



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AİKİDO HAREKET SERİLERİNDE UYGULANAN TEKNİKLERİN UZAKTAN
ALGILAMA İLE OTONOM DEĞERLENDİRME SİSTEMİ TASARIMI**

ZELİHA MERVE ÇETİNOK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
SPORDA BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ADİL DENİZ DURU

İSTANBUL-2023



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AİKİDO HAREKET SERİLERİNDE UYGULANAN TEKNİKLERİN UZAKTAN ALGILAMA İLE OTONOM DEĞERLENDİRME SİSTEMİ TASARIMI

ZELİHA MERVE ÇETİNOK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
SPORDA BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. ADİL DENİZ DURU

İSTANBUL-2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Zeliha Merve Çetinok

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	2
TABLolar LİSTESİ.....	5
1. ÖZET.....	6
2. SUMMARY	7
3. GİRİŞ VE AMAÇ	8
4. GENEL BİLGİLER.....	19
4.1. Aikido Sporu	19
4.2. Aikido Tekniklerinin Pozisyonları.....	19
4.3. Çalışılan Spor Dalını Teknik Açısından İnceleme	23
5. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29
5.1. Araştırmanın Yeri ve Süresi.....	29
5.2. Araştırmanın Tipi.....	29
5.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi	29
5.4. Çalışmaya Dahil Olma ve Çıkarılma Kriterleri	29
5.5. Araştırmanın Hipotezi.....	30
5.6. Testlerin Ölçüm Protokolü.....	30
5.7. Veri Toplama Araçları ve Veri Kaydı.....	31
5.7.1. Deney Düzenekleri.....	32
5.7.1.1. Kinect Kamera, Matlab Yazılımı ve Windows Tabanlı Bilgisayar	32
5.7.1.2. Hareket Paterni Algılama Yöntemleri.....	33
5.7.1.3. Kinect kamerası ile işaret izleme	34
5.9. İstatistiksel Analiz.....	35
5.10. Araştırmanın Sınırlılıkları	36
6. BULGULAR.....	37
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. BP nöron ağların topolojisi (Du ve ark., 2017).

Şekil 2. Tipik entegre cerrahi müdahale kontrol şeması (Ma ve ark.,2019).

Şekil 3 Kemera ve robot destekli cerrahi müdahale sistemine genel bakış (Ma ve ark.,2019).

Şekil 4. İnsansız deniz aracı test aşamaları 2018 Kasım Avusturalya (Willet, 2017)

Şekil 5: Örnek drone sürüsü (Chaumette, 2020).

Şekil 6: İnsan iskeletinin KYM (RGB) kameralar aracılığıyla eklem açılarının belirlenmesi (Salazar ve ark., 2017).

Şekil 7: Giyilebilir teknoloji ile işaretlenen bölgeler (Muddasar ve ark., 2020).

Şekil 8: Çoklu kamera ile duygu durum analizi (Purnuma ve ark., 2019).

Şekil 9: Kafa ve omuz referans noktaları (Mayr ve ark., 2019).

Şekil 10: Noa ve insan el itme hareketi uygulaması (Li ve Wang, 2020).

Şekil 11: Noa ve insan hareketlerinin izlenmesi (Li ve Wang, 2020).

Şekil 12: Noa Robotun bazı pozları (Antonioni ve ark., 2020).

Şekil 13: Hentbol takımı hareket algılama sistemi (Buric ve ark., 2019).

Şekil 14: İkkio tekniğinin hareket serisi (sekansı) (Kimmel ve Rogler, 2018).

Şekil 15: Aikido savaş pozisyonları ve temel teknikler

Şekil 16: Aikido'nun temel adımlamalarının temsili (Taisabaki)

Şekil 17: Kuvvet=kütlexivme formülünün aikido hareketlerinde uygulanması (Santos ve Corbi, 2019).

Şekil 18: Açısal hız formülünün aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'dan esinlendirilmiştir).

Şekil 19: Tork kuvvetlerinin aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'den esinlenilmiştir).

Şekil 20: Açısal momentum formülünün Aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'den esinlenilmiştir).

Şekil 21: Aikido antrenman silahları

- Şekil 22:** Saldırı için Yakın Mesafe, Uygun Mesafe ve Geniş Mesafe (Galan ve Mihalache, 2017).
- Şekil 23:** Osoto-gari hareket serisi (sekansı) (Koshida ve ark.,2017).
- Şekil 24:** Deney boyunca katılımcının görünümü (Koshida ve ark.,2017)
- Şekil 25:** Kinect Xbox One ve Xbox 360 görünümü
- Şekil 26:** Sanal sensörler
- Şekil 27.** Farklı İnsan Hareketlerinde Derinlik Bilgisi ile Tanımlanan Eklem Noktalarının Görselleri (Shatton ve ark.,2011).
- Şekil 28:** Siklus olarak her hareketin frekans karakteristiği
- Şekil 29:** 25 tekrarının frekans karakteristiği
- Şekil 30:** Doğrusal DVM Karışıklık Matrisi
- Şekil 31:** Karesel DVM Karışıklık Matrisi
- Şekil 32:** Kübik DVM Karışıklık Matrisi
- Şekil 33:** Hassas Gauss DVM Karışıklık Matrisi
- Şekil 34:** Orta Ölçekli Gauss DVM Karışıklık Matrisi
- Şekil 35:** Kaba Gauss Karışıklık Matrisi
- Şekil 36:** Guss Naive Bayes Karışıklık Matrisi
- Şekil 37:** Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi
- Şekil 38:** Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi
- Şekil 39:** Kaba ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi
- Şekil 40:** Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi
- Şekil 41:** Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi
- Şekil 42:** Doğrusal Ayırteeden Karışıklık Matrisi
- Şekil 43:** Hassas Karışıklık Matrisi
- Şekil 44:** Orta Ölçekli Karışıklık Matrisi
- Şekil 45:** Kaba Karışıklık Matrisi
- Şekil 46:** Kübik DVM
- Şekil 47:** Temel Bileşenler Analizi 95% varyans
- Şekil 48:** Doğrusal DVM ROC Eğrisi

Şekil 49: Karesel DVM ROC Eğrisi

Şekil 50: Kübik DVM ROC Eğrisi

Şekil 51: Hassas Gauss DVM

Şekil 52: Orta Ölçekli Gauss DVM

Şekil 53: Kaba Gauss ROC Eğrisi

Şekil 54: Gauss Naive Bayes ROC Eğrisi

Şekil 55: Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Şekil 56: Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Şekil 57: Kaba KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Şekil 58: Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Şekil 59: Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Şekil 60: Doğrusal Ayırteden ROC Eğrisi

Şekil 61: Hassas ROC Eğrisi

Şekil 62: Orta Ölçekli ROC Eğrisi

Şekil 63: Kaba ROC Eğrisi

Şekil 64: DVM Temel Bileşenler Analizi 95% varyans ROC Eğrisi

Şekil 65: Ağaç Temel Bileşenler Analizi 95% varyans

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 Otonom araç park sistemleri topolojisinde kullanılan kısaltmalar (Du ve ark., 2017).

Tablo 2: Bowling hareketinin Kinect kameralar ile algılanan açıları (Muddasar ve ark., 2020).

Tablo 3: Aikido tekniklerinin sınıflandırılması.

Tablo 4: Aikido'nun temel adımlamaları (Taisabaki)

Tablo 5: Farklı sınıflandırma yöntemleri aynı verinin sınıflandırma başarı oranları

Tablo 6: Farklı sınıflandırma yöntemleri aynı verinin ROC Eğrisi

1. ÖZET

Aikido Hareket Serilerinde Uygulanan Tekniklerin Uzaktan Algılama ile Otonom Değerlendirme Sistemi Tasarımı

Öğrenci Adı: Zeliha Merve ÇETİNOK

Danışman: Doç. Dr. Adil Deniz DURU

Anabilim Dalı: Beden Eğitimi ve Spor

Amaç: Bu tez çalışması kapsamında savaş sanatlarında gerçekleştirilen hareketlerin analizine katkı sağlayacak bir otonom karar destek sistemi tasarımı hedeflenmiştir. Geliştirilmesi planlanan metriklerin harekete bağlı dinamiklerin sınıflandırılmasında diğer spor branşlarında da kullanabileceği öngörülmektedir. Tez çalışması kapsamında, savaş sanatı olmasına rağmen müsabakası olmayan tek branş olan Aikido (Salazar ve ark., 2017) dalında gerçekleştirilen hareket serileri incelenecektir.

Gereç ve yöntem: Otonom sistemleri spor bilimlerinde uygulayabilmek için yapılan literatür araştırmalarında, teknikleri iskelet olarak algılayıp çözümlenmeye olanak sağlayan Kinect Xbox 360 teknolojisi kullanılacaktır. Matlab programlama dili ile entegre olarak çalışan bu kamera sistemi 3 girişlidir. Birinci giriş kızılötesi (IR) olarak görüntü algılar, diğeri kızılötesi görüntüyü yansıtır ve sonuncu girişi ise RGB olarak uzaysal zamanda görüntü elde edilmesini sağlamaktadır. Seçilen hareket serileri 16 sporcudan 25 sağ ve 25 sol taraftan aralıksız olarak tekrar alınmıştır.

Sonuç: Hareket serisinin 25 tekrarından sonra hareket paterninin karakteristiği belirlenmiş ve bu seri içerisinde sıklıkla yaklaşımı ile her bir tekrar veri kaybetmeyecek şekilde gürültüden ayıklanıp frekans karakteristiği her tekrar için farklı olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeye 6 hareket serisi için 16 farklı seviyedeki sporcudan 50'şer tekrardan yaklaşık olarak 4800 adet frekans karakteristiği alınmıştır. Her bir sporcunun verisi frekans domaini içinde normalize edilmiştir. Sporcular arasındaki farkı yok saymış hale getirilip, sadece hareket üzerinde bir fark aranmıştır.

DVM KNN (K-EN YAKIN KOMŞU)'den daha iyi sonuç vermiştir.

Anahtar kelimeler: Aikido, Sanal Sensör, Kinect Kamera, Sınıflandırma, Makine Öğrenimi.

2. SUMMARY

Design of a Remote Recognition and Autonomous Analysis System of Aikido Movement Sequences (AMSCoMplexity)

Student Name: Zeliha Merve ÇETİNOK

Name of Supervisor: Assoc. Dr. Adil Deniz DURU

Department: Physical Education and Sports

Objective: Within the scope of this thesis, it is aimed to design an autonomous decision support system that will contribute to the analysis of the movements performed in the martial arts. It could be expected that the metrics planned to be developed can also be used in other sports branches in the classification of motion-related dynamics.

Within the scope of the study, the series of movements performed in Aikido –which is the only branch that does not have a competition despite being a martial art (Salazar et al., 2017) –will be examined.

Materials and methods: Kinect Xbox technology, which allows to perceive and analyze techniques as skeletons and which is applied autonomous systems in sports sciences will be used in the research. This camera system, which works integrated with the Matlab programming language, has 3 inputs. The first input detects an image as infrared (IR), the other reflects the infrared image, and the last input provides an image in spatial time as RGB. The selected movement series were repeated continuously by 16 athletes from 25 right and 25 left sides.

Conclusion: After 25 repetitions of the motion series, the characteristic of the motion pattern was determined, and each repetition was separated from the noise with the cycle approach, and the frequency characteristic was determined differently for each repetition. For the evaluation, approximately 4,800 frequency characteristics of 50 repetitions were taken from 16 different levels of athletes for 6 movement series. It has been normalized within the frequency domain of each athlete. The difference between the athletes was ignored and a difference was sought only on the movements.

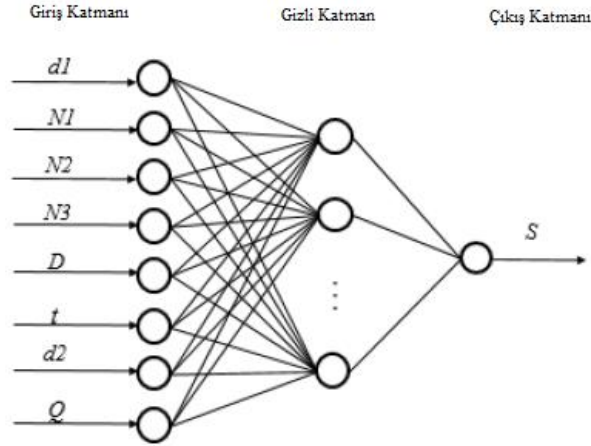
SVM gave better results than KNN.

Key words: Aikido, Virtual Sensor, Kinect, Classification, Machine Learning.

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Son yıllarda gelişen yapay zekâ teknolojileri ile otonom değerlendirme sistemleri farklı bilim dallarında ve sanayi alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Otonom teknolojilere otomotiv sektörü öncülük yapmıştır. Bu teknolojiler araç otomasyon sistemlerinde test, araştırma ve geliştirme yaparken sistem ihtiyaçlarının belirlenmesi, test platformlarının oluşturulması, tasarımların tanıtılması ve operasyonel açıdan yürütülmesi konularında teknik prosedürlerin belirlenmesinde kullanılmıştır (Gebreohannes ve ark., 2020).

Toplumda araç kullanımı ihtiyacının hızla artması ile araç park ederken kör noktaların sebebiyet verdiği mini hasarlı kazalarda artış olmuştur. Bu kazaların geri dönüşleri sonucunda araç otomasyon sektöründe trafik güvenliğini arttırmak ve kaza oranlarını düşürmek ihtiyaç haline gelmiştir. Buna çözüm olabilmek adına BP nöron ağlar kullanılarak otonom park sistemleri geliştirilmiştir (Du ve ark., 2017).



Şekil 1: BP nöron ağların topolojisi (Du ve ark., 2017)

Otonom Araç Park Sistemlerin de Kullanılan İndisler

Sembol	Değerlendirme İndisi
d1	Araç ve engel arasındaki en kısa mesafe
N1	İleri ve geri vites geçişleri sayısı
N2	Park ederken durma hareketi sayısı
N3	Direksiyon hareket sayısı
D	Park ederken kat edilen toplam mesafe
t	Toplam park etme süresi
d2	Araç merkezi ile park alanı merkezi arasındaki mesafe
Q	Araç ile park arasındaki eksen açısı

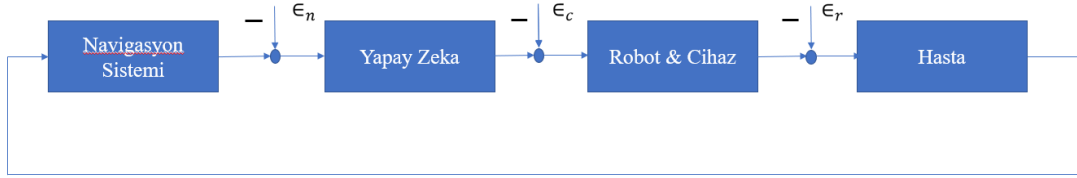
Tablo 1: Otonom araç park sistemleri topolojisinde kullanılan kısaltmalar (Du ve ark., 2017).

Bu teknolojiler ile beraber sürücüler ve savunmasız yayaların güvenliklerini arttırmak için kritik ihtiyaçların belirlenip doğrulanması yönelik çeşitli simülasyon tabanlı stres testleri geliştirilmiştir. Bu sayede ön görülen tehlikeler, farklı senaryolarla, hiçbir insana zarar vermeden otonom sürürlü simülasyonlar ile test edilebilir hale getirilmiştir (Corso ve ark., 2019).

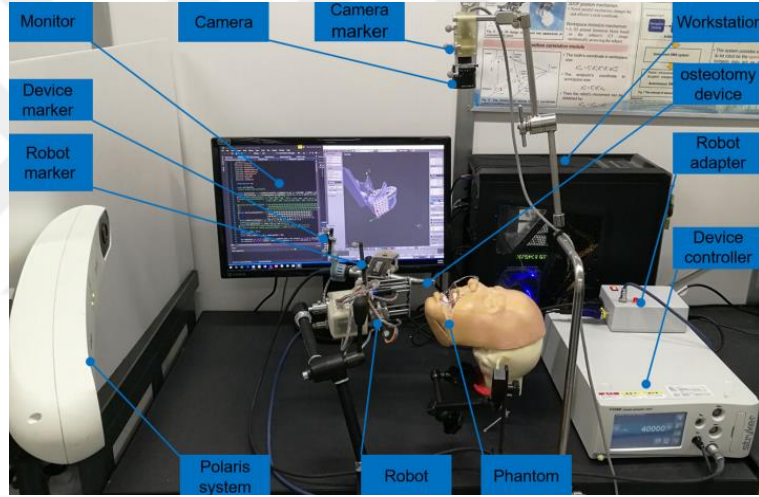
Bunlara ek olarak; sürücü davranışlarının karmaşık trafik senaryoları karşısındaki potansiyel uygulamaları, otonom araç kontrol sistemlerinin tahmini sürücü hareketleri olarak modellendirilmektedir. İnsan sürücü modelleri ve otonom sürüş modelleri toplanarak stratejik oyun karar verme sistemi geliştirilmiştir. Bu sayede trafik yoğunluğunun tahmini, otonom sürüş güvenliğinin belirlenmesi, performans unsurlarının belirlenmesi ve bu verilerin optimizasyonu belirlenebilir hale gelmiştir (Li ve ark., 2016).

