

Yapay Zekâ Teknikleri ile Sürücü Yorgunluk Tespit Sistemi

Taner KAVAKLI^{1*}, Burak BAŞOL², Mustafa DEMİRAY³, Hakan YILMAZ⁴, Mehmet AKİF ERDEN⁵

¹Biomedikal Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye

²Biomedikal Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye

³Biomedikal Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye

⁴Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi/Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/ Konya Teknik Üniversitesi, Türkiye

⁵Biomedikal Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye

[*\(tnrkavakli@gmail.com\)](mailto:tnrkavakli@gmail.com)

(Received: 22 February 2025, Accepted: 28 February 2025)

(4th International Conference on Contemporary Academic Research ICCAR 2025, February 22-23, 2025)

ATIF/REFERENCE: Kavaklı, T., Başol, b., Demiray, M., Yılmaz, H. & Erden, M. A. (2025) Yapay Zekâ Teknikleri ile Sürücü Yorgunluk Tespit Sistemi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(3), 57-61.

Özet – Sürücü yorgunluğu, dünya genelinde trafik kazalarına neden olan kritik bir faktördür ve araştırmalar, yorgunluk kaynaklı kazaların diğer nedenlere kıyasla daha yüksek ölüm oranlarına yol açtığını göstermektedir. Bu çalışmada, sürücülerin fizyolojik verilerini kullanarak yorgunluklarını tespit eden yenilikçi ve müdahalesiz bir sistem önerilmektedir. Sistem, direksiyon simidine entegre edilmiş bir Fotopletismografi (PPG) sensörü ile nabız takibini sağlarken, kızılötesi sensör aracılığıyla burun sıcaklığındaki değişimleri ölçerek sürücünün solunum hızını tahmin etmektedir. Elde edilen bu biyolojik veriler, bulanık mantık tabanlı yapay zeka algoritmaları ile işlenerek sürücünün yorgunluk seviyesi gerçek zamanlı olarak belirlenmektedir.

Önerilen sistem, uykusuzluk, dikkatsizlik ve otoyol hipnozu gibi yorgunluk kaynaklı kazaların temel nedenlerini ele alarak sürücülere erken uyarılar sağlamayı hedeflemektedir. Geleneksel yorgunluk tespit sistemleri genellikle sürücü davranışlarına veya araç hareket modellerine dayanırken, bu çalışmada sürücüye özgü biyolojik sinyaller ile araç tabanlı veriler birleştirilerek daha yüksek doğruluk sağlanmaktadır. Deneysel sonuçlar, çok kaynaklı veri entegrasyonunun tespit doğruluğunu artırdığını ve sistemin gerçek dünya uygulamaları için yüksek güvenilirlik sunduğunu göstermektedir.

Bu araştırma, akıllı ulaşım sistemleri alanına katkıda bulunarak, modern araçlara entegre edilebilecek gelişmiş bir yorgunluk tespit mekanizması sunmaktadır. Bulgular, biyometrik sensörlerin yapay zeka destekli analizlerle birleştirilmesinin yorgunluk kaynaklı kazaların riskini önemli ölçüde azaltabileceğini ve yol güvenliğini artırabileceğini göstermektedir. Gelecek çalışmalar, sistemin farklı sürüş koşullarına adaptasyonunun iyileştirilmesi ve daha gelişmiş makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonu üzerine odaklanacaktır.

Anahtar Kelimeler – Sürücü Yorgunluk Tespiti, Yapay Zeka, Bulanık Mantık, Fotopletismografi (PPG), Kızılötesi Sensör, Biyometrik İzleme, Trafik Güvenliği

I. GİRİŞ

Literatürde yapılan araştırmalar, sürücü yorgunluğunu tespit etmek amacıyla farklı yöntemler geliştirildiğini ve bu yöntemlerin değişen doğruluk seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir.

Yorgunluk tespit sistemleri, sürücünün fizyolojik ve davranışsal verilerini analiz ederek yorgunluk durumunu belirlemeye çalışır. Fizyolojik tabanlı sistemler, sürücünün kalp atış hızı, solunum hızı ve cilt sıcaklığı gibi biyolojik verilerini değerlendirerek yorgunluk seviyesini belirlemeye çalışır. Healey ve Picard (2005), gerçek dünya sürüş senaryolarında stresin fizyolojik sensörler kullanılarak nasıl tespit edilebileceğini incelemişlerdir [1]. Benzer şekilde, Kwon ve arkadaşları (2011) fotoplethysmografik sensörlerin alın bölgesinden elde edilen verilerinin, EKG ölçümleri ile karşılaştırıldığında doğruluğunu değerlendirmiştir [2]. Awais ve arkadaşları (2016) ise çok kanallı fizyolojik sensörler kullanarak sürücü yorgunluğunu tespit etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, sürücünün kalp atış hızı, cilt sıcaklığı ve solunum hızı gibi parametreler analiz edilerek yorgunluk durumu tespit edilmiştir [3].

