

Open Access Journal
E-ISSN: 3108 – 4281

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 1 - Sayı 2: 62-67 / Aralık 2025

(Volume 1 - Issue 2: 62-67 / December 2025)

YÜRÜME BOZUKLUĞU OLAN HASTALARDA ETKİLENEN ANATOMİK SİSTEMİN YAPAY ZEKA İLE TESPİTİ

Kübra ASLAN KOCA^{1*}, Murat TERZİ²

¹Ondokuz Mayıs University, School of Information and Technology, Department of Software, Application Development and Analysis, 55200, Samsun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Medicine, Department of Neurology, 55200, Samsun, Türkiye

Özet: Yürüme bozuklukları, santral ve periferik sinir sisteminden ekstrapiramidal yapılara, kas-iskelet sistemine ve eklem-kemik patolojilerine uzanan geniş bir anatomik spektrumun etkilenmesi sonucu ortaya çıkan multidisipliner bir klinik sorundur. Bu çalışma, yüksek çözünürlüklü klinik yürüme videolarının 3B Evrişimsel Sinir Ağı (3D-CNN) mimarisi ile analiz edilerek etkilenen anatomik sistemin otomatik olarak sınıflandırılmasını amaçlamaktadır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Nöroloji Kliniği'nde toplanan video tabanlı veri seti, santral sinir sistemi, periferik sinir sistemi, ekstrapiramidal sistem ve kas-kemik-eklem patolojileri olmak üzere dört kategori altında etiketlenmiştir. Videolar OpenCV tabanlı bir ön-işleme hattından geçirilmiş, mekansal ve zamansal standardizasyon uygulanmış ve model %80 eğitim – %20 test ayrımı ile optimize edilmiştir. 3D-CNN modeli 50 epoch sonunda %96,20 doğruluk düzeyine ulaşarak klinik genelleme açısından yüksek performans göstermiştir. Bulgular, video-temelli derin öğrenme yaklaşımlarının nörolojik ve hareket sistemi hastalıklarına ilişkin karar destek mekanizmalarında erken tanı, risk azaltma ve kişiselleştirilmiş tedavi planlamasını güçlendirebileceğini göstermektedir. Literatürde çoğunlukla tek hastalık odaklı modellere kıyasla, bu çalışma çoklu sınıf ayrımıyla kapsamlı bir klinik sınıflandırma sunmakta ve yapay zeka temelli gait analitiğinin gerçek yaşam uygulamalarına entegrasyonuna stratejik bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: Yürüme bozuklukları, 3D-CNN, Yapay zeka, Video tabanlı analiz, Nörolojik sınıflandırma


Detection of Affected Anatomical Systems in Patients with Gait Disorders Using Artificial Intelligence


Abstract: Gait disorders are a multidisciplinary clinical problem resulting from the involvement of a wide anatomical spectrum ranging from the central and peripheral nervous systems to extrapyramidal structures, the musculoskeletal system, and joint-bone pathologies. This study aims to automatically classify the affected anatomical system by analyzing high-resolution clinical gait videos using a 3D Convolutional Neural Network (3D-CNN) architecture. The video-based dataset collected at the Neurology Clinic of Ondokuz Mayıs University was labeled under four categories: central nervous system, peripheral nervous system, extrapyramidal system, and musculoskeletal-joint pathologies. The videos were processed through an OpenCV-based pre-processing pipeline, spatial and temporal standardization was applied, and the model was optimized with an 80% training – 20% test split. The 3D-CNN model achieved an accuracy level of 96.20% after 50 epochs, demonstrating high performance in terms of clinical generalization. The findings demonstrate that video-based deep learning approaches can enhance early diagnosis, risk reduction, and personalized treatment planning in decision support mechanisms related to neurological and musculoskeletal disorders. Unlike the mostly single-disease focused models in the literature, this study offers a comprehensive clinical classification with multiple class distinctions and provides a strategic foundation for the integration of AI-based gait analytics into real-world applications.

Keywords: Gait disorders, 3D-CNN, Artificial intelligence, Video-based analysis, Neurological classification

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Ondokuz Mayıs University, School of Information and Technology, Department of Software, Application Development and Analysis, 55200, Samsun, Türkiye

E mail: kubra.aslankoca@omu.edu.tr (K. ASLAN KOCA)

Kübra ASLAN KOCA  <https://orcid.org/0000-0002-2828-3239>

Murat TERZİ  <https://orcid.org/0000-0002-3586-9115>

Gönderi: 05 Kasım 2025

Kabul: 15 Aralık 2025

Yayınlanma: 15 Aralık 2025

Received: November 05, 2025

Accepted: December 15, 2025

Published: December 15, 2025

Cite as: Aslan Koca, K., & Terzi, M. (2025). Detection of affected anatomical systems in patients with gait disorders using artificial intelligence. *Black Sea Journal of Artificial Intelligence*, 1(2), 62–67.

