Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 28(1), 26-36, 2022

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Park halindeki araçta unutulan canlıları korumak için araç camlarını kontrol eden sensör tasarımı ve üretimi

Design and manufacture of a sensor control the glasses of vehicles to protect forgotten life-beings inside vehicles

Erkan ÖZTÜRK[1], Semih KAYGUSUZ[1], Fatih SAĞLAM[2], Kemal YILDIZLI[1]*

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.
erkan.ozturk@omu.edu.tr, 17060336@stu.omu.edu.tr, kyildizli@omu.edu.tr
[2]İstatistik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.
fatih.saglam@omu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 08.07.2020 Düzeltme Tarihi/Revision: 08.05.2021 doi: 10.5505/pajes.2021.43568
Kabul Tarihi/Accepted: 10.05.2021 Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Araçlar park halinde iken yoğun iş temposu, gerginlik ve yorgunluk gibi sebeplerden dolayı bebekler, çocuklar veya evcil hayvanlar araç içerisinde unutulmakta ve hatta havasızlık veya sıcaktan ölebilmektedir. Okul servislerinde dahi çocuk unutulabilmekte ve şoförler tarafından fark edilmeden araç içerisinde kilitli bırakılabilmektedir. Bu sebeple çalışmamızda araçlarda unutulan canlıların havasızlık ve sıcaklıktan kaynaklı zarar görmelerini engellemek için, araç camlarını kontrol edebilen yeni bir sensör tasarımı ve prototip üretimi yapılmıştır. Üretilen sensör park halindeki araçta yaşam ibaresi olup olmadığını kontrol etmekte, eğer varsa canlının yaşamsal faaliyetlerine zarar gelmemesi için ortam koşullarını denetlemektedir. Ortam koşulları olumsuz olduğunda camların kendi kendine açılmasını sağlayıp uyarı amacı ile alarm çalmaktadır. Üretilen sensör için çalışma sistematiği kurgulanıp, efektif çalışıp çalışmadığı prototip olarak üretilen kontrol hacminde planlı şekilde denemeler yapılarak test edilmiştir. Çalışma sistematiğine göre kodlanmış mikrodenetleyici; irtibatta olduğu diğer elektronik devre elemanları ile ortam kontrolünü sağlamış olup, yaşamsal faaliyetleri etkileyen kritik parametrelere ulaşıldığında alarm çalarak pencerelerin otonom olarak kontrolünü gerçekleştirmiştir. Üretilen sensör özellikle binek araçlar ve okul servislerinde kullanıma uygun ve gelecek vadeden yenilikçi bir üründür.

Anahtar kelimeler: Araçlar, Araç camı, Sensör, Yaşam güvenliği.

Abstract

When the vehicles are parked, the babies, the kids or the pets may be forgotten in the vehicle due to intense work tempo, stress and tiredness. Thus, they may die from asphyxiation or overtemperature. Even in school services, the kids may be forgotten and left locked in the vehicle via unnoticed by the drivers. For this reason, a new sensor, which can control the glasses of vehicles, was designed and manufactured prototype to secure life-beings that are forgotten in the vehicles from asphyxiation and overtemperature. The produced sensor can check whether the parked vehicle has a life-being inside or not, and if the vehicle has a life-being, the sensor can monitor the ambient conditions in the vehicle in order not to be damaged the living activities of the life-being. When the ambient conditions are harmful to the life-being, the sensor can open the glasses of the vehicle and ring an alarm to warn. A work systematic was designed for the sensor, and it was tested in the control volume produced as a prototype to observe whether it can work effectively or not. A Microcontroller was coded according to working systematically; it monitored the ambient conditions by connecting with electronic circuit elements. When the critical parameters affecting vital activities were reached, it controlled the glasses and rang the alarm autonomously. The sensor is an innovative and promising product for especially cars and school services.

Keywords: Vehicles, Vehicle glass, Sensor, Life security.

1 Giriş

Teknolojinin ilerlemesi ile dünya özellikle mühendislik uygulamaları olmak üzere hemen her alanda insan kaynaklı hataları en aza indirecek sistemlere, yaklaşımlara veya metotlara yönelmektedir. Bu durum otomotiv sektöründe de göze çarpan faydalı yenilikleri beraberinde getirmiştir. Çarpışma önleme sensörleri, şerit takip sistemleri, otomatik pilot sistemleri gibi teknolojik gelişmeler ile otomobillerin kullanımı kolaylaştırılıp insan kaynaklı hatalar da en aza indirilmiştir. Araç camları ise açılıp kapanma özelliğini cam açma kolunun yerine tek bir tuşa bırakmasına rağmen halen fonksiyonlarını yerine getirebilecek otonom bir sisteme kavuşturulamamıştır.

Bu durum araç kontak kapatılıp terkedildikten sonra içeride unutulan canlılar için hayati tehlike arz etmektedir. Başta çocuklar olmak üzere evcil hayvanlar araçlarda unutulmakta, daha da kötüsü havasızlıktan boğularak ölebilmektedirler. Yaşam şartlarının getirdiği zihinsel yorgunluk ve stres faktörü bazı durumlarda en olmaz şeyleri bile gözden kaçırmamıza sebep olabilmektedir. İnsanlar kendi bebeklerini bile araç içinde unutabilmektedirler. Dışarıdan bir müdahale olmaksızın içeride unutulan canlılar için hayati tehlike arz eden faktörlerin giderilmesi şu an için pek mümkün değildir. Dahası, okul servislerinde küçük yaşlardaki çocuklar bile yorgunluktan uyumakta ve şoförler tarafından fark edilmeyerek araç içinde unutulmaktadırlar. Bu çocukların kendi imkânlarıyla araç içerisinden çıkmaları da bir hayli zordur. Bu durum kötü sonuçları da beraberinde getirebilmektedir. Son yıllarda ise bu durumla ilgili tüm dünyada farklı haberler gündeme yansımıştır [1],[2].

Güncel çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların araç içerisinde ısıl konforun sağlandığı çalışmalara yöneldiği görülmektedir. Bu çalışmaların bir kısmı matematik, numerik veya bilgisayar destekli modelleri temel alan çalışmalardır. Ravindra ve diğ. tropik iklim şartlarında insan sağlığını riske

