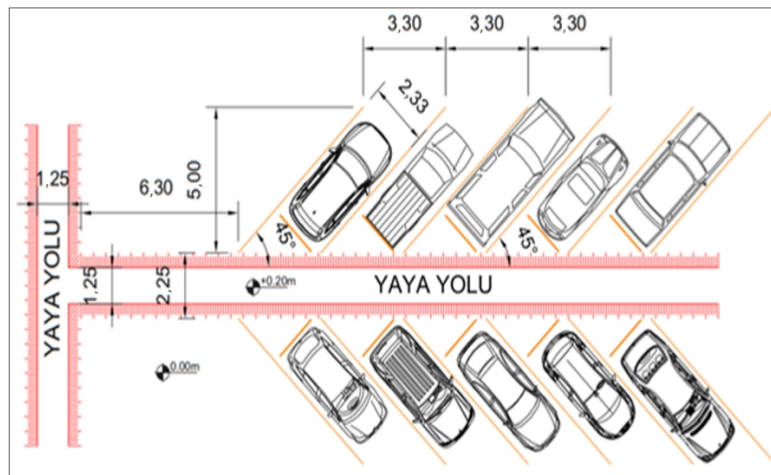
Şekil 5.3 Kaldırımın standarttan yüksek olduğu kesimde yayanın kullanmaktan kaçınması (Kişisel arşiv, 2014)

Yukarıdaki görüntü uzun bir süre yenileme yapılmadığı tahmin edilen bir kaldırıma aittir ve kaldırım parçasının 30 cm'yi aşan yüksekliğinin geneli yansıtmadığı ortadadır. Öte yandan, bordür taşları kullanılarak günümüzde imal edilen bazı kaldırım kesimlerinde, standartta 15 cm olarak tanımlanmış maksimum kaldırım yüksekliğinin çok üstünde kot farkları dikkati çekmektedir. Kentsel altyapı bileşenleri, yollar ve kaldırımların tasarım ve imalat aşamaları, söz konusu kot farklarını standartlarda tanımlanan aralıklar içerisine çekmek amacıyla gözden geçirilmeli; gerekli kanuni düzenlemeler yapılmalı; bunların uygulanmasına yönelik tedbirler alınmalıdır.

Yol kenarı parklanmaları, kaldırım kullanımına engel teşkil etmeyecek ve yayaların karşıdan karşıya geçişlerini engellemeyecek şekilde düzenlendiğinde, standartlarda belirtilen emniyet bölgesinin oluşmasını sağlamakta, yaya-taşıt 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 diğer bir önemli konu, yaya hareketliliğinin yüksek olduğu alışveriş merkezi vb. yerleşimlerdeki yaya-taşıt etkileşimidir. Bu tür otoparklarda, taşıtlar arasında hareket etmek zorunda kalan yayalar, yön ve hız kısıtının yeterli olmadığı düzenlemelerde riskli durumlarla karşılaşmaktadır. Öncelikle otoparklarda taşıtların her yönde değil, belirli koridorlarda belirlenen yönde hareketi sağlanmalıdır. Bu ancak *balık kılçığı* şeklinde tasarlanan park düzeni ile mümkün olmaktadır. Ayrıca otoparklarda taşıtların geri geri park etmelerini sağlayacak uyarı levhaları düzenlenmelidir. Birçok sanayi tesisinde, acil durumlarda otoparkların hızlıca boşaltılabilmesi için geri geri park etme zorunluluğu bulunmaktadır. Bu zorunluluk konut, AVM vb. sosyal tesislerde de uygulandığı takdirde, acil durum emniyetinin yanı sıra, otomobilinin bagajı ile meşgul olan insanların hareket halindeki taşıtlardan uzak kalmasını sağlayacaktır. Yaya-taşıt etkileşiminin azaltılması için ek olarak, otoparklarda, yaya hareketi için özel bölgelerin bırakılması önerilmektedir. Bu bölgeler, yol eksenine dik veya açılı (örneğin, 45 derece) parklanmalarda, iki taşıt bölgesi arasında bırakılabilecektir. Bu yaya yollarının, taşıt yolundan yaklaşık 20 cm daha yüksek olması ve bu kot farkının taşıt yoluyla kesişen yerlerde de korunması, hem yayaların fark edilebilirliğini arttıracak, hem de taşıt hızını azaltıcı bir kasis görevi görecektir. Şekil 5.4'te değinilen konuları içeren bir tip otopark önerisi verilmiştir.

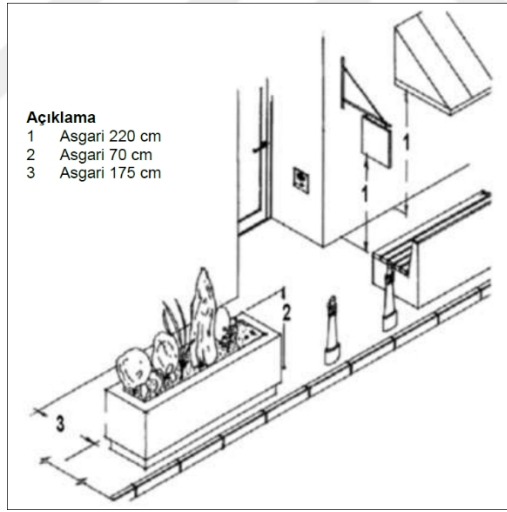


Şekil 5.4 Yaya güvenliği teminine yönelik tip otopark önerisi

Yukarıda değinilen sorunlar ve çözüm önerileri gerek yaya gerekse taşıt trafiğindeki güvenlik risklerinin büyük oranda azalmasını sağlayacaktır. Ayrıca, stres etkisinin azalmasıyla kent nüfusunun sağlığına katkı anlamı taşıyacaktır.

5.2.2 Standartların Uygulanabilirliği, Güncellenmesi ve Uygulanması

Kent içi yollarda yayaların yürümesi için ayrılmış alanlar üzerinde, TS 12576'da tanımlanan ölçütlere uygun olmayan çeşitli tasarım ve uygulama sorunları dikkati çekmektedir. Söz gelimi, yayaların konforlu yürümesine olanak tanımak amacıyla kaldırım üzerindeki düşey temiz açıklık minimum 220 cm olarak belirlenmiş olmasına rağmen (Şekil 5.5), kentlerimizde tabela, güneşlik ve bina çıkması gibi çeşitli elemanların yer yer ortalama boya sahip bir insanın bile başını çarpabileceği yükseklikte yerleştirilmiş olduğu görülmektedir. İlgili standartta tanımlanan diğer ölçütlerin bazıları için de benzer sorunlara örnekler verilebilir.



Şekil 5.5 TS 12576'ya göre kaldırımlardaki bazı geometrik ölçütler (Türk Standardları Enstitüsü, 2012)

Yukarıda değinilen örneğe bakılarak söz konusu standardın uygulanmasına yönelik denetimde sorunlar olduğu anlaşılmaktadır. Bu noktada, bazı standartların oluşturulmasında yurt dışındaki kaynaklardan yararlanılmasının ve alınan ölçütlerin oradaki yerel koşullar ve kanunlar çerçevesinde belirlenmiş olmasının etkisinden söz edilebilir. Eğer 220 cm'lik yükseklik ülkemizdeki yerel bazı etkenler nedeniyle her durumda sağlanamıyorsa, istisnaları belirlenerek her biri için ayrı ölçütler ortaya

konmalıdır. Böylece standardın çeşitli durumlarda uygulanabilirliğini sürdürmesi ve saygınlığını koruması sağlanmalıdır.

Standart kapsamında ülkemiz özelinde tanımı yapılmamış olduğu anlaşılan durumlar için yerel yönetimlerdeki mühendislerden geri bildirim alınarak güncelleme çalışmalarına devam edilmelidir. Uygun tasarım çözümleri bulunmasına rağmen uygulamada ortaya çıkan aksamalara karşı gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

5.2.3 Yaya Hareketliliğine Öncelik Tanıyan Kalkınma Stratejileri

Kentsel alanlarda bulunan yaya yolları ve kaldırımların standartlara uygunluğu yaya konforu ve güvenliği bakımından büyük öneme sahip olmakla birlikte, toplum sağlığı açısından da yeterince farkına varılmamış büyük katkılar sunmaktadır. Stresten uzak bir şekilde yürüme olanağı tanıyan *yaya dostu* kaldırımlar, yürümeyi teşvik etmek suretiyle yerel ölçekte insanlar arasında etkileşimi ve sosyalleşmeyi beraberinde getirmektedir. Ayrıca, bireylerin ruh sağlığına olumlu etkileri söz konusudur.

Büyükşehir statüsündeki kentlerimiz başta olmak üzere, yerel yönetimlerin toplu ulaştırma sistemlerine yaptığı yatırımları ve ulaşım hizmetlerindeki başarısını vurgulayan afişlere rastlanmaktadır. Bu afişlerde, toplu taşıma hizmetlerinin çeşitliliği ve yaygınlığı mesajı verilmeye çalışılmaktadır. Ancak, toplu taşıma sistemlerine erişim açısından vazgeçilmez olan yaya ve bisiklet yollarına ait tasarım ve uygulamalar gündemler içerisinde yeterince yer bulamamaktadır. Bireysel ve toplumsal yaşantımızda önemli bir yeri olan yaya yolları ve kaldırımlar, çeşitli çevre düzenlemelerinin yapıldığı bölgeler dışında, mevcut durumda çoğunlukla ihmal edilmiş alanlar görünümüne sahiptir.