1. Giriş

Yürümenin fizyolojik bütünlüğü, merkezi ve periferik sinir sisteminden kas-iskelet yapısına uzanan çok katmanlı bir nöromusküler organizasyonun senkronizasyonunu gerektirmektedir (Vun vd., 2024). 21. yüzyılda hızlanan nöroteknolojik inovasyonlar ve yapay zeka temelli hesaplama yaklaşımları, hareket bozukluklarının analizi ve sınıflandırılmasına ilişkin klinik değerlendirme paradigmasını yeniden

tanımlamaya başlamıştır. Yürüme, motor planlama, ritmik koordinasyon, denge ve hız kontrolü gibi birbirini tamamlayan fonksiyonların çıktısı olduğundan, bu yapıların herhangi birindeki anatomik veya fonksiyonel düzensizlik, gait paterninde ölçülebilir sapmalar üretmektedir (Liang, 2024). Bu durum, yalnızca nörolojik hastalıkların değil kas-iskelet sistemi patolojileri, ortopedik deformiteler ve metabolik süreçlerle ilişkili çoklu etiyolojilerin klinik pratiğe yansıyan ortak



sonuçlarından biridir.

Klasik yaklaşımlarda yürüme bozukluklarının değerlendirilmesi, gözleme dayalı subjektif analizlere, klinisyenin deneyimine ve sınırlı kantitatif parametrelerin yorumuna bağlıdır. Bu yaklaşım, tanısız belirsizlik, geciken müdahale kararları ve kişiselleştirilmiş rehabilitasyon planlarının eksik kalması gibi operasyonel kırılmalıklar üretmektedir. Güncel çalışmalar, santral sinir sistemi lezyonlarından ekstrapiramidal disfonksiyona kadar geniş bir spektrumda, gait dinamiklerinin erken tanısız biyobelirteç niteliği taşıyabileceğini göstermektedir (Ali vd., 2025). Buna rağmen mevcut çalışmalar çoğunlukla tek hastalık odağında sınırlı veri setleriyle ilerlemekte ve çoklu anatomik sistemleri aynı model altında ayırıştırarak, klinik genellenebilirliği yüksek yapılar henüz yeterince geliştirilememektedir.

Yapay zeka, özellikle de derin öğrenme tabanlı video analizi, karmaşık motor örüntülerin otomatik çıkarımı, çerçeve bazlı uzamsal-zamansal özelliklerin modellenmesi ve yüksek doğrulukla sınıflandırılması için güçlü bir mimari sunmaktadır. 3B evrişimsel sinir ağları (3D-CNN), video temelli gait verisini mekansal ve zamansal boyutlarıyla birlikte yorumlayarak, klasik gözlemsel yaklaşımların ötesine geçen kantitatif, tekrarlanabilir ve objektif bir karar destek yetkinliği sağlamaktadır.

Bu çalışma, klinik ortamda kaydedilmiş yürüme videolarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görsel verileri işleyerek santral sinir sistemi, periferik sinir sistemi, ekstrapiramidal sistem ve kas-kemik-eklem yapılarının etkilenmesine bağlı yürüme bozukluklarını aynı model üzerinde ayırıştırma hedeflemektedir. Amaç, erken tanıyı hızlandıran, tedavi planlamasında belirsizliği azaltan ve hastaya özel müdahaleleri destekleyen bir yapay zeka mimarisi geliştirmektir. Modelin klinik entegrasyona aday bir yapıda olması düşme riski yönetimi, rehabilitasyon çıktılarının izlenmesi ve uzun dönem nöromüsküler hastalık takibinde yeni bir operasyonel standart yaratma potansiyeli sunmaktadır. Bu perspektifte çalışma, nörolojik ve kas iskelet temelli gait bozukluklarının değerlendirilmesine yapay zeka aracılığıyla sistematik, çok sınıflı ve yüksek doğruluk oranlı bir yaklaşım getirerek literatürdeki metodolojik boşluğu doldurmayı ve klinisyenler, araştırmacılar ve karar vericiler için uygulanabilir bir teknolojik yol haritası üretmeyi amaçlamaktadır.

