DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8573-3-7.2025.8979.
ISBN: 978-9952-8573-3-7

DESIGN OF A LOW-COST AND PORTABLE OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MONITORING SYSTEM BASED ON ELECTRONICS ENGINEERING

Assist. Prof. Dr. Kaan Koçali [1*], Res. Assist. Elif Öztürk [2]

[*1] Istanbul Gelisim University, Istanbul Gelisim Vocational School, Occupational Health and Safety Program, Istanbul, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0002-1329-6176

[2] Istanbul Gelisim University, Faculty of Engineering and Architecture, Electrical and Electronics Engineering (English), Istanbul, Türkiye.
ORCID Code: 0009-0001-4006-3458

ABSTRACT

Occupational accidents and diseases pose serious health and safety risks, particularly for individuals working in high-risk sectors such as underground mining, construction, and heavy industry. To reduce and prevent these risks, an effective Occupational Health and Safety (OHS) system is essential. However, existing systems are often too costly, complex to install, and lack flexibility, making them difficult to implement widely in small and medium-sized enterprises. In this context, the proposed study introduces a low-cost, portable, modular OHS monitoring system based on the principles of electronics engineering and built upon a Wireless Sensor Network (WSN) architecture. The system is designed to detect three critical elements: a Hall Effect sensor and pressure sensors to detect whether the worker is wearing a safety helmet; piezoelectric sensors and load cells integrated into the foot area to detect the use of safety boots; and a triaxial MEMS accelerometer to monitor the worker's mobility. Analog and digital data collected from these sensors are processed by a low-power, high-performance microcontroller (such as STM32 or Arduino Nano 33 IoT) and wirelessly transmitted to a central control unit using Wi-Fi modules. In the control unit, embedded system software analyzes the data in real time and presents it to the employer or OHS specialist through a user-friendly interface. Additionally, to enhance energy efficiency, the sensors operate on an event-driven basis—transmitting data only when specific conditions occur—thereby extending battery life. The system achieves over 95% accuracy in helmet and boot detection, while its motion tracking capabilities provide effective results for real-time work monitoring. Compared to traditional systems, this structure offers a cost-effective and sustainable engineering alternative. As the system is designed as an open-source platform in both hardware and software, it can be easily adapted to different sectors and applications. It can also be expanded with additional sensor modules—such as gas detectors (e.g., MQ-135), temperature-humidity sensors (DHT22), and volatile organic compound (VOC) monitors. Future work aims to enhance the system with cloud-based data analytics, risk scoring via machine learning

algorithms, and the integration of emergency alert mechanisms. In conclusion, this study demonstrates that a low-cost, flexible, and highly applicable OHS monitoring system can be developed through electronics engineering-based approaches, thereby offering a significant contribution to the digitalization of occupational safety practices.

Keywords: Occupational Health and Safety, Electronics Engineering, Wireless Sensor Network, Microcontroller, PPE.

ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ TABANLI DÜŞÜK MALİYETLİ VE TAŞINABİLİR İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İZLEME SİSTEMİNİN TASARIMI

ÖZET

İş kazaları ve meslek hastalıkları, özellikle yer altı madenciliği, inşaat ve ağır sanayi gibi yüksek riskli sektörlerde çalışan bireyler için ciddi sağlık ve güvenlik tehditleri oluşturmaktadır. Bu risklerin azaltılabilmesi ve önlenebilmesi için etkin bir iş sağlığı ve güvenliği (İSG) sistemine ihtiyaç duyulmaktadır; ancak mevcut sistemler çoğu zaman yüksek maliyetli olmaları, karmaşık kurulumları ve esnek olmayan yapıları nedeniyle küçük ve orta ölçekli işletmelerde yeterince yaygın olarak kullanılamamaktadır. Bu bağlamda önerilen çalışmada, elektronik mühendisliği disiplininden yararlanılarak düşük maliyetli, taşınabilir, modüler yapıya sahip ve kablosuz sensör ağı (Wireless Sensor Network - WSN) tabanlı bir İSG izleme sistemi geliştirilmiştir. Sistem, temel olarak üç kritik unsuru algılayacak şekilde yapılandırılmıştır: çalışanın baret takıp takmadığını algılayan Hall Effect sensörü ve basınç sensörleri; güvenlik botunun giyilip giyilmediğini tespit eden ayak bölgesine entegre piezoelektrik sensörlerle yük hücreleri ve çalışanın hareketliliğini izleyen üç eksenli MEMS ivmeölçerler (accelerometer). Bu sensörlerden alınan analog ve dijital veriler, düşük güç tüketimli ve yüksek performanslı bir mikrodenetleyici (örneğin STM32 veya Arduino Nano 33 IoT) tarafından işlenmekte ve Wi-Fi modülleri kullanılarak merkezi kontrol birimine kablosuz olarak iletilmektedir. Kontrol biriminde ise veriler, gömülü sistem yazılımı ile gerçek zamanlı olarak analiz edilmekte ve işveren veya İSG uzmanına kullanıcı dostu bir arayüz aracılığıyla sunulmaktadır. Ayrıca, sistemde enerji verimliliği sağlamak adına sensörler olay temelli çalışmakta, yani yalnızca belirli durumlar gerçekleştiğinde veri iletimi gerçekleştirerek pil ömrü uzatılmaktadır. Sistemin baret ve güvenlik botu tespiti %95'in üzerinde, hareket algılama ise gerçek zamanlı iş takibi açısından başarılı sonuçlar verebilmektedir. Bu yapı, geleneksel sistemlere kıyasla hem ekonomik hem de mühendislik açısından sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Sistem, hem donanım hem de yazılım açısından açık kaynaklı olarak tasarlandığı için farklı sektörlere ve uygulamalara kolayca uyarlanabilmekte, gerektiğinde gaz algılayıcıları (MQ-135), sıcaklık-nem sensörleri (DHT22) ve ortamdaki uçucu organik bileşenleri (VOC) izleyebilecek ilave sensör modülleriyle geliştirilebilmektedir. Gelecek çalışmalarda, bu sistemin bulut tabanlı veri analitiği ile desteklenmesi, makine öğrenmesi algoritmalarıyla risk puanlamalarının yapılması ve acil durum senaryoları için uyarı sistemlerinin entegre edilmesi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8573-3-7.2025.8979.
ISBN: 978-9952-8573-3-7

hedeflenmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma elektronik mühendisliği temelli yaklaşımlarla, sahada uygulanabilirliği yüksek, düşük maliyetli ve esnek bir İSG izleme sisteminin geliştirilebileceğini ortaya koymakta ve iş güvenliği alanında dijitalleşmeye yönelik önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Elektronik Mühendisliği, Kablosuz Sensör Ağı, Mikrodenetleyici, KKD.