

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YAYA CADDELERİNDE MİKRO HAREKETİN NİCEL ANALİZİ:
İSTİKLAL CADDESİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali YILMAZ

Kentsel Tasarım Anabilim Dalı

Kentsel Tasarım Programı

HAZİRAN 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YAYA CADDELERİNDE MİKRO HAREKETİN NİCEL ANALİZİ:
İSTİKLAL CADDESİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ali YILMAZ
(519191002)**

Kentsel Tasarım Anabilim Dalı

Kentsel Tasarım Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Eren KÜRKÇÜOĞLU

HAZİRAN 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 519191002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ali YILMAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YAYA CADDELERİNDE MİKRO HAREKETİN NİCEL ANALİZİ: İSTİKLAL CADDESİ ÖRNEĞİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Eren KÜRKÇÜOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Gülden Demet ORUÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özlem ÖZER
İstanbul Gelişim Üniversitesi

Teslim Tarihi : 18 Mayıs 2022
Savunma Tarihi : 7 Haziran 2022





“What is most attractive, what attracts people to stop and linger and look, will invariably be other people. Activity in human life is the greatest attraction in cities!” (Montgomery, 2015)



ÖNSÖZ

Lisans eğitimimin başından yüksek lisans eğitimimin sonuna kadar bilgisini ve birikimini aktaran, akademik tartışmaların yanında muhabbetini esirgemeyen, merakı, profesyonel ilke ve titizliği ile örnek aldığım ve birlikte çalışmaktan onur duyduğum çok değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Eren KÜRKÇÜOĞLU'na bu tez süreci başta olmak üzere sabrı, katkısı ve yol göstericiliği için büyük bir keyif ile teşekkürlerimi borç bilirim.

Aşıladıkları merak, sundukları imkân, açtıkları yol ve mümkün kıldıkları cesaret ile bu satırların yazılabilmesinde en çok payı olan canım annem ve babama,

Teknik bilgisi ve öğretisi sayesinde ufkumu genişleten, bu çalışmanın yapılabilmesini mümkün kılan sevgili kardeşim Ömer YILMAZ'a,

Fikirleri ve yardımlarından faydalandığım Bursa Teknik Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi'nden hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma,

Beni *düşünmekten* alıkoyabilen, manevi destekleri ile arkadaşım Ayşe METİN ve ev arkadaşım Mahmut BİLMEZ'e,

Sevgisi ve bilgisi ile her zaman yanımda olan; hayallerimi, fikirlerimi, sevgimi paylaştığım ve hayatımı da paylaşacağım değerli Arş. Gör. Zeynep Selin BAŞARAN'a,

Meslek ilkeleri adına mücadele eden meslektaşlarım ve kent savunucularına,

Meydanları doldurarak İstiklal Caddesi'ne anlam katan kalabalıklara sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2022

Ali YILMAZ
(Şehir Plancısı)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Araştırma Soruları	2
1.2 Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	5
2. KAMUSAL ALANDA YAYA HAREKETİ	7
2.1 Kamusal Hareket Mekânları ve Form	7
2.1.1 Yürüme ve yayalaşma	9
2.1.2 Yaya hareketini etkileyen faktörler	10
2.1.3 Kuramsal çerçevede yaya algısı ve davranışı.....	12
2.2 Kamusal Alanda Yaya.....	14
2.3 Yaya Hareketi Çalışmaları	15
2.3.1 Literatürde yaya hareketi çalışmaları	20
2.3.1.1 Makro ölçekli çalışmalar	21
2.3.1.2 Mezo ölçekli çalışmalar	24
2.3.1.3 Mikro ölçekli çalışmalar	27
2.3.2 Veri eldesi yöntemleri	32
2.3.3 Kolektif hareket örüntüleri	35
2.4 Bölüm Sonucu ve Değerlendirme	36
3. İSTİKLAL CADDESİ'NDE YAYA HAREKETİ	39
3.1 Analiz Modelinin Oluşturulması	39
3.1.1 Çalışma alanı ve özellikleri	40
3.1.2 Gözlem	41
3.1.3 Veri işleme	41
3.1.4 Yaya hareket örüntüsü analizleri.....	42
3.1.4.1 Yaya takibi ve açısal yönlendirme.....	42
3.1.4.2 Ortalama yürüme hızı.....	43
3.1.4.3 Yoğunluk ve akış	44
3.1.4.4 Yakınlaşma ve kişisel alan	44
3.2 Alan Çalışması	45
3.2.1 Çalışma alanı ve özellikleri	45
3.2.1.1 İşlev	46
3.2.1.2 Giriş kat cephe kullanımları	48

3.2.1.3 Hareket ve meydanlar.....	50
3.2.1.4 Segment oluşumu ve gözlem kesitleri.....	52
3.2.2 Gözlem	53
3.2.3 Veri işleme	55
3.2.4 Yaya hareket örüntüsü analizleri.....	57
3.2.4.1 Örneklem kesit alan 1.....	58
3.2.4.2 Örneklem kesit alan 2.....	61
3.2.4.3 Örneklem kesit alan 3.....	64
3.2.4.4 Örneklem kesit alan 4.....	67
3.3 Bulguların Değerlendirilmesi	70
4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	77
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	87



KISALTMALAR

ABM	: Agent Based Model
ANN	: Artificial Neural Network
ATM	: Automatic Teller Machine, Bankamatik
AVM	: Alışveriş Merkezi
CA	: Cellular Automata
CSV	: Comma Separated Value
GSM	: Global System for Mobile
HCM	: Highway Capacity Manual
LOS	: Level of Service
SF	: Social Force
QGIS	: Quantum Geographical Information System



SEMBOLLER

d	: Yoğunluk
L	: Mesafe
l	: Doğrusallık
P	: Yaya sayısı
p	: Yaya
Q	: Akış
r	: İki yaya arası uzaklık
S	: Kişisel alan
t	: Zaman
v	: Hız
x	: Yatay koordinat
y	: Dikey koordinat
θ	: Açısal yönlenme



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yaya hareketini etkileyen faktörler (Özer, 2006).....	10
Çizelge 2.2 : Yoğunluk ve canlılık ilişkisi (Alexander vd., 1977).	18
Çizelge 3.1 : İstiklal Caddesi'ne ait cephe türleri ve uzunlukları.....	50
Çizelge 3.2 : Örnek bireysel yaya (p_n) verisi.	56
Çizelge 3.3 : Örneklem kesit alan (T_{nt}) geneli verisi.	57
Çizelge 3.4 : Yayaların bireysel hareketlerinin istatistikleri.	57
Çizelge 3.5 : Örneklem kesit alan hareketlerinin istatistikleri.....	58
Çizelge 3.6 : Doğrusallık indeksi.	58
Çizelge 3.7 : Ortalama yaya hızı.....	58
Çizelge 3.8 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).....	59
Çizelge 3.9 : Ortalama kişisel alan mesafesi.	59
Çizelge 3.10 : Doğrusallık indeksi.	61
Çizelge 3.11 : Ortalama yaya hızı.....	61
Çizelge 3.12 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).....	61
Çizelge 3.13 : Ortalama kişisel alan mesafesi.	62
Çizelge 3.14 : Doğrusallık indeksi.	64
Çizelge 3.15 : Ortalama yaya hızı.....	64
Çizelge 3.16 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).....	64
Çizelge 3.17 : Ortalama kişisel alan mesafesi.	65
Çizelge 3.18 : Doğrusallık indeksi.	67
Çizelge 3.19 : Ortalama yaya hızı.....	67
Çizelge 3.20 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).....	67
Çizelge 3.21 : Ortalama kişisel alan mesafesi.	68
Çizelge 3.22 : İstiklal Caddesi genelinde doğrusallık değerleri.	70
Çizelge 3.23 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya hızları (m/s).	70
Çizelge 3.24 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya akışları (P/ms).	71
Çizelge 3.25 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya kişisel alanları (m).	71



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışma kapsamı ve yöntemi.....	6
Şekil 2.1 : The Social Life of Small Urban Spaces belgeseli (Whyte, 1980).....	8
Şekil 2.2 : Yaya hızlarının yaş, günün saati ve hava sıcaklığına bağlı değişimi (Weidmann, 1992).	12
Şekil 2.3 : Mevsimlere göre yayaların 100m'yi kat ederken geçirdikleri süre (Gehl ve Svarre, 2013).....	12
Şekil 2.4 : Yaya algı, uyarım ve davranış süreci (Helbing ve Molnar, 1995)	13
Şekil 2.5 : Opsiyonel ve gerekli olma durumuna göre yaya hareketi türleri (Gehl ve Svarre, 2013).....	13
Şekil 2.6 : Kişisel alan mesafeleri (Hall, 1966).	14
Şekil 2.7 : Grup yürüme formasyonları (Gorrini, 2014).....	15
Şekil 2.8 : Bilimlere göre yaya davranışını ele alma türleri (Mizar Luca Federici vd., 2012).	16
Şekil 2.9 : Kronolojik skalada temel yaya çalışmaları.	16
Şekil 2.10 : Yaya hareketi araştırma hiyerarşisi sınıflandırması (Feng vd., 2021). ..	17
Şekil 2.11 : Temel diyagram ve LOS konsepti (Weidmann, 1992).	18
Şekil 2.12 : Dilim formasyonu ve dur-kalk etkisi (Helbing ve Johansson, 2013).....	20
Şekil 2.13 : Bursa hisar bölgesinin aksiyel entegrasyon haritası (Kubat, 1997).	23
Şekil 2.14 : Kadıköy çarşı bölgesinde yaya güzergâhları (Kürkçüoğlu, 2015)	24
Şekil 2.15 : Manyetik temelli yaya hareketi yaklaşımı (Okazaki ve Matsushita, 1993).	25
Şekil 2.16 : Hücresel özdevinim simülasyonu (Weifeng vd., 2003)	26
Şekil 2.17 : Sosyal kuvvet vektörleri (Luber vd., 2010).....	27
Şekil 2.18 : Yapay zeka temelli mikro hareket simülasyonu (Pfeiffer vd., 2018).....	28
Şekil 2.19 : Yaya geçidi simülasyonu (Ma vd., 2016).	29
Şekil 2.20 : Yaya yönlendirilmesi ve hız ölçümleri (Antonini vd., 2006)	30
Şekil 2.21 : Şerit formasyonu oluşumu (Teknomo, 2006).	31
Şekil 2.22 : Hizmet seviyesi konseptine göre yaya yoğunluk ve akış seviyeleri (Gorrini vd., 2016)	31
Şekil 2.23 : Hint ve Alman gruplarında yoğunluk, hız ve kişisel alan mesafesi ilişkisi (Chattaraj vd., 2009).	32
Şekil 2.24 : Yaya izlerinden oluşturulan ısı haritası (Yıldırım, 2019).....	34
Şekil 2.25 : Şerit formasyonu (sol üst), salınımlı geçiş (sağ üst), yaya kavşakları (sol alt) ve dilim formasyonu (sağ alt) (Helbing ve Molnar, 1998).....	36
Şekil 3.1 : Uygulama modeli.	40
Şekil 3.2 : İşlev analizi.	47
Şekil 3.3 : Cephe analizleri.	49
Şekil 3.4 : Hareket analizi.....	50
Şekil 3.5 : Meydan analizi.	52
Şekil 3.6 : Segment oluşumu ve gözlem kesit noktaları.	52
Şekil 3.7 : Gözlem düzeneği.....	53

Şekil 3.8 : Örneklem kesit alan 1.....	54
Şekil 3.9 : Örneklem kesit alan 2.....	54
Şekil 3.10 : Örneklem kesit alan 3.....	55
Şekil 3.11 : Örneklem kesit alan 4.....	55
Şekil 3.12 : Tracker arayüzü: perspektif düzeltmesi, yaya takibi ve veri tablosu.	56
Şekil 3.13 : Örneklem Kesit Alan 1'e dair yaya hareketleri.....	59
Şekil 3.14 : Örneklem Kesit Alan 1'e dair yaya analizleri.....	60
Şekil 3.15 : Örneklem Kesit Alan 2'ye dair yaya hareketleri.....	62
Şekil 3.16 : Örneklem Kesit Alan 2'ye dair yaya analizleri.....	63
Şekil 3.17 : Örneklem Kesit Alan 3'e dair yaya hareketleri.....	65
Şekil 3.18 : Örneklem Kesit Alan 3'e dair yaya analizleri.....	66
Şekil 3.19 : Örneklem Kesit Alan 4'e dair yaya hareketleri.....	68
Şekil 3.20 : Örneklem Kesit Alan 4'e dair yaya analizleri.....	69
Şekil 3.21 : Yaya yoğunluğunun istatistiksel dağılımı. Yeşil: LOS A, turuncu: LOS B, pembe: LOS C.....	71
Şekil 3.22 : Yaya hızı ve yoğunluk ilişkisi.....	72
Şekil 3.23 : Weidmann'ın Temel Diyagram'ına göre İstiklal Caddesi'ndeki yaya hız ve yoğunlukları.....	72
Şekil 3.24 : Yaya akış ve yoğunluk ilişkisi.....	73
Şekil 3.25 : Ortalama kişisel alan mesafeleri ile yoğunluk ilişkisi.....	73
Şekil 3.26 : Yaya hızları ve kişisel alan mesafe ilişkisi.....	74
Şekil 3.27 : Doğrusallık ile ortalama hız ilişkisi.....	74
Şekil 3.28 : İstiklal Caddesi bütününde yaya akış seviyeleri.....	75

YAYA CADDELERİNDE MİKRO HAREKETİN NİCEL ANALİZİ: İSTİKLAL CADDESİ ÖRNEĞİ

ÖZET

Tüm teknolojik ve mekânsal gelişmelerin yanında yürüme eylemi en basit biçimi ile gündelik hareketin en temel yöntemi olarak kalmıştır. Son yıllarda konunun öneminin kavranması ile birlikte yayalar kent politikalarında tekrar önem kazanmaya başlamıştır. Bunun bir işareti olarak da kent merkezleri başta olmak üzere çeşitli yayalaştırma çözümleri örnek gösterilebilir.

Bu ölçüde, yayaların farklılaşan kent mekânları içerisindeki hareketleri birçok bilim dalı tarafından araştırma konusu olarak dikkat çekmiştir. 70’li yıllardan itibaren temel kazanmaya başlayan yaya hareketi ve davranışı konusu kent bilimleri, uygulamalı temel bilimler ve sosyal bilimler tarafından çeşitli kapsamlarda çalışılmıştır.

Mekânsal bilimler altında incelendiğinde bireylerin hareketlerinin bölgesel ölçekten yapı ölçeğine kadar farklı mekânsal birimlerde gerçekleştiği görülmektedir. Bölge eksenini ele alındığında bireyin hareketi uzun zaman periyodu içerisinde göç ve yer değiştirme gibi hareket biçimleri üzerinden gerçekleşmekte olup, mobilite ve hareketlilik başlıkları altında incelenmektedir. Kent ölçeğinde ise görece uzun mesafeler bireysel ve toplu taşıma araçları vasıtası ile gerçekleşen periyodik hareket ulaşım ve ulaştırma alanlarının konusudur. Öte yandan *yürüme* hareketi ise makro, mezo ve mikro olmak üzere üç ana ölçek çatısı altında toplanabilir. Makro ölçek yürünebilirlik, Space Syntax ve diğer topolojik yaklaşımları içerirken mezo ölçeğin konusu bireylerin toplu ve kalabalık hareketi etrafında şekillenmektedir. Tez çalışmasının odağını oluşturan mikro ölçek ise bireyin sokak ve yapı gibi mekânlarda belirlenen anlardaki hareketini ele almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yayaların sosyo-mekânsal hareketlerinin nicel yöntemler üzerinden değişen koşullara bağlı etmenler ile birlikte değerlendirilmesidir. Bu kapsamda yaya hareketi, mikro yürüme hareketinin mekândaki hangi değişkenler tarafından belirlendiği, yaya güzergâhlarının ne ölçüde farklılaştığı, birey hareketlerinin tasarım farklılıklarından ne ölçüde etkilendiği ve zaman dilimlerindeki hareketin nasıl değişkenlik gösterdiği sorguları üzerinden araştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında İstiklal Caddesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Dört segmente ayrılan cadde, öğle ve akşam ile hafta içi ve hafta sonu olmak üzere kendi içerisinde farklı koşulların karşılaştırılmasına dayanan yöntem ile incelenmiştir. Bu kapsamda yayalar belirlenen örneklem kesit alanlar içerisinde mikro hareketlerine göre ele alınmıştır.

İstiklal Caddesi genelden özele çözümlenerek analiz edilmiş, ardından elde edilen veriler tekrar bir araya getirilerek alan ve yaya hareketi genelinde yeniden bütünlleştirilmiştir. Çalışma yöntemi beş ana etapta kurgulanmıştır.

Birinci etap, İstiklal Caddesinin geçmiş ve güncel durumuna yönelik detaylı çözümlemelere dayanmaktadır. Çalışma alanı işlev, cephe, hareket, meydan ve segment oluşumu analizleri ile birlikte ele alınmıştır. Caddenin tarihi kimliğini oluşturan işlevlerin günümüze kadar ulaşmasında değişen zaman koşullarına uyum yetisinin etkisi olduğu görülmüştür. İstiklal Caddesi boyunca yayaların birincil etkileşim kurduğu cephelerin yarısını yeme-içme ve ticari mekânlar oluşturmaktadır. Aynı zamanda, bu alanda geniş bir kullanım çeşitliliği mevcuttur. Büyük ölçüde araçlardan arındırılmış yakın çevre, bireylerin ulaşımı açısından özgün semt ve noktalara ev sahipliği yapmaktadır. Bu bağlamda cadde ile entegrasyonu bulunan ara sokaklar önemli kılcal dağıtım koridorlarını oluşturmaktadır. Taksim, Galatasaray ve Tünel meydanları İstiklal Caddesi'nin omurga niteliğini güçlendiren düğüm noktaları olarak göze çarpmakla birlikte Odakule ve Demirören AVM'nin oluşturduğu açıklıklar ikincil derecede destekleyici ara meydanlardır. Elde edilen bu bilgiler ışığında caddenin dört ana segmentin birleşimi olduğu ortaya çıkmaktadır.

İkinci etap ise dört segmentin analiz edilebilmesine yönelik belirlenen örneklem kesit alanların gözlemine dayanmaktadır. Alanlar, mümkün olan noktalardaki yapıların yüksek katlarından video kamera yardımı ile kayıt alınarak gözleme tabi tutulmuştur. Mekânsal olduğu kadar zamansal katmanların da iç içe geçtiği İstiklal Caddesi'nde belirlenen her örneklem alan için hafta içi, hafta sonu ve öğle, akşam olmak üzere dörder defa gözlem yapılmıştır.

Üçüncü etapta video olarak kayıt altına alınan gözlemlerden veri işleme için açık kaynak fizik analiz yazılımı olan Tracker kullanılmıştır. Uygulama içerisinde perspektif düzeltmesi ve ölçeklendirme yapılarak tüm yaya ve örneklem kesit alanlara dair zaman, yatay konum ve dikey konum koordinatlarını içeren veri tabloları elde edilmiştir.

Python programlama dilinin kullanıldığı dördüncü etapta birey hareketine dair yaya takibi, hız, yoğunluk ve akış ile kişisel alan mesafesi karakteristikleri veri analizi yöntemi ile sayısal olarak belirlenmiştir. Yaya takibi analizinde bireylerin iki boyutta oluşturduğu izlerden yola çıkılarak kolektif hareket örüntüleri belirlenmiş ve yürümenin doğrusallığı sayısal değer olarak ifade edilmiştir. Hız değerleri belirlenirken yayalar ve örneklem alanlar ayrıca değerlendirilmiş, ortalama hız değerleri ve dağılımları üzerinden özellikler belirlenmiştir. Yoğunluk analizinde birim alandaki yaya sayısı belirlenmekle birlikte, akışkanlar mekaniği alanındaki akış ölçümü ise yaya hareketine göre yeniden formüle edilmiştir. Yoğunluk ile ilişkili olarak kişisel alan mesafeleri ölçülmekle birlikte olağan duruma göre farklılaşma gösteren birlikte yürüme, toplanma gibi durumlar gözlenmiştir.

Son etapta ise segment analizleri ile sayısal olarak çözümlenen İstiklal Caddesi'ne ait veri ve analizler bütüncül olarak bir arada ele alınmıştır. Doğrusallık, yürüme hızı, yaya yoğunluğu, akış ve kişisel alan mesafeleri arasında yakın ilişki bulunduğu saptanmıştır. Zamansal eksende ele alındığında, hafta içi ve hafta sonu gözlemlerinin büyük bir farklılık oluşturmadığı, ancak gün içerisinde farklı saat dilimlerinde belirgin değişimlerin yaşandığı, akşam saatlerinde hareketin ve çeşitliliğin arttığı belirlenmiştir.

Nicel analiz metotları kullanılarak disiplinlerarası bir yaklaşımla kurgulanan tez çalışmasından elde edilen veriler ile dört ana çıktı ortaya konmuştur:

1. Yürüme hareketi fiziksel mekân kurgusuna göre şekillenmektedir.
2. Arazi kullanımı ve cephe özellikleri birey davranışını etkilemektedir.

3. Diğ er bireylerin varlığı yayaların hareketini Şekillendirmektedir.
4. Mekân kullanımı zamansal koşullar tarafından belirlenmektedir.

Bu çalışmada uygulamalı bilimlerce ele alınan inceleme ve ölçüm metotlarının kentsel ve mekânsal araştırmalarda, kamusal alanlardaki yaya davranış ve hareketinin değerlendirilmesi kapsamında farklı pilot bölgelerde de kullanılabilmek üzere nicel bir model geliştirilmiştir. Ortaya konan model, gelecek çalışmalarda Şehir planlama ve kentsel tasarımın süreçleri sonucunda oluşturulan çevresel koşulların birey hareketleri üzerindeki etkisini ölçmeye imkân tanımaktadır. Bu model ışığında elde edilen veri ve sonuçların gelecek çalışmalarda ele alınabilecek makine öğrenmesi ve simülasyon gibi teknikler ile birlikte yaya hareketi tahminlerine yönelik katkı sağlayacağına inanılmaktadır.





QUANTITATIVE ANALYSIS OF MICRO MOVEMENT ON PEDESTRIAN STREETS: THE CASE OF İSTİKLAL STREET

SUMMARY

Despite all technological and spatial developments, the act of walking has remained the most basic method of daily movement. In recent years, with the understanding of the importance of the subject, pedestrians have started to gain importance in urban policies again. As a sign of this, various pedestrianization solutions can be given as an example, especially in city centers.

To this extent, movements of pedestrians in differentiated urban spaces have been the subject of investigation by many disciplines. The subject of pedestrian movement and behavior, which has started to gain ground since the 70s, has been studied in various contexts by urban sciences, applied sciences and social sciences.

When examined under spatial sciences, it is seen that the movements of individuals take place in different spatial units from regional scale to building scale. Considering the regional axis, the movement of the individual takes place over a long period of time through forms of movement such as migration and displacement, and is examined under the topics of mobility and mobility. On the urban scale, the periodic movement of relatively long distances by means of individual and public transport is the subject of transportation areas. On the other hand, walking movement can be grouped under three main scales: macro, meso and micro. While the macro scale includes walkability, Space Syntax and other topological approaches, the subject of the meso scale is shaped around the collective and crowded movement of individuals. The micro-scale, which is the focus of the thesis, deals with the movement of the individual in certain moments in places such as streets and buildings.

In this context, the thesis study focuses on pedestrian movement and collective movement patterns in the public space by providing quantitative analysis together with digital data acquisition methods.

The aim of this study is to evaluate the socio-spatial movements of pedestrians together with the factors depending on the changing conditions through quantitative methods. In this context, pedestrian movement has been investigated through the questions of which variables in the space determine the micro-walking movement, to what extent pedestrian routes differ, to what extent individual movements are affected by design differences, and how the movement varies in different time periods.

Within the scope of the thesis study, İstiklal Street was chosen as the pilot area. The street, which is divided into four segments, examined by the method based on the comparison of different conditions within itself, such as noon and evening, weekdays and weekends. In this context, pedestrians were investigated according to their micro movements within the determined sample cross-sectional areas.

Istiklal Street is analyzed from general to specific, and then the data obtained were reassembled and reintegrated across the area and pedestrian movement. The study method is structured in five main stages.

The first phase is based on detailed analyzes of the past and current situation of Istiklal Street. The study area is handled with function, facade, movement, square and segmentation analyzes. It is observed that the ability to adapt to changing time conditions has an effect on the functions that make up the historical identity of the street. Along Istiklal Street, half of the facades that are pedestrians interact primarily, constitute commercial spaces with food and beverage, but at the same time, there is a wide variety of uses in the area. The close environment, which is largely free of vehicles, is home to unique districts and points in terms of transportation of individuals. In this context, side streets that are integrated with the street constitute important capillary distribution corridors. Taksim, Galatasaray and Tünel squares stand out as the nodal points that strengthen the backbone of Istiklal Street, while the openings formed by Odakule and Demirören Shopping Mall are secondary supporting intermediate squares. When evaluated in the light of this information, it is revealed that the street is a combination of four main segments.

The second stage is based on the observation of the sample cross-sectional areas determined to be able to analyze the four segments. The areas were observed by recording video cameras from the high floors of the buildings at possible points. In Istiklal Street, where spatial as well as temporal layers are intertwined, observations were made four times, on weekdays, weekends, lunch and evening, for each sample area determined.

In the third stage, Tracker, an open-source physics analysis software, was used to obtain data from the video-recorded observations. Data tables containing time, horizontal position and vertical position coordinates of all pedestrian and sample cross-sectional areas were obtained by performing perspective correction and scaling in the application.

In the fourth stage, in which Python programming language is used, pedestrian tracking, speed, density and flow and personal space distance characteristics of individual movement were determined numerically by data analysis method. In the pedestrian tracking analysis, collective movement patterns were determined based on the traces created by individuals in two dimensions, and the linearity of walking was expressed as a numerical value. While determining the speed values, pedestrians and sampling areas were evaluated separately, and the characteristics were determined based on the average speed values and their distributions. While the number of pedestrians per unit area was determined in the density analysis, the flow measurement in fluid mechanics was reformulated according to the pedestrian movement. Personal space distances were measured in relation to density, and situations such as walking together and gathering, which differed from the usual situation, were observed.

In the last stage, the analysis of the segments and the data and analyzes of Istiklal Street, which were analyzed numerically, were handled holistically. A close relationship found between linearity, walking speed, pedestrian density and flow, and personal space distances. Considering the temporal axis, it is determined that the weekday and weekend observations did not make a big difference, but there was a significant change during the day, and the movement and diversity increased in the evening hours.

In the light of the data obtained from the study, which was designed in an interdisciplinary manner with quantitative analysis methods, four main outputs were revealed:

1. The walking movement is shaped according to the physical space setup.
2. Land use and facade characteristics affect individual behavior.
3. The presence of other individuals shapes the movement of pedestrians.
4. The use of space is determined by temporal conditions.

In this study, a quantitative model has been developed to be used in different pilot regions within the scope of evaluating the pedestrian behavior and movement in public spaces in urban and spatial study areas of the examination and measurement methods discussed by applied sciences. The model presented allows to measure the effect of environmental conditions created by urban planning and urban design on individual movements in future studies. This model is believed to be applied to pedestrian movement predictions together with techniques such as machine learning and simulation, which can be considered as future from the obtained results.



1. GİRİŞ

İnsanlık, yürümeye başladığından beri at arabası, tren, otomobil veya uçak gibi araçlar ile çeşitli şekillerde hareket etmeye devam etmesine karşın yürüme eylemi her daim süregelmiştir. Yerleşik hayata geçmeden önce avcı-toplayıcı dönemde gerek gündelik yaşamda yaşamını devam ettirebilmek için gıda arayışı, gerekse yeni yerler keşfetme merakı ile göç ederek yer değiştirmiştir. Bu dönemdeki gereksinimlerini giderebilmek için tarım devrimini gerçekleştirerek duraksayabileceği *barınak* dedikleri yeni alanlar inşa edip, kolaylıkla gıda sağlayabileceği yeni tarım alanları yaratmış, hareketini bu yeni yaşamına adapte ederek gündelik ritmine kazandırmıştır. Elde edilen artı ürünün takası için çevresel bağlarını araç olarak kullanan insanlık; önce hayvanlar ile seyahat etmeye başlamış, daha sonraları bu hayvanlar ile birlikte kullanacağı araçlar ile birlikte uzun mesafeleri kat edebilir olmuştur. Çözümlerden yeni problemler üreterek ilerlemeye devam eden toplumlar sanayi devrimi gerçekleştirerek bu araçların yerine daha hızlı ve uzun mesafeler için motorlu araçlar koymuş, Kuzey Amerika'da otomobile bağımlılık veya Uzak Doğu ve Avrupa toplumlarında toplu taşıma kullanılması gibi farklı hareket alışkanlıkları ortaya çıkmıştır. Ancak yine de yürüme eylemi en yalın haliyle bile gündelik yaşamın bir parçası olarak kalmıştır. Modern kentlerde sokakların araçlara terk edilmesinin yol açtığı sorunların çözümüne dair yayalaştırma politikalarının başı çektiği geleneksel mahallenin canlandırılması gibi düşünceler yeni bir çıkar yol olarak önemini artırmaktadır. Buradan hareketle postmodern şehircilik ilkelerine dayanan, 1970'li yıllar ile ortaya çıkan *yeni şehircilik* akımı kentsel mekânı yaya odaklı olarak ele alan düşüncelerin başında gelmektedir (Ellin, 1999).

Devam eden gelişmeler ışığında, hep aynı kalan merak konusu ise temel insan hareketi olmuştur; neden ve nasıl hareket ederiz? Kentsel mekânda yürüme hareketinde bulunan birey *yaya* olarak adlandırılmaktadır. Yayanın hareketi ise bilgi toplama (algılama) ile başlayan varış noktası ve güzergâh seçimi süreçlerinin bir sonucudur (Kitazawa ve Batty, 2004). Hareketin gerçekleşmesi, algılama işlemi de dahil olmak üzere üç boyutlu mekâna paralel olan dördüncü boyut olarak zamanı da içermektedir.

Bu açıdan Lefebvre (1992), yer (mekân), enerji tüketimi (hareket) ve zaman arasında ilişki olan her yerde ritim olduğunu belirtmektedir.

Yaya hareketinin kesişim noktası olduğu sosyal bilimler, uygulamalı bilimler ve kent bilimleri bu bağlamda 70'li yıllardan beri literatüre çeşitli katkılar sunmuştur. Kent bilimleri çerçevesinden bakıldığında insan hareketliliği farklı ölçekler ile birlikte irdelenmelidir. Makro perspektifte yaya hareketi için yürünebilirlik çalışmalarına ek olarak mekân dizim (Space Syntax) ve güzergâh seçimi gibi diğer ağ temelli topolojik yaklaşımlar öne çıkmakta olup bunlar da orta vadeyi ve mesafeyi kapsamaktadır. Mezo ölçekten bakıldığında yaya hareketi akışkanlar dinamiği, tahliye dinamiği ve hücrel özdevinim (Cellular Automata) modelleri ile anlaşılmaya çalışılmıştır. Hücrel özdevinimin orta vade ve mesafedeki yaya hareketini açıklamaya yönelik olmasına karşın diğer fizik temelli yaklaşımlar genellikle durum özelinde kısa vade ve mesafede yer almakla sınırlı kalmıştır. Mikro ölçekte ise anlık ve çok kısa mesafedeki yaya davranışını açıklamaya yönelik modeller geliştirilmiş olup en temel yaklaşımlar sosyal kuvvet (Social Force) ve etmen tabanlı modellerdir (ABM). (Blue ve Adler, 1999; Helbing ve Molnar, 1995; Henderson, 1974; Hillier vd., 1976; Kitazawa ve Batty, 2004; Lo, 2009).

Bu tür metotlar kullanılarak karmaşık bir yapıya sahip olan yaya hareketlerinin makro, mikro ve farklı ölçeklerde çözümlemeleri yapılabilmekte ve bu çözümlemeler doğrultusunda mevcut sorunları ele almak veya gelecek tasarımların kurgulanmasında bu analizler kullanılabilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Yaya algı ve davranış süreci doğası gereği birçok paralel katmanda eşzamanlı olarak gerçekleşmekte, buna bağlı olarak birçok bilim dalının ilgi alanı altında incelenmektedir. Tez çalışması kapsamında bireylerin sosyo-mekânsal davranışlarının sayısal yöntemlere başvurularak farklı koşullardaki hareket örüntüleri ve bağlı olduğu değişkenler üzerinden açıklanması hedeflenmektedir. Dolayısı ile belirlenen ölçülerde sokak düzeyindeki yaya hareketi çalışmaları için karşılaştırmalı bir veri ve analiz altlığı oluşturulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışma, aşağıda yer alan araştırma sorularına yanıt aramayı hedeflemektedir:

- Yayanın yürüme hareketi mekândaki hangi değişkenler tarafından tanımlanmaktadır?
 - Mikro yaya davranışı mekândaki tasarım farklılıklarına veya değişikliklerine ne ölçüde cevap vermektedir? Nasıl etkilenmektedir?
 - Doğrusal olması beklenen yaya güzergâhı nasıl ve ne ölçüde farklılaşma göstermektedir?
 - Aynı çevresel koşullarda fakat farklı zaman dilimlerinde yaya hareketi nasıl değişkenlik göstermektedir?
 - Benzer çevresel etkilere sahip yayaların hareketleri genellenebilir mi?

Bu parametreler ışığında yaya hareketinin ölçülebilirliğine dair bir araçlar bütünü oluşturulması hedeflenmiştir. Analitik bir model önerisi sunmak, sosyo-mekânsal koşulların ölçülebilirliğini denetlemek ve farklılaşan mekân, zaman ve kurgulara karşın objektif temelde bir karşılaştırma aracı sunmak tez çalışmasının temel amaçları arasında yer almaktadır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Tez çalışması, kent bilimlerinin sunduğu bakış açısıyla yayaların sosyo-mekânsal hareketlerinin nicel yöntemle açıklanması ve değerlendirilmesi üzerinden kurgulanmıştır. Bu kapsamda kuramsal çerçeve literatür örnekleri ile birlikte ele alındıktan sonra uygulama modeli geliştirilmiş ve en son geniş kapsamda birlikte değerlendirilmiştir.

Birinci bölümde, yürümenin ve yaya hareketinin tarihsel süreçteki değerlendirmesine dair bir giriş yapılmıştır. Çalışmanın amacı araştırma soruları üzerinden tanımlanmış, kapsam ve yönetime dair izlenceler belirlenmiştir.