1.1. Literatür

Yürüme bozuklukları, santral sinir sistemi, periferik sinir sistemi, kas-iskelet yapıları ve ekstrapiramidal ağlar gibi farklı anatomik sistemlerin etkilenmesine bağlı olarak heterojen klinik paternler sergilemektedir. Son yıllarda yapay zeka tabanlı gait analiz yaklaşımları, bu farklı patofizyolojik kaynakları objektif ve kantitatif biçimde ayırt edebilen güçlü karar destek sistemleri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle markerless motion capture ve video tabanlı derin öğrenme yöntemleri, klinik gözleme dayalı değerlendirmelerin ötesine geçerek, etkilenen

anatomik sistemlerin dolaylı olarak tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (Iseki vd., 2023; Yun vd., 2024). Derin öğrenme modelleri, yürüyüş sırasında ortaya çıkan karmaşık motor örüntüleri uzamsal ve zamansal boyutlarıyla birlikte ele alarak, santral ve periferik kaynaklı bozukluklar arasında ayırım yapabilmektedir. Parkinson hastalığında gerçekleştirilen çalışmalar, uzamsal-zamansal sinir ağları ve zaman serisine dönüştürülmüş video verileri aracılığıyla alt ekstremitelerde, gövde ve üst ekstremitelerde segmentlerinin etkilenme düzeylerinin ayırt edilebildiğini göstermektedir (Liang, 2024; Edison vd., 2025). Bu yaklaşımlar, ekstrapiramidal disfonksiyonun gait üzerindeki karakteristik etkilerini nicel olarak ortaya koymaktadır. Giyilebilir sensörler ve plantar basınç sistemleri ile entegre edilen derin öğrenme modelleri, hemiplejik, Parkinsonian ve sensoriatatik yürüyüş paternlerini yüksek doğrulukla sınıflandırarak, yürüme bozukluğunun köken aldığı anatomik sistemi dolaylı biçimde tanımlayabilmektedir (Bradski vd., 2008). Benzer şekilde, spatiotemporal gait parametrelerine dayalı makine öğrenmesi yaklaşımları, Parkinson, Huntington ve ALS gibi nörodejeneratif hastalıklarda santral sinir sistemi tutulumuna özgü gait analizlerini başarıyla ortaya koymuştur (Erdaş vd., 2023). Multimodal derin öğrenme yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmalarda, yalnızca tanısız ayırım değil, aynı zamanda hastalık şiddetinin ve fonksiyonel etkilenme düzeyinin de tahmin edilebildiği gösterilmiştir. Bu durum, etkilenen anatomik sistemin ilerleyici doğasının izlenmesine olanak sağlamaktadır (Faiem vd., 2024). Markerless video tabanlı sistemlerin LSTM ve autoencoder mimarileriyle desteklenmesi, gait anomalilerinin gürültüden bağımsız biçimde tespit edilmesini mümkün kılarak klinik uygulanabilirliği artırmaktadır (Yoon vd., 2025). Sistematik derlemeler ve literatür anketleri, yapay zeka destekli gait analizinin yalnızca tanısız sınıflandırma değil, aynı zamanda etkilenen sistemlere özgü rehabilitasyon stratejilerinin planlanmasında da önemli bir rol oynadığını vurgulamaktadır (A review of artificial intelligence-based gait evaluation..., 2024; A survey of artificial intelligence in gait-based..., 2024). Rehabilitasyon odaklı çalışmalarda, AI tabanlı gait değerlendirmelerinin tedaviye yanıtı izleme ve fonksiyonel iyileşmeyi nesnel olarak ölçme açısından güçlü bir araç sunduğu bildirilmektedir (Edison vd., 2025). Son olarak, büyük hasta kohortları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, yapay zeka modellerinin gait verileri üzerinden yürüme kalitesini ve fonksiyonel prognozu tahmin edilebildiğini göstermekte ve bu durum, etkilenen anatomik sistemlerin uzunlamasına takibinde yapay zekanın klinik karar destek potansiyelini güçlendirmektedir (Ben Chaabane vd., 2023).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti, yürüme bozukluğu şikayeti ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Nöroloji Kliniği'ne

başvuran ve santral sinir sistemi, periferik sinir sistemi, ekstrapiramidal sistem ve kas, kemik ve eklem problemleri kaynaklı farklı patolojilere sahip bireylerden elde edilen yüksek çözünürlüklü yürüme videolarından oluşturulmuştur. Veri seti, gerçek klinik ortamda, rutin hasta değerlendirme sürecine entegre edilmiş bir kayıt protokolü çerçevesinde toplanmış olup, bu yönüyle çalışmanın klinik geçerliliğini ve genellenebilirliğini desteklemektedir.

