

## PAPER DETAILS

TITLE: Sürücü Davranislarinin Sinyalize Kavsak Basarimi Üzerindeki Etkisi

AUTHORS: Serhan TANYEL,Mehmet KOYUNCU,Süheyla Pelin ÇALISKANELLI

PAGES: 8563-8588

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/529671>

# Sürücü Davranışlarının Sinyalize Kavşak Başarımı Üzerindeki Etkisi

Serhan TANYEL<sup>1</sup>  
Mehmet KOYUNCU<sup>2</sup>  
S. Pelin ÇALIŞKANELLİ<sup>3</sup>

## ÖZ

Çalışmada, kentiçi sinyalize kavşaklardaki sürücü davranışlarının, kavşak başarımı üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, İzmir kent merkezinde yer alan üç sinyalize kavşakta sürücü anketleri ile eş zamanlı tepki süresi ve kuyruk uzunluğu verileri toplanmıştır. Anketlerden elde edilen sürücü davranışlarını açıklayıcı çeşitli ölçeklerden yararlanarak özellikle sürücü tepki sürelerinin modellenmesine çalışılmıştır. Analizler sonucunda, sürücülerin yaş ve tecrübeleri arttıkça güvenlik algılarının da arttığı görülmüştür. Güvenlik ölçeği değerinin 39~50 arasında değiştiği; buna bağlı olarak, başlangıç tepki sürelerinin uzadığı ve sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmelerinin de yaklaşık %20 oranında arttığı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sinyalize kavşak, sürücü tepki süresi, sürücü davranış karakteristikleri.

## ABSTRACT

### The Effect of Drivers' Behavior on Performance of Signalized Intersections

In this study investigating the effect of driver behavior on performance of signalized intersections is aimed. For this purpose, a questionnaire is drawn up to assess simultaneously queue length and start response time data at three signalized intersections in İzmir city center. Especially start response times of drivers are tried to be modeled using various physiological scales which explain drivers' behavior. Analyses have shown that, as the age and experience of drivers increase, their perception of safety also increases. It is found that perception of safety changes between 39~50 years of age and with respect to this, start response times are extended and average delay values increase by approximately 20% at signalized intersections.

**Keywords:** Signalized intersection, driver-response time, driver behavior characteristics.

---

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 21.07.2016 günü ulaşmıştır. 25.07.2017 günü yayımlanmak üzere kabul edilmiştir.
- 30 Kasım 2018 gününe kadar tartışmaya açıktır.

• DOI: 10.18400/tekderg.369397

1 Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir - serhan.tanyel@deu.edu.tr

2 Ege Üniversitesi, Psikoloji Bölümü, İzmir - mehmet.koyuncu@ege.edu.tr

3 Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir - pelin.caliskanelli@deu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Günümüz toplumunda hareketliliğin vazgeçilmezliği temelinde önem kazanan “trafik” yaşamda herkesi etkileyen bir olgu olarak karşımıza çıkmakta ve gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda güvenli trafik ortamının yaratılmasında sürücülerin davranışlarının, bu davranışların altında yatan süreçlerin anlaşılması ve sisteme uymayı olanaklı kılacak şekilde değiştirilme çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Ancak, bireyin sisteme uyması kadar sistemin de bireylere uygun hale getirilmesi önemlidir. Bu amaçla yol tasarımı sürücülerin yetenek ve becerileri ile sürücülük stili dikkate alınmalıdır.

Yol tasarımında uyaranların çarpıcılığı ile sürücünün yol ve yol çevresine ilişkin beklentisinin önemli olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bir deneysel çalışmada, beklentinin nesnelerin teşhis edilmesindeki etkisi deneklere trafik ortamından resimler verilerek incelenmiştir [1]. Resimlerde bir gruba trafik işaretleri beklentiye uygun yerde (örn. yolun sağında) verilmiş, diğer gruba ise beklentinin aksine bir yerde sunulmuştur (örn. yolun sol tarafında). Deneklerden buradaki trafik işaretini teşhis etmeleri istenmiştir. Beklentiye uygun resimlerde hedef ortalama 1.1 saniye ve %6 hata ile; buna karşılık beklentiye uygun olmayan resimlerde 1.7 saniye ve %33 hata ile teşhis edilmiştir. Bu çalışmanın da ortaya çıkardığı gibi trafik öğelerinin algılanmasında çarpıcılıktan çok beklentiler etkili olmaktadır. Bu sonuca göre yanlış beklentiler ortaya çıkaran trafik ortamları son derece tehlikelidir; çünkü trafik uyarı işaretleri algılanamayacağı için beklentinin değiştirilmesi çok zor olacaktır.

Yaşlı sürücülerin görsel bilişsel fonksiyonları ile kaza sıklığı arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmada, karmaşık olan sürücülük görevini başarabilmek için en önemli değişkenlerin “faydalı görüş alanı” ve “görsel/bilişsel bilgiyi işleme” olduğu bulunmuştur [2]. Faydalı görüş alanı, araç sürme sırasında, özellikle de çevredeki (periferdeki) olaylara dikkatin yönlendirilmesi gerektiği kavşaklarda çok kritik bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada kavşak kazası yapan deneklerin %95’inin ve birden fazla kaza yapanların ise tümünün, faydalı görme alanı testinde başarısız oldukları görülmüştür.

Bilişsel becerilerle araç sürme becerisi arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda, bilişsel ve psiko-motor testler ile gerçek trafik ortamında gözlenen sürücü davranışları arasındaki korelasyonlar incelenmiştir [3, 4]. Bu çalışmalar sonucunda, zihinsel kapasite, karmaşık tepki zamanı, görsel bellek, algı, konsantrasyon/dikkat arasında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Bununla birlikte başka bir çalışmada kavşak kazaları ile genel zeka arasında negatif korelasyon olduğu ortaya çıkmıştır [5].

Trafik psikolojisi alanında yapılan çalışmalarda sürücülük becerisi ve sürücülük stili birbirinden ayrı olarak ele alınmaktadır. Sürücülük becerisi, kişilerin bilişsel ve psiko-motor yetenekleri bakımından ne derece araç kullanmaya uygun olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte sürücülük stili ise kişilerin sahip oldukları yetenekleri araç kullanırken nasıl ifade ettikleriyle ilişkilidir ve sürücü davranışları, tutumları, kişilik özellikleri bu başlık altında ele alınmaktadır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada sürücülük becerisi yüksek olan ancak hız ihlali yapma, yeterli takip mesafesi bırakmama gibi davranışları nedeniyle güvenli sürücülük stiline sahip olmayan sürücülerin daha fazla kaza yaptıkları ve ceza aldıkları bulunmuştur [6]. Başka bir çalışmada ise hız ihlali nedeniyle ehliyeti alınmış sürücülerin, alkol nedeniyle alınmış sürücülere oranla bilişsel ve psiko-motor testlerde daha başarılı olduklarını belirtmişlerdir. Bu bulgular sürücülerin hız davranışlarının altında bilişsel ve motor

yetersizliklerden çok kişilik özelliklerinin, trafik kurallarına ilişkin tutum ve inançların yattığını düşündürmektedir [7].

Trafik mühendisliği kapsamında sürücü davranışları, kavşak kapasitesi, takip aralığı, aralık kabulü gibi faktörlerde ön plana çıkmaktadır. Özellikle trafik güvenliği üzerine yapılan araştırmalarda, kavşak kapasite ve başarımlar analizlerinde sürücü davranışlarının doğru tanımlanması ve tahmin edilmesi tasarım aşamasında kilit rol oynamaktadır. Bu analizlerde sürücü davranışlarını en iyi yansıtan parametrelerden birisi ise sürücü tepki süresidir. Tepki süresi bir sürücünün, karayolu üzerindeki bir durumu algılaması, değerlendirmesi, karar ve tepki vermesi için geçen sürenin tamamı olarak tanımlanabilir. Sürücülere ait tepki süresi, büyük oranda duruş görüş uzunluğu ve kaza analizleri ile ilgili çalışmalarda incelenmekteyse de özellikle sinyalizasyon kavşaklarında sürücü başlangıç tepki süreleri, kavşak kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir.

Başlangıç tepki süresi, sürücünün yeşil yandığı andan itibaren ışığın değiştiğini fark ederek, ayağının pedala giderek aracı harekete geçirdiği ilk ana kadar geçen süre olarak tanımlanabilir [8]. Akçelik v.d. [9] başlangıç tepki süresini, kuyruk boşalım akım oranının, kuyruk boşalım hızının ve kuyruk boşalım zaman aralıklarının hesaplanmasında kullanmışlardır:

$$V_s = V_n [1 - e^{-m_v(t-t_r)}] \quad (1)$$

$$Q_s = Q_n [1 - e^{-m_q(t-t_r)}] \quad (2)$$

$$h_s = \frac{h_n}{[1 - e^{-m_q(t-t_r)}]} \quad (3)$$

Bu bağıntılarda t, yeşil sürenin başlangıcından itibaren geçen süreyi (saniye); t<sub>r</sub>, başlangıç tepki süresini (start response time) (saniye); V<sub>s</sub>, t anındaki kuyruk boşalım hızını (km/saat); V<sub>n</sub>, en yüksek kuyruk boşalım hızını (km/saat); Q<sub>s</sub>, t anındaki kuyruk boşalım akım oranını (araç/saat); Q<sub>n</sub>, en yüksek kuyruk boşalım akım oranını (araç/saat); h<sub>s</sub>, t anındaki kuyruk boşalım takip aralığını (saniye); h<sub>n</sub>, en küçük kuyruk boşalım takip aralığını (saniye); m<sub>v</sub>, kuyruk boşalım hız modeline ait bir parametreyi ve m<sub>q</sub> kuyruk boşalım akım oranı modelindeki bir parametreyi ifade etmektedirler. Yine bilindiği üzere h<sub>s</sub> = 3600/Q<sub>s</sub> ve h<sub>n</sub> = 3600/Q<sub>n</sub> şeklinde de bulunabilmektedir.

