

TİTREŞİM, SICAKLIK ve SES FAKTÖRLERİNİN SÜRÜCÜ PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN AĞIRLIKLANDIRILMASI ve İNCELENMESİ

Şule BEKİRYAZICI *
Recep EKEN *
Güneş YILMAZ *

Alınma: 14.10.2019; düzeltme: 22.11.2019; kabul: 26.11.2019

Öz: Günümüzde birçok insan trafik kazalarında hayatlarını kaybetmektedir. Trafik kazalarının en önemli nedeni olarak sürücülerin uykusuzluğu ve yorgunluğu gösterilmektedir. Bu nedenle sürücü performansı analizi konusunda yapılan araştırmalar büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada araç kabininde oluşan titreşim, sıcaklık ve ses gibi bozucu etkilerin sürücü performansı üzerindeki tümleşik etkisi ağırlıklandırılmış ve yorumlanmıştır. Önceki çalışmalarda yapılmış olan test sonuçlarından elde edilen sıcaklık, titreşim ve ses verileri ayrı ayrı derlenmiştir. 15 ile 40 °C arası sıcaklık, 58 ile 108 dB arası ses ve 1 ile 15 Hz arası titreşim değerlerinde sürücü göz kırpmaya frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı, araç hız değişimi ve sürücünün Karolinska Uykululuk Skalası değerlendirme verileri elde edilmiştir. Veriler bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Göz kırpmaya frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve araç hız değişimi bağımlı değişkenleri incelendiğinde, sıcaklık %55 oranla sürücü performansını en çok etkileyen parametre olarak tespit edilmiştir. Ardında titreşim %36 ve ses %9 oranlarla sürücü performansını etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürücü Performans Analizi, Bağımlı Örneklem t-Testi, Sıcaklık Etkisi, Titreşim Etkisi, Ses Etkisi.

Weighting and Investigation the Effects of Vibration, Temperature and Sound Factors on Driver Performance

Abstract: Today, many people die in traffic accidents. Insomnia and fatigue of drivers are shown as the most important cause of traffic accidents. For this reason, research on driver performance analysis is of great importance. In this study, the integrated effect of the vibration, temperature and sound parameters on the driver performance is weighted and interpreted. Temperature, vibration and sound data obtained from the test results of previous studies were compiled separately. At the temperatures between 15 and 40 ° C, sound between 58 and 108 dB and vibration values between 1 and 15 Hz, the driver's blink frequency, the distance from the center line of the vehicle, the vehicle speed change and the driver's Karolinska Sleepiness Scale evaluation data were obtained. Data were analyzed using pair sample t-test method. When the blink frequency, the amount of the vehicle moving away from the center line and the vehicle speed change dependent variables are examined, the temperature was determined as the most affecting parameter of drive performance by 55%. Subsequently, 36% of vibration and 9% of noise affect drive performance.

Keywords: Driver Performance Analysis, Pair-Sample t-Test, Temperature Effect, Vibration Effect, Sound Effect.

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa
İletişim Yazarı: Güneş YILMAZ (gunesy@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Günümüzde trafik kazaları insan hayatı için büyük bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre her yıl 1,35 milyon insan, trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmektedir (World Health Organization, 2018). Amerika Otomobil Birliği (The American Automobile Association) verilerine göre tüm kazaların %7'si ve ölümcül trafik kazalarının %21'i uykulu/yorgun kişilerin karıştığı kazalar olarak gösterilmiştir (World Health Organization, 2015). Türkiye Emniyet Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı verilerine göre ülkemizde 2019 yılında kayda geçen toplam 234.413 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 1.100 adedi ölümlü trafik kazaları olarak kayıtlara geçmiştir. Kazaların 99.220 (%42,33) adedinin sürücü kusurlarından olduğu raporlanmıştır (Emniyet Genel Müdürlüğü, 2019). İstatistikler, sürücü performansı değerlendirme sistemlerinin insan hayatı açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Sürücü performans analizi alanında yapılan son çalışmalarda, birçok araştırmacı farklı yaklaşımlarla konuyu ele alınmıştır. Bu yaklaşımlar ölçüm yöntemlerine göre 4 ayrı kategoride sınıflandırılmaktadır.

a) Bağlamsal Özelliklerin Analizi: Bağlamsal tabanlı özellikler, sürücü performansının istatistiksel yöntemler kullanılarak araştırılabileceği en etkili yöntemlerden biridir (Fu ve diğ. 2016). Bu özellikler kendi içerisinde 3'e ayrılır.

1. **Sürücü ile İlgili:** Karakteristik özellikler, uyku kalitesi, sirkadiyen ritim, fiziksel durumlar vb.
2. **Araç ile İlgili:** Gürültü, oturma konfor derecesi, sıcaklık vb.
3. **Karayolları ile İlgili:** Yol monotonluğu, araç yoğunluğu, şerit sayısı vb.

Yapılan çalışmalarda bağlamsal özelliklerin toplanabilmesi için genellikle anket yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem, kişisel değerlendirmeler bütünüdür. Sürücü yorumuna açık nitel bilgiler içermektedir.

b) Fiziksel Özelliklerin Analizi: Fiziksel tabanlı özellikler, sürücü performans analizi yöntemleri içinde en doğru ve nesnel olarak kabul edilmektedir. Bu parametreler sürücünün fizyolojik durumu hakkında doğrudan bilgi vermektedir. Bu yöntemle yapılan analizlerde, EEG (Elektroensefalografi), EMG (Elektromiyografi), EKG (Elektrokardiyogram), solunum ve diğer birçok fizyolojik sinyallerin özellikleri kullanılmaktadır (Khushaba ve diğ. 2010).

c) Performansa Bağlı Özelliklerin Analizi: Performans tabanlı özellikler, sürücünün yorgunluğunu ortaya çıkarmak için kişiyi görüntüleyerek, davranışlarındaki değişimi analiz etmektedir. Bu yöntemde sürücünün tepki süresi, göz kırpma sıklığı, göz kapatma hızı ve baş hareketleri gibi davranışları gözlemlenmektedir. Ayrıca direksiyon açısı, araç hızı, şerit sapması ve vites değiştirme gibi araç hareketleri de takip edilerek analiz desteklenmektedir (Son ve diğ. 2015).

d) Karma Özellik Analizi: Bu analizler, önceki üç yöntemin karma bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Entegre yöntemler, diğer yöntemlerin avantajlarından yararlanırken dezavantajlarından kaçınmaya çalışmaktadır. Bu nedenle literatürde yapılan birçok çalışma bu şekilde gerçekleştirilmektedir.

