



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK MÜHENDİSLİĞİ**

**YAYA HAREKETLERİNİN MİKRO SİMÜLASYON PROGRAMI
İLE MODELLENMESİ SÜRECİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK ŞİŞMAN

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ DELİCE

**YALOVA
ŞUBAT 2024**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ULAŞTIRMA VE LOJİSTİK MÜHENDİSLİĞİ

YAYA HAREKETLERİNİN MİKRO SİMÜLASYON PROGRAMI
İLE MODELLENMESİ SÜRECİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK ŞİŞMAN
205115031

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ YAVUZ DELİCE

YALOVA
ŞUBAT 2024

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım “Yaya Hareketlerinin Mikro Simülasyon Programı İle Modellenmesi Süreci” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Burak ŞİŞMAN



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimin boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, her anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Yavuz DELİCE'ye ve bana güvenip manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli aileme ve yakın arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında, PTV Group tarafından sağlanan PTV Viswalk programı kullanılmıştır. Bundan dolayı, çalışmaya katkıda bulundukları için PTV Group'a teşekkür ederim. Tez çalışmasının gerçekleştirildiği çalışma alanına ilişkin tüm veriler ise Emlak Konut GYO tarafından sağlanmış olup, çalışmaya verdikleri destekler için Emlak Konut GYO'ya teşekkür ederim.

Şubat – 2024

Burak ŞİŞMAN





İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
Yaya Hareketlerinin Belirlenmesi.....	5
Yaya Hareketlerinin Modellenmesi	8
2.1. Modellemede Kullanılan Yöntemler ve Programlar	13
2.2. Yaya Simülasyonlarının Modelleme Süreci.....	17
2.3. YAYA HAREKETLERİNİN MODELLEME SÜREÇLERİ	19
2.4. YÖNTEM VE METODOLOJİ.....	25
4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi	27
4.2. Mevcut Verilerin Toplanması	27
4.3. Yaya Simülasyon Programının Seçilmesi.....	27
4.4. Yaya Simülasyonunun Modellenmesi.....	28
4.5. Yaya Simülasyonunun Çalıştırılması.....	28
4.6. Simülasyon Sonuçlarının Elde Edilmesi.....	28
4.7. Simülasyonun Kalibre Edilmesi.....	28
4.8. Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi.....	29
4.9. Isı Haritalarının Çıkarılması.....	29
4.10. Sorunlu Bölgelerin Tespit Edilmesi	30
4.11. Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi.....	30
4.12. Çözüm Önerilerinin Simülasyon Programı ile Test Edilmesi.....	30
5. YAYA SİMÜLASYONUNUN MODELLEME SÜREÇLERİ	31
Verilerin Toplanması	31
5.1.1. Yolcu değerlerinin belirlenmesi	31
5.1.1.1. İstanbul Uluslararası Finans Merkezi	32
5.1.1.2. M12 Göztepe – Ümraniye Metro Hattı.....	37
5.1.2. Vaziyet ve kat planları.....	40

	5.1.3. Metro giriş – çıkış noktaları	41
	5.1.4. Güvenlik ve XRAY kontrol noktaları	42
	5.1.5. Yaya erişim aksları	44
	Modelleme Süreci	46
	5.2.1. Yaya alanlarının modellenmesi (Areas)	47
	5.2.1.1. Bekleme alanları	49
5.2.	5.2.1.2. Kuyruklanma ve birikme alanları	49
	5.2.1.3. Yürüme alanları	52
	5.2.1.4. Rota başlangıç noktaları	52
	5.2.2. Fiziki engellerin modellenmesi (Obstacles)	53
	5.2.2.1. Kolon ve duvarlar	54
	5.2.2.2. Bariyer ve turnikeler	55
	5.2.2.3. Çöp kutusu vb. engeller	56
	5.2.2.4. Asansör şaftları ve kat boşlukları	57
	5.2.3. Yaya girdileri (Pedestrian Inputs)	57
	5.2.4. Yaya güzergahları (Pedestrian Routes)	60
	5.2.4.1. Sabit rotalar.....	60
	5.2.4.2. Değişken rotalar.....	61
	5.2.5. Kat yerleşimleri (Levels).....	63
	5.2.5.1. Turnike katı (Gişe katı).....	64
	5.2.5.2. Peron katı	64
	5.2.6. Alanlar arası bağlantı elemanları.....	65
	5.2.6.1. Sabit merdivenler.....	66
	5.2.6.2. Yürüyen merdivenler	67
	5.2.6.3. Acil durum merdivenleri	69
5.3.	5.2.6.4. Sahanlıklar	70
5.4.	5.2.6.5. Yürüyen bantlar	71
	5.2.6.6. Asansörler	73
	Kalibrasyon Süreci	74
	Bulgular.....	75
6.1.	5.4.1. Simülasyon genel sonuçları	76
	5.4.2. Başlangıç – bitiş güzergah sonuçları	77
	5.4.3. Yürüme alanları ve merdivenlerin sonuçları	78
6.	ANALİZ ÇALIŞMALARI	81
	Sonuçlar – Çıktılar	81

Tespit Edilen Sorunlar.....	82
Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi.....	84
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ	92
6.2.	
6.3.	



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

λ	: Lambda
τ	: Tau

KISALTMALAR

BDDK	: Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
CCTV	: Close Circuit TeleVision
GEH	: Geoffrey E. Havers
GYO	: Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı
HCM	: Highway Capacity Manual
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İUFM	: İstanbul Uluslararası Finans Merkezi
LOS	: Level of Service
SPK	: Sermaye Piyasası Kurulu
SWOT	: Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TOD	: Transit Oriented Development

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Sosyal güç modelinde simülasyon parametreleri [12]	9
Tablo 2.2. Yaya davranış parametreleri [20].....	13
Tablo 3.1. Yaya simülasyonu parametreleri.....	20
Tablo 5.1. İUFM çalışan kişi sayısı.....	33
Tablo 5.2. İUFM çalışan sayısının türel ayrımlara göre dağılımı	34
Tablo 5.3. Çalışan personellerin haftalık işe geliş zamanlarının saatlik dağılımı.....	35
Tablo 5.4. Personel işe geliş zamanlarının saatlik dağılım oranı	36
Tablo 5.5. Ulaşım türel ayrımlarının saatlik dağılımları	36
Tablo 5.6. Sabah zirve saat yolculuk talepleri (2023).....	39
Tablo 5.7. Sabah zirve saat yolculuk talepleri (2040).....	39
Tablo 5.8. Yıllara göre sabah zirve saatinde yönlerine göre yolculuk talepleri.....	39
Tablo 5.9. Kalibrasyon kontrolü ve GEH değerleri	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Isı haritaları ve hizmet düzeyleri [18]	12
Şekil 3.1. Yaya akımı ve yaya alanı ilişkisi [35].....	19
Şekil 3.2. Yaya hareket parametrelerinin simülasyon değerleri.....	22
Şekil 4.1. İş akış diyagramı	26
Şekil 4.2. Hizmet düzeyleri [33]	29
Şekil 5.1. Personel işe giriş değerlerinin saatlik olarak haftalık dağılımı	36
Şekil 5.2. İstanbul geneli yapılan yolculuklara ilişkin üretim ve çekim oranları [37]	37
Şekil 5.3. M12 Göztepe – Ümraniye Metro Hattı	38
Şekil 5.4. İÜFM metro istasyonu vaziyet ve kat planları	40
Şekil 5.5. İÜFM metro sistemi giriş – çıkış noktaları	41
Şekil 5.6. Metro istasyonlarında uygulanan güvenlik önlemleri (XRAY).....	43
Şekil 5.7. İÜFM güvenlik alanları ve XRAY cihazlarının yerleşimi	44
Şekil 5.8. Yaya erişim aksı (Ünalan metro örneği)	45
Şekil 5.9. Yaya erişim aksı (İÜFM metro örneği).....	45
Şekil 5.10. PTV Viswalk'ta yaya simülasyonu modellenmesinde kullanılan araçlar.....	46
Şekil 5.11. Yaya alanı Maltepe metro istasyonu örneği.....	48
Şekil 5.12. Simülasyon içerisinde yaya alanının oluşturulması	48
Şekil 5.13. İÜFM simülasyon modelinde yaya bekleme alanları.....	49
Şekil 5.14. Ünalan Metro istasyonunda yaşanan kuyruklanma ve birikme	50
Şekil 5.15. Metrobüs durağında yaşanan kuyruklanma ve birikme	51
Şekil 5.16. İÜFM simülasyon modelinde kuyruklanma ve birikme alanları	51
Şekil 5.17. İÜFM simülasyon modelinde oluşturulan yaya yürüme alanları.....	52
Şekil 5.18. İÜFM simülasyon modelinde oluşturulan rota başlangıç alanları	53
Şekil 5.19. Simülasyon içerisinde fiziki engellerin oluşturulması	54
Şekil 5.20. İÜFM simülasyon modelinde oluşturulan kolon ve duvarlar	55
Şekil 5.21. İÜFM simülasyon modelinde oluşturulan turnikeler	56
Şekil 5.22. Yangın dolabı, çöp kutusu, bisiklet parkı vb. fiziksel engel örnekleri.....	56
Şekil 5.23. İÜFM simülasyon modelinde oluşturulan kat boşluğu	57
Şekil 5.24. Simülasyon içerisinde yaya türlerinin belirlenmesi	58
Şekil 5.25. Yaya simülasyonuna yolcu değerlerinin girilmesi.....	59
Şekil 5.26. İÜFM simülasyon modelinde yayaların simülasyon ağına girişi.....	60
Şekil 5.27. Simülasyonda sabit yaya rotalarının oluşturulması	61
Şekil 5.28. Simülasyonda değişken yaya rotalarının oluşturulması.....	62
Şekil 5.29. İÜFM simülasyon modelinde değişken yaya rotasının uygulanması	63

Şekil 5.30. Kat yerleşimlerinin belirlenmesi ve kot değerlerinin girilmesi.....	63
Şekil 5.31. İUFM simülasyonun çok katlı modellenmesi	64
Şekil 5.32. Katlar arası geçişte kullanılan teknik ekipmanların modellenmesi	65
Şekil 5.33. Sabit merdivenlerin modellenmesi.....	66
Şekil 5.34. Metro istasyonlarında sabit merdiven örneği	67
Şekil 5.35. Yürüyen merdivenlerin modellenmesi.....	68
Şekil 5.36. Metro istasyonlarında yürüyen merdiven örneği	69
Şekil 5.37. Acil durum merdivenlerinin modellenme parametreleri.....	70
Şekil 5.38. Merdivenler arası sahanlıkların modellenmesi	71
Şekil 5.39. Yürüyen bantların modellenmesi	71
Şekil 5.40. Yürüyen bantların teknik özelliklerinin simülasyona girilmesi	72
Şekil 5.41. Metro istasyonlarında yürüyen bant örneği	72
Şekil 5.42. Asansörlerin simülasyon içerisinde tanımlanması	73
Şekil 5.43. İUFM kat planında asansörlerin konumu.....	74
Şekil 5.44. Modellenen simülasyon hakkında bulguların belirlenmesi	76
Şekil 5.45. Modellenen simülasyon hakkında elde edilen genel sonuçlar	76
Şekil 5.46. Belirlenen bulguların simülasyon sonuçlarının gösterimi	77
Şekil 5.47. Başlangıç – bitiş güzergah sonuçlarının simülasyon modelinde gösterimi	78
Şekil 5.48. Simülasyonda modellenen yaya alanları hakkında elde edilen sonuçlar	79
Şekil 6.1. Isı haritalarının simülasyon modelinde gösterimi	82
Şekil 6.2. Isı haritalarının değerlerinin belirlenmesi	82
Şekil 6.3. İUFM metro istasyonu peron bölgesinde yaşanan yaya yoğunluğu	83
Şekil 6.4. İUFM metro istasyonu turnike bölgesinde yaşanan yaya yoğunluğu	83

YAYA HAREKETLERİNİN MİKRO SİMÜLASYON PROGRAMI İLE MODELLENMESİ SÜRECİ

ÖZET

Yaya simülasyonu uygulamaları, günümüzde birçok projede yaya hareketlerinin test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu projelerin başında; alışveriş merkezleri, havaalanları, metro istasyonları gibi yaya yoğunluğunun yüksek olduğu tesisler gelmektedir. Bu tesislerde özellikle; giriş – çıkış noktaları, turnike bölgeleri, güvenlik kontrol noktaları ve fiziksel engellerin bulunduğu lokasyonlarda yaya hareketleri açısından sorun yaşandığı bilinmektedir. Yaşanan bu sorunların teknik olarak ortaya konması ve giderilmesine yönelik alternatiflerin geliştirilmesi adına yaya simülasyonları kullanılmaktadır. Yaya simülasyonları, araç simülasyonlarına kısmen benzese de genel itibarı ile farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, yaya simülasyonlarının oluşturulma süreci de araç simülasyonlarının oluşturulma sürecinden farklıdır. Yaya hareketleri, taşıt hareketlerine göre daha değişken olabilmektedir. Bir yolculuk çekim merkezinde, günün belirli zaman dilimlerinde diğer zaman dilimlerine göre yaya hareketliliği daha yoğun yaşanabilmektedir. Bu süreçte, yaya hareketliliğinin modelleneceği kompleks hakkında, günün tüm zaman dilimleri için yolculuk hesapları yapılarak, söz konusu kompleks için hazırlanan projeler elde edilmelidir.

Bu çalışmada, yaya simülasyonu oluşturma sürecinin belirlenmesi amacıyla, zirve saatlerde yaya hareketliliğinin oldukça yüksek olacağı bir kompleks için yaya hareketleri mikro simülasyon programında modellenmiştir. Modelleme yapılırken, ilgili komplekse ait ihtiyaç duyulan projeler mikro simülasyon programına aktarılıp, yaya hareketlerinin yaşanabileceği tüm bölgeler üç boyutlu olarak modellenmiştir. Hazırlanan simülasyon modelinde; gün içerisindeki yolculuk hesapları ile birlikte, her bir yolcu hareketinin; nereden başlayıp nerede biteceği, hangi rotayı izleyeceği belirlenmiş; ayrıca yayaların yürüme hızı, varsa sabit ve yürüyen merdivenler, yürüyen bantların ve asansörlere ait hızlar, turnike ve güvenlik bölgelerinden geçiş hızları gibi birçok parametre dikkate alınmıştır. Bu çalışma ile İstanbul Uluslararası Finans Merkezi metro istasyonu ile iş merkezleri, AVM ve otel gibi tesisler arasındaki yaya erişimine ait simülasyon modeli oluşturularak, söz konusu finans merkezine ait kurumların hizmete girmesiyle birlikte metro istasyonunda ortaya çıkabilecek sorunlar tespit edilmiş ve bu sorunların çözümlerine yönelik öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikro simülasyon, Yaya hareketliliği, Yaya simülasyonu, Yolcu hareketleri

THE PROCESS OF PEDESTRIAN MOVEMENTS MODELING WITH MICRO SIMULATION PROGRAM

ABSTRACT

Pedestrian simulation applications are used in many projects today to test pedestrian movements. At the beginning of these projects; Facilities with high pedestrian density such as shopping malls, airports, and metro stations come to mind. In these facilities especially; It is known that there are problems in terms of pedestrian movements in locations where there are entry and exit points, turnstile areas, security checkpoints and physical obstacles. Pedestrian simulations are used to technically reveal these problems and develop alternatives to solve them. Although pedestrian simulations are partially similar to vehicle simulations, they differ in general. However, the process of creating pedestrian simulations is different from the process of creating vehicle simulations. Pedestrian movements may be more variable than vehicle movements. In a travel attraction, pedestrian activity may be more intense at certain times of the day than at other times. In this process, travel calculations should be made for all time periods of the day for the complex where pedestrian mobility will be modeled, and projects prepared for the complex in question should be obtained.

In this study, pedestrian movements for a complex where pedestrian activity is expected to be particularly high during peak hours were modeled in a micro-simulation program to determine the process of creating a pedestrian simulation. During the modeling, the required projects for the relevant complex were transferred to the micro-simulation program, and all areas where pedestrian movements could occur were modeled in three dimensions. In the prepared simulation model, along with travel calculations throughout the day, details such as where each passenger movement would start and end, the route they would take, walking speed of pedestrians, speeds of escalators and moving walkways, and speeds of turnstile and security checkpoint crossings were determined. With this study, a simulation model for pedestrian access between Istanbul International Financial Center metro station and facilities such as business centers, shopping malls, and hotels was created. Potential issues that may arise at the metro station upon the commencement of services by institutions affiliated with the financial center were identified, and suggestions for addressing these issues were developed.

Keywords: Micro simulation, Pedestrian mobility, Pedestrian simulation, Passenger movements

1. GİRİŞ

Günümüzde artan insan nüfusu ile birlikte, bir yerden başka bir yere ulaşım ihtiyacı da bu oranda artış göstermektedir. İnsanların ulaşım ihtiyacının sağlanabilmesi için ülkeler, yerel yönetimlerinde çeşitli ulaşım modları oluşturmaktadır. Bu modlar ile birlikte, insanların yolculuk ihtiyaçları karşılanmaktadır. Bahsedilen bu yolculuk türleri; iş, ev, sosyal, kültürel vb. diğer yolculuklardır. Bu yolculuk türleri çeşitli ulaşım modlarıyla sağlanmakta olup, şehrin ulaşım ağının gelişmişlik düzeyine göre; yolcular, en optimum ulaşım modunu seçebilme esnekliğine sahiptir. Yolcuların yapmış oldukları bu seçimde etkili olan en önemli parametreler; erişilebilirlik, ücret, seyahat süresi, konfor, güvenlik ve çevresel faktörlerdir. İnsanlar gün içerisinde yapmış oldukları yolculuklarda, bahsedilen parametrelere göre bir tercih yaparak kendileri için en uygun ulaşım modunu seçmektedir.

Nüfusun artması, şehirleşme ve sanayileşme kent merkezlerinde yerleşim alanlarının daralmasına, insan yoğunluğunun artmasına ve kentlerin fiziki sınırlarının büyümesine neden olmaktadır [1]. Tarım arazilerinin şehircilik anlamında yerleşime açılması, özellikle büyükşehirlerde hizmet veren ulaşım sektöründe bazı sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların başında, yolcuların hareketliliği ve etkileşimi gelmektedir. Yapılan yolculuklar ihtiyaçlara göre birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu yolculuklar; özel araç, toplu taşıma, varsa denizyolu, mikro mobilite araçları ile yapılan yolculuklar ve yaya yolculukları olarak çeşitli ulaşım modlarına ayrılmaktadır. Her bir ulaşım modunun kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, yolcular tercih ve imkanlarına göre bu ulaşım modlarını seçerek yolculuklarını gerçekleştirmektedir.

Bahsedilen ulaşım modları arası entegrasyon, yerel yönetimlerin yolculara sağladığı imkanlar dahilinde yapılmaktadır. Bu entegrasyon ile birlikte, yüksek yolcu talebi bulunduran merkezlere erişim, çeşitli ulaşım modları ile sağlanarak, kullanıcılara farklı alternatiflerin sunulması daha iyi ve kaliteli bir ulaşım hizmetinin verilmesi açısından oldukça önemlidir.

Özellikle büyükşehirlerde yaşanan nüfus artışı ve buna bağlı olarak da artış gösteren yolculuk sayıları ile birlikte meydana gelen sorunların başında ulaşım sorunları gelmektedir. Meydana gelen bu sorunlar ile birlikte, o kentte yaşayan insanlar, trafik yoğunluğu, gürültü, çevre kirliliği, zaman kaybı, maddi ve manevi kayıplar gibi birçok olumsuzlukla karşılaşarak ulaşım hizmetlerinden rahatsızlık duyabilmektedir [1].

Yolculuk talebinin artması sebebiyle ulaşım hizmetlerindeki kalitenin düşmesi; kentlerin planlanması, altyapı gelişimlerinin artırılması, toplu taşıma sistemlerinin optimize edilmesi ve

entegrasyonu ile sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin ortaya konması gerekmektedir. Bu bağlamda, ulaşım hizmetlerinde yaşanan sorunların azaltılmasına yönelik; taşıt ve yaya trafiği, trafik yönetimi, kent içi yolların planlanması, kavşak noktalarının çözümlenmesi ve güvenlik gibi birçok konuda mikro simülasyon programlarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Mikro simülasyon programları, kentlerdeki ulaşım sistemlerini bilgisayar ortamında simüle etmek için kullanılan araçlardır. Bu programlar, yaya veya taşıt trafiğini belirli bir yolculuk çekim merkezi, transfer merkezi veya kavşak noktası özelinde modelleyebilir. Bu modelleme, ilgili bölgede yapılan çalışma hakkında çeşitli analizlerin yapılmasına ve ulaşım sistemlerinin hizmet düzeylerinin değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır.

Yapılan simülasyon çalışmaları ile, mevcut durumda ulaşım hizmetleri ile ilgili sorun yaşanan bölgelerde mevcut durumda veya gelecekte yaşanabilecek sorunlar ortaya konulmaktadır. Yaya veya taşıtlar ile ilgili yapılan simülasyonlarda, yaşanan sorunların çözümlerine yönelik olarak; yaya trafiğinin modellenmesi dikkate alındığında, yüksek yolculuk çekim merkezlerindeki yaya hareketliliği analiz edilerek, yaya güzergahları düzenlenebilir veya taşıt trafiği ile ilgili olarak, sorun yaşanan kavşakta, sinyal, sirkülasyon veya yol geometrisindeki değişiklikler çözüm önerisi olarak sunulabilmektedir.

Günümüzde yapılan incelemelerde, yaya ve taşıt trafiğinin modellenmesi ve bu modelleme sonucunda da çeşitli analiz ve çözüm önerilerinin geliştirilebilmesi amacıyla birçok mikro simülasyon program bulunmaktadır. Bu programların bir kısmı, yapılan literatür araştırmalarından elde edildiği üzere; PTV Vissim, PTV Viswalk, Aimsun, Legion, SUMO, Massmotion olarak belirtilmekte olup bu çalışma kapsamında PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılmıştır.

Yapılan simülasyon çalışmaları ile birlikte, yaya hareketliliğinin etkinliği, konforu ve standartları kullanıcılar tarafından analiz edilmektedir. Yapılan bu analizlerde; yaya yoğunluğu, yaya hızı, güvenlik vb. konfor parametreleri dikkate alınmaktadır. Buradan hareketle, Highway Capacity Manual (HCM) tarafından belirlenen standartlara göre ilgili yaya yolu güzergahının hizmet düzeyi belirlenmektedir [2].

Yaya yollarının tasarlanması ve geliştirilmesinde HCM’de yer alan LOS (Level Of Service) değerleri dikkate alınmaktadır. A’dan F’ye kadar sınıflandırılan bu değerlendirme ile birlikte, test edilen yaya yolu güzergahı hakkında gerekli öneriler sunulabilmektedir. Yapılan bu değerlendirmelerde, yürüme hızı, geçiş kolaylığı, yaya yoğunluğu ve yayaların konfor parametreleri dikkate alınmaktadır [3]. Belirtilen konfor, güvenlik ve yoğunluk parametrelerine

ek olarak, Hizmet Düzeyi (LOS), sosyo-demografik özellikler ile de ilişkilendirilebilmektedir [4].





2. LİTERATÜR TARAMASI

Artış gösteren nüfus ve yolculuk talepleri ile birlikte yaya hareketlerinin, yolculuk çekim ve üretim merkezlerindeki taleplere göre incelenmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir. Yolculuk üretim ve çekimlerinin oluşturduğu yaya hareketliliği günümüzde yoğun nüfusa sahip şehirlerde çeşitli problemleri de beraberinde getirmektedir. Yoğun yaya hareketliliği nedeniyle yaşanan bu problemlerin, önceden tespit edilebilmesi ve çeşitli senaryoların değerlendirilerek meydana gelebilecek problemlerin öngörülebilmesi amacıyla yurt içi ve yurt dışında yaya hareketliliği ile ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyon çalışmaları; yaya hareketlerinin belirlenmesi, modellenmesi, kullanılan yöntem ve programlar ile süreçler olarak detaylı şekilde incelenmiştir.

Yaya Hareketlerinin Belirlenmesi

2.1. Yaya hareketlerinin belirlenmesi, yaya simülasyonu hazırlık sürecinde oldukça kritik bir öneme sahiptir. Bu aşamada, simülasyon içerisindeki yaya hareketlerinin davranışları, sosyal mesafe düzeyleri ve çevre etkileşimleri, yayaların hızları vb. birçok parametre dikkate alınmaktadır. Yaya hareketlerine ek olarak, yaya ve yolcu değerlerinin belirlenmesinde, çalışmanın gerçekleştirileceği alanının; tasarım, planlama aşamasında veya hizmette olması durumuna göre farklı yöntemler kullanılmaktadır. Dünya genelinde yapılan araştırmalarda, yayaların hareketlerinin ve değerlerinin belirlenmesi yönelik gerçekleştirilen çalışmalar bu başlık altında incelenmiştir.

Yapılan araştırmalara göre, Dünya Sağlık Örgütü'nün 2002 yılında yayınlamış olduğu ilgili raporda; mevcut kentleşme sisteminin yayalara, kolay, konforlu ve rahat erişilebilir bir yürüme imkanı sağlamaması sebebiyle, fiziksel aktivitenin buna bağlı olarak azaldığını göstermektedir [5]. Yapılan yaya yolculukları kendi içerisinde incelendiğinde ise; konfor, çevre koşulları, yoğunluk, altyapı ve güzergah üzerindeki yürümeyi kolaylaştıracak teknik ekipmanlara göre farklılıklar göstermektedir.

2020 yılında tüm dünyada yaşanan Covid-19 pandemi kriziyle birlikte insanların ulaşım hareketliliği azalmıştır. Bununla birlikte, yaya hareketliliğinin yoğun olduğu merkezlerde pandemi koşulları göz önüne alınarak sosyal mesafenin korunması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, 2022 yılında Kanada'da yapılan çalışmada, uluslararası bir havalimanında, pandemiye bağlı yaya hareketlerinin yanı sıra, olağan yaya hareketlerinin de analiz edilmesi amacıyla mikro simülasyon modeli geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada, yaya hareketleri Covid-19 pandemi kısıtlarını yansıtacak şekilde simülasyona tanımlanmış ve bu tanımlamaların

gerçeği yansıtması amacıyla kapsamlı bir kalibrasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan kalibrasyon; gözlemler, duyarlılık analizi ve çeşitli parametreler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile birlikte, 3 farklı durum senaryosu test edilmiştir. Bu senaryolar:

- Sosyal mesafe parametrelerinin etkin olmaması,
- Kalibre edilmiş sosyal mesafe parametrelerinin uygulanması,
- Kalibre edilmiş sosyal mesafe parametrelerinin yanı sıra, mevcut durumu iyileştirmeye yönelik stratejilerin de uygulanması,

olarak verilmiştir. Test edilen bu senaryolar ile birlikte, havalimanı yetkililerinin yaya hareketleri üzerindeki sosyal mesafe politikalarının olumsuz etkilerini hafifletmek için; alınacak çeşitli tedbirlerin, yönetim süreçlerinin, altyapı geliştirmelerinin ve ek kaynak kullanımlarının geliştirilmesine yönelik ihtiyaçlar ortaya konulmuştur. Pandemi sürecinde yayaların birbirleri arasındaki sosyal mesafeyi korumasına ilişkin, iki farklı senaryo test edilirken, check-in kontuarlarındaki sosyal mesafenin iyileştirilmesine yönelik adımların atılması konusunda fikir vermektedir. Bununla beraber, sosyal mesafe politikasının uygulanması, yayalar arasında 2 metreden daha az yakınlık sağlanması gibi durumların %93-94 oranında azaltılabileceği gözlemlenmiştir [6]. Bu çalışmada, havalimanı içerisindeki yaya hareketlerinin modellenmesi amacıyla, sosyal güç modelinin kullanılması ve güç modeli içerisindeki parametrelerin üç farklı senaryo içerisinde ayrı ayrı değerlendirilmesi ve farklı sonuçların elde edilmesi konusuna değinilmiştir.

2012 yılında İsviçre’de yapılan bir çalışmada, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Üniversitesi’nde bir yaya simülasyonu hazırlanmıştır. Bu simülasyon içerisinde modellenen üniversitedeki bir geçiş koridorunda, insanların bu koridoru geçerek çeşitli hedeflere olan yolculuk taleplerine bağlı olarak farklı bina giriş ve çıkışlarını kullandığı görülmüştür. Yapılan bu gözlem, PTV Viswalk yaya simülasyonu üzerinde kalibre edilmiştir. Yapılan bu kalibrasyon ile birlikte, üç farklı senaryo çalışılmıştır. Her bir senaryoda, farklı yolculuk tahminleri ve güzergah alternatifleri oluşturulmuş ve bu senaryolar simüle edilerek yayaların hareketleri analiz edilmiştir. Mevcut durum gözlemlenerek hazırlanan simülasyon çalışması senaryoların ilkinin oluştururken, ikinci senaryoda ise bina giriş ve çıkışları hakkında yapılan değişikliklerin yaya hareketlerini ne yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Üçüncü senaryoda ise, ilgili çalışma alanına yapılan yolculuk talebinde yaşanabilecek %20’lik artışın, üniversite içerisindeki etkisi incelenmiştir. Hazırlanan simülasyonlar ile yapılan incelemeler sonucunda, her bir senaryoya

ait ısı haritaları, HCM değerlerine göre analiz edilerek, yaşanacak talep artışıyla birlikte, yaya hareketlerinin olumsuz yönde etkileneceği, yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur [7]. Bu çalışma; mevcut durumun analiz edilmesi, işletme esnasında yapılabilecek değişiklikler ve gelecek durumun analiz edilmesi ile her bir senaryonun yaya hareketlerinin ne yönde etkileneceği konusuna değinmiştir.

2021 yılında Kanada’da yapılan çalışmada, Covid-19 pandemisiyle birlikte, kaldırım kullanan yayalar için fiziksel mesafe gereksinimlerinin etkileri alınmıştır. Yapılan bu çalışmada, farklı fiziksel mesafe düzeyleri değerlendirilerek, uygulamak için kullanılabilecek yaya fiziksel mesafe düzeyleri önerilmiştir. Bu çalışma kapsamında, PTV Viswalk simülasyon programı kullanılarak sanal bir yürüyüş ortamında fiziksel mesafe düzeylerinin nasıl uygulandığını gösterilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon çalışması ile birlikte, sağlık sektöründeki yetkililere yön göstermesi amacıyla, kaldırımlarda insanlar arası virüsün yayılmasını önlemek veya en aza indirebilmek için en uygun yaya fiziksel mesafesinin belirlenmesi konusunda yardımcı olacağı düşünülmektedir [8].

2005 yılında Japonya’da yapılan bir çalışmada hazırlanan yaya simülasyonunda, önemli bir yolculuk çekim merkezinin inşasından önce, yaya hareketlerinin modellenerek, bu merkez ile ilgili belirli stratejilerin oluşmasını hedeflemiştir. Bu kapsamda, mikroskobik bir yaya modeli geliştirilerek, mevcut durum verileri ile oluşturulan bu model kalibre edilmiştir. Çalışma kapsamında, üç farklı simülasyon senaryosu gerçekleştirilmiştir. Birinci senaryoda, tek ve çift yönlü yaya trafiği karşılaştırılmıştır. İkinci senaryoda ise, yaşlı yayaların sayısının artması durumunda sistemin davranışını analiz etmek hedeflenmiştir. Üçüncü ve son senaryoda ise, yaya hareketlerinin şeritler ile ayrılarak yaya geçişlerinin performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır [9].