Yukarıdaki bağıntılar incelendiğinde, özellikle “h<sub>n</sub>” değerinin, doymuş akıma karşılık gelen zaman cinsinden aralık değeri olduğu görülebilmektedir. “h<sub>n</sub>” değeri başlangıç tepki süresine bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [9]:

$$h_n = t_r + d_a - t_s \quad (4)$$

Burada “d<sub>a</sub>”, araçların hızlanma süresindeki ortalama gecikme süresini (saniye), “t<sub>s</sub>” ise başlangıç kayıp süreyi göstermektedir “d<sub>a</sub>” ve “t<sub>s</sub>” değerleri, sinyalden ayrılan araçların trafik akımı üzerindeki etkileri açısından önemli parametreler olmakla birlikte bu çalışma kapsamında hesaplanma yöntemleri üzerinde durulmayacaktır. Yukarıda tanımlanmış olan bağıntılar incelendiğinde, tüm bağıntılarda başlangıç tepki süresinin (t<sub>r</sub>) önemli bir yeri olduğu görülmektedir.

Çeşitli araştırmacılar, başlangıç tepki süresi için farklı değerler önermişlerdir. Akçelik v.d. ile Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Transportation Engineers), başlangıç tepki süresini 1,0 saniye olarak kabul etmişlerdir [9, 10]. Clemet v.d. [11], 0,9 saniye değerini kullanmışlardır. Li ve Prevedourus [12] doğru geçiş yapan ve sola dönen sürücülerin başlangıç tepki sürelerini sırasıyla 1,76 ile 1,42 saniye olarak bulmuşlardır. AIMSUN benzetim programında, sinyalde ilk sırada bekleyen sürücülere ait başlangıç tepki süresi 1,35 saniye olarak alınmaktadır. Ülkemizde Çalışkanelli [13], İzmir kent merkezinde 10 sinyalize kavşakta başlangıç tepki sürelerini ölçmüş; çalışmanın sonucunda sinyal devre süresinin başlangıç tepki süresini uzattığı ancak kırmızı süre uzadıkça sürücülerin daha hızlı tepki verdiklerini; aracın körüklü otobüs olmasının ve kavşak yaklaşımının tek şerit olmasının da tepki süresini uzattığı bulunmuştur. Diğer önemli sayılabilecek bir bulgu da, cinsiyetin başlangıç tepki süresine olan etkisidir. Analizler, sürücünün erkek olmasının, başlangıç tepki süresini kısalttığını göstermiştir. Çalışkanelli'nin gözlemleri başlangıç tepki süresinin yoğun olarak 0,62~3,22 saniye aralığında değiştiğini ortaya koymuştur.

Çalışmada, sürücü davranışları ile sürücü başlangıç tepki süreleri arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmış ve farklı sürücü davranışlarının sinyalize kavşak başarımı üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Bu amaçla, İzmir kent merkezinde yer alan üç sinyalize kavşakta yol kenarı anketleri yapılmış ve anket yapılan sürücülerin başlangıç tepki süreleri gözlemlenerek bir model elde edilmeye çalışılmıştır.

## **2. VERİLERİN ELDE EDİLMESİ**

Çalışmada İzmir'de yer alan Lunapark, Karşıyaka Anıt ve Cin Deresi Kavşaklarında gözlemler gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Anketler, 2013 yılı içerisinde İzmir Emniyet Müdürlüğü Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü tarafından görevlendirilmiş olan Trafik Emniyet Ekiplerinin desteği ve kontrolünde hafta içi standart günlerden birinde (Salı, Çarşamba veya Perşembe), trafik akışını en az aksatacak şekilde saat 14.00~16.00 arasında ve açık hava (yağmur v.b. etkilerin olmadığı) koşullarında gerçekleştirilmiştir. Gözlem verileri, eş zamanlı olarak gerçekleştirilen video kamera çekimleri ile eş zamanlı olarak yapılan yol kenarı anketlerinden elde edilmiştir. Video kamera çekimlerinden, trafik hacim değerleri ve toplam kuyruk uzunluklarının yanı sıra anket yapılan sürücülere ait başlangıç tepki süresi verileri elde edilmiştir. Anketlerden ise başlangıç tepki süresi elde edilmiş olan sürücülere ait kişilik ölçek verileri toplanmıştır.

### **2.1. Çalışma Kapsamında Hazırlanmış Olan Sürücü Anketleri**

Sürücü davranışları, tutumları ve kişilik özelliklerinin trafik ortamındaki önemi göz önüne alınarak; ankete katılan sürücülerin belirtilen özellikler bağlamında incelenmesi hedeflenmiştir. Projenin en önemli aşamalarından birisi, uygulanacak anket ve ölçeklerin belirlenmesidir. Yürütülen çalışmada araştırma konusunu anlamamızda yardımcı olacak ve Türkiye'de kullanılmak üzere geçerliği ve güvenilirliği yapılmış ölçekler seçilmiştir. Bu ölçeklere ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur:

Tablo 1. Gözlem Yapılan Kavşaklar

| Kavşağın Adı | Trafik Hacmi<br>(taşıt/saat/şerit) | İncelenen<br>Yaklaşım | Şerit Tipi       | Devre<br>Süresi<br>(saniye) | Şerit<br>Genişliği<br>(m) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Lunapark     | 744                                | Girne                 | 2 Doğru<br>Geçiş | 105                         | 3,30                      |
|              | 324                                |                       | Sola Dönüş       |                             | 3,00                      |
| Cin Deresi.  | 150                                | Narlidere             | 2 Doğru<br>Geçiş | 85                          | 3,20                      |
|              | 819                                |                       | Sola Dönüş       |                             | 2,50                      |
| Anıt         | 312                                | Konak                 | 2 Doğru<br>Geçiş | 88                          | 3,65                      |

**Bireysel Bilgi Formu**, sürücülerin yaş, eğitim düzeyi, meslek, kullandığı araç türü gibi demografik özelliklerini inceleyen sorulardan oluşmaktadır. Bireysel Bilgi Formunda ayrıca, sürücülerin araç kullanma ve sürücülük deneyimlerine ilişkin kaç yıldır ehliyet sahibi oldukları, kaç yıldır aktif olarak araç kullandıkları, aylık ortalama kaç km yol kat ettikleri, araç kullanma nedenleri gibi sorular yer almaktadır. Bunun yanı sıra Bireysel Bilgi Formunda sürücülere, ehliyetlerinde şu anda ceza puanı olup olmadığı (varsa kaç puan olduğu), son üç yıl içinde aldıkları ceza sayıları (türüne göre ayrıntılı olarak) ve yaşamları boyunca karışıklı kaza sayıları (kaza türü ve zamanı ile birlikte) sorulmaktadır. Sürücülere hava ve yol koşulları uygun olduğunda şehir içi ve şehirlerarası yollarda ortalama kaç km hızla araç kullandıkları sorusu da yöneltilmektedir. Buna ek olarak sürücülerin aşırı sollama yapma eğiliminde olup olmadıklarını belirlemek amacıyla kendilerini sollama yapma açısından diğer sürücülerle karşılaştırma yaparak değerlendirmeleri istenmektedir.

Lajunen ve Summala [14] tarafından geliştirilen ve Türkçe'ye Lajunen ve Özkan [15] tarafından uyarlanan **Sürücülük Becerisi Ölçeği** 20 maddeden oluşmaktadır. Araç kullanma becerisi ve güvenli sürücülük becerisi olmak üzere iki alt boyutun bulunduğu bu ölçekte sürücüler, belirtilen sürücülük becerileri açısından kendilerini ne düzeyde güçlü ya da zayıf bulduklarını 5'li bir ölçek üzerinde işaretlemektedirler. Envanterden alınan yüksek puanlar sürücülük becerilerinin iyi olduğunun bir göstergesidir. Araç kullanma becerileri alt boyutu ise 11 maddeden oluşmaktadır (örn., "Yoğun trafikte kolaylıkla şerit değiştirme"). Güvenlik becerileri alt boyutu ise 9 maddeden oluşmaktadır (örn., "Hız sınırlarına uyma").

Sümer, Ayvaşık ve Er [16] tarafından geliştirilen **Sürücü Heyecan Arama Envanteri** 33 maddeden oluşmaktadır. Envanter maddeleri 6 basamaklı Likert tipi bir ölçek üzerinden (1=beni hiç tarif etmiyor; 6=beni çok iyi tarif ediyor) değerlendirilmektedir. Envanter, genel heyecan arama boyutu, trafikte risk alma boyutu ve trafikte heyecan arama boyutu olmak üzere üç alt boyuttan oluşmaktadır. Envanterden alınan yüksek puanlar heyecan arama eğiliminin yüksek olduğunu göstermektedir.

Lajunen ve Parker [17] tarafından geliştirilen **Saldırgan Sürücülük Göstergeleri Ölçeği** 14 maddeden oluşmaktadır. Sürücülerden belirtilen durumlar ile ne sıklıkla karşılaştıklarını ve bu durumları kendilerinin ne sıklıkla yaptıklarını 5'li Likert tipi ölçek (0= Hiç bir zamandan

4= Sık sık'a) üzerinde belirtmeleri istenmektedir. Ölçeğin saldırgan davranış ve saldırgan uyarı olmak üzere iki alt boyutu vardır.

Lunapark Kavşağı'nda yapılan uygulamalarda 178 sürücü (%45), Cin Deresi Kavşağı'nda yapılan uygulamalarda 109 sürücü (%27), Karşıyaka Anıt Kavşağı'nda yapılan uygulamalarda ise 111 sürücü (%28) olmak üzere toplam 398 sürücü anket çalışmalarına katılmayı kabul etmiştir. Çalışmaya katılan sürücülerin %82'si erkek, %18'i ise kadındır. Ankete katılan sürücülerin büyük kısmının (%58) 31-50 yaş aralığında yer aldıkları görülmektedir. Bunu %17 ile 25-30 yaş aralığındaki sürücüler takip etmektedir. 25 yaşın altında sadece %8 oranında sürücü anketi cevaplamıştır. 51-60 yaş aralığında %14, 60 yaş üstü ise sadece %3 oranında sürücü ankete cevap vermeyi kabul etmiştir. Bu sonuçlar, tecrübeli kabul edilebilecek sürücü oranının yüksek olduğunu göstermektedir.

Ankete katılan sürücülerin eğitim durumlarına göre dağılımları incelendiğinde, %46'sının üniversite veya yüksek okul mezunu oldukları görülmektedir. Bu grubu %26 ile lise mezunları izlemektedir. Ortokul ve ilkokul mezunlarının oranları ise (%14 ve %13) birbirine çok yakındır. Ankete katılanların %1'i ise sadece okur-yazardır.

