



Konferans Bildirisi

Çoklu Basınç Sensörleri ile Duruş Performansı Analizi

Ömer Alperen SARI^{1*}, Burcu Erkmen²

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0006-2543-7470>, omer.sari@std.yildiz.edu.tr

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-5581-9764>, bkapan@yildiz.edu.tr

* Sorumlu Yazar: omer.sari@std.yildiz.edu.tr; +90 505 429 24 28

Received 03 October 2024

Received in revised form 11 December 2024

In final form 18 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development

(RDCONF 2024)

December 19 - 20, 2024

Reference: Sari, Ö. A., & Erkmen, B. (2024). Çoklu basınç sensörleri ile duruş performansı analizi. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 55-67.

Özet

Bu makale, çoklu basınç sensörleriyle donatılmış bir mat kullanarak bireylerin duruş performansını ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Ayak basınç verilerinin toplanarak, bu verilerin yapay zeka algoritmalarıyla işlenmesi ve analiz edilmesi ile bireylerin ağırlık dağılımındaki dengesizlikler ve duruş tipindeki bozukluklar tespit edilecektir. Çalışma, duruş performansını değerlendirme ve iyileştirme alanında yeni bir yöntem sunmayı hedeflemektedir. Çoklu sensör verilerinin kullanılması, geleneksel analiz yöntemlerine göre daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayarak, literatürdeki eksiklikleri gidermeyi amaçlamaktadır.

Matın altına yerleştirilecek basınç sensörleri, bir ızgara sistemi içinde optimize edilmiştir ve bu sistemden toplanan veriler, elektronik bir sistem yardımıyla işlenmektedir. Elektronik tasarım, analog verilerin dijital formata dönüştürülmesini ve bu verilerin bir iş istasyonuna iletilmesini sağlar. Verilerin kalitesi ve doğruluğu, yapay zeka algoritmalarının başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, veri ön işleme adımı eksik ya da hatalı verilerin temizlenmesini ve çoklu sensör füzyonu teknikleriyle farklı sensörlerden alınan bilgilerin birleştirilmesini içermektedir. Böylece sensör yerleşimi ve veri işleme süreçleri, sistemin genel doğruluk ve taşınabilirlik performansını artırmaya odaklanmıştır.

Anahtar: Duruş Performansı, Basınç Sensörü, Mat, Yapay Zeka, Çoklu Sensör, Duruş Tipi



Posture Performance Analysis with Multiple Pressure Sensors

Abstract

This paper aims to analyze in detail the postural performance of individuals using a mat equipped with multiple pressure sensors. By collecting foot pressure data, processing and analyzing these data with artificial intelligence algorithms, imbalances in the weight distribution and posture type of individuals will be detected. The study aims to provide a new method in the field of posture performance assessment and improvement. The use of multi-sensor data aims to provide more precise and reliable results than traditional analysis methods and to fill the gaps in the literature.

The pressure sensors to be placed under the mat are optimized in a grid system and the data collected from this system is processed with the help of an electronic system. The electronic design allows analog data to be converted into digital format and transmitted to a workstation. The quality and accuracy of the data directly affects the success of artificial intelligence algorithms. Therefore, the data preprocessing step involves cleaning missing or erroneous data and combining information from different sensors using multi-sensor fusion techniques. Thus, the sensor placement and data processing processes are focused on improving the overall accuracy and portability performance of the system.

Keywords: Posture Performance, Pressure Sensor, Mat, Artificial Intelligence, Multi-Sensor, Posture Type



1. Giriş

Bireyin duruşu, fiziksel sağlığı, günlük aktivitelerdeki verimliliği ve genel performansı doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur. Postür analizinde bireyin ayakta durma pozisyonu detaylı olarak incelenmeli ve ağırlık dağılımı, vücut hizası ve denge gibi faktörler değerlendirilmelidir. Özellikle bireylerin bir bacağına daha fazla ağırlık vermesi, öne ya da arkaya doğru eğilmesi gibi duruş özellikleri kişisel duruş profillerinin ortaya çıkarılmasında önemli veriler sağlamaktadır. Ayrıca bir bacağın daha fazla ağırlık taşıması, vücut hizasının sağa ya da sola kayması, omuzların asimetrik olması ya da başın hafif öne veya arkaya eğik olması da duruş analizi için kayda değer veriler sağlıyor. Örneğin, bireylerin bazen bir bacak üzerinde dururken diğer bacağın daha az ağırlık taşıması veya bir tarafa doğru eğilmesi, vücutlarının sağlıklı dengeyi nasıl koruduğu hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca bacakların farklı açıları ve vücut ağırlığının farklı bölgelerde yoğunlaşması da anlık duruşun değerlendirilmesinde önemli rol oynayan faktörlerdir.