Davranışsal tabanlı sistemler ise sürücünün göz hareketleri, yüz ifadeleri ve baş pozisyonu gibi verileri analiz ederek yorgunluk seviyesini belirlemeye çalışır. Li ve arkadaşları (2019), göz kırpma oranı ve makine öğrenimi tekniklerini kullanarak gerçek zamanlı yorgunluk tespiti üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada, göz kırpma oranındaki değişim analiz edilerek yorgunluk belirtileri tespit edilmiştir [4].

Yorgunluk tespit sistemlerinin etkinliği, kullanılan sensörlerin doğruluğu ve uygulanan algoritmaların başarımı ile doğrudan ilişkilidir. Singh ve Papanikolaou (2020), sürücü yorgunluğu tespitinde kullanılan teknikleri sınıflandırarak mevcut zorlukları ve açık araştırma alanlarını ortaya koyan kapsamlı bir inceleme sunmuştur. Bu çalışma, mevcut sistemlerin sınırlamalarını vurgulamakta ve gelecekte geliştirilmesi gereken alanlara ışık tutmaktadır [5].

Yorgunluk tespit algoritmalarının performansı, kullanılan verilerin kalitesi ve uygulanan algoritmaların doğruluğu ile doğrudan ilişkilidir. Yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleri, yorgunluk tespitinde kritik bir rol oynamaktadır [4].

Kandaki oksijen seviyesi, vücudun enerji üretimi ve genel bilişsel performansı açısından önemli bir parametredir. Düşük oksijen seviyeleri (hipoksi), yorgunluk ve bilişsel işlevlerde azalmaya yol açabilir. Botros ve arkadaşları (2004), hipoksinin sürücülerde yorgunluk ve uyku hali oluşturabileceğini ifade etmiştir [6]. Aynı çalışmada, düşük oksijen seviyelerinin sürücü performansı üzerindeki etkileri incelenmiş ve hipoksinin dikkat kaybına neden olduğu tespit edilmiştir.

Vücut sıcaklığı da homeostaz ve genel sağlık durumu açısından önemli bir faktördür. Artan vücut sıcaklığı, ısı stresi ve yorgunluğa sebep olabilir. Taylor ve arkadaşları (2008), yüksek vücut sıcaklıklarının yorgunluk ve performans düşüşüne neden olabileceğini belirtmiştir [7]. Bu çalışmada, ısı stresinin iş performansını ve bilişsel yetileri olumsuz etkilediği gösterilmiştir.

Kandaki oksijen seviyesi ve vücut sıcaklığı birlikte değerlendirildiğinde, bu iki parametrenin yorgunluk üzerindeki etkileri daha belirgin hale gelmektedir. Özellikle sürücüler ve yoğun iş ortamlarında çalışan bireyler için bu faktörlerin kritik olduğu bilinmektedir. Sullivan ve arkadaşları (2011), hipoksi ve ısı stresinin birleşik etkilerinin yorgunluk seviyelerini nasıl artırdığını incelemiş ve bu iki faktörün etkileşiminin bilişsel performans üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ortaya koymuştur [8].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

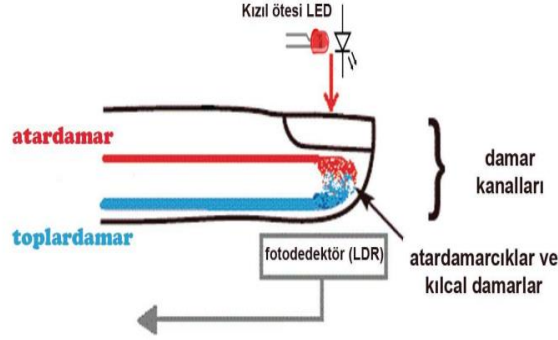
Bu çalışmada, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için biyometrik sensörler ve yapay zeka teknikleri kullanılarak müdahaleci olmayan bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, sürücünün fizyolojik sinyallerini izleyerek yorgunluk seviyelerini gerçek zamanlı olarak analiz edecek şekilde tasarlanmıştır. Yöntem, donanım entegrasyonu, veri toplama, sinyal işleme ve bulanık mantık tabanlı yapay zeka algoritmaları ile yorgunluk sınıflandırması aşamalarından oluşmaktadır.

