

İnsan Yürüyüşünün Yapay Zekayla Sınıflandırılması: Sistemik Bir Gözden Geçirme

Classification of Human Gait with Artificial Intelligence: A Systematic Review

Ziya YILDIZ^{1*}, Ferdi BAŞKURT², Ahmet Ali SÜZEN³

¹Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Uluborlu Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

³Bilgi Güvenliği Bölümü, Uluborlu Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Ö Z E T

Yürüyüş, duruş ve salınım fazı olarak incelenen döngüsel sürece sahip bir kazanımdır. Yürüyüşü çıplak gözle sınıflandırmak ve tanımlamak oldukça zor sübjektif bir yaklaşımdır. Görüntüleme ve sensör teknolojisinin gelişmesiyle yürüme hakkında birçok veri elde edilmektedir. Bu verilerin çokluğu ve karmaşıklığı, yorumlanmasında hatalara yol açabilmektedir. Verilerin işlenmesi süresinde yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır. Yapay zeka, veriler arası uygunluğu tespit etmesi ve yeni verileri kolayca sisteme dâhil edebilmesi sayesinde çalışmalarda tercih edilmiştir. Veri kümesinin geniş olması, yapay zekanın eğitilmesi ve yeni verilen verilerin yorumlanmasını kolaylaştırır. Veri kümesinin çeşitliliğine göre kullanılacak algoritma farklılık gösterebilir. Bu durum yapay zekanın öğrenme ve yorumlama başarısını etkileyebilir. Yapay zekâ uygulamasını geliştirmeden önce ilk uygulanacak işlem, veri kümesinden istenilen sonuca göre maksimum performans sağlayacak algoritmanın seçimidir. Bu çalışmada, yapay zeka algoritmaları kullanarak yürüyüşün tespitini ve sınıflandırmasını yapan literatür çalışmaları incelenmiştir. Yapay zekanın yürüyüşü sınıflandırmadaki başarı oranı, yapay zeka için en uygun yürüyüş parametresinin tespiti, yürüyüş için ideal ortamın ve en uygun algoritmanın belirlenmesi amaçlanmaktadır. Literatürdeki çalışmaların seçimi yapılırken, algoritma ve bilgisayar teknolojisindeki yenilikler göz önüne alınarak 2002-2020 yılları arasında 68 çalışmaya ulaşılmıştır. 2006 yılı öncesi 17 çalışma, bilgisayar ortamında algoritma belirleme çalışması olduğu için dâhil edilmemiştir. Örneklem sayısı dikkate alınmadan, herhangi bir engeli bulunmayan kişilerle yapılmış çalışmalar dâhil edilmiştir. Tek ekleme giyilebilen cihaz teknolojisi dışında veri elde etme yöntemlerini kullanan tüm çalışmalar dâhil edilmiştir. Yürüyüşü tanıma ve sınıflandırmada, kamera ve baropodometreden elde edilen verilerle, birden fazla algoritma kullanarak yüksek oranda başarı sağlandığı tespit edilmiştir. Birden fazla algoritma kullanmanın yürüyüşü tanımlamada en fazla başarıyı elde edeceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenme, Sağlıkta yapay zeka, Yapay zeka, Yürüme analizi, Yürüyüş

Alınış / Received: 01.09.2020 Kabul / Accepted: 05.11.2020 Online Yayınlanma / Published Online: 25.04.2021

ABSTRACT

Gait is a gain that has a cyclic process studied as a phase of posture and oscillation. Gait is a subjective approach that is quite difficult to classify and describe with naked eye. A lot data about walking is obtained with development of imaging and sensor technology. The multiplicity and complexity of data can lead to errors in its interpretation. During Data Processing, Artificial Intelligence (AI) are preferred. AI has been preferred in studies due to its determination of compatibility between data and its ability to easily incorporate new data into system. The large dataset makes it easier to train AI and interpret newly issued data. The algorithm to be used may vary depending on variety of dataset. This can affect learning and interpretation success of AI. Before developing AI application, first process to be applied is selection of algorithm that will provide maximum performance according to desired result from dataset. In this study, literature studies that detect and classify walking using AI algorithms were examined. It is aimed to determine success rate of AI in gait classification, to determine optimal gait parameter for AI, to determine ideal environment for gait and appropriate algorithm. During the selection of studies in literature, 68 studies were reached between 2002-2020, taking into account innovations in algorithms and computer technology. 17 studies before 2006 were not included because they were studies of determining algorithms in a computer environment. Studies with people who did not have any barriers were included, without taking into account the number of samples. All studies using data acquisition methods are included, except for single-insert wearable-device technology. In gait recognition and classification, data from camera and baropodometer were found to be highly successful using multiple-algorithms. It has been shown that using multiple-algorithms will achieve most success in defining the gait.

Keywords: Artificial intelligence, Artificial intelligence in health, Gait, Gait analysis, Machine learning



1. Giriş

Yürüyüş, yer çekimi merkezinin istenilen doğrultuda değiştirilmesiyle, gövde ve ekstremitelerin sıralı düzeninde oluşan döngüsel bir harekettir. Yürüyüş döngüsü, duruş ve salınım fazı olarak iki başlıkta incelenmektedir. Duruş fazı; topuk vuruşu, taban teması, orta duruş, topuk kalkışı, itme fazı ve parmak kalkışından oluşur. Salınım fazı, parmak kalkışı ile başlar ve topuk temasına kadar başlangıç, orta ve son salınım olarak ayrılır. Yürüyüş, bireye özgü spatio-temporal, kinetik ve kinematik özellikler taşıyan bir kimliktir. Spatio-temporal verileri adım uzunluğu, adım süresi, çift adım uzunluğu, adım genişliği, tek bacak üzerinde durma süresi, yürüyüş hızı ve kadans gibi ölçümlerden oluşmaktadır (1). Kinematik veriler yürüyüşün açısız değerlerini ve kinetik veriler yürüyüşte oluşan kuvvetleri temsil eder. Yürüyüşe ait özelliklerin belirlenmesi için yapılan uygulamalara yürüyüş analizi denir. Yürüyüş sırasında spatio-temporal verileri, kinetik ve kinematik veriler, kasların EMG verileri, enerji tüketimi verileri değerlendirilir (2).

Yürüyüşü çıplak gözle değerlendirilmenin güçlüğü, ayrıntılı ve güvenilir inceleme yöntemlerini kullanmaya itmiştir. Bunun için infrared kameralar, optoelektronik sistemler, baropedometreler, ivmeölçerler, jiroskoplar ve ivme ölçüm birimi yöntemleri tercih edilmektedir. Bu sistemler tablo, grafik, sayısal veriler ve görseller oluşturmaktadır. Fazla sayıda nicel verilerin yorumlanması hatalara sebep olabilmektedir. Literatürdeki çalışmalar yapay zeka modelleriyle nicel verileri yorumlayarak yürüyüşü değerlendirmekte ve sınıflandırılmaktadır (2).

Sağlık alanında yapılan çalışmalar sonucunda birçok veri ortaya çıkmaktadır. Bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkartarak, gelecek çalışmaların sonuçlarının tahmin edilmesi için yapay zeka sistemleri önerilmektedir (3). Yapay zeka insan beyninin fonksiyonlarının makine sistemleri tarafından taklit edilmesini temel alan bir yaklaşımdır. Eski bir tarihe sahip olan yapay zeka, bilgisayar donanımlarının yetersiz kalmasından dolayı 2000'li yıllara kadar teori tabanlı çalışmalarda kalmıştır. Son zamanlarda yüksek performanslı işlemci ve grafik işlemcilerin çıkması ile beraber birçok yapay zeka uygulaması geliştirilmiştir (4). Sağlık alanında veriler üzerinden çıkarımlar ve karar verme modellerde yapay zekanın alt dalları olan makine öğrenme ve derin öğrenme algoritmaları tercih edilmektedir. Yapay zeka modellerinde kullanılan algoritmalar; veri kümesi, istenilen karar verme süreci, parametreler gibi belirli şartlara göre farklılaşmaktadır. Sağlık alanında elde edilen veriler üzerinde sınıflandırma, tahmin, kümeleme ve karar verme gibi farklı yapay zeka uygulamaları geliştirilmektedir (5).

Yapay zeka uygulamalarından makine öğrenme ve derin öğrenme algoritmaları literatürde birçok çalışmaya motivasyon olmuştur (6). Yapay zeka algoritmalarının kullanılması için veri kümesi zorunludur. Veri kümesinden istenilen sonuçların (tahmin, sınıflandırma, kümeleme vb.) alınması için doğru algoritmanın seçilmesi gerekmektedir. Bu da yapay zeka algoritmalarının yeteneklerinin farklı olduğunu göstermektedir. Yapay zeka uygulamasını geliştirmeden önce ilk işlem, veri kümesinden istenilen sonuca göre maksimum performans sağlayacak algoritmanın seçimidir (7).

Sınıflandırma için makine öğrenme türlerinden Gözetmeli (Supervised) öğrenme yöntemindeki algoritmalar (SVM, ANN, CRBM, RF, NN, PCA) kullanılır (5). Uzmanla ihtiyaç duymadan otomatik çıkarım yapabilen derin öğrenme algoritmaları son dönemde verileri işleyebilmektedir. Burada da sınıflandırma işlemlerinde RNN, DBN, CNN, GAN ve LSTM algoritmaları tercih edilmektedir (8).

Yürüyüşün sınıflandırmasında yapay zeka uygulamalarının tercih edilmesindeki faktörler; (i) yürüyüşte genel sınıflandırmayı oluşturmak, (ii) farklı veriler arasında uygunluk değerlendirmesi yapmak, (iii) sınıflandırmada yeni verileri kolayca dâhil edebilmek olduğu bilinmektedir. Yürüyüşün yapay zeka ile tanınması; yürüyüş özelliğinin non-invazif ve nitel karşılaştırılmasını, otomatik olarak yürüyüşün tanımlanmasını, yardımcı cihaz ve rehabilitasyon programının belirlenmesini, tedavi programının belirlenmesi ve gelişim takibi için ideal olduğu söylenmektedir (9-10).

Bu çalışmada yapay zekayla yürüyüş komponentlerinin tespitini ve sınıflandırmasını yapan literatür çalışmalarının incelenmesi amaçlanmıştır. Öncelikle normal ve değişen şartlarda (kıyafet, iç ve dış ortam, çanta taşıma vb.) yürüyüşü değerlendirmek için yapay zeka kullanan çalışmalar gözden geçirilmiştir. Yürüyüşün değerlendirilmesinde; yapay zekanın en uygun olduğu veri kümesinin tespiti, en başarılı olduğu yürüyüş parametreleri, en iyi algoritma seçeneği, yürüyüşün kimliksel özelliklerinin saptanmasındaki başarısı ve kullanılabilirliği belirlenmiştir. Ayrıca bu incelemede, yürüyüşü algılamada etkin olan yapay zeka yöntemleri tespit edilmiştir.

1.1. Araştırma Stratejisi

1970'li yılların başlangıcında sağlıkta yapay zeka çalışmalarına odaklanılmıştır (11). Literatürdeki yapay zeka algoritmaları ile normal yürüyüşü tanıma ve sınıflandırması içeren çalışmalar değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmaların sonuçları yapay zekanın yürüyüşü sınıflandırmada kullanılabileceğini göstermiştir (12-13).

Sağlıklı bir yürüyüş modelini patolojik yürüyüşten ayırmak ve hareket sırasında yürüyüş bozukluklarını değerlendirmek klinikte zordur. Yapay zekaya dayalı yürüme sınıflandırma yöntemleri doğrusal olmayan hareketleri sınıflandırmada başarılıdır (12). Algoritmalar karmaşık verilerle uygun şekilde çalışmaktadır. Tahmin performansını artırmak için yeni veriler kolayca sisteme dâhil edilebilir (13). Literatürdeki çalışmaların amaçları incelendiğinde yürüyüş tanıma ve sınıflandırma için en iyi algoritma ve veri elde etme yöntemi araştırılmışlardır.

Tarama sırasında [Yürüyüş sınıflandırmasında güncel yaklaşımlar], [SVM ile yürüyüş sınıflandırması], [Yürüyüş sınıflandırmasında yapay zeka], [Yürüyüş sınıflandırmasında makine öğrenmesi], [Yürüyüş sınıflandırmasında derin öğrenme], [CNN ile yürüyüş sınıflandırması], [LSTM ile yürüyüş sınıflandırması] anahtar kelimeleri İngilizce ve Türkçe olarak kullanıldı. Ayrıca kısa çizgi, virgül gibi karakterler, kök kelimelerin tüm olası varyasyonları dikkate alındı. Literatür taraması sonucunda 2002 yılından itibaren yapay zeka ile yürüyüş araştıran 68 makaleye ulaşıldı. Bu makalelerden 2002-2006 yılı arasındaki 17 tanesi algoritmanın geliştirmesinde deneksiz yapılan çalışmalar olduğu için dikkate alınmadı. Geriye kalan makalelerde dışlanma ve dahil edilme kriterlerine göre incelenerek çalışmaya dahil edildi.

1.2. Araştırmaların Çalışmada Dahil Edilme ve Dışlanma Kriterleri

- Yürüyüşün spatio-temporal parametreleri giyilebilir sensör teknolojisiyle ölçülmüşse çalışmaya dâhil edildi.
- Baropodometre, kamera görüntüleme sistemleri, hareket analiz sistemleri ile elde edilen veriler içeren çalışmalar dahil edildi.
- Örneklem büyüklüğü (denek sayısı, deneme sayısı veya adım sayısı), çalışmada alınan örneklem veya yapay zekanın eğitilmesindeki veri kümesinin boyutu ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirilmedi.
- Tek bir eklemden giyilebilir sensör teknolojisine sahip çalışmalar dışlandı.
- Patolojik yürüyüşü belirlemeye ait çalışmalar dışlandı.
- Nörolojik veya ortopedik hastalığı olan bireyde yapılan yürüyüş değerlendirmesi içeren çalışmalar dışlandı.
- Sağlıklı bireylerde yaş ve cinsiyete göre yürüyüş sınıflandırması yapan çalışmalar dışlandı.
- Ambulasyon yardımcısı ortezler ve topuklu ayakkabı kullanan bireylerin yürüyüşünü sınıflandıran çalışmaları dışlandı.
- Yürüyüşlerin sınıflandırılması kapsamında yapay zeka algoritmalarının sınıflandırma işlemi için uygun olan algoritmalar (SVM, ANN, CRBM, RF, SAE, NN, PCA, RNN, DBN, CNN, GAN ve LSTM) dikkate alınmış diğerleri dışlanmıştır.

1.3. Yapay Zeka Algoritması ve Başarı Oranları

Tablo 1'de yıllara göre tercih edilen yapay zeka algoritması ve hangi çalışmalarda kullanıldığı gösterilmiştir. Kullanılan modellerdeki yapay zeka yöntemleri incelendiğinde makine öğrenme algoritmalarından en fazla SVM ve LSTM algoritmaları tercih edilmiştir. Das ve Chakrabarty (14), Shi ve ark. (15), Sun ve ark. (16), Liu ve ark. (17) çalışmalarında birden fazla algoritmayı tercih etmişlerdir. (14, 17).

Tablo 1. Çalışmaların, yapay zeka algoritmaları ve yıllara göre dağılımının gösterilmesi

İncelenen çalışmalar doğrultusunda yapay zekanın yürüyüşü sınıflandırma ve tanımada ortalama %89,4 doğruluk performansı elde edilmiş ve bu sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Bazı çalışmalarda yürüyüş parametre değerlendirmesi tek bir veri kullanılarak yapılmıştır (22, 25, 27, 28, 31). Diğer çalışmalar birden fazla yürüyüş parametresini dikkate almışlardır. Çalışmalarda yürüyüşün sınıflandırılmasında en düşük başarı oran yüzdeleri dikkate alınmıştır. Çalışmalarda birden fazla algoritma veya veri sayısı arttırıldığında doğruluk oranının arttığı görülmüştür.

Tablo 2. Çalışma ve yapay zekanın yürüyüş tanımadaki doğruluk oranları

1.4. Katılımcı Sayısı, Veri Kümelerin Elde Edilmesi ve Sınıflandırılması

Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalarda katılımcı sayısı belirtilmemiştir (15, 21, 24). Belirtilen çalışmalarda ortalama 48,3±11,8 (min:7 max:153) katılımcı çalışmaya dâhil edilmiştir. Çalışmalarda veriler elde edilirken yürüyüş döngüsü ya da yürüyüşün katılımcı sayısı düşük örneklemde alınmıştır.

Sayının arttırılması yapay zeka doğruluğunu daha fazla etkileyecektir (35). Veriler karmaşıklıkça algoritmayı değiştirmek başarıyı arttırabilmektedir (19).

Çalışmalarda, çoklu kamera sistemleri (14, 17, 21, 22, 24, 25, 28, 30, 33, 36), baropedometre (19, 31) ve jiroskop (27) ve diğer yöntemler (15, 16, 29) tercih edilmiştir. Yürüyüşün spatio-temporal, kinetik ve kinematik özellikleri veri kümesi olarak kullanan çalışmalar gruplandırılmış beraber incelenmiştir. Spatio-temporal veriler 5 çalışmada (17, 22, 23, 25, 29) kinetik veriler 3 çalışmada (27, 31, 34), kinematik veriler 2 çalışmada (15, 28) kullanılmıştır. Çalışmacılar kinematik ve spatio-temporal verileri beraber 5 kez kullanmıştır (14, 18, 20, 21, 24). Her üç yürüyüş özelliğini kullanan iki çalışma bulunmaktadır (19, 32). Yürüyüş parametrelerinin, sağlıklı bireylerde tek başına kullanılması yürüyüşün sınıflandırılmasında yeterli olacağı belirtilmiştir (23, 25). Yürüyüşteki değişimini tespit etmek için spatio-temporal ve kinematik parametrelerde %82 doğruluk belirtilmiştir (37). Kinetik verilerin de dahil edilmesi çalışma doğruluğu %91'e çıkarmıştır (38). Yürüyüş parametrelerinin tamamının kullanılması yürüyüşü sınıflandırılmada doğruluğu arttırabileceği belirtilmiştir (14, 15).

Tablo 1: Çalışmaların, yapay zeka algoritmaları ve yıllara göre dağılımının gösterilmesi

Algoritma/ Yıl	SVM	LSTM	ANN	CNN	RF	DBN	GAN	SAE	PCA	CRBM
2008	32									
2011	17		17							
2014	20		24							
2015	21								31	
2016	14,30		14		25	18				
2017				22						34
2018			33	15,16			15	16		
2019		19,23, 27,28,29								
2020	26									

SVM,LSTM,ANN,CNN,RF,DBN,GAN,SAE,PCA,CRBM ifadeleri algoritmaların özel ismidir.

1.5. Verilerin Elde Edildiği Yürüyüş Yöntemleri

Serrano ve ark. (25) rüzgârlı ve güneşli dış ortamda değerlendirme yapmıştır. Tan ve ark. (27) iç ve dış ortamda, yürüyüş bandında koşmayı ve yürümeyi değerlendirmişlerdir. Sharif ve ark. (26) ve bazı araştırmacılar normal yürüyüş esnasında kıyafet değişiminde ve çanta taşıma esnasında yapay zeka ile yürümeyi sınıflandırmışlardır (16, 18, 26, 28, 33). Katılımcılar yürüyüş hızlarını kendi seçtikleri normal hız, hızlı ve yavaş hızlarda gerçekleştirmişlerdir. Wolf ve ark. (30) iki farklı mevsimde, iki farklı ayakkabıyla, iki farklı yüzeyde, yavaş ve hızlı yürüme esnasında ve yürüyüş bandında eşya taşırken yürümeyi sınıflandırmışlardır. İsmail ve ark. (23) çalışmalarında belli mesafede kayıt edilen yürüyüş verilerini yorumlamışlardır. Zhang ve Ye (34) belli sürede yürüyüş verilerini yorumlamıştır. Benouis ve ark. (18) ve bazı çalışmacılar yürüyüş döngüsü veya adım sayısını dikkate alınmıştır (14, 15, 19-21, 25).

Yürüyüşü sınıflandırmak için deneklerden kapalı laboratuvar ortamında yürüyüş yapmaları istenmiştir. Sınıflandırma başarısını ölçmek için iç ve dış ortamda, farklı mevsimlerde, farklı zeminlerde, farklı ayakkabılarla farklı seçeneklerle yürüyüşler değerlendirilmiştir. Çalışmalarda kendi seçtikleri hızda veya yavaş ve hızlı tempoyla yürüme istenilmiştir. Çanta taşımanın ve ceket giymenin yürüyüşe olan etkisi incelenmiştir.

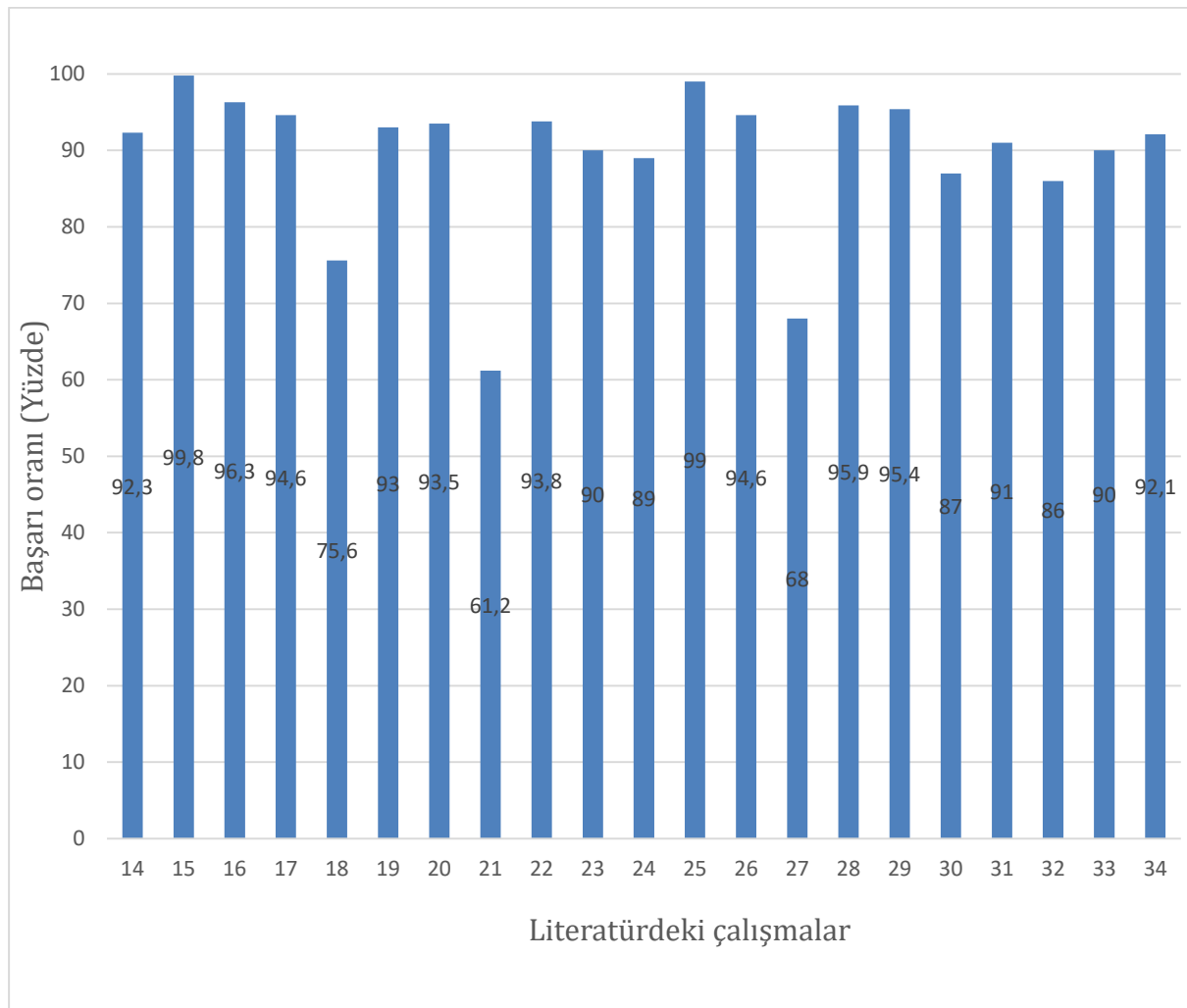
Bu değişen şartlara rağmen yapay zeka yürüyüşü %89,4 doğruluk ortalaması ile tanımlamıştır. Serrano ve ark. (25), Wolf ve ark. (30) ve Yoo ve ark. (32) yürüyüşü tanıma ve sınıflandırmada ortamın ve mevsimin etkisinin olmadığı başarı oranını göstermiştir.

1.6. Çalışmalardan Elde Edilmiş Sonuçlar

Çalışmalarda farklı yapay zeka algoritmaları kullanılmıştır. Normal bireylerin yürüyüşlerini sınıflandırmak için CNN, SVM ve ANN algoritmalarının beraber kullanılmasının sınıflandırma başarısını arttırdığı söylenmiştir (14, 20, 21). LSTM algoritmasının yürüyüş hızını tahmin etmede kötü olduğu söylenmiştir (27). SVM algoritmasının normal yürüyüşü kolay bir şekilde tespit edebileceği önerilmektedir (20). Kadans ve adım genişliği değerlendirilmesinde SVM yönteminin daha başarılı olduğu söylenmiştir (39). Bazı çalışmalarda yürüyüş saptamasının doğruluğunu arttırmak için birden fazla algoritma beraber kullanılmıştır (14, 16).

Sun ve ark. (16) iki farklı algoritmayı birlikte kullanmanın başarıyı %58'lerden %95'lere kadar artırdığını söylemiştir. Das (21)'in, Das ve Chakrabarty (14)'in çalışmalarında SVM algoritmasıyla birlikte başka bir algoritmanın kullanılmasının başarıyı arttırdığını söylemektedir. Sun ve ark. (16) çalışmalarında CNN algoritması yanında alternatif algoritmaların başarıyı artırdığını söylemektedir. Bu durumlarda farklı algoritmaların beraber kullanılması veri kümesindeki karmaşıklığı en aza indirir ve tanıma işlemi kolaylaştırır.

Tablo 2: Çalışma ve yapay zekanın yürüyüş tanımadaki doğruluk oranları



2.Sonuç

Bu çalışmada, yürüyüşün sınıflandırılmasında kullanılan yapay zeka algoritmalarının başarısı; yapay zekaya hangi verilerin sağlanması gerektiği; yürüyüşün hangi parametrelerinin sınıflandırmada kullanılabileceği sorularına cevap aranmıştır. Yapay zeka yürüyüş tanımlamada kullanılan algoritma, veri kümesi sayısı, kullandığı yürüyüş parametrelerine göre yürüyüşü tanımlamış veya sınıflandırmıştır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde yürüyüş sınıflandırılması için makine öğrenme ve derin öğrenme algoritmaları tercih edilmiştir. Araştırmacıların farklı veri kümeleri ve bu veri kümelerinde yapacakları çıkarımlara göre algoritma tercih ettiği görülmektedir. Geliştirilen yapay zeka modellerinden başarı, modelin sınıflandırma doğruluğu ile ölçülmektedir. Burada farklı doğruluk performans ölçümleri kullanılmıştır. Yapay zeka modellerinin başarısını etkileyen en önemli faktörün veri kümesi ve algoritma seçimi olduğu görülmektedir. Dikkate alınan katılımcı sayısı, yürüyüş süresi, yürüyüş döngüsü ve yürüyüş parametreleri artırıldığında yapay zekanın doğruluk performansını da arttığı sonucuna varılmıştır. Çalışmacılar SVM, LSTM, ANN ve CNN algoritmalarını daha fazla tercih etmişlerdir. Tek bir algoritma kullanımını tercih etmek yüksek doğruluk oluşturmaktadır. Fakat tek bir algoritmayı tercih etmek yerine birden fazla algoritma kullanmanın başarı oranının arttırabileceği görülmüştür. Yürüyüşün komponentleri çanta taşıma, kıyafet, iç ve dış ortam, mevsimsel değişim gibi çeşitli durumlarda bile yüksek doğruluk oranının da tanınabilmektedir. Yapay zekanın kamera ve baropedometreden elde edilen verilerle yürüyüşü tanıma ve sınıflandırmasında yüksek oranda başarı sağladığı tespit edilmiştir. Literatürdeki yürüyüş sınıflandırma ve tanımlama çalışmaları, sağlık alanındaki araştırmacılar tarafından herhangi bir destek almadan mühendislik alanındaki araştırmacılarca gerçekleştirilmiştir. Bu durum yürüyüşün temel noktalarının gözden kaçmasına sebep olmuştur. Makale inceleme sürecimizde makalelerin sınıflandırılması ve anlaşılabilirliğini etkilemiştir. Yürüyüşü sınıflandırmak ve tanımak amacıyla yapılacak olan gelecek çalışmalar, sağlık ve mühendislik alanındaki multidisipliner ekiplerle gerçekleştirilmesi başarıyı arttıracaktır.

Kaynakça

- [1] Alsancak S, Yürüyüş terminolojisi. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi. 2015; 14(2): 6-1.
- [2] Erbahçeci F, Bayramlar K. Yürüyüş. Ankara: Hipokrat Kitabevi; 2018.
- [3] Süzen AA, Şimşek M. A Novel Approach to Machine Learning Application to Protection Privacy Data in Healthcare: Federated Learning. Namık Kemal Tıp Dergisi. 2020; 8 (1), 22-30.
- [4] Mitchell RS, Michalski JG, Carbonell TM. An artificial intelligence approach. Springer, Berlin. 2013.
- [5] Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S ve ark. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. Stroke and vascular neurology. 2017; 2(4), 230-243.
- [6] Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. New England Journal of Medicine. 2019; 380(14), 1347-1358.
- [7] Holzinger A. Interactive machine learning for health informatics: when do we need the human-in-the-loop?. Brain Informatics. 2016; 3(2), 119-131.
- [8] Finlayson SG, Bowers JD, Ito J, Zittrain JL, Beam AL, Kohane IS. Adversarial attacks on medical machine learning. Science. 2019; 363(6433), 1287-1289.
- [9] Lakany H. Extracting a diagnostic gait signature. Pattern Recognit. 2008; 41:1627-37.
- [10] Alaqtash M, Yu H, Brower R, Abdelgawad A, Sarkodie-Gyan T. Application of wearable sensors for human gait analysis using fuzzy computational algorithm. Eng Appl Artif Intell. 2011;24:1018-25.
- [11] Uzun T. Yapay Zeka Ve Sağlık Uygulamaları. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 2020; Erken Görünüm: 0-0.
- [12] Lai DT, Levinger P, Begg RK, Gilleard WL, Palaniswami M. Automatic recognition of gait patterns exhibiting patellofemoral pain syndrome using a support vector machine approach. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. 2009; 13(5): 810-817.
- [13] Asadi H, Dowling R, Yan B, Mitchell P. Machine learning for outcome prediction of acute ischemic stroke post intra-arterial therapy. PloS one. 2014; 9(2).
- [14] Das D, Chakrabarty A. Human Gait Recognition using Deep Neural Networks. In Proceedings of the Second International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies; 2016 Mart; 1-6.
- [15] Shi X, Li Y, Zhou F, Liu L. Human activity recognition based on deep learning method. In 2018 International Conference on Radar (RADAR); 2018 Ağustos; 1-5.
- [16] Sun L, Yuan YX, Zhang Q, Wu YC. Human Gait Classification Using Micro-Motion and Ensemble Learning. In IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium; 2018 Temmuz; 6971-6974.
- [17] Liu L, Yin Y, Qin W, Li Y. Gait recognition based on outermost contour. International Journal of Computational Intelligence Systems. 2011; 4(5): 1090-1099.
- [18] Benouis M, Senouci M, Tlemsani R, Mostefai L. Gait recognition based on model-based methods and deep belief networks. International Journal of Biometrics. 2016; 8(3-4), 237-253.

- [19] Choi A, Jung H, L94.ee KY, Lee S, Mun JH. Machine learning approach to predict center of pressure trajectories in a complete gait cycle: a feedforward neural network vs. LSTM network. *Medical & biological engineering & computing*. 2019; 57(12), 2693-2703.
- [20] Das D, Saharia S. Human gait analysis and recognition using support vector machines. *International Journal of Computer Science & Information Technology*. 2014; 6(5).
- [21] Das D. Human gait classification using combined HMM & SVM hybrid classifier. In 2015 International Conference on Electronic Design, Computer Networks & Automated Verification (EDCAV); 2015 Ocak; 169-174.
- [22] Dehzangi O, Taherisadr M, ChngalVala R. IMU-based gait recognition using convolutional neural networks and multi-sensor fusion. *Sensors*. 2017; 17(12), 2735.
- [23] Ismail H, Radwan I, Suominen H, Goecke R. Gait Estimation and Analysis from Noisy Observations. In 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); 2019 Temmuz; 2707-2712.
- [24] Kong W, Saad MH, Hannan MA, Hussain A. Human gait state classification using artificial neural network. In 2014 IEEE symposium on computational intelligence for multimedia, signal and vision processing (CIMSIVP); 2014 Aralık; 1-5.
- [25] Serrano MM, Chen YP, Howard A, Vela PA. Automated feet detection for clinical gait assessment. In 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); 2016, Ağustos; 2161-2164.
- [26] Sharif M, Attique M, Tahir MZ, Yasmim M, Saba T, Tanik, UJ. A Machine Learning Method with Threshold Based Parallel Feature Fusion and Feature Selection for Automated Gait Recognition. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*. 2020; 32(2), 67-92.
- [27] Tan HX, Aung NN, Tian J, Chua MCH, Yang YO. Time series classification using a modified LSTM approach from accelerometer-based data: A comparative study for gait cycle detection. *Gait & posture*. 2019; 74, 128-134.
- [28] Wang X, Yan WQ. Human Gait Recognition Based on Frame-by-Frame Gait Energy Images and Convolutional Long Short-Term Memory. *International journal of neural systems*. 2019; 1950027-1950027.
- [29] Wang Q, Ye L, Luo H, Men A, Zhao F, Huang Y. Pedestrian stride-length estimation based on LSTM and denoising autoencoders. *Sensors*. 2019; 19(4), 840.
- [30] Wolf T, Babae M, Rigoll G. Multi-view gait recognition using 3D convolutional neural networks. In 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP); 2016 Eylül; 4165-4169. IEEE.
- [31] Wu J, Wu B. The novel quantitative technique for assessment of gait symmetry using advanced statistical learning algorithm. *BioMed research international*. 2015.
- [32] Yoo JH, Hwang D, Moon KY, Nixon MS. Automated human recognition by gait using neural network. In 2008 First Workshops on Image Processing Theory, Tools and Applications; 2008, Kasım; 1-6).
- [33] Yu T, Liu X, Mei Y, Dai C, Yan J. Identification by Gait Using Convolutional Restricted Boltzmann Machine and Voting Algorithm. In 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData); 2018 Temmuz; 677-681.
- [34] Zhang H, Ye C. RGB-D camera based walking pattern recognition by support vector machines for a smart rollator. *International journal of intelligent robotics and applications*. 2017; 1(1), 32-42.
- [35] Ferrari A, Bergamini L, Guerzoni G, Calderara S, Biccocchi N, Vitetta G ve ark. Gait-Based Diplegia Classification Using LSMT Networks. *Journal of healthcare engineering*. 2019.
- [36] Wang C, Zhang J, Wang L, Pu J, Yuan X. Human identification using temporal information preserving gait template. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 2012; 34(11), 2164-2176.
- [37] Begg RK, Palaniswami M, Owen B. Support vector machines for automated gait classification. *IEEE transactions on Biomedical Engineering*. 2005; 52(5), 828-838.
- [38] Begg R, Kamruzzaman J. A machine learning approach for automated recognition of movement patterns using basic, kinetic and kinematic gait data. *Journal of biomechanics*. 2005; 38(3), 401-408.
- [39] Kamruzzaman J, Begg RK. Support vector machines and other pattern recognition approaches to the diagnosis of cerebral palsy gait. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2006; 53(12), 2479-2490.