Gelişmiş kabul edilen bazı ülkelerde, yaşam tarzı olarak kişisel taşıt kullanma alışkanlığı kazanmış çok sayıda insan için, günlük ulaşımında taşıtlarından vazgeçme ve toplu taşıma sistemlerini kullanmaya karşı ciddi bir direnç söz konusudur. Örneğin, günümüzde Amerika Birleşik Devletleri'nde az sayıdaki büyük kent dışında kentsel raylı sistemler ve otobüsler yeterince yaygın değildir. Hemen herkes için erişilebilir olan kişisel taşıt kullanımına karşılık, çeşitli kampanyalar ile sağlıklı yaşam'a vurgu

yapılarak toplu taşıma teşvik edilmeye ve geliştirilmeye çalışılmaktadır⁹. Ülkemizde ise pek çok vatandaşımız, gerek taşıt alım gücü olmaması nedeniyle, gerekse bazı kentlerimizin sık (kompakt) yapısının getirdiği avantajla, çeşitli amaçlara yönelik kent içi yolculuklarını yürüyerek gerçekleştirmektedir. Nitekim, yayaların çanta, çocuk arabası, pazar arabası gibi yüklerle yaya için uzun sayılabilecek mesafeleri yürümesi kentlerimizde yaygın olarak görülen bir durumdur ve kent içi trafiğinin olağan bir bileşeni halini almıştır.

En ekonomik, sağlıklı, çevreci ve erişilebilir ulaşım türü sayılabilecek *yürümeyi* halen yaygın olarak tercih etmekte olan ülkemiz insanının konforlu ve güvenli kentsel alanlara ihtiyacı bulunmasına rağmen, standartlara uygun olmayan kaldırım uygulamaları nedeniyle yürürken çok sayıda fiziksel engelle karşılaşmaktadır. Otomobil kullanımının yaygınlaşmakta olduğu günümüzde yürüme alışkanlığı ve toplu taşıma kullanımı büyük ölçüde terk edilmeden, standarda uygun kaldırım uygulamaları konusunda farkındalık oluşturulması ve *sağlık için yürümenin* teşvik edilmesi son derece yerinde ve yararlı olacaktır. Bu amaçla, yaya yolları ve kaldırımların bilim ve başarılı kentsel tasarım örnekleri ışığında gözden geçirilmesi ve sistemli bir şekilde yeniden düzenlenmesine olanak tanıyacak ulusal bir strateji geliştirilmesi değerlendirmeye alınabilir.

⁹ Wisconsin Üniversitesi (2016) tarafından farkındalık oluşturmaya yönelik yürütülen çalışmalar bu konuda örnek olarak gösterilebilir. İnternet araması yapıldığında kamu veya özel birçok kurum tarafından benzer çabaların ortaya konduğu anlaşılmaktadır.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Ülkemizde yaya ulaşımının oldukça yaygın olması, kent içi yollar üzerindeki kaldırımların önemini artırmaktadır. Gerçekleştirilen çalışma ile, ülkemizde yeterince önem verilmemesi nedeniyle kaldırım uygulamalarında meydana gelen aksaklıklara ve ortaya çıkan trafik sorunlarına dikkat çekilmiştir. Tercih edilen veri toplama ve analiz yönteminde yeni teknolojiler ve yazılımların kullanılmış olması, bu trafik mühendisliği çalışmasına özgünlük katmaktadır.

Çalışmada yayaların yürüme hızları ve gecikmelerinin hesaplanmasına yönelik matematik modeller kurulmuştur. Elde edilen sayısal sonuçlara göre, incelenen sorunlu kaldırım kesimlerinde yayaların maruz kaldığı her bir fiziksel engel yavaşlamaya ve yön değişikliklerine neden olmakta; yaya hizmet seviyesini düşürmektedir. Bu bağlamda, geçmiş çalışmalarda değinilen ve mevcut tasarım ölçütlerinde yer alan yaya hizmet seviyesi yöntemlerinin değişken kaldırım genişlikleri ve yüksekliklerinden kaynaklanan etkiler dikkate alınarak revize edilmesi gerekli görünmektedir. Ayrıca, yayaların taşıt yolu üzerinde hareket halindeki taşıtlar ile yan yana yürümek durumunda kalması, üzerinde dikkatle durulması gereken bir güvenlik riskini doğurmakta ve yayaların yürürken sürekli bir tedirginlik sergilemesine yol açmaktadır. Buradan hareketle, kullanılmakta olan trafik çatışması teknikleri kapsamında, yayaların yoldan karşıya geçme hareketi dışında bu çalışmada görüldüğü gibi yola paralel hareket ettiği durumların da tanımlanması ve irdelenmesine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Kaldırım sorunları ve bunların gerek yaya gerekse taşıt trafiği üzerindeki etkilerinin benzetim yazılımlarında ayrıntılı olarak temsil edilebilmesi, söz konusu sorunlara yaygın olarak rastlanan ülkelerde trafik ortamının ve senaryosunun daha etkin modellenmesine katkı sağlayacaktır.

Elde edilen sonuçlar, önerilen araştırma konularına ışık tutmanın yanı sıra, kentsel alanların imarı ve düzenlenmesinde paydaş olan tüm kurum ve kuruluşlar tarafından alınacak kararlara, planlanacak yatırımlara ve gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarına yönelik yararlı bilgiler sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdulsattar, H., Tarawneh, M., McCoy, P. ve Kachman, S. (1996). Effect on vehicle-pedestrian conflicts of "turning traffic must yield to pedestrians" sign. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (1553), 38-45.
- Akin, D. ve Sisiopiku, V. P. (2007). Modeling interactions between pedestrians and turning-vehicles at signalized crosswalks operating under combined pedestrian-vehicle interval. *The 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC.
- Allen, B. L., Shin, B. T. ve Cooper, P. J. (1978). Analysis of traffic conflicts and collisions. *TRB Research Record*, 667, 67-74.
- AutonomouStuff. (2012). *Ibeo LUX Laser Scanner Embedded Object Classification and Tracking*. 12 Şubat 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=IK29M22teJE>.
- Avineri, E., Shinar, D. ve Susilo, Y. O. (2012). Pedestrians' behaviour in cross walks: the effects of fear of falling and age. *Accident Analysis & Prevention*, 44 (1), 30-34.
- Bierlaire, M. ve Robin, T. (2009). Pedestrians choices. H. Timmermans, (Ed.). *Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications* (1. Baskı) içinde (1-26). Birleşik Krallık: Emerald Group Publishing Limited.
- Bowman, B. L. ve Vecellio, R. L. (1994). Pedestrian walking speeds and conflicts at urban median locations. *Transportation Research Record*, 1438, 67-73.
- Brewer, M., Fitzpatrick, K., Whitacre, J. ve Lord, D. (2006). Exploration of pedestrian gap-acceptance behavior at selected locations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (1982), 132-140.
- Buca Belediyesi. (2013). *Buca ilçesi imar planı*. İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, İzmir.

- Cafiso, S., Garcia, A., Cavarra, R. ve Rojas, M. A. R. (2010). Pedestrian crossing safety improvements: before and after study using traffic conflict techniques. *The 4th International Symposium on Highway Geometric Design*.
- Cafiso, S., Garcia, A. G., Cavarra, R. ve Rojas, M. R. (2011). Crosswalk safety evaluation using a pedestrian risk index as traffic conflict measure. *Proceedings of the 3rd International Conference on Road safety and Simulation*.
- Campbell, R. ve King, L. E. (1970). The traffic conflicts technique applied to rural intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 2 (3), 209-221.
- Çubukçu, E. (2013). Walking for sustainable living. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 85, 33-42.
- Çubukçu, E., Hepguzel, B., Onder, Z. ve Tumer, B. (2014). *Yürünebilirliğin sokak bazındaki ölçütleri: Karşıyaka örneği -sokak denetim aracı uygulama rehberi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- Çubukçu, E., Hepguzel, B., Onder, Z. ve Tumer, B. (2015). Active Living for Sustainable Future: A Model to Measure “Walk Scores” via Geographic Information Systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 168, 229-237.
- Cui, J., Zha, H., Zhao, H. ve Shibasaki, R. (2008). Multi-modal tracking of people using laser scanners and video camera. *Image and vision Computing*, 26 (2), 240-252.
- Cynecki, M. J. (1980). Development of conflicts analysis technique for pedestrian crossings. *Transportation Research Record*, 743, 12-20.
- Dong, W. (2012). Traffic Conflict and Shared Space: A Before and After Case Study on Exhibition Road. *The 1st Civil and Environmental Engineering Student Conference*.
- Emniyet Genel Müdürlüğü. (2015). *İzmir İli Buca İlçesi Uğur Mumcu Caddesi, Kıbrıs Caddesi ve Erdem Caddesi 2010-2014 Yılı Kazaları*. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Feng, S., Ding, N. ve Ci, Y. (2010). Behavior of pedestrians compressing vehicle lanes at intersections. *The 6th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2010)*, 13-18.
- Fuerstenberg, K. C. ve Dietmayer, K. (2004). Object tracking and classification for multiple active safety and comfort applications using a multilayer laser scanner. *Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE*.
- Glauz, W. D. ve Migletz, D. J. (1980). *Application of traffic conflict analysis at intersections* (0077-5614). NCHRP Report 219.
- Google Maps. (2016). *Izmir harita verisi*. 6 Mart 2016, <https://www.google.com.tr/maps/>.
- Grayson, G., Hydén, C., Kraay, J., Muhrad, N. ve Oppe, S. (1984). The Malmö Study: The Calibration of Traffic Conflict Techniques. Leidschendam. *Institute for Road Safety Research SWOV, The Netherlands*.
- Greene-Roesel, R., Diogenes, M. C., Ragland, D. R. ve Lindau, L. A. (2008). Effectiveness of a commercially available automated pedestrian counting device in urban environments: comparison with manual counts. *Safe Transportation Research & Education Center*. California, A.B.D.
- Hatfield, J. ve Murphy, S. (2007). The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 39 (1), 197-205.
- Hayward, J. C. (1972). Near-miss determination through use of a scale of danger. *Highway Research Record* (384), 24-34.
- Hitachi Group. (2015). *Press release: Hitachi Group to develop basic technology for preventing collisions by predicting changes in pedestrian movement, aiming to commercialize autonomous driving on local roads* (Basın bülteni). 25 Eylül 2016, <http://www.hitachi.com/New/cnews/month/2015/10/151014b.pdf>.