*Yazışılan yazar/Corresponding author

sokacak etkenleri yeni nesil farklı otomobil modellerinde azaltma stratejileri geliştirmişlerdir. Otomobil kullanımı sırasında farklı otomobil modelleri için farklı noktalardan ölçümler alıp ısıl konforun düşük olduğu bölgeleri belirlemişlerdir. Ardından iklim şartlarının insan sağlığına etkisini azaltmak amacı ile yolcuların ısıl konforunu gösteren araçlar tasarlanırken kılavuz niteliğinde sensörler geliştirmişlerdir [3]. Ancak, bu çalışmada otomobil park halinde iken içerisinde unutulan canlılar için yaşamsal aktiviteler irdelenmemiştir. Kamar ve diğ. güneş altında park halindeki bir aracın içerisindeki hava sıcaklığını azaltmak için araç içindeki havayı dışarı atan havalandırma fanı çalışması yapmışlardır. Havalandırma fanı olmadığı durumlarda yaptıkları ölçümlerde araç içerisinin 48 °C sıcaklığa ulaştığını görmüşlerdir. Bu sıcaklığı azaltmak için havalandırma fanı sayısı ve konumlarını hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile araç içini modelleyerek tespit etmişlerdir. 1-4 adet fanı farklı konumlarda montajlayıp araç içerisindeki sıcaklığı %17-25.2 arasında azaltabildiklerini iddia etmişlerdir [4]. Araç içerisindeki sıcaklığı düşürmek için havalandırma fanı kullanımı ilk bakışta mantıklı gelse de soğuk iklim şartlarında fanın kullanımı uygun olmayabilir. Ayrıca araçlar park halinde iken fanların sürekli çalışması gereksiz enerji tüketimine sebep olabilir. Khatoon ve diğ. 3 farklı havalandırma konsepti belirleyip araç içerisinde sürücü ve yolcuların konforunu geliştirmek amacı ile Fluent programında CFD modelini oluşturmuşlardır. Arka koltukta oturan çocuğun bulunduğu bir konsepti de değerlendirmişlerdir. Modifiye edilmiş Fanger ısıl konfor modelini kullanarak ısıl duyarlılığı ve atar damar basıncını hesaplamışlardır. Önerdikleri 3 modelde ortalama kabin içi sıcaklıları ve kabin içinden ısı çekme verimlerini (Heat removal efficiency) hesaplamışlar, hesaplama sonucunda üçüncü modellerinin daha uygun olduğunu vurgulamışlardır [5]. Khatoon ve diğ. araç çerisinde insan konforunu araştırmak için 3 boyutlu CFD modeli ortaya koymuşlardır. Ortaya koydukları CFD modeli ile Fanger ısıl konfor modelini karşılaştırmışlardır. Simülasyonlarında araç içi sıcaklık ve havanın akışını modellemişlerdir. Araç içerisindeki yolcuların ısıl duyarlılığını genel ısıl konfor indekslerine göre belirlemişler. Simülasyonlarda araç içi orta ve kenarlardan yapılan havalandırmada hava akışının yolcuların vücutları ile farklı yönlendirildiği ve kompleks akış hareketleri olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sebeple araç içi konforda akış hızının çok önemli bir parametre olduğunu vurgulamışlardır [6]. Wencan ve diğ. araç içinin ısıtılması halinde düzensiz (non-uniform) şartlar altında araç içerisindeki yolcuların ısıl değişime tepkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Güney Çin bölgesinde kış aylarında günlük zamana bağlı sıcaklık dağılımlarını tespit edebilmek için araç içerisine farklı bölgelere yerleştirdikleri termokupllar yardımı ile sıcaklık ölçümleri almışlardır. İnsan vücudunu 9 parçaya bölünmüş şekilde düşünüp, her bir parçasındaki vücut sıcaklıklarını araç içini ölçtükleri termokupllardan bağımsız termokupllar ile ölçmüşlerdir. Ayrıca yolcuların baş, gövde, üst ve alt bacak kısımlarının ısıl duyarlılıklarını American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) tarafından yapılan ısıl konfor anketini baz alarak gözlemlemişlerdir. Ardından vücut sıcaklığı ve ısıl duyarlılık arasındaki ilişkiyi tartışıp istatistiksel olarak irdelemişlerdir [7]. Belirtilen son üç çalışmada şoför ve yolcuların araç kullanımı sırasındaki konforları irdelenmiştir. Ancak, araç kullanırken sağlanan ısıl konfor, araçlar park halinde iken araştırılmamıştır. Ayrıca, park halindeki araç içerisinde unutulan canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürmede sıcaklık konforu kadar karbondioksit yoğunluğunun da kontrol edilmesi elzemdir. İmran ve diğ. poster olarak sundukları bildirilerinde araç içerisinde unutulan canlıların yaşamını kurtarmak amacıyla bir sistem tasarlamışlardır. Sistemlerinde sıcaklık, hareket, nem ve ses sensörü kullanmışlardır. Kurguladıkları çalışma algoritmasına göre içerideki canlının varlığını ses ve hareket sensörü ile tespit edip, sıcaklık ve nem sensörü ile ortam şartlarını takip ettiklerini belirtmişlerdir. Nesnelerin interneti teknolojisiyle cep telefonu ve tasarladıkları sistemin irtibatını sağladıklarını belirtmişlerdir. İçeride canlı bulunması durumunda kişiye bildirim gittiğini ve sistemdeki servo motoru (camı simgeleyen) çalıştırdığını söylemişlerdir [8]. Ancak, sistemleri baygın halde araç içerisinde duran canlı için tepki vermeyebilir. Ayrıca çalışmalarında denemeler, sonuçların gözlenmesi ve yorumlanması yoktur. Alsbou ve diğ. bildirilerinde araç içerisinde unutulan canlıların korunması için sıcaklık, CO_2, pasif kızılötesi hareket sensörü ve mikrodalga radar sensöründen oluşan bir sistem kurgulamışlardır. Kendilerine ait çalışma algoritması olduğunu belirttikleri sistemde nesnelerin interneti teknolojisini kullanmışlardır. GSM GPRS modülünü sistemlerine adapte etmişler ve içeride canlı olduğu durumda araç camlarını açıp, alarm çalıp, kısa mesaj ile araç sahibine bilgi verdiğini söylemişlerdir [9]. Ancak, çalışmalarının algoritması açık bir şekilde açıklanmamıştır. Ayrıca farklı ortam koşullarında sistemlerinin deneysel bulguları söz konusu değildir. Çalışmanın bulgularına sadece hareket sensörünün çalışıp çalışmadığını sunmuşlardır. Yine sıcaklık ölçümü yapmış olmalarına rağmen araç içerisindeki hissedilen sıcaklığın eşik değerlerinde kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Araç içerisindeki ısıl konforun araştırıldığı makalelerin yanı sıra dünyadaki patentler incelendiğinde araç içerisinde unutulan çocuklar ve evcil hayvanlar için tamamen farklı veya benzer güvenlik sistemleri ortaya konulduğu görülmektedir. Zhejiang Geely Holding Group Co.Ltd. ve Zhejiang Geely Automobile Research Institute Co. Ltd'ye ait patentte bir adet kontrol ünitesi, ses sensörü, hareket sensörü, araç içi havalandırma kontrol sistemi, motor kontrol ünitesi, cam mekanizması kontrol ünitesi, oksijen sensörü ve kapı kilit sensörü içerikli sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem, park halindeki araçta içerisinde çocuk sesi algıladıktan sonra aktifleşmekte olup motoru çalıştırıp havalandırma, camlar ve kapı kilit mekanizmasını kontrol etmektedir. Böylelikle içeride unutulan çocuğun hayatının kurtarıldığı iddia edilmektedir [10]. Ancak, ses sensörünün kullanılması dışarıdan kurguladıkları sistemin yanıltılmasına imkân verebilir. Dışarıdan verilen çocuk sesi ile aracın motoru bile çalışmaktadır ve dolayısıyla hırsızlık gibi olaylar açısından güvenlik zafiyeti oluşturabilir. Ayrıca, kullanılan elektronik eleman sayısı artıkça maliyet ve enerji tüketimi artmaktadır. Yine kullanılan elektronik eleman sayısı artıkça sistemin arıza verme ihtimali de artabilir. Aynı zamanda araçta unutulabilecek evcil bir hayvanın veya içeride oluşabilecek bir baygınlığın veya uykunun doğurabileceği hareketsizlik ihtimali de göz ardı edilmiştir. Ereri Eric tarafından tescillenen patent ise kapı sensörü, ağırlık sensörü, emniyet kemeri sensörü, yüz tanıma sesnsörü ve sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. İçeride hareket algılandıktan sonra araçtaki kişinin vücut sıcaklığı ölçülmekte ve yaşamsal faaliyetlerini etkilememesi için uyarı vermekte olduğu belirtilmiştir. Uyarı yetişkinlere gönderilerek çocuklarını araç içerisinden almaları sağlanmakta olduğunu iddia etmektedir [11]. Bu sistemin yetişkinlere içeride bulunan

çocuk için bilgi göndermesi efektiftir. Kullanılan sensörler dikkate alındığında özellikle yüz tanıma sensörü maliyeti yüksek üründür. Yine sürekli çalışacak bu sistemlerin fazla enerji tüketmeleri olasıdır. Ayrıca, içeride evcil bir hayvanın unutulması ve unutulan hayvanın koltuklar yerine ayak boşluklarında durması/uyuması durumu sistemin sağlıklı çalışmasına engel teşkil edebilir. Guangzhou Tuweihui Information Technology Co. Ltd tarafından tescillenen patentle araç içerisinde unutulan canlılar için acil koruma sistemi tasarlamışlardır. Bir merkezi kontrol ünitesi ve bu ünitenin irtibat halinde olduğu canlı tespit sensörü, acil durum havalandırma sistemi, acil durum klima cihazı, motor çalışmasını tespit cihazı, kapı-cam kilit tespit ünitesi, korbondioksit (CO_2) yoğunluğu tespit ünitesi, sıcaklık sensörü, video toplama cihazı ve coğrafik konum bilgilendirme cihazlarından oluşmaktadır. Camlar ve kapı kilitli olduğunda sistemin çalıştığı vurgulanmıştır [12]. Bu sistem incelendiğinde çok sayıda elektronik elemanın kullanıldığı görülmektedir. Bu durum karmaşık bir sistem kurulduğu şeklinde yorumlanabilir. Bunun yanı sıra fazla enerji tüketim problemlerini de beraberinde getirebilir. Farklı olarak acil durum kliması, video toplama cihazı ve coğrafik konum bilgilendirme cihazları kullanmışlardır. Ancak, iyi bir çalışma kurgusu ile maliyeti ve enerji tüketimini artıran bu elemanların kullanılmadığı daha basit sistemler kurgulanabilir. Delphi Technologies Inc. tarafından tescillenen patentte de önceki patentlere benzer sistem kurgulanmıştır. Araç içerisinde canlı olup olmadığı ses kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Ardından içerideki havanın sıcaklığını takip eden ve buna bağlı olarak havalandırma ve klima ile irtibata geçen sensörleri kullanmışlardır. Ayrıca, kablosuz sinyal gönderip araç içerisinde canlı olduğunu iletebilmektedirler. Uzaktan kontrol ile camların aralanmasına imkân verilmektedir [13]. Bu sistem de ses kontrolü yaptığı için yanılmaya açıktır. Aracın etrafındaki çocuk seslerinden etkilenebilir gereksiz yere çalışabilir. İçeride yine herhangi bir karbondioksit denetimi de yapılmamaktadır. Uyuyan bir canlı için sistem tepki vermeyebilir. All Distributors LLC ve diğerleri tarafından diğer sistemlere göre daha basit bir sistem patentlenmiştir. Hareket ve sıcaklık sensöründen oluşan sistem araç içerisinde canlı bulunması halinde kornayı çalarak uyarı vermektedir [14]. Bu sistemde araç içerisindeki oksijen veya karbondioksit denetimi yapmaması zafiyet sayılabilir. Hareketsiz bekleyen (uyku veya baygın olma) ama soluk almaya devam eden bir canlı için içeride yeterli oksijen olmaması söz konusu olabilir. Ayrıca yeni doğmuş veya birkaç aylık bebeklerin hareketleri hareket sensörleri tarafından algılanmayabilir. Bu sebeple, sistemin çalışmasında boşluklar olduğu düşünülebilir. Ford Global Technologies LLC. tarafından tescillenen patentte araç içi ile dışı arasına bir veya daha fazla panel yerleştirilmiştir. Bu paneller hareket ve sıcaklık sensörleri ile kontrol edilmektedir. Sıcaklık değerinin kritik değeri aşması ve içeride hareketli canlı tespit edilmesi durumunda panelleri açmaktadır. Bu panelin; camlar veya tavan camı olabileceği belirtilmiştir [15]. Bu teknolojide de karbondioksit faktörü ve oluşabilecek baygınlık durumu göz ardı edilmiştir. Wayne ve diğ. araç içerisinde unutulan canlıyı tespit eden bir sistem geliştirmiş ve patentini tescilletmişlerdir. Sistemleri bir kontrol ünitesi ve ünitenin iletişimde olduğu hareket sensörü, sıcaklık sensörü, CO_2 sensörü, ses sensörü, kamera, veri kaydedici ve alarm ünitesinden oluşmaktadır. Sistemleri araç içerisinde unutulan canlının varlığını sensörleri ile algıladıktan sonra alarm verebilme yeteneğine sahiptir [16]. Bu sistem ses sensörü, kamera, veri kaydedici ve alarm gibi ek elektronik elemanlar barındırmaktadır. Bu durum daha karmaşık, daha maliyetli, daha fazla enerji tüketen ve dolayısıyla daha yüksek arızalanma ihtimalini de beraberinde getiren bir sistem doğurmaktadır. Ses sensörünün kullanılması yine sistemin dışarıdan yanıltılmasına imkân verebilir. Başka bir patent Demirel tarafından tescillenmiştir. Tescilledikleri sistemde araçlar içinde unutulan canlıları korumak amaçlı cam, tavan camı ve klimayı kontrol eden tasarım önerilmiştir. Sistemleri O_2 ve CO_2 seviyelerini ölçerek geri bildirim almakta olup, cam ve tavan camını açmakta ve klimayı çalıştırmaktadır [17]. Bu sistemde O_2ve CO_2 aynı anda ölçülmektedir. İnsanlar ve hayvanlar solunum yaptıklarında temel olarak O_2 tüketirken CO_2 açığa çıkarmaktadır. İkisini birden ölçmenin gerekliliğine şüphe ile bakılabilir. Herhangi birini ölçmek yeterli olabilir. Ayrıca, sistemleri sürekli açık olup sadece hava kalitesini ölçmektedirler. Ancak, yaz aylarında güneş altında kalmış bir araç için içerideki havanın kalitesinden önce araç içerisinde hissedilen sıcaklık canlının yaşamsal faaliyetlerine zarar verebilir. Patentlerde sistemlerin yetenekleri ve özellikleri anlatılırken çalışma prensipleri teorik olarak açıklanmıştır. Ancak, günlük hayatta kullanılabilecek düzeyde geliştirilmiş ürünlere halen ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, literatürde bu konuda yapılmış bazı çalışmalara rastlansa da geliştirilmeye açık bir alan olduğundan farklı tasarımlar ile daha kullanışlı sensörler geliştirilebilir. Daha basit, güvenlik açığı daha az olan (dışarıdan yanıltılarak gereksiz yere çalışması gibi), maliyeti düşük ve az enerji tüketen yeni tasarımlara halen ihtiyaç duyulmaktadır. Patentler incelendiğinde kullanılan sensörlerin sayılarının fazla olduğu, çalışma prensiplerinin karmaşık ve zafiyetlerinin olduğu söylenebilir. Yine fazla sayıda elektronik elemanın kullanılması herhangi bir arızaya yatkın ve pahalı sistemler olduklarını düşündürebilir. Bu sebeple, ticarileşmeleri zorlaşabilir. Bazı sensörler kullanılmadan da araç içerisinde unutulan canlıları korumak mümkündür. Ayrıca, önerilen sistemlerin çalışma prensiplerinin net bir şekilde irdelenmesi ve denemelerinin yapılması halen gerekliliktir.