Literatür incelendiğinde, belirtilmiş yöntemler kullanılarak yapılan birçok çalışma vardır. Bunlardan biri, Rongrong Fu ve ekibinin 2016 yılında yapmış olduğu dinamik bir sürücü yorgunluk tespit modelidir (Fu ve diğ. 2016). Bu çalışmada, çeşitli fizyolojik ve bağlamsal bilgiler kullanılarak sürücü yorgunluğu tahmin edilmiştir. Fizyolojik veri olarak EEG, EMG ve

solunum sinyalleri kullanılmıştır. Bu sinyaller Gizli Markov Modeli kullanılarak modellenmiştir. Çalışma sonucunda sürücünün yorgunluk seviyesi dinamik olarak elde edilmiştir.

Diğer bir çalışma, Wei Zhang ve ekibinin 2014 yılında yapmış olduğu sürücü yorgunluk tanıma sistemidir (Zhang ve diğ. 2012). Burada sürücünün göz hareketleri kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Sürücünün göz kapağını kapatma yüzdesi, göz kapağı kapanma süresi, göz kırpma sıklığı, gözlerin açılma hızı gibi veriler Fisher'in doğrusal ayrışım fonksiyonları kullanılarak birleştirilmiş ve görüntü işleme yöntemleriyle analiz edilmiştir. Sürüş simülatörü deneylerinden elde edilen sonuçlara göre yorgunluk tanıma sistemi %86 doğruluk oranı ile çalışmaktadır.

Sürücü performansını etkileyen faktörler sürücünün uyku seviyesi, yorgunluk seviyesi, duygusal durumu gibi kişisel etkenler ve titreşim, sıcaklık, ses, ışık şiddeti gibi fiziksel etkenlerden oluşmaktadır (Stern ve diğ. 2019). Özellikle fiziksel etkenlerin var olduğu durumlarda performans çok fazla etkilenmektedir. Örneğin 5 Hz civarında tüm vücut titreşiminin, kalp atış hızını, kan basıncını, solunumunu etkilediği ve rapor edilen yorgunluk/dikkatsizlik seviyelerini arttırdığı gözlemlenmiştir (Kubo ve diğ. 2001). Ayrıca düşük frekanslı ses gürültüsü sürücü yorgunluğunun artmasına ve performansının azalmasına neden olmaktadır (Febriandirza, 2013). Bu sebeple literatürde fiziksel etkenlerin sürücü performansına etkisi, çalışmaların yoğun yapıldığı alanlardan biridir. Fakat yapılan çalışmalarda çoğunlukla bu parametrelerin bireysel etkisi incelenmiş olup tümleşik etkisi araştırılmamıştır.

Bu çalışmada literatürde yer alan araştırmalara dayanarak titreşim, sıcaklık ve ses gibi bozucu etkilerin sürücü performansı üzerindeki tümleşik etkisi ağırlıklandırılmış ve yorumlanmıştır.

Çalışmanın adımları şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

(i) Önceki çalışmalarda yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen sıcaklık, titreşim ve ses verileri ayrı ayrı derlenmiştir. Bu işlem sonucu 1 Hz – 15 Hz arası titreşim, 15 – 40 °C arası sıcaklık ve 58 dB – 108 dB arası ses değerlerinde sürücü göz kırpma frekansı, orta çizgiden uzaklaşma miktarı, araç hız değişimi ve sürücünün Karolinska Uykululuk Skalası değerlendirme verileri elde edilmiştir. Çalışmada titreşim, sıcaklık ve ses bağımsız değişkenler olarak alınırken, göz kırpma frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı, araç hız değişimi ve Karolinska Uykululuk Skalası verileri bağımlı değişkenler olarak alınmıştır.

(ii) Bağımlı örneklem t-testi (Pair-Sample t-Test) yöntemi kullanılarak aynı bağımlı değişkenin iki farklı sürüş durumu için (Titreşim-Sıcaklık, Sıcaklık-Ses, Titreşim-Ses) analizi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tüm bağımlı değişkenler ve tüm sürüş durumları için farklı kombinasyonlar halinde tekrar edilmiştir. Analizlerde IBM SPSS (versiyon-22) programı kullanılmıştır. Titreşim-Sıcaklık, Sıcaklık-Ses ve Titreşim-Ses durumları için, aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur.

Durum 1 (Titreşim-Sıcaklık):

Ho: Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkisizdir.

H1: Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir.

Durum 2 (Sıcaklık-Ses):

Ho: Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkisizdir.

H1: Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir.

Durum 3 (Titreşim-Ses):

Ho: Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkisizdir.

H1: Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir.

(iii) Bağımlı örneklem t-testi ile elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Tüm durumlar için bağımsız değişken ağırlıklandırılması gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Veri Seti Tanımlanması

Sürücü performansı değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalarda daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için, karma özellik analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada sürücünün hem performansına bağlı özellikleri (araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı, göz kırpma frekansı) hem de bağlamsal özellikleri (Karolinska uykululuk ölçeği) kullanılarak karma özellik analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm bağımlı değişkenler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bağımlı Değişkenler

	Bağımlı Değişkenler	Veri Toplama Ekipmanları	Birim
Sürücü Performans Ölçümleri	Araç Hız Değişimi	Sürüş Simülatörü	km / s
	Aracın Orta Çizgiden Uzaklaşma Miktarı	Sürüş Simülatörü	cm
	Göz Kırpma Frekansı	Sürüş Simülatörü	1 / dk
	Karolinska Uykululuk Ölçeği	Anket	---

2.1.1. Sıcaklık Verileri

Bu çalışmada sıcaklık parametresinin sürücü performansı üzerindeki etkisinin araştırılması için aynı koşullarda yapılmış dört çalışma bir araya getirilmiştir.