Sürücülerin meslek gruplarına göre dağılımları incelendiğinde, %40 gibi önemli bir oranının serbest meslek sahibi oldukları görülmektedir. Ev hanımları sürücülerin %3'ünü, öğrenciler ise %5'ini oluşturmaktadırlar. Emeklilerin %13 gibi önemli bir oranda yer aldıkları görülmektedir. Ankete katılan memurların oranı ise sadece %10'dur. Bunda anket yapılan saatlerin, memurların mesai saatleri kapsamında olmasının önemli bir etkisi olduğu söylenebilir.

Ankete katılan sürücülerin gelirlerine göre dağılımları incelendiğinde ise, toplamda %41'lik bir kısmının asgari gelir sahibi veya 1001-2000 TL arasında geliri olan kişilerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Sürücülerin %21'inin geliri ise 4000 TL'nin üstündedir.

Ankete katılan sürücülerin %73 gibi yüksek bir oranının 10 yıldan uzun süredir ehliyet sahibi olduğu; %71'inin ise 10 yıldan fazladır aktif olarak araç kullandıkları görülmektedir. Buna göre, anket yapılan sürücülerin %70'ten fazlası çok tecrübeli, yaklaşık %10'luk bir kısmının ise tecrübeli sürücü olduğu söylenebilir.

Ankete katılan sürücülere ne sıklıkta araç kullandıklarına dair sorulan soruya "hergün araç kullanıyorum" şeklinde cevap verenlerin oranı, tüm anket yapılan sürücülerin içinde %83 gibi çok büyük bir değerdedir. Bu da, kavşak başarımı ile sürücü psikolojisi arasında bir ilişki arandığında, örneklemin doğru seçildiğini göstermektedir.

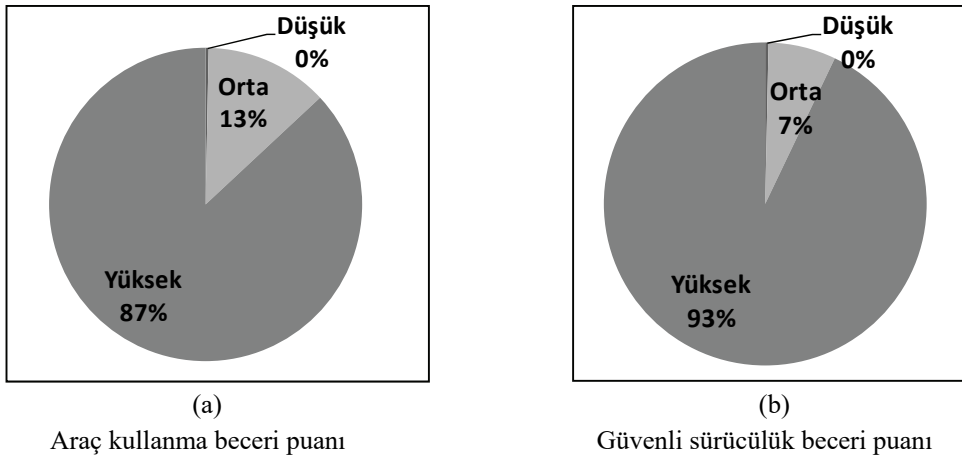
Anket kapsamında elde edilmeye çalışılan Kişilik Ölçeklerine ilişkin bulgular, üç ana envanter başlığı altında değerlendirilmiştir:

1. Sürücülük becerileri,
2. Trafikte heyecan arama,
3. Sürücü saldırganlık düzeyi.

İki alt boyutu bulunan Sürücülük Becerileri Envanteri'nden her iki boyut açısından 0 ile 50 arasında puanlar alınabilmektedir. 0 ile 16 arasında alınan puanlar sürücünün sürücülük becerilerini düşük değerlendirdiğine; 17-34 arası alınan puanlar orta düzeyde

değerlendirdiğine; 35-50 arasında alınan puanlar yüksek düzeyde değerlendirdiğine işaret etmektedir.

Çalışmaya katılan sürücülerin kendi becerilerini değerlendirme düzeyleri incelendiğinde çok yüksek bir orana sahip grubun hem sürücülük hem de güvenlik becerilerini en yüksek düzeyde değerlendirdikleri göze çarpmaktadır (Şekil 1). Bu değerlendirmelerin sürücülerin öznel görüşlerine dayandığı unutulmamalıdır. Bu nedenle beceri değerlendirmelerinde gözlenen yüksek puanlar, sürücülerin becerilerini olduğundan daha yüksek algılama eğilimlerine işaret ediyor olabilir. Güvenli sürücülük becerileri puanı, aynı şekilde, araç kullanma becerileri puanlarına benzer bir dağılım göstermektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi bu ölçekte de değerlendirme sonuçları sürücülerin öznel görüşlerine dayanmaktadır. Ancak elde edilen bu sonuçlar, farklı ülkelerde yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla tutarlıdır. İsveç'te sürücülerin % 75'i, Amerika Birleşik Devletleri'nde %90'ı, Polonya'da ise % 69'u güvenli araç kullanma becerilerinin diğer sürücülerden daha üstün olduğunu belirtmişlerdir [18].



Şekil 1. Sürücülük becerileri puan dağılımları

Saldırganlık ölçeğinden alınan düşük puanlar saldırganlık düzeyinin düşük olmasına; yüksek puanlar ise saldırganlık düzeyinin yüksek olmasına işaret etmektedir. 0-18 arasında alınan puanlar, sürücünün araç kullanırken genellikle öfkelenme düzeyinin düşük olduğunu ve sakin bir şekilde araç kullandığını düşündürmektedir. 19-37 arası alınan puanlar sürücünün çok sık öfkelenmese bile zaman zaman oldukça öfkelenebildiği fikrini açığa çıkarmaktadır. 38-56 arasında alınan puanlar ise sürücünün trafik ortamında sıklıkla öfkelenebildiğine işaret eder. Çalışma kapsamında saldırganlık düzeyi puanı düşük olan katılımcıların oranının %11, orta düzeyde olan katılımcıların oranının %51.5 ve yüksek düzeyde olan katılımcıların oranının %37.5 olduğu bulunmuştur.

Uygulanan üç ölçekten elde edilen puanların (Sürücülük Becerileri Envanteri, Sürücü Saldırganlık Ölçeği, Sürücü Heyecan Arama Envanteri) kavşaklara göre herhangi bir



farklılaşma gösterip göstermediğini incelemek üzere tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Ölçek alt boyutlarına ilişkin betimsel istatistikler Tablo 2’de sunulmuştur.

*Tablo 2. Farklı kavşaklara göre ölçek alt boyutlarına ilişkin betimsel istatistikler*

| Kavşak            | Ölçek alt boyutu | N   | Minimum | Maksimum | Ort.  | SS    |
|-------------------|------------------|-----|---------|----------|-------|-------|
| Lunapark Kavşağı  | Araç kullanma    | 169 | 21,00   | 50,00    | 40,02 | 5,37  |
|                   | Güvenlik         | 166 | 23,00   | 50,00    | 41,63 | 5,00  |
|                   | Saldırganlık     | 163 | 2,00    | 56,00    | 33,67 | 11,08 |
|                   | Genel Heyecan    | 166 | 18,00   | 92,00    | 47,61 | 16,04 |
|                   | Trafikte Heyecan | 176 | 7,00    | 42,00    | 22,90 | 8,23  |
|                   | Trafikte Risk    | 170 | 8,00    | 43,00    | 15,47 | 7,46  |
| Cinderesi Kavşağı | Araç kullanma    | 106 | 10,00   | 50,00    | 39,92 | 6,02  |
|                   | Güvenlik         | 106 | 10,00   | 50,00    | 41,30 | 5,55  |
|                   | Saldırganlık     | 108 | 2,00    | 56,00    | 31,27 | 11,23 |
|                   | Genel Heyecan    | 104 | 18,00   | 89,00    | 45,57 | 15,69 |
|                   | Trafikte Heyecan | 108 | 7,00    | 42,00    | 22,43 | 8,13  |
|                   | Trafikte Risk    | 105 | 8,00    | 48,00    | 14,41 | 7,21  |
| Anıt Kavşağı      | Araç kullanma    | 98  | 30,00   | 49,00    | 39,49 | 4,86  |
|                   | Güvenlik         | 96  | 33,00   | 50,00    | 41,71 | 4,24  |
|                   | Saldırganlık     | 91  | 3,00    | 52,00    | 30,36 | 12,18 |
|                   | Genel Heyecan    | 98  | 22,00   | 72,00    | 46,54 | 14,65 |
|                   | Trafikte Heyecan | 111 | 7,00    | 37,00    | 22,32 | 7,12  |
|                   | Trafikte Risk    | 108 | 8,00    | 38,00    | 14,86 | 7,05  |

Araç kullanma becerileri alt boyutundan alınan puanların farklı kavşaklarda farklılaşma göstermediği bulunmuştur  $\{F(2,313)=0,147, p>0,05\}$ . Benzer şekilde, güvenli sürücülük becerileri açısından da bir farklılaşma bulunmamaktadır  $\{F(2,309)=0,163, p>0,05\}$ . Araç

kullanma becerileri ve güvenli sürücülük becerilerinde elde edilen sonuçlarla tutarlı olarak, saldırganlık ölçeği açısından da aynı durum geçerlidir. Farklı kavşaklarda uygulamaya katılan sürücülerin saldırganlık puanları birbirinden farklı değildir  $\{F(2,306)=2,167, p>0,05\}$ .

Sürücü Heyecan Arama Envanteri'nin "genel heyecan arama", "trafikte heyecan arama" ve "trafikte risk alma" boyutlarından elde edilen puan ortalamaları uygulama yapılan kavşaklar açısından herhangi bir farklılaşma göstermemektedir, boyutları açısından sırasıyla  $F(2,308)=0,542, p>0,05$ ;  $F(2,327)=0,162, p>0,05$ ;  $F(2,317)=0,696, p>0,05$  değerleri elde edilmiştir. .

Sürücü özelliklerini hesaba katarak yapılacak bir model önerisinde sürücü profilinin İzmir ilinin farklı bölgelerindeki kavşaklarda değişkenlik göstermemesi önem taşımaktadır. Yapılan anket sonucunda elde edilen veriler, incelenen kavşaklarda çalışma kapsamında ele alınan özellikler açısından sürücülerin farklılık göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, yapılan anketler ve gözlemler sonucu elde edilen bilgilerin birlikte değerlendirilebileceklerini göstermektedir.

## 2.2. Başlangıç Tepki Süresi Verilerinin Toplanması

Çalışma kapsamında toplanan ikinci veri grubu, anket yapılan sürücülere ait başlangıç tepki sürelerinin ölçülmesidir. Başlangıç tepki süreleri, kuyrukta ilk sırada bulunan sürücülerle ve ikinci ve daha sonraki sıralarda yer alan sürücüler için ayrı toplanmıştır. Başlangıç tepki sürelerinin elde edilebilmesi için kavşağa birden fazla video kamera yerleştirilmiştir. Kameralardan ikisi farklı şeritlerden kavşağa giriş yapan taşıtların plakalarını okuyacak şekilde yerleştirilmiştir. İki kamera ile sinyal değişimi ve sürücülerin ilk tepkileri birlikte görülebilecek şekilde konumlandırılmıştır. Gözlemlerle eş zamanlı olarak, kavşakta her bir devre süresinde şerit başına oluşan kuyruk uzunlukları ve araç plakaları da gözlemciler tarafından toplanmıştır. Bu veriler, büro ortamında birleştirilerek sürücülere ait tepki süreleri tespit edilebilmiştir.

Tüm tepki süreleri, büroda tek bir gözlemci tarafından toplanmıştır. Başlangıç tepki süresi (veya sinyal DUR çizgisinde ilk sırada bulunan sürücüye ait reaksiyon süresi), trafik ışığının kırmızıdan yeşile döndüğü an ile sürücünün bulunduğu aracın ilk hareketini yaptığı an arasında geçen süre gözlemlenerek elde edilmiştir. Tepki sürelerinin belirlenmesinde kuyrukta bekleyen sürücünün önündeki aracın ilk hareketi kadar, sürücünün trafik ışığının yeşile dönmesi durumunda gösterdiği tepki de büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle tüm sürücülerin tepki süreleri, sinyalin yeşile dönmesinden itibaren ölçülmüş ve kuyruk sırasına göre kuyrukta arkada olan sürücünün tepki süresinden, öndeki sürücünün tepki süresi çıkarılmıştır. Yapılan incelemeler ve hesaplamalar, kuyrukta 2. sıradan itibaren bekleyen bazı sürücülerin, trafik ışığının yeşil yanmasının ardından önlerindeki araç hareket etmeden tepki verdiklerini göstermiştir. Bu sebeple bazı tepki süreleri negatif (-) olarak bulunmuştur. Bu sürücüler toplam gözlemlerin sadece %6'sını oluşturmaktadır. Anket yapılan sürücülerin başlangıç tepki sürelerine ait bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3 incelendiğinde, Lunapark kavşağındaki sürücülerin tepki sürelerinin diğer sürücülere oranla daha kısa olduğu görülmektedir. Ancak standart sapma değeri, Lunapark kavşağında diğer kavşaklara oranla daha büyüktür. En uzun tepki süreleri ise Cindersesi kavşağında

gözlemlenmiştir. Bu farklılığın, Çalışkanelli'nin [13] çalışmasında da bulunduğu gibi kırmızı süre, yaklaşım kolundaki şerit sayısı, taşıt kompozisyonu vb unsurlardan kaynaklandığı söylenebilir.

*Tablo 3. Gözlemlerden elde edilmiş olan başlangıç tepki sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler*

| Kavşak Adı Veri Grubu |                                              | Ortalama | Standart Sapma | Medyan |
|-----------------------|----------------------------------------------|----------|----------------|--------|
| Anıt                  | İlk Araçlar                                  | 1,52     | 0,65           | 1,34   |
|                       | Kuyrukta 2. sıradan itibaren yeralan araçlar | 1,22     | 0,56           | 1,17   |
| Lunapark              | İlk Araçlar                                  | 1,37     | 0,97           | 1,13   |
|                       | Kuyrukta 2. sıradan itibaren yeralan araçlar | 1,10     | 0,83           | 0,99   |
| Cinderesi             | İlk Araçlar                                  | 1,98     | 0,75           | 1,84   |
|                       | Kuyrukta 2. sıradan itibaren yeralan araçlar | 1,59     | 0,65           | 1,61   |

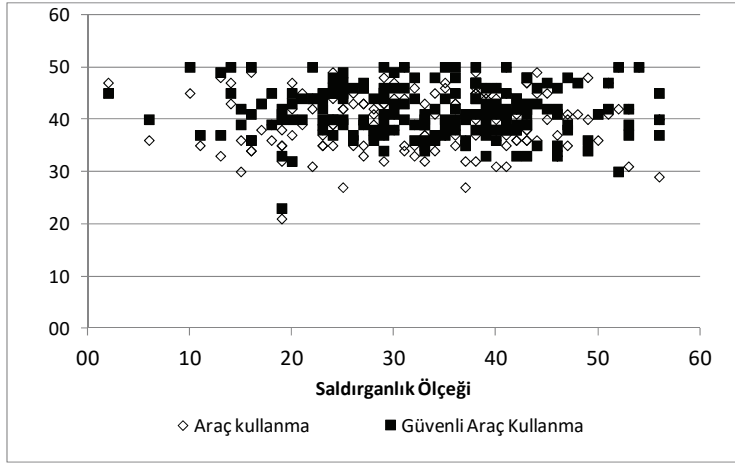
### 3. KİŞİLİK ÖLÇEKLERİ İLE KAVŞAK BAŞARIMI İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Çalışma kapsamında ulaşılmaması beklenen en önemli hedef, sürücülerin davranış özellikleri ile kavşak başarımı arasında bir ilişkinin elde edilmesidir. Bu amaçla, sürücülerin tepki süreleri bağımlı değişken olarak kabul edilmiş, sürücü davranışlarına etki edebilecek bağımsız değişkenler ise aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Sürücülerin cinsiyeti
- Sürücülerin kuyrukta bulundukları konum (veya kuyruktaki sıra numaraları)
- Sürücülük beceri envanteri
  - Araç Kullanma
  - Güvenlik
- Trafikte heyecan arama
  - Genel heyecan arama
  - Trafikte heyecan arama
  - Trafikte risk alma
- Sürücü saldırganlık düzeyi

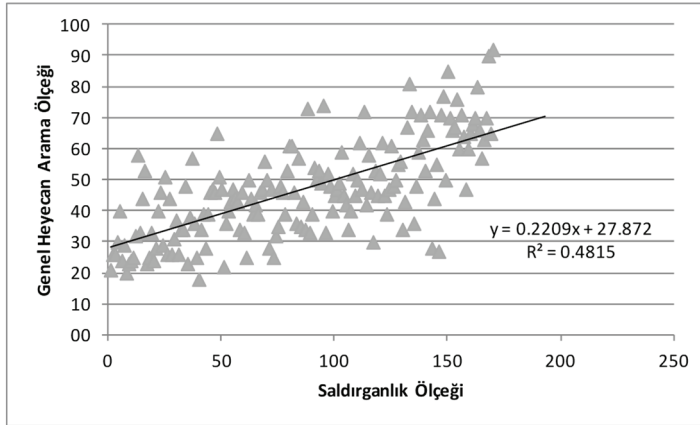
Yukarıda tanımlanan parametrelerden özellikle kişilik ölçeklerine ait parametreler arasındaki ilişki irdelenmiş, böylece modelleme aşamasında içsel bağımlılıktan kaynaklanan modelleme hataları en aza indirgenmeye çalışılmıştır.

Şekil 2'de sürücü saldırganlık düzeyi ile araç kullanma becerisi ve güvenlik parametreleri arasındaki ilişki görülmektedir. Şekil incelendiğinde, sürücülerin saldırganlık düzeyleri ile sürücülük beceri envanterleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı anlaşılmaktadır.



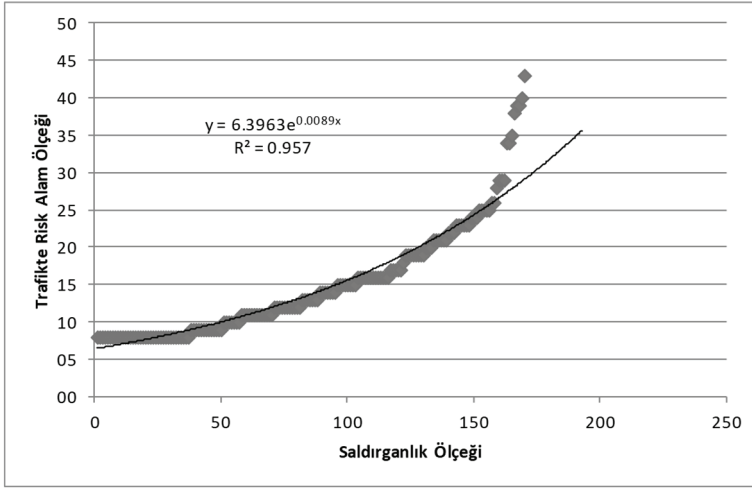
Şekil 2. Saldırganlık düzeyi ile araç kullanma becerisi ve güvenlik parametreleri arasındaki ilişki

Sürücü saldırganlık düzeyi ile trafikte heyecan arama envanteri arasındaki ilişki irdelendiğinde ise farklı bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Şekil 3'te Genel Heyecan Arama ile Saldırganlık Düzeyi arasındaki ilişki görülmektedir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi, iki parametre arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.



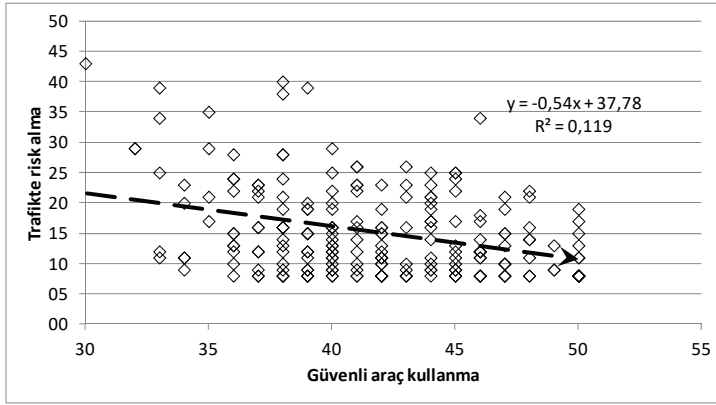
Şekil 3. Genel Heyecan Arama ile Saldırganlık Düzeyi arasındaki ilişki

Sürücülerin saldırganlık düzeyi ile trafikte risk alma ölçeği değerleri arasındaki ilişki irdelendiğinde, trafikte risk alma parametresinin büyük oranda saldırganlık düzeyine bağlı olarak değiştiği anlaşılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Sürücülerin saldırganlık düzeyi ile trafikte risk alma arasındaki ilişki

Güvenlik ölçeği ile trafikte risk alma arasındaki ilişki ise Şekil 5’te sunulmuştur. İki parametre arasında anlamlı bir ilişki olmamasına rağmen, sürücülerin güvenlik algısı arttıkça risk alma eğilimlerinin de azaldığı söylenebilir.



Şekil 5. Güvenlik ölçeği ile trafikte risk alma arasındaki ilişki

Modelleme aşamasında, Sürücülük Beceri Envanteri altında yer alan araç kullanama ve güvenlik ölçekleri, modelleme aşamasında birlikte değerlendirilmemişlerdir. Benzer şekilde Trafikte Heyecan Arama Envanteri altında yer alan genel heyecan arama, trafikte heyecan arama ve trafikte risk alma parametreleri ile, büyük oranda ilişkili oldukları saldırganlık düzeyi ölçeklerinin de aynı modelde yer almaları uygun bulunmamıştır.

Çalışma kapsamında sürücülere ait tepki süreleri ile cinsiyet, aracın kuyruktaki konumu, saldırganlık ve güvenlik ölçekleri arasında regresyon analizi kullanılarak ampirik bir bağıntı elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan ilk analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmaktadır:

Tablo 4. İlk regresyon analizi sonucu

|                                                                                     | $\beta$ | Std. Hata | t-ist  | p-değeri |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|----------|
| Kuyruktaki Sıra No                                                                  | -0,219  | 0,077     | -2,849 | 0,007    |
| Saldırganlık Ölçeği Puanı                                                           | 0,004   | 0,007     | 0,522  | 0,605    |
| Güvenlik Ölçeği Puanı                                                               | 0,035   | 0,008     | 4,153  | 0,000    |
| Cinsiyet                                                                            | 0,279   | 0,188     | 1,488  | 0,146    |
| $R^2=0,906$ SS=61,205 MS=15,301 F-değ=79,344 F-test olasılığı=3,8x10 <sup>-17</sup> |         |           |        |          |

Tablo 4 incelendiğinde, saldırganlık ve cinsiyet değişkenlerinin, sürücü tepki süresi ile anlamlı bir ilişkilerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Bu sonuç doğrultusunda regresyon analizi yenilenmiş ve Tablo 5'te sunulan değerler elde edilmiştir.

Tablo 5. İkinci regresyon analizi sonucu

|                                                                                      | $\beta$ | Std. Hata | t-ist  | p-değeri |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------|----------|
| Kuyruktaki Sıra No                                                                   | -0,231  | 0,079     | -2,912 | 0,006    |
| Güvenlik Ölçeği Puanı                                                                | 0,043   | 0,005     | 9,262  | 0,000    |
| $R^2=0,896$ SS=59,156 MS=29,578 F-değ=149,769 F-test olasılığı=3,8x10 <sup>-17</sup> |         |           |        |          |

Tablo 5'ten de görülebileceği gibi, sürücüler kuyrukta ne kadar geride bulunuyorlarsa, o oranda hızlı tepki vermektedirler. Bu, kuyruk uzunluğunun sürücü davranışları üzerindeki etkisini kanıtlayan önemli bir bulgu olarak ön plana çıkmaktadır.

Güvenlik ölçeğinin de sürücülerin tepki süresi üzerinde büyük etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Summala yapmış olduğu çalışmalarda [18, 19], "sıfır-risk" adında bir model önermiştir. Bu modele göre, sürücüler algıladıkları riski (tehlikeli olayın öznel olasılığının seviyesinin ürünü ve olayın sonuçlarının öznel önemi) sıfıra eşit olarak devam ettirme çabasındadırlar. Çalışmada, sürücülerin riskin arttığını algıladıkları durumda, riski azaltacak risk telafi mekanizmalarını devreye soktuklarını belirtmiştir (örn., düşük hız, uzak takip mesafesi vb.) [15]. Bu çalışma sonucunda da güvenlik ölçeği yüksek olan sürücülerin tepki süreleri ile güvenlik ölçeği arasındaki ilişki şu şekilde açıklanabilir:

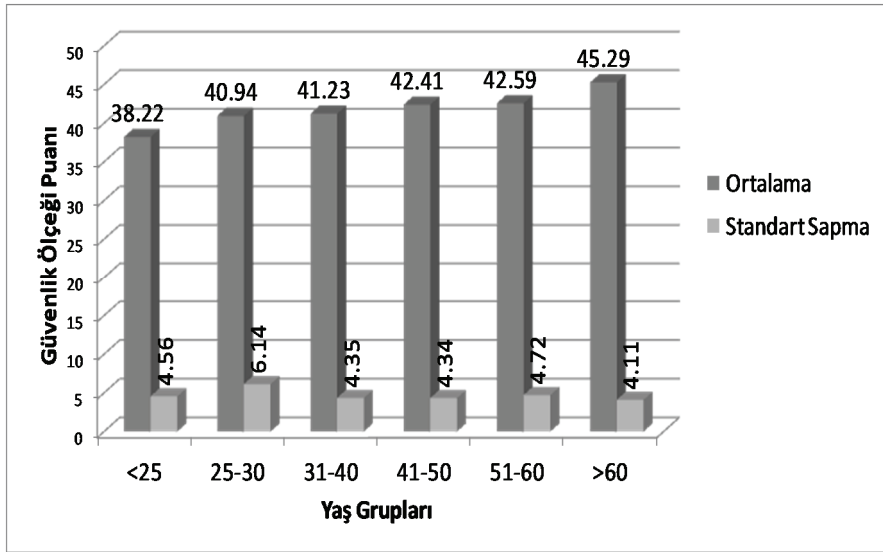
- Sinyalde güvenlik ölçeği yüksek olan ve ilk sırada bekleyen sürücüler, sinyal yeşile döndüğünde hemen harekete geçmemekte, diğer yönlerden kavşağa kural dışı giriş

yapması mümkün olan taşıt veya yayaları gözlemlemekte; böylece kaza risklerini azaltmaktadırlar.

- Sinyalde güvenlik ölçeği yüksek olan ve ikinci sıradan itibaren kuyrukta bekleyen sürücüler, önlerindeki aracın hareket etmesini beklemekte ve bir süre uzaklaştıktan sonra hareket etmektedirler.

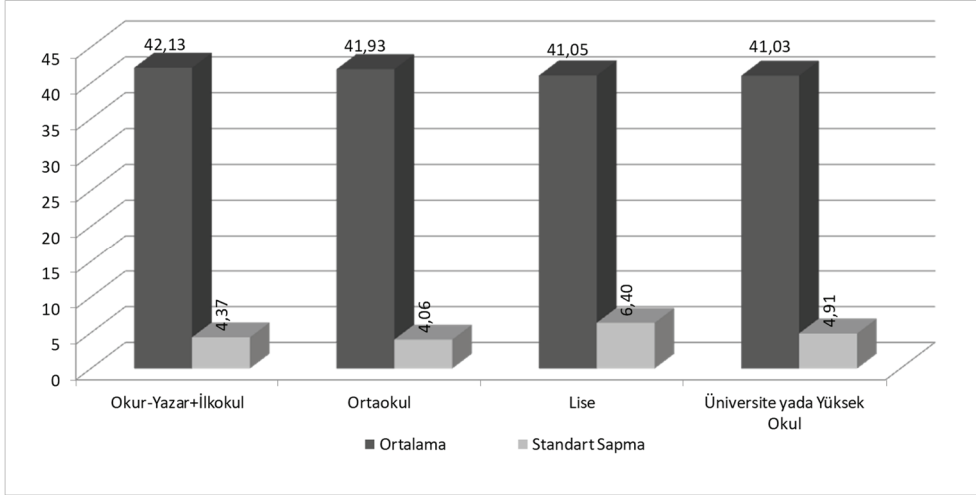
Güvenlik ölçeğinin demografik verilere göre değişimi ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar ön plana çıkmaktadır:

- Güvenlik ölçeği; sürücü yaşlandıkça artmaktadır (Şekil 6). Bu durum, yaşlanan sürücülerin tecrübelerini artmasının yanı sıra, fiziksel yeteneklerinin zaman içinde azalmasıyla da ilişkilidir. Şekil 6 incelendiğinde, 60 yaş üstü grubun güvenlik ölçek ortalamalarının diğer yaş gruplarına göre daha yüksek olduğu; ancak standart sapmalarının en düşük değere ulaştığı görülmektedir. Buna karşın 25~30 yaş aralığındaki sürücülerin güvenlik ölçeğine ait standart sapma değeri diğer gruplara oranla çok yüksektir. Bu yaş aralığının, sürücü becerilerinin değişiminin en fazla olduğu dönem olarak kabul edilebileceği anlaşılmaktadır.
- Cinsiyet farklılıkları açısından güvenlik ölçeğinin değişimi irdelendiğinde, kadın sürücülerin erkelere oranla daha yüksek bir ortalamaya sahip oldukları (kadın sürücülerin ortalaması 41,42; erkek sürücülerin ortalaması 40,66'dır); ancak standart sapma değerlerinin erkek sürücülere oranla daha yüksek olduğu (kadın sürücüler için standart sapma değeri 5,35; erkek sürücüler için 4,37'dir) bulunmuştur. Bu da kadın sürücülerin güvenli sürüş algılarının erkeklere oranla daha değişken olduğunu ortaya koymaktadır.

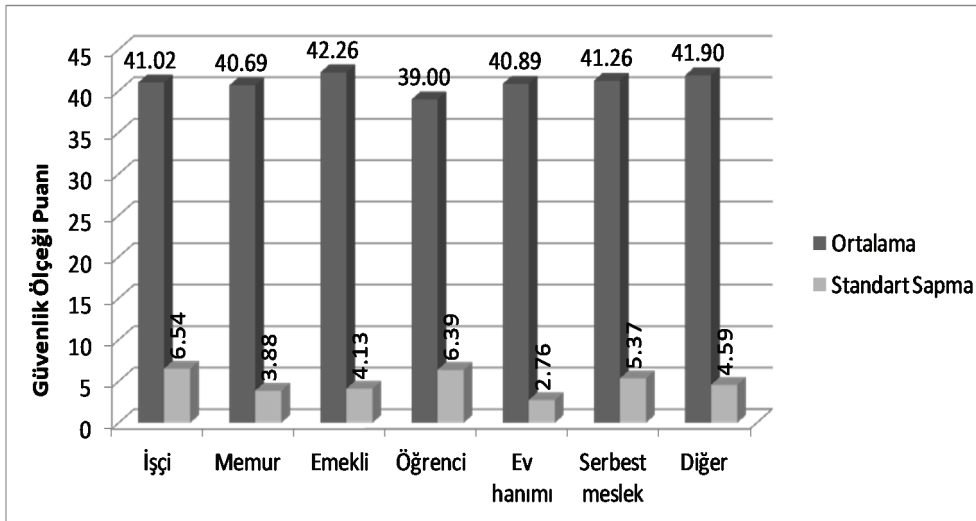


*Şekil 6. Yaş gruplarına göre güvenlik ölçeği ortalama ve standart sapmaları*

- Eğitim durumuna göre güvenlik ölçeğine ait ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 7’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, okur-yazar ve ilkokul mezunlarının güvenlik ölçeğine ait ortalamalarının yüksek olduğu, standart sapmalarının ise ortaokul mezunlarından sonra ikinci en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Lise ve üniversite veya yüksek okul mezunlarına ait grupların ortalamaları birbirine çok yakındır. Lise mezunlarının standart sapma değeri ise diğerlerine oranla çok yüksektir. Bu bulgular, eğitim seviyesi düşük olanların güvenlik ölçeğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Eğitim durumuna göre güvenlik ölçeği ortalama ve standart sapmaları



Şekil 8. Mesleklere göre güvenlik ölçeği ortalama ve standart sapmaları



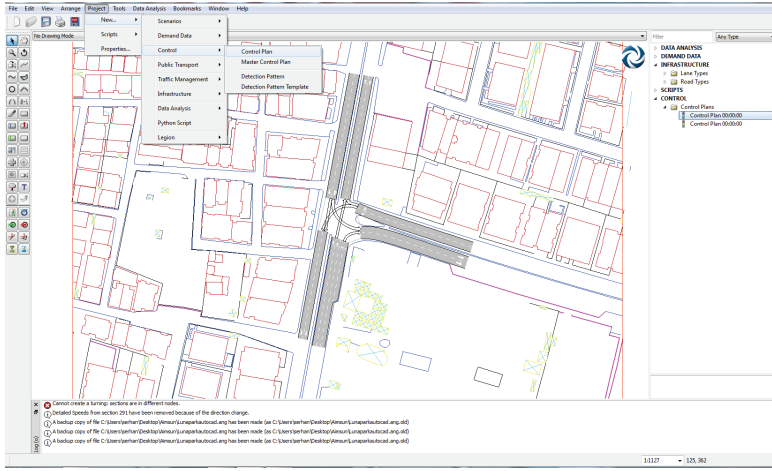
- Şekil 8’de ise meslek gruplarına göre ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde güvenlik ölçek ortalaması en düşük ve standart sapması en yüksek grubun öğrenci grubu olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek ortalama ise Emekli grubunda görülmüştür. Bu sonuçlar, yaş gruplarından elde edilen sonuçlarla da örtüşmektedir.

Yukarıdaki analizlerden çalışma kapsamındaki sürücü örnekleminin “güvenli”, “sakin” ve “temkinli” araç kullanma eğiliminde olduğunu söylemek mümkündür. Bu bulgu Lajunen ve Özkan’ın [15] bulgularıyla da uyumludur.

#### **4. SÜRÜCÜ DAVRANIŞLARINA BAĞLI SİNYALİZE KAVŞAK BAŞARIMININ DEĞİŞİMİ ÜZERİNE BİR TARTIŞMA**

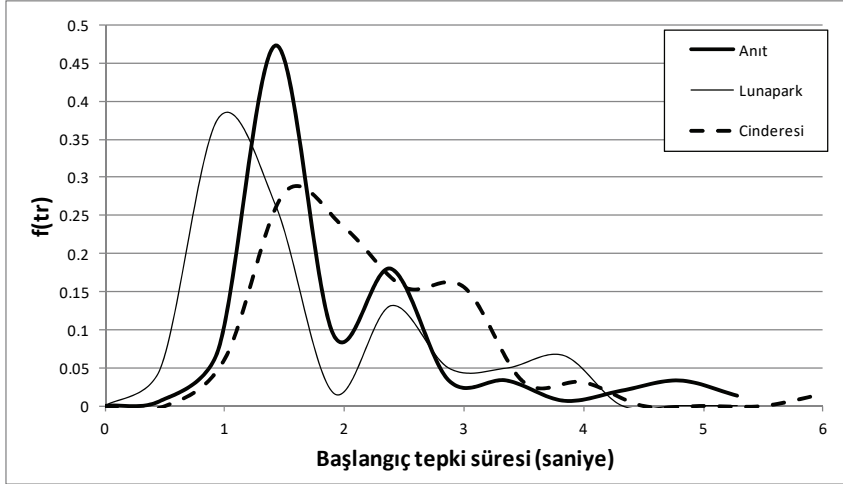
Çalışmanın bu kısmında, farklı sürücü davranışlarının kavşak başarımını nasıl etkilediği irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, AIMSUN benzetim programından yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen üç kavşağa ait AIMSUN programında benzetim modelleri hazırlanmıştır. Örnek bir program görüntüsü Lunapark Kavşağı için Şekil 9’da verilmiştir.

AIMSUN programı, sürücüler ve araçlarla ilgili detaylı veri girişine olanak tanımaktadır [20]. Bu amaçla, modellenen kavşağı kullanan taşıt karakteristiklerinin yanı sıra, her taşıta ait sürücü tepki süreleri de programa girilebilmektedir. Programda sinyalde en önde bekleyen sürücüler ile kuyrukta bekleyen diğer sürücülere ait tepki sürelerinin başlangıç kabulü olarak 1,35 saniye alınmaktadır. Ancak önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, başlangıç tepki süreleri kavşağın özelliklerine bağlı olarak değişiklikler gösterebilir. Benzetim programının ölçeklendirilmesinde her kavşak için gözlemlenmiş olan başlangıç tepki süresi dağılımları kullanılmıştır. Böylece sürücü davranışları daha sağlıklı bir biçimde modele yansıtılabilmektedir. Şekil 10’da, ilk sıradaki taşıtlara ait başlangıç tepki sürelerinin dağılımı görülmektedir.

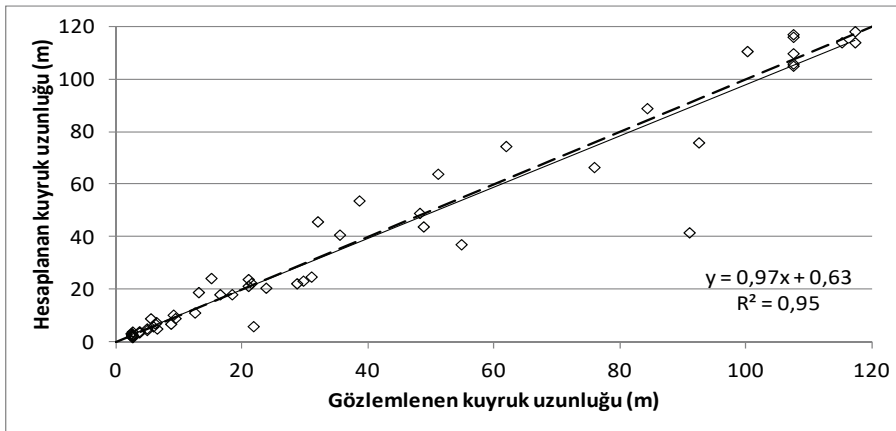


*Şekil 9. Lunapark kavşağının AIMSUN programında oluşturulmuş modeli*

Oluşturulan benzetim modellerinin uygunluğuna, kavşaktan toplanan kuyruk uzunluğu değerleri ile modelden elde edilen kuyruk uzunluğu değerleri karşılaştırılarak karar verilmiştir. Gecikme ve kuyruk uzunluğu modellerinin uygunluğunun tanımlanabilmesi için en az 15 dakikalık veri gruplarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla incelenen her üç kavşağa ait toplam 3 veri grubu elde edilmiş ve yine toplamda arazide yapılan çekim ve gözlemlerden elde edilen 31 ortalama kuyruk uzunluğu değeri ölçeklendirmenin doğruluğunun test edilmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 11’de görülmektedir. Şekil incelendiğinde gözlenen kuyruk uzunluğu verileri ile modelden elde edilen kuyruk uzunluğu değerlerinin birbirleriyle uyumlu oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 10. Anket yapılan kavşaklara ait başlangıç tepki sürelerinin olasılık yoğunluk grafiği



Şekil 11. Gözlemlenen ve AIMSUN'dan elde edilen ortalama kuyruk uzunluklarının karşılaştırılması

AIMSUN programının ölçeklendirilme sürecinden de anlaşılacağı gibi, sürücülerin tepki süreleri özellikle benzetim programlarının gerçek koşullara uygun olarak modellenmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu da sürücü kişilik ölçekleri ile sürücülere ait tepki süreleri arasında bir ilişki aranmasının doğru bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın bu kısmında sürücülerin güvenlik ölçeklerinin değişiminin kavşak başarımı üzerindeki etkisi, AIMSUN programında hazırlanmış olan bir senaryo ile tartışılmaya çalışılacaktır.

Senaryo kurgusunun, sürücü davranışlarındaki farklılıkları yansıtabilmesi için Tablo 5'te önerilmiş olan aşağıdaki bağıntının kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür:

$$t_r = -0,231 * \text{Kuyruk Sıra No} + 0,043 * \text{Güvenlik} \quad (5)$$

Bağıntıda  $t_r$ , sürücülere ait tepki süresi (saniye)'dir. Bağıntıdan, sinyalde bekleyen sürücülere ait ortalama tepki sürelerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Ancak bağıntının kullanılabilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, anket çalışması gerçekleştirilmiş olan üç kavşaktaki (Lunapark, Karşıyaka Anıt ve Cin Deresi) gönüllü sürücülere yapılmış olan anket sonuçlarından elde edilen güvenlik ölçek değerleri kullanılarak; sürücülere ait tepki süreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, iki ana grupta toplanmıştır:

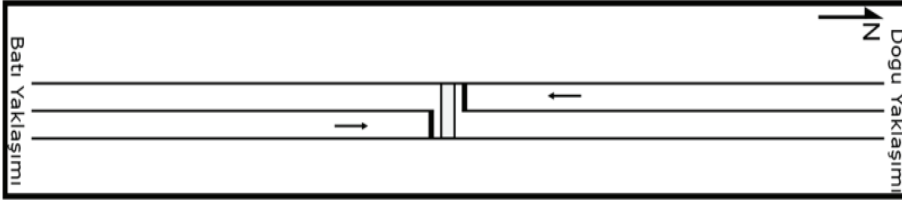
1. Sinyalde ilk sırada bulunan sürücülere ait tepki süreleri;
2. Sinyalde ikinci sıradan itibaren kuyrukta bekleyen sürücülere ait tepki süreleri.