Slovenya’da 2020 yılında yapılan bir çalışmada, yaya hareketlerinin tanımlanması için yapay sinir ağlarının uygulanma olasılığı test edilmiştir. Bununla birlikte oluşturulan mikro simülasyon modellerinin güvenilirliğinin artırılması hedeflenmiştir. Simülasyon içerisinde yaya hareketleri kültürel olarak tanımlanmıştır. Yapılan bu tanımlamalar, simülasyon modelinin yerel özelliklere uygun olarak gerçekçi sonuçlar vermesi için kalibrasyon sürecinde oldukça önemlidir. Saha çalışmalarından doğrudan ölçülemeyen yaya hareketleri mikro simülasyondan çıktı olarak alınarak yaya geçiş süreleri, sinir ağı üzerinden formüle edilerek doğrulanmıştır. Örnek olarak yapılan çalışmada, dönel kavşaklarda yayaların geçiş süreleri simülasyon tarafından hesaplanmıştır [10]. Çalışmanın gerçekleştirildiği bölgeye göre yaya

hareketlerinin belirlenmesi amacıyla, PTV Viswalk programında bulunan yaya davranış parametreleri hakkında düzenlemeler yapılmıştır.

Tayland'da yapılan çalışmada, Chiang Mai Uluslararası Havalimanı'nın mevcut ve gelecek durumdaki girişi hizmet süresi bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında, iç hatlarda yer alan kontrol noktasının yolcuların hareketlerinde darboğaz etkisi gösterdiğine değinilmiştir. Yapılan çalışma ile birlikte, Chiang Mai Uluslararası Havalimanı İç Hatlar Terminal girişindeki kontrol noktasının hizmet süresinin mikroskobik trafik ve yaya simülasyonu ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma, mevcut ve yeni durumda yaya yürüme hızlarının etkileneceği ve bu durumun da hizmet düzeyini etkileyeceği düşünülerek yapılmıştır. Çalışma kapsamında, hizmet düzeyi ve kuyrukta bekleme süresi gibi parametreler değerlendirmeye alınmış olup, yolcuların değişken davranışları ile birlikte servis süresinin ve kuyrukta bekleme süresinin ne oranda değiştiğinin sonucuna ulaşılmıştır [11].

Yaya hareketlerinin belirlenmesine yönelik yapılan literatür araştırması ile yaya simülasyonunun oluşturulması sürecinde, yaya hareketlerinin belirlenerek, gerçek hayattaki yaya hareketlerinin bilgisayar ortamında, simülasyon programında tanımlanması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, birçok ülkede yapılan simülasyon modelleme çalışmaları incelenmiş olup, yaya hareketlerinin belirlenmesine yönelik olarak düzenlenen simülasyon parametreleri ve uygulanan sosyal mesafe kabulleri ile yapılan tez çalışmasına katkıda bulunmuşlardır.

2.2.

Yaya Hareketlerinin Modellenmesi

Günümüzde artan nüfus ile birlikte, yolculuk çekim merkezlerindeki yolculuklarda buna bağlı olarak artış göstermektedir. Yaşanan bu artışlar ile birlikte meydana gelebilecek sorunların önceden tespit edilmesi amacıyla yaya hareketlerinin modellenmesi oldukça önemlidir. Yaya hareketlerinin tanımlanmasına ilişkin yapılan araştırma neticesinde, modellemeye yönelik araştırma yapma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaç doğrultusunda, yaya hareketlerinin modellenmesi hakkında yapılan araştırmalar bu başlık altında incelenmiştir.

2020 yılında yapılan çalışmada, PTV Viswalk programında, yaya hareketleri için kullanılan sosyal güç modelinin uygulanabilirliği test edilmiştir. Normal ve acil durumlarda yaşanan koşullar göz önüne alınarak hazırlanan simülasyon modelinde, çıkışların konumu ve boyutu dikkate alınarak yayaların hareketleri sosyal güç modeli ile test edilmiştir. Yapılan testlerde, acil durumlarda simülasyonda yaşanan yaya yoğunlukları daha az tespit edilmiştir. Bu testler yapılırken, PTV Viswalk programında kullanılan sosyal güç modeline ilişkin parametrelere

değnilmiştir. Bu doğrultuda, yayaların içinde bulundukları duruma göre sahip oldukları yürüme hızları, birbirleri arasındaki etkileşimler ve acil durumlarda panik halinde olan yayalar model içerisinde tanımlanmıştır. Yapılan tanımlamalar ile birlikte, yayaların bir oda içerisinde tahliye olma durumları incelenmiştir. Yapılan tahliye simülasyonuna ilişkin; normal durum ve acil durumlarda sosyal güç modeline ait Viswalk parametreleri Tablo 2.1’de verildiği gibi kullanılmıştır [12].

Tablo 2.1. Sosyal güç modelinde simülasyon parametreleri [12]

Parametre	Normal Durum Değeri	Acil Durum Değeri
τ	0,4	0,4
λ	0,176	0,448
n'ye Tepki	5	8
Taraf Tercihi	1	0
A Sosyal İzotropi	(1.6, 2.2, 2.72)	(0.528, 0.726, 0.898)
B Sosyal İzotropi	0,13	0,13
A Sosyal Ortalama	(0.2, 0.42, 2.5, 3, 3.3, 3.6)	(0.13, 0.28, 1.68, 2.01, 2.21, 2.41)
B Sosyal Ortalama	1,4	1,4

2019 yılında Avustralya’da yapılan bir çalışmada, İslami ibadetlerden birisi olan Hac ibadeti incelenmiştir. Bu inceleme; Mekke, Suudi Arabistan’da yapılmıştır. Yıllara bağlı olarak ibadeti gerçekleştiren katılımcı sayısının artması sebebiyle, bu bölgede yaşanan sıkıntılar da artış göstererek bazı zorluklar yaşanmıştır. Yoğun insan hareketliliği, sıkışıklık, kaybolma durumları, izdihamlar, yaralanma ve ölüm gibi çeşitli olumsuz olaylar meydana gelmiştir. Yerel yönetim, CCTV kameralar vb. çeşitli gözlem yöntemleriyle bu olumsuzlukların önüne geçebilmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, bazı sorunların önüne geçebilseler de beklenmeyen sorunlar yine de ortaya çıkabilmektedir. Hac ibadetindeki kalabalık insan nüfusunun yönetimi için en uygun stratejilerin belirlenmesi ve bu stratejilere göre planların hazırlanması simülasyon çalışmaları ile önceden test edilerek yaşanacak sorunların hafifletilmesi amaçlanmıştır. Yapılan simülasyon çalışmasında Hac ibadetindeki yoğun insan nüfusu ve yaya hareketliliği modellenmiş olup, yaya simülasyon çalışmaları hakkında genel bilgiler verilmiştir [13].

2017 yılında Hindistan’da yapılan bir çalışmada, yaya akış hareketlerinin geliştirilmesi amacıyla, Hindistan’daki yaya kaldırımlarındaki yaya performansı PTV Viswalk üzerinde simüle edilmiştir. Simülasyon çalışmasında girdi olarak kullanılması amacıyla, zirve saatteki yaya hareketleri incelenerek simülasyon ortamında modellenmiştir. Zirve saatte elde edilen yaya değerleri ile simülasyonda elde edilen veriler karşılaştırılmış olup, ilgili bölgeye ilişkin kalibrasyonlar yapılarak, oluşturulan simülasyon modelinin çıktılarının doğruluğu ölçülmüş ve

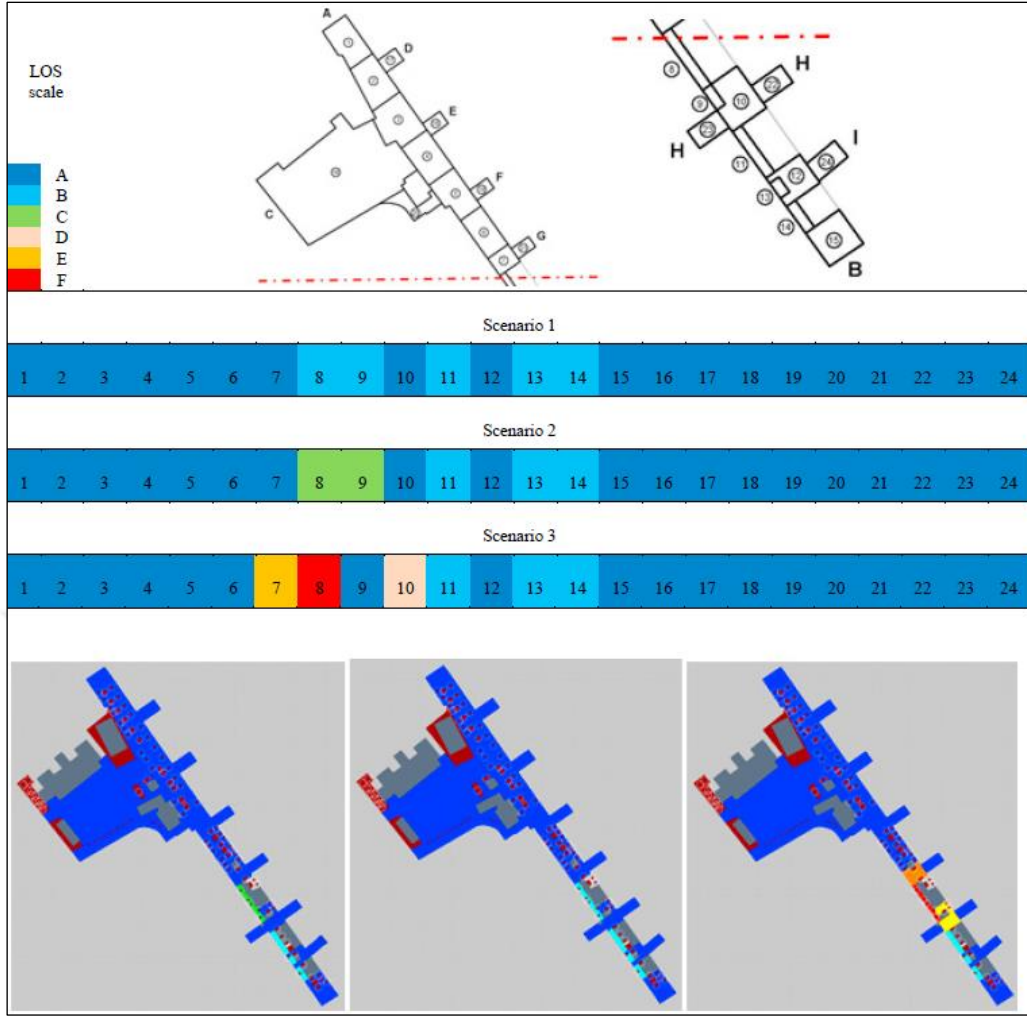
hata değerleri tespit edilmiştir. Yapılan bu kalibrasyon çalışmasında, serbest akış hızı ve yol güzergah kapasitesi gibi akış parametreleri gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda, serbest akış hızındaki fark %2,57 ve yol güzergah kapasitesindeki farkın ise %3,72 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hata oranlarının %10'un altında olması sebebiyle, yaya hareketleri hakkında yapılan incelemelerde, PTV Viswalk üzerinde modellenen yaya hareketlerinin değerlendirilebilir nitelikte olduğunu ortaya koymuştur [14].

2022 yılında Endonezya'da yapılan bir çalışmada, Transit Oriented Development (TOD) ya da Transit Odaklı Gelişme alanlarındaki yaya hareketleri PTV Viswalk mikro simölasyon programı kullanılarak analiz edilmiştir. Jakarta'da trafik sıklıkklığının yoğun olması sebebiyle geliştirilen Dukuh Atas TOD alanı 4 ulaşım modu ve yapımı devam eden LRT istasyonunun birleşiminde yer almaktadır. Yapılan analiz çalışmaları ile birlikte, mevcut ve gelecek durumdaki hizmet düzeyleri elde edilmiştir. Bu analiz çalışmalarında 2 farklı senaryo çalışılmış olup, elde edilen sonuçlara göre Senaryo 2'nin hizmet seviyesi F olarak elde edilmiş olup geliştirilen; giriş – ıkış yerlerinin değişikliği, merdivenlerde yapılan değişiklik ve genişletmeler gibi iyileştirme önerileri ile birlikte hizmet seviyesi C kategorisine çıkarılmıştır. Simölasyondaki yaya hareketlerinin modellenmesine yönelik olarak ise; simölasyondaki varsayılan yaya davranış parametreleri farklı çalışma bölgeleri ile kıyaslanarak kalibre edilmiştir [15]. Bu alışma, simölasyon programındaki mevcut yaya davranış parametrelerinin doğruluklarını test ederek, ilgili çalışma alanı hakkında elde edilen sonuçları ve bu sonuçlara yönelik olarak geliştirilen iyileştirme önerilerini sunmuştur.

2020 yılında Çin'de yapılan bir çalışmada, oluşturulan yaya simölasyon modelinde yaya çıkışı tasarımının acil ve normal durumlardaki tahliye akışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Özellikle, fiziki olarak dar olan çıkışlarda yoğun yaya nüfusunun tahliyesi, mimari tasarımlar ve yapı yönetmeliklerindeki önemi nedeniyle popüler bir araştırma konusudur. Bu araştırmada, Sosyal Kuvvet Modeli kullanılarak simölasyon oluşturularak, normal ve acil durum koşullarındaki fiziki engellerin etkileri ve çıkış noktalarına ilişkin deneysel veriler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile normal ve acil durumlarda yaşanan yaya çıkış hareketlerinin modellenmesine yönelik olarak PTV Viswalk programında gömölü olarak kullanılan sosyal kuvvet modelinin uygulanabilirliği doğrulanmıştır. Simölasyon programında kullanılan modele ilişkin parametreler, literatür araştırmalarından elde edilen bilgiler ile optimize edilmiştir. Sosyal güç modelinde kullanılan parametrelerin optimize edilmesi ile birlikte yapılan karşılaştırmaların sonucunda, deneysel verilere göre acil durumlarda meydana gelen tıkanma olayları yapılan simölasyonda daha az gözlenmiştir [16].

2020 yılında Yunanistan’da yapılan bir çalışmada, Selanik kentinin sahil şeridinde yaya alanları üzerinde ölçümler yapılmıştır. Çalışma alanının üç farklı zaman diliminde yapılan ölçümler; Zirve saat öncesinde, zirve saatte ve zirve saat sonrasında gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ölçümler ile birlikte hizmet düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirtilen bu üç zaman dilimi PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılarak modellenmiştir. Yapılan simülasyondan, çalışmanın gerçekleştirildiği yürüyüş yolunun gözlemleri analizleri yapılarak ilgili yol güzergahının hizmet düzeyi, ortalama yoğunluk vb. performans değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanı boyunca mevcut sorunlu bölgelerde yaşanan darboğazlar ve akış hızları nedeniyle hizmet seviyesi C sınıfı olarak belirlenmiştir. Hizmet seviyesi olarak kötü olmayan bir sınıfın çıkmasına karşın; yapılan simülasyon çalışmasına ek olarak, yaya yolunun kullanıcıları ile anket çalışması yapılmıştır. Yapılan anket çalışmasından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, katılımcıların %38’inin çalışma alanındaki hizmet seviyesinden memnun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak, bisiklet kullanıcıları ile yaşanan kesişimler ve yetersiz geometri nedeniyle kullanıcıların memnun olmadığı sonucuna varılmıştır [17].

2020 yılında Yunanistan’da yapılan bir başka çalışmada ise, Selanik bölgesindeki en büyük belediyelerden birisi olan Kalamaria Belediyesi’nin merkezindeki bir yaya bölgesi değerlendirmeye alınmıştır. İlgili yaya bölgesi, merkezi bir alanda bulunmasına ek olarak, günlük yaya yolculuklarının büyük kısmını karşılayan önemli ve en eski yaya bölgelerinden birisidir. Ayrıca, bu bölgede yapılması planlanan metro inşaatı ile birlikte yaya hareketliliğinin daha da artacağı öngörülmektedir. Bu çalışmada, yaya hareketliliğinin mevcut durum değerlendirilmesi, yaşanabilecek darboğazların ortaya konması, bakım çalışmaları ve acil durum senaryolarının simüle edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılmıştır. Bu simülasyon ile birlikte, yaya hareketlerinin neden olduğu yoğunluklar ve kesişimler göz önüne alınarak ilgili çalışma alanının hizmet düzeyi (LOS) değerleri, ısı haritaları ve yayaların gecikme süreleri yardımıyla elde edilmiş olup Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Isı haritaları ve hizmet düzeyleri [18]

Çalışılan 3 farklı senaryoya göre yayaaların yoğunluk yaşadığı bölgeler ısı haritaları yardımıyla ortaya konularak, yaya güzergahı üzerindeki kesitler A'dan F'ye kadar hizmet düzeyleri konusunda incelenmiştir [18].

2020 yılında Kolombiya'da yapılan bir çalışmada, yayaaların meydana gelen trafik kazalarına karıştığı ve can kayıplarının oldukça fazla olduğuna değinilmiştir. Bu kazaların azaltılabilmesi için kazaların oluşma nedenlerinin bilinmesi gerektiği düşünülerek yaya davranışlarının simüle edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Hazırlanan bu simülasyonlar ile birlikte kaza oranlarının azaltılması hedeflenmektedir. Yapılan bu çalışma ile birlikte, yaya hareketlerinin modellenerek vatandaşların hizmetine sunulması ve bilgilendirici videoların ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu sayede Kolombiya'nın Bucaramanga bölgesinde yayaaların karışabileceği kaza oranının %80 oranında azaltılabileceği öngörülmektedir [19].

2020 yılında Endonezya'da gerçekleştirilen çalışmada, Sultan Mahmud Badaruddin Havaalanı Terminali ile Palembang şehrini birbirine bağlayan köprü üzerindeki LRT hafif raylı tren

istasyonu incelenmiştir. Yapılan bu incelemede, PTV Viswalk simülasyon programı kullanılarak modelleme yapılmıştır. Simülasyon içerisindeki yaya hareketlerinin kalibrasyonu yapılırken deneme yanılma yoluyla gerçek yaya davranışlarının temsil edilmesi durumu kontrol edilmiştir. PTV Viswalk programı içerisinde bulunan yaya davranış parametrelerinde yapılan değişikliklerin, yaya yürüme hızları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan bu kontrollerin ardından gözlemsel verilere ek olarak parametrik olmayan istatistiksel test kullanılmıştır. Yapılan bu testler ile birlikte, simülasyon modelinin doğruluğunun artırılması için olması gereken yaya davranış parametreleri Tablo 2.2’de verildiği gibi elde edilmiştir [20].

Tablo 2.2. Yaya davranış parametreleri [20]

Parametre	Değer
τ	0,2
λ	0,3
n'ye Tepki	8
Taraf Tercihi	-
A Sosyal İzotropi	1,3
B Sosyal İzotropi	0,2
VD	6,0
A Sosyal Ortalama	0,4
B Sosyal Ortalama	2,8
Gürültü	1,2
Sıralanma	1,0

Yaya hareketlerinin modellenmesine yönelik yapılan literatür taraması ile yaya simülasyonunun oluşturulması sürecinde, yaya hareketlerinin simülasyon ortamında modellenmesine yönelik olarak, birçok ülkede yapılan simülasyon modelleme çalışmaları incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler, gerçekleştirilen tez çalışmasında yaya hareketlerinin simülasyon ortamında modellenmesine ve simülasyonun gerçekçiliğinin artırılmasına yönelik katkıda bulunmuşlardır.

Modellemede Kullanılan Yöntemler ve Programlar

Yaya simülasyonlarının modellemesinde, bilgisayar tabanlı programlar kullanılarak gerçek hayattaki yaya davranışlarının bilgisayar ortamında incelenmesi ve analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, çalışmanın gerçekleştirildiği yaya bölgelerinde; konfor analizi, güvenlik analizi, etkinlik analizi ve çevresel analizler yapılmaktadır. Bu analizler ile birlikte, gerekli iyileştirmeler yapılarak yaya hareketliliği optimize edilmektedir. Dünya genelinde yaya simülasyonu modellemesinde kullanılan yöntemler ve programlara ilişkin çalışmalar bu başlık altında incelenmiştir.

2014 yılında İtalya’da yapılan bir çalışmada, mikro simülasyon programları ile kamusal ve özel alanların tasarım aşamasında, yaya akışlarını etkileyen tasarımların incelenmesinde ve gerekli önlemlerin alınmasında önemli bir etki alınacağına değinilmiştir. Bu etkiler ile birlikte, normal ve acil durumlar için ilgili alanların daha iyi yönetilebilmesinin mümkün olabileceği söylenmiştir. Bu konu ile ilgili, birçok yaya simülasyon programının olduğu belirtilmiş olup, her birinin, yaya hareketlerinin yoğun olacağı yeni tesislerin veya düzenlemelerin planlanmasında doğru sonuçlar sağlamak için yaya simülasyonunun gerekli olduğuna değinilmiştir. Bu çalışma ile birlikte, mikro simülasyon programları ile ilgili belirli kriterler oluşturularak yaya simülasyon süreçlerinde standartların oluşturulması amaçlanmıştır [21]. Bu çalışma, yaya simülasyon programlarının mevcut durum ve gelecek zaman dilimlerindeki öneminden bahsederek, yaya simülasyon programlarının fonksiyonlarını, çalışma kapsamında oluşturulan iş akış diyagramı üzerinde detaylı şekilde sunmuş olup, yaya simülasyonları hakkındaki yapılacak çalışmalara katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

2015 yılında İstanbul’da yapılan bir çalışmada, Arena mikro simülasyon programı kullanılarak yolculuk çekim merkezi olarak metrobüs sistemi modellenmiştir. Bu modelleme yapılırken, 8 farklı modül kullanılmış olup 6 farklı senaryo geliştirilmiştir. Geliştirilen bu senaryoların simülasyon modellerinde kullanılmak üzere; yaya yolcularının transfer süreleri, duraklar arası süreler, otobüs kapasiteleri vb. verilere ihtiyaç duyulmuş olup bu verilerin bazıları istatistiksel dağılımlar ile sağlanmıştır. Hazırlanan senaryolara göre, metrobüs durağında kuyrukta bekleyen yolcu sayıları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde, en uygun senaryo belirlenerek, metrobüs hattındaki yolcuların kapasite taleplerinin karşılanması hedeflenmiştir [22].

2013 yılında İsveç’te yapılan bir çalışmada, Viswalk ve Legion mikro simülasyon programları kullanılarak trafik simülasyonlarına yaya entegrasyonunun faydaları ve imkanları analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, dört ana aşama belirlenmiştir. Birinci aşamada, yayaların özellikleri ve yaya hareketlerinin planlanmasının genel olarak değerlendirilmesidir. İkinci aşama, birinci aşamada belirlenen yaya özellikleri ve yapılan planlamalar dikkate alınarak Viswalk ve Legion yazılımlarının incelenmesini içermektedir. Bu aşama kapsamında, yaya tiplerinin tanımlanması, yaya geçitlerinin belirlenmesi ve yaya modellerinin modellenmesi gibi yazılımlar arasındaki farklılıkları ortaya koymuştur. Üçüncü aşama, belirlenen bulguları tamamlamak ve yaya davranışları ile performans ölçümleri gibi yönlerin değerlendirildiği simülasyonların gerçekleştirildiği aşamadır. Son ve dördüncü aşamada ise, her yazılım programı için gerçekleştirilen; güçlü – zayıf yönler, olanakların değerlendirilmesi ve SWOT

analizinin yapıldığı aşamadır. Yapılan çalışma neticesinde, trafik planlamasında yayalara daha fazla odaklanmaya ve trafik simülasyonlarına daha fazla entegre edilmesi gerektiği ve yapılan karşılaştırma ile birlikte, PTV Viswalk programının daha derin analizlere olanak sağladığı ancak Legion programının ise iletişime daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır [23]. Bu çalışma ile birlikte, mikro trafik ve yaya simülasyon programlarının yaya hareketlerinin analiz edilmesinde önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırma ile birlikte, aynı amaca hizmet eden iki farklı simülasyon programının birbirleri arasındaki güçlü ve zayıf yönlerine değinilmiştir.

2013 yılında İsveç'te yapılan bir başka çalışmada ise, PTV Vissim trafik simülasyonu ile Viswalk yaya simülasyonunun birbiri ile entegre olması incelenmiştir. Araç hareketlerini analiz etmek en önemli yöntemlerden birisi olan trafik simülasyonlarının gerçekleştirildiği en yaygın yazılımlardan birisi PTV Vissimdir. Bu çalışmanın amacı, trafik simülasyonlarına, yaya simülasyonlarının da entegre olmasıyla birlikte, trafik simülasyonlarına ne gibi kazançların sağlanacağı ve yayaların ihtiyaçlarının ne kadar tespit edilebileceğini görmektir. Çalışma kapsamında dört farklı senaryo çalışılmış olup, simülasyon programlarının gerçek durumu ne kadar yansıttığı ve yaya hareketlerinin birbirleri ve taşıtlar ile olan etkileşiminin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yapılan karşılaştırmalardan elde edilen sonuca göre, PTV Viswalk'taki model kurulumunun PTV Vissim'e göre daha az zaman alıcı olması ve görsel çıktıların gerçeği daha doğru yansıttığı görülmüştür [24]. Yapılan bu çalışma, taşıt trafiğine kıyasla yaya hareketliliğinin daha yoğun olduğu durumların modellenmesi esnasında PTV Viswalk programının PTV Vissim programına göre daha kullanışlı olduğunu vurgulamaktadır.

2015 yılında Şili'de gerçekleştirilen çalışmada, metro istasyonlarında yolcuların araçlara biniş ve iniş süresinin yaya yoğunluğuna etkisi incelenmiştir. Bu inceleme kapsamında, çeşitli gözlemler yapılarak Legion programı üzerinden mikro yaya simülasyonu hazırlanmıştır. Gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında, metro aracının peron ve içerisi modellenmiştir. Bu yöntem doğrultusunda, araç içerisindeki tutacaklar ve kapı önlerindeki yasaklı bölgelerin belirlenmesi ile iniş – biniş kapılarının kullanımı ayrıca senaryolarda kullanılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen 9 farklı senaryo için; yayaların hizmet seviyesi, araç içerisindeki ve perondaki yolcu yoğunluğu ve yolcu memnuniyetsizliği gibi birçok analiz yapılmıştır. Bu analizler ile birlikte, oluşturulan senaryolar birbirleri ile karşılaştırılarak, yaya trafiğinin daha konforlu ve etkin bir şekilde sağlanabilmesi için çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Bu önerilere göre, kalabalık istasyonlarda biniş ve iniş kapılarının ayrı olarak kullanılmasının yolcu hizmet

süresinde %31 ile %82 oranında azalma sağlayacağı, yolcular arası etkileşimin ve buna bağlı olarak da yaya yoğunluğunun azalacağı düşünülmektedir [25].

Kanada’da 2021 yılında yapılan çalışmada, yaya simülasyonlarının modellenmesinde farklı yöntemlere değinilmiştir. Yapılan çalışmada, yayaların davranışının modellenmesinde kullanılan kriterlere, modellemenin teknikleri ve faktörleri detaylı olarak incelenerek yayaların davranışları simüle edilmiştir. Farklı simülasyon yöntemlerinin kullanılarak bu teknikler ile ilgili avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılması ve gelecekte yapılacak araştırmalarda önerilerde bulunulması çalışma kapsamında hedeflenmiştir [26].

2007 yılında Fransa’da yapılan bir çalışmada, Legion yaya simülasyon programı kullanılmıştır. Mevcut durum verileri toplanarak, yaya değerleri simülasyon içerisine değer olarak girilmiştir. Girdi olarak sağlanan yaya değerleri, demografik olarak incelenerek, simülasyon programına tanımlanmıştır. Bu tanımlama ile oluşturulan simülasyon modelinin, gerçek hayat ile kalibrasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. Model içerisine girilen yolcu değerleri ve elde edilen veriler ile hazırlanan simülasyon çalışmasında, stadyuma girmek isteyen seyircilerin veya fizik olarak darboğaz olan bir bölgedeki yolcuların geçiş sağlamak için sıraya girmesi ve yoğun insan nüfusunun trene binmeye çalıştığı durumlar gibi çeşitli yaya yoğunluğunun yaşandığı durumlar, bu çalışma kapsamında modellenerek gerçek hayat ile karşılaştırılmıştır [27].

2020 yılında Hindistan’da yapılan bir çalışmada, birbirinden farklı yaya tesisleri modellenmiştir. Bu modelleme yapılırken, ilgili tesislerin kapasiteleri tahmin edilmiştir. Yapılan bu tahminler ve sahadan toplanan veriler ile birlikte PTV Viswalk yaya simülasyon programına girdi verisi kullanılmıştır. Yapılan bu simülasyon, MATLAB programından da destek alınarak kalibre edilmiş olup doğrulanmıştır. Yaya yürüme hızını etkileyen parametreler kalibrasyon içerisinde değerlendirmeye alınmış olup genetik algoritma kullanılmıştır. Yapılan bu kalibrasyon işlemi, sahadan toplanan yeni veriler ile doğrulanmış olup modellerin ortalama yüzde hataları hesaplanmıştır. Yapılan bu simülasyon çalışmasından elde edilen sonuçlara göre erkek yayalar kadın yayalara göre 3,5-12 m/dak daha hızlı hareket etmektedir. Buna benzer şekilde bagajlı yayaların bagajsız yayalara göre daha düşük bir hızla hareket ettiği sonucuna varılmıştır [28].

Yaya hareketlerinin mikro simülasyon programı ile modellenmesi sürecinde yapılan literatür araştırması ile birlikte, yaya hareketlerinin bilgisayar ortamında simülasyon programları ile modellenmesine yönelik olarak çeşitli ülkelerde yapılan simülasyon çalışmaları dikkate alınmıştır. Yapılan araştırmalara göre çalışmalarda kullanılan yöntem ve simülasyon

programları, tez çalışmasında yaya hareketlerinin mikro simülasyon programları ile modellenmesi sürecinde kullanılacak yöntem ve programın belirlenmesine yönelik katkıda bulunmuşlardır.

Yaya Simülasyonlarının Modelleme Süreci

Yaya simülasyonlarının modelleme süreci, belirli aşamalardan geçmektedir. Bu süreç; ilgili yolculuk çekim merkezinin belirlenmesi, bu merkez ile ilgili mevcut ve gelecek durum bilgileri 2.4. ile modelleme esnasında kullanılacak kat planları ve tüm projelerin toplanması, toplanan tüm verilerin bilgisayar ortamında derlenerek, mikro simülasyon programında modellenmesi aşamalarının tümüdür. Dünya genelinde yapılan yaya simülasyonu çalışmalarındaki modelleme süreçleri bu başlık altında incelenmiştir.

2021 yılında Çekya’da yapılan bir çalışmada, PTV Viswalk programı ile mikro simülasyon modeli kullanılmıştır. Oluşturulan bu simülasyon, çeşitli toplu taşıma hatları ile birlikte test edilmiştir. Bu testler esnasında, yaya erişim bölgelerinde, yürüyen merdivenlerde vb. yaya alanlarında yolcu hareketleri analiz edilmiştir. Yapılan bu analizler ile birlikte, ilgili çekim merkezinin hizmet düzeyi belirlenmiş olup, ortalama seyahat süreleri ve yaya hızları gibi parametreler dikkate alınarak yolculuk çekim merkezindeki hizmet düzeyinin artırılmasına yönelik alınacak önlemlerin, yaya simülasyonları ile birlikte daha efektif olabileceğine değinilmiştir [29].

2020 yılında Çin’de yapılan bir çalışmada, artan trafik sıkışıklığı ile birlikte kent içi raylı sistemlerinde yayaların yaşamış olduğu yoğunluk konusuna değinilmiştir. Bu çalışma, kent içi demiryolu hattı ve şehirlerarası demiryolu hatlarının entegre olduğu bir transfer merkezinde, Pekin Batı Tren İstasyonunda yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ilk olarak yayaların tahliye özellikleri analiz edilmiştir. Bununla birlikte, PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılarak model kurulumu yapılmıştır. Mevcut durumda yaşanan tahliye sorunlarını görsel olarak ortaya koyabilmek ve darboğazların kolay bir şekilde belirlenmesine yardımcı olması amacıyla modelleme yapılmıştır. Bu modelleme sonrası analiz edilen simülasyon sonuçlarında, ilgili transfer merkezindeki sorunlu noktalar ve bu sorunların oluşma nedenleri ortaya konulmuştur. Bu sorunların belirlenmesi ile birlikte, geliştirilen öneriler mikro simülasyon programında test edilerek, sorunların ortadan kaldırılabileceği vurgulanmıştır [30].