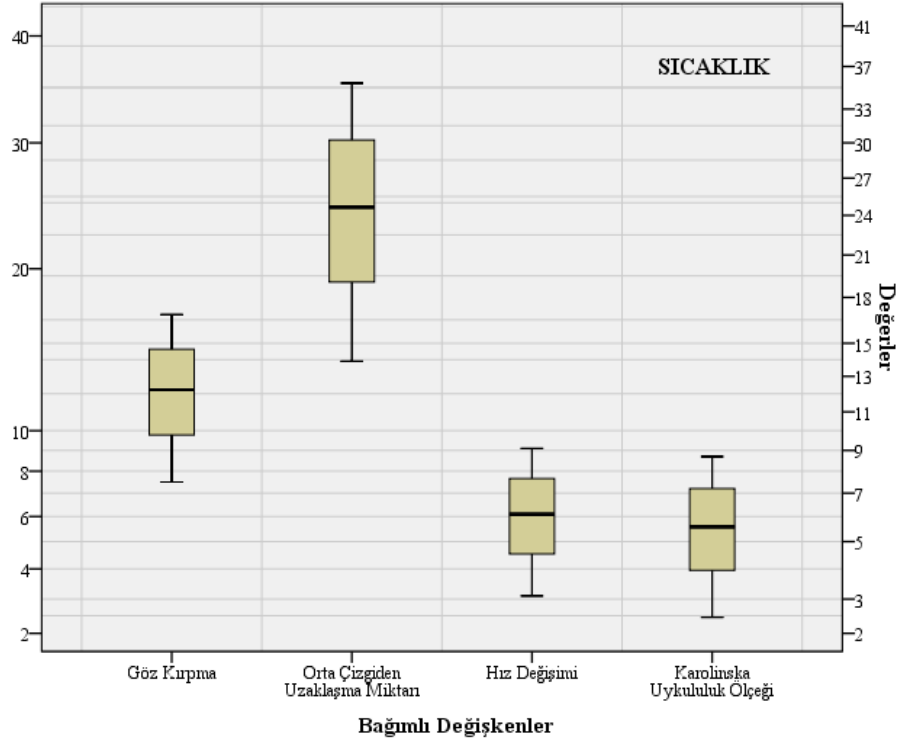
Sıcaklık ile göz kırpma frekansı değişimi verileri için referans alınan Wolkoff P. ve ekibinin 2003 yılında yapmış olduğu çalışmada, göz kırpma frekansının zihinsel faaliyetler, çalışma koşulları, ortam sıcaklığı, bağıl nem ve aydınlatma faktörleri ile ilişkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda göz kırpma frekansının ortam sıcaklığı ile ters orantılı olduğu bulgusu doğru kabul edilmiştir (Wolkoff ve diğ. 2003).

Sıcaklık ile aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı verileri için referans alınan Hein A.M Daanen ve diğerlerinin 2003 yılında yapmış olduğu çalışmada, sürücü performansının farklı termal koşullar altında değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı için araç sağ şeritte devam ederken orta çizgiden uzaklaşma miktarı cm cinsinden kaydedilmiştir. Bu ölçümler sonucunda aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ortam sıcaklığı ile doğru orantılı olduğu kabul edilmiştir (Daanen ve diğ. 2003).

Sıcaklık ile araç hız değişimi verileri için referans alınan Nazi Faisal A. Chowdhury’ nin 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada, ortam sıcaklığının sürücü performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada araç hız değişimi ve aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri farklı sıcaklık aralıklarında değerlendirilmiştir. Sıcaklık değişimi ile araç hız değişimi değerlerinin doğru orantılı olduğu gözlenmiş olup yapılan bu çalışmada bu sonucun doğru kabul edilerek işlemlere dâhil edilmiştir (Chowdhury, 2015).

Sıcaklık ile Karolinska uykululuk ölçeği değerlendirme verileri için referans alınan Ali Alahmer ve diğerlerinin 2011 yılında yapmış olduğu çalışmada araç kabinlerindeki sıcaklık değişiminin konfor ve yorgunluğa bağlı etkisi incelenmiş analiz sonuçlarında Berkeley ve Fanger modelleri kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre sıcaklık arttıkça Karolinska uykululuk ölçeği değerleri artmaktadır (Alahmer ve diğ. 2012).

Çalışmada kullanılan tüm bağımlı parametrelerin sıcaklık ile değişimi veri dağılımları Şekil-1’de kutu grafikleri ile gösterilmiştir. Burada göz kırpma frekansı değerleri 16,85-7,5 (1/dk) aralığında, aracın orta çizgiden sapma miktarı değerleri 13,9-35,4 (cm) aralığında, araç hız değişimi değerleri 3,1-9,1 (km/s) aralığında ve Karolinska uykululuk ölçeği değerleri 2,45-8,7 aralığında değişmektedir.