Tüm bunlar göz önünde bulundurularak çalışmamızda araçlarda unutulan canlıların yaşamını korumak için, canlıların yaşamsal faaliyetlerini etkileyen parametreleri denetleyen ve ihtiyaca göre camları kontrol eden yeni bir sensör tasarımı ve prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Araç park edildikten sonra araç içerisinde yaşam ibaresi olup olmadığını kontrol eden eğer varsa yaşam koşullarını denetleyen ve olumsuz şartlar söz konusu olduğunda camların kendi kendine açılmasını sağlayan bir sistem kurulmuş ve prototip olarak üretilmiştir. Çalışma stratejisinde denemeler planlı bir şekilde sağlanmıştır. Çalışmada aracın uzun süreli park durumlarında araçta unutulan herhangi bir canlının yaşamını olumsuz etkileyebilecek faktörlerin en aza indirilmesi sağlanmıştır. Çalışma stratejisine göre kodlanmış mikrodenetleyici ile kontrolü sağlanan sistem, yaşamsal faaliyetleri etkileyen kritik parametrelere ulaşıldığında pencerenin otomatik olarak çalışmasını veya aralanması sağlayabilmektedir. Uyarı amacı ile kornayı temsilen alarm çalmaktadır. Son olarak, bu sensörün araçlarda şerit takibi, geri görüş sistemi gibi gömme bir sistem şeklinde kullanılması mümkün olup ticarileşme potansiyeli yüksektir.

2 Malzeme ve metot

Tasarlanan sensör için tasarım, imalat ve çalışma prensipleri ayrıntılı bir şekilde bu bölümde anlatılmıştır. Sensörün kullanımı için gerekli ve istenebilecek özellikler aşağıda

listelenmiştir. Bu özelliklere prototip üretimi sırasında mümkün olduğunca dikkat edilerek sistem kurulmuştur.

Gereklilikler ve Teknik Özellikler:

1. Ortamdaki hareketi algılayabilmelidir,
2. Ortamdaki CO_2 miktarını ölçebilmelidir,
3. Ortamdaki sıcaklığı ve nemi ölçüp hissedilen sıcaklığı hesaplayabilmelidir,
4. Kontrol ettiği şartlara göre karar verme ve camları açma kabiliyeti olmalıdır,
5. Aldığı karara göre korna veya dışarıdan bağlanmış bir alarm ile uyarı verebilme kabiliyeti olmalıdır,
6. Kontak kapatıldıktan sonra aktifleşmelidir,
7. Kontak kapatıldıktan sonra ortamda yaşam ibaresi yoksa pasifleşmelidir,
8. Kısa park durumlarında camı kapalı tutmalıdır,
9. Ekonomik ve kompakt tasarımı olmalıdır,
10. Denemeler yapabilmek için tasarlanan kontrol hacminde ortam sıcaklığının ve CO_2 miktarının kontrolünü yapabilmelidir,
11. Sensör kendine ait özgün çalışma sistematiğine sahip olmalıdır. Ayrıca, sensör geliştirilebilir bir ürün olmadır,
12. Dışarıdan hareket sensörüne müdahalede cam açılmamalıdır.

2.1 Sensör tasarımı ve imalatı

Araçlarda unutulan canlıların sağlık durumunu etkileyecek ve hatta ölümlerine sebep olabilecek temel kriterler ortamın hissedilen sıcaklığı ve ortamdaki CO_2 yoğunluğudur. Araçlar park edildikten sonra güvenlik sebebi ile camları kapalı tutulmakta ve bu durumda içerisindeki hava miktarı da sınırlı kalmaktadır. Araç içerisindeki sınırlı hava solunum için uzun süreli elverişli ortamın olmamasına sebebiyet vermektedir. İnsanlar için ısıl konforun optimum olduğu ortam sıcaklığı 25 ºC civarında iken [18] sıcaklık artışı insanlarda farklı sağlık sorunlarına ve hatta hayati tehlikeye yol açabilmektedir.

Kapalı bir ortamda uzun süreli bulunma durumunda yaşamsal fonksiyonların kalitesini etkileyen kritik parametrelerden birisi de hissedilen sıcaklık (T_H) değeridir. T_H değeri ise nem ve ortam sıcaklığı (T) ile ilişiklidir. Tablo 1'de belirtilen çizelgede hissedilen sıcaklık değerleri ve bu değerler ile yaşam kalitesi arasındaki bağlantı ayrıntılı olarak gösterilmiştir [19]. Çizelge incelendiğinde hissedilen sıcaklık 27-32 °C aralığında iken fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak halsizlik, stres, sinirlilik gibi nispeten hafif problemler ile karşılaşıldığı belirtilmiştir. Hissedilen sıcaklık değeri 33-41 ºC aralığında iken ısı çarpması ve ısı krampları gibi belirtiler gözlenebilmektedir. Sıcaklık değerindeki artış insan sağlığını ciddi derecede etkilemekte olup hissedilen sıcaklık değeri 42-54 ºC aralığına ulaştığında daha ciddi sağlık problemlerinden güneş çarpması ve ısı bitkinliği ile karşılaşılabilmektedir. 55 °C'nin üzerinde ise kişinin ısıl şok geçirmesi kuvvetle muhtemeldir ve ölümle sonuçlanabilmektedir [19]. Kapalı ortamda yaşam kalitesini doğrudan etkileyen diğer bir parametre ise CO_2 yoğunluğudur. Oda sıcaklığında CO_2 renksizdir, kokusuzdur ve yanıcı değildir. Bu sebeple ortamdaki CO_2 artışını canlının araç içerisinde (kapalı bir ortamda) fark etmesi mümkün değildir. Uzun süreli kapalı ortamda kalan canlı solunum yaparak CO_2 miktarını da sürekli artırmaktadır.

Azuma ve diğ. 2018 yılında yayınladıkları derleme çalışmasında kapalı CO_2 miktarının artması ve canlının sürekli teneffüs etmesi ile sağlığında ciddi problemler ve hatta ölümler meydana gelebilmektedir. Ortamdaki CO_2 yoğunluğu artışının insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında bu durumu özetlemek amacı ile bir çizelge oluşturup CO_2 miktarına göre gözlenebilecek sağlık problemlerini sınıflandırmışlardır.