Çalışmanın kuramsal kısmını oluşturan ikinci kısımda kamusal hareket mekânları, form, yaya hareketini etkileyen faktörler, yaya algısı ve davranışı ile kamusal alanda yaya kavramları tartışıldıktan sonra makro, mezo ve mikro ölçeklerdeki yaya hareketi çalışmalarına örnekleri ile birlikte veri eldesine dair literatür taraması yapılmıştır. Son olarak yayaların birlikte davranışı kolektif yaya hareket örüntüleri kapsamında tartışılmıştır. Kamusal alanda yaya hareketi, ilk olarak kuramsal çerçevede ele alınarak tanımlamalar pekiştirilmiştir. Kamusal hareket mekânları ile form ilişkisi ve

yayalaştırma politikalarının süreçteki gelişimi birlikte ele alınmıştır. Konu, yaya hareketini etkileyen faktörler, yaya algısı ve davranışı ve kamusal alanda yaya tanımlamaları kapsamında etraflıca ele alınmıştır. Teorik kavramların pratik durumlardaki işleyişi üzerindeki etkilerini anlamak adına yaya hareketi çalışmaları literatürdeki farklı ölçeklerden örneklere ayrılarak irdelenmiştir. Konunun nicel kapsamda incelenebilmesi için, veri eldesi yöntemleri ele alındıktan sonra sosyo-mekânsal alandaki karşılıklarının saptandığı kolektif hareket örüntüleri tartışılmıştır.

Üçüncü kısımda, kuramsal çerçeve boyunca detaylandırılan mikro düzeyde yaya hareketine dair ölçümlerden yola çıkılarak pilot bölge genelindeki yaya davranış karakteristiğine bir bütün oluşturma çerçevesi benimsenmiştir. Bu kapsamda partikül temelli analitik yaklaşım ile birlikte yayalara ait hız, yön, yoğunluk ve yaklaşma parametrelerinin ölçüldüğü bir istatistiki çözümleme çalışması yapılmıştır. Öncelikli olarak analitik yöntemler vasıtası ile altlık oluşturabilmek adına gelecekte uygulanabilecek gelişmiş makine öğrenmesi ve simülasyon çalışmaları şimdilik çalışma kapsamında ele alınmamıştır.

Pilot bölge olarak tarihi karakteri, kimliği, toplumsal ve siyasi önemi nedeniyle Taksim-İstiklal Caddesi seçilmiştir. Ülkenin en önemli olan ve yoğun kullanıma sahip İstiklal Caddesi'nde farklı karakteristik bölgelerin bir arada olması ve bu parçaların nihayetinde bir bütünü oluşturmaları, alanın pilot bölge olarak benimsenmesindeki en büyük gerekçedir. Bu açıdan aynı aks üzerinde farklı nitelikteki alt bölgelerin ve yoğun yaya kullanımının mevcudiyeti İstiklal Caddesi'nin özgün karakteri olarak öne çıkmaktadır. Cadde, birçok araştırma alanı açısından popüler bir alan olması ile birlikte gerek bilgi ve veri potansiyeli gerekse özgün yapısı ile yeni çalışmalar için önemli bir avantaja sahiptir. Yaya hareketi açısından bakılacak olursa, kozmopolit ve karma yapısı sebebi ile bireylerin farklı türde hareketlerine imkân veren bölge doğrusal sokak akışına sahip olmasının yanında daha karmaşık yaya hareketlerine de imkân tanımaktadır. Bu bağlamda cadde üzerinde ölçüm yapılabilecek dört ana örneklem alan seçilerek farklılaşan bölümlerin yaya akış karakteristiği üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir.

Zamansal ekseninde ise örneklem alanlar için belirlenen gözlem alanı, boyutu ve kabul edilen ortalama yaya hızı ilişkisi düşünüldüğünde alana giren yayaların tamamının takip edilebileceği süre olarak 14 saniyelik gözlemler belirlenmiştir. Bununla birlikte alanların farklı gerekçelerle kullanımlarına dair karşılaştırmaların yapılabilmesi için

ise hafta içi / hafta sonu ve sabah / akşam olmak üzere yapılan dört gözlem ile, toplam 16 adet ölçüm alınmıştır.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışmasının uygulama yöntemi, çalışma alanı ve özellikleri, gözlem, veri işleme, veri analizi ve değerlendirme olmak üzere beş ana etapta kurgulanmıştır (Şekil 1.1).

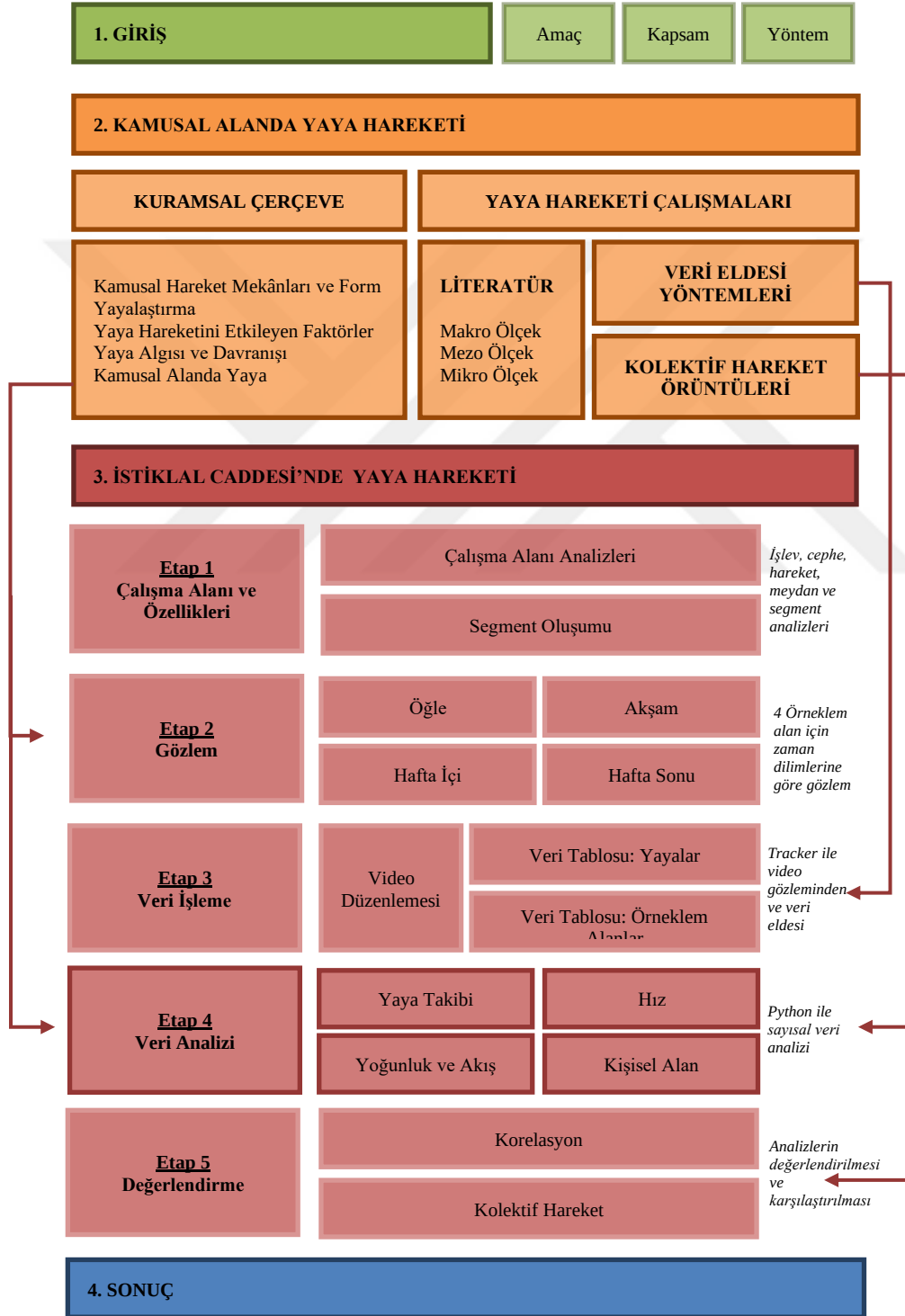
Birinci etap içerisinde çalışma alanı olarak İstiklal Caddesi'nin karakteristik özellikleri işlev, cephe, hareket, meydan analizleri ile birlikte olmak üzere segmentlere ayrılarak ele alınmıştır. Caddenin işlevi, yayaların yaygın olarak kullandığı, günümüze kadar erişebilen tarihi ve kültürel özelliklere sahip kullanımlar üzerinden araştırılmıştır. İstiklal Caddesi üzerindeki işlevlerin yayalar ile doğrudan etkileşim kurduğu yüzey ve alanlar olan cepheler, uzunlukları ve kullanımları ile incelenmiştir. Çalışma alanı ve çevresine ait sokak dokusu ölçeğindeki yaya hareketleri çevredeki semtler ve sokak kurgusu üzerinden tanımlanmıştır. Meydanlar ve kesişim noktalarının İstiklal Caddesi'nin düğüm noktalarını oluşturduğu ve caddeyi anlamlı dört segmente ayırdığı görülmüştür.

İkinci etapta, ayrılan segmentlerin ölçülebilmesi için dört adet örneklem kesit alan belirlenmiştir. Bu kapsamda örneklem kesit alanlar yüksek noktalardan video kaydı alınarak gözlenmiştir. Belirlenen her örneklem alan için hafta içi, hafta sonu ve öğle, akşam olmak üzere dörder defa olmak üzere 16 adet gözlem yapılmıştır

Üçüncü etap, elde edilen video görüntülerinin açık kaynak video analiz yazılımı Tracker yardımı ile düzenlenerek veri elde edildiği kısımdır. Program arayüzünde ölçeklendirme ve perspektif düzeltmesi uygulanarak yayalar takip edilmiş, bireysel ve örneklem kesit alanlara göre ayrı olarak veri tablosu elde edilmiştir.

Dördüncü etap ise çalışmanın odağını oluşturmakla birlikte Python yazılım arabirimi kullanılarak dört örneklem kesit alan için yaya takibi, hız, yoğunluk ve akış ile kişisel alan analizleri yapılmıştır. Yaya takibi, bireylerin gözlem alanlardaki hareket izlerinin yorumlanması ile yapılırken doğrusallık ise sayısal olarak belirlenmiştir. Hız ölçümleri ise yayalar ve örneklem kesit alanlar olmak üzere ayrıca değerlendirilmiştir. Birbirleri ile yakın ilişkili yoğunluk, akış ve kişisel alan mesafeleri formüle edilerek belirlenmiştir.

Beşinci ve son etapta ise elde edilen veri ve analiz sonuçları doğrultusunda İstiklal Caddesi bütününe ait değerlendirmeler literatür örnekleri ile birlikte karşılaştırılarak ele alınmıştır. Doğrusallık, yürütme hızı, yaya yoğunluğu, akış ve kişisel alan mesafe ölçümleri birbirleri ile karşılaştırma yapılmış, saçılım grafikleri oluşturularak ilişkisel bağlamda karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda cadde bütününde zamansal olarak gün ve saatlere göre yaya hareket çeşitlilikleri incelenmiştir.



Şekil 1.1 : Çalışma kapsamı ve yöntemi.

2. KAMUSAL ALANDA YAYA HAREKETİ

Kent mekânları, yapıların iç mekânlar ile eşik oluşturduğu, binalar arasında kalan, serbest kullanıma açık alanlardır (Krier, 1979). Kentsel mekânda yürüme hareketini gerçekleştiren kullanıcılar *yaya* olarak betimlenmektedir. Yaya hareketi, algılama (bilgi toplama) ile başlayıp varış noktası ve güzergâh seçimi ile devam eden zihinsel işlemler bütünüdür (Kitazawa ve Batty, 2004). Lynch'e (1961) göre kullanıcının kenti imgeleme süreci bağlantılar, sınırlar, bölgeler, odaklar ve işaretler bileşenleri üzerinden gerçekleşmektedir. Yayanın hareketi ise, kalabalık ile birlikte hareket veya başka bir yayayı takip etmek gibi birden fazla bireyin dahil olduğu biçimde gerçekleşebilmektedir (Bradshaw, 1993). Benzer şekilde, durağanlık da bir hareket biçimi olarak kabul edilmekte; sohbet eden insanlar, sokak satıcıları, müzisyenler, vitrinleri inceleyen gruplar gibi farklı seviyelerdeki eylemleri gerçekleştiren gruplar bekleme davranışı sergilemektedir (Cullen, 1971). Kamusal alanlar, yani temsil alanları, yürüyüşler ve karşılaşmalar, anlaşmalar ve müzakereler için bir mekân niteliğindedir (Lefebvre, 1974). Yayalar, kent içerisinde meydanlar gibi toplanma alanları, sokak ve caddeler gibi geçiş koridorları veya parklar ve sergi mekânları gibi düzenlenmiş aktivite alanları olmak üzere farklı biçimlerdeki kamusal hareket mekânlarında varlıklarını gerçekleştirmektedir (Erdönmez & Akı, 2005). Jane Jacobs'a (1961) göre sokağın canlılığını sağlayan bileşenler kentsel kullanım çeşitliliği üzerinde de etkili olmakta ve buna bağlı olarak iyi kullanılan bir sokak kendisinin güvenliğini de sağlamaktadır.

2.1 Kamusal Hareket Mekânları ve Form

Trancik (1986), kentsel alanları doluluk ve boşluklar olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Kentsel mekânları ortaya çıkaran şey ise bu doluluk ve açıklıkların bir araya geliş biçimleridir. Kentsel doluluklar kamusal yapılar ve konut alanları başta olmak üzere yapı adaları iken, kentsel boşluklar ise meydanlar, geçitler, cadde ve sokaklar, yapı adası ortaları, parklar ve bahçelerdir.

Kentler parçaların bütünü olarak düşünülürse bu parçaların toplamını doku adı altında ele almak mümkündür. Kentsel doku, kent mekânını oluşturan parçaların çeşitli değişkenler doğrultusunda farklılaşan örüntüler bütünüdür. Doku parçalarını bir araya getirirken birbirinden ayrı kılan dinamikler içerisinde sokak ağları, yapı adası biçimleri, yapı tipolojileri, peyzaj gibi yapı ve doğal çevre unsurları mevcuttur (Kürkçüoğlu, 2015).

Şehirler, çeşitli kültürel, sosyal ve etnik kökenlerden kişi ve toplulukların karşılaştıkları, bir araya geldiği ve bulunduğu mekânlardır. Kent içerisindeki kamusal alanlar ve dış mekânlar, kentlinin yaşantısını ve yapı çevre ile ilişkisini aktivite ve yaşamlar üzerinden tanımlamaktadır. Kişilerin toplum ile etkileşim kurduğu fiziksel mekânlar olan kamusal mekânlar bu aşamada kentin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Sokak, park ve meydan gibi açık alanlar bireylerin ifade fırsatını elde ettiği, karşılaşmalar yaşadığı ve kent kültürünü ortaya çıkardığı ortak uzlaşım alanlarıdır (Şekil 2.1). Bu karşılaşmalar bilinçli olarak kabul edilse de kamusal yaşamda çoğu zaman rastlantısaldır ve kamusal açık mekânların rolü, başarısı ve önemi, bu karşılaşmalara ne ölçüde olanak tanıdığı ile ilgilidir (Erdönmez ve Akı, 2005).



Şekil 2.1 : The Social Life of Small Urban Spaces belgeseli (Whyte, 1980).

Kent içerisinde *uyarılmış talep* (*induced demand*) kavramı ile karşılaşmak olasıdır. Karar vericilerin yanılgılarının aksine, arz-talep ilişkisine bağlı olarak daha fazla yol daha fazla araç ve uzun vadede daha fazla trafik olarak sonuçlanacaktır. Daha fazla bisiklet yolu ise bisiklet kültürüne imkân tanıyacak ve bisiklet kullanımını tetikleyecektir. Bu bağlamda, kamusal alanlar ile birlikte imkân tanındığı takdirde daha fazla insan ile birlikte kamusal hayata kavuşulacaktır (Montgomery, 2015). İnsanların toplum omuz omuza temas etmesiyle yaratılan basit sosyal ilişki,

toplumdaki en temel sosyal yapıştırıcı türlerinden biridir. Günümüz toplumunda bu durum ve dolayısıyla bu yapıştırıcı büyük ölçüde eksik kalmaktadır, çünkü gerçek hareket sürecinin çoğu dış mekân yerine iç mekânlarda gerçekleşmektedir. Bu da çoğunlukla arabaların sokakları domine etmesi ve kentliler için elverişsiz hale getirmesi sebebiyle, sokaklar terkedilerek tehlikeli bir alan haline gelmektedir (Alexander vd., 1977). Sokak, form açısından bakıldığında hem bir açık mekân hem de doğrusal yapısı ile bir yoldur. Koridor olması ile birlikte çift yönlü olarak karşılaşma mekânları haline gelen sokaklar yayalar için yüz yüze etkileşim kurulabilen mekânlar haline gelmekte, kamusal yaşantıya katkı sağlamaktadır (Erdönmez & Akı, 2005).

2.1.1 Yürüme ve yayalaşma

Gündelik hareket dendiğinde akla ilk olarak yürüme gelmektedir. Bireyin doğumundan beri ilk öğrendiği şey yürümektir ve hatta bu iki ayak üzerindeki “ilk başarı” aile tarafından kutlanmaktadır. Sosyal hayattaki yakınlaşmalar, karşılaşmalar ve hatta uzaklaşmalar yürümeye dayalı hareket ile sağlanmaktadır. Bir sosyal hayvan olan insan evrimsel süreçte iki ayak üzerinde durmaya başladığından beri anatomik düzeyde yeni toplumsal etkileşimlere daha açık hale gelmiştir (Güleç, 1982). Bu da gündelik ritmin olmazsa olmaz hareketinin yürüme olduğunu pekiştirir bir göstergedir.

Topluluklar geliştikçe bir araya gelmiş, büyümüş ve birlikte yaşam ihtiyacına dayalı kent denilen rutin yaşam alanları inşa edilmiştir. Birlikte yaşam küresel bir kent kültürünü ortaya çıkarmıştır. Yaya kültürü olmadan sosyal birlikteliğe ve hatta arkadaşlığa dönüşebilecek tesadüfî karşılaşmalar için bir olanak bulunmamakta, bu karşılaşmalar olmadan kent hayatı kavramı somutlaşmamaktadır. Dolayısı ile insanın nasıl hareket ettiği, nasıl yaşadığından daha önemlidir (Speck, 2013).

Yayalaştırma, sokakların tam zamanlı olarak ya da belirli saatlerde araç trafiğine engellenmesi işlemidir. Yayalaştırma süreçlerinin geniş ölçüde sosyal, çevresel ve ekonomik faydasının yanında fiziksel aktiviteyi teşvik ederek kamu sağlığına katkı sağladığı bilinmektedir (Hussein, 2018). On dokuzuncu yüzyılın ilk yarısında yaya yolları, Avrupa sokaklarının kirli ve tehlikeli olduğu zamanlarda yürüme için temiz ve kuru bir zeminin yanı sıra araç trafiğine karşı koruma sağlamıştır. Bu gelişmeler, 1950'lerdeki ekonomik canlanmanın Avrupa şehirleri genelinde yüksek araç sahipliği oranlarına yol açması ile motorlu taşıtların kentsel alana hâkim olması ve yayaların

kaldırımlara ve iç mekânlara itilmesi sonucunda azalma göstermiştir. 1900'li yıllardaki tasarlanmış yaya alanları, ulaşımın motorizasyonuna, tüketim kültürünün büyümesine ve çevresel baskılara tepki olarak öne çıkmış, 1940'larda birçok Avrupa kenti, araç kontrolü, kirliliğin azaltılması, kentsel koruma, çevrenin iyileştirilmesi ve şehir merkezindeki alışveriş ve ticari faaliyetlerin iyileştirilmesi gibi farklı nedenlerle merkezlerini yayalaştırmaya başlamıştır. Kent merkezini çevreleyen bölgeler üzerindeki ekonomik fırsatlar, bu yaya bölgelerinin önemli ölçüde genişlemesine yol açmıştır (Yassin, 2019; Zacharias, 2001).

Endüstriyel gelişimlerin yarattığı fırsatlar ile birlikte sokaklarda insanların yerini otomobillerin almasına karşın 2000'li yıllar ile birlikte yaya kültürüne dönüş çabaları yeniden popüler olmaya başlamıştır. Bu konuda gelişmiş toplumlar öncü olmalarına rağmen dünyanın çeşitli yerlerinde de çeşitli gelişmeler ortaya çıkmaya başlamıştır. Örneğin, 24 Şubat 2000 tarihinde Bogota'da Portekizce *Dia Sin Carro* olarak adlandırılan, o gün için tüm özel arabaların şehrin sokaklarında yasaklandığı bir arabasız gün deneyi yapılmış, bu deney başarıya ulaştıktan sonra Bogota halkı bunu yıllık bir gelenek haline getirmek adına oy kullanarak sürekli hale getirmiştir (Montgomery, 2015).

2.1.2 Yaya hareketini etkileyen faktörler

Yaya hareketini yönlendiren girdiler insan, fiziksel yapı, doğal yapı ve zaman etmenleri olarak dört ana başlıkta ele alınabilir (Çizelge 2.1). İnsanları yayalar, çevrede yürüyen ve duran insanlar oluşturur. Fiziksel yapı faktöründe ise zemin kat kullanımı, hareket kaynakları, yürüme yolunun kalitesi, genişliği ve erişilebilirliği, taşıt trafiğine yakınlık, yaya geçidinin tasarımı, aydınlatma ve işaretler önem arz ederken doğal çevreyi eğim ve hava durumu oluşturur. Zaman ise gün ve saat olarak ele alınabilir (Özer, 2006).

Çizelge 2.1 : Yaya hareketini etkileyen faktörler (Özer, 2006).

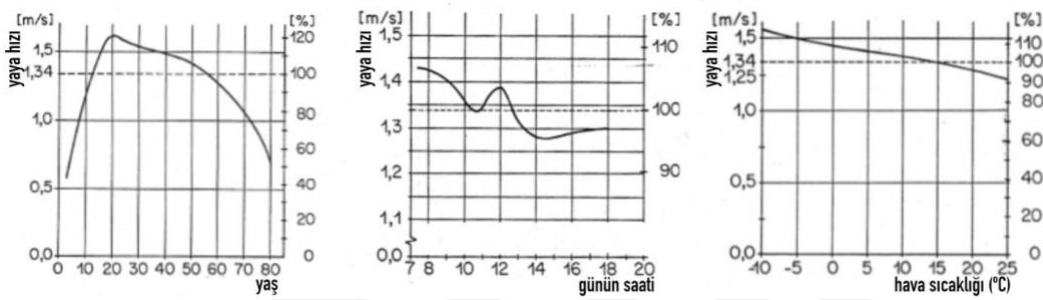
İnsan Faktörü	Fiziksel Yapı Faktörü	Doğal Yapı Faktörü	Zaman Faktörü
Yaya	Zemin kat kullanımı	Aydınlık	Saat
Çevrede yürüyen insanların varlığı	Hareket kaynakları	Eğim	Gün
Çevrede duran insanların varlığı	Yaya yolunun kalitesi	Hava durumu	
	Yaya yolunun genişliği		
	Yaya yolunun erişilebilirliği		
	Taşıt trafiğine yakınlık		
	Yaya geçidinin tasarımı		
	İşaretler		

Birinci faktör olarak insan, sosyal etkileşim çevresi kavramı ile birlikte düşünülebilir. Bu durumda yayanın kendisi içsel bir etmen iken çevresindeki hareket halindeki veya durağan durumdaki diğer yayalar ise dışsal etkileri oluşturur. Whyte'in (1988) *sokak insanları* olarak tanımladığı bu kişiler yayalar, satıcılar, güvenlik güçleri, müzisyenler, temizlikçiler ve kuryeler gibi gündelik yaşamda karşılaşılan kimselerdir. Kamusal mekânlarda kalabalıktaki kişi sayısı arttıkça gerekli veya tercihi etkileşimler de zorunlu bir hal almaktadır. Kalabalık hareketi söz konusu olduğunda dinamik nitelikler öne çıkmakta, mekânsal davranış da yaya hareketi üzerinde etkili olmaya başlamaktadır. Örneğin rekreasyonel bağlamda kalabalık çekici bir etki gösterebilir ve birey, yoğun insan grubunun olduğu konuma doğru yönelebilir (Zacharias, 2001).

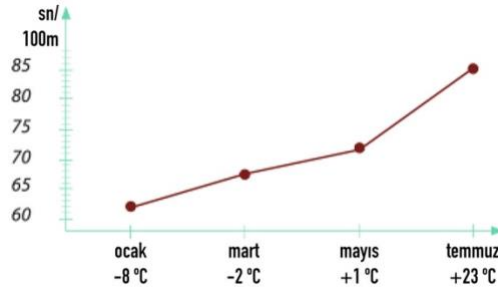
İkincil etmen olan fiziksel yapı faktörü yapılaşmış çevreyi de içermektedir. Bireyin bina ile birincil etkileşimi olan zemin kat kullanımı kamusal alan için yüksek derece öneme sahiptir. Örneğin, yayalaştırılmış kent merkezlerinin çoğu aynı zamanda ticari fonksiyonlara sahiptir. Giriş kat kullanımlarından sonra ikincil olarak yapı ve cephesi algılanmaktadır. Bir sokak; geçirgenliği, çeşitliliği ya da kısıtlı işleve sahip tek tip monoton cephelere sahip ise yayalar hızlıca geçiş yapma eğilimine sahiptir. Fakat bir yaya caddesinde cephe çeşitliliği, geçitler, açıklıklar ve yapı adalarında yüksek yoğunluk ve işlevler mevcut ise insanlar mekânsal çevre ile etkileşim kurmakta ve daha yavaş yürüme davranışı göstermektedir. Doğal bir olay olmasına karşın ses, kentlerde müzik ve gürültü olarak karşımıza çıkmaktadır. Araç yoğunluğunun bulunduğu bölgelerde trafik gürültüsü arttıkça yayalar algısal temelde daha az ayrıntı hatırlamakta, daha hızlı yürümekte ve hareketleri nispeten bireysel bir davranış göstermektedir. Yapısal çevrenin ötesinde sosyal çevrede gürültü oluştuğunda ise bireylerin birbiri ile iletişim kurması daha az olasıdır. Dolayısı ile gürültü, fiziksel ve sosyal etkileşimi minimuma indiren bir etkiye sahiptir (Montgomery, 2015; Singh, 2016; Whyte, 1988; Zacharias, 2001).

Yaya hareketini etkileyen üçüncü faktör ise doğal çevredir. Kentsel mekânda doğal çevreye dair etkileşimler kısıtlı olmasına karşın iklim koşulları birincil dereceden etkiye sahiptir (Şekil 2.2). Hava sıcaklığı ve yürüme hızı arasında doğrudan bir ilişki kurulabilir. Kuzey Avrupa ülkelerinde hava sıcaklığı arttığında kentsel mekân kullanıcılarının alanda daha fazla vakit geçirdiği, dolayısı ile daha yavaş yürüdüğü ortaya konmuştur (Şekil 2.3) (Gehl & Svarre, 2013). Sıcak havalarda yaya 5 km/sa'nin biraz altında bir yürüme hızına sahipken bu değer soğuk havalarda 5,5 km/sa'nin

üstüne kadar çıkabilir, ancak eğer tasarım doğru yapıldığında insanların her iklim koşulunda yürümesi beklenmektedir (Speck, 2013). Kalabalık davranışına bakıldığında, iklim koşullarına bağlı olarak fiziksel konforun, toplu yürüyüş ortamlarında toplu davranış üzerinde kesin ve ölçülebilir bir etkisi olduğu görülmektedir. 2°C ile 20°C arasında yaya sayısı iki katına çıkarken, ayakta duran insan sayısı ise üç katına çıkmaktadır (Gehl, 1987). Kamusal alan kullanımı ise sıcaklığa bağlı olarak parabolik grafik olarak gözlenebilmektedir; yani soğukta kamusal alan kullanımı azalırken ılıman sıcaklıkta yükselmekte, fakat gölge olmaksızın sıcaklıklar uç dereceye çıktığı durumda ise yine kullanım azalmaktadır.



Şekil 2.2 : Yaya hızlarının yaş, günün saati ve hava sıcaklığına bağlı değişimi (Weidmann, 1992).

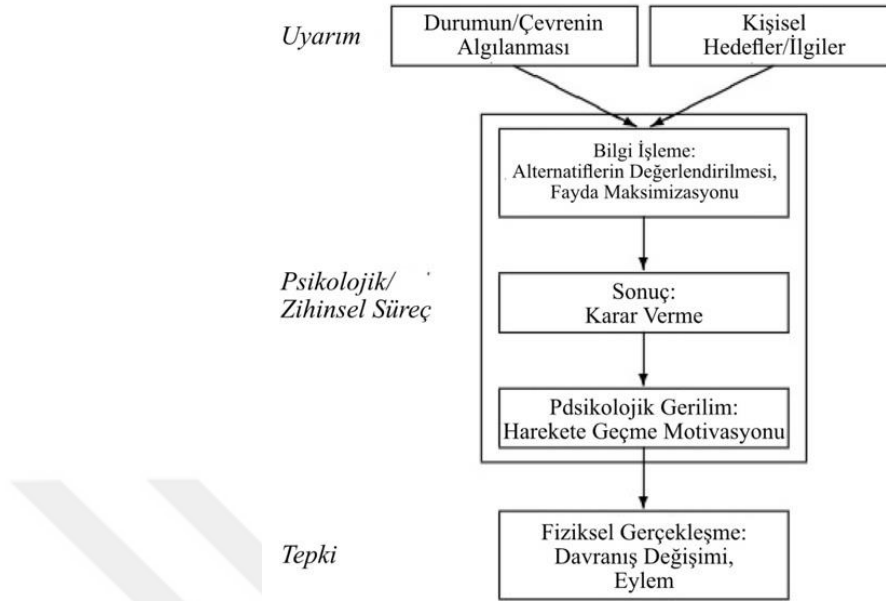


Şekil 2.3 : Mevsimlere göre yayaların 100m'yi kat ederken geçirdikleri süre (Gehl ve Svarre, 2013).

2.1.3 Kuramsal çerçevede yaya algısı ve davranışı

Yaya hareketi, algılama süreci ile başlayan bir işlemin sonucudur. Önce çevre algılanır, karar verilir ve eylem olarak sonuçlanır. Mekanik olarak insan girdiyi işleyip yürüme eylemine dönüştüren bir makine olarak düşünülebilir. Bu üç temel aşama uyarım, mental işlem ve tepki olarak adlandırılır (Şekil 2.4). Uyarımı algılanan durum ve çevre ile birlikte kişisel tercih ve hedefler belirler. Zihinsel ve psikolojik işlem sürecinde ise bilgi işlenir, fayda maksimizasyonu çerçevesinde karar verilerek

harekete geçmek için motivasyon oluşturulur. Ardından davranışsal değişim ve hareket ile gerçekleşme süreci tamamlanır (Helbing ve Molnar, 1995).



Şekil 2.4 : Yaya algı, uyarım ve davranış süreci (Helbing ve Molnar, 1995)

Gehl ve Svarre (2013), yaya hareketini biçim ve gereksinim olarak iki eksende ele almıştır. Hareket biçimlerini yürüme, durma ve oturma eylemleri oluşturur (Şekil 2.5). Bu eylemler gündelik hayatta isteğe bağlı ya da gerekli olarak gerçekleşebilir. Örneğin gezinme, etrafı inceleme ya da günbatımını izleme zorunlu olmayan opsiyonel eylemlerdir. İşe gitmek, otobüs beklemek ya da dinlenmek için oturmak ise hayatın sürdürülmesi için zorunlu olan eylemlerdir.



Şekil 2.5 : Opsiyonel ve gerekli olma durumuna göre yaya hareketi türleri (Gehl ve Svarre, 2013).

2.2 Kamusal Alanda Yaya

Kamusal alanda yaya, etrafındaki diğer hareket eden insanlar ile birlikte tanımlanmaktadır. Çevredeki yayalar ile etkileşim söz konusu olduğunda birey için kişisel alan kavramı söz konusu olmaktadır. Kişisel alan, başka insanlarla birlikte yaklaşma düzeyi olarak tanımlanabilir ve yayaların diğer insanlarla olan yakınlığa bağlı davranışı çekicilik, cinsiyet, yaş ve kültür gibi çeşitli değişkenliklerden etkilenir (Kim vd., 2014). Hareketi etkilemesinin yanında, farklı seviyelerdeki kişisel alan ihlali bireyin iki ayak üzerindeki duruşunu da belirlemektedir (Bilgin ve Gürses, 2013).

Kişisel alanın ilk kademesi bireyin fiziksel ölçülerinin el verdiği minimum mesafe olan 0 – 0,45 m aralığındaki samimiyet mesafesidir (Şekil 2.6). Fiziksel temas, dokunma, koku alma ya da yan yana durma gibi durumlar bu mesafede gerçekleşir. İkinci kademe ise kişisel mesafedir. Yakın arkadaşla konuşma ya da karşılıklı yakın etkileşim 0,45 – 1,20 m aralığında bulunur. 1,20 – 3,60 m sınırlarında üçüncü kademe sosyal etkileşim mesafesi bulunur. İş ilişkileri, gündelik iletişim gibi aksiyonlar bu aralıkta gerçekleşirken konuşma ses seviyesi daha yüksektir. Dördüncü ve en geniş çember ise kamusal etkileşim mesafesi olarak adlandırılır ve kamusal alandaki yabancılar ile etkileşimi minimumda tutarak 3 – 8 m aralığında formal bir mesafe gözlenir (Hall, 1966).



Şekil 2.6 : Kişisel alan mesafeleri (Hall, 1966).

Gorrini (2014)'ye göre kişisel alan üç kademede oluşur. En temel anlamda bu alan bireyin merkezinde bulunduğu değişken yarıçaplı bir çemberdir. Sosyal ve görsel etkileşim ile algı devreye girdiğinde yine bir parçası olunan bu çember yayanın önünde

yer alır. Yayanın hareket halinde olduğu durumda ise yönüne göre bir sonraki adıma bağlı olarak eliptik bir biçim olarak belirlenir.

Kalabalık, aynı mekânda bulunan ve ortak hedefe sahip bireylerin bir arada bulunması durumu olmakla birlikte kalabalıktaki yayaların hareketi grup veya yalnız olma durumlarına göre değişkenlik gösterebilmektedir (Musse & Thalmann, 1997). Kalabalıklar, durağan veya hareket halinde olabilir. Kalabalık dinamikleri normal ve acil durumlar olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Grup kavramı ise birkaç kişinin bir arada ortak hareket etmesidir.