Otonom sistemlerin medikal alanda, özellikle cerrahi müdahaleleri desteklemekte pek çok uygulaması bulunmaktadır. Bu sistemler ağız ve çene cerrahisinde, ortaya çıkabilecek

hastalıkların tanı ve tedavisinde ağız, çene, yüz boyun ve kafatası çevresindeki limitli müdahale alanlarında operasyon kolaylığı sağlamaktadır (Ma ve ark., 2019).



Şekil 2: Tipik entegre cerrahi müdahale kontrol şeması (Ma ve ark.,2019).



Şekil:3 Kamera ve robot destekli cerrahi müdahale sistemine genel bakış (Ma ve ark.,2019).

Avustralya Deniz Kuvvetleri de insansız denizaltı kontrollerini desteklemek amaçlı, kaptansız otonom savaşçı ismini verdikleri deniz aracı çalışmaları devam etmektedir (Willet, 2017).



Şekil 4: İnsansız deniz aracı test aşamaları 2018 Kasım Avustralya (Willet, 2017).

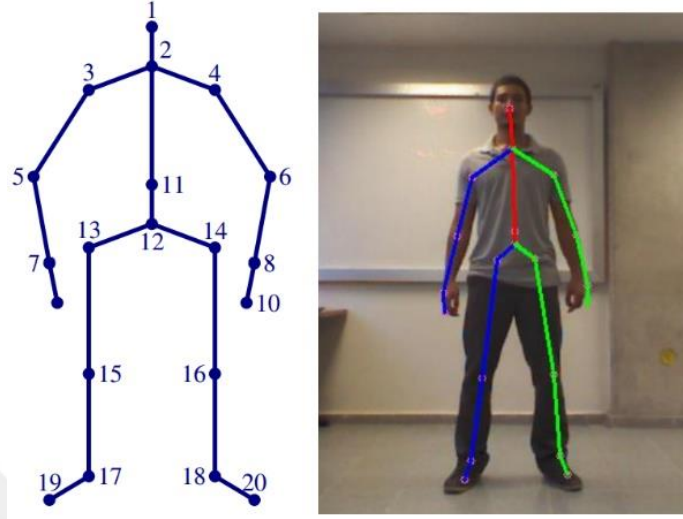
Otonom sistemlerdeki artış, savunma sanayisinde de çalışmalar başlatmıştır. Şekil 5’de her biri farklı görevlere sahip bir drone (insansız hava aracı) sürüsü bulunmaktadır. Bir tehlike anında birinci drone durumu fark eder, ikincisi gerekli ölçümleri yapmak için havalanır ve bir tehlike alarmı oluşturulur. Ancak olası gecikmeler ve bünyesinde gömülü olarak bulundurduğu yapay zekâ teknolojisi konusunda araştırma ve geliştirmelere devam edilmektedir (Chaumette, 2020).

Avrupa’dan sonra Türkiye’de de 2017 yılından itibaren robotik yarışmalar düzenlemeye başlanmıştır (ROBOİK).



Şekil 5: Örnek drone sürüsü (Chaumette, 2020).

Bu gelişmeler ile beraber otonom sistemlerin gerekliliği, yeterliliği ve işlevleri yeni bilimsel araştırma kolları oluşturmuştur. Bu yönleriyle bilişim teknolojilerinden spor alanında faydalanılmaktadır. İncelenen konulardan biri ise; “makine öğrenimi ile herhangi bir spor dalında hakeme karar verme aşamasında destek olunabilir mi?” (Zuo, 2019) “Herhangi bir spor dalındaki tekniklerin gelişimi ile ilgili fikir sahibi olunabilir mi?” (Ge ve ark.,2018) sorularına karşın otonom sistemler üzerinde bilişim alanında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Uygulanan hareket ve pozların, RGB kameralarıyla eklem bölgelerinin otonom olarak algılanması çalışmaları yapılmıştır (Salazar ve ark., 2017).



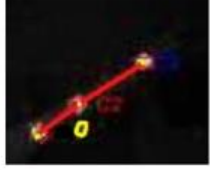
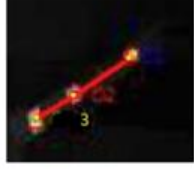
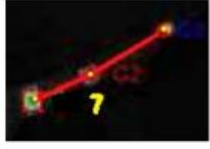
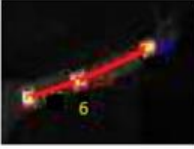
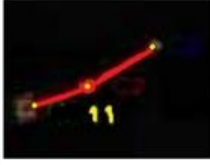

Şekil 6: İnsan iskeletinin KYM (RGB) kameralar aracılığıyla eklem açılarının belirlenmesi (Salazar ve ark., 2017).

Bowling sporundaki kriket hareketi Kinect kameralar ile incelenmiştir. Gerçekleştirdikleri araştırma da sporcunun bileğine, dirseğine, omzuna ve koluna giyilebilir teknolojiler ile işaretleyiciler yerleştirilmiş ve ardından aynı noktaları referans alan Kinect kameralar ile hesaplamalar yaptırılmıştır. Bu şekilde bowling hareketinin kurallara göre mi, kural dışı mı olduğu incelenmiştir (Muddasar ve ark., 2020).



Şekil 7: Giyilebilir teknoloji ile işaretlenen bölgeler (Muddasar ve ark., 2020).

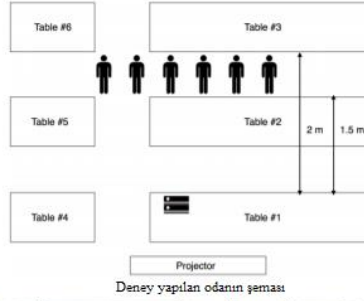
Aynı referans noktaları farklı açılardan çoklu Kinect kameralar aracılığıyla tekrar ölçülmüştür.

Kinect 1 Sonucu (Derece)	Kinect 2 Sonucu (Derece)	Gerçek Sonuç (Derece)
		4
		5
		15

Tablo 2: Bowling hareketinin Kinect kameralar ile algılanan açıları (Muddasar ve ark., 2020).

IR olarak algılanan resimdeki gürültülerden kurtulmak için Gauss filtresi kullanılmıştır. Çalışma yapılırken Java ve Matlab Image Acquisition Toolbox programları kullanılmıştır. 2 adet Kinect kamerasından da alınan sonuçlar işaretleyici ile alınan açılarla uyumlu sonuç vermiştir. Ancak uzaktan çekim yapılan kamerada algılama sorunları yaşandığı gözlenmiştir (Muddasar ve ark., 2020).

Spiker veya Eğitimcilerin kendi performanslarını gözden geçirebilme imkânı sağlayan bir yüz ifade tanıma sistemi geliştirilmiştir. Katılımcıların mutlu veya mutsuz olduklarını algılamak için Kinect kamera teknolojisi kullanılmıştır. Hitap edilen topluluğun memnuniyeti iş veya okul hayatı için önem arz eder ancak bunu belirlemek pek kolay değildir. Duygu durumunu algılamak için seçilen referans noktaları gözler, kaşlar ve dudaklardır (Purnuma ve ark., 2019).



Şekil 8: Çoklu kamera ile duygu durum analizi (Purnuma ve ark., 2019).

Baş pozisyonu Kinect tarafından takip edilir ancak çoklu kamera kullanımında görüntü örtüşme problemleri ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Ortam ışığının ve kamera mesafesinin de elde edilen sonuçlara etkisi açıklanmıştır (Purnuma ve ark., 2019).

Klasik bale de temel zıplama hareketinin karakterize edilebilmesi için öncelikle biyomekanik analizi yapılmıştır. Bu analiz yapılırken gönüllü iki kadın ve bir erkek dansçının hareketleri Kinect kamera ile kayıt edilmiştir. Bu araştırma sonucunda olası yaralanmaların tahmin edilip önüne geçilmesi ve dansçının üretkenliğinin optimize edilmesi sonucunda incelenmiştir. Zeminde sıçrama hareketi defalarca tekrarlanmış, güç ve elastiklik kombinasyon tepkisi ölçülmüştür. Her bir katılımcının en az 5 yıllık bale tecrübeleri bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar cinsiyet, boy, vücut ağırlığı ve ayakkabı numaralarına göre sınıflandırılmıştır. Kinect kameralar ile kayıt edilen görüntüler entegre bir yazılımı ile analiz edilmiştir. İncelenen sıçrama hareketi her ne kadar tüm vücut ile

yapılsa da ayak, tibiave femur hareketlerinin sonuçları değerlendirilmiştir. Sağ ve sol ayaklar için ayrı ayrı pozisyon ve hızlilik parametreleri incelenmiştir. Bu şekilde kritik anlarda yapılan sıçramalara bağlı oluşabilecek yaralanmaları öngörebilmek, eğitimci ve sporcu için kaçınılabilecek problemler olabilecektir (Inês C.J. Barbosa, 2019).

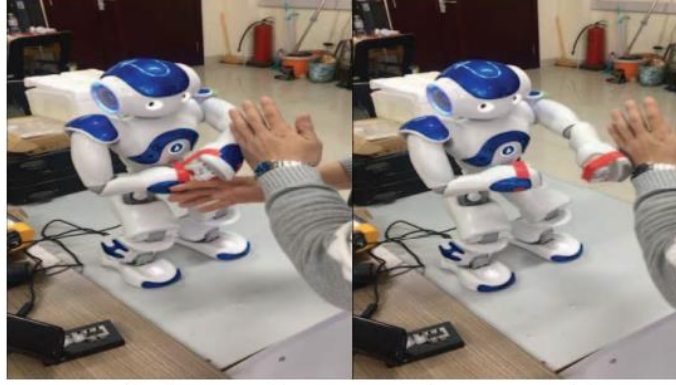
Giyilebilir sensör temelli ve kamera temelli ölçüm teknolojilerinin, avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılabilmesi için bazı uygulamalar yapılmıştır. Bu araştırmaya göre kafa ve omuz açılarının veri analizleri yapılmıştır. Referans noktaları olarak çene, diş aralığı ve kafa hareketliliği alınmıştır (Mayr ve ark., 2019).



Şekil 9: kafa ve omuz referans noktaları (Mayr ve ark., 2019).

Sonuç olarak giyilebilir sensör teknolojisinin kafa rotasyonunu daha iyi algıladığı görülmüştür. Kinect kamera sisteminde ise kafa hareketlerini algılamada gecikme olduğu gözlemlenmiştir (Mayr ve ark., 2019).

Başka bir araştırmada ise insansı robot NOA ile bir Tai-Chi sporcusunun stabil bir hareket olan el itme hareketleri incelenmiştir (Li ve Wang, 2020).



Şekil 10: Noa ve insan el itme hareketi uygulaması (Li ve Wang, 2020).

Deney gerçek zamanda (real time) yapılmış olup, insan ve robotun iskelet haritaları Kinect kameralar ile karşılaştırılmıştır (Li ve Wang, 2020).



Şekil 11: Noa ve insan hareketlerinin izlenmesi (Li ve Wang, 2020).

Yapılan araştırmalara göre 2030 yılında 60 yaş üstü bireylerin sayısının 1,4 milyar insana ulaşacağı öngörülmüyor. Yaşlı insan sayısının giderek azaldığı günümüzde, düşme sonucu yaralanma veya sakatlanma oranlarının yüksek olduğu, hatta anında müdahale edilmezse ölüm oranlarının dahi çok yüksek olduğu belirtilmektedir. Gerçek zamanlı görüntü işleme ve makine öğrenimi teknolojileriyle düşme takip sistemi tasarımlarının gelişimi Kinect kameraların sonuçları ile incelenmiştir. Kinect kamera ile elde edilen sonuçlar, giyilebilir teknikler ile karşılaştırmıştır. Kinect kamera ile elde edilen sonuçlar görüntü işleme teknolojileri aracılığıyla hareket algılama sistemlerinde yüksek doğruluk oranı elde etmiştir (Jariyavajee ve ark.,2019).

Yaşanan COVID-19 pandemisi sebebiyle kısıtlamalara maruz kalan ülkelerden biri olan İtalya, otonom bir şekilde uzaktan kontrol edilebilen bir robot teknolojisi geliştirmiştir. Robot üzerinde 2 adet kamera, 4 adet mikrofon, hoparlör, dokunma ve baskı sensörleri ile sonarlar bulunmaktadır. İnsansı Robot Noa sayesinde yalnız yaşayan 65 yaş üstü bireylerin periyodik olarak spor yapabilmeleri, eğitim alabilmeleri ve sağlıklı kalmaları mümkün kılınmıştır. Motivasyonu arttırması amacıyla Noa, kullanıcıların sevdiği kişilerin; örneğin torunlarının sesleri ile sesli etkileşim sağlayabilmektedir (Antonioni ve ark., 2020).



Şekil 12: Noa Robotun bazı pozları (Antonioni ve ark., 2020).

Otonom olarak kullanıldığında, robot tarafından hazırlanan esneme, aerobik ve kassal hareketler tekrar edilir. Robot üzerinde bulunan hareket takip sistemi ile kişinin postürü algılanır, kendisine uygun bir program ile egzersiz tamamlanır. İhtiyaç halinde mola verip eğitim alan kişiyi neşelendirebilir. Bütün eğitim programı otonom olarak robot tarafından yapılır ve uzaktan hiçbir insan müdahalesinde bulunulmaz. Robotun üzerinde bulunan kameralar sayesinde eğitim alan kişinin performansı takip edilir, eğer uygulanması hedeflenen hareketler tamamlanmadıysa robot pozitif geri bildirim ile yeni hareketler belirler ve motivasyonu sağlayarak antrenmanı tamamlar. Uzaktan kontrol edilebilir şekilde kullanılması durumunda avatar olarak mod olarak isimlendirilir. Robotu uzaktan yönetebilen bir eğitmen veya bu teknolojiye faydalanacak olan kişinin bir yakınına verilecek kısa bir kullanıcı arayüzü eğitimi ile, grafik tabanlı bir ara yüzden uzaktan kişiye özel program belirlenebilir. Antrenman esnasında robotun üzerindeki hoparlörler ve mikrofonlar sayesinde karşılıklı konuşmak mümkündür (Antonioni ve ark., 2020).

Matija Buric'in yaptığı araştırmada salon sporlarının görüntülerini kaydedip, sporcu hareketlerini takip edebilmek ile ilgilidir. alışmasında bir hentbol takımı formasız, numarasız ve farklı renklerde giysiler ile giydirilip görüntüleri kaydedilmiştir. Sonrasında gerçek zamanlı ve makine öğrenimi tabanlı metotlar uygulanarak daha düşük maliyetli ve daha karmaşık pozisyonları algılayabilecek bir teknoloji denenmiştir. Derin öğrenme temelli evrişimli sinir ağları (CNN) tabanlı takip sistemleri uygulamalarında daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Buric ve ark., 2019).



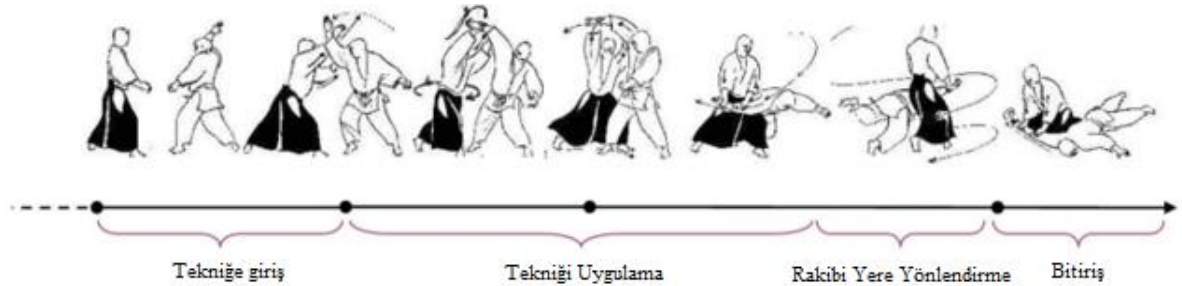
Şekil 13: Hentbol takımı hareket algılama sistemi (Buric ve ark., 2019).

Önceden tanımlanan görsel ve işitsel belirteçler ile spor videolarının hangi dalda yapılan müsabakaya ait olduğunu algılayan bir çalışma düzeni oluşturulmuştur. Bu alışma planlanırken işitsel sinyaller için sessizlik, topa vuruş sesleri, alkış sesleri, ma spikeri konuşmaları gibi farklı sınıflamalara veriler tanımlanmıştır. Bu füzyon şeması tenis, basketbol, voleybol ve futbol gibi tanınmış spor dallarının hareket algılanmasında denenmiştir. Etkili bir video yönetim sistemi inşa edebilmek için ses ve video özelliklerinin kullanıcı tarafından anlamlı olarak ayırt edilebilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için denetimli öğrenme temellerine dayalı yapı analizleri yapılmıştır. Gizli Markov Modelleri ile çalışmak yerine anlamsal görüntü sınıflandırmaları yapılarak, belirlenen spor etkinlikleri için destek vektör makine sınıflandırması aracılığıyla spor müsabakaları algılanmıştır. Ses işleme tekniklerinin de görsel sınıflandırmalarda etkili olduğu gözlemlenmiştir (Xu ve ark., 2003).

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Aikido Sporunu

Yüz yıllardır var olan savaş tekniklerinin evrilmesiyle, halen 140 ülkede çalışılan Japonya menşeli savaş sanatıdır Aikido. Ai kelimesi uyumla hareket etmek anlamına gelir. Aikido samuray kesiş tekniklerini esas almasına rağmen bir farkındalık eğitimi olarak anlatılır. Burada hedef, yapılan herhangi bir saldırı, tekniğin uygulanmasına yardımcı olan kişi karşısında (Uke); savunan, tekniği yapan kişinin (Tori), birkaç saniye içerisinde gerçekleştirdiği hareket serisi (sekans) ile rakibin dengesini bozarak kendisini savunmasını sağlamaktır. Bu sekansları tamamlarken Tori, Taisabaki ismi verilen çeşitli Aikido adımlamalarını kullanır. Saldırı başladığı anda, Uke ile Tori arasında henüz bir kontak başlamadan hareket serisi başlar. Uke'nin dengesini bozacak uygun bir adımlama ile Tori, rakibin saldırı ekseninin dışına çıkar. Temas edilmeye başladıktan sonra saldırının geldiği yöne doğru Tori hareketini tamamlamaya devam eder ve her tekniğe uygun kırışlar ile hareket serisi (sekansı) tamamlar (Kimmel ve Rogler, 2018).



Şekil 14: İkkio tekniğinin hareket serisi (sekansı) (Kimmel ve Rogler, 2018).

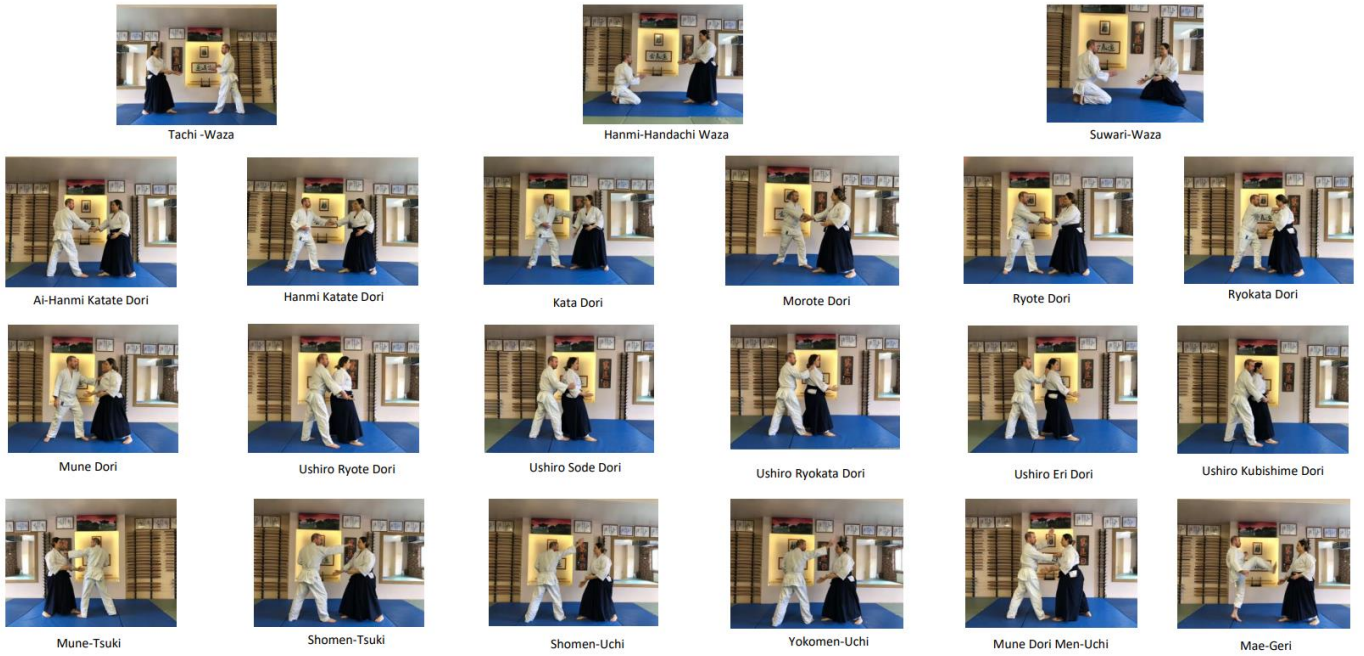
4.2. Aikido Tekniklerinin Pozisyonları

Temel olarak üç çeşit savaş pozisyonu bulunur.

- 1- Tachi-waza: Tori ve Uke ayakta.
- 2- Hanmi-Handachi waza: Uke ayakta ve Tori yerde konumlanmıştır.
- 3- Suwari waza: Tori ve Uke oturur pozisyonundadır.

Japonya’da, Türkiye’de doğu kültüründe olduğu gibi yerde yaşam vardır. Bu sebeple birçok teknik yerde uygulamalar için de geliştirilmiştir.

Kendini savunma, iki rakip arasındaki göz kontağı ile başlar, Uke atak yapar ve Tori saldırı pozisyonuna uygun bir teknik ile kendisini savunur. Teknik tamamlandıktan sonra mutlaka tekrar savaş pozisyonu alınır. Atak ve savunmaların tamamlanması ile Aikido teknikleri oluşur.



Şekil 15: Aikido savaş pozisyonları ve temel teknikler

Aikido teknikleri tutmalı ve fırlatmalı olarak iki sınıfa ayrılabilir, ancak hemen hemen bütün tekniklerin Japonca isimleri ile öne düşüş (omote) ve geriye düşüş ile tamamlanan (ura) formları bulunmaktadır.

Tablo 3. Aikido tekniklerinin tutmalı ve fırlatmalı olarak sınıflandırılması.

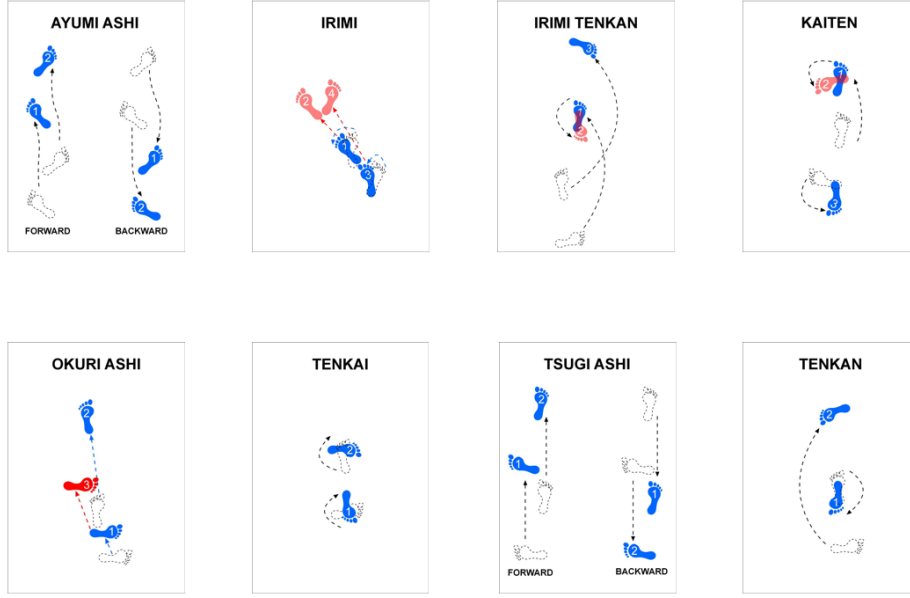
Tutmalı Teknikler (Katamewaza)	Fırlatmalı Teknikler (Nagewaza)
İkkyo (omote/ura)	Kokyuhō
Nikyo (omote/ura)	Kokyunage
Sankyo (omote/ura)	İriminage (omote/ura)
Yonyo (omote/ura)	Shihonage (omote/ura)
Gokyo (omote/ura)	Kotegaeshi (omote/ura)
Hijikime osae (omote/ura)	Tenchinage (omote/ura)
Katien osae	Kaitennage (omote/ura)
	Koshinage
	Udekimenage
	Jujigarami
	Ushiro Kiriotoshi
	Sumi Otoshi

Bu temel bilgilere ek olarak teknikleri birleştirmek için kullanılan adımlar da çok önemlidir. Kinect teknolojisi ile farklı pozisyonlarda farklı teknikler uygulanırken otonom olarak hareketlerin tanımlanabilmesi üzerinde çalışılması hedeflenmektedir.

Hareketlerin tanımlanabilmesi için pozisyon ve teknikleri birleştiren adımlar arasındaki farklar çok önemlidir.

Tablo 4: Aikido'nun temel adımlamaları (Taisabaki)

Taisabaki	
1	Ayumi Ashi
2	Tsugi Ashi
3	Tenkan
4	Tenkai
5	İrimi
6	İrimi Tenkan
7	Kaiten
8	Okuri Ashi



Şekil 16: Aikido'nun temel adımlarının temsili (Taisabaki)

Otonom sistemleri spor bilimlerinde uygulayabilmek için yapılan literatür araştırmalarında, teknikleri iskelet olarak algılayıp çözümlenmeye olanak sağlayan Kinect Xbox 360 teknolojisi kullanılacaktır. Matlab programlama ortamı ile entegre olarak çalışan bu kamera sistemi 3 girişlidir. Birinci giriş kızılötesi (IR) olarak görüntü algılar, diğeri kızılötesi görüntüyü yansıtır ve sonuncu girişi ise RGB olarak uzaysal zamanda görüntü elde edilmesini sağlamaktadır. Kinect teknolojisi ile otonom olarak Aikido tekniklerinin hızları, adımların doğruluğu algılanabilecek mi sorusunun cevapları aranacaktır. Bu çalışmada, ön çalışma olarak bir girdiden resim çıkarılmaya çalışıldı fakat Kinect teknolojisi olmadan başarılı sonuca ulaşamadı. Yapılan literatür taramasının ardından tanımlanması gereken referans noktaları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında aşağıdaki adımlar takip edilecektir;

- 1- (Load data) İncelenecek spor dalını teknik açıdan incelemek toplamak ve sisteme tanıtmak,
- 2- (Define layers) K atmanları belirleyerek sisteme tanıtmak ve yapılan işlemlerin matematiğini açıklamak.
- 3- Son olarak sistemi çalıştırmak (run) ve sonuçları anlamlandırmak.

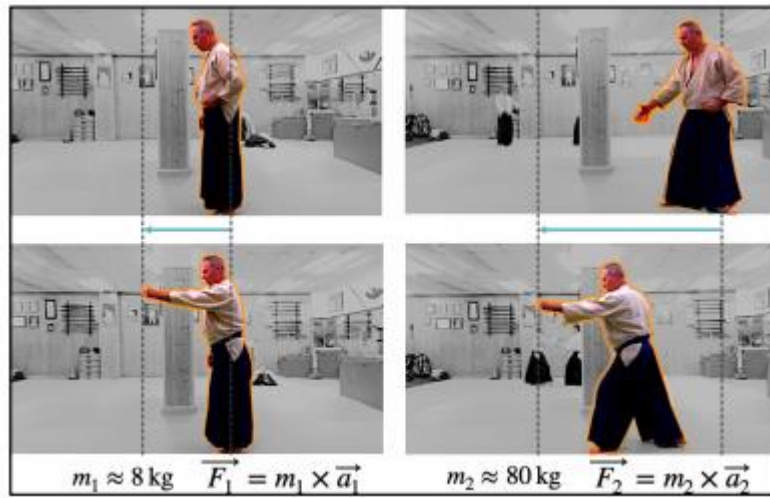
4.3. Çalışılan Spor Dalını Teknik Açısından İnceleme

Savaş sanatları tarz olarak iki sınıfta tanımlanabilir;

- 1- Sert Tarz: çarpışma ve zarar vermeye niyetinde yumruk, tekme, blok ve benzeri sert vuruşları içeren karate gibi sert tarz olanlar.
- 2- Yumuşak Tarz: eklem kilitleme, fırlatma, süpürme ve eklem bloklama gibi hareketlerle olası sakatlıkların ve acıyı önleme gibi yumuşak tarzı olanlar (Santos ve Corbi, 2019).

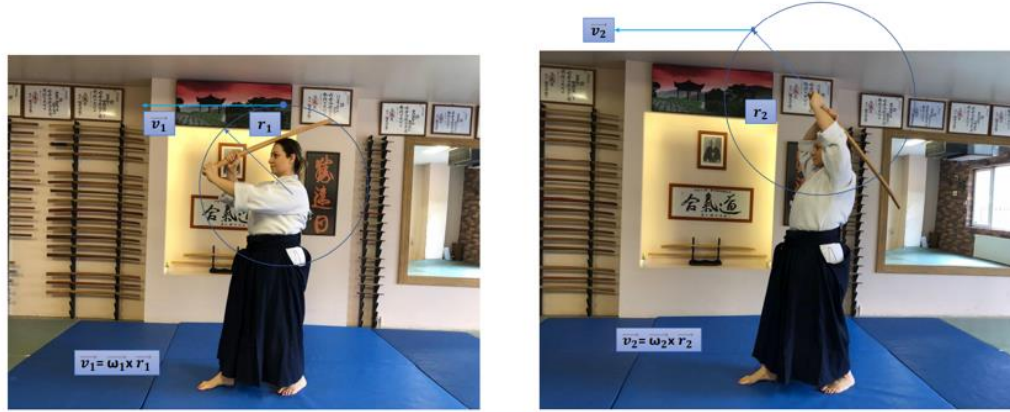
Aikido, saldırıdan ziyade savunma tekniklerinden oluşmasından dolayı; diğer savaş sanatlarına göre daha yumuşak bir tarzdadır. Aikido'nun dairesel hareketlerden oluşuyor olması da Tori'ye, Uke'nin kuvvetini yine Uke'ye karşı kullanmasını sağlar. Aynı hat üzerinde dairesel hareketlerin yapıyor olması, fizik kurallarının da rahatça gözlemlenebilme olanağı vermiştir (Santos ve Corbi, 2019).

Aşağıdaki resimde chudan tsuki atağı ile kuvvet=kütle×ivme formülü görselleştirilmiş (Santos ve Corbi, 2019).



Şekil 17: kuvvet=kütle×ivme formülünün aikido hareketlerinde uygulanması (Santos ve Corbi, 2019).

Aşağıdaki resimde aikido silahı olan bokken ile bir suburi hareketi yapıyor. Bu hareket ile birim zamandaki yer değiştirme ve açısal hız formülize edilmiştir (Santos ve Corbi, 2019).



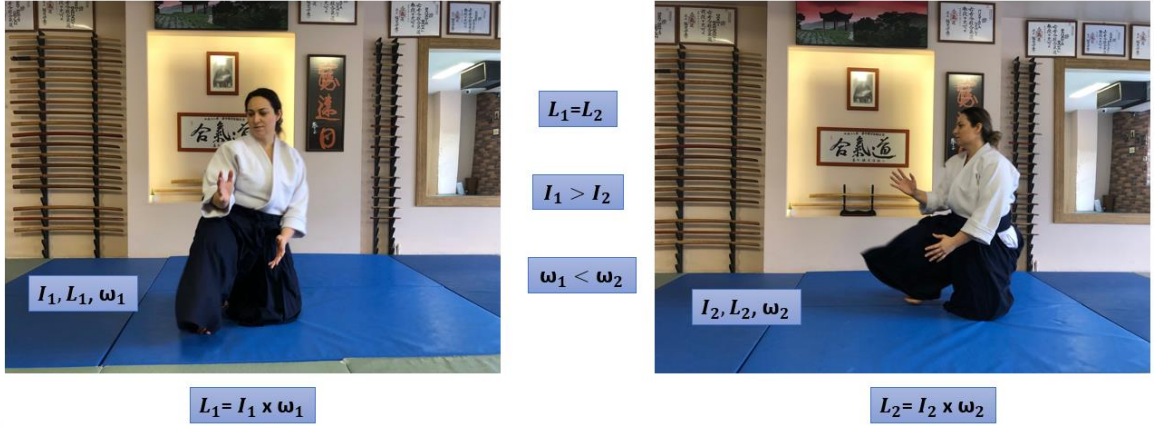
Şekil 18: Açısal hız formülünün aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'dan esinlendirilmiştir).

