

**ARAÇLARDA SÜRÜCÜ KONFORUNU VE GÜVENLİĞİNİ
ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

Recep EKEN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARAÇLARDA SÜRÜCÜ KONFORUNU VE GÜVENLİĞİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ**

Recep EKEN

0000-0002-1963-6979

Prof. Dr. Güneş YILMAZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Recep EKEN tarafından hazırlanan “Araçlarda Sürücü Konforunu ve Güvenliğini Etkileyen Faktörlerin Karşılaştırmalı Analizi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Güneş YILMAZ

Başkan : Prof. Dr. Güneş YILMAZ
0000-0001-8972-1952
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Ersen Yılmaz
0000-0002-6620-655X
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Cemal HANİLÇİ
0000-0002-9174-0367
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

..!.....

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13/01/2021

Recep EKEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Araçlarda Sürücü Konforunu ve Güvenliğini
Etkileyen Faktörlerin Karşılaştırmalı Analizi

Recep EKEN

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Güneş YILMAZ

Son yıllarda teknolojik ilerlemelerle birçok yenilik hayatımıza girmiştir. Özellikle otomotiv sektöründe kaydedilen gelişmeler sürücünün ve yolcuların güvenliğini ve konforunu daha iyi seviyelere taşımıştır. Bu çalışma üç temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada sürücü konforu ve güvenliğini etkileyen standartlar incelenmiştir. Sürücü güvenliğine etki eden uyusukluk terimi genellikle azalmış uyanıklık durumu olarak ifade edilmiştir. Araç içi konfor sürücü ve yolcularda meydana gelen çevreye bağlı olarak öznel refah durumu veya mekanik bozulmanın olmaması olarak tanımlanmıştır. Sürücü konforunu ve güvenliğini sağlayan sistemlere genel bakış sunulmuş, günümüzde kullanılan güvenlik sistemleri sınıflandırılmış ve kısaca tanımlanmıştır.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, araç içindeki titreşim, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücünün uyusukluk ve performansına etkisi incelenmiştir. Önceden yapılmış olan sürüş simülatörü deneylerinden elde edilen araç verileri, ortam değişkenleri ve sürücü güvenliğine etki eden parametrelerin tümleşik etkileri istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Araç kabini içindeki 15-40 °C sıcaklık, 58-108 dB ses şiddeti ve 1-15 Hz titreşim verileri incelenmiştir. Belirtilen aralıklarda sürücünün göz kırpma frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, hız değişimi ve sürücünün karolinska uykululuk ölçeği verileri bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bağımlı değişkenler analiz sonucu sıcaklık faktörü %55 oranında, titreşim ve ses sırasıyla %36, %9 oranında sürücünün uyusukluğunu ve performansını etkileyen parametre olarak bulunmuştur. Tez çalışmasının üçüncü aşamasında, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcu performanslarına tümleşik etkisi ağırlıklandırılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörlerinin araç içindeki dağılımını modellemek için dört farklı senaryoda yüz yirmi dakika süren dört farklı deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler tasarlanan arayüze gerçek zamanlı aktarılmıştır. Önceden yapılmış çalışmalardaki sürüş simülatörü deneylerinden elde edilen göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk ölçeği verileri toplanmıştır. Bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak istatistiksel anlamda verilerin ilişkileri belirlenmiştir. Analizleri sonucunda sürücü ve ön yolcu için otuzuncu ve yüz yirincinci dakikalarda sıcaklık faktörü yorgunluğa baskınken altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda ses parametresinin etkisi baskın hale gelmiştir. Arka yolcular için otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirincinci dakikalarda sıcaklık faktörü daha etkinken altmışıncı dakikada ses faktörü etkin olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürücü ve yolcu güvenliği, sürücü ve yolcu konforu, sıcaklık etkisi, titreşim etkisi, ses etkisi, bağımlı örneklem t-testi.

2021, vii + 63 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

Comparative Analysis Of The Factors Affecting Driver Comfort And Safety In Vehicles

Recep EKEN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electronic Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Güneş YILMAZ

In recent years, the contribution to technology is increasing day by day. In particular, development in the automotive sector brings the safety and comfort of the driver and passengers to better levels. This study consists of three basic stages. At the first stage, standards affecting driver comfort and safety were examined. The term drowsiness that affects driver safety is generally expressed as a state of reduced alertness. In-vehicle comfort is defined as the absence of subjective well-being or mechanical deterioration in the driver and passengers, depending on the environment. An overview of the systems that provide driver comfort and safety is presented, the safety systems are classified and briefly described.

In the second stage of the thesis, vibration, temperature, and sound factors inside the vehicle on the drowsiness and performance were examined. Vehicle data from previous driving simulator experiments, environment variables, and integrated effects of parameters affecting driver safety were analyzed using statistical methods. 15-40 ° C temperature, 58-108 dB sound intensity, and 1-15 Hz vibration data in the vehicle cabin were examined. The data of the driver's blink frequency, the distance of the vehicle from the middle line, the speed change, and the karolinska sleepiness scale of the driver were analyzed using the dependent sample t-test method. As a result of the dependent variables' analysis, the temperature factor was 55%, vibration, and noise as 36% and 9%, respectively, as the parameter affecting driver's drowsiness and performance. In the third stage of the thesis, the integrated effect of temperature and sound factors on driver and passenger performances was weighted. Four different experiments were carried out in four different scenarios to model the distribution of temperature and sound factors in the vehicle, which took one hundred and twenty minutes. The data obtained is transferred to the designed interface in real-time. Blink frequency and karolinska Sleepiness Scale data from driving simulator experiments in previous studies were collected. The data's relationships in a statistical sense were determined using the dependent sample t-test method. As a result of their analysis, while the temperature factor was dominant over fatigue at the thirtieth and twentieth minutes for driver and front passenger, the effect of sound parameter became dominant in the sixtieth and ninety minutes. For rear passengers, it was observed that the temperature factor was more effective at the thirtieth, ninetieth, and one hundred and Twentieth minutes, while the sound factor was effective at the sixtieth minute.

Keywords: Driver and passenger safety, driver and passenger comfort, temperature effect, vibration effect, sound effect, dependent sample t-test.

2021, vii + 63 pages.

TEŞEKKÜR

Akademik alıŐma sűrecinde bilimsel desteęi ve deęerli dűŐnceleri ile bana çalıŐmamın her aŐamasında destek saęlayan danıŐman hocam Sayın Prof. Dr. GűneŐ YILMAZ' a saygımı ve teŐekkűrlerimi sunarım.

Hayatım boyunca hiçbir desteęini esirgemeyen sevgili aileme teŐekkűrű bir borç bilirim. Bu tez çalıŐmasının, bundan sonraki çalıŐmalara katkı saęlamasını temenni ederim.

Recep EKEN

13/01/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Kuramsal Temeller.....	4
2.1.1. Uyuşukluk, Yorgunluk, Uyanıklık ve Dikkatsizlik.....	4
2.1.2. Aktif Güvenlik Sistemleri.....	5
2.1.3. Pasif Güvenlik Sistemleri.....	8
2.1.4. Sürücü ve Yolcu Konforu.....	10
2.1.5. Titreşimin Sürücü Konforuna Etkisi.....	11
2.1.6. Sıcaklığın Sürücü Konforuna Etkisi.....	14
2.2. Biyolojik sinyallerin tanımı.....	17
2.3. Kaynak Araştırması.....	19
2.4. Tezin Konusu ve Kapması.....	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
3.1. Çalışmanın İkinci Aşamasına Ait Verilerin Açıklanması.....	29
3.1.1. Sıcaklık Verileri.....	29
3.1.2. Titreşim Verileri.....	31
3.1.3. Ses Verileri.....	32
3.2. Karolinska Uykululuk Ölçeği.....	34
3.3. Çalışmanın Üçüncü Aşamasına Ait Ölçüm Düzeninin Tanımlanması.....	34
3.3.1. Ölçüm Koşulları ve Gerçeklenmesi.....	36
3.3.2. Arayüz Tasarımı.....	38
3.4. Bağımlı Örneklem t-Testi ve Verilerin Ağırlıklandırılması.....	39
4. BULGULAR.....	42
4.1. Kapsam.....	42
4.2. Çalışmanın İkinci Aşamasına Ait Bağımlı Örneklem t-testi Sonuçları.....	43
4.2.1. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları.....	43
4.2.2. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçları.....	46
4.2.3. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması.....	47
4.2.4. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması.....	48
4.3. Çalışmanın Üçüncü Aşamasına Ait Bağımlı Örneklem t-testi Sonuçları.....	48
4.3.1. Araç İçerisindeki Sıcaklık ve Ses Dağılımının Modellenmesi.....	48
4.3.2. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları.....	49
4.3.3. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması.....	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	58
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	64

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a_n	İvme Değeri
Nt	Toplam Kare Sayısı
Na	Açık Gözlerin Sayısı
δ	Delta Dalgası
θ	Teta Dalgası
α	Alfa Dalgası
β	Beta Dalgası
γ	Gama Dalgası

Kısaltmalar	Açıklama
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
ASHRAE	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği
HVAC	Isıtma Havalandırma ve İklimlendirme
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
PMV	Tahmini Ortalama Oylamanın
PPD	Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi
OpenCV	Open Source Computer Vision
PERCLOS	Percentage of Eye Closure
HF	Yüksek Frekans
LF	Alçak Frekans
NHTSA	Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği
NVH	Gürültü – Titreşim – Sertlik
EKG	Elektrodiyagram
EMG	Elektromiyografi
EDA	Elektrodermal
EEG	Elektroensefalogram
HRV	Kalp Atış Hızı Değişikliği
FFT	Hızlı Fourier Dönüşümü
PSQI	Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi
ESS	Epworth Uykululuk Ölçeği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Aktif güvenlik elemanlarını oluşturan alt sistemler.....	8
Şekil 2.2. Trafik güvenliğine ait genel sınıflandırma.....	10
Şekil 2.3. Sürücü ve yolcu konforunu etkileyen geleneksel faktörler.....	11
Şekil 2.4. Oturma pozisyonundaki ivmelenme eksenleri.....	12
Şekil 2.5. Konforsuzluk Eğrileri	13
Şekil 2.6. Tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD), Tahmini Ortalama Oylamanın (PMV) bir fonksiyonu (ASHRAE-55, 2010).....	16
Şekil 3.1. Bağımlı değişken verilerinin sıcaklık ile değişimi.	31
Şekil 3.2 Bağımlı değişken verilerinin titreşim ile değişimi.....	32
Şekil 3.3. Bağımlı değişken verilerinin ses ile değişimi.	33
Şekil 3.4. Kabin içi sensörlerin yerleşim şeması.....	35
Şekil 3.5. Sistemin temel fiziksel şeması	36
Şekil 3.6. Araç kabineye yerleştirilen sensörler	36
Şekil 3.7. Kontrol kartı ve arayüz yazılımının detay tasarımı.....	38
Şekil 4.1. Bağımsız değişkenlerin sürücü performansı üzerindeki yüzdesel etkisi	47
Şekil 4.2. Araç içerisindeki anlık sıcaklık dağılımı	48
Şekil 4.3. Araç içerisindeki anlık ses dağılımı	49
Şekil 4.4. Sürücü ve yolcuların performans ve uyusukluk göstergesinin genel ifadesi ..	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. ASHRAE 55 Termal Duyu Ölçeği	15
Çizelge 2.2. Sürüş esnasında uyuşukluğu tespit etmek için olası yöntemlerin ve önlemlerin bir özeti ve bunların pratikte gerçekleştirilebilirliğinin yorumlanmış hali	25
Çizelge 3.1. Bağımlı Değişkenler	29
Çizelge 3.2. KSS Ölçek Tablosu.....	34
Çizelge 4.1. Göz kırpm frekansı bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	43
Çizelge 4.2. Araç hız değişimi bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	44
Çizelge 4.3. Aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	45
Çizelge 4.4. KSS değerlendirmeleri bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	46
Çizelge 4.5. Performansa bağlı özellikler ile bağımsız değişken ağırlıklandırılması	47
Çizelge 4.6. Bağlamsal özellikler ile bağımsız değişken ağırlıklandırılması	48
Çizelge 4.7. Sürücü için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	50
Çizelge 4.8. Ön yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.9. Sol arka yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları	52
Çizelge 4.10. Sağ arka yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları.....	53
Çizelge 4.11. Sürücü için bağımsız değişken ağırlıklandırılması	54
Çizelge 4.12. Ön yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması.....	55
Çizelge 4.13. Sol arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması	55
Çizelge 4.14. Sağ arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması.....	56

1. GİRİŞ

Dünya çapında trafik kazaları her yıl yaklaşık 1.3 milyon insanın ölümüne sebep olmaktadır. Ölümcül olmayan kazalarda 20 ile 50 milyon arasında insan etkilenmektedir. Kazazedelerin büyük bir kısmı 5-29 yaş grubu aralığındadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, dünyada satılan arabaların %80'i ana güvenlik standartlarına uygun olmadığı belirtilmektedir. Türkiye, ABD, Fransa, Almanya, Norveç gibi ülkeleri kapsayan toplam 37 ülkenin üyeliğinden oluşan Uluslararası Taşımacılık Forumuna göre her yıl 180.000 kişi yolda hayatını kaybetmekte ve her üç dakikada bir ortalama bir ölüm meydana gelmektedir (Anonim 2020a).

Türkiye Emniyet Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığına göre 2020 yılının Ekim ayına kadar toplam 271.287 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu trafik kazalarının 1.441 adedi ölümlü kaza olarak kayıtlara geçmiştir. Trafik güvenliği ile ilgili kurallara uyulmaması sonucu gerçekleşen toplam kaza sayısı 2.829 adet olduğu raporlanmıştır. Kayıtlara geçen veriler gösteriyor ki dikkatsiz ve/veya yorgun bir şekilde trafiğe çıkılması durumunda, yolculuğun kontrollü ve güvenli bir şekilde devam etmesi zayıflamakta veya kaybolmaktadır (Anonim 2020b).

Son yıllarda teknolojik ilerlemelerle birlikte birçok yenilik hayatımıza girmiştir. Zaman içinde estetiğin, maliyetin yanında güvenlik faktörü de önem kazanmıştır. Özellikle otomotiv sektöründe kaydedilen gelişmeler sürücünün ve yolcuların güvenliğini ve konforunu daha iyi seviyelere taşımıştır.

Avrupa Birliği (European Union), 2025'ten itibaren güvenliği ve konforu artırmak için yeni kayıtlı araçların aşağıda belirtilen özellikleri barındırmasının zorunlu olacağını ilan etmiştir;

- Gelişmiş acil durum freni (otomobiller, kamyonetler)
- Alkol kilidi kurulum kolaylığı (arabalar, kamyonetler, kamyonlar, otobüsler)
- Uyuşukluk ve hava durumu tespiti (arabalar, minibüsler, kamyonlar, otobüsler)
- Dikkat dağıtma / önleme (arabalar, minibüsler, kamyonlar, otobüsler)
- Olay (kaza) veri kaydedici (arabalar, kamyonetler, kamyonlar, otobüsler)
- Acil durdurma sinyali (arabalar, kamyonetler, kamyonlar, otobüsler)

- Tam genişlikte ön yolcu koruma çarpışma testi-geliştirilmiş emniyet kemerleri (otomobiller ve kamyonetler)
- Yayalar için kafa darbe bölgesi büyütme ve bisikletliler- çarpışma durumunda emniyet camı (arabalar ve kamyonetler)
- Akıllı hız yardımı (arabalar, minibüsler, kamyonlar, otobüsler)
- Şeritte kalma yardımı (arabalar, kamyonetler)
- Direk tarafı darbe yolcu koruması (arabalar, kamyonetler)
- Geri görüş kamerası veya algılama sistemi (arabalar, minibüsler, kamyonlar, otobüsler)
- Lastik basıncı izleme sistemi (kamyonetler, kamyonlar, otobüsler)
- Korunmasız yol kullanıcı tespiti ve uyarı aracın önü ve yanları (kamyonlar ve otobüsler)
- Hassas yol kullanıcısı, sürücü konumu (kamyonlar ve otobüsler)

Avrupa Birliği, önerilen önlemlerin 2038 yılına kadar 25.000'den fazla hayatın kurtarılmasına ve en az 140.000 ciddi yaralanmanın önlenmesine yardımcı olmasını beklemektedir. Avrupa Birliğinin 2050 yılına kadar sıfıra yaklaşan ölüm ve ciddi yaralanmaları (Hedef Sıfır, Vision Zero) uzun vadeli hedefine katkı sağlamasını planlanmıştır (Road ve Targets 2008).

Son on yılda birçok araştırmacı, farklı teknikler kullanarak sürücü izleme sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmaktadır. Doğru tespit teknikleri, beyin dalgaları, kalp atış hızı, nabız hızı ve solunum gibi fizyolojik olaylara dayandığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada sürücü konforunu ve güvenliğini tanımlayan standartlar incelenmiştir. Sürücü güvenliğine etki eden uyuşukluk terimi genellikle performans ve psiko-fizyolojik değişikliklerin eşlik ettiği uyanıklık kaybına veya direksiyon başında uyku hali ile sonuçlanabilen azalmış uyanıklık durumu olarak ifade edilmiştir. Araç içi konfor ise sürücü ve yolcularda meydana gelen çevreye bağlı olarak öznel refah durumu veya mekanik bozulmanın olmaması olarak belirtilmektedir. Çalışma, sürücü konforunu ve güvenliğini sağlayan sistemlere genel bakış sunmaktadır ve günümüzde kullanılan güvenlik sistemleri sınıflandırılmış ve kısaca tanımlanmıştır.

Tez çalışmasının devamında araç içinde oluşan titreşim, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücünün uyuşukluk ve performansına etkisi incelenmiştir. Önceden yapılmış olan sürüş simülatörü deneylerinden elde edilen araç verileri, ortam değişkenleri ve sürücü güvenliğine etki eden parametrelerin tümleşik etkileri istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Araç kabini içinde 15-40 °C arası sıcaklık, 58-108 dB arası ses şiddeti ve 1-15 Hz arası titreşim verileri incelenmiştir. Belirtilen aralıklarda sürücünün göz kırpma frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve sürücünün karolinska uykululuk ölçeğine ait öznel cevapları değerlendirilmiştir. Veriler bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak istatistiksel anlamda ilişkileri belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kuramsal Temeller

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan uyuşukluk, yorgunluk, uyanıklık ve dikkatsizlik kavramları açıklanmıştır. Araçlarda kullanılan aktif ve pasif güvenlik sistemleri, sürücü ve yolcuların konforunu etkileyen titreşim ve sıcaklık faktörleri gibi temel kavramlar hakkında bilgiler sunulmuştur. Sürücü yorgunluğunu etkileyen, biyolojik sinyaller olan elektroensefalogram (EEG), elektrodyagram (EKG), elektromiyografi (EMG) ve elektrodermal (EDA) sinyallerine genel bir bakış sunulmuş ve kullanılan verilerin alındığı önceki araştırmalara yer verilmiştir. Tezin kapsamı ve konusu hakkında izlenecek yol belirtilmiştir.

2.1.1. Uyuşukluk, Yorgunluk, Uyanıklık ve Dikkatsizlik

Bu çalışmada “uyuşukluk” terimi, genellikle performans ve psiko-fizyolojik değişikliklerin eşlik ettiği, uyanıklık kaybına veya direksiyon başında uykuya dalma ile sonuçlanabilen azalmış uyanıklık durumunu ifade etmek için kullanılmıştır. “Sürücü yorgunluğu” terimi de özellikle polis kaza raporlarında ve kaza veri dosyalarında durumu tanımlamak için yaygın olarak kullanılmakta olup bu çalışmada da aynı doğrultuda kullanılmıştır. Bununla birlikte uyuşukluğun fiziksel yorgunluktan farklı olduğunu ve “yorgunluk” yerine “uyuşukluğun” sürüşle ilgili tanımlarda kullanılması uygun olmadığı belirtilmiştir.

Bir diğer önemli ayrım “uyanıklık” ve “dikkat” arasındadır. Sürücü “uyanıklığının” gerekli olduğu varsayılır, ancak harici olaylara, uygun bir odaklanma için yeterli değildir. Bu nedenle, sürücüler uyanık olmasına rağmen dikkatsizlik devam edebilmektedir. Sürüş bağlamında, “dikkatsizlik”, bir sürücünün “zihninde gezinme”, dikkatin dağılması (aracın içinden veya dışından) veya “uygun olmayan gözetim” nedeniyle gözle görülür bir çarpışma tehdidini algılayamadığı anlamına gelmektedir. Trafik kazalarında dikkatsizlik en sık görülen temel faktör olarak kabul edilir (Najm ve ark. 1994, Treat ve ark. 1979).