- Holland, C. ve Hill, R. (2007). The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis & Prevention*, 39 (2), 224-237.
- Hoogendoorn, S. P. ve Bovy, P. H. (2004). Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38 (2), 169-190.
- Huff, H. ve Liggett, R. (2014). *The Highway Capacity Manual's Method for Calculating Bicycle and Pedestrian Levels of Service: the Ultimate White Paper*.
- Hydén, C. (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. *Bulletin Lund Institute of Technology, Department* (70).
- Ibeo GmbH. (2013). *ibeo Standard Four Layer Multi-Echo LUX Sensor*. 4 Aralık 2013, www.ibeo-as.com.
- Ismail, K., Sayed, T. ve Saunier, N. (2010). Automated analysis of pedestrian-vehicle: conflicts context for before-and-after studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2198), 52-64.
- Ismail, K., Sayed, T., Saunier, N. ve Lim, C. (2009). Automated analysis of pedestrian-vehicle conflicts using video data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2140), 44-54.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi. (2009). *İzmir ulaşım ana planı*. Ulaşım Daire Başkanlığı, İzmir.
- Kaparias, I., Bell, M., Greensted, J., Cheng, S., Miri, A., Taylor, C. ve Mount, B. (2010). Development and implementation of a vehicle-pedestrian conflict analysis method: adaptation of a vehicle-vehicle technique. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2198), 75-82.

- Kaparias, I., Bell, M. G., Miri, A., Chan, C. ve Mount, B. (2012). Analysing the perceptions of pedestrians and drivers to shared space. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour*, 15 (3), 297-310.
- Katabira, K., Suzuki, T., Zhao, H., Nakagawa, Y. ve Shibasaki, R. (2008). An analysis of crowds flow characteristics by using laser range scanners. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 953-956.
- Khan, F. M., Jawaid, M., Chotani, H. ve Luby, S. (1999). Pedestrian environment and behavior in Karachi, Pakistan. *Accident Analysis & Prevention*, 31 (4), 335-339.
- Lange, F., Haiduk, M., Schwarze, A. ve 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*, 43 (6), 2166-2172.
- Ling, B., Tiwari, S., Li, Z. ve Gibson, D. R. (2010). A multi-pedestrian detection and counting system using fusion of stereo camera and laser scanner. *Proceedings of SPIE Optics and Photonics, California*.
- Lord, D. (1996). Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (1538), 61-67.
- Mendes, A., Bento, L. C. ve Nunes, U. (2004). Multi-target detection and tracking with a laser scanner. *Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE*.
- Miranda-Moreno, L. F., Morency, P. ve El-Geneidy, A. M. (2011). The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian–vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 43 (5), 1624-1634.
- Nakamura, K., Zhao, H., Shibasaki, R., Sakamoto, K., Ohga, T. ve Suzukawa, N. (2006). Tracking pedestrians using multiple single-row laser range scanners and its reliability evaluation. *Systems and Computers in Japan*, 37 (7), 1-11.

- Nakamura, K., Zhao, H., Shibasaki, R., Sakamoto, K. ve Suzukawa, N. (2005). Visualizing passenger flow in railway station using laser scanners. *Proceedings of the 9th Computers in Urban Planning and Urban Management Conference (CUPUM)*.
- Nasar, J., Hecht, P. ve Wener, R. (2008). Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (1), 69-75.
- Onelcin, P. ve Alver, Y. (2015). Illegal crossing behavior of pedestrians at signalized intersections: factors affecting the gap acceptance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour*, 31, 124-132.
- Oral, M. Y. (2012). İzmir ulaşım ana planı 2009. *Ege Mimarlık*, (Aralık 2012), 42-48.
- Parker, M. R. ve Zegeer, C. V. (1989). *Traffic conflict techniques for safety and operations: engineers guide*. TRID, Washington, D.C., A.B.D.
- Perkins, S. R. ve Harris, J. L. (1968). Traffic conflict characteristics-accident potential at intersections. *Highway Research Record* (225).
- Pushkarev, B. ve Zupan, J. M. (1975). *Urban space for pedestrians (A report of regional plan association)* (1. Baskı). Cambridge, Massachusetts, A.B.D.: MIT Press.
- Rakesh, K. (2010). Evaluation of the pedestrian environment-A qualitative approach: A case study of Thyagaraya Nagar, the commercial hub of Chennai City. *New Architecture and Urbanism: Development of Indian Traditions* (281), 281-288. Cambridge Scholars Publishing in association with GSE Research.
- San Fransisko Kamu Sağlığı Müdürlüğü (San Francisco Department of Public Health -SFDPH-). (2008). *The Pedestrian Environmental Quality Index (PEQI): An assessment of the physical condition of streets and intersections*. San Francisco, CA, A.B.D.
- Schneider, R., Patton, R., Toole, J. ve Raborn, C. (2005). *Pedestrian and bicycle data collection in united states communities: quantifying use, surveying users, and*

documenting facility extent. Chapel Hill, North Carolina, A.B.D.: University of North Carolina Highway Safety Research Center.

Schweizer, T. (2005). Methods for counting pedestrians. *The 6th International Conference on Walking in the 21st Century: Walk21-VI "Everyday Walking Culture"*. Zurich, Switzerland.

Shao, X., Zhao, H., Nakamura, K., Katabira, K., Shibasaki, R. ve Nakagawa, Y. (2007). Detection and tracking of multiple pedestrians by using laser range scanners. *2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*.

SICK AG. (2009). *The LD-MRS family: compact laser scanners for outdoor use - Product Information*. Waldkirch, Almanya.

SICK AG. (2011). *LMS5xx Laser Measurement Technology - Product Information*. Waldkirch, Almanya.

Stavrinos, D., Byington, K. W. ve Schwebel, D. C. (2009). Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics*, 123 (2), 179-185.

Swain, J. (1987). Highway safety: The traffic conflict technique. *Transport and Road Research Laboratory*, 40, 41.

Tang, T.-Q., Huang, H.-J. ve Shang, H.-Y. (2010). A dynamic model for the heterogeneous traffic flow consisting of car, bicycle and pedestrian. *International Journal of Modern Physics C*, 21 (02), 159-176.

Tekin, S. (2007). *Karayolları yol ağı sınıflandırması ve Çorlu örneğinde sınıflandırma değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

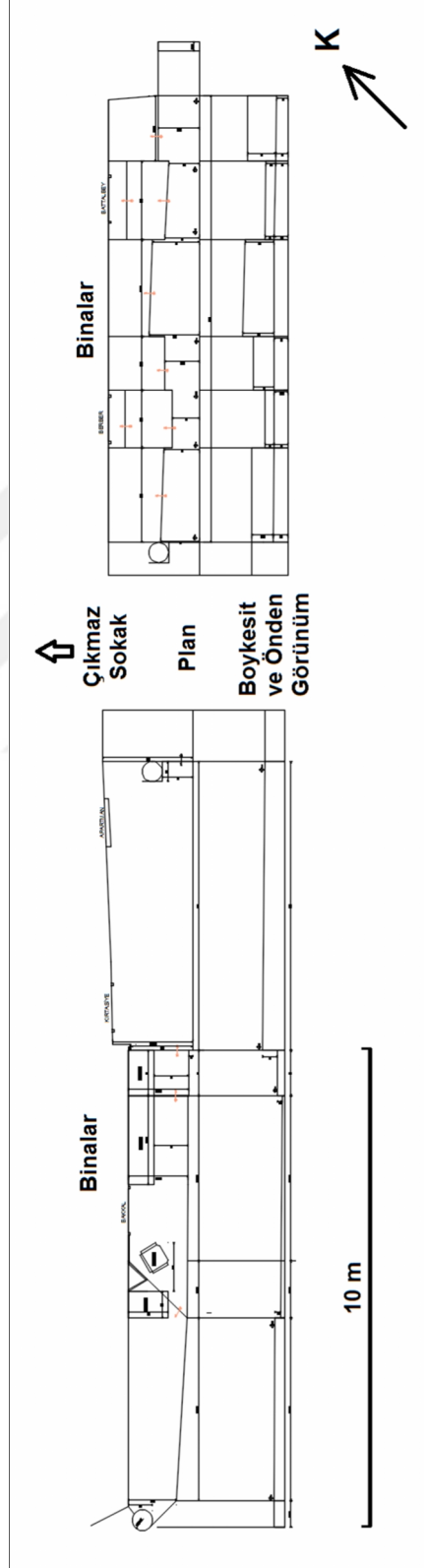
Teknomo, K., Takeyama, Y. ve Inamura, H. (2001). Tracking system to automate data collection of microscopic pedestrian traffic flow. *Proceedings of the 4th Eastern Asia Society for Transportation Studies*. Hanoi, Vietnam, 3 (1), 11-25.