Bir arada duran yayaların sayısı arttıkça yürüme grupları ikişerli ve üçerli alt gruplara bölünmeye başlar. Yürüme hızı, çevresel ve iç etkileşim özelliklerine göre yürüme formasyonu üç farklı şekilde gerçekleşir (Şekil 2.7). Düşük yoğunluklu çevrede grup yan yana dizilerek rahat hareket edebilir ve nispeten hızlı yürüme gerçekleşir. Orta yoğunluklu ortamda yürüme hızı nispeten yavaşlar, bir kişi harekete öncül olarak grup yürüyüşünü yönlendirir ve V şeklinde form oluşturur. Aksiyon gerektirmesine rağmen yine de senkron iletişim sürdürülebilmektedir. Yüksek yoğunluklu veya kısıtlı fiziksel imkâna sahip çevrede ise yürüme hızı düşer ve grup üyeleri diğer yayalar ile etkileşimi minimuma indirebilmek için sıra haline dizilir ve birbirini takip eder. Bu durumda birbirleri ile olan sosyal etkileşim minimuma inmiştir (Gorrini, 2014).

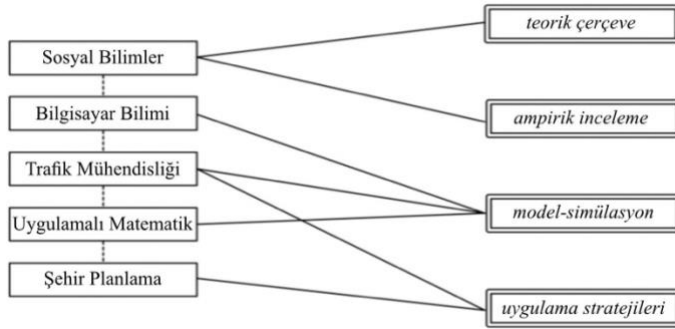


Şekil 2.7 : Grup yürüme formasyonları (Mizar Luca Federici vd., 2012).

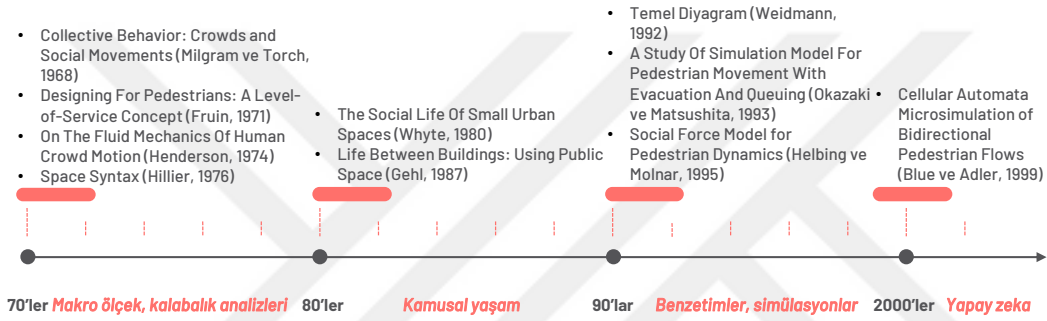
2.3 Yaya Hareketi Çalışmaları

Yaya davranışı birçok bilim dalını içine alan multidisipliner bir alandır. Kent bilimleri, trafik mühendisliği, psikoloji, sosyoloji, biyoloji, uygulamalı matematik ve bilgisayar bilimlerinin de bulunduğu alanlarda yaya hareketi örüntülerine dair ampirik çalışmalar yapılmaktadır (Şekil 2.8). Veri toplama, analiz etme ve simülasyon gibi üç ana

yöntemi içeren farklı ölçeklerdeki bu araştırmaların bütünü yaklaşık 50 yıllık bir süreci kapsamaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.8 : Bilimlere göre yaya davranışını ele alma türleri (Gorrini, 2014).

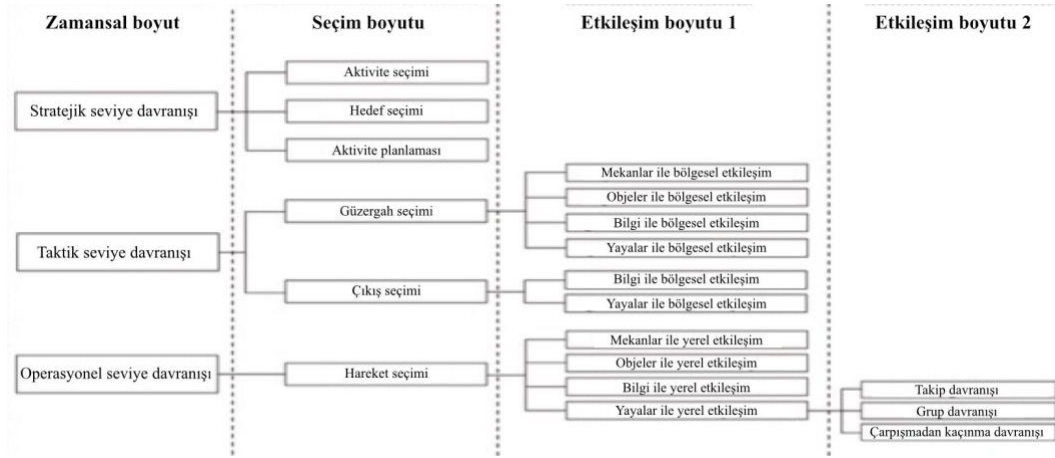


Şekil 2.9 : Kronolojik skalada temel yaya çalışmaları.

Çalışma kapsamında yaya hareketi, etrafındaki diğer bireyler ve fiziksel çevre ile olan etkileşimlerin toplamı üzerinden tanımlanır. Bu bağlamda kalabalık davranışını anlama motivasyonu, bir kalabalıktaki bireysel etkileşimden ortaya çıkan çeşitli karmaşık kolektif davranışların temel yasalarını ortaya çıkarma arzusuyla temellenmektedir (Abd Rahman, 2019). Yaya ekonomisi çerçevesinden bakıldığında yayalar maliyet azaltıcılarıdır; çabalarının beklenen faydasını maksimize etmek için aktivitelerini planlarlar, aktivite alanlarını ve bu aktivite alanlarını birbirine bağlayan yolları aynı anda seçerler (Hoogendoorn ve Bovy, 2002). Ancak unutulmamalıdır ki, yaya hareketinde hareketli olanlar kadar hareket etmeyen bireylerin de etkisi mevcuttur (Johansson vd., 2015).

Yaya hareketi çalışmaları hiyerarşik olarak üç ana kademede yürütülmektedir; zamansal boyut, seçim boyutu ve etkileşim boyutu (Şekil 2.10). Zamansal boyut içerisinde ise kendi içerisinde üç ana başlık ile gruplandırılabilir. Bunlardan ilki olan stratejik seviye *ne* sorusu üzerinden hareket zamanı ve aktivite seçimi ile gerçekleşir. Taktik seviyede ise aktivite zamanı, alanı ve güzergâhına dair seçimler *nasıl* sorusu

üzerinden belirlenir. Operasyonel seviyede artık eyleme geçilir ve süreç yürüme davranışı ile sonuca erer (Feng vd., 2021).



Şekil 2.10 : Yaya hareketi araştırma hiyerarşisi sınıflandırması (Feng vd., 2021).

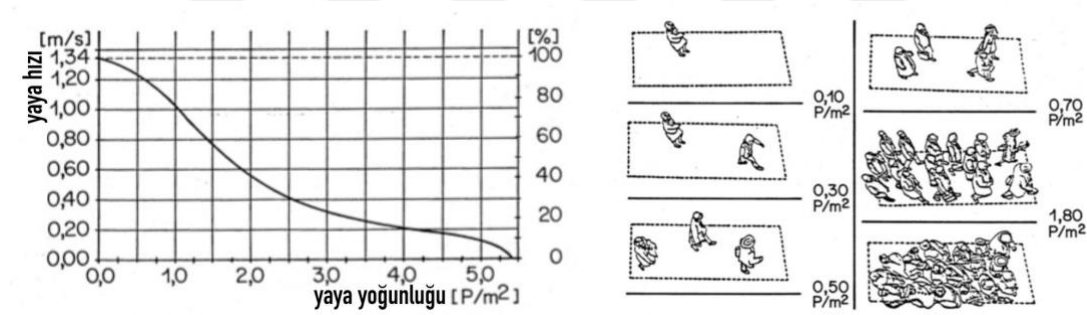
Yaya hareketine dair ilk ölçümsel kuramsal çerçeve, araçlara yönelik HCM (George, 1965) rehberi yayalara uyarlanarak Fruin tarafından ortaya konmuştur. *Hizmet seviyesi* (LOS) konsepti geliştirilerek A - F arası 6 adet yoğunluk sınıflandırılması oluşturulmuştur (Fruin, 1971):

- Kişi başı $3,25 \text{ m}^2$ veya daha fazla alan. Yayaların istediği hızda yürüyebilmesi, daha yavaş yayaların önüne geçebilmeleri ve diğerleri ile karşılaşmamaları için yeterli alan mevcuttur.
- Kişi başı $2,5 - 3,25 \text{ m}^2$ alan. Yayaların belirli bir hız aralığında yürüyebilmesi ve tek yönlü akışlarda diğer yayaların önüne geçebilmeleri için yeterli alan vardır. Ters yönlü akışlarda ise bazı karşılaşmalar gerçekleşecek, hız ve akış dengesini bir miktar değiştirebilecektir.
- Kişi başı $1,5 - 2,5 \text{ m}^2$ alan. Yayaların yürüme hızı ve diğer yayaları geçme olanakları kısıtlıdır. Ters yönden gelen yayalar ile teması önlemek adına sık sık hız ve yön değişikliği yapmak gereklidir.
- Kişi başı $1 - 1,5 \text{ m}^2$ alan. Diğer yayaları geçme ve istenmeyen karşılaşmalar nedeniyle çoğu yayanın yürüme hızı kısıtlanır ve azalır. İki yönlü hareketlerdeki karşılaşmalar akışı ciddi ölçüde sekteye uğratır.
- Kişi başı $0,5 - 1 \text{ m}^2$ alan. Hemen hemen tüm yayaların hızları düşmek durumundadır. İlerleme hareketi doğrusal olmayan çaba ile olabilmektedir.

Diğer yayaların önüne geçebilmek için yeterli alan bulunmaz. İki yönlü karşılaşmalar büyük güçlükler yaratacaktır.

- F. Kişi başı 0.5 m^2 veya daha az alan. Diğer yayalar ile fiziksel temas yaşanır ve iki yönlü hareketler neredeyse imkânsız olur ve düzensizleşir. Bu hizmet seviyesi bir kontrol kaybı ve problem anlamına gelir.

Weidmann (1992), yaya hızları ve yoğunluk ilişkisi kurarak hizmet seviyesi konseptini güçlendirmiş ve temel diyagram (*the fundamental diagram*) olarak adlandırılan bir grafik tanımlamıştır (Şekil 2.11). $0,70 \text{ kişi/m}^2$ yoğunluğa kadar temel hız korunurken $1,80 \text{ kişi/m}^2$ yoğunlukta yaya hareketi iyice yavaşlamaya başlar ve fiziksel olarak en yoğun $5,40 \text{ kişi/m}^2$ durumda hareket durağan hale gelir. Dolayısı ile kişi başına düşen alan metrekaresi, bir mekânın canlılığı hakkında kabaca bir tahmin vermektedir (Çizelge 2.2) (Alexander vd., 1977).



Şekil 2.11 : Temel diyagram ve LOS konsepti (Weidmann, 1992).

Çizelge 2.2 : Yoğunluk ve canlılık ilişkisi (Alexander vd., 1977).

Mekân	Kişi Başı Alan (m^2)	Canlılık
Golden Gate Plaza, Öğle	93	Ölü
Fresno AVM	9	Canlı
Sproul Plaza, Gündüz	14	Canlı
Sproul Plaza, Akşam	186	Ölü
Union Meydanı, Merkez	56	Yarı Ölü

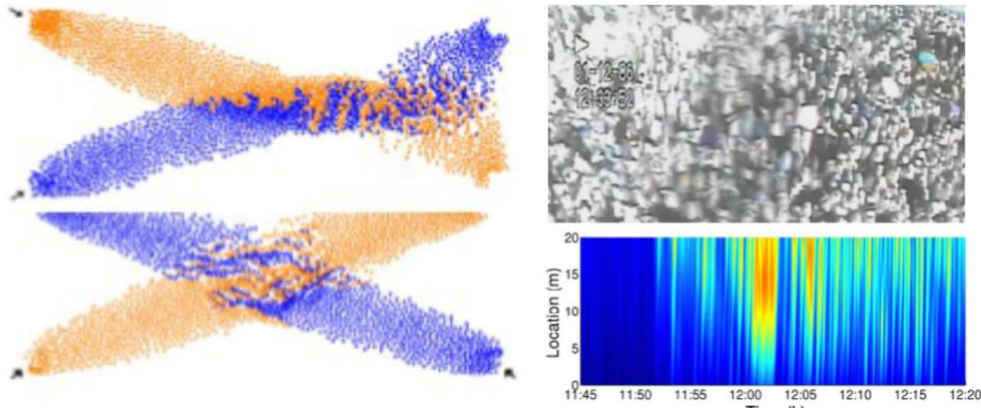
Literatürün erken örneklerinde ortalama yaya hızı konusunda ise çeşitli ölçümler yapılmıştır. Örneğin kentsel açık alanda $1,19 \text{ m/s}$ (Fruin, 1971) ve yaya geçitlerinde $1,44 \text{ m/s}$ (Henderson, 1971) olarak belirtilmiştir. Bireyin genel ortalama yürüme hızı $1,34 \text{ m/s}$ olarak belirlenmekle birlikte bu durum çeşitli koşul ve durumlara göre farklılaşabilmektedir. Örneğin yaya geçidinde yürüme hızı ortalama $1,28 \text{ m/s}$ seviyesine düşebilirken erkeklerde $1,41 \text{ m/s}$ ve kadınlarda $1,27 \text{ m/s}$ olarak farklılaşabilmektedir (Weidmann, 1992).

İnsanların arabalardan daha esnek ve *akıllı* olmaları nedeniyle yaya hareketi araç akışından daha karmaşıktır. Şerit sınırı olmaksızın yaya hareketi gevşek ve serbesttir. Ayrıca diğer yürüyenlerden ve çevreden kolayca etkilenirler (Jian vd., 2005). Taşıtların aksine insanlar diğer yaya ve fiziksel çevre ile etkileşim halinde olduklarından dolayı hareket biçimini, yönelimini ve hızlarını sürekli olarak değiştirirler. Yayaların bireysel tercih, hedef ve hareketleri olmasına rağmen kalabalıkların hareketi ise tahmin edilebilirdir. Yayalar sadece düşük yoğunluklu alanlarda serbestçe hareket edebilirler. Kalabalık alanlarda ise hareketleri diğer yayalar ile birlikte tanımlanır (Helbing vd., 2001).

Birbiri ve çevre ile birlikte etkileşim kurarak hareket eden yayalar sayı arttıkça belirli genel hareket örüntüleri oluşturmaya başlar. Fakat bu belirgin yaya durumları sadece belirli bir hedefe giden yayalar için geçerli olup standart amaçlar dışında salınarak yürüyen gezgin, turist vb. bireyler dâhil edilmemektedir. Birinci genelleme, kalabalık olsa bile, yayaların dolambaçlı yoldan gitmeye karşı direnç göstermeleri üzerinedir. Yayalar varış noktasına giden en hızlı ve doğrusal rotayı seçerler. Alternatif seçenekler aynı uzunluklara sahip ise mümkün olduğunca düz gidip geç yön değiştirmeye çalışırlar. İkincisi, yayalar konforlu ve sabit bir hızda yürümeyi tercih eder. Zorunlu durumlar haricinde (kalabalık, başka bir yayayı geçme) bunu değiştirmezler. Üçüncü olarak yayalar, diğer yaya veya sınırlar ile belirli bir mesafeyi korumak ister. Hızlı hareket veya yoğun alanda bu mesafeler daralma eğilimi gösterir. Aksi bir durum yoksa sabit bekleme halindeki yayalar eşit dağılır. Fakat çekici noktalarda yoğunluk artabilir (müzisyen izleme vb.). Son olarak yayalar detaylıca düşünmek yerine nispeten otomatik hareket ederler. Bu da bazen aksamalara neden olabilir (Metrodan inenlere öncelik vermeden binmek gibi) (Helbing vd., 2001; Helbing ve Molnar, 1998). Bireyler bu genel durumları gerçekleştirirken mikro hareketlerde bulunurlar. Bu hareketler tek yönlü (öne geçme / sollama, yön değiştirme / dönüş yapma), çift yönlü (karşılaşma, kavşaklarda kesişme, birleşme / ayrılma) ve darboğazlarda giriş çıkış, karşılaşma olmak üzere üç ana harekette gerçekleşir (Shi vd., 2015).

Yoğun nüfuslu kalabalık hareketlerde bazı özel durumlar yaşanabilir (Şekil 2.12). Acil durumlarda paniğin yol açtığı hızlı hareket biçimi yavaş tahliye yapılmasına sebep olur ve bu *hızlı yavaştır etkisi* olarak adlandırılır. İkinci durum, *ısıtarak dondurma (freezing by heating)* etkisidir. Gaz benzetimi yapıldığında sistem enerjisi artarsa maddenin hal değiştirerek daha akışkan olması beklenir. Fakat yayalarda bu durum tam tersi olarak

katılaşmaya yol açar. Herhangi bir bilinç olmadan toplu hareketin kendiliğinden organize olması üçüncü durumdur ve daha genel bir kavram olarak *kendi kendine örgütlenme (self organization)* şeklinde tanımlanabilir. Dördüncü özel durum benzer yönlerden gelip karışan kalabalığın *dilim formu (strip formation)* oluşturmastır. Son olarak ise konser ve benzer durumlarda sırayla gerçekleşen hareket dalgalı şekilde ritmik olarak, *dur kalk etkisi* altında gerçekleşir (Helbing ve Johansson, 2013).



Şekil 2.12 : Dilim formasyonu ve dur-kalk etkisi (Helbing ve Johansson, 2013).

Yaya davranışı aynı zamanda sosyoloji biliminin bir konusudur. Örneğin kültüre bağlı farklılık ve birey davranışı kapsamında ele alınan bir çalışmada yaralanma ve ölümlerinin yüksek oranı, Türkiye'de yol güvenliğinde önemli bir sorun olarak belirtilmiştir. Türkiye'de yıllık yaklaşık 10.000 trafik kazasının çoğunluğunu sürücüler ve yolcular oluştursa da yıllık trafik ölümlerinin %19'unu yayalar oluşturmaktadır. Kentlerdeki Türk yol kullanıcıları örneğinde ele alınan risk alan yaya davranışı için kültürel değişkenlerin ve yaya güvenliğine yönelik tutumların rolünü araştırmak önem arz etmektedir (Nordfjærn ve Şimşekoğlu, 2013).

2.3.1 Literatürde yaya hareketi çalışmaları

Tarihi olarak üzerinde çalışılması yarım yüzyıldan fazla olmayan yaya hareketi araştırmaları temel olarak üç ana ölçek altında gruplandırılabilir. Unutulmamalıdır ki bu gruplandırmalar net bir sınır çizmemekte, çalışmaların eksenini farklı ölçeklere uzanabilmektedir. Birincil gruptaki makro ölçekli çalışmalar genelleme hedefi gütmektedir. En başta yaya davranış ve hareketinin en temel ilgi alanı olarak yürünebilirlik kavramı ve buna bağlı olan endeks belirleme çalışmaları verilebilir. Öte yandan mekân dizim (*space syntax*) son dönemde önem kazanmış, mekânın mevcut durumunun ve tasarımının sayısal olarak test edildiği bir yöntemdir. Bu ölçekte

güzergâh seçimi gibi ağ temelli diğer yaklaşımlar yer almaktadır. İkincil olarak ara ölçek olan mezo ölçekte akışkanlar ve tahliye dinamikleri ve hücrel özdevinim (*cellular automata*) yer almaktadır. Bu ölçek birçok yayanın birlikte hareket ederkenki toplu etkileşimine dayalı çeşitli fiziksel veya matematiksel kurallar üzerinden genel çıkarımlara yönelik sonuçlar vermektedir. Son olarak mikro ölçekten söz edilebilir. Bu kısımda yayalar bireysel kurallar ile ele alınır ve bu özelliklerin toplu harekette ne gibi sonuçlar vereceği irdelenir. En bilinen modeller ise sosyal kuvvet (*social force*) ve etmen tabanlı modellerdir (*agent-based models*).

2.3.1.1 Makro ölçekli çalışmalar

Bölge, şehir ve hatta mahalle düzeylerinde ele alınan yaya çalışmaları makro ölçek olarak adlandırılmıştır. Bireylerin yer değiştirmesi, şehir içerisinde yapılan hareketlilik ve mahalle düzeyinde ise lineer işleyen ağ örüntüleri üzerinden topolojik kapsamda irdelenen hareket, mekânsal olduğu kadar zamansal olarak da geniş aralıkları kapsamaktadır. Yıllara varan kapsamdan günlük ölçümlere kadar olan kısmı ele almaktadır. Çalışma kapsamında yürünebilirlik, mekân dizim ve ağ temelli yaklaşımlar olmak üzere üç başlıkta ele alınmıştır. Normatif ve analitik başta olmak üzere farklılaşan çalışmalar mevcuttur.

Yürünebilirlik ve endeks belirleme

Yürünebilirlik, en basit anlamda çevrenin yürümeye elverişliliği ile birlikte buna ne kadar teşvik ettiği ile ilgili çatı bir kavramdır. Uzun yıllardır ele alınmasına karşın özellikle 90'lı yıllardan günümüze odak haline gelmiştir.

Yürünebilirlik, yapılı çevrenin ne ölçüde yürüme dostu olduğunu belirtmek için kullanılan bir terimdir. Yürümenin önemi çeşitli profesyoneller tarafından tanımlanmıştır ve yürümenin bir toplumun sosyal, sağlık ve ekonomik refahı üzerinde etkileri vardır. Abley ve diğerleri (2011), yürünebilirliğin fiziksel parametrelerini araç yolundan ayrı olma, hizmet yolları, yaya yollarının genişliği, tehlike ve kazalar, kentsel tasarımın kalitesi, araç trafiği, yaya akışı, çevresel ve kişisel güvenlik seviyesi, temizlik, hava durumu ve araç parkları olarak tanımlamıştır.

Lo (2009) ise yürünebilirliğin ana başlıklarını daha üst ölçekten; yaya akışı kapasitesi, multimodal bağlantılar, yer ve estetik duygusu, sivil katılım ve halk sağlığı ve aktif yaşam olarak ele almıştır. Yürüyüş multidisipliner bir aktivitedir ve bu nedenle

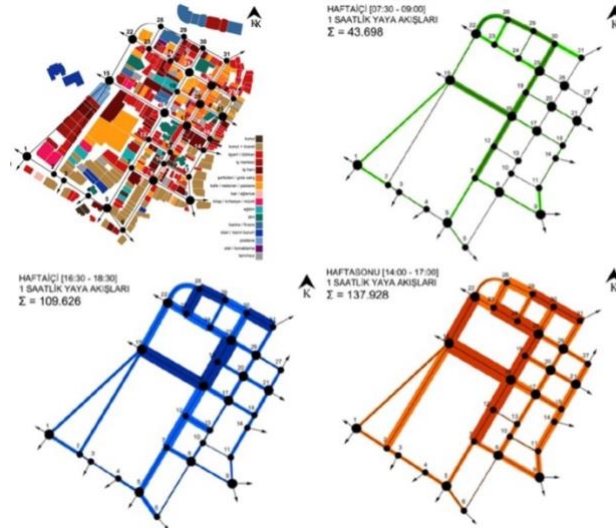
yerlerin yürünebilirliğini ölçmek için multidisipliner ölçümler gerekmektedir. Yürünebilirliğin belirlenmesinde kullanılacak faktörler aşağıdakilere sahip olmalıdır:

1. Sürekli ve bakımlı kaldırımların varlığı.
2. Evrensel erişim özellikleri.
3. Yol doğrusallığı ve sokak ağı bağlantısı.
4. Yaya geçidi uygulamalarının güvenliği.
5. Yoğun ve yüksek hızlı araç trafiğinin olmaması.
6. Yayaların trafikten ayrıklaştırılması.
7. Arazi kullanım yoğunluğu.
8. Bina ve arazi kullanımı çeşitliliği veya karma kullanım.
9. Ağaçlar, peyzaj ve çevre düzenlemesi.
10. Görsel ilgi ve yer duygusu.
11. Algılanan ya da fiili güvenlik.

Mekân dizim (Space syntax)

Mekân dizim terimi, yapısal çevrenin sosyo-mekânsal analizi için teori ve teknik yöntemleri kapsamaktadır. Hillier'in (1976) öncülüğünde toplum ve mekân arasındaki karşılıklı ilişkiye dair ilişkisel bağlam kurabilmek için geliştirilmiştir. Mekân dizim vasıtası ile bireylerin mekânsal davranışıyla ilişkili ölçütler saptanmış ve böylece kentsel mekânın kullanıcılarının hareketlerini tahmin etmek için kullanılmaya başlanmıştır. Mekânın analizi için diğer tekniklerin yanında, somut faktörleri (hareket ve arazi kullanımı) soyut faktörlerle (bilgi ve davranış) bir arada ele almaktadır. Yöntem, mekânın bileşenlere ayrılarak seçim ağlarının analiz edilmesi ve bu alanların bağlantısallık ve entegrasyonunu tanımlayan harita ve grafikler üzerinden çalışmaktadır.

Kubat (1997), çalışmasında Antalya, Ankara, Bursa, Erzurum, Diyarbakır, İzmit, Niğde, Trabzon ve Urfa olmak üzere dokuz Anadolu kentinin tarihi merkezlerinin morfolojik özelliklerini mekân dizim kapsamında karşılaştırmalı olarak ele almıştır (Şekil 2.13). Belirlenen tarihi kent merkezlerinin Roma, Bizans, Arap, Osmanlı ve modern Türk dönemlerini taşıyan farklı kentsel dokulara sahip olduğu mekân dizim yöntemi ile ortaya konmuştur.



Şekil 2.14 : Kadıköy çarşı bölgesinde yaya güzergâhları (Kürkçüoğlu, 2015)

2.3.1.2 Mezo ölçekli çalışmalar

Orta ölçekli çalışmalar, belirlenen sınırlı alandaki yaya hareketlerine bütüncül bir yaklaşım sergilemektedir. Genellikle mimari ölçek ile birlikte sokaklar ve kamusal açık alanlar ile ilişkili olarak ele alınmaktadır. Mezo ölçekli çalışmalarda belirli acil durum veya tahliye gibi anlardaki yayaların kolektif hareketleri incelenerek simüle edilmektedir. Bu bağlamda fizik ve biyoloji gibi farklı bilim dallarından elde edilen analogiler toplu harekete uyarlanmaktadır.

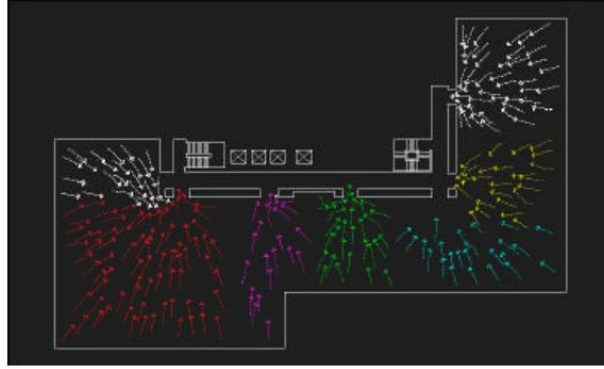
Akışkanlar dinamiği ve fizik temelli yaklaşımlar

Fizik temelli yaklaşımlar, yayaların yüksek akış gerçekleştirilen ortamlardaki partiküllerin bütünü olduğu benzetimi üzerinden kurulmuştur. Yoğun ve yüksek kalabalıkların bulunduğu durumlarda yaya hareketleri akışkanlar mekaniği özellikleri gösterir (Helbing ve Molnar, 1998).

Yaya hareketini anlamdirmaya dair ilk model çalışması akışkanlar dinamiği yaklaşımı ile 1970'li yıllarda Henderson tarafından Navier-Stokes denklemleri aracılığı ile uygulanmıştır (1974). İkinci önemli akışkanlar mekaniği yaklaşımı ise 1982 yılında Fredkin ve Toffoli tarafından Lattice gaz modelleri benzetimi yapılarak çalışılmıştır (1982).

Fizik yasalarını temel alan bir diğer çalışma manyetik alanlar üzerinedir. Her yayanın hareketi, manyetik bir alandaki manyetize edilmiş bir nesnenin hareketiyle simüle edilmekte, her yayaya ve duvar, kolon gibi engellere pozitif manyetik kutup verilmektedir (Şekil 2.15). Negatif manyetik kutup, yayaların hedefine

yerleştirilmiştir. Her yaya, hedefindeki negatif manyetik kutbun neden olduğu çekici kuvvet ile hedefine hareket etmekte, diğer yayalarla çarpışmalardan ve pozitif manyetik kutupların neden olduğu itici kuvvetlerin engellerinden kaçınmaktadır (Okazaki ve Matsushita, 1993).



Şekil 2.15 : Manyetik temelli yaya hareketi yaklaşımı (Okazaki ve Matsushita, 1993).

Tahliye dinamikleri

Tahliye dinamikleri, belirlenmiş bir alandan acil çıkış yapılması gerekli panik durumlarını da içeren yaklaşım için verilen genel bir tanımdır. Farklı ölçeklerde çalışılabilmesine karşın genelde mühendislik dalları tarafından yapı ölçeğinde acil durum simülasyonları olarak incelenmiştir.

Bu çalışmalardan biri, sosyal kuvvet konseptine dayalı üretilecek simülasyonlar için tahliye dinamikleri hesaplamalarının kalibrasyonuna yöneliktir. Mevcut durumdan elde edilen verilerden yola çıkarak yayaların hareketi ile kalibrasyon yapılmaktadır. Örneğin simülasyon bir sonraki hareketi tahmin etmekte, fakat yanlış ise videodaki gerçek duruma göre düzeltme yapılarak model öğrenimi gerçekleştirilmektedir. Bulunan sonuçlara göre yayalar arasındaki sosyal kuvvet etkileşimi mesafe ile ters orantılı eksponansiyel olarak azalmaktadır ve 0 – 4 m aralığında maksimum olmaktadır. Panik kaçışlarında kalabalık sıkıştığı zaman ortaya çıkan kuvvet 4500 N/m'ye kadar çıkabilmektedir ve bu da çelik bariyerleri eğip tuğla duvarları yıkmaya yetmektedir (Helbing ve Johansson, 2013).

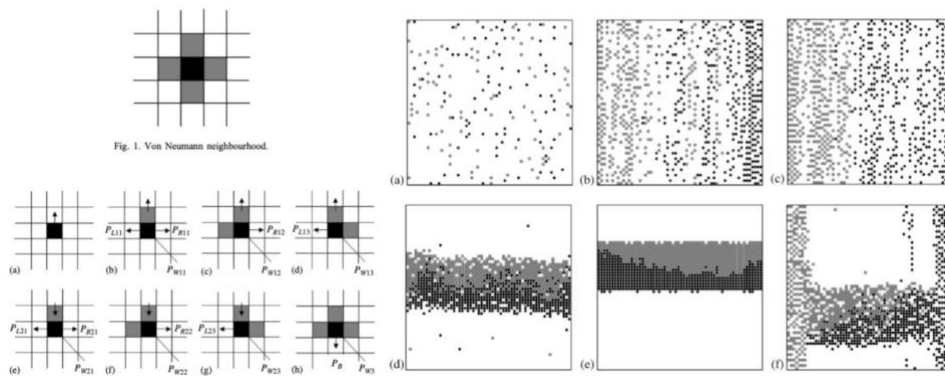
Tahliye dinamiklerinde insanlara yönelik simülasyon ve incelenme yapılmasının yanında hayvan deneylerinden de faydalanılmıştır. Örneğin fareler üzerinden yön bulma ile ilgili deney (Saloma vd., 2003) ile birlikte karıncaların acil durumlardaki tahliye dinamiklerini anlamaya yönelik deneyler de yapılmıştır (Altshuler vd., 2005).

Hücresel özdevininim (Cellular automata)

Hücresel özdevininim, 1940'lı yıllarda John von Neumann'ın kendini üreten otomatik sistemi şekillendirmesi ile ortaya atılmış bir modeldir. Belirlenmiş kurallar dahilinde biyolojik evrim ve yeniden üretim sürecini temel almaktadır (von Neumann, 1951). Fizik ve biyoloji başta olmak üzere neredeyse tüm uygulamalı bilim alanlarında partikül sistemini temel olarak uygulanabilmektedir.

Yayalar için hücresel özdevininim (CA) mikrosimülasyonu, bir dizi yerel kuralın hücrelerin yerel komşuluklardaki varlıkların davranışlarını belirlediği bir parçacık atlamalı modeldir. CA mikrosimülasyonu, hareket akışını simüle etmek ve ulaşım ağlarını modellemek için bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Yaya akışı, doğası gereği araç akışından daha karmaşıktır ve araç trafiğini taklit etmek için kullanılan simülasyon modelleri, yaya hareketlerini modellemek için doğrudan uygulanamamaktadır. Hücrenin hareket algoritmasında sorguya dayalı 4 paralel işlem mevcuttur. İlk olarak yatay düzlemde ilerlemek için şerit belirlenir ve en uygun noktaya yatay hareket gerçekleşir. Üçüncü olarak hareket hızı belirlendikten sonra ileri yönde dikey hareket yapılır (Blue ve Adler, 1999).

Weifeng ve diğerlerinin çalışmasındaki iki boyutlu modelde temel yapı, W'nin sistem boyutu olduğu bir $W \times W$ hücre ızgarasıdır (Şekil 2.16). Her hücre ya boş olabilir ya da bir yaya tarafından işgal edilebilir. Bir hücrenin boyutu yaklaşık olarak $0,4 \times 0,4$ m'ye karşılık gelir. Bu, yoğun bir kalabalığın bir yayanın işgal ettiği tipik alandır. Güncelleme tüm yayalar için senkronizedir. Her yaya, zaman adımı başına yalnızca bir hücre hareket edebilir. Ampirik olarak, bir yayanın ortalama hızı normalin altında yaklaşık 1.00 m/s'dir ve modelde bir zaman adımı yaklaşık olarak 0,4 saniyeye tekabül etmektedir (2003).