Veri toplama sürecinde katılımcılardan, belirli uzunlukta ve sabit kamera yerleşimine sahip bir koridorda, kendi doğal yürüme hızlarında ve herhangi bir yönlendirme olmaksızın yürümleri istenmiştir. Bu yaklaşım, bilinçli yürüme modifikasyonlarını en aza indirerek, bireylerin spontan ve patolojiye özgü gait paternlerinin kaydedilmesini amaçlamaktadır. Tüm video kayıtları, benzer kamera açısı, yükseklik ve mesafe parametreleri korunarak elde edilmiş ve böylece görüntüleme koşullarına bağlı varyasyonlar kontrol altına alınmıştır. Kayıt sürecinde görüntü alanına giren hasta dışı bireylerin varlığı, derin öğrenme tabanlı otomatik kişi tespit ve izleme algoritmaları kullanılarak belirlenmiştir. Tespit edilen bu bireyler, görüntüden maskeleyme ve çıkarma yöntemleri ile elimine edilmiş ve analiz sürecine yalnızca hedef bireyin yürüyüşüne ait hareket verileri dahil edilmiştir.

Ham video verileri, analiz öncesinde kapsamlı bir ön işleme sürecinden geçirilmiştir. Bu kapsamda, hareket bulanıklığını azaltmaya yönelik blind deconvolution tabanlı bulanıklık giderme algoritmaları kullanılmış, kontrast ve parlaklık dağılımını dengelemek amacıyla adaptif kontrast optimizasyonu ve sensör kaynaklı gürültüyü azaltmak için uzamsal filtreleme için Adaptif Histogram Eşitleme (CLAHE – Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) uygulanmıştır. Ayrıca, aşırı ışık parlamaları, gölgelenme ve yetersiz aydınlatma gibi çevresel faktörlerin neden olabileceği görsel bozulmalar, otomatik normalizasyon ve eşikleme yöntemleri ile minimize edilmiştir. Uygulanan bu çok aşamalı veri temizleme ve iyileştirme süreci sayesinde, yürüyüş sırasında eklem noktalarının, gövde hizalanmasının ve uzuv hareketlerinin daha doğru ve tutarlı biçimde çıkarılabilmesi hedeflenmiştir. Böylece, oluşturulan veri setinin yapay zeka tabanlı gait analizi ve etkilenen anatomik sistemlerin tespiti için güvenilir, tekrarlanabilir ve klinik açıdan anlamlı bir temel oluşturması sağlanmıştır. En son elde edilen veriler, etkilenen anatomik sisteme göre dört ana kategoriye ayrılmıştır: (1) Santral Sinir Sistemi, (2) Periferik Sinir Sistemi, (3) Ekstrapiramidal Sistem ve (4) Kas, Kemik ve Eklem Problemleri. Her kategoriye ait hasta sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

2.2. Yöntem

Nörolojik hastalıklar, merkezi ve periferik sinir sisteminde oluşturdukları yapısal ve fonksiyonel bozulmalar nedeniyle bireylerde çeşitli hareket bozukluklarına yol açmakta ve bunun bir çıktısı olarak yürüme yeteneği, denge kontrolü ve motor koordinasyon

gibi temel mobilite yetileri ciddi ölçüde etkilenmektedir. Bu durum yalnızca adım uzunluğu, adım hızı veya ritmiklik gibi temel gait parametrelerinde sapmalara neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda bireyin günlük yaşam aktivitelerine katılımını, düşme riskini, yaşam kalitesini ve klinik iyileşme sürecinin bütünsel yönetimini doğrudan şekillendiren kritik bir operasyonel problem alanı yaratmaktadır.

Tablo 1. Veri setinde yer alan hasta grupları ve sayıları

Hasta grupları	n
Santral sinir sistemi	286
Periferik sinir sistemi	24
Ekstrapiramidal sistem	124
Kas, kemik ve eklem problemleri	47