Aşağıdaki resimde chudan tsuki atağı ile uygulanan kote gaeshi tekniği görülmektedir. Tork kuvveti, yer değiştirme formülünün ispatı gözlemlenebilir (Santos ve Corbi, 2019).



Şekil 19: Tork kuvvetinin aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'den esinlenilmiştir).

Aşağıdaki resimde oturur pozisyon da (suwari waza) yerde yürüyüş hareketi (shikko) görülmektedir. Bu hareket de açısal momentum formülü ile birebir örtüşmektedir (Santos ve Corbi, 2019).



Şekil 20: Açısal momentum formülünün aikido hareketlerinde uygulanması ((Santos ve Corbi, 2019)'den esinlenilmiştir).

Aikido da üç tip antrenman silahı vardır.

- (a) Bokken: Genellikle ahşaptan yapılan antrenman kılıcıdır.
- (b) Jo: Eski Japon filmlerinde pirinç toplamaya giden kişilerin omuzlarına asıp uçlarına su testisi astıkları sopalara benzeyen antrenman sopası.
- (c) Tanto: Ahşap antrenman bıçağı.



Şekil 21: Aikido antrenman silahları

Kılıç, savaş sanatlarında olduğu gibi birçok dövüş sporlarında da kullanılan ortak bir silahtır. Yakın dövüş tekniklerinde başka bir ortak nokta da uygun mesafeyi doğru zamanda koruyabilmektir. Savaş sanatları becerisinin arkasında psikolojik ve fiziksel

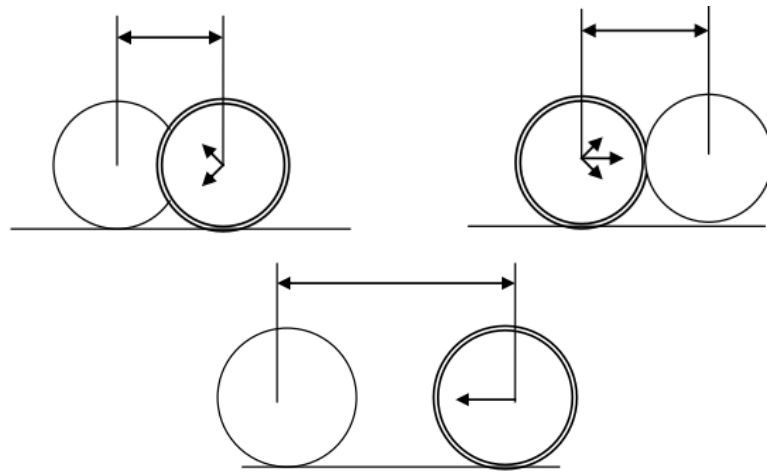
eğitimler bulunmaktadır. Bunlar; kendine güveni arttırmak, daha iyi bir koordinasyon sağlama, konum ve yer oryantasyonu, dövüş esnasındaki akışa uyum sağlayabilme, yeni atakları sezebilme olarak sıralanabilir. Ek olarak, kişinin moral yetkinlikleri olan yaşamda ki toleransı artırma, hayata şükretmek, merhamet duygusu ve dinginliğinin de güçlendirilmesi gerekmektedir (Galan ve Mihalache, 2017).

Savaş sanatlarında tanımlanabilecek 3 adet mesafe bulunmaktadır:

(a)Yakın mesafe: fırlatmalı tekniklerin veya eklem odaklı teknikler için uygunluğu bulunmaktadır.

(b) Saldırı için uygun mesafe: silahlı teknikler için uygun bir mesafedir. Tori'nin tecrübesine göre yapılabilecek sayısız teknik için müsait bir pozisyon olarak kabul edilebilmektedir.

(c)Geniş mesafe: Uke'yi gözlemleyebilmek için uygun bir mesafe olup, uygun bir Taisabaki yapılan atak için karşılık verilebilmektedir (Galan ve Mihalache, 2017).



Şekil 22: Saldırı için Yakın Mesafe, Uygun Mesafe ve Geniş Mesafe (Galan ve Mihalache, 2017).

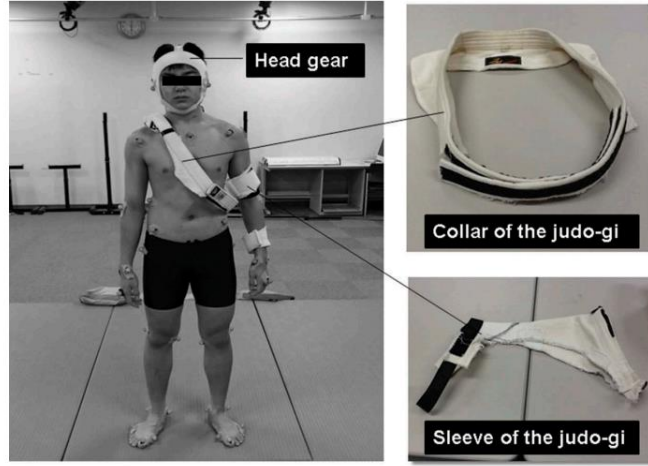
Bu makalede gerçek hayat senaryoları ile iş hayatında silah kullanmak durumunda kalan kişilerin durumları incelenmiştir (Galan ve Mihalache, 2017).

En eski savaş sanatlarından biri olan Judo'da da olası sakatlanmaların önüne geçilebilmesi için hareket algılama sistemleri uygulanmıştır (Koshida ve ark.,2017)'nin çalışmasında Judo da bulunan osoto-gari düşüşünde baş bölgesinde oluşabilecek sakatlanmaları önlemek için giyilebilir teknoloji ile uygulamalar yapılmıştır.



Şekil 23: Osoto-gari hareket serisi (sekansı) (Koshida ve ark.,2017).

10 adet tecrübeli Judocu ve 12 adet yeni başlayan Judocu'nun katılımları ile deneyler yapılmıştır. Sporcuların üzerine yaklaşık 41 adet işaretleyici yerleştirilmiştir.



Şekil 24: Deney boyunca katılımcının görünümü (Koshida ve ark.,2017)

Katılımcıların 15 bölgesine yerleştirilen konum bilgisi işaretleyicileri aracılığıyla eklem koordinatları toplanmıştır. Bu bölgeler; baş, omuzlar, eller, gövde, uyluk bölgesi, bacaklar ve ayakları kapsamaktadır. Ek olarak, sanal koordinat noktaları eklenmiştir (Koshida ve ark.,2017).

Elde edilen kinematik veriler ile baş bölgesinde oluşabilecek sakatlanmaların önüne geçilebileceği kanısına varılmıştır. Özellikle yeni başlayanlar için Judo eğitmeninin, öğrencisine boyun bölgesine dikkat ettiği kadar gövde ve alt kinematiklere de dikkat edilmesi gerektiğini belirtmesi gerekmektedir (Koshida ve ark.,2017).



5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Araştırmanın Yeri ve Süresi

Araştırmaya etik kurul ve tez öneri onayı alındıktan sonra başlanmış ve 12 ay içerisinde sonlandırılmıştır. Araştırma, İstanbul ilinde gerçekleştirilmiştir.

5.2. Araştırmanın Tipi

Araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden olan deneysel bir model ile yapılmıştır.

5.3. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Hareket serisinin 25 tekrarından sonra hareket serisinin karakteristiği belirlenmiş ve bu seri içerisinde sıklık yaklaşımı ile her bir tekrar veri kaybetmeyecek şekilde gürültüden ayıklanıp frekans karakteristiği her tekrar için farklı olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeye 6 hareket serisi için sağ ve soldan hareketleri başlatmak şartıyla 4 kadın 12 erkek olmak üzere toplam 16 farklı seviyedeki sporcudan 50'şer tekrardan yaklaşık olarak 4800 adet frekans karakteristiği alınmıştır.

Bu araştırmanın tüm test ve değerlendirmeleri Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi ve Sporda Sinirbilim ve Psikoloji Araştırmaları Laboratuvarı bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Araştırmaya başlamadan Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar etik kurul onayı alınmış (Protokol No: 19.04.2021-65), katılımcılar araştırmaya başlamadan önce araştırma ile ilgili bilgilendirilmiş ve yazılı onayları alınmıştır.

5.4. Çalışmaya Dahil Olma ve Çıkarılma Kriterleri

Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri

- 1) 18-55 yaş arası sağlıklı yetişkin,

- 2) Herhangi bir ilaç tedavisi almayan,
- 3) Kardiyovasküler herhangi bir sağlık sorunu olmayan,
- 4) Sporcuların Aikido seviyesini belirleyen Kyu veya Dan belgelerini sağlamak,
- 5) Fiziksel bir kısıtlamaya sahip olmamak, şeklinde belirlenmiştir.

Çalışmadan Çıkarılma Kriterleri

- 1) Kardiyovasküler bir hastalığının bulunması ve bununla ilgili ilaç tedavisi görmesi,
- 2) Ölçümden 48 saat içerisinde alkol ve kafein türü uyarıcı madde içeren gıda almaları,
- 3) Ölçümden önceki son 2 saat içerisinde sıvı alımı hariç gıda tüketimi yapmış olmak,
- 4) Yürüme paterninde gözlemlenen hatalar, çıkarılma kriteri olarak sayılmaktadır.

5.5. Araştırmanın Hipotezi

1. H1: “Uzaktan algılama yöntemleri ile otonom şekilde Aikido hareketleri tanımlanabilir?”
2. H2: “Tanımlanan Aikido verileri makine öğrenimi yöntemi ile bir sisteme öğretilip, belirlenen sınıflara ayırabilir mi?”

5.6. Testlerin Ölçüm Protokolü

Test aşağıdaki protokol ile sırayla gerçekleştirilmiştir. Her bir denek test laboratuvarına bir kez gelmiştir.

3. Isınma: Sporculara, ergometre testine başlamadan önce yaklaşık 10 dk'lık dinamik ısınma egzersizi yapmıştır.
4. Test öncesi Kinect Kamara'nın anatomik birleşme noktaları üzerindeki sanal sensor stabilizasyonu gerçekleştirilmiştir.
5. Ölçümler için ilgili kurulumlar uygun açıdan veri alacak şekilde yerleştirilmiştir.
6. Her bir sporcu 12 adımlamayı 5 dakika dinlenmenin ardından 25'er kez tekrar etmiştir.

7. MatLab Programlama Dili kullanılarak programlanan Kinect Kamera ve sanal sensörler yardımıyla sporcuların ölçümleri x,y,z koordinatlarında ki konumu Excel formatında alınıp, kaydedilmiştir.

Her sporcu için toplam test uygulama süresi dinlenme aralıkları ile birlikte maksimum 90 dakikadır.

5.7. Veri Toplama Araçları ve Veri Kaydı

Araştırmanın, laboratuvar ortamında kurulacak olan hareket algılama Kinect XBOX One kamera sistemi ve Windows tabanlı bilgisayarda çalışacak olan MATLAB 2018b yazılımı ile gerçekleşmesi planlanmaktadır.

Araştırma dayanakları bölümünde detaylıca bildirildiği gibi gerçek zamanlı insan hareket algılama sistemi olan Kinect İskelet verileri, son zamanlarda epey ün kazanmıştır. Halen üzerine denenen bilimsel çalışmalar devam etmektedir.



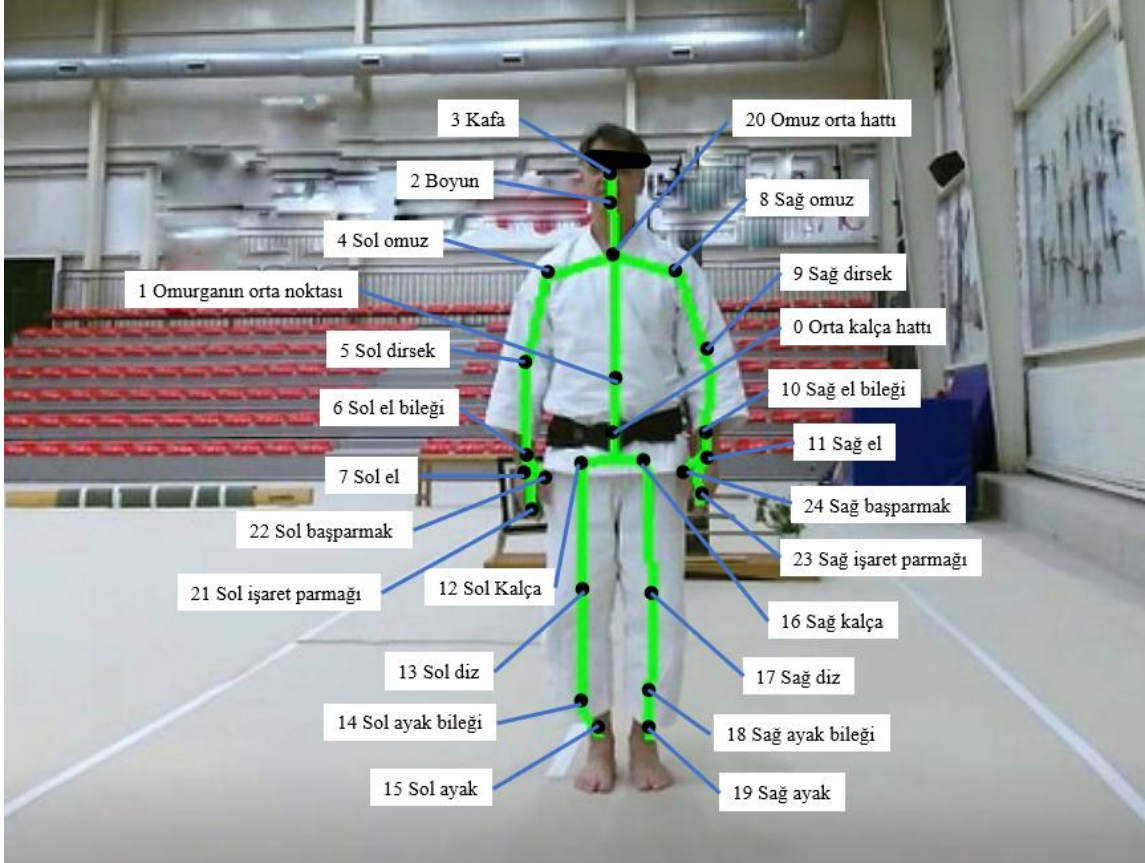
Şekil 25: Kinect Xbox One ve Xbox 360 görünümü

Deney esnasında, katılımcılara herhangi bir temasta bulunulmamıştır. Deneylerin sağlık açısından katılımcılara herhangi bir zararı bulunmamaktadır.

Öncelikle, laboratuvara sporcuyla monitör edecek sensör sistemi kurulacaktır. Kamera sistemi olarak, Microsoft'a ait olan Kinect Xbox 360 ve Xbox One teknolojileri, bilgisayar donanımı olarak Windows tabanlı minimum konfigürasyonu 64 bit Intel Core

i7 dört çekirdekli işlemci ve 16 GB RAM, yazılım olarak ise Matlab 2020b tercih edilmiştir.

Daha sonra deney katılımcıları laboratuvar ortamında oluşturulan bir patika da belirlenen Aikido hareketlerini istenen sıklıkta gerçekleştirmişlerdir. Toplanan görüntü verilerinden bir altın standart hareket verisi belirlenmiştir.



Şekil 26: Sanal sensörler (2021, İstanbul)

5.7.1. Deney Düzenekleri

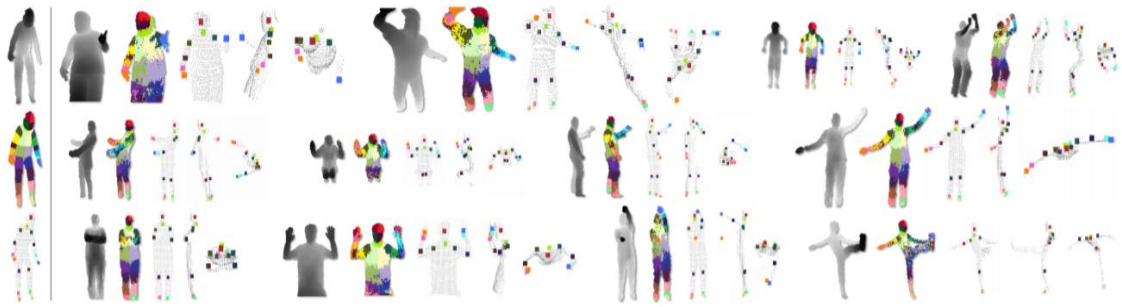
5.7.1.1. Kinect Kamera, Matlab Yazılımı ve Windows Tabanlı Bilgisayar

Araştırma için veriler Windows tabanlı minimum konfigürasyonu 16 GB RAM, 64 bit işlemci ve 1920x1080 olan bir bilgisayar ve KYM (RGB) girişi, Kızılötesi (IR input) girişi ve Kızılötesi çıkışı (IR output) bulunan Kinect Xbox teknolojisi kullanılacaktır.

5.7.1.2. Hareket Paterni Algılama Yöntemleri

KYM sensörler aracılığıyla insanların hareket paterninin algılanması son zamanlarda önem kazanmıştır. Özellikle bu tarz uygulamalarda, robotun olduğu ortamın gerçek zamanlı haritasını derinlik sensörleri ile gerçekleştirebilmektedir. Bu derinlik bilgisi ile insanların hareketleri de tanınabilmektedir (Keçeli ve Can, 2014).

Tek derinlik bilgisi ile insanların poz tanımlamasını gerçek zamanlı yapılabilirliği önerisinde bulunan Shotton ve ekibi; yeni oyun teknolojileri, insan-makine etkileşimi, güvenlik, sağlık gibi (Shotton ve ark.,2011) insan vücudu takibinin gereksinim olabileceği farklı alanlarda araştırma ve geliştirme olanakları sağlamıştır. İnsan hareketi algılanması için eklem öznitelikleri yaklaşımı sunmuşlardır.



Şekil 27: Farklı İnsan Hareketlerinde Derinlik Bilgisi ile Tanımlanan Eklem Noktalarının Görselleri (Shotton ve ark.,2011).

Hareketlerin algılanması gerekliliği için önce EigenJoints verileri analiz edilmiştir. Öznitelik için yukarıdaki görselde renkli alanlara bölünmüş olan, her çerçevede bulunan eklem koordinat ve konumlarının diğer koordinatlarında olan değişimleri, bir çerçevede yer alan eklemlerin bir önce ve sonraki çerçevede bulunan eklemlerle olan değişimleri ve bir çerçevede yer alan eklemlerin başlangıç çerçevesinde olan eklemlerle olan değişimleri kullanılmıştır. Alınan öznitelikler konumunda normalizasyon yapılarak her kanalda bulunan değerler $[-1, +1]$ aralığına çekilmiştir. Görüldüğü gibi öznitelik kümesi fazla boyutludur (Keçeli ve Can, 2014).

Derinlik algısı ile 3 boyutlu eklem algılanabiliyor ancak bir şey yeme veya içmenin ayırt edilebilmesi için daha fazla öznitelik belirlenmesi gerekir. Kısmen ara eklem yerleri gibi yeni özniteliklere ihtiyaç duyulmuştur. Bu öznitelik belirleme işlemi Çoklu Kernel öğrenimi metodu ile modellenmiştir. Örneğin cep telefonu çağrısını kimi insanlar sağ eli ile yanıt verirken kimileri ise sol el ile telefonu yanıtlar. Bu yöntem de öncelikli olarak insan hareketini karakterize eder ve algılar. İkinci olarak, seçilen öznitelikler elde edilen derinlik tabanlı veri ile uygunluğu ölçülür. Son olarak, zamansal paternlerde Fourier Zaman Piramidi modeli ile hizalama ve gürültü incelenir (Wang ve ark., 2012).

Wang ve diğerleri (Wang, Liu, Wu, & Yuan, 2012) tarafından geliştirilmiş olan yöntemde eklem iskeletine ait olan öznitelikler ve derinlik haritasından çıkan öznitelikler kullanılmıştır. Eklemlerden çıkan öznitelikler bir eklem için aynı çerçevede bulunan diğer eklemelere olan göreceli konumudur (Keçeli ve Can, 2014).

5.7.1.3. Kinect kamerası ile işaret izleme

Derinlik algısı ile 3 boyutlu eklem algılanabiliyor ancak bir şey yeme veya içmenin ayırt edilebilmesi için daha fazla öznitelik belirlenmesi gerekir. Kısmen ara eklem yerleri gibi yeni özniteliklere ihtiyaç duyulmuştur. Bu öznitelik belirleme işlemi Çoklu Kernel öğrenimi metodu ile modellenmiştir. Örneğin cep telefonu çağrısını kimi insanlar sağ eli ile yanıt verirken kimileri ise sol el ile telefonu yanıtlar. Bu yöntem de öncelikli olarak insan hareketini karakterize eder ve algılar. İkinci olarak, seçilen öznitelikler elde edilen derinlik tabanlı veri ile uygunluğu ölçülür. Son olarak, zamansal paternlerde Fourier Zaman Piramidi modeli ile hizalama ve gürültü incelenir (Wang ve ark., 2012).

Wang ve diğerleri (Wang, Liu, Wu, & Yuan, 2012) tarafından geliştirilen yöntemde yine eklem iskeletine ait öznitelikler ve derinlik haritasından çıkarılan öznitelikler kullanılmıştır. Eklemlerden çıkarılan öznitelikler bir eklem için aynı çerçevede yer alan diğer eklemelere olan göreceli konumudur (Keçeli ve Can, 2014).

$$p_{ij} = p_i - p_j \quad (6)$$

Bir i eklemi için öznitelik ile belirtilmektedir.

$$p_i = p_{ij} \mid i \neq j \quad (7)$$

Derinlik haritası üzerinden ise Local Occupancy Paterns (LOP) öznitelikleri çıkarılmıştır. LOP öznitelikleri derinlik haritası üzerinden bir eklemnin etrafındaki noktalardan elde edilmektedir. T anında elde edilen derinlik haritası üzerinde her eklemnin yer aldığı yerel bölge (N_x, N_y, N_z) şeklinde girdilere ayrılmıştır. Her grid bölgesinin (bin_{xyz}) içine düşen noktalar sayılmıştır ve bir sigmoid normalizasyon fonksiyonundan (δ) geçirilmiştir. Bu işlem Eşitlik-3 ile ifade edilmektedir (Keçeli ve Can, 2014).

$$(O_{xyz} = \delta \sum_{q \in \text{bin}_{xyz}} I_q) \quad (8)$$

I_q Belirtilen konumda bir nokta var ise 1 yoksa 0 değerini almaktadır. Eklem bilgileri ve derinlik haritasından belirtilen öz nitelikler çıkarıldıktan sonra bu öznitelikler üzerinde Fourier Temporal Pyramid (FTP) şeklinde gösterilmiştir (Keçeli ve Can, 2014).

Bu analiz yöntemleri ile Aikido hareket serilerindeki karmaşıklıklar hesaplanacaktır.

5.9. İstatistiksel Analiz

Bir zaman serisinin karakteristik özelliği, onun gelecekteki davranışının tam olarak tahmin edilememesidir. Zaman serisi analizi istatistiğin önemli bir alanını oluşturmaktadır. Zamana bağlı kayıt edilen verilerden oluşması nedeniyle de zaman serisinde kayıp gözlemler oldukça yaygındır. Kayıp değer problemi, veri analizinde model belirlemenin tipik sorunlarından biridir. Bir zaman serisi için oldukça yaygın olan bu sorunun nedenleri, gözlemek istenilen frekanslarda verinin mevcut olmaması; kayıt hatalarının olması ve “aykırı değer”lerin silinmesi şeklinde sıralanabilir. Bu nedenle zaman serisi analizinde çeşitli sebeplerle bir ya da birkaç gözlemin kayıp olması durumunda önemli bir problem, modelin tahmin edilmesi ve kayıp değerler için tahminlerin elde edilmesidir. Kayıp değerlerin tahminlerinin zaman serisine dâhil edilmesi, verinin doğasını daha iyi anlamaya ve daha iyi öngörüler yapmaya imkân sağlar (Girifintilioğlu, 2009). Zaman serileri rasgele değişkenlik gösterirler ve genel olarak $\{X_t: t \in T\}$ şeklinde ifade edilebilir.

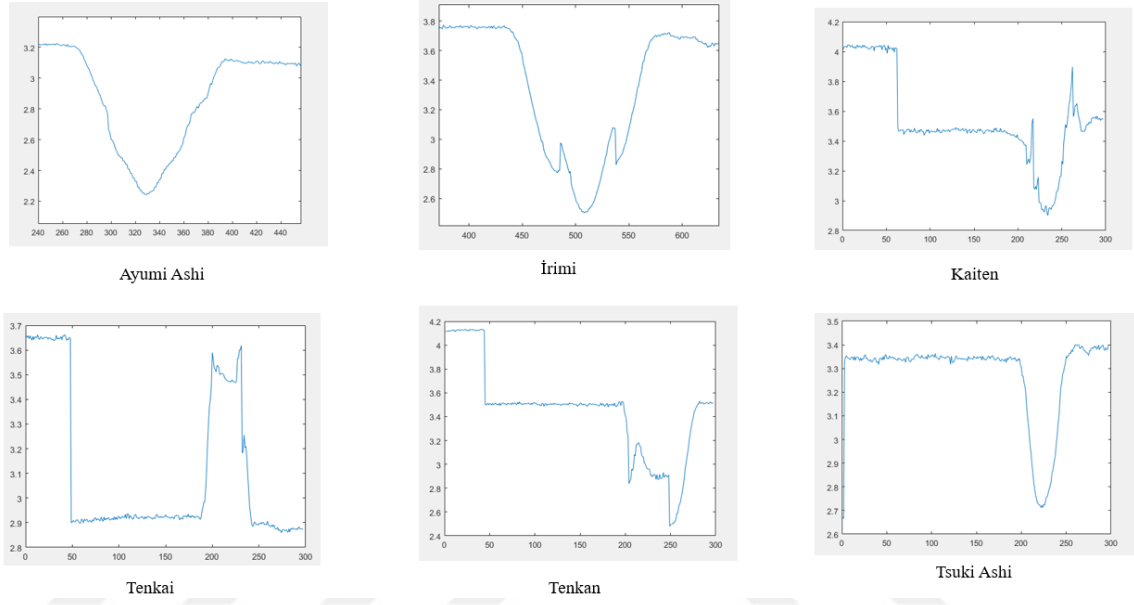
5.10. Araştırmanın Sınırlılıkları

- Tek Kinect Kamera kullanıldığı için tek seferde çoklu sporcu ölçümü yapılmıştır.
- Anlamlılık ifade etmeyen anatomik birleşme noktalarının verileri araştırmaya dahil edilmemiştir.

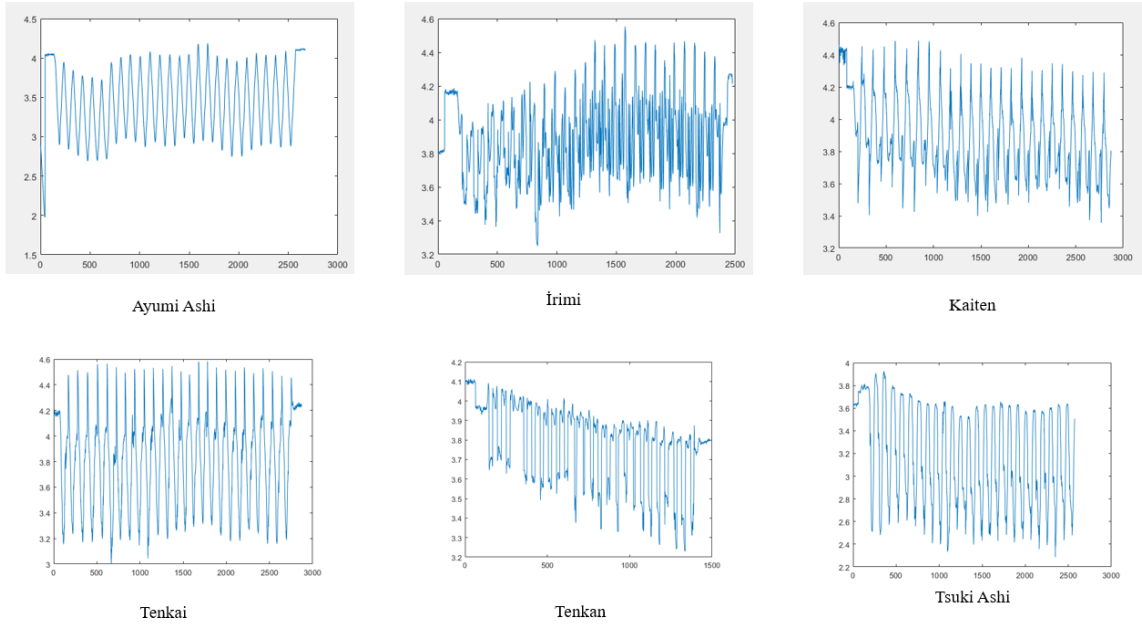


6. BULGULAR

Ölçümler tek seferde alınmıştır bu sebeple arada oluşan gürültü temizlendikten sonra her bir tekniğin frekans karakteristiği aşağıdaki gibidir:



Şekil 28: Siklus olarak her hareketin frekans karakteristiği



Şekil 29: 25 tekrarinin frekans karakteristiği

Hareket serisinin 25 tekrarından sonra hareket paterninin karakteristiği belirlenmiş ve bu seri içerisindeki siklus yaklaşımı ile her bir tekrar veri kaybetmeyecek şekilde gürültüden ayıklanıp frekans karakteristiği her tekrar için farklı olarak belirlenmiştir. Değerlendirmeye 6 hareket serisi için 16 farklı seviyedeki sporcudan 50'şer tekrardan yaklaşık olarak 4800 adet frekans karakteristiği alınmıştır. Tek kişiden çokça veri almak yerine çok kişiden, çok hareket tekrarı alınarak verinin güvenilirliği artırılmıştır. Tüm katılımcılardan aynı ekipman ve konfigürasyon ile ölçüm alınmıştır. Hareket zamandadır ancak bu bilgi frekansa çevirilip zaman kavramından bağımsız çalışılmıştır. Hareket verileri zaman serisi ile karşılaştırılabilirdi, ancak kamera görüntüsünde veriler zaman içinde birbirine benzetebilir ve yabancı pozitiflik oluşabilme ihtimali düşünülmüştür. Her bireyin temposu farklı olarak kayıt alınmıştır. Her bir sporcunun verisi, frekans domaini içinde normalize edilmiştir. Sporcular arasındaki farkı yok saymış hale getirilip, sadece hareket üzerinde bir fark aranmıştır. Tek sporcudan veri alınmış olsa zamanda değerlendirme yapılabilir ancak hareket alanının değişmesi de bir fark yaratmazdı. Ölçümleri alırken aynı sporcu 25 tekrarı yaparken aynı zamanda yapamamıştır. Yorgunluğu hesaba katmak için kayıt hız kesmeden tamamlanmıştır.

Bu çalışmada sportif faaliyetler de gerçekleştirilen hareketlerin sayısallaştırılması ve bu hareketlerin gerçekleştirme başarısının (değerlendirilmesinin) objektif olarak ölçülmesi günümüzde halen önemli bir araştırma sorusudur. Gelişen teknolojinin yardımı ile sportif faaliyetler daha doğru değerlendirilmeye başlanmıştır.

Bu kapsamda savaş sanatlarında gerçekleştirilen hareket serilerinin analizine katkı sağlayacak bir otonom karar destek sistemi tasarımı hedeflenmiştir. Geliştirilmesi planlanan metriklerin harekete bağlı dinamiklerin sınıflandırılmasında diğer spor branşlarında da kullanılabileceği öngörülmektedir.

Sınıflandırma

Frekans spektrumu prosesi hızlandırmak için 30 olarak seçilmiştir. Hareket serilerinde tekrarlar kayıp gözlemlenmiştir ancak 25 sensör ile kayıt yapılmıştır. Sensörde bir kayıp söz konusu değildir. Her bir sensörün 30 tane frekansı oldu. Sağ ve sol tekrarı olan hareketlerin mat datası birleştirilmiştir tek bir dataya gömülmüştür. Sağ ve sol tekrarları

birleştirilen 6 farklı hareket serisi daha sonrasında her bir sporcunun verisi birleştirilerek tek bir data haline getirilmiştir. 25 sensör, 30 frekans ve 25 tekrar üzerinden tüm data bir öznitelik oluşturulmuştur. 30 frekans x 25 sensör =750 kolon oluşturulmuştur. 6 sınıfa ayrılan veriler, seçilen parametreler ile öğrenmeye çalışılıp öznitelikler frekans spektrumunu doğru açıklıyor mu? sorusunun cevabı aranmıştır. Eğer rasgele olsaydı, sınıflandırma için %16,6 başarı oranı elde edilmesi beklenirdi. Sonuç olarak %20 kabul edilebilir bir başarı oranı olabilirdi. Frekans spektrumunun tercih edilme amacı zamandan kurtulmaktır, zamanın yarattığı hareket artifaktı yani gürültü bu şekilde ayıklanması beklenmektedir. Her bir sınıf için birer hareket serisi oluşturulup, sınıflandırma yapılacaktır. DVM, KNN (K-en yakın komşu)'dan daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 5: Farklı sınıflandırma yöntemleri aynı verinin sınıflandırma başarı oranları:

	Sınıflandırma Yöntemi	ROC Eğrisi değeri	AUC değeri
1	Doğrusal DVM	(0,03;0,89)	0,97
2	Karesel DVM	(0,01;0,93)	0,98
3	Kübik DVM	(0,02;0,94)	0,98
4	Hassas Gauss DVM	(0,00;0,56)	0,94
5	Orta Ölçekli Gauss DVM	(0,00;0,91)	0,98
6	Kaba Gauss DVM	(0,04;0,80)	0,93
7	Gauss Naive Bayes	(0,14;0,79)	0,84
8	Hassas KNN (K-EN YAKIN KOMŞU)	(0,26;0,98)	0,86
9	Orta Ölçekli KNN (K-EN YAKIN KOMŞU)	(0,31;0,96)	0,90
10	Kaba KNN (K-en yakın komşu)	(0,25;0,88)	0,92
11	Kosinüs KNN (K-en yakın komşu)	(0,18;0,88)	0,89
12	Ağırlıklandırılmış KNN (K-en yakın komşu)	(0,30;0,96)	0,90
13	Doğrusal Ayırteden	(0,04;0,91)	0,98
14	Hassas Ağaç	(0,04;0,92)	0,92
15	Orta Ölçekli Ağaç	(0,06;0,70)	0,89
16	Kaba Ağaç	(0,21;0,77)	0,82
17	DVM Temel Bileşenler Analizi%95 varyans	(0,01;0,95)	0,99
18	Ağaç Temel Bileşenler Analizi%95 varyans	(0,05;0,83)	0,94

Farklı sınıflandırma yöntemleri ile aynı verinin yüzde kaç başarı ile sınıflandırıldığı Tablo 5’de verilmiştir. Bu değerlerin konfüzyon matrislerindeki her bir sonucun tablolarına göre gerçek hareket paterninin sınıflandırılması değerlendirilecektir.

Çalışmada analiz edilmesi gereken verilerin başarılı bir şekilde sınıflandırılabilmesi için karar destek makineleri DVM (Doğrusal DVM, Karesel DVM, Kübik DVM, Hassas Gauss DVM, Orta Ölçekli Gauss DVM, Kaba Gauss DVM, Support Vector Machine), ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) (Hassas KNN (**K-en yakın komşu**), Orta Ölçekli KNN (**K-en yakın komşu**), Kaba KNN (**K-en yakın komşu**), Kosinüs K(**K-en yakın komşu**), Ağırlıklandırılmış KNN (**K-en yakın komşu**) Gaussian Naive Bayes, Doğrusal Siacriminant, Hassas, Orta Ölçekli ve Kaba yöntemleri denenmiştir.

DVM, eğitim verilerinin koordinat bilgilerine dayanarak analiz edildiğinde en doğru sonucu verdiği gözlemlenmiştir.

DVM Destek Vektör Makineleri, eğitim verilerinin en uygun şekilde ayrıştırılmasını lineer ve lineer olmayan yöntemlerle başarabilmektedir. Makine öğrenimi aşamasında geometrik özellikleri ve çekirdek fonksiyonlarını kullanmaktadır. (Sevindir, 2018) Gözetimli öğrenme (supervised learning) metodu olarak bilinen DVM karar destek makineleri, çoklu sınıflandırmalar için kullanıldığında ise hangi verinin hangi sınıfa ait olduğu bilgisini kullanarak birbirinden uzakta olacak şekilde sınıflandırır. (Hanife Kanat Usta, 2018). Araştırma da denen sınıflandırma yöntemleri arasında en başarılı sonuçlar DVM ile elde edilmiştir.

Gaussian Naive Bayes sınıflandırma yöntemi, Bayes teoremi üzerine kurulmuştur. Bu teoreme göre makine öğreniminde sınıflandırma değişkenlerinin tahminleri hesaplanır. (On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss, 1997) Bu yöntem, hareketli ve hareketsiz deneylerin sınıflandırılmasında da kullanılabilir. (Akbulut, 2019) yapılan araştırmalar referans alınarak, Aikido hareket serilerinin fiziksel ölçümlerinin yapılabileceği gibi, gelecek projelerde EEG analizleri ile antrenmanların mental gelişime etkileri de incelenebilecektir. Uygulama kolaylığı ve başarı oranının

yüksek olması sebebiyle birçok araştırmada bu sınıflandırma yöntemi tercih edilmektedir. (Haltaş, 2015)

ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) K-Nearest Neighborhood yöntemleri, patern sınıflandırma verilerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Çoklu olarak elde edilen veri gruplarını belirlenen özneliklere dayanarak eğitir ve aralarındaki benzerliklere göre sınıflandırma yapabilmektedir. (Ahmed M. A. Mohamed, 2020)

Doğrusal Ayırteden sınıflandırması, makine öğreniminde patern tanımlama yaparken aynı sınıf içindeki verilerin değişikliklerini azaltmaya ve aralarındaki bölünmeyi arttırmaya odaklanır. (Anfal Thaer Alrahlawee, 2019)

Hassas, Orta Ölçekli ve Kaba yöntemleri ise, girdi değişkenlerini kullanarak çıktı değerini sınıflandırma için kullanılır. Çalışma prensibi olarak, bir ağacın dalları gibi özneliklere ulaşır ve bu bilgilerin hangi sınıfa ait olduğunu bulmak için kullanır. (Duru, 2019)

Model 1.1 (Linear SVM)

True Class	1	2	3	4	5	6
1	664	9	24	17	14	22
2	38	584	40	57	77	4
3	52	56	525	53	87	2
4			2	785	9	4
5	42	59	69	104	449	2
6	1			43	4	752
Predicted Class	1	2	3	4	5	6

Şekil 30: Doğrusal DVM Karışıklık Matrisi

Doğrusal DVM sınıflandırma yöntemi;

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 664 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 38 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 42 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 584 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 56 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 69 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 525 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 24 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 69 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 785 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 57 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 104 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 449 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 14 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 77 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 87 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 752 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 22 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
 Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 1.2 (Quadratic SVM)

1	700	1	7	17	4	21
2	3	667	23	54	50	3
3	24	32	598	54	65	2
4			2	795		3
5	18	21	43	104	537	2
6				39	1	760
	1	2	3	4	5	6
	Predicted Class					

Şekil 31: Karesel DVM Karışıklık Matrisi

Karesel DVM sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 700 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 24 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 667 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 32 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 21 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 598 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 23 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 795 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 104 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 537 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 50 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 65 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 760 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 21 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

Olarak sonuç vermiştir.

Model 1.3 (Cubic SVM)

	1	2	3	4	5	6
1	705	1	4	17	5	18
2	11	672	22	54	40	1
3	31	20	593	51	76	4
4	1		1	795		3
5	19	17	46	104	537	2
6				39	1	760
True Class	1	2	3	4	5	6
Predicted Class	1	2	3	4	5	6

Şekil 32: Kübik DVM Karışıklık Matrisi

Kübik DVM sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 747 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 11 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 31 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 672 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 593 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 22 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 46 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 795 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 51 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 104 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 537 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 76 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 532 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

Sonuç vermiştir.

Model 1.4 (Fine Gaussian SVM)

	1	2	3	4	5	6
1	417	270	30	28	2	3
2		747		53		
3		704	26	43	2	
4		126	116	557		1
5	1	609	9	100	6	
6		67	136	64	1	532
True Class	Predicted Class					

Şekil 33: Hassas Gauss DVM Karışıklık Matrisi

Hassas Gauss DVM sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 417 tanesi 1. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 5.sınıfı ait olan hareket verilerinin 1 tanesini 1. Sınıfı ait olarak bulmuştur.
- **Gerçekte 2. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 747 tanesi 2. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 270 tanesi 2. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 704 tanesi 2. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 126 tanesi 2. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 609 tanesi 2. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 67 tanesi 2. Sınıfı ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 26 tanesi 3. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 747 tanesi 3. Sınıfı ait olarak Gerçekte 4. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 747 tanesi 3. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 747 tanesi 3. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 747 tanesi 3. Sınıfı ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 557 tanesi 4. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 28 tanesi 4. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 4. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 4. Sınıfı ait olarak,, Gerçekte 5. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 100 tanesi 4. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 64 tanesi 4. Sınıfı ait olarak
- **Gerçekte 5. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 6 tanesi 5. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 5. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 5. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfı ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfı ait olan** hareket verilerinin 532 tanesi 6. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfı ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfı ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfı ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 1.5 (Medium Gaussian SVM)

True Class	1	2	3	4	5	6
1	679	5	10	19	19	18
2		653	17	54	75	1
3	4	32	612	51	76	
4			2	794	1	3
5	8	25	51	103	537	1
6				45	3	752

Şekil 34: Orta Ölçekli Gauss DVM Karışıklık Matrisi

Orta Ölçekli Gauss DVM sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 679 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 653 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 32 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 612 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 51 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 794 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 51 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 103 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 44 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 537 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 75 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 76 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 752 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5.Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

olarak sonuç vermiştir.

Model 1.6 (Coarse Gaussian SVM)

1	602	3	29	18	73	25
2	30	477	67	55	169	2
3	62	35	510	52	113	3
4			1	774	5	20
5	79	19	116	103	406	2
6				43	2	755
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 35: Kaba Gauss Karışıklık Matrisi

Kaba Gauss sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 602 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 30 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 62 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 79 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 477 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 35 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 510 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 29 tanesi 3. Sınıfa ait olarak Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 67 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 116 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
 - **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 774 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 55 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 103 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
 - **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 406 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 73 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 169 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 113 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
 - **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 755 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5.Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
- sonuç vermiştir.

Model 2.1 (Gaussian Naive Bayes)

1	589	27	19	16	59	40
2	103	422	86	54	135	
3	292	39	234	52	156	2
4		1		708	37	54
5	166	17	109	105	325	3
6				80	117	603
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 36: Gussi Naive Bayes Karışıklık Matrisi

Gauss Naive Bayes sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 589 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 103 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 292 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 166 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 422 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 27 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 234 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 86 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 109 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 708 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 16 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 105 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 80 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 325 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 59 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 135 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 156 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 37 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 117 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 603 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 3.1 (Fine KNN)

1	732			2	1	15
2	212	523	22	1	35	7
3	300	19	418	4	24	10
4	129		2	617		52
5	340	7	44	1	315	18
6	39		2	6	1	752
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 37: Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi

Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 732 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 212 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 300 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 129 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 340 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 523 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 418 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 22 tanesi 3. Sınıfa ait olarak Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 44 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 617 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 315 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 35 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 24 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 752 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 15 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 3.2 (Medium KNN)

1	720		1	1		28
2	284	441	33		34	8
3	369	15	353	5	25	8
4	126			625		49
5	393	4	47	3	261	17
6	39			7		754
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 38: Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi

Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 720 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 284 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 369 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 126 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 393 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 441 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 15 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 353 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 33 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 47 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 625 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 261 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 34 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 754 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 28 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 49 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

olarak sonuç vermiştir.

Model 3.3 (Coarse KNN)

1	662	17	6	3	9	53
2	313	336	40		99	12
3	391	62	226	8	76	12
4	1	125		567		107
5	261	102	34	9	294	25
6	1	38		5		756
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 39: Kaba KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi

Kaba KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma modeli,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 662 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 313 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 391 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 261 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 336 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 62 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 125 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 102 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 38 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 226 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 34 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 567 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 294 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 99 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 76 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 756 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 12 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 12 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 107 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 3.4 (Cosine KNN)

1	660	36	17	4		33
2	143	583	40	10	16	8
3	123	195	427	14	13	3
4	205		3	570		22
5	181	156	127	40	205	16
6	59		1	22		718
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 40: Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi

Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma modeli,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 660 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 143 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 123 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 205 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 181 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 59 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 583 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 36 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 195 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 156 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 427 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 127 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 570 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 14 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 22 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 205 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 16 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 13 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 718 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 33 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 22 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 16 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 3.6 (Weighted KNN)

1	719		1	1		29
2	266	454	35		36	9
3	353	14	369	5	26	8
4	126			617		57
5	380	4	43	1	280	17
6	39			5		756
	1	2	3	4	5	6
	Predicted Class					

Şekil 41: Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) Karışıklık Matrisi

Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 719 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 266 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 353 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 126 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 380 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 454 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 14 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 369 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 35 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 617 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 280 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 36 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 26 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 756 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 29 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 57 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 4.1 (Linear Discriminant)

1	681	14	8	5	20	22
2	60	578	27	18	112	5
3	43	69	531	23	101	8
4		2	10	667	118	3
5	29	96	58	40	499	3
6	6	1	3	27	27	736
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 42: Doğrusal Ayırmeden Karışıklık Matrisi

Doğrusal Ayırmeden sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 662 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 313 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 391 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 261 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 336 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 62 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 125 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 102 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 38 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 226 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 34 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 567 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 294 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
• Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 99 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 76 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 756 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 12 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 12 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 107 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 5.1 (Fine Tree)

1	567	37	57	16	69	4
2	47	536	62	57	92	6
3	39	49	491	45	145	6
4	6	1	6	761	6	20
5	42	41	115	107	416	4
6	9	3	6	63	11	708
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 43: Hassas Karışıklık Matrisi

Hassas sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 567 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 47 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 42 tanesi 1. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 536 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 37 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 49 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 41 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 491 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 57 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 62 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 115 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 761 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 16 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 57 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 45 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 107 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 63 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 416 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 69 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 92 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 145 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 11 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 708 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5.Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 5.2 (Medium Tree)

True Class	1	2	3	4	5	6
1	523	83	67	20	46	11
2	83	508	100	57	45	7
3	92	64	490	53	73	3
4			10	761	3	26
5	72	61	304	113	169	6
6	4	1	13	73	19	690
Predicted Class	1	2	3	4	5	6

Şekil 44: Orta Ölçekli Karışıklık Matrisi

Orta Ölçekli sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 523 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 83 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 92 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 72 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 508 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 83 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 64 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 61 tanesi 2. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 490 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 67 tanesi 3. Sınıfa ait olarak Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 100 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 304 tanesi 3. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 13 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 761 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 57 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 113 tanesi 4. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 73 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 169 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 46 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 45 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 73 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 5. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 690 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 11 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 26 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5.Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 5.3 (Coarse Tree)

1	578	30	55	21	43	23
2	187	371	104	55	73	10
3	378	23	180	63	111	20
4	5		15	699	13	68
5	218		180	124	149	54
6	34		55	72	38	601
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 45: Kaba Karışıklık Matrisi

Kaba sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 578 tanesi 1.Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 187 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 378 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 218 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 34 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 371 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 30 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 23 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 180 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 55 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 104 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 15 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 180 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 55 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 699 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 21 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 55 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 63 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 124 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 72 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 149 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 73 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 111 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 13 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 38 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 601 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 23 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 68 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5.Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 6 (Cubic SVM)

True Class	1	2	3	4	5	6
1	716		6	17	8	3
2	12	677	25	54	29	3
3	8	21	616	53	75	2
4	1		1	789	3	6
5	7	20	46	107	544	1
6			1	43		756
Predicted Class	1	2	3	4	5	6

Şekil 46: Kübik DVM

Kübik DVM sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 716 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 12 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 7 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 677 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 21 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 20 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 616 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 25 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 46 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 789 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 17 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 54 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 107 tanesi 4. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 43 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 544 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 8 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 29 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 75 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 5. Sınıfa ait olarak

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 756 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 3 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 6. Sınıfa ait olarak, Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

sonuç vermiştir.