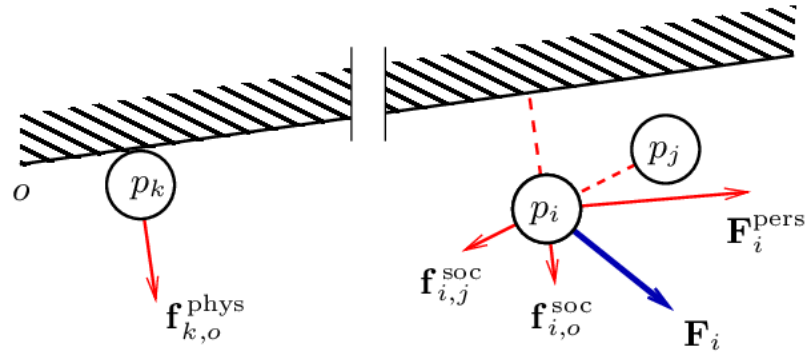
Şekil 2.16 : Hücresel özdevininim simülasyonu (Weifeng vd., 2003)

2.3.1.3 Mikro ölçekli çalışmalar

Mikro ölçekli yaya yaklaşımları yayaların belirlenen an veya kısa zaman aralıklarındaki hareketlerini bireysel özellik ve sosyal kurallar üzerinden ele almaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalar simülatif ve analitik olarak ikiye ayrılmaktadır. Gerçek dünyadan veya denek gruplardan elde edilen veriler yaya hareketi tahminlerine yönelik bilgi sağlamaktadır.

Sosyal kuvvet (Social force)

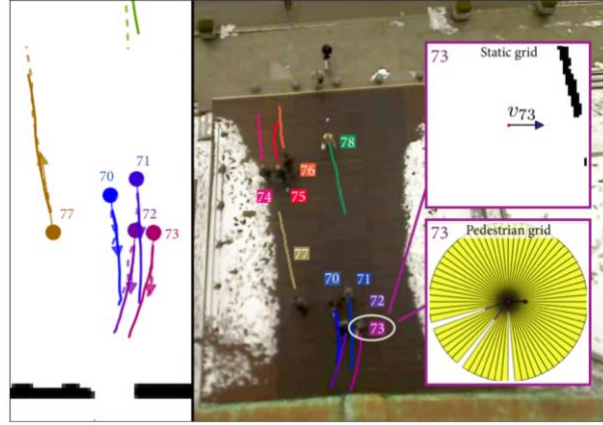
Sosyal kuvvet, bireylerin hareketlerindeki çeşitli sosyal dürtü ve çevresel etkilerin birer fizik vektörü olarak ele alınıp bu kuvvetlerin vektörel toplamına göre hareket yönü ve hızının belirlenmesi olarak tanımlanır (Şekil 2.17). Konsept ilk defa 1995 yılında Helbing ve Molnar tarafından önerilmiştir. Modelin temelini oluşturan üç ana kabul vardır. Birincisi, kişi belirli bir hedefe olabildiğince rahat ulaşmak ister. Bu nedenle dolambaçsız bir yol, yani mümkün olduğunca en basit yolu seçme eğilimindedir. İkincisi, bir yayanın davranışı diğer kişilerin hareketinden etkilenir. Özellikle yaya yoğunluğuna ve istenilen hıza bağlı olarak diğer yayalar ile belirli bir mesafe korunmak istenmektedir. Sonuncu kabulde yayalar bazı durumlarda diğer kişiler tarafından (arkadaşlar, sokak sanatçıları ve etkinlikler gibi) veya nesneler (örn. vitrinler) tarafından çekilirler (Helbing ve Molnar, 1995).



Şekil 2.17 : Sosyal kuvvet vektörleri (Luber vd., 2010).

Löhner (2010) temel sosyal kuvvet parametrelerini kategorize etmiştir. Hareket güdüsü, yayalardan veya duvar gibi engellerden kaçınma kuvveti içsel vektör kuvvetlerini oluşturur. Başka bir yayaya ya da engele temas ise direkt dışsal temas kuvveti olarak ele alınır. Azaltıcı, yani negatif kuvvetler ise örneğin kalabalık ortamda daha yavaş hareket etme gereksinimi gibi hareket kısıtlayıcı kuvvetlerdir. Pfeffier vd.

(2018) çalışmasında sosyal kuvvet kuramı temelinde video kaydından yapay zeka ile kalibre edilen simülasyon önerisi getirmektedir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 : Yapay zeka temelli mikro hareket simülasyonu (Pfeiffer vd., 2018).

Etmen tabanlı modeller (Agent based models)

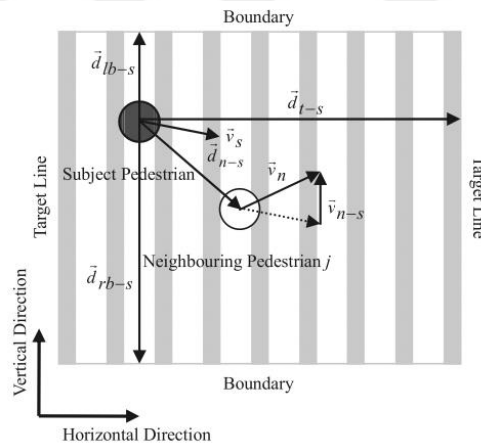
Etmen tabanlı modellerde, hareket örüntülerinin analiz edileceği bütünü toplam davranışından ziyade parçaların her birinin çeşitli durumlardaki davranış şekilleri atanmakta ve belirlenmekte, buna bağlı olarak simülasyon modelindeki bu parçaların birbiri ile etkileşimi sonucu modelin genel davranış örüntülerinin ortaya çıkması beklenmektedir. Otonom olarak *aşağıdan yukarıya (bottom-up)* kurgulanan bir sistemdeki birimlerin birbiri ve çevre ile etkileşimi kurallar bütünü ile belirlenerek durumun bütününe olan etkileri irdelenmektedir. Sistemdeki parçaların her birine *etmen (agent)* adı verilmektedir.

Karmaşık sistem fikri doğrultusunda çoklu etmen tabanlı mikrosimülasyon yaklaşımları alternatif modelleme teknikleri olarak ortaya çıkmıştır. Bu tür bir model, temel faaliyet biriminin aracı olduğu bir modeldir. Her etmen, amacına ulaşmak için kendi davranış kurallarına göre özerk olarak hareket eder. Modelin sonuçları, ajanların etkileşimleri tarafından belirlenir. Yaya ajanlarının takip ettiği davranış kuralları, mekânsal konfigürasyon, önceden belirlenmiş aktivite programları, arazi kullanımlarının dağılımı, ajanın rotasına yakın binaları aramasını ve tanımasını sağlayan *vizyon* tarafından belirlenir. Bu nedenle, bu çalışma, etmen tabanlı sistemler ve fayda-maksimizasyon teorisine dayalı ayrık seçim modelleri hakkındaki fikirleri birleştiren genel bir yaya mekânsal davranış modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır (Kitazawa ve Batty, 2004). Etmen tabanlı modellerde birimlere ait hafıza, cevap verme, otonomluk ve sosyal etkileşimlere dayalı özellikler mevcuttur. Sosyal yetenek,

topluluğun diğer birimleri ile iletişim kurma ve bu gruba ait olma olarak tanımlanırken otonomluk ise doğrudan etki olmaksızın karar verme mekanizması olarak ele alınabilir (Yıldız ve Çağdaş, 2021).

Diğer partikül temelli mikro yaklaşımlar

Yaya hareketindeki en küçük birimler olan partiküle dayalı ilişkiler üzerinden yapılan çalışmalar ile birlikte yeni çağdaş yöntemler de bu sürece eklenmeye başlamıştır. Örneğin günümüz güncel konularından olan *yapay sinir ağları* (ANN) yaya hareketini anlama konusunda önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Yapay zekâ ile birlikte gerçeğe dayalı görüntüler vasıtası ile simülasyon modelleri eğitilebilmekte ve gerçeğe dayalı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Ma ve diğerleri tarafından geliştirilen modeldeki algoritmik yaklaşım üç temel aşamaya dayanmaktadır. Önce en yakın beş yaya ile olan mesafe ele alınmakta, daha sonra bu yayaların hızları takip edilmektedir. Bu sorgu sürecine paralel olarak da bireyin yaya yolundaki sağ ve sol taraflardaki sınırlar ile birlikte hedef hatta olan mesafe kontrol edilmektedir (Şekil 2.19). Bu sürecin çok sayıda tekrar edilmesi ile yaya hareketi yapay zeka tarafından öğrenilebilmektedir (2016).



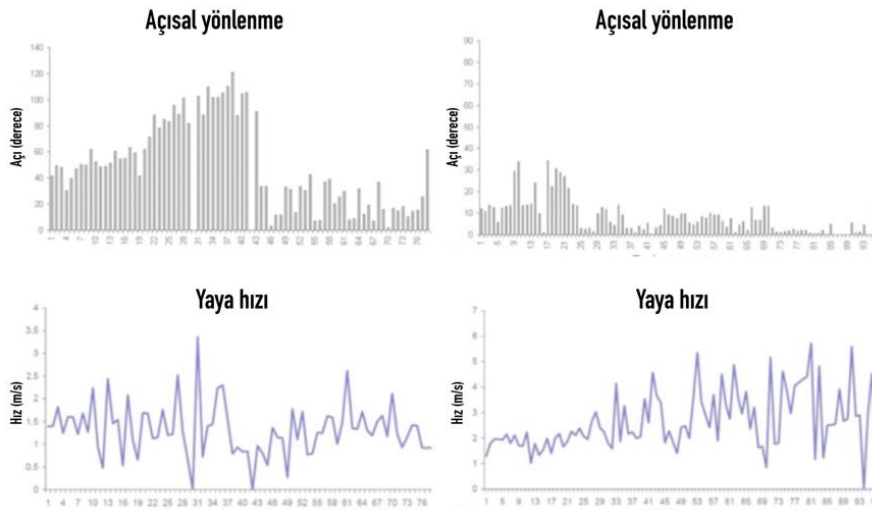
Şekil 2.19 : Yaya geçidi simülasyonu (Ma vd., 2016).

Analitik yaklaşımlar

Mevcut durumu ortaya koymaya yönelik istatistikî yöntemlere dayalı analitik yöntemler mikro ölçekli çalışmaların tabanını oluşturmaktadır. Temel literatürde ölçülen ortalama yaya hızları ise büyük çeşitlilik arz etmektedir; yürüme yollarında 1,34 m/s (Weidmann, 1992), kentsel alanda 1,19 m/s (Fruin, 1971), kampüs ortamında 1,53 m/s veya yaya geçitlerinde 1,44 m/s (Henderson, 1971). Bu bağlamda yaya hareketinin konum, mekân, zaman ve hatta kültüre göre farklılaşabilen bir dinamik

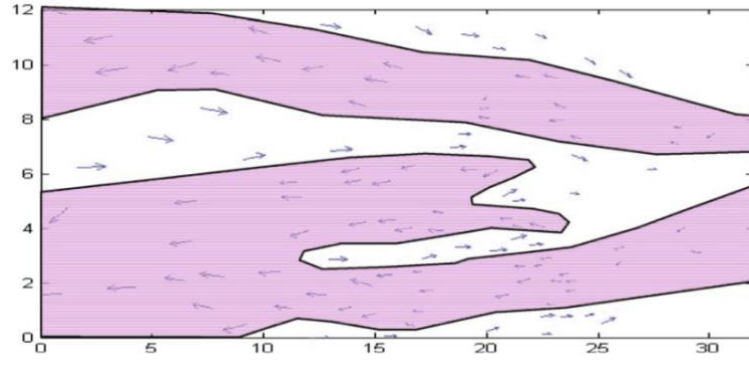
olduğunu söylemek mümkündür. Bu sayede parametreler ile oluşturulacak model ve simülasyon çalışmaları için analitik bakış açısı farklı durumlar için adapte edilebilirliği sağlamaktadır.

Örneğin simülasyon önerisinde bulunan bir çalışma, model kalibrasyonu için mevcut durum analizine yönelik istatistiki analiz yönteminden faydalanmaktadır. Antonini ve diğerlerine göre yaya hareketi alanında yoğunlaşılacak acil durumlara yönelik değerlendirmelerin yanı sıra *olağan* yaya hareketi durumlarını anlamak da mekânsal bilimler açısından büyük önem taşımaktadır (2006). Bu bağlamda bireylerin hareketi hem toplu bir akış olarak hem de tekil yayalar üzerinden irdelenmiştir. Lozan’da metro çıkışında yer alan yaya geçidinde 1 dakika boyunca 36 yayaya ait veri toplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre alan içerisinde ortalama yaya hızı 1,59 m/s olarak ölçülmüş, bireylerin kendi rotaları üzerinde yürürken hareket değişikliklerine bağlı açısal yön değişimleri ortalama 12,31° olarak saptanmıştır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 : Yaya yönelmesi ve hız ölçümleri (Antonini vd., 2006)

Benzer şekilde Teknomo (2006), araştırmasında her bireye dair kurallar bütünü tanımlandığı bir simülasyon çalışması ortaya koyarken gerçek dünya verisinden faydalanmıştır. Sendai, Japonya’da bir yapının 5. katından video görüntüsü alınarak 60 saniye boyunca 150 birey takip edilmiştir. Karşıdan karşıya geçen yayaların ortalama hızları 1,38 m/s ve yoğunluk değeri yaklaşık 0,21 kişi/m² olarak saptanmıştır. Gerçek veriler ile kalibre edilen simülasyon çalışmasında da benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda şerit formasyonu da gözlemlenebilmiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 : Şerit formasyonu oluşumu (Teknomo, 2006).

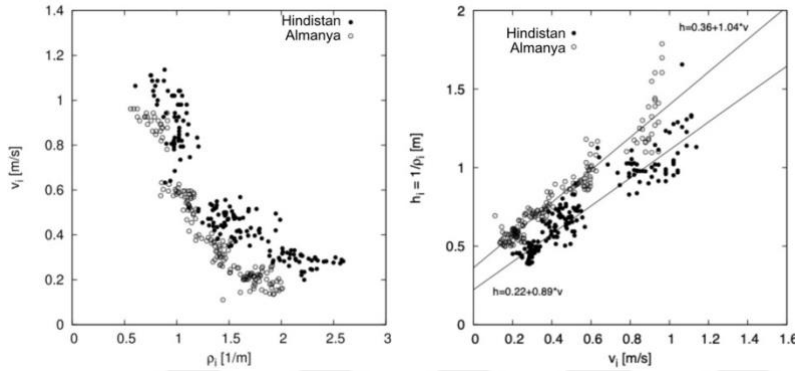
Milan, İtalya’da 163 metrekairelik örneklem alan içerisinde yapılan video kaydı üzerinden izleri takip edilerek yapılan araştırmada ise 15 tekil yetişkin, 16 ikili yetişkin (8 çift), 15 tekil yaşlı, 16 ikili yaşlı (8 çift) olmak üzere toplam 62 yayanın izleri işleme tabi tutularak yürüme profilleri ortaya çıkartılmıştır. Kalabalığın ortalama yoğunluk seviyesi 0,22 kişi/m², ortalama yaya akış seviyesi ise 7,78 kişi/md olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, LOS konseptine göre A – F arası sınıflandırmaya göre karşılaştırılmış ve çalışma alanının B seviyesinde yer aldığı görülmüştür (Şekil 2.22). Yetişkin tekil kişilerin güzergâhlarının ortalama uzunluğu, genel olarak yetişkin ikili gruplar ve yaşlı yayalarınkinden daha uzundur. Tekil yayaların düz olmayan bir rota seçtikleri, diğer yayaları daha yavaş solladıkları ve yoğunluk durumu nedeniyle mekânsal çarpışmadan kaçındıkları ortaya çıkmıştır. Aksine, ikili gruplar ve yaşlı bireylerin, daha doğrusal bir şekilde yürüdükleri görülmüştür. Bununla birlikte yaşlı bireyler (0,64 m/s) yetişkinlere göre (1,06 m/s) yaklaşık %40 daha yavaş ortalama ile yürürken çiftlerin ise tekil kişilerden %30 daha yavaş yürüme hızına sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Gorrini vd., 2016).

Hizmet Seviyesi	Yoğunluk Seviyesi (kişi/metre kare)	Akış Seviyesi (kişi/dakika/metre)
A - serbest akış	≤0.08	≤7
B - ufak çarpışmalar	0.08 - 0.27	7 - 23
C - yavaşlayan hız	0.27 - 0.45	23 - 33
D - kısıtlanma	0.45 - 0.69	33 - 49
E - tamamen kısıtlanma	0.69 - 1.66	49 - 82
F - sıkışma	≥1.66	≥82

Şekil 2.22 : Hizmet seviyesi konseptine göre yaya yoğunluk ve akış seviyeleri (Gorrini vd., 2016)

Yürüme hızı ve yoğunluk arasındaki ilişki, aynı zamanda bireyler arası yaklaşma ve dolayısı ile kişisel alanlara dair bir perspektif sunmaktadır. Örneğin kişisel alan daraldıkça yürüme hızı yavaşlama eğiliminde olmaktadır (Thompson, 1994). Bu

bağlamda temel diyagram, kültürler arası yaya davranışı farklılığını ortaya koymada kullanılabilmektedir. Kalabalık ortamda kişiler arası mesafe ve kültür arasındaki ilişki üzerine yapılan araştırmada Hindistan ve Almanya'da gözlemlenen ortalama kişisel alanlarının istatistiksel farkları üzerinde durulmuştur. Hindistan için tahmini minimum kişisel alan mesafesi 0,22 m ve Almanya için 0,36 m olarak ölçülmüştür (Şekil 2.23). Alman grubu için hız artışıyla birlikte mesafe artışının Hint grubuna göre daha fazla olması, Hintli grubun Alman gruba kıyasla kişisel alan mesafelerine daha az duyarlı olduklarını göstermektedir (Chattaraj vd., 2009).



Şekil 2.23 : Hint ve Alman gruplarında yoğunluk, hız ve kişisel alan mesafesi ilişkisi (Chattaraj vd., 2009).

2.3.2 Veri eldesi yöntemleri

Geleneksel yöntemler

Mekânsal analizlerde veri elde etme yöntemleri insanî faktörlere dayanır. Bunlardan ilki ve en doğal *alan gözlemleri*dir. İncelenmek istenen alan, olduğu gibi, mevcut hali ile gözleme tabi tutulur. Kontrol zayıf olduğu için çevresel etmenlere karşı açıktır ve yaya davranışı anlık durum ve gelişmelerden etkilenir. Bu sebeple çeşitli konum ve zamanlar açısından desteklenmeyen ve kontrole tabi tutulmayan gözlem, karşılaştırma fırsatı verse de genellemeye açık değildir. İkinci veri eldesi yöntemi ise *kontrollü deneyler*dir. Deney yapılmak üzere düzenek hazırlanır, farklı parametrelere göre çevresel etmenler kontrol edilebilir. Bu sebeple gözlem ve farklı koşullara dair karşılaştırma oldukça başarılıdır. Ancak kontrollü deneylerde gönüllülere veya deneklere ihtiyaç duyulmakta, kurgu için hassas düzenek yapılması gerekmektedir. Son veri eldesi yöntemi *anket ve görüşmeler* olarak gruplandırılabilir. Bu aşamada sorgu türüne bağlı olarak bireylerin davranışlarından öte fikirleri ve tercihleri ön plana çıkar. Katılımcı başına farklı yanıtlar olma ihtimalinden dolayı örneklem sayısı yüksek

tutulmalıdır. Yaya hareketinde birincil veriden ziyade kontrol amaçlı nitel veri olarak elde edilebilir (Feng vd., 2021).

Gehl ve Svarre kamusal yaşantı için gözlem araç seti sunmuştur. *Sayım*, belirli bir alandaki yaya sayımı ve farklı durumlar için karşılaştırma anlamına gelmektedir. *Davranışsal haritalama*, mevcuttaki bireylerin nerede ne yaptığını harita üzerinde not alma metodu olarak tanımlanır. *İz sürümü* yapılırken sınırlandırılmış bir alan içerisinde insanların hareket rota ve güzergâhları çizgiler şeklinde kayıt altına alınır. Bu yapılırken aynı zamanda yayalar farkettilmeden *takip etme* yöntemi ile hareketleri incelenebilir. *İz aramak* için hareket gerçekleştikten sonra kişilerin bıraktıkları izlere odaklanılır. Örneğin bu bir çöp veya çim alanda oluşturulan patika olabilir. Kamusal yaşamdaki etkileşimleri doğrudan belgelemenin diğer yolları ise *fotoğraflamak* ve *günlük tutmaktır*. Bunlarla birlikte gözlemcinin kendisi veya deneklerin gözlem ortamında yürüyüşünü gerçekleştirerek *test yürüyüşleri* ile de gözlem yapılabilir (Gehl ve Svarre, 2013).

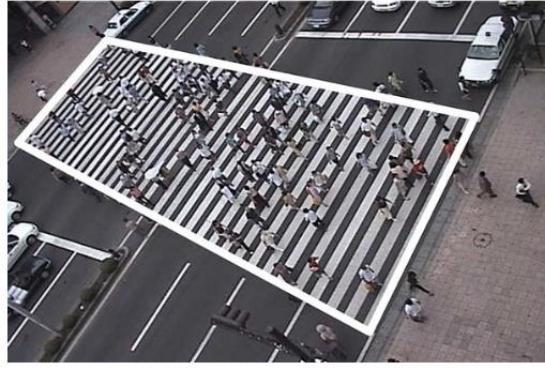
Teknolojik cihazlar

Teknik imkânların gelişmesi ile birlikte günümüzde çeşitli cihazların yardımlarından faydalanılabilmektedir. Örneğin cep telefonlarındaki GSM sinyallerinden elde edilen veriler vasıtası ile tasarlanmış alanlardaki bekleme ve hareket davranışları belirlenip niteliklerine göre ayrıştırılabilmekte ve şehir ölçeğinde kamusal yaya davranışı çalışması yapılabilmektedir (Noyman vd., 2019). Bununla birlikte lazerli tarayıcılar kullanılarak yayaların konum ve hızları anlık olarak gözlemlenebilmekte, yaya kesiti genişliği, yaya yolu kullanımları, kentsel tasarım ve yaya hareketi ilişkileri hesaplamalı olarak incelenebilmektedir (Kaplan, 2016).

Video temelli yaklaşımlar

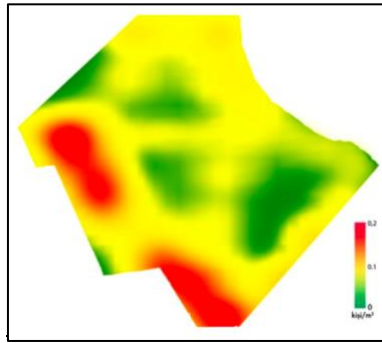
2000’li yıllardan itibaren bilgisayar işlem gücü kapasitesinin artmasının sağladığı bir imkân da klasik yollardan yapılan gözlem ile dijital veri elde edimi ve işleyebilme yetisidir. Bu bağlamda otomatikleşen süreçler içerisinde bilgisayar görüşü (computer vision) olarak adlandırılabilen görüntü işleme teknikleri ön plandadır. Görüntü işlemenin otomatikleşmesi ise karmaşık veri örüntülerini algılama akılcı kararlar verebilme becerisi sunan makine öğrenmesi (machine learning) teknikleri sayesinde mümkün olmuştur. Günümüzde en başarılı sonuç alınabilen yöntemlerden birisi video kaydı ile elde edilen analiz ve simülasyon modelleridir. Belirlenen bir yaya geçidi, cadde veya yaya sokağı video kamera vasıtası ile yüksek bir noktadan kayda alınır.

Kamera ve bulunulan konum gereği açısal ve perspektif bozulmaları olacaktır. Bunu düzeltmek için *yaya tuzağı* (*pedestrian trap*) denilen alanın köşeleri belirlenir ve bilgisayar ortamında matematiksel denklemler ile düzgün bir çokgen olacak şekilde perspektif düzeltme işlemi uygulanır (Şekil 2.1). Bu sayede ölçeklendirme yapılarak video kaydı üzerinden gerçek ölçüler ile yaya hareketi adım adım takip edilebilir ve simülasyonlara girdi sağlayabilir (Teknomo, 2006). Son yıllarda bilgisayarların güçlenmesi ve yeni yöntemlerin gelişmesi sayesinde yaya takibi yapay zeka vasıtası ile *optik akış* (*optical flow*) gibi görüntü işleme teknikleri kullanılarak tamamen otomatik olarak yapılabilmektedir (Ullah vd., 2018).



Şekil 2.1 : Yaya tuzağı (*pedestrian trap*) (Teknomo, 2006).

Yaya hareketinin oluşturduğu örüntüleri ele alan tasarım çalışmaları yapılmıştır. Örnek çalışmada, video kaydındaki çeşitli bozulmalar düzeltme işlemi ile ayarlandıktan sonra yaya takibi yapılmış, daha sonra ısı haritası oluşturularak yayaların çoğunlukla bulunduğu alanlar belirlenmiş ve geçiş güzergâhları gözlenmiştir. Bu işlemler sonucunda tasarıma yönelik bir altlık oluşturmaya imkân sağlanmıştır (Şekil 2.24). Elde edilen veriler doğrultusunda bir modelleme yazılımı olan Rhinoceros'un parametrik tasarım yapılabilmesine olanak sağlayan Grasshopper ortamında yeni tasarım önerileri geliştirilmiştir (Yıldırım, 2019).



Şekil 2.24 : Yaya izlerinden oluşturulan ısı haritası (Yıldırım, 2019).

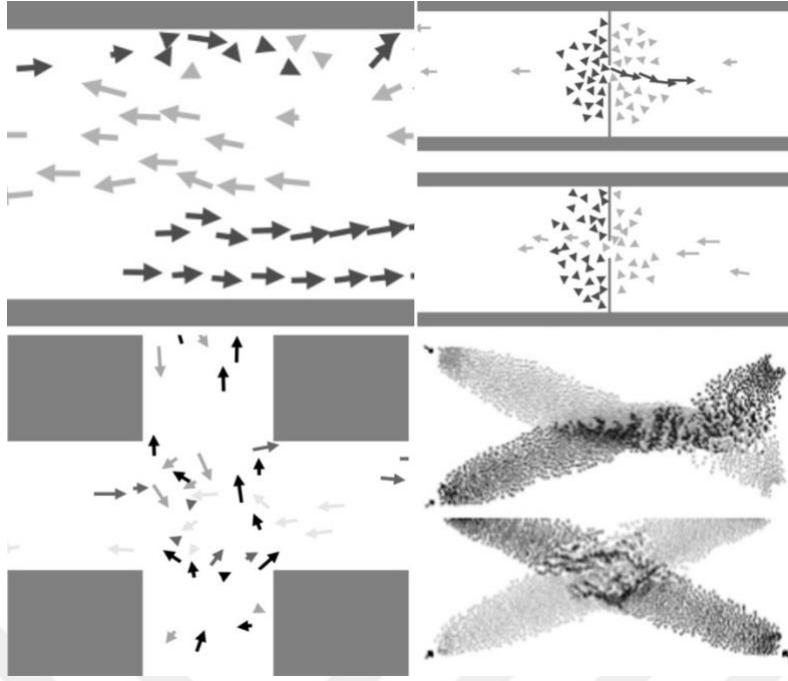
2.3.3 Kolektif hareket örüntüleri

Yaya hareketinin gerçekleştiği alanlarda kalabalık seviyesi arttıkça belirgin birtakım örüntüler oluşmaya başlamaktadır. Bu örüntüler, bireylerin birbiri ile iletişim içerisinde olmaksızın ortak güdü ile yaptıkları kolektif hareketleri oluşturur. İnsan topluluklarında olduğu kadar hayvan topluluklarında da, gözlemlenen birçok toplu davranış, bireyler arasındaki yerel etkileşimlere dayanan kendi kendini organize eden süreçlerin sonucudur (Moussaïd vd., 2009).

Kendi kendine organizasyon (self organization), bu davranışların trafik işaretleri, yasalar veya davranış kuralları ile bilinçli olarak planlanmadığı, öngörülmediği veya organize edilmediği anlamına gelir. Bunun yerine, yayaların doğrusal olmayan etkileşimleri nedeniyle zamansal ve mekânsal örüntüler ortaya çıkar (Helbing ve Molnar, 1998). Bu örüntüler kültüre, zamana ve duruma göre değişkenlik veya belirgin alışkanlıklar gösterir. Örneğin Orta Avrupa'da, yayaların sağdan yürümeye eğilimleri vardır. Büyük Britanya'da arabalar soldan gitse de Londra'daki yayalar da sağda kalma eğilimindedir. Japonya'da araç trafiğinde olduğu gibi sol taraf tercih edilir. Sağdan trafiğe sahip diğer ülkelerde (örneğin Kore), yayaların soldan yürüdüğü bilinmektedir (Helbing vd., 2005).

Başlıca kolektif yaya hareket organizasyonları Helbing ve Molnar (1998) tarafından şu şekilde derlenmiştir (Şekil 2.25):

- *Şerit formasyonu*: Yayalar hızlarının ve yönlerinin korunabilmesi adına minimum karşılaşma ve değişiklik sağlayabilmek için ikili yönlerde sıra/şerit formasyonu oluştururlar.
- *Salınlı geçiş*: Geçişin kapı, geçit vb. gibi bir darboğazdan sağlandığı karşılıklı yöndeki kalabalıklar sıra ile geçişlerini gerçekleştirirler. Bir yöndeki gruptan bir miktar insan geçtikten sonra diğer taraftaki yayalar sıra ile geçerler.
- *Yaya kavşakları*: Dört yol ağzı gibi yaya karşılaşma mekânlarında yayalar ortada bir göbek varmışçasına dairesel yönlenmeye başlarlar. Bu gibi durumları düzenlemek için yaya kavşağı tasarımları akışı düzenleyici rol alır.
- *Dilim formasyonu*: Benzer yönlerden gelip çakışan kalabalıklar dilimli form oluşturarak karışma davranışı gösterirler.



Şekil 2.25 : Şerit formasyonu (sol üst), salınlımlı geçiş (sağ üst), yaya kavşakları (sol alt) ve dilim formasyonu (sağ alt) (Helbing ve Molnar, 1998).

2.4 Bölüm Sonucu ve Değerlendirme

Yürüme davranışı, yoğunluklu olarak kamusal hareket mekânları olarak ele alınan kentsel açık alanlarda gerçekleşmektedir. Bu doğrultuda mekânları tanımlayan yapılaşmış çevreye dair doğrudan veya dolaylı, doğal veya yapay, kalıcı veya geçici özellikler yaya hareketi üzerinde etkili olmaktadır. Doğrusal olması beklenen hareket akışına sahip yaya caddelerinde ise fiziksel çevreye dair bu niteliklerin yaya davranışı üzerindeki etkisi daha belirgin olarak gözlenmektedir. Örneğin sıcak havalarda sokağın gölge alan kesimleri, oturma ve bekleme alanı sağlayan kent mobilyaları, zemin döşemesi farklılaşması, görsel ve fiziksel etkileşim sağlayan cepheler gibi etmenler yaya hareketini doğrudan etkiler niteliktedir.

Yayanın hareketi ise çevresindeki mekânsal değişkenlerin algılanarak kişisel tercihler ile bir arada zihinsel işleme tabi tutularak bireysel değerlendirmenin eyleme dökülmesi olarak gerçekleşmektedir. Bu eylemler yürüme, duraksama ve oturma gibi gündelik yaşama dair zorunlu veya serbest hareketler olarak ortaya çıkmaktadır. Yürüme eyleminin gerçekleşebilmesi yapılı çevre olduğu kadar mekândaki diğer kullanıcıların varlığı ile de doğrudan ilişkilidir. Yayaların tekilliği veya birlikteliği ve diğer bireyler ile olan etkileşimi hareket biçimlerini şekillendiren unsurlardır. Bu bağlamda, kalabalıkların oluşturduğu çoğul yaya hareketleri kolektif hareket örüntüleri

göstermektedir. Yoğun işlev çeşitliliğine sahip kalabalık caddelerde bireyin çevredeki yayalar ile olan etkileşimi, bunun sonucunda hareket örüntülerinde oluşan değişimler yerel olarak ya da sokak bütününde belirgin kolektif hareket davranışı değişimleri ile sonuçlanmaktadır.

Yaya hareketi, kentsel mekânda yayanın öneminin tekrar ön plana çıkmaya başladığı 1990'lı yıllardan itibaren disiplinlerarası bir araştırma konusu olarak önem kazanmıştır. Bu kapsamda farklı ölçeklerde çalışmalar yapılmakla birlikte Weidmann'ın (1992) temel diyagramı ve Fruin'in (1971) hizmet seviyesi (LOS) konsepti gibi yaya yoğunluğuna bağlı temel ölçümsel araçların yanında gelişen teknik imkanlarının kolaylık sağladığı analiz yöntemleri mikro düzeydeki yaya hareketlerinin ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır. Birçok yayanın mevcudiyetini temel alan yoğunluk odaklı ölçümlerin yanında bireylerin tekil hareketlerinin sayısal olarak detaylandırılması ve elde edilen diğer parametreler ile birlikte değerlendirilerek karşılaştırılmaya sunulması daha kesin sonuçlara ulaşmak adına önem arz etmektedir.



3. İSTİKLAL CADDESİ'NDE YAYA HAREKETİ

3.1 Analiz Modelinin Oluşturulması

Tez çalışması kapsamında İstiklal Caddesi farklı mekân ve zaman dilimleri üzerinden karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Tez çalışmasının uygulama yöntemi, çalışma alanı ve özellikleri, gözlem, veri işleme, veri analizi ve değerlendirme olmak üzere beş ana etapta kurgulanmıştır (Şekil 3.1).

