

Sinyal Kontrollü ve Kontrolsüz Kesimlerde Yayaların Karşıdan Karşıya Geçiş Davranışlarının Değerlendirilmesi

Evaluation of Parameters Affecting the Crossing Behavior of Pedestrians on the Main Arterials and Signalized Intersections

Meltem SAPLIOĞLU^{*a}, Abdullah Ridha FAISAL^b

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260 ve Isparta, TÜRKİYE

• Geliş tarihi / Received: 19.05.2019 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 01.01.2020 • Kabul tarihi / Accepted: 09.01.2020

Öz

Yayaların, yol kesimlerinde ve sinyalizasyonlu kavşaklarda, karşıdan karşıya geçiş davranışının doğru anlaşılması ve buna göre altyapının düzenlenmesi ulaşım planlamasının önemli konularından biridir. Çalışmada, kent merkezinde yayaların geçiş davranışlarını araştırmak amacıyla, yaya hızlarını etkileyen parametreler analiz edilmeye çalışılmıştır. Isparta ili şehir merkezinde bulunan bir ana cadde üzerinde, yayaların karşıdan karşıya geçişleri dört kesime ayrılmış, toplam 3632 yaya örneği gözlenmiştir. İncelenen 2., 3. ve 4. Kesimlerdeki yaya hacmi ile hız arasındaki ilişki tespit edilmiştir. İncelenen kavşak 1. kesimdeki yaya geçidini kullanan ve yaya geçidi dışından geçen yayalar ayrı değerlendirilmiştir. ANOVA testi ile yaya hızını etkileyen faktörlerin önem dereceleri bulunmuştur. Analiz sonucu kavşak içindeki yaya geçidi geçişlerinde yaşlı, yetişkin ve çocuk yayalar için ortalama geçiş hızları sırasıyla 0.77 m/sn, 0.90 m/sn ve 0.78 olarak; yol kesimlerinde ise 0.87 m/sn, 0.95 m/sn ve 0.90 m/sn olarak tespit edilmiştir. Yayaların kavşak dışı veya kural ihlali yaparak geçme davranışının yoğun yaşandığı kavşak kesiminde, güvenli yaya geçişi için yeterli yaya geçidi genişliğinin olmadığı düşünülmüştür. Çalışma sonuçlarının uygulayıcılar için sinyalize kavşaklarda ve yol kesimlerinde yaya davranışını anlamlandırılması ve oluşturulacak yaya geçidi tesislerinin düzenlenmesinde, faydalı olması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Anova, Geçiş Hızı, Sinyalizasyonlu Kavşak, Yaya Davranışı

Abstract

Accurate understanding of the crossing behavior of pedestrians at road sections and signalized intersections is an important issue of transportation planning. In this study, the parameters affecting the pedestrian walking speed are tried to be analyzed in order to investigate the transition behavior of pedestrians in the city center. Surveyed section was divided into four sections and a total of 3632 pedestrians were observed in the city center of Isparta, on a main street. The relationship between the pedestrian volume and the velocity of pedestrian in the 2nd, 3rd and 4th sections were determined. Pedestrians who used crossing or not used were investigated separately at selected intersection. The significance levels of the factors affecting pedestrian velocity were determined by ANOVA test. As a result of the analysis, the average transition velocities for elderly, adult and child pedestrians are 0.77 m/s, 0.90 m/s and 0.78; and 0.87 m/s, 0.95 m/s and 0.90 m/s respectively. It is considered that there is not enough crosswalk width for safe pedestrian crossing at the intersection where pedestrians are experiencing intense crossing or rule violation. It is expected that the results of the study will be useful for the practitioners in signalized intersections and road sections to be able to understand the pedestrian behavior and to arrange the pedestrian crossing facilities.

Keywords: Anova, Crossing Speed, Signalized Intersection, Pedestrian Behaviour

^{*a} Meltem SAPLIOĞLU, meltemsaplioglu@sdu.edu.tr, Tel: (0246) 211 12 17, orcid.org/0000-0002-6590-8672

^b orcid.org/0000-0002-6812-0426

1. Giriş

Ulaşım ve trafik düzenlemeleri çalışmalarında savunmasız yol kullanıcıları olarak isimlendirilen yayaların karşıdan karşıya geçiş sürecinde güvenliklerinin düşük olması, kent merkezlerindeki kavşak ve yol kesimlerinde karşılaşılan yaygın güvenlik sorunlarından biridir. Ölümle ve yaralanmayla sonuçlanan yaya-araç kazaları şaşırtıcı derecede yüksek oranlara sahiptir. Dünya genelinde trafik kazalarında kaybedilen toplam kişi sayısının üçte birinden fazlasını yaya-araç kazalarındaki yayalar teşkil etmektedir (Alhajyaseen ve Miho, 2017). Yayaların, sinyal kontrollü kavşaklarda yaya geçitlerini kullanılmalarına rağmen, toplam yaya ölümlerinin %41'i yaya geçidi içinde ve dışında gerçekleşen kural dışı geçişlerden kaynaklandığı bilinmektedir (NPA, 2012). Bu kural dışı davranışların gerçekleşmesinde etkili pek çok sebep mevcuttur. Sinyalizasyon sürelerinin yayaların hızlarına uygun düzenlenmemesi, yaya geçidi boyutlarının geçiş yapan yaya akımına hizmet verememesi, yaya geçişlerinde karşılıklı yaya etkileşiminin fazla olması kısaca kent ulaşımı yay geçitlerinde de sürdürülebilirlik konusunda yaya akımı ile ilgili parametrelere önem verilmemiş olması sayılabilecek bazı nedenlerdendir (Tuydes-Yaman ve Karatas, 2017; Sadeghpour vd., 2017). Yaya davranışını etkileyen pek çok parametreden söz edilebilir. Parametreler genellikle ülkeden ülkeye, kentten kente ve hatta kavşaktan kavşağa farklılık gösterebilmektedir. Bununla birlikte, yaya davranışı için bağımlı değişken olan hız parametresinin bölgesel olarak tespit edilmesi ve standartlarda doğru bir şekilde yer alması, yaya geçit düzenlemeleri için gereklidir. Yaya davranışının mikro düzeyde incelenmesi, etkili parametrelerin tespit edilmesi ve yayaların karşıdan karşıya geçişleri sırasında yol gösterici olan hız değişkeni ile bu parametreleri değerlendirmek, sorunun çözümü için yorum yapabilmeyi kolaylaştırır.

Sinyalizasyonlu kavşak özelinde, yaya geçişlerinde gerekli olan yaya geçiş süresi, güvenli yaya geçişini sağlamak için sağlanmış bir değişkendir. Bu süre, genellikle yayalara yeşil olarak yanan sinyalizasyon süresidir. Bu sürede araçlar bekleme durumundadır. Bazı sinyalizasyonlu kavşaklarda sağa dönen araçlar yayaya öncelik verme kuralına uyararak bekleme durumunda olurlar. Ayrıca yaya yeşil ışık, süresinden yanıp sönen ışık süresine geçildiğinde yayaların yola girişi durur veya yayalar karşıdan karşıya geçişin son kesiminde iseler, hızlıca geçişi