Etiyopya’da 2020 yılında yapılan bir çalışmada, kaldırım üstü sokak satıcılarının yaya hareketliliğine etkisi Addis Ababa kentinde incelenmiştir. Bu çalışmada, kaldırım üstü sokak satıcılarına da imkan sağlanarak yaya hareketliliğinin düzenlenmesi hakkında cadde tasarımları

ve yönetimlerinin önerilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla birlikte, kaldırım üstü satıcıların entegre edilmesine ilişkin üç farklı alternatif senaryo çalışılarak ortalama yaya yoğunluğu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmede PTV Viswalk yaya mikro simülasyon modeli kullanılmış olup, simülasyon çalışması makroskobik bir yaklaşımla kalibre edilmiştir. Bu kalibrasyonun ardından, farklı senaryolar içerisinde; bir büfe, kaldırım üstü satıcısı ve mobilya satıcıları tarafından işgale uğramış kaldırımda, tüm bu engellerin yaya hareketinin üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu simülasyonun sonucunda yapılan değerlendirmelerde, yaya yoğunluğunun; satış tezgahlarının konumu ve genişliğine, ilgili yürüyüş yolunun genişliğine, yaya hareketliliğine ve satıcıyla etkileşim halinde olan müşteri varlığına göre değiştiği görülmüştür. Bu amaçla, ilgili yerel yönetimlere ve planlamacılara yönelik öneriler oluşturulmuştur [31].

2019 yılında Çin’de yapılan bir çalışmada, zirve saatte düşük kapasiteli bir metro ağının işletme sorunu ele alınmıştır. Ele alınan bu sorun, ekonomi, kapasite kullanımı, yolculuk transferlerinin koordinasyonu ile birlikte alınarak çok amaçlı programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Formüle edilen bu model metro ağı simülasyonu üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kapasite sağlanan yolcu sayısında bir artışın görüldüğü ve ağ içerisinde kalan yolcu sayısının %55,3 azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar PTV Viswalk simülasyon programı ile ayrıntılı bir şekilde tasarlanmış olup, teorik sonuçlar ve simülasyon verileri uygulanan modelin uygulanabilirliğini ve güvenilirliğini doğrulamıştır [32].

2011 yılında İstanbul’da yapılan bir çalışmada, yaya simülasyon teknolojilerinin toplu ulaşım sistemlerinde kullanımı, Seyrantepe Metro İstasyonu’nda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma içerisinde, tasarım veya inşa aşamasında olan bir yolculuk çekim merkezinin mevcut ulaşım altyapısı ile birlikte yayalara vereceği hizmetin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Galatasaray Futbol Kulübü’nün stadyumuna erişim için kullanılan Seyrantepe Metro İstasyonu modellenmiştir. Bu modelleme ile birlikte gerçekleştirilen yaya simülasyonunda, oynanacak bir futbol maçının sonrasında 35.000 kişi gibi büyük bir yaya yoğunluğunun bu metro istasyonunu kullanacağı vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışma ile, işletme ve yolcuların akışını hızlandırmaya yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir [33].

Yaya simülasyonlarının modelleme süreçlerinde kullanılan yöntem ve metotlar, yapılan literatür taraması ile birlikte belirlenmiştir. Yapılan bu belirlemeler ve yaya simülasyonlarının modelleme sürecindeki aşamalar ile tez çalışmasında yaya simülasyonlarının modelleme süreçlerine yönelik katkıda bulunmuşlardır.

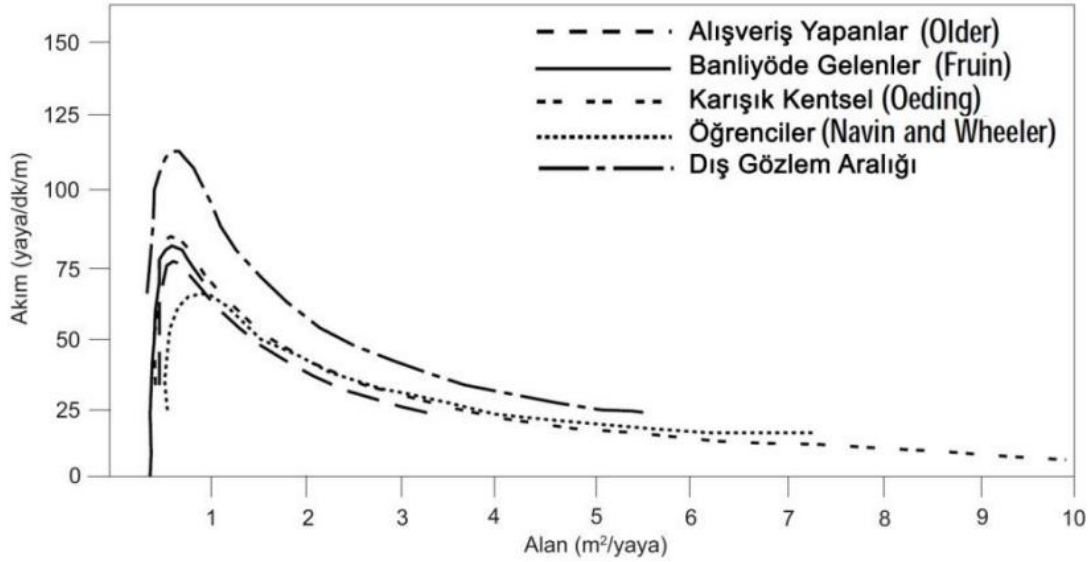
3. YAYA HAREKETLERİNİN MODELLEME SÜREÇLERİ

Günümüzde yaya hareketleri, insanların fiziksel ve ruhsal özelliklerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Yolculuk çekim merkezlerinin tasarımlarında kritik bir öneme sahip olan bu yaya hareketleri, güvenlik ve konfor açısından dikkate alınmaktadır [34].

İnsanların gün içerisindeki ruhsal durumlarına göre, sakin veya agresif olma durumları gibi birçok ruhsal durum mevcuttur. Bu durumlara bağlı olarak gün içerisinde gerçekleştirdikleri yaya hareketlerinde insanların davranışları değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte; geç kalma ve gecikme durumlarına göre de insanlar normal yürüyüş hızlarından daha hızlı hareket etme çabası göstermektedir.

Normal şartlar altında tipik bir insanın yürüme hızı 1.2 m/sn olarak kabul edilmekte olup kişinin fiziki durumuna göre, incelemenin yapıldığı merkezdeki yaya yoğunluğuna, kişinin cinsiyetine, yaşına göre değişkenlik göstermektedir [34].

Yayaların sahip olduğu özellikler ve yaya yoğunluğuna bağlı olarak o yolculuk merkezindeki yaya akımı doğrudan etkilenmektedir. Belirtilen bu durum, yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yaya akımı ve yaya alanı ilişkisi [35]

Şekil incelendiğinde, yaya alanının fazla olduğu bölgelerde yaya akımları daha seyrek olmaktadır. Yaya yoğunluğunun yaşandığı bölgelerde, yaya hareketlerinin modellenmesi belirli kuralların dışına çıkmaktadır. Bu durum, başlangıç noktasından bitiş noktasına hareket eden insanların düşük yaya alanlarında maruz kaldığı yaya yoğunluklarına bağlı olarak farklı güzergahları tercih etmesine neden olmaktadır.

Yaya hareketlerinin simülasyon programı üzerinde modellenmesi, çeşitli parametrelere göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlere göre yayalar, birbirleri ile olan etkileşimlerinde ve simülasyon içerisinde farklı hareket türlerine imkan sağlamaktadır.

Çalışma kapsamında kullanılacak olan PTV Viswalk programının temeli olan sosyal güç modeline ait bazı yaya simülasyon parametrelerine ilişkin bilgiler bu bölümde incelenmiş olup Tablo 3.1’de verilmiştir [20].

Sosyal güç modelinin temelinde, psikolojik ve fiziksel güçlerin etkisiyle, hızlanma parametresi bulunmaktadır. Bu parametre ile yayaların hedeflerine ulaşma istekleri, diğer yayaların ve çevresindeki diğer engellerden doğrudan etkilenmektedir [36].

Tablo 3.1. Yaya simülasyonu parametreleri

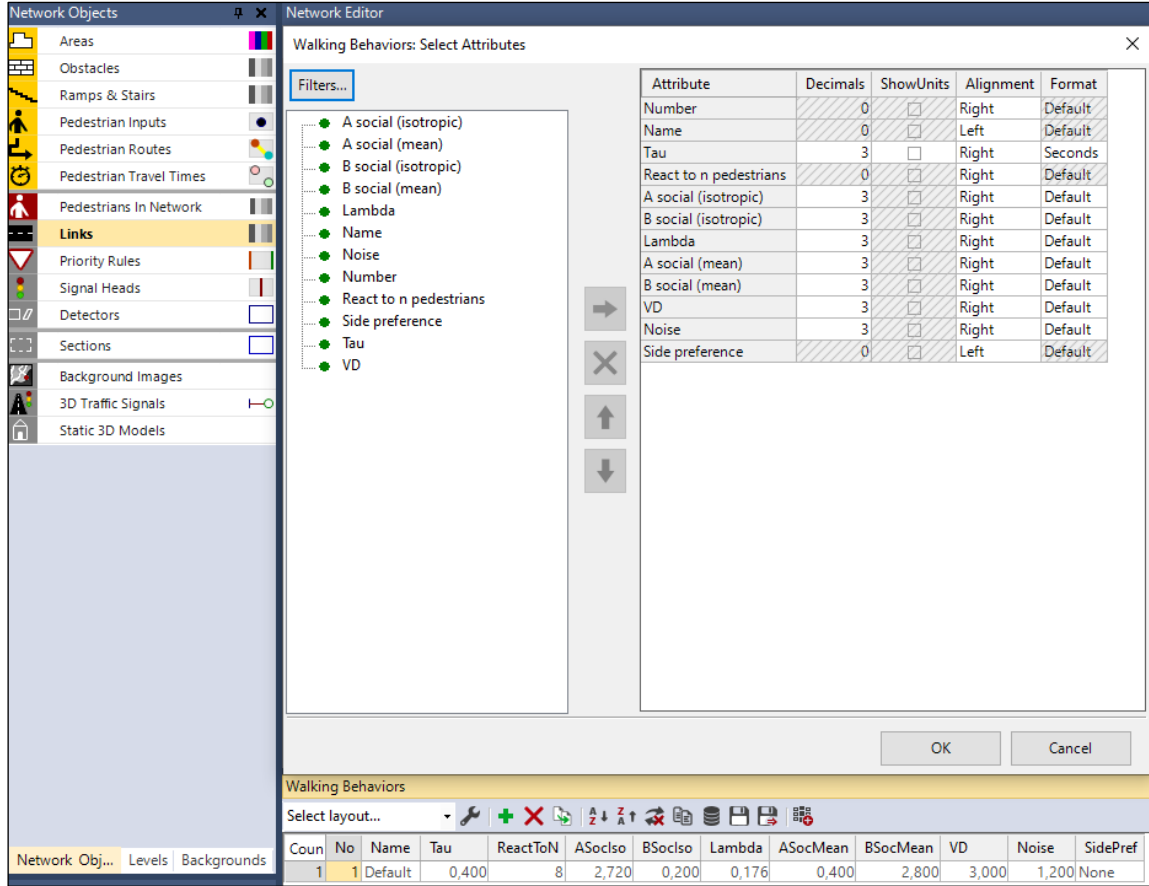
Parametre	Etki	Tanım
Hedeflenen Yön	Yön	Yayalar hedefe ulaşmak için en kısa yolu kullanır.
Hedeflenen Hız	Hızlanma	Yaya hızları, birbirleri arasında farklılık gösterir.
Hedeflenen Hızlanma Süresi	Hızlanma	Bu süre içerisinde yayalar istedikleri hıza ulaşmaya çalışır.
Yayalar	Uzaklaşma Etkisi	Yayalar kendi özel alanları haricinde diğer yayalara yaklaşmak istemez.
Engeller	Uzaklaşma Etkisi	Yayalar, binalardan ve diğer engellerden kaçınırlar. Bu engellere yaklaştıkça daha fazla dikkat ederler.
Cazibe Yerleri	Cazibe Etkisi	Yayaların ilgisini; arkadaşları, cam önleri vb. alanlar çeker.
Görüş açısı	Faktörlerin Ağırlıklandırılması	Yayaların hareketlerini önündeki nesneler, arkalarındaki nesnelere göre daha çok etkiler.
Dalgalanma	Rastgele Varyasyonlar	İki eşit seçenek arasında rastgele seçim uygulanmaktadır.

Tabloda verilen parametreler, simülasyon içerisinde yaya hareketlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu modellemelere ek olarak, kullanıcılar tarafından, yayaların birbirleri arasındaki davranışlarını ve hareketlerini etkileyen yürüme davranış parametreleri bulunmaktadır. Bu parametre değerleri ile ilgili yapılan her değişiklik, simülasyon içerisindeki yayaların hareketini etkilemekte olup, simülasyonun gerçekçiliğinin artırılması ve yapılan

simülasyon ile elde edilen sonuçların daha gerçekçi olmasını sağlamaktadır. Bu parametrelere ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir [36]:

- Tau (τ): Bu parametre, hedeflenen hız ve yön arasındaki farkı mevcut hız ve hızlanma yönü ile birleştirerek, gerçekleşecek tepki süresiyle birlikte gevşeme süresini veya durgunluğu temsil eder.
- Lambda_Mean (λ_m): Bu parametre, yayaların maruz kaldığı sosyal ve psikolojik arkasındaki olay ve olguların, (psikolojik ve sosyal olarak) onun görüş alanı dışındaymış gibi etkilenmemesi gerçeğinden yola çıkarak etkisini yönetir.
- A ve B Sosyal İzotropik: Lambda ile birlikte bu parametre, iki yaya arasındaki itici kuvveti oluşturan iki kuvvetten birini etkilemektedir.
- A ve B Sosyal Ortalaması: A parametresi sosyal ortalaması kuvvetin şiddetini belirlerken, B parametresi sosyal ortalaması kuvvetin metre cinsinden aralığını belirlemektedir.
- Gürültü: Bu parametre rastgele kuvvet teriminin gücünü belirler. Bu parametre değeri ne kadar büyük olursa, yayanın belirli bir süre istenen hızın altında kalması durumunda sistematik olarak hesaplanan kuvvetlere eklenen rastgele kuvvet de o kadar güçlü olur.
- n'ye Tepki: Bu parametre, sosyal güç için dikkate alınan yayanın maksimum sayısını belirler. Bir yayanın toplam kuvveti hesaplanırken yalnızca en yakındaki “n” yayanın etkisi dikkate alınır.
- VD: A ve B sosyal ortalaması ile birlikte bu parametre, yayaların kendisine doğru yürüyen diğer yayalardan kaçınmak için ihtiyaç duyduğu süreyi belirlemektedir.
- Taraf Tercihi: Bu parametre karşılıklı yaya akışlarının birbirini geçerken sol taraftaki yayaların sağ tarafı kullanmayı tercih edip etmeyeceğini tanımlar. Bu tanımlara göre; - 1 sağ tarafın tercihini, 1 sol tarafın tercihini, varsayılan 0 ise tercihin olmadığını temsil eder.
- Kuyruk Sırası: Bu parametre, yayaların oluşturduğu kuyruk düzenini 0 ile 1 arasındaki değerlere göre tanımlar. Bu değer ne kadar 1'e yakın olursa, yayalar o kadar düzenli bir şekilde sıraya girerler.
- Kuyruk Düzeni: Bu parametre ise, 0 ile 1 arasındaki değerlere göre kuyruğun şeklini tanımlar. Değer ne kadar 1'e yakın olursa, sıra o kadar düzenli şekilde görünecektir.

Belirtilen parametrelere göre, yaya hareketlerinin modellenmesi simülasyon programına tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalar ile birlikte, yaya hareketliliği gerçek hayattaki gibi modellenerek simülasyonlarda gözlemlenen sorunlar ve bu sorunlara yönelik oluşturulacak çözüm önerilerinin tutarlılığı artırılacaktır. Tanımları verilen parametreler ile ilgili olarak, simülasyon modeli içerisinde varsayılan olarak kullanılan değerler Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Yaya hareket parametrelerinin simülasyon değerleri

Simülasyon programında modellenen yaya hareketleri, yaya davranış parametrelerinde yapılan belirlemeler ile birlikte, simülasyon içerisinde birbirleri ve çevresi ile olan etkileşimi detaylı şekilde modellenebilmektedir. Düzenlenen parametreler ile yapılan modellemeler, simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği çalışma alanı ve çalışma alanı içerisindeki farklı yaya davranışlarının yaşanabileceği bölgelerde daha gerçekçi sonuçları kullanıcıya sunmaktadır. Bu doğrultuda, PTV Viswalk programında yapılan yaya simülasyonlarında, yaya yürüme alanları ile asansör bölgesinde yapılan modellemeler arasında yaya davranışları farklılık göstermektedir. Bu sebeple iki farklı bölgede de yaya davranış parametreleri birbirinden farklı şekilde oluşturulan yaya alanlarına tanımlanmaktadır.

Parametreler içerisinde Tau incelendiğinde; varsayılan simülasyon değeri 0,4 iken, asansör bölgesinde bu değer 0,2 olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, varsayılan simülasyon değeri 2,72 olan A Sosyal İzotropi değeri asansör bölgesinde 2,04 olarak tanımlanmaktadır. Yaya yürüme alanları ve asansör bölgesinde yaya davranış parametreleri arasında yaşanan bu farklılık, insanların asansörden inerken veya asansöre binerken diğer insanlar ile yaşadığı etkileşimin doğru şekilde modellenmesi sebebiyle yaşanmaktadır. Parametrelerin simülasyonun farklı bölgelerinde gösterdiği değişkenlik asansör kabini içerisinde de görülmektedir. Varsayılan simülasyon değeri 1,2 olan Gürültü (Noise) parametresi asansör kabini içerisinde 0,3 olarak simülasyon içerisine tanımlanmaktadır. Bunun başlıca sebebi ise, yayaların asansör içerisinde çok fazla hareket etmemesinden kaynaklanmaktadır.



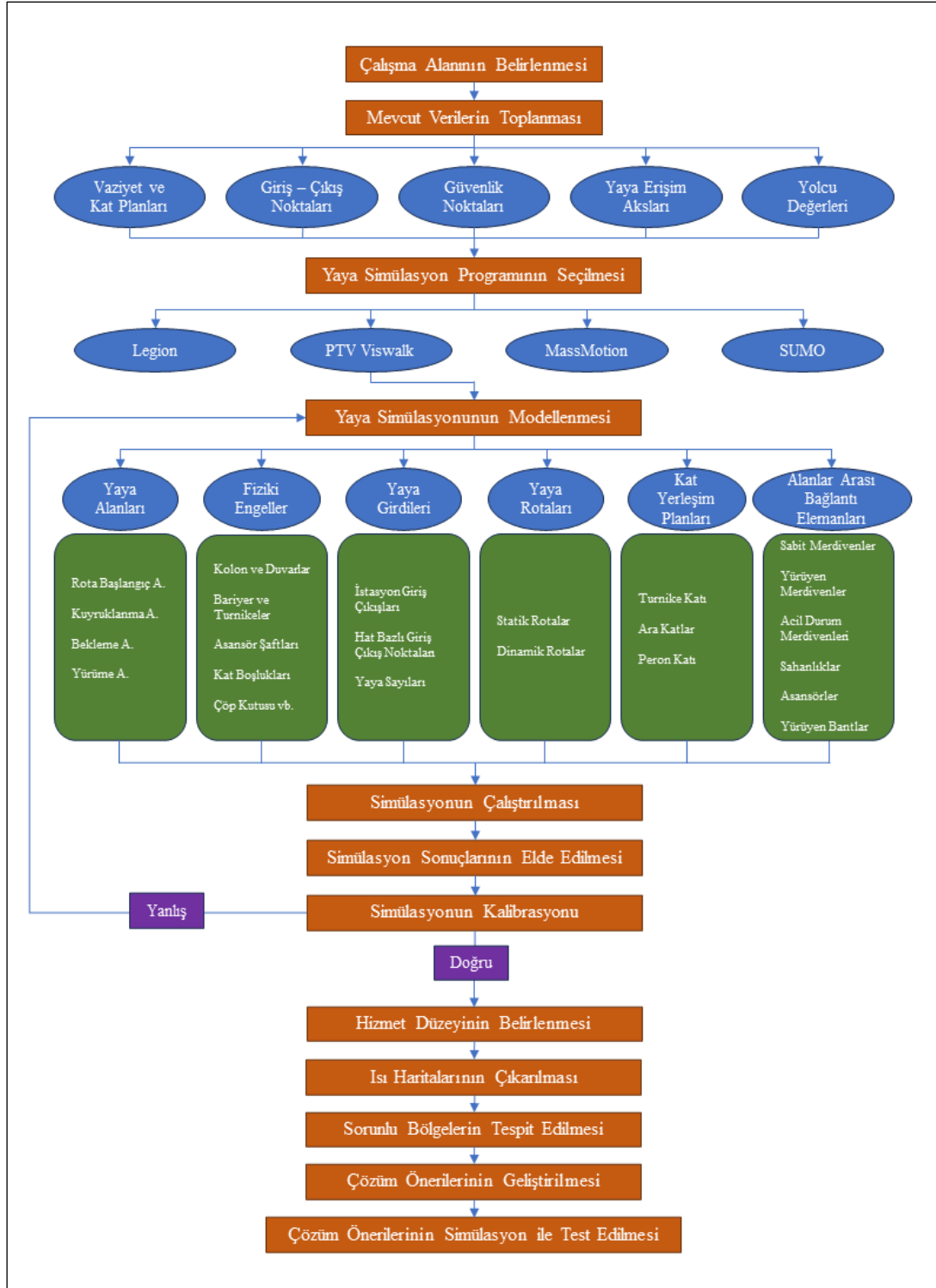


4. YÖNTEM VE METODOLOJİ

Yaya hareketlerinin mikro simülasyon programları ile modellenmesi sürecinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yayaların başlangıç ve bitiş güzergahları arasında en optimum yolu bularak hareket etmeleri amaçlanmıştır. Optimum güzergahın belirlenmesinde; en kısa mesafe ve yaya yoğunlukları göz önüne alınmıştır. Bu sayede, simülasyon içerisindeki yayalar gitmek istedikleri noktaya en kısa mesafe ve sürede ulaşmayı hedefler. Simülasyon içerisine tanımlanan her bir yaya, bu amaç doğrultusunda hareketlerini gerçekleştirirken birbirleri ile etkileşim halinde olmaları sebebiyle, gerçek hayatta yaşanan yaya yoğunlukları simülasyon içerisinde de gerçekleşmektedir. Yaşanan bu yoğunluk, yayaların gidecekleri hedefe ulaşmak için yeni güzergahlar seçmesine yol açmaktadır.

Yapılan çalışma kapsamında incelenen yolculuk çekim merkezinin, çalışma öncesinde kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılan bu analizlerde, bu merkezi kullanan yayaların sınıfları belirlenmelidir. Belirlenen bu yaya sınıfları, hazırlanan yaya simülasyonunun gerçekçiliğini artıracak olup simülasyon içerisindeki yaya hareketlerini doğru bir şekilde kullanıcıya aktarma fırsatı sağlayacaktır.

Simülasyon programında tanımlı parametreler ile çalışmanın gerçekleştirileceği yolculuk çekim merkezi hakkında hazırlanan yaya simülasyonu, iş akış diyagramında da belirtildiği üzere birçok aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu yaya simülasyonu süreci hakkında oluşturulan diyagram Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. İş akış diyagramı

Diyagramdan görüldüğü üzere, bir yolculuk çekim merkezindeki yaya hareketlerinin analizi için yaya simülasyon programlarının kullanımı oldukça önemlidir. Bu doğrultuda, yolculuk çekim merkezlerinin inşaat veya tasarım aşamasında test edilebilmesi, gözlemlenmesi, işletme ve yaya hareketliliği açısından faydalı olabilmesi için mikro simülasyon programları

kullanılmaktadır. Bu simülasyonlar şekilde de görüldüğü üzere aşamalar halinde gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

Çalışma Alanının Belirlenmesi

Kent içi ulaşımında yolculuk çekim merkezleri, o bölgedeki veya şehirdeki önemli ulaşım noktalarını belirlemek ve belirlenen bu noktalarda yolculuk hareketlerini yönetmek için 4.1. planlama sürecine ihtiyaç duyar. Bu merkezler; özel araç, toplu taşıma, servis taşımacılığı, bisiklet ve yaya hareketliliği gibi çeşitli ulaşım modlarıyla entegre şekilde olabilmektedir. Bu merkezlere örnek olarak: Toplu taşıma hatlarının kesiştiği noktalar, yüksek nüfusa bağlı olarak yoğun yaya hareketliliğinin yaşandığı alanlar, iş ve ticaret merkezleri, eğitim ve sağlık kurumları, alışveriş merkezleri, rekreasyon ve eğlence alanları, havaalanları, tren istasyonları ve otobüs terminalleri gibi büyük transfer merkezleri gösterilebilir. Yapılan çalışma kapsamında, iş ve ticaret merkezi olarak sınıflandırılan, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Mevcut Verilerin Toplanması

4.2. Çalışma alanı belirlendikten sonra, alana ilişkin güncel veriler toplanarak, simülasyon altlığı oluşturulmuştur. Çalışma alanı, halihazırda aktif bir kompleks içeriyorsa saha çalışmaları ile yolcu sayımı yapılarak mevcut yolculuklara ilişkin veriler toplanmalıdır. Ancak çalışma alanı, proje aşamasında bir kompleks içeriyorsa, kompleks içerisinde bulunan bina fonksiyonları dikkate alınarak yolcu sayıları hesaplanmalıdır. İstanbul Uluslararası Finans Merkezi gibi proje aşamasında yaya simülasyonu yapılacak kompleksler için projeye ilişkin detaylar kullanılarak yolcu sayısı öngörüsü yapılmalıdır. Bu sayılara ek olarak, projenin tasarım aşamaları, vaziyet ve kat planları, bu merkeze ait giriş ve çıkış noktaları, güvenlik noktaları, yaya erişim aksları da yolculuk çekim merkezine gelecek yolcu sayısı kadar kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda 4.3. gerçekleştirilen çalışmada, mevcut veriler toplanarak İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'ndeki yaya simülasyon modelinin oluşturulması amaçlanmıştır.

Yaya Simülasyon Programının Seçilmesi

Çalışmanın gerçekleştirileceği yolculuk çekim merkezinin belirlenmesi ve bu merkeze ait verilerin toplanmasının ardından, bu merkezin bilgisayar ortamında modellenerek yaya simülasyon modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, dünya genelinde kullanılan çeşitli yaya simülasyon programları incelenmiş olup, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nin yaya hareketliliğinin incelenmesi çalışması kapsamında, kullanılacak simülasyon programı

seçilirken; diğer programlara kıyasla daha kullanışlı bir arayüze sahip olması, simülasyon çıktılarının daha anlaşılabilir, parametre seçeneklerinin daha kapsamlı ve erişilebilir olması sebebiyle PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılmıştır.

Yaya Simülasyonunun Modellenmesi

Çalışma alanının belirlenmesi ve bu merkeze ilişkin mevcut verilerin toplanmasının ardından belirlenen yaya simülasyon programında modelleme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, elde

- 4.4. edilen mimari projeler, kat ve vaziyet planları gibi projeler, simülasyon programında altlık olarak kullanılmıştır. Bu doğrultuda; yayaların hareket alanları, fiziki engeller, yolcu değerlerinin girileceği alanlar, yaya güzergahları, kat yerleşimleri, alanlar arası bağlantı elemanlarına dair modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yaya Simülasyonunun Çalıştırılması

- 4.5. Yaya simülasyonunun modellenme aşamasının ardından, mevcut veriler ile yolculuk çekim merkezine ait belirlenen çalışan ve ziyaretçi sayısı gibi yaya değerlerinin simülasyon programına girilmesiyle simülasyonun çalıştırıldığı aşamadır. Bu aşama doğrultusunda, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'ndeki kurumlardan alınan veri ve görüşler ile yaya simülasyon modeli çalıştırılmıştır.

4.6. Simülasyon Sonuçlarının Elde Edilmesi

Çalıştırılan yaya simülasyonu, çalışmanın gerçekleştirildiği yolculuk çekim merkezi ile ilgili çeşitli analizlerin ortaya konulmasında oldukça etkilidir. Bu doğrultuda, yapılan simülasyon çalışmasından; simülasyona giriş – çıkış yapan yaya sayısı üzerinden kalibrasyon aşamasına geçilmiştir. Yapılan kalibrasyon, doğru sonuç verdiğinde simülasyon sonuçları; ortalama yaya hızları, yayaların ortalama seyahat süresi, yayaların ortalama hedefe ulaşma süresi, yayaların ortalama durma sayısı vb. şekilde elde edilerek çeşitli analizlerin yapılmasına imkan

- 4.7. sağlamaktadır. Bu aşamada, örnek çalışmanın gerçekleştirildiği İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'ndeki yaya yolculuklarının analizi gerçekleştirilmiştir.

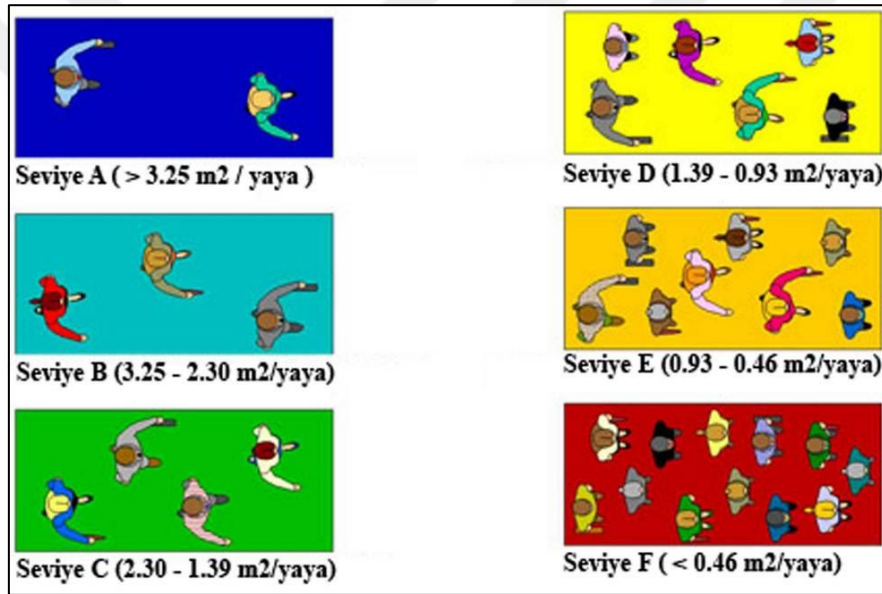
Simülasyonun Kalibre Edilmesi

İstanbul Uluslararası Finans Merkezindeki kurumlardan alınan verilere göre simülasyona girilen yolcu değeri, simülasyondan çıkan yolcu değerleri ile karşılaştırılmıştır. Mevcut verilerin toplanması aşamasında elde edilen giriş – çıkış noktaları her bir kuruma ait çalışan ve ziyaretçi sayılarına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kapsamında, ilgili kurumlara

yapılan yolculukların simülasyon ortamında test edilmesi ve kurumlardan alınan verilere göre karşılaştırılarak simülasyonun gerçeği ne kadar yansıttığı test edilmiştir. Yapılan bu testler ile birlikte, simülasyon üzerinde gerekli kalibrasyonlar yapılarak oluşturulan yaya simülasyonunun doğruluğu sağlanmıştır.

Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi

4.8. Bu aşama, yayaların kent içerisinde veya yolculuk çekim merkezlerinde; güvenli, konforlu ve etkili bir şekilde hareket etmelerini sağlamak amacıyla altyapı iyileştirmeleri ve planlamalarının yapılması amacıyla kullanılan önemli bir değerdir. Bu değer, A ile F arasında değişmekte olup, A hizmet düzeyinin en iyi, F hizmet düzeyinin ise en kötü seviye olduğunu belirtmektedir. Yaya hareketliliğine ilişkin hizmet düzeyleri Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Hizmet düzeyleri [33]

4.9. Gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında, yayaların gecikme süreleri ve m²'ye düşen yaya sayıları analiz edildiğinde yolculuk çekim merkezinin yayalar için hizmet düzeyi belirlenmiştir.

Isı Haritalarının Çıkarılması

Yapılan modelleme ile elde edilen simülasyon sonuçları ve belirlenen hizmet düzeyinin yanı sıra, yaya hareketliliğinin yoğun olarak yaşandığı sorunlu bölgelerin ısı haritaları ile kullanıcıya sunulmuştur. Bu aşamada, simülasyon modelinde; yayaların hangi bölgeleri yoğun olarak kullandığı, hangi bölgelerin daha seyrek kullanıldığı, hangi bölgelerde kuyruklanmaların ve yaya yoğunluklarının yaşandığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu ısı haritaları ile sorunlu bölgelerin tespit edilmesi daha kolay hale gelmektedir.

Sorunlu Bölgelerin Tespit Edilmesi

Elde edilen sonuçlar ve ısı haritaları kullanılarak, yayaların simülasyon içerisinde sıklıkla yaşadığı yoğun bölgeler bu aşamada tespit edilmiştir. Ayrıca, sorunlu bölgeler tespit edilirken; fiziki engellerin bulunduğu alanlar, yayaların görüş açısını kısıtlayan kolon ve duvarlar ile 4.10 mimari projelerde öngörülemeyen yaya hareketleri nedeniyle meydana gelen sorunlar bu aşamada ortaya konmuştur.

Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi

Bu aşamada, elde edilen simülasyon sonuçları ve ısı haritalarında yapılan analizler sonucu tespit 4.11 edilen sorunların ortadan kaldırılmasına ilişkin çözüm önerileri geliştirilmiştir. Geliştirilen öneriler ile birlikte simülasyon içerisinde gözlenen sorunların tasarım veya inşaat aşamasında ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Tasarım veya inşaat aşaması tamamlanan alanlarda yapılan öneriler ise işletmeye yönelik olarak geliştirilerek, yaya hareketliliğinin olabildiğince, güvenli, konforlu ve etkili bir şekilde sağlanabilmesi amaçlanmaktadır.

Çözüm Önerilerinin Simülasyon Programı ile Test Edilmesi

4.12.

Simülasyon çalışmasında elde edilen sonuçlar ve gözlenen sorunlara yönelik geliştirilen çözüm önerilerinin test edildiği aşamadır. Bu aşama, simülasyon çalışmasının son aşaması olup, geliştirilen öneri simülasyon programında modellenerek mevcut durumdaki simülasyon modeli ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmada, geliştirilen önerinin tutarlılığı ve etkinliği analiz edilmiştir.

Belirlenen yolculuk çekim merkezinin, bilgisayar ortamında modellenmesine yönelik gerçekleştirilen aşamalara bu bölümde detaylandırılmıştır. İlgili aşamaların, yolculuk çekim merkezlerindeki yaya hareketliliğinin test edilmesi ve değerlendirilmesi açısından oluşturulan yaya simülasyonlarında yöntem veya metodoloji olarak kullanılması oldukça büyük önem arz etmektedir.

Yapılan bu çalışmada, yüksek yolculuk çekim merkezi olan İstanbul Uluslararası Finans Merkezi metro istasyonu örneği modellenmiştir. Bu modelleme esnasında, PTV Viswalk yaya simülasyon programı kullanılarak metro istasyonu hakkında çeşitli analizler yapılmıştır. Bu analizlerde, mesai başlangıç ve bitiş saatlerinde yayaların hareketliliği değerlendirilmiş olup yaşanan sorunlara ilişkin çözüm önerileri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu önerilerde, hizmet seviyesinin artırılarak, yayalara daha konforlu, güvenilir ve etkili bir yolculuk imkanının sağlanması amaçlanmıştır.

5. YAYA SİMÜLASYONUNUN MODELLEME SÜREÇLERİ

Yaya simülasyonlarının modelleme süreci, yaya davranışlarını, etkileşimleri ve hareketlerini bilgisayar tabanlı modeller ve algoritmalar kullanarak yansıtmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda örnek çalışmanın gerçekleştirildiği İstanbul Uluslararası Finans Merkezi metro istasyonunun yaya simülasyon modeline dair süreç bu başlık altında incelenmiştir. Bu modelleme süreci 4 farklı aşamadan meydana gelmekte olup, bu aşamalar;

1. Verilerin Toplanması,
2. Modelleme Süreci
3. Kalibrasyon Süreci
4. Bulgular

olarak belirtilmektedir.

Verilerin Toplanması

5.1.

Yaya davranışlarını simülasyon ortamında modellemek için gerekli veriler, çalışmanın gerçekleştirildiği İstanbul Uluslararası Finans Merkezindeki kurumlar tarafından temin edilmiştir. Bu veriler ile birlikte oluşturulacak yaya simülasyon modelinde çalışma alanı içerisindeki kurumların faaliyete geçmesi durumu için Finans Merkezinde yaşanacak yaya hareketliliğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda; yolcu sayıları, çalışma alanına ilişkin; vaziyet ve kat planları, metro giriş – çıkış noktaları, güvenlik ve XRAY kontrol noktaları ile yaya erişim akslarının belirlenmesine yönelik veriler toplanmıştır.

5.1.1. Yolcu değerlerinin belirlenmesi

Çalışma kapsamında, oluşturulacak yaya simülasyon modeline girdi değerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar bu başlık altında incelenmiştir. İlgili komplekse gelecek yolcu sayısı, İUFM'deki kurum ve kuruluşlardan alınan veriler ile metro sisteminin fizibilite raporları incelenerek elde edilmiştir. Zirve saatte Finans Merkezi metro istasyonuna gelecek yolcu sayısı belirlenerek yaya simülasyonuna girdi oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi ve Finans Merkezi metro istasyonunun bulunduğu M12, Göztepe – Ümraniye metro hattı fizibilite etütleri detaylı olarak incelenmiştir.

5.1.1.1. İstanbul Uluslararası Finans Merkezi

Finans sektöründe uluslararası kurumlar ile etkileşimin kolaylaştırılması amacıyla İstanbul ili, Ataşehir ve Ümraniye ilçelerinin sınırında kurulan bu merkez, bölgesel ve küresel bir merkez haline gelmeyi hedeflemektedir. Bu amaçla İUFM, kamu ve özel sektör bankalarını, sigorta şirketlerini ve finans sektöründe öncü olan birçok kurumu bir araya getirmektedir. Bu kurumlar; Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB), Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK), Sermaye Piyasası Kurulu (SPK), Borsa İstanbul, kamu ve özel bankaların ofisleri örnek olarak gösterilmektedir.

İstanbul Uluslararası Finans Merkezi; komplekste bulunan, ofis alanları, alışveriş merkezi, konferans merkezi, otel, 26 bin araç kapasiteli otopark nedeniyle yoğun bir yolculuk çekim merkezi olarak görülmektedir.

Günlük olarak yaklaşık 55 binden fazla, çalışan ve ziyaretçinin yolculuk yapacağı bu komplekste metro sisteminin yaya simülasyonundaki yolcu sayısının belirlenmesine yönelik olarak ulaşım türel ayırım hesapları yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar, İUFM'nin inşaat ve planlamasında görevli olan Emlak Konut GYO ve burada hizmet verecek olan diğer kurumlardan alınan veriler ile birlikte yapılmıştır. Bu veriler ile gerçekleştirilen hesaplamalarda, kurumlardan gelen verilere göre; günlük olarak işe gelen ve gelmeyen oranı, yönetici ve çalışan sayıları, yönetici ve çalışanların özel otomobil kullanım oranları ve son olarak işe giriş çıkış saat bilgileri toplanmış olup bir gün içerisinde saatlere göre yolculuk dağılım oranları çıkarılmıştır. Ulaşım türel ayırım hesapları yapılırken, Tablo 5.1'e göre belirlenen çalışan sayısı üzerinden; otomobil, servis, toplu taşıma, taksi, bisiklet, motosiklet ve yaya türleri hakkında oranlar belirlenmiştir.

Tablo 5.1. İUFM çalışan kişi sayısı

Parsel No	Net Ofis Alanı	m ² / Kişi Oranı	Kişi Sayısı
1	33.496,99 m ²	15,00	2.233
	24.855,18 m ²	15,00	1.657
	7.624,43 m ²	15,00	508
2	50.186,17 m ²	15,00	3.346
	30.625,32 m ²	15,00	2.042
3	26.276,52 m ²	15,00	1.752
4	32.665,54 m ²	15,00	2.178
	27.233,49 m ²	15,00	1.816
5	20.689,28 m ²	15,00	1.379
	21.646,26 m ²	15,00	1.443
	8.885,04 m ²	15,00	592
	25.188,40 m ²	15,00	1.679
	20.435,71 m ²	15,00	1.362
6	9.380,71 m ²	15,00	625
	16.100,18 m ²	15,00	1.073
	87.249,39 m ²	22,91	3.809
7	36.098,14 m ²	15,00	2.407
8	14.118,20 m ²	10,00	1.412
9	65.766,00 m ²	13,15	5.000
	39.566,00 m ²	21,47	1.843
10	45.256,92 m ²	15,00	3.017
	77.843,70 m ²	11,79	6.600
	52.460,19 m ²	15,00	3.497
11	57.267,28 m ²	60,41	948
	19.885,44 m ²	18,08	1.100
12	112.332,06 m ²	130,62	860
13	16.621,16 m ²	0,00	0
13	-	-	1.750
Toplam	979.753,70m²	17,52	55.929

İnşaat alanları üzerinden çıkarılan net ofis alanları ile birlikte kişi/m² oranından her bir parselde çalışacak kişi sayısı belirlenmiştir. Ulaşım türel ayırım hesapları yapılırken çalışanlar içerisinde otomobil kullanıcı oranı ve kurumlardan gelen verilere göre, tüm çalışan sayısının ortalama %10'u oranında olan yöneticilerin tümünün; yönetici hariç çalışanların ise %15'inin özel otomobil kullanacağı öngörülmüştür. Bu öngörüler ile birlikte, İstanbul Uluslararası Finans Merkezinde çalışanların %23,5 oranında özel otomobil kullanacağı öngörülmektedir. Çalışanlar içerisinde servis kullanıcı oranı belirlenirken; kurumlarda çalışan kişi sayısına göre servis kullanan kişilerin belirlenmesi ile birlikte servis kullanıcı sayısının ulaşım türel ayırımı

hesaplarında elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda belirlenen 29.715 kişinin “Ulaşım Türel Ayrım” hesaplarında %56 oranında servis kullanıcısı olduğu belirlenmiştir. Çalışanlar içerisinde Taksi, bisiklet, motosiklet ve yaya türel ayrım oranları belirlenirken; çevresel etkiler düşünülerek %2 oranının kabul edilmesi uygun görülmüştür. Çalışanlar içerisinde toplu taşıma ile gelecek kişi oranının belirlenmesi, yukarıda bahsedilen diğer türel ayrım oranlarıyla doğrudan ilişkili olup kalan payın %18,5 olarak toplu taşıma kullanan yolcu oranı olduğu kabul edilmiştir. Belirlenen bu oranlar ile birlikte, ulaşım türlerine göre dağılım Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. İUFM çalışan sayısının türel ayrımlara göre dağılımı

Ulaşım Türü	Çalışan		Ziyaretçi		Toplam
	Dağılım Oranı	Kişi Sayısı	Dağılım Oranı	Kişi Sayısı	
Özel Otomobil	23,5%	12.486	60%	1.678	14.164
Servis	56,0%	29.754	0%	-	29.754
Toplu Taşıma	18,5%	9.829	25%	699	10.529
Taksi, Bisiklet, Motosiklet, Yaya	2,0%	1.063	15%	419	1.482
Toplam	100,0%	53.132	100,0%	2.796	55.929

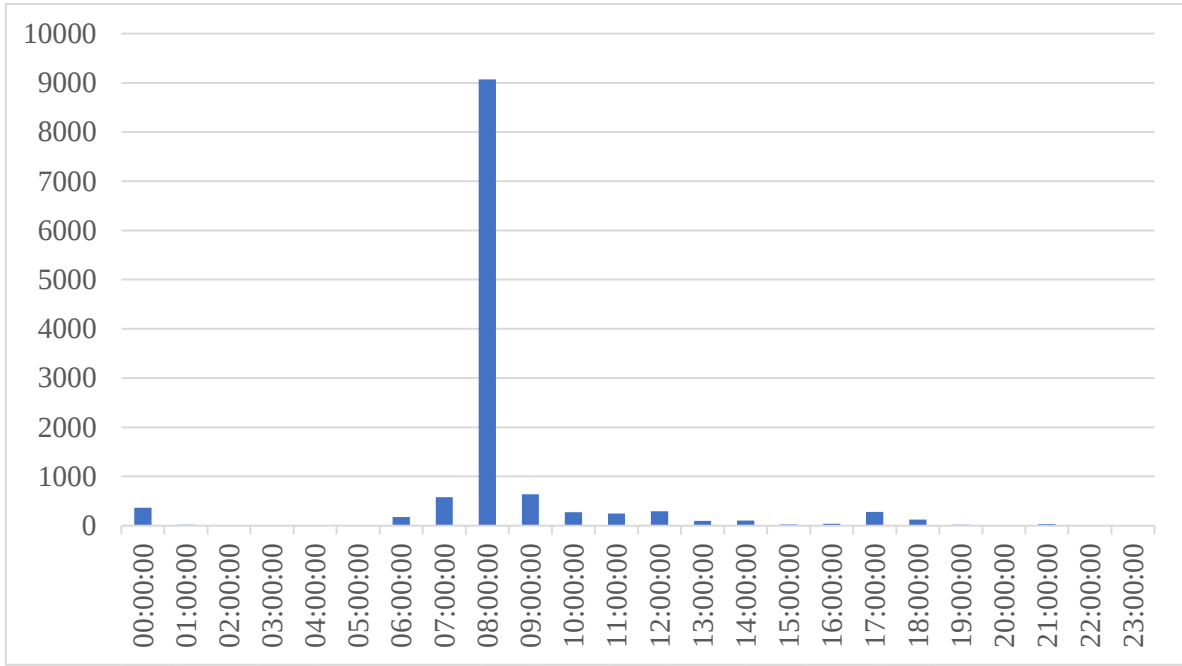
Tablodan da görüldüğü üzere; çalışanlar arasında servis kullanıcı oranının %56 olduğu ve yaklaşık 30.000 kişinin bu ulaşım türü ile geleceği düşünülmektedir. Bu türün haricinde, özel otomobil ile gelecek çalışan ve ziyaretçilerin büyük çoğunluğunun (%60’ının) tercih etmesi ile birlikte bu sayının 14.000’den fazla olacağı, toplu taşıma ile gelecek çalışan ve ziyaretçi sayısının ise 10.000 kişiden fazla olacağı öngörülmektedir. Taksi, bisiklet, motosiklet ve yaya kullanıcısının diğer ulaşım türlerine göre düşük bir pay sahibi olacağı düşünülmekle beraber, ziyaretçilerin daha sık tercih edeceği bir ulaşım türü olduğu tabloya göre anlaşılmaktadır.

İstanbul Uluslararası Finans Merkezi’ne gelen kişi sayısının hesabıyla birlikte, kurumlardan alınan giriş ve çıkış bilgileri ile zirve saat değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, kurumlardan elde edilen verilere göre, çalışan personellerin haftalık işe geliş zamanlarının saatlik dağılımı Tablo 5.3’te verilmiştir. Verilen tablo üzerinden, zirve saatte ve günün diğer saatlerinde gelen kişi sayısının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 5.3. Çalışan personellerin haftalık işe geliş zamanlarının saatlik dağılımı

Saat Aralıkları	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
00:00	76	80	69	67	71
01:00	2	7	4		5
02:00		1		1	1
03:00	1	3	2		1
04:00	1	1			
05:00	1	1	1	2	
06:00	36	32	35	35	35
07:00	123	116	111	113	116
08:00	1830	1823	1788	1801	1824
09:00	144	120	137	134	100
10:00	58	55	63	42	53
11:00	54	54	46	46	46
12:00	62	50	64	65	55
13:00	22	17	13	27	20
14:00	26	19	17	22	19
15:00	4	4	5	6	7
16:00	10	4	8	12	7
17:00	62	44	65	62	46
18:00	24	31	19	14	33
19:00	3	4	5	6	5
20:00	1	1	2		
21:00	7	9	5	9	5
22:00		2	2	2	
23:00				2	1

Tablo incelendiğinde, günlük olarak bir hafta içerisinde çalışan kişilerin işe giriş saat aralıkları görülmektedir. Yapılan incelemede, gün içerisinde saat 08:00 ile 09:00 saatleri arasında yapılan işe giriş sayılarının diğer saatlere göre yoğun olduğu görülmektedir. Bu değerler ile birlikte, işe giriş sayılarının haftalık olarak gösterildiği grafiksel dağılım Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Personel işe giriş değerlerinin saatlik olarak haftalık dağılımı

Tablo 5.3 ve Şekil 5.1 incelendiğinde, kurumlardan elde edilen verilere göre haftalık olarak personel işe giriş saatleri günün diğer saatlerine göre oranlanarak sabah zirve saat değeri belirlenmiştir. Bu doğrultuda, gün içerisindeki işe geliş zamanlarının saatlik dağılım oranı Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4. Personel işe geliş zamanlarının saatlik dağılım oranı

Saat Aralıkları	Oran
07:00 - 08:00	4,80
08:00 - 09:00	71,80
Diğer Saatler	23,40

Verilen tablo incelendiğinde, personel işe girişlerinin büyük çoğunluğunun 8 ve 9 saatleri arasında olduğu, 7 ve 8 saatleri arasında %4,80 ve günün diğer saatlerinde %23,40 oranında olduğu görülmektedir. Bu oranlar ile elde edilen çalışan sayısı, kurumlardan gelen veriler dikkate alınarak saat bazında dağıtılmıştır. Bu dağıtımla birlikte zirve saatteki yolculuk değerleri ulaşım türlerine göre elde edilmiş olup bu değerler Tablo 5.5'te sunulmuştur.

Tablo 5.5. Ulaşım türel ayrımlarının saatlik dağılımları

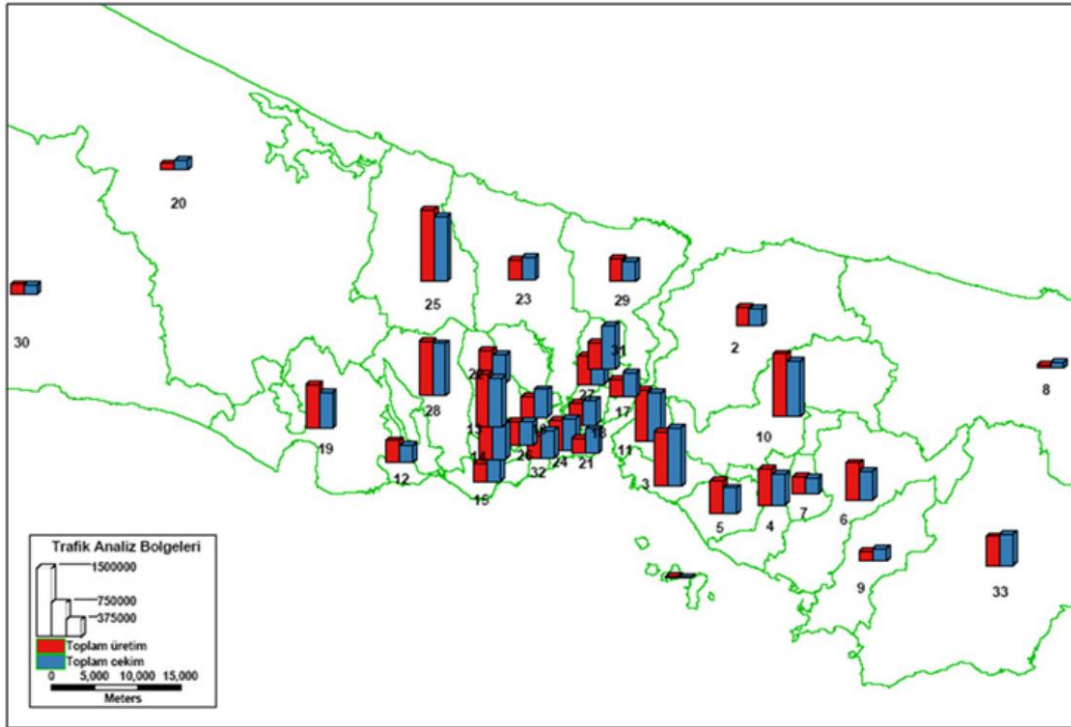
Ulaşım Türü	07:00 – 08:00	08:00 – 09:00	Diğer Saatler
Özel Otomobil	680	10.170	3.314
Servis	-	29.754	-
Toplu Taşıma	505	7.560	2.464
Taksi, Bisiklet, Motosiklet, Yaya	71	1.064	347
Toplam	1.256	48.547	6.125

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen ulaşım türel ayırım yolculuk değerleri, tablo incelendiğinde saatlik olarak belirlenmiştir. Bu belirlemelerin sonucunda, zirve saat aralığı olan, 08:00 – 09:00 saatlerindeki toplu taşıma kullanan yolcu sayısı, modellenen yaya simülasyonunda kullanılmak üzere girdi değeri olarak simülasyona tanımlanmıştır.

5.1.1.2. M12 Göztepe – Ümraniye Metro Hattı

İstanbul ili Anadolu Yakasında Kuzey – Güney istikametinde hizmet vermesi planlanan bu hattın, önemli diğer metro hatları ile entegre olmasının yanı sıra, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi gibi yüksek yolculuk çekim merkezine de hizmet verecek olması sebebiyle yoğun talep görmesi beklenmektedir.

İstanbul’da gerçekleşen kent içi yolculuklarda, yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarının dağılımları Şekil 5.2’de verilmiştir [37].



Şekil 5.2. İstanbul geneli yapılan yolculuklara ilişkin üretim ve çekim oranları [37]

Şekil incelendiğinde, kırmızı renk ile sütunlar bulundukları ilçelerden başlayan yolculuk üretimlerini, mavi renkli sütunlar ise bulundukları ilçeye yapılan yolculukları temsil etmektedir. Tespit edilen yolculuk üretim ve çekimleri ile birlikte, yolculuk taleplerinin karşılanması amacıyla hizmete alınması planlanan Göztepe – Ümraniye metro hattının güzergahı ve diğer raylı sistem hatları ve ulaşım modlarının birbirleri ile olan entegrasyonu Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3. M12 Göztepe – Ümraniye Metro Hattı

Şekil incelendiğinde, Anadolu yakasındaki birçok önemli raylı sistem hattı ile entegrasyonu bulunan M12 metro hattı ile ilgili sefer tarifiesi, hat kapasitesi, saatlik gelen yolcu ve metro doluluk durumlarına ilişkin detaylar, fizibilite raporundan elde edilerek sunulmuştur.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Planlama Müdürlüğü tarafından, nüfus artışı ve buna bağlı olarak yolculuklarda yaşanan artışlar göz önüne alınarak metro hattı ile ilgili yolculuk tahminleri 2023 ve 2040 yılları için ayrı ayrı yapılmıştır [38].

11 farklı duraktan oluşan Göztepe – Ümraniye metro hattına dair, duraklar özelinde tahmin edilen inen – binen ve araç içerisindeki yolcu sayısı 2023 yılı için Tablo 5.6’da 2040 yılı için Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.6. Sabah zirve saat yolculuk talepleri (2023)

Durak No	İstasyon Adı	Ümraniye Yönü			Göztepe Yönü		
		Binen	İnen	Yolcu	Binen	İnen	Yolcu
1	60.Yıl-Göztepe	940	0	940	0	3664	3664
2	Göztepe-Marmaray	740	88	1592	2764	3576	4476
3	Sahrayıcedid	358	40	1910	176	1046	5346
4	Yeni Sahra	4225	440	5695	1334	11010	15022
5	Ataşehir	351	0	6046	500	1491	16013
6	Finans Merkezi	0	1089	4957	3311	85	12787
7	Soyak Yenişehir	743	5	5695	126	2258	14919
8	Atakent	20	870	4845	4444	32	10507
9	Çarşı	863	748	4960	2121	3603	11989
10	Hastane	205	3461	1704	10589	300	1700
11	Kazım Karabekir	0	1704	0	1700	0	0
Toplam/Maksimum		8445	8445	6046	27065	27065	16013

Tablo 5.7. Sabah zirve saat yolculuk talepleri (2040)

Durak No	İstasyon Adı	Ümraniye Yönü			Göztepe Yönü		
		Binen	İnen	Yolcu	Binen	İnen	Yolcu
1	60.Yıl-Göztepe	1290	0	0	0	6607	6607
2	Göztepe-Marmaray	1060	120	2230	3709	4500	7398
3	Sahrayıcedid	611	54	2787	170	1800	9028
4	Yeni Sahra	3060	496	5351	817	8053	16264
5	Ataşehir	443	218	5576	800	2596	18060
6	Finans Merkezi	0	1693	3883	4202	153	14011
7	Soyak Yenişehir	779	31	4631	452	1511	15070
8	Atakent	80	301	4410	2945	88	12213
9	Çarşı	1930	147	6193	2545	6837	16505
10	Hastane	120	4874	1439	14305	0	2200
11	Kazım Karabekir	0	1439	0	2200	0	0
Toplam/Maksimum		9373	9373	6193	32145	32145	18060

Tablolarda verilen zirve saat yolculuk talepleri ile 2023 ve 2040 yıllarında sabah zirve saatinde yönlerine göre toplam yolculuk talepleri Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8. Yıllara göre sabah zirve saatinde yönlerine göre yolculuk talepleri

Hat	2023	2040
Göztepe – Ümraniye	8.445	9.373
Ümraniye - Göztepe	27.065	32.145

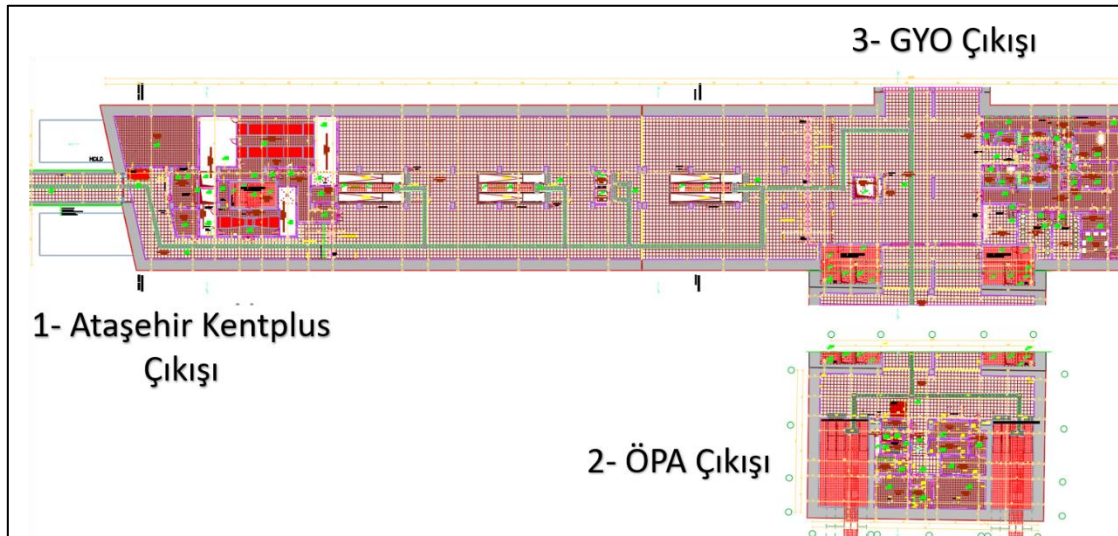
Verilen yolculuk taleplerine ek olarak, M12 Göztepe – Ümraniye metro hattına ilişkin, sefer aralıkları hakkında verilen bilgilere göre; metro hattının çalışma saatlerinin, zirve saatlerde (07:00-09:00 ve 17:00-20:00) toplam 5, zirve dışında 9 ve gece saatlerinde ise 4 saat olmak üzere 18 saat olacağı belirtilmiştir.

Verilen çalışma saati bilgilerine ek olarak; hattın uzunluğu yaklaşık 13 km, ortalama araç hızının 41 km/sa ve toplam tur süresinin 41,2 dakika olduğu fizibilite raporunda belirtilmiştir. Elde edilen bilgiler ve yapılan hesaplara göre; metro hattında 4'lü araç dizisinin çalışacağı ve bu araçların da sefer başına yaklaşık olarak 1.112 kişi taşıyacağı düşünülerek, 4 dakikada bir gerçekleştirilen seferlerin saatte 15 olacağı belirlenmiştir. Bununla birlikte, saatte yaklaşık 17 bin gibi bir yolcu sayısını taşıyabileceği sonucuna fizibilite raporundan elde edilen sonuçlar ile birlikte ulaşılmıştır.

İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'ne erişim anlamında en önemli ulaşım sistemlerinden birisi olacak olan bu metro hattı ile ilgili yapılan fizibilite etüdü detaylı şekilde incelenmiş olup, yaya simülasyonunun modellenme süreci, fizibilite etüt raporundaki veriler dikkate alınarak hazırlanmıştır.

5.1.2. Vaziyet ve kat planları

Vaziyet ve kat planları, bir projenin doğru bir şekilde planlanması, tasarlanması ve uygulanması için gerekli bilgileri kullanıcıya sağlamaktadır. Vaziyet ve kat planları ile birlikte, çalışmanın gerçekleştirildiği merkez ile ilgili kullanıcıya detaylı bilgiyi aktarır. Bu bağlamda, örnek simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nin metro kat planları ve vaziyet planları Emlak Konut GYO'dan temin edilmiş olup Şekil 5.4'te verilmiştir.



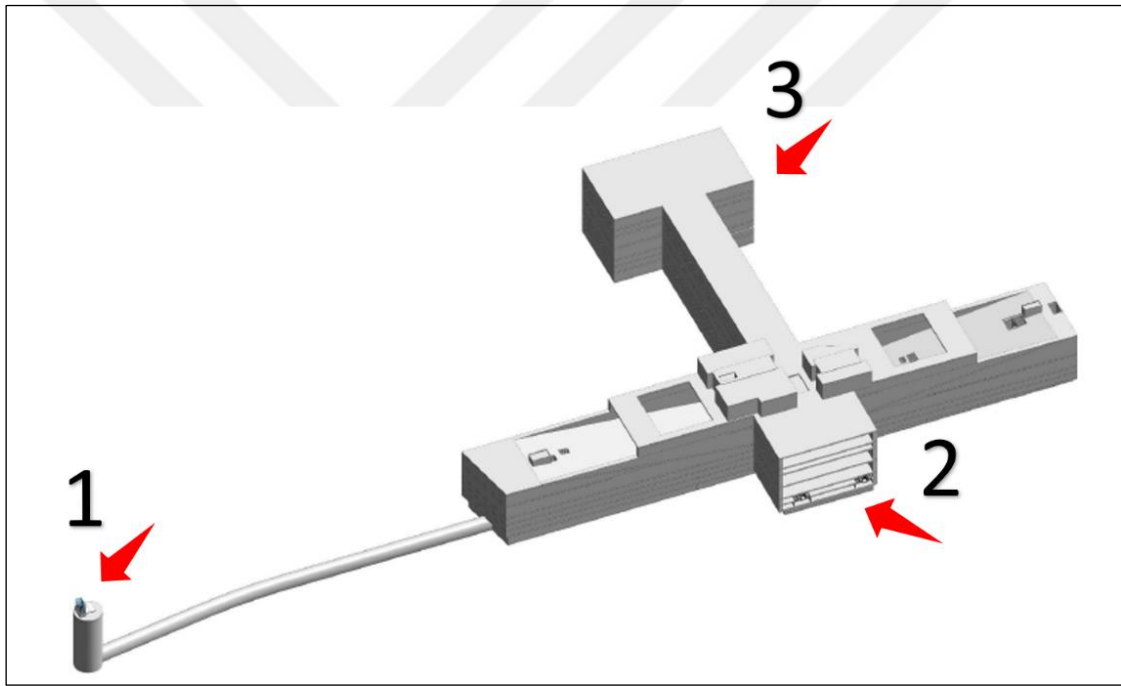
Şekil 5.4. İUFM metro istasyonu vaziyet ve kat planları

Şekil incelendiğinde, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nin metro kat planı görülmekte olup bu kat planı üzerinde; sabit ve yürüyen merdiven boşlukları, acil durum merdiven bölgesi ve turnike katına ilişkin detaylar ile birlikte metro istasyonunun vaziyet planı verilmiştir.

