

BİNEK ARAÇLARDA KABİN İÇİ SICAKLIK VE SES PARAMETRELERİNİN SÜRÜCÜ VE YOLCU YORGUNLUĞUNA ETKİSİNİN ANALİZİ

Oğuzhan COŞKUN *^{ID}

Şule BEKİRYAZICI *^{ID}

Recep EKEN **^{ID}

Ahmet DEMİR *^{ID}

Emrah YÜRÜKLÜ **^{ID}

Güneş YILMAZ *^{ID}

Alınma: 06.05.2020; düzeltme: 27.06.2020; kabul: 29.06.2020

Öz: Bu çalışmada araç kabini içerisinde oluşan sıcaklık ve ses gibi bozucu etkilerin dağılımının modellenmesi ve sürücü/yolcu performansı üzerindeki tümleşik etkisinin ağırlıklandırılması hedeflenmiştir. Sıcaklık ve ses parametrelerinin araç kabini içerisindeki dağılımını modellemek, sürücü ve yolcu yorgunluğuna etkisini analiz etmek amacıyla dört farklı senaryoda 120 dakika boyunca dört defa tekrarlanarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçülen veriler Visual Studio 2017 programında tasarlanan arayüze doğrudan aktarılmış ve araç içerisindeki fiziksel parametrelerin dağılımı anlık olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcuların yorgunluğu üzerindeki ağırlığının belirlenebilmesi için, önceki çalışmalarda yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen göz kırpm frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği verileri toplanmıştır. Bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak, aynı bağımlı değişkenin sıcaklık-ses etkisinde yapılan sürüş durumu verileri analiz edilmiştir. Analizler, arayüz ortamına doğrudan aktarılarak, yolculuğun 30, 60, 90 ve 120. dakikalarında bağımsız parametrelerin etkisi ağırlıklandırılmış ve grafiklerle desteklenmiştir. Bu ağırlıklandırma sürücü ve tüm yolcular için ayrı ayrı yapılmıştır. Bağlamsal ve performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda, sürücü ve ön yolcu için 30. ve 120. dakikalarda sıcaklık parametresi yorgunluğa daha etkinken, 60. ve 90. dakikalarda ses parametresinin etkisi sıcaklık etkisinin önüne geçmiştir. Sağ ve sol arka yolcu için ise, 30, 90 ve 120. dakikalarda sıcaklık parametresi baskinken, 60. dakikada ses parametresinin etkisi baskın olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kabin İçi Sıcaklık Dağılımı, Kabin İçi Ses Dağılımı, Sürücü Yorgunluk Etkisi, Yolcu Yorgunluk Etkisi, Bağımlı Örneklem t-Testi, Sıcaklık-Ses Etkisi.

Analysis The Effect of Temperature and Sound Parameters on The Driver and Passenger Fatigue in Vehicle Cabine

Abstract: In this study, it's aimed to model distribution of destructive effects such as temperature and sound in vehicle cabin and to weight the integrated effect on driver/passenger performance. In order to model distribution of temperature-sound parameters in vehicle cabin and analyze effect on driver-passenger fatigue, measurements has been made four times (120-minutes) in four different scenarios. Measured data has been transferred directly to interface designed in Visual Studio 2017, and changes have been observed. Besides, to determine the weight of temperature-sound parameters on fatigue of driver-passengers, data has been collected, which on blink-frequency and Karolinska-sleepiness-scale obtained from previous simulations. Using the paired-sample-t-test method, driving state data of same dependent variable effect

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa

** Daiichi Arge Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, 16059, Bursa

İletişim Yazarı: Güneş YILMAZ (gunesy@uludag.edu.tr)

was analyzed. By transferring the analyzes directly to interface environment, effect of independent parameters was weighted and supported with graphics at 30,60,90 and 120th minutes of journey. This weighting is done separately for driver-all passengers. As a result of analysis, temperature was more effective for fatigue at 30th and 120th minutes for driver-front passenger, while effect of sound in 60th and 90th minutes prevented the temperature effect. For the right and left rear passengers, while temperature was dominant at 30,90,120th minutes, effect of sound parameter was dominant at 60th minutes.

Keywords: Cabin Temperature Distribution, Cabin Sound Distribution, Driver Fatigue Effect, Passenger Fatigue Effect, Pair Sample t-Test, Temperature- Sound Effect.

1. GİRİŞ

Günümüzde bir çok insan, ulaşım aracı olarak otomobilleri tercih etmektedir. Otomotiv teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte sürücü ve yolcularda daha konforlu bir otomobil iç ortamı beklentisi oluşmuştur. Araç kabini içerisinde oluşan ortam koşulları, sürücü ve yolcu performansını etkilemektedir (Zhou ve diğ. 2019). Kabin içi akustik ve ısı dağılımı sürüş konforu ve güvenliği açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle taşıtlarda akustik ve ısıl olarak konforlu iç ortam şartlarının oluşturulması gerekir. Bu amaç doğrultusunda ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ve dengeleme sistemleri otomobil üreticileri tarafından, yeni teknolojilerle sürekli olarak desteklenmektedir (Pala ve diğ. 2015). Ayrıca akustik ve ısıl konforun iyileştirilmesi, sürücü ve yolcu yorgunlukları üzerindeki etkilerini azaltmaktadır (Korukçu ve diğ. 2011).

Otomobillerde ısıl ve akustik parametrelerin yorgunluğa etkisi konusunda, bağlamsal özellikler, fiziksel özellikler, performansa bağlı özellikler ve karma özellikler kullanılarak yapılmış birçok deneysel çalışma vardır. Bağlamsal özellikler kullanılarak yapılan çalışmalarda, sürücü ve yolcu performansı istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir. Bu analizde; uyku kalitesi, sirkadiyen ritim, oturma konfor derecesi, yol monotonluğu, araç yoğunluğu, şerit sayısı vb. gibi özellikler kullanılmaktadır (Fu ve diğ. 2016). Fiziksel özellikler kullanılarak yapılan çalışmalarda, kişilerin fizyolojik durumları hakkında doğrudan bilgi alınarak analizler gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde yapılan analizlerde; EEG (Elektroensefalografi), EMG (Elektromiyografi), EKG (Elektrokardiyogram), solunum ve diğer birçok fizyolojik sinyallerin özellikleri kullanılmaktadır (Khushaba ve diğ. 2010). Performansa bağlı özellikler kullanılarak yapılan çalışmalarda, kişiler görüntülenerek davranışlarındaki değişimler analiz edilmektedir. Bu yöntemde kişilerin tepki süresi, göz kırpma sıklığı, göz kapatma hızı ve baş hareketleri gibi davranışları gözlemlenmektedir (Son ve diğ. 2015). Ayrıca direksiyon açısı, araç hızı, şerit sapması ve vites değiştirme gibi araç kullanım hareketleri de takip edilerek analiz desteklenmektedir. Performans değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalarda daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için, karma özellik analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Karma özellik analizleri, belirtilen üç yöntemin karma kombinasyonları kullanılarak yapılmaktadır. Entegre yöntemler, diğer yöntemlerin avantajlarından yararlanırken dezavantajlarından kaçınmaya çalışmaktadır (Bekiryazıcı ve diğ. 2019).

Literatür incelendiğinde, belirtilmiş yöntemler kullanılarak yapılan birçok çalışma vardır. Bunlardan biri, D. W. Lee'nin 2015 yılında yapmış olduğu, ısıtma koşullarında araç içerisindeki sıcaklık ve hız dağılımını deneysel olarak inceleyen çalışmadır. Otomobil iç ortamının 1/10 ölçeğinde modeli oluşturulmuştur. Deneyselde torpido ve ayak hizasında bulunan menfezlerin açılıp kapatılması ile üç farklı hava dağılımı test edilmiştir. Yirminci, kırkıncı ve altmışıncı dakikalara ait araç kabin içi sıcaklık dağılımları analiz edilmiştir. Ayak hizasında bulunan menfezlerin açık olduğu ve torpidodaki menfezlerin kapatıldığı deneyde, araç kabini içerisinde uniform bir sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. Tüm menfezlerin açık olduğu deneyde ise, kısa sürede kabin içerisinde daha uniform bir sıcaklık dağılımı gerçekleşmiştir (Lee, 2015).