tamamlamaları beklenir. Bu nedenle yaya ışığının yanıp sönmeye aralığının mevcut yaya geçiş süresinden daha kısa olması gerekir. Buna ek olarak yayaya yanıp sönen yeşil ışık sonunda araçlara daha uzun kırmızı aralık sağlanmalıdır (Alhajyaseen ve Miho, 2017). Yaya geçiş süresinin bitiş göstergesi ülkemizde ve Japonya'da yanıp sönen yeşil ışıkla, ABD'de "Yürümeyin" yazısı ile gösterilmektedir. Yaya geçiş süresini belirlemede temel sorun, yeşil yanarken geçmeye başlayan kişilere yeterli zamanı ayarlayabilmektir. Çünkü geçiş yapan kişi genç bir kişi olabildiği gibi, yaşlı kişiler de aynı süreyi kullanmaktadır. Buradan da yaya geçiş hızını etkileyen unsurlardan birinin yaş durumu olduğu görülmektedir. Tüm yayaları yavaş yürüten yaya olarak dikkate almak da çözüm değildir. Çünkü, geçiş süresinin fazla uzaması, yayaların başlangıç süresinden sonra bile yaya geçitlerine girmelerini önemli ölçüde teşvik edebilir veya araçların uzun kuyruklar oluşturmasını sağlayıp, kural ihlali ile kırmızı ışıkta geçmesine sebep olabilir. Aynı şekilde kısa yaya yeşil süresi de yayaların ışık ihlali yapmasını, kural dışı geçişlerini teşvik edecektir. Geçiş süresinin sonuna doğru yaya geçidine giren yayalar da çevredeki taşıtlara daha az dikkat gösterme eğilimindedir. Bu tip senaryolar araçlarla çarpışma riskini artırır (LaPlante ve Kaeser, 2007). Yayaların karşılaştığı tüm bu riskli durumlara rağmen, sinyal kontrollü yaya geçitlerinde ve sinyal kontrolsüz yaya geçitlerinde yaya hızlarının ayrıntılı analizi üzerine çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Muley vd., 2018).

Genellikle sinyalizasyonlu kavşaklardaki mevcut sinyal kontrol stratejileri düzenlenirken ve parametrelerin optimize edilmesi sırasında yaya akımından çok araç akımı dikkate alınmaktadır. Kural dışı davranışların artışı bu durumlarda sıklıkla görülmektedir. Başka bir deyişle, kentiçi sinyalizasyonlu kavşaklarda sinyalizasyon sürelerini optimize etmeye yönelik çalışmalar, araç kapasitesini maksimize etmeye veya araç gecikmesini en aza indirmeye odaklanmıştır. Ağ düzeyinde, tipik yaklaşımlarda da araçlar için yeşil süreyi en üst düzeye çıkarmak veya trafikteki araç gecikmelerini en aza indirmek hedeflenmektedir. Mevcut sinyal kontrol stratejileri, yaya trafiği için yalnızca güvenlik hususlarına odaklanır ve verimlilik kontrolü kısmında yayaların gecikmesine yeterince dikkat etmemektedir. Bu tür bir amaç, araç trafiğinin yayalara hakim olduğu otoyollar ve kırsal yollar için uygundur. Bununla birlikte, orta ya da yoğun yaya talepleri olan şehir merkezleri kavşaklarında durum böyle değildir. Yaya geçiş sürelerinin göz

ardı etmek, yayalar için uzun gecikmelere yol açabilir, ayrıca sabırsız yayaların tehlikeli davranışlar sergilemesine, kuralsız geçişlere, yaya geçidi dışından araçların aralarından geçilmesine ve kavşak işletmesinin düşmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle şehir içi kavşak ve yol kesimlerindeki yaya hareketinin, bir başka deyişle yaya geçiş süresi ve hızlarının değerlendirilmesi, yaya davranışının anlamlandırılarak sinyal sürelerinin düzenlenmesinde önemli bir aşama olmaktadır (Onelçin ve Alver, 2017).

Araç akım oranına benzer olarak, yaya akımının da maksimum akım oranı durumundaki yoğunluğu, tıkanıklık yoğunluğuna doğru yükselir ve yaya akım oranı arttıkça yaya yürüme hızı azalmaktadır. Ayrıca yaya kapasite ve yoğunluğunun yaya geçiş genişliğine de bağlı olduğu bilinmektedir (Homburger ve Kell, 1981; Caputcu vd., 2016). Kent içi yüksek yoğunluklu akımın mevcut olduğu kavşak veya yol kesimlerindeki yaya tesislerinin tasarımında ve konumunun belirlenmesinde kullanılan yaya yürüyüş hızı için etkili olan parametreler: Yaya yoğunluğu, cinsiyet, grup büyüklüğü, yaşlı ve çocuk yaya yüzdesi ve engelli yaya popülasyonu olarak sayılabilir (HCM, 2010; Liu ve Tung, 2014; Dommes vd., 2012; Guo vd., 2011). Sinyalizasyonlu kavşaklarda yaya süresi düzenlemelerinde, yaya yürüme hızı 1.2 m / sn olarak alınmaktadır (Önelçin, 2014 ve MUTCD, 2009; Homburger ve Kell, 1981). Fakat Garber ve Hoel (2009)'e göre yaya yürüme hızı 0.91 m/sn ile 2.43 m/sn arasında değişmektedir. Yaya hızının cinsiyete de bağlı olabileceğinden bahseden çalışmada kadın yayalar için ortalama 1.41 m/sn, yürüme hızı erkek yayalar için ise 1.50 ortalama yürüme hızı bulunmuştur (Garber ve Hoel, 2009). Yaya serbest yürüme hızı, yaş durumuna göre değerlendirildiğinde (Rouphail vd., 1998), toplam yayalarda yaşlı yayaların (65 yaş ve üstü) oranı yüzde 0 ila 20 ise, ortalama yürüme hızı 1.21 m/s'dir. Yaşlı insanlar toplam yayaların yüzde 20'sinden fazlasını oluşturuyorsa, ortalama yürüyüş hızı 0.91 m/s'ye düşer. Ayrıca engelli yayaların yoğun olduğu kavşaklarda yürüme hızı 0.6 m/sn ile 1.11m/sn arasında alınabilmektedir (Garber ve Hoel, 2009). Yaya akımındaki yavaş yürüyen çocukların yüksek yüzdesi de ortalama yaya hızını azaltabilecek diğer unsurlardandır (HCM, 2010). Verilen ortalama yaya hızı değerleri bölgeden bölgeye değişiklik gösterebildiği için, yayaların yoğun olduğu kavşaklarda toplanacak verilerin

hassasiyetine dikkat edilmesi ve incelenen kavşak için gerekli parametrelerin göz önünde bulundurulması uygun olacaktır.

Çalışmanın amacı, yaya öncelikli hareketin desteklendiği kentiçi ulaşım planları için gerekli olan yaya hızları hakkında detaylı bilgiye ulaşmak, buna ek olarak yaya hızını etkileyen unsurları tespit etmektir. Özellikle sinyal kontrollü ve sinyal kontrolsüz yaya geçişlerinde, aynı bölge özelliklerine sahip yayaların hangi unsurlardan etkilendiğinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Isparta ili şehir merkezinde yayaların karşıdan karşıya geçiş davranışında kural dışı davranışların yoğun olarak gözlemlendiği kesimlerde yaya hızlarını etkileyen cinsiyet, yaş, yaya geçidi kullanımı, yaya sinyal süresi, yaya hacmi gibi faktörlerin, yaya davranışı açısından etkileri ve anlamlılık düzeyleri araştırılmıştır. Kesimler ve koşullar değiştikçe yaya hızlarındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Ayrıca inceleme için seçilen kavşak ve yol kesimindeki yaya geçiş problemleri için nasıl tedbirler alınabileceği tartışılmıştır.