Geleneksel duruş değerlendirme yöntemleri çoğunlukla gözlemseldir ve analizin doğruluğunu sınırlayan öznel sonuçlar üretebilir. Örneğin, oturma duruşu değerlendirmesi üzerine yapılan bir çalışmada, basınç sensörleri ve kızılötesi sensörlerin bir kombinasyonu kullanılarak ofis çalışanlarının duruşu analiz edilmiştir [1]. Bununla birlikte, bu tür yöntemler genellikle oturma duruşlarına odaklanmıştır ve ayakta durma analizi için benzer kapsamlı sistemler eksiktir.

Buna ek olarak, yürüyüş duruşundaki anormalliklerin tespiti için basınç sensörlerinin kullanıldığı çalışmalar, insan hareket analizinde sensör tabanlı sistemlerin potansiyelini göstermektedir [2]. Ancak bu çalışmalar genellikle yürüyüş analizi ile sınırlı kalmış ve ayakta duruşların detaylı analizi yeterince ele alınmamıştır.

Bu çalışma, sensörlerle donatılmış bir mat kullanarak bireylerin duruşunu detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Ayak basınç verilerinin toplanması, duruş özelliklerinin değerlendirilmesi ve bu verilerin yapay zeka algoritmaları ile işlenmesi hedeflenmektedir. Önceki çalışmalar kuvvet sensörleri ve mobil uygulamalar kullanarak duruş profillerini analiz etmiş ve değerlendirme sürecini daha verimli hale getirmiştir [3]. Ancak ayakta durma pozisyonlarının basınç sensörleri ile analiz edilmesine yönelik sistematik bir yaklaşım eksikliği bulunmaktadır.



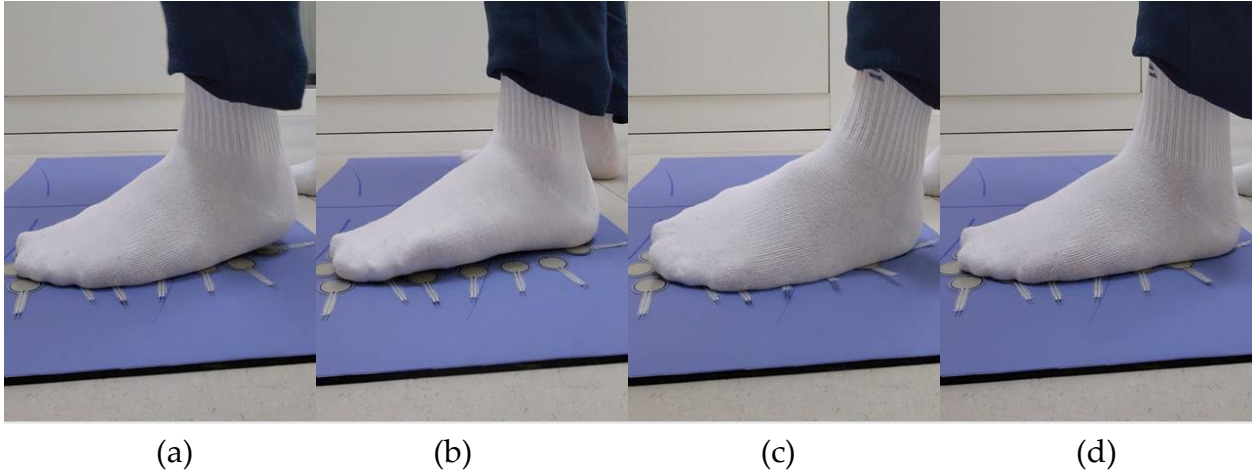
Sunulan çalışma, postüral dengeyi analiz etmek için farklı teknolojileri karşılaştırarak yenilikçi bir yaklaşım sunmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmalarda, yük hücreleri ve Microsoft Kinect kamera sensörü kombinasyonu kullanılarak duruş analizi yapılmış ve kütle merkezi ve basınç merkezi gibi önemli parametreler analiz edilmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada daha kompakt, taşınabilir ve düşük maliyetli bir sistemle ayak basıncı dağılımlarını analiz etmek için basınç sensörleri kullanılacaktır. Yük hücreleri ve kamera sensörlerinin aksine basınç sensörleri ile elde edilen veriler daha hızlı ve kullanıcı dostu bir analiz süreci sunmaktadır. Bu yöntem, daha uygun maliyetli olmasının yanı sıra, gerçek zamanlı veri toplanmasını sağlayarak daha verimli postüral denge değerlendirmesine olanak tanımaktadır [4].