Diğer bir çalışma, Rongrong Fu ve ekibinin 2016 yılında yapmış olduğu yorgunluk tanıma sistemidir. Çalışmada, EEG, EMG ve solunum sinyalleri gibi fizyolojik ve bağlamsal bilgiler kullanılarak sürücü yorgunluğu tahmin edilmektedir. Bu sinyallerin Gizli Markov Modeli

kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda sürücü yorgunluğu dinamik olarak elde edilmiştir (Fu ve diğ. 2016).

Bu çalışmada literatürde yer alan araştırmalara dayanarak sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcuların yorgunluğu üzerindeki etkileri ağırlıklandırılmış ve yorumlanmıştır. Çalışmanın adımları şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

(i) İlk olarak, sıcaklık ve ses parametrelerinin araç kabini içerisindeki dağılımını modellemek amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçülen veriler C# dili ile Visual Studio 2017 programında tasarlanan arayüze doğrudan aktarılmış ve araç içerisindeki bu fiziksel parametrelerin dağılımı anlık olarak gözlemlenmiştir.

(ii) Sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcu yorgunluğu üzerindeki ağırlığının belirlenebilmesi için, önceki çalışmalarda yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen göz kırpm frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği verileri toplanmıştır. Sıcaklık ve ses parametreleri bağımsız değişkenler olarak alınırken, göz kırpm frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği verileri bağımlı değişkenler olarak alınmıştır.

(iii) Bağımlı örneklem t-testi (Pair-Sample t-Test) yöntemi kullanılarak aynı bağımlı değişkenin sıcaklık-ses etkisinde yapılan sürüş durumu verileri analiz edilmiştir. Test içerisinde sıcaklık ve ses parametrelerinin analizi için aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur.

H_0 : Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkisizdir.

H_1 : Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir.

(iv) Analizler, arayüz ortamına doğrudan aktarılarak, yolculuğun otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirincinci dakikalarında bağımsız parametrelerin etkisi ağırlıklandırılmış ve grafiklerle desteklenmiştir. Bu ağırlıklandırma sürücü ve tüm yolcular için ayrı ayrı yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Ölçüm Düzenine Tanımlanması

Bu çalışmada, araç kabini içerisindeki sıcaklık ve ses şiddeti seviyesi dağılımlarını modellemek ve bu değerlerin sürücü ve yolcular üzerindeki etkisini ağırlıklandırmak amacıyla ölçümler yapılmıştır. Araç kabini içerisine yerleştirilen sekiz sıcaklık sensörü ve dört ses sensörü ile veriler toplanmıştır.

Sıcaklık değerlerinin ölçülmesi için Aosong Electronics firmasına ait DHT22 sensörü kullanılmıştır. DHT22 3.3V ile 5V arası çalışma gerilimine, -40 °C ile 123.8 °C sıcaklık ölçüm aralığına, %1.8 doğruluk yüzdesine ve 2 saniye veri okuma hızına sahiptir. Ses değerlerinin ölçülmesi için RobotDyn firmasına ait Sound Detector sensörü kullanılmıştır (URL1). Sound Detector 3.3V ile 5V arası çalışma gerilimine, 50 Hz ile 20000 Hz arası çalışma frekansına, sinyal-gürültü oranı > 58 dB, -48 ile 66 dB arası hassasiyet ve 0 ile 1023 değerleri arasında sayısal çıkış sinyal aralığı özelliklerine sahiptir. Sıcaklık sensörleri kabin içerisinde sırasıyla;

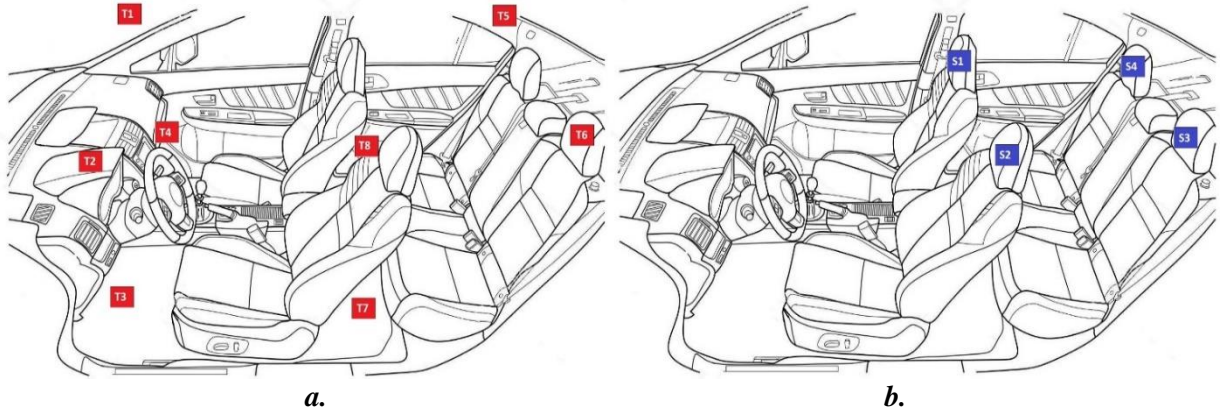
- ön kısım sağ üst bölge (T1)
- ön kısım sol üst bölge (T2)
- ön kısım sol alt bölge (T3)
- ön kısım sağ alt bölge (T4)
- arka kısım sağ üst bölge (T5)
- arka kısım sol üst bölge (T6)
- arka kısım sol alt bölge (T7)
- arka kısım sağ alt bölge (T8) lokasyonlarına yerleştirilmiştir.

Ses sensörleri ise kabin içerisinde sırasıyla;

- ön yolcu kulak hizası (S1),

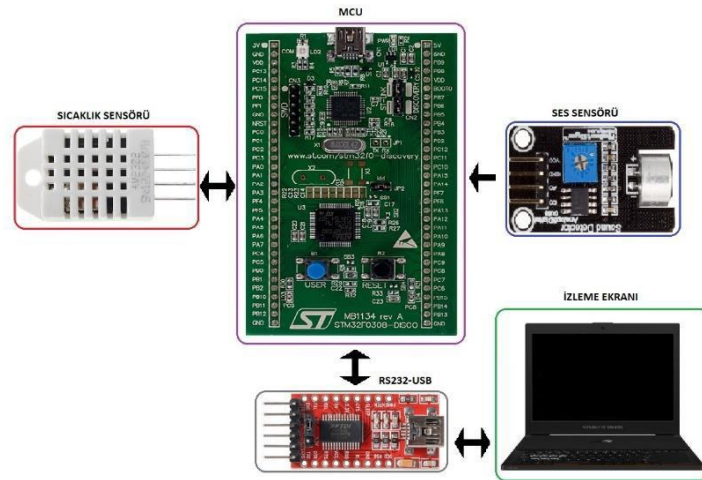
- sürücü kulak hizası (S2),
- sol arka yolcu kulak hizası (S3)
- sağ arka yolcu kulak hizası (S4) lokasyonlarına yerleştirilmiştir.