Elde edilen veriler, anket sırasında eş zamanlı olarak toplanmış tepki süreleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Tablo 6'da görülmektedir. Tablo incelendiğinde, (5) bağıntısından elde edilen verilerin ortalamasıyla, gözlemlerden elde edilen verilerin ortalamalarının birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Diğer yandan hesap verilerinin sadece ortalama tepki sürelerinin hesaplanmasında kullanılabileceği de anlaşılmaktadır (standart sapmaların çok farklı olmalarının yanı sıra medyan, en küçük ve en büyük değerlerdeki farklılıklar da bu sonucu desteklemektedir).

Tablo 6. Gözlem verileri ile modelden elde edilen değerlerin karşılaştırılması

| Veri Grubu                            |             | Tanımlayıcı İstatistikler |       |        |       |       |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------|-------|--------|-------|-------|
|                                       |             | Ortalama                  | Sapma | Medyan | Küçük | Büyük |
| İlk araçlar                           | Gözlemlenen | 1,572                     | 0,858 | 1,360  | 0,500 | 3,900 |
|                                       | Hesaplanan  | 1,572                     | 0,212 | 1,548  | 0,777 | 1,939 |
| Kuyrukta 2. sıradan itibaren yer alan | Gözlemlenen | 1,266                     | 0,740 | 1,189  | 0,125 | 3,664 |
|                                       | Hesaplanan  | 1,282                     | 0,212 | 1,259  | 0,478 | 1,650 |

Çalışma kapsamında Şekil 12'de görülen 2x1 bir yol üzerinde yer alan bir yaya sinyali AIMSUN programında oluşturulmuştur. Analizlerde Batı Yaklaşımı'ndan gelen araçların başarımları incelenmiştir.



Şekil 12. AIMSUN programında oluşturulan trafik sinyaline ait plan

Senaryo iki aşamadan oluşmaktadır:

1. İlk sırada bekleyen sürücülere ait başlangıç tepki süreleri bağıntı (5) yardımıyla hesaplanmış; kuyrukta bekleyen diğer sürücülerin tepki sürelerinin ortalaması 1,27 saniye olarak kabul edilmiştir.
2. Sinyalde ilk sırada bekleyen sürücülerin başlangıç tepki süreleri 1,40 saniye olarak kabul edilmiştir. Sinyaldeki kuyruğun en az 4 araçtan oluştuğu kabulü ile kuyrukta bekleyen sürücülerin tepki süreleri (5) bağıntısı kullanılarak hesaplanmış; hesaplanan değerlerin ortalaması alınarak programa girilmiştir.

Senaryo kapsamında ayrıca aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Devre süresi toplam 80 saniye olup; incelenen yaklaşıma (anayola) ait yeşil süre 40 saniye olarak kabul edilmiştir.
- Trafik hacminin 0~1500 taşıt/saat/şerit aralığında değiştiği öngörülmüştür.
- Sürücülere ait güvenlik ölçeği değerleri 25~50 arasında değişmektedir.
- Sürücülere ait tepki sürelerinin 0,75 saniyeden daha az olamayacağı kabul edilmiştir (AIMSUN programı daha düşük değerleri kabul etmemektedir).

Senaryolar, her bir güvenlik aralığı ve hacim değeri için 100'er tekrar yapılarak gerçekleştirilmiş; elde edilen sonuçların ortalamaları değerlendirmelerde kullanılmıştır. Her bir tekrarda, 15 dakikalık ilk ısınma süresi (warm-up time) tanımlanmış olup benzetim programı 60 dakikalık trafik akım koşulları için çalıştırılmıştır. Senaryolarda kullanılan değerler, Tablo 7'de sunulmuştur.

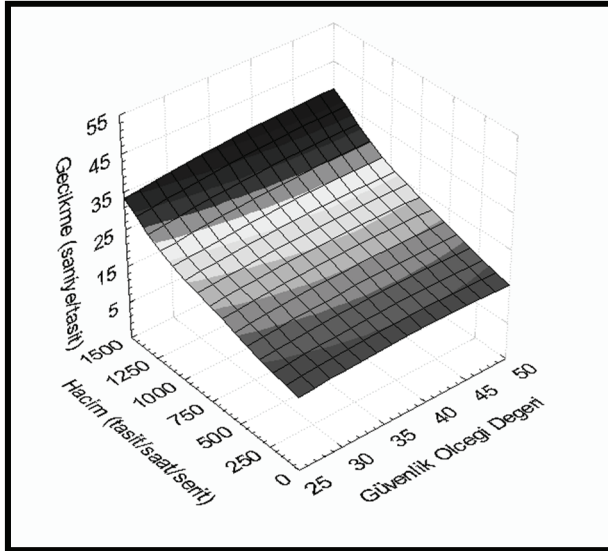
Senaryo 1'den elde edilen gecikme değerlerinin grafik gösterimi Şekil 13'te verilmiştir. Şekil incelendiğinde, güvenlik ölçeği daha düşük olan sürücülerden oluşan trafik akımının daha düşük gecikme değerleri verdiği görülmektedir. Sürücülerin güvenlik ölçeği değeri arttıkça ortalama gecikme değerleri de artmaktadır. Ancak farklı güvenlik ölçekleri için elde edilmiş olan değerlerin birbirlerine çok yakın oldukları görülmektedir.

Şekil 14'te ise Senaryo 2'ye ait ortalama gecikme değerleri kullanılarak çizilmiş olan grafik görülmektedir. AIMSUN programı, 0,75 saniyeden daha düşük tepki sürelerini dikkate almadığından, 25~35 aralığındaki güvenlik ölçek değerlerine ait sonuçlar birbirleriyle aynıdır. Ancak, sürücülere ait güvenlik ölçeği değiştikçe gecikmeler arasındaki farklar Senaryo 1'e oranla daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Özellikle bu durum güvenlik

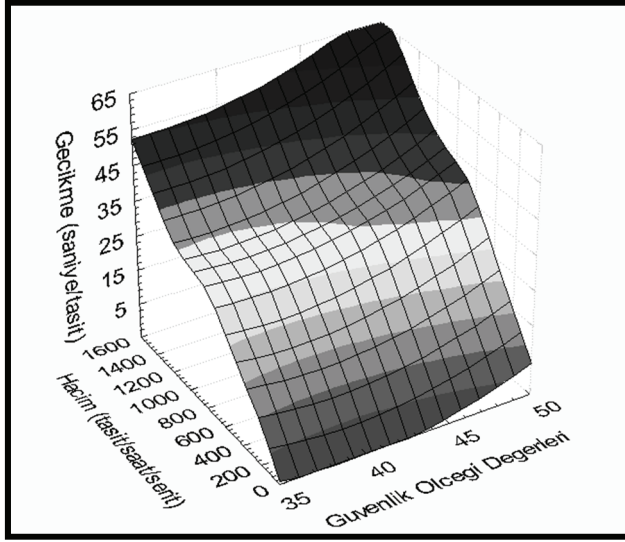
ölçeği değerinin 40'ı aşması durumunda daha açık olarak görülmektedir. Gecikme değeri yaklaşık %20 oranında artmaktadır.

Tablo 7. Senaryolarda kullanılan değerler

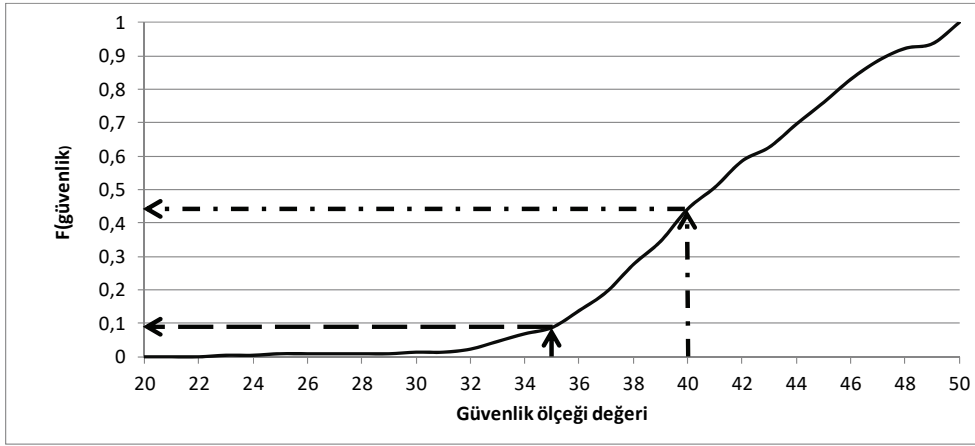
| Güvenlik<br>Ölçeği<br>Puanı | Devre<br>Süresi(sn) | Yeşil<br>Süre (sn) | Tepki Süreleri (saniye) |                    |             |                    |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------|--------------------|
|                             |                     |                    | Senaryo 1               |                    | Senaryo 2   |                    |
|                             |                     |                    | İlk Araçlar             | Kuyruktaki Araçlar | İlk Araçlar | Kuyruktaki Araçlar |
| 25                          | 80                  | 40                 | 0,86                    | 1,27               | 1,40        | 0,75               |
| 30                          |                     |                    | 1,08                    | 1,27               | 1,40        | 0,75               |
| 35                          |                     |                    | 1,29                    | 1,27               | 1,40        | 0,75               |
| 40                          |                     |                    | 1,51                    | 1,27               | 1,40        | 0,96               |
| 45                          |                     |                    | 1,72                    | 1,27               | 1,40        | 1,19               |
| 50                          |                     |                    | 1,94                    | 1,27               | 1,40        | 1,42               |



Şekil 13. Senaryo 1'den elde edilen ortalama gecikme grafikleri



Şekil 14. Senaryo 2'den elde edilen ortalama gecikme grafikleri



Şekil 15. Ankete katılan sürücülere ait güvenlik ölçeği değerlerinin olasılık dağılım fonksiyonu