İstanbul Uluslararası Finans Merkezi içerisinde bulundurduğu GYO'lar ile birlikte çeşitli kurumlara da ev sahipliği yapmaktadır. Bu doğrultuda yapılan planlamalar doğrultusunda, İUFM'nin metro istasyonunun yerleşimi, tüm merkeze hizmet verebilecek şekilde dizayn edilmiştir.

5.1.3. Metro giriş – çıkış noktaları

Çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM gibi yüksek yolcu hareketinin yaşandığı merkezlerde, metro sistemlerine giriş ve çıkışlarının erişimi oldukça büyük önem arz etmektedir. Metro giriş – çıkışlarının doğru şekilde planlanması ve tasarlanması, yolcuların erişim ve konfor anlamında iyi bir hizmet almasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda, İUFM'nin metro sistemleri ile olan entegrasyonu Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5. İUFM metro sistemi giriş – çıkış noktaları

Şekil incelendiğinde, metro katında 3 farklı giriş – çıkışın olduğu görülmektedir. Bu giriş – çıkışlardan birincisi, Ataşehir Kentplus giriş – çıkışını temsil etmektedir.

1 numaralı giriş – çıkış alanı; İstanbul ili, Ataşehir ilçesinde yaşayan insanların metro sistemlerini kullanmalarını sağlamak amacıyla hizmet vermektedir. Bununla beraber, metro sistemini kullanarak Finans Merkezi durağında inen yolcuların, Ataşehir ile bağlantısı bu çıkış alanı ile sağlanmaktadır.

2 numaralı giriş – çıkış alanı, ÖPA bölgesine hizmet vermektedir. ÖPA'da bulunan bazı kurumların çalışanları ile AVM ve otel ziyaretçilerinin kullandığı bu çıkış doğrudan tesis

içerisine erişim imkanı sağlamaktadır. Bu sebeple, metro güvenliğinin yanı sıra, İUFM işletmesinin güvenliği de bu bölgede hizmet vermektedir.

3 numaralı giriş – çıkış alanı ise, belirtilen metro çıkış bölgeleri arasında en fazla yaya hareketinin yaşanması muhtemel alandır. Yüksek çalışan sayısına sahip kurum ve kuruluşların bu giriş – çıkış bölgesinde olması nedeniyle yaya hareketliliğinin yüksek olması beklenmektedir. Yapılan modellemede de bu alandan yapılan giriş ve çıkış değerleri, diğer alanlara göre daha yüksek değerlerde simülasyona girilmiştir.

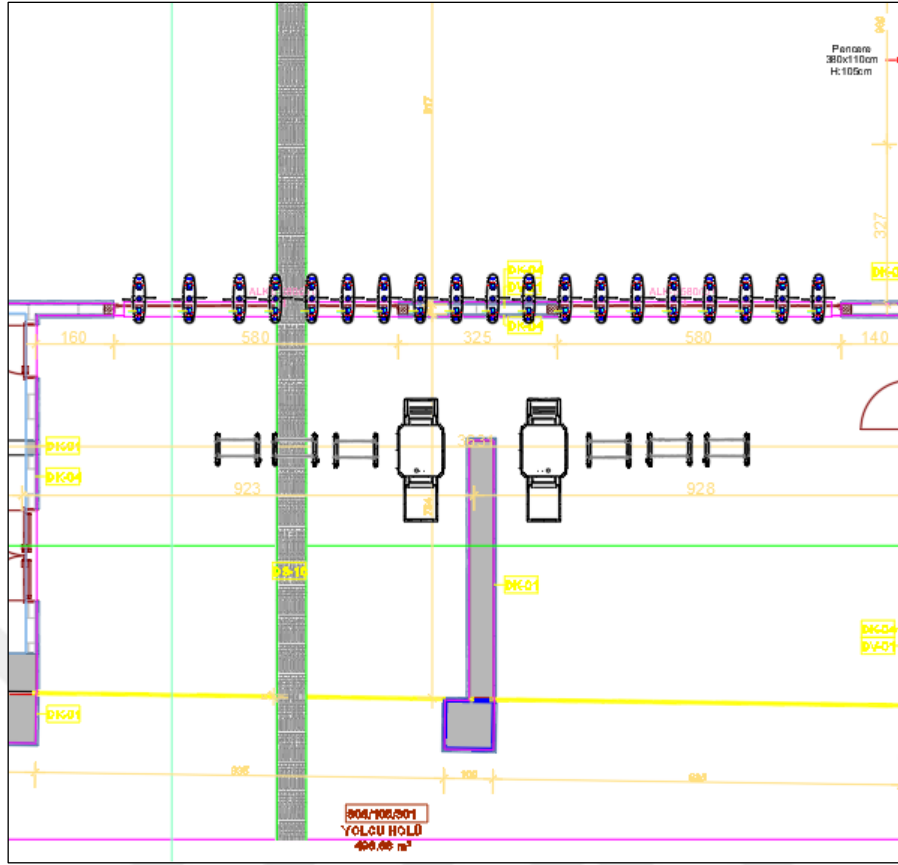
5.1.4. Güvenlik ve XRAY kontrol noktaları

Metro sistemlerinde ve yüksek yolcu hareketliliğinin yaşandığı iş merkezlerinde güvenlik önlemleri, bu merkeze gelen yolcuların güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu doğrultuda, metro sistemleri ve yolculuk çekim merkezlerinin giriş – çıkışlarında birçok güvenlik önlemi alınmaktadır. Bu önlemler; XRAY cihazları, metal dedektörler, güvenlik kameraları, çanta kontrolleri ve güvenlik görevlilerinin bulunması örnek olarak gösterilmektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Metro istasyonlarında uygulanan güvenlik önlemleri (XRAY)

Şekilde görüldüğü üzere, günümüzde metro istasyonlarının girişinde yolcu güvenliğinin sağlanması amacıyla XRAY cihazları ve yönlendirici bantlar kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM'nin metro katında oluşturulan güvenlik alanları ve yerleştirilmesi planlanan XRAY cihazlarının konumları Emlak Konut GYO'dan temin edilmiş olup Şekil 5.7'de verilmiştir.

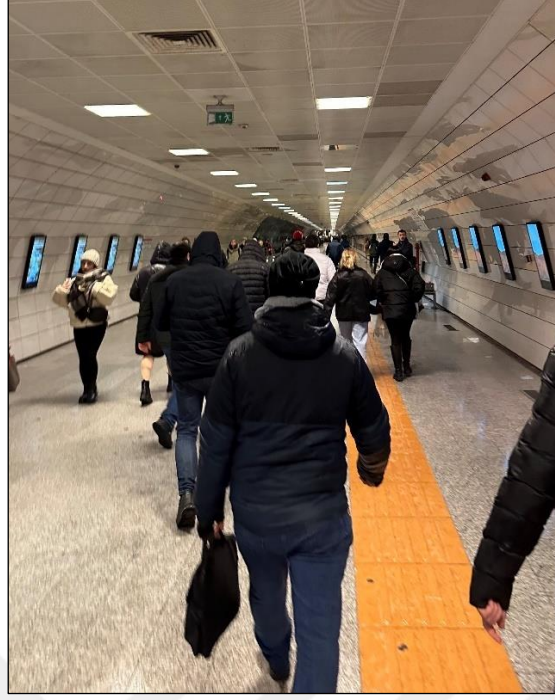


Şekil 5.7. İUFM güvenlik alanları ve XRAY cihazlarının yerleşimi

Şekilde görüldüğü üzere, simülasyonun modelleme sürecinde kullanılacak olan XRAY cihazlarının konumları belirlenmiş olup, bu cihazların yaya hareketliliğine olan olumsuz etkileri simülasyon çalışması ile test edilmiştir.

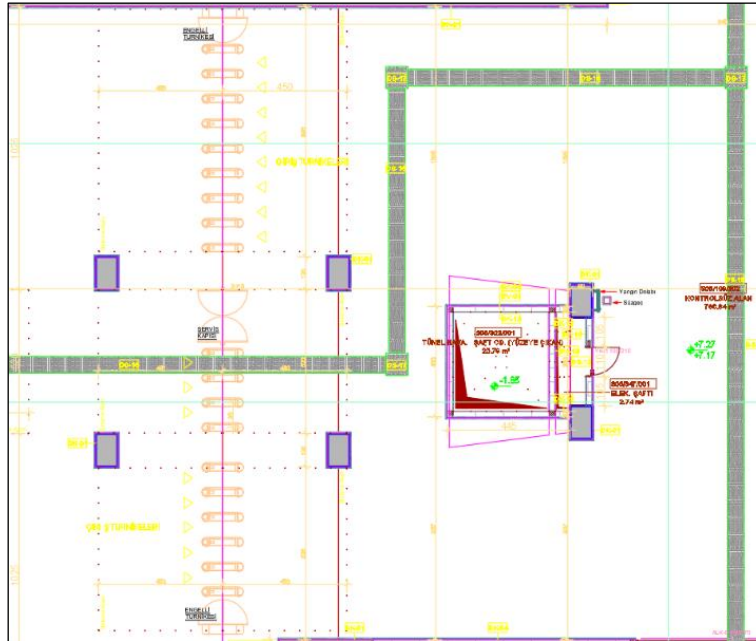
5.1.5. Yaya erişim aksları

Yaya erişim aksları, yolculuk transfer merkezlerinde bir ulaşım sisteminden diğerine geçişlerde veya bir ulaşım sisteminden önemli bir yolculuk çekim merkezine olan yolculuklarda yaya erişimini sağlayan önemli bir yaya yolu güzergahıdır. Bahsedilen yaya güzergahına, Şekil 5.8 örnek olarak verilmiştir.



Şekil 5.8. Yaya erişim aksı (Ünalan metro örneği)

Şekil 5.8’de, İstanbul’da bulunan metrobüs hattı ile metro hattı arasındaki entegrasyonun sağlandığı yaya erişim aksı görülmektedir. Özellikle mesai başlangıç ve bitiş saatlerinde bu aks, iki ulaşım sistemi arasındaki entegrasyonu sağlaması nedeniyle yoğun yaya hareketliliğine maruz kalmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirildiği İÜFM’de, toplanan veriler ile birlikte yaya simülasyonunun modellenmesi amacıyla, Finans Merkezi durağında inen bir yolcunun kullandığı yol aksı Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9. Yaya erişim aksı (İÜFM metro örneği)

Modelleme Süreci

Günümüzde insanların gerçekleştirmiş oldukları yolculukların bilgisayar ortamına aktararak, bu yolculukların yaşandığı; stadyum, alışveriş merkezi, havaalanı, iş merkezleri, transfer merkezleri gibi yüksek yolculuk çekim merkezlerinin yaya hareketliliği açısından analiz edilmesinde yaya simülasyonları yardımcı olmaktadır. Bahsedilen yaya simülasyonlarının süreçlerinden birisi olan modelleme süreci ise bu başlık altında incelenmiştir. Modelleme sürecinin gerçekleştirildiği, PTV Viswalk simülasyon programında yer alan yaya simülasyon modelleme araçları Şekil 5.10’da verilmiştir.

Symbol	Network object type
	Areas
	Obstacles
	Ramps & Stairs
	Elevators
	Pedestrian Inputs
	Pedestrian Routes
	Pedestrian Travel Times
	Pedestrians In Network
	Links
	Priority Rules
	Signal Heads
	Detectors
	Sections
	Backgrounds
	3D Traffic Signals
	Static 3D Models

Şekil 5.10. PTV Viswalk’ta yaya simülasyonu modellenmesinde kullanılan araçlar

Şekilde de görüldüğü üzere; yaya alanları, fiziki engeller, merdivenler, asansörler, yaya girdi (input) değerleri ve yaya rotaları gibi araçlar, yaya simülasyonunun modellenmesi sürecinde kullanılmaktadır.

Yapılan modelleme sürecinde kullanılan yapı elemanları; yaya alanları, engeller, sabit ve yürüyen merdivenler ile yürüyen bantlardır. Oluşturulan bu simülasyon ağında (network) engeller (obstacles) hariç tüm yapı elemanları yayaların erişimine açık bulunmaktadır.

Hazırlanan yaya simülasyon çalışmalarında network modelleme süreci dışında dikkate alınan ve çalışmanın gerçekleştirildiği alan göre değişkenlik gösterilebilen en önemli parametreler;

- Yaya türleri,
- Yaya sınıfları,
- Yürüyüş davranışları,
- Alan davranış türleri,
- Oluşturulan alanların görüntülenme türleri,
- Çok katlı modellerde kot değerlerinin belirlenmesi,

olarak simülasyon programı içerisinde, çalışmanın gerçekleştirildiği kompleks veya merkeze göre düzenlenebilmektedir.

Örnek yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nde hazırlanan simülasyon modelinde dikkate alınan simülasyon araçları detaylı olarak incelenmiştir.

5.2.1. Yaya alanlarının modellenmesi (Areas)

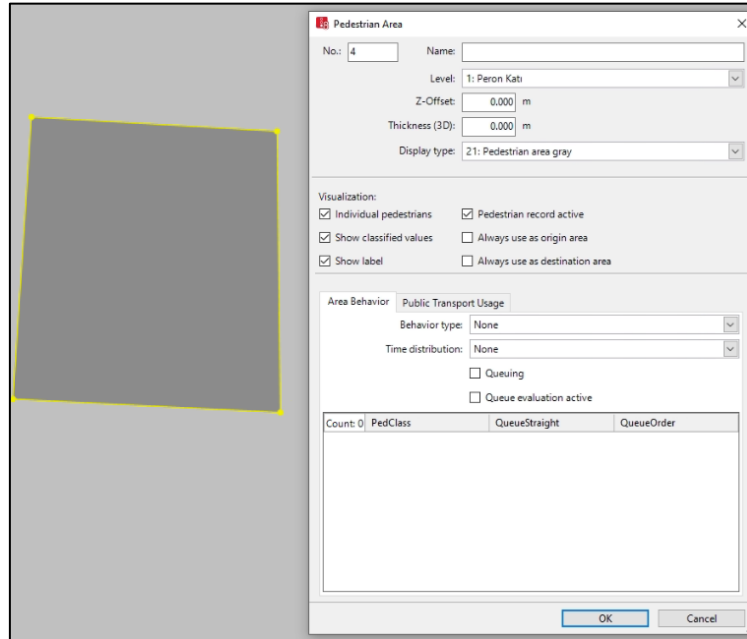
Yayaların simülasyon içerisinde kullanacağı tüm yüzeylerin belirlendiği modelleme aşamasıdır. Bu aşamada; bekleme alanları, kuyruklanma ve birikme alanları, yürüme alanları ve rota başlangıç alanları simülasyon içerisinde tanımlanmaktadır.

Bu alanlar, günümüzde insanların toplu taşıma araçlarını beklediği ve bekleyerek yaya yoğunluğunun arttığı birikme alanları, belirli bir güzergah ve hedef doğrusunda hareket eden yaya alanları olarak da bilinmektedir. Günümüzde bu alanlara örnek olarak, Maltepe metro istasyonundaki yaya yürüme alanı Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Yaya alanı Maltepe metro istasyonu örneği

Yapılan simülasyon çalışmasının modelleme sürecinde kullanılan alanlar, dikdörtgen veya çokgen olarak simülasyon içerisine tanımlanabilmektedir. Bu alanların herhangi bir yönü bulunmamakla birlikte CAD formatında olan alanlar da program içerisine rahatlıkla aktarılabilmektedir. Yaya alanı olarak bilinen, “Pedestrian Area” komutunun simülasyon içerisinde kullanılması ile kullanıcının karşılaştığı pencere Şekil 5.12’de verilmiştir.



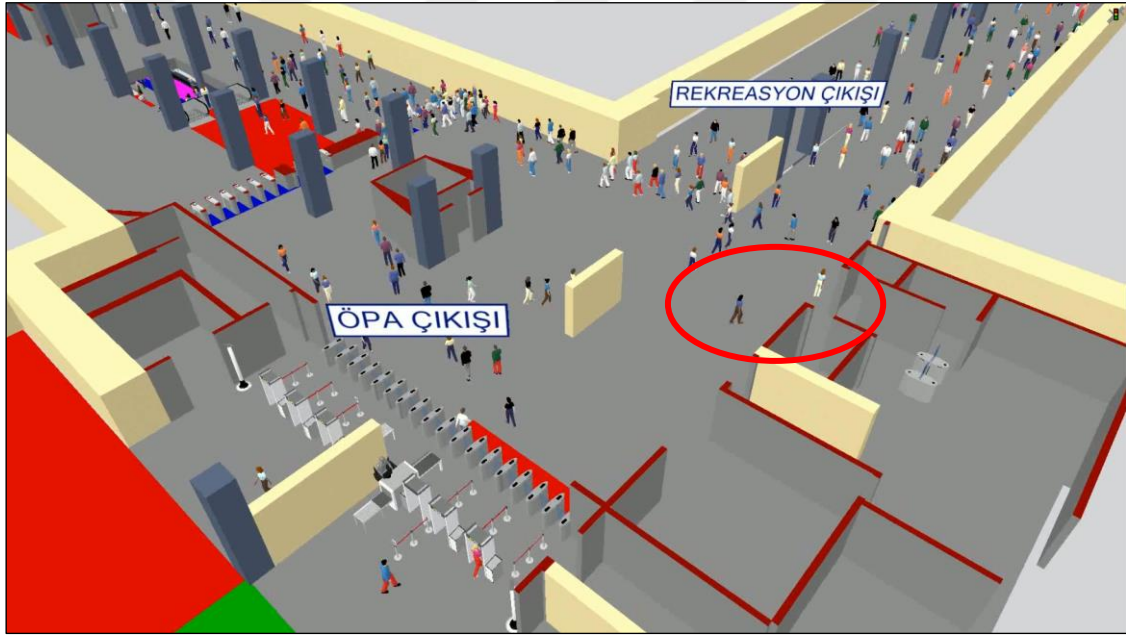
Şekil 5.12. Simülasyon içerisinde yaya alanının oluşturulması

Şekilde verilen, yaya alanının tanımlanması ile ilgili açılan pencerede, ilgili alanın; hangi kat üzerinde olacağı, kesit kalınlığı, görünüş tipi ve türleri ile alan ile ilgili davranış türleri bu menü üzerinden belirlenmektedir.

5.2.1.1. Bekleme alanları

Bekleme alanları, günümüzde yaya hareketliliğinin yaşandığı ulaşım sistemlerinde, yolcuların bir amaç doğrultusunda durma eylemini gösterdiği alanlar olarak belirtilmektedir. Bu doğrultuda, belirtilen yaya bekleme alanları hakkında, simülasyon çalışması içerisinde tanımlamalar yapılarak, simülasyon içerisine girilen yayaaların bu alan içerisinde nasıl bir davranış içerisinde bulunacakları belirlenebilmektedir.

Hazırlanan yaya simülasyonunda oluşturulan yaya alanları içerisindeki bekleme alanı örneği Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 5.13. İUFM simülasyon modelinde yaya bekleme alanları

Şekil incelendiğinde, ÖPA çıkışında işaretli alanda bulunan yaya alanında insanların bekleme eylemini gerçekleştirebileceği alanlar simülasyon içerisinde tanımlanmıştır.

5.2.1.2. Kuyruklanma ve birikme alanları

Toplu taşıma sistemlerinde kuyruklanma ve birikme alanları, gün içerisinde özellikle işe giriş ve çıkış saatlerinde, toplu taşıma araçlarına biniş esnasında ve turnike bölgelerinde meydana gelen yoğunluk ve sıralanma durumu olarak tanımlanmaktadır. Yaşanan bu durum, yüksek yolcu talebinin, sınırlı kapasite veya yetersiz yaya alanı olması nedeniyle karşılanamaması

durumunda ortaya çıkmaktadır. Yapılan simülasyon çalışmalarının neticesinde, yaşanan kuyruklanma durumunun ve birikme alanlarının ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Günümüzde, işe giriş – çıkış saatinde, Zincirlikuyu metrobüs durağı ve Ünalı metro istasyonundaki yaşanan yolcu yoğunluğu ve birikme Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’te verilmiştir.



Şekil 5.14. Ünalı Metro istasyonunda yaşanan kuyruklanma ve birikme



Şekil 5.15. Metrobüs durağında yaşanan kuyruklanma ve birikme

Gerçek hayatta yaşanan kuyruklanma ve birikme örneklerinin ardından, yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de hazırlanan simülasyonda metro peron katında görülen kuyruklanma ve birikme durumları Şekil 5.16’da verilmiştir.



Şekil 5.16. İUFM simülasyon modelinde kuyruklanma ve birikme alanları

Şekilde, yayaların pembe renkli peron alanında metro aracını beklerken yaşadıkları kuyruklanma ve birikme durumları verilmiştir.

5.2.1.3. Yürüme alanları

Yürüme alanları, yayaların gerçekleştirdikleri yolculuklarda, bir noktadan diğer noktaya olan erişimlerini sağladıkları alanlar olarak tanımlanmaktadır.

Yaya simülasyonun modellenmesi sürecinde kullanılan “Area” komutuyla oluşturulan yürüme alanları, yayaların belirli bir güzergah üzerinde hareket etmelerini sağlamaktadır. Bu doğrultuda, yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de hazırlanan simülasyonda oluşturulan yaya yürüme alanı modeli Şekil 5.17’de verilmiştir.

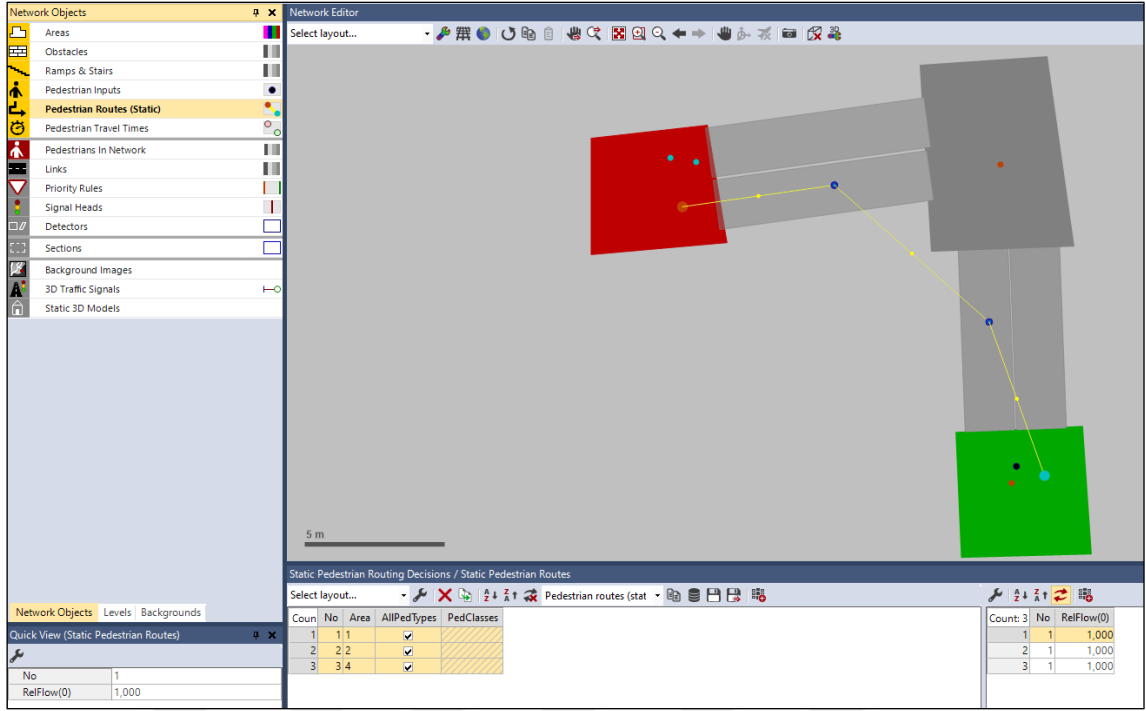


Şekil 5.17. İUFM simülasyon modelinde oluşturulan yaya yürüme alanları

Şekilde görüldüğü üzere, oluşturulan alanlar üzerinde yayaların hareketleri gerçekleşmektedir. Bu yaya hareketleri, simülasyon içerisinde belirli bir noktadan başlayarak, belirli bir nokta üzerinde sonlanmaktadır.

5.2.1.4. Rota başlangıç noktaları

Simülasyon içerisinde, genellikle yolculuk değerinin girildiği alanlardan başlayan bu noktalar, yolculuk taleplerine göre belirlenen rota başlangıç ve bitiş noktası olarak simülasyon üzerinde tanımlanmaktadır (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. İUFM simülasyon modelinde oluşturulan rota başlangıç alanları

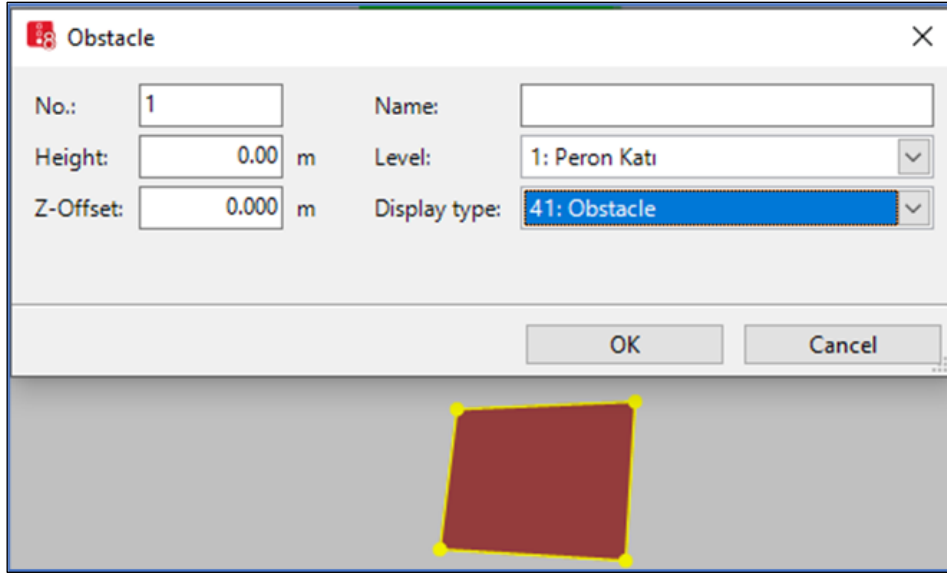
Şekilde de görüldüğü üzere, oluşturulan network üzerinde yaya hareketlerinin bir noktadan başlayıp bir noktada sonlandırılması amaçlanmaktadır. Belirtilen bu noktalar ile ilgili olarak simülasyon içerisinde modellenen alanlara tanımlamalar yapılmaktadır.

5.2.2. Fiziki engellerin modellenmesi (Obstacles)

Yayaların simülasyon içerisinde erişiminin olmadığı, engellerin belirlendiği modelleme aşamasıdır. Bu aşamada; kolon ve duvarlar, bariyer ve turnikeler, çöp kutusu, yangın dolabı vb. engeller ile asansör shaftları ve kat boşlukları gibi fiziki engeller simülasyon içerisinde tanımlanmaktadır.

Yapılan simülasyon çalışmasının modelleme sürecinde kullanılan fiziki engeller, dikdörtgen veya çokgen olarak simülasyon içerisine tanımlanabilmektedir. Simülasyon içerisine tanımlanan bu engeller, yaya erişim alanları ile kesişebilmektedir. Yaşanan bu kesişimler, simülasyon içerisinde yürüyen veya sabit merdivenler üzerinde olduğunda kullanıcıya hata bildirimi yapılmaktadır. Yapılan bu hata bildiriminde, hataya sebep olan fiziki engelin numarası ve engellemiş olduğu merdiven hakkında bilgi verilir. Simülasyon, bu hatanın giderilmesi ile birlikte çalışır hale gelmektedir.

Simülasyon programında modellenen fiziki engellerin, “Obstacle” menüsü kullanılarak simülasyon üzerinde tanımlanması Şekil 5.19’da verilmiştir.



Şekil 5.19. Simülasyon içerisinde fiziki engellerin oluşturulması

Şekil incelendiğinde, geometrik olarak yaya alanlarına (Areas) benzer şekilde olan fiziki engellerin (Obstacles); yükseklikleri, bulundukları kat ve network üzerinde gösterim seçenekleri hakkındaki detaylar görülmektedir.

5.2.2.1. Kolon ve duvarlar

Yaya hareketliliğinin yüksek ve yoğun olduğu merkezlerde kolon ve duvarların yaya hareketliliğine olumsuz etkisi oldukça fazladır. Yayalar için kör noktalar oluşturarak, hareketlerin kısıtlanmasına neden olmaktadır.

Kolon ve duvarlar, yaya simülasyonu üzerinde yayaların erişim sağlayamayacağı, fiziki engellerden birisidir. Buradan hareketle kolon ve duvarlar, simülasyon modelleme sürecinde, “Obstacles” menüsü altında tanımlanmaktadır.

Yaya simülasyonunun modellenmesi sürecinde toplanan veriler içerisinde bulunan, vaziyet ve kat planlarında belirtilen alanlara tanımlanan kolon ve duvarlar, yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de hazırlanan simülasyonda, metro peron ve turnike katında modellenerek Şekil 5.20’de verilmiştir.



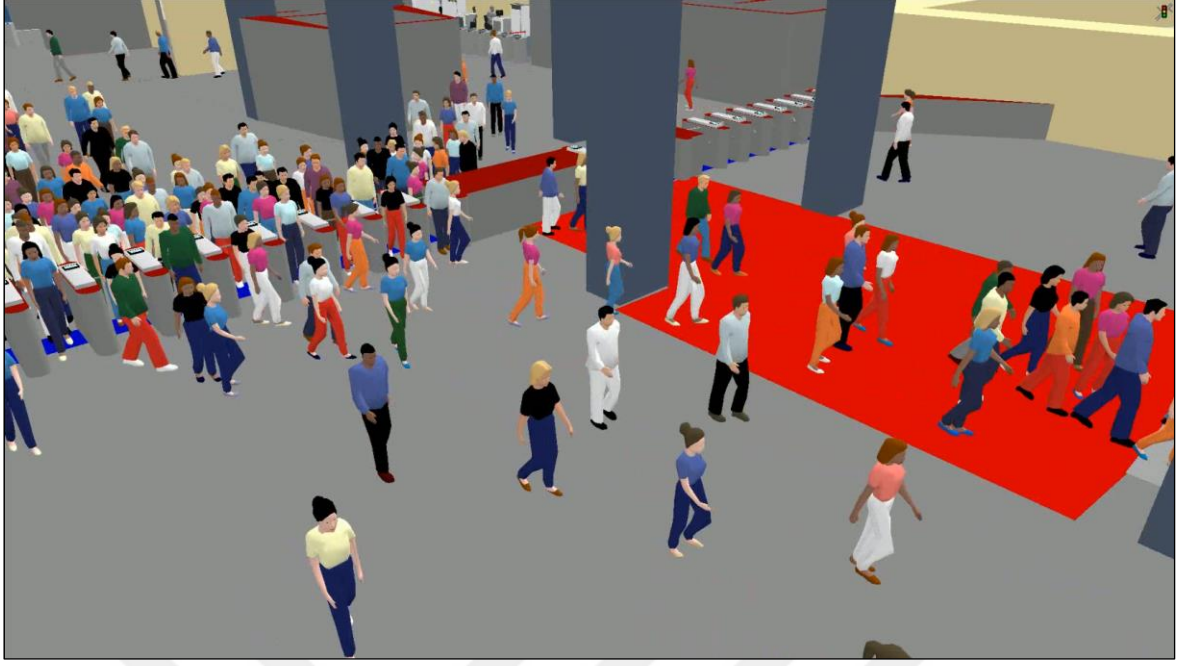
Şekil 5.20. İUFM simülasyon modelinde oluşturulan kolon ve duvarlar

5.2.2.2. Bariyer ve turnikeler

Yaya hareketliliğinin yüksek ve yoğun olduğu merkezlerde, bariyer ve turnikelerin yaya hareketliliğine olumsuz etkisi oldukça fazladır. Özellikle turnike bölgeleri, yoğun yaya hareketliliği yaşanan saatlerde yolcuların birikmesine ve kuyruklanmasına neden olan bölgelerin başında gelmektedir.