Tablo 1. Sıcaklık ve neme göre hissedilen sıcaklar [19].

Table 1. Sensible temperature related to temperature and humidity [19].

Hava Sıcaklığı (°C) \ Bağıl Nem (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99									
49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94									
48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96								
47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98							
46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99						
45	41	43	45	48	52	56	62	65	70	76	82	88	96						
44	40	42	44	46	49	52	57	61	66	71	77	83	89	96					
43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97				
42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	90	96			
41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96		
40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	
39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93
38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89
37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81
36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74
35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68
34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61
33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58
32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53
31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	30	31	32	32	33	34	36	37	38
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27

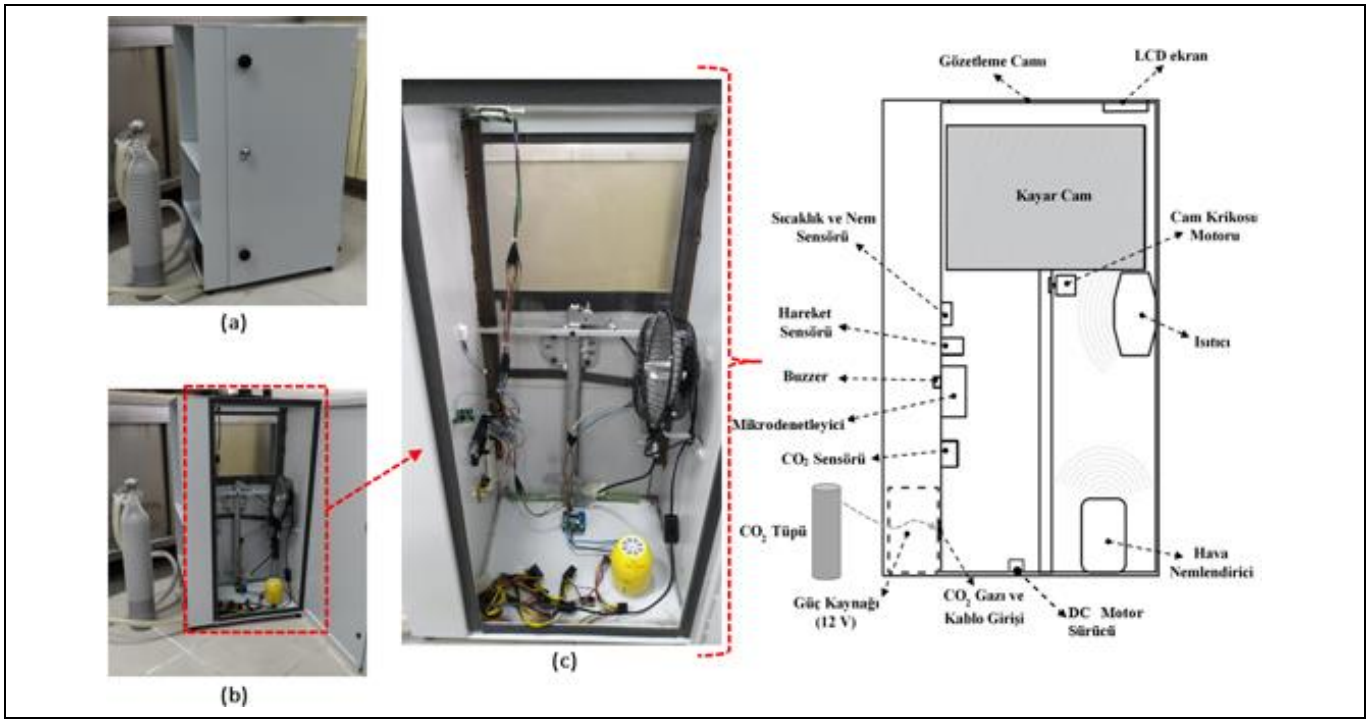
Güncel ve uluslararası bir çalışmadır ve oluşturduğu çizelgede kullandığı atıflar aynı şekilde uluslararası kabul görmüş yayınlaradır. Bu sebeple, Tablo 2 şeklinde düzenlenen çizelgeleri CO_2 parametresini irdelemek için referans alınabilir [20]. Sensör tasarımı ve prototip imalatı için mümkün olduğunca ekonomik ürünler tercih edilmiştir. Üretilen sistemin şematik anlatımı Şekil 1'de verilmiştir.

Prototip üretiminde araç içi ortamını temsilen bir kontrol hacmi tasarlanmıştır. Kontrol hacmi açılıp kapatılabilen kapak, içerisini gözetleyebilmek için gözetleme camı ve açılır kapanır kayar camdan oluşmaktadır. İçerisindeki havanın sızmaması için silikon ile tüm açıklıklar kapatılmıştır. Camlar ve kapı ise kauçuk malzemeden sızdırmaz contalar ile desteklenmiştir.

Table 2. The effect of increase in CO_2 concentration in closed volume [20].

Tablo 2. Kapalı hacimde CO_2 yoğunluğu artışının etkileri [20].

CO_2 Yoğunluğu (ppm)	Psikolojik Değişim	Zihinsel Performans	Rahatsızlık Belirtileri
>500	CO_2 yoğunluğundaki artış ile kalp atışı hızlanır, kalp ritminde düzensizlik başlar, kan basıncı artar ve periferik kan dolaşımında artış olur.	-	700 ppm değerini aştıktan sonra Hasta Bina Sendromu (HBS) belirtileri gözlenebilir.
>1000	-	İdrak etme (karar verme, problem çözme, doğru şeyleri bağdaştırma vb.) yetisinde değişme gözlenebilir.	Solunumla ilgili farklı belirtiler (Özellikle çocuklarda) gözlenebilir.
>10000	Solunum hızı ve asidozu artışı, metabolik stres artışı, beyinde kan akış hızı artışı ve dakika ventilasyonu artışı gözlenebilir.	-	-
> 30000	-	Çalışanlarda soluk alıp verme direncine karşı egzersiz toleransında azalma gözlenebilir.	-
>50000	-	-	Baş dönmesi, baş ağrısı, zihin karışıklığı ve solunum güçlüğü gözlenebilir.
>80000-100000	-	-	Ciddi baş ağrısı, baş dönmesi, zihin karışıklığı, solunum güçlüğü, terleme ve göz kararması gözlenebilir.
>100000	-	-	Dayanılamaz solunum güçlüğü ve ardından kusma, vücut dengesi kaybı, hipertansiyon ve bilinç kaybı gözlenebilir.



Şekil 1. Kurgulanan siteminin farklı açılardan görünüşleri (a), (b), (c) ve şematik görünümü.

Figure 1. Different side views of the designed system (a), (b), (c) and a Schematic view of it.

Kontrol hacminde ortam koşullarının değiştirilebilmesi gerekmektedir. Bu sebeple sisteme dışarıdan CO_2 gazı verilebilmekte, iç ortamın nemi hava nemlendirici ile değiştirilebilmekte ve kızıl ötesi ısıtıcı ile ortam sıcaklığı değiştirilebilmektedir. Üretilen prototiple kurguladığımız çalışmada, mikrodenetleyici karar verme merciidir. Mikrodenetleyici diğer sensörler ile irtibat halinde olma, ortam şartlarını aldığı geri beslemeler ile irdeleme, içerisindeki canlının yaşamsal fonksiyonlarını etkileyecek kritik koşullar sağlandığında kayar camı kontrol etme ve buzzer yardımı ile araç kornasını temsilen alarm verme yeteneklerine sahiptir. Mikrodenetleyicinin irtibat halinde olduğu sensörler ve elektronik devre elemanları: hareket sensörü, sıcaklık-nem sensörü, CO_2 sensörü, buzzer, LCD ekran ve araçlarda kullanılan orijinal cam krikosu motor mekanizması şeklindedir. Tüm sistem 12 volt güç kaynağı ile beslenmektedir. Mikrodenetleyici kontrol hacmi içerisindeki hareketi algılamak için hareket sensörünü, hissedilen sıcaklığı hesaplayabilmek için sıcaklık-nem sensörünü, CO_2 yoğunluğunu ölçebilmek için CO_2 sensörünü çalışma stratejine uygun şekilde kontrol etmekte ve kullanmaktadır. Sensöre ortam şartlarını takip edebilmek için bir adet LCD ekran bağlanmıştır. Kayar kapak açıldığında sesli uyarı vermesi için araç kornasını temsilen alarm amaçlı bir adet buzzer entegre edilmiştir.

2.2 Tasarlanan sensörün çalışma sistematiği

Tasarladığımız sensörünün efektif çalışması için sahip olduğu sensörlerin düzgün kurgulanması ve sensörlerden gelecek olan verilerin doğru şekilde işlenmesi gerekmektedir. Ortamda bulunan canlının yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkileyen koşulları camları açarak iyileştirirken, camları gereksiz yere de açmaması güvenlik açısından önemlidir. Camların basit bir şekilde açılabilmesi veya gereksiz yere açılması araçlar için güvenlik problemi doğuracaktır. Bu sebeple, sensörlerin çalışma sırası/kurguları ve stabil çalışması için gerekli eşik değerlerinin doğru belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Araçta kontak kapatıldığında sensör aktifleşecektir. Sensör ilk 10 dk. (bu süre prototip için kabul edilmiştir ve değiştirilebilir) hiçbir şey yapmadan bekleyecektir. Örneğin; içeride evcil hayvanınız var ve siz kısa süreli aracınızı park edip marketten ihtiyaçlarınızı satın aldınız. Ardından geri döndünüz. Bu zaman zarfında aracınızın camlarının açılmasını istemezseniz. Aracınızı tekrar çalıştırdığınızda sistem kapalı duruma geçecektir. Böylece, 10 dk.'lık bekleme süresi ile kısa park hallerinde sistemin çalışmaması sağlanmıştır. 10 dk.'lık beklemeden sonra hareket sensörü yardımı ile ortamdaki hareket durumunu kısa ve belirli bir süre için (örneğin 30 sn.) kontrol etmektedir. Hareketin gözlenmesi veya gözlenmemesi durumlarında iki farklı strateji ile çalışmasını devam ettirmektedir.