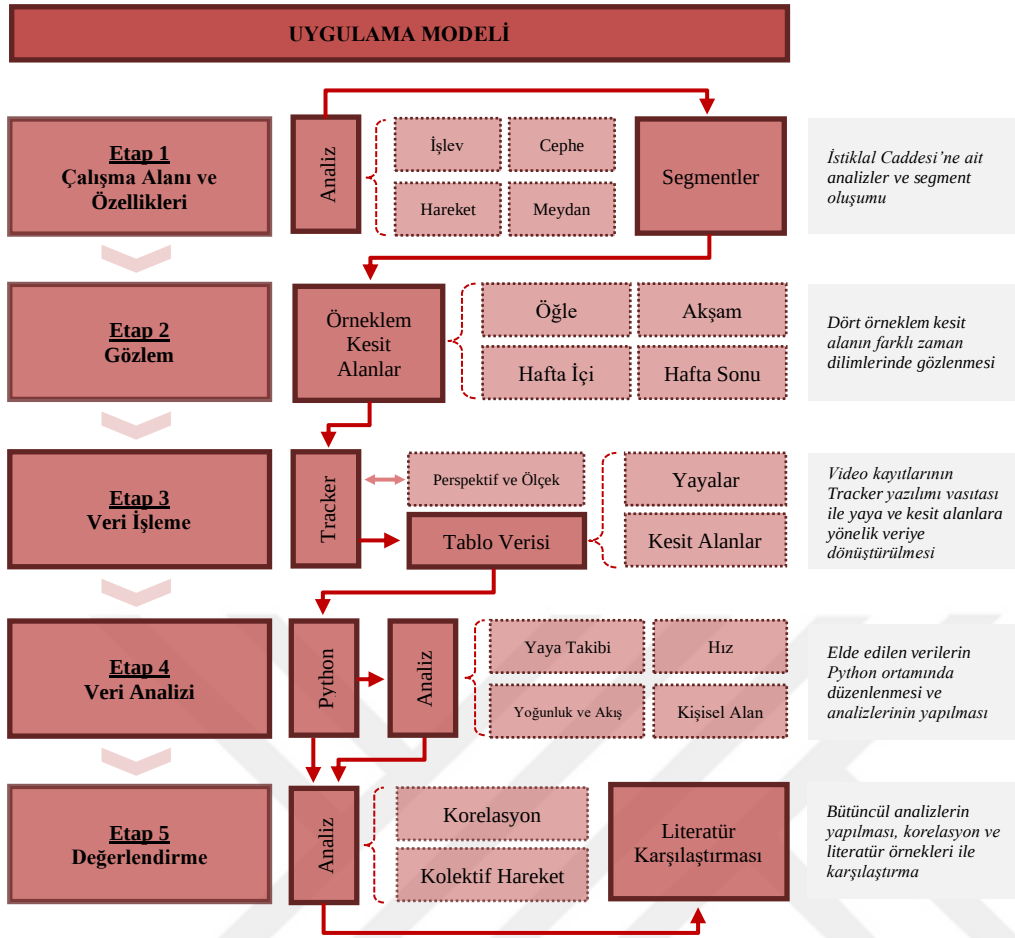
İlk etapta, İstiklal Caddesi'nin yakın tarihi ve güncel durumu detaylıca çözümlenmiştir. İstiklal Caddesi'nin işlev özellikleri tanımlanmış ve cephe uzunlukları üzerinden karşılaştırılmıştır. Ardından yayaların hareket dokuları belirlenerek caddeyi oluşturan meydan ve açıklıklar ile sistematize edilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında cadde dört ana segmente ayrılmış ve bu parçaları temsilen her bir örneklem kesit alanı için gözlem yapılması kararlaştırılmıştır.

İkinci adımda, belirlenen noktalarda yüksek noktalardan video kamera yardımı ile kayıt alınarak gözlem yapılmıştır. Çeşitli zaman ve kullanım durumlarına ait farklılaşmanın ayırıtına varılabilmesi ve karşılaştırılabilmesi adına hafta içi, hafta sonu ve öğle, akşam olmak üzere her bir nokta için dörder defa gözlem yapılmıştır.

Üçüncü kısımda, elde edilen video kayıtlarından sağlıklı veri elde edilebilmesi için Tracker yazılımı üzerinden perspektif düzeltmesi ve ölçeklendirme yapılmıştır. Bu işlemin sonucunda her örneklem kesit alanında, tüm yayalara ait zaman ve iki boyutta koordinat verileri elde edilmiştir.

Dördüncü olarak, ham veri Python ortamında işlenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Yayalar ve örneklem kesit alanlar dört ana adımda analiz edilmiştir; yaya takibi ve açısal yönlenme, ortalama hız, yaklaşma ve kişisel alan, yoğunluk ve akış/debi.

Son olarak ise yayaların bireysel hareketlerine ve örneklem kesit alanlara ait elde edilen veri ve analizler bir araya getirilerek ilişkisel bağlamda incelenmiş ve İstiklal Caddesi geneline ait bütüncül yaklaşım bağlamında yorumlanmıştır.



Şekil 3.1 : Uygulama modeli.

3.1.1 Çalışma alanı ve özellikleri

Tez çalışması kapsamında yaya hareketi örüntülerinin belirlenebilmesi, ayrıştırılabilmesi ve bütüncül yaklaşım sağlanabilmesi adına İstiklal Caddesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Alanın belirlenmesinde tarihsel gelişim, yaya caddesine dönüşüm, arazi ve cephe kullanımları ve kültürel özellikler gibi parametreler ön plana çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik yapının analitik karşılaştırmalar için uygun zemin sağlaması önem arz etmektedir. Genel özelliklerin yanı sıra farklı zaman dilimlerindeki sokak kullanımları, ziyaretçi sayıları ve diğer değişken özellikler ile birlikte minimal farklılaşmaların alanın kullanıcı açısından etkileşimi belirlediği göz önünde bulundurulduğu takdirde yaya hareketlerinin karşılaştırılabilmesi mümkündür.

Çalışma alanının geniş çerçevede tanımlanabilmesi adına dört ana adımda incelemeye alınmıştır. İlk olarak İstiklal Caddesi ve yakın çevresine ait yayaların yaygın kullandığı tarihi ve kültürel öneme sahip işlevler sınıflandırılarak belirlenmiş ve mekânsal düzeyde incelenmiştir. İkincil kademede ise caddeyi kullanan bireylerin direkt fiziksel etkileşimde bulunduğu cephelerin kullanım ve uzunluklarına bağlı olarak

karşılaştırmalar yapılmıştır. Ardından çalışma alanı ve çevresine ait hareketler semtler ve ulaşım kurgusu üzerinden tanımlanmıştır. İstiklal Caddesi'nin omurga olarak yer aldığı sistemde önemli düğüm noktalarını belirleyen meydanlar ve kesişim noktalarının ilişkiselliği vurgulanmıştır. Son olarak ise yapılan analizler ışığında cadde alt segmentlere ayrılmış ve gözlem noktaları belirlenmiştir.

Bağlamda, alana dair analizler coğrafi bilgi sistemleri (CBS) üzerinden karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Açık kaynak CBS uygulaması olan QGIS yazılımı üzerinden arazi kullanım analizleri başta olmak üzere pilot bölgeler genelinde teknik karşılaştırmalar yapılmıştır.

3.1.2 Gözlem

Gözlem yöntemi belirlenirken video kaydı üzerinden analiz yapılabilmesi esas alınmıştır. Veri eldesi yöntemleri kısmında da bahsedildiği üzere üç ana kayıt yöntemi öne çıkmaktadır; drone çekimi, kent kameraları ve kişisel kamera yardımı ile video kaydının alınması. Tez çalışması kapsamında yasal kısıtlamaların imkân verdiği ölçüde yüksek yapılardan kişisel kamera kaydı vasıtası ile sabit noktalardan video kaydı alınması kararlaştırılmıştır.

Video kaydının gerçekleştirilebilmesi adına pilot bölgeler içerisinde sabit ölçüler belirlenerek birer örneklem alan seçilmesi gerekliliği öne çıkmaktadır. Bu aşamada *yaya tuzağı* olarak adlandırılan alanların arazi kullanım özellikleri, gözlemlenebilirlik imkânı ve en kesiti gibi özellikler mekân seçimi için ana kriterler olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda örneklem kesit alanında yer alan cephe girişleri, kent mobilyaları, turistik alanlar, tramvay hattı gibi özellikler yaya hareketini mikro ölçekte etkilemektedir. Gözlemlenebilirlik için fiziki koşulların uygun olması, mevsimsel durum ve kamera kadrajının uygun ayarlanabilmesi de önemli gereksinimlerdir.

Diğer yandan alternatif alanların birbiri ile karşılaştırılmasının yanı sıra her bölgenin kendi içerisinde zamansallık üzerinden değerlendirilmesi, farklı zamanlara ait gözlemlerin doğrulayıcılığı açısından önemlidir. Bu aşamada her dört örneklem alan için hafta içi, hafta sonu ve öğle, akşam olmak üzere toplam dört gözlem yapılmıştır.

3.1.3 Veri işleme

Veri işleme yapılabilmesi için gerekli düzenlemeler açık kaynak olarak erişilebilen fizik analiz motoru Tracker yazılımı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Gözlem

aşamasında elde edilen video görüntülerinde yer alan, kameranın fiziksel özellikleri ve gözlem konumuna bağlı perspektif ve objektif hataları yazılımı vasıtası ile düzeltilerek ölçekli olarak iki boyutlu düzleme aktarılmıştır.

İkincil olarak yaya hareketlerinin takip edilebilmesi için elde edilen video üzerinden yayalar belirlenen kare aralıkları ile işaretlenerek hareket izleri ortaya çıkarılmıştır. İşaretlenen yaya hareketi izleri, arayüzde bulunan veri bölmesi özelliği ile tablolastırılabilir. Bu aşamada her yaya için ayrı olmak üzere zamana (t) bağlı koordinat (x, y) değerlerini içeren CSV formatında veri tablosu elde edilmiştir.

3.1.4 Yaya hareket örüntüsü analizleri

Yaya hareket örüntüsünün temel analizleri tez çalışmasının çekirdeğini oluşturmaktadır. Birey davranış hareketlerinin karşılaştırmalı sonuçlarının gözlemlenebilmesi için dört aşamada inceleme yapılmıştır; yaya takibi ve açısız yönelme, ortalama hız, yaklaşma ve kişisel alan, yoğunluk ve akış/debi.

Analizlerin yapılabilmesi için Tracker yazılımından elde edilen zamana bağlı koordinatların olduğu veri tablosu girdi olarak kullanılmıştır. Bu aşamada gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi Python programlama dili ile yardımcı bir script yazılarak yürütülmüştür. Veri analizi ve görselleştirme için Python ortamında Pandas, Numpy, Matplotlib ve Seaborn kütüphaneleri kullanılmıştır.

Analizler bireysel yayalar ve örneklem alanlar bazında olmak üzere iki paralel süreçte gerçekleştirilmiştir. Her yaya için zamana bağlı hareket, hız, kişisel alan, açısız yönelim ve doğrusalılık gibi hesaplamalar yapıp tablolastırılmakla birlikte örneklem alanlar özelinde ise zamana bağlı toplam ortalama hız, kişisel alan istatistikleri, yaya sayısı, yoğunluk ve akış verileri oluşturulmuştur.

3.1.4.1 Yaya takibi ve açısız yönelme

Yayaların her örneklem kesit alan için takibi ile birlikte koordinatlara dayalı olarak takibi yapılmıştır. Yaya hareketlerinin oluşumunda çevresel fiziksel etmenler, bina ve dükkân türleri ve girişleri, mekân kurgusu, zemin döşemesi, kent mobilyaları ve diğer yayaların etkili olduğu görülmüştür. Bu aşamada yönleri de dikkate alınarak ortaya çıkarılan yaya hareketi izlerinin gruplaşması ve birbirini takip etmesini takiben bölüm 2.3.3'te bahsedildiği üzere *şerit formasyonu* oluşumları gözlemlenmiştir. Bu bağlamda

yayanın iki boyutlu düzlem üzerindeki hareket karakteristiğini nicel olarak belirlemeye yönelik doğrusallık ve açısal yönlenme analizleri yapılmıştır.

Doğrusallık, bireylerin yaya tuzağına giriş ve varış noktaları arasındaki mesafenin ne kadar doğrudan kat edildiğini ölçmede kullanılan hesaplama bileşenidir. Çeşitli yaya gruplarının yürüme rotaları farklılaşabilir. Yayanın (p) giriş (G) ve varış (V) noktaları arasına çekilen en kısa doğru uzunluğunun (L_{GV}) bireyin gerçekte kat ettiği mesafeye (L_p) oranı doğrusallık ölçüsünü (l) vermektedir. Ölçülen iki mesafe türünün birbirine yakın olması, diğer bir deyişle doğrusallık değerinin 1'e yaklaştıkça doğrusallık değeri maksimuma yakınsaması, hareket doğrultusu mümkün olduğunca korunmuş anlamı taşımaktadır. Tam tersine, doğrusallık değeri düştükçe yayanın daha karmaşık bir rota izlediği ve alan içerisinde serbest dolaşım hareketleri gösterdiği sonucuna ulaşılabilir. Ancak doğrusallık değeri zamana bağlı olmanın aksine, yayanın örneklem alan içerisinde yaptığı hareketin toplam sonucudur.

$$l = L_{GV}/L_p \quad (3.1)$$

Her bir yayanın t anındaki konumunun bir önceki adımına göre kat ettiği mesafenin koordinat düzlemi üzerindeki mutlak yönelimi açısal yönlenme (θ_p) olarak tanımlanmakla birlikte birimi derece olarak belirlenmiştir. Doğrusallık parametresi ile birlikte düşünüldüğünde, bireyin açısal yönlenmesi değerlerinin standart sapması düşük olması durumunda doğrusal hareket yaptığı sonucuna da ulaşılabilir. Ancak hangi yönlerde ne ölçüde hareketin gerçekleştiği bir rüzgârgülü grafiği ile detaylı olarak görselleştirilmiştir.

3.1.4.2 Ortalama yürüme hızı

Yayaların her birinin (p) belirlenen zaman aralığında ($t_{adım} = 1$ s) kat ettiği mesafe (L_t) formüle edilerek hesaplanmış ve buna bağlı olarak her adımdaki hız verisi ortaya çıkarılmıştır. Her yayaya ait ve her örneklem alanın t anındaki hız (v_t) istatistikleri ilişkili veri tablolarına yansıtılmıştır ve görselleştirilerek karşılaştırmaya sunulmuştur. Yürüme hızları hesaplanırken durağan durumdaki bekleme yapan yayaların 0,5 m/s ve altında hızlara sahip olduğu görülmüş ve çalışma kapsamında ayrıca ele alınmıştır.

$$v_t = \frac{\sqrt{(x_t - x_{t-1})^2 + (y_t - y_{t-1})^2}}{t_{adım}} \quad (3.2)$$

Ortalama yaya hızlarına ait farklı ölçüm ve görüşler mevcut olmakla birlikte elde edilen veriler bu değerler üzerinden karşılaştırmaya sunulmuştur. Bölüm 2.1.2’de ele alındığı üzere fiziksel çevrenin yanı sıra gün, saat ve hava sıcaklığı da yayanın yürüme hızını etkilemektedir. Ancak çalışma kapsamında mevsimsel durum, hava sıcaklığı, gölgelenme ve Güneş’in durumu yaya hareketinde etkili olmamıştır.

3.1.4.3 Yoğunluk ve akış

Örneklem alan içerisinde birim alandaki (m^2) kişi sayısı (P) yoğunluk değerini (d) ifade etmektedir. Teorik olarak değer aralığı 0 ile 6,25 kişi/ m^2 aralığında olmakla birlikte, bölüm 2.3’te de belirtilen deneysel çalışmalarda bu değer maksimum ölçülen değer 5,40 kişi/ m^2 olduğu görülmüştür.

$$d = P/m^2 \quad (3.3)$$

Akış ise birim alan ve zamanda geçiş yapan yaya hacmidir. Formülasyonun oluşturulmasında fizik bilimindeki hacimsel akış formülünden yararlanılmıştır. Birim alandaki yaya sayısı yoğunluk (d) ve birim zamandaki toplam yaya hareketi (v_{ort}) olduğu düşünülürse iki değer çarpımı akışı (Q) göstermektedir. Denklemden çözümleme yapıldığı takdirde akış birimi $P/m.s$ olarak ifade edilmiştir. Çalışma alanında yaya akışı iki yönde gerçekleştiği için akışlar Tünel ($Q_{Tünel}$) ve Taksim (Q_{Taksim}) yönde ayrı olarak ele alınmıştır.

$$Q = dv_{ort} (P/m.s) \quad (3.4)$$

3.1.4.4 Yakınlaşma ve kişisel alan

Kişisel alan mesafesi (S) olarak da isimlendirilebilen yakınlaşma, bir yayanın en yakınındaki diğer bir yaya veya engel ile olan mesafesidir. Veri analizinde bu hesaplama bireyin (p) t anında var olan diğer tüm yayalar ile olan uzaklığının (r) kontrol edilmesi ve en yakın birey (p_i) ile olan mesafenin seçilmesi esasına dayanmaktadır. Bir yayanın kabul edilen standart yarıçap uzunluğu yaklaşık 0,4 m kabul edilmiştir ve bu değerden düşük sonuçlar hesaplama katılmamıştır. Kişisel alan mesafesi yoğunluk ile ters orantılıdır fakat grup yürüme davranışının bulunma durumuna göre oransal ilişki değişebilmektedir.

$$S = r_{p-p_i} \quad (3.5)$$

3.2 Alan Çalışması

Çalışma alanı olan İstiklal Caddesi'ne dair özellikler detaylandırılarak segmentlere ayrılmıştır. 4 ana bölümün kendi özelliklerini temsil edebilecek belirlenen örneklem kesit alanlarda video kamera yardımı ile gözlem yapılmıştır. Elde edilen görüntülerde yer alan yayalar yazılım yardımı ile takip edilmiş ve veri tablosuna dönüştürülmüştür. Belirlenen dört mikro düzeyde veri analizi ile İstiklal Caddesi'nin bölümleri birbiri ile bu parametreler üzerinden karşılaştırılmıştır. Mikro düzeyde yaya hareketi analizleri ve buna bağlı olarak bütüncül çıkarımlar ile birlikte bölüm sonucunda genel değerlendirme ve tartışma yürütülmüştür.

3.2.1 Çalışma alanı ve özellikleri

Önceleri Cadde-i Kebir (Büyük Cadde) olarak adlandırılan İstiklal Caddesi, İstanbul'un Beyoğlu ilçesinin merkezini oluşturmaktadır. 19. yüzyıldan günümüze uzanan tarihi ile birlikte kentin tarihi ticari ve kültürel merkezlerinden birisidir. Galata yamaçları ile başlayıp topografik sırt boyunca Taksim Meydanı'na kadar uzanmaktadır. Güneybatı'da Galata Kulesi ve Tünel Meydanı ile başlayan caddenin orta kısmında Aziz Antuan Kilisesi ile Galatasaray Lisesi yer almakta ve Gezi Parkı'nı da içeren Taksim Meydanı ile sonlanmaktadır. Osmanlı dönemi boyunca demografisinin yüksek çoğunluğunu gayrimüslim nüfus oluşturmuş; üzerinde bulunan sinema, tiyatro, kafe, restoran ve otelleri ile birlikte ticari ve kültürel merkez olmuştur. Yine bu dönemde Fransa ve İngiltere başta olmak üzere birçok ülkenin konsoloslukları cadde boyunca toplanmıştır. Fakat 1955'te gerçekleşen 6 – 7 Eylül olayları sonucunda kimliği büyük ölçüde zarar görmüş, 90'lı yıllara kadar İstiklal Caddesi eski önemini kaybetmiştir. 90'lı yıllar ile birlikte cadde yenilenme sürecine girmiştir. Cadde büyük ölçüde yayalaştırılmış, temizlenmiş ve yapılarda restorasyonlara gidilmiştir. Tarihi Tünel funiküleri, tramvay hattı vasıtası ile modern M2 metro hattına bağlanmaktadır. Tünel, Galatasaray ve Taksim Meydanları ile birlikte İstiklal Caddesi aynı zamanda bir toplanma, yürüyüş ve protesto mekânıdır. Cushman & Wakefield'in raporuna göre 2018 yılında günlük ziyaretçi sayısı hafta içi 119.000 ve haftasonu 190.000 olarak tahmin edilmektedir (Cushman & Wakefield, 2019).

3.2.1.1 İşlev

İstiklal Caddesi, son yıllarda gördüğü zarara rağmen geçmiş ile günümüz bağı kuvvetli bir mekân olarak öne çıkmaktadır. Bu bölüm mekânı günümüzdeki tarihi ve kültürel işlev çerçevesinden ele almaktadır ve “İstiklal Senin” adlı çalışmadan derlenmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2020).

Cadde; pastane, kahvehane, birahane, bar, meyhane, lokanta, restoran ve kafeler gibi yeme-içme noktalarına ev sahipliği yapmakla birlikte bu mekânlar Demirören AVM ve Tünel arası ile birlikte Asmalı Mescit semtinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 3.2).

Yeme-içme alanları, alan boyunca dağılan ticari ve kültürel işlevler için birleşme noktaları olan 23 adet pasaj, han ve geçit yapıları ile bağlantılıdır.

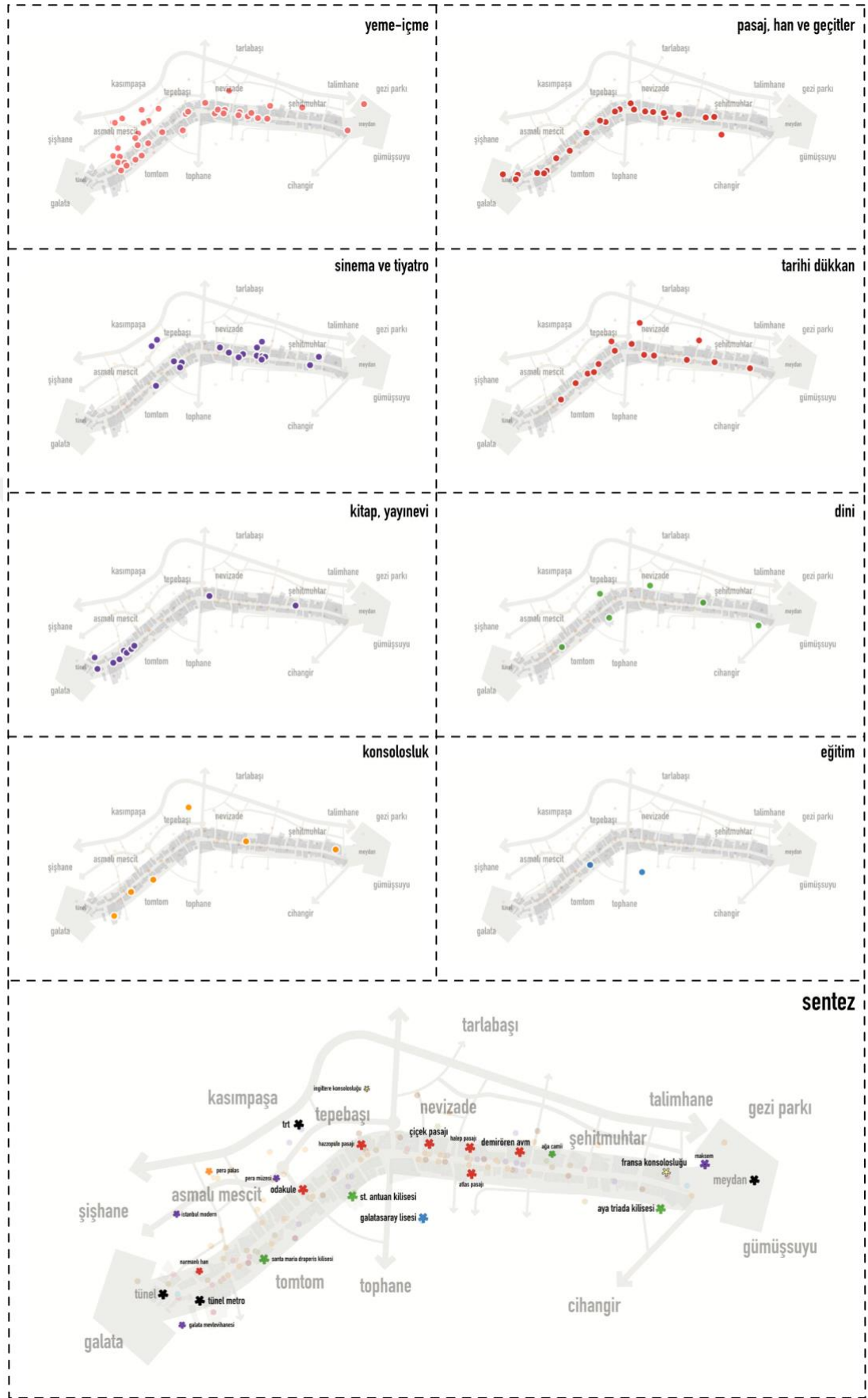
Sinema ve tiyatrolar da pasaj, han ve geçit yapılarına ev sahipliği yapan noktalar ile ilişkilidir. Orta kısımda yoğunlaşan 21 adet sinema, tiyatro ve kültürel işlev mevcuttur. Film festivali mekânlarının alternatif noktalara kayması gibi gelişmeler sonucu dönüşüm geçiren İstiklal Caddesi’nin kültürel merkez olma özelliği son dönemde zayıflamaktadır.

Eczane, giyim dükkânı ve pastane, kitap ve yayınevi gibi tarihi dükkânlar ise çoğunlukla Tünel Meydanı’na yakın konumlarda yer almaktadır. Son dönemde, çağdaş kültürel mekân olma özelliği taşıyan Borusan Sanat, Salt Beyoğlu ve Yapı Kredi Kültür Sanat gibi sergi mekânları Galatasaray Lisesi ve Tünel arasında bulunmaktadır.

Aya Triada Rum Ortodoks, Surp Yerrontutyan, Panayia, Aziz Antuan Katolik ve Santa Maria Draperis Kiliseleri ile Ağa Camii gibi dini yapılar İstiklal Caddesi’nin kültürel ve tarihi demirtaşlarını oluşturmaktadır.

Caddenin en eski kurumsal yapıları konsolosluklar ise Fransa, Yunanistan, İngiltere, Hollanda, Rusya ve İsveç başkonsoloslukları olmak üzere altı adettir. Cadde ile birebir ilişkili olarak Galatasaray ve Beyoğlu Anadolu Liseleri yer almaktadır.

Genel duruma bakıldığında tarihi işlev Demirören AVM ile Tünel Meydanı arasında zenginleşmektedir. Tepebaşı ve Asmalı Mescit tarihi, kültürel ve eğlence alanları bağlamda önemli semtler olmak üzere, günümüzde bu mekânların arasına Şehirmuhtar ve Nevizade semtleri de entegre olmuş durumdadır. Pasajlar, dini yapılar, kamu binaları, konsolosluklar ve kültürel işlevler tarihi hafızada önemli noktalardır.



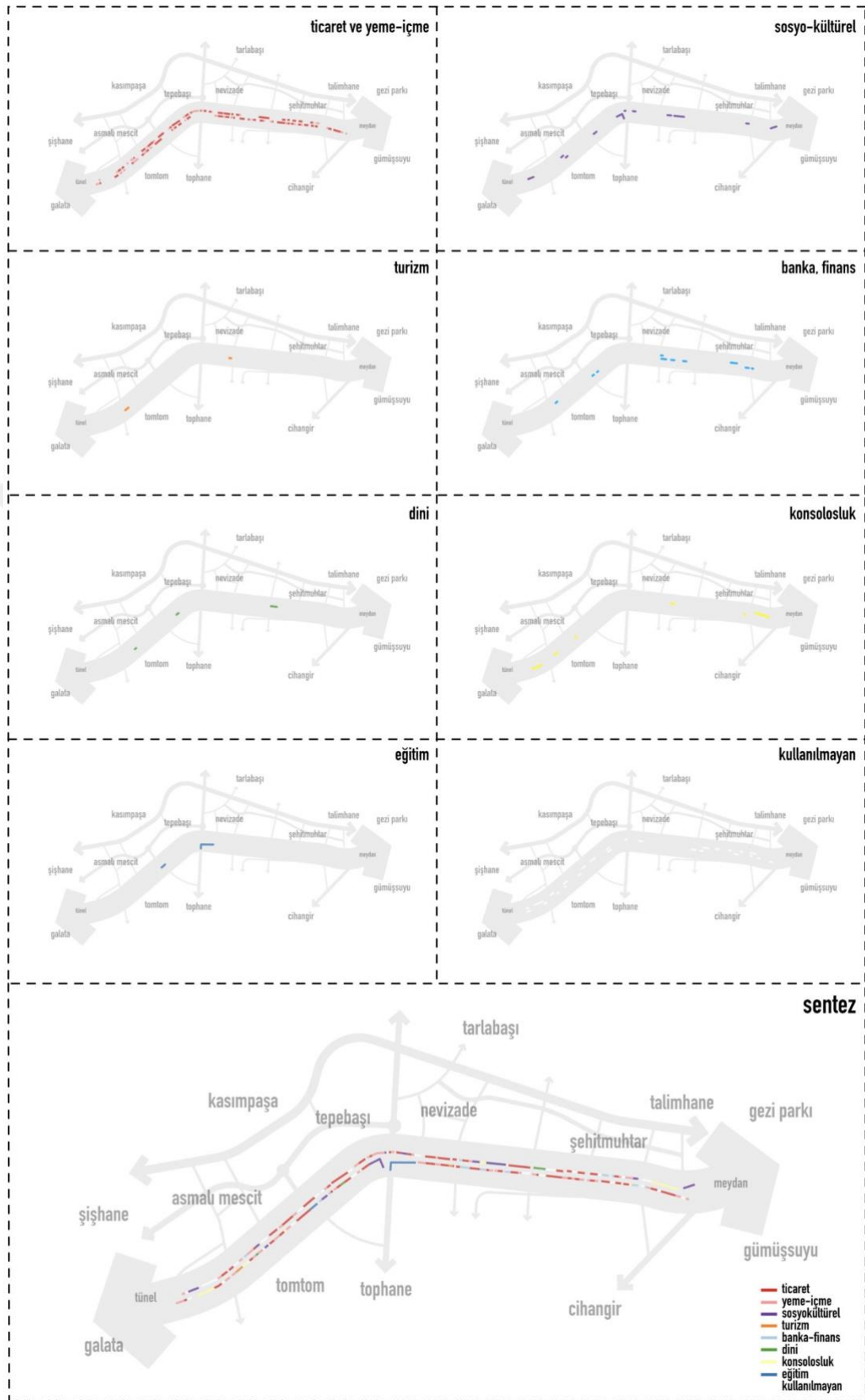
Şekil 3.2 : İşlev analizi.

3.2.1.2 Giriş kat cephe kullanımları

1,4 kilometre uzunluğundaki İstiklal Caddesi'nde sokak girişleri ve kullanılmayan yapılar da dahil olmak üzere toplam 3.179 metre uzunluğundaki cephe kullanımları on kategoride incelenmiştir. Bu kısımda Soygüzeloğlu ve Kürkçüoğlu'nun (2021) çalışmasından faydalanılmıştır.

Ticaret ve yeme-içme mekânları, toplam cephe uzunluğunun yarısı ile caddede yayalar açısından en yaygın kullanım oranlarına sahiptir (Çizelge 3.1). Restoran, lokanta, kafe ve barler gündelik iş ve aktivitelerin parçasıdır. Taksim Meydanı'na yakın konumlar günümüzde sürekli işlevsel devinim içerisinde, temel işlevleri aynı kalmakla birlikte çoğunlukla bu dükkânlar el değiştirmektedir. Pasaj, han ve geçitlerin ise yaya-aktif cephelere ev sahipliği yapmasına karşın bu alanların yerini Demirören ve Grand Pera gibi yapılar başta olmak üzere alışveriş mekânları almaya başlamıştır. Cephe uzunluğu bazında ikincil en yaygın kullanım ise İstiklal Caddesi'nin yaklaşık onda birinde yer alan sosyo-kültürel alanlara aittir. Yapı Kredi Kültür Sanat, Salt Beyoğlu, Borusan Sanat, Odakule Sanat Galerisi ile diğer birçok orta ve küçük ölçekli kültür-sanat dernek ve organizasyonları yer almaktadır. Caddeye cephesi bulunan beş adet konsolosluk yapısının yaya açısından işlevleri çok zayıf olmasına rağmen birer nirengi noktalarıdır. Aynı şekilde bahçe duvarlarının açıklığı görsel seyir etkileşimi kuvvetli mekânlar yaratmaktadır. Ancak günümüzde güvenlik sebebi ile önlerinde bulunan polis kulüpleri yaya hareketine olumsuz etki sağlamaktadır. Bankalar ve döviz büroları İstiklal Caddesi'nin ilk yarısında daha yoğun bulunmaktadır. Ziraat, Garanti, Vakıf ve Yapı Kredi bankaları çalışma saatleri dışında kapalı olsalar da ATM'ler yaya bekleme alanları oluşturmaktadır. Aynı zamanda tarihi, kültürel ve turistik noktalar olan dini yapılar yaya etkileşimi kuvvetli cephe ve girişlere sahiptir. Çalışma alanında iki adet bulunan eğitim yapılarından Galatasaray Lisesi'nin tarihi girişi ve açıklığı aynı zamanda Galatasaray Meydanı'nı oluşturmakta ve yaya akışı açısından nirengi ve düğüm noktası özelliği bulunmaktadır (Şekil 3.3).

Caddenin son yıllarda geçirdiği dönüşüm sürecinin bir sonucu olarak yapı ve cephelerin önemli kısmı (%14,7) tadilatla veya kullanılamaz durumdadır. Dik kesişen sokakların mevcudiyeti de cephe uzunluğu ile birlikte ele alındığı takdirde İstiklal Caddesi'nin yaklaşık onda biri sokak girişlerinden oluşmakta ve bu girişler yaya sirkülasyon ve dağılımının büyük parçaları olmaktadır.



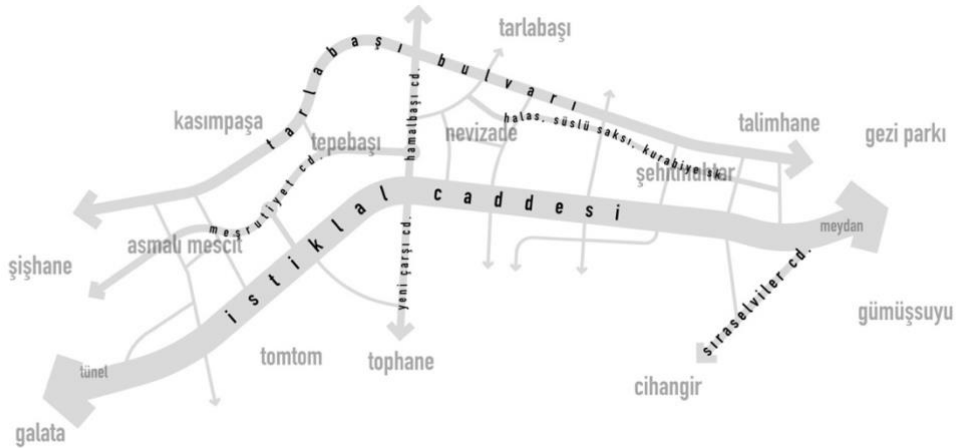
Şekil 3.3 : Cephe analizleri.

Çizelge 3.1 : İstiklal Caddesi'ne ait cephe türleri ve uzunlukları.