Bariyer ve turnikeler, kolon ve duvarlar gibi yaya simülasyonu üzerinde yayaların erişim sağlayamayacağı, fiziki engellerden olup, simülasyon modelleme sürecinde, “Obstacles” menüsü altında tanımlanmaktadır.

Yaya simülasyonunun modellenmesi sürecinde toplanan veriler içerisinde bulunan, vaziyet ve kat planlarında belirtilen turnike alanlarına belirlenen sayı kadar tanımlanan turnikeler, yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de hazırlanan simülasyonda, modellenerek Şekil 5.21’de verilmiştir.

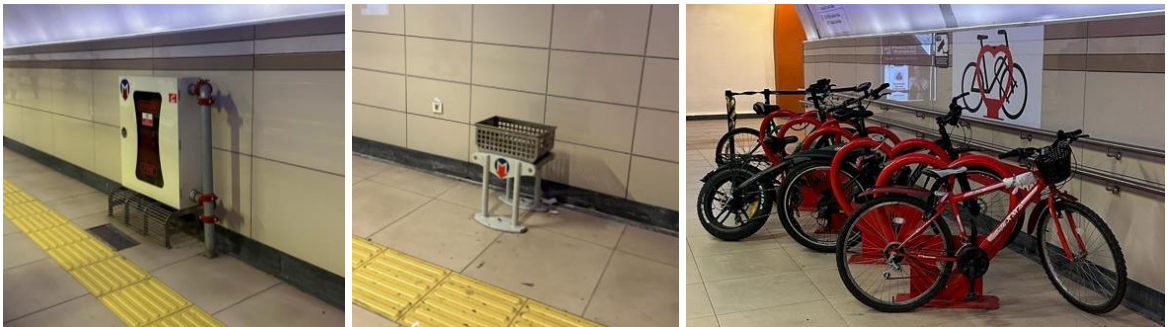


Şekil 5.21. İUFM simülasyon modelinde oluşturulan turnikeler

5.2.2.3. Çöp kutusu vb. engeller

Kolon ve duvar gibi tasarımsal ve mimari hesapların dışında yerleşimleri, daha esnek olan çöp kutusu, yangın dolabı, bisiklet park alanı, bilet yükleme noktası vb. engeller, yaya hareketliliğini diğer fiziksel engellere göre daha az etkilemektedir.

Bariyer, turnike, kolon ve duvarlar gibi yaya simülasyonu üzerinde yayaların erişim sağlayamayacağı fiziki engellerden olan çöp kutusu, yangın dolabı vb. engeller, simülasyon modelleme sürecinde, “Obstacles” menüsü altında tanımlanmaktadır. Yapılan çalışma kapsamında, tasarım aşamasında belirtilmeyen; çöp kutusu, bisiklet park alanı, yangın dolabı vb. engellerin günlük hayattaki yaya erişim güzergahları üzerindeki konumları Şekil 5.22’de örnek olarak verilmiştir.

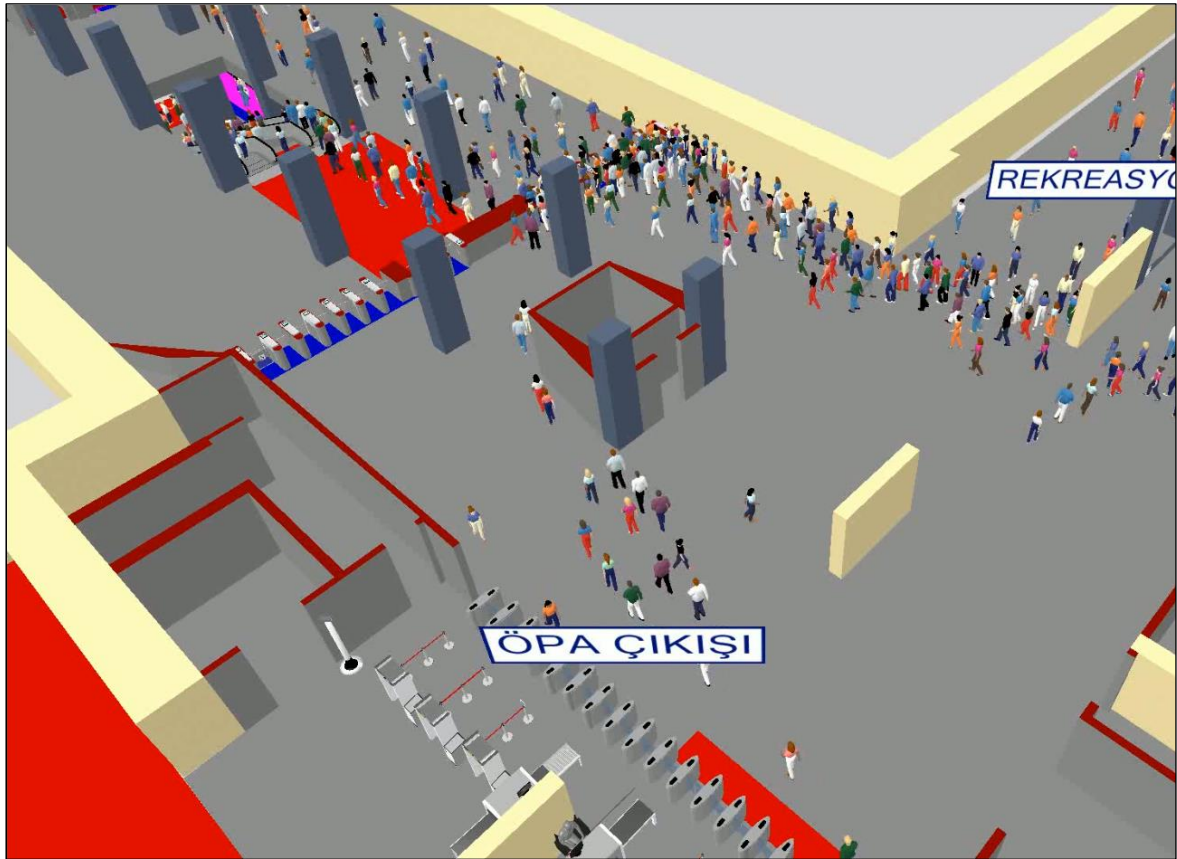


Şekil 5.22. Yangın dolabı, çöp kutusu, bisiklet parkı vb. fiziksel engel örnekleri

5.2.2.4. Asansör şaftları ve kat boşlukları

Asansör ve şaft boşlukları, kolon ve duvarlar gibi mimari ve tasarımsal projelere göre belirlenen, yaya hareketlerini olumsuz yönde etkileyen fiziksel engel türlerindendir.

Yaya simülasyonunun modellenmesi sürecinde toplanan veriler içerisinde bulunan, vaziyet ve kat planlarında belirtilen alanlara tanımlanan asansör şaftları ve kat boşlukları, yaya simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de hazırlanan simülasyonda modellenerek Şekil 5.23’te verilmiştir.



Şekil 5.23. İUFM simülasyon modelinde oluşturulan kat boşluğu

5.2.3. Yaya girdileri (Pedestrian Inputs)

Bu aşama, yaya simülasyonunun modelleme sürecinin başında gelen mevcut verilerin toplanması aşamasında elde edilen yolcu değerlerinin simülasyon içerisine değer olarak girildiği aşamadır. Girilen yaya değerleri ile birlikte, bu değerdeki yayaların cinsiyetlerine veya türlerine göre ayrımları da yapılarak simülasyon programına girilebilmektedir. Bununla birlikte, yayaların hareket hızları değişkenlik gösterebilmektedir. Bahsedilen bu parametreler, PTV Viswalk simülasyon programının arayüzünde bulunan “Base Data > Pedestrian Types”

sekmesinden, ilgili çalışmanın gerçekleştirildiği merkezdeki yaya çeşitlerine göre kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.

Belirlenen yaya türleri; yürüme hızları, tepki süreleri vb. değişkenler ile birbirleri arasında farklılık göstermekte olup simülasyon programı içerisinde bulunan bazı yaya türleri aşağıda maddelenmiştir:

- Erkek
- Kadın
- Ebeveyn
- Tekerlekli Sandalye Yolcusu

Maddelenen yaya türlerinin simülasyon programı üzerinde tanımlandığı bölüm Şekil 5.24'te örnek olarak gösterilmiştir.

The image shows a 'Pedestrian Type' dialog box with the following fields and options:

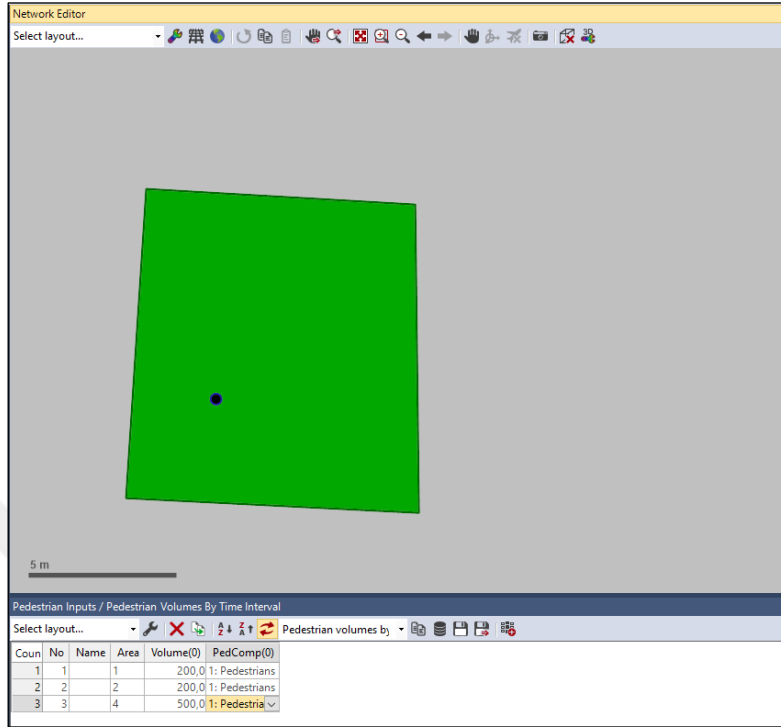
- No.:** 100
- Name:** Man
- Walking behavior:** 1: Default
- Model lengths:**
 - Model distribution:** 100: Man
 - Model length:** from 0.41 m to 0.46 m
- Dimension variance:**
 - Length:** +/- 0,100 m
 - Width:** +/- 0,100 m
 - Height:** +/- 0,150 m
- Colors:**
 - Shirt:** 101: Shirt Man
 - Hair:** 102: Hair Man
 - Trousers:** 103: Trousers Man
 - Shoes:** 104: Shoes Man

Buttons: OK, Cancel

Şekil 5.24. Simülasyon içerisinde yaya türlerinin belirlenmesi

Şekilde de görüldüğü üzere, yaya türleri model olarak simülasyon içerisine tanımlanabilmektedir. Bununla birlikte, yayaların yürüyüş davranışları hakkında değişiklikler sağlanabilmekte olup, yayaların simülasyon ağında fiziksel olarak modellenmesine de imkan sağlanmaktadır.

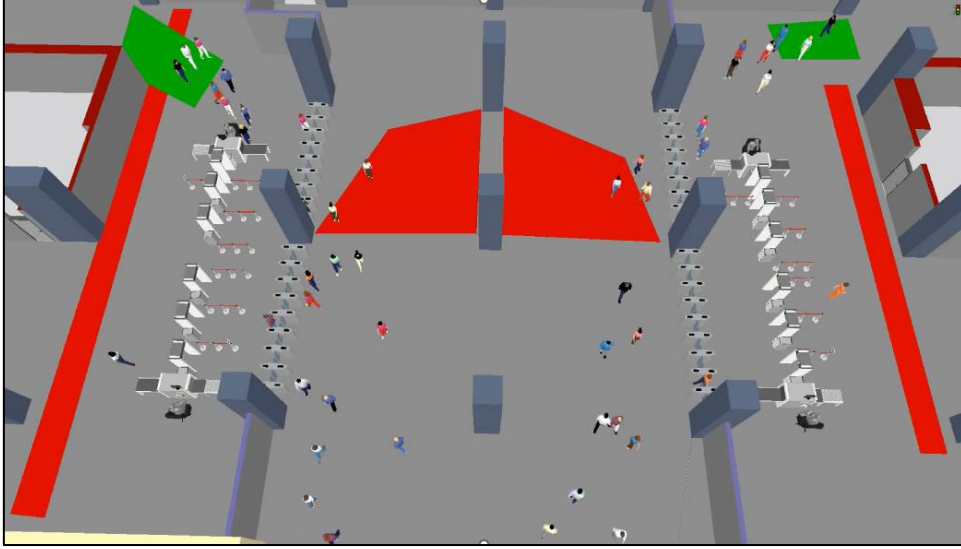
Simülasyon içerisine yapılan yaya girişleri ile ilgili bahsedilen detayların ardından, yapılan modelleme ile birlikte yaya girdileri yalnızca oluşturulan yaya alanlarına tanımlanabilmektedir. Simülasyon üzerinde yapılan tanımlamaya ilişkin örnek Şekil 5.25’te verilmiştir.



Şekil 5.25. Yaya simülasyonuna yolcu değerlerinin girilmesi

Şekilde, belirli bir alan üzerinde işaretlenen siyah nokta, yaya girişinin yapıldığını temsil etmektedir. Yayaların simülasyona girişleri, yalnızca belirtilen nokta üzerinden değil, tüm alan üzerinden rastgele şekilde sağlanmaktadır. Yine şekilde görüldüğü üzere, “Pedestrian Inputs” penceresinde 3 farklı girdi görülmekte olup, şekilde 3 numaralı girdi değeri verilmiştir. Bu pencere üzerinden, yolcuların türleri “Pedestrian Compositions” ve girilen yolcu değerleri “Volume” kısmında tanımlanmaktadır.

İUFM’de hazırlanan simülasyon çalışmasında, yayaların simülasyon içerisine giriş yaptığı alanlar Şekil 5.26’da yeşil renkle belirtilen alanlar olarak örnek gösterilmiştir.



Şekil 5.26. İUFM simülasyon modelinde yayaların simülasyon ağına girişi

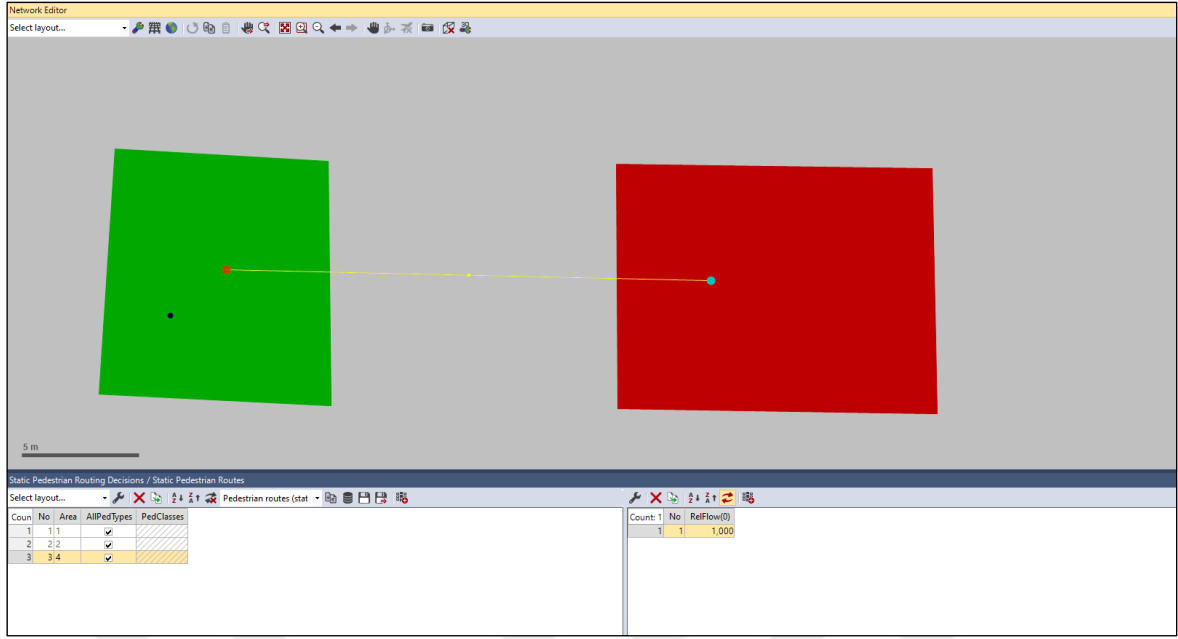
5.2.4. Yaya güzergahları (Pedestrian Routes)

Bu aşama, yaya simülasyonunun modelleme sürecinin başında gelen mevcut verilerin toplanması aşamasında elde edilen yolcu değerlerinin, simülasyon içerisindeki yolculuk başlangıç ve bitiş noktalarının belirlendiği aşamadır.

Yaya rotaları, sabit ve değişken rotalar olarak iki farklı türde modellenmektedir. Modellenen yaya rotaları, araç simülasyonu ile benzer özellikler göstermekte olup simülasyon üzerindeki tanımlamalar aynı şekilde gerçekleştirilmektedir. Yapılan tanımlamalar, yaya yolunun modellenen yaya alanları üzerinden sağlanmaktadır.

5.2.4.1. Sabit rotalar

Sabit yaya rotaları, modellenen bir yaya alanı üzerinde tanımlanarak başlatılır ve hedef yaya alanı işaretlenerek tamamlanmaktadır (Şekil 5.27). Bununla birlikte, belirlenen rota başlangıç ve bitiş noktalarına ek olarak, ara güzergah noktaları da eklenerek, yayaların bu alan üzerinden hedef noktasına ulaşmaları amaçlanmaktadır.

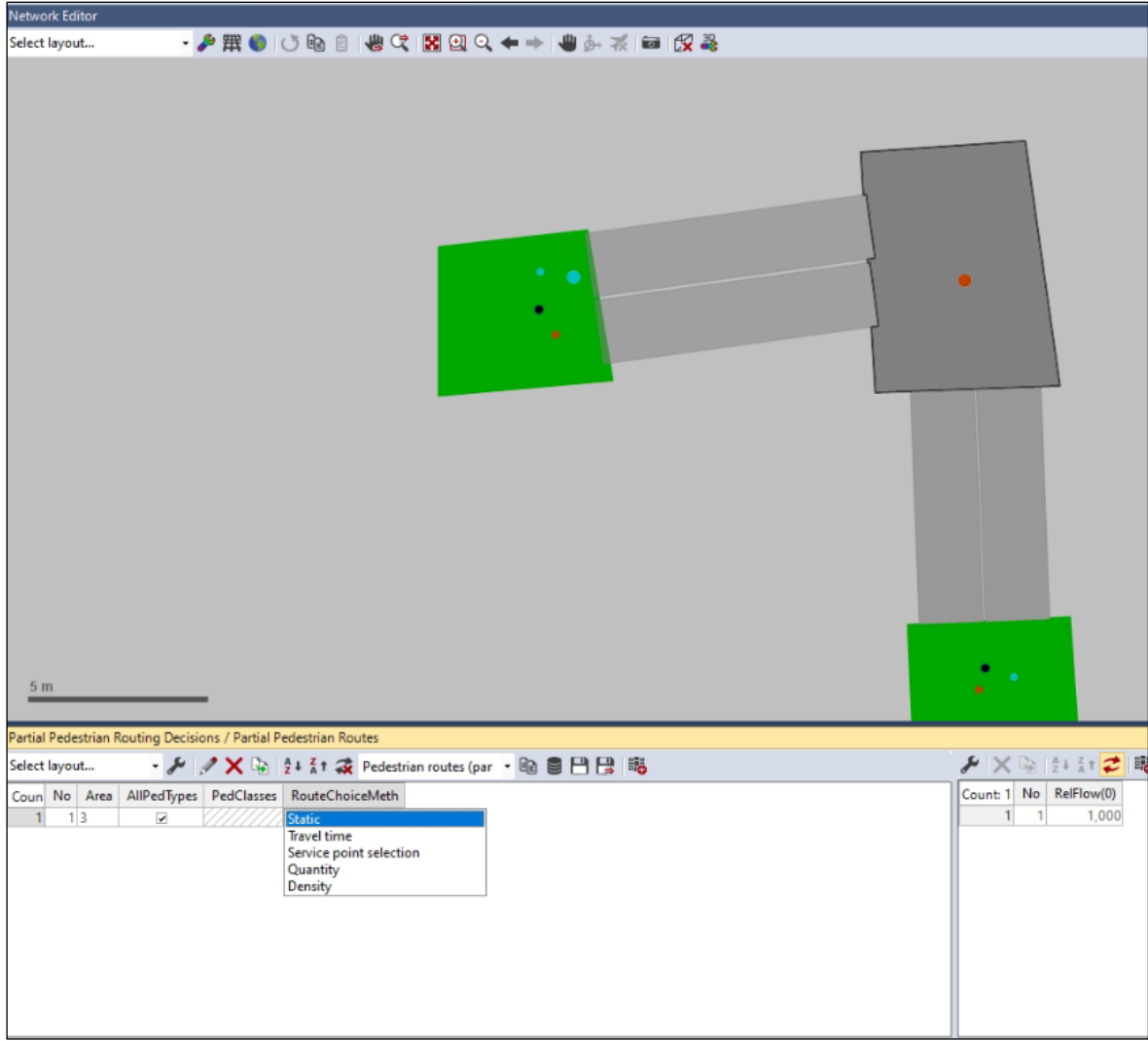


Şekil 5.27. Simülasyonda sabit yaya rotalarının oluşturulması

Şekilde görüldüğü üzere, yolcu değeri girilmiş olan yeşil renkteki alan, yaya güzergahının başlangıcını temsil etmektedir. Yaya güzergahının tamamlandığı alan ise kırmızı renk ile gösterilmektedir. Yaya güzergahının başladığı yeşil alanda görülen kırmızı işaret yaya rotasının başlangıç noktasını, kırmızı alanda görülen mavi renkli işaret ise yaya rotasının bitiş noktasını temsil etmektedir. Sarı renk ile gösterilen bu rotanın ortasında bulunan sarı nokta, yaya güzergahının geçmesi istenilen alana taşınarak ara bölge oluşturulmaktadır. Sabit rota olarak belirtilen bu yaya güzergahı, birden fazla güzergah olması durumunda birbirleri arasında oranlanarak girdi değerleri farklı hedef noktalarına dağıtılmaktadır.

5.2.4.2. Değişken rotalar

Değişken yaya rotaları, sabit rotalar gibi başlangıç ve bitiş alanları belirli olan yaya güzergahlarıdır. Bu rota türünü statik rota türünden ayıran en önemli özellik, sabit bir güzergaha bağlı kalmayarak, seyahat süresi, yoğunluk, kuyruklanma vb. gecikme parametreleri göz önüne alınarak rotaların dinamik şekilde değişmesidir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28. Simülasyonda değişken yaya rotalarının oluşturulması

Şekilde görüldüğü üzere, farklı katlarda bulunan iki alanın, başlangıç ve bitiş rotasına ek olarak değişken rota tanımlanmış olup, bu rota ile birlikte yürüyen merdivenlerde yaşanabilecek yoğunluklarda, sabit merdiven alternatifinin de kullanılması değerlendirmeye alınmıştır.

İUFM’de hazırlanan simülasyon çalışmasında, yayaların turnike bölgesinden çıktıklarında karşılaştıkları fiziksel engelleri aşmak için yoğunluğu bağlı olarak farklı rotaları kullandığı örnek Şekil 5.29’da verilmiştir.



Şekil 5.29. İUFM simülasyon modelinde değişken yaya rotasının uygulanması

5.2.5. Kat yerleşimleri (Levels)

Kat yerleşimlerinin belirlenmesi aşaması, çok katlı merkezlerde yapılan simülasyon çalışmalarının modellenmesinde oldukça önemlidir. Katların ayrı ayrı modellenmesinde ve görüntülenmesinde oldukça önemli olan bu aşama, katlar arası geçişlerde de sıkça kullanılmaktadır. Kat yerleşimlerinin belirlenmesine yönelik, simülasyon programının arayüzü Şekil 5.30’da verilmiştir.

Levels			
Select layout...			
Coun	No	Name	Height
1	1	Peron Katı	0,0
2	3	Ara Kat	5,0
3	2	Turnike Katı	10,0

Şekil 5.30. Kat yerleşimlerinin belirlenmesi ve kot değerlerinin girilmesi

İUFM’de hazırlanan simülasyon çalışmasında, çok katlı yapıya sahip olan Finans Merkezi metro durağının modellendiği görsel Şekil 5.31’de verilmiştir.



Şekil 5.31. İUFM simülasyonun çok katlı modellenmesi

5.2.5.1. Turnike katı (Gişe katı)

Turnike katı, metro istasyonlarında ve bazı iş merkezlerinin girişlerinde bulunan giriş – çıkışlardaki güvenliğin sağlanması ve ücretlerin toplanması amacıyla oluşturulan turnikelerin bulunduğu kata verilen isimdir.

İlgili kurumlardan elde edilen verilere göre, proje içerisinde turnike katı ile ilgili kot bilgisi simülasyon programı içerisine “Levels” sekmesi üzerinden tanımlanmaktadır.

5.2.5.2. Peron katı

Peron katı, metro istasyonlarında turnike bölgesinden geçen veya metro araçlarından inen yolcuların bulunduğu kata verilen isimdir.

İlgili kurumlardan elde edilen verilere göre, projede yer alan peron katı ile ilgili kot bilgisi simülasyon programı içerisine “Levels” sekmesi üzerinden tanımlanmaktadır.

5.2.6. Alanlar arası bağlantı elemanları

Çok katlı yolculuk çekim merkezlerinde katlar arası geçişlerin en efektif şekilde sağlanması yolculuk konforunu önemli ölçüde etkilemektedir. Örnek olarak, hazırlanan bir metro istasyonu simülasyonunda; cadde katı, peron katı, ara katlar ve turnike katı gibi farklı kotların birbirleri ile etkileşimi oldukça önemlidir. Yayaaların; yoğunluk yaşamadan, en kısa sürede katlar arası geçişinin sağlanması amaçlanmalıdır. Bu amaç doğrultusunda, hazırlanan yaya simülasyonları, yapım aşamasında olan metro istasyonu veya iş merkezi gibi yolculuk çekimi yüksek olan çok katlı yapılarda oldukça kritik rol oynamaktadır. Yayaaların, yoğunluğa bağlı olarak yaşayabileceği sıkışıklıklar bilgisayar ortamında modellenen simülasyonlar yardımı ile önceden tespit edilerek, işletme esnasında alınabilecek önlemlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu doğrultuda, yaya simülasyonlarının modellenmesi sürecinde en önemli aşamalardan birisi, katlar arası geçişlerin sağlanması olup, PTV Viswalk simülasyon programında kullanılan “Ramps&Stairs” menüsü üzerinden belirlenen katlar arasında geçişler modellenmektedir (Şekil 5.32).

The screenshot shows the 'Ramps/Stairways/Escalators/Moving Walkways' dialog box. It includes fields for 'No.' (1), 'Name', 'Level (start): 1: Base', 'Level (end): 3: Ara Kat', 'Z-offset (start): 0.000 m', 'Z-offset (end): 0.000 m', 'Length / Width / Height: 7.698 m / 1.780 m / 5.000 m', 'Display type: 21: Pedestrian area gray', and 'Thickness (3D): 0.000 m'. Under 'Visualization', 'Individual pedestrians', 'Show classified values', and 'Pedestrian record' are checked. Under 'Type', 'Stairway' is selected. 'Behavior type' is set to 'None'. The 'Installation' tab is active, showing 'Define ceiling opening by' with 'Headroom: 2.000 m' and 'Length: 3.079 m' options. 'Solid ramp foot' is set to 'Up to 2.000 m headroom' and 'Up to 3.079 m Length'. 'Show solid obstacle (3D)' is checked. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

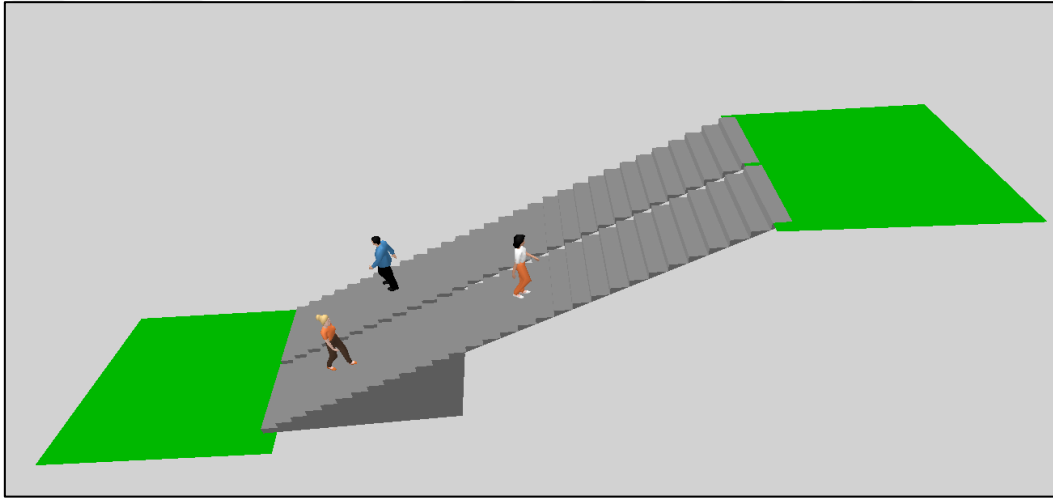
Şekil 5.32. Katlar arası geçişte kullanılan teknik ekipmanların modellenmesi

Şekilde de görüldüğü üzere katlar arası geçişlerde; rampalar, yürüyen bantlar, sabit ve yürüyen merdivenler Ramps&Stairs menüsü üzerinden tanımlanmaktadır. Yapılan bu tanımlamalar,

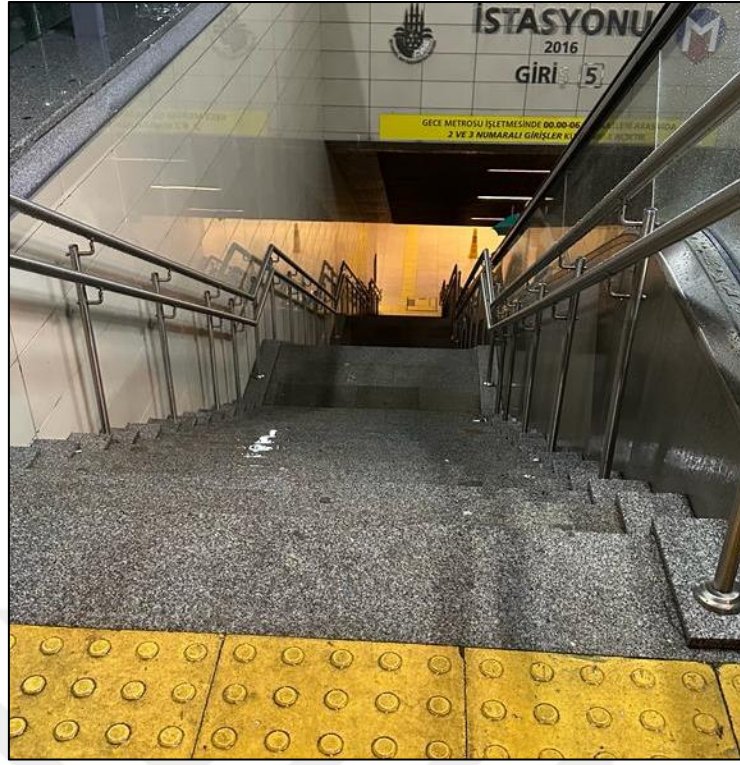
geçişin yapılacağı iki farklı katın belirlenmesi ve bu geçişin hangi ekipman ile sağlanacağı belirtilen arayüz üzerinden belirlenmektedir.