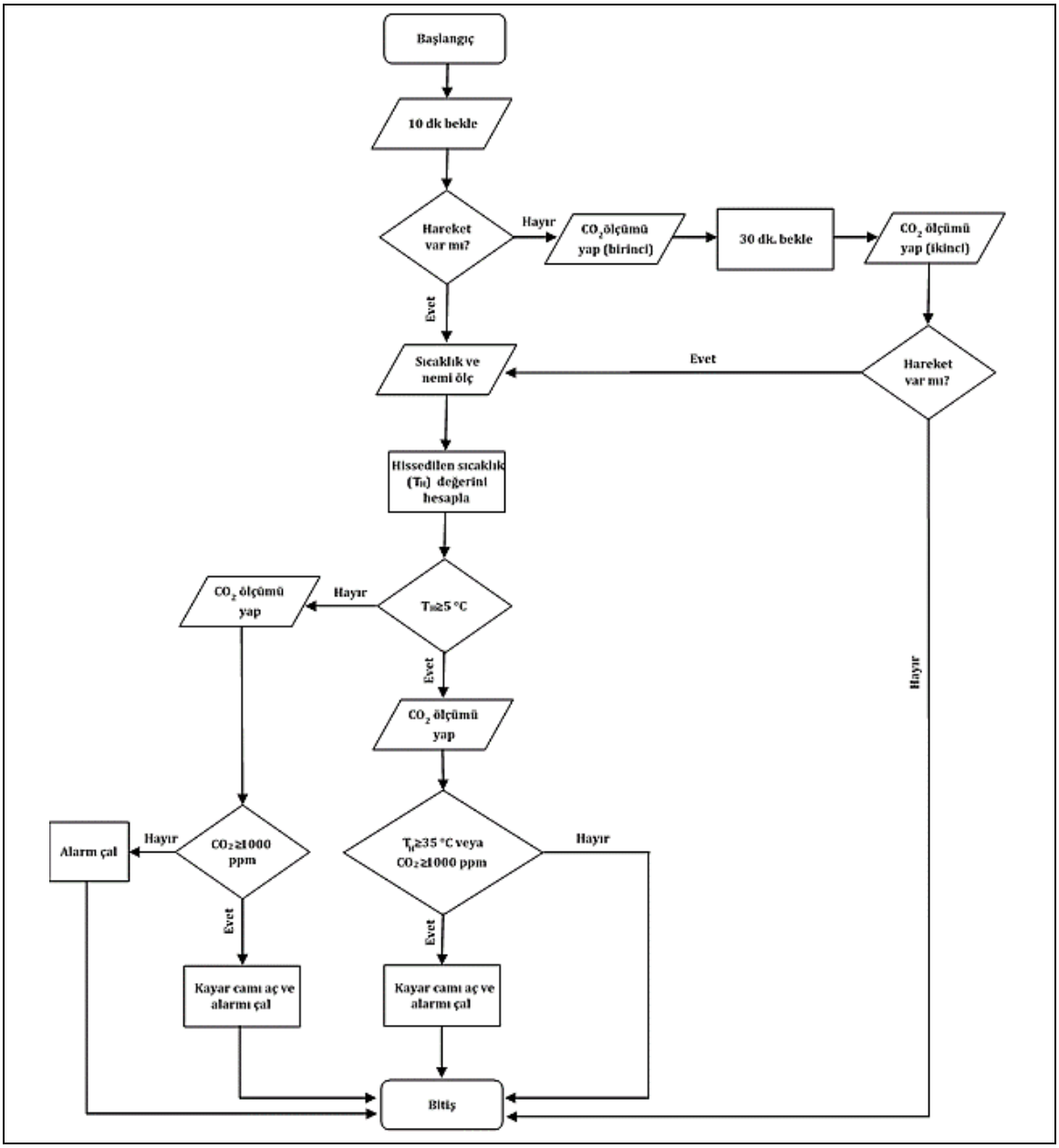
Eğer hareket yok ise içeride canlının olmadığı varsayılır. Ancak, araç içerisinde bebek, çocuk veya herhangi bir canlı uyuyor veya baygın olabilir. Bu durumda, ikinci bir kontrol mekanizması olarak ortam içerisindeki CO_2 değişimini bir süreliğine takip edilmektedir. Örneğin 30 dk.'lık zaman dilimi için başlangıcı ve bitişinde CO_2 yoğunluğu ölçülmektedir. Ortamdaki CO_2 yoğunluğunda herhangi bir artış varsa hareket var kabul edilip hareketin olduğu çalışma stratejisine uygun bir biçimde tasarlanan sensör ortamı kontrol etmeye devam edecektir. Eğer ortamdaki CO_2 yoğunluğunda artış yoksa içeride herhangi bir yaşam belirtisi yok demektir. Sensör çalışmaya son verecektir.

Eğer kısa zaman dilimi için yapılan hareket kontrolünde tasarlanan sensör hareket algılamış ise içeride yaşam belirtisi olduğu kararını verip yaşamsal faaliyetleri etkileyen hissedilen sıcaklık ve CO_2 yoğunluğunu takip etmeye başlamaktadır. Hissedilen sıcaklık, sıcaklık ve nemin bir fonksiyonu olarak meteoroloji genel müdürlüğü web sitesinden alınan Tablo 1'de görülen verilere göre istatistik bilim dalının geliştirdiği yöntemlerle ampirik bir eğriye indirgenmiştir. Bu sayede sensörün okuduğu sıcaklık ve nem değerlerini matematiksel bir işlem aracılığı ile hissedilen sıcaklığı elde etmemiz mümkün olmaktadır. Tasarlanan sensör sıcaklık ve nem ölçümleri yaparken hissedilen sıcaklığı Bölüm 2.3'te anlatıldığı gibi hesaplamaktadır. Hareketin olması durumunda ilk olarak hissedilen sıcaklık kontrolü yapılır. Araç içerisinde hissedilen sıcaklık değeri 5 °C'nin altında ise soğuk iklim şartları geçerli olduğu üstünde ise sıcak iklim şartlarının geçerli olduğu karar verilmektedir. 5 °C burada kritik değer olarak kabul edilmiş olup yazılımda kolayca değiştirilebilmektedir. Araç içi hissedilen sıcaklık 5 °C'nin altında olup CO_2 yoğunluğu kritik olarak kabul edilen değerin üzerinde ise boğulma ihtimaline karşılık kayar cam (araç camlarını temsilen) açılmakta ve alarm çalmaktadır. Eğer CO_2 yoğunluğumuz eşik değerin altında ise bu sefer donma riskini azaltmak için yalnızca alarm çalarak dikkat çekmesi sağlanmaktadır. Eğer hissedilen sıcaklık değeri 5 °C'nin üzerinde ise sıcak iklim şartları geçerlidir. Bu durumda hissedilen sıcaklık veya CO_2 yoğunluğu belirlenen eşik değerlerinin üzerinde ise alarm aktifleştirilip, kayar cam açılmaktadır. Seçilen eşik değerleri; hissedilen sıcaklık için 35 °C, CO_2 yoğunluğu için ise 1000 ppm'dir. Belirtilen bu durumlar dışında araç içerisindeki koşullar ideal ortam koşulları olduğundan sensör herhangi bir işlem yapmamaktadır. Tasarlanan sensörün çalışma sistematiği akış diyagramı halinde Şekil 2'de özetlenmiştir.