- Teknomo, K., Takeyama, Y. ve Inamura, H. (2004). Data collection method for pedestrian movement variables. *Civil Engineering Dimension*, 2 (1), 43-48.
- Timmermans, H. J. (2009). *Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications: Models, Data Collection and Applications*: Emerald Group Publishing.
- Tom, A. ve Granié, M.-A. (2011). Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads. *Accident analysis & prevention*, 43 (5), 1794-1801.
- Transportation Research Board. (2000). *Highway capacity manual*. Washington, DC, A.B.D.: National Research Council.
- Transportation Research Board. (2010). *Highway capacity manual*. Washington, DC, A.B.D.: National Research Council.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2012). Şehir İçi Yollar - Kaldırım ve Yaya Geçitlerinde Ulaşılabilirlik için Yapısal Önlemler ve İşaretleme Kuralları (TS 12576 ve TS 7937), 5.1 Yaya kaldırımları. Ankara.
- University of Wisconsin Population Health Institute. (2016). *Individual incentives for public transportation*. 5 Aralık 2016, <http://whatworksforhealth.wisc.edu/program.php?t1=109&t2=126&t3=128&id=550>.
- Varhelyi, A. (1998). Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: a case study. *Accident Analysis & Prevention*, 30 (6), 731-743.
- Vuchic, V. R. (1999). *Transportation for Livable Cities* (1. Baskı), New Jersey, A.B.D.: Center for Urban Policy Research (CUPR) Press.
- Walker, E. J., Lanthier, S. N., Risko, E. F. ve Kingstone, A. (2012). The effects of personal music devices on pedestrian behaviour. *Safety Science*, 50 (1), 123-128.

- Wang, J. ve Fang, S. (2008). Pedestrian-vehicle conflict observation and characteristics of road section. *Journal-Tongji University*, 36 (4), 503.
- Westra, E. ve Rothengatter, J. (1992). *Behaviour-Conflict-Safety Relations for Pedestrians: VRU-TOO, Vulnerable Road Users Traffic Observation and Optimization: DRIVE II Project V2005: Deliverable 6: Workpackage BS2*. Traffic Research Centre, University of Groningen.
- Wikipedia, the free encyclopedia, Wikimedia Foundation, Inc. (2016). *Walk Score*. 17 Kasım 2016, https://en.wikipedia.org/wiki/Walk_Score#Walk_Score
- Yang, H., Ozbay, K. ve Bartin, B. (2010). Application of simulation-based traffic conflict analysis for highway safety evaluation. *Proceedings of the 12th WCTR, Lisbon, Portugal*.
- Zhao, H., Chen, Y., Shao, X., Katabira, K. ve Shibasaki, R. (2007). Monitoring a populated environment using single-row laser range scanners from a mobile platform. *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*.
- Zhao, H., Shao, X., Katabira, K. ve Shibasaki, R. (2006). Joint tracking and classification of moving objects at intersection using a single-row laser range scanner. *2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*.
- Zhao, H. ve 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*, 35 (2), 283-291.
- Zheng, L., Ismail, K. ve Meng, X. (2014). Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 41 (7), 633-641.
- Zhuang, X. ve Wu, C. (2011). Pedestrians' crossing behaviors and safety at unmarked roadway in China. *Accident Analysis & Prevention*, 43 (6), 1927-1936.

EKLER

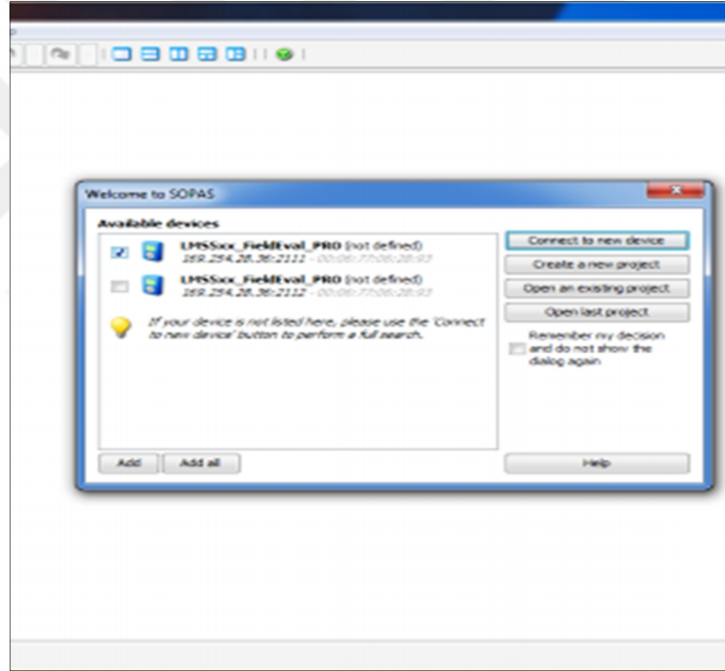
EK-1: Etüt Sahalarına Ait Ayrıntılı Plan Örneği (Kıbrıs Caddesi 1)



EK-2: LMS 511 Lazer Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi

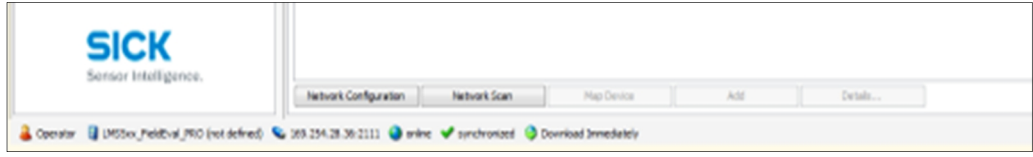
LMS 511 lazer tarayıcının bilgisayara bağlantısı Ethernet kablosu ile yapılmıştır. LMS 511 lazer tarayıcılı cihazı “Terminal” arayüz programından gönderilen kodlar ile çalıştırılmış ve veri akışı sağlanmıştır.

LMS 511 lazer tarayıcılı 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 1).



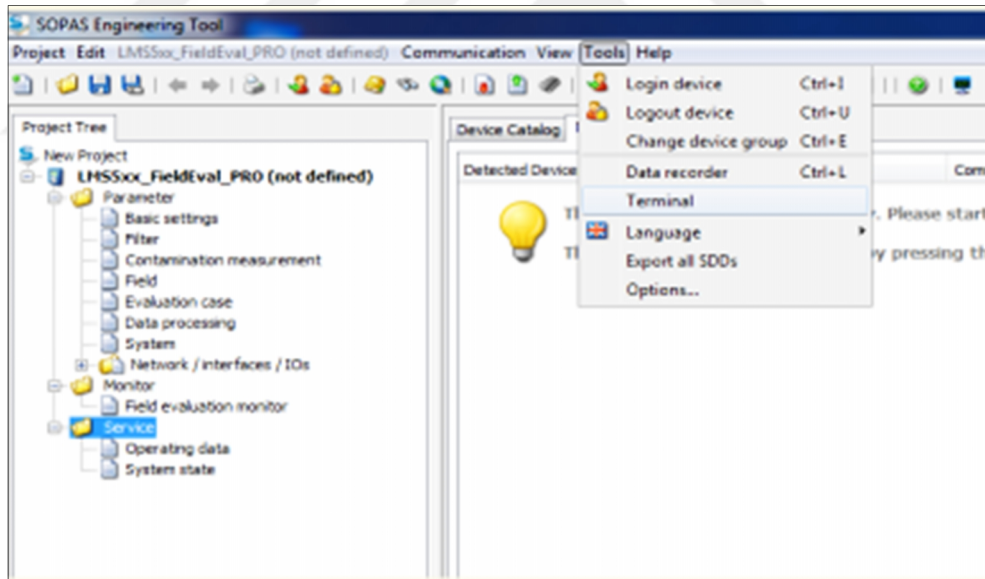
Şekil 1 SOPAS'ta cihaz bağlantısını yapma

Cihaz ekleme komutundan sonra ekrana gelen pencerede LMSxxx_FieldEval_Pro altında komutlar görülmektedir. Bu bölümde cihazın IP adresi görülmektedir (Şekil 2).



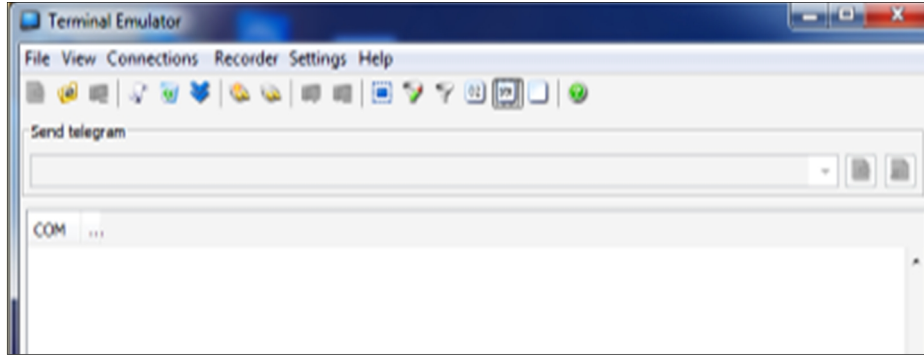
Şekil 2 Ana ekran ve cihaz çalıştırılmasında girilen IP adresi

Cihazdan veri akışını elde etmek için Tools menüsü altında Terminal arayüz programı çalıştırılır (Şekil 3). Cihazların alındığı firma tarafından verilen Telegram List dosyasından istenen frekans, açısal 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 onaltılık tabanda (hexadecimal formatında) olup sonraki çalışma aşamalarında elde edilen mesafe okumalarını daha anlamlı hale getirmek için MATLAB ve Microsoft Office Excel programları kullanılarak onluk tabana (decimal formatına) çevrilmiştir.



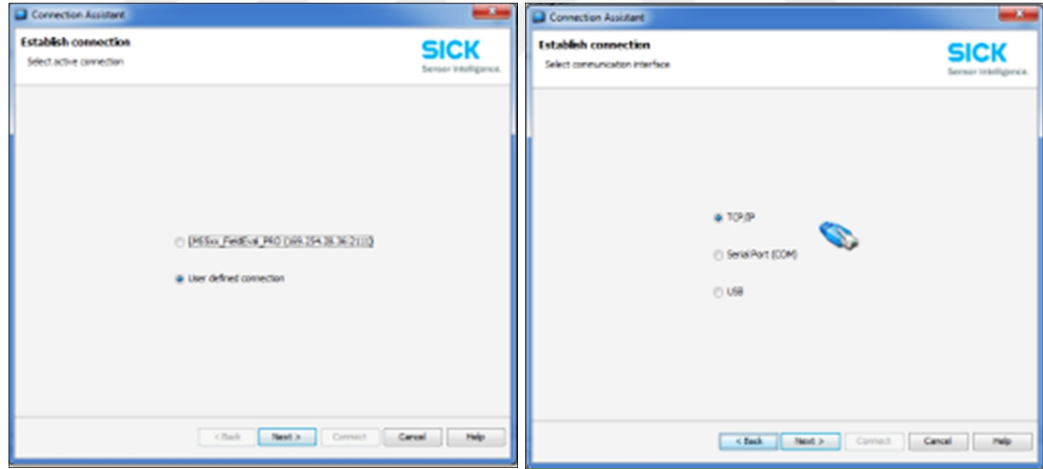
Şekil 3 Terminal komutuna giriş yolları

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 4).



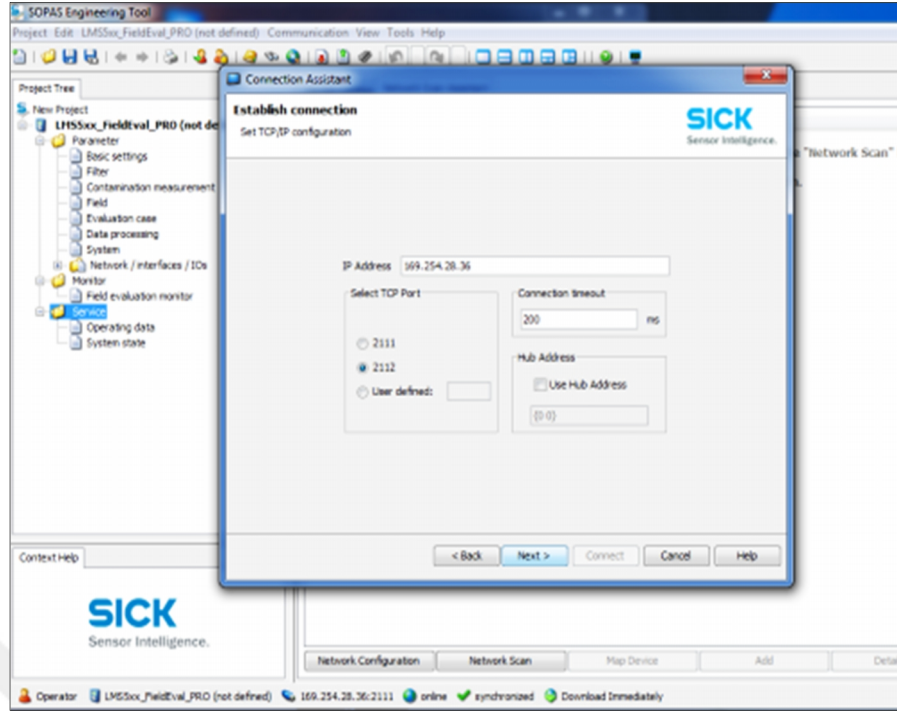
Şekil 4 Terminalde cihazın veri akışını başlatmadan önceki ilk adım

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. Diğer bir deyişle, TCP/IP protokolleri bilgisayarlar arası veri iletişiminin kurallarını koyar (Şekil 5).



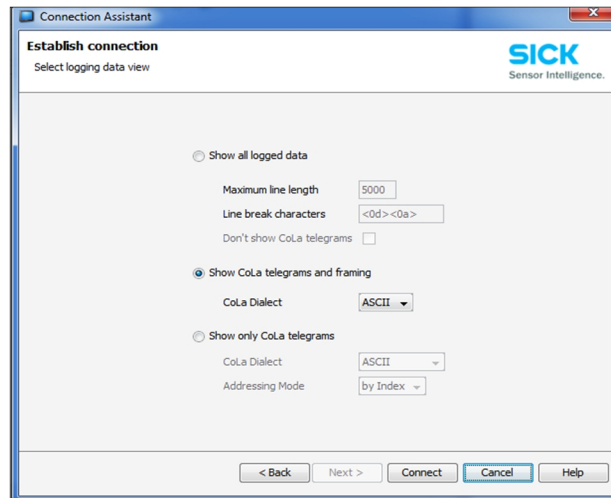
Şekil 5 Terminalde bağlantı türünün seçimi

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 6).



Şekil 6 Port numarası ve IP numarasının girilmesi

Yapılan ölçümlerde veri akışı formatı için ASCII seçeneği seçilmiştir. Bu seçenek seçildiği zaman cihazın frekansı, açışal çözünürlüğü, kaç adet nokta okunduğu, cihazın hangi açı aralıklarında tarama yaptığı görülmüştür. Veri akışında görülen değerler onaltılık (hexadecimal) formatındadır. Bu değerleri anlamlı rakamlara dönüştürmek için bu onaltılık (hexadecimal) değerler MATLAB programı vasıtasıyla onluk (decimal) değerlere çevrilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7 Veri akışında formatın belirlenmesi

[illegible]

Log in komutu girildikten sonra SOPAS ekranındaki ‘‘Field evaluation monitor’’ sekmesine tıklandığında lazer ışınlarının uygun açıda tarama yapıp yapmadığı kontrol edilmiştir. Bu gelen ekranda nesnelerin cihazla olan mesafeleri belirlenmiştir (Şekil 9).

The screenshot displays the JSPM Engineering Tool interface. On the left, a 'Terminal Emulator - JSPM-Toolbox' window shows a list of evaluation cases, each with a status icon and a name. The main window is titled 'JSPM Engineering Tool' and contains a 'Project Tree' on the left, a 'Monitor' window in the center, and a 'Device Config' window on the right. The 'Monitor' window shows a graph of 'Coordinate' vs 'Evaluation Out' with a blue line plot. The 'Device Config' window shows a list of parameters and their values.

283

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. Lazer 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 nesneler referans alınıp o noktaya göre cihazda ayarlamalar yapılmıştır.

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:

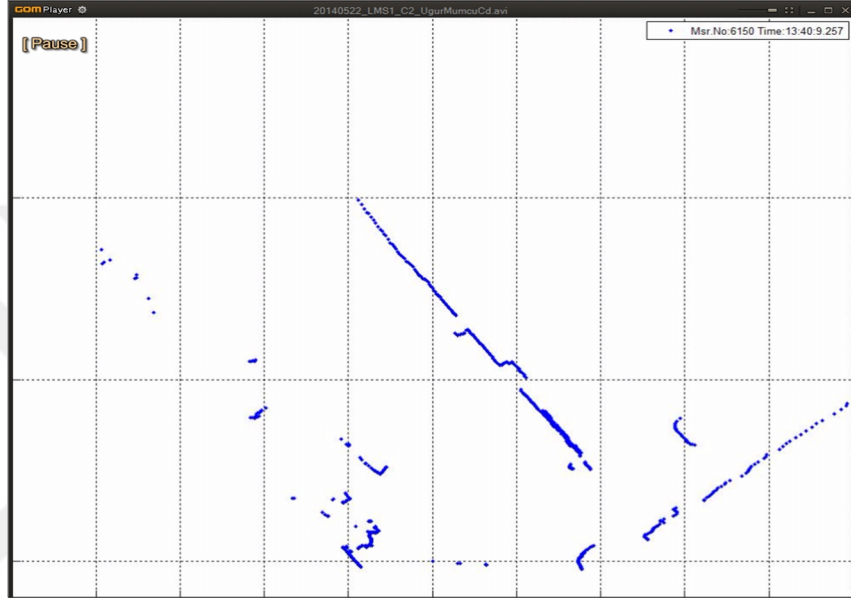
1. Kaydedilen "txt" dosyasının tanıtılması
2. Cihazın açı aralığı (0.25 derece), hertz ve yaklaşık tarama kayıt süresinin girilmesi: Net süre tüm veri dönüşümü sonunda hesaplanmaktadır. İlk aşamada girilecek süre, yaklaşık tarama zamanın üst bir değere yuvarlanmış halidir.
3. Yaklaşık süre, açı aralığı ve frekans değerlerinden hareketle veri kaydı için boş matrislerin kurulması: Açı 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: Onaltılık (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 onluk (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 refere 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 onaltılık (hexadecimal) formattan onluk (decimal) formata dönüştürülmesi
10. Tarama sırası (sayaç), zaman bileşenleri ve okumaların boş matrisin "sayaç" no.lu satırını kaydedilmesi
11. Sayacın 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 içerecek 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 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 10). Bu numaradaki görüntü MATLAB’da scatter komutuyla girilerek ortak noktanın koordinatı belirlenmiştir.

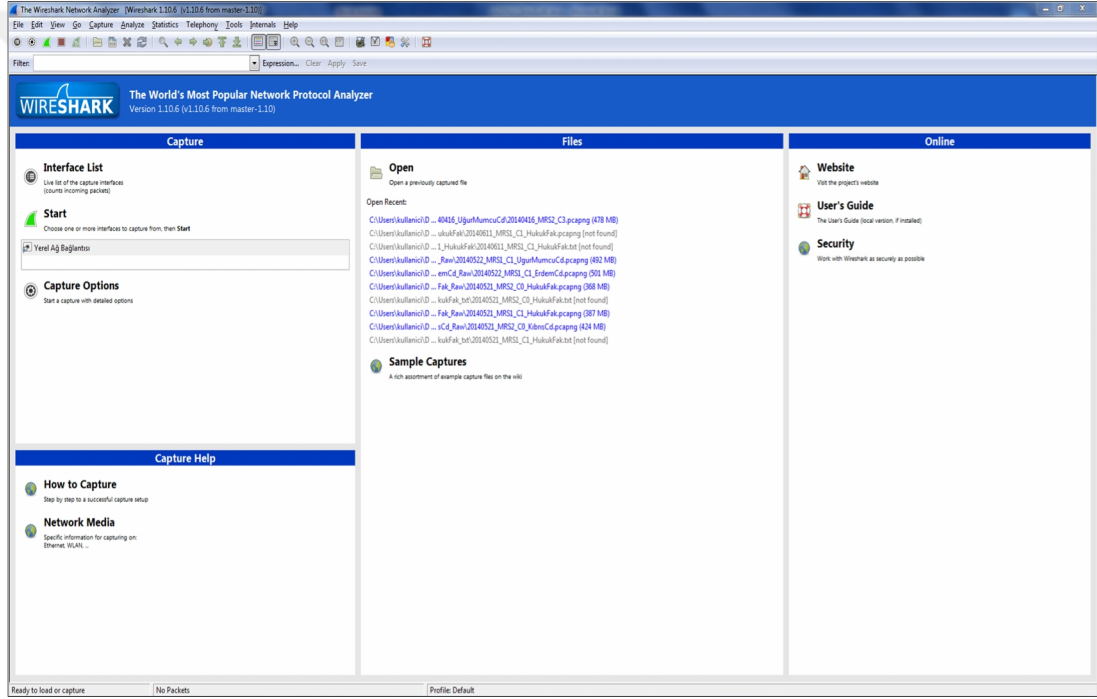


Şekil 10 Cihazdan alınan verilerin videosundan görünüm

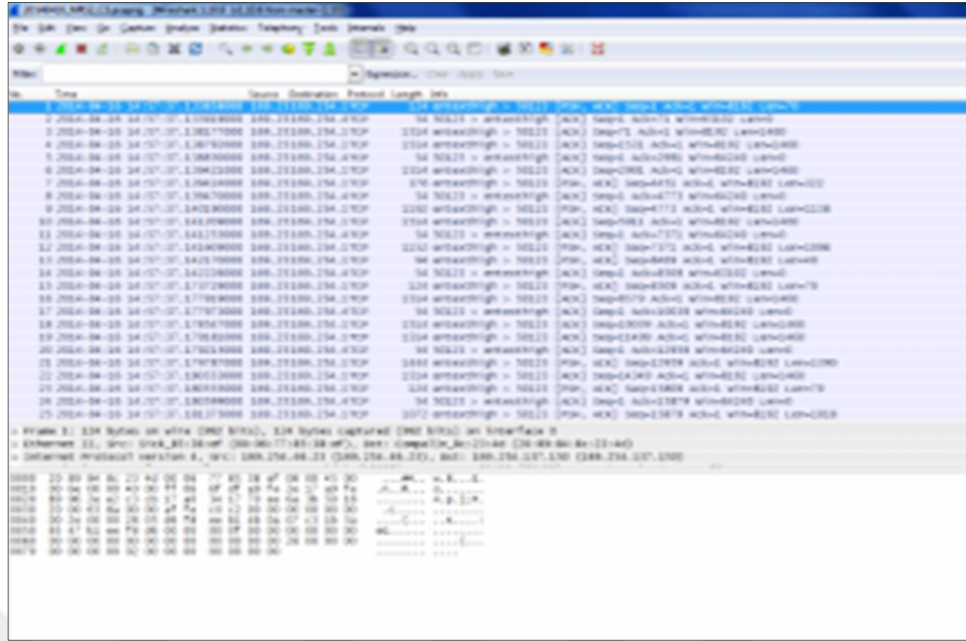
MATLAB ile oluşturulan videolar kullanılarak ortak noktaların koordinat bilgileri belirlenmiştir. Ortak noktalar belirlenirken her bir cihazın bu noktaları algılamasına özen gösterilmiştir. Genel olarak elektrik direği, bina köşeleri, ağaç gibi sabit nesneler ortak nokta olarak ele alınmıştır. Bu nesneler belirlendikten sonra scatter komutunda işlenen verilerle noktaların koordinatları bulunmuştur.

EK-3: LD-MRS Lazer Tarayıcı ile Nokta Bulutu Elde Edilmesi

Bu cihazdan gelen veri akışı “Wireshark” adı verilen bir “network bilgi akışı okuma” sistemi kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 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 amacı ile de kullanılabilir. LD-MRS cihazından gelen veri akışı Wireshark programından sağlanmıştır ve MATLAB programında yazılan algoritma ile cihazdan gelen veriler mesafe okumalarına dönüştürülmüştür (Şekil 12).

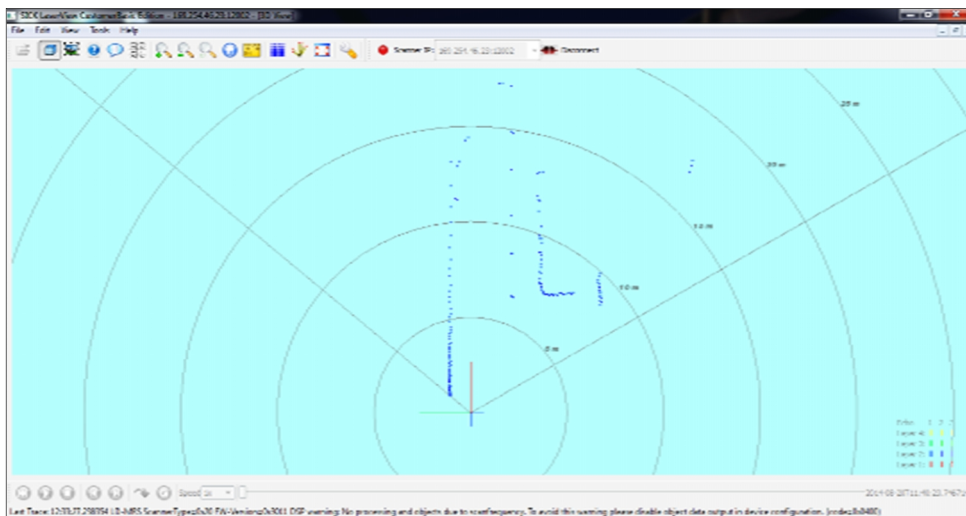


Şekil 11 Wireshark arayüz programında veri akışını başlatma



Şekil 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. Lazer 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 13).