Cephe Türü	Cephe Uzunluğu (m)	Oran (%)
Ticaret	1049,9	33,0
Yeme-İçme	550,7	17,5
Kullanılmayan	467,2	14,7
Sokak Girişleri	316,4	9,7
Sosyo-kültürel	222,8	8,0
Konsolosluk	175,0	5,7
Finans	157,3	4,9
Dini	84,9	2,7
Eğitim	86,2	2,7
Turizm	68,3	2,1
Toplam	3178,7	100

3.2.1.3 Hareket ve meydanlar

Galata ve Taksim arasında 1,4 km boyunca uzanan İstiklal Caddesi'nin güneybatısında boğaza doğru bakan yamacında konut yoğunluklu olarak Tomtom ve Sıraselviler Caddesi'nin bağlandığı Cihangir semtleri yer almaktadır. İstiklal Caddesi'nin bir sırt olmasından dolayı topografya işlev zenginliğinin kuzeybatıda yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Gündelik kentsel işlev çeşitliliği İstiklal Caddesi ve Tarlabası Bulvarı arasında bulunan bölgede yoğunlaşmaktadır. Asmalı Mescit ve Tepebaşı semtlerinin omurgasını oluşturan Meşrutiyet caddesi bir kültürel aks olarak tanımlanabilir. Nevizade ve Şehitmuhtar semtleri ise eğlence ile yeme-içme odağı durumundadır. Bu işlevi Halas, Süslü Saksı ve Kurabiye sokaklar bütünü taşımaktadır. 1986-88 yılları arasında belediye başkanı Bedrettin Dalan döneminde yapılan yıkımlar sonucu Tarlabası Bulvarı açılmış, fakat bu durum Kasımpaşa ve Beyoğlu'nun kültürel mekânları arasındaki ilişkiyi koparmıştır (Şekil 3.4).



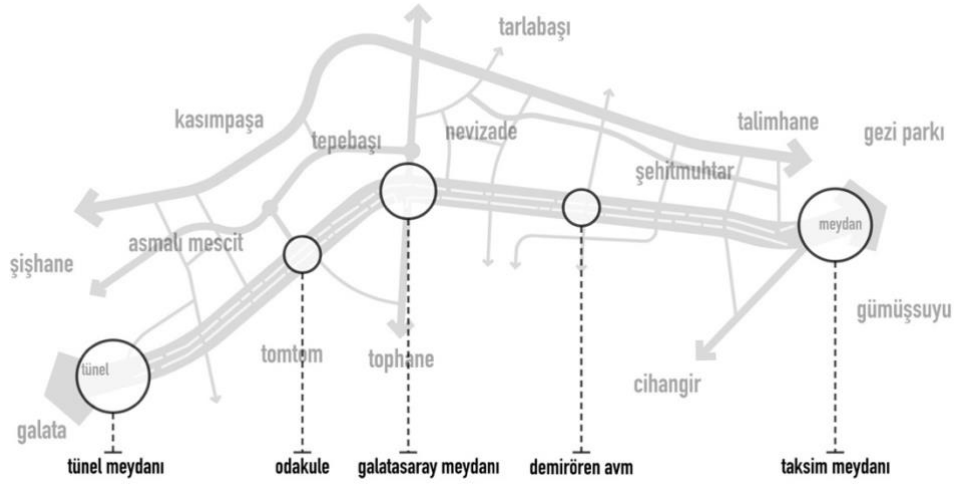
Şekil 3.4 : Hareket analizi.

İstiklal Caddesi, Taksim ve Tünel Meydanlarının iki ucunu oluşturduğu bir aks konumundadır. Bu meydanlar mikro ve makro ölçekler açısından birer düğüm noktası olmakla birlikte aynı zamanda nirengi noktalarıdır. Metro, otobüs, dolmuş ve taksi gibi toplu taşıma duraklarının mevcudiyeti ile Taksim Meydanı toplu taşıma açısından önemli bir odak noktasıdır ve aynı zamanda Harbiye, Maçka, Gümüşsuyu, Dolmabahçe ve Kabataş semtlerine yaya ulaşımı sağlamaktadır. Tünel Meydanı ise meydana adını veren tarihi föniküler ve Taksim Metrosu çıkışına sahip olmasının yanında Şişhane, Galata, Pera ve Karaköy semtleri ile yaya bağlantısına sahiptir. Galatasaray Meydanı, bu iki büyük düğüm noktasını bir araya getiren bir ara meydan olmasının yanı sıra işlev ve form bağlamında bir kırılma noktasıdır. İstiklal Caddesi'ne dik yerleşen işlevsellik bağlantısını kurmakla birlikte Kasımpaşa'dan Tophane'ye kadar olan aksın kesişimini sağlamaktadır (Şekil 3.5).

Galatasaray Meydanı ile ikiye ayrılan İstiklal Caddesi'nin Taksim yönünde kalan kısmı, Tünel bölgesine göre bağlantısallık ve işlev yoğunluğu ile birlikte görece daha etkin olmakla birlikte Tophane ve Cihangir gibi önemli semtler ile olan entegrasyon imkânı yüksektir. Tünel'e doğru olan kesim ise Asmalı Mescit ve Tomtom gibi yerleşim alanları haricince çevre ile olan etkileşimi daha zayıf durumdadır.

Bununla birlikte, İstiklal Caddesi'ni daha detaylı alt parçalar üzerinden ele almak mümkündür. Tünel yakasında Odakule yapı olarak önemi, önündeki açıklık ve Tepebaşı semti ile bir pasaj oluşturan işlevi açısından bir ara toplanma mekânı olma özelliğine sahiptir. Kuzey taraftaki eğlence ve kültürel odak olan Asmalı Mescit bölgesi, Odakule'ye kadar olan kısımda İstiklal Caddesi ile dikey kesişen sokakları ile bağlantısallığı kuvvetli bir alan olarak göze çarpmaktadır. Fakat, bu çeşit bir entegrasyon Tepebaşı semtinin bitişik olduğu kısımda görece daha zayıf kalmakta, cadde odaklı olarak bir geçiş mekânı olduğu görülmektedir.

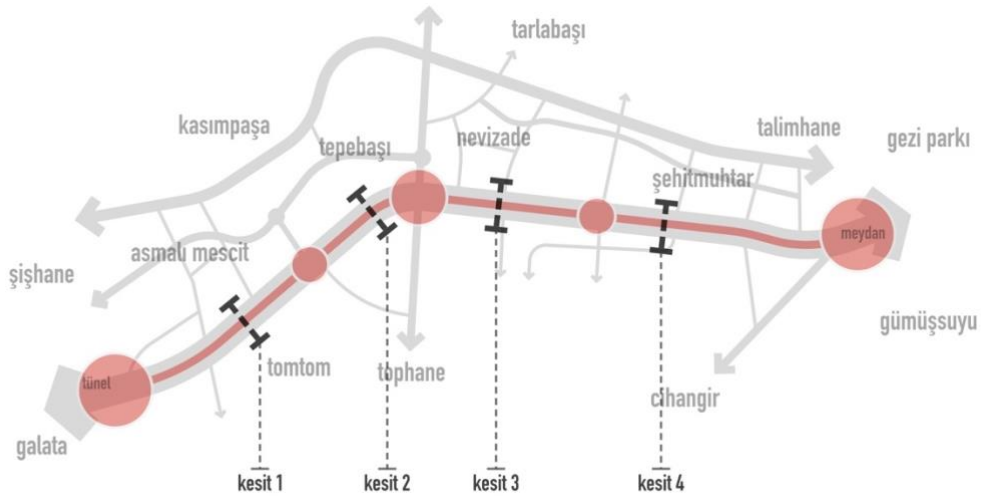
İkinci bölgede ise Atıf Yılmaz Caddesi ile dikey kesişimin odağı olan Demirören AVM işlevi, konumu ve yapı kütlesi ile birlikte yaya toplayıcı olan ve cadde boyunca işlevlerin ilk farklılaşmaya başladığı noktada bulunan bir mekân olmakla birlikte Nevizade ve Şehitmuhtar mahallelerini İstiklal Caddesi ekseninde ayırır niteliktedir. Nevizade semtinde eğlence alanlarının kümelenmesi ile birlikte cadde düzeyinde ise mağazaların yanında Çiçek, Atlas ve Halep pasajları gibi yaya etkin tarihi mekânlar bulunmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Meydan analizi.

3.2.1.4 Segment oluşumu ve gözlem kesitleri

İşlev, zemin kat kullanımları, hareket, kesişim noktaları ve meydanlar göz önünde bulundurulduğunda İstiklal Caddesi dört segment altında incelenebilmektedir. Segmentlerin ayrışma noktaları yaya hareketi karakteristiğinin anlamlı olarak farklılaşabileceği bölgeler olarak Tünel Meydanı, Odakule, Galatasaray Meydanı, Demirören AVM ve Taksim Meydanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanına dair nicel bağlamda bütüncül referans verebilecek bu segmentleri temsil eden dört örneklem alan kesiti belirlenmiştir (Şekil 3.6).

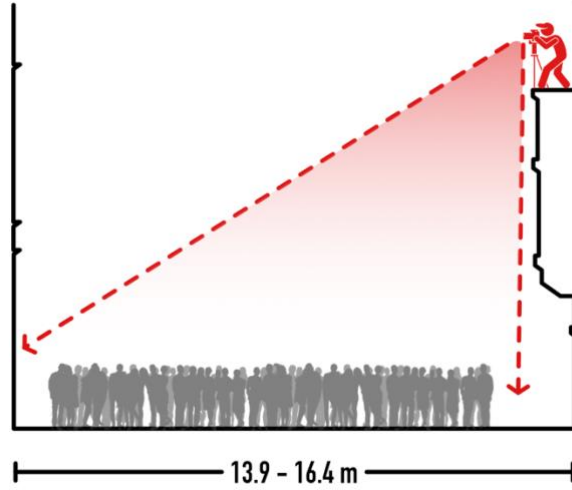


Şekil 3.6 : Segment oluşumu ve gözlem kesit noktaları.

3.2.2 Gözlem

Örneklem kesit alanların yer seçimi için temsil ettiği segmentin temel özelliklerini yansıtabilmesi, zemin kat kullanım ve cephe özellikleri, kent mobilyaları, bekleme noktaları, tramvay hattı, zemin döşemesi gibi fiziksel ve çevresel koşullar belirleyici olmuştur. Her bir örneklem kesit alan için hafta içi, hafta sonu ve öğle, akşam saatleri için toplam 16 gözlem yapılmıştır. Öğle 12:00 – 13:00, akşam 18:30 – 19:30 saatleri seçilmiş, hafta içi 1 Nisan 2022 Cuma ve hafta sonu 2 Nisan 2022 Cumartesi günleri olarak belirlenmiştir. Gözlemlerin yapıldığı zaman aralıklarında mevsimsel koşullar elverişli olduğundan dolayı yayaların hareketi üzerinde bir etkisi bulunmamıştır.

Örneklem kesit noktalarının her biri için seçilen yapının yüksek bir noktasından gözlemci vasıtası ile kamera kaydı yapılmıştır (Şekil 3.7). Gözlem noktalarının seçilmesinde yapı yüksekliği, hukuki kısıtlamalar ve kadraj genişliği belirleyici olmuştur. Bu kapsamda gözlem yapılan yapıların kullanımı adına mesken sahiplerinden izin alınmıştır. Her bir örneklem alan için 30 kare/s hızında 1'er dakika süre ile kayıt alınmıştır. Hafta içi için yayaların gözlemlenebileceği en büyük dikdörtgen alan *yaya tuzağı* olarak tanımlanmıştır.



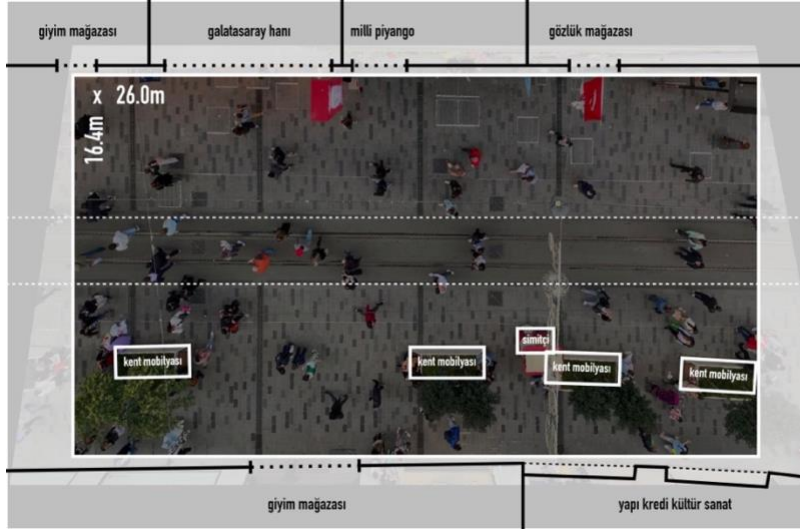
Şekil 3.7 : Gözlem düzeneği.

Tünel Meydanı ile Odakule arasında bulunan segmente ait *Örneklem Kesit Alan 1* dört adet apartman ve bir adet kilise yapısından oluşmaktadır. Bu yapıların caddeye bakan giriş kat cephelerinde iki restoran, bir mağaza, bir apartman girişi ve bir kilise girişi bulunmaktadır. Yaya tuzağı ölçüleri, dikey kadraja bağlı olarak 14,0 m x 5,8 m'dir (Şekil 3.8).



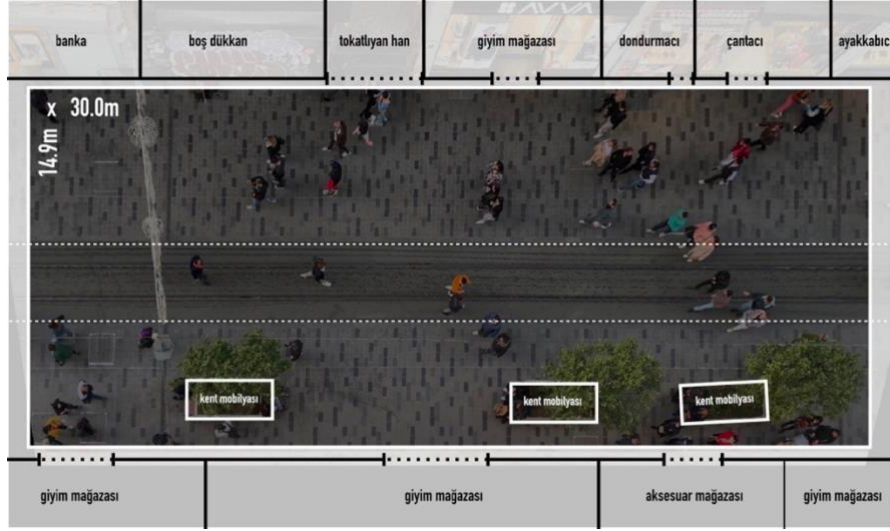
Şekil 3.8 : Örneklem kesit alan 1.

Örneklem Kesit Alan 2 ise Odakule ile Galatasaray Meydanı arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır. Galatasaray Hanı ve Yapı kredi Kültür Sanat gibi önemli noktalar ile birlikte giriş kat cephelerinde iki giyim mağazası, gözlük mağazası ve milli piyango ofisi mevcuttur. 16,4 m x 26,0 m ölçülere sahip yaya tuzağında oturma elemanı olarak da kullanılabilen dört adet bitki saksısı ile simitçi mevcuttur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Örneklem kesit alan 2.

Galatasaray Lisesi ile Demirören AVM arasındaki segmente ait Örneklem Kesit Alan 3'te bulunan yaya tuzağı 14,9 m x 30,0 m ölçüleri ile en geniş alana sahip gözlem noktasıdır. Caddenin bir tarafında bulunan üç adet kent mobilyası mevcuttur. Alanda giyim ve aksesuar mağazaları yoğun olmakla birlikte Tokatlıyan Han, banka, boş dükkân ve dondurmacı da yer almaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Örneklem kesit alan 3.

Örneklem Kesit Alan 4, Taksim Meydanı ile Demirören AVM'nin iki ucunda yer aldığı dilimi temsil etmektedir. Giyim mağazaları, apartman girişleri, yeme-içme noktaları ve Kontlar İş Hanı'nın bulunduğu noktadaki yaya tuzağının ölçüleri 13,9 m x 20,4 m olarak ölçülmüştür (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 : Örneklem kesit alan 4.

3.2.3 Veri işleme

Veri işleme, açık kaynak olarak dağıtıma sunulan bir fizik video analizi yardımcısı olan Tracker yazılımı ile sağlanmıştır. Elde edilen video görüntüleri kadraj eğimine sahip olduğundan dolayı yazılıma eklendikten sonra perspektif düzeltmesi aracı ile iki boyutlu düzleme aktarılmıştır. Ardından kalibrasyon çubuğu vasıtası ile belirlenen

Çizelge 3.3 : Örneklem kesit alan (T_{nt}) geneli verisi.

t (s)	Kişi Sayısı	Kişi Sayısı / (s _{ort})	Kişi Sayısı / (s _{ort})	Ortalama Hız (Hareket)	Ortalama Hız (Tümü)	Ortalama Hız (Sol)	Ortalama Hız (Sağ)	Ortalama Kişisel Alan	Yoğunluk (P/m ²)	Akış (P/ms)	Akış (Sol)	Akış (Sağ)
0	66	-	-	-	-	-	-	1,07	0,15	-	-	-
1	70	38	28	1,23	1,04	0,96	0,96	0,97	0,16	0,17	0,08	0,06
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
14	75	36	31	1,15	1,02	0,96	0,96	1,01	0,17	0,18	0,08	0,07

Elde edilen ham verinin temel ölçümlerin yapılabilmesi için Microsoft Visual Studio Code ortamında Python arabirimi kullanılarak düzenlenmiştir. NumPy, Pandas, Matplotlib ve SeaBorn gibi Python yazılım diline ait veri işleme ve görselleştirme kütüphanelerinden faydalanılmıştır. Bu araçlar ile yayalara ve örneklem kesit alanlara ait hareket verisi 3.4.1 numaralı bölümde belirtilen yöntemlere göre hesaplanarak tekrar tablolastırılarak analiz edilmiş ve görselleştirilmiştir.

3.2.4 Yaya hareket örüntüsü analizleri

Ölçümler kapsamında toplam 1.281 yaya izi işaretlenerek takip edilmiştir. Bireylerin ortalama doğrusallık değeri maksimum 1 olmak üzere 0,92 değerinde olduğu görülmüştür. Yayaların tüm hız ortalaması 1,10 m/s olarak ölçülürken hareket halindeki bireylerin ($v_{ort} > 0,5$ m/s) ise 1,20 m/s olarak ölçülmüştür. Bu bağlamda takip edilmiş tüm yayaların yaklaşık %10'unun (135 kişi) durağan halde olduğu belirlenmiştir. Korunan kişisel alan mesafeleri 0,23 m ile 7,60 m aralığında ortalama 1,09 m olarak belirlenmiştir. İstatistiklere ait standart sapma değerleri ise hareket çeşitliliği ve türü hakkında fikir vermektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Yayaların bireysel hareketlerinin istatistikleri.

	Ortalama	Standart Sapma
Doğrusallık	0,92	0,19
Toplam Hız	1,10 m/s	0,44
Hareket Hızı	1,20 m/s	0,33
Kişisel Alan	1,09 m	0,23

Örneklem kesit alanlara ait toplam yaya hızı ortalaması 0,97 m/s, hareket halindeki ($v_{ort} > 0,5$ m/s) yaya hızlarının ortalamaları 1,20 m/s olarak saptanmıştır. Yaya yoğunluk ve akış oranları değişiklik göstermekle birlikte değer ortalamaları 0,17 P/m² ve 0,15 P/ms olarak gözlenmiştir. Aynı zamanda lineer kabul edilen yaya hareketleri Tünel (0,08 P/ms) ve Taksim (0,06 P/ms) yönde olmak üzere ikili olarak ele alınmıştır. Yoğunluk ile ters orantılı olarak ortalama kişisel alan mesafesi 1,09 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 : Örneklem kesit alan hareketlerinin istatistikleri.

	Ortalama	Standart Sapma
Toplam Hız	0,97 m/s	0,23
Hareket Hızı	1,20 m/s	0,14
Yoğunluk	0,17 P/m ²	0,09
Akış	0,15 P/ms	0,06
Tünel Akış	0,08 P/ms	0,03
Taksim Akış	0,06 P/ms	0,04
Kişisel Alan	1,09 m	0,39

3.2.4.1 Örneklem kesit alan 1

Fiziksel koşulların kısıtlı olması sebebi ile 1. Örneklem Kesit Alan'a dair yaya tuzağı gözlem alanı sınırlı olmasına rağmen istatistiksel açıdan yeterli veri elde edilmiştir. Ele alınan 177 yayanın 33 adedi %19 oranda bekleme durumundadır. Bekleme hareketi yoğun giriş ve çıkışın yapıldığı Santa Maria Draperis Kilisesi'nin girişi ve çevresinde yoğunlaşmaktadır. Hareketin doğrusallığı hafta içi görece düşük ($I < 0,90$), hafta sonu ise ortalama civarı kalmaktadır (Çizelge 3.6). Yayaların hareketinin taşıt trafiğine benzer şekilde yolun sağ tarafından ileri, sol tarafından geri yönde aktığı görülmüştür. Aynı zamanda kilise önü kalabalığı ile tramvay yolu arasında olduğu gibi alt akış yönü koridorları da oluşmaktadır. Bu sebeple şerit formasyonu oluşumu gözlenmiştir (Şekil 3.13; Şekil 3.14).

Çizelge 3.6 : Doğrusallık indeksi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	0,87	0,75
Hafta sonu	0,91	0,93

Ortalama yaya hızı hafta sonu hafta içine göre düşmektedir. Hafta içi öğle saatlerinde ise genel ortalamanın üzerindedir. Standart sapma değerleri göz önünde bulundurulduğunda öğle saatlerinde daha çeşitli bir hız örüntüsü olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda hareketsiz durumdaki yayaların oranı da aynı şekilde öğle zaman diliminde daha fazladır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 : Ortalama yaya hızı.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,35 m/s std: 0,32	1,14 m/s std: 0,25
Hafta sonu	1,06 m/s std: 0,31	1,06 m/s std: 0,25

Öğle saatlerinde yaya yoğunluğu ortalamanın altında olsa da akşam saatlerinde oldukça yüksek seyretmektedir. Buna paralel olarak da yaya akışı öğle ortalama altı,

akşam ise ortalamanın üstündedir. Hafta içi hareket yönünde büyük bir fark gözlenmese de hafta sonu öğle Tünel, hafta sonu akşam ise Taksim Meydanı yönündeki akışlarda belirgin bir ayrım söz konusudur (Çizelge 3.8).

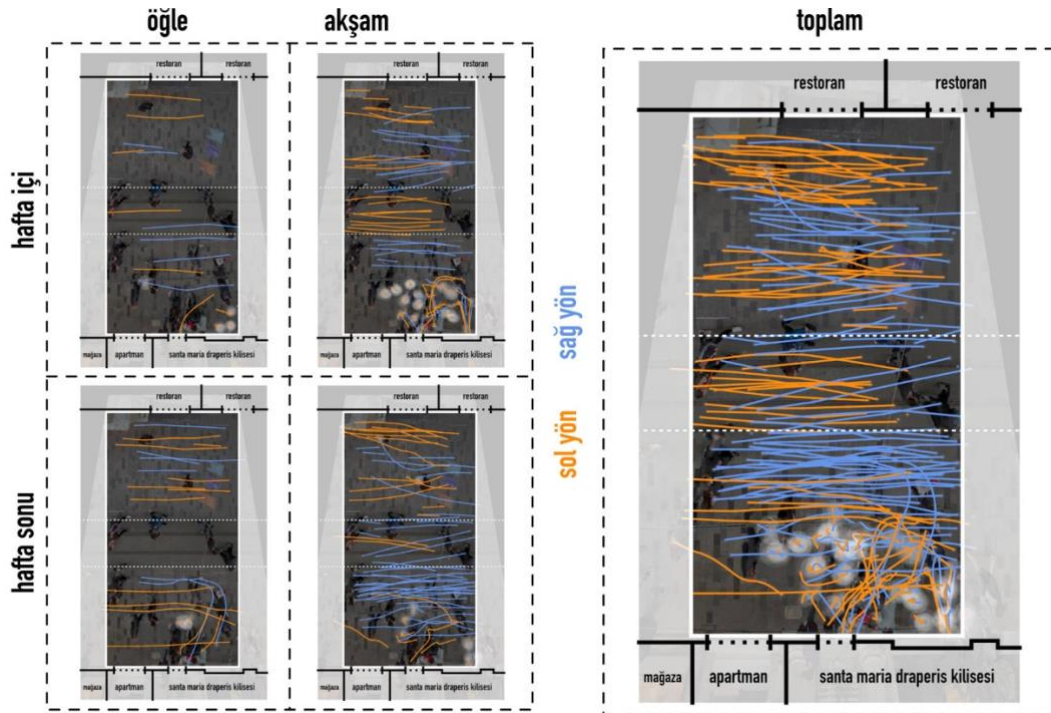
Çizelge 3.8 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).

	Öğle	Akşam
Hafta içi	Yoğunluk: 0,09 P/m^2 Akış: 0,06 P/ms Taksim akış: 0,02 P/ms Tünel akış: 0,03 P/ms	Yoğunluk: 0,37 P/m^2 Akış: 0,19 P/ms Taksim akış: 0,08 P/ms Tünel akış: 0,09 P/ms
Hafta sonu	Yoğunluk: 0,11 P/m^2 Akış: 0,09 P/ms Taksim akış: 0,03 P/ms Tünel akış: 0,05 P/ms	Yoğunluk: 0,31 P/m^2 Akış: 0,25 P/ms Taksim akış: 0,11 P/ms Tünel akış: 0,07 P/ms

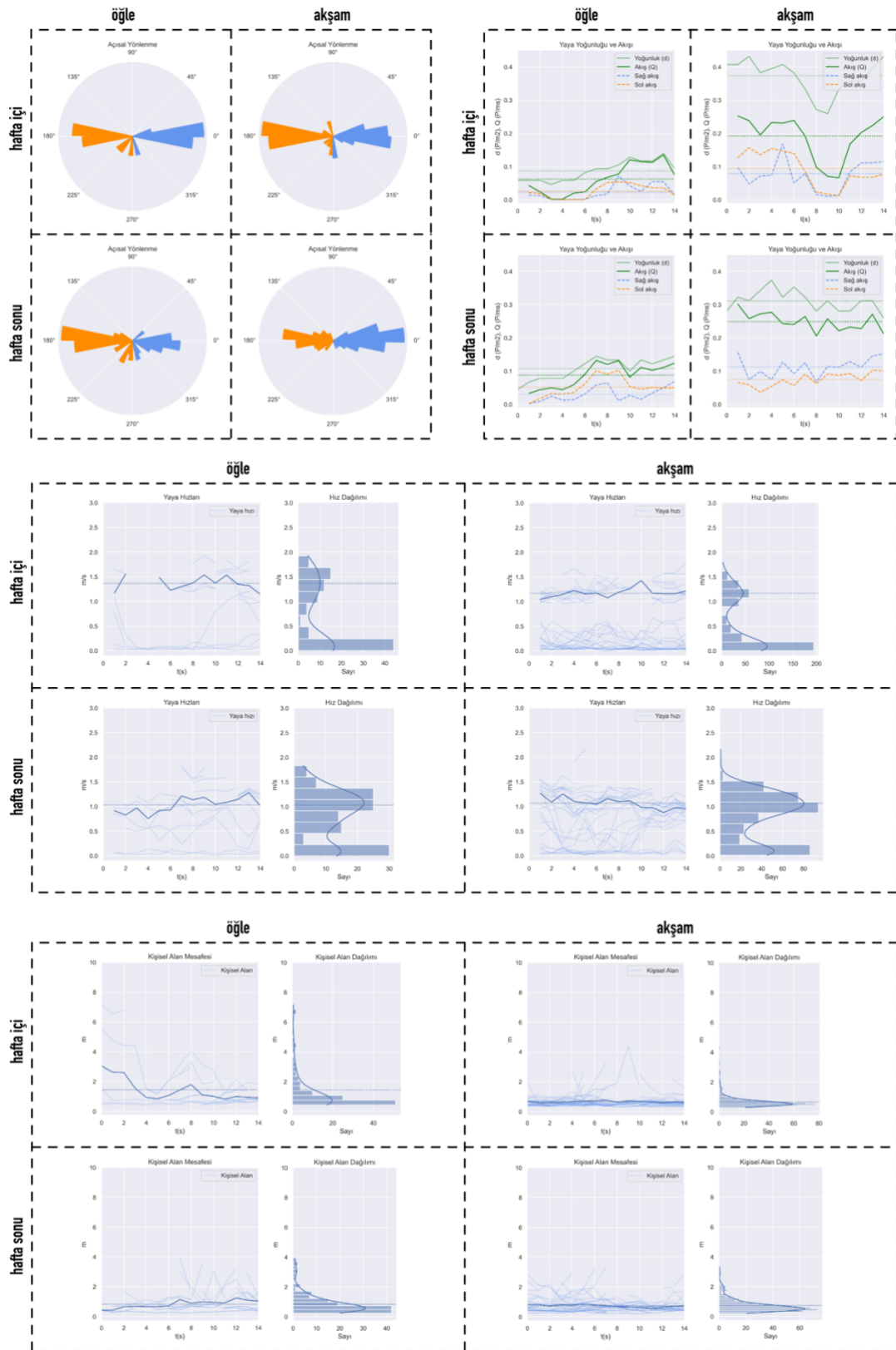
Hafta içi öğle zamanında kişisel alan mesafesi ortalamanın üzerinde iken diğer zaman aralıklarında ortalamanın altı seviyesine düşmektedir. Akşam saatlerinde ise standart sapma değerinin ortalamanın epey altında olduğu düşünülürse iki veya daha fazla kişilik grupların bir arada yürüdüğü sonucu çıkarılabilmektedir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 : Ortalama kişisel alan mesafesi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,45 m std: 0,74	0,66 m std: 0,06
Hafta sonu	0,84 m std: 0,25	0,73 m std: 0,09



Şekil 3.13 : Örneklem Kesit Alan 1'e dair yaya hareketleri.



Şekil 3.14 : Örneklem Kesit Alan 1'e dair yaya analizleri.

3.2.4.2 Örneklem kesit alan 2

Örneklem alan içerisinde takip edilen 370 yayanın bekleme oranı ise %11 olarak tespit edilmiştir. Kent mobilyası çevreleri bekleme alanı olarak kullanılmaktadır. Giyim mağazası önleri de bekleme alanı olarak kullanılmasının yanı sıra aynı zamanda yayalar açısından yaygın bir etkileşim noktasıdır. Hareket doğrusallığı öğle saatlerinde daha doğrusal olmakta, akşam saatlerinde ise davranış örüntüleri daha dolaylı bir yol almaktadır (Çizelge 3.10). Hareket yönüne bakıldığında taşıt trafiğine benzer bir oluşum olduğu gözlenebilmektedir. Giyim mağazası ile kent mobilyaları arasında kalan bölümde ters yönde bir şerit formasyonu oluşmaktadır (Şekil 3.15; Şekil 3.16).

Çizelge 3.10 : Doğrusallık indeksi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	0,97	0,90
Hafta sonu	0,95	0,90

Hafta içi öğlen saatlerinde yaya hızları ortalama üstü olmakla birlikte daha çeşitli bir hareket örüntüsü mevcuttur. Diğer gün ve saatlerde ise hız ortalaması genel ortalama veya altı seviyesindedir. Akşam saatlerinde yüksek oranda duraksama ve bekleme hareketi saptanmıştır (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11 : Ortalama yaya hızı.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,27 m/s std: 0,52	1,13 m/s std: 0,28
Hafta sonu	1,14 m/s std: 0,27	1,20 m/s std: 0,26

Hafta içi başta olmak üzere öğle zaman aralığında yoğunluk ve akış seviyeleri birbirine paralel olarak düşük olmakla birlikte akşam saatlerinde ise ortalamanın hemen üzerindedir. Hareket yönü yoğunlukla dengeli durumda olmasına rağmen genelde Tünel yönüne meyletmektedir (Çizelge 3.12).

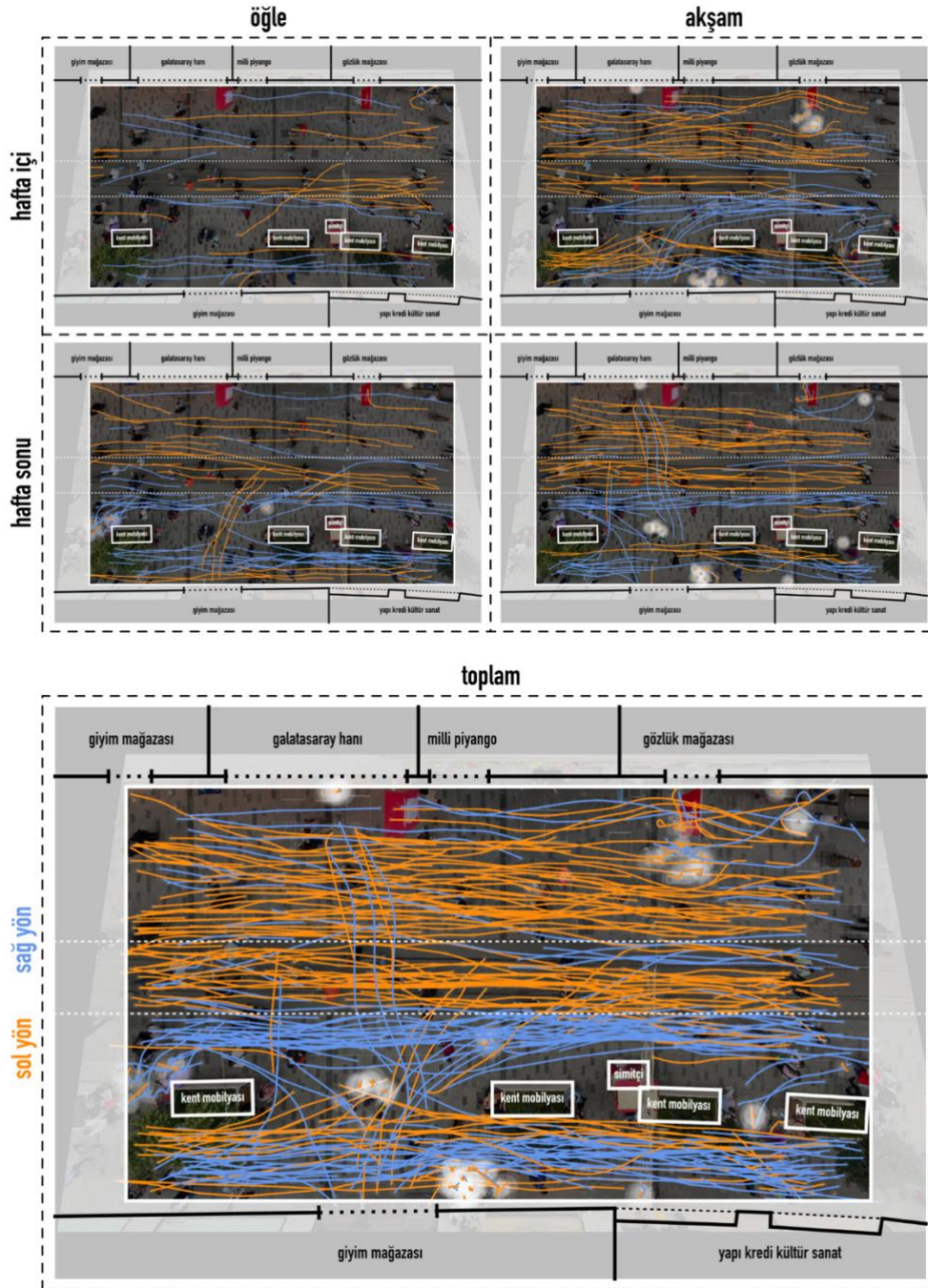
Çizelge 3.12 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).