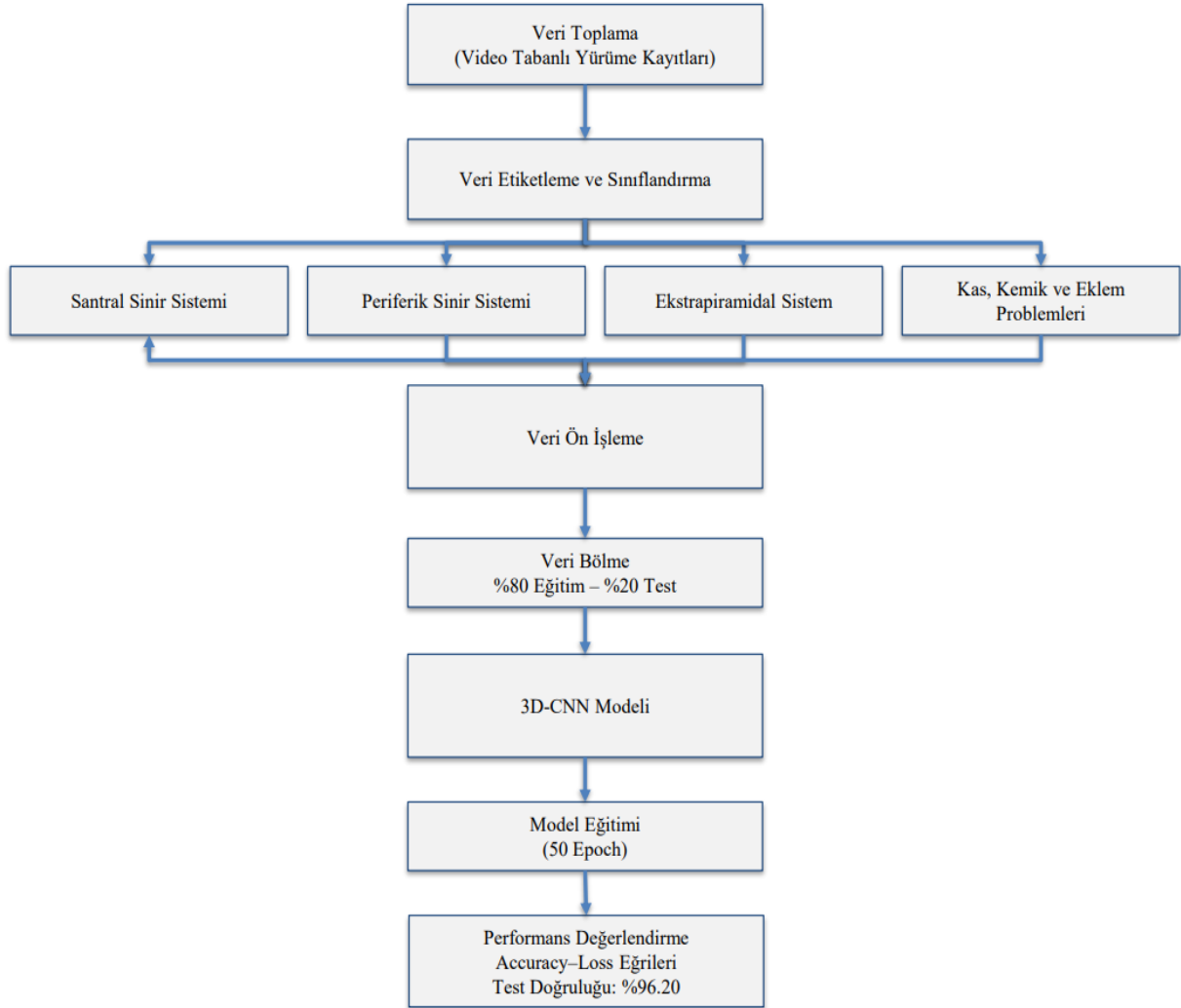
Bir Evrişimsel Sinir Ağı (CNN), bir veya daha fazla Evrişimsel katmandan ve ardından standart birçok katmanlı sinir ağına olduğu gibi bir veya daha fazla tamamen bağlı katmandan oluşmaktadır (Erdaş ve Sümer, 2020). CNN, görüntü ve video gibi görsel verilerin analizi için özel olarak geliştirilmiş, derin öğrenme mimarilerinin önemli bir bileşenidir. CNN, verileri işlemek için katmanlı yapılar kullanarak girdilerin belirli özelliklerini otomatik olarak çıkarabilen evrişimsel filtreler dayanmaktadır. Bu filtreler, verilerin uzamsal hiyerarşisini keşfederek kenarlar, dokular, şekiller gibi özellikleri öğrenir ve yüksek düzeyde soyutlamalar oluştururlar. Evrişim katmanları ve bu katmanların ardından gelen havuzlama katmanları, yüksek boyutlu görsel verileri daha kompakt hale getirir ve böylece veri işlemeyi hızlandırırken veri üzerindeki gereksiz bilgileri de filtrelerler. Bir CNN modelinde, ilk katmanlar genellikle kenar ve dokular gibi düşük seviyeli özellikleri öğrenirken, daha derin katmanlar nesnelere ve kavramlara gibi daha soyut ve yüksek seviyeli özellikleri öğrenirler. Bu yapı, CNN’i özellikle görüntü sınıflandırma, nesne tanıma ve segmentasyon gibi bilgisayarla görme görevlerinde güçlü kılmaktadır. CNN mimarileri, geleneksel yapay sinir ağlarından farklı olarak, ağırlık paylaşımı ve evrişim filtrelerinin kullanımı sayesinde parametre sayısını azaltmakta ve modelin öğrenme kapasitesini arttırmaktadır. Özellikle sınırlı veri ile eğitime gereksinimini azaltan bu özellikler, CNN modellerini görsel veri ile çalışan pek çok uygulamada standart hale getirmiştir. OpenCV (Open Source Computer Vision Library), bilgisayarla görme ve görüntü işleme alanında kullanılan açık kaynaklı bir yazılım kütüphanesidir. 1999 yılında Intel tarafından geliştirilmiş ve 2000 yılında açık kaynak olarak yayımlanmıştır. OpenCV hem akademik hem de endüstriyel uygulamalarda sıkça kullanılan, görüntü işleme, nesne algılama, hareket takibi, yüz tanıma, derin öğrenme entegrasyonu gibi birçok görsel analitik görevi için zengin fonksiyonlara sahiptir. Kütüphane C++, Python, Java ve MATLAB gibi çeşitli dillerle uyumlu çalışmakta olup, çoklu platform desteği sunmaktadır. Görüntüleri