5.2.6.1. Sabit merdivenler

Sabit merdivenler, günümüzde katlar arası geçişlerde kullanılan en yaygın ulaşım elemanlarından biridir. Yaya simülasyon sürecinde yapılan modelleme aşamalarında sabit merdivenler, çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM ile ilgili kat planlarında yapılan incelemeler sonucunda yerleştirilmiştir. Yapılan bu yerleşimler ile birlikte, tanımlanan yaya alanları ve güzergahları arasında kat geçişlerini sağlamakta olup PTV Viswalk programında uygulanan örnek modelleme çalışması Şekil 5.33'te, günümüzdeki sabit merdiven örneği Şekil 5.34'te verilmiştir.



Şekil 5.33. Sabit merdivenlerin modellenmesi

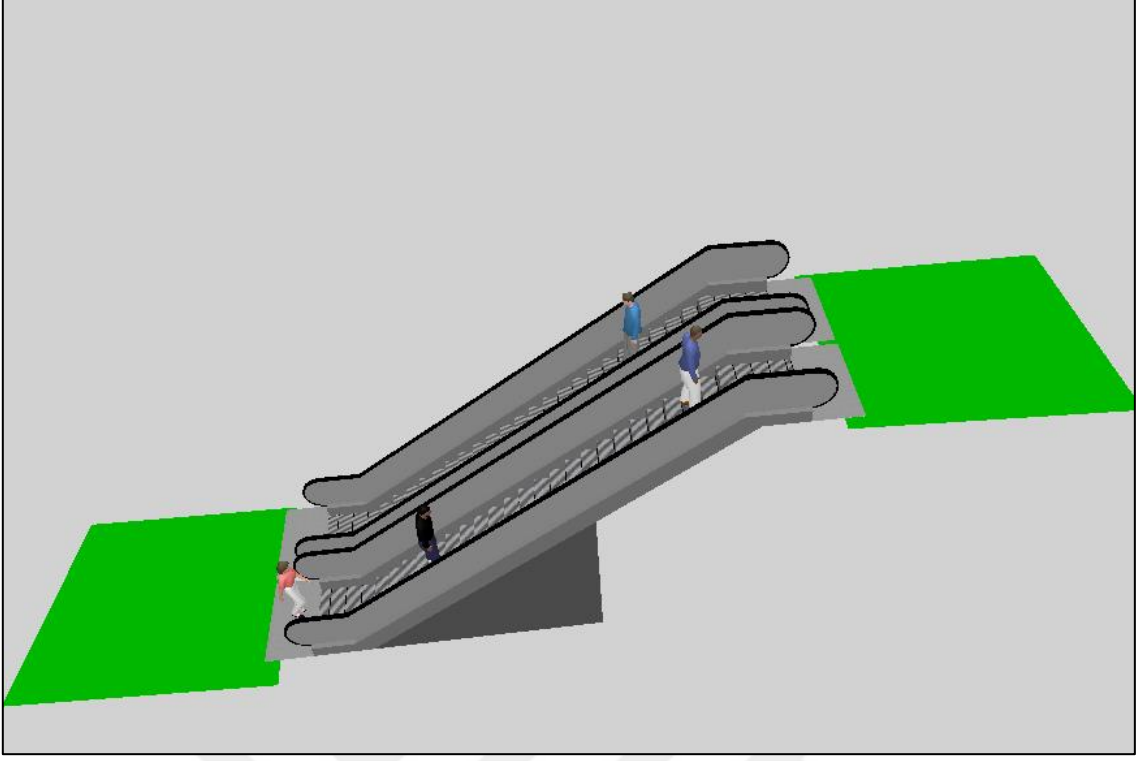


Şekil 5.34. Metro istasyonlarında sabit merdiven örneği

5.2.6.2. Yürüyen merdivenler

Sabit merdivenler gibi yürüyen merdivenler, günümüzde katlar arası geçişlerde kullanılan en yaygın ulaşım ekipmanlarından birisi de yürüyen merdivenlerdir. Yayaların katlar arasındaki geçişinde konfor ve hizmet parametresini yükselten bu araçlar ile yayalar efor sarfetmeden katlar arası yolculuklarını gerçekleştirebilmektedir. Metro istasyonları ve AVM'ler gibi birçok yolculuk çekim merkezinde bulunan yürüyen merdivenler, katlar arası geçiş talebinde bulunan yayaların taleplerini karşılamayı hedeflemektedir. Ancak, yaya erişimleri anlamında oldukça fazla katkısı olan bu ekipman, işe gidiş ve işten çıkış saatlerinde, yoğun yaya hareketlerinin olduğu alanlarda birikme ve kuyruklanmalara neden olabilmektedir.

Yaya simülasyon sürecinde yapılan modelleme aşamalarında yürüyen merdivenler, çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM ile ilgili kat planlarında yapılan incelemeler sonucunda yerleştirilmiştir. Yapılan bu yerleşimler ile birlikte, tanımlanan yaya alanları ve güzergahları arasında kat geçişlerini sağlamakta olup PTV Viswalk programında uygulanan örnek modelleme çalışması Şekil 5.35'te verilmiştir.



Şekil 5.35. Yürüyen merdivenlerin modellenmesi

Şekilde verilen yürüyen merdiven modeli, simülasyon içerisinde birbirleri arasında kot farkı bulunan 2 farklı yaya alanının birbiri ile olan yaya erişimini sağlamaktadır. “Ramps &Stairs” menüsü altında tanımlanan yürüyen merdivenler ile ilgili çeşitli düzenleme parametreleri bulunmaktadır. Bunların başında, yürüyen merdivenlerin hızlarının ve yönlerinin belirlenmesi gelmektedir. Bu parametrelere ek olarak, yayaların, yürüyen merdivenlerin sağ tarafında bekleme oranları da simülasyon içerisine girilerek, hazırlanan yaya simülasyonunun gerçeği yansıtması ve kalibre edilmesine imkan sağlanmaktadır. Bahsedilen yürüyen merdivenlere ilişkin, günümüzdeki yürüyen merdiven örneği Şekil 5.36’da verilmiştir.



Şekil 5.36. Metro istasyonlarında yürüyen merdiven örneği

5.2.6.3. Acil durum merdivenleri

Acil durum merdivenleri, sabit merdivenler gibi katlar arası geçişleri sağlamakta olup, acil durumlarda yayaların güvenli bölgeye erişimlerinin sağlanması amacıyla oluşturulmaktadır. Örnek yaya simülasyonu modelleme çalışmasının gerçekleştirildiği İUFM’de, tüm merdiven yerleşimlerinin belirtildiği kat planlarında, acil durum merdivenleri de belirtilerek simülasyon üzerinde modellemeleri gerçekleştirilmiştir. Burada yapılan modellemede, katlar ile ilgili belirtilen kot değerleri arasında yaya erişimleri sağlanmıştır. Yaya simülasyon çalışmaları kapsamında hazırlanabilecek, “Acil Durum Kaçış Senaryoları” gibi simülasyon örneklerinde acil durum merdivenlerinin doğru bir şekilde modellenmesi gerekmektedir. Yapılan modellemeye ilişkin “Ramps &Stairs” menüsü altında yer alan tanımlamalar Şekil 5.37’de verilmiştir.

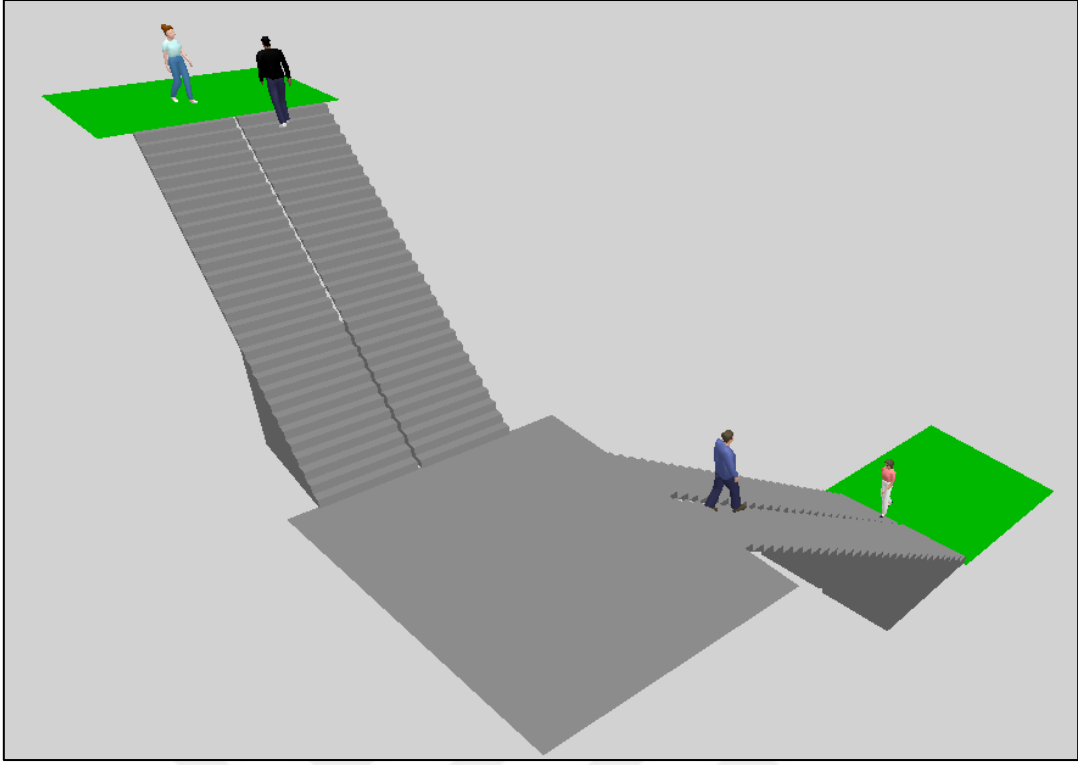
Şekil 5.37. Acil durum merdivenlerinin modellenme parametreleri

Şekilde de belirtildiği üzere, başlangıç ve bitiş kot değerleri tanımlanan simülasyon içerisinde acil durum merdiveninin başlayacağı ve biteceği kat değerleri ilgili sekme üzerinden tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, merdivenlerin boyutları ile ilgili de birçok parametre hakkında, yaya simülasyon çalışmalarının gerçekleştirildiği merkezin projelerine göre birçok değişken bulunmaktadır.

5.2.6.4. Sahanlıklar

Sahanlık olarak adlandırılan alanlar, iki farklı kat arasında bulunan alanlardır. Yüksek kot geçişlerinin yaşandığı bir yolculuk çekim merkezinde, merdivenler ile sahanlık arasında bağlantı sağlanarak, yaya katlar arası geçişlerdeki konforunun artırılması amaçlanmaktadır.

Yaya simülasyonunun modelleme süreçlerinde, katlar arası geçişlerin sağlandığı sahanlıklara ilişkin PTV Viswalk programında yapılan örnek modelleme Şekil 5.38’de verilmiştir.

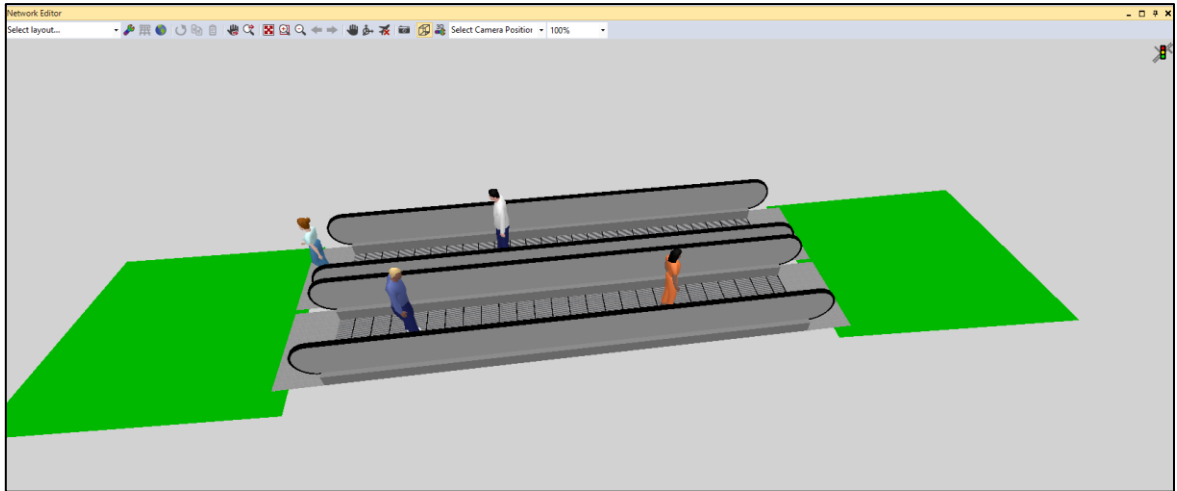


Şekil 5.38. Merdivenler arası sahanlıkların modellenmesi

5.2.6.5. Yürüyen bantlar

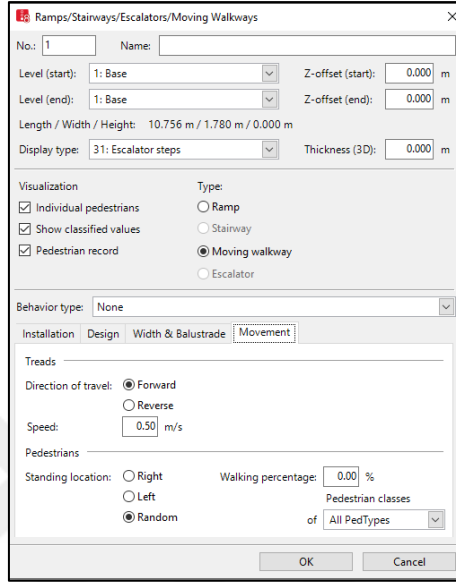
Yürüyen bantlar, yüksek mesafedeki yaya yürüme yollarında yayaların erişim konforunu artırmak amacıyla kullanılan ekipmanlardır. Bu ekipmanlar ile birlikte yolcular, gerçekleştirdikleri yolculuklarda hız ve zaman kazanmaktadır.

Yaya simülasyonunun modelleme süreçlerinde, birbirinden uzak mesafede bulunan iki farklı yaya alanı arasındaki arası erişimin sağlandığı yürüyen bantlara ilişkin PTV Viswalk programında yapılan örnek modelleme Şekil 5.39’da verilmiştir.



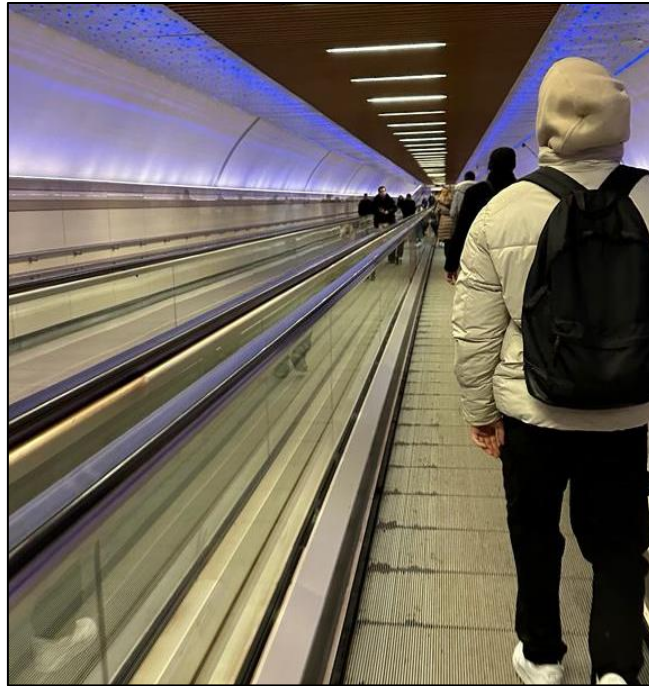
Şekil 5.39. Yürüyen bantların modellenmesi

Simülasyon içerisinde modellenen yürüyen bantlar, PTV Viswalk simülasyon programında bulunan “Ramps &Stairs” menüsü altında yer alan tanımlamalar Şekil 5.40’ta verilmiştir. Yürüyen bantların hareket yönleri, hızları, yayaların yürüyen bantlar üzerinde sabit bekledikleri alanlar, yürüyen banttan geçen yayalar içerisinde yürüyen yayaların oranı ve bu yayaların sınıfları hakkında yapılan tanımlamalar bu menü üzerinden gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.40. Yürüyen bantların teknik özelliklerinin simülasyona girilmesi

Bahsedilen yürüyen bantlara ilişkin, günümüzdeki yürüyen bant örneği Şekil 5.41’de verilmiştir.

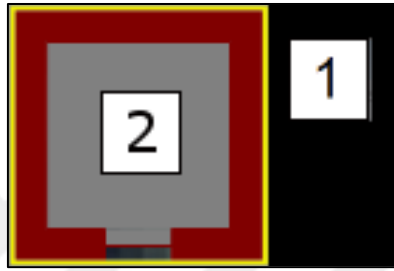


Şekil 5.41. Metro istasyonlarında yürüyen bant örneği

5.2.6.6. Asansörler

Katlar arası geçişlerde sabit merdivenler gibi en yaygın kullanılan ekipmanların başında asansörler gelmektedir. Özellikle, birden fazla kat geçişinin olduğu alanlarda yayalar bu ekipmanları daha sık tercih etmektedir. Bununla birlikte, engelli erişiminin diğer ekipmanlara göre daha konforlu şekilde sağlanması açısından asansörlerin önemi engelliler adına oldukça yüksektir.

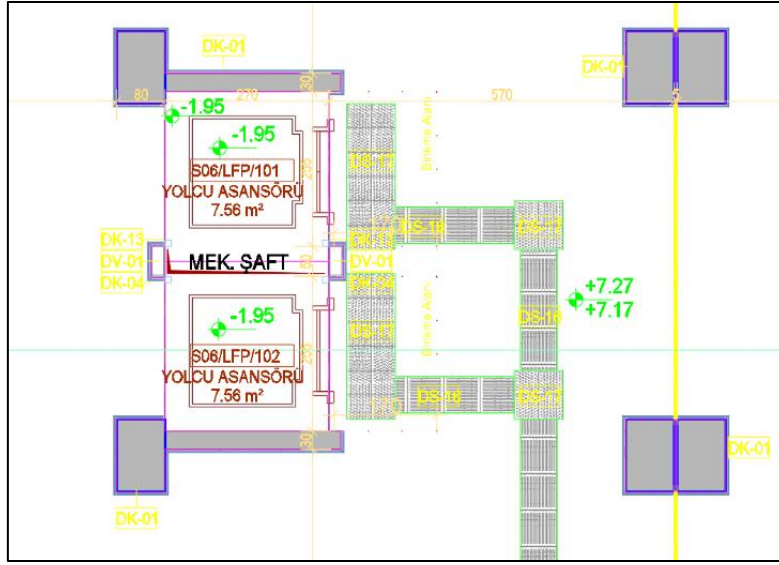
Yaya simülasyonunun modelleme süreçlerinde, katlar arası geçişlerin sağlandığı ve yayaların dikey yönde doğrudan taşınabildiği asansörlere ilişkin PTV Viswalk programında yapılan örnek tanımlama Şekil 5.42’de verilmiştir.



Şekil 5.42. Asansörlerin simülasyon içerisinde tanımlanması

Şekilde görüldüğü üzere, 1 ile numaralandırılan şekil asansörün network içerisindeki yerleşimini ifade etmektedir. Bununla beraber, 2 ile numaralandırılan şekil ise asansör kabinini temsil etmektedir. Bu şekil üzerinde yapılan incelemede, asansör kabini gri renk ile gösterilirken, asansör şaftı ise kırmızı renk ile belirtilmiştir. Simülasyon üzerinde yapılan asansör yerleşiminde, asansör kapısının nerede olduğu da bu şekil üzerinden rahatlıkla görülebilmektedir. Bu özellik, her bir kat özelinde değiştirilebilir olması sebebiyle kullanıcının simülasyonu rahatlıkla modelleyebilmesine imkan sağlamaktadır.

Yaya simülasyon sürecinde yapılan modelleme aşamalarında asansörler, çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM ile ilgili kat planlarında yapılan incelemeler sonucunda yerleştirilmiştir. Asansör yerleşimlerinin yapıldığı kat planlarına ilişkin görsel Şekil 5.43’te verilmiştir.



Şekil 5.43. İUFM kat planında asansörlerin konumu

Kalibrasyon Süreci

- 5.3. Kalibrasyon sürecinde, yaya simülasyonu modelleme süreçlerinde yer alan, mevcut verilerin toplanması aşamasında kurumlardan elde edilen yolcu girdi değerleri, gerçekleştirilen simülasyon ile test edilmiştir. Bu testler yapılırken, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi metro istasyonundaki yolcu çıkışları ve bu çıkışlara denk gelen kurumlarda çalışan yolcu sayıları karşılaştırılmıştır. İUFM'ye metro hattı ile gelecek olan, simülasyon içerisine yaya girdi değeri olarak tanımlanan 7560 kişinin, GYO (Rekreasyon) ve ÖPA çıkışlarından yapılacak çıkışları kurumlarda çalışan kişi sayılarına göre oranlanmıştır. Yapılan bu oranlamalarda, gelen yolcuların %23'ünün, yani 1746 kişinin ÖPA, kalan 5814 kişinin yani %77'sinin GYO (Rekreasyon) çıkışını kullanacağı belirlenmiştir. Bu belirlemeler ile, gerçekleştirilen simülasyonda GYO (Rekreasyon) ve ÖPA bölgesinden yapılan çıkışlar, PTV Viswalk programının "Area Measurement" bölümünden ölçülmüştür. Simülasyon değerleri ile gerçek hayatta olması beklenen gözlem değerleri karşılaştırıldığında, kalibrasyonun sağlanması amacıyla, test işlemlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan GEH istatistiği ve gözlem ile tahmin (model çıktısı) değeri arasındaki farklılık karşılaştırılmıştır. GEH (Geoffrey E. Havers) istatistiği talep – tahmin modellerinde gözlem ve tahmin değerlerinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır [39]. GEH formülü aşağıda verilmiş olup elde edilen değer 10'dan düşük olması durumunda kalibrasyonun sağlandığı bilinmektedir (5.1).

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (Model - Tahmin)^2}{Model + Tahmin}} \quad (5.1)$$

İUFM simülasyon modelinin kalibrasyonuna ilişkin yapılan kontroller Tablo 5.9’da verilmiş olup, yapılan kalibrasyon hesaplamalarda İUFM simülasyonunun GEH değerlerinin, kalibrasyonu sağladığı görülmektedir.

Tablo 5.9. Kalibrasyon kontrolü ve GEH değerleri

Akım No	Yön	Gözlem – Tahmin Değeri (Yaya)	Simülasyon Değeri (Yaya)	GEH Değeri	GEH <10
1	Simülasyona Giren Yolcu	7560	7560	0	Evet
2	Ümraniye Yönünden Gelen Yolcu	4536	4450	1,93	Evet
3	Göztepe Yönünden Gelen Yolcu	3024	3110	2,77	Evet
4	ÖPA’dan Çıkan Yolcu	1746	1780	1,91	Evet
5	Rekreasyondan Çıkan Yolcu	5814	5780	0,59	Evet

Bulgular

5.4. Yüksek yolcu hareketliliğinin yaşandığı merkezlerin analizi hakkında gerçekleştirilen yaya simülasyonları, çalışmaların gerçekleştirildiği; stadyum, alışveriş merkezi, havaalanı, iş merkezleri, transfer merkezleri gibi yüksek yolculuk çekim merkezlerinde yaya hareketliliğinin analiz edilmesinde yardımcı olmaktadır. Yaya simülasyonlarının oluşturulması ve modelleme süreçlerinde; toplanan veriler ile birlikte çalışmanın gerçekleştirildiği merkezin bilgisayar ortamında modellenmesi sonucunda elde edilen bulgular bu başlık altında incelenmiştir. Bahsedilen bulgular, simülasyon programı içerisinde üç farklı grupta incelenmekte olup, bu gruplar:

- Simülasyon genel sonuçları,
- Başlangıç – bitiş güzergah sonuçları,
- Yaya yürüme alanları ve merdiven sonuçları,

olarak verilmektedir. Verilen grupların haricinde, simülasyon içerisinde detaylı sonuçların elde edilebildiği simülasyon araçları PTV Viswalk programı arayüzünde bulunan, “Evaluation Configuration” menüsünden seçilebilmektedir (Şekil 5.44).

Evaluation Configuration

Evaluation output directory: C:\Users\Yilmazer Mühendislik\Desktop\Burak_Özet\

Result Management Result Attributes Direct Output

Additionally collect data for these classes:

Vehicle Classes

10: Car
20: HGV
30: Bus
40: Tram
50: Pedestrian
60: Bike

Pedestrian Classes

10: Man, Woman
30: Wheelchair User

	Collect data	From time	To time	Interval	
Area measurements	☒	0	99999	99999	
Areas & ramps	☒	0	99999	99999	More...
Data collections	☐	0	99999	99999	
Delays	☐	0	99999	99999	
Links	☐	0	99999	99999	More...
Nodes	☐	0	99999	99999	More...
OD pairs	☐	0	99999	99999	
Pedestrian network performance	☒	0	99999	99999	
Pedestrian travel times	☒	0	99999	99999	
Queue counters	☐	0	99999	99999	More...
Vehicle network performance	☐	0	99999	99999	
Vehicle travel times	☐	0	99999	99999	More...

OK Cancel

Şekil 5.44. Modellenen simülasyon hakkında bulguların belirlenmesi

5.4.1. Simülasyon genel sonuçları

Gerçekleştirilen simülasyon çalışması ile birlikte, yaya hareketliliğinin incelendiği yolculuk çekim merkezi hakkında, kullanılan simülasyon programı PTV Viswalk'ta, "Pedestrian Network Performance Evaluation Results" penceresi altında elde edilen sonuçlar detaylı şekilde sınıflandırılmıştır (Şekil 5.45).

Pedestrian Network Performance Evaluation Results: Select Attributes

Filters...

Attribute	Decimals	ShowUnits	Alignment	Format
Simulation run	0	☐	Left	Default
Time interval	0	☐	Left	Default
Pedestrians (entered) (All)	0	☐	Right	Default
Pedestrians (arrived) (All)	0	☐	Right	Default
Pedestrians (active) (All)	0	☐	Right	Default
Density (average) (All)	2	☐	Right	Default
Speed (average) (All)	2	☐	Right	Default
Flow (average) (All)	2	☐	Right	Default
Travel time (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Flow towards destination (average) (All)	2	☐	Right	Default
Speed towards destination (average) (All)	2	☐	Right	Default
Stops (average) (All)	2	☐	Right	Default
Stop time (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Normalized Speed (average) (All)	2	☐	Right	Default

→ × ↑ ↓

Şekil 5.45. Modellenen simülasyon hakkında elde edilen genel sonuçlar

Şekilde de görüldüğü üzere, sol bölümde yer alan her bir parametre, kullanıcının analiz etmeyi amaçladığı konuya göre sağdaki bölüme aktarılır. Sağdaki bölümde yer alan her bir parametre, simülasyonun tamamlanmasıyla birlikte kullanıcıya sonuçları farklı bir pencere içerisinde sunmaktadır (Şekil 5.46).

Pedestrian Network Performance Evaluation Results

Select layout...

Şekil 5.46. Belirlenen bulguların simülasyon sonuçlarının gösterimi

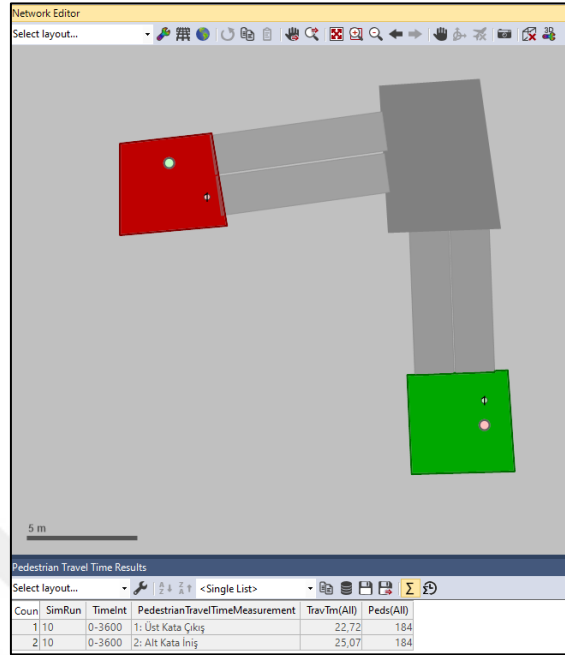
Şekil 5.45'te sağdaki bölümde verilen parametreler ve Şekil 5.46'te elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, belirlenen bulgu parametrelerinin sonuçlarının simülasyon tarafından verildiği görülmektedir. Örnek olarak Şekil 5.46 üzerinde gösterilen parametreler detaylı şekilde incelendiğinde; simülasyonunun oynatılma tekrarı, simülasyonun zaman aralığı, simülasyona giren, simülasyondan ayrılan ve simülasyonda kalan yolcu sayıları ile ortalama yoğunluk, hız, yaya akışı kullanıcıya sunulmaktadır. Bu parametrelere ek olarak, ortalama yolculuk süresi, hedefe ulaşmadaki akıcılık, hedefe ulaşmadaki hız ve ortalama durma gibi birçok parametre simülasyon ağının (network) bulgusu olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında, simülasyon ağından (network) elde edilen sonuç parametreleri aşağıda maddelenmiştir:

- Simülasyona giriş – çıkış yapan yaya sayısı
- Ortalama yaya hızları
- Ortalama seyahat süreleri
- Ortalama hedefe ulaşma süresi
- Ortalama durma sayısı

5.4.2. Başlangıç – bitiş güzergah sonuçları

Gerçekleştirilen simülasyon çalışması içerisinde, yaya hareketliliğinin incelendiği yolculuk çekim merkezi hakkında, kullanılan simülasyon programı PTV Viswalk'ta, "Pedestrian Travel Time Results" penceresi altında elde edilen sonuçlar, örnek simülasyon modeli üzerinde Şekil 5.47'de verilmiştir. Yapılan tanımlamalarda, yayanın harekete başladığı alan ve hareketini

tamamladığı alan belirlenir. Belirlenen bu alanlar arasındaki yolculuk hareketlerinin sonuçları simülasyon tarafından kullanıcıya sunulmaktadır.