2. Materyal Yöntem

Kaynak incelemelerinde kavşaklardaki yaya geçitlerinden geçen ve yaya geçidi dışından geçen yaya akımı hareketlerinde, yayaların hızlarının değişiminde etkili birçok faktör olduğu görülmüştür. Yapılmış çalışmalarda hızların, sinyalizasyonunun yeşil veya kırmızı oluşuna, yaya geçidi kullanıp kullanmamalarına, yaş durumlarına, cinsiyetlerine, yaya hacmine, grup halinde geçişe veya yalnız geçişe, eşya taşıyarak geçişe veya yüksüz geçişe bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen kavşak kesimi için, yaya geçit uzunluğu altı metreyi geçmeyecek kadar kısa olması nedeniyle, literatürden tespit edilen parametrelerden grup geçiş parametresi, göz önünde bulundurulmamıştır. Ayrıca yayaların yük taşımadan geçiş yaptığı varsayılmıştır. Verilerin toplanması sırasında incelenen kavşak ve yol kesimleri için video kamera ile çekimler alınmıştır. Her kesimde öğlen (12:30 – 13:30) ve akşam (17:00- 18:00) zirve saatlerinde, hafta içi üç gün video çekimleri yapılmıştır. Çekimler Nikon D3100 kamera ile gerçekleştirilmiştir. Çekimlerin yapıldığı yaya hareketinin gözlemlendiği kesimlerin fotoğrafları Şekil 1'de, kesim plan çizimi ve kavşak yaklaşımı çizimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. İncelen kavşak ve yol kesimleri



Şekil 2. İncelen kavşak ve yol kesimi planı

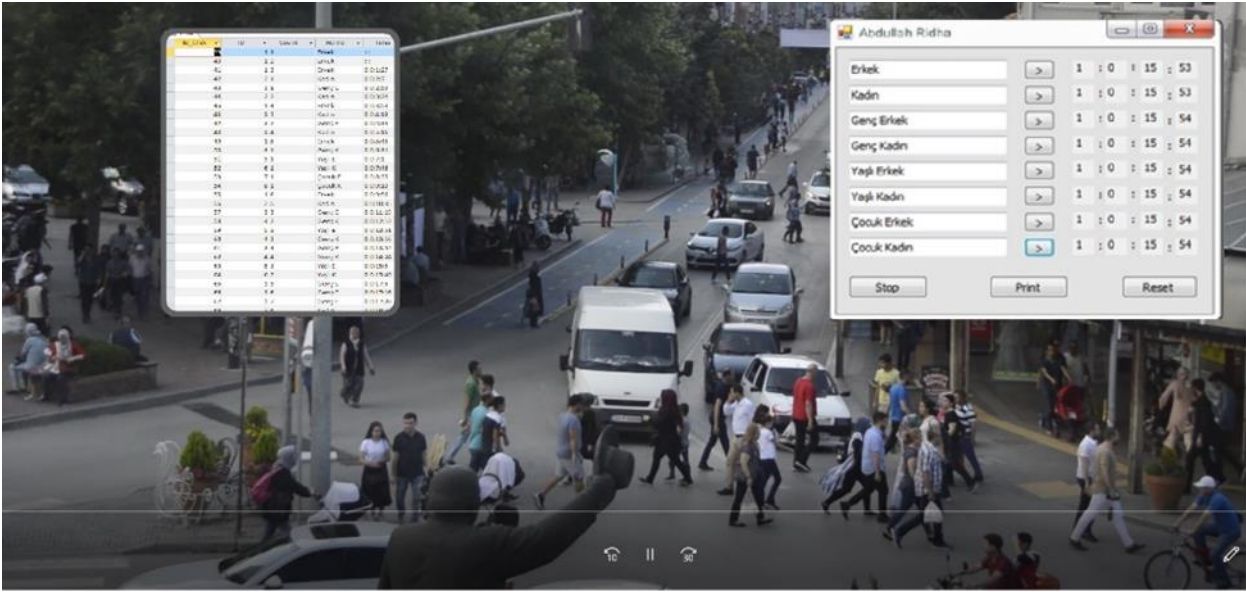
Çalışmada Isparta ili şehir merkezinde ana yolların kesiştiği bir kavşak ve bu kavşağın kolu olan Mimar Sinan Caddesi üzerindeki, 250 metrelik yol, kesimlere ayrılmıştır. 1. Kesim sinyalizasyonlu kavşak kesimidir. Kavşağın en yoğun olan kolundaki yaya geçidi hareketi göz önünde bulundurulmuş olup bu kol Kuzey-Güney doğrultusundaki koludur (Şekil 2). İncelenen kesimler: 1. Kesim-Kavşak yaya geçidi yaklaşık 40 m, 2. Kesim yaklaşık 40 m, 3. Kesim yaklaşık

35 m ve dördüncü Kesim yaklaşık 45 m. olarak incelenmiştir. 1. Kesim olan kavşak kolunda mevcut yaya geçidinin genişliği 2 m ve uzunluğu 3.7 m'dir. Yol iki şeritli ve tek yönlüdür. Kavşak yaklaşımında sağa dönüş şeridi mevcut olup, orta ayırma adası ile ayrılmıştır. Orta ada üzerinde yaya geçidi devam etmektedir. 1. Kesimde 40 metrelik kısım içinde yaya geçidi dışında da yaya geçişleri mevcuttur ve bu nedenle kavşak içi incelenirken iki alt kesime ayrılmıştır: 1. Kesim-a

(kavşak içi yaya geçidi), 1. Kesim-b (kavşak içi yaya geçidi dışı). Kavşak dışında ise yayaların en yoğun geçtiği kısımlar göz önünde bulundurulurak kesimlere ayrılmıştır.

Bahsedilen ikinci, nc ve dördüncü kesimler, yayaların geçiş için yoğun kullandığı bölgelerdir ve yaya geçidi mevcut değildir. Ayrıca sinyalizasyonlu kavşak dışı bu kesimlerde yaya geçişleri yola dik gerçekleŐtiđi, yaya geçidi çizimi olmadığı için geniŐ aralıklarla gerçekleŐtiđi gözlemlenmiştir. Bölge, iÇ-alıŐveriŐ merkezleri ile

yoğun trafik ve yaya akımının bulunduğu bir cadde üzerindedir. Kamera çekiminden elde edilen yaya hızlarının hassas ve doğru bir Şekilde hesaplanabilmesi için Visual Basic programda hazırlanan yaya-sayım programı kullanılmıştır. Uygulama ekranı Şekil 3'te görülen program ile üç kat yavaşlatılmıŐ video görüntülerinden yaya hareketleri izlenirken yaya yaş ve cinsiyetleri çıkarılmıŐtır, yayaların karşıdan karşıya geçişleri sırasında Őerit bazında geçiş süreleri elde edilebilmiŐtir.