Belirtilen tüm sensörlerin araç kabini içerisindeki konumları Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 1:
Kabin içi sensörlerinin yerleşim şeması
a. Sıcaklık Sensörleri b. Ses Sensörleri

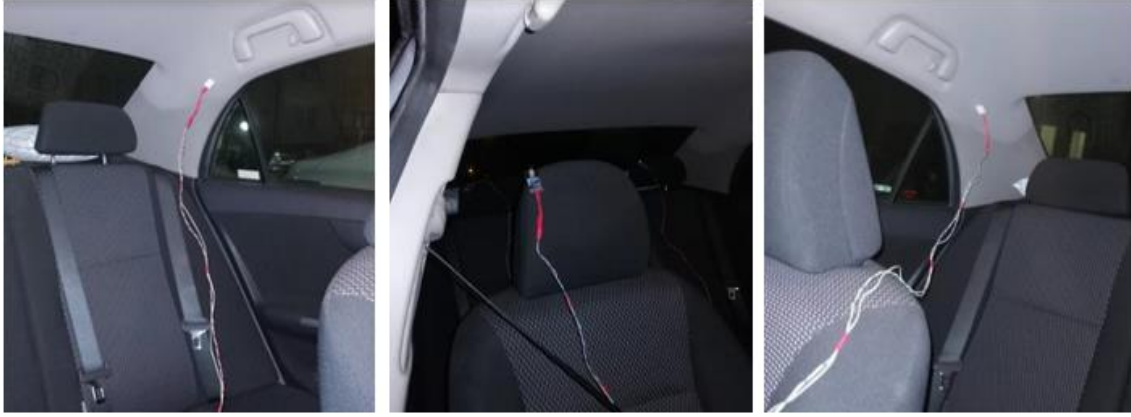
Sensör verilerinin elde edilmesini ve arayüz ile haberleşmesini sağlayan kontrol kartı için, STM32F030R8T6 mikrodenetleyicisine sahip STM32F030 Discovery geliştirme kiti kullanılmıştır. Kontrol kartı 48 MHz çalışma frekansı, 56 giriş/çıkış pini, 2,4 V ile 3,6 V arası çalışma gerilimi ve 15 kanal analog-sayısal dönüştürücü (ADC) özelliklerine sahiptir. Ayrıca Evrensel Senkron/Asenkron Alıcı/Verici (USART), Gömülü Entegre Devre (I2C) ve Seri Çevresel Arayüz (SPI) haberleşme protokollerini desteklemektedir (URL2). Bilgisayar ile kontrol kartı arasındaki bağlantı FT232RL entegresine sahip USB-UART dönüştürücü modülü ile sağlanmıştır. Sisteme ait temel prensip şeması Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2:
Tasarlanan sistemin temel prensip şeması

2.2. Ölçüm Koşulları ve Ölçümlerin Gerçeklenmesi

Araç kabini içerisindeki fiziksel parametrelerin araç içi popülasyonuna etkisinin analiz edilebilmesi için bu çalışmada yer alan dört sağlıklı denek ile deneyler yapılmıştır. Deneklerden biri sürücü, diğerleri yolcu pozisyonunda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Tüm denekler ISO 9920 standartlarına göre, kış koşullarında normal giysi ısı direnci olarak, 1 clo (0.155 m²K/W) varsayılan kıyafetler giymiş ve araç içerisindeki metabolik aktivite düzeyi, oturma durumunda olan bir kişi için 1 met (58.2 W/m²) olarak alınmıştır. Bunlara ek olarak ölçümlerden önce deneklerden 72 saat boyunca, alkol almamaları ve beslenme rutinlerine dikkat etmeleri istenmiştir. Şekil 3'te araç kabini içerisine yerleştirilen ölçüm düzeneği görselleri verilmiştir.



Şekil 3:
Araç içi ölçüm düzeneği kurulumu

Araç kabini içerisinde gerçekleştirilen ölçümler dört farklı senaryo oluşturularak yapılmıştır. Bu senaryolar sıcaklık ve ses parametrelerinin farklı değerlerinde gerçekleşmiş olup aşağıda sıralanmıştır.

A. *Sürüşün 0-30 dk. aralığı:*

Sıcaklık parametresi: Isıtıcı 30 °C sıcaklıkta ve fan orta hızda.

Ses parametresi: 82.35 dB-104.81 dB aralığında müzik ve araç içerisinde bulunan dört kişinin doğal konuşmasından oluşan ses seviyesi.

B. *Sürüşün 30-60 dk. aralığı:*

Sıcaklık parametresi: Isıtıcı 25 °C sıcaklıkta ve fan düşük hızda.

Ses parametresi: 82.35 dB-104.81 dB aralığında müzik ve araç içerisinde bulunan dört kişinin doğal konuşmasından oluşan ses seviyesi.

C. *Sürüşün 60-90 dk. aralığı:*

Sıcaklık parametresi: Isıtıcı 25 °C sıcaklıkta ve fan düşük hızda.

Ses parametresi: Araç içerisinde bulunan dört kişinin doğal konuşmasından oluşan ses seviyesi.

D. *Sürüşün 90-120 dk. aralığı:*

Sıcaklık parametresi: Isıtıcı kapalı konumda.

Ses parametresi: Araç içerisinde bulunan dört kişinin konuşmadığı durum (Araç motor sesi, yol sesi, dış ortam sesleri vb. olduğu durum).

A senaryosundan B senaryosuna geçişte sıcaklık parametresi değiştirilmiş olup ses parametresinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Isıtıcı seviyesi 30 °C'den 25 °C'ye ve fan hızı orta seviyeden düşük seviyeye ayarlanmıştır. Sadece sıcaklık parametresinin değiştirilmesi, sıcaklık parametresinin ses parametresinden bağımsız olarak yorumlanmasını sağlamıştır.

B senaryosundan C senaryosuna geçişte sıcaklık parametresinde herhangi bir değişiklik yapılmamış olup ses parametresi değiştirilmiştir. Kabin içerisindeki müzik sesi kapatılmıştır. Sadece ses parametresinin değiştirilmesi, ses parametresinin sıcaklık parametresinden bağımsız olarak yorumlanmasını sağlamıştır.

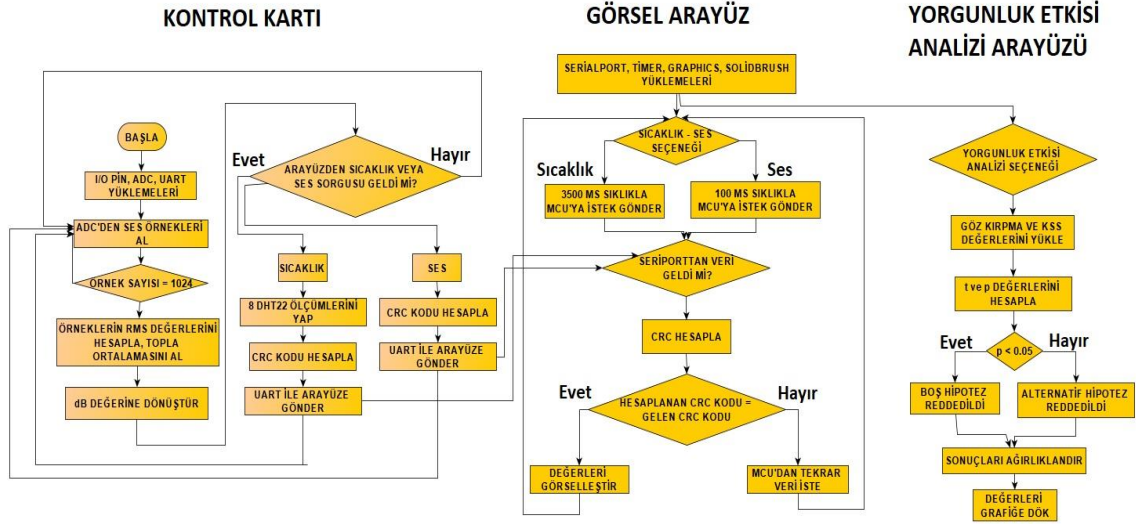
C senaryosundan D senaryosuna geçişte sıcaklık ve ses parametrelerinin her ikisinde değişiklik yapılmıştır. Uzun yolculuklarda, genellikle ilk 80-100 dakikada kişiler arası iletişim ve konuşma daha fazladır. Takip eden sürelerde dinlenme sürecine geçilmekte olup ses ve sıcaklık seviyelerinin daha düşük olması istenmektedir (Korukçu, 2010). D senaryosuna geçişte, sıcaklık ve ses seviyelerinin azalma yönünde birlikte değiştirilmesi ile uzun yolculuklarda her iki parametrenin yorgunluk üzerindeki tümleşik etkisinin yorumlanması sağlanmıştır.

Araç kabini içerisinde bulunan sensörler yardımıyla, bu dört durumun tümleşik etkisi yüz yirmi dakika boyunca ölçülmüştür. Ölçümler dört defa tekrarlanmış ve her bir yüz yirmi dakikalık sürüşte sürücü ve yolcuların yerleri dönüşümlü olarak değiştirilmiştir. Tüm katılımcılar her koltukta sırasıyla oturarak on altı farklı deney gerçekleştirilmiştir. Bu sayede kişiden kişiye değişebilecek parametre hassasiyetinin önüne geçilerek verilerin daha kararlı değerler alması sağlanmıştır. Yüz yirmi dakikalık dört deneyin tamamlanmasının ardından, tüm verilerin ortalaması alınıp değerlendirilmelerde yorumlanmıştır.