2.1.2. Aktif Güvenlik Sistemleri

Aktif güvenlik sistemleri birçok farklı ek önlemler ile kaza olasılığının azaltılmasını hedeflemektedir. Bu sistemler, kaza ihtimali öncesinde kazadan korunmak için devrede olan veya devreye giren güvenlik elemanlarıdır.

Aktif güvenlik sistemlerini oluşturan birçok alt sistemler mevcuttur. Kitleme Karşıtı Frenleme Sisteminin (Ant-Lock Braking System) görevi, araç fren mesafesini kısaltmak ve tüm tekerlerdeki fren basıncını dengelemektir. Denge sağlanmadığında ani fren yapılması, tekerleklerde kilitlenmeye ve kızaklanmaya yol açmaktadır. Patinaj Engelleme Sistemi (Anti-Skid System), aracın kaygan yüzeylere sahip yollarda veya kalkış esnasında patinaj yapmasını engelleyen sistemdir. Tekerleklerde bulunan hız sensörleri, patinaj durumunu algılar ve bu durumdan çıkabilmesi için tekere iletilen torku azaltarak lastiğin çekiş limitini dengelemektedir. Elektronik Denge Programı (Electronic Stability Program), sert virajlarda oluşabilecek savrulmalarda aracın lastiklerine giden gücü değiştirerek aracın yola tutunmasını sağlayan sistemdir. Lie ve arkadaşlarının 2004 yılında yapmış olduğu çalışmada, araç kontrolünün kaybolmasından dolayı ciddi yaralanma veya ölümcül kazaların %30'dan fazlası için bu sistemin verimli olduğu gösterilmiştir. İsveç çarpışma veri analizlerine göre bu sistemin tüm araçlarda olması halinde ölümlerin %16 ile %20 arası engellenebileceği gösterilmiştir (Lie ve ark. 2004).

Elektronik Fren Kuvvet Dağıtım Sistemi (Electronic Brake Force Distribution), ön ve arka tekerleklerde oluşan fren kuvvetini düzenlemesi ve dengeli olarak tekerlere dağıtması için geliştirilmiştir. Şehir İçi Fren Desteği (City Brake Support), olası bir çarpışma algılandığında, sürücüyü uyarmasıyla birlikte olası bir çarpışmanın engellenmesini veya hafifletmesi amacıyla araç hızını azaltması için tasarlanmıştır. İleri sürüş konumunda araç hızı yaklaşık 5 km/s ile 32 km/s arasında iken, genellikle dikiz aynasına konumlandırılmış bir lazer sensörü aracın önünde başka bir araç olup olmadığını izlemeye başlamaktadır. Araçlar arasındaki hız farkı yaklaşık 15 km/s ile 32 km/s arasına geldiğinde, bir çarpışma riski oluştuğunda sistem devreye girer ve sürücü müdahalesi gerekmeksizin aracı durdurması için geliştirilmiştir (Eum ve ark. 2017).

Acil Durum Asistanı (Emergency Assist), önceden tanımlı bir zaman içerisinde sürücü müdahalesi gerçekleşmediyse devreye girer. Bu koşulda önce sürücü sesli uyarılır ve ardından görsel bir uyarıyla sürücünün dikkatini çekmeye çalışır. Sürücünden bir tepki alınmıyorsa bir fren atımı ile son kez sürücüyü uyandırmaya yani dikkatini çekmeye çalışır. Bir tepki yoksa ve şerit çizgileri okunabiliyorsa aracı otonom sürüş sistemi ile kendi şeridinde tutar. Diğer yandan aracın hızını yavaşça düşürür ve dörtlü ikazları yandırır. Böylece hareket halinde olan araçları uyaran sistem sonunda aracı mevcut şeridinde durdurarak olası bir kazayı önlemede yardımcı olur (Talamonti 2017).

Adaptif Hız Sabitleyici (Adaptive Cruise Control), genellikle 30 km/s ile 160 km/s arasında etkinleştirilebilmektedir. Bu sistem aktifken öndeki araç ile aradaki mesafeyi algılar ve gerektiği durumda aracın hızını ve aradaki mesafeyi kendisi ayarlamaktadır. Çarpışma Hazırlığı Sistemi (Pre-Crash System) devreye girdiğinde araçta var ise panoramik açılır cam tavan tam olarak kapanırken, yan camlar bir miktar açık kalacak şekilde kapatılır. Açık kalan yan camlar olası bir kaza durumunda açılan hava yastıkları nedeniyle oluşan sıcak gazların tahliyesi için kullanılır.

Dinamik Direksiyon Önerisi (Dynamic Steering Recommendation), elektronik denge programı sensörlerinden gelen bilgiye göre araç direksiyonunu doğru yönde kırılmasını yanlış yöne kırılmasından daha kolay hale getirmektedir. Bunun için elektro mekanik servo direksiyon kontrol ünitesi, savrulma ünitesinden gelen sinyale göre doğru yönde arttırırken, yanlış yönde azaltır.

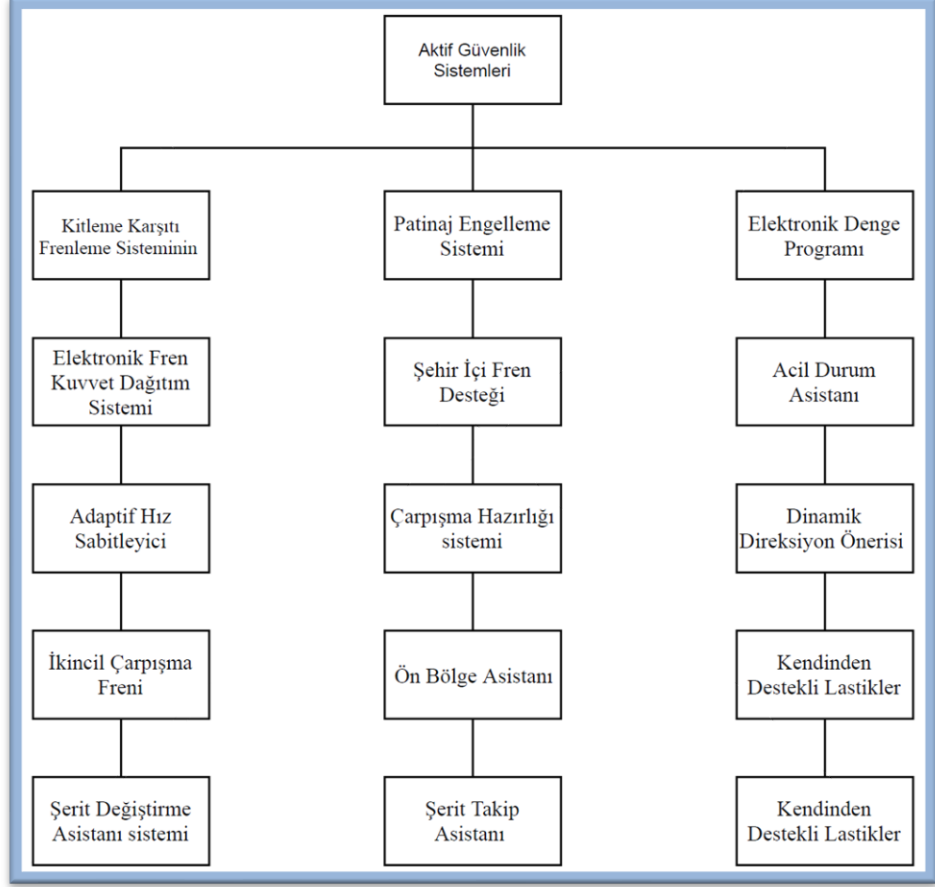
İkincil Çarpışma Freni (Multi Collision Brake), eğer çarpışma kuvveti belirli bir eşik değerini geçmişse, ilk çarpışma sonrası frenleme sistemi yardımıyla aracı frenler ve hızı 10 km/s'ye düşürür. Böylece darbenin etkisiyle hızlanan aracı yavaşlatmış olup başka bir çarpışmaya girme riski azaltılmış olur. Stephane ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada gösteriliyor ki yaralanmalı kazaların %25 ~ 30 arası ana çarpışmayı takip eden ikincil çarpışmalar da yaşanmaktadır (Kusano ve Gabler 2012).

Ön Bölge Asistanı (Front Assist), güvenli olmayan durumlarda sürücüyü koruma amaçlı olarak gerçekleştirilen ani ve kısa bir fren darbesi eşliğinde görsel ve sesli olarak uyarır. Sistem, tehlikeli bir durum tespit ettiğinde acil olarak frenlemeye hazırlanır, yani fren

balataları aracı frenlemeden önce fren disklerine yakınlaştırılır ve araçta varsa hidrolik fren asistanının tepki verme tutumu daha hassas bir şekilde kumanda etmesini sağlar. Sürücü tehlike durumunda frene yeteri kadar kuvvetle basmazsa bile Ön Bölge Asistanı fren basıncını gerekli ölçüde artırır ve aracın tehlike gerçekleşmeden önce durdurulmasını sağlamış olur. Kendinden Destekli Lastikler (Run-Flat), lastikler patlaması ve içlerindeki havanın boşalması durumunda güçlendirilmiş dış yüzeyleri sayesinde 80 km/s hızla 80 km'ye kadar yol alabilmektedir (Report ve Universiti 2016).

Şerit Değişirme Asistan Sistemi (Side Assist), şerit değişirmesi halinde karşılaşacağı olası tehlikeye karşı aracın yan dikiz aynalarına entegre edilmiş olan LED uyarı ışıklarını sabit şekilde yakarak sürücüyü uyarır. Sürücü sistemin uyarısını dikkate almadan sinyal vermesi durumunda LED ışıklar daha parlak yanıp söner ve sürücünün dikkatini çekmeye çalışır. Şerit Takip Asistanı (Lane Assist), kontrolsüz bir halde aracın şeritten ayrılması sebebiyle meydana gelen kazaların engellenmesine yardımcı olur ve sürücü ve yolcuların güvenliğini artırır. Bu sistem devreye girdiğinde sürücüyü görsel olarak uyarmasının yanı sıra direksiyonu geçici olarak kontrolünü alarak, aracı kendi şeridine doğru hafif bir şekilde yönlendirir. Sistem 65 km/s ve üzeri hızlarda devreye girerek, iç dikiz aynasında bulunan bir kamera yardımıyla kesintili ve sürekli şerit işaretlerini izlemeye başlar. Güncel araçlarda her iki şerit çizgisi de okunabildiği durumlarda, aracı şeridin tam ortasına yerleştirir ve eğer sürücünün tercih ettiği bir sürüş çizgisi varsa bunu öğrenerek aracı o çizgide tutabilir.

Şekil 2.1’ de gösterilen aktif güvenlik elemanlarını oluşturan alt sistemlerinin özet halı belirtilmektedir.



Şekil 2.1. Aktif güvenlik elemanlarını oluşturan alt sistemler

2.1.3. Pasif Güvenlik Sistemleri

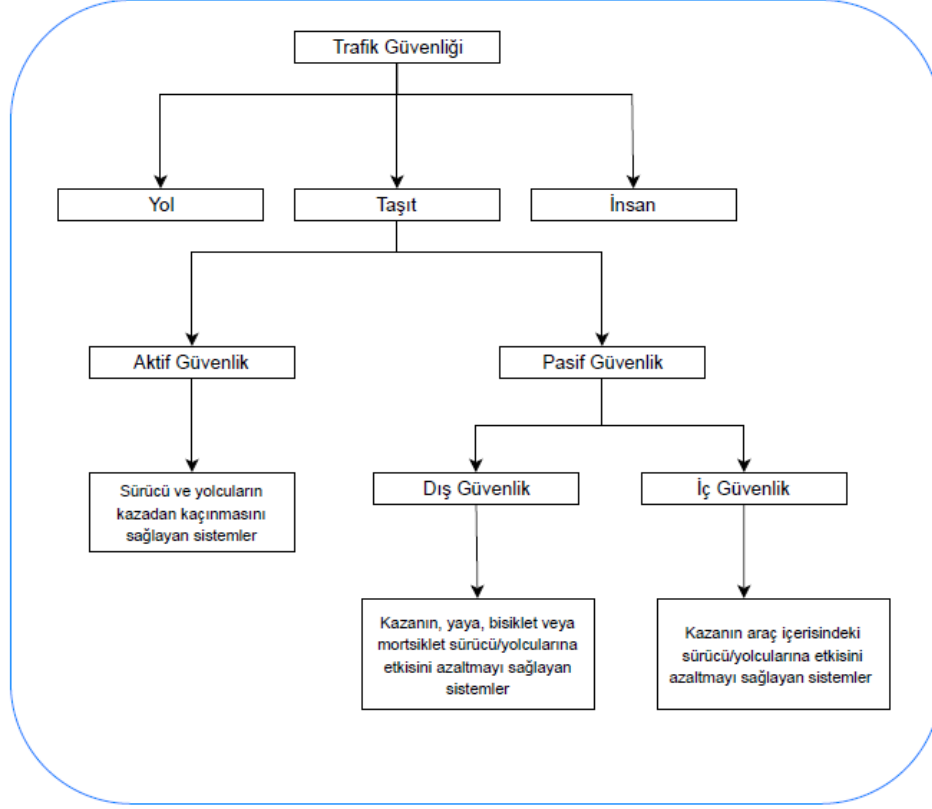
Pasif güvenlik sistemleri sürücü ve yolcuların kaza esnasında oluşabilecek zararları hafifletmek için geliştirilen sistemlerden oluşmaktadır. Kaza anında ilk temasın yapıldığı andan itibaren, çarpışma sırasında ve sonrasında kazanın sonuçlarını hafifletmeye yarayan “ikincil güvenlik teknolojisi” olarak adlandırılan sistemlerdir.

Bu sistemler birkaç temel kavram altında incelenebilir. Emniyet kemeri sistemleri (Seat belt), 1935 yılında C. L. Starth tarafından icat edilmiş ve günümüz otomobil teknolojisinde kabul görmüş en temsili ve önemli pasif güvenlik sistemlerindedir. Emniyet kemerleri kaza veya ani durma esnasında ileriye doğru oluşan eylemsizlik

kuvvetine karşı tasarlanmıştır ve yolcuların mümkün olduğunca kokpite çarpmasını veya ikinci bir çarpışmanın meydana gelmesini önlemek için çarpışmanın ürettiği enerjiyi sönmölemek ve tãmpolamak amacıyla geliştirilmiştir. Ulusal Karayolu Trafıği Güvenliği (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) verilerine göre 2017 yılında motorlu taşıt kazalarında hayatını kaybeden 37 133 kişinin %47' si emniyet kemeri takmıyordu. Emniyet kemerleri yalnızca 2017 yılında tahmini 14 955 hayat kurtardı ve 2 549 kişi emniyet kemeri takmış olsalardı kurtarılabilirdi. Aktif Gergili Emniyet Kemerleri (Active Seat Belt System), kaza sırasında hava yastığıyla birlikte çalışan bir sistemdir. Hava yastığı şişmeye başladığı esnada aktif gergili emniyet kemerini geriye çeker ve ileri doğru oluşan hareket minimum seviyede tutulur (Highway Traffic Safety Administration ve Department of Transportation 2019, Kumar ve Kumar 2020).

Hava yastıkları (Air-Bag), 1952 yılında John W. Hetrick tarafından icat edilmiş ve 21. Yüzyılda hava yastığı otomobillerde çok yaygın ve hayati bir güvenlik sistemi haline gelmiştir. Hava yastığı, yolcuların aracın iç dōřemesinden zarar görmesini önlemek için emniyet kemeriyle birlikte çalışan yardımcı pasif güvenlik sistemidir. NHTSA 1000 sürücü ölümlü vaka olan ve bu araçlarda hava yastığı ve emniyet kemeri bulunmayan bir veri seti üzerinde analizler yapmıştır. Bu analizlere göre araçlarda hava yastıkları olsaydı, önden çarpışmalarda ölümleri %12,1 oranında azaltabileceği öne sürmüştür. Bu kaza verisinde 879 ölüm olacağını, 121 hayatın kurtulacağı belirtilmiştir. NHTSA tarafından aynı veriler üzerinde yapılan başka bir değerlendirmede, kazalar esnasında araçlarda hem hava yastığı hem de emniyet kemeri ile donatılmış ve yolcular tarafından kullanılmış olsaydı, ölüm riski %42 oranında azalmış olacaktı. Bu veri setinde araçlarda hava yastığı ve emniyet kemeri olsaydı ve yolcular kemerleri bağlasaydı, 879 ölüm 510'a dūřerek 369 hayat kurtarılmış olacağını belirtmiştir (Kahane 2015, Kumar ve Kumar 2020). Pasif güvenlik sistemleri sadece araç içi sistemlerden oluşmamaktadır. Diđer unsurları olarak flüoresans yöntemi, faklı boyutları veya renkleri ile vurgulanan sınır trafik işaretleri kabul edilmektedir. Bir diğer unsur olarak E-Call sistemleri gösterilmektedir ve bu sistemler kazadan sonra etkinleştirilerek acil durumları otomatik olarak en yakın ilgili birime raporlanmasını sağlamaktadır (Mikusova 2017).

Şekil 2.2' de sürücü ve yolcu güvenliğini etkileyen sistemlerin özet hali gösterildiği bir şema belirtilmektedir.



Şekil 2.2. Trafik güvenliğine ait genel sınıflandırma

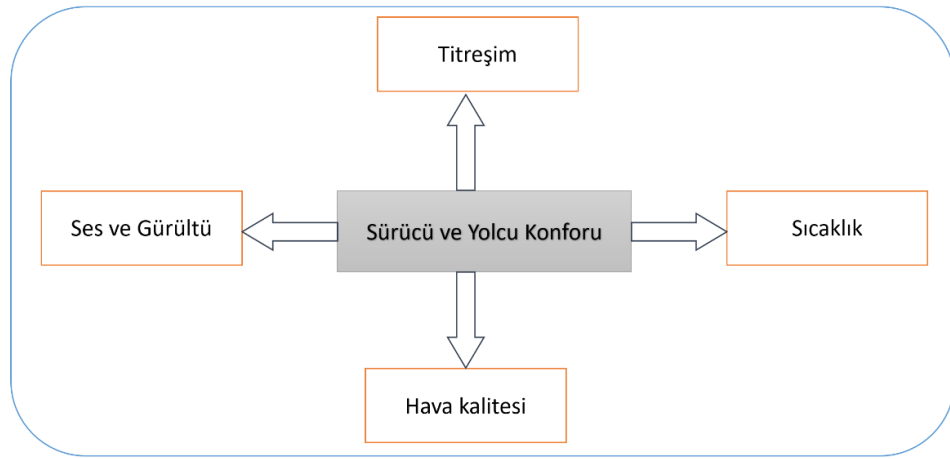
2.1.4. Sürücü ve Yolcu Konforu

ISO- 5805 standardı konfor tanımı olarak, sürücü ve yolcularda meydana gelen çevreye bağlı olarak öznel refah durumu veya mekanik bozulmanın olmaması olarak belirtilmektedir. Diğer bir yandan ise aynı aracın konforu kişiden kişiye değişmekle birlikte aynı kişinin farklı zamanlarda yaptığı değerlendirmeler arasında da fark gözlenmektedir. Sürücü ve yolcuların konfor düzeyine ilişkin görüşlerinin dayandığı etkenler, çevreyi karakterize eden fiziksel değişkenlerdir. Bu nedenle subjektif değerlendirmelerin yanında objektif değerlendirmeler aracın ilk tasarım aşamasında kullanılabilirliği de hesaplanmaktadır (Handbook 1995).

Gameiro tarafından gerçekleştirilen çalışmada önerilen bir sınıflandırmaya göre sürüş konforu üç farklı açıdan analiz edilmektedir. Bunlar;

- Titreşim, şoklar ve hızlanma ile ilgili dinamik faktörler,
- Isıl konfor, hava kalitesi, gürültü, basınç gradyanları vb. dikkate alınan ortam faktörleri,
- Sürücü ve yolcuların konumunun ergonomisiyle ilgilenen mekaniksel faktörlerdir.