Şekil 3. Yaya sayımı ve geçiş süresi tespiti programı ile video analiz ekranı

Kamera çekimleri ile kavşak kolunda ve yol kesimlerinde olmak üzere toplam 3632 yaya rneği gözlenmiştir. Yaya hareketleri her iki yöndeki geçişleri için değerlendirilmiştir. 1. Kesim-a yaya geçidinde ortada ayırma adası olduğu için yayaların geçişi iki aŐamalıdır. 1. Kesim-b'de ise tek aŐamalı geçiş mevcuttur (Şekil 2.5). 1.Kesim-a olarak isimlendirilen kavşak içi yaya geçidi kesimi ölümlerine ek olarak, 1. Kesim-b kavşak içi yaya geçidi kullanılmayan kesim; sinyal kontrolsüz ikinci, nc ve dördüncü kesim arter üzeri yaya geçişlerinde de aynı tipte veriler toplanmıŐtır. Tüm bunlara ek olarak, 1. Kesim-a'da ışık ihlali yapan yayalar da deđerlendirilmiŐ, onların hızları ve hız deđiŐimleri de tespit edilmiştir. Böylece kurallı ve kural dışı geçiş yapan yayalar arasındaki farklar değerlendirilmeye çalışılmıştır. Yayaların yaş grupları ocuk (7-14), Yetişkin (15-65), Yaşlı (65 ve üzeri) olarak, cinsiyetleri iki grup halinde (kadın, erkek) ve her Őerit genişliği boyunca geçiş

süreleri elde edilmiş (geçiş srelerinden her geçiş bölgesi için hız değerleri tespit edilmiş), Excell programı kullanılarak değerlendirme için hazırlanmıŐtır. Eldeki verilerin basit istatistik tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1'deki veriler değerlendirildiğinde, Standart Sapma ve Varyans değerler göstergeleri, sinyalizasyonlu yaya geçidi kesimindeki hız verilerinin daha geniŐ bir alanda sapma gösterdiği, diğer kesim hız verilerinin birbirine yakın sapmalar gösterdiği sonucuna varılmıŐtır. Bu nedenle yaya davranıŐları sinyalizasyonlu kavşak yaya geçidinde kavşak dışı kesimlerden farklı olacaktır. Buna benzer olarak, kaynak incelemelerinde sinyalizasyonlu kavşak kesimleri yaya geçidindeki yayalar ile yaya geçidi dışı yayaların davranıŐları farklılık gösterdiği, bu nedenle ayrı değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak her iki durum ayrı değerlendirilmiştir.

Tablo 1. İncelenen kavşak ve yol kesimleri ve verilerin tanımlanması

<i>Kesim</i>	<i>1. Kesim-a*</i>	<i>1. Kesim-b**</i>	<i>2. Kesim</i>	<i>3. Kesim</i>	<i>4. Kesim</i>
<i>Ölçüm Zamanı</i>	12:30-13:30	12:30-13:30	12:30-13:30	12:30-13:30	12:30-13:30
<i>Geçiş uzunluğu (m)</i>	7.3 m	5.6 m	3.6 m	3.6 m	3.6 m
<i>Yaya Sayısı</i>	844	1240	532	512	500
<i>Yetişkin %'si</i>	82.46	90.65	78.19	91.40	93.60
<i>Yaşlı %'si</i>	12.32	7.09	8.27	3.12	3.20
<i>Çocuk %'si</i>	5.21	2.26	13.53	5.47	3.20
<i>Kadın %'si</i>	53.55	31.61	44.36	46.09	32.80
<i>Erkek %'si</i>	46.45	68.39	55.64	53.91	67.20
<i>Ortalama hız (m/s)</i>	0.88	0.94	0.94	0.95	0.93
<i>Erkek hız ort. (m/s)</i>	0.89	0.93	0.94	0.95	0.94
<i>Kadın hız ort. (m/s)</i>	0.87	0.95	0.94	0.95	0.92
<i>Yaşlı hız ort (m/s)</i>	0.77	0.86	0.86	0.88	0.89
<i>Yetişkin hız ort(m/s)</i>	0.90	0.95	0.96	0.95	0.94
<i>Çocuk hız ort (m/s)</i>	0.78	0.90	0.89	0.92	0.91
<i>Standart Sapma</i>	0.150	0.113	0.085	0.097	0.090
<i>Varyans</i>	0.022	0.013	0.007	0.009	0.008
<i>V15</i>	0.690	0.852	0.890	0.850	0.851
<i>V50</i>	0.866	0.914	0.926	0.930	0.903
<i>V85</i>	1.032	1.032	1.040	1.026	1.023
<i>GHSF</i>	0.394	0.196	0.161	0.182	0.190

3. Bulgular ve Tartışma

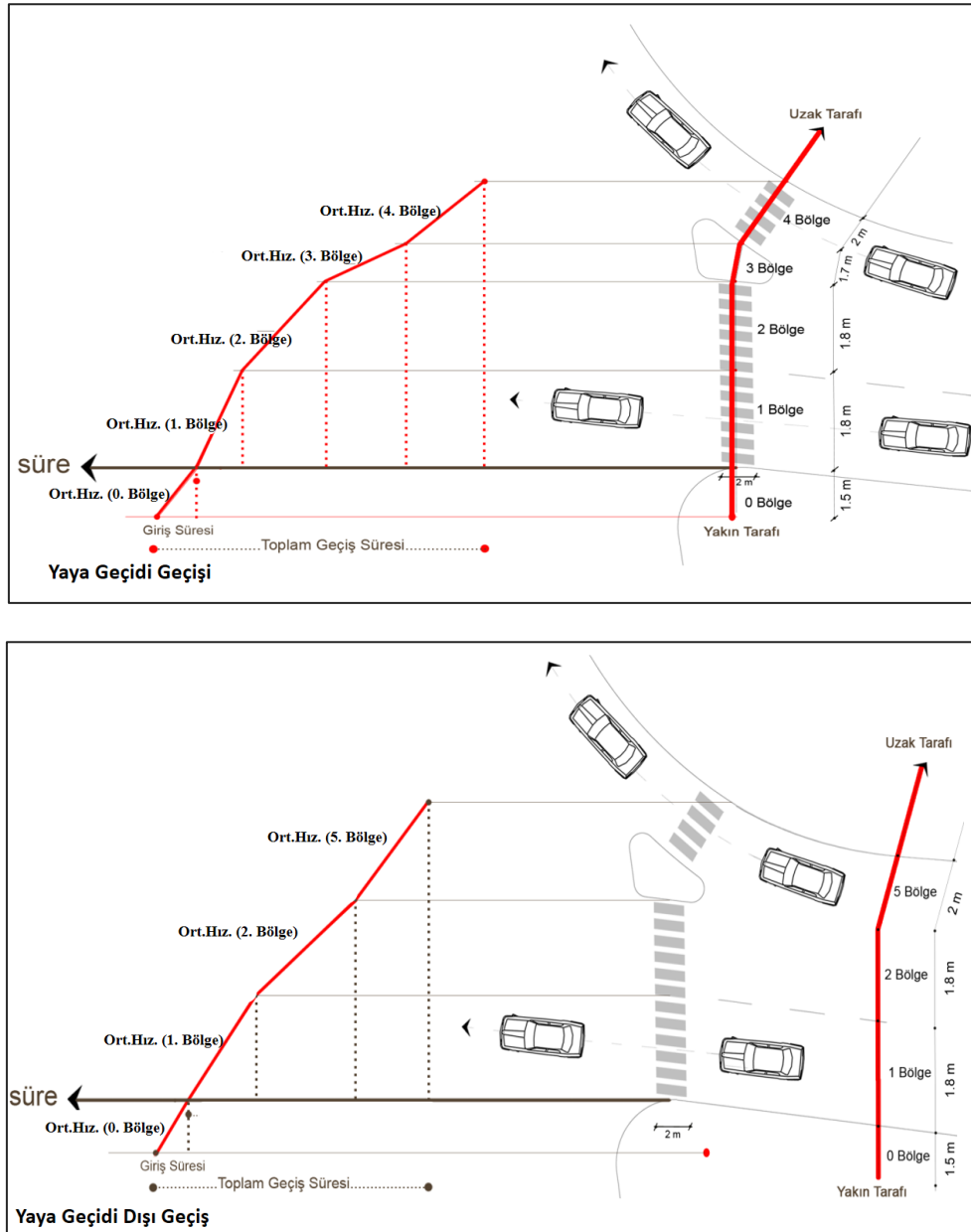
3.1. Kavşak Kesimlerinin Değerlendirilmesi

Yaya hızının değerlendirmede öncelikle yayanın geçiş yaptığı yaya geçidi, boyuna yönde bölgelere ayrılmış ve her bölgedeki yaya geçiş hızlarının ortalamaları kullanılarak Şekil 4'teki gibi ortalama hız-konum grafikleri oluşturulmuştur.