A. Donanım Kurulumu

Deneyisel sistem, sürücünün nabız hızını ölçmek için Fotoplethysmografi (PPG) sensörü ve solunum hızını tahmin etmek amacıyla kızılötesi sıcaklık sensörü içeren bir direksiyon kılıfından oluşmaktadır. Bu sensörler, biyolojik verileri toplamak ve işlemek için bir Arduino Uno mikrodenetleyicisine bağlanmıştır. Veri aktarımı ve sistem kontrolü Arduino IDE ve MATLAB ortamlarında gerçekleştirilmiştir.

PPG sensörü, kan akışındaki değişiklikleri ölçerken, kızılötesi sensör burun sıcaklığındaki dalgalanmaları algılayarak solunum hızını belirlemiştir. 100 Hz örnekleme hızı kullanılarak yüksek çözünürlüklü veri toplanmış ve her veri noktası analiz için yapılandırılmış bir veri tabanına kaydedilmiştir.

Sensörlerden elde edilen ham veriler, gürültüyü ve aykırı değerleri ortadan kaldırmak için ön işleme tabi tutulmuştur.

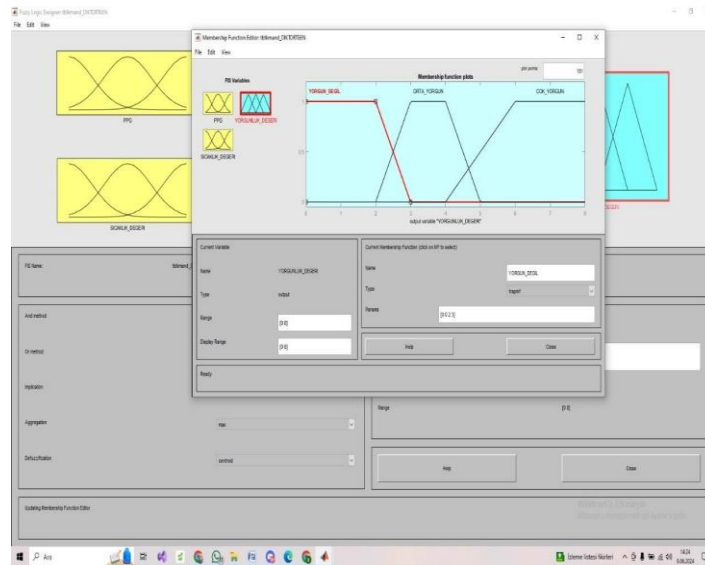


Şekil 1. PPG Sensörü Çalışma Prensibi

B. Bulanık Mantık ile Yorgunluk Sınıflandırması

İşlenen fizyolojik veriler, MATLAB üzerinde bulanık mantık sistemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Sürücü yorgunluğunu sınıflandırmak amacıyla, nabız ve solunum değeri olmak üzere iki temel girdi değişkeni belirlenmiştir. Bu değişkenler, yorgunluk seviyesini doğru bir şekilde analiz edebilmek için işlenmiş ve değerlendirilmiştir. Her giriş değişkeni için düşük, orta ve yüksek yorgunluk seviyelerini temsil eden üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Böylece, sürücünün fizyolojik durumuna göre esnek ve hassas bir değerlendirme yapılması sağlanmıştır. Bu yaklaşım, sistemin daha güvenilir ve gerçekçi tahminler yapmasını sağlayarak yorgunluk tespitinde yüksek doğruluk oranı elde edilmesine katkıda bulunmuştur.



Şekil 2. Yorgunluk Çıktısı Oluşturma

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Biyolojik verilerin kullanımı, yorgunluk tespitinde geleneksel yöntemlere göre daha hassas sonuçlar vermektedir. Bulanık mantık algoritması, sistemin değişken biyolojik verileri doğru şekilde analiz etmesini sağlamaktadır. Geliştirilen sistem, gerçek zamanlı olarak sürücü yorgunluk seviyelerini belirleyebilecek şekilde optimize edilmiştir. Bu bulgular, sürücü yorgunluğunun tespit edilmesi ve önlenmesine yönelik biyometrik veriye dayalı sistemlerin güvenilirliğini artırma potansiyelini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, sürücü yorgunluğunu biyometrik verilerle tespit etmek için geliştirilen sistemin etkinliğini ortaya koymuştur. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, biyolojik sensörlerden elde edilen verilerin daha hassas ve güvenilir sonuçlar sağladığı belirlenmiştir. Özellikle, PPG sensörü ile nabız ölçümü ve kızılotesi sensör ile solunum hızı tespiti, yorgunluk düzeylerini doğru şekilde analiz etmede kritik bir rol oynamaktadır.