Ölçümler, binek bir otomobil içerisinde, araç seyir halinde iken, 5 - 7 °C dış ortam sıcaklığında ve 11 °C kabin içi ortam sıcaklığında başlatılmıştır. Kabin içi sıcaklığı, ayarlanan ısıtıcı değerlerine ulaşması belirli bir zaman almaktadır. Sürüşün ilk on beş dakikasında kabin içi ortam sıcaklığı 30 °C' ye ulaşmış ve "A" senaryosu tamamlanana kadar sıcaklık değeri sabit kalmıştır. "B" senaryosunda ısıtıcı 25 °C sıcaklıkta düşük fan hızında çalıştırılmış ve kabin içi ortam sıcaklığı ilk beş dakikada bu sıcaklık değerine düşmüştür. Sürüşün doksanıncı dakikasına kadar ("C" senaryosu sonu) kabin içi ortam sıcaklığı 25 °C' de sabit kalmıştır. "D" senaryosunda ise ısıtıcı kapatılmış ve kabin içi ortam sıcaklığı yedi dakika sonunda 18 °C' ye düşmüştür. Tüm senaryolar tamamlanana kadar ulaşılan sıcaklık değerleri sabit kalmıştır.

2.3. Arayüz Tasarımı ve Kontrol Kartı Yazılımı

Sıcaklık ve ses sensörlerinden elde edilen ölçümler ve bu ölçümlerin sürücü/yolcu yorgunluğuna etkisini görselleştiren arayüz Visual Studio 2017 programında C# yazılım dili kullanılarak tasarlanmıştır. Kontrol kartı ve görsel arayüzde gerçekleştirilen işlemlerle ilgili akış diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4:

Kontrol kartı ve arayüz yazılımı akış diyagramı

Kontrol kartı yazılımının ilk aşamasında sensörlerden veri okuma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sıcaklık sensörlerinden veri okunması için, DHT22 sensörünün teknik özelliklerinde belirtilen haberleşme protokolüne uygun kütüphane yazılımı gerçekleştirilmiştir. Ses sensörlerinden veri okunması işleminde dört kanallı ADC kullanıldığından CPU işlem yükünü azaltmak ve işlem süresini hızlandırmak amacıyla DMA (Direct Memory Access) yapısı kullanılmıştır.

DMA, işlemci belleği ile geliştirme kartı üzerindeki diğer aygıtlar arası veri transferini tamamen işlemci üzerinden gerçekleştirmek yerine, belleklerle gerçekleştirerek veri yolu kısaltılmıştır (Ahmed ve diğ. 2019).

Görsel arayüz, kontrol kartından belirli aralıklarla sıcaklık ve ses değerlerini okumaktadır. Kontrol kartı tarafından verilerin güvenli bir şekilde görsel arayüze aktarılabilmesi için CRC (Cyclic Redundancy Check) hesabı yapılmaktadır. Görsel arayüz, gelen veri paketi ve CRC kodunu analiz ederek verinin doğruluğunu teyit etmektedir. Verinin doğru olması durumunda arayüzde görselleştirme işlemi yapılmaktadır. Yanlış olması durumunda ise kontrol kartından tekrardan veri talebinde bulunmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalardan elde edilen göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değerleri görsel arayüz ortamına veri seti olarak yüklenmektedir. Kontrol kartından gelen sıcaklık ve ses verileri bu set ile eşleştirilerek uygun bağımlı değişken ataması yapılmaktadır. Bu değişkenler bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilerek yorgunluk etkisi incelenmektedir.

2.4. Bağımlı Değişkenlerin Tanımlanması

Sürücü ve yolcu performansı değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalarda, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için karma özellik analizleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada performansa bağlı özelliklerden göz kırpma frekansı, bağlamsal özelliklerden Karolinska uykululuk ölçeği kullanılmıştır. Göz kırpma frekansı; kişinin dakikadaki göz kırpma sayısı ile tanımlanmaktadır. Karolinska uykululuk ölçeği ise yorgunluk değerlendirilmesi için yapılan bir ankettir. Bu ölçekte, kişi 1 ile 10 değerleri arasında uykululuk seviyesi değerlendirmesini yapmaktadır. Ölçekte bulunan "1" değeri son derece uyanık anlamına gelirken, "10" değeri son derecede uyuklu anlamına gelmektedir (Shahid ve diğ. 2011). Kullanılan tüm bağımlı değişkenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bağımlı Değişkenler

	Bağımlı Değişkenler	Veri Toplama Ekipmanları	Birimi
Sürücü Performans Ölçütleri	Göz Kırpma Frekansı	Sürüş Simülatörü	1 / dk
	Karolinska Uykululuk Ölçeği	Anket	---

Bu çalışmada sıcaklık parametresinin sürücü performansı ve yolcu konforu üzerindeki etkisinin araştırılabilmesi için aynı koşullarda yapılmış iki çalışma bir araya getirilmiştir. Sıcaklık ile göz kırpma frekansı arasındaki ilişkiyi incelemek için referans olarak Wolkoff P. ve ekibinin 2003 yılında yapmış olduğu çalışma ele alınmıştır. Deney aşamasında 150 kişinin göz kırpma frekansı incelenmiştir. Çalışmada ışık şiddeti, sıcaklık ve nem parametrelerinin farklı değerlerinde göz kırpma frekansının değişimini kaydedilmiştir. Deneyler üç farklı koşul altında gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- Sıcaklık (25°C) ve nem (% 50 RH) değerleri sabit tutularak 30 cd/m² - 120 cd/m² arası ışık şiddetinin göz kırpma frekansındaki etkisi,

- Sıcaklık (25°C) ve ışık şiddeti (60 cd/m²) değerleri sabit tutularak % 20 RH - % 80 RH arası nemin göz kırpma frekansındaki etkisi,

- Nem (% 50 RH) ve ışık şiddeti (60 cd/m²) değerleri sabit tutularak 10°C – 50°C arası sıcaklığın göz kırpma frekansındaki etkisi olarak sıralanmaktadır.

Sıcaklık ile göz kırpma frekansı arasındaki ilişkinin saptanması için çalışmada yapılan üçüncü deney verileri kullanılmıştır. Deney sonucunda göz kırpma frekansının ortam sıcaklığı ile ters orantılı olarak değiştiği kabul edilmiştir (Wolkoff ve diğ. 2003).

Sıcaklık parametresi ile Karolinska uykululuk ölçeği arasındaki ilişkiyi incelemek için Alahmer ve diğerlerinin 2012 yılında yapmış olduğu çalışma referans alınmıştır. Yapılan çalışmada Berkley manken modeli kullanılarak araç kabinindeki termal konfor incelenmiştir. Denek olarak kullanılan manken, insan termal fizyolojisini ve cilt sıcaklığını yirmi yıllık veri setinden almıştır. Çalışma sonucunda araç kabinindeki sıcak hava şartlarının, Karolinska uykululuk ölçeği değerlerini arttırdığı kabul edilmiştir (Alahmer ve diğ. 2012).

Bağımsız değişken olarak incelenen ses parametresine ait birçok çalışma incelenmiş olup bu çalışmada referans olarak Anna Anund ve ekibinin 2015 yılında yapmış olduğu yayın ele alınmıştır. Deneyler simülasyon ortamında yapılmış olup on dokuz katılımcı gece ve gündüz sürüşleri gerçekleştirerek, ses şiddeti seviyesinin sürücüler üzerindeki etkisini incelemiştir. Deney süresince katılımcılardan belirli periyotlar ile Karolinska uykululuk ölçeğine göre uykululuk seviyelerini değerlendirmeleri istenmiş ve katılımcıların göz kırpma frekansları kayıt altına alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre göz kırpma frekansının ses şiddeti ile ters orantılı olduğu, Karolinska uykululuk ölçeğine göre doğru orantılı olduğu kabul edilmiştir (Anund ve diğ. 2015).