Şekil 5.47. Başlangıç – bitiş güzergah sonuçlarının simülasyon modelinde gösterimi

Şekilde yapılan modelleme incelendiğinde, farklı katlarda bulunan iki yaya alanı, merdivenler ve sahanlık arası yapılan yaya yolculuklarından elde edilen sonuçlar şekil üzerinde verilmiştir. Verilen bu sonuçlara bakıldığında, üst kata çıkış ve alt kata iniş olarak iki farklı güzergah tanımlanmış olup sonuçlarda;

- Başlangıç – bitiş güzergahı seyahat süresi,
- Başlangıç – bitiş güzergahı yolcu sayıları,

elde edilmiştir.

5.4.3. Yürüme alanları ve merdivenlerin sonuçları

Yapılan yaya simülasyon modellemelerinden elde edilen bulgulara; yayalar için oluşturulan yaya yürüme alanları ve yayalar tarafından kullanılan sabit ve yürüyen merdivenler, yürüyen bantlar gibi ekipmanların sonuçları PTV Viswalk programının arayüzünde yer alan “Area Measurement Results” menüsünden ulaşılabilir (Şekil 5.48).

Area Measurement Results: Select Attributes

Filters...

- Area measurements
- Density (average)
- Density (maximum)
- Density (minimum)
- Desired speed (average)
- Destination count
- Entry time (average)
- Entry time (maximum)
- Entry time (minimum)
- Experienced density (average)
- Experienced density (maximum)
- Experienced density (minimum)
- Leave time (average)
- Leave time (maximum)
- Leave time (minimum)
- Orientation x (average)
- Orientation y (average)
- Origin count
- Pedestrians (average)
- Pedestrians (maximum)
- Pedestrians (minimum)
- Simulation run
- Speed (average)
- Speed (maximum)
- Speed (minimum)
- Speed deviation (average)
- Speed x-component (average)
- Speed x-component (maximum)
- Speed x-component (minimum)
- Speed y-component (average)
- Speed y-component (maximum)
- Speed y-component (minimum)
- Time interval
- Total delay (average)
- Total delay (maximum)
- Total delay (minimum)
- Total distance (average)
- Total distance (maximum)
- Total distance (minimum)
- Total dwell time (average)
- Total dwell time (maximum)
- Total dwell time (minimum)

Attribute	Decimals	ShowUnits	Alignment	Format
Simulation run	0	☐	Left	Default
Time interval	0	☐	Left	Default
Area measurements	0	☐	Left	Default
Pedestrians (average) (All)	2	☐	Right	Default
Orientation x (average) (All)	4	☒	Right	Default
Orientation y (average) (All)	4	☒	Right	Default
Density (average)	2	☐	Right	Default
Experienced density (average)	2	☐	Right	Default
Speed (minimum) (All)	2	☐	Right	Default
Speed (average) (All)	2	☐	Right	Default
Speed (maximum) (All)	2	☐	Right	Default
Velocity variance (All)	2	☒	Right	Default
Speed x-component (average) (All)	2	☐	Right	Default
Speed y-component (average) (All)	2	☐	Right	Default
Speed deviation (average) (All)	2	☐	Right	Default
Desired speed (average) (All)	2	☐	Right	Default
Walk-out count (All)	0	☐	Right	Default
Walk-in count (All)	0	☐	Right	Default
Destination count (All)	0	☐	Right	Default
Origin count (All)	0	☐	Right	Default
Entry time (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Leave time (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Total delay (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Total distance (average) (All)	2	☐	Right	Default
Total dwell time (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
Total time gain (average) (All)	2	☐	Right	Seconds
World coordinate x (average) (All)	2	☐	Right	Default
World coordinate y (average) (All)	2	☐	Right	Default

OK

Cancel

Şekil 5.48. Simülasyonda modellenen yaya alanları hakkında elde edilen sonuçlar

Şekilde de verildiği üzere, modellenen yaya alanları hakkında simülasyon içerisinde birçok bulguya ulaşılabilmektedir. Bahsedilen bulgular içerisinde; simülasyonun kaç kere oynatıldığı, simülasyonun süresi, alandaki ortalama yolcu sayısı, yatay ve düşey yönde yönelim hareketleri, ortalama yoğunluk, minimum, maksimum ve ortalama yaya hızı, yaya hızlarının yatay ve düşey yönde çeşitli varyansları, belirli bir alana giren ve çıkan yolcu sayısı, başlangıç ve bitiş noktasına yapılan giriş sayıları ile giriş ve çıkış süreleri gibi alanlar hakkında birçok sonuca ulaşılmaktadır. Bu sonuçlara ek olarak, toplam gecikme, toplam kat edilen mesafe, toplam bekleme süresi, toplam zaman kazancı gibi sonuçlara “Area Measurement Results” penceresi üzerinden ulaşılmaktadır. Bu sekme üzerinden sonuçlar:

- Sosyal mesafe analizi,
- Yolcu gecikme analizleri,
- Yoğunluk oluşan bölgeler,

şeklinde elde edilmektedir.



6. ANALİZ ÇALIŞMALARI

Çalışma kapsamında, yaya hareketliliğinin tanımlanması, modellenmesi ve simülasyon programına girilmesi ile birlikte oluşturulan yolculuk çekim merkezi yaya simülasyonunun sonuçlarıyla birlikte yapılan analizler bu başlık altında verilmiştir.

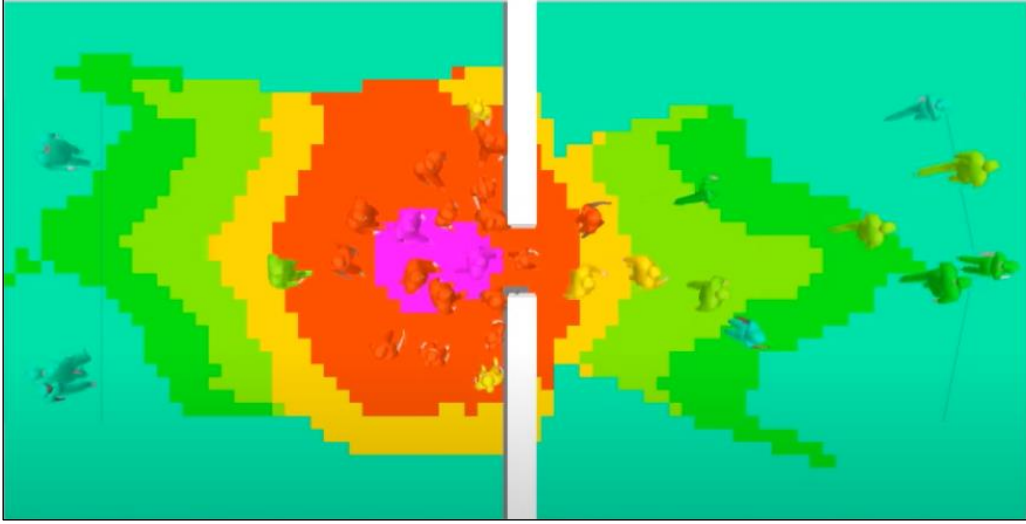
İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nde yer alan metro istasyonu ile ilgili yapılan simülasyon çalışması ile birlikte; yaya davranışları, etkileşimleri, güvenlik konuları ve yaşanabilecek sorunlar elde edilmiştir. Simülasyon sonucunda elde edilen sorunların azaltılmasına veya ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Sonuçlar – Çıktılar

- 6.1. PTV Viswalk yaya simülasyon programı ile hazırlanan, İstanbul Uluslararası Finans Merkezi metro istasyonu simülasyon modelinde, zirve saatte yapılan incelemelerde yayaların hareketlerine yönelik birçok sonuç elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, yaya hareketlerinin metro istasyonu içerisinde hangi alanlarda yoğunlaştığı ve sıkışıklığa neden olduğu hakkında belirlemeler yapılmıştır.

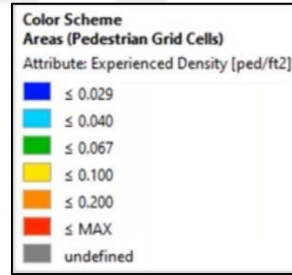
Yapılan bu belirlemeler ile birlikte, çalışmanın gerçekleştirildiği metro istasyonu ile ilgili yaya hareketliliğine ilişkin sonuçların elde edilmesine yönelik, ısı haritalarının oluşturulması yöntemi kullanılmıştır. Bu haritalar, simülasyon sırasında belirli bir bölgedeki yaya hareketlerine bağlı olarak ısı değişimlerini ve dağılımlarını gösteren haritalardır. Isı farklarına göre yaya yoğunluklarının ortaya konulmasında kullanılan bu haritalar ile birlikte, yaya trafiği ve yaya konforu analizi yapılmaktadır.

PTV Viswalk yaya simülasyon programında hazırlanan simülasyon modelleri ile birlikte elde edilen ısı haritası örneği Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Isı haritalarının simülasyon modelinde gösterimi

Şekil incelendiğinde, oluşturulan simülasyon modeli üzerinde birbirinden farklı renkler görülmektedir. Bu renkler, yaya yoğunluklarının hangi bölgelerde oluştuğunu, simülasyon sonucu olarak kullanıcıya sunmaktadır. PTV Viswalk simülasyon programı içerisinde “Color Scheme Areas” arayüzünde belirlenen bu renk paleti, yaya alanları üzerinde yaşanan yoğunlukları temsil etmektedir. Belirlenen renk paleti ve değerlerine ilişkin simülasyon örnek arayüzü Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2. Isı haritalarının değerlerinin belirlenmesi

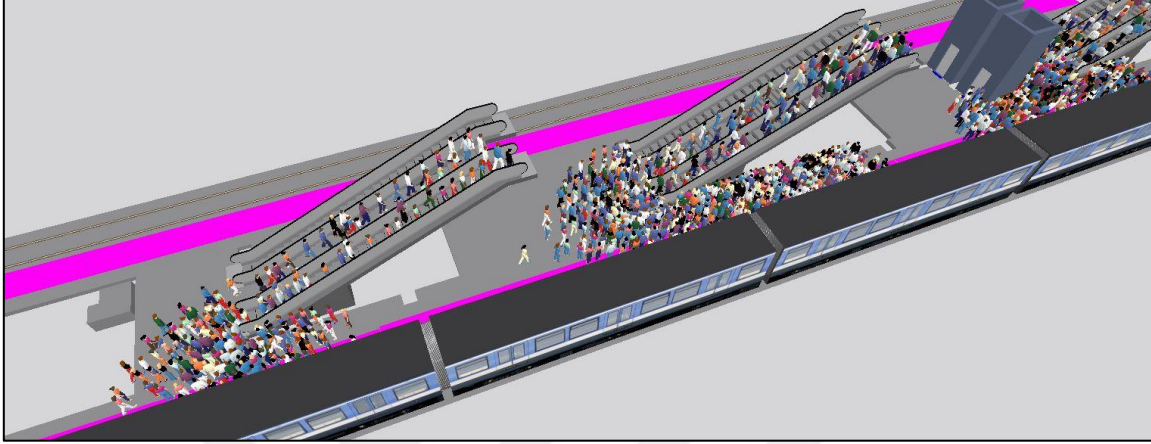
Şekilde belirtildiği üzere, yaya alanları üzerinde yaşanan yoğunluklar farklı renklere göre sınıflandırılmaktadır. Burada, mavi renkte olan alanlar yaya yoğunluğunun az olduğu alanları temsil ederken kırmızı renkteki alanlar ise yaya yoğunluğunun yüksek olduğu alanları temsil etmektedir.

Tespit Edilen Sorunlar

Yapılan simülasyon çalışması ile birlikte elde edilen sonuçlar hakkında yapılan analizlerde, ısı haritalarında da belirtildiği üzere, yaya yoğunluğu yaşanan alanlar hakkında düzenlemeler

yapılmalıdır. Sorunlu alanlar, yaya simülasyonu sayesinde tespit edilerek, bu alanlar ile ilgili çözüm önerileri geliştirilmelidir.

Bu kapsamda, yaya simülasyon sonuçları hakkında yapılan analizler ile tespit edilen sorunlara ilişkin PTV Viswalk programında yapılan İUFM metro istasyonundaki örnek modelleme Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3. İUFM metro istasyonu peron bölgesinde yaşanan yaya yoğunluğu

Şekil 6.3 incelendiğinde, Finans Merkezi metro istasyonunun peron bölgesinde yaşanan sorun görülmektedir. Özellikle zirve saatte yoğun yaya hareketliliğinin yaşandığı zaman diliminde, sabit ve yürüyen merdivenlerin önünde kuyruklanma ve birikme durumlarının yaşandığı görülmektedir.

Simülasyon çalışmaları kapsamında, peron katı merdiven bölgelerinde yapılan incelemelere ek olarak turnike bölgesinde yapılan incelemeler Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4. İUFM metro istasyonu turnike bölgesinde yaşanan yaya yoğunluğu

Şekil incelendiğinde, simülasyon çalışmalarında sabah işe giriş saatlerinde yaşanan yaya yoğunluğu görülmektedir. Turnike bölgesinde, yapılan geçişlerde yaşanan gecikmeler nedeniyle yayaların kuyruklanmasına ve birikmesine neden olmaktadır.

Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi

İstanbul Uluslararası Finans Merkezi'nin metro katında yapılan yaya simülasyon çalışmalarının sonuçları hakkında yapılan analizler, elde edilen sonuçlar ve tespit edilen sorunlar ile birlikte 6.3. bu sorunların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak geliştirilen çözüm önerileri bu başlık altında incelenmiştir.

Yapılan simülasyonların, sonuçlarının analiz edilmesiyle birlikte tespit edilen, peron bölgesinde yaşanan yaya yoğunluğunun ortadan kaldırılmasına yönelik olarak; zirve saatlerde yürüyen merdivenlerin, yoğun yolcu hareketlerinin bulunduğu rotaya doğru hizmet vermesi ile yaşanan yaya yoğunluğunun azaltılacağı veya önüne geçilebileceği hakkında çözüm önerisi geliştirilmiştir.

Yine simülasyon sonuçlarının analizleri ile tespit edilen sorunlardan birisi olan turnike bölgesindeki yaya yoğunluğunun ortadan kaldırılmasına yönelik olarak; işe giriş saatlerinde İUFM'ye olan yolculuk taleplerinin karşılanması amacıyla, metroya giriş olarak kullanılan bazı turnikelerin çıkış yönünde hizmet vermesi; işten çıkış saatlerinde ise İUFM'den üretilen yolculuk taleplerinin karşılanması amacıyla bazı çıkış turnikelerinin de metroya giriş olarak hizmet vermesi, turnike bölgelerinde yaşanan yaya yoğunluklarının azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yardımcı olacağı yönünde çözüm önerileri geliştirilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek yolculuk çekim merkezlerinin tasarım veya yapım aşamasında, tasarım kriterlerinin yaya hareketliliği göz önüne alınarak belirlenmesi amacıyla yaya simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Mevcut ve gelecek durum planlamalarında, yolculuk çekim merkezlerinde yoğun yaya hareketliliği nedeniyle yaşanabilecek sorunların önceden tespit edilerek ortadan kaldırılmasına yönelik olarak çözüm önerilerinin getirilmesi konusunda yaya simülasyonlarının önemi oldukça fazladır.

Bu doğrultuda, yüksek yolculuk çekim merkezi olan İstanbul Uluslararası Finans Merkezi hakkında yaya simülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, ilgili yolculuk merkezine ilişkin mevcut durum verileri toplanmıştır. Toplanan bu veriler ile birlikte, yapımı devam eden metro hattının simülasyon modeli oluşturularak, zirve saatte bu istasyona gelecek yolcu sayısı belirlenmiştir. Bu belirlemeler yapılırken, ilgili kurumlardan alınan verilere göre, ulaşım türel ayrım hesapları gerçekleştirilmiştir. Yapılan türel ayrım hesaplamaları ile birlikte metro sistemleri ile gün içerisinde İUFM'ye gelecek yolcu sayısı 10.529 olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu sayı, yine kurumlardan alınan görüşler doğrultusunda belirlenen zirve saat özelinde incelenerek 7.560 kişi olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu yolcu sayısı, Göztepe ve Ümraniye yönlerinden gelecek yolcu sayıları hattın yönlerine göre oranlanmıştır.

Mevcut verilerin toplanması aşamasında; kat ve vaziyet planları, metro ve İUFM giriş – çıkış noktaları, güvenlik ve turnike bölgeleri ile yaya erişim aksları ilgili kurumlardan temin edilmiştir. Simülasyon modelleme çalışmasında kullanılmak üzere toplanan bu veriler, mikro simülasyon programının seçilmesi ile birlikte model içerisine aktarılmıştır. Altlık olarak kullanılan bu veriler, simülasyonun modellenme sürecinde kullanılmıştır.

Yaya simülasyon çalışmasında kullanılacak program PTV Viswalk olarak seçilmiş olup, simülasyon modelinde kullanılacak yolcu türleri, modelleme araçları ve bu araçların değişken parametreleri detaylıca araştırılmış olup simülasyonun gerçekçiliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Yapılan simülasyon modelleme çalışmalarında; yaya alanları, fiziki engeller, yaya güzergahları, kat yerleşimleri ve katlar arası geçişlerde kullanılan ekipmanlar, ilgili kurumlar tarafından iletilen altlıklar dikkate alınarak simülasyon modeline yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu modellere ek olarak, daha önceden belirlenen yolcu değerleri de oluşturulan bu simülasyon modeline yolcu değeri olarak girilmiştir.

Yolcu sayılarının girilmesi ile birlikte, yolcuların davranış hareketleri simülasyon içerisinde modellenerek, simülasyona girilen yolcu sayısı, belirlenen yaya güzergahları ve bu güzergahların oranlarına göre ölçülmüştür. Yapılan bu ölçüm işlemi, simülasyon çalışmalarında kalibrasyon olarak adlandırılmakta olup simülasyonun gerçekçiliğini ortaya koymaktadır. Yapılan yaya ölçümler ve yaya hareketlerinin simülasyon içerisinde gözlemlenmesi ile birlikte yayaların birbirleri ile etkileşimleri incelenerek günlük hayatta yapılan davranışlar simülasyon içerisine tanımlanarak, yaya simülasyonunun kalibrasyon süreci tamamlanmıştır.

Tamamlanan kalibrasyon süreci ile birlikte, hazırlanan yaya simülasyonunun gerçekçiliğinin test edilmesinin ardından, mevcut durumda yaşanması öngörülen sorunlar simülasyon çalışmasında da görülmüştür. Gözlemlenen bu sorunlar neticesinde, simülasyonun gerçekçiliği doğrulanarak, simülasyon sonuçları elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ile birlikte, çalışmanın gerçekleştirildiği İUFM metro istasyonunda, yayalar için hizmet düzeyinin belirlenmesine yönelik; ortalama yaya hızları, gecikme süreleri, seyahat süreleri, durma sayıları ve ortalama hedefe ulaşma süreleri gibi birçok parametrenin sonucu simülasyon çıktısı olarak kullanıcıya sunulmuştur.

Kullanıcıya sunulan sonuçlar ile birlikte, yaya hareketlerinin model üzerinde gözlemlenmesi ve yaya yoğunluğunun yaşandığı bölgelerin tespit edilmesi için ısı haritaları elde edilmiştir. Elde edilen bu haritalar ile birlikte, simülasyon içerisinde sorun yaşanan bölgeler rahatlıkla tespit edilerek, sorunun giderilmesi adına çözüm üretilmesi gereken noktalar kullanıcıya sunulmaktadır.

Simülasyon sonucunda elde edilen sonuçlar ve ısı haritaları ile yapılan gözlemler neticesinde; İUFM metro yaya simülasyonunda, sabah işe giriş zirve saatinde peron katından turnike katına yapılan çıkışlarda merdivenlerde yoğunluk yaşandığı görülmüştür. Bununla birlikte, gişe katına çıkış yapan yolcuların, turnike bölgesinden geçmek isterken birikme ve kuyruklanma yaşadıkları simülasyon sonucunda gözlemlenmiştir. Akşam iş çıkışı zirve saatinde yapılan simülasyon çalışmasında da turnike bölgelerinde, ücret toplama yöntemleri nedeniyle yaşanan gecikmeler ve yoğunluklar ile peron bölgesinde metro aracı bekleyen yolcuların yaşadığı birikmeler simülasyon sonucunda gözlemlenmiştir.

Simülasyon sonuçlarında gözlemlenen ve tespit edilen sorunların azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, sabah işe giriş saatinde, aşağı yönlü olan bazı yürüyen merdivenlerin yukarı yönde çalıştırılması ve giriş turnikelerinin çıkış olarak hizmet vermesi önerilmiştir. Benzer şekilde, akşam saatlerinde turnike bölgelerinde

yaşanan birikme ve kuyruklanmaların giderilmesi adına, çıkış turnikelerinin giriş olarak hizmet vermesi önerilerek, kullanıcıların konfor ve güvenliğini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Günümüzde, hazırlanan yaya simülasyon çalışmaları ile birlikte, yapılması planlanan yüksek yolculuk çekim merkezlerinin yaya hareketleri açısından planlanması ve yaşanabilecek sorunların önceden tespit edilerek bu sorunlara ilişkin çözüm önerilerinin geliştirilebilmesi mümkün olacaktır. Bu doğrultuda yapılan bu çalışma, yaya simülasyonlarının hazırlık süreçlerinde uygulanması gereken yöntem ve metotları kullanıcılara sunmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] F. Akbulut, «Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması Ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri,» *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, no. 11, 2016.
- [2] HCM, Highway Capacity Manual, Washington D.C.: Transportation Research Board, 2010.
- [3] J. J. Fruin, «Designing For Pedestrians A Level Of Service Concept,» *The Port of New York Authority*, 1970.
- [4] T. Campisi, G. Tesoriere, A. Skoufas, D. Zeglis, C. Andronis ve S. Basbas, «Perceived Pedestrian Level of Service: The case of Thessaloniki, Greece,» *Transportation Research Procedia*, no. 60, pp. 124-131, 2022.
- [5] World Health Organization, The World Health Report, Reducing Risks, Promoting Healthy Life, World Health Organization, 2002.
- [6] J. A. MD, M. A. Habib ve D. Holmes, «Pedestrian Movement Simulation For An Airport Considering Social Distancing Strategy,» *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2022.
- [7] A. S. Sahaleh, M. Bierlaire, B. Farooq, A. Danalet ve F. S. Hänseler, «Scenario Analysis of Pedestrian Flow in Public Spaces,» 2012.
- [8] A. Mohammadi, M. T. U. Chowdhury, S. Yang ve P. Y. Park, «Developing Levels Of Pedestrian Physical Distancing During A Pandemic,» *Safety Science*, no. 134, 2021.
- [9] K. Teknomo, «Application Of Microscopic Pedestrian Simulation Model,» *Transportation Research Part*, pp. 15-27, 2006.
- [10] C. Gruden, I. I. Otkovic ve M. Sraml, «Neural Networks Applied to Microsimulation: A Prediction Model for Pedestrian Crossing Time,» *Road Traffic Engineering and Sustainable Transportation*, no. 12, 2020.
- [11] M. Kee, «Service Time Evaluation for Terminal Screening at Chiang Mai International Airport During Normal and New Normal Condition,» *The 25th National Convention on Civil Engineering*, 2020.
- [12] S. Xiamong, X. Shuqi, F. Claudio, S. Nirajan, L. Junkai, L. Dawei ve Y. Zhirui, «Verifying The Applicability Of A Pedestrian Simulation Model To Reproduce The Effect Of Exit Design On Egress Flow Under Normal And Emergency Conditions,» *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, no. 562, 2021.

- [13] A. Owaidah, D. Olaru, M. Bennamoun, F. Sohel ve N. Khan, «Review of Modelling and Simulating Crowds at Mass Gathering Events: Hajj as a Case Study,» *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, cilt 2, no. 9, 2019.
- [14] P. Das, M. Parida ve V. K. Katiyar, «Macroscopic Pedestrian Flow Modelling Using Simulation Technique,» *International Journal For Traffic And Transport Engineering*, cilt 2, no. 8, pp. 166-176, 2018.
- [15] I. R. Adwitiya ve J. R. Sumabrata, «Microscopic Analysis of the Transportation Modes and Movement of Pedestrians in Dukuh Atas Transit-Oriented Development Area Using PTV Viswalk,» %1 içinde *Earth and Environmental Science*, 2022.
- [16] X. Shi, S. Xue, C. Celiciani, N. Shiwakoti, J. Lin, D. Li ve Z. Ye, «Verifying The Applicability Of A Pedestrian Simulation Model To Reproduce The Effect Of Exit Design On Egress Flow Under Normal And Emergency Conditions,» *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, no. 562, 2021.
- [17] V. Amprasi, I. Politis, A. Nikiforiadis ve S. Basbas, «Comparing The Microsimulated Pedestrian Level Of Service With The Users' Perception: The Case Of Thessaloniki, Greece, Coastal Front,» %1 içinde *Aut 2nd International Congress On Transport Infrastructure And Systems In A Changing World*, Roma, 2019.
- [18] S. Basbas, T. Campisi, A. Canale, A. Nikiforiadis ve C. Gruden, «Pedestrian level of service assessment in an area close to an underconstruction Metro Line In Thessaloniki, Greece,» %1 içinde *AIIT 2nd International Congress On Transport Infrastructure And Systems In A Changing World*, Roma, 2019.
- [19] M. Puentes, D. Novoa, J. M. D. Nivia, C. J. B. Hernandez, O. Carrillo ve F. Le Mouel, «Pedestrian Behaviour Modeling And Simulation From Real Time Data Information,» *HAL Open Science, 2nd Workshop CATAI - SmartData for Citizen Wellness*, 2019.
- [20] S. R. Fadhilah ve S. S. Wibowo, «Calibration and Validation of Walking Behavior Parameter (Case Study: Sky Bridge of Sultan Mahmud Badaruddin II Airport, Palembang),» *Proceedings Of The 2nd International Symposium On Transportation Studies In Developing Countries*, pp. 46-51, 2020.
- [21] M. L. Federici, L. Manenti ve S. Manzoni, «A Checklist for the Evaluation of Pedestrian Simulation Software Functionalities,» 2014.
- [22] E. Pekel ve S. Soner Kara, «A Simulation Based Scheduling In Bus Rapid Transit System,» *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, pp. 66-76, 2015.
- [23] S. Alexandersson ve E. Johansson, «Pedestrians In Microscopic Traffic Simulation Comparison Between Software Viswalk and Legion for Aimsun,» *Chalmers*, 2013.

- [24] C. Friis ve L. Svensson, «Pedestrian Microsimulation A Comparative Study Between The Software Programs Vissim And Viswalk,» *Chalmers*, 2013.
- [25] «Pedestrian Traffic Management Of Boarding And Alighting In Metro Stations,» *Transportation Research Part C*, no. 53, pp. 76-92, 2015.
- [26] A. Rasouli, «Pedestrian Simulation: A Review,» 2021.
- [27] J. Berrou, J. Beecham, P. Quaglia, M. Kagarlis ve A. Gerodimos, «Calibration And Validation Of The Legion Simulation Model Using Empirical Data,» %1 içinde *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, 2005.
- [28] V. Kumar, A. Banerjee ve A. K. Maurya, «Simulation of Pedestrian Movement Over Different Facilities in Gangtok Using VISWALK Software.,» %1 içinde *Recent Advances in Traffic Engineering*, Singapore, 2020.
- [29] V. Krivda, J. Petru, D. Macha ve J. Nowak, «Use of Microsimulation Traffic Models as Means for Ensuring Public Transport Sustainability and Accessibility,» *Sustainability, MDPI*, no. 13, pp. 1-38, 2021.
- [30] C. Qiaochu, B. Yan ve Z. Nan, «Simulation And Optimization Of Pedestrian Regular Evacuation In Comprehensive Rail Transit Hub – A Case Study In Beijing,» *Science in Traffic and Transport*, cilt 3, no. 32, pp. 383-397, 2020.
- [31] K. G. Hagos, M. Adnan ve A.-u.-H. Yasar, «Effect Of Sidewalk Vendors On Pedestrian Movement Characteristics: A Microscopic Simulation Study Of Addis Ababa, Ethiopia,» *Cities The International Journal Of Urban Policy And Planning*, no. 103, 2020.
- [32] Y. Ye, Z. Jun ve W. Yonggang, «Transfer Coordination-Based Train Organization for Small-Size Metro Networks,» *Arabian Journal for Science and Engineering*, no. 45, pp. 3599-3610, 2019.
- [33] C. Kırlangıçoğlu, F. Tatar, M. T. Dünder ve S. Çevik, «Yaya Simülasyonu Teknolojilerinin Toplu Ulaşım Sistemlerinde Kullanımı "Seyrantepe Metro İstasyonu Uygulaması",» %1 içinde *TRANSİST*, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [34] A. R. FAISAL, *Kent Merkezi Ana Arter Ve Kavşak Yaklaşımında Yaya Geçiş Davranışının İncelenmesi*, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [35] HCM, *Highway Capacity Manual*, Washington D.C.: Transportation Research Board, 2000.
- [36] PTV Group, PTV Vissim User Manual, Karlsruhe, Germany: PTV.

- [37] İBB Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü, «İstanbul Metropoliten Alanı Kentsel Ulaşım Alana Planı (İUAP),» İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 2011.
- [38] İstanbul Büyükşehir Belediyesi, «Ulaşım Planlama Müdürlüğü Proje Etüd Raporu,» İBB, İstanbul, 2015.
- [39] C. H. Cooper, «Predictive Spatial Network Analysis For High-Resolution Transport Modeling, Applied To Cyclist Flows, Mode Choice, And Targeting Investment,» *International Journal of Sustainable Transportation*, pp. 714-724, 2018.
- [40] PTV Group, «PTV Viswalk Realistic Simulation Of Pedestrian Flows,» [Çevrimiçi]. Available: http://transport.istu.edu/downloads/inter_2.pdf. [Erişildi: Kasım 2023].
- [41] M. S. El Hmam, H. Abouaissa, D. Jolly ve A. Benasser, «Macro-Micro Simulation Of Traffic Flow,» *IFAC Proceedings Volumes*, cilt 3, no. 39, pp. 351-356, 2006.
- [42] T. Campisi, S. Basbas, G. Tesoriere, A. Canale, P. Vaitsis, D. Zeglis ve C. Andronis, «Evaluation of Pedestrians' Behavior and Walking Infrastructure Based on Simulation,» %1 içinde *Computational Science and Its Applications*, Barselona, 2020.
- [43] H. K. Gaddam, L. D. Vanumu, A. Arya ve K. R. Rao, «Optimizatiion Of Parameters For Pedestrian Simulation Software: A Case Study Of Emergency Evacuation Experiments,» *Safety and Security Engineering in Transport*, 2022.
- [44] Metro İstanbul, «Projeler,» Metro İstanbul, [Çevrimiçi]. Available: <https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz/ProjeHalindekiHatlar?projeInsaat=0&q=7>. [Erişildi: Ocak 2024].
- [45] İstanbul Finans Merkezi, «İstanbul Uluslararası Finans Merkezi,» İUFM, [Çevrimiçi]. Available: <https://ifm.gov.tr/ana-sayfa>. [Erişildi: Ocak 2024].
- [46] C. H. Crispin, «Predictive Spatial Network Analysis For High-Resolution Transport Modeling, Applied To Cyclist Flows, Mode Choice, And Targeting Investment,» *International Journal of Sustainable Transportation*, cilt 12, no. 10, pp. 714-724, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2015 yılında girdiği Yalova Üniversitesi Ulaştırma Mühendisliği Bölümünden 2020 yılında mezun oldu. 2021 yılında girdiği Yalova Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Mühendisliği Bölümünde halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Ayrıca 2020 yılından itibaren ulaştırma mühendisi olarak çalışmaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Şişman, B., & Delice, Y. (2023). Modeling Of Passenger Movements On Public Transport Lines With High Passenger Carrying Capacity: The Example Of Zincirlikuyu Metrobus Station. *4. Ispec International Congress On Contemporary Scientific* (pp. 501-502). Ganja: ISPEC INSTITUTE.

DİĞER YAYIN VE ESERLER

Şişman, B., Sarısoy, G., & Delice, Y. (2021). Katlı Kavşak Düzenleme Önerilerinde Simülasyon Programı Kullanım Sürecinin İrdelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(6), 1434-1452.