Model 7 (Fine Tree)

1	625	19	42	18	40	6
2	37	554	50	56	102	1
3	55	52	473	53	141	1
4	2		5	781	2	10
5	66	39	127	109	382	2
6	16	4	2	52	9	717
	1	2	3	4	5	6

Predicted Class

Şekil 47: Temel Bileşenler Analizi 95% varyans

Hassas sınıflandırma yöntemi,

- **Gerçekte 1. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 625 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 37 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 55 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 66 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 16 tanesi 1. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 2. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 554 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 19 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 39 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 4 tanesi 2. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 3. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 473 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 42 tanesi 3. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 50 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 5 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 127 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 3. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 4. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 781 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 18 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 56 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 53 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 4. Sınıfa ait olarak
Gerçekte 6. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 52 tanesi 4. Sınıfa ait olarak,
- **Gerçekte 5. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 382 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 40 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 102 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 141 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 9 tanesi 5. Sınıfa ait olarak,

- **Gerçekte 6. Sınıfa ait olan** hareket verilerinin 717 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 1. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 6 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 2. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 3. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 1 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 4. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 10 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,
Gerçekte 5. Sınıfa ait olan hareket verilerinin 2 tanesi 6. Sınıfa ait olarak,

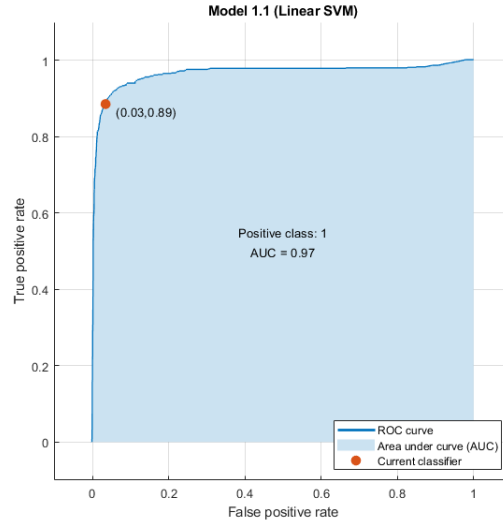
sonuç vermiştir.

ROC Eğrisi

Sınıflandırma yöntemleri aracılığıyla doğru bulunan oranlar ile yanlış bulunan oranlar gözlemlenecektir. ROC eğrileri ile doğru pozitifler bulunacaktır. Rastgele bir sistem olsaydı düz bir çizgi elde edilebilir, hata oranı az ise 1'e yakın sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir.

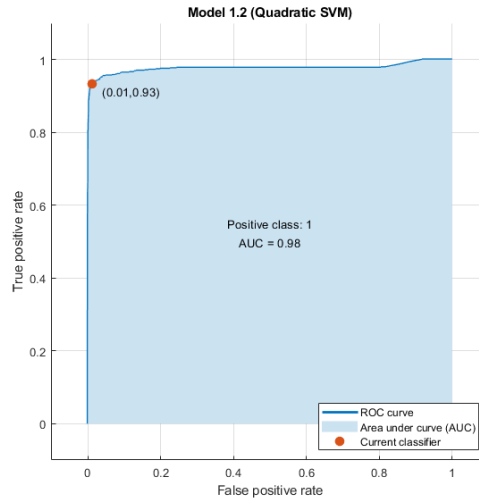
Tablo 6: Farklı sınıflandırma yöntemleri aynı verinin ROC Eğrisi:

	Sınıflandırma Yöntemi	ROC Eğrisi değeri	AUC değeri
1	Doğrusal DVM	(0,03;0,89)	0,97
2	Karesel DVM	(0,01;0,93)	0,98
3	Kübik DVM	(0,02;0,94)	0,98
4	Hassas Gauss DVM	(0,00;0,56)	0,94
5	Orta Ölçekli Gauss DVM	(0,00;0,91)	0,98
6	Kaba Gauss DVM	(0,04;0,80)	0,93
7	Gauss Naive Bayes	(0,14;0,79)	0,84
8	Hassas KNN (K-en yakın komşu	(0,26;0,98)	0,86
9	Orta Ölçekli KNN (K-en yakın komşu	(0,31;0,96)	0,90
10	Kaba KNN (K-en yakın komşu	(0,25;0,88)	0,92
11	Kosinüs KNN (K-en yakın komşu	(0,18;0,88)	0,89
12	Ağırlıklandırılmış KNN (K-en yakın komşu	(0,30;0,96)	0,90
13	Doğrusal Ayırteden	(0,04;0,91)	0,98
14	Hassas	(0,04; 0,76)	0,92
15	Orta Ölçekli	(0,06;0,70)	0,89
16	Kaba	(0,21;0,77)	0,82
17	DVM Temel Bileşenler Analizi%95 varyans	(0,01;0,95)	0,99
18	Ağaç Temel Bileşenler Analizi%95 varyans	(0,05;0,83)	0,94



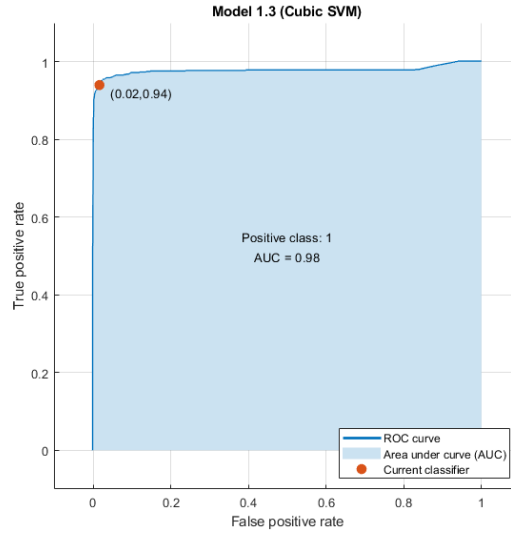
Şekil 48: Doğrusal DVM ROC Eğrisi

Doğrusal DVM sınıflandırma yönteminde %80,8 başarı oranı, AUC değeri 0,97 ve ROC Eğrisi değeri (0,03; 0,89) elde edilmiştir.



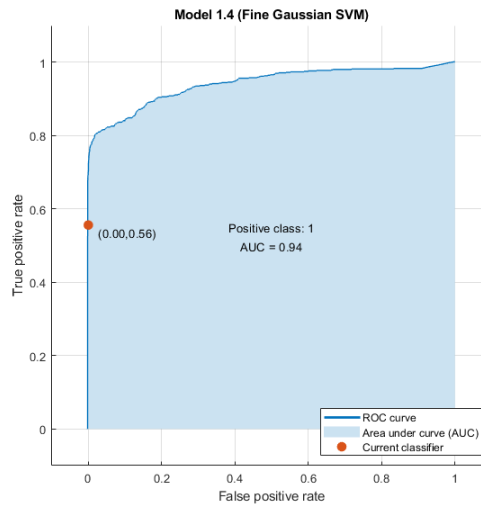
Şekil 49: Karesel DVM ROC Eğrisi

Karesel DVM sınıflandırma yönteminde %87,2 başarı oranı, AUC değeri 0,98 ve ROC Eğrisi değeri (0,01; 0,93) elde edilmiştir.



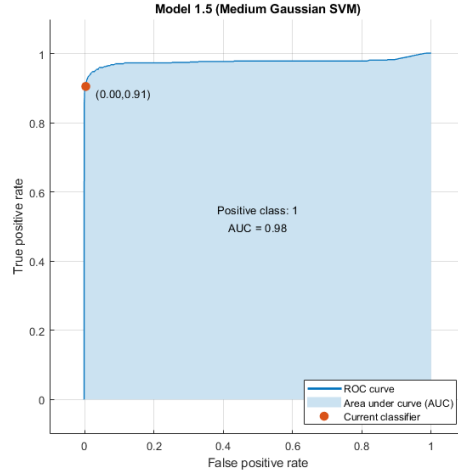
Şekil 50: Kübik DVM ROC Eğrisi

Kübik DVM sınıflandırma yönteminde %87,4 başarı oranı, AUC değeri 0,98 ve ROC Eğrisi değeri (0,02; 0,94) elde edilmiştir.



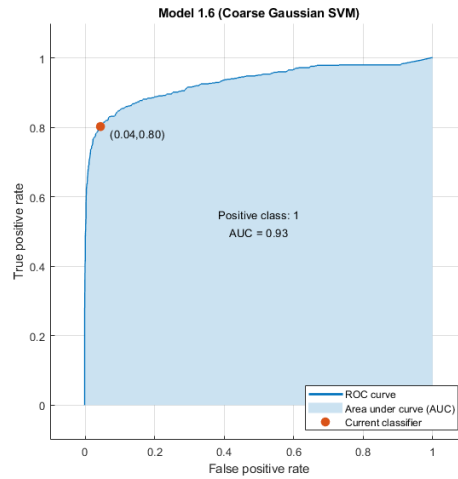
Şekil 51: Hassas Gauss DVM

Hassas Gauss DVM sınıflandırma yönteminde %49,1 başarı oranı, AUC değeri 0,98 ve ROC Eğrisi değeri (0,00; 0,56) elde edilmiştir.



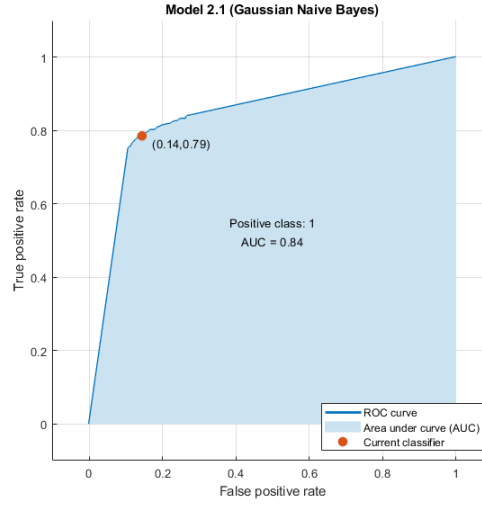
Şekil 52: Orta Ölçekli Gauss DVM

Orta Ölçekli Gauss DVM sınıflandırma yönteminde %86,6 başarı oranı, AUC değeri 0,98 ve ROC Eğrisi değeri (0,00; 0,91) elde edilmiştir.



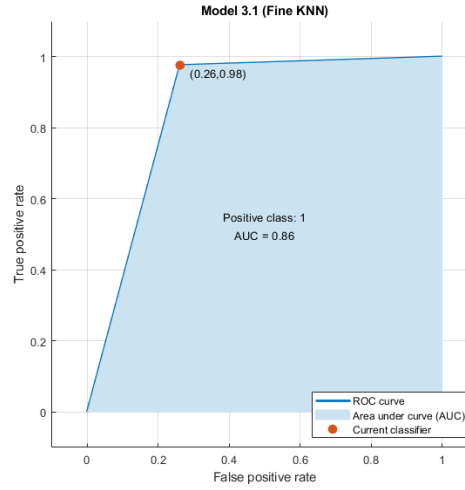
Şekil 53: Kaba GaussROC Eğrisi

Kaba Gauss DVM sınıflandırma yönteminde %75,8 başarı oranı, AUC değeri 0,93 ve ROC Eğrisi değeri (0,04; 0,80) elde edilmiştir.



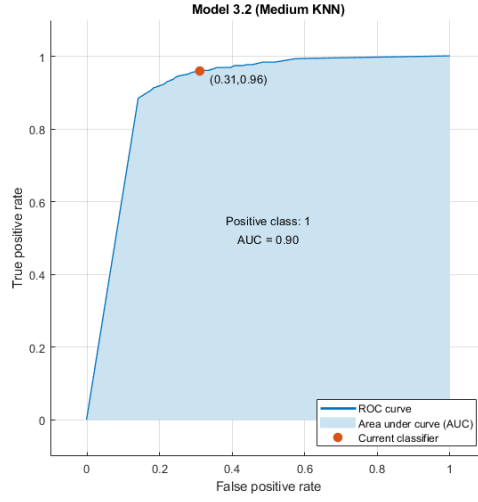
Şekil 54: Gaussian Naive Bayes ROC Eğrisi

Gaussian Naive Bayes sınıflandırma yönteminde %62 başarı oranı, AUC değeri 0,84 ve ROC Eğrisi değeri (0,14; 0,79) elde edilmiştir.



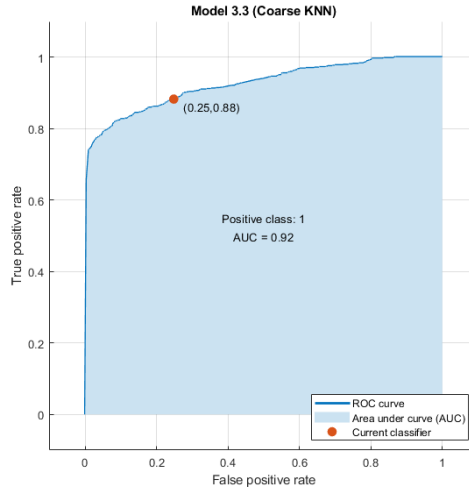
Şekil 55: Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Hassas ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yönteminde %72,2 başarı oranı, AUC değeri 0,86 ve ROC Eğrisi değeri (0,26; 0,98) elde edilmiştir.



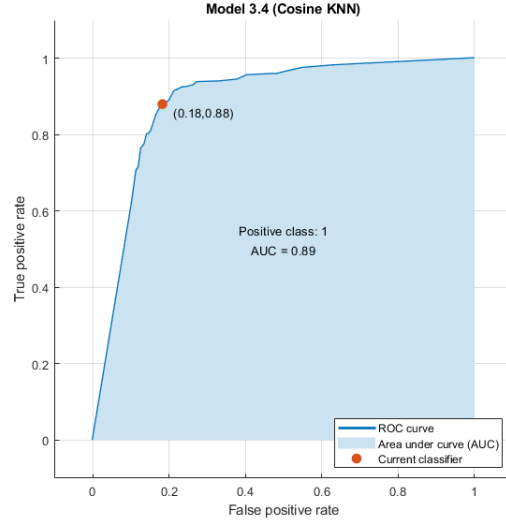
Şekil 56: Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Orta Ölçekli ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yönteminde %67,8 başarı oranı, AUC değeri 0,90 ve ROC Eğrisi değeri (0,31; 0,96) elde edilmiştir.



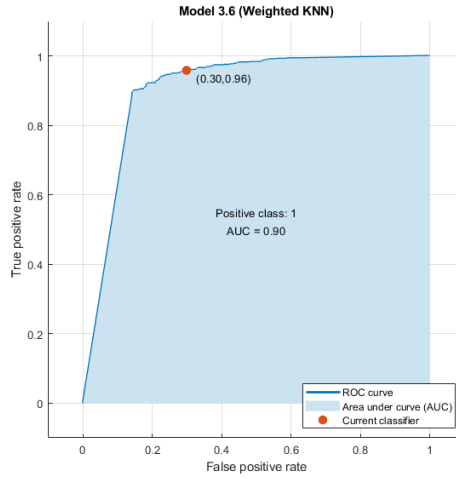
Şekil 57: Kaba KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Kaba KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yönteminde %61,1 başarı oranı, AUC değeri 0,92 ve ROC Eğrisi değeri (0,25; 0,88) elde edilmiştir.



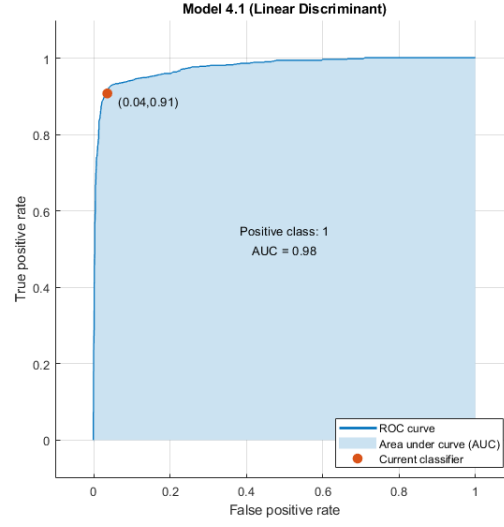
Şekil 58: Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Kosinüs ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yönteminde %68,0 başarı oranı, AUC değeri 0,89 ve ROC Eğrisi değeri (0,18;0,88) elde edilmiştir.



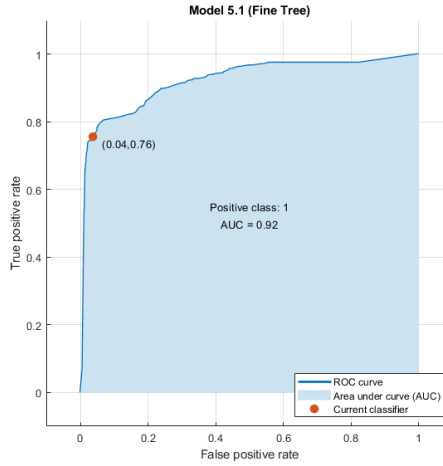
Şekil 59: Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) ROC Eğrisi

Ağırlıklandırılmış ROC Eğrisi KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırma yönteminde %68.7 başarı oranı, AUC değeri 0.84 ve ROC Eğrisi değeri (0.30, 0.90) elde edilmiştir.