2.5. Bağımlı Örneklem t-Testi

DeneySEL çalışmalarda örnek sayısının fazla olması verilerin ve sonuçların birbiri ile karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle elde edilen verileri doğru bir biçimde değerlendirebilmek için istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan bağımlı örneklem t-testi bu yöntemlerden biridir (Leung ve diğ. 2011).

Bağımlı örneklem t-testi, örnek verilerden hareketle ana parametreler hakkındaki hipotezlerin, belirli anlamlılık düzeyinde yorumlanmasını sağlamaktadır. Bu testlerde, örnek

birim değerleri kullanılarak hesaplanan istatistiğin sonucuyla, ana kütle parametresinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı tespit edilmektedir. Eğer bu parametreler arasında bir farklılık varsa, bu farkın öneminin, sıfır hipotezini (H_0) reddetmek için yeterli olup olmadığına karar verilmektedir. Söz konusu farklılığın anlamlı olması durumunda sıfır hipotez (H_0) ret, aksi durumda ise kabul edilmektedir. Test edilecek verilerde gözlemlerin bağımsız, normal ve küresel bir yapıda olması halinde bağımlı örneklem t-testi analizleri kullanılabilir. (Leung ve diğ. 2011).

Bağımlı örneklem t-testinde analiz edilecek iki veri kümesi a ve b olmak üzere, Denklem (1) ile veri kümesi farklar toplamı ve Denklem (2) ile veri kümesi farkları karesi toplamı ifadeleri elde edilmektedir. İki veri kümesi arasında önemli bir fark olması durumunda elde edilen d değerinin sıfırdan uzak olması beklenmektedir (Shier ve diğ. 2004).

$$\sum d_i = \sum(a - b) \quad (1)$$

$$\sum d_i^2 = \sum(a - b)^2 \quad (2)$$

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

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

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

Bağımlı örneklem t-testi sonucunda elde edilen t değeri Denklem (5)'te verilmektedir (Shier, 2004). Bu değer "hesaplanan t-değeri" olarak tanımlanmaktadır.

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

Hipotezler üzerinde karar verebilmek için, t-tablosundaki sınır t-değeri ile hesaplanan t-değeri karşılaştırılmaktadır. Sınır t-değeri, seçilen t anlamlılık seviyesi (p) ve df serbestlik derecesinin (df = n-1) kesiştiği noktadır. p değeri, karşılaştırılan gruplar arasındaki değerlerin istatistiksel bir ölçüsüdür. Düşük p değeri verilerin tesadüfen oluşmadığını göstermektedir. Literatürde yapılmış birçok çalışmada p = 0.05 (%5) olarak alınmaktadır. Hesaplanan t-değeri, sınır t-değerinden daha büyükse (p < 0.05) boş hipotez (H_0) reddedilmektedir. Hesaplanan t-değeri, tablodan elde edilen t-değerinden daha küçükse (p > 0.05) alternatif hipotez (H_1) reddedilmektedir (Yusop ve diğ. 2015).

2.6. Verilerin Ağırlıklandırılması

Bağımlı örneklem t-testi analizleri sonucu elde edilen t-değerleri iki veri kümesi arasındaki farkın bir ölçütü olarak gösterilmektedir. t-değerinin büyük olması veri kümeleri arasındaki farkın büyük olduğunu, t-değerinin küçük olması ise veri kümeleri arasındaki farkın küçük olduğunu göstermektedir. Ayrıca t-değerinin büyük olması sonuçların tekrarlanabilir olmasını sağlamaktadır (Yusop ve diğ. 2015).

Bu çalışmada t-değerleri, hipotezlerin sonuçlarını ağırlıklandırmak için kullanılmıştır. Hipotez sonuçlarına göre sıcaklık ve ses bağımsız değişkenlerinin etkisi belirlenmiş ve ilgili t-

değerleri ile çarpılmıştır. Ardından tüm ağırlıkların toplamı bire eşitlenmiş ve her bir parametrenin yüzde değeri hesaplanmıştır. Bu işlem Denklem (6)'da verilmektedir.

$$f(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_1 x_1 + \sigma_2 x_2 = 1 \quad (6)$$

Bu denklemde;

σ_1 : sıcaklık etkisi ağırlığını,

σ_2 : ses etkisi ağırlığını,

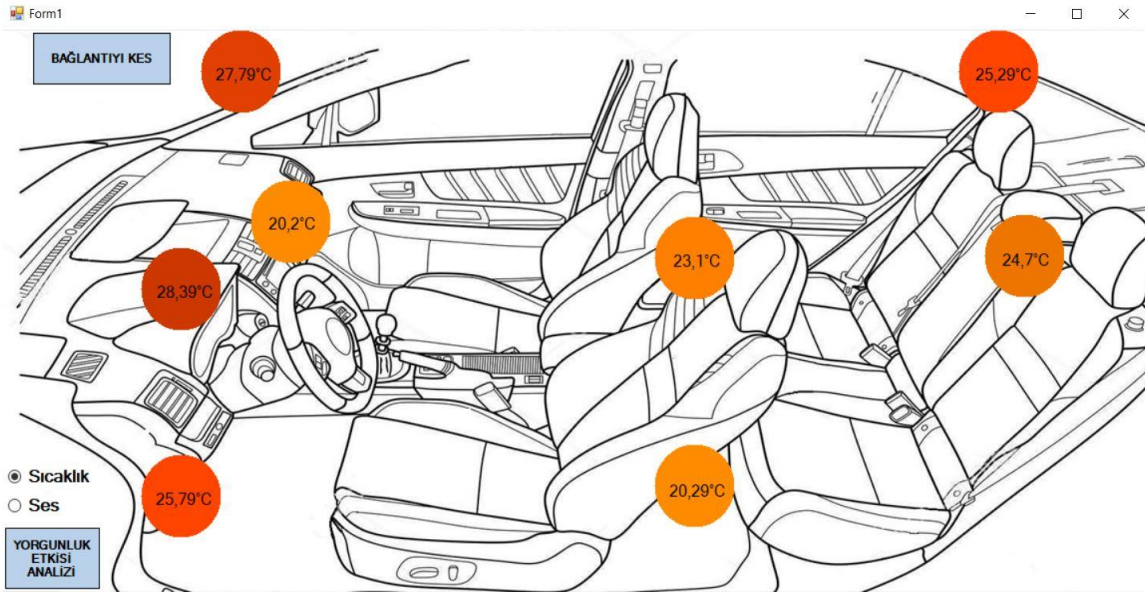
x_1 : sıcaklık verilerini

x_2 : ses verilerini temsil etmektedir.

3. BULGULAR

3.1. Araç Kabini İçerisindeki Sıcaklık ve Ses Dağılımının Modellenmesi

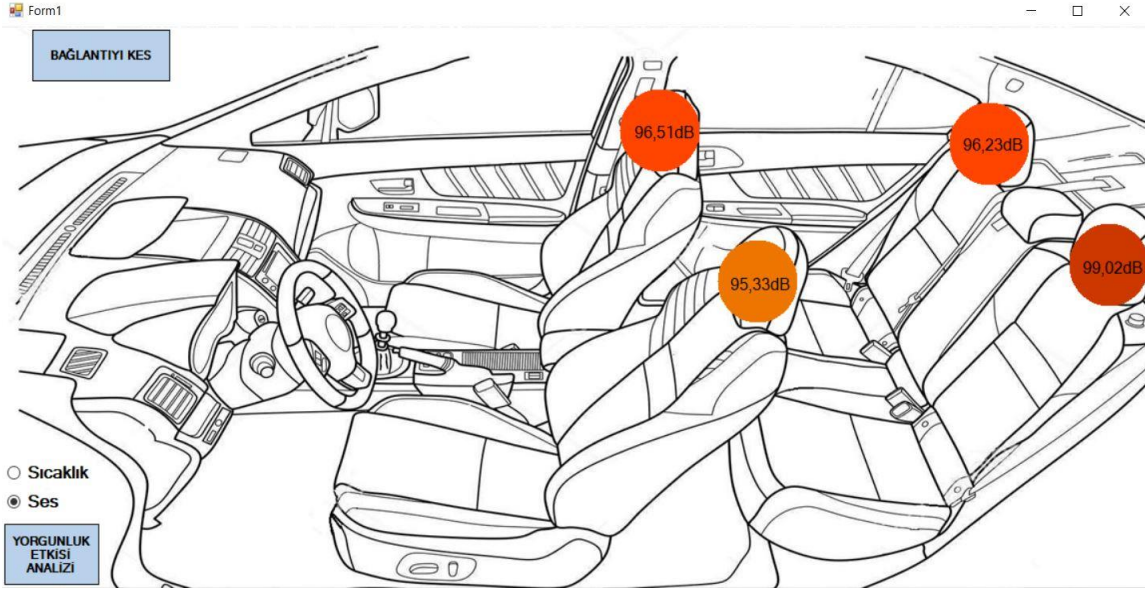
Bu çalışmada ilk olarak, sıcaklık ve ses parametrelerinin araç kabini içerisindeki dağılımını modellemek için görsel bir arayüz tasarlanmıştır. Arayüzde, parametrelerin ölçüm sonuçlarının anlık görüntülenebilmesi için tek bir pencerede iki farklı seçim sunulmuştur. Tasarlanan arayüzde sıcaklık parametresine ait örnek çıktı Şekil 5' te verilmektedir.