Şekil 1:
Bağımlı değişken verilerinin sıcaklık ile değişimi

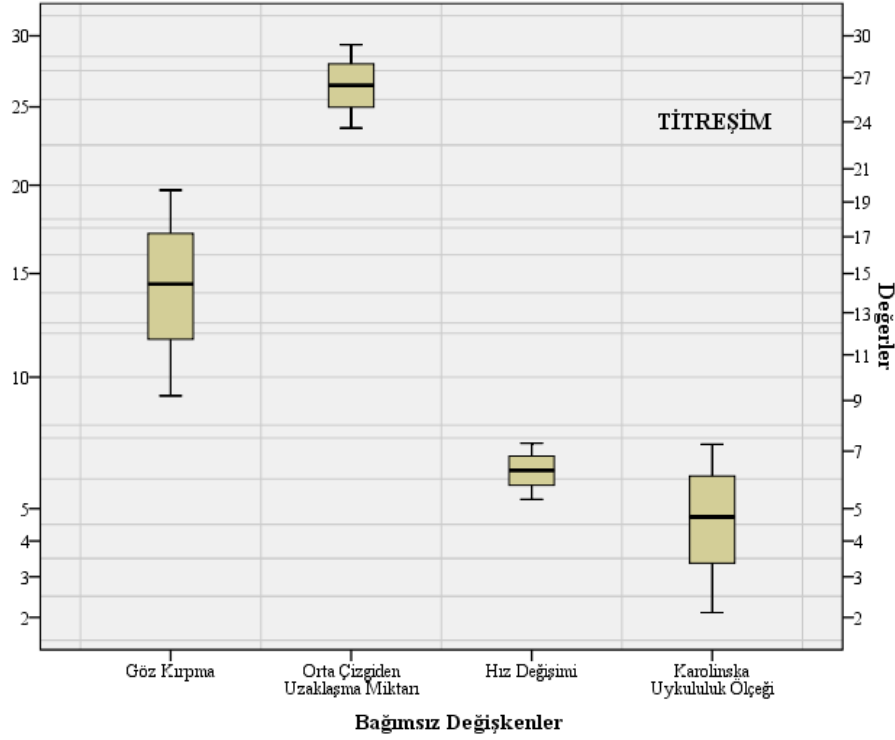
2.1.2. Titreşim Verileri

Bu çalışmada titreşim parametresinin sürücü performansı üzerindeki etkisinin araştırılabilmesi için birçok literatür araştırılması yapılmış olup benzer test koşullarına sahip olan üç çalışma referans alınmıştır.

Titreşim ile göz kırpma frekansı değişimi verileri için referans alınan Michael Ingre ve diğerlerinin 2006 yılında yapmış olduğu çalışmada sürücü performansı analizlerinde öznel uyku hali ve göz açıp-kapatma süresi incelenmiştir. Sonuçlar titreşimin göz kırpma frekansı ile ters orantılı olduğunu göstermiştir (Ingre ve diğ. 2006).

Titreşim ile aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve araç hız değişimi verileri için referans alınan Amzar Azizan ve Ratchaphon Ittianuwat 2017 yılında yapmış olduğu çalışmada 20 kişilik bir grup ayrı ayrı 20 dakikalık simülasyon sürüşü gerçekleştirmiştir. Sürücüler test esnasında gauss rastgele titreşimine maruz kalmıştır. Test periyodunda aracın orta çizgiden kayma miktarı ve araç hız değişimi değerleri kaydedilmiş olup analiz edilmiştir. Ayrıca sürücüye, Karolinska uykululuk ölçeğine göre yorgunluk değeri belirli periyotlarda sorulmuştur. Yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre titreşimin aracın orta çizgiden kayma miktarı, araç hız değişimi ve Karolinska uykululuk ölçeği verileri ile doğru orantılı olduğu kabul edilmiştir (Azizan ve Ittianuwat, 2017).

Çalışmada kullanılan tüm bağımlı parametrelerin titreşim ile değişimi veri dağılımları Şekil-2'de kutu grafikleri ile gösterilmiştir. Burada göz kırpma frekansı değerleri 19,7-9,2 (1/min) aralığında, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri 23,6-29,35 (cm) aralığında, araç hız değişimi değerleri 5,3-7,3 (km/s) aralığında ve Karolinska uykululuk ölçeği değerleri 2,11-7,26 aralığında değişmektedir.

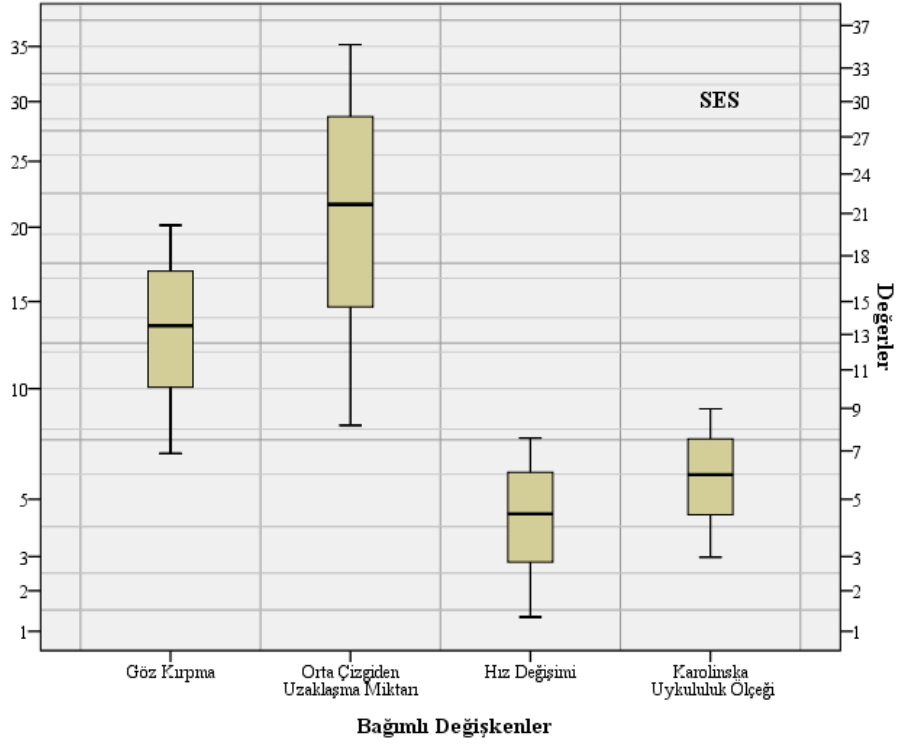


Şekil 2:
Bağımlı değişken verilerinin titreşim ile değişimi

2.1.3. Ses Verileri

Ses parametresinin sürücü performansı üzerindeki etkisini araştıran birçok çalışma yapılmış olup referans olarak Anna Anund ve diğerlerinin 2015 yılında yapmış olduğu çalışma ele alınmıştır. Bu çalışmada fon gürültüsü parametresinin sürücü performansı üzerindeki etkisinin araştırılabilmesi için birçok literatür araştırılması yapılmış olup referans olarak Anna Anund ve diğerlerinin 2015 yılında yapmış olduğu çalışma ele alınmıştır. Deneysel simülasyon veri toplama sistemi ile araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve göz kırpma frekansı ölçümleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda deney katılımcılarından her 5 dakikada bir öznel uykululuk seviyelerini belirtmesi için Karolinska uykululuk ölçeği değerleri alınmıştır. Çalışma sonucunda göz kırpma frekansı ve aracın orta çizgiden sapma miktarı değerlerinin ses şiddeti (dBA) ile ters orantılı olduğu, araç hız değişimi ve Karolinska uykululuk ölçeği değerleri ile doğru orantılı olduğunu gösteren bilgiler elde edilmiştir (Anund ve diğ. 2015).