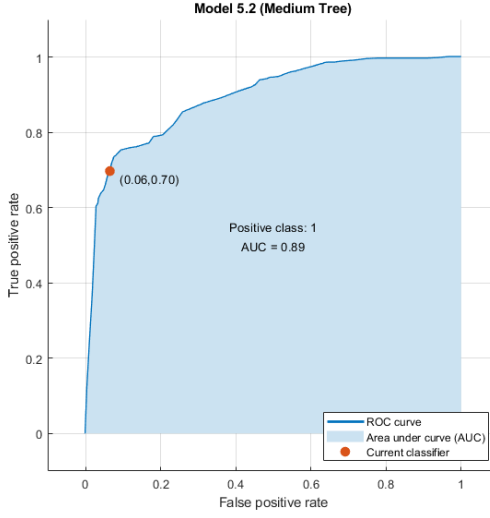
Şekil 60: Doğrusal Ayırteden ROC Eğrisi

Doğrusal Ayırteden sınıflandırma yönteminde %79,4 başarı oranı, AUC değeri 0,98 ve ROC Eğrisi değeri (0,04; 0,91) elde edilmiştir.



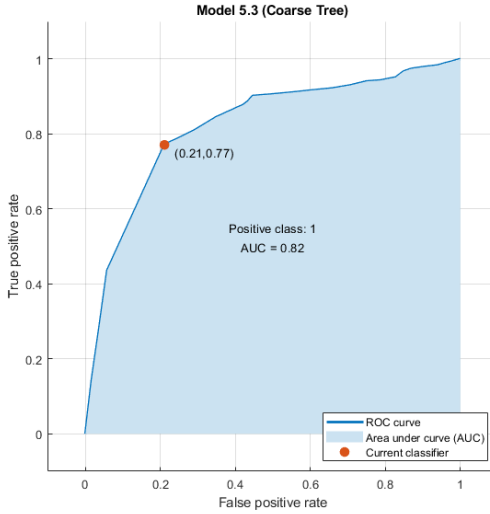
Şekil 61: Hassas ROC Eğrisi

Hassas sınıflandırma yönteminde %74,8 başarı oranı, AUC değeri 0,92 ve ROC Eğrisi değeri (0,04; 0,76) elde edilmiştir.



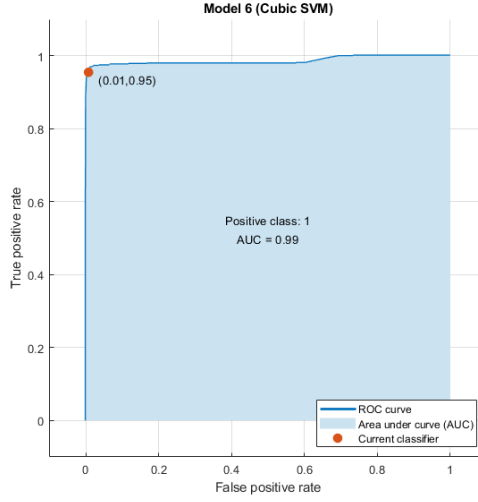
Şekil 62: Orta Ölçekli ROC Eğrisi

Orta Ölçekli sınıflandırma yönteminde %67,5 başarı oranı, AUC değeri 0,89 ve ROC Eğrisi değeri (0,06; 0,70) elde edilmiştir.



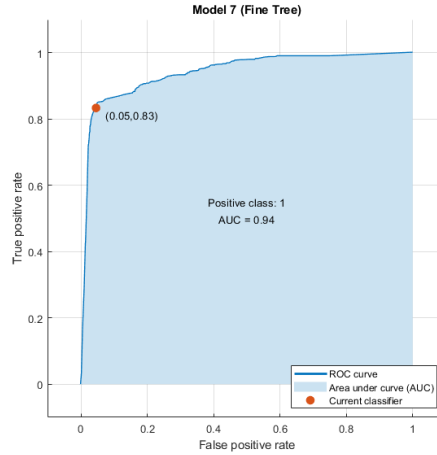
Şekil 63: Kaba ROC Eğrisi

Kaba sınıflandırma yönteminde %55.4 başarı oranı, AUC değeri 0.82 ve ROC Eğrisi değeri (0.21, 0.) elde edilmiştir.



Şekil 64: DVM Temel Bileşenler Analizi 95% varyans ROC Eğrisi

DVM Temel Bileşenler Analizi 95% varyans sınıflandırma yönteminde %88,1 başarı oranı, AUC değeri 0,99 ve ROC Eğrisi değeri (0,01; 0,95) elde edilmiştir.



Şekil 65: Ağaç Temel Bileşenler Analizi 95% varyans

Ağaç Temel Bileşenler Analizi 95% varyans sınıflandırma yönteminde %76,0 başarı oranı, AUC değeri 0,94 ve ROC Eğrisi değeri (0,05; 0,83) elde edilmiştir.

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, üzerinde kızılötesi giriş ve çıkış, ayrıca KYM girişi bulunan Kinect Xbox V2 kamerası ve Windows tabanlı 64 bit Intel Core i7 dört çekirdekli işlemci ve 16 BG RAM'e sahip bir dizüstü bilgisayar, yazılım olarak ise Marmara Üniversitesinin sağladığı öğrenci lisanslı Matlab 2020b yazılımı kullanılmıştır. Bu sistem ile uzaktan hareket algılanma sistemi tasarlanmıştır. Algılanma yöntemini seçerken, sporcuların üzerine fiziksel değil sanal sensörlerin tercih edilmesinin sebebi ise sporcuların daha rahat ve gerçekçi hareket etmeleri için olanak sağlamaktır. Bu verileri toplarken tek bir sporcudan tek ve düzgün veriler almaktansa durmaksızın tekrarlar ile hareketin bozulmaları ve farklı tekrarları da toplanmıştır. Bu sayede verilerin güvenilirliği artırılmıştır. Araştırmaya 5 farklı dojodan, 16 gönüllü katılmıştır. 6 adımlama 16 kişi tarafından 50'şer kez tekrar edilmiş ve 4800 veri toplanmıştır. Benzer çalışmalarda kullanılan sınıflandırma yöntemleri denenmiştir (Duru, 2019). Veriler analiz edilirken bazı veri kayıpları olmuştur ancak, kameranın insan postürünü algıladığı 25 sensör sabittir ve sanal sensörlerde bir kayıp söz konusu değildir. Veriler farklı kişilerden, farklı zamanlarda ancak aynı kalibrasyonda toplanmıştır. Sporcuların, aynı hareketler için kendi tekrarları arasında bile fark gözlemlenmiştir. Sporcular arasında da hareket süreleri, kullanılan patikanın alanındaki farklılıklar ve yorgunluk gibi parametreleri ortadan kaldırmak için frekans domaininde veriler normalize edilmiştir. Sporcular arasındaki farklar ortadan kaldırılıp, hareket üzerindeki farklar değerlendirilmiştir. Daha sonra, sporcular arasındaki çevresel ve anatomik farklılıkların hareket paternleri üzerinde farklılıklara sebep olduğu gözlemlenmiştir. Verisi toplanan 6 hareket serisi belirlenen parametreler ile makine öğrenimi başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.

Farklı sınıflandırma yöntemleri denenerek en başarılı sonuç DVM %87.4 yöntemi ile elde edilmiştir. İstatistiksel olarak elde edilen sonuçlar, ROC eğrisi ve AUC değerleri ile tabiidir. hata oranı arttıkça eğriler 0'a yaklaşmış, hata oranı azaldıkça 1'e pozitifte doğru yaklaşmıştır.

Gelecek çalışma olarak Aikido savaş sanatlarında başlangıç seviyesindeki bir sporcu ile en üst kemer sporcu arasında aynı hareket serisi karakteristiğinde farklılık vardır? sorusunun cevabı aranacaktır.



- Ahmed M. A. Mohamed, O. N. (2020). Classification of Resting-State Status Based on Sample Entropy and Power Spectrum of Electroencephalography (EEG). *Applied Bionics and Biomechanics Hindawi*.
- Ahmet HALTAŞ, A. A. (2015). Metin Sınıflandırmada Sezgisel Arama Algoritmalarının Performans Analizi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University.
- Anfal Thaer ALRAHLAWEE, A. D. (2019). Cloud Authentication Based Face Recognition Technique. *AURUM JOURNAL OF ENGINEERING SYSTEMS AND ARCHITECTURE*, (s. olume 3, No 1 | Summer 2019, 79-96).
- Antonioni, E., Suriani, V., Massa, N., & Nardi, D. (2020). Autonomous and Remote Controlled Humanoid Robot for Fitness Training. *Companion Publication of the 2020 International Conference on Multimodal Interaction*.
- Arı, A., Arı, B., & Alçın, Ö. F. (2020). Elektromiyografi Sinyallerinin Permütasyon Entropi ve Bir Boyutlu Yerel İkili Özellikler Kullanılarak Sınıflandırılması. *İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*.
- Aydın, S., & Akyüz, S. (2017). Support vector machines in classifying normal and aggressive muscle actions of electrophysiological entropies. *2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering, ELECO 2016*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Buric, M., Ivasic-Kos, M., & Pobar, M. (2019). Player Tracking in Sports Videos. *IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom) Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*. Sidney, Avustralya: IEEE Conference.
- Chaumette, S. (2020). Resilience by design is mandatory to support the certification of the embedded/artificial intelligence of an autonomous swarm of drones. *IEEE/AIAA 39th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*. San Antonio, Amerika: IEEE Conference.
- Corso, A., Du, P., Driggs-Campbell, K., & Kochenderfer, M. (2019). Adaptive Stress Testing with Reward Augmentation for Autonomous Vehicle Validation. *IEEE ITSC 2019*. <http://arxiv.org/abs/1908.01046> adresinden alındı
- Du, F., Zhao, Y., Gao, L., & Wang, W. (2017). Evaluation of the Autonomous Parking System Based on BP Neural Network. *9th International Congerence on Intelligent Human Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*. Hangzhou, China: IEEE Conference.
- DURU, A. D. (2019). Determination of Increased Mental Workload Condition From EEG by the Use of Classification Techniques. *EEG Classification under increased Mental Workload*, (s. Int. J. Adv. Eng. Pure Sci. 2019, 1: 47-52).
- Galan, D., & Mihalache, G. (2017). The Knife - Attacking And Defensive Dangerous. *Scientific Research And Education In The Air Force – Afases2017*.
- Ge, X., Yin, Y., & Feng, S. (2018). Application Research of Computer Artificial Intelligence. *Research Article*. Sichuan, Çin: EDAM.
- Gebreyohannes, S. K. (2020). Applying Model-Based Systems Engineering to the Development of a Test and Evaluation Tool for Unmanned Autonomous Systems. *Applying Model-Based Systems Engineering to the Development of a*

- Test and Evaluation Tool for Unmanned Autonomous Systems*. Montreal, QC, Canada: IEEE Conference.
- Gebreyohannes, S., Karimoddini, A., & Homaifar, A. (2020). Applying Model-Based Systems Engineering to the Development of a Test and Evaluation Tool for Unmanned Autonomous Systems. *2020 IEEE International Systems Conference (SysCon) Systems Conference (SysCon), 2020 IEEE International. :1-7 Aug, 2020*. Montreal, QC, Canada: IEEE Conference.
- Girifintilioğlu, Ç. (2009). Zaman Serilerinde Entropi Optimizasyon Yöntemleri. *Doktora Tezi*.
- Hanife Kanat Usta, N. U. (2018). Talent Classification of Motoric Parameters with Support Vector Machine. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORTS EXERCISE & TRAINING SCIENCES*.
- Huseyin AKBULUT, S. G. (2019). Classification Of Eeg Signals Using Alpha And Beta Frequency Power During Voluntary Hand Movement. IEEE.
- Hülya KODAL SEVİNDİR, S. Ç. (2018). Makine öğrenmesi algoritmaları ve dalgacık dönüşümü ile EKG sinyalinden özellik çıkarımı. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 20(1), 94-109, (2018)*.
- Inês C.J. Barbosa, J. M. (2019). Characterization of a dance movement using a Kinetic camera. *IEEE 6th Portuguese Meeting on Bioengineering (ENBENG) Bioengineering (ENBENG)*. Lizbon, Portekiz: IEEE Conference.
- Jariyavajee, C., Faphatanchai, A., Saeheng, W., Tuntithawatchaikul, C., Sirinaovakul, B., & Polchhai, J. (2019). An Improvement in Fall Detection System by Voting Strategy. *4th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*.
- Keçeli, A. S., & Can, A. B. (2014). Zaman Serilerinden Nitelik Çıkarımı Tabanlı Hareket Tanıma. *IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2014)*. Trabzon.
- Kimmel, M., & Rogler, C. R. (2018). Affordances in Interaction: The Case of Aikido. 2019 Clarivate Analytics, Journal Citation Reports® for 2018 ranks Ecological Psychology 86/88 in Psychology, Experimental and the 5-Year Impact Factor is 1.363.
- Koshida, S., Ishii, T., Matsuda, T., & Hashimoto, T. (2017). Kinematics of judo breakfall for osoto-gari: Considerations for head injury prevention. *Journal of Sports Sciences*.
- Koşan, M. A., Coşkun, A., & Karacan, H. (2019). Yapay Zekâ Yöntemlerinde Entropi. *Bilişim Sistemleri ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*.
- Li , Q., & Wang, S. (2020). Design of Tai-Chi Push-Hands Robot Control System and Construction of Visual Platform. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*. Hefei, Çin: IEEE Conference.
- Li, N., Oyler, D., Zhang, M., Girard, A., & Kolmanovsky, I. (2016). Hierarchical reasoning game theory based approach for evaluation and testing of autonomous vehicle control systems. *IEEE 55th Conference on Decision and Control (CDC)*. Las Vegas, NV, Amerika: IEEE Conference.
- Ma, Q., Kobayashi, E., Wang, J., Hara, K., Suenega, H., Sakuma, I., & Masamune, K. (2019). Development and preliminary evaluation of an autonomous surgical

- system for oral and maxillofacial surgery. *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, August 2019.
- Mayr, O., Tadayon, P., & Felderhoff, T. (2019). Evaluation of inertial Sensors and optical measurement methods for head and shoulder angle motion analysis. <https://doaj.org/article/30b95b5e8f68410ea212a7d778e8a8cd> adresinden alındı
- Muddassar, U., Sajid, A., Mahmood, I., & ue Rehman , N. (2020). Bowling Action Analysis using Microsoft Kinect Xbox 360. *3rd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*. Sukkur, Pakistan: IEEE Conference.
- On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss. (1997). *Machine Learning*, 29, 103–130 (1997). The Netherlands.
- Purnama, J., Wijaya, A., Taslim, J., Young, J., & Galinium, M. (2019). Facial Expression Recognition using Multiple Kinect version 2 Cameras. *1st International Conference on Advance and Scientific Innovation*. Scopus.
- Salazar, K. A., Garcia, J. S., Mateus, A. S., & Percybrooks, W. S. (2017). Autonomous recognition of martial arts forms using RGB-D cameras. *Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias en Ingenieria (CONITI) de Innovacion y Tendencias en Ingenieria (CONITI), 2017 Congreso Internacional*. . Barrabquilla: IEEE Conference.
- Santos, O. C., & Corbi, A. (2019). Can Aikido Help With the Comprehension of Physics? A First Step Towards the Design of Intelligent Psychomotor Systems for STEAM Kinesthetic Learning Scenarios. *IEEE Journal*.
- Shotton , J., Fitzgibbon, A., Cook, M., Sharp, T., Finocchino, M., Moore , R., . . . Blake, A. (2011). Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. *CVPR 2011 Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on* . :1297-1304 Jun, 2011. Colorado: IEEE.
- Wang, J., Liu, Z., Wu, Y., & Yuan, J. (2012). Mining actionlet ensemble for action recognition with depth cameras. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. RI, USA: IEEE.
- Willet, D. L. (2017). AUSTRALAIN NAVY.
- Xu, M., Duan, L.-Y., Xu, C.-S., & Tian, Q. (2003). A fusion scheme of visual and auditory modalities for event detection in sports video. *Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'03)*. Hong Kong, Çin: IEEE Conference.
- Zuo, Y. (2019). Research and implementation of human-autonomous devices for sports training management decision making based on wavelet neural network. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing (2019) Springer Link*.