Araç tasarım yaşam döngüsünde Gürültü–Titreşim–Sertlik (Noise–Vibration–Harshness, NVH) yanı sıra yol, lastikler, frenler, güç aktarma sistemi, motor gürültüsü ve rüzgâr gibi faktörler NVH çalışmalarına dahil edilmiştir. Sürücü ve yolcu konforunu etkileyen geleneksel faktörler Şekil 2.3’de gösterilmiştir. (Elbanhawi ve ark. 2015, Gameiro da Silva 2002)



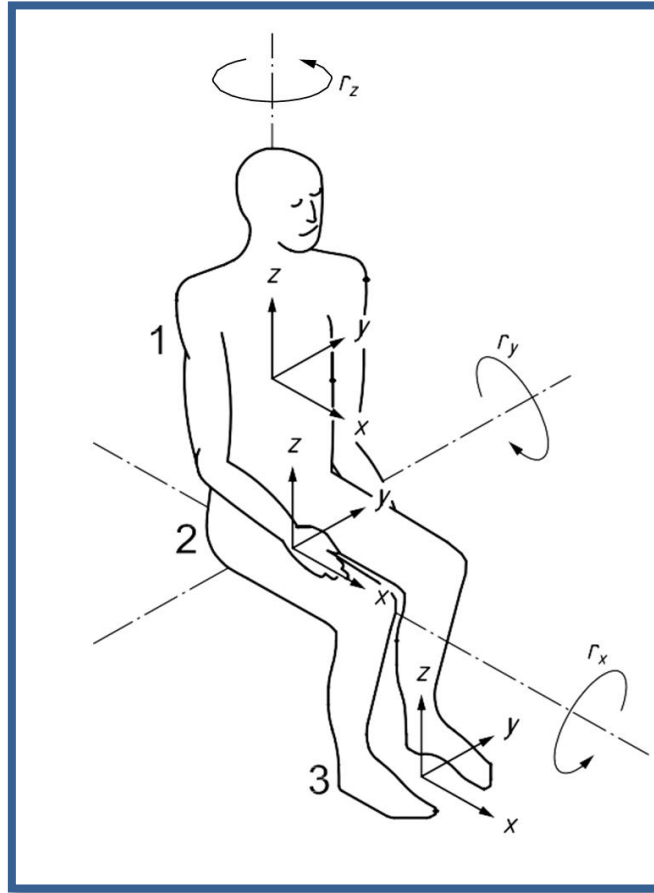
Şekil 2.3. Sürücü ve yolcu konforunu etkileyen geleneksel faktörler

2.1.5. Titreşimin Sürücü Konforuna Etkisi

Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization, ISO) tarafından tanımlanan kriterler sürüş konforu için referans alınabilir. ISO 2631-1 standardı, insan üzerine olan etkileri bakımından 0,5 Hz ile 80 Hz frekans aralığındaki titreşimleri konforsuzluk olarak nitelendirirken, yorgunluk hissi olarak ve sağlık problemleri bakımından 0,1 Hz ile 0,5 Hz frekans aralığındaki titreşimleri yol tutmasına sebep olacak şekilde sınıflandırmıştır (2631-1 1997, ISO 2018).

İlgili standart da vücut üzerine etki eden titreşimler, bir manken üzerine yerleştirilen ivme ölçerler yardımıyla değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu işlem için manken üzerine toplam 12 adet ivmeölçer yerleştirilmiştir. İvmeölçerlerin 3’ü ayak bölgesinde konumlandırılmış ve doğrusal ivmeleri ölçecek şekilde ayarlanmıştır. 6’si oturma

bölgesinde hem doğrusal hem de açısal ivmeleri ölçecek şekilde ve 3'ü de sırt bölgesinde doğrusal ivmeleri ölçecek şekilde yerleştirilmiştir. Yerleştirilen ivme ölçerlerin eksenleri Şekil 2.4'de gösterilmektedir. Sürücü yolculuk esnasında belirtilen bölgelerde (sırt, oturma yüzeyi, ve ayak) titreşimlere maruz kalmaktadır. Aracın sürüş karakteristiklerini ölçmede kullanılan ve insanların ivme değerlerine göre sürüş algılarının nicelendirilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi olan sürüş indeksi oluşturma işlemi kullanılmıştır.



Şekil 2.4. Oturma Pozisyonundaki İvmelenme Eksenleri

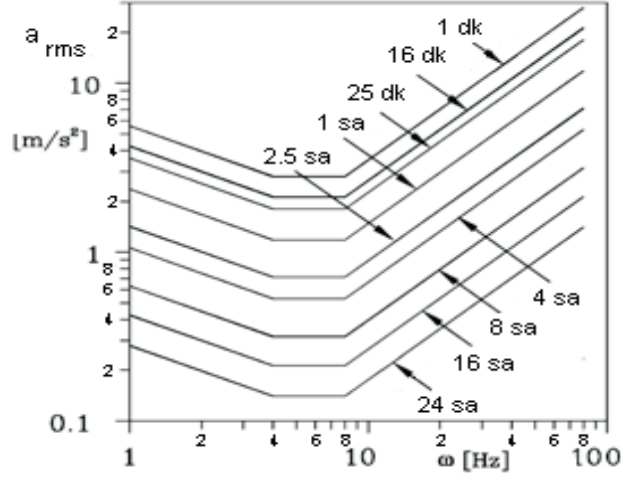
Anahtar

- | | |
|-------|---------------|
| 1 | Sırt |
| 2 | Oturma yüzeyi |
| 3 | Ayak |
| r_x | Dönme eksen |
| r_y | Eğim eksen |
| r_z | Sapma eksen |

Sürüş indeksi hesaplanırken ivme değerlerinin ortalama karekök değeri (rms) hesaplanır. n adet ivme değerine (a_1, a_2, \dots, a_n) sahip bir veride ortalama karekök değeri Denklem 2.1 'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i^2} = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2}{n}} \quad (2.1)$$

Farklı maruz kalma sürelerinde farklı rms değerleri hesaplanmış ve bu rms değerlerinin konforsuzluk üzerine olan etkileri incelemek için bir grafik oluşturulmuştur. Şekil 2.5' de konforsuzluk eğriler gösterilmiştir. Belirtilen yatay eksen frekansı, düşey eksen konforsuzluğu ve eğriler ise titreşimlere maruz kalma sürelerini belirtmektedir.



Şekil 2.5. Konforsuzluk Eğrileri

Değişen maruz kalma süreleri için oluşturulan eğriler birbirlerine benzemektedir. Bu eğrilerin minimum olduğu kısımlar yani insanların olumsuz yönde en fazla etkilendiği ve konforsuz olarak tanımlanan titreşim aralığı 4 – 8 Hz frekans aralığıdır. Şekil 2.4'de konforsuzluk eğrisi gösterilmektedir. Bunun sebebi, insan vücudunun bazı bölgelerinin doğal frekansları ile araçtan gelen titreşimlerin frekansları yakın veya eşit olmasından dolayı ortaya çıkmasıdır. Örneğin insanlarda göğüs kafesinin doğal frekans değerleri 3 – 6 Hz frekans aralığında değişmekte iken kafa ve boyun bölgesinin doğal frekansı 20 – 30 Hz aralığında değişmektedir. Ancak konforsuzluk için esas rahatsız edici durum 4 – 8 Hz arasında değişmektedir. Bunun gibi rezonans frekanslara maruz kalan insanlarda yol tutması gibi çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Titreşim frekansının bu aralıkta olması sürüş konforu açısından en kötü durum olarak belirtilmektedir. Dolayısıyla konforu

arttırmak için titreşim frekansları 15 – 20 Hz gibi yüksek tutulmaya çalışılmakta ya da 4 Hz 'den düşük tutulmaya çalışılmaktadır.

2.1.6. Sıcaklığın Sürücü Konforuna Etkisi

Sıcaklık faktörünün sürücü ve yolcular üzerindeki etkisini incelemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. İnsan metabolizmasında üretilen ısının dağılmasına izin verildiğinde termal nötrlük korunur, böylece çevre ile termal denge sağlanmış olur. Termal konforu etkileyen ana faktörler, ısı kazancını ve kaybını belirleyen faktörlerdir. Bu faktörler, metabolik hız, giysi yalıtımı, hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, hava hızı ve bağıl nem olarak tanımlanmaktadır. Bireysel beklentiler gibi psikolojik parametreler de termal konforu etkilemektedir. Termal konfor sıcaklığı, bireylerin durumu, aktivite seviyesi, giyim ve nem gibi faktörlere bağılı olarak büyük ölçüde değişmektedir.

Araç içerisindeki hava terminal cihazları, artan hava hızı ile koşullandırılmış havayı doğrudan yolcuya yaymaktadır. Ortalama hava sıcaklığı artmasına rağmen, hava hızındaki artış, termal konforun elde edilmesinde fayda sağlamaktadır. Buna göre, kişiselleştirilmiş havalandırmalar, kapalı alanda bulunan kişilerin memnuniyetsizliğine neden olmadan enerji tasarrufu sağlamaktadır. Araç içi klima sistemi, nozül konumu ve hava akışı dağıtımı için ideal koşullar altında geleneksel ısıtma havalandırma ve iklimlendirmelerin (Heating Ventilating and Air Conditioning, HVAC) %30 ile %50 oranında daha az hava akışı sağladığı tespit edilmiştir (Oh ve ark. 2014).

Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği'nin (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) önerdiği standart kapalı alanların ve bunların ısıtma havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin tasarımında, işletmeye alınmasında ve test edilmesinde ve termal ortamların değerlendirilmesinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Standardın amacı, kapalı ortamda bulunanların çoğunluğu için kabul edilebilir termal çevre koşulları oluşturacak iç mekân termal çevre faktörleri ve kişisel faktörlerin kombinasyonlarını belirlemektir. Ele alınan çevresel faktörler sıcaklık, termal radyasyon, nem ve hava hızıdır; kişisel faktörler aktivite ve giyim ile ilgilidir. Kapalı ortamdaki konfor karmaşık olduğundan ve ele alınan tüm faktörlerin etkileşimine yanıt verdiğinden, bu standarttaki tüm kriterlerin birlikte uygulanması amaçlanmıştır. Termal konfor için koşullar tanımlanırken ele alınması

gereken altı ana faktör belirlenmiştir ve aşağıda listelenmiştir:

1. Metabolizma hızı
2. Kıyafet izolasyonu
3. Hava sıcaklığı
4. Radyant ısı
5. Hava hızı
6. Nem

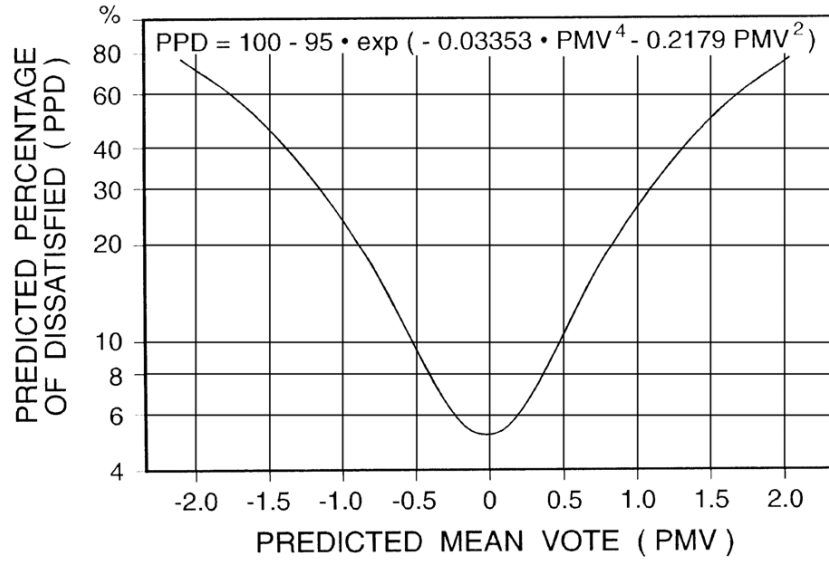
Çalışma sıcaklığı, verilen nem, hava hızı, metabolik hız ve giysi yalıtımı değerleri için bir konfor bölgesi belirlenmiştir. Konfor bölgesi, kabul edilebilir termal çevre koşulları sağlayan bir dizi çalışma sıcaklığı veya insanların termal olarak kabul edilebilir bulunduğu hava sıcaklığı ve ortalama radyant ısı kombinasyonları cinsinden tanımlanmaktadır. Literatürde kabul edilen ASHRAE termal duyu ölçeği, insanların termal hissini ölçmede kullanmak için aşağıda verilen Çizelge 2.1’de tanımlanmıştır (Turner ve ark. 1979).

Çizelge 2.1 ASHRAE 55 Termal Duyu Ölçeği

Termal Duyu Ölçeği	Termal His
+3	Sıcak
+2	Ilık
+1	Biraz ılık
0	Nötr
-1	Biraz serin
-2	Serin
-3	Soğuk

Konfor bölgesi, Tahmini Ortalama Oylamanın (Predicted Mean Vote, PMV) Şekil 2.6’de belirtilen, önerilen sınırlar içinde olduğu termal konfor için altı temel faktörün birleşimiyle tanımlanır. Tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi (Predicted percentage dissatisfied, PPD) endeksi, Denklem 2.2’de tanımlandığı gibi PMV ile ilgilidir. Termal duyum ölçeğinde +2, +3, -2 veya -3 oyu veren kişilerin memnun olmadığı varsayımına ve PPD’nin nötr bir PMV etrafında simetrik olduğu basitleştirmesine dayanmaktadır.

$$PPD = 100 - 95 * e^{-0.03353*PMV^4 - 0.2179*PMV^2} \quad (2.2)$$



Şekil 2.6. Tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD), Tahmini Ortalama Oylamanın (PMV) bir fonksiyonu (ASHRAE-55, 2010)

PMV modeli, söz konusu hava sıcaklığı ve ortalama radyant ısısının yanı sıra uygulanabilir metabolik hız, giysi yalıtımı, hava hızı ve nem ile hesaplanmaktadır. Model tarafından üretilen sonuçta ortaya çıkan PMV değeri, önerilen aralık içindeyse, koşullar konfor bölgesi içindedir anlamını taşımaktadır.

PMV/PPD modeli, PO Fanger tarafından termal konforu tanımlayabilmek için cilt sıcaklığı ile ilgili ısı dengesi denklemlerini deneysel çalışmalarda kullanılması amacıyla geliştirilmiştir. Termal konfor anketi, deneklere soğuktan (-3) sığağa (+3) yedi puandan oluşan bir ölçekte termal hislerini sorulmuştur. Fanger'in denklemleri, belirli bir hava sıcaklığı, ortalama ışınma sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı, metabolik hız ve giysi yalıtımı kombinasyonuna sahip bir grup denek üzerinde Tahmini Ortalama Oylama (PMV) değerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Sıfıra eşit PMV, termal konforu temsil etmektedir. Konfor bölgesi, PMV'nin önerilen sınırlar (-0,5 < PMV < +0,5) içinde olduğu altı parametrenin kombinasyonları ile tanımlanmıştır. ASHRAE 55 Standardı, iç mekân termal koşullarına yönelik gereksinimleri ayarlamak için PMV modelini kullanmıştır ve standarda göre kapalı ortamda bulunanların en az %80'inin tatmin olması gerekmektedir (Turner ve ark. 1979).

Termal konfor saha anket veri tabanını kullanarak, PMV'nin bina sakinlerinin termal hissini tahmin etmekteki doğruluğu %34 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç termal hissin üç seferde bir doğru tahmin edildiği anlamına gelmektedir (Földvary Licina ve ark. 2018).

PMV/PPD modelinin eksikliklerini goz onune alınarak uyarlanabilir model geliştirilmiştir. Uyarlanabilir model, insanların yılın farklı zamanlarında farklı sıcaklıklara uyum sağlayabilmesi nedeniyle dış ortam ikliminin iç mekan konforunu etkilediği fikrine dayanmaktadır. Uyarlanabilir hipotez, çevresel kontrollere erişim ve geçmiş termal gibi bağlamsal faktörlerin iç ortamda bulunanların termal beklentilerini ve tercihlerini etkileyebileceğini ngormektedir. Dünya çapında çok sayıda araştırmacı, aynı anda çevresel ölçümler alırken iç ortamda bulunanlara termal konforları hakkında anket yaptıkları saha çalışmaları yrtmuştur. Bu kapalı ortamların 160'ından elde edilen sonuçların bir veri tabanını analiz etmek, doğal olarak havalandırılan bir ortamda oturanların, kapalı, klimalı ortamlardaki benzerlerinden daha geniş bir sıcaklık aralığını kabul ve tercih ettikleri belirlenmiştir. Tercih ettikleri sıcaklık aralığının dış ortam koşullarına bağlı olduğu da ortaya koyulmuştur (Richard J. de Dear ve Gail Schiller Brager 1998).

ASHRAE-55 2010 Standardı, uyarlanabilir model için girdi değişkeni olarak geçerli ortalama dış ortam sıcaklığını tanıtmıştır. Söz konusu günden önceki en az 7 ve en fazla 30 ardışık gün boyunca ortalama günlük dış ortam sıcaklıklarının aritmetik ortalamasına dayanmaktadır. Uyarlanabilir modeli uygulamak için mekanik bir soğutma sistemi olmamalı, kapalı meknda bulunan kişilerin metabolik hızlar 1-1,3 karşılanmalı ve ortalama sıcaklık 10-13,5  C olan hareketsiz faaliyetlerde bulunulması önerilmektedir.

2.2. Biyolojik Sinyallerin Tanımı

Bu bölümde literatür araştırmalarında incelenmiş olan bazı biyolojik işaretlerin açıklamalarına yer verilmektedir.

Elektroensefalogram (EEG), beynin elektriksel aktivite sinyalini ölçmek ve analiz etmek için kullanılan invazif olmayan bir tekniktir. EEG sinyali beş bant şeklinde sınıflandırılmıştır; delta (δ), teta (θ), alfa (α), beta (β), ve gama (γ) frekanslarıdır. EEG

sinyalleri zihinsel durumun belirtisidir yani EEG frekans bantlarında oluşan değişimler yorgunluğun başlangıcı olarak değerlendirilebilmektedir. Trejo ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada uyanıklık azaldıkça yani hata oranı yükseldikçe 4 ve 14 Hz'ye yakın EEG spektral değişikliklerin aşamalı olarak arttığı gözlenmiştir (Trejo ve ark. 2005).

Elektromiyografi (EMG), belirli bir kasın kas aktivitesini veya kas gerginliğinin sıklığını ifade etmektedir. Yüzey EMG'si kullanılarak hem duygusal hem de bilişsel süreçler içinde ve arasında farklılaşan iskelet motor aktivite modellerini belgeleyen geniş gözlemlere sahiptir. Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform, FFT) EMG'yi analiz etmek için kullanılan en popüler sinyal işleme tekniği olduğu belirtilmiştir. Ayrıca dalgacık tekniğinin, yorgunluk tespiti, reaksiyon süresi tespitinin veya yüzey EMG sinyalinin paten tanınması için iyi bir teknik olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada kas aktivitesinin stres sırasında arttığı gözlenmiştir. İnsanlar fiziksel aktivite gerekmediğinde bile bilinçsiz olarak kaslarını bir zihinsel stres veya yorgunluk durumunda sıkabildiği belirtilmiştir (Balasubramanian ve Adalarasu 2007).

Elektrodiyografi (EKG) sinyali bireyin genel aktivite seviyesinin göstergesi olan kalbin atış hızını (heart rate variability, HRV) ifade etmektedir. Rogado ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada HRV'nin fourier ayrık dönüşümü kullanılarak kişinin durumu ile spektrumu arasındaki ilişki sürücünün psikofizyolojik koşullarını belirlemede kullanılabilirdiği belirtilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen bulgulara göre yorgun bir kişinin bazı HRV varyasyonlarının ilk uyuşukluk semptomlarını içerdiği doğrulanmıştır. Daha sonra sürücü gevşedikçe HRV arttığını, titreşimlerin azaldığı gözlenmiştir (Rogado ve ark. 2009).

Elektrodermal (EDA) işaretinin temel ölçüm prensibi deri iletkenlik aktivitesi olarak tanımlanmaktadır. EDA, çevresel olaylar ile bireyin psiko-fizyolojik durumu arasındaki etkileşimler nedeniyle meydana gelen cildin elektrik iletme yeteneğindeki değişiklikleri açıklamaktadır. J. S. Khai Ooi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre bir EDA sinyali araç ortamında stres ve öfkeyi ölçmek için çeşitli biyo-sinyaller arasında en güvenilir sinyal olarak görölmektedir (Ooi ve ark. 2016).

2.3. Kaynak Araştırması

Literatürde sürücü ve yolcuların konforunu ve güvenliğini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar da biri olan Revna ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada görüntü işleme metotları ve PERCLOS ölçeği kullanılarak göz kapaklarının açık ve kapalı durumunu değerlendirilmiş ve kişinin yorgun olup olmadığı tespit edilmiştir. Sistem, Open Source Computer Vision (OpenCV) kütüphanesi kullanılarak bir geliştirme kartından oluşmaktadır. Geliştirilen yazılım gömülü sistemde çalıştırılarak, sürüş sırasında kamera desteği ile gerçek zamanlı görüntü kullanılmıştır ve sürücünün yorgunluk durumu sorgulanmıştır. Gözün kapalı veya açık olduğunu tespit etmek için yüz bölgesinin konumlarının tanımlanmasında boyut/yönelim değişimleri için Haar Kaskat sınıflandırıcı yöntemi yardımıyla göz bölgesi aranmıştır. Haar Kaskat algoritması önceden tanımlanmış olan şablonlar ile görselin ilgili her parçası arasındaki benzerliği ölçmektedir. Çalışmada kullanılan PERCLOS (Percentage of Eye Closure) ise algılanan gözlerin eşik değerleri referans alınarak, çevrilmiş binary görüntülerindeki kare sayımı yapılmaktadır. Ardından önceden hesaplanmış ortalama değer ile karşılaştırılması sonucu gözlerin açık veya kapalı olduğuna karar verilmesi işlemlerini içeren bir yöntemdir. Bu yöntem belirli bir periyotta kapalı ve açık gözlerin sayısı referans alınarak gözlerin kapalı kalma oranını belirleyen yorgunluk tespit yöntemlerinden biri olarak da tanımlanabilir. Görüntüdeki toplam kare sayısı Nt ve açık gözlerin sayısı Na olarak tanımlanırsa sürücünün PERCLOS hesabı aşağıda verilen Denklem 2.3 ile hesaplanmaktadır.

$$PERCLOS = \frac{Nt - Na}{Na} \times 100\% \quad (2.3)$$

Çalışmada PERCLOS oranı %80 üzeri çıkan sonuçlar uyku tehlikesi olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, sürüş güvenli ise sistem üzerinde bulunan LED de yeşil ışık yanmaktadır. Diğer durumlarda ise kırmızı ışık yanmakta ve yüksek frekanslı bir buzzer yardımıyla sürücü sesli bir şekilde uyarılmaktadır. Geliştirilen sistem araç içerisindeki testleri sürücü arkasında oturan yolcu varlığında ve farklı ışık koşullarında yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre sürücünün sürüş anındaki yorgunluk durumu %82,2 oranında başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Acar Vural ve ark. 2018).

Boon ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, birkaç ayrı veri türüne dayanan bir füzyon yaklaşımı kullanarak sürücü güvenlik seviyelerini izlemek için bir yöntem sunmuştur. Temel olarak bunlar yüz özellikleri hareket modülü, biyo-sinyaller spektral analiz modülü, bir çıkarım paradigması çerçeve modülü, bir akıllı telefon cihaz modülü ve sahte arama uyarı modülünden oluşmaktadır. Geliştirilen sistemde direksiyona takılı biyomedikal sensörler aracılığıyla elektrodyografi, fotopletismografi verileri ve ayrıca akıllı telefonun ön kamerası aracılığıyla sürücünün yüz görüntüleri alınmıştır. Diğer yandan sistem, gerekli sensör okumalarını toplamak için yerleşik sensörleri optimize etmektedir. Yerleşik ivme ölçer sensöründen alınan üç eksenli ivmeölçer okuması, aracın hızını ölçmek için kullanılmıştır. Sıcaklık verilerinin optimum alınabilmesi için sıcaklık nem sensörü direksiyona yerleştirilmiştir. Elde edilen verilerin anlamlandırılması için bir çıkarım algoritması geliştirilmiştir. Ağ sürücünün uyanıklık durumunu bir dizi hesaplamayla tahmin eder ve hesaplanan sonuçları akıllı telefonun ekranından görüntüleyebilmektedir. İstatistiksel sonuçlar sürücü yorgunluğunun yüksek olduğunu tahmin ederse bir uyarı sistemi tetiklenmektedir. Güvenlik seviyesi şüpheli bir şekilde tehlikeye atılırsa sahte gelen arama uyarı servisi etkinleştirilir ve sürücü uyarılır. Yorgunluk tahmin sürecinde güvenlik izleme sistemleri, tehlikeli bir durum ortaya çıktığında sürücüyü çok kısa bir süre içinde bilgilendirmelidir. Genel sistem yanıt süresi yaklaşık iki saniyedir ama bu süre kaza engellenmesi için yeterince hızlı değildir. Bu çalışmada, sürücünün durumundaki kısmi olmayan uykudan kısmi uykuya geçiş yaklaşık 0,2 saniye tanıyabilmektedir. Bu süre genel sistemlere oranla daha hızlı ve güvenli bir sonuç elde edilebileceğini göstermiştir (Lee ve Chung 2012).

Bir diğer çalışma J. Vicente ve arkadaşlarının yapmış olduğu kalp atış hızı değişikliğini kullanarak sürücü uykululuk tespit incelemesidir.. Yüzey elektrodyogramlarından (EKG) elde edilen kalp atış hızı değişikliğı (Heart Rate Variability, HRV) sinyalinden non-invaziv (tıbbi işlev gerektirmeyen) olarak ölçülebilen otonom sinir sistemi aktivitesi, stres, aşırı yorgunluk ve uyuşukluk atakları sırasında değişiklikler sunduğı belirtilmiştir. Uyanıklık durumlarında sempatik aktivitede bir artış ve/veya parasempatik aktivitede bir azalma ile karakterize edilirken aşırı gevşeme durumları parasempatik aktivitede bir azalma ile karakterize edildiğı belirtilmiştir. Düşük frekans bandının (0,04 – 0,15 Hz) gücü, sempatik ve parasempatik aktivitenin yanı sıra diğer sistemlerden de etkilendiğı göz önünde bulundurulmuştur. Solunum frekansının 0,15 ile 0,4 Hz aralığında olduğı

varsayılarak klasik kalp atış hızı analizinde yüksek frekans bant gücünün parasempatik sistemler arasındaki denge LF/HF oranıyla ölçülmüştür. Çalışmada uyuklu durumların, parasempatik aktivasyondan kaynaklanan daha yüksek frekans seviyelerine karşılık geldiği varsayımında bulunulmuştur. Yorgunluk durumları, sürücünün uyanık kalmaya çalışmasıyla etkisiz hale getirilen uyku talebine (parasempatik aktivasyon) karşılık geldiği belirtilmiş ve bu durumun ise sempatik aktivasyon nedeniyle LF’de bir artışa neden olduğu gösterilmiştir. Bu durumda gevşemiş ve uyanık bir kişi daha düşük HF ve LF seviyelerine sahip olması beklenmiştir. Stres durumları sürücü uyanırken sempatik aktivasyonun neden olduğu daha yüksek LF seviyelerine karşılık geldiği gözlenmiştir. Bu değişikliklerin kalp atış hızında farklılıklar meydana getirdiği varsayılarak sürücünün uyuşukluk seviyesini bu parametredeki değişikliklerin hesaplanması sonucu tespit edebilecek bir yöntem önerilmiştir. Sürücülerin farklı uyku yoksunluğu seviyeleri sunduğu ve her sürüş dakikasının uyuklu veya uyanık olduğu üç sürüş veri tabanı analiz edilmiştir. Veri tabanında bulunan deneklerin yaşları 25 ile 60 arasında değişen otuz (17 erkek, 13 kadın) sağlıklı gönüllü, kronik, kalp ve ruhsal hastalıkları olmayan kişilerden oluşmaktadır. Tüm denemelerde 256 Hz örnekleme frekansında iki uçlu bir EKG sinyalini Bitmed eXim programı kullanarak kayıt edilmiştir. Simülasyon ortamı her bir yönde iki şeritli iki yönlü bir otoyol olan düşük trafik yoğunluğunda, gece ortamında, keskin virajların olmadığı kırsal bir alandan oluşmuştur. Gerçek bir araç içi ortam oluşturabilmek için, oda iklim kontrolü 24 °C’ye, düşük aydınlık ortam ve otoyol sesleri simüle edilmiştir. Çalışmada kalp atış hızına dayalı iki farklı uyuşukluk detektörü geliştirilmiştir. Geliştirilen detektörlerinden biri olan uyuşukluk hali detektörü, her bir sürüş dakikasını “uyanık” veya “uyuklu” olarak yedi kalp atış hızından türetilmiş özellik olarak değerlendirilirken, uyku yoksunluğu detektörü sürücünün yolculuğa hazır olup olmadığını tespit etmek için geliştirilmiştir. Uyku yoksunluğu detektörü, yalnızca bir kalp atış hızı özelliğini kullanarak sürüşün ilk üç dakikasından itibaren sürücünün yolculuğa uygun olup olmadığı çıkarımını yapabilmektedir. Çalışma çıktısı olarak kalp atış hızı analizinin sonucu sürücülerin uyuşukluk durumlarını tanıyabildiği ve bir alarm ile sürücüyü uyarması sonucunda oluşabilecek riskleri engelleyebileceği sonucuna varılmıştır (Vicente ve ark. 2016).

Alahmer ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada bağıl nemin ve kuru termometre sıcaklığının genel termal konfor ve araç içi yolcuların termal hissi açısından araç

kabinlerinin çevresi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bağıl nem etkisi üç farklı açıdan Berkeley ve Fanger modelleri kullanılarak ele alınmıştır. İlk açı, çiy noktası sıcaklığı, entalpi, buhar basıncı ve nem oranı gibi çevresel koşullara etkisi yaz ve kış dönemlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. İkinci açı, kabin içi yerel his ve konfor temel alınarak Berkeley modeline dayalı farklı vücut bölümleri için; baş göğüs, sırt, eller, ayaklar, analiz edilmektedir. Son olarak, insan hissi Fanger modeli hesaplamaları kullanılarak yaz ve kış dönemlerinde PMV ve PPD endeksleri ile ölçülmektedir. Araştırmacılara göre Berkeley modeline ait veriler bağıl nem değerinin, hızlı olarak düşük değeri elde edilecek şekilde kontrol edilmeli ve soğutma işlemi ile senkron edilmelidir. Diğer bir yandan çalışmada soğutma işleminin başlangıcında kabin içindeki bağıl nem kontrolü dikkate alındığında, bağıl nem ne kadar yükseğe ve sıcaklık ne kadar baskınsa vücut o kadar rahatsız olduğu belirtilmektedir. Bağıl nem soğutma işleminin başlangıcında PMV üzerinde etkiye sahip olmadığı ama sonunda ise bağıl nem değeri %40 civarında olduğunda, PMV 0,14 olarak hesaplanmıştır ve rahatsızlık hisseden kişilerin yüzdesi, PPD tarafından %5 olarak bulunmuştur. Çalışmada belirtilen bir diğer bulgu ise, Fanger modeline göre bağıl nem düştüğünde kabin klima sistemi insan konfor bölgesine ($PMV \pm 0.5$) daha hızlı ulaşabildiği gösterilmektedir. Bu nedenle çalışmada bir soğutma işleminin sonunda, bağıl nem değeri yaklaşık %20 olduğunda, PMV değeri 0,18 olarak hesaplanmış ve PPD değeri yaklaşık %5 olarak bulunmuştur (Alahmer ve ark. 2012).

Literatürde yapılan bir diğer önemli çalışma ise Daanen ve arkadaşlarının yapmış olduğu farklı sıcaklıklarda sürüş performansını incelemiş oldukları çalışmadır. Gerçekleştirilen çalışmada 50 denek üç farklı ortamında; soğuk ($5^{\circ}C$ sıcaklık, %50 bağıl nem), nötr ($20^{\circ}C$ sıcaklık, %50 bağıl nem), sıcak ($35^{\circ}C$ sıcaklık, %50 bağıl nem), sürüş performanslarındaki farklar incelenmiştir. Aracın orta mesafeden uzaklaşma mesafesi saniyede 30 kez örneklenmiştir ve her 15 saniyede bir sistem hafızasına kaydedilmiştir. Ölçülen sürüş performansı, denekler arasında bir farklılık olmasına rağmen, üç farklı sıcaklık arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Aşırı ortam sıcaklıklarında sürüş performansı soğuk ortamda %16, sıcak ortamda %13 azaldığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmada deneklerin baş kısımlarındaki sıcaklığının kontrolü termal konforu ve sürüş performanslarını etkilemediği bulgusuna varılmıştır. Ayrıca araç içerisinde nötr sıcaklığın sürüş performansını arttırdığı ve dolayısıyla güvenliği olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Daanen ve ark. 2003).

Chowdhury tarafından gerçekleştirilen çalışmada ortam sıcaklığını sürüş üzerine etkisini şeritte yanal konum değişikliği ve araç hız değişimi olmak üzere iki ana parametre altında ele almıştır. Çalışmada kullanılan üç ortam sıcaklık aralığı; 51-60 °F (düşük), 61-70 °F (orta), 71-80 °F (yüksek) olarak belirlenmiştir. Çalışma esnasında karayolu, hava ve ışık koşulları, trafik, sürücünün yaş ve deneyimi gibi sürüş performansını etkileyebilecek diğer tüm parametreler olabildiğince yakın tutulduğu raporlanmıştır. 8 yetişkin deneğin katılım gösterdiği çalışmada 15 dakikalık periyotlar ile sürüşler gerçekleştirilmiştir. Verileri analiz etmek için basit tekrarlı ölçüm tasarımı kullanılmıştır. Farklı ortam sıcaklığı için şerit içinde önemli bir yanal konum değişikliği elde edilememiştir. Araç hız değişimi üzerinde önemli bir fark gözlemlendiği belirtilmiştir. Yüksek sıcaklığın, orta ve düşük sıcaklıktan daha fazla araç hız değişiminde etkili olduğu bulgusuna varılmıştır (Chowdhury 2015).

Ingre ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada karolinska uykululuk ölçeği ile ölçülen öznel uykululuk ve göz kırpma frekansı ile yanal pozisyonun standart sapması olarak hesaplanan şerit kaymasının, sürüş simülatörü kullanılarak sürücü yorgunluğu arasındaki ilişki incelenmiştir. 10 deneğin katılım gösterdiği çalışmada her bir kişi 2 saatlik sürüşler gerçekleştirmiştir ve denekler arasında iki ana sınıflandırma yapılmıştır; normal gece uykusuna sahip olan gece uykusu grubu ve deneklerin bütün gece çalışarak geçirmiş olduğu gece çalışma grubudur. Deneyler sırasında her 5 dakikalık aralıklar ile KSS soruları sürücülere sorulmuştur ve göz kırpma frekanslarını hesaplamak için elektro-okülogram (EOG) sinyalleri sürekli olarak ölçülmüştür. Göz kırpma frekansı hesaplamak için ayrıca bir vitaport kayıt cihazı aracılığıyla deneklerin sağ gözünün üstünde ve altında yatay ve dikey türevler kullanılarak kaydedilmiştir. Deneyler sırasında toplanan veriler doğrusal bir karma modelle istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda artan sübjektif uykululuk seviyelerinin her bir denek için de göz kırpma frekansı ile yanal pozisyonun standart sapmasında istatistiksel olarak kabul edilebilir derecede artış olduğu elde edilmiştir (Ingre ve ark. 2006).

Azizan ve Ittianuwat tarafından gerçekleştirilen çalışmada titreşimin yolcuların sürüş performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen deneyler titreşimli ve titreşimsiz koşullar altında olmak üzere iki oturumda, sürüş simülatöründe gerçekleştirilmiştir. 20 gönüllünün katılım gösterdiği çalışmada deneyler öncesi kişilerin

uyku kalitesini ölçmek için Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI) kullanılarak taranmıştır ve kötü uyku kalitesi gösteren gönüllüler (PSQI>5) araştırmaya dahil edilmemiştir. Sürücü uyuşukluk ölçümlerinden önce her katılımcıya iletilen toplam titreşimin ölçüsü ISO 2631 1 uyarınca yapılmıştır. Deneylerden önce tüm gönüllüler uykudaki herhangi bir anormalliği tespit etmek için Epworth Uykululuk Ölçeği (ESS) kullanılarak taranmıştır. ESS puanı 10'dan büyük olması durumunda yani gündüz aşırı uykululuğa işaret ettiğinden dolayı sürücü deneylere dahil edilmemektedir. Titreşimsiz durumda gönüllülerden 10 dakika boyunca titreşim olmadan ve ardından 30 dakika titreşime maruz bırakılarak sürüşlerini gerçekleştirmeleri istenmiştir. Denekler, 0,2 m.s⁻² rms değerinde 1-15 Hz frekans bant genişliğinde gauss rastgele titreşime maruz bırakılmıştır. Her iki oturum için şerit konumu ve araç hızındaki değişim kaydedilmiştir ve gönüllülere her 5 dakika da bir karolinska uykululuk ölçeği kullanarak sürücülerden sübjektif cevaplar analizlere dahil edilmiştir. Sonuçların istatistiksel önemini araştırmak için iki yönlü tekrarlanan Anova yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada incelenen hız sapması faktörü, deney süresince araç hızının, belirtilen hız sınırından farklılıklarının ortalama toplamı olarak ifade edilmektedir. 30 dakika titreşime maruz bırakılan sürücü sınıfının deney sonuçlarına göre hız sapması 0,98 km/s arttığı gözlenmiştir. Titreşime maruz bırakılan sürücü sınıfının deney sonuçlarına göre aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi veya şerit değişkenliği 2,6 cm arttığı (p<0,01), yirmi gönüllünün tamamı tarafından gözlendiği sonucuna varılmıştır. Aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi titreşimin olmadığı deney koşullarında 0,7 cm azaldığı yani daha lineer bir sürüş performansı gerçekleştiği gözlenmiştir (Azizan ve Ittianuwat 2016).

Sürücü ve yolcu yorgunluğunun incelenmiş olduğu bir diğer önemli çalışma Anund ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Çalışmada düşük frekanslı gürültülerin sürücü uykululuğuna ve performansına etkisi incelenmiştir. 19 sürücünün katılım sağladığı ve işitme kayıplarının olmadığı gönüllüler sürüş simülatörü ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Gönüllüler deneye gelmeden önce 72 saat boyunca kontrollü bir şekilde, alkolden uzak durmaları, uyku günlüklerini tutmalarını, son üç gece boyunca en az yedi saat uyumaları ve gece yarısından geç uyumamaları gerektiğini belirtilmiştir. Erkek gönüllülerin ortalama ESS puanı 7,2 ve kadınların 9,3 olduğu ve ESS puanının 10'dan büyük olması koşulunda sürücünün deneylere dahil edilemeyeceği bildirilmiştir. Çalışmanın amacı düşük frekanslı gürültülerin hem uzun hem de kısa vadeli etkileri dahil olmak üzere

sürücünün uyku hali ve performansı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Sürüş simülatöründe oluşturulan ses gerçek koşulları yaratmak için gerçek yol yüzeylerinin doku ölçüleriyle birlikte gerçek araçlarda yapılan kayıtlardan sonra modellenmiştir, modelleme işlemi ISO 5128: 1980 uyarınca yapıldığı belirtilmektedir. Sessiz durum yani nispeten pürüzsüz asfalt yol yüzeyinde büyük vagon sürüşü ve gürültülü durum yani nispeten kaba beton yol yüzeyinde orta büyüklükte araç sürüşü olmak üzere iki işitsel modül kullanılmıştır. Deney, her bir gönüllünün toplam 70 dakika boyunca simülatörü kullanması esnasında kaydedilen araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, direksiyon açısı, göz kırpma frekansı ve sürücünün EKG verilerinden oluşmaktadır. Katılımcılar ortalama 5 dakikada bir karolinska uykululuk ölçeği kullanarak sübjektif uykululuk hallerini bildirmiştir. Elde edilen veriler karışık model Anova t-testi ile istatistiksel anlamda incelenmiştir. Sonuçlar, araç içinde oluşan sesin sürüş performansını ve sürücünün uyku halini etkilediği yaklaşımını ispatlamaktır. Artan düşük frekanslı gürültü hem gündüz hem de gece sürüş sırasında hızı düşürmeye neden olduğu gözlenmiştir ayrıca gece sürüşü sırasında şerit geçişleri sayısının artmasına sebep olduğu tespit edilmiştir (Anund ve ark. 2015).

Çizelge 2.2 Sürüş esnasında uyuşukluğu tespit etmek için olası yöntemlerin ve önlemlerin bir özeti ve bunların pratikte gerçekleştirilebilirliğinin yorumlanmış hali

Ölçü	Uyuşukluğu tespit veya tahmin etme yöntemi	Gerçeklenebilirlik
Göz hareketleri ve kapama sıklığı	++	+
Kalp atış hızı	+	-
EEG	++	-
EMG	-	-
EOG	++	-
Araç hız değişimi	-	++
Aracın yanal konum değişikliği	++	+
Fren takibi	-	++
Video kaydı	+++	-

Çizelge 2.2 de belirtilen her bir ölçüt tek başına yorgunluk tespit sisteminde kullanılması durumunda faydalı olup olmayacağı belirtilmiştir. Birçok araştırmada yorgunluk ve uyuşukluk tespitinde yalnızca daha fazla parametrenin bir kombinasyonunun kullanılabilceği belirtilmektedir.

“+” gösterimi, önlemin uyuşukluğu tespit etmeye uygun olduğu veya otomatik araç içi kayıt yapılmasının mümkün olduğu anlamına gelmektedir. Bir ölçü birden fazla “+” içeriyorsa daha uygun kabul edilir.