Çalışmada kullanılan tüm bağımlı parametrelerin ses ile değişimi veri dağılımları Şekil-3'de kutu grafikleri ile gösterilmiştir. Burada göz kırpma frekansı değerleri 20,14-6,89 (1/dk) aralığında, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri 8,18-35,18 (cm) aralığında, araç hız değişimi değerleri 1,33-7,58 (km/s) aralığında ve Karolinska uykululuk ölçeği değerleri 2,95-8,98 aralığında değişmektedir.



Şekil 3:
Bağımlı değişken verilerinin ses ile değişimi

2.2. Bağımlı Örneklem t-Testi

Bağımlı örneklem t-testi, örnek verilerden hareketle ana parametreler hakkındaki hipotezlerin belirli anlamlılık düzeyinde araştırılması konularını ele almaktadır. Bu testlerde, örnek birim değerleri kullanılarak hesaplanan istatistiğin sonucuyla, ana kütle parametresinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmektedir. Farklılık varsa, bu farkın öneminin, sıfır hipotezini reddetmek için yeterli olup, olmadığına karar verilir. Söz konusu farklılığın anlamlı olması durumunda sıfır hipotez ret, aksi durumda kabul edilmektedir (Leung, 2011).

Bağımlı örneklem t-testlerinin veriler üzerinde uygulanabilmesi için, verilerin bazı temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bunlar: (1) Gözlemlerin bağımsızlığı, (2) Normallik, (3) Küresellik (Leung, 2011). Verilerin bu özelliklere sahip olması durumunda, t-test analizleri kullanılmaktadır.

Bağımlı örneklem t-testinde analiz edilecek iki veri kümesi x ve y olmak üzere, denklem (1) ile veri kümesi farklar toplamı ve denklem (2) ile veri kümesi farkları karesi toplamı ifadeleri elde edilmektedir. İki veri kümesini arasında önemli bir fark varsa, d ortalamasının sıfırdan uzak olması beklenmektedir (Shier, 2004).

$$\sum d_i = \sum_{i=1}^i (x - y) \quad (1)$$

$$\sum d_i^2 = \sum_{i=1}^i (x - y)^2 \quad (2)$$

Denklem (3)'de veri kümesinin farkları ortalaması ifadesi gösterilmektedir. Bu değer veri kümesi farklar toplamının n örnek sayısına oranı ile elde edilmektedir. Bu ifadenin standart sapması ise denklem (4)'te verilmektedir (Shier, 2004).

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n} \quad (3)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - n\bar{d}^2}{n-1}} \quad (4)$$

Analizin gerçekleşebilmesi için kullanılan t değeri denklem (5)'te elde edilmiştir. Bu değer, "hesaplanan t-değeri" olarak tanımlanmaktadır (Shier, 2004).

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} \quad (5)$$

Belirlenen hipotezler üzerinde karar verebilmek için, t-tablosundan sınır t değeri okunmalıdır. Bu değer, seçilen t anlamlılık seviyesi (p) ve df serbestlik derecesinin kesiştiği noktadır. P değeri örnek verilerden çıkan sonuçların tesadüfen meydana gelme olasılığıdır. Düşük p değeri verilerin tesadüfen oluşmadığını göstermektedir. Literatürde yapılmış birçok çalışmada p=0,05 (%5) olarak alınmaktadır. Serbestlik derecesi df=n-1 ile elde edilmektedir. Hesaplanan t-değeri, tablodan elde edilen t değerinden daha büyükse (p<0,005) boş hipotez reddedilmektedir. Hesaplanan t-değeri, tablodan elde edilen t değerinden daha küçükse (p>0,005) alternatif hipotez reddedilmektedir (Yusop, 2015).

2.3. Verilerin Ağırlıklandırılması

Bağımlı Örneklem t-testi analizleri sonucu elde edilen t-değerleri iki veri kümesi arasındaki farkın bir ölçütü olarak gösterilmektedir. T-değeri ne kadar büyük olursa, veri kümeleri arasındaki fark o kadar fazla olmaktadır. Ayrıca t-değerinin büyük olması sonuçların tekrarlanabilir olmasını sağlamaktadır (Yusop, 2015).

Bu çalışmada t-değerleri, hipotezlerin sonuçlarını ağırlıklandırmak için kullanılmıştır. Hipotez sonuçları elde edildikten sonra sıcaklık, titreşim ve ses parametreleri ilgili t değerleri ile çarpılmıştır. Ardından tüm ağırlıkların toplamı bire (1) eşitlenmiş ve her bir parametrenin yüzde değeri elde edilmiştir. Bu işlem denklem (6)'da verilmektedir.

$$f(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) = \varphi_1 x_1 + \varphi_2 x_2 + \varphi_3 x_3 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^3 \varphi_i = 1 \quad [0 \leq \varphi_i \leq 1]$$

Burada x_1 sıcaklık, x_2 titreşim ve x_3 ses verilerini temsil etmektedir. φ_1 , φ_2 ve φ_3 ise sırasıyla sıcaklık, titreşim ve fon gürültüsü ağırlıklarını göstermektedir.