	Öğle	Akşam
Hafta içi	Yoğunluk: 0,05 P/m^2 Akış: 0,07 P/ms Taksim akış: 0,03 P/ms Tünel akış: 0,04 P/ms	Yoğunluk: 0,18 P/m^2 Akış: 0,17 P/ms Taksim akış: 0,07 P/ms Tünel akış: 0,09 P/ms
Hafta sonu	Yoğunluk: 0,13 P/m^2 Akış: 0,13 P/ms Taksim akış: 0,08 P/ms Tünel akış: 0,05 P/ms	Yoğunluk: 0,18 P/m^2 Akış: 0,18 P/ms Taksim akış: 0,07 P/ms Tünel akış: 0,10 P/ms

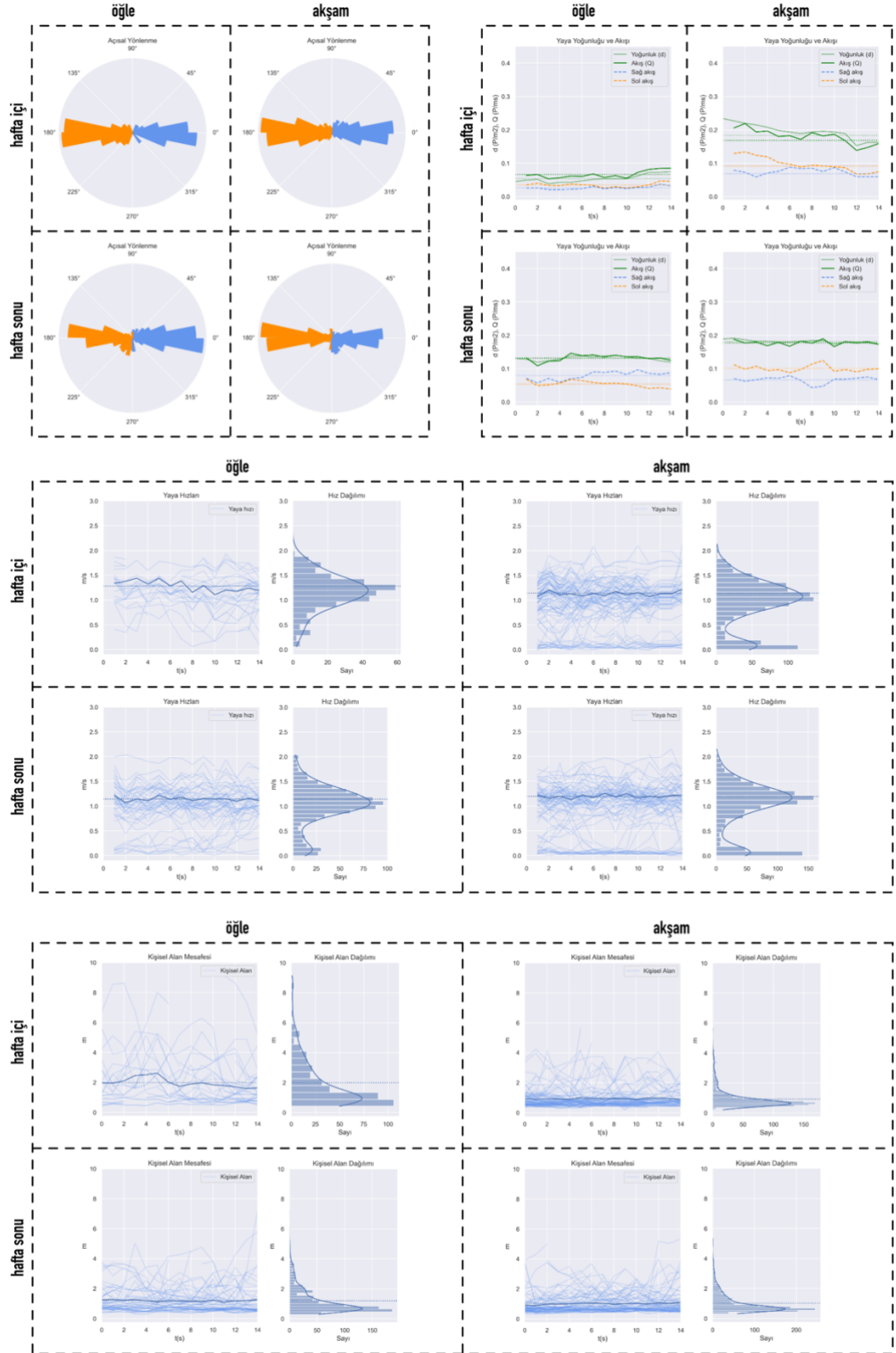
Öğlenleri kişisel alan mesafeleri ortalama üstüyken akşam saatlerinde bu değer ortalama altına düşmektedir. Hafta içi öğle başta olmak üzere grup hareketi yerine tekil hareket daha fazladır (Şekil 3.21).

Çizelge 3.13 : Ortalama kişisel alan mesafesi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,99 m std: 0,32	0,91 m std: 0,09
Hafta sonu	1,20 m std: 0,06	1,01 m std: 0,06



Şekil 3.15 : Örneklem Kesit Alan 2'ye dair yaya hareketleri.



Şekil 3.16 : Örneklem Kesit Alan 2'ye dair yaya analizleri.

3.2.4.3 Örneklem kesit alan 3

Gözlemlenen 347 yaya %6 oranda durağan hareket yapmaktadır. Oturma elemanı olarak da kullanılabilen kent mobilyaları, dükkân önleri ve ATM'ler yayalar için beklemenin daha yoğun olarak yapıldığı alanlardır. Mağaza ve dükkân girişleri tüm zaman aralıklarında yaya etkileşimi açısından diğer bölgelere göre daha zayıf kalmaktadır. Doğrusallık indeksi değerleri ortalama ya yakın seyretse de hafta sonları hareket karakteristiği daha direkt olmaktadır (Çizelge 3.14). Beklendiği gibi hareket yönü şekillenmesi taşıt trafiğine benzese de şerit oluşumu daha zayıf ve karma düzeydedir (Şekil 3.17; Şekil 3.18).

Çizelge 3.14 : Doğrusallık indeksi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	0,93	0,90
Hafta sonu	0,97	0,96

Öğlen saatlerinde yaya hızları oldukça yüksek, akşam saatlerinde ise ortalamanın hemen üstü seviyesindedir. Standart sapma değerlerine bakıldığında hareket türü çeşitliliğinde belirgin bir değişim görünmemektedir. Hafta içi öğlen gözleminde yer alan kalabalık grup haricinde hemen her saat aralığında hafif bekleme yapılmaktadır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15 : Ortalama yaya hızı.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,40 m/s std: 0,38	1,22 m/s std: 0,33
Hafta sonu	1,36 m/s std: 0,32	1,23 m/s std: 0,40

Öğlen saatlerinde yaya yoğunluğu ile akış seviyeleri düşüktür. Akşamları ise yoğunluk ortalamanın hemen altında, yaya akışı ise ortalamanın hemen üzerindedir. Caddenin bu kısmında hareket yönü hafta içi nötr, fakat hafta sonu Tünel yönünde daha yoğun olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.16).

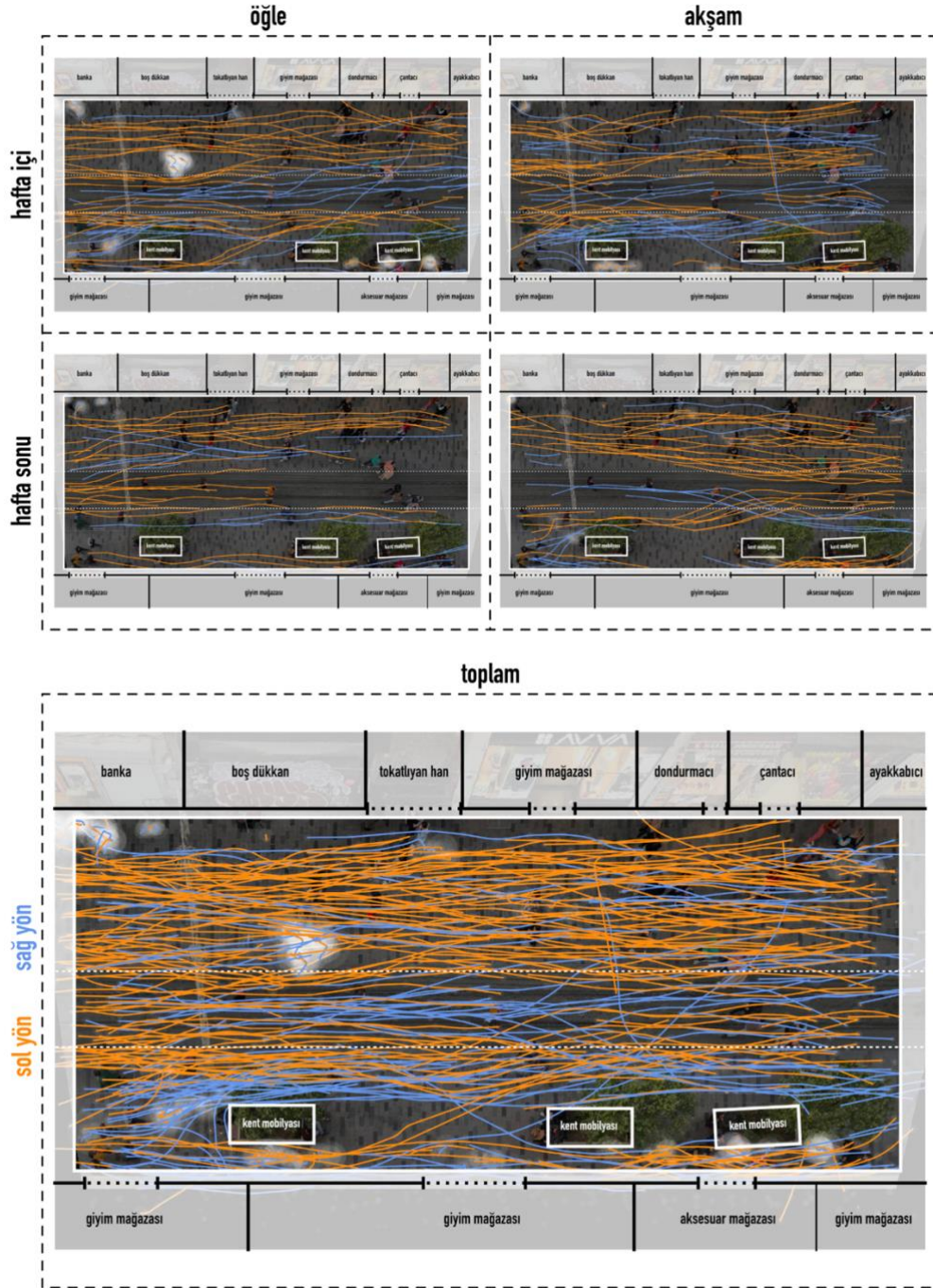
Çizelge 3.16 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).

	Öğle	Akşam
Hafta içi	Yoğunluk: 0,08 P/m^2 Akış: 0,09 P/ms Taksim akış: 0,04 P/ms Tünel akış: 0,05 P/ms	Yoğunluk: 0,16 P/m^2 Akış: 0,18 P/ms Taksim akış: 0,08 P/ms Tünel akış: 0,09 P/ms
Hafta sonu	Yoğunluk: 0,08 P/m^2 Akış: 0,10 P/ms Taksim akış: 0,03 P/ms Tünel akış: 0,06 P/ms	Yoğunluk: 0,13 P/m^2 Akış: 0,15 P/ms Taksim akış: 0,04 P/ms Tünel akış: 0,10 P/ms

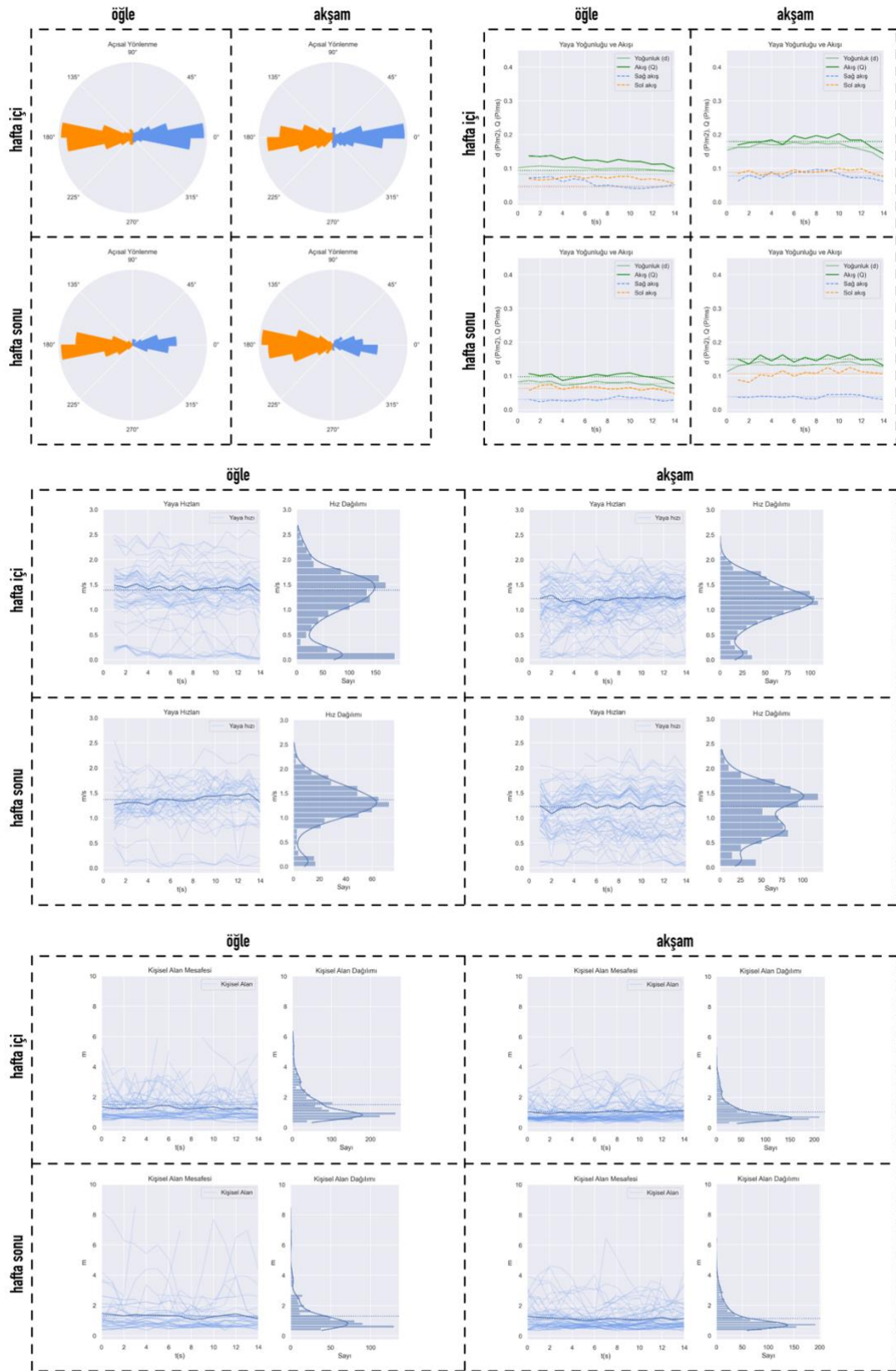
Öğle zaman aralığında yoğunluk az olduğundan dolayı kişisel alan mesafeleri düşük seviyede, akşam saatlerinde ise ortalama seviyesindedir. Grup hareketine karşın tekil yürüme davranışı ise daha yoğundur (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17 : Ortalama kişisel alan mesafesi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,51 m std: 0,28	1,04 m std: 0,08
Hafta sonu	1,30 m std: 0,12	1,14 m std: 0,08



Şekil 3.17 : Örneklem Kesit Alan 3'e dair yaya hareketleri.



Şekil 3.18 : Örneklem Kesit Alan 3'e dair yaya analizleri.

3.2.4.4 Örneklem kesit alan 4

İstiklal Caddesi'nin giriş kısmında bulunan 4. alan içerisinde 387 yaya takip edilmiş ve 40 tanesinin (%10) durağan durumda olduğu görülmüştür. Akşamları yapılan müzik ve benzer sokak sanatı etkinlikleri bekleme durumunu ve hareket yönü çeşitliliğini etkilemektedir. Mağaza önleri de yayalar için bekleme alanları olmasının yanında seyrek de olsa giriş ve çıkışların yapıldığı cephelerdir. Yayaların doğrusallıkları büyük çeşitlilik göstermemekte, genel ortalamaya yakın seviyededir (Çizelge 3.18). Yayaların hareket yönü ikili olarak belirgin olmasa da alt segmentler içerisinde belirginleşmektedir. Dolayısı ile şerit formasyonu da gözlemlenebilmektedir (Şekil 3.19; Şekil 3.20).

Çizelge 3.18 : Doğrusallık indeksi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	0,93	0,90
Hafta sonu	0,94	0,93

Hafta içi akşam başta olmak üzere ölçülen yaya hızları ortalamasının altı seviyededir. Hareket çeşitliliğinin nötr seviyede olmasının yanında sürekli olarak hafif beklemeler olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19 : Ortalama yaya hızı.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,18 m/s std: 0,30	1,04 m/s std: 0,30
Hafta sonu	1,10 m/s std: 0,24	1,17 m/s std: 0,31

Yoğunluk seviyeleri genelde ortalama civarında olmasına karşın hafta içi akşam saatinde daha yoğundur. Yaya akışları ise öğle ortalama, akşamları ise oldukça yüksek seviyededir. Bunun yanında akış yönünün hafta içi akşamı hariç genelde Tünel yönüne doğru olduğu görülmüştür (Çizelge 3.20).

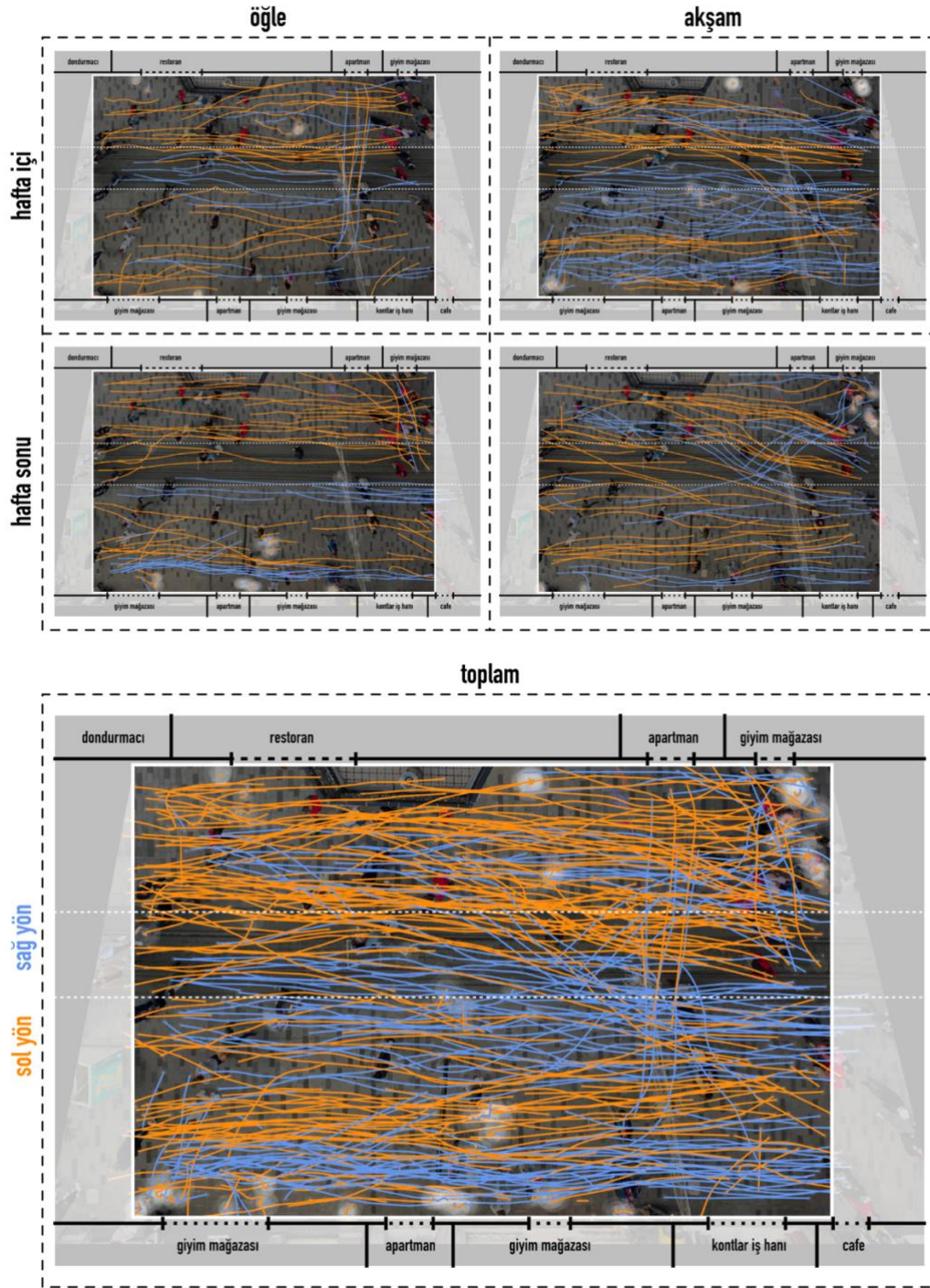
Çizelge 3.20 : Ortalama yaya yoğunluk (P/m^2) ve akışları (P/ms).

	Öğle	Akşam
Hafta içi	Yoğunluk: 0,14 P/m^2 Akış: 0,14 P/ms Taksim akış: 0,04 P/ms Tünel akış: 0,09 P/ms	Yoğunluk: 0,30 P/m^2 Akış: 0,26 P/ms Taksim akış: 0,15 P/ms Tünel akış: 0,11 P/ms
Hafta sonu	Yoğunluk: 0,17 P/m^2 Akış: 0,16 P/ms Taksim akış: 0,06 P/ms Tünel akış: 0,10 P/ms	Yoğunluk: 0,20 P/m^2 Akış: 0,21 P/ms Taksim akış: 0,08 P/ms Tünel akış: 0,13 P/ms

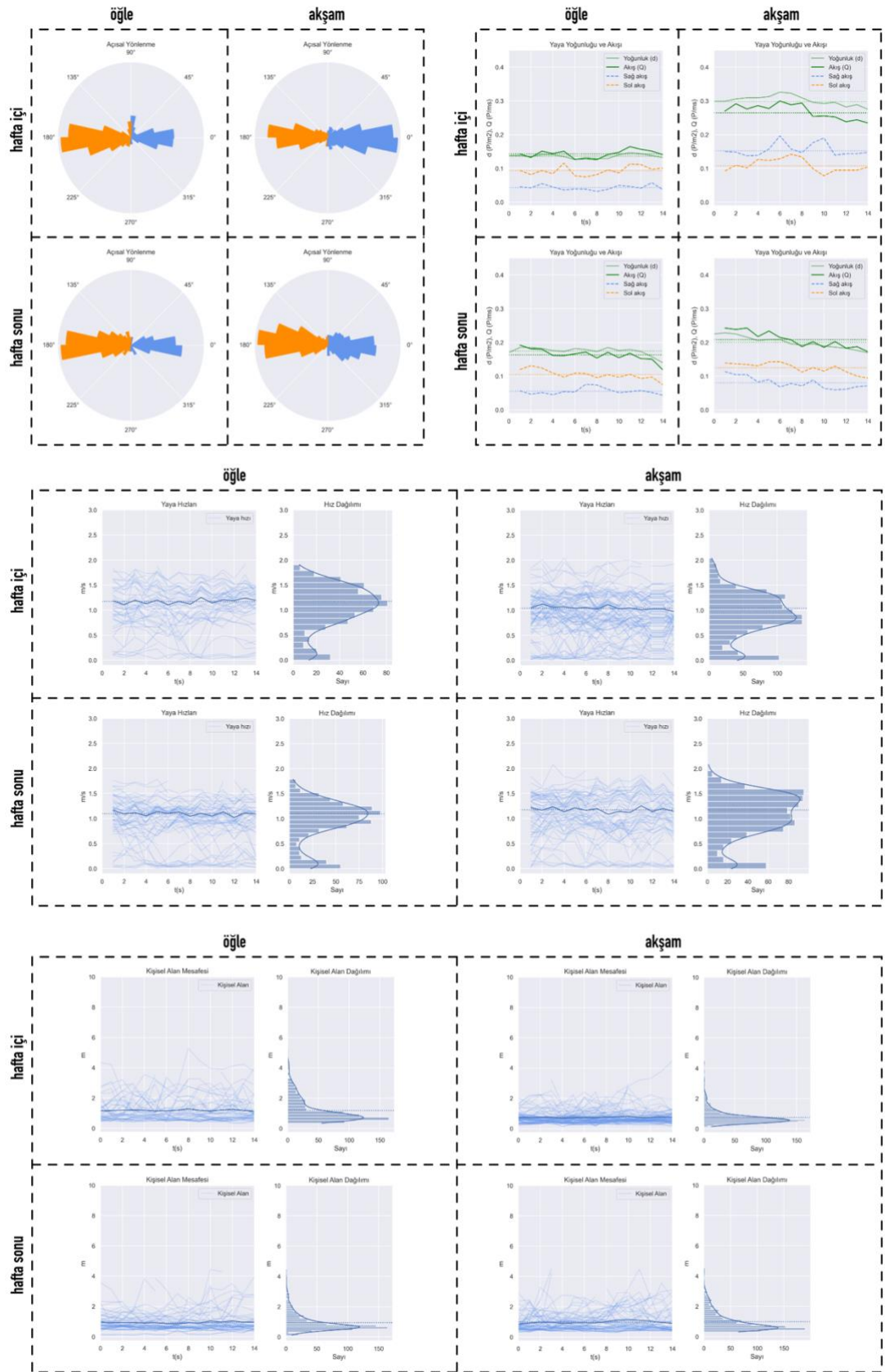
Kişisel alan mesafelerinin hafta içi öğlen ortalama üstü, akşamında ise düşük seviyede seyretmesine karşın hafta sonu ortalamaya yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.21 : Ortalama kişisel alan mesafesi.

	Öğle	Akşam
Hafta içi	1,28 m std: 0,05	0,74 m std: 0,02
Hafta sonu	0,94 m std: 0,05	0,98 m std: 0,09



Şekil 3.19 : Örnekleme Kesit Alan 4'e dair yaya hareketleri.



Şekil 3.20 : Örneklem Kesit Alan 4’e dair yaya analizleri.

3.3 Bulguların Değerlendirilmesi

Dört kesit alanda ve dört farklı zaman aralığında 14 saniye boyunca toplam 224 adımda gözlem yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda örneklem alanlara ait t zamandaki ortalama hız, yoğunluk, akış ve kişisel alan mesafe ortalamaları ölçülmüş ve bu değerlerin birbirleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır.

Kesit alanlara dair ortalama 0,92 orana sahip doğrusallık değerleri ± 5 değer aralığında seyretmesine karşın 1. kesit alanda hafta içi akşam saatinde 0,75 doğrusallık oranı ile yayaların belirgin bir biçimde dolaylı hareket rotasyonları izlediği saptanmıştır. Bu bölgede kilisenin bulunması, hafta içi ziyarete açık saatler başta olmak üzere yayaların etkileşim kurduğu ve buluşma/bekleme alanı olarak yoğun bir şekilde hareket çeşitliliğine yol açmaktadır. Diğer kesit alanlara ait bu duruma benzer belirgin bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22 : İstiklal Caddesi genelinde doğrusallık değerleri.

Ort: 0,92	Hafta içi öğle	Hafta içi akşam	Hafta sonu öğle	Hafta sonu akşam
Kesit 1	0,87	0,75	0,91	0,93
Kesit 2	0,97	0,9	0,95	0,9
Kesit 3	0,93	0,9	0,97	0,96
Kesit 4	0,93	0,9	0,94	0,93

Hafta içi öğle saatlerinde neredeyse tüm örneklem kesit alanlar için ortalama yaya hızlarının yüksek olması, bu zaman diliminde İstiklal Caddesi'nin yayalar açısından bir etkileşim mekânından ziyade geçiş koridoru özelliğini işaret eden bir göstergedir. Diğer zaman dilimlerinde ise geniş bir yaya hızı çeşitliliği mevcuttur (Çizelge 3.23).

Çizelge 3.23 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya hızları (m/s).

Ort: 1,20	Hafta içi öğle	Hafta içi akşam	Hafta sonu öğle	Hafta sonu akşam
Kesit 1	1,35	1,14	1,06	1,06
Kesit 2	1,27	1,13	1,14	1,20
Kesit 3	1,40	1,22	1,36	1,23
Kesit 4	1,18	1,04	1,10	1,17

Yaya akış seviyeleri arasında hafta içi/hafta sonu fark etmeksizin öğle ve akşam saatleri arasında belirgin bir fark mevcuttur. Öğle zaman dilimlerinde, akşam saatlerine kıyasla yaya akışları daha durağan seyretmektedir. Ancak hafta içi akşam yaya akış ve yoğunlukları Taksim yönüne doğru artış gösterirken hafta sonu akşam ise Tünel yönünde yayalar daha yoğundur (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.24 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya akışları (P/ms).

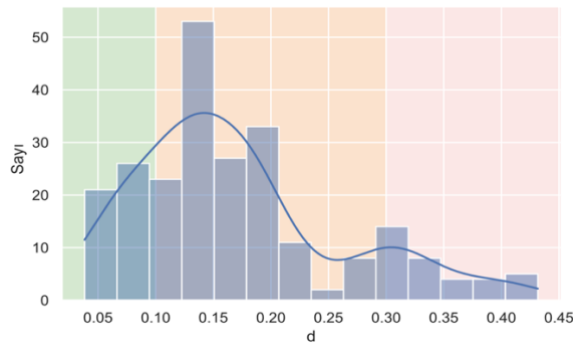
Ort: 0,15	Hafta içi öğle	Hafta içi akşam	Hafta sonu öğle	Hafta sonu akşam
Kesit 1	0,06	0,19	0,09	0,25
Kesit 2	0,07	0,17	0,13	0,18
Kesit 3	0,09	0,18	0,10	0,15
Kesit 4	0,14	0,26	0,16	0,21

Yaya akış ve yoğunluk seviyelerinin artışı ile ters orantılı olarak kişisel alan mesafelerinin azaldığı görülmüştür. Tünel Meydanı yakınında yer alan kesit alan ölçümlerinde aykırı durumlar olduğu belirlenmiştir ve bu duruma yayaların yoğun bekleme ve toplanma davranışı göstermesinin sebep olduğu düşünülmektedir (Çizelge 3.25). Öte yandan İstiklal Caddesi genelindeki kişisel alan mesafelerinin yüksek çeşitlilik göstermesi, konum ve zamana bağlı olarak alanlardaki farklı kullanıcı gruplarının yoğunluğuna bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Bu çerçevede, ileriki çalışmalarda kullanıcı gruplarının kültürel alışkanlıklarına bağlı değişimlerin gözleme dayalı olarak ölçülmesi önerilmektedir.

Çizelge 3.25 : İstiklal Caddesi genelinde ortalama yaya kişisel alanları (m).

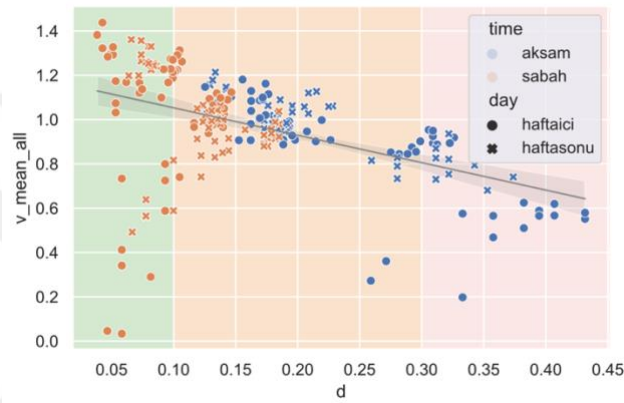
Ort: 1,09	Hafta içi öğle	Hafta içi akşam	Hafta sonu öğle	Hafta sonu akşam
Kesit 1	1,45	0,66	0,84	0,73
Kesit 2	1,99	0,91	1,20	1,01
Kesit 3	1,51	1,04	1,30	1,14
Kesit 4	1,28	0,74	0,94	0,98

Yaya yoğunluğu seviyesi metre kare başına ortalama 0,17 kişi ile LOS konseptine göre A (0 – 0,10 P/m²: serbest akış), B (0,10 - 0,30 P/m²: minimal çatışma) ve C (0,30 - 0,45 P/m²: yavaş akış) aralıklarını kapsamakla birlikte A ile B seviyelerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 3.21). Zamansal karşılaştırmaya göre değerlendirildiğinde haftanın günlerine göre anlamlı bir fark oluşmadığı, fakat yoğun zaman diliminin akşam saatleri olduğu gözlemlenmiştir.

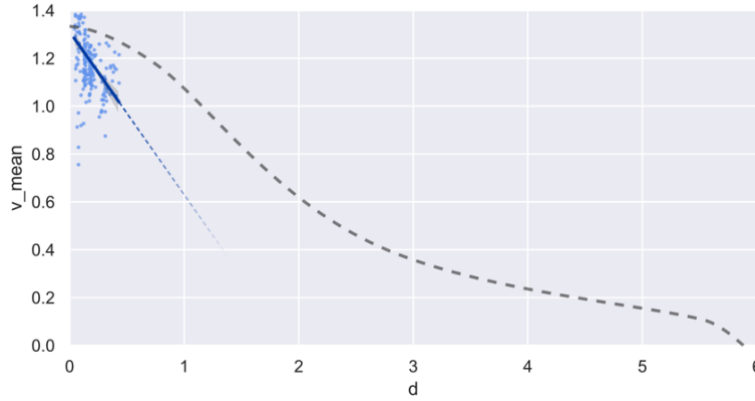


Şekil 3.21 : Yaya yoğunluğu dağılımı. Yeşil: LoSA, turuncu: LoSB, pembe: LoSC.