Şekil 4'teki çizimde bulunan grafikte düşey eksen konumu, yatay eksen zamanı ve eğimi hız değerini vermektedir. Sinyalizasyonlu kavşak kesimi (1. Kesim-a ve 1.Kesim-b) için yaya geçidini kullanan ve yaya geçidi dışından (üç veya dört metre geriden veya duran araçlar arasından) geçen yaya geçişleri hız ortalamaları ayrı ayrı çizilmiştir. Hız-geçiş süresi grafiği incelendiğinde, karşıdan karşıya geçmeye hazırlanan yayaların 0. bölgede yani kaldırımında, düşük hızda yürürken yolun birinci bölgesinde daha hızlı geçtiği ikinci bölgede, yolu yarıladıktan sonra, hızını düşürdüğü görülmektedir. Orta ada üzerinde hız biraz daha düşmekte, dördüncü bölgede ise yine hız kazanmaktadır. Kavşak içi yaya geçidi dışından geçişte ise araçların hemen önünden veya arasından geçen yayaların geçiş hareketlerinde yayalar orta adayı kullanmadığı için üç bölgeye

ayrılmıştır. Yaya geçidi dışı kesimden geçen yayaların daha yüksek hızda bir ortalamaya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4). Özellikle orta ayırma adası olmayan bu kesimde yayaların kendini daha az güvende hissetmesi ve araçlara daha yakın olması geçiş hızını arttırdığı düşünülmektedir.

Tablo 1'deki bilgiler ışığında 1. Kesim-a'da yaşlı yayaların yoğun olarak sinyalizasyonlu yaya geçidini kullandığı, yaşlı yayaların sinyalizasyonlu kesimde yaya geçidi dışı olan 1. Kesim-b'yi çok az kullandığı görülmüştür. Bununla birlikte yaya geçidi dışı geçişlerdeki (kavşak dışı diğer kesimler dahil) tüm yayaların ortalama hızlarının daha yüksek olması dikkat çekicidir. Bunun sebebi, kavşak dışındaki yol kesimlerinde belirgin bir yaya geçidi çizgisi olmaması, yaya geçidi dışında karşılıklı etkileşiminin fazla yaşanmaması ve yine bu bölgede de güvensiz hissettikleri için hızlarını arttırmaları olabilir. İncelenen ikinci, üçüncü ve dördüncü yol kesimlerinde ise yaya geçidi ve sinyalizasyon olmayan, yayaların geçiş yaptığı kesimler olduğu için yaya hızları kavşak yaya geçidi hızlarından fazla ve kavşak içi fakat yaya geçidi dışı olan 1. Kesim-b hızlarına yakın değerler almıştır (Tablo 1).



Şekil 4. Kavşak içi ortalama yaya hızlarının yaya geçidi içi ve yaya geçidi dışı geçişlerinin gösterimi (1.Kesim-a ve 1.Kesim-b)

Sinyalize kavşak kesiminde (1.Kesim-a ve 1.Kesim-b) yaya geçiş hızını etkileyen ana faktörleri (yaş, cinsiyet, sinyale uyumluluk, yaya geçidinden geçip geçmeme durumu) ve yaya hızına etki derecelerini araştırmak için Anova testi uygulanmıştır. Anova testi için SPSS 22.0 yazılımı kullanılmıştır. Bağımsız değişken sayısı ikiden fazla olduğu durumda, ortalamalar arasında anlamlı bir fark olup olmadığının kontrolü için ikişerli gruplara ayrılarak t testi de yapılabilir fakat bu durum 1. Tip hata oranının çok yükselmesine sebep olmaktadır. Ne kadar fazla test yapılırsa, 1. Tip hatası o kadar yükselebilmektedir. Anova testinde de İki Yönlü Anova Testi tercih edilmiştir çünkü iki yönlü Anova testi ile hız üzerinde yaş ve cinsiyet etkileri

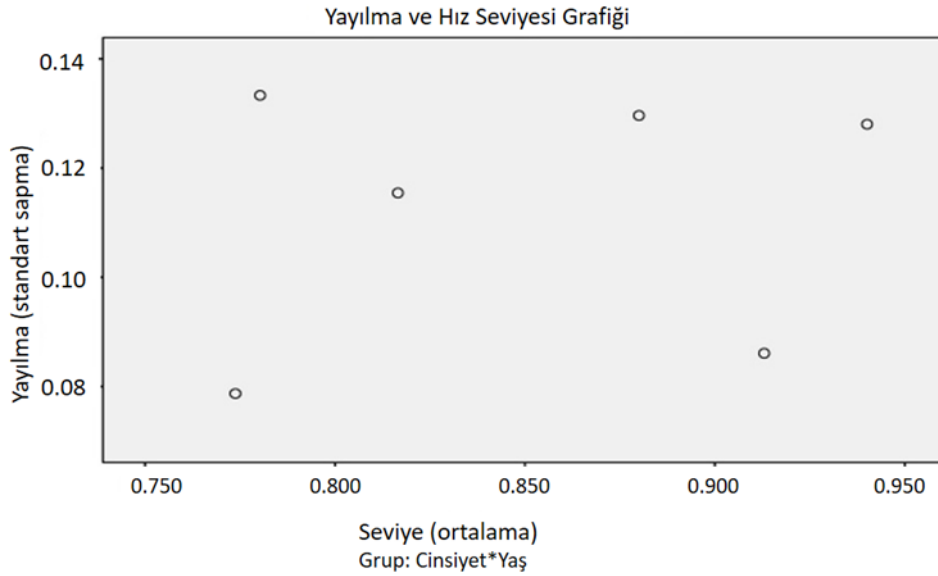
ayrı ayrı hesaplanırken yaş ve cinsiyetin birbirleri arasındaki etkileri de göz önünde bulundurulabilmiştir. Böylece kullanılan İki Yönlü Anova testinde 1. Tip hata oranı yükselmeden hem ikiden fazla ortalamaların karşılaştırılması mümkün olmuş, hem de kendi içinde birbirleri ile etkileşimleri dikkate alınabilmiştir. İlk olarak iki bağımsız değişkenin (yaş ve cinsiyet), bir bağımlı değişken (yaya hızı) üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu aşamada hız üzerinde yaş ve cinsiyet etkileri ayrı ayrı hesaplanırken yaş ve cinsiyetin birbirleri arasındaki etkileri de göz önünde bulundurulabilmiştir. Tablo 2'deki test sonuçlarında cinsiyet ve yaşın etkileşim içinde olmadığını görmek mümkündür.

Tablo 2. Tanımlayıcı istatistikler

Cinsiyet	Yaş	Ortalama	Standart Sapma	N
Erkek	Yetişkin	0.94007	0.128019	1048
	Çocuk	0.78028	0.133308	36
	Yaşlı	0.82246	0.086479	156
	Toplam	0.92063	0.131879	1240
Kadın	Yetişkin	0.91162	0.132769	772
	Çocuk	0.88002	0.129621	36
	Yaşlı	0.77378	0.078706	36
	Toplam	0.90439	0.133711	844
Toplam	Yetişkin	0.92800	0.130778	1820
	Çocuk	0.83015	0.139874	72
	Yaşlı	0.81333	0.086989	192
	Toplam	0.91406	0.132832	2084

Bununla birlikte yayalarda yaş değıştikçe hız ortalaması farklılık gözlenmektedir. Fakat Tablo 2 ile yalnız genel düzeyde yorum yapılabilir. Bu nedenle önce varyansların eşitliği kontrol edilmiş, daha sonra varyansların eşitliği sağladığı için Anova sonuçlarında anlamlılık düzeyine bakılmıştır. Cinsiyet değışkeninde iki grup (kadın, erkek); yaş değışkeninde ise üç grup (yetişkin, çocuk, yaşlı) bulunmaktadır. Bu gruplar iç içe düşünıldüğünde toplam 6 grup oluşmaktadır.