Bu çalışma sayesinde yapay zeka destekli duruş tespiti, bireylerin anlık postüral denge durumlarının daha hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesini mümkün kılacaktır, böylece sağlık takibi ve duruş iyileştirmeleri konusunda önemli bir adım atılmış olacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu aşamada, basınç sensörlerinin bireyin duruş analizi için matın altına yerleştirileceği uygun bir zemin sistemi tasarlanacaktır. Bireyin duruşunun değerlendirilmesi için öncelikli veri basınç sensörlerinden alınacak şekilde sistem konfigüre edilecektir. Bireyin rahatsız olmayacağı mat kalınlığı 4-10 mm arası olarak belirlenmiştir.

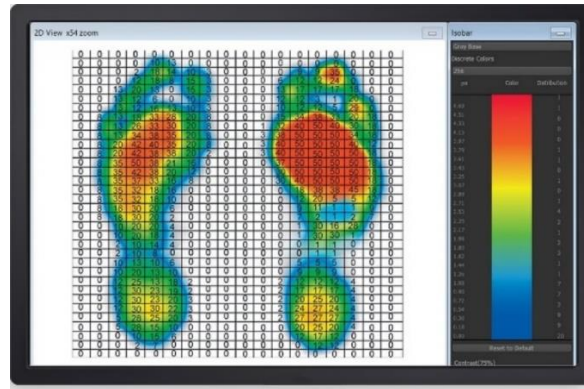
Zemin sistemi içerisinde uygun sensör yerleşimi yapılarak bu sensörlerden doğru elektriksel sinyal alınabildiğine dair kontroller yapılacaktır. Tasarlanacak tüm sensörlü matlar için farklı kişiler basış yaparak gerekli basınç bilgilerinin karşılık geldiği elektriksel sinyaller multimetre ve osiloskop gibi elektronik test cihazları ile okunacak ve doğruluğu değerlendirilecektir.



Şekil 1: (a) Topuk Havada Basış, (b) Sağa Basış, (c) Sola Basış, (d) Normal Basış

Bu görselde, test sırasında farklı ayak basış tipleri görselleştirilmiştir: (a) Topuk Havada Basış, (b) Sağa Basış, (c) Sola Basış ve (d) Normal Basış. Bu tipler, sensörlerin ayağın farklı basınç noktalarını algılamasını ve duruş analizine temel oluşturmasını sağlar. Ayak ile mat üzerinde yapılan bu basma tipleri, bireyin basınç dağılımındaki değişikliklerin detaylı bir şekilde incelenmesine olanak tanır. Sensörlerin topladığı bu veriler, bireylerin duruş özelliklerinin değerlendirilmesi ve potansiyel postür bozukluklarının tespiti için kritik bir rol oynar.

Sensörler, aslında matın altına entegre edilecek şekilde tasarlanmıştır. Ancak burada, okuyucunun sistemin işleyişini daha iyi kavrayabilmesi amacıyla temsili bir şekilde, bağlantıları tamamlanmamış halde sunulmuştur. Elektronik bağlantıların ve nihai tasarımın detayları, ilerleyen bölümlerde yer almaktadır. Bu görseller ve sensör düzeni, sistemin basınç algılama kapasitesini görsel olarak anlatmak ve tasarımın mantığını netleştirmek için hazırlanmıştır.



Şekil 2: Örnek Basınç Haritası görseli [5]



Şekil 2, çalışmaların sonucunda elde edilen örnek bir basınç haritasını göstermektedir. Bu harita, sensörlerin yerleştirildiği bölgelerdeki basınç verilerini görsel olarak temsil etmektedir. Çalışmaların ilerleyen aşamalarında, sensörlerden alınan veriler ışığında basılan bölgelerdeki basınç değerlerine göre bir renk skalası oluşturulacaktır. Bu harita, basınç değeri ile renk arasındaki ilişkiyi gösterir. Görseldeki basınç haritası sadece bir örnek olup, gerçek zamanlı veri ile benzer bir harita oluşturulacak ve sensör verileri doğrultusunda dinamik olarak güncellenecektir.

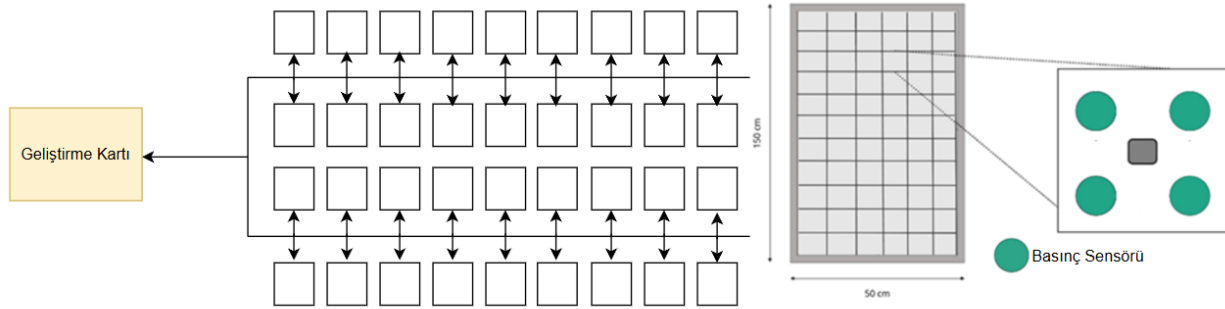
2.1. Veri Toplamaya Yönelik Sisteminin Oluşturulması

Kişilerden alınan verilerin aşağıdaki prosedüre uygun ve sayılarda toplanması hedeflenmektedir:

1. Kişilerden toplamda her ay ortalama 5 ± 1 yeni veri toplanması ve 24 ay boyunca düzenli takibi ve kaydı sağlanacaktır
2. Bireyin mat üzerinden alınacak sensör verileri her saatin on dakikasında dakikada 1 örnek içerecek zaman serisi şeklinde tutulacaktır.
3. Her kişiden 24 ay boyunca günlük yaklaşık 60 örnek (4 saat için 1 saatin her dört dakikası için dakikada 1 örnek) için mat üzerine basış ile toplanan veriler, veri tabanına zaman etiketleri ve basış nitelikleri ile kaydedilecektir.

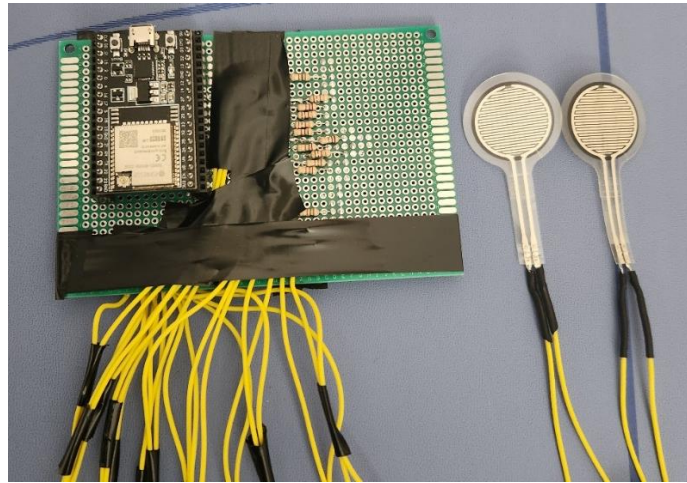
Kayıtlarda uygun olmayan kısımlar kaldırılacaktır. Yanlış kaydedilen verilerle karşılaşıldığında, ilgili kayıt/kayıtlar yenilenecektir. Sensörlerin zamana bağlı ilettiği elektriksel veriler anlamlandırılarak ilgili ızgara sistemi içerisinde ayak basışının doğru ve uygun şekilde olup olmadığı, vücut dengesinde kaymalar olup olmadığı ve yorgunluğa bağlı olarak bir ayağa daha fazla yüklenilip yüklenilmediği basınç verileri ile belirlenecektir.