filtreleme, dönüştürme, segmentasyon gibi temel işlemlerden karmaşık derin öğrenme modellerinin uygulanmasına kadar geniş bir yelpazede görevleri desteklemektedir (Bradski vd., 2008).

Bu çalışmada, yürüme bozukluklarına neden olan anatomik sistemlerin ayrıştırılmasını hedefleyen video tabanlı bir sınıflandırma modeli geliştirilmiş ve bu amaçla üç boyutlu evrişimsel sinir ağı (3D Convolutional Neural Network, 3D-CNN) mimarisi kullanılmıştır. Model, ardışık video kareleri üzerinden hem mekansal hem de zamansal özellikleri eş zamanlı olarak öğrenebilecek şekilde tasarlanmıştır. Mimari yapı, zamansal (t), yatay (x) ve dikey (y) boyutlarda evrişim işlemi gerçekleştiren ardışık Conv3D katmanlarından oluşmakta olup, her bir evrişim katmanını doğrusal olmayanlık kazandırmak amacıyla Rectified Linear Unit (ReLU) aktivasyon fonksiyonu takip etmiştir. Özellik haritalarının boyutunu kademeli olarak azaltmak, hesaplama yükünü düşürmek ve yerel zamansal-mekansal temsilleri özetlemek amacıyla belirli evrişim bloklarının ardından 3D max-pooling katmanları uygulanmıştır. Modelin genelleme

kapasitesini artırmak ve aşırı uyum riskini sınırlamak amacıyla derin katmanlarda dropout düzenleme tekniği kullanılmıştır. Evrişimsel katmanlardan elde edilen yüksek boyutlu özellik temsilleri flatten işlemi ile vektör formuna dönüştürülmüş ve bunu takiben tam bağlantılı (fully connected) katmanlar aracılığıyla sınıflandırma aşamasına aktarılmıştır. Çıkış katmanında, yürüme bozukluğuna yol açan anatomik sistem sınıflarına ait olasılık dağılımlarını üretmek amacıyla softmax aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Bu yapı ile video temelli yürüme verilerinde zamansal süreklilik içeren hareket paternlerinin etkin biçimde modellenmesini ve farklı anatomik sistem kaynaklı bozuklukların ayrıştırılmasını amaçlamaktadır.

Video tabanlı yürüme verilerinin toplanmasından başlayarak, veri etiketleme ve sınıflandırma, ön işleme, eğitim-test ayrımı (%80-%20), 3D-CNN modeli ile eğitim (50 epoch) ve performans değerlendirme aşamalarını içeren önerilen çalışma akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