Nokta grafiğindeki bu altı nokta bu grupları göstermektedir. Varyansların eşitliği sağlamıştır. Şekil 5'teki varyans aralıklarına ve noktaların dağılımlarına bakılırsa varyansların eşitliği varsayımının sağladığı görsel olarak da görülmektedir.

**Şekil 5.** Varyans eşitlik test grafiğı

İkili Anova test sonuçlarına (Tablo 3) göre öncelikle Sig. sütunu incelenmiştir. Buradaki değerler 0.05'in altında ise bağımlı değışken üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu nedenle yaş değışkeninin hız üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Cinsiyet değışkeninin tek başına hız üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Cinsiyet ve yaş değışkeninin etkileşiminin etkisinin de %95 güvenle, faktör düzeyinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Etki derecesi ise faktörlerin etki büyüklüklerini belirtmektedir. Bu değerler, SPSS programı kullanılarak elde edilmiş, bağımsız değışkenin bağımlı değışkene etki oranını göstermektedir. Değışken için tahsis edilmiş varyansın, değışken için tahsis edilmiş

varyans ile hataya kalan varyansın toplamına oranı olarak hesaplanmaktadır. Bağımsız değışken etkisinin ne düzeyde olduğunu yorumlamamızı kolaylaştırmaktadır. Burada sadece yaş etkisinin %6.5 gibi ağırlık etkisi olduğu söylenebilmektedir.

%95 güvenle, yaş faktörünün ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık mevcut olması nedeniyle bu farklılıkların düzeylerinin tespiti için çoklu karşılaştırma yapılmıştır. Çoklu karşılaştırma için Post-Hoc testlerinden yaygın kullanılan Tukey Testi SPSS programı kullanılarak uygulanmıştır. Varyansların eşitliği varsayımını da sağladığı için Tukey HSD testine bakılmıştır (Tablo 4).

Tablo 3. Yaş ve cinsiyet için parametreler arası ve parametre etkilerinin incelenmesi

Parametreler	Tip III Karelerin Toplamı	df	Ortalama kare	F	Sig.	Etki Derecesi
Cinsiyet	0.006	1	0.006	0.346	0.556	0.000
Yaş	2.326	2	1.163	72.487	0.000	0.065
Cinsiyet * yaş	0.302	2	0.151	9.405	0.000	0.009

Tablo 4. Çoklu karşılaştırma, Tukey HSD testi

(I) Yas	(J) Yas	Ortalama Farklar (I-J)	Std. Hata	Sig.	95% Güven aralığı	
					Alt sınır	Alt sınır
Yetişkin	Çocuk	0.09785*	0.015219	0.000	0.06216	0.13355
	Yaşlı	0.11467*	0.009611	0.000	0.09213	0.13721
Çocuk	Yetişkin	-0.09785*	0.015219	0.000	-0.13355	-0.06216
	Yaşlı	0.01681	0.017503	0.602	-0.02424	0.05787
Yaşlı	Yetişkin	-0.11467*	0.009611	0.000	-0.13721	-0.09213
	Çocuk	-0.01681	0.017503	0.602	-0.05787	0.02424

Ortalama farklar kolonuna bakıldığında, yanlarında ‘*’ işareti olan alt kümeler arasında bir farkın olduğu söylenebilir. Burada ‘*’ işareti Sig. Kolonu nun 0.05’in altında olanlara konmuştur. Yetişkinlerin ortalama hızları ile çocukların ortalama hızları arasında 0.097 fark vardır ve bu fark anlamlıdır. Farkın eksi olarak gösterilmesi, çocukların hız ortalamasının daha düşük olması nedeniyledir. Yaşlıların hız ortalaması ise yetişkinlerin hız ortalamasından 0.114 daha düşüktür. Çocuk ve yaşlı hız ortalamaları arasındaki farkın önem derecesi 0.05’ten büyük olduğu için anlamlı değildir. Bu şartlar altında, yeni yapılacak yaya geçidi çalışmalarında yaş gruplanması yapılırken, yeni bir grup oluşturulmak istendiğinde yetişkinler bir grup, yaşlı ve çocuklar birleştirilmiş ikinci bir grup halinde düşünülebilir.

Anova testi sonucu yaş grubu etkisinin önemli olduğu cinsiyet etkisinin ise yaya hızları üzerinde önemli olmadığı sonucu çıkmıştır. Bununla birlikte diğer parametrelerin (sinyalizasyon uyum durumu ve yaya geçidi kullanımı) etkilerinin de incelenmesi gerekliliği açıktır. Diğer bir Anova analizinde, yaş parametresi ile sinyalizasyon uyum durumunun (kırmızı ışıkta geçen veya yeşil ışıkta geçen yayalar) ve yaya geçidi kullanımının (yaya geçidinden geçen yayalar veya yaya geçidi dışı ile duran araçların arasından geçen yayalar) yaya hızı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kontrol amaçlı cinsiyet parametresi de yine bu analizde

yer almıştır. Yeni parametreler eklenerek elde edilen Anova analizi sonuçları Tablo 5’te verilmiştir.

Yaş parametresi yine hız üzerinde etkili bir parametre olarak (Sig=0.000<0.05), cinsiyetin ise hıza etkisi önemsiz görülmektedir (Sig=0.413<0.05). Sinyalizasyon kırmızı ve yeşil durumda iken yaya hızına etkisi önemli görülmektedir (Sig=0.359>0.05).

Yaya geçidinden geçerken ki hızların, yaya geçidi dışından ve duran araçlar arasından geçerken ki yayaların hızlarından düşük olması yaya geçidi etkisini göstermektedir. Anova tesiti sonucunda yaya geçidi kullanımı etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (Sig=0.000<0.05). Bununla birlikte, bazı parametrelerin birbiri ile etkileşim halinde olduğu da görülmüştür. Örneğin yaya geçidi kullanımı ve sinyalizasyon durumu birbiri ile önemli bir etkileşim içindedir ve bu durum da yaya hızlarını en fazla etkileyen parametre olmaktadır. Sinyalizasyon tek başına yaya hızı üzerinde etkili değilken yaya geçidi kullanıp kullanmama durumunun sinyalizasyon durumu ile birleşmesi, yaya hız değişimi etkisinde sinyalizasyonun etkisinin göz ardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca beklendiği şekilde yaya geçidi kullanımında yaş etkileşimi de mevcut olup, iki parametre birleşince yine hızı etkilemektedir. Diğer parametre etkileşimlerinin yaya hızına etkisinin önemsiz olduğu söylenebilir.