“-” gösterimi, önlemin uyuşukluğu tespit etmeye uygun olmadığı veya otomatik araç içi kayıt yapılamayacağı anlamına gelmektedir.

2.4. Tezin Konusu ve Kapması

Bu tez çalışması üç temel aşamadan oluşmaktadır.

Tez çalışmasının birinci aşamasında, sürücü konforunu ve güvenliğini tanımlayan standartlar incelenmiştir. Sürücü güvenliğine etki eden uyuşukluk terimi genellikle performans ve psiko-fizyolojik değişikliklerin eşlik ettiği uyanıklık kaybına veya direksiyon başında uyku hali ile sonuçlanabilen azalmış uyanıklık durumu olarak ifade edilmiştir. Araç içi konfor ise sürücü ve yolcularda meydana gelen çevreye bağlı olarak öznel refah durumu veya mekanik bozulmanın olmaması olarak belirtilmiştir. Çalışmada sürücü konforunu ve güvenliğini sağlayan sistemlere genel bakış sunulmuştur. Günümüzde kullanılan güvenlik sistemleri sınıflandırılmış ve kısaca tanımlanmıştır. Özellikle biyosensör uygulamalarının artan kullanım alanları incelenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, araç içinde oluşan titreşim, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücünün uyuşukluk ve performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Önceden yapılmış olan sürüş simülasyonu deneylerinden elde edilen araç verileri, ortam değişkenleri ve sürücü güvenliğine etki eden parametrelerin tümleşik etkileri istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. 15-40 °C arası sıcaklık, 58-108 dB arası ses şiddeti ve 1-15 Hz arası titreşim verileri incelenmiştir. Belirtilen aralıklarda sürücünün göz kırpma frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve sürücünün karolinska uykululuk ölçeğine ait öznel cevapları değerlendirilmiştir. Veriler bağımlı

örneklem t-testi yöntemi kullanılarak istatistiksel anlamda ilişkileri belirlenmiştir (Bekiryazıcı ve ark. 2019).

Çalışmanın ikinci aşamasına ait izlenen yol aşağıda verilmiştir:

a- Önceden yapılmış olan sürüş simülatör deneylerinden elde edilen sıcaklık, titreşim ve ses verileri derlenmiştir. Bu süreç sonucunda 1-15 Hz arası titreşim, 15-40 °C arası sıcaklık ve 58-108 dB arası ses değerlerinde sürücü göz kırpma frekansı, orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve sürücünün karolinska uykululuk skalası değerlendirilmiştir. Çalışmada titreşim, sıcaklık ve ses bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Göz kırpma frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve karolinska uykululuk skalası verileri bağımlı değişkenler olarak alınmıştır.

b- Bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak aynı bağımlı değişkenin iki farklı sürüş durumu için analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan eşleştirmeler aşağıda verildiği gibidir:

- Titreşim-Sıcaklık,
- Sıcaklık- Ses
- Titreşim-Ses

Yapılan eşleştirme tüm bağımlı değişkenler ve tüm sürüş durumları için farklı kombinasyonlar halinde tekrarlanmıştır. IBM SPSS (v.22) programı kullanılmıştır. Eşleştirmeler için aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur.

Küme 1 (Titreşim-Sıcaklık):

H₀: Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.

Küme 2 (Sıcaklık-Ses):

H₀: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.

Küme 3 (Titreşim-Ses):

H₀: Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.

- c- Bağımlı örneklem t-testi sonuçları yorumlanmıştır. Tüm kümeler için bağımsız değişken ağırlıklandırılması yapılmıştır.

Tez çalışmasının üçüncü aşamasında, literatürde yer alan araştırmaları da referans alarak sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcuların uyusukluk derecesi ve performansına etkisi ağırlıklandırılmış ve yorumlanmıştır.

Tezin üçüncü aşamasına ait izlenen yol aşağıda verilmiştir:

- a- Sıcaklık ve ses faktörlerinin araç kabini içerisindeki dağılımını modellemek için C# dili ile Visual Studio 2017 programı kullanılarak tasarlanan arayüze gerçek zamanlı olarak aktarılmış ve kabin içerisindeki ilgili faktörlerin dağılımı gerçek zamanlı olarak izlenmiştir.
- b- Sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcuların uyusukluk derecesi ve performansları üzerindeki ağırlığının tespit edilmesi için literatürde yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk skalası değerleri derlenmiştir. Sıcaklık ve ses faktörlerinin bağımsız değişken olarak ele alınırken, göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk skalası değerleri bağımlı değişkenler olarak değerlendirilmiştir.
- c- Bağımlı örneklem t-testi kullanılarak ilgili bağımlı değişkenin sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde yapılan sürüş durumu verileri analiz edilmiş ve aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur:
H₀: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.
H₁: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.
- d- Sonuçlar, arayüz ortamına gerçek zamanlı aktarılarak yolculuğun otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarında bağımsız faktörlerin etkisi ağırlıklandırılmıştır. Bu işlemler sürücü ve yolcular için ayrı ayrı yapılmıştır (COŞKUN ve ark. 2020).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde; tezde kullanılan veriler tanımlanmış ve açıklanmıştır, bağımlı örneklem t-testi analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci ve üçüncü aşamalarında izlenmiş olan yöntem tanımlanmıştır.

3.1. Çalışmanın İkinci Aşamasına Ait Verilerin Açıklanması

Sürücü uyuşukluk değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalarda daha kararlı ve güvenilir sonuçlar için, karma özellik analizleri literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sürücünün hem uyuşukluğuna bağlı özellikleri (araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, göz kırpma frekansı) hem de bağlamsal özellikleri (karolinska uykululuk ölçeği) kullanılmıştır. Bu veriler ile karma özellik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan bağımlı değişkenler aşağıdaki Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bağımlı Değişkenler

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

3.1.1 Sıcaklık Verileri

Bu çalışmada sıcaklık faktörünün sürücü uyuşukluğu üzerindeki etkisini araştırılabilmek için aynı koşullarda yapılmış dört farklı çalışma derlenmiştir.

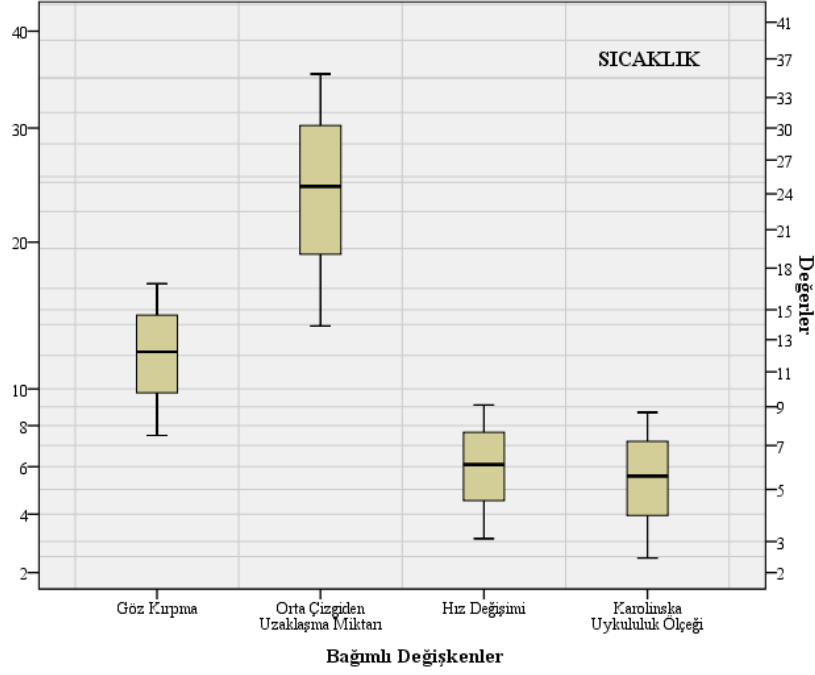
Sıcaklıkla göz kırpma frekansının değişimi için referans alınan Wolkoff P. ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, göz kırpma frekansının, bilişsel aktiviteler, çalışma şartları, ortam sıcaklığı, bağıl nem ve aydınlatma parametreleri ile aralarındaki bağ araştırılmıştır. Çalışmanın göz kırpma frekansının ortam sıcaklığı ile ters orantılı olduğu çıktısı kabul edilmiştir (Wolkoff ve ark. 2003).

Sıcaklık ile aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi verileri için Hein A.M Daanen ve ekibinin yapmış olduğu çalışmada, sürücü performansının farklı termal koşullar altında değişimi referans alınmıştır. Bu çalışmada aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi için araç sağ şeritte ilerlerken orta çizgiden uzaklaşma mesafesi santimetre cinsinden kaydedilmiştir. Bu testler sonucunda aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi ortam sıcaklığı ile doğru orantılı olduğu kabul edilmiştir (Daanen ve ark. 2003).

Sıcaklık ile araç hızı değişimi verileri için Chowdhury'nin yapmış olduğu çalışma incelenmiştir. Bu çalışmada ortam sıcaklığının sürücü uyuşukluk miktarı üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Yapılan çalışmada araç hız değişimi ve aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi verileri farklı sıcaklık değerlerinde incelenmiştir ve değişimleri gözlemlenmiştir. Sıcaklık değişimi ile araç hız değişimi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonuçları bu tezde referans alınarak analizlere girdi sağlanmıştır (Chowdhury 2015).

Sıcaklık ile KSS arasındaki ilişki için Alahmer ve ekibinin yapmış olduğu çalışmada araç içi sıcaklık değişiminin konfor ve yorgunluğa bağlı etkisi analiz edilmiştir. Çalışmada Berkley ve Fanger modelleri kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda sıcaklık ile kişilere yöneltilen KSS sorularının yanıtları kaydedilmiş ve sıcaklık arttıkça KSS sorularına verilen yanıtlar uyuşukluğun arttığı bulgusuna varılmıştır. Elde edilen sonuç bu tez çalışmasında doğru kabul edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır (Alahmer ve ark. 2012).

Bu tez çalışmasında kullanılan bağımlı parametrelerin sıcaklık ile veri değişim dağılımları Şekil 3.1'de kutu grafiklerinde belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Bağımlı değişken verilerinin sıcaklık ile değişimi

Grafikte göz kırpma frekans değerleri 16,85-7,5 (1/dk) aralığında, aracın orta çizgiden sapma mesafesi 13,9-35,4 (cm) aralığında araç hız değişimi 3,1-9,1 (km/s) aralığında ve KSS 2,45-8,7 aralığındadır.

3.1.2. Titreşim Verileri

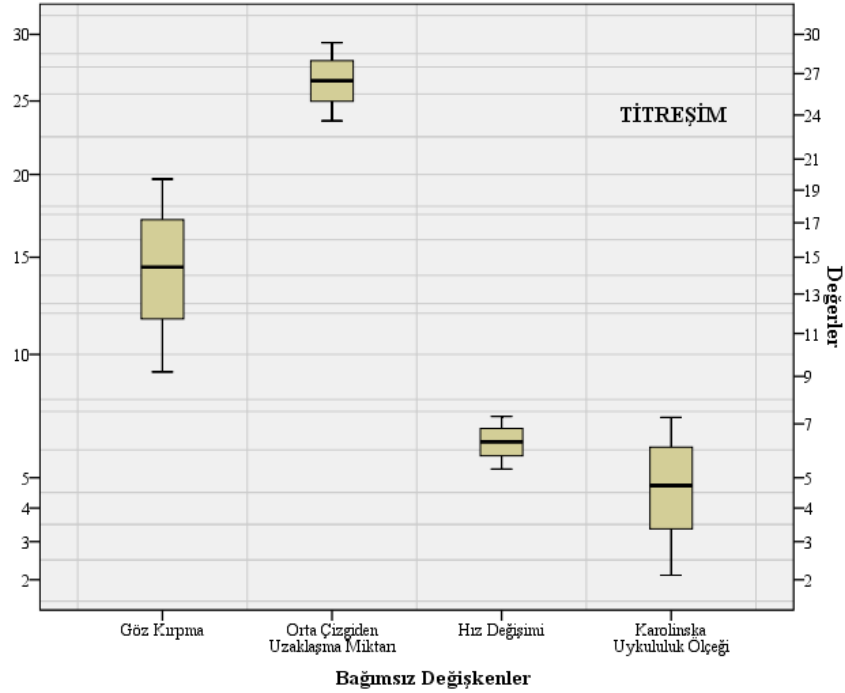
Bu çalışmada titreşim faktörünün sürücü uyusukluğu üzerindeki etkisini araştırılabilmek için benzer koşullarda yapılmış üç farklı çalışma derlenmiştir.

Titreşim ile göz kırpma frekansı değişimi için referans alınan Michael Ingre ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada sürücüde hissedilen uyusukluk analizlerinde nitel uyku hali ve göz açma kapama süreleri ele alınmıştır. Sonuçlar titreşimin göz kırpma frekansı ile bu tez çalışmasında incelenen aralık için ters orantılı olduğu gözlenmiş ve doğru kabul edilmiştir (Ingre ve ark. 2006).

Titreşim ile aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi ve araç hız değişim bilgileri için Amzar Azizan ve arkadaşının yapmış olduğu bir çalışmada deneklerin her biri 30 dakikalık simülasyon sürüşüne tabii tutulmuştur. Test esnasında gauss rastsal titreşimine maruz bırakılmışlardır. Test sürelerinde aracın orta çizgiden kayma miktarı ve araç hız

değişimi değerleri kaydedilmiştir. Bir diğer yandan testler gerçekleştirilirken sürücülere KSS sorularına vermiş oldukları yanıtlar kayıt altına alınmıştır. Çalışma sonucunda titreşimin aracın orta çizgiden kayma mesafesi, araç hız değişim ve KSS verileri ile doğru orantılı olduğu kabul edilmiştir (Azizan ve Ittianuwat 2016).

Bu tez çalışmasında kullanılan bağımlı parametrelerin titreşim ile veri değişim dağılımları Şekil 3.2 'de kutu grafiklerinde belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Bağımlı değişken verilerinin titreşim ile değişimi

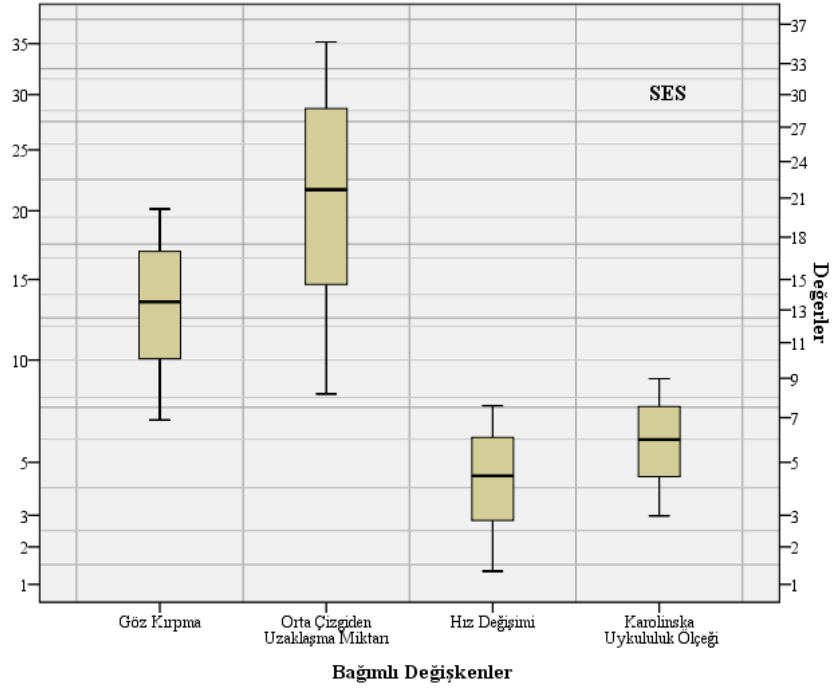
Grafikte göz kırpma frekans değerleri 19,7-9,2 (1/dk) aralığında, aracın orta çizgiden sapma mesafesi 23,6-29,35 (cm) aralığında araç hız değişimi 5,3-7,3 (km/s) aralığında ve KSS 2,11-7,26 aralığındadır.

3.1.3. Ses Verileri

Bu tez çalışmasında analiz edilen ses faktörü, bağımlı değişkenlerin ilişkisini ele almış Anna Anund ve ekibinin yapmış olduğu çalışma referans alınmıştır. Çalışmada fon gürültü faktörünün sürücünün uyuşukluk seviyesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneyler sürüş simülasyonu ile gerçekleştirilmiş olup araç hız değişimi, aracın orta çizgiden

uzaklaşma mesafesi ve göz kırpma frekansı ölçümleri kaydedilmiştir. Diğer yandan denekler her beş dakikada bir nitel uykululuk düzeylerini belirtmeleri için KSS sorularına vermiş oldukları yanıtlar kayıt altına alınmıştır. Elde edilen sonuçlarda göz kırpma frekansı ve aracın orta çizgiden sapma mesafesi verileri ses şiddeti ile ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Araç hız değişimi ve KSS sorularına verilen yanıtlara göre ses şiddeti ile doğru orantılı olduğunu işaret eden sonuçlara varılmıştır (Anund ve ark. 2015).

Bu tez çalışmasında kullanılan bağımlı parametrelerin ses ile veri değişim dağılımları Şekil 3.3 'de kutu grafiklerinde belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Bağımlı değişken verilerinin ses ile değişimi

Grafikte göz kırpma frekans değerleri 20,14-6,89 (1/dk) aralığında, aracın orta çizgiden sapma mesafesi 8,18-35,18 (cm) aralığında araç hız değişimi 1,33-7,58 (km/s) aralığında ve KSS 2,95-8,98 aralığındadır.

3.2. Karolinska Uykululuk Ölçeği

Karolinska Uykululuk Ölçüsü (Karolinska Sleepiness Scale, KSS), literatürde nitel uykululuk değerlendirmelerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Ahlström ve ark. 2018, Anund ve ark. 2015). Bu ölçekte 1-10 arasında uyku seviyelerinin değerlendirilmesi yapılmaktadır. KSS soruları genel olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3.2. KSS Ölçek Tablosu

<i>Ölçek Değeri</i>	<i>Karolinska Uykululuk Ölçeği Değerlendirmesi</i>
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.

3.3. Çalışmanın Üçüncü Aşamasına Ait Ölçüm Düzenine Tanımlanması

Çalışmada araç kabinindeki sıcaklık ve ses şiddeti seviyesinin dağılımlarını modellemek ve ilgili değerlerin sürücü ve yolcuların uyuşukluğu üzerindeki etkisini ağırlıklandırılması için ölçümler yapılmıştır. Kabin içerisine konumlandırılan sekiz sıcaklık sensörü ve dört ses sensörü ile ortamdaki ilgili veriler okunmuş ve kaydedilmiştir.

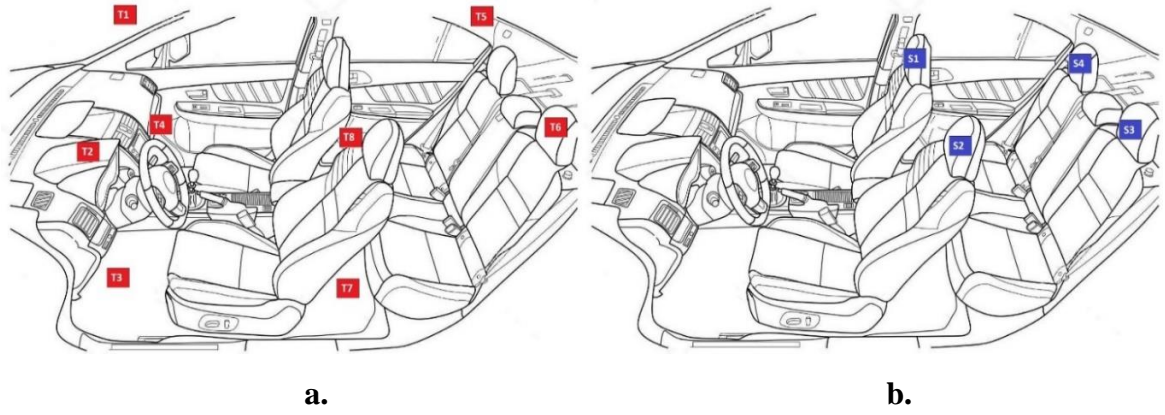
Sıcaklık verilerinin elde edilmesi için DHT22 sensörü kullanılmıştır. Sensör 3,3V ile 5V arası çalışma gerilimine, -40 °C ile 128,8 °C sıcaklık ölçüm aralığına, 2 saniye veri okuma hızına ve %1,8 doğruluk yü

zdesine sahiptir. Ses verilerinin ölçülmesi için Sound Detector sensörü kullanılmıştır. Sensör 3,3V ile 5V arası çalışma gerilimine, sinyal gürültü oranı > 58 dB, -48 dB ile 66 dB arası hassasiyetine, 0 ile 103 değerleri arasında sayısal çıkış sinyal aralığına ve 50 Hz

ile 20 kHz arası çalışma frekansına sahiptir (COŞKUN ve ark. 2020).