Literatürde yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, sürücü yorgunluğunun genellikle göz hareketleri ve direksiyon hakimiyeti gibi davranışsal veriler ile değerlendirildiği görülmektedir. Ancak bu yöntemler çevresel faktörlerden etkilenebilmekte ve her sürücü için aynı doğrulukta sonuç vermemektedir. Bu nedenle, fizyolojik verilerle yapılan yorgunluk tespiti, daha objektif bir ölçüm yöntemi sunmaktadır.

Çalışmanın bilimsel katkısı, bulanık mantık algoritması kullanılarak biyolojik verilerden yorgunluk seviyelerinin yüksek doğrulukla tespit edilmesini sağlamaktır. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan önceki çalışmalarla büyük ölçüde uyumludur ve biyolojik sensörler ile yapay zeka tekniklerinin sürücü yorgunluğu tespiti için daha güvenilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın önerdiği sistem, gelecekte derin öğrenme algoritmaları ile geliştirilerek farklı sürüş koşullarına daha iyi adapte edilebilir. Ayrıca, sistemin araç içi güvenlik sistemlerine entegre edilmesi, kazaların önlenmesi ve sürücü güvenliğinin artırılması açısından büyük bir potansiyele sahiptir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için bir yapay zeka tabanlı sistem geliştirilmiştir. Sistem, PPG ve solunum hızı verilerini kullanarak sürücünün yorgunluk seviyesini analiz etmiş ve bulanık mantık algoritması sayesinde bu verileri başarılı bir şekilde sınıflandırmıştır. Sensörlerden elde edilen biyolojik verilerin işlenmesiyle, sistemin gerçek zamanlı olarak sürücünün yorgunluk seviyesini takip edebildiği ve anlık değişimleri tespit edebildiği gösterilmiştir. Bu sayede, uzun süreli sürüşlerde veya dikkat gerektiren yolculuklarda sürücünün durumunun sürekli olarak izlenmesi sağlanarak güvenli bir sürüş deneyimi sunulması hedeflenmiştir. Yapılan analizler ve testler sonucunda, geliştirilen sistemin yorgunluk kaynaklı trafik kazalarını önlemeye yönelik önemli bir adım olduğu değerlendirilmiş, bu doğrultuda sürücü güvenliğini artırmaya ve trafik kazalarının azaltılmasına katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Gelecekte, sistemin daha hassas sensörler ve gelişmiş makine öğrenimi algoritmaları ile desteklenerek doğruluk oranının artırılacağı öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) desteği ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmamıza sağladıkları maddi katkıları için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Sağlanan destek, sürücü yorgunluk tespit sistemleri alanında yenilikçi çözümler geliştirmemize ve trafik güvenliğine yönelik önemli bir katkı sunmamıza olanak sağlamıştır. TÜBİTAK'ın bilimsel araştırmalara verdiği destek, ülkemizde teknolojik ilerlemeye ve akademik gelişime büyük katkılar sunmaktadır. Çalışmamızın başlatılmasında büyük desteklerinden dolayı hocamız Doktora Öğretim Üyesi Abdullah Bilal AYGÜN'e, projemizin geliştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen mühendis Mehmet Efe KÜÇÜKKASAP'a, her zaman destekçimiz olan ailelerimize teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Healey, J. A., & Picard, R. W. (2005). Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(2), 156-166.
- [2] Kwon, S., Kim, S., & Park, K. (2011). Validation of heart rate extraction using forehead photoplethysmographic sensor against ECG measurement. *Medical engineering & physics*, 33(7), 862-867.
- [3] Awais, M., Badruddin, N., & Drieberg, M. (2016). Driver drowsiness detection using multi-channel physiological sensors. *Biomedical Signal Processing and Control*, 24, 149-157.
- [4] Li, Y., Zhao, C., & Zhou, F. (2019). Real-time drowsiness detection using eye aspect ratio and machine learning techniques. *IEEE Access*, 7, 159437- 159447.
- [5] Singh, A., & Papanikolaou, A. (2020). A review on driver drowsiness detection techniques: Classifications, challenges, and open research issues. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- [6] Botros, N., & Sullivan, C. E. (2004). Impact of hypoxia on sleep and performance. *Sleep Medicine Reviews*, 8(5), 391-399.
- [7] Taylor, N. A., & Cotter, J. D. (2008). Heat adaptation: Guidelines for the optimization of human performance. *International Journal of Sports Medicine*, 29(3), 206-216
- [8] Sullivan, J. R., & Gopinath, B. (2011). Combined effects of hypoxia and heat stress on fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1541-1548.