Tablo 5. Anova Sonucu Etkili Olabilecek Parametreler ve Parametre İçi Etkileşim

Parametreler	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kareler	F	Sig.	Etki Derecesi
Yaş	0.371	2	0.185	14.374	0.000	0.014
Cinsiyet	0.009	1	0.009	0.671	0.413	0.000
Sinyalizasyon Durumu	0.011	1	0.011	0.840	0.359	0.000
Yaya Geçidi Kullanımı	0.165	1	0.165	12.825	0.000	0.006
Yas * Sinyalizasyon Durumu	0.126	2	0.063	4.888	0.008	0.003
Yas * Yaya geçidi kullanımı	0.141	2	0.070	5.462	0.004	0.005
Yas * Cinsiyet	0.127	2	0.063	4.920	0.007	.003
Sinyalizasyon_Durumu * Yaya_Gecidi Kullanımı	0.762	1	0.762	59.068	0.000	0.028
Sinyalizasyon Durumu * Cinsiyet	0.018	1	0.018	1.432	0.231	0.001
Yaya Geçidi Kullanımı * Cinsiyet	0.090	1	0.090	6.964	0.008	0.003
Yas * Sinyalizasyon Durumu * Yaya_Gecidi	0.012	1	0.012	0.893	0.345	0.000
Yas * Sinyalizasyon Durumu * Cinsiyet	0.001	1	0.001	0.039	0.843	0.000

3.2. Sinyalizasyonsuz Kesimlerdeki Yaya Geçişlerinin Değerlendirilmesi

Sinyalizasyonun bulunmadığı ve yaya geçidi işaretlerinin olmadığı yol kesimi olan ikinci üçüncü ve dördüncü inceleme kesimlerinde ortalama hızın kavşaktakilerden çok daha fazla olduğu ve birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 1). Yol kesiminde belirtilmiş bir yaya geçidi, sinyalizasyon vb. yayalar için geliştirilmiş işaretleme mevcut olmaması nedeniyle bu kesimlerdeki yayaların hacmi ile yaya hızı arasındaki ilişki değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Hız bağımlı değişkeni ile yaya hacmi arasındaki ilişkiye bakılırken, Rengaraju ve Rao (1995) tarafından kullanılmış, Geçiş Hızı Sapma Faktörü olarak adlandırılan bir faktör belirlenmiştir. Bu faktör, geçiş hızı değişimi veya ortalama geçiş hızının oranı olarak tanımlanmıştır. İstatistikte verilerin tanımlanması ve yorumlanması için de kullanılan kartil aralıkları olarak da isimlendirilen, hızlar için de yoğunlukla 85. Ve 15. kartil değerlerinden faydalanılan bu değerlerle, Denklem 1 kullanılarak her kesim için bir hız sapma faktörü elde edilmiştir (Tablo. 1).

$$V_{15} = 0.15 \times (n + 1)$$

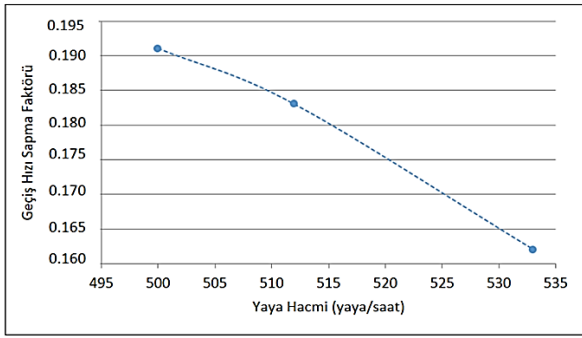
$$V_{85} = 0.85 \times (n + 1)$$

$$V_{85} = 0.85 \times (n + 1)$$

$$GHSF = \frac{(V_{85} - V_{15})}{V_{50}} \quad (1)$$

n : yaya sayısı; $V_{15/50/85}$: onbeşinci/ellinci/seksenbeşinci kartil hız aralıkları; GHSF: Geçiş Hızı Sapma Faktörü, olarak isimlendirilir. Elde edilen değerlerle oluşturulan yaya hacmi GHSF arasındaki ilişki grafiğinde, yaya hacmi arttıkça yaya geçişindeki hız sapmalarında azalma olmaktadır. Başka bir deyişle hacim arttıkça hız değişimi düşmektedir. Elde edilen sonuç Rengaraju ve Rao (1995) ile Marisamynathan ve Perumal (2014) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Sinyalizasyonsuz ve yaya geçidi olmayan yol kesimlerinde kararsız araç trafiği akımı mevcutken karşıya geçmek isteyen yayalar yüksek hız ile hareket etmişlerdir. Ayrıca bu kesimlerde karşıdan karşıya geçiş genişliğinin fazla olması karşılıklı yaya etkileşimini azalttığı için yaya hızları arasında hız farkları azalmış görülmektedir. Bilindiği gibi, düşük yaya hacmi olduğunda, yaya geçidi hızı bağımsızdır ve yayalar hiçbir zaman takım ve yön etkisi ile karşı karşıya kalmaz. Çok sayıda yaya olduğunda, takım ve yön etkisi yayaları birbirine bağılı olmaya zorlar. Grubun geçiş hızı, önde giden yaya veya diğer taraftan yaklaşan yayalar tarafından etkilenir

ve bu nedenle yaya hacmi arttıkça GHSF deđeri dūřmüřtür. Fakat incelenen kesimde araç yaya etkileřimi artmıř, yayaların gūvenlik dūzeyi dūřmüřtür (řekil 6).



şekil 6. GSFH ile yay hacmi arasındaki ilişki

4. Sonuç ve Őneriler

Yaya hızları, yaya Őncelikli kent planlarında gūvenli yaya geçidi inřa edilmesinde Őnemli bir ihtiyaçtır. Çalışmada kent merkezi yaya hareketlerinde karşıdan karşıya geçiş davranışının incelenmesi, yaya karakteristiklerinin ve yaya kurallarına uyum durumunun geçiş hızı üzerindeki etkisi, mikroskobik dūzeyde incelenmiştir. Yaya hareketleri için veri toplanırken, sinyalizasyonlu kavşakta, kavşak içi yaya geçidini kullanan yayalar ve yaya geçidi dışından geçen yayalar olarak iki grup halinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Sinyalizasyonlu kavşak kesimi yeşil ışıkta geçen ve kırmızı ışıkta geçen yayalar olarak değerlendirilmiştir. Ana yol üzerinde yaya geçidi olmayan kesimlerden geçen yayaların hızları da ayrıca incelenmiştir.

Çalıřmada seçilen sinyalizasyonlu ve sinyal kontrolsūz kesimlerde yaya geçiř hızını etkileyen faktōrler incelendiđinde cinsiyet etkisinin çok būyuk bir Őneme sahip olmadıđı, yař grubu etkisinin daha fazla (%6.5 oranında) Őneme sahip olduđu gōrūlmüřtür. Kavřak içinde yaya geçidinden geçmeye hazırlanan yayaların kaldırımında, dūřuk hızda yūrırken yolun birinci bōlgesinde daha hızlı geçtiđi ikinci bōlgede, yolu yarıladıktan sonra, hızını dūřūrdūđu gōrūlmektedir. Yaya geçidi dıřı kesimden geçen yayaların daha yūksek hızda bir ortalamaya sahip olduđu gōrūlmüřtür.