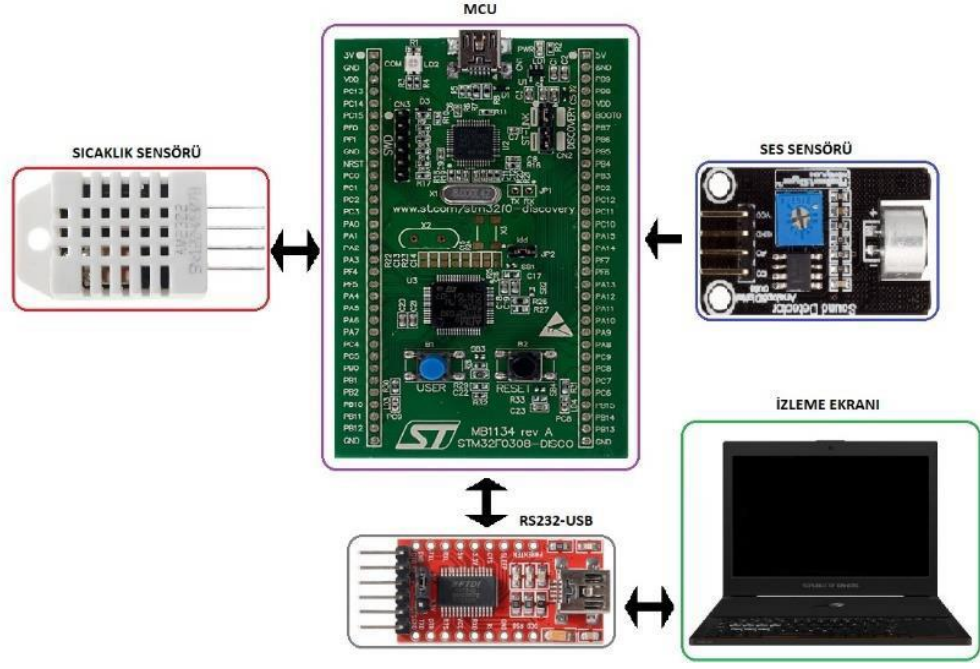
Sıcaklık sensörleri; ön sağ üst bölge (T1), ön sol üst bölge (T2), ön sol alt bölge (T4), arka sağ üst bölge (T5), arka sol üst bölge (T6), arka sol üst bölge (T7) ve arka sağ alt bölge (T8) şeklinde yerleştirilmiştir.

Ses sensörleri; ön yolcu kulak hizası (S1), sürücü kulak hizası (S2), sol arka yolcu kulak hizası (S3) ve sağ arka yolcu kulak hizası (S4) şeklinde yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve ses sensörlerinin araç içerisindeki konumları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Kabin içi sensörlerinin yerleşim şeması
a. Sıcaklık Sensörleri b. Ses Sensörleri

Sensörlerden okunan verilerin arayüz haberleşmesi STM32F030R8T6 mikrodenetleyicisi ailesinden STM32F030 Discovery geliştirme kartı kullanılarak sağlanmıştır. STM32F030 kartı, 48 MHz çalışma frekansına 56 I/O pini, 2,4V ile 3,6V arası çalışma gerilimi ve 15 analog dijital çevirici kanalına sahiptir. Kart ayrıca USART, I2C ve SPI haberleşme protokollerini desteklemektedir. Bilgisayar ile geliştirme kartı arasında FT232RL devresi USB-UART dönüştürücü olarak kullanılmıştır. Sistemin temel fiziksel şeması Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Sistemin temel fiziksel şeması

3.3.1. Ölçüm Koşulları ve Gerçeklenmesi

Araç kabininde değişen fiziksel parametrelerin araç içi popülasyonuna etkisini analiz edilmesi için bu çalışmada yer alan dört sağlıklı gönüllü deneye katılmıştır. Gönüllülerden, ölçümlerden 72 saat boyunca alkol kullanmamaları, beslenme rutinlerine dikkat etmeleri ve günde 7 saatten az uyumamaları gerektiği belirtilmiştir. Şekil 3.6'de araç kabinine yerleştirilen sensörler gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Araç kabinine yerleştirilen sensörler

Deneyler dört farklı senaryo ile gerçekleştirilmiştir;

Birinci senaryo sürüşün 0-30 dk aralığını kapsamaktadır. Araç içi klima sistemi 30 °C derecede ve fan orta hızda çalışmaktadır. 82,35 dB – 104,81 dB aralığında müzik eşliğinde sürücü ve yolcuların doğal konuşma sesinden oluşmaktadır.

İkinci senaryo sürüşün 30-60 dk aralığını kapsamaktadır. Araç içi klima sistemi 25 °C sıcaklıkta ve fan düşük hızda çalışmaktadır. 82,35 dB – 104,81 dB aralığında müzik eşliğinde sürücü ve yolcuların doğal konuşma sesinden oluşmaktadır.

Üçüncü senaryo sürüşün 60-90 dk aralığını kapsamaktadır. Araç içi klima sistemi 25 °C sıcaklıkta ve fan düşük hızda çalışmaktadır. Sürücü ve yolcuların doğal konuşma sesinden oluşmaktadır.

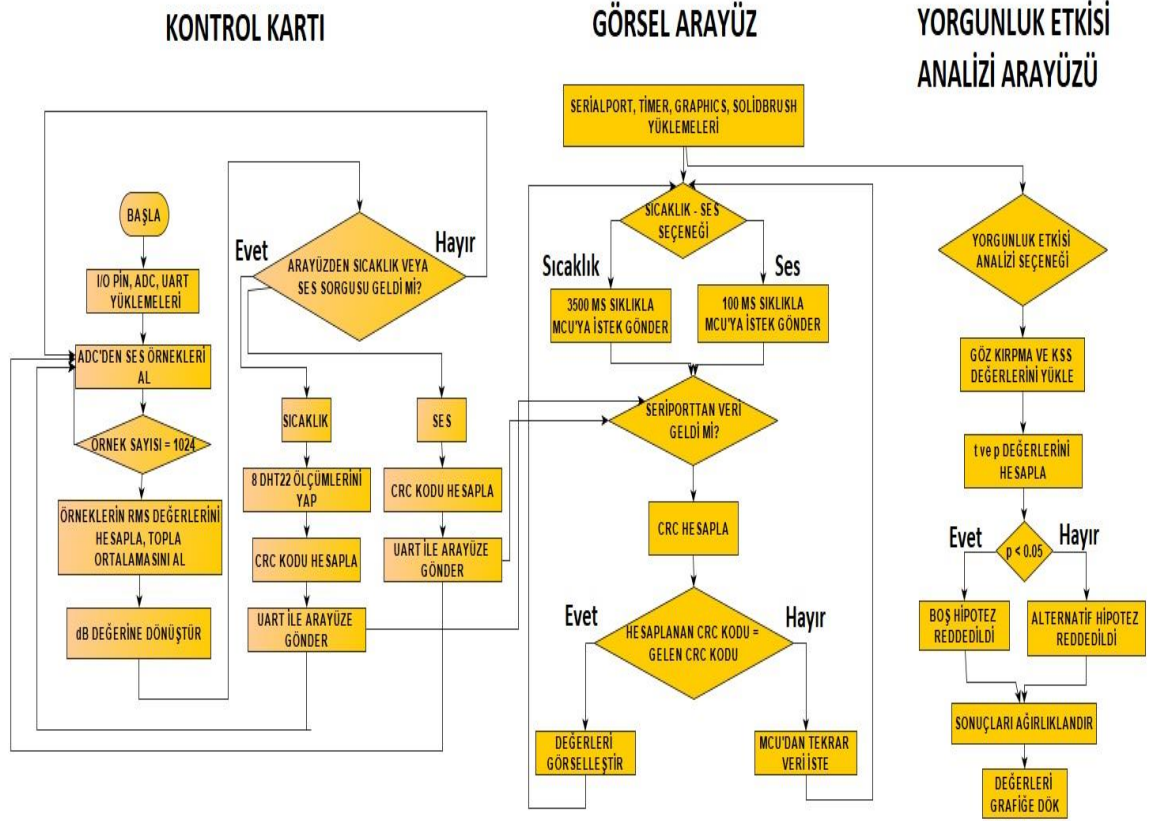
Dördüncü senaryo sürüşün 90-120 dk aralığını kapsamaktadır. Araç içi klima sistemi kapalı konumdadır. Sürücü ve yolcuların konuşmadığı ama araç motor sesi, yol sesi ve dış ortam seslerinden oluşmaktadır.

Araç içerisinde bulunan sensörler aracılığıyla belirtilen senaryoların tümleşik etkisi 120 dakika süresince ölçülmüştür. Ölçümler dört kere tekrarlanmış olup her 120 dakikalık deney süresinde sürücü ve yolcuların yerleri sırasıyla değiştirilmiştir. Gönüllülerin hepsi her koltukta dönüşümlü oturarak on altı farklı veri seti elde edilmiştir. Deneylerin tamamlanmasından sonra veri grupların ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

Deneyler binek araç içerisinde ve araç hareket halindeyken dış ortam sıcaklığı 5-7 °C derecede ve iç ortam sıcaklığı 11 °C derecede başlatılmıştır. Araç içi sıcaklık klima sisteminde 30 °C dereceye ulaşması 15 dakika almış olup ilk senaryonun sonuna kadar sabit tutulmuştur. İkinci senaryoda araç içi klima sistemi 25 °C derecede ve düşük fan hızında çalıştırılmıştır ve araç içi ortam sıcaklığı ilk 5 dakikada belirtilen sıcaklık seviyesine düşmüştür. Sürüşün 90. dakikasına kadar kabin içi ortam sıcaklığı 25 °C derecede sabit kalmıştır. Dördüncü senaryoda ise araç içi klima sistemi kapatılmış ve araç içi ortam sıcaklığı 7 dakika sonunda 18 °C derece olarak ölçülmüştür.

3.3.2. Arayüz Tasarımı

Sıcaklık ve ses sensörlerinden elde edilen veriler sürücü ve yolcuların uyuşukluk ve performansına etki modeli Visual Studio 2017 programı kullanılarak tasarlanmıştır. Kontrol kartı ve arayüz yazılımının detay tasarımına ait akış Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Kontrol kartı ve arayüz yazılımının detay tasarımı

Araç içerisine yerleştirilen DT22 sıcaklık sensörünün teknik özelliklerinde gösterilen haberleşme protokolüne uygun kütüphane kullanılarak veriler elde edilmiştir. Sound Detector ses sensöründen veri okuma işleminde dört kanallı ADC kullanılmıştır. Kontrol kartından belirli aralıklarla arayüz tasarımına sıcaklık ve ses verileri gönderilmektedir. Kontrol kartı tarafından sensör verilerinin hatasız ve güvenli bir şekilde arayüze gönderildiğini kontrol etmek amacıyla CRC (Cyclic Redundancy Check) hesabı yapılmaktadır. Arayüz gelen veri seti ve CRC kodunu karşılaştırarak verinin doğruluğunu tespit etmektedir. Yanlış olması koşulunda kontrol kartından tekrar veri isteği oluşturulmaktadır (COŞKUN ve ark. 2020).

Bu çalışmada göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk ölçeği verileri literatürde yapılmış önceki çalışmalardan elde edilerek arayüz ortamına veri seti olarak yüklenmiştir. Sıcaklık faktörü ile göz kırpma frekansı arasındaki ilişkiyi incelemek için bu tez çalışmasının ikinci aşamasında referans alınan Wolkoff P. ve arkadaşlarının yapmış olduğu deneyler ele alınmıştır. Sıcaklık faktörü ile karolinska uykululuk ölçeği arasındaki ilişki için bu tez çalışmasının ikinci aşamasında referans alınan Alahmer ve diğerlerinin yapmış olduğu deneyler ele alınmıştır (Alahmer ve ark. 2012, Wolkoff ve ark. 2003). Ses faktörü ile göz kırpma frekansının ve karolinska uykululuk ölçeği arasındaki ilişki için bu tez çalışmasının ikinci aşamasında referans alınan Anund ve ekibinin yapmış olduğu deneyler ele alınmıştır (Anund ve ark. 2015).

Kontrol kartından gönderilen sıcaklık ve ses verileri bu set ile eşleştirilerek uygun bağımlı değişken ataması yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar bu tez çalışmasının ikinci aşamasında belirtildiği gibi bağımlı örneklem t-testi ile istatistiksel olarak sürücü ve yolcuların uyusukluk ve performansına etkisi analiz edilmiştir.

3.4. Bağımlı Örneklem t-Testi ve Verilerin Ağırlıklandırılması

Tanımlanan kümelerdeki örnek verileri kullanarak hipotezler hakkında istatistiksel anlamlılık düzeylerini belirlemede kullanılan yöntemlerden biri bağımlı örneklem t-testidir. Bağımlı örneklem t-testi örnek değerleri kullanarak hesaplanan değer ile, ana kütle faktörünün istatistiksel olarak anlamlılığını incelemektedir. Farklılık varsa ve bu fark düzeyinin sıfır hipotezini reddetmek için yeterli olup olmadığına bakılmaktadır. Hesaplanan değer ile ana kütle faktörünün arasında anlamlı bir farklılık olması durumunda sıfır hipotezi reddedilir aksi durumda sıfır hipotezi kabul edilir. Bu yöntem veriler üzerinde uygulanabilmesi için verilerin aşağıda belirtilen temel özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- Gözlemlerin bağımsızlığı,
- Normallik,
- Küresellik.

Veriler belirtilen özelliklerin tamamına sahip olması şartı ile bağımlı örneklem t-testi yapılabilmektedir (Bekiryazıcı ve ark. 2019, Leung 2011).

Bağımlı örneklem t-testinde kullanılacak iki veri seti x ve y olmak üzere, Denklem 3.1 ile veri setinin farklar toplamı ve Denklem 3.2 ile veri seti farklarının karesi toplamı ifadeleri elde edilmektedir.

$$\sum d_i = \sum_{i=1}^i \left((x - y) \sin \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (3.1)$$

$$\sum d_i^2 = \sum_{i=1}^i \left((x - y)^2 \sin^2 \frac{n\pi x}{L} \right) \quad (3.2)$$

Aşağıda verilen Denklem (3.3) veri setinin farkları ortalamasına ait bir ifade gösterilmiştir. Bu değer veri seti farkları toplamının k örnek sayısına oranı ile elde edilmektedir. Bu ifadenin standart sapması Denklem (3.4) de verilmektedir (Daya 2003).

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{k} \quad (3.3)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum d_i^2 - k \bar{d}^2}{k-1}} \quad (3.4)$$

Bağımlı örneklem t-testi sonucu elde edilen t değeri aşağıda verilen Denklem (3.5)'te belirtilmektedir. Bu tezde elde edilen t değeri *hesaplanan t değeri* olarak ifade edilecektir.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{k}} \quad (3.5)$$

Tanımlanan hipotezlerin doğruluğunu sorgulayabilmek için t tablosundan sınır t değeri referans alınmalıdır. Seçilen t anlamlılık seviyesi (p) ve df serbestlik derecesinin kesiştiği noktayı işaret etmelidir. p değeri elde edilen verilerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlamına gelmektedir. Düşük p değer verilerin tesadüfen oluşmadığını yani istatistiksel bir bağlantı olduğu anlamına gelmektedir. Literatürde yapılmış birçok çalışmada p=0,05 (%5) olarak alınmaktadır. Serbestlik derecesi olarak tanımlanmış olan df Denklem (3.6) belirtilen basit eşitsizlik sonucu elde edilmektedir:

$$d_f = k - 1 \quad (3.6)$$

Hesaplanan t değeri, tablodan elde edilen t değerinden büyükse ($p < 0,05$) boş hipotez reddedilmektedir. Hesaplanan t değeri, t tablosunda karşılık gelen değerden küçük ise ($p > 0,05$) alternatif hipotez reddedilmektedir. Testler sonucu elde edilen t-değerleri iki veri seti arasındaki farkın bir ölçütü olarak gösterilmektedir. t-değerinin büyük olması veri setleri arasındaki farkın o kadar fazla olduğu anlamına gelmektedir. Diğer yandan t-değerinin büyük olması sonuçların tekrarlanabiliyor olmasını yani istatistiksel bir bağlantının olduğunu göstermektedir (Daya 2003, Yusop ve ark. 2015).

Bu tez de t-değerleri hipotezlerin sonuçlarını ağırlıklandırmak için kullanılmıştır ve hipotez sonuçları elde edilirken sıcaklık, titreşim ve ses faktörlerinin ilgili t değerleri ile çarpılmıştır. Tüm ağırlıkların toplamı bire eşitlenmiştir. Her bir parametrenin yüzde değeri böylece elde edilmiştir. Denklem (3.7)'de yapılan işlemin matematiksel ifadesi belirtilmektedir.

$$f(w_1, w_2, w_3) = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^3 \left(w_i = 1 \sin \frac{n\pi x}{L} \right) [0 \leq w_i \leq 1]$$

Burada;

x_1 : Sıcaklık verisi,

w_1 : Sıcaklık etkisinin ağırlığını

x_2 : Titreşim verisi,

w_2 : Titreşim etkisinin ağırlığını

x_3 : Ses verisi,

w_3 : Ses etkisinin ağırlığını ifade edilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Kapsam

Bu tez çalışmasının ikinci aşamasında, önceden yapılmış olan sürüş simülasyon deneylerinden elde edilen sıcaklık, titreşim ve ses verileri derlenmiştir. Titreşim frekans aralığı 1-15 Hz, sıcaklık derece aralığı 15-40 °C ve ses şiddeti aralığı 58-108 dB değerleri incelenmiştir. Belirtilen aralıklarda sürücünün göz kırpması frekansı, orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve sürücünün karolinska uyku ölçeği değerlendirilmiştir. Titreşim, sıcaklık ve ses bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Diğer yandan göz kırpması frekansı, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, araç hız değişimi ve karolinska uyku ölçeği verileri bağımlı değişkenler olarak değerlendirilmiştir. Bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak aynı bağımlı değişkenin iki farklı sürüş durumu için analizler gerçekleştirilmiştir. Eşleştirmeler titreşim-sıcaklık, sıcaklık- ses, titreşim-ses şeklinde ele alınmıştır. Eşleştirmeler için aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur ve sonuç olarak bağımlı örneklem t-testi sonuçları yorumlanmış olup tüm kümeler için bağımsız değişken ağırlıklandırılması yapılmış ve aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur.

Küme 1 (Titreşim-Sıcaklık):

H₀: Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.

Küme 2 (Sıcaklık-Ses):

H₀: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.

Küme 3 (Titreşim-Ses):

H₀: Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.

Tez çalışmasının üçüncü aşamasında sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcuların uyku ve performansları üzerindeki ağırlığının tespit edilmesi için literatürde yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen göz kırpması frekansı ve karolinska uyku ölçeği değerleri derlenmiştir. Sıcaklık ve ses faktörlerinin bağımsız değişken olarak ele alınmış olup göz kırpması frekansı ve karolinska uyku ölçeği değerleri bağımlı

değişkenler olarak değerlendirilmiştir. Bağımlı örneklem t-testi kullanılarak ilgili bağımlı değişkenin sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde yapılan sürüş durumu verileri analiz edilmiş ve aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur.

H₀: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkisizdir.

H₁: Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.

Sonuçlar, sürücü ve yolcular için arayüz ortamına gerçek zamanlı aktarılarak sürüşün otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirincinci dakikalarında bağımsız faktörlerin etkisi ağırlıklandırılmıştır.

4.2. Çalışmanın İkinci Kısımına Ait Bağımlı Örneklem t-testi Sonuçları

4.2.1. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları

Bu çalışmada performansa bağlı özelliklerden araç hız değişimi, orta çizgiden uzaklaşma mesafesi ve göz kırpmaya frekansı kullanılmıştır. Sıcaklık, titreşim ve ses faktörleri ile bu özelliklerin arasındaki ilişki incelenmiştir. Öncelikle göz kırpmaya frekansı bağımlı değişkeni için Çizelge 4.1’de belirtilen eşleştirmeler sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiş olup sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Göz kırpmaya frekansı bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Göz Kırpmaya Frekansı (1 / dk)			Hipotez Sonucu
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	
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 faktörleri için sürücü göz kırpmaya frekans değerleri analiz edildiğinde $t(25)=1,325$ ve $p>0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak “Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkisizdir.” bulgusuna varılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörleri için sürücü göz kırpmaya frekans değerleri analiz edildiğinde,

$t(25) = -4,153$ ve $p < 0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Titreşim ve ses faktörleri için sürücü göz kırpması frekans değerleri analiz edildiğinde, $t(25) = 3,146$ ve $p < 0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Sonuçların ortak etkisi incelendiğinde sürücü uyumsuzluk seviyesine en çok etki eden faktörler sırasıyla sıcaklık, titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

Hızın standart sapması bağımlı değişkeni için Çizelge 4.2 'de belirtilen eşleştirmeler sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiş olup sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2. 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 faktörleri için araç hız değişim değerleri analiz edildiğinde $t(25) = 1,334$ ve $p > 0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkisizdir." bulgusuna varılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörleri için araç hız değişim değerleri analiz edildiğinde, $t(25) = 9,667$ ve $p < 0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Titreşim ve ses faktörleri için araç hız değişim değerleri analiz edildiğinde, $t(25) = 7,235$ ve $p < 0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir.