Mata yerleştirilecek sensörler aşağıda verildiği gibi ızgara sistem içerisinde kurgulanacaktır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 3) ızgara sistemindeki hücrelerin detayları ve her bir hücrenin geliştirme kartına bağlantısı sunulmuştur.



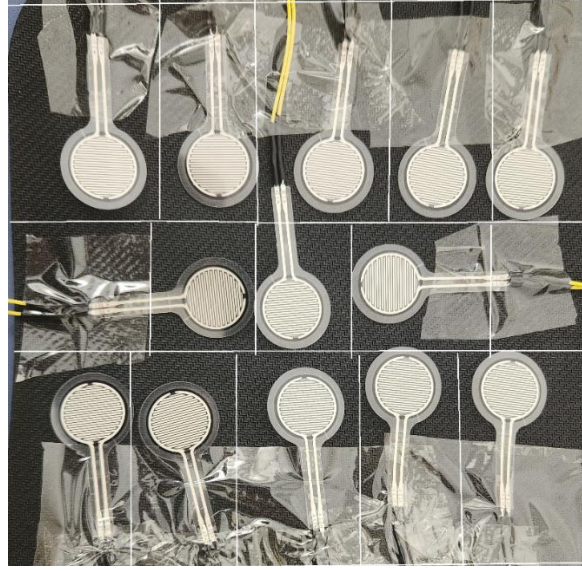
Şekil 3: Mat Detay Tasarımı

Şekil 4, basınç sensörlerinden gelen verilerin işlenmesi için kullanılan elektronik sistemi göstermektedir. Bu sistem, sensörlerden alınan analog sinyalleri toplayarak, dijital formata dönüştürmekte ve verilerin bir iş istasyonuna iletilmesini sağlamaktadır. Veriler, yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilmek üzere kaydedilir. Şekilde gösterilen elektronik devre tasarımı, sistemin doğruluk ve veri iletim hızını artırmak için optimize edilmiştir. Ayrıca, prototip aşamasındaki bu sistemin taşınabilirliği ve düşük maliyetli olması hedeflenmiştir.



Şekil 4: Elektronik Sistem ve Basınç Sensörleri

Şekil 5, sensörlerin mat içerisine yerleştirildiği prototip sistemin geliştirilme aşamasındaki düzenini göstermektedir. Sensörlerin, mat üzerinde basınç verilerini doğru bir şekilde toplayabilmesi için optimize edilmiş bir yerleşim planı kullanılmıştır. Yerleşim, matın her bölgesinden eşit hassasiyetle veri toplanmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu düzenleme sayesinde bireyin tüm basınç dağılımı ayrıntılı olarak ölçülebilir.



Şekil 5: Prototip Sensör Yerleşimi

Sensörlerden toplanan verilerin yapay zeka algoritmalarına uygulanmadan önce, veri setinin doğru formatta olduğundan emin olunması kritik bir adımdır. Mat içerisindeki basınç sensörlerinden alınan veriler, çok değişkenli zaman serisi formatında olup, her sensör zaman içinde farklı değerler üretir. Bu verilerin kalitesi ve doğruluğu, yapay zeka algoritmalarının kestirim performansını ve doğrulama sonuçlarını doğrudan etkileyebilir. Sensör arızası, veri iletim hataları veya donanım sorunları gibi durumlar, veri setinde eksiklikler veya anormal veriler oluşmasına sebep olabilir.

Bu nedenle, veri ön işleme aşaması, eksik veya hatalı verilerin düzeltilmesi ve veri setinin temizlenmesi için kritik bir adımdır. Bu işlem, veri işleme sürecinde meydana gelecek gecikmeleri dikkate alarak düzenli olarak yapılacaktır. Ardından, çoklu sensör füzyonu tekniği uygulanarak, bir sensörün zayıf yönleri diğer sensörlerin verileriyle telafi edilecek ve farklı sensörlerden gelen bilgiler birleştirilerek karar doğruluğu artırılabilecektir.