Şekil 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 doğduğundan, 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:

15. WireShark programından çekilen gelen txt formatlı dosyanın MATLAB a tanıtılması
16. Cihazın frekans 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.
17. Boş kayıt matrislerinin kurulması: LD-MRS cihazının her bir nokta okuması 6 farklı değişken ile kaydedilmektedir¹⁰. Bu yüzden kayıt matrisi kurulurken her bir pas için 6 satırlık bir bölüm ayrılmıştır. Bir pasta maksimum nokta okumasını 900 civarında gerçekleştiği (0.25 derece açı aralığı için), yapılan denemeler ile görüldüğünden, kayıt matrisinin 900 kolondan oluşması gerekmektedir.
18. Metin dosyasından tek bir taramaya ait satırların okunması ve birleştirilmesi: WireShark yazılımı, lazer tarama verilerini çekerken taramanın ilk kolonlarına

¹⁰ LD-MRS cihazından gelen nokta okumalarına ait veri yapısını gösteren bir tablo yazarda mevcuttur.

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.

19. Tarama satırında "magic word" kolonunun bulunması: LMS 511 verisinde olduğu gibi cihaza özel "magic word" verinin bu kolondan itibaren tarama verisi olduğunu göstermektedir.
20. "Data Header" olarak isimlendirilen kayıt tanımlama bilgilerinin veriden çekilip byte formatında birleştirilerek onluk (decimal) formata dönüştürülmesi: Cihazdan gelen her bir mesaj, önceki mesajın boyutu, NTP zamanı gibi tanımlarla başlamaktadır. Veri dizisinden öncelikle bu tanımlar çekilmektedir.¹¹
21. Kaydedilen tarama verisinin açıklama kolonlarının çekilip byte formatında birleştirilerek onluk (decimal) formata dönüştürülmesi: "data header" kısmını ardından 44 byte uzunluğunda tarama verisi açıklaması gelmektedir. Taramanın başlangıç-bitiş zamanları, ölçüm numarası gibi çeşitli açıklama alanlarını aç ve mesafe okumaları izlemektedir.¹²
22. Her bir aç okumasına ait altışarlı byte verilerin birleştirilerek onluk (decimal) formata dönüştürülmesi, veri bloğunun kaydedilmesi: Her aç dilimi aynı tabakadan lazer dönüşüyle okunmadığından, radyal mesafelerin mutlaka aç dilimi ve tabaka numarası değerleri ile birlikte kaydedilmesi gerekmektedir.
23. 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.
24. Boş satır okunana dek okuma ve sayısallaştırma döngüsünün çevrimi devam etmektedir.

¹¹ LD-MRS cihazından gelen veri alanları başlıklarını gösteren bir tablo yazarda mevcuttur.

¹² LD-MRS cihazından gelen lazer tarama verisi başlıklarını gösteren bir tablo yazarda mevcuttur.

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 adımıda 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

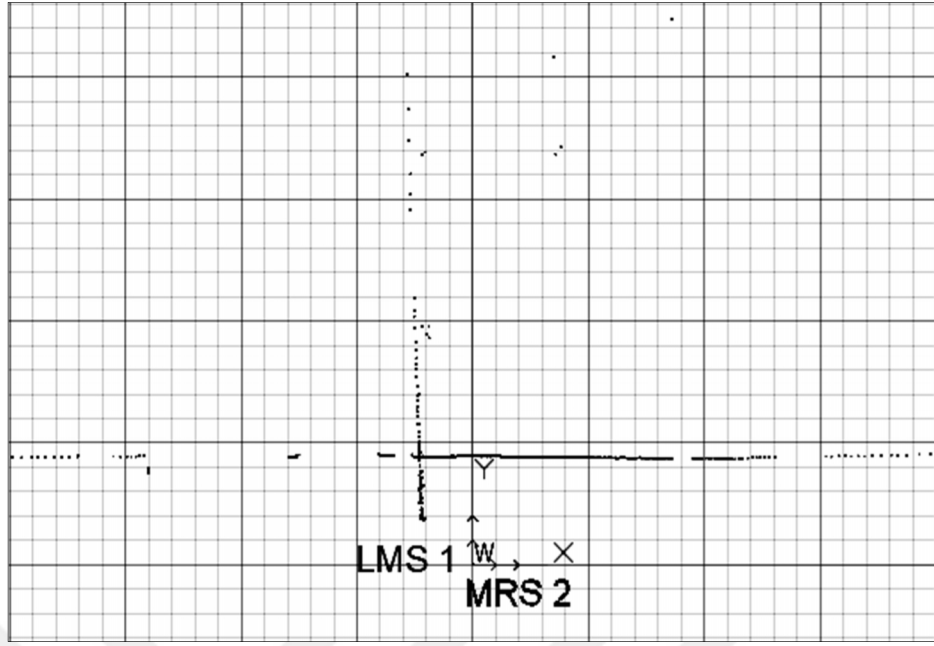
X-Y matrisleri elde edildiğinde, veri formatı LMS 511 ile aynı yapıya getirilmiş olmaktadır. Bu yüzden, algoritmada 3. adım olan video oluşturma aşaması, yukarıda LMS 511 cihazı için açıklanan video oluşturma algoritması ile benzer niteliktedir.

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

EK-4: Veri Kümelerinin Birleştirilmesindeki Hesap Adımları

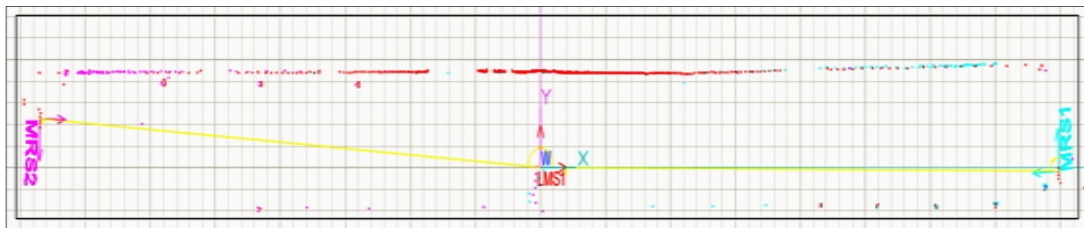
Birleştirme işleminde geliştirilen yöntem doğrultusunda, toplanan veri grupları üzerinde cihazlar için ortak olan birden fazla noktanın her bir cihaz için cihazların bağıl açısı ve bağıl mesafesi kullanılarak hesaplama yapılmaya devam edilmiştir. Bahsedilen bu işlem için MATLAB, AutoCAD ve Excel programları 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 etüt sahasına (kontrol yol kesimine) 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 nesnelerle beraber noktasal olarak çizdirilmiştir. Şekil 14'te görüldüğü gibi başlangıçta her bir lazer tarama cihazının kendisi merkeze gelecek şekilde aynı merkeze çizilmektedir.



Şekil 14 Aynı merkeze sahip lazer cihazlar

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 kaldırım üzerinde bulunan direkler olarak seçilmiştir) LD MRS1 ve LD MRS2 cihazları LMS-511'e göre saha çalışmasında bulunan yerlerine göre konumlandırılmıştır (Şekil 15). Şekil de pembe ve yeşil renkte iki adet LD MRS ve kırmızı renkte LMS 511 cihazı ile cihazların gördükleri noktalar belirtilmiştir.



Şekil 15 Farklı cihazlara ait veri kümelerinin 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 (Tablo 1). Tablo 1'de

görüldüğü gibi 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 (Tablo 1).

Tablo 1 Lazer tarayıcıların konumları

	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. Dev.		
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

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:

- a. Her bir cihaz için sabit ve hareketli noktaları içeren iki ayrı radyal mesafe dosyasının okunması
- b. 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.

- c. Radyal mesafelerin, açı farklılıkları kullanılarak X-Y koordinatlarına dönüştürülmesi: Dönüşüm açısı seçilen ana cihaz için "0" iken, diğer cihazlar için " $\text{AngMS} + (180 - \text{AngSM})$ " şeklinde hesaplanmakta; bu dönüşüm açısı ikincil cihazların tarama açısı değerlerine ilave edilmektedir. X-Y koordinatları sabit ve hareketli dosya kayıtları için ayrı ayrı hesaplanmaktadır.
- d. 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.
- e. 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.
- f. 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.
- g. 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 Tablo 1’de örneği verilen Excel dosyasının son kolonuna (size) kaydedilmektedir. Bu kayıt, birleştirilmiş verilerden video oluşturulurken her bir cihazdan gelen verinin farklı renkte çizilmesine olanak vermekte (Tablo 1; "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 X_{minR} , X_{maxR} , Y_{minR} ve Y_{maxR} videonun sınırlarını göstermektedir. Bu sınırlar videonun max ve min değerleri yuvarlatılarak dış sınırlar belirlenmektedir. Bu değerlerin ilk belirlendiği satırlar ise:

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

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

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

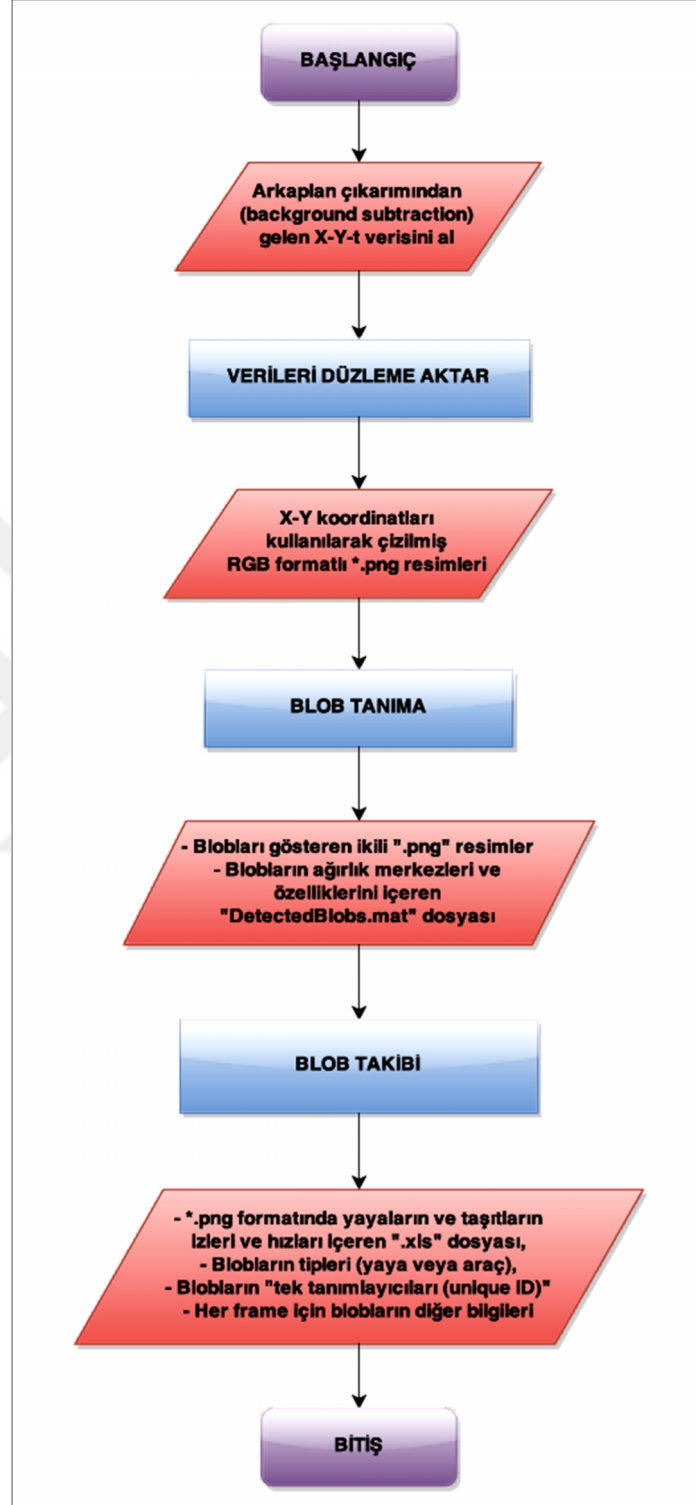
$$Y_{maxR}=(fix(Y_{max}/100)+1)*100;$$

Ayrıca, video oluşturulurken bir önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılan hareketli ve sabit noktaların sınıflandırılması işlemi göz önünde tutulmuş ve burada kullanılan veri kümeleri üzerinde de kullanılmıştır. Daha önce de değinildiği gibi aynı pikseller ve farklı pikseller tespit edilmiş ve aynı pikseller elenerek hareketli nesneleri temsil eden farklı pikseller belirlenmiştir.

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

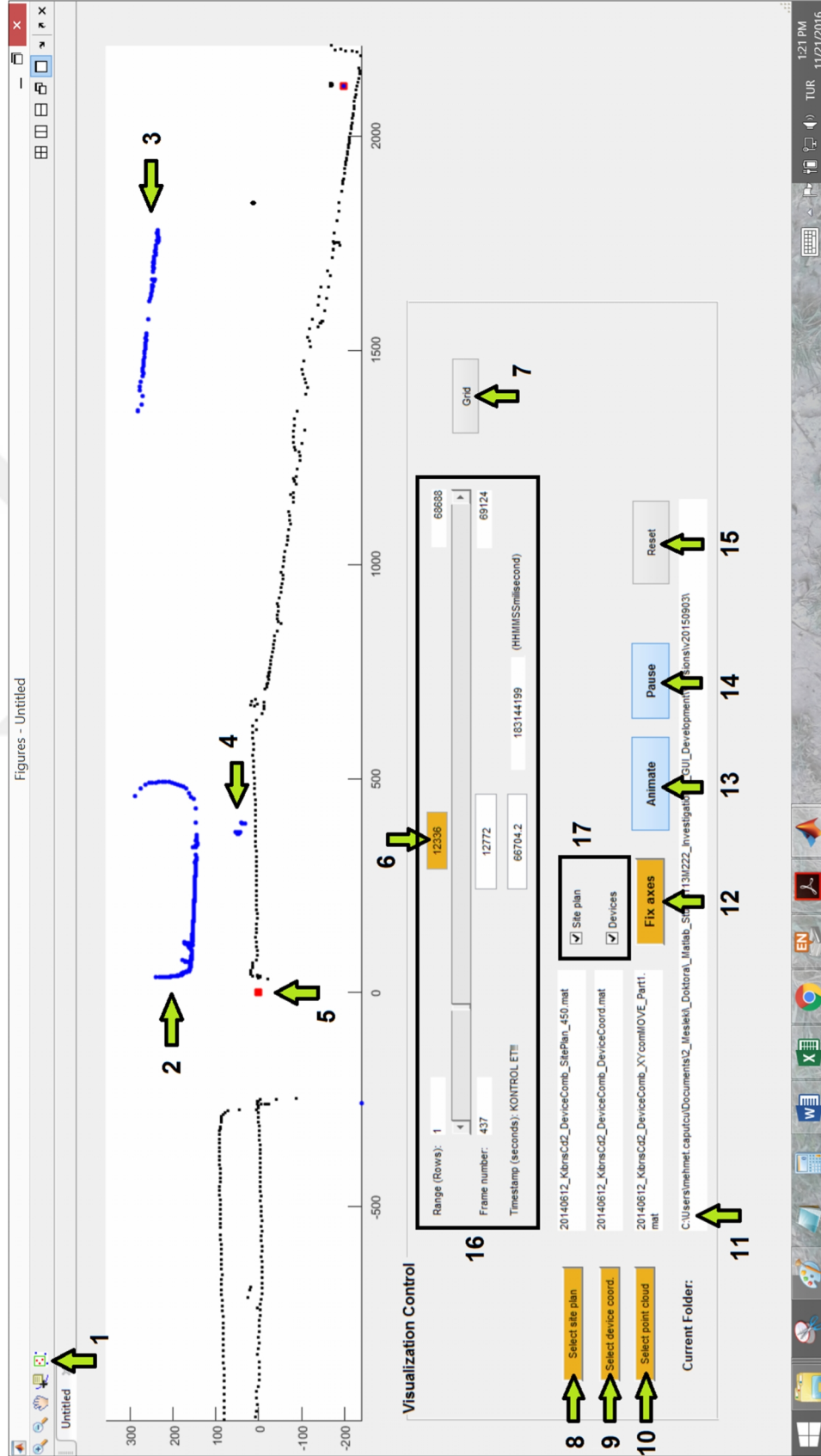
Kullanılan cihazlardan gelen verilerin bütünleştirilmesi sırasında zaman senkronize sorunu çıkmaması için yapılan işlemlerin dikkatli bir biçimde yapılmasına rağmen kimi durumlarda birleştirilen verilerde zaman sorunu olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorunu çözmek amacıyla laboratuvar içerisinde ve bina koridorlarında bir takım deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney için kare prizma olan bir kutu kullanılmıştır. Kare prizma kutu kullanılmasının nedeni her bir cihazın kutunun yüzünü aynı boyutta 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.

EK-5: Blob Analizi Akış Şeması¹³



¹³ Akış şemasını oluşturan ana işlem gruplarına ait alt işlemler (algoritma ayrıntıları) için ayrı birer akış şeması (dört adet) oluşturulmuş olmakla birlikte, trafik mühendisliği uygulamaları ile doğrudan ilişkili olmadığı için burada yer verilmemiştir.

EK-6: MATLAB Arayüzünde Yer Alan Düğme ve Alanların İşlevi



Öge Numarası	İşlev
1	Nokta seçme aracı
2	Bir taşıta ait nokta kümesi
3	Karşı şeritten yaklaşan bir taşıta ait nokta kümesi
4	Bir yayaya ait nokta kümesi
5	Lazer tarayıcının konumunu gösteren nokta (Diğer cihaz alanın sağ alt köşesinde görülmektedir.)
6	Gösterilmekte olan kayıt satırı numarası (frame number) ve istenen bir satır numarası girilerek görüntüleme
7	Izgara kılavuz çizgileri açma/kapama
8	Saha planı dosyası seçimi ve dosya adı
9	Lazer tarama cihazları konum dosyası seçimi ve dosya adı
10	Hareketli nokta bulutu dosyası seçimi ve dosya adı
11	Çalışma klasörü yolu ve adı
12	Düşey ve yatay eksen oranını sabitleme
13	Hareketli noktaları oynatma
14	Durdurup bekletme
15	Seçimleri kaldırma (Bu düğme etkinleştirilmemiştir.)
16	Oynatılan veri kümesine ait kayıt satırı (frame number) bilgileri, zaman (timestamp) bilgileri ve kontrol çubuğu
17	Saha planı ve cihaz konumları açma/kapama

301