Kavşak içi kurala uyan ve yeşil ışıkta geçen yaya sayıları ile kurala uymayıp kırmızı ışıkta geçen yayalar ayrı olarak gruplandırılmış; yaya geçidi kullanan ve yaya geçidi dışından hareket eden yaya grupları ayrı gruplandırılmıştır. Daha sonra

yaya geçidi etkisi ile sinyalizasyon etkisi için de Anova analizi tekrarlanmıştır. Sonuçta her bir durum için farklı senaryoların değerlendirilmesi sağlanmıştır. Yaya geçidinde sinyalizasyona uyum daha fazladır. Yaya geçidinin hemen dışında kavşak içinde sinyalizasyona uyum azdır. Kavřak kesimini kullanan yayaların %60'ı yaya geçidi dışını kullanmaktadır. Bu da yaya geçidi genişliğinin bu kavşak için uygun olmayışının bir gōstergesidir. Yaya geçidi kullanmayıp kavşak içinden araçların arasından geçen yayaların hızları yūksektir. Bunun nedeni, yayalar aynı kentin insanı olmasına rağmen araç etkileşimi arttığı riskli kesimlerdeki geçişlerde kendilerini gūvensiz hissettikleri için daha yūksek hızda geçmeleri olabilir. Yaya geçidindeki yaya hızlarının dūřuk olduğu tespit edilmiş, bu da karşılıklı yaya etkileşiminin fazla olmasının etkisi būyūktür. Ayrıca kavşak içi yaya geçidinden geçen ortalama yaya yaşı kavşak içinde yaya geçidi dışından geçen yaya yař ortalamasından yūksektir. Bu da yaşlı kişilerin yaya geçidini tercih ettiğinin de gōstergesidir. Daha sonra yapılacak yaya geçidi iyileştirmeleri ve yaya sinyalizasyon sūresi dūzenlemeleri için seçilecek parametrelerin Őnemi sırasıyla: Yaya yaşı, yaya geçidi kullanımı ve yaya geçidinde sinyalizasyona uyum olarak, bulunmuştur.

İki Yōnlū Anova Analizi sonucunda, sinyalizasyonun yeşil veya kırmızı oluşunun kendi başına hızı etkileyen bir faktōr olmadığı; yaya geçidi kullanımının kendi başına yaya hızı üzerinde etkili olduğu gōrūlmüřtür. Bu durum ve yaya etkileşimin fazla oluşu seçilen kavşaktaki yaya geçidi genişliğinin yeterli olmadığı gōstergesini desteklemektedir.

Çalıřma sonucunda yaya geçitlerinin yeterli geometrik Őlelere sahip olmaması durumunda yayaların karřılıklı etkileřimden Őnemli Őlde etkilendiđi ve yayaların gūvenli olmayan kesimlerden geçiř yaptđı gōrūlmüřtür. Buna ek olarak sinyal kontrolsūz ve yaya geçidi olmayan kesimlerdeki geçiřlerde yaya hacmi azalmakta fakat yaya hızı bađımsız hale gelmektedir. Bu kesimlerde araç yaya etkileřimi artmakta, yaya gūvenliđi dūřmektedir. Yaya geçidi olan kesimde ise geniřliđin dođru tasarlanmaması, mevcut yaya hacmine yeterli hizmet verememesi problemini oluřurmakta, bu nedenle yaya hızları dūřmekte, kural dıřı geçiřler de artmaktadır. Sonuç olarak yaya geçidi geniřliđi ve konumu Őnemli birer parametredir. Gelecekte yapılacak çalıřmalarda yaya geçidi geniřliđinin, yaya etkileřiminin ve yaya geçidi konumunun ele alınması gerektiđi ortaya çıkmaktadır. Bu konularda yapılacak

detaylı çalışma sonuçları yayaların yaya geçidi kullanımını arttıracaktır.

Çalışmada ulaşılan bir başka sonuç da çalışma kesimleri için yaya ortalama hızlarının literatürde görülen hız ortalamalarından daha düşük olduğudur. Bölgesel olarak daha fazla yaya geçidinin yine bu çalışmada olduğu gibi mikro düzeyde incelenmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca yaya hızlarının mevsimsel olarak da değişme gösterebileceği, bu nedenle gelecekte farklı mevsimlerde de incelemeler yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Alhajyaseen, W.K.M. ve Miho I.A., 2017. Studying Critical Pedestrian Behavioral Changes for the Safety Assessment at Signalized Crosswalks. *Safety Science*, 91, 351-360.
- Caputcu, M., Sengoz, B., Ozuysal, M., Tanyel, S., Kaplan, S. ve Karabayir, A., 2016. Use of Laser Measurements and Video Images to Investigate Pedestrian Movement Along Non-Uniform Sidewalks. In *Proceedings of the World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'16)*, March 2016, Prague, Czech Republic, pp. 30-31.
- Dommes, A., Cavallo, V., Vienne, F. ve Aillerie, I., 2012. Age-related Differences in Street-crossing Safety Before and After Training of Older Pedestrians. *Journal of Accident Analysis and Prevention*, 44, 42-47.
- Garber, N. ve Hoel, L., 2009. *Traffic and Highways Engineering*, West Publishing Company, Virginia.
- Guo, H., Gao, Z., Yang, X. ve Jiang, X., 2011. Modeling Pedestrian Violation Behavior At Signalized Crosswalks In China: A Hazards-Based Duration Approach. *Journal of Traffic Injury Prevention*, 12, 96-103.
- HCM, 2010. *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, National Research, Washington.
- Homburger, W.S. ve Kell, J.H., 1981. *Fundamentals of Traffic Engineering Course Notes*. 10th Edition, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
- LaPlante, J. ve Kaeser, T.P., 2007. A History of Pedestrian Signal Walking Speed Assumptions. In *Proceedings of the 3rd Urban Street Symposium*, June 2007, Seattle, Washington, USA, pp. 1-8.
- Liu, Y.C. ve Tung, Y.C., 2014. Risk Analysis of Pedestrians' Road-Crossing Decisions: Effects of Age, Time Gap, Time of Day and Vehicle Speed. *Journal of Safety Science*, 63, 77-82.
- Lobjois, R., Benguigui, N. ve Cavallo, V., 2013. The Effects of Age and Traffic Density on Streetcrossing Behavior. *Journal of Accident Analysis and Prevention*, 53, 166-175.
- MUTCD, 2009. *Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways*, <http://mutcd.fhwa.dot.gov>
- Marisamynathan, P.V., 2014. Study on Pedestrian Crossing Behavior at Signalized Intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 1(2), 103-110.
- Muley, D., Alhajyaseen, W., Kharbeche, M. ve Al-Salem, M., 2018. Pedestrians' Speed Analysis at Signalized Crosswalks. *Procedia Computer Science*, 130, 567-574.
- NPA., 2012. *Traffic Accident Situation: Monthly Report*. National Police Agency, <http://www.npa.go.jp/english>
- Önelçin, 2014. Sinyalize Kavşaklarda Yayaların Karşidan Karşıya Geçme Davranışlarının İncelenmesi ve Yayaların Güvenli Aralık Algılarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Onelcin, P. ve Alver, Y., 2017. The Crossing Speed And Safety Margin of Pedestrians at Signalized Intersections. *Transportation Research Procedia*, 22, 3-12.
- Rengaraju, V.R. ve Rao, V.T., 1995. Vehicle-Arrival Characteristics at Urban Uncontrolled Intersections. *Journal of Transportation Engineering*, 121(4), 317-323.
- Rouphail, N.M., Hummer, J.E., Allen, D.P. ve Milazzo, J.S., 1998. Recommended Procedures Chapter 13, "Pedestrians," of the *Highway Capacity Manual: Report FFHWARD-98-107*, FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.
- Sadeghpour, M., Sanajou, K. ve Öğüt, K.S., 2017. Determination of Pedestrian Arrival Headway Distribution at Signalized Crosswalks In Istanbul. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 8(4), 325-337.
- Tuydes-Yaman, H. ve Karatas, P., 2017. Evaluation of Walkability and Pedestrian Level of Service, in: Knoflach, H., Ocalir-Akunal, E.V. (Eds), *Engineering Tools and Solutions For Sustainable Transportation Planning*, IGI Global, pp. 30-57.