2.3 Hissedilen sıcaklık (T_H) değeri için eğri uydurma

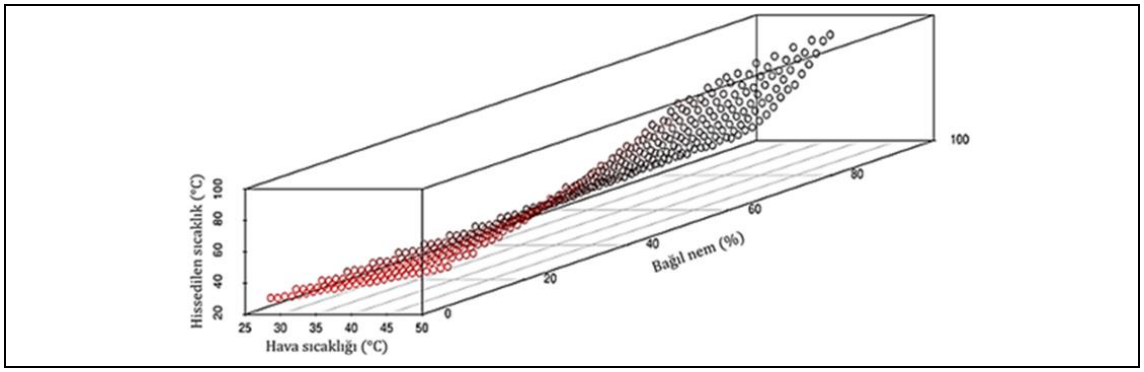
Şekil 1 incelendiğinde sıcaklık ve neme bağlı birçok farklı durum olduğu görülmektedir. Bu durumların koşul komutları ile tek tek kontrol edilmesi sistemin yavaş çalışmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple T_H değerinin Tablo 1'deki veriler dikkate alınarak sıcaklık ve nem değişkenlerine bağlı fonksiyonu/eğri istatistik ile elde edilmiştir. Bu sayede sensörün okuduğu sıcaklık ve nem değerleri bu eğri ile doğrudan T_H değerine dönüştürülmüştür ve sensörün hızlı çalışmasını sağlamıştır. İstatistiksel olarak Tablo 1'de verilen hissedilen sıcaklık tablosu modellendiğinde Şekil 3'te görüldüğü gibi ortaya çıkan ilişki doğrusal değildir. Bu nedenle istatistiksel modelde çok değişkenli uyarlanabilir regresyon eğrileri (MARS, Multivariate Adaptive Regression Splines) yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, uygun düğüm noktalarında Hinge fonksiyonları oluşturup, bu fonksiyonlar üzerinden doğrusal regresyon modeli kurmaktadır. Hinge fonksiyonları, h(a)=max (0,a) şeklindedir. Veri setinde gözlem sayısı n=434'tür. Uygun düğümleri ve düğüm sayıları, için 10 katlı 10 tekrarlı çapraz geçerlilik uygulanarak belirlenmiştir. Model, 2 bağımsız değişken (Hava Sıcaklığı ve Bağıl Nem) ve bir bağımlı değişkenden (Hissedilen Sıcaklık) oluşmaktadır.

Elde edilen modele ait Hinge fonksiyonları ve karşılık gelen parametreler Tablo 3'teki gibidir. Tahminlerin başarısı ise Şekil 4'te görülmektedir. Modele ait hata kareler ortalama karekökü (HKOK) =6.0505'dir. Daha yorumlanabilir bir ölçüt olarak ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY) =0.0546 olarak tespit edilmiştir. Yani model ortalama %0.0546'lık, yani yaklaşık olarak on binde 5'lik bir hata oranına sahiptir.



Şekil 2. Tasarlanan sensörün çalışma sistematiği için akış diyagramı.

Figure 2. The flow chart of Working systematic of the designed sensor.



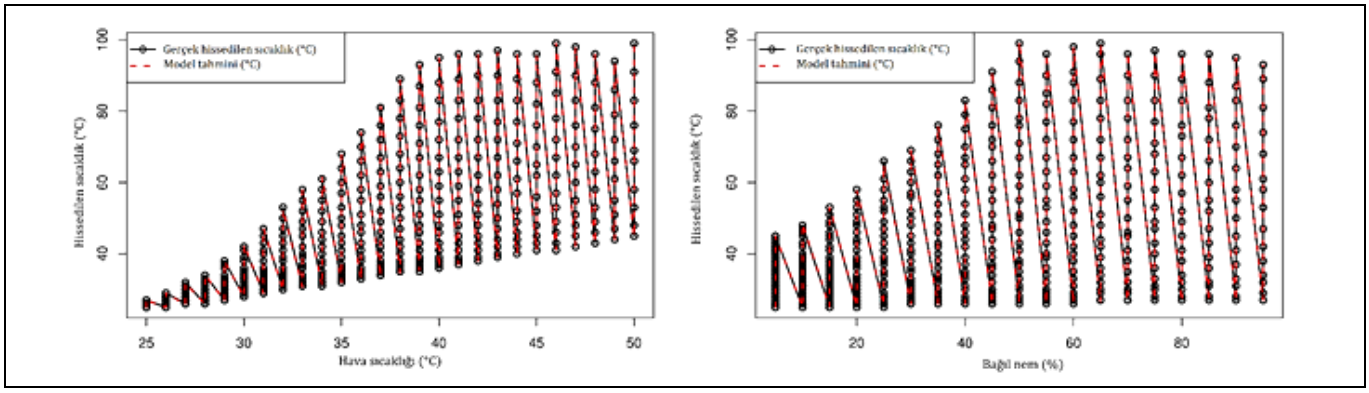
Şekil 3. Hissedilen sıcaklık-hava sıcaklığı-bağıl nem 3D nokta grafiği.

Figure 3. Sensible temperature-air temperature-relative humidity 3D point graph.

Tablo 3. MARS modeline ait Hinge fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait parametreler.

Table 3. Hinge functions of MARS model and parameters of these functions.

MARS Model Değişkenleri	β_i	MARS Model Değişkenleri	β_i
Sabit	29.76251609	h(Hava Sıcaklığı-36)*h(Bağıl Nem-20)	0.013679427
h(Hava Sıcaklığı-42)	0.722308979	h(Hava Sıcaklığı-33)*h(Bağıl Nem-60)	0.018423227
h(42-Hava Sıcaklığı)	-0.34514182	h(Hava Sıcaklığı-45)*h(Bağıl Nem-35)	0.205256404
h(Hava Sıcaklığı-31)*h(65-Bağıl Nem)	-0.045956247	h(Hava Sıcaklığı-46)*h(Bağıl Nem-25)	-0.131436033
h(31-Hava Sıcaklığı)*h(65-Bağıl Nem)	0.008518908	h(Hava Sıcaklığı-29)*h(Bağıl Nem-35)	0.033089048
h(42-Hava Sıcaklığı)*h(Bağıl Nem-40)	0.011243152	h(Hava Sıcaklığı-46)*h(Bağıl Nem-20)	0.143337523
h(42-Hava Sıcaklığı)*h(40-Bağıl Nem)	-0.003115074	h(Hava Sıcaklığı-45)*h(Bağıl Nem-20)	-0.171907316
h(Hava Sıcaklığı-39)	1.092647154	h(Hava Sıcaklığı-29)*h(Bağıl Nem-75)	-0.04631748
h(Hava Sıcaklığı-34)	0.975677251	h(29-Hava Sıcaklığı)*h(Bağıl Nem-75)	-0.041602361



Şekil 4. Hava sıcaklığı ve bağıl nem bakış açısı ile model tahminleri

Figure 4. Model predictions with air temperature and relative humidity perspective.

T_H hissedilen sıcaklık değerini, T ortam sıcaklığını ve N ise nem değerini temsil edecek şekilde Tablo 3 denklem halinde yazılırsa aşağıdaki gibi daha anlaşılır ifade elde edilebilir. Denklemde T_H değeri hesaplanırken max ifadesi 2 seçenekten büyük olanı seçmek için kullanılan komutu simgelemektedir. Örneğin max (T-20,0) ifadesi ölçülen T değerine göre hesaplanan T-20 değeri 0'danbüyükse hesaplanan T-20 değeri denklemde seçilir. Aksi durumda 0 değeri denklemde seçilecektir. Denklem özet şeklinde gösterilmiş olup tam hali Ek A.1'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} T_H = {} & 29.762516094 \\ & + \left[\max\left((T - 42), 0\right) x0.722308979\right] \\ & + \left[\max\left((42 - T), 0\right) x(-0.34514182)\right] \\ & \quad \ldots \\ & \quad \ldots \\ & + \left[\max\left((T - 27), 0\right) x(-0.563602875)\right] \\ & + \left[\max\left((T - 48), 0\right) xNx0.014831388\right] \end{aligned} \quad (1)$$

3 Deneyler ve bulgular

Tasarlanan sensör prototip olarak üretildikten sonra kapalı bir hacimde ortam koşulları değiştirilip sensörün farklı ortam koşullarında çalışması test edilmiştir. Araç içerisinde ortaya çıkabilecek koşullar kapalı hacim içerisinde simüle edilmiştir. Araç içindeki ortam şartları CO_2 tüpü ile gaz verilerek, kızıl ötesi ısıtıcı ile ısıtılarak, hava nemlendirici ile ortamın nem yoğunluğu değiştirilerek ve misina yardımı ile içeride pelüş oyuncak hareket ettirilerek sağlanmıştır. Koşulların tüm kombinasyonları dikkate alınmaya çalışılmış olup Tablo 4'te yapılan deneyler ve sensörün verdiği cevaplar özetlenmiştir. Tablo incelendiğinde araç içerisinde doğabilecek ortam koşulları görülürken bu koşulların hepsinde sensörün ölçtüğü CO_2 yoğunluğu ve hesapladığı T_H değerleri verilmiştir. Üretilen sensörün kurgulanan çalışma sistematiğine uygun sorunsuz bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

4 Tartışma

Araç içerisinde unutulan canlıların aşırı sıcak havadan ve solunum yaparken havadaki CO_2 yoğunluğunun artmasından dolayı yaşamsal faaliyetleri zarar görmekte veya ölebilmektedirler. Bu çalışmada, araç içeresinde unutulan canlının güvenliğini sağlamak amacı ile araç camlarını kontrol edebilen bir sensör tasarlanmış, prototip üretilmiş ve test edilmiştir.