Şekil 5:

Araç kabini içerisindeki anlık sıcaklık dağılımı

Şekil 5'te görüldüğü gibi, araç içerisinde yolcu koltuklarının alt bölgeleri en düşük sıcaklıklara sahipken, ön ve arka kısım üst bölgeleri yüksek sıcaklığa sahiptir. Arayüzde ses parametresine ait örnek çıktı Şekil 6' da gösterilmektedir. Arayüz ortamında sıcaklık ve ses şiddeti seviyelerine göre renk skalası değişmektedir. Sıcaklığın ve sesin yüksek seviyede olduğu bölgelerde kırmızı rengin yoğunluğu fazlayken, bu seviyenin düşük olduğu yerlerde yoğunluk daha azdır.



Şekil 6:
Araç kabini içerisindeki anlık ses dağılımı

Şekil 6’da görüldüğü gibi sürücü kulak hizası en düşük ses seviyesine sahipken, sol arka yolcu kulak hizası en yüksek ses seviyesine sahiptir. Şekildeki değerler sürüş esnasında alınan herhangi bir andaki değerleri göstermektedir.

3.2. Bağımlı Örneklem t-Tesi Sonuçları

Bu çalışmada, sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcuların yorgunluğu üzerindeki etkisinin değerlendirilebilmesi için performansa bağlı özelliklerden göz kırpma frekansı ve bağlamsal özelliklerden Karolinska uykululuk ölçeği değerlendirmeleri kullanılmıştır. Sıcaklık ve ses parametreleri için bu özelliklerin değişimi önceki çalışmalar kullanılarak elde edilmiştir. İlk olarak sürüş süresi boyunca otuzar dakika aralıklarla, sürücü göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değişkenleri bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Sürücü 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	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 parametrelerinin etkisinde sürücü göz kırpma frekansı değerleri incelendiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda sırasıyla $t(29) = 2.18$ ve $t(119) = 2.27$ olarak elde edilmiştir. p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Altmışını ve doksanını dakikalarda $t(59) = 1.59$ ve $t(89) = 1.16$ olarak elde edilmiştir. p değerinin 0.05' ten büyük olması verilen alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Ses parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir bağımlı değişken olan Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda sırasıyla $t(29) = 2.24$ ve $t(119) = 2.31$ olarak elde edilmiştir. p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine; altmışını ve doksanını dakikalarda [$t(59) = 1.65$ ve $t(89) = 1.23$] p değerinin 0.05' ten büyük olması alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu değerler sürücü göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla aynı olup, birbirlerini desteklemiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında ön yolcu için göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değişkenleri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Ön yolcu için bağımlı örneklem t-testi sonuçları

	Bağımlı Değişken	Sıcaklık – Ses Bağımsız Değişkeni			
		<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 parametrelerinin etkisinde ön yolcu göz kırpma frekansı değerleri incelendiğinde; otuzuncu, altmışını, doksanını 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 elde edilmiştir. Otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Altmışını ve doksanını dakikalarda p değerinin 0.05' ten büyük olması verilen alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Ses parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir bağımlı değişken olan Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde; otuzuncu ve yüz yirminci dakikalarda sırasıyla $t(29) = 1.83$ ve $t(119) = 1.71$ olarak elde edilmiştir. p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine; altmışını ve doksanını dakikada [$t(59) = 1.42$ ve $t(89) = 1.16$] p değerinin 0.05' ten büyük olması alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu değerler ön yolcu göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla aynı olup, birbirlerini desteklemiştir.

Çalışmanın üçüncü kısmında sol arka yolcu için göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değişkenleri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Sol arka 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	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 parametrelerinin etkisinde sol arka yolcu göz kırpma frekansı değerleri incelendiğinde; otuzuncu, doksanuncu ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29) = 2.35$, $t(89) = 1.88$ ve $t(119) = 2.67$ olarak elde edilmiştir. Sürüşün bu anlarında p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda "Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Altmışını dakikada ise $t(59) = 1.14$ olarak elde edilmiş ve alternatif hipotez (H_1) reddedilmiştir. Bu durumda "Ses parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir bağımlı değişken olan Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde; otuzuncu, altmışını, doksanuncu ve yüz yirminci dakikalarda sırasıyla $t(29) = 2.85$, $t(59) = 1.22$, $t(89) = 2.26$ ve $t(119) = 2.89$ olarak elde edilmiştir. Otuzuncu, doksanuncu ve yüz yirminci dakikalarda p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Altmışını dakikada ise p değerinin 0.05' ten büyük olması verilen alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda "Ses parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çalışmanın son kısmında sağ arka yolcu için göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değişkenleri sırasıyla bağımlı örneklem t-testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Sağ arka 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	1.97	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.
	Göz Kırpma Frekansı	1.67	89	$p < 0.05$	Boş hipotez (H_0) reddedildi.

90. dk	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 parametrelerinin etkisinde sağ arka yolcu göz kırpma frekansı değerleri incelendiğinde; 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 elde edilmiştir. Otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumlarda "Sıcaklık parametresi, ses parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Altmışıncı dakikada p değerinin 0.05' ten büyük olması verilen alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu durumda "Ses parametresi, sıcaklık parametresine göre daha etkilidir." sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer bir bağımlı değişken olan Karolinska uykululuk ölçeği değerleri incelendiğinde; otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarda hesaplanan değerler sırasıyla $t(29) = 2.13$, $t(89) = 1.71$ ve $t(119) = 2.29$ olarak elde edilmiştir. p değerinin 0.05' ten küçük olması verilen boş hipotezin (H_0) reddedilmesine; altmışıncı dakikada [$t(59) = 1.36$] p değerinin 0.05' ten büyük olması alternatif hipotezin (H_1) reddedilmesine sebep olmuştur. Bu değerler sağ arka yolcu göz kırpma frekansında elde edilen sonuçlarla aynı olup, birbirlerini desteklemiştir.