Sonuç olarak, sensörlerden alınan veriler, her bir sensörün zaman serisi verisi haline getirilecektir. Bu süreç, sensörlerden gelen verilerin doğruluğunu artırarak daha güvenilir ve verimli bir duruş analizi sağlamak amacıyla yapılacaktır.



Şekil 4: Sensör Verilerinin Zaman Serisi Biçiminde Gösterimi



2.2. Veri Önışleme

Oluşturulan veri kümesinde zaman serilerinde bir kayıp olması durumunda kayıp olan yerlerde ortalama, ortanca değeri veya en sık görülen değeri atamasına yönelik veriler kayıp verilerin yerini alacaktır. Mat sistemi üzerinden izleme ve değeriendirme işlemleri için toplanan verilere yönelik ön işleme, algoritmaların koşturulduğu iş istasyonu niteliğinde bir bilgisayar üzerinde gerçekiştirilecektir. Uzamsal ve zamansal korelasyon içeren büyük veri kümesinde boyut azaltma yöntemi olarak oto kodlayıcılar ve PCA kullanılacaktır.

Kayıp veri ataması: Eğer verilerde bir eksiklik varsa (örneğin bir sensör yanıt vermemişse), bu eksik veriler yerine, verinin diğeri değeriilerine göre mantıklı bir değeri eklenir. Bu değeri, genellikle o sütundaki verilerin ortalaması, ortancası (orta değeri) ya da en sık görülen değeri olabilir.

Gürültü Azaltma: Sensörlerden gelen veriler bazen yanlış sinyaller (gürültü) içeriir. Bu yanlış sinyaller, doğru verilerle karışabilir ve analizlerin yanlış sonuçlar vermesine neden olabilir. Gürültüyü temizlemek için farklı teknikler kullanılır. Örneğin, "kayan ortalama" veya "yumuşatma filtreleri" gibi yöntemler, gürültüyü azaltarak daha doğru veriler elde edilmesine yardımcı olur.

Veri Normalizasyonu: Verilerin tek tip ölçekte olduğundan emin olmak için normalizasyon gerekmektedir. En yaygın kullanılan normalizasyon tekniğı minimum-maksimum normalizasyon ve z-skor normalizasyon tekniğıdir.

Boyut Azaltma/Özellik Çıkarımı: Veriler genellikle çok fazla bilgi içeriir ve bazı özellikler (verinin belirli parçaları) diğeriilerinden daha önemli olabilir. Boyut azaltma, bu önemli özellikleri koruyarak, veriyi daha küçük bir alanda temsil etmeyi amaçlar. Böylece analiz daha hızlı ve etkili hale gelir. Yaygın kullanılan boyut azaltma yöntemleri arasında "Temel Bileşen Analizi (PCA)" ve "Oto Kodlayıcılar" gibi teknikler yer alır. Oto kodlayıcılar, verileri daha düşük boyuta sıkıştıran ve ardından orijinal haline benzer şekilde geri getiren bir yapay zeka modelidir.

2.3. Yapay Zeka ile Modelleme ve Değeriendirme

Bir makine öğrenmesi türü olarak derin öğrenme teknikleri, makinenin veriden öğrenmesi için derin hiyerarşik modellerin inşasına odaklanır. Derin öğrenme tekniklerinden yinelenebilir sinir ağıları, hafızalı yapısından dolayı bu çalışmada regresyon analizinde kullanılacaktır. Modelleme ve karar verme işleminin başarısı kullanılan ağı yapısı ve hiper parametre seçiminin yanında, uygulanan veri yapısına ve ön işleminin başarımına doğrudan bağılıdır.



Bu araştırmada, bireylerin duruş dinamiklerini yansıtan zaman serisi verileri incelenecektir. Duruş analizinde, kişinin vucut ağırlık dağılımı ve denge gibi faktörlerin değışimi, zamanla izlenecek ve basınç sensörleri ile ilişkilendirilecektir.