Dünyadaki patentler incelendiğinde benzer sistemlerin tescillendiği veya başvurulduğu literatürde verilmiştir. Ancak, patentlerde önerilen sistemler hali hazırda araçlarda kullanılmamakta olup bazılarının çalışma stratejilerinde boşluklar söz konusudur. Patentlerin bazıları kullandıkları ses sensörü sebebiyle dışarıdan gelen çocuk sesleri ile yanılabilir [10],[13],[16], bazıları hareketsizlik (uyku veya baygınlık gibi) halinde çalışmayabilir [10],[11],[14],[15]. Bizim sistemimizde ise ses kontrolü kullanımı gerekli değildir ve hareketsizlik durumunda belirli bir zaman dilimi için araç içerisindeki CO_2 yoğunluğu değişimi ölçülüp içeride canlı olup olmadığı tespit edilmektedir. Bazı sistemler ise araç içindeki canlının yaşamsal faaliyetini olumsuz etkileyen havasızlık [14],[15] ya da aşırı sıcaklık artışını [17] göz ardı etmektedir.

Tablo 4. Tasarlanan sensörün farklı ortam koşullarında çalışması ve verdiği cevaplar.

Table 4. Working test for the designed sensor in different ambient conditions and results.

Ortam Koşulları										Ölçülen Değerler ve Sensörün Verdiği Cevaplar						
Durum	Hareket			CO_2 (ppm)				T_H (^0C)			Ölçülen CO_2 (ppm)		Ölçülen T_H (^0C)	Alarm		Kayar cam	
	Yok	Var	1000<	Değişim		1000>	5*<	5*<HS<35	35>		Ölçüm 1	Ölçüm 2		Kapalı	Açık	Kapalı	Açık
				Yok	Var												
1	✓			✓			✓				1528	1528	25.62	✓		✓	
2	✓			✓				✓			1548	1548	25.63	✓		✓	
3	✓			✓					✓		40	40	36.94	✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓				648	788	25.85		✓	✓	
5	✓		✓		✓			✓			833	878	25.64	✓		✓	
6	✓		✓		✓				✓		352	528	40.45	✓		✓	
7	✓				✓	✓	✓				1437	1458	25.62		✓		✓
8	✓				✓	✓		✓			992	1546	25.01		✓		✓
9	✓				✓	✓			✓		1227	1462	25.6		✓		✓
10		✓	✓				✓				564	564	25.62		✓	✓	
11		✓	✓					✓			566	566	25.58	✓		✓	
12		✓	✓						✓		40	40	41.24		✓		✓
13		✓				✓	✓				1409	1409	25.98		✓		✓
14		✓				✓		✓			1280	1280	25.58		✓		✓
15		✓				✓			✓		1333	1333	26.45		✓		✓

5*: Bu değer deneyler yapılırken ortam sıcaklığı yaklaşık 25 °C olduğundan sistemin çalışmasını irdeleyebilmek için 30 °C şeklinde yazılımda düzenlenip test edilmiştir.

Tasarladığımız sensörde bu iki temel kriter çalışma sistematiğinin ana omurgasıdır. Ayrıca, literatürde değinilen sistemlerin hemen hemen hepsi tasarladığımız sensörden daha fazla eleman sayısına sahip ürünlerdir. Bir üründe kullanılan eleman sayısındaki artış arızalanma riskini de artırabilir. Ayrıca kullanılan elemanların artması maliyeti ve enerji tüketimini de artıracaktır. Özellikle yüz tanıma sistemi [11], video toplama cihazı [12] gibi ürünlerin kullanımı ekstra maliyet demektir. Önerdiğimiz sensörde kullanılan pahalı ürünlerin hiç birisine gerek duyulmamış olup prototip üretiminde toplam maliyet 379.38 $ şeklindedir. Ayrıca, bu tutarın 58.02 $'lık kısmı; mikrodenetleyici kartı, hareket sensörü, Sıcaklık ve Nem Sensörü, Karbondioksit Sensörü ve kablolama gibi doğrudan sensör tasarımı ihtiyacı için harcanırken geri kalan 321.36 $'lık gider sensörün çalışmasında araç içini simüle etmek için üretilen sızdırmaz kontrol hacminin üretiminde kullanılmıştır. Maliyetinin yanı sıra kullanılan elemanların az olması tükettiği enerjinin de çok düşük olmasını sağlamıştır. Multimetre ile yapılan ölçümlerden sensörün çalışırken toplam harcadığı enerjinin yaklaşık 3.5 W olduğu hesaplanmıştır. Sistemin aküye bağlanması veya dışarıdan ufak DC 12V'luk herhangi bir güç kaynağı ile beslenmesi yeterli olacaktır.

Sistem az sayıda elektronik elemanın koordineli çalışması ile kurgulandığından maliyete ve enerji tüketimine ek olarak kompakt tasarım yapılmasına da imkân sağlamaktadır. Ürünün ticarileştirilmesi durumunda araç içerisinde göz zevkini bozmayacak şekilde sensörlerin yerleştirilmesi mümkündür. Tüm elektronik elemanlar tavan ve kapı döşemelerinin arkasına sığacak kadar ufaktır. Ayrıca, kablolar ile istenilen yerlere konumlandırılabilirler. Örneğin, hareket sensör tüm araç hacmini görmesi için tavana konumlandırılırken (yaklaşık boyutu 2 cm çapında daire), sıcaklık ve nem sensörleri kapı arkasına veya yine tavana konumlandırılabilir. Bununla birlikte karbondioksit yoğunluk bakımından havadan daha ağır bir gaz olduğundan zemine daha yakın bir yere konumlandırılarak daha randımanlı ölçümler alınabilir bu sayede sistem daha efektif çalışabilir. Ayrıca, servis araçları gibi büyük hacimli araçlarda bu sensörlerden birden fazla kullanılabilir.

Önceki çalışmalarda sıcaklık ölçülürken hissedilen sıcaklık dikkate alınmamıştır. Canlıların hissettiği sıcaklığı dikkate almak daha doğru bir yaklaşımdır. Ürettiğimiz prototipte hissedilen sıcaklık dikkate alınmıştır.

Tasarlanan sensör gibi sistemlerde araç içi hareketin doğrudan camların açılması için kriter olması dışarıdan hareket sensörünün uyarılabilmesi ihtimaline karşı güvenlik açığı bırakacaktır. Ancak, ürettiğimiz sistemde münferit olarak 3 sensörden (Hareket, Karbondioksit, Sıcaklık ve Nem Sensörü) birisinin veya ikisinin art niyetle yanıltılması durumunda dahi araç camı açılmamaktadır. Açılma kararı bu üç sensörün kombinasyonlu alacağı karar neticesinde çalışma sistematiğindeki şartlar sağlanınca verilmektedir. Bu da hırsızlık gibi durumlarda sensörün güvenlik açığını kapatmaktadır. Ayrıca, park halindeki araçlarda; geliştirilen sensör sistemi hareket sensörünü kısa süreliğine aktif şekilde kullanmakta ve karar vermek için ilk parametre olarak değerlendirmektedir. Kısa süre içerisinde hareket algılanmadığı durumda hareket sensörünü kullanmadan yaşam belirtisi olup olmama durumunu teyit etmektedir. Böylece, dışarıdan hareket sensörünün uyarılma riski çok düşmektedir.

Tasarlanan sensör camları açtıktan sonra etraftaki kişileri uyarmak amacıyla alarm çalmaktadır. Prototipte çalıştırılan bu alarm araç kornasını temsil etmektedir.

5 Sonuçlar

Bu çalışmada, araçlarda unutulan canlıların yaşamsal faaliyetlerini korumak amacı ile park halindeki araçta unutulan canlıları korumak için araç camlarını kontrol eden sensör tasarımı ve prototip üretimi gerçekleştirilmiş ve test edilerek sensörün çalışması değerlendirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda listelenmiştir.

I. Araç park edildikten sonra araç içerisinde yaşam ibaresi olup olmadığını kontrol edebilme, canlı var ise yaşam koşullarını tehlikeye sokacak T_H ve/veya CO_2 değerlerine ulaşıldığında kayar camın (araç camlarını temsilen) açılabilmesi, alarm çalarak çevresindekilerini uyarma vazifelerini yerine getirmesi sağlanmıştır,

II. Park halindeki araç içerisinde gözlenebilecek, canlı sağlığını doğrudan etkileyebilecek ortam koşulları

belirlenmiş ve bu koşullar kapalı bir hacimde deneyler için oluşturulmuştur,

III. Canlılar yaşamsal faaliyetlerini etkileyecek koşullar simüle edildiğinde sensörün kurgulanan çalışma sistematiğine göre davranışı gözlenmiş olup sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür,

IV. Tasarlanan sensör camları araladığında alarm vererek çevresine uyarı verebilmektedir. Buna ek olarak ihtiyaç duyulması halinde araç sahibine kısa mesaj atabilmesi için geliştirme yapılabilir,

V. Üretilen prototipte orijinal araç camı krikosu motoru ve mekanizması kullanılmış olup araç uygulamalarına herhangi bir engel kalmamıştır. Ayrıca araç içi havalandırmalarına ve klimaya bağlanması sistemin geliştirilmesi için uygun olabilir,

VI. Binek araçların yanı sıra servis araçlarında kullanımı faydalı olacaktır. Alışılagelmiş servis araçlarında elektronik cam düzeneği bulunmadığından aynı sistem otomatik kapılara da entegre edilebilir. Araçlara montajı son derece basit yapılabilecek ve göz estetiğini bozmadan araç içerisinde tavana veya herhangi bir yere konumlandırılması uygun olacaktır.

6 Conclusions

In this study, a sensor was designed and manufactured as a prototype to protect the vital activities of the forgotten life-beings in vehicles. Then, the sensor was tested on different ambient conditions. In this framework, the results and suggestions are listed below.