Bu kümenin sonucu olarak “Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Sonuçların ortak etkisi incelendiğinde sürücü uyuşukluk seviyesine en çok etki eden faktörler sırasıyla sıcaklık, titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

Aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi bağımlı değişkeni için Çizelge 4.3 'de belirtilen eşleştirmeler sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiş olup sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.3. Aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi bağımlı değişkeni için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Sürüş Durumu	Aracın Orta Çizgiden Uzaklaşma Mesafesi (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.

Titreşim ve sıcaklık faktörleri için aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesinin değerleri analiz edildiğinde $t(25)=1,931$ ve $p>0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak “Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkisizdir.” bulgusuna varılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörleri için aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesinin değerleri analiz edildiğinde, $t(25)=7,212$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Titreşim ve ses faktörleri için aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesinin değerleri analiz edildiğinde, $t(25)=3,761$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak “Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Sonuçların ortak etkisi incelendiğinde sürücü uyuşukluk seviyesine en çok etki eden faktörler sırasıyla sıcaklık, titreşim ve ses olarak kabul edilmiştir.

4.2.2. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçları

Bu tez çalışmasında bağlamsal özelliklerden karolinska uykululuk ölçüsü değerlendirmeleri kullanılmıştır. Sıcaklık, titreşim ve ses faktörleri ile bu özelliklerin arasındaki ilişki incelenmiştir. KSS bağımlı değişkeni için Çizelge 4.4 'de belirtilen eşleştirmeler sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.4 KSS 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 faktörleri için KSS ölçü değerleri analiz edildiğinde $t(25)=-3,746$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Titreşim faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörleri için KSS ölçü değerleri analiz edildiğinde, $t(25)=-5,32$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Titreşim ve ses faktörleri için KSS ölçü değerleri analiz edildiğinde, $t(25)=-19,853$ ve $p<0,05$ değerleri elde edilmiştir. Anlamlılık değeri 0,05'den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu kümenin sonucu olarak "Titreşim faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir." bulgusuna varılmıştır. Sonuçların ortak etkisi incelendiğinde sürücü uyusukluk seviyesine en çok etki eden faktörler sırasıyla titreşim, sıcaklık ve ses olarak kabul edilmiştir.

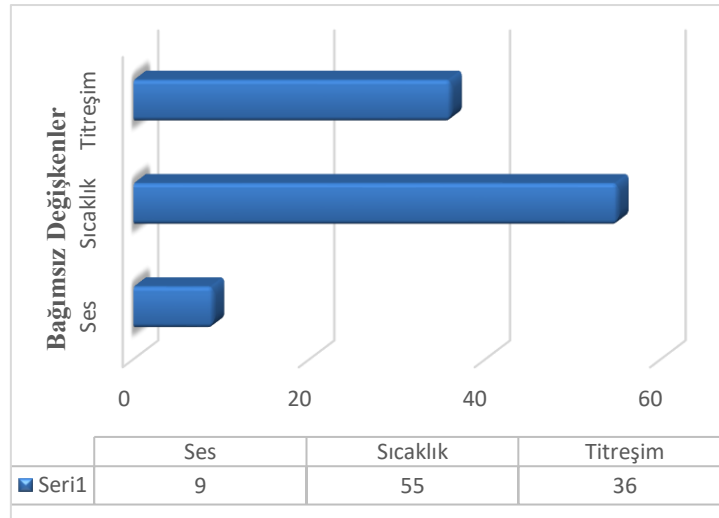
4.2.3. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması

İncelenen özelliklerin istatistiksel analiz sonucunda bu tez çalışmasında kullanılan üç bağımlı değişken için aynı bulgular elde edilmiştir. Her istatistiksel analiz sonucunda sürücü performansına en çok etkileyen faktör sırasıyla sıcaklık, titreşim ve ses olarak bulunmuştur. Bağımsız faktörlerin (sıcaklık, titreşim, ses) ağırlıklandırılması için bağımlı örneklem t-testi yönteminde elde edilen “t” verisi kullanılmıştır. Araç hız değişimi, aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi ve göz kırpmaya frekansı sonuçları için tek tek ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Sonuçlar aşağıda gösterilen Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. 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 kırpmaya frekansı bağımlı değişkenlerinin takibi sonucu, bağımsız değişkenlerin sürücü performansına yaklaşık etkisine ait elde edilen grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Bağımsız değişkenlerin sürücü performansı üzerindeki yüzdesel etkisi

4.2.4. Bağlamsal Özelliklerin Analiz Sonuçları Ağırlıklandırılması

Bağlamsal özelliklerin analizleri sonucunda, sürücü performansına etki eden faktörler sırasıyla titreşim, sıcaklık ve ses olarak bulunmuştur. KSS sonuçları için ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir.

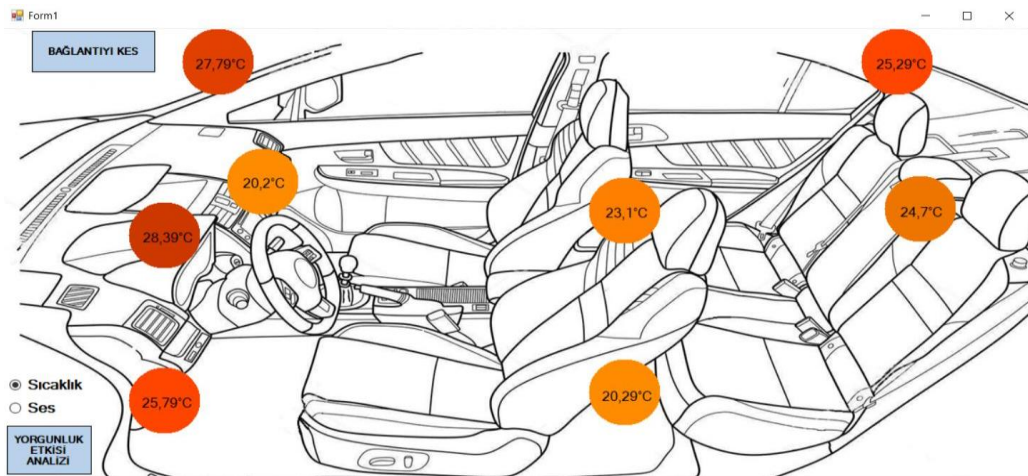
Çizelge 4.6. Bağlamsal özellikler ile bağımsız değişken ağırlıklandırılması

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

4.3. Çalışmanın Üçüncü Aşamasına Ait Bağımlı Örneklem t-testi Sonuçları

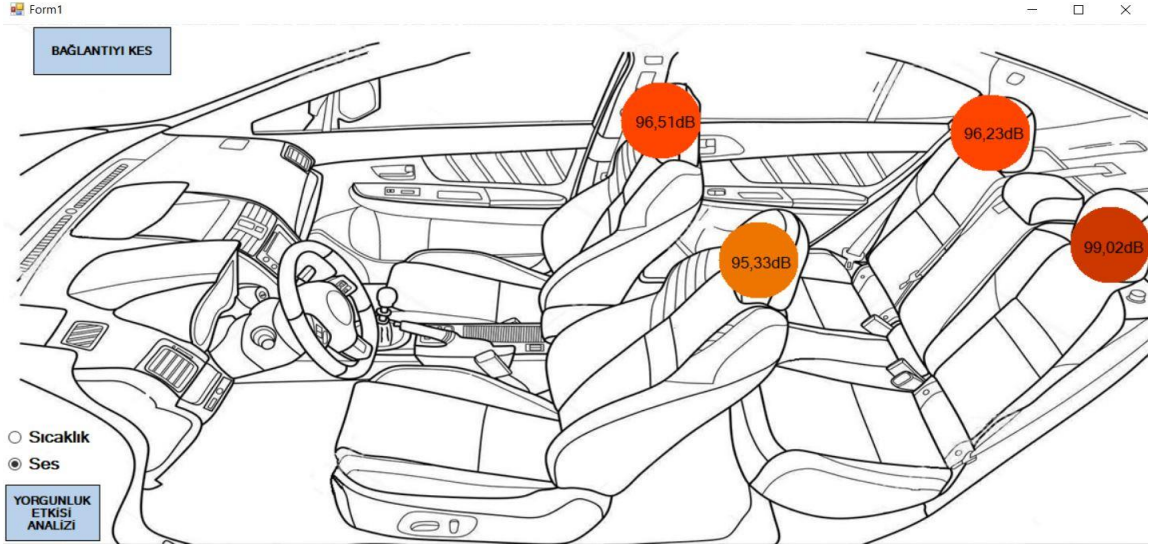
4.3.1. Araç İçerisindeki Sıcaklık ve Ses Dağılımının Modellenmesi

Bu çalışmada sıcaklık ve ses parametrelerinin araç içerisindeki dağılımını modellemek amacıyla bir arayüz tasarlanmıştır. Arayüzde, bağımsız parametre ölçümlerini gerçek zamanlı izlenebilmesi için tek ekranda iki sıcaklık ve ses faktörlerinin seçimi için bir alan sunulmuştur. Modellenen arayüze ait sıcaklık faktörünün sürüş aşamasından bir kesiti Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Araç içerisindeki anlık sıcaklık dağılımı

Şekil 4.2’de gösterildiği gibi araç içinde yolcu koltuklarının alt bölgeleri en düşük sıcaklıklara sahip olup ön ve arka kısım üst bölgeleri yüksek derece sıcaklığa hakimdir. Modellenen arayüze ses faktörünün sürüş aşamasından bir kesiti Şekil 4.3’de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Araç içerisindeki anlık ses dağılımı

Şekil 4.3’de gösterildiği gibi araç içinde sürücü kulak hizası en ses şiddet seviyesine sahip olup yolcu kulak hizası en yüksek ses şiddet seviyesine sahiptir.

4.3.2. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçları

Sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcu uyuşukluk ve performansına etkisini değerlendirebilmek için performansa bağlı özelliklerden göz kırpma frekansı ve bağlamsal özellikler olarak karolinska uykululuk ölçeği kullanılmıştır. Sıcaklık ve ses faktörleri için bu özelliklerin değişimi önceki çalışmalar kullanılarak elde edilmiştir. Öncelikle sürüş süresince otuzar dakika periyotlar ile sürücü göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk ölçeği değişkenleri bağımlı örneklem t-testi yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Sürücü için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

	Bağımlı Değişken	Sıcaklık – Ses Bağımsız Değişkeni			
		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Hipotez Sonucu</i>
30. dk	Göz Kırpma Frekansı	2.18	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.24	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
60. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.59	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.65	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
90. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.16	89	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.23	89	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
120. dk	Göz Kırpma Frekansı	2.27	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.31	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.

Sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde sürücüye ait göz kırpma frekansı verileri analiz edildiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=2.18$ ve $t(119)=2.27$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışını ve doksanını dakikalarda $t(59)=1.59$ ve $t(89)=1.16$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değeri 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. KSS verileri analiz edildiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=2.24$ ve $t(119)=2.31$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Altmışını ve doksanını dakikalarda $t(59)=1.65$ ve $t(89)=1.23$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analiz sonucu olarak, sürücü göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla birbirlerini desteklemektedir. Ön yolcu için göz kırpma frekansı ve KSS verileri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.8’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Ön yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

		Sıcaklık – Ses Bağımsız Değişkeni			
Bağımlı Değişken		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	Hipotez Sonucu
30. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.72	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.83	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
60. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.38	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.42	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
90. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.05	89	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.16	89	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
120. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.87	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi
	Karolinska U. Ölçeği	1.71	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi

Sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde ön yolcuya ait göz kırpma frekansı verileri analiz edildiğinde; otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=1.72$, $t(59)=1.38$, $t(89)=1.05$ ve $t(119)=1.87$ olarak bulunmuştur. Otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda anlamlılık değeri 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. KSS verileri analiz edildiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=1.83$ ve $t(119)=1.71$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda $t(59)=1.42$ ve $t(89)=1.16$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analiz sonucu olarak, ön yolcu göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla birbirlerini desteklemektedir. Sol arka yolcu için göz kırpma frekansı ve KSS verileri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.9’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Sol arka yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

		Sıcaklık – Ses Bağımsız Değişkeni			
Bağımlı Değişken		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Hipotez Sonucu</i>
30. dk	Göz Kırpma Frekansı	2.35	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.85	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
60. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.14	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.22	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
90. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.88	89	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.26	89	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
120. dk	Göz Kırpma Frekansı	2.67	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.89	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.

Sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde sol arka yolcuya ait göz kırpma frekansı verileri analiz edildiğinde; otuzuncu, doksaninci ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=2.35$, $t(89)=1.88$ ve $t(119)=2.67$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışınıcı dakikada $t(59)=1.14$ olarak bulunmuştur ve anlamlılık değeri 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. KSS verileri analiz edildiğinde; otuzuncu, altmışınıcı, doksaninci ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=2.85$, $t(59)=1.22$, $t(89)=2.26$ ve $t(119)=2.89$ olarak bulunmuştur. Otuzuncu, doksaninci ve yüz yirminci dakikalarda anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışınıcı dakikada anlamlılık değerinin 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Sağ arka yolcu için göz kırpma frekansı ve KSS verileri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi yöntemiyle analiz edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.10’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Sağ arka yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

		Sıcaklık – Ses Bağımsız Değişkeni			
	Bağımlı Değişken	t	df	p	Hipotez Sonucu
30. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.97	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.13	29	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
60. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.24	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.36	59	$p > 0.05$	Alternatif hipotez (H_1) reddedildi.
90. dk	Göz Kırpma Frekansı	1.67	89	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	1.71	89	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
120. dk	Göz Kırpma Frekansı	2.13	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.
	Karolinska U. Ölçeği	2.29	119	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.

Sıcaklık ve ses faktörlerinin etkisinde sağ arka yolcuya ait göz kırpma frekansı verileri analiz edildiğinde; otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=1.97$, $t(59)=1.24$, $t(89)=1.67$ ve $t(119)=2.13$ olarak bulunmuştur. Otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışıncı dakikada anlamlılık değeri 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. KSS verileri analiz edildiğinde; otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29)=2.13$, $t(89)=1.71$ ve $t(119)=2.29$ olarak bulunmuştur. Anlamlılık değerinin 0.05’den küçük olmasından dolayı verilen boş hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Sıcaklık faktörü, ses faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Altmışıncı dakikada $t(59)=1.36$ olarak bulunmuştur ve anlamlılık değerinin 0.05’den büyük olmasından dolayı verilen alternatif hipotez reddedilmiştir. Bu analizin sonucu olarak “Ses faktörü, sıcaklık faktörüne göre daha etkilidir.” bulgusuna varılmıştır. Analiz sonucu olarak, sağ arka yolcu göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla birbirlerini desteklemektedir.

4.3.3. Performansa Bağlı Özelliklerin Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması

Çalışmanın bu kısmında göz kırpma frekansı ve karolinska uykululuk ölçeği sonuçları için ayrı ayrı ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır ve bu verilerin ortalaması alınarak toplam etki hesaplanmıştır. İşlemler otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalar için hesaplanmıştır. Sürücü için sıcaklık ve ses bağımsız değişkenlerinin ağırlıklandırılması Çizelge 4.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Sürücü için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

		Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişkenler		
			Göz Kırpma Frekansı	Karolinska Uykululuk Ölçeği	Toplam Etki
SÜRÜCÜ	30.dk	Sıcaklık	% 68.55	% 69.14	% 68.84
		Ses	% 31.45	% 30.86	% 31.16
	60.dk	Sıcaklık	% 38.61	% 37.74	% 38.17
		Ses	% 61.39	% 62.26	% 61.83
	90.dk	Sıcaklık	% 46.3	% 44.84	% 45.57
		Ses	% 53.7	% 55.16	% 54.43
	120.dk	Sıcaklık	% 69.42	% 69.79	% 69.6
		Ses	% 30.58	% 30.21	% 30.4

Analizler sonucunda sürücü için bağlamsal ve performansa bağlı etkilerin dağılımında sıcaklık faktörünün etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında %68.55, altmışıncı dakikasında %38.61, doksanıncı dakikasında %46.3 ve yüz yirminci dakikasında %69.42 olarak bulunmuştur. Ses faktörünün etkisi, otuzuncu dakikada %31.45, altmışıncı dakikada %61.39, doksanıncı dakikada %53.7 ve yüz yirminci dakikada %30.58 olarak bulunmuştur. Otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda sürücü uyuşukluğu ve performansına en fazla etki eden faktör sıcaklık olarak bulunmuştur. Altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda ise sürücüye en fazla etki eden faktör ses olarak tespit edilmiştir. Ön yolcu için sıcaklık ve ses bağımsız değişkenlerinin ağırlıklandırılması Çizelge 4.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. Ön yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

		Bağımlı Değişkenler			
		Bağımsız Değişken	<i>Göz Kırpma Frekansı</i>	<i>Karolinska Uykululuk Ölçeği</i>	<i>Toplam Etki</i>
ÖN YOLCU	30.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 63.24	% 64.66	% 63.95
		<i>Ses</i>	% 36.76	% 35.34	% 36.05
	60.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 42.02	% 41.32	% 41.67
		<i>Ses</i>	% 57.98	% 58.68	% 58.33
	90.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 48.78	% 46.3	% 47.54
		<i>Ses</i>	% 51.22	% 53.7	% 52.46
	120.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 65.16	% 63.1	% 64.13
		<i>Ses</i>	% 34.84	% 36.9	% 35.87

Analizler sonucunda ön yolcu için bağlamsal ve performansa bağlı etkilerin dağılımında sıcaklık faktörünün etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında %63.24, altmışıncı dakikasında %42.02, doksanıncı dakikasında %48.78 ve yüz yirminci dakikasında %65.16 olarak bulunmuştur. Ses faktörünün etkisi, otuzuncu dakikada %36.76, altmışıncı dakikada %57.98, doksanıncı dakikada %51.22 ve yüz yirminci dakikada %34.84 olarak bulunmuştur. Otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda sürücü uyuşukluğu ve performansına en fazla etki eden faktör sıcaklık olarak bulunmuştur. Altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda ise sürücüye en fazla etki eden faktör ses olarak tespit edilmiştir. Sol arka yolcu için sıcaklık ve ses bağımsız değişkenlerinin ağırlıklandırılması Çizelge 4.13'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Sol arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