2.4. Karolinska Uykululuk Ölçeği

Karolinska Uykululuk Ölçeği (Karolinska Sleepiness Scale, KSS), literatürde özel uykululuk değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ölçekte kişi 1 ile 10 değerleri arasında uykululuk seviyesi değerlendirmesini yapmaktadır (Shahid ve diğ. 2011). "1" değeri son derece uyanık anlamına gelirken, "10" değeri son derecede uykulu anlamına gelmektedir. Ölçeğe ait tüm değerler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Bağımlı Değişkenler

Ölçek Değeri	Karolinska Uykululuk Ölçeği Değerlendirmesi
1	Kişi son derece uyanık durumdadır.
2	Kişi gayet uyanık bir durumdadır.
3	Kişi uyanıktır.
4	Kişi oldukça uyanıktır.
5	Kişi ne uyanık, ne de uykulu bir durumdadır. Ara değerdir.
6	Kişide artık bazı uyuşukluk belirtileri gözlemlenmektedir.
7	Kişi uykulu, ancak uyanık kalmak için herhangi bir çabası yoktur.
8	Kişi uykulu, ancak uyanık kalmak için bazı çabalar göstermektedir.
9	Kişi çok uykuludur. Uyanık kalmak için çaba göstermektedir. Uykuyla mücadele etmektedir.
10	Kişi son derece uykuludur. Artık kendisini uyanık tutamamaktadır.

3. SONUÇLAR

3.1. Bağımlı Örneklem t-Testi Sonuçları

3.1.1. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları

Bu çalışmada performansa bağlı özelliklerden araç hız değişimi, orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve göz kırpmaya frekansı kullanılmıştır. Sıcaklık, titreşim ve ses parametreleri için bu özelliklerin değişimi önceki çalışmalardan elde edilmiştir. İlk olarak göz kırpmaya frekansı bağımlı değişkeni için Tablo 3’de belirtilen kombinasyonlar sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3. Göz kırpmaya frekansı bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Göz Kırpmaya Frekansı (1 / dk)			Hipotez Sonucu
	t	df	p	
Titreşim - Sıcaklık	1,325	25	p > 0,05	Alternatif hipotez reddedilmiştir.
Sıcaklık - Ses	-4,153	25	p < 0,05	Boş hipotez reddedilmiştir.
Titreşim - Ses	3,146	25	p < 0,05	Boş hipotez reddedilmiştir.

Titreşim ve sıcaklık parametrelerinde sürücü göz kırpmaya frekansı değerleri incelendiğinde, $t(25)=1,325$ ve $p>0,05$ değerleri elde edilmiştir. 1. durum için p değerinin 0,05 den büyük olması verilen alternatif hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve ses parametrelerinde sürücü göz kırpmaya frekansı değerleri incelendiğinde, $t(25)=-4,153$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 2. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Son olarak titreşim ve ses parametrelerinin sürücü göz kırpmaya frekansı değerleri incelendiğinde, $t(25)=3,146$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 3. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin

reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen bu üç sonucun ortak etkisi incelendiğinde, sürücü performansını en çok etkileyen parametre sıcaklık, ardından titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

Hızın standart sapması bağımlı değişkeni için Tablo 4’de belirtilen kombinasyonlar sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 4. Araç hız değişimi bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Araç Hız Değişimi (km/s)			Hipotez Sonucu
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	
Titreşim - Sıcaklık	1,334	25	$p > 0,05$	Alternatif hipotez reddedilmiştir.
Sıcaklık - Ses	9,667	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.
Titreşim - Ses	7,235	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.

Titreşim ve sıcaklık parametrelerinde araç hız değişimi değerleri incelendiğinde, $t(25)=1,334$ ve $p>0,05$ değerleri elde edilmiştir. 1. durum için p değerinin 0,05 den büyük olması verilen alternatif hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkisizdir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve ses parametrelerinde araç hız değişimi değerleri incelendiğinde, $t(25)=9,667$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 2. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Son olarak titreşim ve ses parametrelerinin araç hız değişimi değerleri incelendiğinde, $t(25)=7,235$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 3. Durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen bu üç sonucun ortak etkisi incelendiğinde, sürücü performansını en çok etkileyen parametre sıcaklık, ardından titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

Tablo 5. Aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Aracın Orta Çizgiden Uzaklaşma Miktarı (cm)			Hipotez Sonucu
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	
Titreşim - Sıcaklık	1,931	25	$p > 0,05$	Alternatif hipotez reddedilmiştir.
Sıcaklık - Ses	7,212	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.
Titreşim - Ses	3,761	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.

Aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı bağımlı değişkeni için Tablo 5’de belirtilen kombinasyonlar sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Titreşim ve sıcaklık parametrelerinde aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri incelendiğinde, $t(25)=1,931$ ve $p>0,05$ değerleri elde edilmiştir. 1. durum için p değerinin 0,05 den büyük olması verilen alternatif hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkisizdir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve ses parametrelerinde aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri incelendiğinde, $t(25)=7,212$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 2. durum için p değerinin 0,05

den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Son olarak titreşim ve ses parametrelerinin aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı değerleri incelendiğinde, $t(25)=3,761$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 3. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen bu üç sonucun ortak etkisi incelendiğinde, sürücü performansını en çok etkileyen parametre sıcaklık, ardından titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

3.1.2. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçları

Bu çalışma da bağlamsal özelliklerden Karolinska uykululuk ölçeği değerlendirmeleri kullanılmıştır. Sıcaklık, titreşim ve ses parametreleri için bu özelliklerin değişimi önceki çalışmalardan elde edilmiştir. Karolinska uykululuk ölçeği bağımlı değişkeni için Tablo 6’da belirtilen kombinasyonlar sırasıyla Bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 6. Karolinska uykululuk ölçeği değerlendirmeleri bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Karolinska Uykululuk Ölçeği Değerlendirmeleri			Hipotez Sonucu
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	
Titreşim - Sıcaklık	-3,746	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.
Sıcaklık - Ses	-5,32	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.
Titreşim - Ses	-19,853	25	$p < 0,05$	Boş hipotez reddedilmiştir.

Titreşim ve sıcaklık parametrelerinde Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde, $t(25)=-3,746$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 1. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık ve ses parametrelerinde Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde, $t(25)=-5,32$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 2. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Son olarak titreşim ve ses parametrelerinin Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde, $t(25)=-19,853$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. 3. durum için p değerinin 0,05 den küçük olması verilen boş hipotezin reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda “*Titreşim parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir*” sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen bu üç sonucun ortak etkisi incelendiğinde, sürücü performansını en çok etkileyen parametre titreşim, ardından sıcaklık ve ses olarak kabul edilmiştir.