3.3. Analiz Sonuçlarının Ağırlıklandırılması

Bu çalışmada bağımsız parametrelerin ağırlıklandırılması için bağımlı örneklem t-testi yönteminden elde edilen "t" değerleri kullanılmıştır. Göz kırpma frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği değerlendirmeleri için ayrı ayrı ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin ortalaması alınarak toplam etki hesaplanmıştır. Bu işlem sürüşün otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarında ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sürücü için bağımsız değişken ağırlıklandırılması Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Sürücü için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

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

Tablo 6'da görüldüğü gibi bağlamsal ve performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda sürücü için sıcaklık etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 68.55, altmışıncı dakikasında % 38.61, doksanıncı dakikasında % 46.3 ve yüz yirminci dakikasında % 69.42 olarak elde edilmiştir. Ses etkisi ise sürüşün otuzuncu dakikasında % 31.45, altmışıncı dakikasında % 61.39, doksanıncı dakikasında % 53.7 ve yüz yirminci dakikasında % 30.58 olarak elde edilmiştir. Sürüşün otuzuncu

ve yüz yirminci dakikalarında sürücü yorgunluğuna en çok etki eden parametre sıcaklık iken, altmışıncı ve doksanıncı dakikalarda ses parametresinin etkisi sıcaklık etkisinin önüne geçmektedir. Ön yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Ön yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

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

Tablo 7’de görüldüğü gibi bağlamsal ve performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda ön yolcu için sıcaklık etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 63.24, altmışıncı dakikasında % 42.02, doksanıncı dakikasında % 48.78 ve yüz yirminci dakikasında % 65.16 olarak elde edilmiştir. Ses etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 36.76, altmışıncı dakikasında % 57.98, doksanıncı dakikasında % 51.22 ve yüz yirminci dakikasında % 34.84 olarak elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, sürücü ve ön yolcu için yapılan bağımsız değişken ağırlıklandırılması benzer etkileri göstermiştir. Sol arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8. Sol arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

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

Tablo 8’de görüldüğü gibi bağlamsal ve performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda sol arka yolcu için sıcaklık etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 70.15, altmışıncı dakikasında

% 46.73, doksanıncı dakikasında % 65.28 ve yüz yirminci dakikasında % 72.75 olarak elde edilmiştir. Ses etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 29.85, altmışıncı dakikasında % 53.27, doksanıncı dakikasında % 34.72 ve yüz yirminci dakikasında % 27.25 olarak elde edilmiştir. Sürüşün otuzuncu, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarında sol arka yolcu yorgunluğuna en çok etki eden parametre sıcaklık iken, altmışıncı dakikada ses parametresinin etkisi sıcaklık etkisinin önüne geçmektedir. Sağ arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırması Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Sağ arka yolcu için bağımsız değişken ağırlıklandırılması

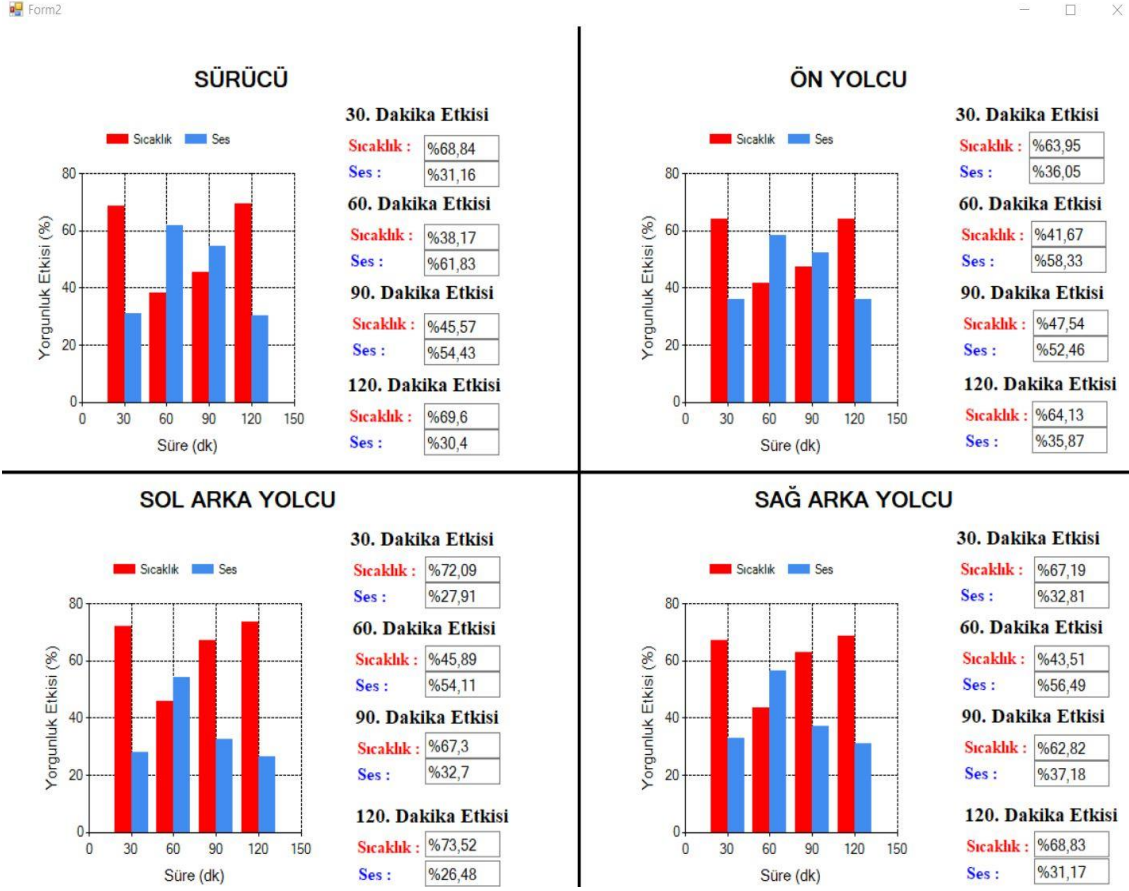
		Bağımlı Değişkenler			
		Bağımsız Değişken	Göz Kırpma Frekansı	Karolinska Uykululuk Ölçeği	Toplam Etki
SAĞ ARKA YOLCU	30.dk	Sıcaklık	% 66.33	% 68.05	% 67.19
		Ses	% 33.67	% 31.95	% 32.81
	60.dk	Sıcaklık	% 44.64	% 42.37	% 43.51
		Ses	% 55.36	% 57.63	% 56.49
	90.dk	Sıcaklık	% 62.55	% 63.1	% 62.82
		Ses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

Tablo 9'da görüldüğü gibi bağlamsal ve performansa bağlı özelliklerin analizleri sonucunda ön yolcu için sıcaklık etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 66.33, altmışıncı dakikasında % 44.64, doksanıncı dakikasında % 62.55 ve yüz yirminci dakikasında % 68.05 olarak elde edilmiştir.

Ses etkisi; sürüşün otuzuncu dakikasında % 33.67, altmışıncı dakikasında % 55.36, doksanıncı dakikasında % 37.45 ve yüz yirminci dakikasında % 31.95 olarak elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, sol arka yolcu ve sağ arka yolcu için yapılan bağımsız değişken ağırlıklandırması benzer etkileri göstermiştir.

3.4. Yorgunluk Etkisi Arayüzü

Bağımlı örneklem t- testi analizleri sonucu elde edilen bulgular, tasarlanan arayüz ortamına doğrudan aktararak, yolculuğun otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirminci dakikalarında sıcaklık ve ses parametrelerinin etkisi ağırlıklandırılmış ve grafiklerle gösterilmiştir. Bu ağırlıklandırma sürücü ve tüm yolcular için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan yorgunluk etkisini gösteren arayüz Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7:
Yorgunluk etkisi arayüzü

Tasarlanan arayüz dört bölmeye ayrılarak, kabin içerisindeki tüm kişiler için bağımsız değişken ağırlıklandırması ayrı ayrı yapılmaktadır. Ağırlıklandırma işlemi her yarım saatte bir tekrar etmektedir. Elde edilen sonuçlar, sütun grafikleri ve sayısal ifadeler ile arayüzde verilmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada ilk olarak, sıcaklık ve ses parametrelerinin araç kabini içerisindeki dağılımını modellemek amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiş ve ölçülen veriler tasarlanan arayüze doğrudan aktarılarak araç içerisindeki fiziksel parametrelerin dağılımı anlık olarak gözlemlenmiştir. Sıcaklık ve ses parametrelerinin sürücü ve yolcuların yorgunluğu üzerindeki ağırlığının belirlenebilmesi için, önceki çalışmalarda yapılmış olan simülasyonlardan elde edilen göz kırpm frekansı ve Karolinska uykululuk ölçeği verileri toplanmıştır. Elde edilen veriler bağımlı örneklem t-testi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler, arayüz ortamına doğrudan aktarılarak, yolculuğun otuzuncu, altmışıncı, doksanıncı ve yüz yirincinci dakikalarında bağımsız parametrelerin etkisi ağırlıklandırılmış ve grafiklerle desteklenmiştir. Bu ağırlıklandırma sürücü ve tüm yolcular için ayrı ayrı yapılmıştır. Deneyler 11 °C araç içi sıcaklığı ve 5 - 7 °C dış ortam sıcaklığı şartlarında başlamıştır. "A" senaryosunda ısıtıcı 30 °C sıcaklıkta orta fan hızında çalıştırılmış ve müzik - doğal konuşma seslerinin olduğu bir ortam ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, sürüşün ilk otuz dakikasında sürücü ve yolcuların yorgunluğuna en çok etki eden parametrenin sıcaklık olduğu tespit edilmiştir. Otuz dakikalık

zaman aralığı çok kısa olduğu için soğuk ve sıcak koşullarda vücut sıcaklığının sadece küçük bir artış göstermesi beklenmektedir (Daanen and Van de Linde, 1992). Otuzuncu dakikadan sonra ısıtıcı sıcaklığı 30 °C 'den 25 °C' ye fan hızı orta seviyeden düşük seviyeye düşürülmüş, müzik ve konuşma sesleri devam etmiştir.