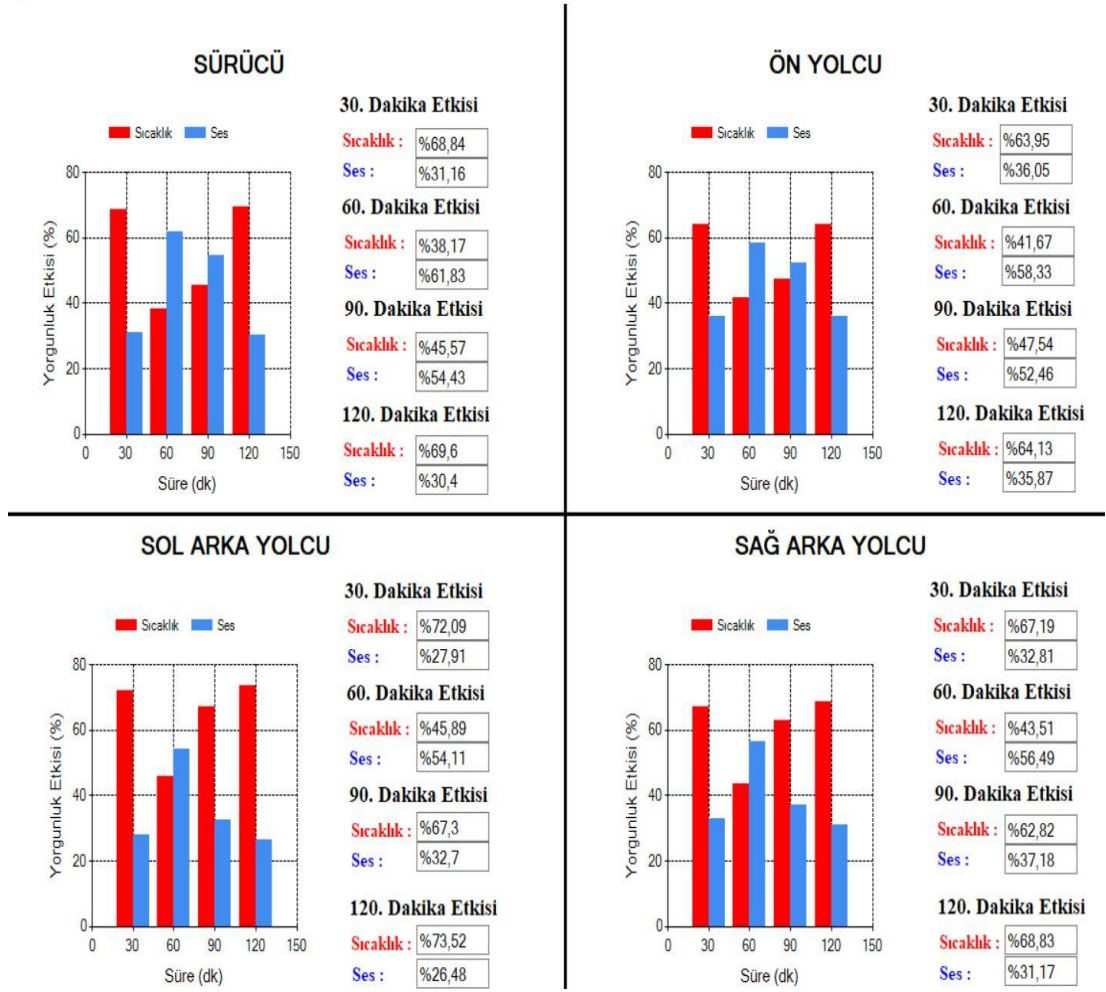
		Bağımlı Değişkenler			
		Bağımsız Değişken	<i>Göz Kırpma Frekansı</i>	<i>Karolinska Uykululuk Ölçeği</i>	<i>Toplam Etki</i>
SOL ARKA YOLCU	30.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 70.15	% 74.03	% 72.09
		<i>Ses</i>	% 29.85	% 25.97	% 27.91
	60.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 46.73	% 45.05	% 45.89
		<i>Ses</i>	% 53.27	% 54.95	% 54.11
	90.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 65.28	% 69.33	% 67.3
		<i>Ses</i>	% 34.72	% 30.67	% 32.7
	120.dk	<i>Sıcaklık</i>	% 72.75	% 74.29	% 73.52
		<i>Ses</i>	% 27.25	% 25.71	% 26.48

Analizler sonucunda sol arka yolcu için bağlamsal ve performansa bağlı etkilerin dağılımında sıcaklık faktörünün etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında %70.15, altmışıncı dakikasında %46.73, doksanıncı dakikasında %65.28 ve yüz yirminci dakikasında %72.75 olarak bulunmuştur. Ses faktörünün etkisi, otuzuncu dakikada %29.85, altmışıncı dakikada %53.27, doksanıncı dakikada %34.72 ve yüz yirminci dakikada %27.25 olarak bulunmuştur. Otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda sürücü uyusukluğu ve performansına en fazla etki eden faktör sıcaklık olarak bulunmuştur. Altmışıncı dakikada ise sürücüye en fazla etki eden faktör ses olarak tespit edilmiştir. Sağ arka yolcu için sıcaklık ve ses bağımsız değişkenlerinin ağırlıklandırılması Çizelge 4.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. Sağ arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

		Bağımlı Değişkenler			
		Bağımsız Değişken	Göz Kırpma Frekansı	Karolinska Uykululuk Ölçeği	Toplam Etki
SAĞ ARKA YOLCU	30.dk	Sıcaklık	% 66.33	% 68.05	% 67.19
		Ses	% 33.67	% 31.95	% 32.81
	60.dk	Sıcaklık	% 44.64	% 42.37	% 43.51
		Ses	% 55.36	% 57.63	% 56.49
	90.dk	Sıcaklık	% 62.55	% 63.1	% 62.82
		Ses	% 37.45	% 36.9	% 37.18
	120.dk	Sıcaklık	% 68.05	% 69.6	% 68.83
		Ses	% 31.95	% 30.4	% 31.17

Analizler sonucunda sağ arka yolcu için bağlamsal ve performansa bağlı etkilerin dağılımında sıcaklık faktörünün etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında %66.33, altmışıncı dakikasında %44.64, doksanıncı dakikasında %62.55 ve yüz yirminci dakikasında %68.05 olarak bulunmuştur. Ses faktörünün etkisi, otuzuncu dakikada %33.67, altmışıncı dakikada %55.36, doksanıncı dakikada %37.45 ve yüz yirminci dakikada %31.95 olarak bulunmuştur. Otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda sürücü uyusukluğu ve performansına en fazla etki eden faktör sıcaklık olarak bulunmuştur. Altmışıncı dakikada ise sürücüye en fazla etki eden faktör ses olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Sürücü ve yolcuların performans ve uyuşukluk göstergesinin genel ifadesi

Bağımlı örneklem t-testi analizinin sonucunda elde edilen veriler ağırlıklandırılmış olup aşağıdaki verilen Şekil 4.4'de sürücü ve yolcular için gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez çalışması toplam üç ana aşamadan oluşmuştur.

Tezin birinci aşamasında yapılan araştırmalarda yorgunluk tespit sistemlerine, akademik olarak, hangi yaklaşımların mevcut olduğu incelenmiş ve özetlenmiştir. Günümüz teknolojisinde araçlarda bulunan aktif güvenlik sistemleri, kazalarda aracı, sürücüyü ve yolcuları korumak için geliştirilen alt sistemlerine genel bir bakış sunulmuştur. Aktif güvenlik sistemlerinden sadece biri olan elektronik denge programı, yapılan çalışmalara göre %30 oranında kazalardaki ölüm riskinin azaltacağına işaret etmektedir. Pasif güvenlik sistemlerinin kaza anında sürücü, yolcu ve araç dışında bulunan yaya ve nesnelere korumak için geliştirilen teknolojiler olduğu belirtilmiştir. Bu sistemlerin NHTSA tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda %42 oranında ölüm riskinin azalttığı belirtilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında sürücüyü etkileyen sıcaklık, titreşim ve ses faktörlerinin istatistiksel olarak ilişkileri ağırlıklandırılmıştır. Çalışmada sürücü performansına bağlı değişkenler olarak araç hız değişimi, göz kırpması frekansı ve aracın orta çizgiden uzaklaşma mesafesi, sürücüye ait bağlamsal değişkenlerden ise karolinska uykululuk skalası sübjektif değerlendirme bilgileri kullanılmıştır. Veriler bağımlı örneklem t-testi yöntemi ile analiz edilmiştir. Sürücü performansına bağlı özelliklerin analiz sonuçlarına göre kişiyi etkileyen faktörler sırasıyla sıcaklık (%55), titreşim (%36) ve ses (%9) olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan bağlamsal özelliğinin istatistiksel olarak analiz sonucunda ise sürücüyü etkileyen faktörler sırasıyla titreşim (%76), sıcaklık (%20) ve ses (%4) olarak bulunmuştur. Sürücü performansına bağlı özelliklerin kullanılması sonucunda elde edilen veriler, bağlamsal özelliklerin kullanılması sonucu elde edilen veriler ile uyumsuzdur.

Performansa bağlı özelliklerin kullanılması sonucunda elde edilen veriler nicel bilgiler olup sürücünün yorumundan bağımsızdır. Bağlamsal özelliklerden elde edilen sonuç ise sürücünün yorumuna açık kişisel değerlendirmedir. Dolayısıyla performansa bağlı özelliklerin kullanılması sonucunda elde edilen verilerin doğruluğu daha çok doğru kabul edilmektedir. Sürücü performansına bağlı özelliklerden elde edilen sonuçlar ile veri setlerinin alındığı çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile bir uyumsuzluk tespit edilmemiştir.

Tez çalışmasının üçüncü aşamasında sıcaklık ve ses faktörlerinin araç kabinindeki dağılımını modellemek için ölçümler yapılmıştır ve elde edilen veriler arayüze gerçek zamanlı aktarılarak araç içindeki fiziksel faktörlerin dağılımı anlık olarak izlenmiştir. Sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü ve yolcu performansı üzerindeki ağırlığının tespit edilebilmesi için önceki çalışmalarda gerçekleştirilen simülasyonlardan elde edilen göz kırpmaya frekansı ve karolinska uykululuk skalası verileri toplanmıştır. Veriler tezin birinci aşamasında olduğu gibi bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar arayüz ortamına doğrudan aktarılarak sürüşün otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarında sürücü ve yolcular için gerçekleştirilmiştir. Sürüşler dış ortam sıcaklığı 5-7 °C derecede ve iç ortam sıcaklığı 11 °C derecede başlatılmıştır. Birinci senaryoda araç içi klima sistemi 30 °C derecede ve orta fan hızında çalıştırılmıştır. Müzik eşliğinde sürücü ve yolcuları doğal konuşma sesinden oluşmuştur. Sonuçlar incelendiğinde sürüşün ilk otuz dakikası sürücü ve yolcuların performansına sıcaklık faktörü etki ettiği görülmüştür. Otuzuncu dakikadan sonra araç içi klima sistemi 30 °C dereceden 25 °C dereceye düşürülmüş ve fan hızı düşük seviyeye getirilmiştir. Müzik sesi ve sürücü ve yolcuların doğal konuşma sesi devam etmiştir.

İkinci senaryonun sonuna kadar araç içi sıcaklık 25 °C dereceye erişmiştir. Müzik sesi ve konuşma seslerinin devam ediyor olması sürücü ve tüm yolcu performansına ses faktörü sıcaklık faktöründen daha etki ettiği görülmüştür. Üçüncü senaryonun başında araç içi klima sistemi 25 °C derecede ve fan hızı orta seviyede sabit kalmıştır. Müzik kapatılmış olup sadece araç içinde sürücü ve yolcuların doğal konuşma sesi vardır. Üçüncü senaryonun sonunda sürücü ve ön yolcunun performansına ses faktörü daha fazla etki ettiği görülmüştür. Arka yolcular için sıcaklık faktörünün daha fazla etki ettiği görülmüştür. Dördüncü senaryo başında araç içi klima sistemi kapatılmış, sürücü ve yolcularında konuşmadığı bir ortam ile deneylere devam edilmiştir. Böylece çalışmanın üçüncü aşamasında yapılan yüz yirmi dakika boyunca dört farklı senaryo için gerçekleştirilen ölçümlerde, sürücü ve yolcu performanslarına en çok sıcaklık faktörü etki ettiği görülmüştür.

Sonuç olarak çalışmada elde edilen verilere göre araç içindeki çevresel parametrelerin sürücü performansına etkileri, sürücü güvenliği ve konforu için önemli bir yere sahip olduğu gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- 2631-1, I. S. O. 1997.** Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements. *International standard*. ISO.
- Acar Vural, R., Sert, M. Y., Karaköse, B. 2018.** Gerçek Zamanlı Sürücü Yorgunluk Tespit Sistemi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 249–259.
- Ahlström, C., Anund, A., Fors, C., Åkerstedt, T. 2018.** The effect of daylight versus darkness on driver sleepiness: a driving simulator study. *Journal of Sleep Research*, 27(3):, 1–9.
- Alahmer, A., Omar, M., Mayyas, A. R., 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.
- Anonim, 2020a.** World Health Organization Global Status Report on Road Safety, https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/en/ - (Erişim tarihi: 15.06.2020).
- Anonim, 2020b.** Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı İstatistikleri-<http://trafik.gov.tr/kurumlar/trafik.gov.tr/04-Istatistik/Aylik/Kasim20.pdf> (Erişim tarihi: 18.11.2020).
- Anund, A., Lahti, E., Fors, C., Genell, A. 2015.** The effect of low-frequency road noise on driver sleepiness and performance. *PLoS ONE*, 10(4):, 1-13.
- Azizan, A., Ittianuwat, R. 2016.** Effect Of Vibration On Occupant Driving Performances: Measured By Simulated Driving. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 5(01):, 117-122.
- Balasubramanian, V., Adalarasu, K. 2007.** EMG-based analysis of change in muscle activity during simulated driving. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 11(2):, 151–158.
- Bekiryazıcı, Ş., Eken, R., Yılmaz, G. 2019.** Titreşim, Sıcaklık Ve Ses Faktörlerinin Sürücü Performansı Üzerindeki Etkisinin Ağırlıklandırılması Ve İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 397–412.
- Chowdhury, N. F. A. 2015.** Ambient Temperature Effects on Driving. *Procedia Manufacturing*, 3:, 3123–3127.
- Coşkun, O., Bekiryazıcı, Ş., Eken, R., Demir, A., Yürüklü, E., Yılmaz, G. 2020.** Binek Araçlarda Kabin İçi Sıcaklık Ve Ses Parametrelerinin Sürücü Ve Yolcu Yorgunluğu Etkisinin Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 921–940.
- Daanen, H. A. M., Van De Vliert, E., Huang, X. 2003.** Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments. *Applied Ergonomics*, 34(6):, 597–602.

Daya, S. 2003. Paired t-test. *Evidence-based Obstetrics and Gynecology*, 5(3):, 105–106.

Elbanhawi, M., Simic, M., Jazar, R. 2015. In the Passenger Seat: Investigating Ride Comfort Measures in Autonomous Cars. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 7(3):, 4–17.

Eum, S., Choi, J., Park, S. S., Yoo, C., Nam, K. 2017. Robust Clamping Force Control of an Electro-Mechanical Brake System for Application to Commercial City Buses. *Energies*, 10(2):, 1-12.

Földváry Ličina, V., Cheung, T., Zhang, H., de Dear, R., Parkinson, T., Arens, E., Chun, C., Schiavon, S., Luo, M., Brager, G., Li, P., Kaam, S., Adebamowo, M. A., Andamon, M. M., Babich, F., Bouden, C., Bukovianska, H., Candido, C., Cao, B., Carlucci, S., Cheong, D. K. W., Choi, J. H., Cook, M., Cropper, P., Deuble, M., Heidari, S., Indraganti, M., Jin, Q., Kim, H., Kim, J., Konis, K., Singh, M. K., Kwok, A., Lamberts, R., Loveday, D., Langevin, J., Manu, S., Moosmann, C., Nicol, F., Ooka, R., Oseland, N. A., Pagliano, L., Petráš, D., Rawal, R., Romero, R., Rijal, H. B., Sekhar, C., Schweiker, M., Tartarini, F., Tanabe, S. ichi, Tham, K. W., Teli, D., Toftum, J., Toledo, L., Tsuzuki, K., De Vecchi, R., Wagner, A., Wang, Z., Wallbaum, H., Webb, L., Yang, L., Zhu, Y., Zhai, Y., Zhang, Y., Zhou, X. 2018. Development of the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II. *Building and Environment*, 142:, 502–512.

Gameiro da Silva, M. C. 2002. Measurements of comfort in vehicles. *Measurement Science and Technology*, 13(6):, 41-60.

Handbook, I. S. O. S. 1995. Mechanical vibration and shock Human exposure to vibration and shock. , 2:, 5–7.

Highway Traffic Safety Administration, N., Department of Transportation, U. 2019. Research Note: Seat Belt Use in 2019—Overall Results. , (Aralık 2019):, 2017–2020.

I.O. for Standardization 2018. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration. *International standard*. ISO.

Kahane, C. J. 2015. Lives saved by vehicle safety technologies and associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012 - Passenger cars and LTVs. *24th Technical Conference on the Enhance Safety of Vehicles*, 21.

Kumar, K., Kumar, N. 2020. Safety and Security of Automobiles, *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*, (4):, 56–59.

Kusano, K. D., Gabler, H. C. 2012. Safety benefits of forward collision warning, brake assist, and autonomous braking systems in rear-end collisions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 13(4):, 1546–1555.

Lee, B. G., Chung, W. Y. 2012. A smartphone-based driver safety monitoring system using data fusion. *Sensors (Switzerland)*, 12(12):, 17536–17552.

Lie, A., Tingvall, C., Krafft, M., Kullgren, A. 2004. The Effectiveness of ESP

(Electronic Stability Program) in Reducing Real Life Accidents. *Traffic Injury Prevention*, 5(1):, 37–41.

Mikusova, M. 2017. Crash avoidance systems and collision safety devices for vehicle occupants. *MATEC Web of Conferences*, 107 (24):, 1-7.

Najm, W. G., Koziol, J. S., Tijerina, L., Pierowicz, J. A., Hendricks, D. L. 1994. Comparative Assessment of Crash Causal Factors and Ivhs Countermeasures. Moving Toward Deployment. *Proceedings of the IVHS America Annual Meeting*. 2 Volumes, (716):, 412–421.

Oh, M. S., Ahn, J. H., Kim, D. W., Jang, D. S., Kim, Y. 2014. Thermal comfort and energy saving in a vehicle compartment using a localized air-conditioning system. *Applied Energy*, 133:, 14–21.

Ooi, J. S. K., Ahmad, S. A., Chong, Y. Z., Ali, S. H. M., Ai, G., Wagatsuma, H. 2016. Driver emotion recognition framework based on electrodermal activity measurements during simulated driving conditions. *IECBES 2016 - IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences*, 365–369.

Report, T., Universiti, S. 2016. Design and Development Of The Mechanism For Run Flat Tyre , Part 3. , (Ocak):, 0–19.

Richard J. de Dear, Gail Schiller Brager 1998. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*, 104(1):, 1–18.

Road, A., Targets, S. 2008. Towards zero: Ambitious road safety targets and the safe system approach (C. 9789282101).

Rogado, E., García, J. L., Barea, R., Bergasa, L. M., López, E. 2009. Driver fatigue detection system. *2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2008*, (May 2014):, 1105–1110.

Talamonti, W. J. 2017. Human-Machine Interface Development for Modifying Driver Lane Change Behavior in Manual, Automated, and Shared Control Automated Driving. Doktora Tezi, Wayne State University Dissertations, Endüstri Mühendisliği, Detroit, Michigan.

Treat, J. R., Tumba, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., Castellán, N. J. 1979. Tri-Level Study of the Causes of Traffic Accidents: An overview of final results. *Proc. of the American Association for Automotive Medicine Annual Conference*, 21:, 391–403.

Trejo, L. J., Kochavi, R., Kubitz, K., Montgomery, L. D., Rosipal, R., Matthews, B. 2005. Measures and models for predicting cognitive fatigue. *Biomonitoring for Physiological and Cognitive Performance during Military Operations*, 5797:, 2-11.

Turner, S. C., Paliaga, G., Lynch, B. M., Arens, E. A., Aynsley, R. M., Brager, G. S., Deringer, J. J., Ferguson, J. M., Filler, J. M., Hogeling, J. J., Int-hout, D., Kwok, A. G., Levy, H. F., Sterling, E. M., Stoops, J. L., Taylor, S. T., Tinsley, R. W., Cooper,

K. W., Dean, K. W., Myers, F., Peterson, J. C. 1979. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. *International Journal of Refrigeration*, 2(1):, 56–57.

Vicente, J., Laguna, P., Bartra, A., Bailón, R. 2016. Drowsiness detection using heart rate variability. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 54(6):, 927–937.

Wolkoff, P., Skov, P., Franck, C., Petersen, L. N. 2003. Eye irritation and environmental factors in the office environment - Hypotheses, causes and a physiological model. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 29(6):, 411–430.

Yusop, H., Yeng, F. F., Jumadi, A., Mahadi, S., Ali, M. N., Johari, N. 2015. The Effectiveness of Excellence Camp: A Study on Paired Sample. *Procedia Economics and Finance*, 31(August 2018):, 453–461.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Recep EKEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Elazığ / 12.12.1995
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Özel Elazığ Yavuz Selim Koleji / Elazığ
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi / Bursa
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi / Bursa

Çalıştığı Kurum : Daiichi Elektronik A.Ş

İletişim (e-posta) : ekenrecep12@gmail.com

Yayınları :

1. **Başay, V., Eken, R., Yılmaz, G. 2019.** Orta yükseklikte dağlık bölgelerde kurulan güneş enerjisi santralinde fotovoltaik modüllerin yaşlanmasının araştırılması. *Uludag University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(2): 325-336
2. **Bekiryazıcı, Ş., Eken, R., Yılmaz, G. 2019.** Titreşim, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü performansı üzerindeki etkisinin ağırlıklandırılması ve incelenmesi. *Uludag University Journal of the Faculty of Engineering*, 24(3): 397-412.
3. **Çoşkun, O., Bekiryazıcı, Ş., Eken R., Demir A., Yürüklü E., Yılmaz G. 2020.** Binek araçlarda kabin içi sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcu yorgunluğuna etkisinin analizi. *Uludag University Journal of the Faculty of Engineering*, 25(2): 921-940.