3.2. Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması

3.2.1. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları Ağırlıklandırılması

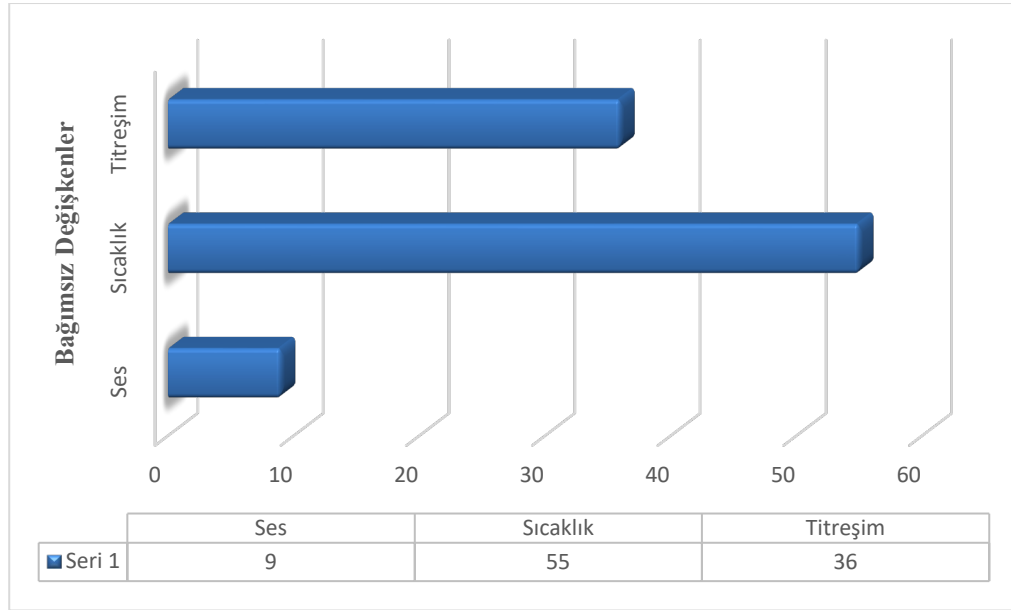
Performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda, çalışmada kullanılan üç bağımlı değişken içinde aynı sonuç elde edilmiştir. Her bir analizde sürücü performansını en çok etkileyen parametre sıcaklık, ardından titreşim ve ses olarak bulunmuştur. Çalışmada bağımsız parametrelerin ağırlıklandırılması için bağımlı örneklem t-testi yönteminden elde edilen “*t*” değerleri kullanılmıştır. Araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve göz

kırpma frekansı sonuçları için ayrı ayrı ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Performansa bağlı özellikler ile bağımsız değişken ağırlıklandırılması

Bağımsız Değişkenler	Bağımlı Değişkenler			Toplam Etki
	Araç Hız Değişimi (km/s)	Aracın Orta Çizgiden Uzaklaşma Miktarı (cm)	Göz Kırpma Frekansı (1 / dk)	
<i>Titreşim</i>	% 40.4	% 31.2	% 37.7	% 36,43
<i>Sıcaklık</i>	% 54	% 60	% 50	% 54,60
<i>Ses</i>	% 5.6	% 8.8	% 12.3	% 8,97

Araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve göz kırpma frekansı bağımlı değişkenlerinin takibi sonucu, tüm bağımsız değişkenlerin sürücü performansına yaklaşık etkisi Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4:

Bağımsız değişkenlerin sürücü performansı üzerindeki yüzdesel etkisi

3.2.2. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçları Ağırlıklandırılması

Bağlamsal özelliklerin analizleri sonucunda, sürücü performansını en çok etkileyen parametre titreşim, ardından sıcaklık ve ses olarak bulunmuştur. Karolinska uykululuk ölçeği sonuçları için ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir. Sürücü performansını; titreşim %76, sıcaklık yaklaşık %20 ve ses yaklaşık %4 oranında etkilemektedir.

Tablo 7. Bağlamsal özellikler ile bağımsız değişken ağırlıklandırılması

	Bağımlı Değişkenler
Bağımsız Değişkenler	Karolinska Uykululuk Ölçeği
<i>Titreşim</i>	%76
<i>Sıcaklık</i>	%20.2
<i>Ses</i>	%3.8

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada sıcaklık, titreşim ve ses gibi parametrelerin sürücü performansı üzerindeki ağırlıklı etkisi test edilmiştir. Çalışmada performansa bağlı özelliklerden araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma miktarı ve göz kırpma frekansı, bağlamsal özelliklerden ise Karolinska uykululuk ölçeği öznel değerlendirme verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler bağımlı örneklem t-testi yöntemi ile analiz edilmiştir. Performansa bağlı özelliklerin analiz sonuçlarına göre sürücü performansını en çok etkileyen parametre sıcaklık (%55), ardından titreşim (%36) ve ses (%9) olarak bulunmuştur. Bağlamsal özelliklerin analizleri sonucunda ise sürücü performansını en çok etkileyen parametre titreşim (%76), ardından sıcaklık (%20) ve ses (%4) olarak elde edilmiştir.

Çalışmada performansa bağlı özelliklerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar, bağlamsal özelliklerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar ile örtüşmemektedir. Performansa bağlı özelliklerin kullanılması ile elde edilen veriler nicel verilerdir. Bu değerler sürücünün yorumundan bağımsızdır. Bağlamsal özellikler sonucu elde edilen veriler ise sürücü yorumuna açık kişisel değerlendirmelerdir. Sürücü psikolojisine göre değişim gösterebildiği için hatalı değerlendirilme olasılığı yüksektir. Bu nedenle performansa bağlı özelliklerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar daha doğru olarak kabul edilmektedir. Ayrıca bu sonuçlar ile referans alınan çalışmalar arasında herhangi bir çelişki gözlenmemiştir. Elde edilen bulgulara göre araç kabinindeki (içindeki) çevresel faktörlerin sürücü performansı üzerindeki etkileri yol güvenliği ve araç tasarımı için önemli bir yere sahip olması muhtemeldir.