Ölçümlerde otuzuncu dakikadan sonra, altmışıncı dakikaya kadar araç içi sıcaklık optimum değerlere ulaşmıştır. Müzik ve konuşma seslerinin devam ediyor olması, sürücü ve yolcuların yorgunluğuna sıcaklık parametresinden daha çok etki etmiştir. Sonuç olarak altmışıncı dakika sonunda sürücü ve yolcular açısından yorgunluğa en çok etki eden parametrenin ses olduğu gözlemlenmiştir.

Altmışıncı dakika sonrasında ısıtıcının sıcaklık seviyesi ve fan hızı seviyesi aynı değerde kalırken (25 °C) müzik sesi kapatılmış ve araç içerisinde yolcuların konuşma sesi ile ölçüme devam edilmiştir. Sürücü ve ön yolcu için doksan dakikalık sürüşün sonunda yorgunluğa en çok ses parametresinin etki ettiği gözlemlenmiştir. Arka yolcular için ise yorgunluğa en çok sıcaklık parametresinin etki ettiği gözlemlenmiştir. Arka yolcular konuşmaya devam ettikleri için ses parametresi yorgunluklarını daha az etkilemiştir. Sürücü ve ön yolcu konuşma seslerine ve arka yolculara kıyasla motor sesine daha fazla maruz kaldığı için ses parametresi yorgunlukları üzerinde daha etkin rol oynamıştır.

Doksanıncı dakika sonrasında ısıtıcının kapalı konumda olduğu ve araç içerisinde bulunan kişilerin konuşmadığı ortam ile ölçümlere devam edilmiştir. Bu bölümde ses parametresinin minimum seviyeye düşmesi sonucu sürücü ve yolcuların yorgunluğuna en çok sıcaklık parametresi etki etmektedir. Müziğin kapatılması ve sessizlik ortamı kişileri anlık olarak etkilediği için ses parametresinin etkisini düşürmüştür. Normal şartlarda ısıtıcının kapatılması kısa sürede vücut sıcaklığını çok fazla etkilememektedir. Fakat ses parametresinin etkisinin düşmesi sıcaklığın parametresinin yorgunluğa etkisini artırmıştır. Böylece yüz yirmi dakika boyunca dört farklı senaryo için yapılan ölçümlerde, sürücü ve yolcuların yorgunluğunu etkileyen en baskın değer yüz yirincinci dakika sonunda sıcaklık parametresi olarak elde edilmiştir.

Bu çalışma, gelecekte yapılması hedeflenen “akıllı sürücü ve yolcu performans analiz sistemi” için bir altyapı hazırlamaktadır. Sistemde bağımlı ve bağımsız parametre sayısının artırılarak sistem doğruluğunun güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bağımlı parametre verileri gerçek zamanlı olarak elde edilip, bir makine öğrenmesi sistemi ile sürüş esnasında kişilere sayısal ekran veya bir radyo sistemi üzerinden anlamlı mesajlar halinde bildirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ahmed, M. A., Aljumah, A., Ahmad, M. G. (2019) Design and implementation of a direct memory access controller for embedded applications, *International Journal of Technology*, 10(2), 309-319. doi: 10.14716/ijtech.v10i2.795
2. Alahmer, A. Omar, M. A. Mayyas, A. R. ve Qattawi, A. (2012) Analysis of vehicular cabins' thermal sensation and comfort state, under relative humidity and temperature control, using Berkeley and Fanger models, *Building and Environment*, 48(1), 146-163. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.08.013
3. Anund, A. Lahti, E. Fors, C. ve Genell, A. (2015) The effect of low-frequency road noise on driver sleepiness and performance, *PLoS One*, 10(4), 3123-3127. doi: 10.1371/journal.pone.0123835
4. Bekiryazıcı Ş., Eken R., Yılmaz G. (2019) Titreşim, sıcaklık ve ses faktörlerinin sürücü performansı üzerindeki etkisinin ağırlıklandırılması ve incelenmesi, *U.U Journal of the Faculty of Engineering*, 24(3), 397-412. doi: 10.17482/uumfd.632814

5. Daanen, H. A. Van de Vliert, E. Huang, X. (2003) Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments, *Applied Ergonomics*, 34, 597-602. doi: 10.1016/S0003-6870(03)00055-3
6. Fu, R. Wang, H. ve Zhao, W. (2016) Dynamic driver fatigue detection using hidden Markov model in real driving condition, *Expert Systems with Applications*, 63, 397-411. doi: 10.1016/j.eswa.2016.06.042
7. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>, Erişim tarihi 11.03.2020, Konu: Digital-output relative humidity & temperature sensor/module.
8. https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/user_manual/30/ae/6e/54/d3/b6/46/17/DM00050135.pdf/files/DM00050135.pdf/jcr:content/translations/en.DM00050135.pdf, Erişim tarihi 11.03.2020, Konu: *STM32F0DISCOVERY Discovery kit for STM32 F0 microcontrollers*.
9. Khushaba, R. N. Kodagoda, S. Lal, S. Ve Dissanayake, G. (2010) Driver drowsiness classification using fuzzy wavelet-packet-based feature-extraction algorithm, *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 58(1), 121–131. doi: 10.1109/TBME.2010.2077291
10. Korukçu, M. Ö. (2010) Otomobil kabininde termal parametrelerin ve iç hava kalitesinin değişiminin deneysel ölçümlerle incelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
11. Korukçu, M. Ö. Kılıç M. (2011) Otomobil kabini içerisindeki hava hızının ısı konfora etkisinin incelenmesi, *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 15(1), 60-67.
12. Lee D. W. (2015) Impact of a three-dimensional air-conditioning system on thermal comfort: An experimental study, *International of Journal Automotive Technology*, 16.3: 411-416.
13. Leung, W. S. (2011) New worlds of work: consequences of the differential effects of generational attitudes, Master Thesis, Erasmus University Rotterdam, Hollanda.
14. Pala U. Oz H. R. (2015) An investigation of thermal comfort inside a bus during heating period within a climatic chamber, *Applied Ergonomics*, 48, 164-176. doi: 10.1016/j.apergo.2014.11.014.
15. Shahid, A. Wilkinson, K. Marcu, S. ve Shapiro, C. M. (2011) Karolinska sleepiness scale (KSS), *STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales*, New York.
16. Shier, R. (2004) Statistic: Paired t-Test, Mathematics Learning Support Centre.
17. Son, J. Yoo, H. Kim, S. Sohn, K. (2015) Real-time illumination invariant lane detection for lane departure warning system, *Expert Systems with Applications*, 42(4), 1816–1824. doi: 10.1016/j.eswa.2014.10.024
18. Wolkoff, P. Skov, P. Franck, C. ve Petersen, L. N. (2003) Eye irritation and environmental factors in the office environment--hypotheses, causes and a physiological model, *Scand J Work Environ Health*, 29,411-430. doi: 10.5271/sjweh.748
19. Zhou X. Lai D. Chen Q. (2019) Experimental Investigation of Thermal Comfort in a Passenger Car under Driving Conditions, *Building and Environment*, 149, 109-119. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.12.022