Şekil 15'te, ankete katılan sürücülere ait güvenlik ölçeği değerlerinin olasılık dağılım fonksiyonunun grafiği görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi, güvenlik ölçeği değeri 35 ve daha küçük olan sürücü oranı %10'nun altındadır. Güvenlik ölçeği değeri 40 ve üstünde olan sürücüler ise tüm sürücülerin yaklaşık %55'ini oluşturmaktadır. Buna göre, bir sinyalizasyon kavşakta kuyrukta bekleyen sürücüler, yeşil ışık yandığında daha uzun tepki süreleri ile; dolayısıyla daha uzun takip aralıklarıyla kavşaktan ayrılmaktadır. Bu da, ideal doyum akım değerinin düşmesine yol açmaktadır. Çalışkanelli v.d. [21] ile Çalışkanelli ve Tanyel'in [22]

çalışmalarında yapılan gözlemler sonucunda, sinyalize kavşaklardaki ideal doygun akım değerinin yaklaşık 1720 taşıt/saat/şerit olduğu bulunmuştur. Bu değer, Amerika Birleşik Devletleri [8] ve Avustralya'da [9] kullanılan değerlerden oldukça düşüktür. Buna göre çalışmanın sonuçları, Çalışkanelli v.d. (2013) ile Çalışkanelli ve Tanyel'in (2017) çalışmalarını destekler niteliktedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, kentiçi sinyalize kavşaklardaki sürücü davranışlarının, kavşak başarımı üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, İzmir kent merkezinde yer alan üç kavşakta sürücü anketleri ile eş zamanlı tepki süresi ve kuyruk uzunluğu verileri toplanmıştır. Anketlerden elde edilen sürücü davranışlarını açıklayıcı çeşitli ölçeklerden yararlanarak özellikle sürücü tepki sürelerinin modellenmesine çalışılmıştır. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Yapılan anket sonuçları, sürücülerin %37,5'inin yüksek saldırganlık düzeyine sahip olduğunu göstermiştir. Ancak beklenenin aksine, sürücülerin başlangıç tepki sürelerinin modellenmesinde, saldırganlık ölçeğinin değil; güvenlik ölçeğinin etkin olduğu anlaşılmıştır.
- Analizler sonucunda, sürücülerin yaş ve tecrübeleri arttıkça güvenlik ölçeği puanları da artmaktadır.
- Cinsiyet açısından güvenlik ölçeğinin değişimi irdelendiğinde, kadın sürücülerin daha yüksek bir ortalamaya sahip oldukları, ancak standart sapma değerlerinin erkek sürücülere oranla daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.
- Meslek gruplarına göre güvenlik ölçek ortalaması en düşük ve standart sapması en yüksek grubun öğrenci grubu olduğu görülmüştür. En yüksek ortalama ise emekli sürücülere ait grupta olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, tecrübe arttıkça güvenlik ölçek puanının da arttığı sonucu ile örtüşmektedir.
- Sürücülere ait güvenlik ölçeği değeri arttıkça ortalama gecikme değerleri de artmaktadır. Bu, güvenli sürüş becerileri yüksek olan sürücülerin kavşağa daha dikkatli giriş yaptığı ve/veya öndeki aracı daha güvenli bir aralıkla takip ettiklerini göstermektedir. Sonuçlar, ankete katılan sürücülerin güvenlik ölçek değerlerinin yaklaşık 39~42 arasında değiştiğini göstermektedir.
- Bir kırmızı ışıkta kuyrukta bekleyen sürücülerin tepki sürelerinin, kavşak başarımında ilk sırada bekleyen sürücülerin başlangıç tepki sürelerine oranla daha fazla etkili oldukları görülmüştür.
- Benzetim programı kullanılarak yapılan analizler ise sürücülere ait güvenlik ölçeği değeri arttıkça ortalama gecikme değerlerinin de arttığını ortaya koymuştur. Bu, güvenli sürüş becerileri yüksek olan sürücülerin kavşağa daha dikkatli giriş yaptığı ve/veya öndeki aracı daha güvenli bir aralıkla takip ettiklerini göstermektedir. Diğer yandan, bu durum ideal doygun akım değerinin düşmesine de yol açmaktadır.

Farklı şehirlerde yapılacak olan anket çalışmalarının, bölgesel sürücü farklılıkları ortaya koyması bakımından yararlı bir çalışma olacaktır. Buna bağlı olarak ülkemiz sürücü

davranışlarını analiz etmeye yönelik çeşitli modellerde kullanılacak bazı temel trafik akım parametrelerinin belirlenmesinde büyük yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

### Semboller

|       |                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
| $d_a$ | : araçların hızlanma süresindeki ortalama gecikme süresi (saniye) |
| $h_n$ | : en küçük kuyruk boşalım takip aralığı (saniye)                  |
| $h_s$ | : t anındaki kuyruk boşalım takip aralığı (saniye)                |
| $m_q$ | : kuyruk boşalım akım oranı modelindeki bir parametre             |
| $m_v$ | : kuyruk boşalım hız modeline ait bir parametre                   |
| $Q_n$ | : en yüksek kuyruk boşalım akım oranı (araç/saat)                 |
| $Q_s$ | : t anındaki kuyruk boşalım akım oranı (araç/saat)                |
| $t$   | : yeşil sürenin başlangıcından itibaren geçen süre (saniye);      |
| $t_r$ | : başlangıç tepki süresi (start response time) (saniye)           |
| $t_s$ | : ise başlangıç kayıp süre (saniye)                               |
| $V_n$ | : en yüksek kuyruk boşalım hızı (km/saat)                         |
| $V_s$ | : t anındaki kuyruk boşalım hızı (km/saat)                        |

### Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik araştırma Grubu'nun desteklemiş olduğu 110M677 no.lu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- [1] Theeuwes, J., Hagenzieker, M. P. 1993, Visual search of traffic scenes: On the effect of location expectations, In A. Gale., et al (Eds.), Vision in Vehicle IV (149- 158). Amsterdam: North Holland. Thesis Department of Civil and Structural Engineering, University of Sheffield.
- [2] Owsley, C., Ball, K., Sloane, M.E., Roenker, D.L., Bruni, J. R. 1991, "Visual cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers", Psychology and Aging, 6 (3), pp. 403-415.
- [3] Bukasa, B., Wenninger, U. & Brandstatter, C. (1990), Validierung verkehrspsychologischer Testverfahren, Kleine Fachbuchreihe, 25. Austrian Road Safety Board. Vienna: Listeras edition.
- [4] Karner, T. & Neuwirth, W. (2001), Validation of traffic psychology test procedures according to driving samples, Yayınlanmamış proje ön raporu.



- [5] Smith, D. I. & Kirkham, R. W. (1982), Relationship between intelligence and driving record, *Accident Analysis & Prevention*, 14(6), pp. 439-442.
- [6] Sümer, N. & Özkan, T. (2002), Sürücü davranışları, becerileri, bazı kişilik özellikleri ve psikolojik belirtilerin trafik kazalarındaki rolleri, *Türk Psikoloji Dergisi*, 17 (50), pp. 1-22.
- [7] Amado, S., Koyuncu, M. & Kaçaroğlu, G. (2004), Güvenli sürücülüğün değerlendirilmesinde etkili olan faktörler: Sürücünün demografik özellikleri, deneyimi, kişilik özellikleri ve psiko-teknik değerlendirme, *Türk Psikoloji Dergisi*, 19(53),pp. 23-43.
- [8] Transportation Research Board (TRB)(2010), Highway capacity manual. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
- [9] Akçelik, R. ve Besley, M. & Roper, R. (1999), Fundemantal relationships for traffic flows at signalized intersections, ARRB Transportation Research Ltd., Research Report ARR 340.
- [10] Institute of Transportation Engineers. 1994. Determination of Vehicle Signal Change and Clearance Intervals, *Publication IR-073*, Washington, D.C.
- [11] Clement, S. J.; Taylor, M. A. P.; Yue, W. L. 2004. Simple platoon advancement: a model of automated vehicle movement at signalized intersections, *Transportation Research Part C*, 12, 293-320.
- [12] Li, H.; Prevedouros, P. D. 2007 Detailed observations of saturation headways and start-up lost time, Transportation Research Board of National Academies, *Journal of Transportation Research Board* 1802, 44-53.
- [13] Çalışkanelli, S. P. (2010), Sinyalizasyon sistemlerinden ayrılan araçların takip aralığı dağılımının incelenmesi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [14] Lajunen, T., & Summala, H. (1995), Driving Experience, Personality, and Skill and Safety Motive Dimensions in Drivers' Self-assessments, *Personality and Individual Differences*, 3, pp. 307-318.
- [15] Lajunen, T., & Özkan, T. (2004), Kültür, Güvenlik Kültürü, Türkiye ve Avrupa'da Trafik Güvenliği, Tubitak Proje No: SBB-3023, Ankara.
- [16] Sümer, N., Ayvaşık, H.B., Er, N. (1999-2003), Sürücü seçme ve değerlendirme için bilgisayar destekli psikoteknik test sistemi geliştirme projesi, TÜBİTAK-BİLTEN ve METEKSAN LTD. A.Ş. tarafından desteklenmiştir.
- [17] Lajunen, T., and Parker, D., "Are Aggressive People Aggressive Drivers? A Study of the Relationship Between Self-reported General Aggressiveness, Driver Anger and Aggressive Driving" *Accident Analysis and Prevention*, volume 33, p. 243-255 (2001).
- [18] Summala, H., Modeling Driver Behavior: A Pessimistic Prediction?, ed: L. Evans and R. C. Schwing , *Human behavior and traffic safety*, Plenum, New York, (1985). pp. 43-65.

- [19] Summala, H., “Risk Control Is Not Risk Adjustment: The Zero-risk Theory of Driver Behaviour and Its Implications. Special Issue: Risky Decision-making In Transport Operations” *Ergonomics*, volume 31, p. 491-506 (1988).
- [20] TSS-Transportation Simulation Systems, Aimsun 6.1 User Manual, 2005-2010.
- [21] Çalışkanelli S. P., Özuysal M, Figen C., Tanyel S, "Sinyalize Kavşaklardaki Başlangıç Tepki Süresinin İncelenmesi"10. Ulaştırma Kongresi, İzmir, 167-177, 2013.
- [22] Çalışkanelli, S.P.; Tanyel, S. Sinyalize Kavşaklarda Doygun Akım Değerinin İrdelenmesi, İMO Teknik Dergi, (Basım Aşamasında, Ocak 2018’de basılacaktır), 2017.