Verilerin işlenmesi ve modelin eğitimi için, zaman serilerinde yüksek performans gösteren yapay zeka modelleri kullanılacaktır. Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN), geçmiş zaman adımlarından elde edilen bilgiyi mevcut veri noktasıyla entegre ederek duruş değışikliklerini tahmin etme kapasitesine sahiptir. Ancak, RNN'lerin uzun süreli bağımlılıkları modellemedeki kısıtlamaları, Uzun Kısa Süreli Hafıza (LSTM) gibi daha gelişmiş yapılarla aşılmıştır. LSTM yapıları, uzun zaman aralıklarındaki veri bağımlılıklarını etkin bir şekilde işleyebilir. LSTM'lerin matematiksel modellemesi, hücre durumları ve ađ kapılarının (giriş, unut, çıkış) birleşik işleyişini kapsar [6].

Bu yapılar, zaman serisi verilerinin derinlemesine analizi için uygundur. Modelin değerlendirmesi, eğitim, doğrulama ve test setleri olarak ayrılan standart veri seti bölümlenmesi kullanarak gerçekleştirilecektir. Modelin performans ölçümünde, doğruluk, hassasiyet, geri çağırma ve F1 skoru gibi anahtar istatistiksel ve makine öğrenimi metrikleri temel alınacaktır. Ayrıca, modelin sınıflandırma becerisini detaylı bir şekilde analiz etmek için karışıklık matrisi de kullanılacaktır. Bu metrikler, modelin duruş analizi konusundaki etkinliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek için kritik öneme sahiptir.

2.4. Basış Haritası Görselleştirme

Kişinin saatlik/günlük/aylık verilerinin dijitalleştirileceği ve kişinin duruş pozisyonu, ayak basış haritası, basınç dağılımı gibi önemli parametrelerin belirlendiği mat tasarlanmıştır. Prototip aşamasında olan bu tasarım bireylerin geri bildirimi doğrultusunda revize edilebilmektedir. Eğitim işleminin başarıyla tamamlanmasının ardından sistem test aşamasına geçilecek ve daha önce sisteme tanıtılmamış yeni kişi verilerine ait test sonuçları, ilgili görselleştirmeler üzerinden görüntülenecektir. Böylece, kişinin duruşunun değerlendirilmesi ve duruşun ne zaman bozulabileceğine dair kestirim yapmayı kolaylaştıracak yapay zeka destekli dijitalleşmiş sistemin entegrasyonu, profesyonellerin iş yükünü hafifletmeye yardımcı olacaktır.

3. Sonuçlar

Bu projenin gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilecek katkılar ve sağlanacak yararlar aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.



Bilimsel Bilgi Birikimine Katkıları: Duruş tespiti için kullanılacak veri toplama ve analiz teknikleri bilimsel araştırmacılar için değerli bir bilgi kaynağı olacaktır. Elde edilen bulgular ve geliştirilen teknikler farklı disiplinlere de uyarlanabilecektir.

Veri Toplama ve Analiz: Sensörlerden alınan veriler ile kişinin duruş analizi detaylı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu sayede, duruş bozukluklarının tespiti, kişinin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi ve duruş dinamiklerinin uzun vadeli takibi mümkün olacaktır. Böylelikle, duruşun iyileştirilmesine yönelik bireysel çözümler geliştirilebilir ve kişinin fiziksel performansı optimize edilebilir.

Yapay Zeka Destekli Performans Modelleri: Bu tip modeller ile kişilerin duruş pozisyonlarına ilişkin detaylı bilgiler sağlanabilir, duruş dinamikleri analiz edilebilir ve duruş bozukluklarının etkilerini önceden tahmin etmek mümkün hale gelebilir. Bu bağlamda, yapay zeka teknolojilerinin kullanımının artmasıyla birlikte, duruş analizine dayalı bireysel iyileştirme yöntemlerinin geliştirilmesi ve bu sayede fiziksel performansın artırılması literatürde sıkça vurgulanmaktadır.

Akademik Literatüre Katkı: Geliştirilecek yöntemler ve ürüne yönelik tasarımlar ile proje faaliyet sonuçları ile lisansüstü tezler yazılacak ve ürünleşme sürecinde yapılacak özgün tasarımlar için patent veya faydalı model başvuruları da hedeflenmektedir.