I. After parking the vehicle, the sensor can check whether there is a life-being in the vehicle or not, and if there is, it can open the sliding glass (representing the vehicle glasses) as the T_H and/or CO_2 values reach dangerous levels for the vital activities. Also, it is able to alert by sounding an alarm to someone at surrounding,

II. Ambient conditions, which can be observed in the parked vehicle and directly can affect vital activities, have been determined. Then, these conditions have been constituted in a closed volume,

III. When the conditions that affect vital activities of forgotten life-beings in the vehicle were simulated, the behavior of the sensor according to the working systematic were observed, and it operated smoothly,

IV. The sensor can alert its surroundings by sounding an alarm when the glasses are opened. In addition, if it is needed, an improvement can be made to send a text message to the vehicle owner,

V. The original vehicle glasses lifting motor and mechanism was used in the produced prototype. Thus, there was no obstacle to use the sensor in vehicles. Also, connecting the sensor to car ventilation and air conditioning systems can be suitable,

VI. The sensor will be useful to use in school services. Although conventional school services do not have an electronic glass assembly, the same system can be integrated into automatic doors. Assembling the sensor on the vehicles is simple, and it can be positioned on the vehicle roof or anywhere in the vehicle without disturbing the eye aesthetics.

7 Yazar katkı beyanı

Erkan ÖZTÜRK çalışmanın fikir aşaması, kurulacak sistemin kurgulanması, tasarlanması ve üretiminde aktif görev almıştır. Deneyler sırasında gözlemci olarak deneyleri takip ve kontrol etmiştir. Makale yazımında tüm başlıklarda aktif görev almıştır.

Semih KAYGUSUZ çalışmada sistemin kurgulanması, üretimi ve deneyler aktif görev almıştır. Makale yazımında tüm başlıklarda görev almıştır.

Fatih SAĞLAM hissedilen sıcaklık eğrisinin oluşturulmasında gerekli istatistiksel metotları seçmiş ve uygulamıştır. İstatistik ile ilgili yazılan bölümleri kontrol etmiş ve yazımında görev almıştır.

Kemal YILDIZLI makalede eleştirel incelemelerde bulunmuş ve yazım aşamalarında kontroller yapmıştır.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2209-A kodlu" Araçlar için Akıllı Cam Sensörü Tasarımı" başlıklı proje ile finansal olarak desteklenmiştir. Patent taramaları için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi tarafından destek verilmiştir.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

9 Kaynaklar

[1] Sabah Gazetesi. "Arabada Unutulan Çoçuk Öldü". https://www.sabah.com.tr/yasam/2016/07/23/arabada-unutulan-cocuk-oldu (07.07.2020).

[2] Yeniçağ Gazetesi. "Arabada Unutulan İkiz Çocuklar Yaşamını Yitirdi". https://www.yenicaggazetesi.com.tr/arabada-unutulan-ikiz-cocuklar-yasamini-yitirdi-243590h.htm (07.07.2020).

[3] Ravindra K, Agarwal N, Mor S. "Assessment of thermal comfort parameters in various car models and mitigation strategies for extreme heat-health risks in the tropical climate". *Journal of Environmental Management*, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110655

[4] Kamar HM, Kamsah N, Sabri IS, Musa N. "Reducing Soak Air Temperature inside a Car Compartment Using Ventilation Fans". *Jurnal Teknologi*, 78(8-4),155-166, 2016.

[5] Khatoon S, Kim MH. "Human Thermal Comfort and Heat Removal Efficiency for Ventilation Variants in Passenger Cars". *Energies*, 10(11), 1710-1723, 2017.

[6] Khatoon S, Kim MH. "Thermal Comfort in the Passenger Compartment Using a 3-D Numerical Analysis and Comparison with Fanger's Comfort Models". *Energies*, 13(3), 690-705, 2020.

[7] Zhang WC, Chen JQ, Lan FC. "Experimental Study on Occupant's Thermal Responses under the Non-uniform Conditions in Vehicle Cabin during the Heating Period". *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 27(2), 331-339, 2014.

[8] Imran S, Sirivastava V, Hwang I, Ko YB. "Poster: CarSafe-Feasibility Study of a Life Saving System in a Car". *MobiSys'16 Companion*, Singapore, 2016. https://doi.org/10.1145/2938559.2948828

[9] Alsbou N, Chan KHC, Afify M. *Smart IoT In-Car Life Detector System to Prevent Car Deaths.* Editors: Issarny V, Palanisamy B, Zhang LJ. Internet of Things-ICIOT 2019, 123-130, Bern, Switzerland, Springer, 2020.
[10] Zhejiang Geely Holding Group Co.Ltd. "Safe Protection Systems for Kid Left in Car and Method Thereof". China, CN106494342A, 2016.
[11] Ireri E. "Vehicle Temperature Sensor Systems". USA, US20170240022A1, 2017.
[12] Guangzhou Tuweihui Information Technology Co. Ltd. "Emergency System for Preventing Missing of in Vehicle Life-beings". China, CN107031555A, 017.
[13] Delphi Technologies Inc. "System and Method for Detecting Unattended Occupant in Vehicle and Taking Safety Countrymeasures". Korea, KR2016085706A, 2016.
[14] All Distributors LLC, Best Mark. "Vehicle Temperature Alarm for Occupants and Pets". USA, US9381856B1, 2016.
[15] Ford Global Technologies LLC. "Vehicle Hyperthermia Avoidance". USA, US20150306940A1, 2015.
[16] Justice WP, Kuss KD, Denney MD. "Unattended Vehicle Passanger Detection System". USA, US9227484B1, 2016.
[17] Demirel M. "Araçlarda Güvenlik Sistemi". Ankara, Türkiye, 09278, 2017.
[18] Chaudhuri T, Soh YC, Li H, Xie L. "A feedforward neural network based indoor-climate control framework for thermal comfort and energy saving in buildings". *Applied Energy*, 248, 44-53, 2019.
[19] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteroloji Genel Müdürlüğü. "Hissedilen Sıcaklık (Sıcaklık ve Neme Göre) ve Rüzgar Etkisi (Wind chill)". https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=hissedilensicaklik (02.07.2020).
[20] Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. "Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance". *Environment International*, 121, 51-56, 2018.

Ek A

1. Hissedilen sıcaklık denklemi

$$
\begin{aligned}
T_H = {} & 29.762516094 + [\max((T-42),0)\,x0.722308979] + [\max((42-T),0)\,x(-0.34514182)] \\
& + [\max((T-31),0)\,x\,(\max((65-N),0))\,x(-0.045956247)] + [\max((31-T),0)\,x(\max((65-N),0))x0.008518908] \\
& + [\max((42-T),0)x(\max((N-40),0))x0.011243152] + [\max((42-T),0)\,x(\max((40-N),0))x(-0.003115074)] \\
& + [\max((T-39),0)\,x1.092647154] + [\max((T-34),0)\,x0.975677251] + [\max((T-38),0)\,x(-1.854862739)] \\
& + [\max((T-33),0)\,x(\max((N-65),0))x(-0.031815773)] + [\max((T-34),0)\,x(\max((N-10),0))x0.015578201] \\
& + [\max((T-38),0)\,x(\max((N-60),0))\,x(-0.03588605)] + [\max((T-38),0)\,x(\max((60-N),0))x0.03083324] \\
& + [\max((T-33),0)\,x(-1.080203254)] + [\max((T-46),0)\,x2.39388131] + [\max((T-45),0)\,x(-0.960360504)] \\
& + [\max((T-46),0)\,x(\max((65-N),0))x(-0.027626514)] + [\max((29-T),0)\,x(\max((N-40),0))x(-0.02714755)] \\
& + [\max((T-39),0)\,x(\max((N-25),0))\,x0.045896037] + [\max((T-39),0)\,x(\max((25-N),0))\,x(-0.051371305)] \\
& + [\max((T-31),0)\,x1.636842407] + [\max((T-28),0)\,x(\max((75-N),0))x0.01104957] \\
& + [\max((T-36),0)\,x(\max((N-20),0))x0.013679427] \\
& + [\max((T-33),0)\,x(\max((N-60),0))x0.0184232[\max((T-45),0)\,x(\max((N-35),0))x0.205256404] \\
& + [\max((T-46),0)x(\max((N-25),0))x(-0.131436033)] + [\max((T-29),0)\,x(\max((N-35),0))x0.033089048] \\
& + [\max((T-46),0)\,x(\max((N-20),0))x0.143337523] + [\max((T-45),0)x(\max((N-20),0))x(-0.171907316)] \\
& + [\max((T-29),0)x(\max((N-75),0))x(-0.04631748)] + [\max((29-T),0)x(\max((N-75),0))x(-0.041602361)] \\
& + [\max((T-29),0)\,x(\max((N-65),0))x0.065623391] + [\max((T-28),0)\,x(\max((N-30),0))x0.023603676] \\
& + [\max((N-30),0)x(-0.084069728)] + [\max((T-31),0)\,x(\max((50-N),0))x0.01480467] \\
& + [\max((T-44),0)x(\max((N-35),0))x(-0.128364164)] + [\max((T-44),0)\,x(\max((N-20),0))x0.091352573] \\
& + [\max((T-31),0)\,x(\max((N-75),0))x0.055608458] + [\max((T-31),0)x(\max((N-35),0))x(-0.04605784)] \\
& + [\max((T-31),0)\,x(\max((N-40),0))x0.013882061] + [\max((N-20),0)\,x0.076117793] \\
& + [\max((N-80),0)\,x0.104494647] + [\max((T-26),0)\,x0.81705594] + [\max((T-27),0)x(-0.563602875)] \\
& + [\max((T-48),0)\,xNx0.014831388]
\end{aligned}
$$