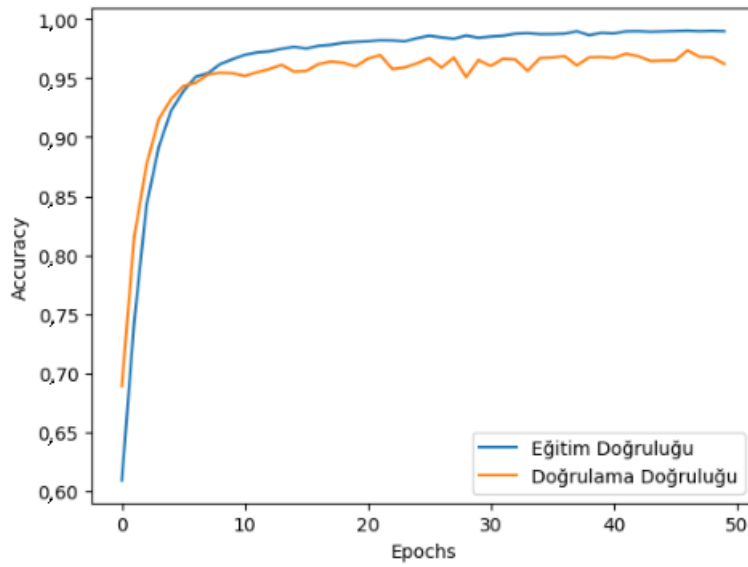
Şekil 1. Video tabanlı yürüme verilerinin toplanmasından başlayarak, veri etiketleme ve sınıflandırma, ön işleme, eğitim-test ayrımı (%80-%20), 3D-CNN modeli ile eğitim (50 epoch) ve performans değerlendirme aşamalarını içeren önerilen çalışma akış diyagramı verilmiştir.

3. Bulgular

Çalışmada önerilen video tabanlı 3D-CNN modelinin yürüme bozukluğuna yol açan anatomik sistemlerin ayrıştırılmasındaki performansı nicel ve görsel değerlendirme metrikleri üzerinden sunulmaktadır. Özellikle sınıf dağılımındaki dengesizlik ve bazı anatomik sistemlere ait örnek sayısının sınırlı olması göz önünde bulundurularak, modelin genelleme yeteneği ve aşırı öğrenme eğilimi ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Bu kapsamda eğitim ve test aşamalarına ait doğruluk ve kayıp değerleri incelenmiş, modelin öğrenme süreci epoch bazında değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar grafiksel olarak raporlanmıştır.

Ön işlemeden sonra özellikle Periferik Sinir Sistemi (24) ve Kas, Kemik ve Eklem Problemleri (47) gibi düşük örneklemlili sınıflarda veri sayısının kısıtlı olması sebebiyle eğitim aşamasında veri seti yaklaşık %80

eğitim (train) ve %20 test olacak şekilde ikiye ayrılmış ve 3D CNN mimarisi eğitilecek biçimde yapılandırılmıştır. Model, eğitim verileri üzerinde 50 epoch boyunca eğitilmiştir. Bu epoch sayısı modelin örutüleri yeterli düzeyde öğrenmesini sağlarken aşırı öğrenme riskini kontrol altında tutan denge noktası olduğu için tercih edilerek %96,20 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Modelin performansını değerlendirmek amacıyla eğitim ve test sonuçları görselleştirilmiş, doğruluk ve kayıp (accuracy-loss) eğrileri analiz edilmiştir. Şekil 2'de yer alan grafikte hem eğitim hem doğrulama doğruluğunun yüksek seviyelere ulaştığını görülmektedir. Eğitim doğruluğu ile doğrulama doğruluğu arasındaki farkın düşük ve tutarlı olması, modelin aşırı öğrenme eğiliminden uzak olduğunu ve doğrulama verisi üzerinde başarılı bir genelleme sağladığını göstermektedir.



Şekil 2. Modelin eğitim ve doğrulama eğrileri.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, yürüme videolarının analizi temel alınarak santral sinir sistemi, periferik sinir sistemi, kas ve kemik-eklem patolojileri ile ekstrapiramidal sistem hastalıklarının sınıflandırılmasına yönelik etkili bir yapay zeka modeli geliştirilmiştir. Elde edilen model, yüksek doğruluk oranı ile bu hastalık gruplarının ayrıştırılmasında güçlü bir performans sergilemiş ve klinik uygulamalara entegre edilebilecek nitelikte sonuçlar ortaya koymuştur. Model performansının ulaştığı seviye, özellikle erken tanı süreçlerinin desteklenmesi, hasta takibinin objektif ölçütlere dayandırılması ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bulgular, yürüme analizi temelli yapay zeka yaklaşımlarının nörolojik ve hareket sistemi hastalıklarının değerlendirilmesinde tamamlayıcı bir karar destek mekanizması olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Literatürdeki çalışmalar, özellikle Parkinson hastalığı ve belirli nörolojik bozukluklar üzerine odaklanmış olup,

çoğunlukla tek bir hastalık grubunu hedefleyen modellerle sınırlı kalmıştır. Örneğin Pham vd. (2022) Parkinson hastalığında yürüyüş dinamiklerini kullanarak geliştirdiği model %85 doğruluk seviyesine ulaşmıştır. Ancak bu çalışmaların büyük bölümü çoklu hastalık sınıflarını aynı veri seti altında ele almamış ve kapsamlı bir klinik ayrıştırma sunmamıştır. Bu çalışmada ise farklı sinir ve kas sistemi patolojilerini aynı çerçevede analiz ederek literatüre çoklu sınıflandırma perspektifi kazandırılması amaçlanmıştır ve hem tanı sürecinin hızlanmasına hem de geniş bir hasta popülasyonunda uygulanabilirliğin artmasına katkı sağlanmıştır.