Sağlık ve Performans Gelişimi: Duruş analizine yönelik teknolojiler, bireylerin fiziksel sağlık durumlarını izleyebilir ve duruş kaynaklı sorunları önlemek amacıyla kişiselleştirilmiş çözümler sunabilir. Bu durum, bireylerin uzun vadede sağlıklı bir şekilde fiziksel performanslarını sürdürmelerine katkı sağlayabilecektir.

Proje Sonucunda Elde Edilen Çıktıdan Yararlanacak Hedef Kitle:

- Fizyoterapistler
- Spor Bilimciler
- Ergonomi Uzmanları
- Sağlık ve Rehabilitasyon Merkezleri
- Fiziksel Aktivite ve Postür Analizi Üzerine Çalışan Araştırmacılar

4. Tartışma

Bu çalışma, kişinin duruş pozisyonunu ve ayak basınç dağılımlarını analiz ederek duruş değerlendirmesi yapmayı ve olası duruş bozukluklarını tespit etmeyi amaçlamaktadır.



Verilerin sayısallaştırılması ve yapay zeka destekli analiz tekniklerinin kullanılması, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı, güvenilir ve sürekli bir izleme imkanı sunmaktadır.

Elde edilen verilerin güvenilirliği ve analizin doğruluğu sensörlerin yerleşimi, kullanılan yapay zeka modelinin performansı ve veri işleme yöntemlerinin verimliliği ile doğrudan ilişkilidir. Bu çalışma, mevcut literatürdeki duruş analizi çalışmalarını desteklemekte ve yeni bir sensör tasarımı ile dijitalleşme sürecine katkı sağlamaktadır. Ancak deneklerle yapılan deneylerin henüz tamamlanmamış olması ve bu aşamada sadece tasarım ve veri toplama süreçlerine odaklanılmış olması, sonuçların doğruluğunu ve uygulanabilirliğini değerlendirmek için bir kısıt oluşturmaktadır.

Gelecek çalışmalarda farklı yaş gruplarına ve fiziksel özelliklere sahip bireylerin verileri analiz edilerek modelin genelleme başarısı değerlendirilecektir. Ayrıca yapay zeka modelleri ile elde edilen sonuçların fizyoterapistler ve ergonomi uzmanları tarafından değerlendirilmesi modelin sahada kullanılabilirliğini artıracaktır. Bu proje, özellikle sağlık ve spor alanlarında bireysel duruş takibi ve kişisel gelişim süreçlerine katkı sağlayacak bir temel oluşturmaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, TSA-2024-6063 proje numarası ile Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

This study was supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit with project number TSA-2024-6063.

Referanslar

- [1] X. Zhang *et al.*, "A privacy-preserving and unobtrusive sitting posture recognition system via pressure array sensor and Infrared Array sensor for office workers," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 53, p. 101690, Aug. 2022. doi:10.1016/j.aei.2022.101690
- [2] S. H. B. A. Razak and P. A. Jegannathan, "The development of detection walking posture abnormalities patient in human gait using pressure sensor," Institutional Repository at Politeknik Sultan Salahuddin Abdul Aziz Shah: Home, <http://repository.psa.edu.my/handle/123456789/3927> (accessed Dec. 6, 2024).
- [3] S. Matuska, M. Paralic, and R. Hudec, "A smart system for sitting posture detection based on force sensors and mobile application," *Mobile Information Systems*, vol. 2020, pp. 1–13, Nov. 2020. doi:10.1155/2020/6625797



- [4] C. Gilberto *et al.*, "How to evaluate the postural balance in a more efficient and less expensive way?," *Procedia CIRP*, vol. 70, pp. 272–277, 2018. doi:10.1016/j.procir.2018.03.069
- [5] "Foot Insole Sensor System," Sensorprod, <https://www.sensorprod.com/applications/foot-insole-sensor-system/> (accessed Dec. 6, 2024).
- [6] M. Waqas and U. W. Humphries, "A critical review of RNN and LSTM variants in hydrological time series predictions," *MethodsX*, vol. 13, p. 102946, Dec. 2024. doi:10.1016/j.mex.2024.102946