Bu çalışma, gelecekte yapılması hedeflenen “akıllı sürücü performans analiz sistemi” için bir altyapı hazırlamaktadır. Sistemde yolculuk esnasında sürücüyü etkileyen bozucu parametrelerin (titreşim, ses, sıcaklık, ışık şiddeti vb.) dinamik olarak elde edilmesi ve sürücüye hesaplanan değerlerin anlamlı bir şekilde geri bildirilmesi hedeflenmektedir. Sonraki çalışmada, bu çalışmanın bulguları geliştirilecek ve tümleşik sensörden alınacak dinamik veriler ile desteklenecektir.

Ayrıca çalışmada bağımlı parametre sayısının artırılması da hedeflenmektedir. Araç kabini içerisinde belirli bölgelere yerleştirilen biyosensörler yardımıyla, sürücüden fiziksel sinyaller anlık olarak alınacaktır. Elde edilen veriler, sürücü yorgunluk tespiti için bir makine öğrenmesi sisteminin eğitiminde kullanılacaktır. Bu sayede sürücü yorgunluk tespit sistemi akıllı sistem olarak tasarlanacak ve elde edilen bulgular sürüş esnasında sürücüye radyo sistemi üzerinden anlamlı mesajlar halinde bildirilecektir.

KAYNAKLAR

1. Alahmer, A. Omar, M. A. Mayyas, A. R. ve Qattawi, A. (2012) Analysis of vehicular cabins' thermal sensation and comfort state, under relative humidity and temperature control, using Berkeley and Fanger models, *Building and Environment*, 48(1), 146-163. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.08.013
2. Anund, A. Lahti, E. Fors, C. ve Genell, A. (2015) The effect of low-frequency road noise on driver sleepiness and performance, *PLoS One*, 10(4), 3123-3127. doi: 10.1371/journal.pone.0123835
3. Azizan, A. Ittianuwat, R. (2017) Effect of vibration on occupant driving performances: measured by simulated driving, *Applied Ergonomics*, 60, 348-355. doi: 10.1016/j.apergo.2016.12.020
4. Chowdhury, N. F. A. (2015) Ambient temperature effects on driving, *Procedia Manufacturing*, 3, 3123-3127. doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.860
5. Daanen, H. A. Van de Vliert, E. Huang, X. (2003) Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments, *Applied Ergonomics*, 34, 597-602. doi: 10.1016/S0003-6870(03)00055-3
6. Emniyet Genel Müdürlüğü, (2019). Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı İstatistikleri. Erişim Adresi: <http://www.trafik.gov.tr/istatistikler37> (Erişim tarihi: 14.07.2019)
7. Febriandirza, A. (2013) The effect of natural sounds and music on driving performance and physiological, *Engineering Letter*, 25(4), 455-463.
8. Fu, R. Wang, H. ve Zhao, W. (2016) Dynamic driver fatigue detection using hidden Markov model in real driving condition, *Expert Systems with Applications*, 63, 397-411. doi: 10.1016/j.eswa.2016.06.042
9. Ingre, M. Akerstedt, T. Peters, B. Anund, A. ve Kecklung, G. (2006) Subjective sleepiness simulated driving performance and blink duration: examining individual differences, *Journal of Sleep Research*, 15(1), 47-53. doi: 10.1111/j.1365-2869.2006.00504.x
10. Khushaba, R. N. Kodagoda, S. Lal, S. Ve Dissanayake, G. (2010) Driver drowsiness classification using fuzzy wavelet-packet-based feature-extraction algorithm, *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 58(1), 121-131. doi: 10.1109/TBME.2010.2077291
11. Kubo, M. Terauchi, F. Aoiki, H. ve Matsuoka, Y. (2001) An investigation into a synthetic vibration model for humans: an investigation into a mechanical vibration human model constructed according to the relations between the physical, psychological and physiological reactions of humans exposed to vibration, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27(4), 219-232. doi: 10.1016/S0169-8141(00)00052-4
12. Leung, W. S. (2011) New worlds of work: consequences of the differential effects of generational attitudes, Yüksek Lisans Tezi, Erasmus University Rotterdam, Hollanda.
13. Shahid, A. Wilkinson, K. Marcu, S. ve Shapiro, C. M. (2011) Karolinska sleepiness scale (KSS), *STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales*, New York.
14. Shier, R. (2004) Statistic: Paired t-Test, *Mathematics Learning Support Centre*.
15. Son, J. Yoo, H. Kim, S. Sohn, K. (2015) Real-time illumination invariant lane detection for lane departure warning system, *Expert Systems with Applications*, 42(4), 1816-1824. doi: 10.1016/j.eswa.2014.10.024

16. Stern, H. S. Blower, D. Cohen, M. L. Czeisler, C. A. ve diğerleri (2019) Data and methods for studying commercial motor vehicle driver fatigue, highway safety and long-term driver health, *Accident Analysis & Prevention*, 126, 37-42. doi: 10.1016/j.aap.2018.02.021
17. Wolkoff, P. Skov, P. Franck, C. ve Petersen, L. N. (2003) Eye irritation and environmental factors in the office environment--hypotheses, causes and a physiological model, *Scand J Work Environ Health*, 29,411-430. doi: 10.5271/sjweh.748
18. World Health Organization, (2015). World Health Organization Global Status Report on Road Safety 2015. Erişim Adresi: http://www.who.int/gho/road_safety/en- (Erişim tarihi: 14.07.2019)
19. World Health Organization, (2018). World Health Organization Road Traffic Injuries. Erişim Adresi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (Erişim Tarihi: 14.07.2019)
20. Yusop, H. Yeng, F. F. Jumadi, A. Mahadi, S. Ali, M. N. ve Johari, N. (2015) The effectiveness of excellence camp: a study on paired sample, *Procedia Economics and Finance*, 31, 453-461. doi: 10.1016/S2212-5671(15)01174-0
21. Zhang, W. Cheng, B. ve Lin, Y. (2012) Driver drowsiness recognition based on computer vision technology, *Expert Systems with Applications*, 17(3), 354-362. doi: 10.1109/TST.2012.6216768