Sonuç olarak, önerilen yöntem literatürdeki benzer çalışmalara kıyasla daha kapsamlı, daha genellenebilir ve klinik uygulamaya daha yakın bir model sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, yürüme analizi tabanlı yapay zeka modellerine ilişkin bilgi birikimine anlamlı bir katkı sağlayarak gelecekte geliştirilecek tanısal yazılımlar için güçlü bir referans çerçevesi oluşturmayı hedeflemektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

%	K.A.K.	M.T.
K	50	50
T	50	50
Y	50	50
VTI	50	50
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	50	50
GR	50	50
PY	50	50

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Araştırmada yer alan bireylere bilgilendirilmiş onam formu doğrultusunda çalışmanın amacı ve hedefleri detaylı olarak anlatılmıştır. Katılımcılar onam formunu imzaladıktan sonra araştırmaya dahil edilmiştir.

Kaynaklar

- Ali, F., Padilla, H., Blazek, A. M., Barnard, L., & Kaufman, K. R. (2025). Gait analysis in neurologic disorders: Methodology, applications, and clinical considerations. *Neurology*, 105(8), Article e214154. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000214154>
- Ben Chaabane, N., Conze, P. H., Lempereur, M., Quéllec, G., Rémy-Néris, O., Brochard, S., Cochener, B., & Lamard, M. (2023). Quantitative gait analysis and prediction using artificial intelligence for patients with gait disorders. *Scientific Reports*, 13, Article 23099. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49883-8>
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. O'Reilly Media.

- Edison, E., Awaiz, A. D., Sehr, S., Afzal, A., Tahir, H., Aslam, M., & Khan, M. W. (2025). Impact of artificial intelligence on clinical decision-making and support systems in hospital environments. *Insights in Health and Rehabilitation*, 3(6), 622–628.
- Erdaş, Ç. B., & Sümer, E. (2020, 19–20 Kasım). *Nörodejeneratif hastalıkların tespiti için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım* [Konferans bildirisi]. Tıp Teknolojileri Kongresi (TIPTEKNO), Online.
- Erdaş, Ç. B., Sümer, E., & Kibaroglu, S. (2023). Neurodegenerative diseases detection and grading using gait dynamics. *Multimedia Tools and Applications*, 82(15), 22925–22942. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14461-7>
- Faiem, N., Asuroglu, T., Acici, K., Kallonen, A., & van Gils, M. (2024). Assessment of Parkinson's disease severity using gait data: A deep learning-based multimodal approach. In M. Särestöniemi et al. (Eds.), *Digital Health and Wireless Solutions* (ss. 31–45). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59091-7_3
- Iseki, C., Hayasaka, T., Yanagawa, H., Komoriya, Y., Kondo, T., Hoshi, M., Fukami, T., Kobayashi, Y., Ueda, S., Kawamae, K., Ishikawa, M., Yamada, S., Aoyagi, Y., & Ohta, Y. (2023). Artificial intelligence distinguishes pathological gait: The analysis of markerless motion capture gait data acquired by an iOS application (TDPT-GT). *Sensors*, 23(13), Article 6217. <https://doi.org/10.3390/s23136217>
- Liang, A. (2024). Assessing gait dysfunction severity in Parkinson's disease using 2-stream spatial-temporal neural network. *Journal of Biomedical Informatics*, 157, Article 104679. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2024.104679>
- Pham, T. D. (2022, 6–8 Aralık). *Visual concurrent analysis of gait patterns among healthy young, old adults, and patients with Parkinson's disease* [Konferans bildirisi]. 2022 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), Las Vegas, NV, ABD. <https://doi.org/10.1109/BIBM55620.2022.9995627>
- Vun, D. S. Y., Bowers, R., & McGarry, A. (2024). Vision-based motion capture for the gait analysis of neurodegenerative diseases: A review. *Gait & Posture*, 112, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.04.029>
- Yoon, H., Jo, E., Ryu, S., Yoo, J. I., Kim, M., & Kim, J. H. (2025). Noise-robust markerless video gait anomaly detection via two-stage acquisition and LSTM autoencoders. *Scientific Reports*, 15, Article 42074. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-26169-9>