Yaya yoğunluğu ve ortalama hızlarının ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Gözlem için olağan durumdaki en yoğun saatler seçilmiş olmasına rağmen $d = 0,45 \text{ P/m}^2$ 'nin ötesi kayda girmemiştir. LOS E – F aralığındaki seviyenin oluşabilmesi için herhangi bir festival, protesto veya yürüyüş zamanlarında gözlem yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Ancak bu durumda yayaların olağan mekân kullanım alışkanlıkları değişebileceği dikkate alınmalıdır (Şekil 3.22). Bu ilişki, bölüm 2.3'te yer alan temel diyagram üzerinden karşılaştırıldığında literatür ile uyumlu olduğu görülmekle birlikte İstiklal Caddesi'ndeki yayaların hızları yoğunluk artışından daha yüksek derecede etkilenmektedir (Şekil 3.23).

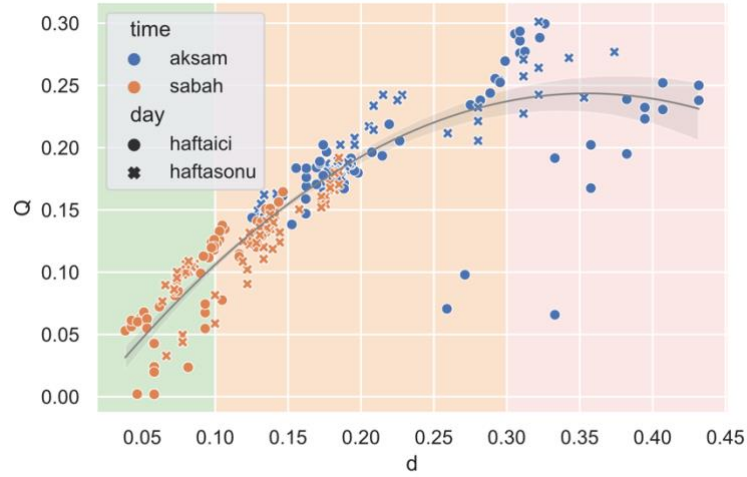


Şekil 3.22 : Yaya hızı ve yoğunluk ilişkisi.



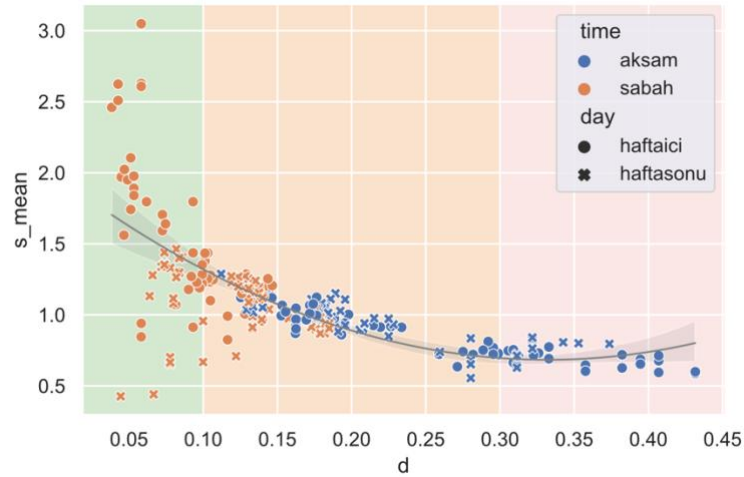
Şekil 3.23 : Weidmann'ın Temel Diyagramı'na göre İstiklal Caddesi'ndeki yaya hız ve yoğunlukları.

Yaya akış ve yoğunluğu ilişkisinin doğrusal olması beklenmesine rağmen $0,25 \text{ P/m}^2$ değerinden itibaren artış lineer artış yerine parabolik grafiğe bırakmaktadır. Bölüm 3.1.4.3'te belirtilen yaya akışı formülü göz önünde bulundurulduğunda yoğunluk arttıkça yaya hızı azaldığı için akış artış değerinin azalmasının görülmesi olağandır (Şekil 3.24).



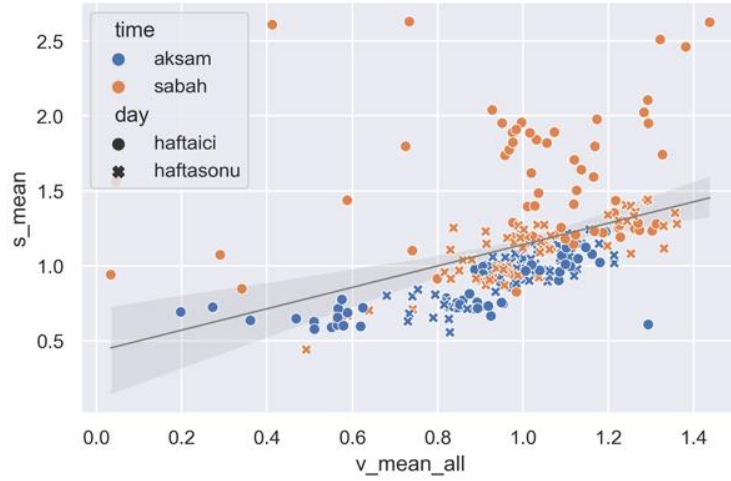
Şekil 3.24 : Yaya akış ve yoğunluk ilişkisi.

Yaya yoğunluğu ile kişisel alan mesafeleri karşılaştırıldığında beklendiği gibi logaritmik ters orantı görülmekle birlikte, olağan dışı bir durum bulunmamaktadır (Şekil 3.25). Ancak örneklem alanlardaki bireysel ölçümlere bakıldığında yayaların ikişerli veya daha fazla kişiler halinde grup yürüyüşü gerçekleştirdiği ölçümler mevcuttur ve bu anlarda bireylerin kişisel alan mesafelerinin neredeyse sabit bir şekilde ($S = 0 - 1$ m) devam ettiği durumlar oluşmakta ve ortalamayı etkilemektedir.



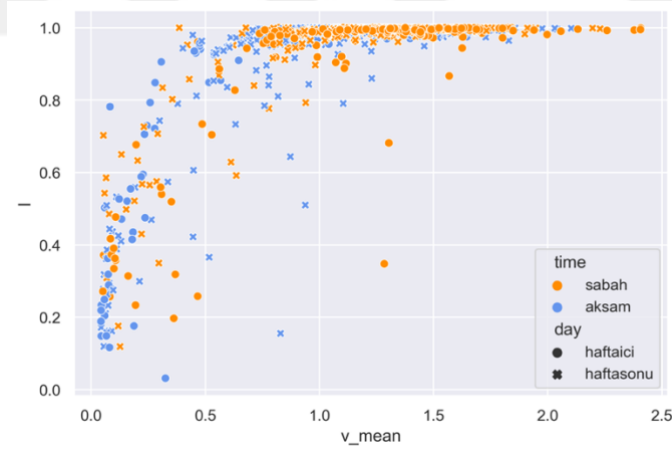
Şekil 3.25 : Ortalama kişisel alan mesafeleri ile yoğunluk ilişkisi.

Yaya hızları ile kişisel alan mesafesi arasında doğru orantı bulunsa da $v = 0,9$ m/s ve üstü seviyelerden itibaren kişisel alan mesafelerinin çeşitlendiği görülmektedir. Ayrıca ölçüm yapılan zaman dilimlerinin de kişisel alan mesafesi üzerinde etkili olduğu söylenebilirken bu durumda $S = 1,0$ m, $d = 0,15$ P/m² değerleri öğle ve akşam saatleri için bir eşik oluşturmaktadır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 : Yaya hızları ve kişisel alan mesafe ilişkisi.

Doğrusallık değerleri elde edilen yaya hızı seviyesine göre logaritmik artış sergilemektedir. Yayaaların durağan kabul edildiği $v_{ort} < 0,5$ m/s aralığında doğrusal bir artış mevcut iken $v_{ort} = 0,75$ m/s noktasından itibaren doğrusallık indeksi 0,9 ile 1,0 arası değerlerde yoğunlaşma göstermektedir. Yaya akışının daha doğrudan olduğu öğle saatlerinde doğrusallık değerinin yüksek, akşam saatlerinde ise oldukça değişken olduğu görülebilmektedir (Şekil 3.27).

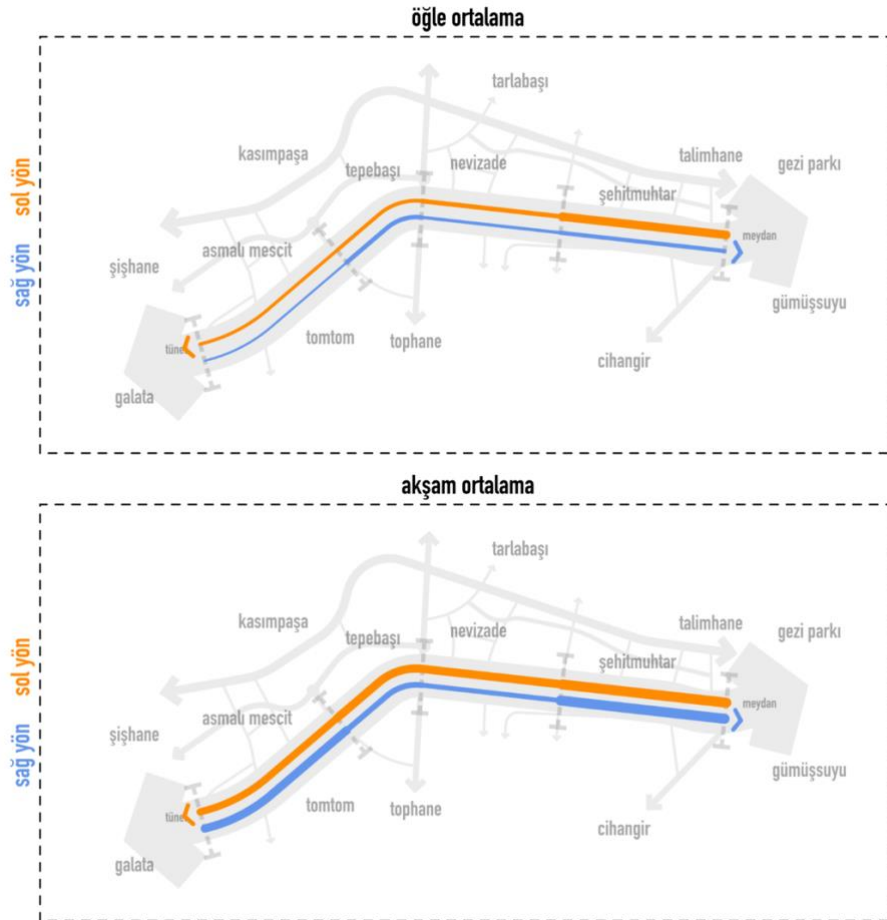


Şekil 3.27 : Doğrusallık ile ortalama hız ilişkisi.

Hafta içi öğle yayalar Taksim Meydanı'ndan giriş yaparak hareketin genelde Tünel yönünde olmasını sağlamaktadırlar. Demirören AVM ve Galatasaray Lisesi arasında yoğun kalabalık çevre semtlere dağılım göstermektedir. Taksim yönünde ise yaya akışı az olmasına rağmen meydana doğru kalabalık artmaktadır. Akşam saatlerinde ise toplam akışın her iki yönde de kuvvetli olduğu görülebilmektedir. Tünel yönünde daha dengeli bir akış mevcutken ters yönde daha zayıf olmasına rağmen meydana doğru

bulunan alanlarda yayalar caddeye katılım gösterirken kalabalığı önemli ölçüde artırmaktadır (Şekil 3.28). Hafta sonu sabahında, hafta içine göre kısmen daha yoğun bir akış mevcut iken Galatasaray Lisesi ile Tünel arasında bu durum daha belirgindir. Ters yönde ise Odakule ile Galatasaray Lisesi arası geçici bir yoğunluk bulunmaktadır. Akşam Taksim'den Odakule'ye kadar dengeli akış devam etmektedir. Tünel'den çıkışlar kalabalık düzeyde ve Odakule ayrımına kadar yayalar dağılmaya başlamaktadır. Aynı anda Taksim Meydanı'na da yaya çıkışları yaşanmaktadır.

Öğle genelinde akış her iki yönde zayıf olsa da Taksim Meydanı'ndan yapılan hareketin caddeyi beslediği görülmektedir. Fakat Tünel'den itibaren gerçekleşen hareket Odakule ve Demirören AVM'den itibaren kısmen artış göstermektedir. Akşam ortalamasında ise Tünel yönünde hareket daha yoğun ve dengelidir. Bu iki anlama gelebilir; kalabalıklar bu yönü bir geçiş olarak kullanmakta veya her segment içerisindeki katılım ve ayrılmalar neredeyse eşit düzeyde dengededir. Ters yönde ise Taksim Meydanı'ndan ayrılma ve Tünel ayrımına varışlar daha yoğundur. Demirören AVM ve Odakule arası çevre semtler ile bir etkileşim kesiti olarak değerlendirilebilir.



Şekil 3.28 : İstiklal Caddesi bütününde yaya akış seviyeleri.



4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yayanın mekân ve zamanı da içeren dört boyuttaki hareketi, fiziksel ve sosyal çevrenin algılanması ile birlikte başlamakta, kişinin zihinsel ortamında gerçekleşen işlem ve algılama sürecinin devamında içerisinde yürüme eyleminin de bulunduğu davranış örüntüleri ile sonuçlanmaktadır. Bu davranışlar bütünü, ortak mekânın diğer kullanıcıları tarafından şekillenmesinin yanında karşılıklı olarak çevredeki bireylerin hareketlerini de etkilemektedir. Yayanın bireysel hareketi kalabalık düzeyinde ele alındığında kolektif hareketlerin oluştuğu görülmektedir.

Yürüme hareketi, bir noktadan başka bir noktaya ulaşmak üzerine doğrudan veya hareket sürecinde karşılaşılan farklı çekici ya da engelleyici unsurlar ile etkileşime geçilerek daha karmaşık bir biçimde gerçekleşmektedir. Yürüme davranışının oluştuğu alanlar, tasarlanmış yapıların içleri veya açık alanlar olarak da nitelendirilebilecek kamusal hareket mekânlarıdır. Yaya hareketini etkileyen faktörler bu kentsel mekânların fiziksel özellikleri olabileceği gibi kamusal alanlarda bulunan diğer bireyler ile kurulan sosyal etkileşimler veya doğal çevreye ait hava durumu ve zamansal koşullar gibi ölçütler de olabilmektedir.

Yaya hareketinin bilimsel araştırmalarca incelenmesi son 50 yıllık zaman aralığını kapsamaktadır. Bu süreç, 19. Yüzyılın sonlarından itibaren şehirlerdeki araç odaklı mekanikleşen tutumlara karşın 20. Yüzyılın ikinci yarısı ile önemi artan yaya kavramı ile paralel olarak gelişme göstermiştir. Bu açıdan fiziksel çevrenin, mekânın en önemli kullanıcısı olan insan davranışı ile birlikte sentezlenerek artık sosyo-mekân perspektifinde ele alınması daha doğru olacaktır.

Bu çalışmada, pilot bölge olarak İstiklal Caddesi üzerinden bireylerin sosyo-mekânsal davranışlarının değişken mekânsal ve zamansal koşullardaki hareket örüntülerinin sayısal analiz yöntemleri aracılığı ile bütünsel bir yaklaşım çerçevesinde açıklanması hedeflenmiştir. Yaya hareketi üzerinde hangi değişkenlerin etkili olduğu, gözlemlerin genellenebilirliği, yürüme davranışının zamansal parametrelere bağlılığı ve mekânsal tasarımın hareket üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi ana amaçları oluşturmuştur.

Farklı ölçeklerde gerçekleşen yaya hareketi, sokak ölçeğinde mikro skalada ele alınmıştır. Bu sebeple önemli özelliklere sahip İstiklal Caddesi pilot bölge olarak seçilerek parça-bütün ilişkisi bağlamında örneklem kesit alanlara ayrılarak analitik temelde irdelenmiştir. Dolayısı ile bütünü oluşturan benzer ve etkileşim içerisindeki bölüntüler arasındaki farklılıklar mekânsal ve zamansal eksenlerde gözlem altına alınmıştır.

Yaya hareket örüntüleri analitik düzlemde mikro ölçekte incelenmek üzere belirlenen dört ana parametre üzerinden ele alınmıştır. Önce İstiklal Caddesi bütünü alt parçalara çözümlenerek mikro yöntemlerle analiz edilmiş, bu bölüntüler bütünü oluşturacak biçimde tekrar bir araya getirilerek genel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. İstiklal Caddesi dört ana segmente ayrılmış ve bu parçaları temsilen noktasal örneklem kesit alanlar belirlenmiştir. Bu bağlamda zamansal farklılaşmayı ortaya çıkarmak adına öğle ve akşam saatleri ile birlikte hafta içi ve hafta sonu olmak üzere her segment dört kere olmak üzere toplam 16 gözlem yapılmıştır. Her bir örneklem kesit alan gözlemi yaya takibi, hız, yoğunluk ve akış, ve kişisel alan mesafeleri olmak üzere dört mikro analiz yöntemi üzerinden sayısallaştırılmıştır.

Örneklem kesit alanları vasıtası ile İstiklal Caddesi bütününde elde edilen veriler ışığında bireylerin yürüme davranışı hususunda dört ana çıkarıma varılmıştır:

1. Yürüme hareketi fiziksel mekân kurgusuna göre şekillenmektedir:

Sokakların doğrusal hareket mekânı niteliği, hareketin kanalize bir şekilde gerçekleşmesine, dolayısı ile yürüme davranışının doğrusal bir şekilde ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Mekândaki araç, engel ve kent mobilyası gibi kentsel tasarım öğeleri yayaların yürüyüş örüntüleri üzerinde birincil derecede etkiye sahiptir. Yerleştirilme biçimine göre kent mobilyaları bir engel oluşturabilmekle birlikte tam tersi biçimde ise yürüyüş koridoru oluşumu sağlayabilmektedir. Aynı zamanda durağan hareket çatısı altında oturma, dinlenme ve bekleme alanları oluşumunu tetiklemektedir. Zemin döşemesi ise yayalar için bir takip olanağı tanımlamaktadır. Tramvay yolu, zemin kaplaması farklılaşması ile İstiklal Caddesi'ni iki bölüme ayırmakta ve şerit oluşumuna önayak olmaktadır.

2. Arazi kullanımı ve cephe özellikleri birey davranışını etkilemektedir: Giyim mağazaları, turistik lokasyonlar, hanlar, pasajlar ve ATM'ler yaya çekim ve

üretim mekânlarıdır. Bu noktalar sokağa paralel düzlemdeki olağan akış yönüne ek olarak dikey ekseninde veya daha karmaşık düzeyde yaya hareketlerine sebep olmaktadır. Geniş cepheleri ile birer görsel etkileşim ve yaya çekim noktaları olmasından dolayı mağaza önleri bekleme alanı olma özelliği göstermektedir. Kiliseler gibi anıtsal ve turistik alan cepheleri hem yaya etkin mekânlar hem de nirengi noktaları olmaları sebebi ile bekleme ve buluşma niteliğine sahip olmaktadır.

3. Diğer bireylerin varlığı yayaların hareketini şekillendirmektedir: Yayaların kolektif hareket rotasyonları sokak içerisinde bulunan konumlara göre şekillenmektedir. Araç akışı gibi evrensel alışkanlıklar yürüme trafiğini şekillendirmektedir. İstiklal Caddesi özelinde de görüldüğü üzere sokağın sağ tarafında ileri, sol tarafında geri yönde akış eğilimi oluşmaktadır. Yürüyen yayalar kolektif hareket örüntüleri oluşturarak hareketlerini gerçekleştirmektedir. Hızların sabit korunumu adına bireyler aynı yönde giden yakın konumdaki diğer yayaları takip ederek yerel koridorlar halinde hareket ederek şerit formasyonu oluşturmaktadır. Sokak müziği gibi kamusal etkinlikler yayalar için çekim alanları oluşturmaktadır. Bu noktaların etrafında çember biçimde toplanan yayalar bekleme ve izleme davranışı sergilemektedir. Karşılıklı yönde yürüme durumunda karşılaşma yaşayan yayalar doğrultularını değiştirerek ve diğer yayalara yer vererek hızlarını koruma eğilimi göstermektedir. Ayrıca yoğunluğun görece düşük olduğu durumlarda, daha fazla kişisel alan ve görüş mesafesi sağlandığından bu durum daha doğrusal bir biçimde gerçekleşmektedir. Aynı yöndeki hareketlerde ise daha yüksek hıza sahip bireyler önlerindeki yayayı *sollama* davranışı ile geçmektedir. Kalabalık yoğunluğunun artış göstermesi ve kişisel alan mesafelerinin daralması ile birlikte yayaların hareketi yavaşlama eğilimi göstermekte, buna bağlı olarak daha dolaylı bir güzergâh izleyerek rotasyonlarını daha sık değiştirmektedir.

4. Mekân kullanımı zamansal koşullar tarafından belirlenmektedir: Mekân kullanım değişkenleri göz önünde bulundurulduğunda farklı gün ve saatlerde yayaların doğrusal düzlemdeki hareket yönü eğilimleri değişebilmektedir. Sabah ve öğle saatlerinde sokaklar bir yerden başka bir yere erişim (evden işe, otobüsten metroya gibi) aracı olarak kullanılma eğilimindedir. Ancak akşam saatlerinde ise sokak fiziksel ve arazi kullanımı özellikleri ile birlikte birincil

etkileşim mekânına dönüşmektedir. Buna bağlı olarak gündüz saatlerinde hareket görece daha doğrusal olmakla birlikte akşam saatlerinde yoğun ve yüksek akış oluşturmaktadır.

Bu tez çalışması, uygulamalı ve kentsel bilimler başta olmak üzere disiplinlerarası bir ara kesit olarak kurgulanmıştır. Bu açıdan yayaların mikro düzeyde hareketleri ve bu hareketlerin sistem bütünündeki karşılıklarının anlaşılabilmesi adına farklı çalışma perspektiflerine yeni bir pencere aralanmaktadır. İstiklal Caddesi pilot bölgesi üzerinde ele alınan bu model, aynı zamanda başka sokak ve meydanlar gibi farklı kamusal alan örneklerindeki yaya hareketlerinin ölçümsel değerlendirilmesine yönelik araçlar bütünü sunmaktadır. Bu bağlamda belirlenecek yeni bölgeler açısından tasarım, mekânsal kurgu ve kullanıcı profillerinin nicel açıdan ölçülebilmesi hedeflenmektedir. Tez çalışması kapsamında elde edilen veri ve sonuçlar gelecek çalışmalarda uygulanabilecek gelişmiş makine öğrenmesi ve simülasyon teknikleri vasıtası ile yaya hareket tahminine yönelik katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd Rahman, N.** (2019). DEM-Based Crowd Behavior Simulator. *Crowd Behavior Simulation of Pedestrians During Evacuation Process: DEM-Based Approach* (ss. 5-20). Springer Singapore.
- Abley, S., Turner, S., & Singh, R.** (2011). *Predicting Walkability*. NZ Transport Group Conference, Auckland, New Zealand.
- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M.** (1977). *A pattern language: Towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
- Altshuler, E., Ramos, O., Núñez, Y., Fernández, J., Batista-Leyva, A. J., & Noda, C.** (2005). Symmetry breaking in escaping ants. *The American Naturalist*, 166(6), 643-649.
- Antonini, G., Bierlaire, M., & Weber, M.** (2006). Discrete choice models of pedestrian walking behavior. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(8), 667-687.
- Bilgin, N., & Gürses, S.** (2013). Kişisel alan ihlalinin insanın dik duruş cevabına etkisinin incelenmesi. 16. *Ulusal Makina Torisi Sempozyumu*, 421.
- Blue, V. J., & Adler, J. L.** (1999). Cellular automata microsimulation of bidirectional pedestrian flows. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1678(1), 135-141.
- Bradshaw, C.** (1993). *Creating and using a rating system for neighborhood walkability: Towards an agenda for local heroes*. 14th International Pedestrian Conference, Boulder, Colorado.
- Chattaraj, U., Seyfried, A., & Chakroborty, P.** (2009). Comparison of pedestrian fundamental diagram across cultures. *Advances in Complex Systems*, 12(3), 393-405.
- Cullen, G.** (1971). *The concise townscape* (1st pbk. ed. with new material). Architectural Press.
- Cushman & Wakefield.** (2019). *İstanbul Alışveriş Caddeleri*. Cushman & Wakefield.
- Ellin, N.** (1999). *Postmodern urbanism* (Rev. ed). Princeton Architectural Press.
- Erdönmez, M. E., & Akı, A.** (2005). Açık kamusal kent mekanlarının toplum ilişkilerindeki etkileri. *Megaron*, 1(1), 67-87.
- Feng, Y., Duives, D., Daamen, W., & Hoogendoorn, S.** (2021). Data collection methods for studying pedestrian behaviour: A systematic review. *Building and Environment*, 187, 107329.
- Fredkin, E., & Toffoli, T.** (1982). Conservative logic. *International Journal of theoretical physics*, 21(3), 219-253.
- Fruin, J. J.** (1971). *Designing For Pedestrians: A Level-of-Service Concept*. 1-15.

- Gehl, J.** (1987). *Life between buildings: Using public space*. Van Nostrand Reinhold.
- Gehl, J., & Svarre, B.** (2013). *How to study public life*. Island Press.
- George, L. B.** (1965). *Highway capacity manual: 1965*. National Academies Press.
- Gorrini, A.** (2014). *Empirical studies and computational results of a proxemic-based model of pedestrian crowd dynamics* (Doktora tezi). Università degli Studi di Milano-Bicocca.
- Gorrini, A., Vizzari, G., & Bandini, S.** (2016). Age and group-driven pedestrian behaviour: From observations to simulations. *Collective Dynamics*, 1, 1-16.
- Güleç, E.** (1982). İnsan ayağının evrimsel gelişmesi ve dik yürümeye uyumu. *Antropoloji*, 11, 109-122.
- Hall, E. T.** (1966). *The hidden dimension*. Anchor Books.
- Helbing, D., Buzna, L., Johansson, A., & Werner, T.** (2005). Self-organized pedestrian crowd dynamics: Experiments, simulations, and design Solutions. *Transportation Science*, 39(1), 1-24.
- Helbing, D., & Johansson, A.** (2013). Pedestrian, Crowd, and Evacuation Dynamics. *Extreme Environmental Events* (ss. 697-716).
- Helbing, D., & Molnar, P.** (1995). Social Force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 51(5), 4282-4286.
- Helbing, D., & Molnar, P.** (1998). Self-organization phenomena in pedestrian crowds. *Environment and Planning B Planning and Design*, 71-99.
- Helbing, D., Molnár, P., Farkas, I. J., & Bolay, K.** (2001). Self-organizing pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(3), 361-383.
- Henderson, L. F.** (1971). The Statistics of crowd fluids. *Nature*, 229(5284), 381-383.
- Henderson, L. F.** (1974). On the fluid mechanics of human crowd motion. *Transportation Research*, 8(6), 509-515.
- Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., & Bedford, M.** (1976). Space syntax. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 3(2), 147-185.
- Hoogendoorn, S., & Bovy, P.** (2002). Normative Pedestrian Behaviour Theory and Modelling. *Transportation and Traffic Theory in the 21st Century* (ss. 219-245). Elsevier.
- Hussein, N.** (2018). The pedestrianisation and its relation with enhancing walkability in urban spaces. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 2(1), 102-112.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi.** (2020). *İstiklal Senin*. İstiklal Senin. <https://istiklal.ist/>
- Jacobs, J.** (1961). *The death And life of great american cities* (Vintage Books ed). Vintage Books.
- Jian, L., Lizhong, Y., & Daoliang, Z.** (2005). Simulation of bi-direction pedestrian movement in corridor. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 354, 619-628.

- Johansson, F., Peterson, A., & Tapani, A.** (2015). Waiting pedestrians in the social force model. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 419, 95-107.
- Kaplan, S.** (2016). *Yaya hareketlerinin lazerli tarayıcılar ile incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Kim, S., Choi, J., Kim, S., & Tay, R.** (2014). Personal space, evasive movement and pedestrian level of service: pedestrian comfort and levels of service. *Journal of Advanced Transportation*, 48(6), 673-684.
- Kitazawa, K., & Batty, M.** (2004). *Pedestrian behaviour modelling an application to retail movements using a genetic algorithm*. DDSS.
- Krier, R.** (1979). *Urban space*. Rizzoli International Publications.
- Kubat, A. S.** (1997). The morphological characteristics of Anatolian fortified towns. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24(1), 95-123.
- Kürkçüoğlu, İ. E.** (2015). *Kentsel dokuda yaya hareketlerinin mekansal ve psikolojik etki değerlendirmesi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Lefebvre, H.** (1974). *The production of space*. Blackwell Publishing.
- Lefebvre, H.** (1992). *Rhythmanalysis: Space, time, and everyday life*. Bloomsbury Academic, an imprint of Bloomsbury Publishing Plc.
- Lo, R. H.** (2009). Walkability: What is it? *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 2(2), 145-166.
- Löhner, R.** (2010). On the modeling of pedestrian motion. *Applied Mathematical Modelling*, 34(2), 366-382.
- Luber, M., Stork, J., Tipaldi, G. D., & Arras, K.** (2010). *People Tracking with Human Motion Predictions from Social Forces*. 464-469.
- Lynch, K.** (1961). *The image of the city* (21st ed). MIT Press.
- Ma, Y., Lee, E. W. M., & Yuen, R. K. K.** (2016). An artificial intelligence-based approach for simulating pedestrian movement. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(11), 3159-3170.
- Mizar Luca Federici, Gorrini, A., Manenti, L., & Vizzari, G.** (2012). *Data Collection for Modeling and Simulation: Case Study at the University of Milan-Bicocca*. ACRI.
- Montgomery, C.** (2015). *Happy city: Transforming our lives through urbandesign*. Penguin Books.
- Moussaïd, M., Helbing, D., Garnier, S., Johansson, A., Combe, M., & Theraulaz, G.** (2009). Experimental study of the behavioural mechanisms underlying self-organization in human crowds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1668), 2755-2762.
- Musse, S. R., & Thalmann, D.** (1997). A Model of Human Crowd Behavior: Group Inter-Relationship and Collision Detection Analysis. İçinde D. Thalmann & M. van de Panne (Ed.), *Computer Animation and Simulation '97* (ss. 39-51). Springer Vienna.

- Nordfjærn, T., & Şimşekoğlu, Ö.** (2013). The role of cultural factors and attitudes for pedestrian behaviour in an urban Turkish sample. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21, 181-193.
- Noyman, A., Doorley, R., Xiong, Z., Alonso, L., Grignard, A., & Larson, K.** (2019). Reversed urbanism: Inferring urban performance through behavioral patterns in temporal telecom data. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(8), 1480-1498.
- Okazaki, S., & Matsushita, S.** (1993). *A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing*. Proceedings of the International Conference on Engineering for Crowd Safety.
- Özer, Ö.** (2006). *Yaya hareketleri ve mekân ilişkisi İstanbul—Galata bölgesi örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Pfeiffer, M., Paolo, G., Sommer, H., Nieto, J., Siegwart, R., & Cadena, C.** (2018, Şubat 26). *A data-driven model for interaction-aware pedestrian motion prediction in object cluttered environments*. IEEE International Conference on Robotics and Automation.
- Saloma, C., Perez, G. J., Tapang, G., Lim, M., & Palmes-Saloma, C.** (2003). Self-organized queuing and scale-free behavior in real escape panic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(21), 11947-11952.
- Shi, X., Ye, Z., Shiwakoti, N., & Li, Z.** (2015). A Review of Experimental Studies on Complex Pedestrian Movement Behaviors. *CICTP 2015*, 1081-1096.
- Singh, R.** (2016). Factors affecting walkability of neighborhoods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 643-654.
- Soygüzeloğlu, B., & Kürkcüoğlu, E.** (2021). Pandemi sürecinde kentsel mekânı ve gündelik yaşam pratiklerini ritimanaliz ile okumak: İstiklal Caddesi örneği. *İdealkent*, 12, 244-276.
- Speck, J.** (2013). *Walkable City: How downtown can save America, one step at a time* (First paperback edition). North Point Press, a division of Farrar, Straus and Giroux.
- Teknomo, K.** (2006). Application of microscopic pedestrian simulation model. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(1), 15-27.
- Thompson, P. A.** (1994). *Developing new techniques for modelling crowd movement* (Doktora tezi). University of Edinburgh.
- Trancik, R.** (1986). *Finding lost space: Theories of urban design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ullah, H., Ullah, M., & Uzair, M.** (2018). A hybrid social influence model for pedestrian motion segmentation. *Neural Computing and Applications*, 31, 7317-7333.
- von Neumann, J.** (1951). The General and Logical Theory of Automata. İçinde *Cerebral Mechanisms in Behavior; The Hixon Symposium*. (ss. 1-41). Wiley.
- Weidmann, U.** (1992). *Transporttechnik der Fussgänger: Transporttechnische Eigenschaften des Fussgängerverkehrs, Literaturlauswertung*. ETH Zurich.

- Weifeng, F., Lizhong, Y., & Weicheng, F.** (2003). Simulation of bi-direction pedestrian movement using a cellular automata model. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 321(3-4), 633-640.
- Whyte, W. H.** (1980). *The social life of small urban spaces*.
- Whyte, W. H.** (1988). *City: Rediscovering the center*. Doubleday.
- Yassin, H. H.** (2019). Livable city: An approach to pedestrianization through tactical urbanism. *Alexandria Engineering Journal*, 58(1), 251-259.
- Yıldırım, E.** (2019). *Yaya davranışlarının algoritmik yaklaşımla analizi ve tasarıma aktarılması* (Doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Yıldız, B., & Çağdaş, G.** (2021). Agent-based modeling for user movements using fuzzy logic. *Journal of Computational Design*, 2(1), 243-264.
- Zacharias, J.** (2001). Pedestrian behavior and perception in urban walking environments. *Journal of Planning Literature*, 16(1), 3-18.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad

: Ali Yılmaz

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kentsel Tasarım Anabilim Dalı, Kentsel Tasarım Yüksek Lisans Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2018 – 2019 yılları arasında YouthMappers ITU kulübü kurucusu ve gönüllüsü olarak yer aldı.
- 2018 yılında Türkiye Mekansal Strateji Planının Hazırlanması 1. Etap sürecinde bursiyer olarak görev aldı.
- 2021 – 2022 yılları arasında Sürdürülebilir Kentsel Yaşam Kalitesi Ölçütlerinin Geliştirilmesi: Konya Metropoliten Alan Örneği projesinde bursiyer olarak çalıştı.
- 2021 yılında Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması'na ekip ile birlikte katıldı.
- 2020 yılından itibaren Bursa Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmekte.