



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Doktora Tezi

**VIDEO OYUN YAŞ ETİKETLERİNİN ÇOK MODLU
BİYOSİNYALLER VE YAPAY ZEKA İLE TAHMİNİ**

Durmuş KOÇ

Enformatik Anabilim Dalı

Enformatik Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

II. DANIŞMAN

Doç. Dr. Ahmet Çağdaş SEÇKİN

Haziran, 2022

İSTANBUL

Bu alışma, 30.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Siyasal Bilgiler Fakültesi

Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN
İstanbul Üniversitesi
Enformatik Bölümü

Prof. Dr. Muhammet DEMİRBİLEK
Süleyman Demirel Üniversitesi
Eğitim Fakültesi

Prof. Dr. Necmi Emel DİLMEN
Marmara Üniversitesi
İletişim Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ERTÜRK
İstanbul Üniversitesi
Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

Koç, D., Seçkin, A. Ç. and Satı, Z. E., 2021, Evaluation of Participant Success in Gamified Drone Training Simulator Using Brain Signals and Key Logs, *Brain Sciences*, 11(8), 1024.



ÖNSÖZ

Doktora sürecim boyunca değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, yardımını esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile tez çalışmama yön veren tez danışmanım Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI ve ikinci tez danışmanım Doç. Dr. Ahmet Çağdaş SEÇKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Değerli önerileri, engin tecrübeleri ve destekleri ile çalışmama rehberlik eden değerli hocalarım Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN'e, Prof. Dr. Muhammet DEMİRBİLEK'e ve İstanbul Üniversitesi Enformatik Bölümü ailesine en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Hayatımın her evresinde her zaman desteğini sunan babam Ali KOÇ ve annem Züleyha KOÇ'a teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca sabırla her daim yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen eşim Dr. Feden KOÇ'a ve oğlum Ali Atlas KOÇ'a çok teşekkür ederim.

Doktora eğitim sürecine başlamama vesile olan ve devam etmemde her daim desteğini sunan merhum arkadaşım Ahmet DEMİR'e bu çalışmayı ithaf ediyorum.

Haziran 2022

Durmuş KOÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xvi
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE ÖNEMİ.....	1
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	2
1.3. ARAŞTIRMANIN SAYILTI LARI VE SINIRLILIKLARI.....	4
2. GENEL KISIMLAR.....	6
2.1. OYUN	6
2.2. VİDEO OYUN.....	7
2.2.1. Video Oyun Türleri	9
2.3. VİDEO OYUN YAŞ DERECELENDİRME SİSTEMLERİ	18
2.3.1. ESRB (Entertainment Software Rating Board).....	22
2.3.1.1. Fiziksel Oyunların Derecelendirilmesi.....	23
2.3.1.2. Dijital Oyunların Derecelendirilmesi.....	24
2.3.2. IARC (International Age Rating Coalition)	24
2.3.3. PEGI (Pan European Game Information).....	24
2.3.3.1. PEGI Etiketleme Prosedürü	25
2.3.4. Türkiye’de Video Oyun Yaş Derecelendirmesi	26
2.4. DUYUŞSAL HESAPLAMA	27
2.4.1. Oyunlar ve Duyuşsal Hesaplama.....	29
2.4.2. Duyuşsal Hesaplama da Kullanılan Veri Toplama ve Ölçüm Yöntemleri.....	33
2.4.2.1. Anket	34
2.4.2.2. Ses ve Konuşma	34
2.4.2.3. Yüz İfadesi – Facial Expression (FE)	36
2.4.2.4. Metinden Duygu Tanıma	39

2.4.2.5. Giriş Birimleri	40
2.4.2.6. Vücut Hareketleri – Body Gesture.....	41
2.4.2.7. Kalp Atış Hızı – Heart Rate (HR).....	43
2.4.2.8. Galvanik Cilt Tepkisi – Galvanic Skin Response (GSR)	45
2.4.2.9. Elektroensefalogram – Electroencephalogram (EEG).....	46
2.4.2.10. Elektromiyografi – Electromyography (EMG).....	53
2.4.2.11. Elektrokardiyogram – Electrocardiogram (EKG).....	53
2.4.2.12. Nabız Oksimetresi – Pulse oximeters	54
2.4.2.13. Elektrookülografi – Electrooculography (EOG).....	55
2.4.2.14. Solunum – Respiration (RSP).....	57
2.6. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	58
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	64
3.1. PROBLEMİN TANIMLANMASI	64
3.2. VERİ SETİ.....	64
3.2.1. Çalışma Grubu.....	64
3.2.2. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması.....	66
3.3. ARAŞTIRMA ORTAMI	69
3.4. VERİ ANALİZİ	71
3.4.1. Veri Birleştirme	73
3.4.2. Veri Örnekleme Uyumlandırma (Upsampling ve Interpolasyon).....	75
3.4.3. Kayan Pencere (Sliding Window) Tekniği ile İstatistiksel Öznitelik Çıkarımı	75
3.4.4. Veri Ön işleme ve Eğitim/Test Olarak Bölünmesi.....	77
3.4.5. Öznitelik Seçme.....	77
3.4.6. Yaş Sınıflandırması Eğitimi	78
3.4.6.1. NB (Naive Bayes).....	78
3.4.6.2. kNN (K-En Yakın Komşu - K-Nearest Neighbor).....	79
3.4.6.3. AdaBoost.....	80
3.4.6.4. RF (Rastgele Orman Algoritması - Random Forest).....	81
3.4.6.5. ANN (Yapay Sinir Ağları - Artificial Neural Network)	81
3.4.6.6. SVM (Destek Vektör Makinesi - Support Vector Machine).....	82
3.4.7. Performans Değerlendirmesi ve En İyi Modelin Seçimi.....	83
4. BULGULAR.....	86
4.1. YAŞ ETİKETLEMEDE GÖRÜŞ VE YAPAY ZEKA TABANLI YAKLAŞIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	86

4.2. FARKLI KAYAN PENCERE BOYUTLARI ALTINDA ALGORİTMALARIN TAHMİNLEME DOĞRULUĞUNA İLİŞKİN BULGULAR.....	87
4.3. PCA DEĞERLERİ DEĞİŞİMİNİN MODEL PERFORMANSINA ETKİLERİ.....	88
4.4. ALGORİTMALARIN KARMAŞIKLIK MATRİSİ ÇIKTILARI	89
4.5. TAHMİNLEMEDE KULLANILAN ALGORİTMALARIN FARKLI DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ ÇIKTILARI.....	92
4.6. ÖZNİTELİK SEÇME-AZALTMA KULLANILAN METOTLARIN ALGORİTMALARIN TAHMİN PERFORMANSINA ETKİLERİ.....	93
4.7. VİDEO OYUN YAŞ ETİKETLERİNİ EN AYIRT EDİCİ ÖZNİTELİKLERİN TESPİTİ.....	94
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	98
KAYNAKLAR.....	102
EKLER	129
EK 1. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ETİK KURUL İZNİ	129
ÖZGEÇMİŞ	130

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: "Tennis for two" osiloskop ekranı.....	8
Şekil 2.2: Aksiyon türü video oyun (Sammur, 2018).....	9
Şekil 2.3: MMOG türü video oyun (Dube, 2021).....	10
Şekil 2.4: RPG türü video oyun (Steam, 2022).....	10
Şekil 2.5: FPS türü video oyun (Parijat, 2010).....	11
Şekil 2.6: Strateji türü video oyun (PCGamesN, 2022g).....	12
Şekil 2.7: RTS türü video oyun (PCGamesN, 2022f).....	12
Şekil 2.8: TBS türü video oyun (PCGamesN, 2022h).....	12
Şekil 2.9: Şans türü video oyun (Rectify Gaming, 2021).....	13
Şekil 2.10: Spor türü video oyun (Brady, 2019).....	13
Şekil 2.11: Bulmaca/Puzzle türü video oyun (Reed, 2015).....	14
Şekil 2.12: Dövüş türü video oyun (Wilson, 2021).....	14
Şekil 2.13: Eğitsel video oyun türü (Pursey, 2021).....	15
Şekil 2.14: Ritim türü video oyun (PCGamesN, 2022e).....	15
Şekil 2.15: Savaş türü video oyun (PCGamesN, 2022i).....	16
Şekil 2.16: Simülasyon türü video oyun (PCGamesN, 2022d).....	16
Şekil 2.17: Macera türü video oyun (PCGamesN, 2022b).....	17
Şekil 2.18: Yarış türü video oyun (PCGamesN, 2022a).....	17
Şekil 2.19: Platform türü video oyun (PCGamesN, 2022c).....	18
Şekil 2.20: Video oyun yaş etiketleme sistemleri ve kullanıldıkları ülkeler.....	22
Şekil 2.21: PEGI içerik tanımlayıcıları ve görselleri (PEGI, 2017b).....	25
Şekil 2.22: Uyarılma-değer döngüsel duygu modeli (Barrett ve Russell, 1998).....	30

Şekil 2.23: SAM (Bartosova ve diğ., 2019; Bradley ve Lang, 1994; Lombard ve diğ., 2000).....	32
Şekil 2.24: Sekiz kanallı akış modeli (Snyder ve Lopez, 2001).....	33
Şekil 2.25: Dokunmatik tuş vuruşu tabanlı duygu tanıma tekniği (Qi ve diğ., 2021).....	41
Şekil 2.26: Duygusal beden hareketi tanıma sistemi (Noroozi ve diğ., 2021).	42
Şekil 2.27: Kinect duygu tanıma süreci akış şeması.	43
Şekil 2.28: HR duygu durum ilişkisi (Du ve diğ., 2020).....	44
Şekil 2.29: Giyilebilir ter sensörü görüntüsü (Akçalı, 2016).	45
Şekil 2.30: GSR'nin el parmağı bağlantısı.	46
Şekil 2.31: EEG Elektrotlarının 10/20 elektrot sistemine göre yerleşimi (Malmivuo ve diğ., 1995).....	48
Şekil 2.32: EEG dalga türleri (Lotte, 2008).....	49
Şekil 2.33: EEG sinyallerinin elde edilmesi süreci (İmak, 2019).	51
Şekil 2.34: EEG kaydı için gerekli ekipmanlar (Teplan, 2002).	51
Şekil 2.35: (a) Geleneksel Ag/AgCl ıslak elektrodu (b) Çoklu sivri uçlu kuru elektrot (c) Metal kuru elektrot (d) Grafen bazlı kuru elektrot (Mhapankar ve Shah, 2022).	52
Şekil 2.36: EEG verilerinin analiz süreci adımları (Fiscon ve diğ., 2018).....	53
Şekil 2.37: EMG sinyal görüntüsü (Şenli, 2011).	53
Şekil 2.38: EKG sinyal görüntüsü (Nascimento ve diğ., 2020).	54
Şekil 2.39: Nabız oksimetresi (Villines, 2017).....	55
Şekil 2.40: EOG ölçümü elektrot yerleştirme konumları (Chieh ve diğ., 2005).....	55
Şekil 2.41: EOG sinyallerinin duygu durum karşılıkları (Kose ve diğ., 2021).	56
Şekil 2.42: Farklı duygusal durumlardaki 20 saniyelik dört solunum segmenti (Zhang ve diğ., 2017).....	58
Şekil 3.1: Araştırmada kullanılan biyosensörlerin konumu.	67
Şekil 3.2: Veri toplanma döngüsü için akış şeması.	68
Şekil 3.3: Ham EEG sinyalleri (EMOTİV, 2022c).	70
Şekil 3.4: Frekans analizi (EMOTİV, 2022a).	70

Şekil 3.5: IMU sinyalleri (EMOTİV, 2022b).....	71
Şekil 3.6: Veri analiz akışı.....	72
Şekil 3.7: EEG başlığı verileri.....	73
Şekil 3.8: Etiketlenmiş EEG başlığı verileri.....	74
Şekil 3.9: Etiketlenmiş ve birleştirilmiş eldiven verileri.	74
Şekil 3.10: Kayan pencere tekniği örneği.....	76
Şekil 4.1: Farklı pencere boyutları altında (5, 10, 20, 50, 100) algoritmaların CA değerleri.....	88
Şekil 4.2: PCA sürecinde 10, 20 ve 30 komponent sayısı tercihinde CA değişimi.....	89
Şekil 4.3: Gini özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.....	95
Şekil 4.4: Anova özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.....	95
Şekil 4.5: Ki-kare özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.....	96
Şekil 4.6: ReliefF özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.....	96
Şekil 4.7: En iyi video oyun yaş etiketi ayırt edici özneliklerin sinyal akışı.	97

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Video oyun yaş etiketleme sistemlerinin genel özellikleri.	19
Tablo 2.2: Duygu yoğunluğu ve renk kodları ilişkisi (Kowalczyk ve diğ., 2020).	31
Tablo 2.3: Konuşma sinyali duygu durumları (Likitha ve diğ., 2017).	35
Tablo 2.4: Yüz ifadelerinden duygu tanıma veri setleri ve özellikleri (Goodfellow ve diğ., 2015, 2015; Kanade ve diğ., 2000; LoBue ve Thrasher, 2015; Lucey ve diğ., 2010; Lyons ve diğ., 1998).	38
Tablo 2.5: Mikro yüz ifadelerinden duygu tanıma veri setleri ve görselleri (Tran ve diğ., 2021).	38
Tablo 2.6: Duygu ve HR ilişkisi (Du ve diğ., 2020).	44
Tablo 2.7: Beyin dalgalarının frekans aralığına göre ritmik aktivite durumları (Abhang ve diğ., 2016; Mohamed ve diğ., 2012).	50
Tablo 2.8: Duygu durumu ile RSP ilişkisi (Dzedzickis ve diğ., 2020).	57
Tablo 2.9: Video oyunlarda duygu tanıma ile ilgili yapılan çalışmalara ait veriler.	63
Tablo 3.1: Katılımcılara ait demografik veriler ve yüzdeleri.	65
Tablo 3.2: Katılımcıların video oyun tecrübe verileri ve yüzdeleri.	65
Tablo 3.3: Karmaşıklık matrisi (Fan, 2022).	84
Tablo 3.4: Model performans değerlendirme ölçütleri (Patil ve Bailke, 2016; Saito ve Rehmsmeier, 2015; Shu ve diğ., 2018; Sokolova ve diğ., 2006).	85
Tablo 4.1: Katılımcıların manuel yaş etiketi tahminine ilişkin doğruluk frekans ve yüzdeleri.	86
Tablo 4.2: RF algoritması yaş etiketi tahminine ilişkin doğruluk frekans ve yüzdeleri.	87
Tablo 4.3: NB algoritması için karmaşıklık matrisi.	89
Tablo 4.4: kNN algoritması için karmaşıklık matrisi.	90
Tablo 4.5: AdaBoost algoritması için karmaşıklık matrisi.	90
Tablo 4.6: RF algoritması için karmaşıklık matrisi.	91
Tablo 4.7: ANN algoritması için karmaşıklık matrisi.	91

Tablo 4.8: SVM algoritması için karmaşıklık matrisi.	92
Tablo 4.9: Algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.	92
Tablo 4.10: Ki-kare özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.....	93
Tablo 4.11: Anova özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.....	93
Tablo 4.12: ReliefF özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.....	94
Tablo 4.13: Gini özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.....	94



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

%	: Yüzde
Σ	: Toplam
μV	: Mikro volt
bpm	: Beats per minute
dB	: Desibel
f	: Frekans
Hz	: Hertz
M Ω	: Miliohm
nm	: Nanometre

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

ADAM	: Adaptive Moment Estimation
ANN	: Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)
AUC	: Eğri Altındaki Alan (Area Under the ROC Curve)
BCI	: Beyin-Bilgisayar Etkileşimi (Brain-Computer Interface)
CA	: Sınıflandırma Doğruluğu (Classification Accuracy)
CNN	: Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Network)
DDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
EDA	: Cilt İletkenliği (Electrodermal Activity)
EEG	: Elektroensefalogram (Electroencephalogram)
EKG	: Elektrokardiyogram (Electrocardiogram)
EMG	: Elektromiyografi (Electromyography)
EOG	: Elektrookülografi (Electrooculography)
ESA	: Entertainment Software Association
ESRA	: Entertainment Software Rating Association
ESRB	: Entertainment Software Rating Board
FE	: Yüz İfadesi (Facial Expression)
FFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Frontier Transform)
fMRI	: Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme

FN	: False Negatif (Yanlış Negatif)
FP	: False Pozitif (Yanlış Pozitif)
FPS	: Birinci Kişi Nişancı (First Person Shooter)
GRAC	: Game Rating and Administration Committee
GSR	: Galvanik cilt sensörü (Galvanic Skin Response)
HMM	: Gizli Markov Model (Hidden Markov Model)
HR	: Kalp Atış Hızı (Heart Rate)
IARC	: Avusturalya Government Classification Board
IGRS	: Indonesian Game Rating System
IMU	: Hareket Ölçümü Birimi (Inertia Measurement Unit)
kNN	: K-En Yakın Komşu (k-Nearest Neighbor)
LBP	: Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)
ME	: Mikro İfadeler (Micro Expressions)
ML	: Makine Öğrenimi (Machine Learning)
MLP	: Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi-Layer Perceptron)
MMOG	: Kitlesel Çok Oyunculu Çevrimiçi Rol Yapma (Massively Multiplayer Online Role)
NB	: Naive Bayes
NICAM	: Netherlands Institute for the Classification of Audiovisual Media
NLP	: Doğal Dil İşleme (Nature Language Processing)
PCA	: Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analiz)
PEGI	: Pan European Game Information
RBF	: Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Fonction)
ReLu	: Rectified Linear Unit Function
RF	: Rastgele Orman (Random Forest)
RPG	: Rol Yapma Oyunu (Role Playing Game)
RSP	: Solunum (Respiration)
RTS	: Gerçek Zamanlı Strateji (Real Time Strategy)
SAM	: Öz-Değerlendirme Mankeni (Self Assessment Makin)
SCL	: Cilt İletkenlik Seviyesi (Skin Conductance Level)
SCR	: Cilt İletkenlik Yanıtı (Skin Conductance Response)
SKAM	: Sekiz Kanallı Akış Modeli
SLP	: Tek Katmanlı Algılayıcı (Single Layer Perceptron)
SPO2	: Oksijen Doygunluğunu
SVM	: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)

TBS	: Sıra Tabanlı Strateji (Turn-Based Strategy)
TN	: True Negatif (Doğru Negatif)
TP	: Doğru Pozitif (True Pozitif)
USK	: Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle



ÖZET

DOKTORA TEZİ

VIDEO OYUN YAŞ ETİKETLERİNİN ÇOK MODLU BİYOSİNYALLER VE YAPAY ZEKA İLE TAHMİNİ

Durmuş KOÇ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enformatik Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

II. Danışman : Doç. Dr. Ahmet Çağdaş SEÇKİN

Günümüzde video oyunları en çok tercih edilen eğlence aracı olmayı başarmış ve video oyunu oyuncularının sayısı neredeyse dünya nüfusunun yarısına ulaşmıştır. Video oyunlar ulaştığı büyük oyuncu kitlesi ile toplumu olumlu ya da olumsuz etkileme potansiyeline sahiptir. Video oyunlar, farklı yaş gruplarındaki oyuncularda farklı etkiler bırakabilmektedir. Bu nedenle belirli kurum ya da şirketler video oyunların oyuncu yaşlarına uygunluk durumunu oyun içerikleri ile değerlendirerek yaş etiketlemesi yapmaktadır. Türkiye’de ise video oyun yaş etiketlemelerinin gerçekleştirildiği herhangi bir kurum, şirket ya da sistem bulunmamaktadır.

Video oyun yaş etiketlemeleri genellikle öznellik ve yanlılık olasılığı yüksek olan anket, görüşme ve gözlem gibi yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Günümüzde bu yöntemlere alternatif ya da ek nesnel yöntemler kullanıldığı görülmektedir. Genellikle nesnel yöntem olarak biyosinyal ölçüm yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Çalışmada, çok modlu biyosinyaller ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak video oyun yaş etiketlemesinin gerçekleştirilebileceği yeni bir yaş etiketleme sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, katılımcılara PEGI yaş etiketleri ile etiketlenmiş aksiyon türündeki en popüler video oyunların tanıtım videoları izletilmiştir. Katılımcılardan tanıtım videolarını izleme sürecinde; Elektroensefalogram (EEG) ile beyin sinyalleri, Oksimetre ile kalp atış hızı ve kandaki oksijen miktarı, Galvanik Cilt Sensörü (GSR) ile cilt tepkisi ve Hareket Ölçümü Birimi (IMU) ile vücut hareketlerine ait sinyaller eş zamanlı ve zaman damgalı olarak toplanmıştır.

Elde edilen ham veriler ise video oyun yaş etiketleri ile etiketlenmiştir. Etiketlenen veriler ara değer üretilerek (interpolasyon) üst örnekleme (upsampling) yapılarak yeniden örneklenmiş ve sonrasında kayan pencere tekniği (sliding window) kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirilen veriler sırasıyla önişlenmiş, eğitim/test olarak bölünmüş ve farklı öznelik seçim algoritmaları kullanılarak öznelikleri seçilmiştir. Sonrasında ise yaş etiketlerinin tahmini için NB, kNN, AdaBoost, RF, MLP ve SVM algoritmaları ile yapay zeka modelleri kurulmuştur. Modellerin çalıştırılması ve test edilmesi sonrasında en iyi tahmin performansı %96,6 ile RF modeliyle elde edilmiştir.

Araştırma sonucunda video oyunların yaş etiketlerinin çok modlu biyosinyaller ve yapay zeka ile gerçek zamanlı olarak etiketlendiği dünyada ilk olan bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem ile manuel yaş etiketlemesi karşılaştırıldığında biyosinyaller ve yapay zeka ile yaş etiketlemesinin başarımının daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada, video oyun yaş etiketlerine ait en iyi ayırt edici özneliklerin sırasıyla IMU kaynağından elde edilen başın Z eksenindeki hareketi veren MOT.AccZ sinyali, beynin sağ oksipital lob kaynağından elde edilen POW.O2.Theta sinyali ve beynin frontal lob kaynağından elde edilen POW.F7.Gamma sinyali olduğu tespit edilmiştir.

Haziran 2022, 130 sayfa.

Anahtar kelimeler: Video oyun, yaş etiketleme, biyosinyal, yapay zeka.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

PREDICTION OF VIDEO GAME AGE LABELS WITH MULTIMODAL BIOSIGNALS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Durmuş KOÇ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Informatics

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ahmet Çağdaş SEÇKİN

Today, video games have managed to become the most preferred entertainment tool. Therefore, the number of video game players has reached almost half of the world's population. Having a number of player populations all over the world, video games have the potential to affect society positively or negatively. Video games can have different impacts on players ranging from different age groups. Hence, institutions or companies rate the video game to label it for the suitability of the game content for the age of players. There are no companies, institutions or systems to label the video games in Turkey.

Video game age labeling is usually carried out employing methods such as questionnaires, interviews and observations, which are highly subject to subjectivity and bias. Recently, it is seen that alternative or additional objective methods are used to these approaches. Generally, biosignal measurement methods are used as an objective method. In the research, it is aimed to design a new age labeling system in which video game age labeling can be performed by using multimodal biosignals and artificial intelligence methods. For this purpose, the most popular action genre video game trailers with PEGI age labels were shown to the participants. During the process of watching the video game trailer by participants; brain signals with Electroencephalogram (EEG), heart rate and blood oxygen amount with Oximeter, skin

response with Galvanic Skin Sensor (GSR), and signals of body movements with Inertia Measurement Unit (IMU) were simultaneously collected and time-stamped. The obtained raw data were labeled with the video game age labels. The labeled data were resampled by utilizing interpolation and upsampling methods. Then, the data were combined using the sliding window technique. The combined data were respectively preprocessed, divided into training/test, and their features were selected using different feature selection algorithms. Afterwards, artificial intelligence models were established with Adaboost, kNN, NB, RF, MLP and SVM algorithms to estimate the age labels. After running and testing the models, the best prediction performance was obtained using the RF model with 96.6%.

As a result of the research, a system that is the first in the world has been developed in which age labels of video games are labeled in real time with multi-modal biosignals and artificial intelligence. When this developed system is compared with manual age labeling methods, it has been observed that the performance of age labeling with biosignals and artificial intelligence is higher. Furthermore, in this study, it has been determined that the best distinguishing features of video game age labels are respectively MOT.AccZ signal which gives the movement in the Z-axis of the head obtained from the IMU source, POW.O2.Theta signal obtained from the right occipital lobe source of the brain, and POW.F7.Gamma signal obtained from the frontal lobe source of the brain.

June 2022, 130 pages.

Keywords: Video game, age labeling, biosignal, artificial intelligence.

1. GİRİŞ

1.1. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI VE ÖNEMİ

Bilişim ve eğlence sektöründe video oyunları ekonomik hacmi ve kullanıcı kitlesi bakımından büyük boyutlara erişmiştir. Sinema ve müzik sektörlerinden daha büyük sosyo-ekonomik bir güce sahip video oyunlarının global ekonomideki payı vazgeçilemez derecede büyüktür (BTK, 2018). Dünyada yaklaşık 3,24 milyar video oyunu oynayan birey bulunmaktadır (Statista, 2021). Video oyun endüstrisi dünya genelinde 178,73 milyar dolarlık ekonomik büyüklüğe ulaşmıştır ve 2025 yılına kadar 268 milyar dolar değerine ulaşacağı tahmin edilmektedir (WePC, 2022). ESA (Entertainment Software Association), 2021 verilerine göre video oyun oyuncu sayısı ABD’de 227 milyon kullanıcı kitlesine ulaşmıştır ve oyuncuların %80’i 18 yaş üzerindeki bireylerden oluşmaktadır (ESA, 2022). Türkiye’de ise video oyun endüstrisi 1,21 milyar dolara ulaşmıştır ve oyuncuların %72’sini 18 yaş üzerindeki bireyler oluşturmaktadır. %49,2’si ise aksiyon-macera oyun türünü oynamayı tercih etmektedir (Allcorrectgames, 2022). Rakamlardan da anlaşılacağı üzere dev boyutlara ulaşmış olan oyun sektörünü etkileyen birçok unsur bulunmaktadır. Bu unsurlardan oyuncu oyun tercih nedenleri ise sektörün ilgilenmesi gereken en önemli etkidir. Video oyun kullanıcılarının oyun tercihlerini demografik, sosyal ve kültürel etkenlerin yanı sıra oyun oynayabilecek oyuncu yaş sınırlamaları etkilemektedir.

Medya sektöründe olduğu gibi video oyunlarının da farklı yaş gruplarına göre farklı özelliklerde tasarlanması oyuncuların fizyolojik, psikolojik ve gelişimsel özellikleri açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda oyuncuların hangi video oyunlarını oynayabileceklerini belirleyen esaslardan en önemlisinin yaş kriteri olduğu düşünülebilir. Ancak bu yaş sınırlaması her yaş değeri için ayrı ayrı verilmemekle birlikte kabaca belirli yaş grupları ifade edilmektedir (PEGI, 2019). Video oyunların yaş sınırlamaları ve içerik etiketlemesi konusunda çalışan Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK), Indonesian Game Rating System (IGRS), Entertainment Software Rating Association (ESRA) ve Pan European Game Information (PEGI) gibi birimler bulunmaktadır. Etiketleme yapan bu birimlere bakıldığında 18 farklı ülkenin kendine ait etiketleme sistemi olduğu, App Store ve Google Play gibi firmaların da bu işlemi yaptığı ve Entertainment Software Rating Board (ESRB) çatısı altında; Kanada, Meksika ve USA, PEGI çatısı altında; Avrupa, Hindistan, İsrail, Pakistan ve Güney Afrika ülkelerinin

etiketleme ve içerik etiketlemesi yaptırdığı görülmektedir. Türkiye’de internet kullanımı ile ilgili yaş sınırlandırmalarını Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, sinema ile ilgili yaş sınırlandırmalarını ise Turizm ve Kültür Bakanlığı Teftiş Kurulu Başkanlığı gerçekleştirmekle beraber ancak video oyunlar ile ilgili etiketlemelerin yapıldığı herhangi bir birim bulunmamaktadır (BTK, 2016; Kültür ve Turizm Bakanlığı Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2008). Bu durum ise Türkiye’de geliştirilen video oyunların, farklı ülkelerdeki etiketleme birimlerine video oyun etiketlemelerini yaptırması gerekliliğini doğurmakta ve ekonomik anlamda büyük bir kayba neden olmaktadır. Bununla beraber bu birimlerin yaş derecelendirme ve içerik etiketleme için uyguladıkları yöntemler ağırlıklı olarak anket verilerinin analizine dayanmaktadır. Beyan esaslı olan yöntemlerin güvenilir sonuçlar verdiğine inanılmasına rağmen subjektif bir metot olması sebebi ile manipülasyon ve önyargılara açıktır (Blyth, 1972; Jones, 2019; Kumar ve diğ., 2016; Podsakoff ve diğ., 2012).

Günümüzde anket yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda alternatif nesnel yöntemler geliştirildiği görülmektedir (Kumar ve diğ., 2016; Sezer ve diğ., 2015). Geliştirilen bu yöntemlerin genellikle fizyolojik sinyal olarak tanımlanan biyosinyal ölçümlerine dayandığı görülmektedir (Hafeez ve diğ., 2021; Martínez-Tejada ve diğ., 2021; Riva ve diğ., 2022; Serrano-Barroso ve diğ., 2021). Bu bağlamda tez çalışması kapsamında video oyun yaş etiketlemesinin çok modlu biyosinyal kaynaklarından faydalanılarak yapılması amaçlanmıştır.

1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Tez çalışması kapsamında video oyunların yaş etiketlemesinin çok modlu biyosinyal kaynaklarından faydalanılarak yapılması amaçlanmış ve video oyun endüstrisi için çoklu modlu sensör barındıran alternatif bir etiketleme sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultusunda etiketleme ve derecelendirme konusunda çalışan firmalar tarafından yaş etiketlemesi yapılmış oyunlara ait tanıtım videolarının deneklere izletilmiş ve bu esnada deneklerden elde edilen farklı biyosinyal verileri zaman damgalı olarak kaydedilmiştir. Analiz sonucunda etki miktarlarına göre sensörlerin ve öz niteliklerden azaltılması ile doğrulama grubunda bulunan veri seti üzerinde etiketleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca dünyada ilk çok modlu biyosinyaller kullanılarak tasarlanan video oyun yaş etiketleme sistemi geliştirilmiştir.

Literatürde oyun oynama ve oyun esnasında toplanan veri setleri incelendiğinde oyun satış rakamları, oyun oynama esnasında toplanan oyun istatistikleri, hangi takım veya oyuncunun kazanacağı gibi daha dar ve kolay ulaşılabilir veri setleri olduğu görülmüştür (Bramwell, 2022; Kaggle, 2019; UCI, 2022). Çalışma sonucunda birçok farklı sensörden zaman damgalı olarak veri toplanmıştır. Video oyun yaş etiketlemesinin biyosinyaller ile gerçekleştirildiği niteliklere sahip veri setine literatürde rastlanmamıştır. Bu açıdan veri setinin alandaki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla beraber elde edilen veri setinin yapılabilecek akıcılık analizi, video/medya içerik etiketleme ve özetleme, otonom araç kılavuz yazılımları vb. pek çok çalışma için ön çalışma ve kaynak niteliği taşıyacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda tez kapsamında farklı biyosinyal verilerinin zaman damgalı olarak kaydedilmesi ve analizi edilmesi için ayrı programlar geliştirilmiştir. Geliştirilen veri toplama ve analiz programı sayesinde hem standart ekipmanlar ile hem de özel donanımlar ile farklı biyosinyal verileri toplanarak analiz edilebilecek alternatif bir sistem ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan bu program ile oyun ve program geliştirme, e-spor, medya sektörü, uzaktan eğitim, insan bilgisayar etkileşimi vb. alanlarda gereksinim duyulan farklı biyosinyal verilerinin toplanması ve analiz edilmesine katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Son yıllarda bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, video oyunlar ile birlikte video oyun endüstrisini olumlu yönde etkilemiştir. Bu olumlu etki ise video oyun oyuncu sayısını yaklaşık 3,24 milyar oyuncu potansiyeline ulaştırarak dünya nüfusunun yaklaşık %41'inin video oyun oyuncusu olmasına yol açmıştır (Statista, 2021). Dünya nüfusundaki video oyun oynayan birey sayısına bakıldığında dünya genelinde video oyunların toplumu etkileme gücünün yüksek olduğu aşıkardır. Bu nedenle video oyun oynayan bireylerin oynayabilecekleri video oyunun belirlenmesinde kullanılabilecek en önemli etken olan yaş ve duygu durum tespiti önem arz etmektedir (Felini, 2015). Bu bağlamda video oyunların içeriklerinin belirli yaş gruplarına göre sınıflandırılarak sınırlandırılması oyuncu ve oyuncu çevresinde oluşabilecek fizyolojik, psikolojik ve gelişimsel tehlikeleri kontrol altına alınmasına yardımcı olabilmektedir. Bu doğrultuda çalışmada toplumu etkileme potansiyeli yüksek olan oyun teknolojilerin bireylerde bıraktığı etkilerin tespiti gerçekleştirilerek oyunların farklı yaş gruplarına göre derecelendirilmeleri sağlanmaya çalışılmıştır.

Video oyunların yaş etiketlemelerini gerçekleştiren PEGI ve ESRB gibi kurumlar ya da şirketler mevcuttur. Ancak daha önce yaş etiketlemesi gerçekleştiren bu gibi sistemler incelendiğinde

daha çok öznellik ve yanlılık olasılığı yüksek olan anket, görüşme ve gözlem gibi yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise video oyun yaş etiketlemesinde video oyunların içerikleri ve bu içeriklerin oyuncularda bıraktığı etki durumlarını çok modlu biyosinyal ölçümler kullanılarak tasarlanan yeni bir sistem ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada video oyun yaş etiketlemesi için eş zamanlı olarak;

- Elektroensefalogram (EEG),
- Kalp atış hızı ve kandaki oksijen miktarı (Oksimetre),
- Hareket Ölçümü Birimi (Inertia Measurement Unit - IMU) ve
- Galvanik Cilt Sensörü (Galvanic Skin Response - GSR) ile çok modlu biyosinyal ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda çalışma amacı doğrultusunda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır:

- 1- Video oyun yaş etiketlemelerinin biyosinyal verileri ile gerçekleştirilmesi mümkün müdür?
- 2- Araştırma için geliştirilen biyosinyal etiketleme sistemi ile video oyunların yaş etiketlemesinde kullanılan mevcut sistemler arasında fark var mıdır? Varsa avantaj ve dezavantajları nelerdir?
- 3- Video oyun yaş etiketlemesinde hangi biyosinyaller belirleyici rol üstlenmektedir?
- 4- Video oyun yaş etiketlemesi gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilebilir mi?

Çalışma sonucunda tasarlanan bu sistem ile video oyun endüstrisi için çok modlu biyosensör barındıran nesnel ve teknolojik alternatif bir video oyun yaş etiketleme sistemi geliştirilmiştir.

1.3. ARAŞTIRMANIN SAYILTILARI VE SINIRLILIKLARI

Çalışmanın sayıltıları ve sınırlılıkları aşağıda sıralanmaktadır:

- 1- Verilerin katılımcılardan elde edilme sürecinde COVID-19 pandemisi yaşanmıştır ve deneylerin katılımcılarla yakın temas gerektirmesi nedeniyle gönüllü katılımcılara ulaşmakta güçlük yaşanmıştır. Ayrıca literatürde video oyun oynarken EEG sinyallerinin elde edilmesi ve analizi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde katılımcı sayısının en az 2 ve en fazla 30 olduğu gözlemlenmiştir (Chen ve diğ., 2016; Hafeez ve diğ., 2021; He ve diğ., 2008; Khaitami ve diğ., 2019; Martínez-Tejada ve

diğ., 2021; McMahan ve diğ., 2015; Moghimi ve diğ., 2020; Mondéjar ve diğ., 2016; Pellouchoud ve diğ., 1999; Sheikholeslami ve diğ., 2007; van Vliet ve diğ., 2012) . Bu nedenle katılımcı sayısı 50 olarak belirlenmiştir. Ancak deney sonrasında veriler incelendiğinde katılımcı ya da deney düzeneği kaynaklı olarak 20 farklı katılımcının biyosinyaller kayıtlarında hata ya da eksik veri tespit edilmiştir. Hatasız biyosinyal kaydına sahip 30 katılımcıya ait veriler çalışmada kullanılmıştır.

- 2- ESRB video oyun içerik etiketleme sistemi video oyunların etiketlemesinde iki farklı yöntem uygulamaktadır (ESRB, 2021b). Yöntemlerden biri video oyun ile ilgili anket ile görüşlerin alınmasıdır. Diğeri ise video oyun ara sahnelerini barındıran bir videonun değerlendiricilere izletilmesi ve sonrasında değerlendirici tarafından derecelendirme ile ilgili değerlendirmenin gerçekleştirilmesidir (ESRB, 2021b). Yapılan bu çalışmada da ESRB sisteminde olduğu gibi katılımcılara farklı yaş etiketlerine sahip video oyun tanıtım ve oyun oynama videoları izletilmiştir. Araştırmada kullanılan oyun tanıtım videolarının oyun içeriğini yansıttığı kabul edilmesi araştırmanın sınırlılıklarındandır.
- 3- Araştırma katılımcılarının geçmişte nörolojik bir hastalık öyküsünün olmama durumu, araştırmadan bir gün önce veya araştırma gününde alkollü olmama durumu ile ilgili katılımcılardan alınan yanıtların herhangi bir sorgulama yapılmadan doğru olarak kabul edilmesi araştırmanın sınırlılıklarındandır.
- 4- Video oyun tanıtım videolarından her oyunun tanıtımı için her yaş grubuna ait bir adet oyun tanıtım videosu seçilmesi de araştırmanın sınırlılıklarındandır.
- 5- Araştırmada beyin sinyallerinin toplanması için kullanılan EEG cihazı uzun ve yoğun saça sahip bireylerde deriye elektrotların temas etmemesi nedeniyle eksik ya da hatalı veri kaydına neden olabilmektedir. Bu durum araştırmada kadın katılımcı verilerinin toplanamamasına ve kadın katılımcı sayısının düşmesine neden olmuştur. Mevut kadın katılımcıların kadın katılımcı evrenini yansıttığı varsayımı araştırmanın sınırlılıklarındandır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. OYUN

Oyun belirli kuralları olan bilgi, beceri ya da şans faktörlerinden etkilenen iyi vakit geçirmeye yarayan eğlenceli bir aktivite olarak tanımlanmaktadır (Cambridge Dictionary, 2020; Collins, 2020; Merriam-Webster, 2020; TDK, 2019). Hollandalı tarihçi Huizinga (2008) oyunları, insan ırkının bir işareti olarak tanımlamıştır. Pratik yaşamın gerekliliklerinden zamansal ve mekânsal olarak ayrılarak gönüllü yapılan bu faaliyet, düzeni ve kuralları olan mücadele gerektirmekte ve bilgiye dayanmaktadır (Huizinga, 2008).

Oyun oynama, tabiattaki tüm canlılar üzerinde olumlu etkiler (keyif, haz ve eğlence vb.) bırakmaktadır (Mekler ve diğ., 2014). Bu etki durumu öyle güçlüdür ki onu doğanın varoluşundan sonuna kadar aktif vaziyette tutabilecek büyük bir potansiyele ulaştırdığı ve bu sayede geçmişten günümüze popülerliğini canlı türü farkı gözetmeksizin sürdürdüğü düşünülebilir. Günümüze kadar oyunlar tüm canlılar tarafından doğada oynanmaktayken insanlığın yerleşik hayata geçmesi ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte ise dijital ortamlarda oynanır bir hal almıştır (Williams, 2017; Williams, 2006). Oyunlar, insanlar tarafından sokaklarda kovalama, yakalama, arama, avcılık, yarış, düello, egzersiz, tahmin ve rol yapma gibi değişik şekillerde oynanarak farklı formlar bulmuşlardır (Opie ve Opie, 1969). Oyunların bu formları düşünüldüğünde ve doğadaki yaşamı taklit eden insanoğlunun oyunları doğal yaşam faktörlerinden ve tabiattaki diğer canlılardan taklit ederek öğrenmiş olabileceği varsayımında bulunulabilir. Oyunun etki potansiyelinin insanoğlu tarafından farkına varılması neticesinde oyun kendini eğitim, müzik, sanat, bilim, savaş gibi farklı alanlarda bulmuş (Cruickshank ve Telfer, 1980) ve günümüz teknolojileri ile de harmanlanarak popülerliğini dijital dünyalarda sürdürerek kendini her an ulaşılabilir bir hale getirmiştir (Hsu ve diğ., 2008).

Oyunlar gerilim, serbest bırakma, meydan okuma, çaba, belirsizlik, risk, denge, salınım, kontrast, varyasyon ve ritim gibi deneyimleri oyunculara yaşatarak iç ego yaşantılarını değil esasen yapılandırılmış, düzen ve kurallara sahip eylem performanslarını oyunculara tecrübe ettirmektedir (Rodriguez, 2006). Rodriguez (2006) oyuncu deneyiminin oyun için şart olduğunu ve oyun araştırmalarında sosyal, psikolojik veya biyolojik neden ve sonuçlardan öte deneyimlere odaklanılmasının yanı sıra oyunun kesin kavramsal sınırları olamayacağını

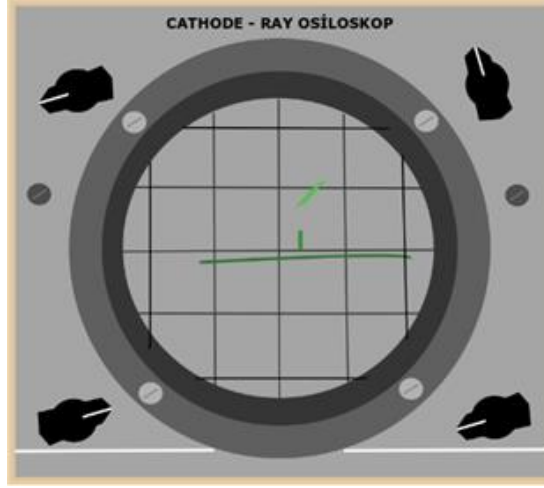
belirtmiştir. Durualp ve Aral (2015) ise oyunu ve oyun etkisini farklılaştıracak oyun türü, oyuncu yaşı ve oyun ortamı gibi etmelerin olduğunu vurgulamıştır.

2.2. VİDEO OYUN

Video oyun, oyunların bir senaryo çerçevesinde oyunculara görsel ve işitsel deneyimler yaşatabilen elektronik ortamlara aktarılması ile etkileşimli oynanabilen dijital eğlence aracı olarak ifade edilmektedir (Bergonse, 2017; Esposito, 2005; Healthofchildren.com, 2020; Tavinor, 2008). Bilgisayar oyunları, mobil oyunlar, konsol oyunları ve diğer elektronik ortamlarda oynanabilen etkileşimli oyunların tamamı genel olarak video oyun ana başlığı altında toplanmaktadır (Carnagey vve diğ., 2007; Tavinor, 2008; Technopedia.com, 2018).

Hikayelerin dijital senaryolar altında kurgulandığı video oyunlar; oyunculara canlı renk, ses efektleri, müzik ve grafikler ile görsel ve işitsel bir şölen yaşatarak aynı zamanda da kullanıcılarına birbirinden farklı ya da iç içe duygusal deneyimler yaşatabilmektedirler (Bergonse, 2017; Du ve diğ., 2020; Esposito, 2005; Healthofchildren.com, 2020).

Video oyunlar serüveni ilk olarak 1958 yılında nükleer fizikçi William Higinbotham tarafından bilgisayar ekranı kullanılmadan cathode-ray osiloskop ekranı kullanılarak oynanan “Tennis for Two” isimli oyun ile başlamıştır (Becker ve Parker, 2012; Thompson, 2009). Şekil 2.1’de gösterilen 36 Hz hızındaki osiloskop ekranında oynanabilen ilk video oyunun keşfi dünyadaki yeni bir dijital devrin kapılarını aralamış ve araştırmacılar tarafından “real innovation”, Türk dilindeki anlamı ise “gerçek inovasyon” olarak ifade edilmiştir (Guins, 2014).



Şekil 2.1: "Tennis for two" osiloskop ekranı.

Bilgisayar teknolojilerinin geçmişe göre her geçen gün daha performanslı hale gelmesi, verinin işlenme hızının artması ve ekranların çözünürlüklerinin daha ileriye taşınması gibi gelişmeler sayesinde oyun teknolojileri de hızlı bir şekilde olumlu yönde değişmiştir. Bu gelişmeler ve getirdiği teknolojiler ile birlikte video oyunlar; kullanıcılarına sunduğu gerçeğe yakınlık hissiyatındaki artış, güçlü etkileşim performansı, internet ağının yaygınlaşması ve internet hızındaki artış ile her an erişilebilirlik ve çok oyunculu oynanabilme özelliklerinin, kullanılabilirliğinin artışı ve video oyunlar ile ilgili araştırmaların video oyunların olumlu etkilerini de ortaya koyması gibi nedenler sonucunda video oyun oynayan birey sayısında son yıllarda büyük bir artış görülmektedir (Du ve diğ., 2020; Green ve Bavelier, 2003; Vaudour ve Heinze, 2019). Ayrıca video oyun oynayan birey sayısındaki artışın bir diğer nedeni olarak artık video oyunların, boş zamanları değerlendirmek için kullanılan bir araç olmasının dışında eğitsel, iş ve yaşamsal aktiviteler gibi farklı birçok alanda bireylere yardımcı olabilirliği ile de karşımıza çıkması ve aynı zamanda da bu yardımları kullanıcılarına eğlendirerek sunması gösterilebilir (Du ve diğ., 2020).

Video oyun oynayan birey sayısındaki artış, video oyunların bir endüstri kolu haline gelmesine neden olmuştur. Her geçen gün kullanıcı sayısındaki artış ve teknolojiye ki hızlı gelişmeler son kırk yılda video oyun endüstrisini ekonomideki güçlü alanlardan biri haline getirmiştir (Carnagey ve diğ., 2007; Du ve diğ., 2020). Ayrıca video oyun teknolojisindeki hızlı gelişim, bu teknolojinin yenilenebilir olması, hızlı farklılaşmaya açık olması ve rekabet gücünün yüksek olması ve video oyun türlerinin çeşitliliği video oyun endüstrinin gün geçtikçe daha da güçlenmesinde etkili olmaktadır (Vaudour ve Heinze, 2019).

2.2.1. Video Oyun Türleri

Video oyunlar, içeriklerine ve oynanma şekillerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu doğrultuda genel olarak video oyun türlerinin aksiyon, devasa çok oyunculu çevrimiçi rol, rol yapma, birinci kişi nişancı, strateji, şans, spor, bulmaca, dövüş, eğitsel, ritim, savaş, simülasyon, macera, yarış ve platform olarak ayrıldığı görülmektedir (Elliott ve diğ., 2012; Homer ve diğ., 2012; Oxford, 2018; Steam, 2020).

Oyun türlerinden aksiyon türü video oyununda genellikle oyuncunun el-göz koordinasyonu, refleksleri ve reaksiyon hızı ile oyun performansını belirlenmektedir ve ayrıca bu türdeki oyunlar fiziksel zorluk barındırmakla birlikte aksiyon ve keşif amaçlıdır (Oxford, 2018). Aksiyon içerikli video oyun ile ilgili örnek görsel Şekil 2.2’de sunulmuştur.



Şekil 2.2: Aksiyon türü video oyun (Sammur, 2018).

Kitlesel Çok Oyunculu Çevrimiçi Rol Yapma (Massively Multiplayer Online Role - MMOG) oyun türünde sayısı milyonlara varabilen oyuncunun mevcuttur (Zhong, 2011). Bu oyun türünde oyuncu kendi geliştirdiği karakterlere bürünerek dünyadaki diğer oyuncularla işbirliği içerisinde veyahut rekabetçi bir şekilde çevrimiçi etkileşime girerek rol yapmaktadır (Technopedia, 2018; Zhong, 2011). MMOG video oyun içerikli örnek görsel Şekil 2.3’te sunulmuştur.



Şekil 2.3: MMOG türü video oyun (Dube, 2021).

Rol Oynama (Role Playing Game - RPG) video oyunları, oyuncuların kurgulanmış bir senaryo ortamında belirlenen hedeflere ulaşabilmek amacıyla karakterini seçip rolünü üstlendiği oyun türüdür (Prinke, 2016). RPG türü video oyuna dair örnek görsel Şekil 2.4’te sunulmuştur.



Şekil 2.4: RPG türü video oyun (Steam, 2022).

Birinci Kişi Nişancı (First Person Shooter -FPS) video oyunlarında görsel ve işitsel öğelerin akışı hızlı olmaktadır (Colzato ve diğ., 2010; Grimshaw, 2008). FPS video oyunları oyuncunun hızlı tepki vermesini gerektiren ve oyuncunun oyun dünyasını kendi gözünden gördüğü, sanallığın parçası olmaya en yakın durumlardan biri haline geldiği ve genellikle askeri veya bilimkurgu içeren oyun türüdür (Grimshaw, 2008; Colzato ve diğ., 2010; Cardamone ve diğ., 2011). FPS türü video oyuna dair örnek görsel Şekil 2.5’te sunulmuştur.



Şekil 2.5: FPS türü video oyun (Parijat, 2010).

Şekil 2.6’da görseli sunulan strateji türü video oyunları, kararlar alan oyuncuların karar verme başarılarına göre değerlendirildiği oyunlardır (PCGamesN, 2022g). Strateji video oyun türü, kendi içerisinde Gerçek Zamanlı Strateji (Real Time Strategy - RTS) ve Sıra Tabanlı Strateji (Turn-Based Strategy -TBS) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (PCGamesN, 2022g).

RTS video oyunları, oyuncuların gerçek zamanlı olarak karar kalitesini ve verimliliğini değerlendirmeye yönelik olan, sürekli düşünme ve değerlendirme durumunda kalınan, eleştirel düşünmeyi zorunlu kılan, aynı anda birçok oyuncunun eşzamanlı hareket ettiği, bir sonraki hamle için dar bir zaman aralığının zorunlu kılındığı, kararlar döngüsünde ilerleyen oyun türüdür (Aha ve diğ., 2005; Ontañón ve diğ., 2013). TBS video oyunları dijital dünyadan öncede var olan, oyuncuların birbirlerinin hamlelerini bekleyerek oynadığı ve stratejinin kalitesinin harcanan zamandan daha fazla önem taşıdığı stratejik oyun türüdür (Çeken ve Çiçekli, 2018). RTS video oyun türüne ait görsel Şekil 2.6’da ve TBS video oyun türüne ait görsel Şekil 2.7’de sunulmuştur.



Şekil 2.6: Strateji türü video oyun (PCGamesN, 2022g).



Şekil 2.7: RTS türü video oyun (PCGamesN, 2022f).



Şekil 2.8: TBS türü video oyun (PCGamesN, 2022h).

Şans türü (Video games of chance) video oyunları rastgele, şans eseri başarının ya da başarısızlığın elde edildiği oyun türüdür (Spacey, 2019). Şans video oyun türüne ait görsel Şekil 2.9’da sunulmuştur.



Şekil 2.9: Şans türü video oyun (Rectify Gaming, 2021).

Spor türü video oyunlar genellikle popüler spor dallarının gerçek taktik ve kurallarını içeren oyun türü olarak ifade edilmektedir (Matthews, 2018). Spor video oyun türüne ait görsel Şekil 2.10’da sunulmuştur.



Şekil 2.10: Spor türü video oyun (Brady, 2019).

Bulmaca/puzzle türü video oyunlar akıl yürütme, mantık ve bilgiyi kullanma gibi zihinsel problem çözme durumlarını içeren oyunlardır (Spacey, 2019). Bulmaca/puzzle video oyun türüne ait görsel Şekil 2.11’de sunulmuştur.



Şekil 2.11: Bulmaca/Puzzle türü video oyun (Reed, 2015).

Dövüş (fighting) türü video oyunlar bir rakip ya da yapay zekaya karşı taktik ve reflekslerin performansa yansması ile oynanan oyunlardır (Hurst, 2015). Dövüş video oyun türüne ait görsel Şekil 2.12’de sunulmuştur.



Şekil 2.12: Dövüş türü video oyun (Wilson, 2021).

Eğitsel video oyunları sanal yaşamda eğitimsel öğeler ile inşa edilen ve sonucunda bir öğrenme gerektiren oyun türüdür (Hurst, 2015; Matthews, 2018; Spacey, 2019). Eğitsel içerikli video oyun türüne ait görsel Şekil 2.13’te sunulmuştur.



Şekil 2.13: Eğitsel video oyun türü (Pursey, 2021).

Ritim türü video oyunları, oyuncuların müziğin ritmine ayak uydurmaları ve bu durum karşılığında puan toplamalarına dayalı oynanan oyun türüdür (Matthews, 2018). Ritim türü video oyunlarına ait görsel Şekil 2.14’te sunulmuştur.



Şekil 2.14: Ritim türü video oyun (PCGamesN, 2022e).

Savaş (War) türündeki video oyunları, gerçek savaş durumlarında olduğu gibi farklı ülkelerin, uygarlıkların, gezegenlerin ya da imparatorlukların oyuncular tarafından seçilerek taktik ya da stratejik savaşlar yaptırıldığı oyun türüdür (Hurst, 2015; Matthews, 2018). Savaş türü video oyuna ait görsel Şekil 2.15’te sunulmuştur.



Şekil 2.15: Savaş türü video oyun (PCGamesN, 2022i).

Simülasyon türü video oyunlar, gerçek yaşam aktivitelerinin simüle edildiği dijital ortamlarda oynanan oyunlar olarak tanımlanmaktadır (Hurst, 2015). Simülasyon türü video oyuna ait görsel Şekil 2.16’da sunulmuştur.



Şekil 2.16: Simülasyon türü video oyun (PCGamesN, 2022d).

Macera (Adventure) türündeki video oyunlar senaryo tabanlı bir karakterin hikayesi ile başlanan ve oyuncuların verilen görevleri macera içerisinde tamamlanması ile oynanan oyun türüdür (Hurst, 2015; Spacey, 2019). Macera türü video oyuna ait görsel Şekil 2.17’de sunulmuştur.



Şekil 2.17: Macera türü video oyun (PCGamesN, 2022b).

Yarış (Racing) türü video oyunları, oyun senaryosunda rakiplerden önce bitiş çizgisine varma durumunun ya da oyun puan derecesinin başarı faktörü olarak belirlendiği oyun türüdür (Matthews, 2018). Yarış türü video oyuna ait görsel Şekil 2.18’de sunulmuştur.



Şekil 2.18: Yarış türü video oyun (PCGamesN, 2022a).

Platform türü video oyunları, engellerle dolu bir parkurda hedefe ulaşmak için oyun karakterine zıplama ve yön değiştirme gibi hassas hareketlerin yaptırılarak mücadele verildiği oyun türüdür (Klappenbach, 2019). Platform türü video oyuna ait görsel Şekil 2.19’da sunulmuştur.



Şekil 2.19: Platform türü video oyun (PCGamesN, 2022c).

2.3. VIDEO OYUN YAŞ DERECELENDİRME SİSTEMLERİ

Günümüzde video oyun ürünleri ve video oyun oynayan birey sayısı gün geçtikçe artmakta ve bu artış video oyunların toplumdaki etki gücünü artırmaktadır. Artan etki gücünün olumlu yönde olabilmesi için ise oyunlarda verilen görsel ve işitsel içeriklerin yaşa bağlı olarak kullanıcılara sunulması ya da sınırlandırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Gentile ve diğ., 2005). Bu gerekliliğin başlıca nedenleri ise video oyunları oluşturan görsel ve işitsel içeriklerin küfürlü kötü dil, etnik ve dini ayrımcılık, uyuşturucu, alkol ve tütün tasviri, korku, kumar, cinsellik, şiddet gibi olumsuz unsurları içerisinde bulundurabilmesidir (ESRB, 2020b; PEGI, 2017b).

Video oyunların içerikleri, farklı yaş gruplarında farklı hassasiyetler ve psikolojik etkiler oluşturabilmektedir (Felini, 2015). İçeriklerin yaş gruplarına göre derecelendirilmesi ve etiketlenmesi bu bağlamda önem arz etmektedir. Bu noktada bu önemli görevi üstlenen derecelendirme sistemleri etiketlemeleri gerçekleştirerek video oyunların farklı yaş gruplarında oluşturabileceği hassasiyetleri ve olumsuz psikolojik etkilerini azaltabilmektedir (Gentile ve diğ., 2005). Ayrıca derecelendirme sistemleri video oyunları farklı yaş gruplarına göre derecelendirerek ebeveynlere rehberlik etmekte ve video oyunların olası diğer olumsuz etkilerine karşı ebeveynlerin çocuklarını koruyabilmelerine yardımcı olmaktadır (Walsh ve Gentile, 2001).

Dünyada farklı video oyun yaş etiketleme sistemleri bulunmaktadır. En çok kullanılan yaş etiketleme sistemleri ise PEGI ve ESRB'dir. Ayrıca bölgesel ve ulusal yaş derecelendirme

sistemleri de bulunmaktadır. Bunlar ise kullanıldıkları ülke ve bölgelerin kültürel hassasiyetlerini dikkate alarak yerel yasalara, ebeveynlere ve çocuklara rehberlik etmektedirler (UNICEF, 2020).

Dünya genelinde en çok kullanılan yaş etiketleme sistemlerinden PEGI içerik ve yaş etiketleme sistemi; Arnavutluk, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Karadağ, Kıbrıs, Kosova, Kuzey Makedonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Moldova, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Sırbistan, Slovakya, Slovenya ve Yunanistan olmak üzere 35'ten fazla ülkede tercih edilmektedir (PEGI, 2017b). ESRB yaş etiketleme sistemi ise Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika'da kullanılmaktadır (ESRB, 2020a).

Pan European Game Information (PEGI), Classificação Indicativa, Entertainment Software Rating Board (ESRB), Game Rating and Administration Committee (GRAC), Australian Classification Board ve Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) yaş derecelendirme sistemleri Uluslararası Yaş Derecelendirme Birliği (IARC)'de katılımcı derecelendirme otoritesi olarak görev yapmakta ve IARC'a vitrin önerilerini sunmaktadır (IARC, 2021).

Video oyun yaş etiketleme sistemlerinin genel özellikleri bir bütün haline getirilerek Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

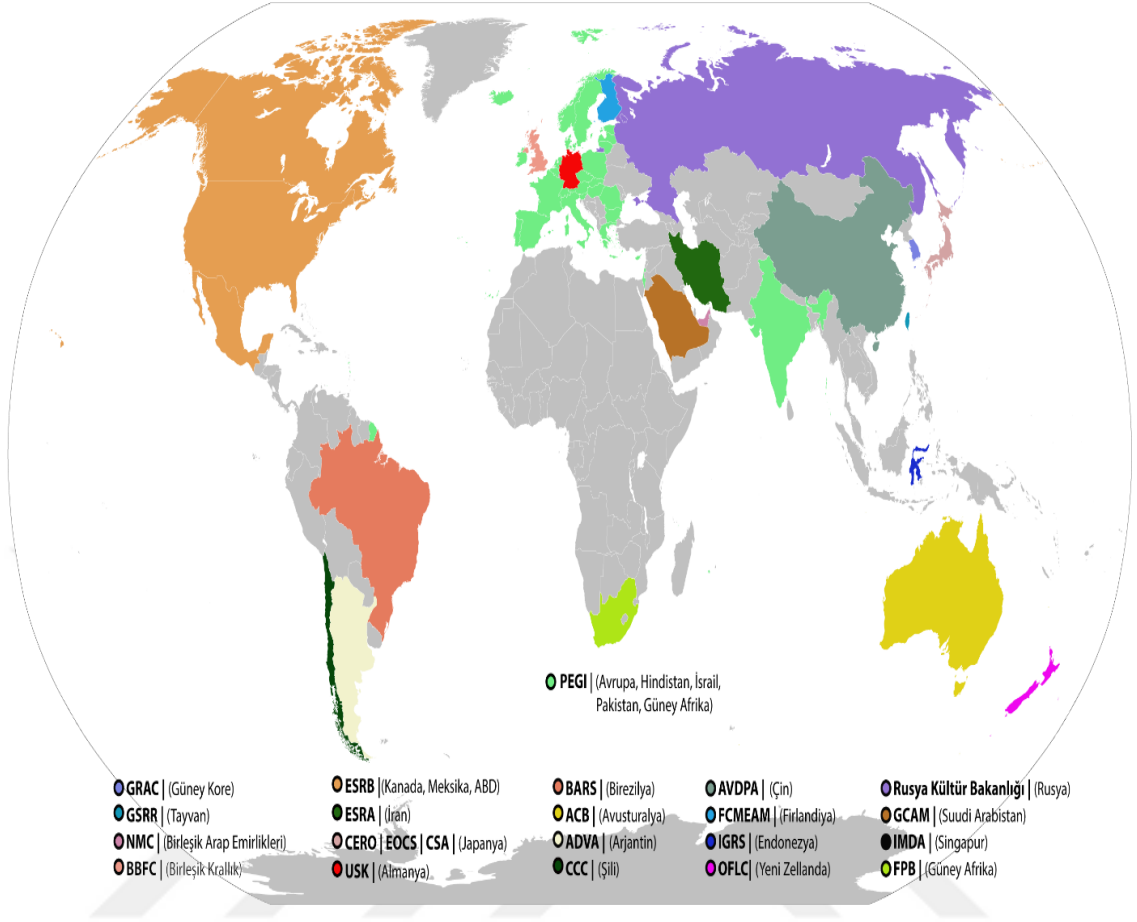
Tablo 2.1: Video oyun yaş etiketleme sistemlerinin genel özellikleri.

VOYES	Kuruluş Tarihi	Yaş Etiketleri	Etiketlemede Kullanılan Yöntemler
Office of Film and Literature Classification (OFLC) - The Australian Classification Board (ACB) (Chandler ve Deming, 2011; Schirm ve diğ., 2004)	1970	G (Genel), PG (15 yaş altı ebeveyn rehberliğinde), M (Yetişkin/15+), MA 15+, R 18+, X 18+, CTC, RC	Yönetim kurulu üyelerinin onaylanmış bir sınıflandırma aracı ile sınıflandırma yapması
Brazilian advisory rating system (BARS) (Faria Sarmento, 2019)	1990	L, 10, 12, 14, 16, 18	İçerik tanımlayıcıları karşılaştırmaları, kamuya açık oturumlar

VOYES	Kuruluş Tarihi	Yaş Etiketleri	Etiketlemede Kullanılan Yöntemler
Ethics Organization of Computer Software (EOCS) (Conway ve deWinter, 2015; Lee ve Hammer, 2011)	1992	EOCS (Genel), R (15 yaş ve üzeri için uygun), 18+	-
Audio-Video and Digital Publishing Association (AVDPA) (Cao ve Huang, 2022; H. Chen ve diğ., 2021)	1994	8+, 12+, 16+	-
Entertainment Software Rating Board (ESRB) (ESRB, 2020a)	1994	Everyone, Everyone 10+, Teen (13+), Mature (17+), Adults Only (18+), RP, RP Likely Mature 17+	Anket
Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) (Gerstenberger, 2005)	1994	0, 6, 12, 16, 18	Uzman görüşü
Film and Publication Board (FPB) (Rivers, 2007)	1996	A, PG, 7-9 PG, 10-12 PG, 13, 16, 18, X18, XX	-
Computer Entertainment Rating Organization (CERO) (Bin Ahmadon ve Yamaguchi, 2022; Choi ve diğ., 2008; Kousari ve Mehrabi, 2017)	2002	A (Genel), B (12+), C (15+), D (17+), Z (18+)	Hakemlerin ifade içeriklerini incelemesi
PEGI Pan European Game Information (PEGI) (PEGI, 2020)	2003	3, 7, 12, 16, 18	Anket
National Media Council (NMC) (Al-Balushi, 2018)	2006	3, 7, 12, 16, 18, 21	-
Game Software Rating Regulations (GSRR) (Hsu, 2020)	2006	0+, 6+, 12+, 15+, 18+	-
Entertainment Software Rating Association (ESRA) (Kousari ve Mehrabi, 2017; Piasecki ve Malekpour, 2016)	2007	3, 7, 12, 15, 18	Oyuncu değerlendirmeleri ve uzman incelemesi

VOYES	Kuruluş Tarihi	Yaş Etiketleri	Etiketlemede Kullanılan Yöntemler
General Commission for Audiovisual Media (GCAM) (Alotaibi ve Tuhaitah, 2021; Zaid, 2018)	2012	3, 7, 12, 16, 18, tbc (sınıflandırılacak)	-
Russian Age Rating System (RARS)	2012	0+, 6+, 12+, 16+, 18+	-
International Age Rating Coalition (IARC) (IARC, 2021)	2013	3+, 7+, 12+, 16+, 18+	Anket
Game Rating and Administration Committee (GRAC) (Kyen, 2022; Song, 2014)	2013	ALL, 12+, 15+, 18+, Test	İçerik tanımlayıcılarına göre derecelendirme
The Indonesian Game Rating System (IGRS) (Bahana ve diğ., 2018)	2016	3+, 7+, 13+0 18+, SU (Tüm yaş grupları)	-
Info-communications Media Development Authority (IMDA) (IMDA, 2022)	2016	ADV16 (16 yaş ve üzeri için uygun), M18 (18 yaş üzeri)	IMDA değerlendirmesi, danışma ve odak grupları görüşlerinin değerlendirilmesi
Consejo de Calificación Cinematográfica (CCC) (Alvarez ve Adolfo, 2004; Echeverría ve Cortés, 2020)	2017	ER, TE, 8+, 14+, 18+	-
App Store (iOS) (Apple Inc., 2022)	-	4+, 9+, 12+, 17+	Geliştiricilerin uygulama matrisini içerik etiketlerine göre doldurması ile gerçekleştirilir
Google Play (Google, 2022)	-	3+, 7+, 12+, 16+, 18+	IARC sorumluluğundadır.
British Board of Film Classification (BBFC) (BBFC, 2022)	1912-2010	U, PG, 12A, 12, 15, 18, R18	Uyum görevlilerinden yaş derecelendirme önerileri alınması
Content Soft Association (CSA) (Grealy ve diğ., 2020; Sharp, 2011; Yau ve Wong, 2020)	1972-2010	-	-

Video oyun yaş etiketleme sistemlerinin dünya haritasında üzerinde kullanıldığı ülkeler farklı renklerle işaretlenerek Şekil 2.20’de sunulmuştur.



Şekil 2.20: Video oyun yaş etiketleme sistemleri ve kullanıldıkları ülkeler.

Günümüzde birçok ülke, derecelendirme sistemleri ile yaş ve içerik etiketlemesi yapılmış video oyunların yaş sınırının altındaki kişilere satışını ya da tedarik edilmesini yasaklamıştır (Hilgert ve Sümmermann, 2016; Pinsent Masons, 2005). Almanya’da çevrimiçi olarak satılan bir video oyunun alıcıya teslim edilmeden önce alıcının yaşının kontrol edilmesi zorunluluğu bulunmaktadır (Kulach, 2017). İngiltere’de de 12 yaş ve üstü yaş etiketine sahip video oyunların yaş kontrolü yapılmadan satılması yasaktır. Hollanda’da ise 16 yaş ve üstü yaş etiketine sahip video oyunların bu yaş altındaki bireylere satılması ya da kiralanması ceza gerektiren suçlar kapsamına alınmıştır (Hilgert ve Sümmermann, 2016). Dünya genelinde en yaygın kullanım ağına sahip etiketleme sistemleri aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur.

2.3.1. ESRB (Entertainment Software Rating Board)

1994 yılında Interactive Digital Software Association tarafından kurulan ESRB (Entertainment Software Rating Board), 2004 yılında Entertainment Software Association olarak yeniden adlandırılmış ve günümüzde ABD’deki en etkili derecelendirme sistemlerinden biri olmayı

başarmıştır. ESRB tüketicilere oyunlar hakkında derecelendirme kategorisi, içerik tanımlayıcısı ve oyun içi etkileşimli öğeler sunarak oyunun hangi yaşa uygun olduğunu ve tüketicilerin bilinçli oyun seçimi yapabilmelerini sağlamaktadır (ESRB, 2021a). Bu sistemde Everyone (Herkes), Everyone 10+ (10 yaş ve üzeri), Teen (13 yaş ve üzeri), Mature 17+ (17 yaş ve üzeri) ve Adults Only 18+ (Yalnızca 18 yaş üzeri) olarak derecelendirme kategorileri kullanılmaktadır.

ESRB alkol referansı, kan, çizgi film şiddeti, kaba mizah, dil, fantastik şiddet, animasyonlu kan, kan ve vahşet, yoğun şiddet, çıplaklık, kısmi çıplaklık, komik yaramazlık, ilaç referansı, şarkı sözleri, yetişkinlere yönelik mizah, gerçek kumar, cinsel şiddet, cinsel içerik, cinsel temalar, müstehcen temalar, tütün ürünleri teşviki, alkol kullanımı, ilaç kullanımı, tütün kullanımı, kumar simülasyonu, şiddet ve şiddet teşviki gibi içerik tanımlayıcıları ile oyunları etiketlemektedir (ESRB, 2021a). ESRB oyunlardaki içerik tanımlayıcıları hafif, düşük sıklıkta, yoğun veya şiddetli gibi atamalarla ifade etmektedir.

Etkileşimli öğeler oyun içi satın almalar, sosyal medya ve ağ içeriğine maruz kalma, kullanıcı konumunun diğer kullanıcılar ile paylaşımı ve sınırsız internet erişimi gibi etkileşimli veya çevrimiçi özellikler olarak ifade edilmektedir (ESRB, 2021a). ESRB derecelendirmede etkileşimli öğeleri de etiket belirleyici özellik olarak kullanılmaktadır.

ESRB derecelendirmede farklı etiket belirleyici öğe ve özellikleri kullanmakla birlikte etiketlemeyi fiziksel olarak oynanan oyunlar da farklı dijital olarak oynanan oyunlarda farklı süreçler izleyerek gerçekleştirmektedir.

2.3.1.1. Fiziksel Oyunların Derecelendirilmesi

Fiziksel oyunlar şiddet, kumar, cinsiyet ve dil, bağlam, oyuncu kontrolü ve ödül sistemi gibi unsurları detaylı bir şekilde kapsayan bir anketin uygulanması ile ESRB tarafından derecelendirilebilmektedir. Ya da oyuna ait sıra dışı içerik, oyun, oyun görevleri ve ara sahnelerini barındıran bir videonun en az üç eğitimli değerlendirici tarafından değerlendirilmesi ile nihai derecelendirme yayıncıya verilerek etiketleme gerçekleştirilmektedir (ESRB, 2021b).

2.3.1.2. Dijital Oyunların Derecelendirilmesi

ESRB, dijital oyunların derecelendirilmesinde IARC sistemini kullanılmaktadır (ESRB, 2021b).

2.3.2. IARC (International Age Rating Coalition)

IARC, 2013 yılından beridir dijital oyunların yaş derecelendirmesi amacıyla Avrupa, Avustralya, Brezilya, Kuzey Amerika ve Güney Kore'den katılan yaş derecelendirme yetkililerinden oluşan bir koalisyon olarak görev yapmaktadır (PEGI, 2017a). IARC dünyanın farklı ülke ve bölgelerinde geliştirilen oyunların yaş derecelendirmesi için hızlı ve kolay bir araç olan anket sistemi kullanmaktadır. Geliştirilen bu sistem günümüzde yaklaşık 1.5 milyar insanın bölge ya da ülkesinde dijital oyun yaş derecelendirmesini gerçekleştirmektedir (IARC, 2021). Ayrıca PEGI derecelendirme sistemine ait dijital ürünlerin yayın sonrası doğrulama işlemi de IARC tarafından gerçekleştirilmektedir (IARC, 2021). Bu sistem mobil de dahil olmak üzere tüm dijital cihazlarda oynanabilen oyunların derecelendirmesini yapabilmektedir.

2.3.3. PEGI (Pan European Game Information)

PEGI, yaş derecelendirme sistemi dünya genelinde en çok kullanılan sistemlerden biridir ve tüm Avrupa'da kullanılmaktadır. Bu etiketleme sistemi popüler oyun konsolu üreticilerinden Sony, Microsoft ve Nintendo tarafından desteklenmekte ve bu cihazlarla birlikte Google Play, Google Stadia ve iPhone ve iPad'de ebeveyn kontrol sistemlerini barındırmaktadır. PEGI video oyun yaş etiketlemelerini 3+, 7+, 12+, 16+ ve 18+ olmak üzere 5 farklı yaş grubuna ayırmıştır. Etiketlemeler video oyunların zorluk derecesine göre değil içeriklerine göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, PEGI 3+ etiketlemesi tüm yaş gruplarına uygunluğu ifade ederken PEGI 18+ sadece 18 yaş üzerindeki erişkin bireyler için uygunluğu ifade etmektedir. Tablo 2.21'de görselleri sunulan etiketler şiddet, kötü dil, korku, kumar, cinsellik, bağımlılık yapıcı madde özendirme (uyuşturucu, alkol veya tütün kullanımına atıf), nefreti teşvik etme (etnik, dini, milliyet vb.) ve dijital satın alma (ürün, hizmet, ek içerik, güncelleme, sanal para, yükseltme) içerik tanımlayıcıları olarak PEGI tarafından kullanılmaktadır (PEGI, 2017b). Belirtilen içerik tanımlamaları video oyunlarında bulunma derecelerine ya da yalnızca bulunup bulunmama durumuna göre oyunlara yaş etiketi sağlamaktadır.



Şekil 2.21: PEGI içerik tanımlayıcıları ve görselleri (PEGI, 2017b).

2.3.3.1. PEGI Etiketleme Prosedürü

PEGI video oyunların yaş derecesinin belirlenip etiketlemesinin yapılmasında iş modeli ihtiyaç durumuna göre iki farklı prosedürü izlemekte ancak her ikisinde de tek bir kriter seti kullanılmaktadır (PEGI, 2017a). Bu iki prosedür aşağıda ifade edilmiştir:

Geleneksel yayın öncesi doğrulama yöntemi

Birinci aşamada sistem video oyun yayıncılarının, oyunun tüm sürümleri için ayrı olacak şekilde şiddet, kötü dil, korku, kumar, cinsellik, bağımlılık yapıcı madde özendirme (uyuşturucu, alkol veya tütün kullanımına atf), nefreti teşvik etme (etnik, dini, milliyet vd.), dijital satın alma (ürün, hizmet, ek içerik, güncelleme, sanal para, yükseltme) içerik tanımlayıcılarına göre içerik değerlendirmesi ile ilgili bir formu doldurmaları ile başlamaktadır.

İkinci aşamada formdan elde edilen verilerden elde edilen bilgilere göre PEGI çevrimiçi derecelendirme sistemi, video oyunlara geçici bir yaş etiketlemesi yapmaktadır. Bu geçici yaş derecelendirmesini 3 ve 7 yaş için NICAM derecelendirme kurulu gerçekleştirmektedir. 12, 16 ve 18 yaş için ise VSC Derecelendirme Kurulu gözden geçirmektedir.

NICAM, Hollanda'da hükümet desteği ile kurulmuş bir organizasyondur. Amacı görsel ve işitsel medya sınıflandırması yapmaktadır (NICAM, 2021). VSC ise 1989 yılında video ve video oyunların standartlarının artırılması, yasalara uygun hale getirilmesi amacıyla kurulmuş bir derecelendirme kurulu olmakla birlikte PEGI yaş derecelendirme sisteminin yöneticisi olarak görev yapmaktadır. 2012 yılından itibaren Birleşik Krallık'ın video oyun yaş derecelendirmesinden sorumlu organ olarak çalışmaktadır.

Üst kuruluşların incelemelerinden sonra geçici derecelendirme onaylanabilir ya da değiştirilebilir. Son derecelendirme kararı sonrasında ise PEGI, yayıncı firmaya yaş derecelendirme simgesi ve içerik tanımlayıcı kullanım lisansı vermektedir. Elde edilen lisans ile birlikte yayıncı kuruluş PEGI etiketleme yönergeleri ve PEGI davranış kuralları kapsamında oyuna verilen yaş derece ve içerik tanımlama etiketlerini ambalaj ya da dijital satış yerlerinde çoğaltma ve kullanabilme yetkisine sahip olmaktadır (PEGI, 2017a).

Dijital ürünler için yayın sonrası doğrulamanın kullanımı

PEGI mobil, bilgisayar ya da konsol gibi farklı tüm platformlar kullanılarak oynanabilen tüm dijital oyun ürünlerinin yayın sonrası doğrulamasında IARC derecelendirme sistemine başvurmaktadır. IARC sistemi koalisyonu Avustralya Government Classification Board (Avusturalya), Classificacao Indicativa (Brezilya), ESRB (Kuzey Amerika), GRAC (Güney Kore), PEGI (Avrupa) ve USK (Almanya) derecelendirme otoritelerinden oluşmaktadır (IARC, 2021). Birçok farklı ülke ve bölge yetkililerinden oluşan bu derecelendirme koalisyonu sayesinde üreticiler derecelendirme için oyunun geliştirildiği ülkelerden ya da oyunun oynanacağı diğer ülkelerden ayrıca onay alma sürecinden geçme zorunluluğundan kurtulmaktadırlar (PEGI, 2017a).

IARC sistemi hızlı yenilebilir esnek ve hatta kişiye özel olarak tasarlanmış derecelendirme prosedürlerine sahiptir. Bu sistem yayıncının dijital oyununu mağazaya gönderimi ile başlamaktadır. Sonraki adımda yayıncının ürün içeriği ve etkileşim unsurları ile ilgili derecelendirmede görev alan derecelendirme kurullarının sınıflandırma kriterleri ile birleştirilmiş tek bir soru seti barındıran IARC anketini yanıtlamaları ile devam etmektedir. Son olarak anket yanıtlarından elde edilen derecelendirmeye yönelik ürün lisansı hızlıca verilmektedir. Derecelendirmede IARC kurul yöneticileri ise kontrol edici olarak görev yapmaktadır (PEGI, 2017a).

2.3.4. Türkiye’de Video Oyun Yaş Derecelendirmesi

Güvenli İnternet Merkezi’nin “Dijital Oyunlar 2019” raporuna göre Türkiye’de dijital oyunların derecelendirme ya da içerik etiketlemesinin yapıldığı herhangi bir yasal mevzuat ya da birim bulunmamaktadır (Bakır, 2019; Güvenli İnternet Merkezi, 2019). Ancak ticari amaçlarla piyasaya sürülen oyunların değerlendirme ve sınıflandırmasının gerçek amacı dışında

Sinema Filmleri Değerlendirme Kurulu tarafından etiketlenmektedir (Güvenli İnternet Merkezi, 2019).

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, dijital oyunların yaş derecelendirilmesinin ile ilgili PEGI ya da ESRB sistemlerinin rehberlik edebileceğini belirtmiştir (BTK, 2019). Türkiye 2021 Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programında kapsamında; Bilgi ve İletişim Kurumu Başkanlığı, Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Gençlik ve Spor Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ve ilgili kurum ve kuruluşların işbirliği ile Türkiye’de yaşayan bireylerin kültürüne uygun dijital oyun içerik ve yaş derecelendirme sisteminin kurulması yer almıştır (Göçümlü, 2020).

2.4. DUYUŞSAL HESAPLAMA

Duygu, sinirsel ve kimyasal bütünleşme sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu bütünleşme ile duygu iletişim, etkileşim, öğrenme, karar verme gibi zihinsel, sosyal ve fiziksel sağlık durumlarını yönlendiren ve etkileyen, insanı tanımlayan ve insan olmayı ifade eden en önemli bileşenlerden biri olan merkezi (beyin ve omurilik) ve periferik sinir sistemi (otonom ve somatik) kaynaklı karmaşık bir davranışsal olgu haline gelmektedir (Lindsley, 1951; Lu ve diğ., 2020; Sharma ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020). Duygular aynı zamanda varlık olarak insanı diğer canlılardan ayıran ve ön plana çıkaran ön önemli özellik rolünü üstlenmektedir (Gao ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020). Duyguların bu denli değerli bir olgu oluşu insanları duyguları hesaplama isteğine itmiştir. Böylelikle duyuşsal hesaplama kavramını ortaya çıkarmıştır. Duyuşsal hesaplama ise bireylerin yetenekleri, yeterlilikleri, gizli niyetleri, kişisel özelliklerini ortaya çıkaran bilinçaltı davranışları ve düşünme, hissetme ve davranış kalıplarındaki bireysel farklılıkları hesaplama olarak tanımlanmıştır (Escalera ve diğ., 2018).

Yapay zeka, internet ve mobil teknolojilerdeki hızlı gelişmeler etkileşimli teknolojilerin gelişimine ve kullanımının yaygınlaşmasına yol açmıştır (Jiang ve diğ., 2020). Etkileşimli teknolojiler insan-makine etkileşim performansı, verimlilik ve kullanıcı memnuniyeti ilişkisinin pozitif yönlü olması gerekliliğini zorunlu kılmıştır (Gao ve diğ., 2020). Endüstri 4.0 teknolojileri ile birlikte ise kişiselleştirilmiş duygusal etkileşim performans ve gücünün geliştirilmesinin önemi daha da artmıştır. Duygu analizi ve duygu analizi araştırmaları video oyun, sağlık hizmetleri, rehabilitasyon, insan makine etkileşimi, insan-bilgisayar etkileşimi, e-

öğrenme, pazarlama, suçluların hukuktaki davranışları ve müşteri memnuniyeti gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Du ve diğ., 2020; Gao ve diğ., 2020; Hemanth, 2020; Mohammadi ve diğ., 2017; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020).

Duygu tanımlamada bilgi işlem gücü çok daha yüksek makinelerin gelişmesiyle birlikte duygu tanımlamada kullanılan mevcut yöntemler; duygulardaki bireysel farklılıkların neden olduğu zayıf genelleme yeteneği, tek modlu tanıma yöntemlerindeki bilgi eksikliği ile gelen düşük doğruluk oranı, öznellik ve yanlılık taşıma durumu gibi sebeplerle yerini çok modlu duygu tanıma yöntemlerine bırakmıştır (Jiang ve diğ., 2020; Lu ve diğ., 2020; Saxena ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020). Çok modlu duygu tanımda yüz ifadesi, konuşma, yürüyüş, kas tepki hızı, kalp atış hızı gibi fizyolojik sinyal ve doğrudan ya da dolaylı ifade verilerinden faydalanılmıştır (Gao ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020). Duygunun tespitinde ve tanınmasında ayrıca anket verileri, ses, uzuv tanıma, nabız, ter ve beyin sinyalleri kullanılmaya ve bu sinyallerin analizinde ise yapay zeka teknolojilerinden yararlanılmaya başlanılmıştır (Hemanth, 2020; Jiang ve diğ., 2020; Saxena ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020).

Duyguların tespitinde ve tanınmasında kullanılan ses/konuşma, yüz ifadesi, anket gibi ölçümler bireyler tarafından kontrol edilebilir, öznel, sosyal maskeleye açık, sonuçları aldatmaya eğilimli çeşitli dış faktör etkileri ile doğru değer kesinliği taşımamaktadır. Bu nedenle günümüz araştırmacıları bu gibi hataya açık yöntemler yerine kalp, beyin, kas, nabız, ter ve solunum hızı gibi farklı fizyolojik sinyalleri duygu tanımda kullanmaya başlamışlardır (Jiang ve diğ., 2020; Mohammadi ve diğ., 2017; Saxena ve diğ., 2020; Zangeneh Soroush ve diğ., 2020).

Duyuşsal hesaplamaların yapılması ile ilgili son araştırmalar incelendiğinde ise;

- Hemanth (2020) duygu tespitinde EEG sinyallerinin en iyi performansı sergilediğini,
- Jiang ve diğ. (2020) veriye dayalı duygu tanımda multimodal sistemlerin kullanılmasının gerektiğini,
- Saxena ve diğ. (2020) EEG sinyallerinin gürültülü olması ve farklı frekans bantları sebebiyle doğru işleme zorluğu taşıdığını,
- Zangeneh Soroush ve diğ. (2020) EEG sinyallerinin öznel olmaması, bireyler tarafından kontrol edilememesi, fiziksel engeli olan insanlar için kullanılabilir olması, maliyetinin düşük olması, non-invazif olması, veri kaydının kolay gerçekleştirilmesi, çok yüksek uzamsal ve zamansal çözünürlüğe sahip olması, duygu düzenlemesinden sorumlu beyin aktivitelerini

doğrudan ölçebilmesi nedeni ile duygu tespitinde kullanılabilirliğinin yüksek olduğunu ifade etmiştir.

2.4.1. Oyunlar ve Duyuşsal Hesaplama

Duygu bir olayın amaca uygun olarak değerlendirilmesi sonucunda beyindeki bilgi işleme süreci ve ilgili hedeflerin arasındaki dengeyi korumada işe koşan psikolojik bir durum ya da süreç olarak ifade edilmektedir (Kumar ve diğ., 2016). Duyguların algılanması ve ayırt edilmesi insanların erken gelişim dönemlerinden olan bebekliklerinin yedinci ayında yüz, ses ve bedensel ifadelerden çıkarımlar yapılması ile gerçekleştirilebilmektedir (Grossmann, 2015).

Duyuşsal Hesaplama insan duygularının otomatik olarak tanınması, yorumlanması ve bunlara tepki verilmesi amacıyla bilgisayarlarla görüntü tanımanın yanı sıra psikolojik ve bilişsel bilimler gibi insan davranışı çalışmalarını içeren farklı bilim dallarını bir araya getiren ve birçok farklı alanda kullanılan (eğitim, sağlık, ticaret, finans, eğlence, oyun vb.) disiplinlerarası bir araştırma alanıdır (Szwoch, 2016).

Günümüzde duygular modellenerek robotların insan davranışlarını daha iyi anlamaları sağlanmakta ve böylelikle insan-robot-sistem etkileşimi artırılmaktadır (Chuah ve Yu, 2021). Duyguların modellenmesinde gerçekleştirilen duyuşsal hesaplamalar ile robotlar insan duygularını sınıflandırabilmekte ve kullanabilmektedir (Kowalczyk ve diğ., 2020).

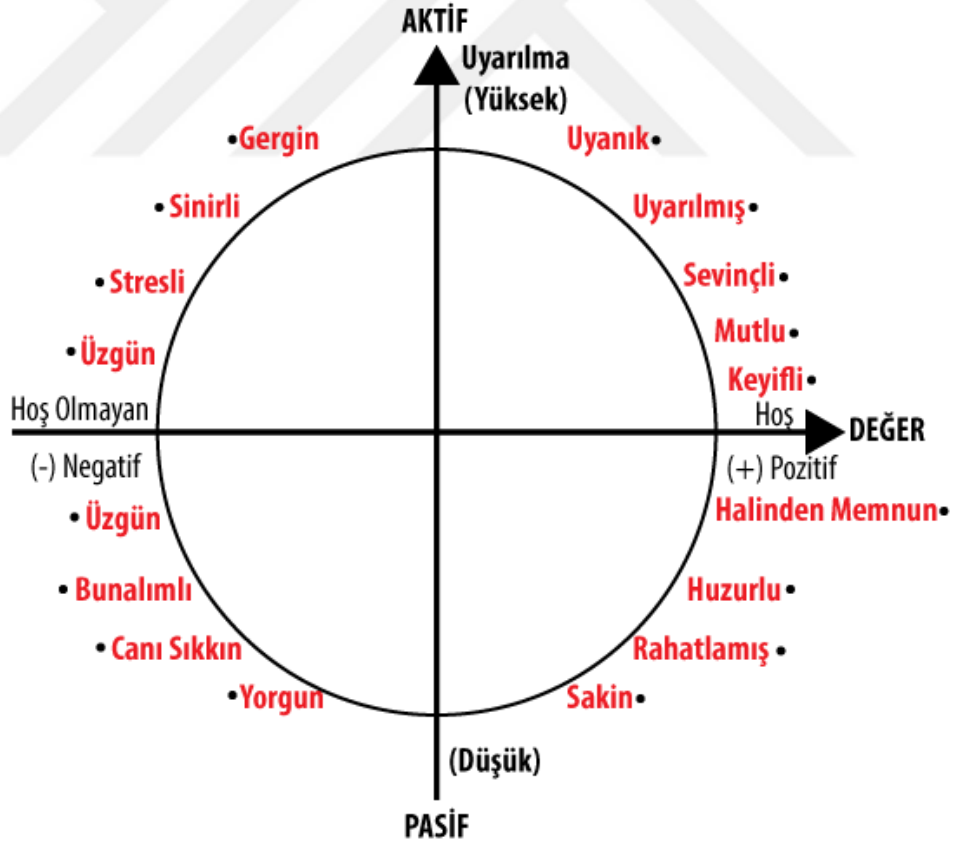
Duyuşsal hesaplama yöntemi üzerine çalışmalar yapan Rus ve diğ. (2018) kapasitif sensörlerle donatılmış “Duygusal Kanepe” ismini verdikleri bir kanepeyle insan vücudunun yakınlığı ve hareketini algılayarak anksiyete, ilgi ve gevşeme gibi temel duyguları makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak tespit etmişlerdir. Çalışmanın önerilerinde ise duygusal kanepe sistemi ile video oyunu oynama esnasında oyun içeriğinin ve oyun hızının duygu durumuna göre ayarlanabileceği belirtilmiştir (Rus ve diğ., 2018).

Beyin-Bilgisayar Etkileşimi (Brain-Computer Interface - BCI) sistemleri, insan-bilgisayar etkileşiminde insan sinir sistemini (merkezi ve otonom) etkileyen yapay engelleri doğrudan ya da arayüz ile azaltıp kaldırmaya çalışmaktadır (Alonso-Valerdi ve diğ., 2015; Miranda ve diğ., 2015). BCI sistemlerinden alt dallarından biri olan duyuşsal hesaplama, BCI sisteminin duygusal ve bilişsel durumlarıyla ilgili psikofizyolojik sinyallerin kaydedilerek etkileşim ile ilgili bilgileri açığa çıkarmaya çalışmaktadır (Moghimi ve diğ., 2020). Bu bilgilerin açığa

çıkarılması ile insan beyni ile bilgisayarların doğrudan bağlantı kurulması sağlanır ve insan duyguları-düşünceleri tercüme edilerek kullanılabilir.

Duyguların insan bilgisayar etkileşimi sürecinde kullanıcı konforunu en olumlu olabilecek düzeyde etki edebilecek şekilde yönlendirilmesi duygusal müdahale olarak ifade edilmektedir (Landowska ve diğ., 2016). Landowska ve diğ. (2016) duygusal müdahale modelinin insan-sistem, insan-bilgisayar ya da insan-makine etkileşimi sürecini pozitif yönde etkileyebilecek duygusal müdahalelerin ne zaman ve nasıl yapılması gerektiğini ile ilgili tanımlamalar yapmıştır.

Russell (1980) tüm duygu durumlarının iki temel nörofizyolojik sistemden kaynaklandığını (uyarılma ve uyanıklık) ve duygu boyutlarının sistematik bir şekilde ilişkili olduğunu gösteren iki boyutlu (2-B) dögüsel (circumplex) duygu modelini geliştirmiştir. Uyarılma-değer dögüsel duygu modeli Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22: Uyarılma-değer dögüsel duygu modeli (Barrett ve Russell, 1998).

Ekman (1992) kültürel geçmişlerden bağımsız olarak mutluluk, öfke, korku, üzüntü, iğrenme ve şaşkınlık duyguları ile evrensel duyguların evrenselliğini ifade etmiştir. Plutchik (2001),

duyguların renk kodlu olduğunu ve kodların yoğunluğa sahip olduğunu belirtmiştir. Duygu yoğunluğu ve renk kodları ilişkisi Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

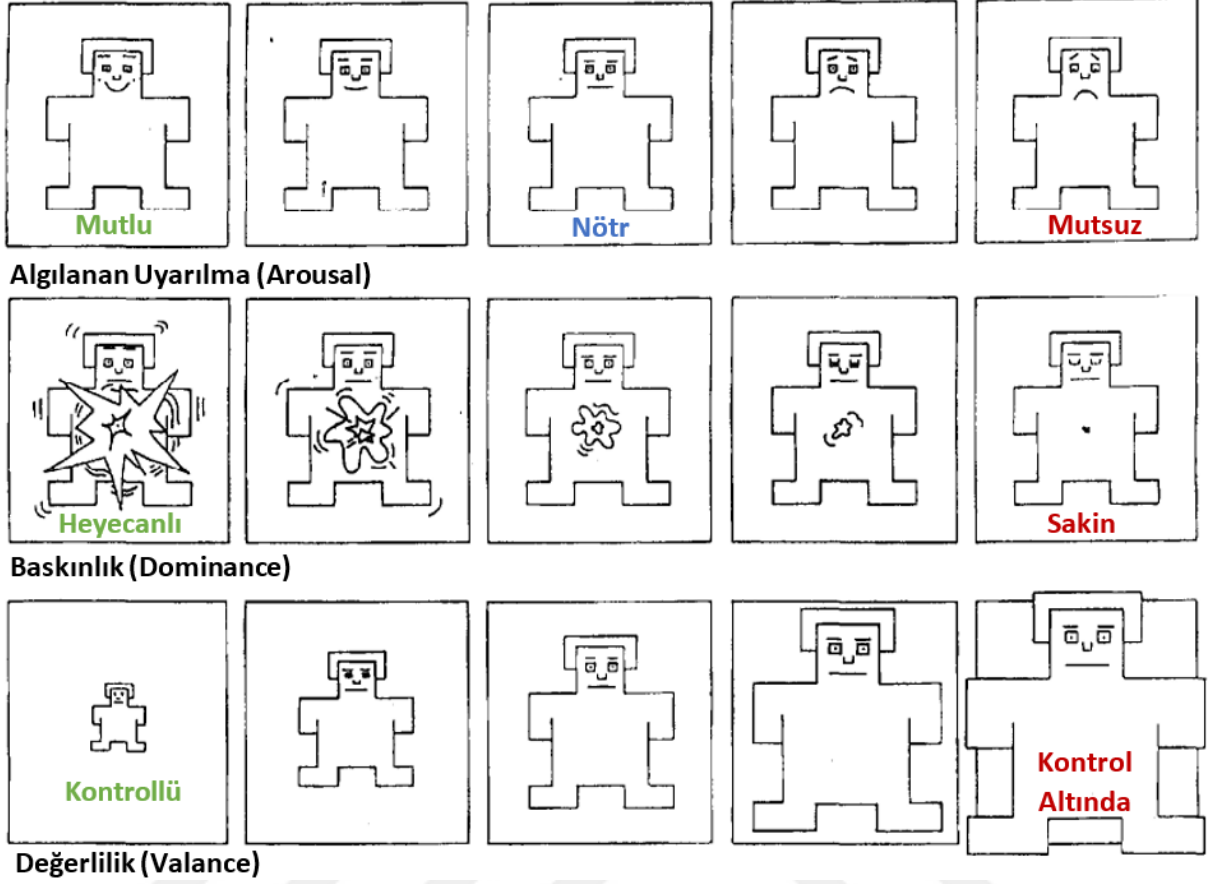
Tablo 2.2: Duygu yoğunluğu ve renk kodları ilişkisi (Kowalczyk ve diğ., 2020).

	Yoğunluk		
	Düşük	Orta	Yüksek
	Dalgınlık	Üzüntü	Keder
	Dikkat dağınılığı	Şaşkınlık	Hayret
	Kaygı	Korku	Dehşet
	Kabulleniş	Güven	Hayranlık
	Sükûnet	Sevinç	Coşkunluk
	İlgi	Beklenti	İhtiyat
	Rahatsızlık	Öfke	Hiddet
	Sıkıntı	Tiksinme	İğrenme

Bradley ve Lang (1994) duygusal tepkileri ölçmek amacıyla ikon tabanlı bir anket geliştirerek duygu merkezi olarak tanımlanan duygusal tepkinin;

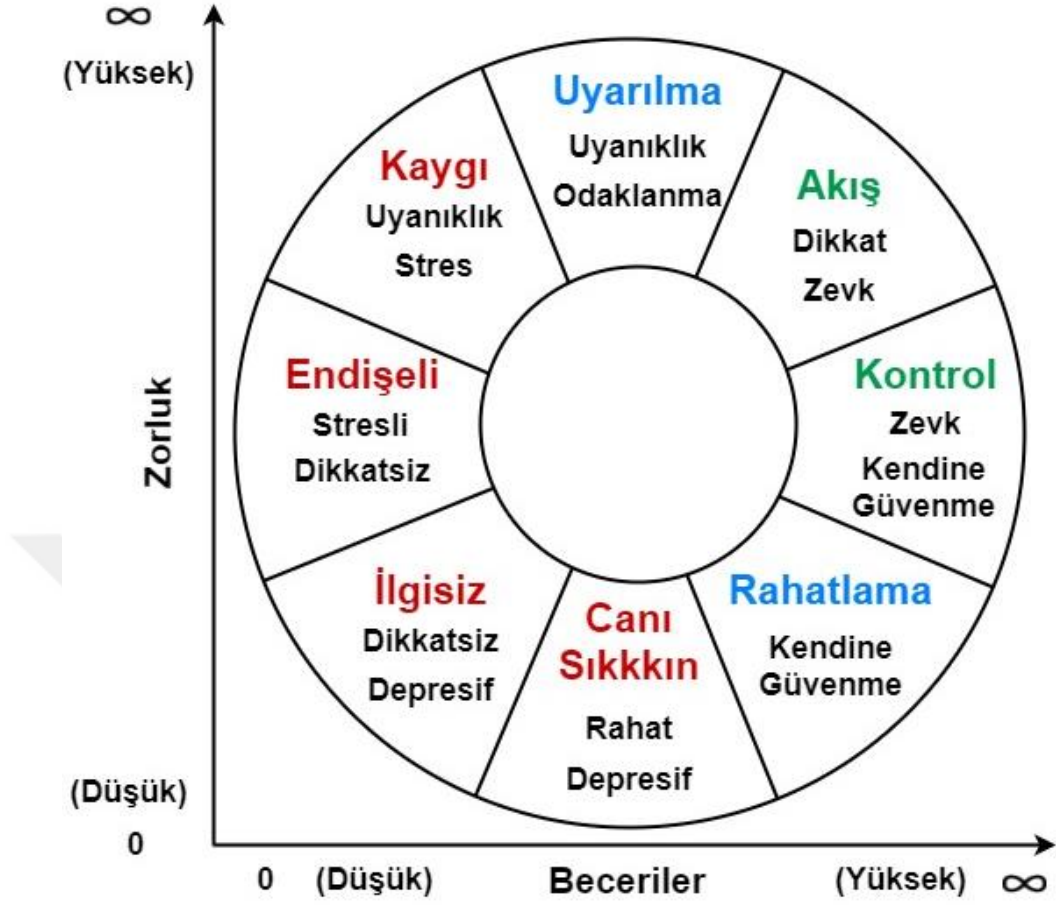
- Değerlilik/zevki (dimensions/pleasure) (olumludan olumsuz),
- Algılanan uyarılma (arousal) (yüksekten düşüğe),
- Baskınlık / kontrol (dominance) (düşükten yükseğe) olmak üzere üç özelliğini ölçmüşlerdir.

Şekil 2.23’te gösterilen bu üç duyusal ölçeğe sahip ikon tabanlı derecelendirme ölçeği “Öz-değerlendirme mankeni (Self Assessment Makin - SAM)” olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.23: SAM (Bartosova ve diğ., 2019; Bradley ve Lang, 1994; Lombard ve diğ., 2000).

Duygu tanımada işlevselliğin genişletilmesi ve birincil insan duygularına odaklanma durumuna duygulanım farkındalığı denilmektedir (Szwoch, 2016). Yüz ifadeleri, galvanik cilt tepkisi ve EEG biyometrik araştırmalarda duygu tanıma için kullanılmaktadır (Lara-Álvarez ve diğ., 2021). Duygulanım farkındalığının en doğal olarak karşılaşıldığı yerlerden biri de video oyunlarıdır (Szwoch, 2016). Video oyunlarında akış teorisi ile ilgili yapılan araştırmalar oyunun zorluğu ve oyuncu beceri durumuna göre oyuncu duygusal durumunda değişiklikler gözlemlendiğini ve akışı derin/kalıcı bir deneyim haline getirmenin anahtarı olduğunu ortaya koymuştur (Cruz ve Uresti, 2017). Oyunlardaki akış Sekiz Kanallı Akış Modeli (SKAM) ile oyunlardaki zorluk/beceri ilişkisine göre duygu durumunu ortaya koymaktadır (Snyder ve Lopez, 2001). SKAM, Şekil 2.24’te sunulmuştur.



Şekil 2.24: Sekiz kanallı akış modeli (Snyder ve Lopez, 2001).

2.4.2. Duyuşsal Hesaplama Kullanılan Veri Toplama ve Ölçüm Yöntemleri

Video oyunlar kullanıcılarına etkileşimli ve eğlenceli olarak sunabilme gücüne sahiptir. Video oyunların sunduğu eğlence ve etkileşim oyuncularında farklı duygusal deneyimler yaşatabilmektedir. Du ve diğ. (2020) farklı duygusal deneyimler etkisi ile yaşanan duyguların tanımlanmasında yüz ifadesi, yüz mikro hareketleri, konuşma ve vücut hareketleri gibi davranışların elde edilmesi bir duygu tanıma yöntemi olduğunu ve kalp atış hızı (HR), HR değişkenliği, elektrokardiyogram (EKG) ve elektroensefalogram (EEG) gibi fizyolojik sinyallerin tespitinin ise bir diğer duygu tanıma yöntemi olduğunu belirtmiştir. Kołakowska (2013) duyguların tanınmasında görsel (yüz ifadesi, jestler), işitsel (konuşma, ses), metinsel (anlamsal) ve fizyolojik (kalp hızı, sıcaklık, cilt iletkenliği vb.) yöntemlerinin kullanıldığını ifade etmiştir. Dzedzickis ve diğ. (2020) ise duygu tanıma öz değerlendirme tekniklerinin (anket), insan vücut parametrelerinin (fizyolojik sinyaller) ölçümüne dayalı makine öğrenme tekniklerinin ve güvenilirliği artırmak üzere birçok yöntemin aynı anda bir arada işe koşulduğu

multimodal yöntemlerin kullanıldığını belirtmiştir. Literatürde görüldüğü üzere duyuşsal hesaplamada kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden duyuşsal hesaplamada sıklıkla kullanılanları aşağıdaki alt başlıklarda sunulmuş ve incelenmiştir.

2.4.2.1. Anket

Video oyunlarında oyuncu deneyimlerinin artırılması amacıyla oyuncu duygularının yakalanmasında anket yöntemi kullanılmaktadır. Setiono ve diğ. (2021) yaptıkları bir çalışmada oyun deneyimlerindeki duygu durumlarını tespit edebilmek amacıyla oyun deneyimleri anketini ve sürükleyici oyun anketini kullanmıştır. Akbar ve diğ. (2019) akıllı oyun dengeleme sistemi ile ilgili çalışmalarında duygu durumlarının tespitinde yüz ifadesi tanıma sisteminin haricinde oyun deneyimi anketini kullanmıştır. Moniaga ve diğ. (2018) oyun dengeleme sisteminde duygu tanımlama ile ilgili çalışmalarında yüz ifadesi verilerine ek olarak sürükleyici deneyim anketini kullanmıştır.

Anket öznel ölçüm yöntemlerinden biridir. Öznel ölçüm yöntemleri kendini aldatma riski barındırmaktadır. Ancak duygusal durumların nesnel olarak ölçümünde fizyolojik sinyallerin kullanımı, kasıtlı olarak manipüle edilme zorluğu nedeni ile daha geçerli ve güvenilir olarak görülmektedir (Jerčić ve diğ., 2012).

2.4.2.2. Ses ve Konuşma

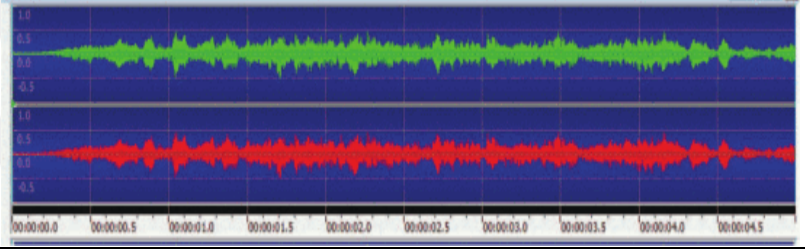
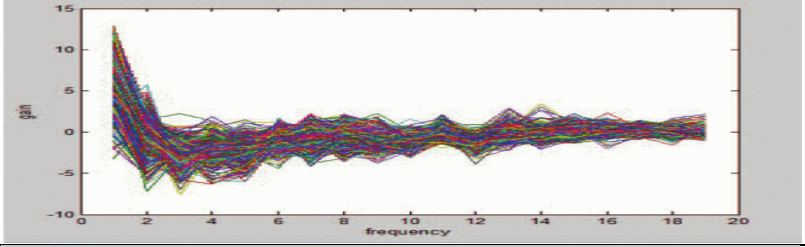
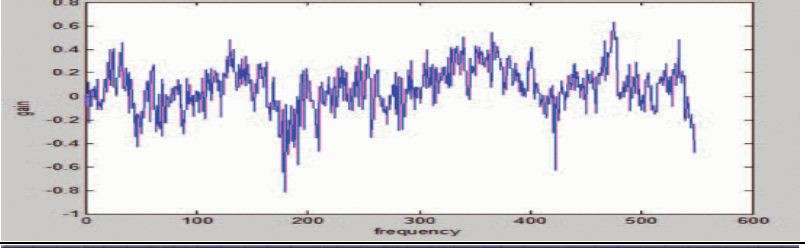
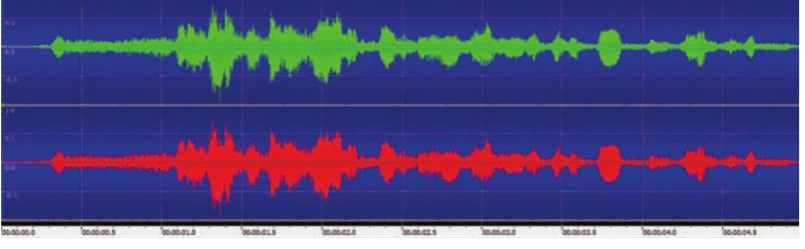
Konuşma, etkileşim içerisindeki insanların ruh hal ve duygularını ifade eden iletişim biçimi olarak tanımlanmaktadır (Tarunika ve diğ., 2018). İletişim sürecinde dolaysız bir konuşma esnasında konuşmacının ruh halini anlamak bir tanımlama olarak görülmekteyken dolaylı bir konuşmada konuşmacının ruh halini algılamak zekanın bir göstergesi olarak görülmektedir (Tarunika ve diğ., 2018). Burada zeka olarak atıfta bulunulan kısım ise sesin sahip olduğu frekans, genlik, yapı, harmonisi, perdesi ya da mel-frekans gibi parametrelerden çıkarılan değerlendirme sonuçlarıdır.

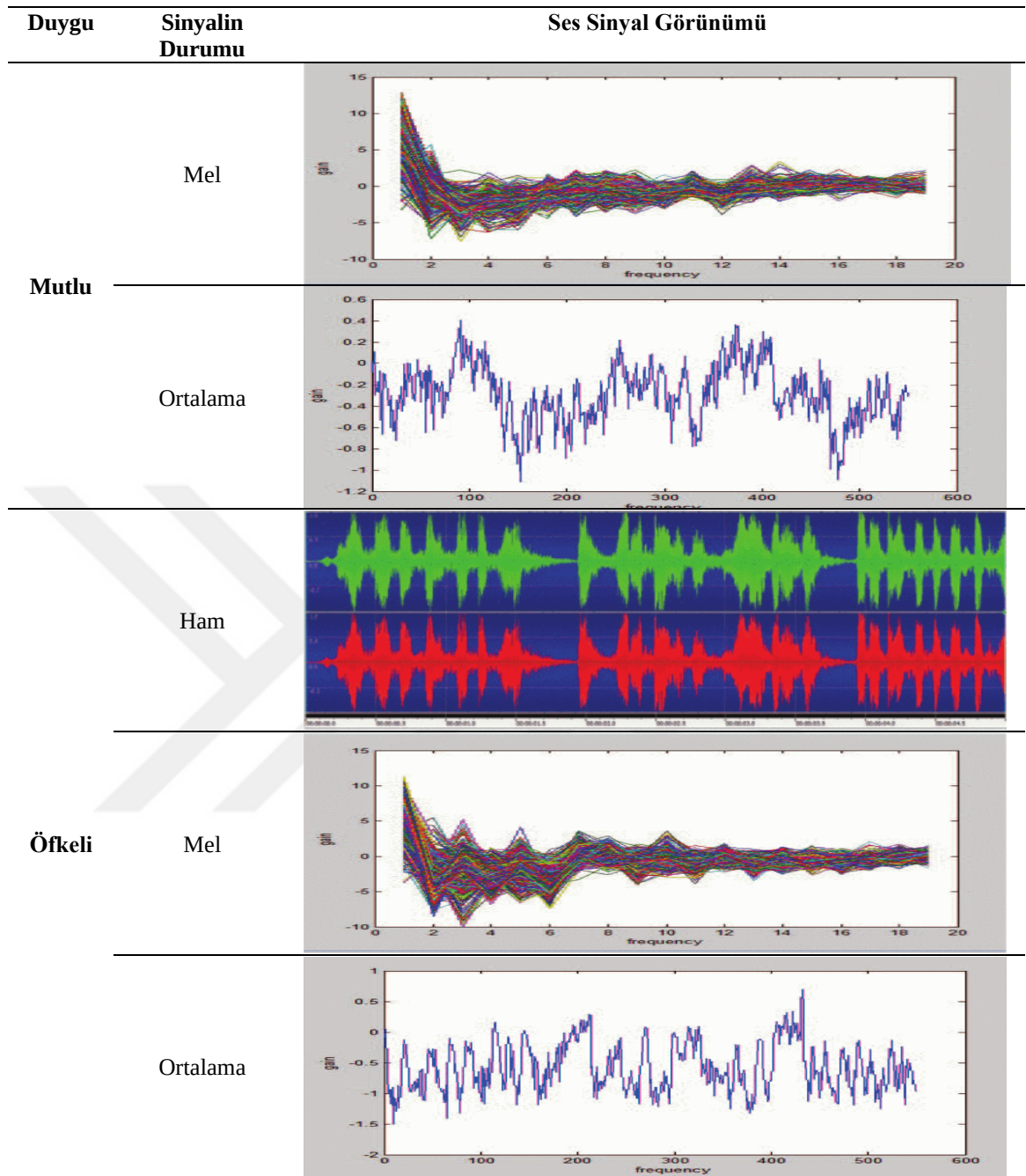
İnsan-bilgisayar etkileşiminde konuşmalardan duygu tanıma önem arz etmektedir (Wang ve diğ., 2015). Video oyun oyuncularının oyun oynama esnasında verdikleri ses tepkileri de oyun oynama sürecindeki duyguların tanınması için kullanılmaktadır. Sesten duygu tanıma bulanık mantığa dayalı Endüktif Kontrol ve istatistiksel yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Estetik ve

duygusal durumun Russell'ın döngüsel modeli ile temsil edildiği IC tekniği ile olumlu duyguların tespiti ve uyarılması ölçülebilmektedir (Lara-Álvarez ve diğ., 2021).

Konuşma tanınmanın yanı sıra konuşma tanıma amacıyla insan kulağının frekans seçiciliğini taklit eden Mel Frekans Ölçeği kullanılmaktadır (Eskidere ve Ertaş, 2009; Zhou ve diğ., 2011).Likitha ve diğ. (2017) farklı duygulara sahip konuşmacıların konuşma sinyallerini Mel Frekans Ölçeği 'ne dönüştürerek duyguları tespit etmeye çalışan %80 başarımla oranına sahip bir sistem tasarlamışlardır. Tasarlanan sistemdeki sonucunda üzgün, mutlu ve öfkeli duygularına ait giriş sinyalleri, mel frekans cepstral katsayılarına dönüştürülmüş hali ve ortalama duygu sinyalleri Tablo 2.3'te sunulmuştur.

Tablo 2.3: Konuşma sinyali duygu durumları (Likitha ve diğ., 2017).

Duygu	Sinyalin Durumu	Ses Sinyal Görünümü
	Giriş Sinyali	
Üzgün	Mel	
	Ortalama	
Mutlu	Ham	



2.4.2.3. Yüz İfadesi – Facial Expression (FE)

Sözsüz iletişimin ilk anahtarı olarak kabul edilen yüz ifadesi mutluluk, üzüntü, şaşkınlık, korku, öfke ve tikslenme temel duyguları tanımlamakta kullanılmaktadır (Gunes ve Hung, 2016). Duyguların tanımlanması gözler, kaşlar ve dudaklara ait yüz ifadesi desenlerinin çıkarılması ve bu desenlere ait verilerin Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network - ANN), Naive Bayes (NB), Lojistik ve Doğrusal Regresyon, Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine -

SVM), k-En Yakın Komşu (k-Nearest Neighbor-kNN), Karar Ağaçları (Desicion Tree) ve diğer algoritmalar kullanılarak analiz edilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Petrovica ve diğ., 2017).

Yüz ifadesinden duygu tanımda uygulanan sinyal işleme de temelde makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak otomatik duygu tanıma çalışılmaktadır. Ancak kızgınlık, mutluluk, iğrenme, korku, üzüntü ve şaşkınlık gibi temel duyguların tanınmasında zorluklar yaşanabilmektedir. Duygu tanımda bu zorluklar derin öğrenme yöntemleri ile çözülmeye çalışılmaktadır (Pitaloka ve diğ., 2017). Yüz eylem kodlama sisteminden özellik çıkarma ve eylem birimi algılama olmak üzere iki yaklaşım ile yüz ifadesi analiz edilmektedir. Özellik çıkarmanın ise görünüm ve geometrik tabanlı olmak üzere iki tekniği vardır. Geometrik tabanlı teknikte yüzü geometrik açıdan ifade edebilmek ve özellik vektörleri oluşturmak amacıyla yüz noktaları kullanılmaktadır. Görünüm tabanlı teknikte ise Gabor Dalgacıkları ya da Yerel İkili Örüntü (Local Binay Pattern - LBP) uygulaması kullanılarak yüz görüntüsüne ait özel alan ya da yüz tüm alanı vektörleri çıkartılmaktadır (Pitaloka ve diğ., 2017).

Kalp atışı hızının değişimi, yüz kaslarına kanın pompalanması ile birlikte yüz parlaklık değerlerinin değişmesine neden olmaktadır. Yüz ifadesi haricinde gerçekleşen yüz parlaklık değeri değişimi duygu tanımlamasında kullanılmaktadır (Du ve diğ., 2020).

Yüz ifadesi araştırmaları yüz video görüntülerinin analizi ile gerçekleştirilebilmektedir. Yüz ifadelerinin kaydı ifadelerin temiz ve gürültüsüz olabilmesi için bozucu etkilerden arındırılmalıdır. Yüz ifadesi analiz yapılacak bir çalışmada aydınlatmanın düzenli olması gerekmektedir (Bailenson ve diğ., 2008).

Video oyun oyuncuların oyun oynama esnasında verdikleri yüz ifade tepkileri oyuncuların oyun deneyimini geliştirmek için kullanılmaktadır. Oyuncuların yüz ifadelerinden duygu çıkarımları sonucunda elde edilen verilerin oyun tasarımında kullanılması kullanıcıların oyun deneyimlerini olumlu yönde etkilemekte ve oyun tasarımlarına yön verebilmektedir (Setiono ve diğ., 2021).

Video oyun oynayanlar oyunları çok zor ya da çok kolay gördüklerinde oyun bir süre sonra çekiciliğini yitirebilmektedir. Bu durumun yaşanmaması için oyun dengeleme sistemleri kullanılmaktadır. Oyun dengeleme sistemlerinin geliştirilmesinde duygular önem taşımaktadır. Oyuncuların oyun oynarken hissettikleri duygulara göre oyunun zorlaştırılması ya da kolaylaştırılması oyunun dinamik bir dengeleme içerisinde olmasını sağlayabilmektedir. Yüz

ifadesinden duygu tespiti ile oyunun akış zorluğu ya da kolaylığı değiştirilerek oyuncuların oyuna karşı olumlu bakış açısı geliştirmesi sağlanmaktadır (Moniaga ve diğ., 2018).

Yüz ifadelerinden duygu tanıma için oluşturulmuş bazı veri setleri ve özellikleri Tablo 2.4'te sunulmuştur.

Tablo 2.4: Yüz ifadelerinden duygu tanıma veri setleri ve özellikleri (Goodfellow ve diğ., 2015, 2015; Kanade ve diğ., 2000; LoBue ve Thrasher, 2015; Lucey ve diğ., 2010; Lyons ve diğ., 1998).

Veri Seti Adı	Yaş Grubu	Kullanılan Kaynak	Katılımcı Sayısı	Resimler
FER	18+	Resim	-	35000
CK++	18+	Video	123	593
JAFPE	18+	Resim	10	213
CAFE	2-8	Resim	154	1192
The CMU-PITTSBURGH AU-Coded Face Expression Image Database	15-50	Resim	182	2105

Yüz ifadeleri duyuşsal hesaplamalarda genellikle kullanılan yöntemlerden birisidir. Yüz ifadelerindeki gizli duyguların tanımlanmasında ve anlaşılmasında spontane olarak açığa çıkan hızlı ve istemsiz “Mikro İfadeler (Micro Expressions - ME)” rol oynamaktadır. ME sıradan bir insanın gözünün fark edemeyeceği kadar hızlı gerçekleştiği için uzman olmayan bir insan gözünün algılaması zordur. Ancak günümüz teknolojileri ile birlikte gelişen bilgisayarlı görme ile sayesinde otomatik olarak algılanabilir hale gelmiştir (Tran ve diğ., 2021). Mikro yüz ifadelerinden duygu tanıma için oluşturulmuş bazı veri setlerine ait görüntüler Tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Mikro yüz ifadelerinden duygu tanıma veri setleri ve görselleri (Tran ve diğ., 2021).

Veri Seti Adı	Veri Seti Görselleri
CAS(ME) ²	

Veri Seti Adı	Veri Seti Görselleri
SAMM-Long	
MIC-HS	

Tran ve diğ. (2021) videolardaki yüz ifadelerinden duygu tanımda dört genel yüz ön işleme adımı olduğunu ifade etmiştir. Adımlar aşağıda listelenmiştir:

- 1- Video süresinde yüzün bulunduğu konumun tespiti için yüz algılama ve izleme,
- 2- Yüzün belirli dönüm noktalarının belirlenmesini sağlamak amacıyla yer işaretinin tespit edilmesi,
- 3- Kafa hareketleri ve diğer farklı nedenlerden ötürü gerçekleşen değişimlerin normalleştirilmesi için yüz kaydının alınması,
- 4- Videoda yalnızca yüz alanının belirli boyuta getirilip hizalanması için yüz kırma işleminin gerçekleştirilmesi (Tran ve diğ., 2021).

2.4.2.4. Metinden Duygu Tanıma

İnsan ile insan ya da insan ile makine etkileşiminde metin verileri ana iletişim aracı olarak görülmektedir (Shaheen ve diğ., 2014). Metinden duygu tanıma, insan-bilgisayar etkileşiminde yaşanan gelişmeler ile birlikte önem kazanmış ve çeşitli insan-bilgisayar etkileşiminin ana aracı haline gelmiştir (Alswaidan ve Menai, 2020). Twitter, youtube, facebook, web blogları, e-postalar, forumlar ve ürün incelemelerinin yer aldığı internet siteleri ve diğer sosyal medya araçları gibi dijital ortamlarda insan ile makinenin etkileşiminin anahtarı kullanıcı duygularının tanınmasıdır (Alswaidan ve Menai, 2020).

Metinden duygu tanıma geleneksel olarak anahtar kelime tabanlı yöntem ile yapılabilmektedir (Seol ve diğ., 2008). Ayrıca geleneksel yöntemlerden farklı olarak metinden duygu tanımda

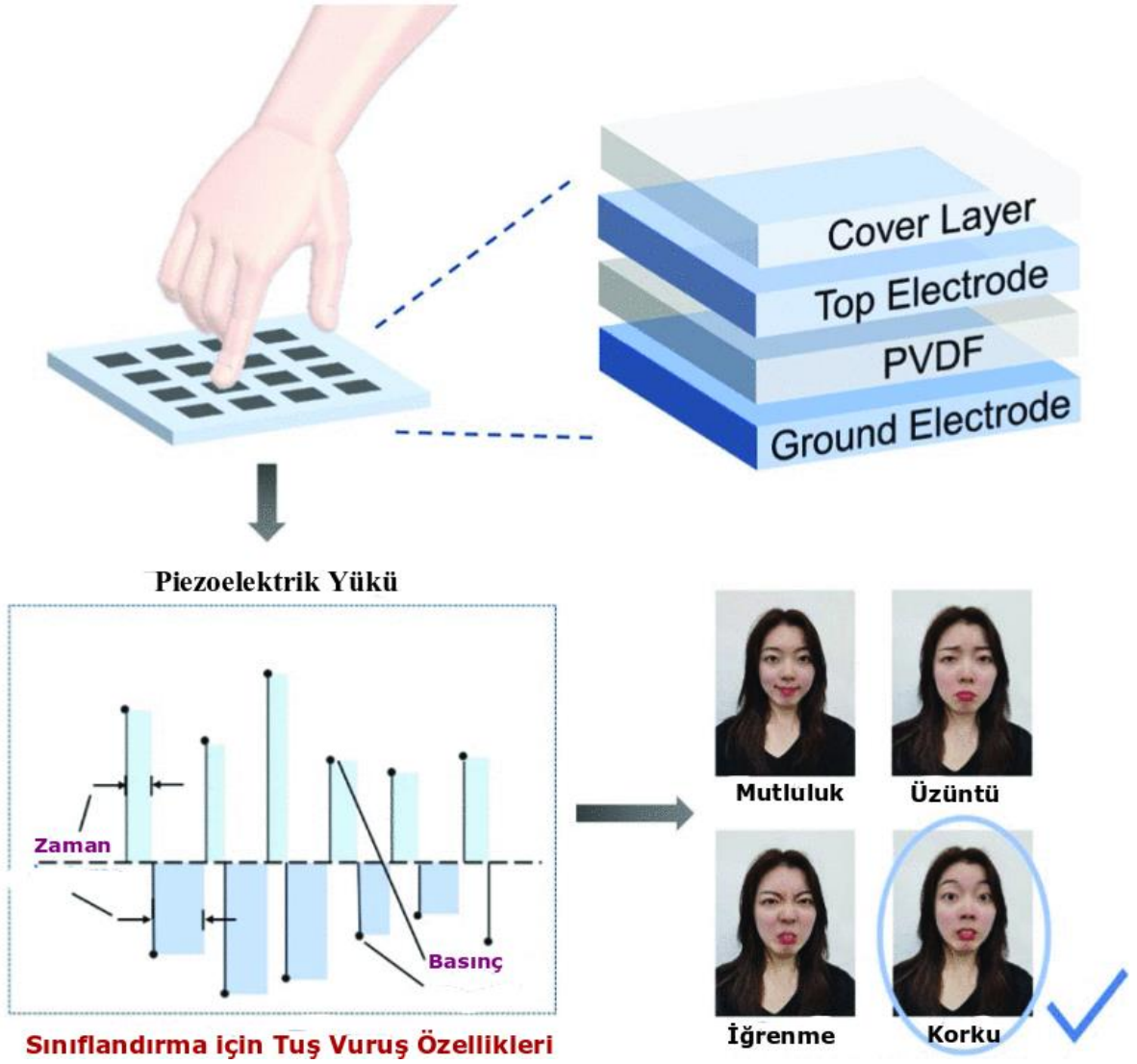
günümüzde genellikle Doğal Dil İşleme (Nature Language Processing - NLP) ve Makine Öğrenimi (Machine Learning - ML) yöntemleri kullanılmaktadır (Park ve diğ., 2020). Metinlerde ki örtük duyguların tanınmasında ise kural tabanlı yaklaşımlar, klasik öğrenme tabanlı yaklaşımlar, derin öğrenme yaklaşımları ve hibrit yaklaşımlarının kullanıldığı görülmektedir (Alswaidan ve Menai, 2020).

2.4.2.5. Giriş Birimleri

Mikrofon, kamera, klavye tuş dinamikleri, fare hareketleri ya da dokunmatik ekran girişleri gibi veriler kullanıcıların giriş işlemleri gerçekleştirmeleri amacıyla kullandıkları bilgisayar giriş birimi adı verilen fiziksel donanım çevre aygıtlarından elde edilmektedir (Schneider ve diğ., 2008). Normal bilgisayar kullanımı sırasında klavye ve fare parametrelerinin elde edilmesi ile tuş dinamikleri ve fare hareketleri verileri özel donanım gerektirmeden kolaylıkla elde edilebilmektedir (Kołakowska, 2013).

Giriş birimlerinden elde edilen verilerin tek başına kullanıldığında örneklemin evreni yansıtmaya başarım düzeyinin az oluşu bu verilerin temel zayıf yönü olarak görülmektedir (Bakhtiyari ve diğ., 2015). Evreni yansıtmaya düzeyinin düşük olması giriş birimi kullanıcılarının geçmiş tecrübelerinin, davranış kalıplarının ve giriş birimi kullanım yeterlilik düzeylerinin farklılık göstermesi olarak görülmektedir (Bakhtiyari ve diğ., 2015). (Kołakowska ve diğ., 2013), giriş birimleri ile duygu analizinin yazılım geliştirme ve kullanılabilirlik testleri sürecinde kullanımının daha olabileceğini vurgulamıştır.

Fare, klavye ya da dokunmatik ekranlarda tuş basım süreci, kuvveti ve hızı gibi verilerden kullanıcıların duyguları tespit edilebilmektedir. Qi ve diğ. (2021) dokunmatik panele dayalı bir duygu tanıma tekniği geliştirerek %78,31 doğrulukta duyguları sınıflandırmıştır. Tekniğe ait görsel Şekil 2.25'te gösterilmiştir.



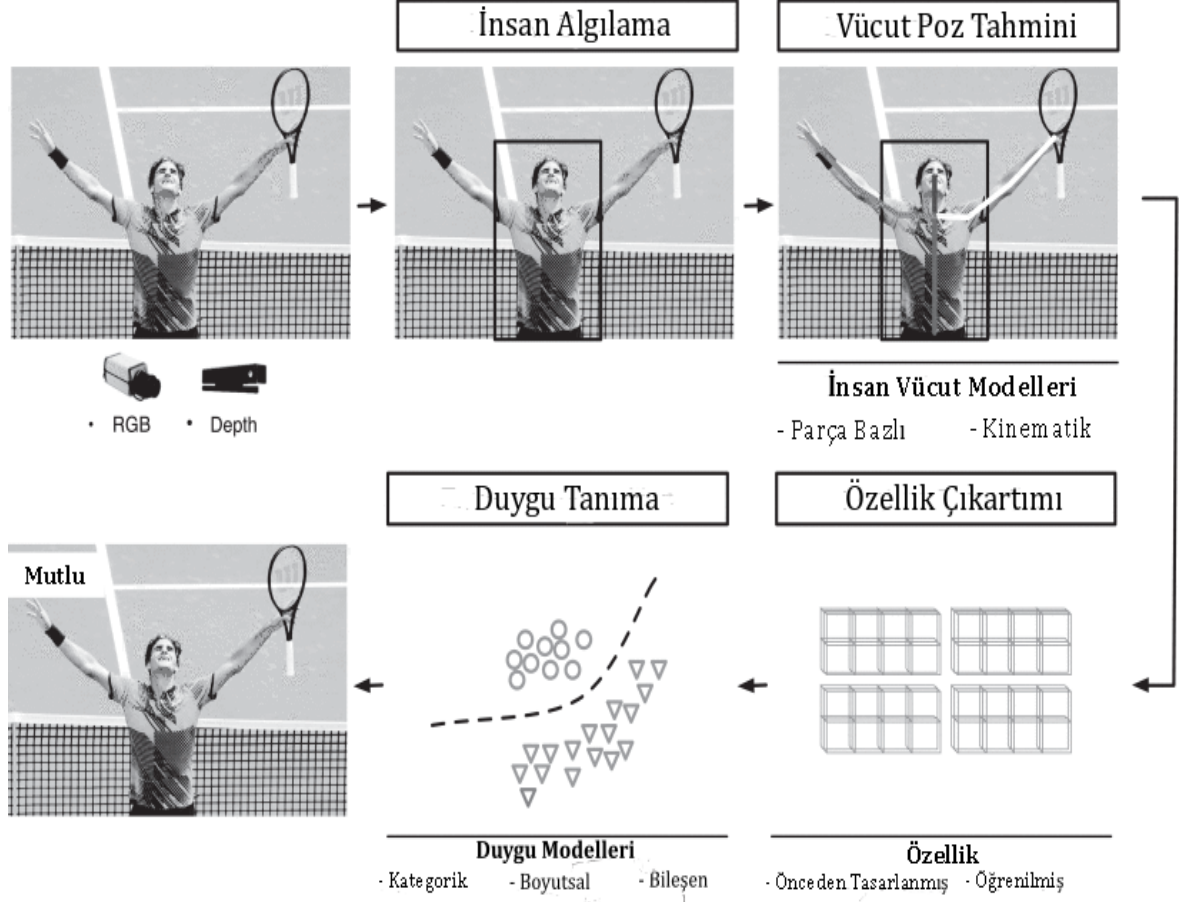
Şekil 2.25: Dokunmatik tuş vuruşu tabanlı duygu tanıma tekniği (Qi ve diğ., 2021)

2.4.2.6. Vücut Hareketleri – Body Gesture

İnsanlığın varoluşundan beridir devam eden yaşantı ve tecrübeler kültürel, coğrafi, küresel faktörler ya da cinsiyet farklılıklarının etkisi ile el, ayak, kafa, dudak ve göz gibi vücut bölümlerinin farklı bedensel hareketlerine belirli anlamlar yüklenmesine neden olmuştur. Günümüzde vücut bölümlerinin farklı hareketlerin farklı anlamlar ortaya koyması durumu sözsüz iletişimin bilinen yöntemlerindendir (Bakhtiyari ve diğ., 2015).

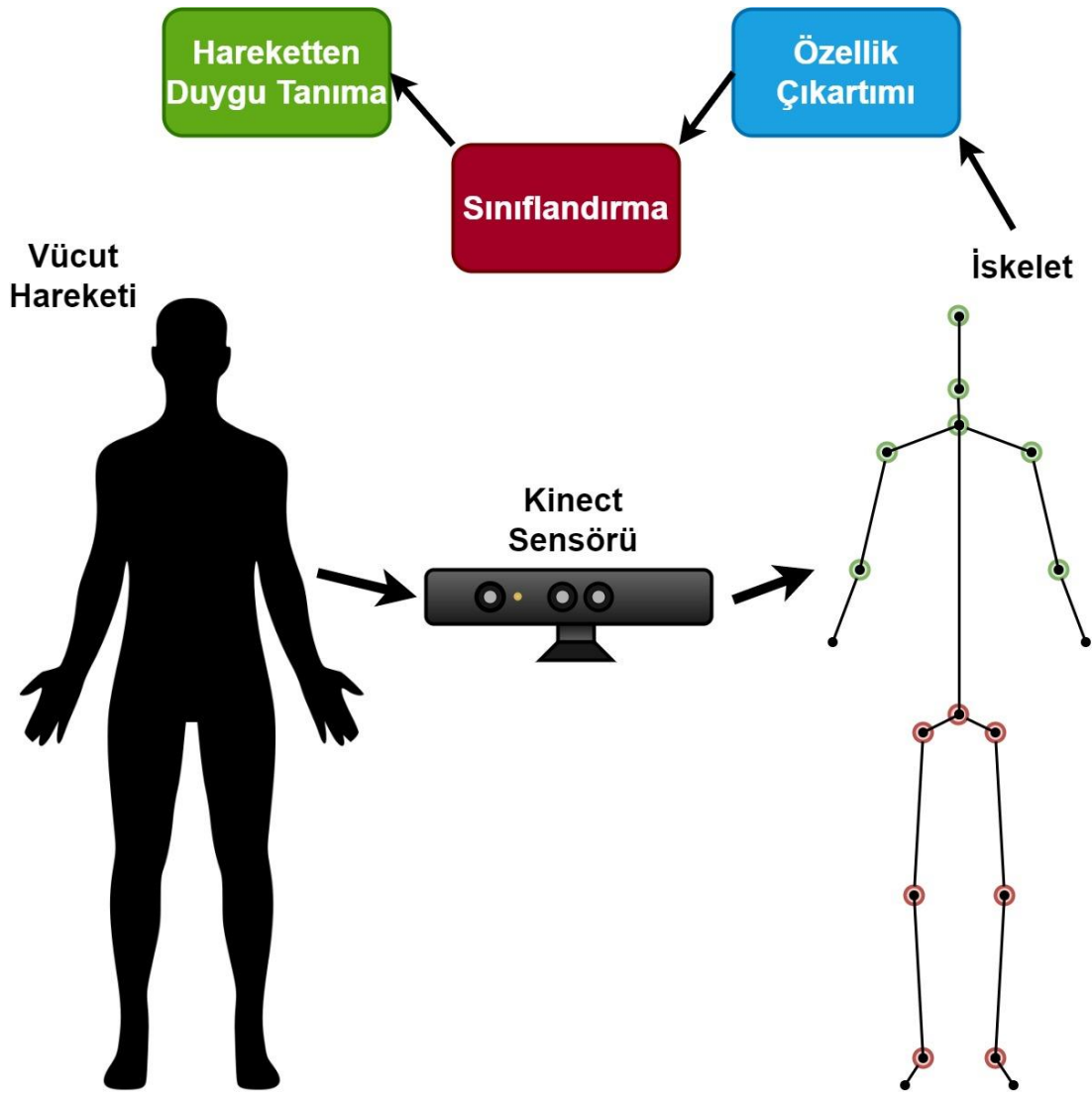
Vücut hareketlerinden duygu tanıma, klasik yöntemler ve vücudun hareketlerine ait video kayıtlarının değerlendirilmesi gibi geleneksel yöntemler ya da vücut hareketlerine ait verilerin ivmeölçer ve jiroskop gibi fiziksel sensör teknolojileri kullanılarak toplanması gerçekleştirilmektedir (Raja ve Sigg, 2016). Görüntülerden insan algılama ve poz tahminlemesi

ile beden hareketlerinden duygu tanıma yapılabilmektedir (Noroozi ve diğ., 2021). Beden hareketlerine dayalı duygu tanıma sistemlerinin ana bileşenleri Şekil 2.26’da gösterilmiştir.



Şekil 2.26: Duygusal beden hareketi tanıma sistemi (Noroozi ve diğ., 2021).

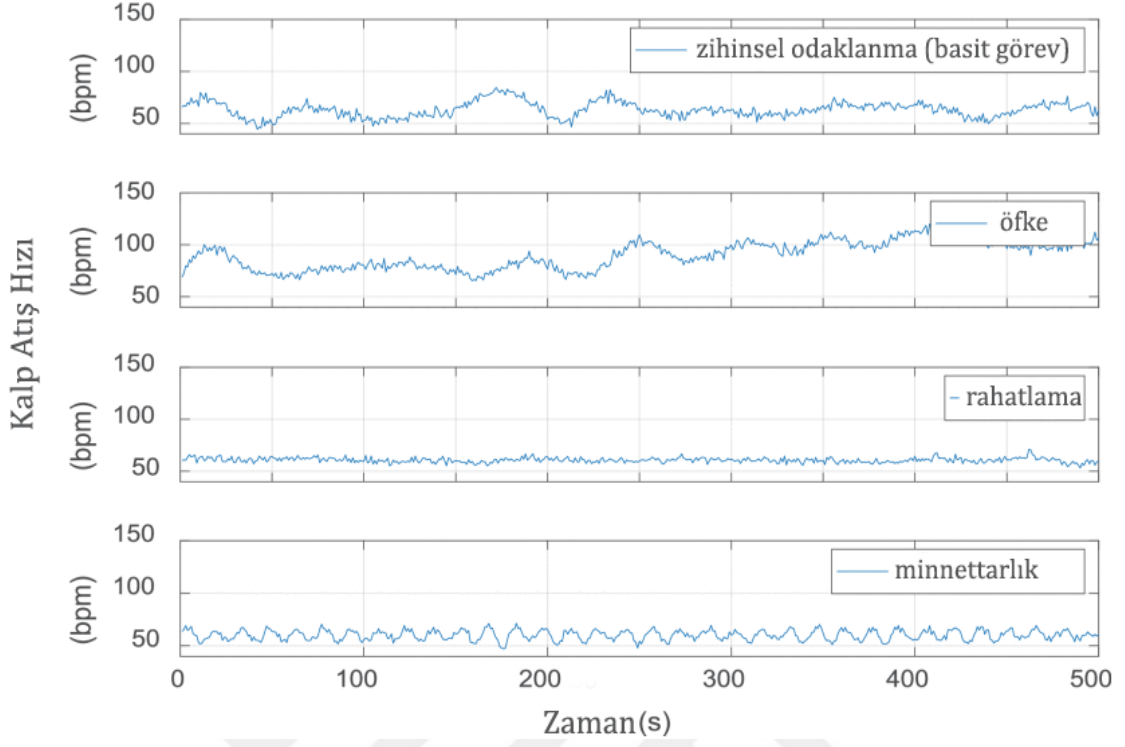
Microsoft Kinect IR ve RGB kamera setine sahip sensörünün kullanımı ile beden iskelet pozisyonu ve duruş pozisyonu algılanarak mutluluk, üzümlük, şaşkınlık, korku, öfke, iğrenme ve nötr olmak üzere yedi temel duygusal duruma ait veriler elde edilmektedir (Sapiński vd., 2019). Kinect sensöründen duygu tanıma sistemi sürecine ait akış şeması Şekil 2.27’de sunulmuştur.



Şekil 2.27: Kinect duygu tanıma süreci akış şeması.

2.4.2.7. Kalp Atış Hızı – Heart Rate (HR)

Psikolojik ve davranışsal durumlarla ilişkili olan duygular ile kalp atış hızı arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Normal bir insanın dakikada kalp atış hızı 60 ila 100 bpm arasında değişmektedir. HR ile duygusal durum ilişkisi aşağıdaki Şekil 2.28’de sunulmuştur.



Şekil 2.28: HR duygu durum ilişkisi (Du ve diğ., 2020).

Duygulara tanımlanmış yüz ifadelerinin mutlu, sakin, mutlu değil, sinirli, nötr, üzgün ve heyecan içeren durumlarının kalp atış hızına göre değişimi Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

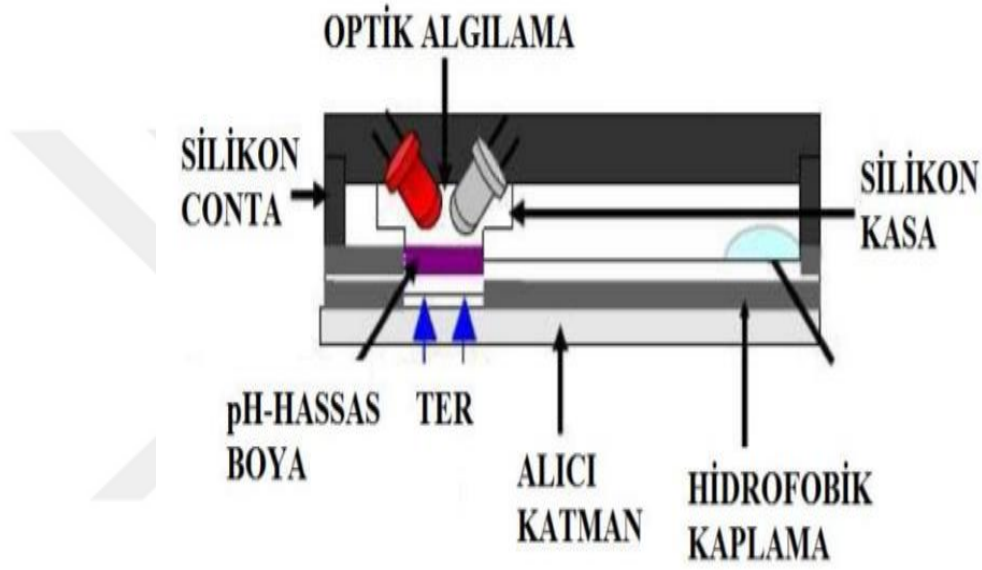
Tablo 2.6: Duygu ve HR ilişkisi (Du ve diğ., 2020).

	Tanımlı Yüz İfadesi			
		Mutlu	Mutlu Değil	Nötr
Kalp Atış Hızı Frekansı (bpm)	≥ 90	Heyecanlı	Sinirli	-
	70-90	Sakin	Sakin	Sakin
	≤ 70	Sakin	Üzgün	Üzgün

Video oyun oynama esnasındaki duygunun tanınması için HR ölçümü, oyun sürecini etkilemesi nedeni ile oyuncunun gerçek duygularını değiştirebilmektedir. Oyun duygu tespitinde kalp atış hızı kullanımı hatalara neden olabilmektedir (Du ve diğ., 2020).

2.4.2.8. Galvanik Cilt Tepkisi – Galvanic Skin Response (GSR)

Vücudun ter yoluyla kaybettiği su miktarının ölçülmesinde giyilebilir sensörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle tekstil ve spor sektöründe yaygın olarak kullanılan ter sensörlü giysiler vücudun ihtiyaç duyduğu su miktarının kolaylıkla belirlenebilmesini sağlamaktadır. Şekil 2.29’da vücuda kemer ile takılan giyilebilir ter sensörüne ilişkin bir görsel sunulmuştur (Akçalı, 2016).



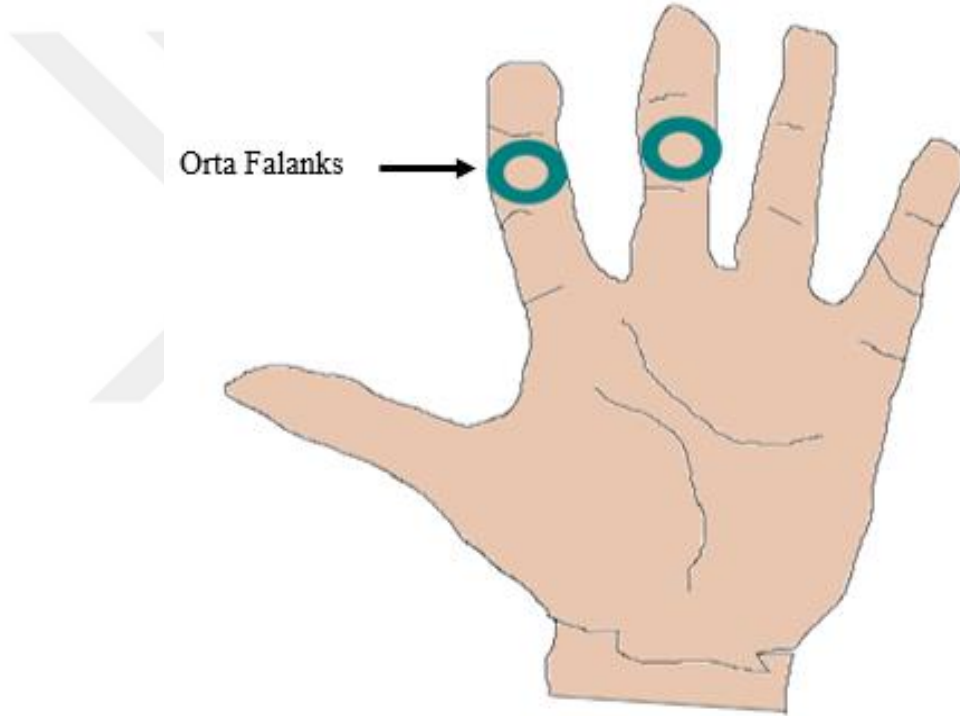
Şekil 2.29: Giyilebilir ter sensörü görüntüsü (Akçalı, 2016).

GSR ile fizyolojik değerler arasında güçlü ve doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır. Farklı sensörler ile birlikte kullanılması ise daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Andreassi, 2007; Dawson ve diğ., 2017; Rani ve diğ., 2003; Xu ve diğ., 2010). Cilt iletkenlik seviyesi (Skin Conductance Level - SCL)) ve cilt iletkenlik yanıtı (Skin Conductance Response - SCR), GSR’nin en yaygın ölçümleridir. İki dakikadan daha kısa süreli uyarılma değişikliklerinde SCL zamansal kesinliği sağlayamamaktadır (Jerčić ve diğ., 2019).

İnsanlarda gerçekleşen duygusal değişiklikler (öfke, sevinç, can sıkıntısı, rahatlama, hayal kırıklığı vb.) zihinsel ve fiziksel tepkiler vermemize neden olmaktadır. Sempatik sinir sistemini sevinç ve öfkelenme gibi farklı duygular algıladığında etkinliğini artırmayla karşılık vererek terlemeye ve rahatlama/gevşeme duygusunu algıladığında etkinliğini azaltarak terlemede azalmaya yol açmaktadır (Elbel, 2022).

GSR, araştırma yöntemlerine tarafsızlığı ve nesnel sonuçları ile katkıda bulunmaktadır (Elbel, 2022). GRS; pazarlama, iletişim, deneyimsel araştırmalar gibi farklı disiplinlerde gerçekleştirilebilecek çalışmalarda materyal tasarımı, konuşma/sunum/video içeriğinin çekiciliğinin artırılması, dijital ya da fiziksel ürünlerin kullanılabilirliğinin artırılması ve kullanıcı merkezli iş süreci tasarımının yapılmasında nesnelliği ile katkı sağlamaktadır (Elbel, 2022).

Şekil 2.30'da GRS aracılığıyla iki elektrotun, işaret ve orta parmağın orta falanks kemiğine yerleştirilerek cilt iletkenliğinin ölçümüne ait görsel sunulmuştur.



Şekil 2.30: GSR'nin el parmağı bağlantısı.

2.4.2.9. Elektroensefalogram – Electroencephalogram (EEG)

EEG terimi, beyin aktivitelerinin elektriksel aktiviteyi temsil eden elektro kelimesi ile beyinden salınan sinyalleri temsil eden ensefalo ve görsel sunumu temsilen eden gram/grafi sözcüklerinin birleşimi ile oluşturulmuştur (Sanei ve Chambers, 2007b).

EEG'nin tarihsel gelişimine bakıldığında ilk olarak İngiliz bilim insanı Richard Caton 1875 yılında galvanometrenin iki elektrotundan birisini bir tavşanın diğerini ise bir maymunun kafatasına yerleştirmesi ve bu sayede ilk kez beyin aktivitelerinin ortaya çıkardığı elektriksel

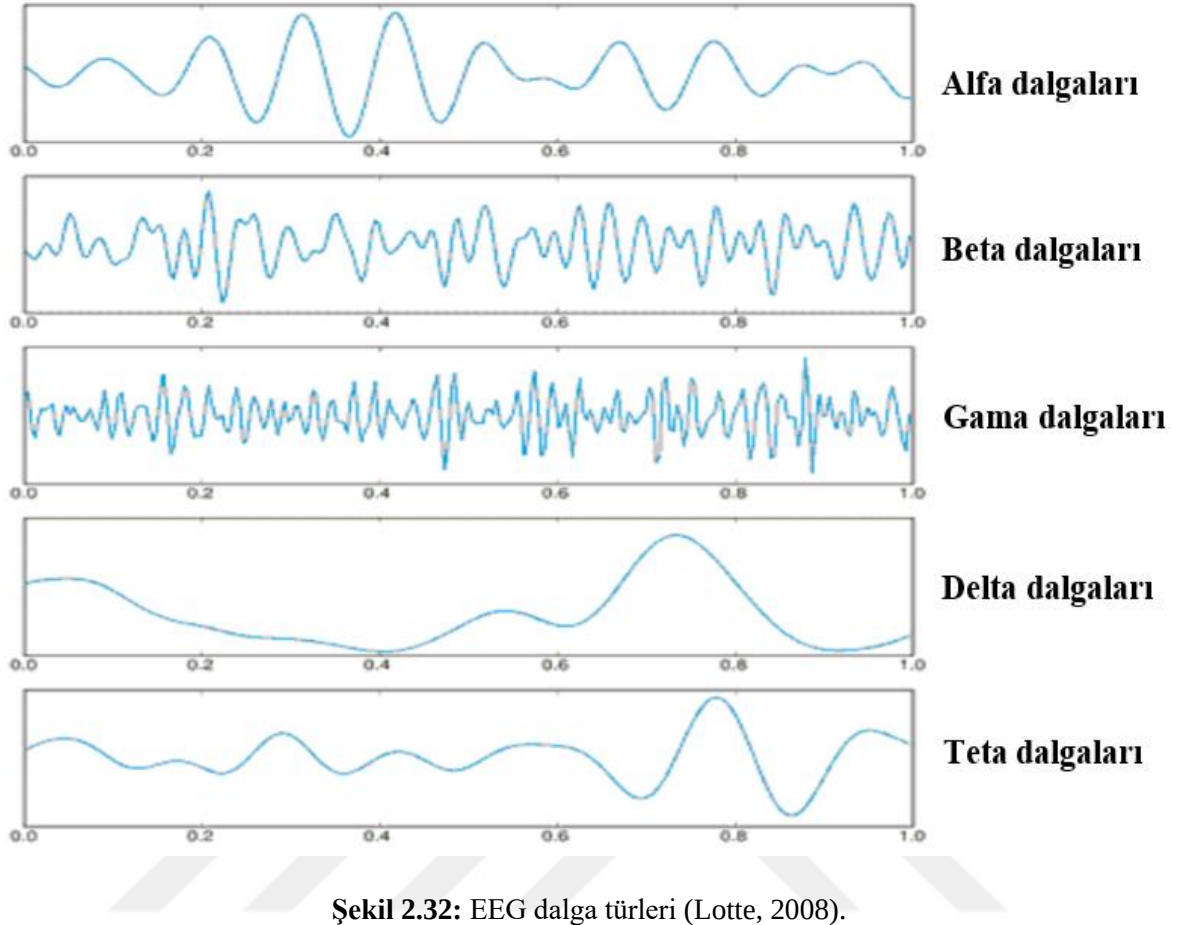
salınımları kaydedilmesi ile ortaya çıkmıştır (Haas, 2003). İlerleyen yıllarda ise Hans Berger'in 1920 yılında insan EEG sinyallerinin varlığını galvanometre kullanarak keşfetmesi ile gelişimini sürdürmüştür (Haas, 2003).

EEG, beynin nörolojik fonksiyonlarının incelenmesi amacıyla beyin faaliyetleri sırasında ortaya çıkan elektriksel dalgaların kafa üzerindeki saçlı deriye yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kaydedilmesidir (Nunez ve diğ., 2006). Elektriksel dalgalar halindeki EEG sinyalleri, serebral kortekste yer alan piramidal nöron dentritlerinin sinaptik uyarımı esnasında akımsal ölçümlerden elde edilmektedir (Sanei ve Chambers, 2007b)

EEG sistemlerinin en büyük avantajı çok hızlı ölçüm almalarıdır. Nitekim beynin nörolojik fonksiyonları bir saniyeden çok daha kısa süreler içinde kayıt edilebilmektedir. Bir diğer avantajı ise EEG'nin invazif olmayan ve güvenli bir ölçüm yöntemi olmasıdır. (Chandra ve diğ., 2016). Ayrıca modern sistemler beynin nörolojik fonksiyonlarının kaydedilmesinde tekrar kullanılabilen altın, gümüş ve paslanmaz çelikten oluşan mineral bazlı ve iğne elektrot gibi farklı elektrotların kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Böylelikle EEG sistemleri ile beynin nörolojik fonksiyonuna ait elektriksel dalgalar, bilgisayar sistemleri ile bilgisayar ekranına aktarılabilmekte ve bu sinyaller ise yükselteçler, filtreler ile işlenebilmektedir (Yalçınöz, 2020).

EEG sinyalleri kafada derisinden alınma biçimine göre non-invazif ve intrakranial yöntem olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Daha sık tercih edilen non-invazif EEG ölçüm yöntemi, kafa derisine tutturularak elektrotların yüzeydeki elektriksel aktiviteleri kaydetmeleri ile gerçekleştirilmekte ve elektrotların yerleşim uluslararası 10/20 sistemine göre gerçekleştirilmektedir (Towle ve diğ., 1993). EEG ölçümünde daha az tercih edilen intrakranial yönteminde ise EEG sinyalleri ameliyat ile beyne yerleştirilen özel elektrotlar ile alınmaktadır.

Elektrotların kafa derisine yerleştirilmesinde Uluslararası EEG Federasyonu Birliği (International Federation of EEG Societies) tarafından standart metotlar geliştirilmiştir (Jurcak ve diğ., 2007). Metotlarda elektrotların yerleşim düzeni 10/20 yerleşim düzeni ile birlikte 1/10 ve 10/5 olarak standardize edilmiştir (Jurcak ve diğ., 2007; Klem ve diğ., 1999). Aşağıda Şekil 2.31'de 10/20 Elektrot yerleşim düzenine ilişkin bir görsel sunulmuştur.



Şekil 2.32: EEG dalga türleri (Lotte, 2008).

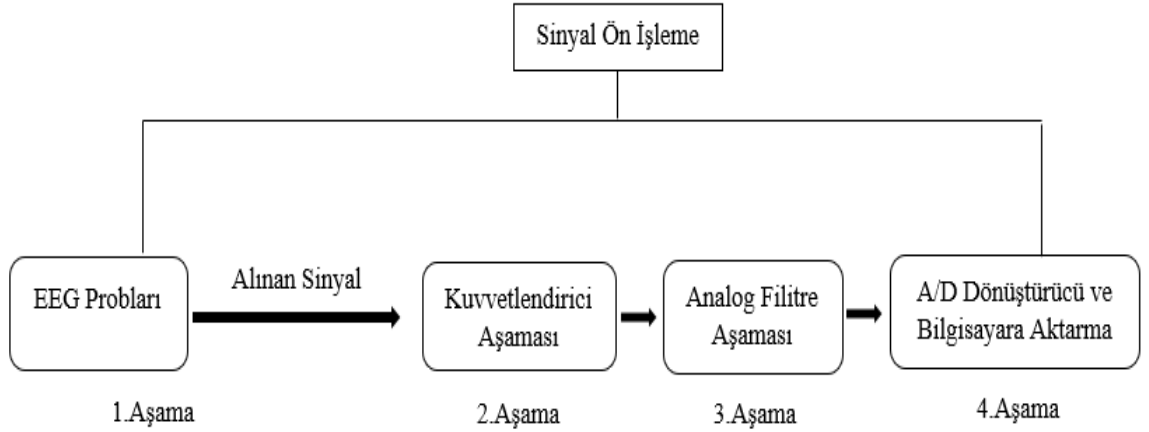
EEG dalga türlerinden alfa dalgaları yetişkinlerde uyanık ve sakin dinlenme halinde ortaya çıkan beyin dalgalar olup, oksipital, paryetal ve frontal bölgelerde yoğun olarak görülmektedir. Alfa dalgaları genellikle 8 ila 13 Hz frekans aralığında bulunan ritmik dalgalar oluşmaktadır. Beta dalgaları 13-30 Hz frekans aralığında yer alan ve sıklıkla beyin frontal ve paryetal bölgelerinin aktif olduğu yani beyin zihinsel faaliyetler ile aktif olduğu durumda görülmektedir. Beta dalgaları yoğun dikkat gerektiren durumlarda alt seviye 15 beta dalgaları; korku ve endişe anında ise 30 Hz ve daha üstü dalgaları kapsayan gama dalgalarına yakın seviyede görülmektedir. Delta dalgaları genellikle 4 Hz altındaki frekans aralığında bulunan ve voltajları diğer beyin dalgalarının yaklaşık olarak 2 ila 4 arasındadır. Bu beyin dalgaları genellikle derin uyku halinde ve ciddi beyin hastalıklarında görülmektedir. Teta dalgaları genellikle 4 ila 7 Hz frekans aralığında bulunan ve genellikle çocukların temporal ve parietal bölgelerinde görülmektedir. Teta dalgaları ise yetişkinlerde stres, gerginlik ve sevinç gibi duygu durumlarında görülmektedir (Hall ve Hall, 2020; Saymaz, 2020; Verma ve Mangaraj, 2010a). Beş temel beyin dalgası ve beyin durumlarının her EEG frekans bandı için ritmik aktivitesi Tablo 2.7’de sunulmuştur.

Tablo 2.7: Beyin dalgalarının frekans aralığına göre ritmik aktivite durumları (Abhang ve diğ., 2016; Mohamed ve diğ., 2012).

Beyin Dalgası	Frekansı, f (Hz)	Aktivite/Beyin Durumu
Delta	$0 \leq f < 4$	Derin uyku veya bilinçsizlik
Teta	$4 \leq f < 8$	Derinden rahatlamış, içe odaklanmış, uyuşukluk, meditasyon, hatırlama, rüya, sezgisellik
Alfa	$8 \leq f < 13$	Bilinci açık, uyanıklık, çok rahat, pasif dikkat durumu
Beta	$13 \leq f < 30$	Aktif düşünme ve konsantrasyon, dış dikkat, anksiyete baskınlığı
Gama	$30 \leq f < 100$	Konsantrasyon hali, çok modlu duyuşsal işleme sırasındaki hal

EEG sinyallerinin elde edilmesi sürecinde kafatası üzerinde yer alan sistem gürültüsü ve beyin içerisinde bulunan dahili gürültü sadece belirli çapta aktif pozisyonndaki nöronlara ait sinyallerin ölçülebilmesine imkan sağlamaktadır. Ancak EEG ile sağlanan bu işlenmemiş beyin salınımlarının bilgisayar ekranına aktarılabilmesi ile bu sinyaller uygun şekilde yükseltilebilmekte ve filtrelenebilmektedir (Sanei ve Chambers, 2007b).

EEG sinyallerinin daha sık tercih edilen non-invazif yöntemle göre alınmasında, kayıt edilmesinde, analiz edilmesi ve istenilen sonuçların saklanması bilgisayarın gelişimi çok büyük katkı sağlamakta ve bu sayede Beyin Bilgisayar Arayüz (BBA) sistemlerinde sinyal ön işlemenin gerçekleştirilmesi çok büyük kolaylık sağlamaktadır. Aşağıda Şekil 2.33'te EEG sinyallerinin elde edilmesi sürecine ilişkin bir görsel sunulmuş ve bu süreç aşamalar itibariyle açıklanmıştır.



Şekil 2.33: EEG sinyallerinin elde edilmesi süreci (İmak, 2019).

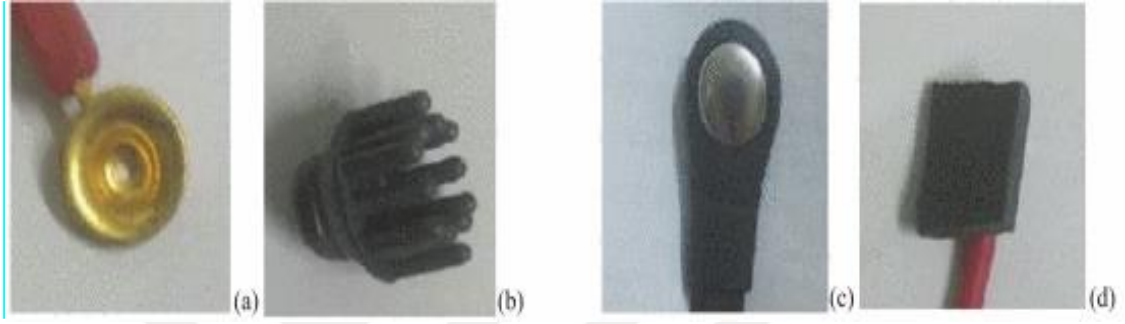
EEG sinyallerinin elde edilmesi sürecinde ilk aşama beyindeki aktiviteleri ölçmek elektrotların kullanımından oluşmaktadır. EEG ölçümlerinde yaygın olarak gümüş ya da gümüş klorür (Ag/AgCl) iletken maddelerinden yapılmış elektrotlar kullanılmakta ve bu elektrotlar krem veya jel yardımıyla katılımcıların kafa derisine temas ettirilecek şekilde yerleştirilmektedir (Kosmyrna ve diğ., 2019; Mhapankar ve Shah, 2022). Aşağıda Şekil 2.34’te bir EEG kaydı için gerekli olan amplifikatör ünitesi, elektrot kapağı, iletken jöle, enjeksiyon ve dezenfeksiyon malzemelerinin yer aldığı ekipmanlara ilişkin bir görsel sunulmuştur.



Şekil 2.34: EEG kaydı için gerekli ekipmanlar (Teplan, 2002).

Kuvvetlendirici aşamada, EEG sinyallerinin elde edilmesi sürecinde elektrotlardan sağlanan sinyaller mikro volt (μV) seviyesinde ve analog olarak işlenmektedir. Elektrotlar ile sağlanan

bu sinyallerin analiz edilebilmeleri için uygun bir gerilim seviyesine yükseltilmeleri ve bununla birlikte sinyal gürültü oranını da korumaları gerekmektedir. Bu amaçla kazancın 100-100.000 arasında bir değer seçilmesi ve gürültü etkisini azaltabilmek amacıyla yükselteçlerin, mod ayrışma oranının (CMRR) en az 100dB değerine ve en az $100M\Omega$ 'luk yüksek giriş empedansına sahip olmaları sağlanmalıdır (İmak, 2019; Nagel, 2000; Teplan, 2002). Şekil 2.35'te farklı elektrot modelleri gösterilmiştir.

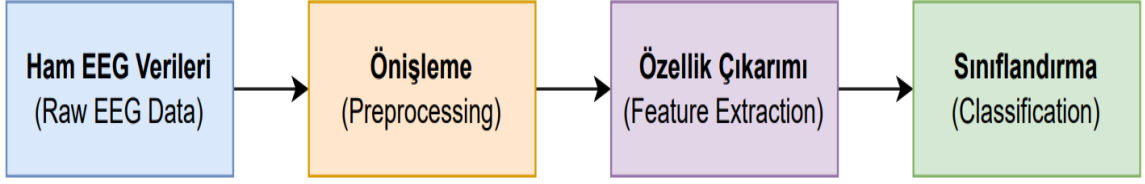


Şekil 2.35: (a) Geleneksel Ag/AgCl ıslak elektrodu (b) Çoklu sivri uçlu kuru elektrot (c) Metal kuru elektrot (d) Grafen bazlı kuru elektrot (Mhapankar ve Shah, 2022).

Filtreleme aşamasında elektrotlar ile sağlanan sinyallerin, doğru bir ölçüm sağlayabilmesi için sinyal bozucu unsurlardan ayrıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla analog filtrelerin yükseltici bölümüne entegre edilmesi ve filtrelerin de doğru sinyal özelliklerini en az düzeyde etkileyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir (Başçıl, 2015; İmak, 2019; Teplan, 2002).

Analog sinyallerin dijital hale getirilmesi aşamasında ise sürekli sinyal olarak da olarak da bilinen analog sinyaller, belirli bir zaman aralığında tekrar tekrar örneklenmekte ve her bir örnek, analog veya dijital dönüştürücü aracılığıyla istenilen gösterime dönüştürülebilmektedir (Casson ve Villegas, 2008; Petten ve Kutas, 1988).

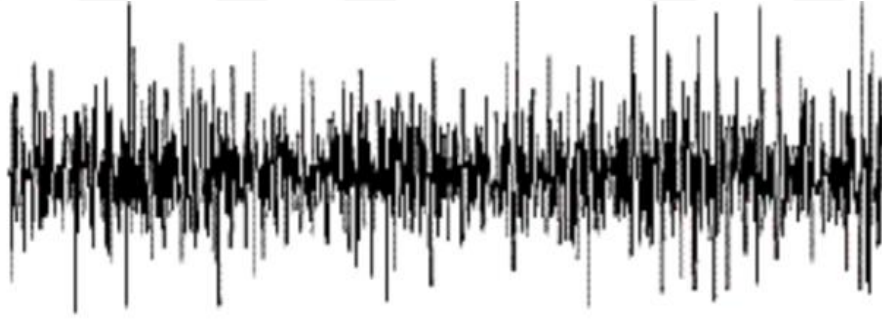
Şekil 2.36'da görüldüğü üzere literatürde EEG veri analizinde genellikle ham EEG (raw EEG data) verilerinin elde edilmesinden sonra sırasıyla verilerin ön işleme (preprocessing), özellik çıkarımı (feature extraction), özellik seçimi (feature selection) ve sınıflandırma (classification) adımlarının kullanıldığı görülmektedir (Al-Fahoum ve Al-Fraihat, 2014; Fiscon ve diğ., 2018; Mohamed ve diğ., 2012).



Şekil 2.36: EEG verilerinin analiz süreci adımları (Fiscon ve diğ., 2018).

2.4.2.10. Elektromiyografi – Electromyography (EMG)

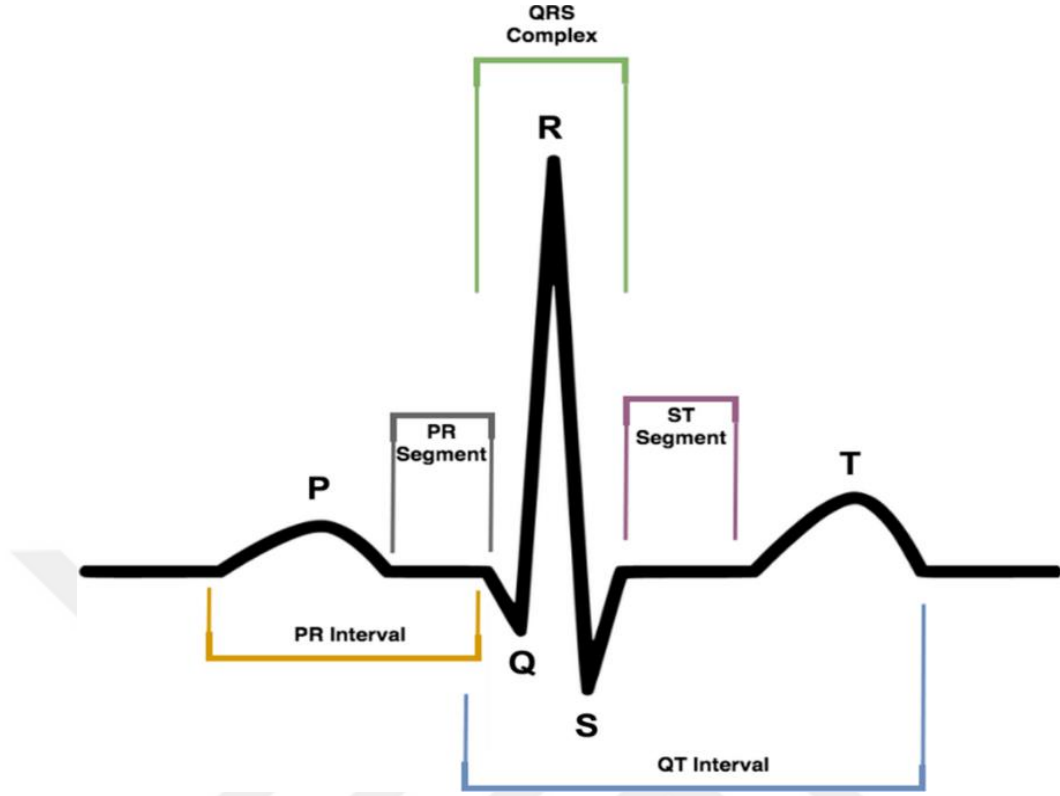
Sinirlerin kasları uyarması ve ardından kasların kasılması ile birlikte gerçekleşen kas tepkisinin açığa çıkardığı potansiyellerin biraraya gelmesi ile EMG işaretleri meydana gelmektedir (Yang ve diğ., 2018). EMG deri yüzeyinde kas liflerinin kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin ölçümlendiği ve yorumlandığı bir kas inceleme tekniğidir. Başka bir ifadeyle EMG kas liflerinin kasılması sonucunda ortaya çıkan biyopotansiyel sinyallerdir. EMG sinyalleri elektrotlar yardımı ile deri yüzeyinden alınmaktadır. EMG özellikle klinik uygulamalarında hastalıkların teşhislerinde veya kesilmiş kola takılan protezin hareket etmesini sağlayacak kaynak işareti olarak kullanılabilir. Aşağıda Şekil 2.37’de bir osiloskop ekranında izlenen EMG sinyaline ilişkin bir görsel sunulmuştur (Şenli, 2011).



Şekil 2.37: EMG sinyal görüntüsü (Şenli, 2011).

2.4.2.11. Elektrokardiyogram – Electrocardiogram (EKG)

EKG, kalp atımı esnasında kalbe ait ritmi ve kalpte oluşan elektriksel değişiklikleri haritalayan elektriksel işaretlerin kaydedilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Kaya, 2006). EKG, non-invazif olup kalpte iletim ve uyarı sisteminin normal olup olmadığı hakkında bilgi sağlayan uygulaması kolay ve düşük maliyetli kalp hastalığı tanı cihazıdır (Gürkan ve diğ., 2006). EKG eğrisinde kalp kasılması sonucunda meydana gelen değişiklikler, özellikler ifade eden noktalar harfler ile karakterize edilmektedir. Şekil 2.38’de buna ilişkin standart bir EKG sinyal görüntüsüne ilişkin karakteristik EKG dalgaları sunulmuştur.



Şekil 2.38: EKG sinyal görüntüsü (Nascimento ve diğ., 2020).

EKG sinyal görüntüsünde P dalgası atriyumların kasılmaları sonucu oluşan dalgalardır. QRST dalgası, ventriküllerin kasılması sonucu oluşan dalgalardır. T dalgası ise ventriküllerin gevşemesi sonucu oluşan dalgaları işaret etmektedir (Gürkan ve diğ., 2006; Kaya, 2006).

2.4.2.12. Nabız Oksimetresi – Pulse oximeters

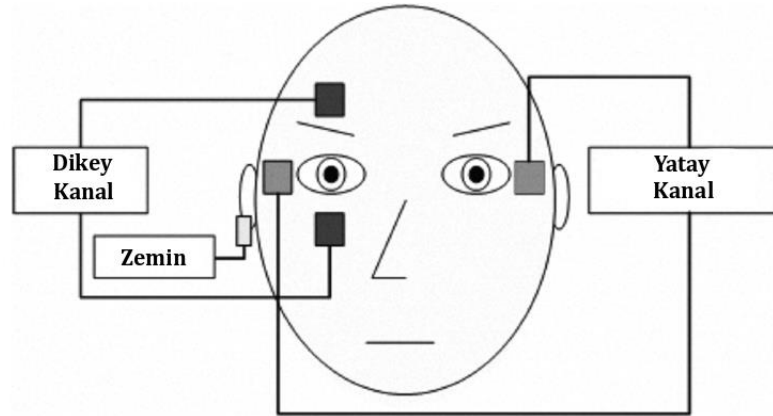
Nabız oksimetreleri nabız dalgasındaki değişimi ölçmek amacıyla invazif olmayan bir şekilde vücudun cilde yakın bölgesinden alınan sinyalin ölçülmesinde kullanılan elektro-optik bir yöntemdir (Alkhoury ve diğ., 2021). Nabız oksimetreleri nabız hızındaki değişimi ölçmek amacıyla günümüzde kullanılan en gelişmiş cihazlar olup, akıllı bileklik veya akıllı kol saati şeklinde olan nabız ölçerler bu cihazların gelişmiş örneklerindendir. Nabız oksimetreleri, iki spesifik dalga boyu olan 660 nanometre kırmızı ve 940 nanometre kızılötesi artelyal kullanmaktadır. Bu cihaz kişinin kan dolaşımındaki oksijen satürizasyonunun bir göstergesidir (Wukitsch ve diğ., 1988). Şekil 2.39’da nabız oksimetresine ilişkin bir görsel sunulmuştur.



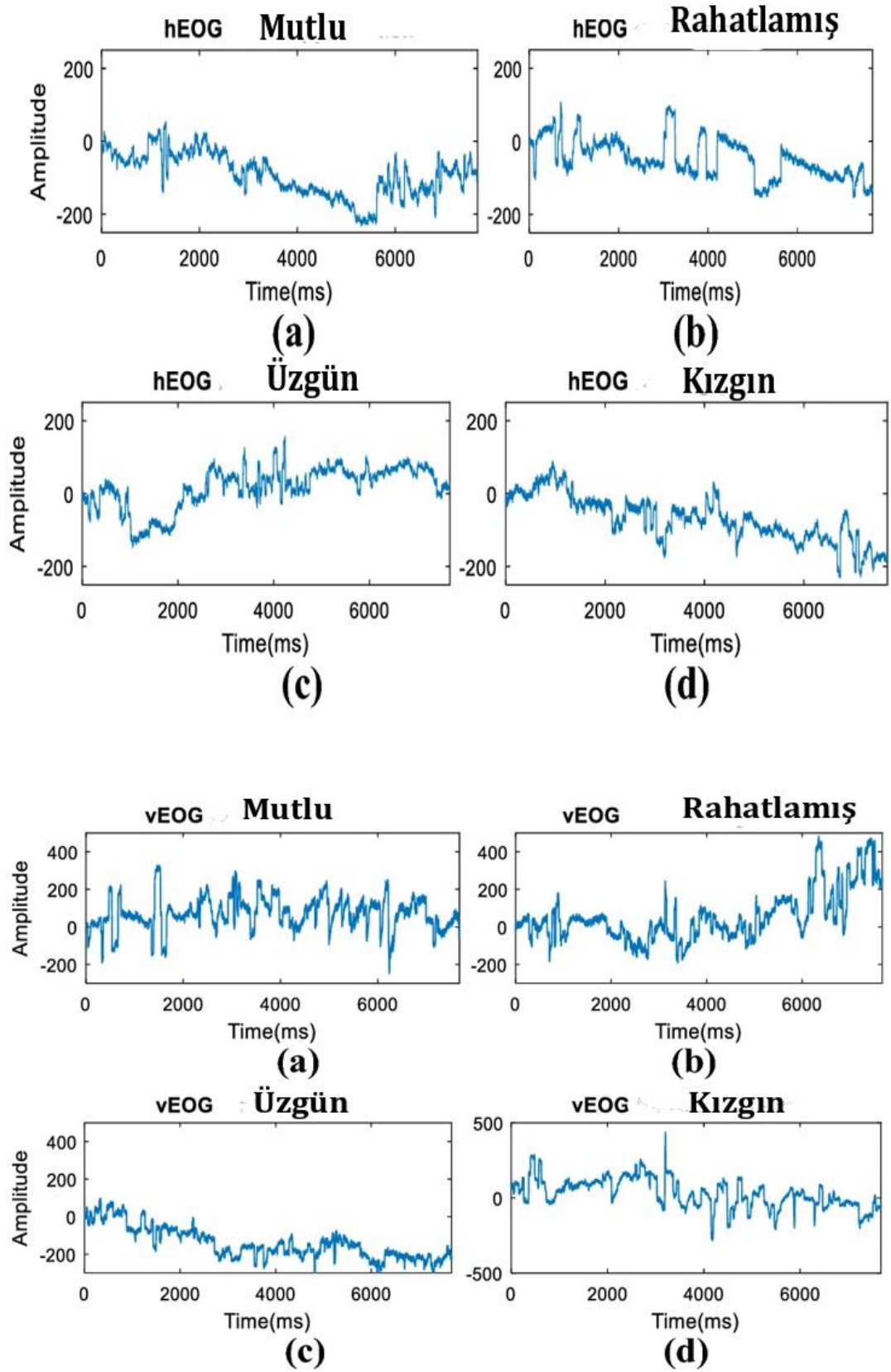
Şekil 2.39: Nabız oksimetresi (Villines, 2017).

2.4.2.13. Elektrokülografi – Electrooculography (EOG)

İnsan gözünün ön ve arkasında bulunan kornea-retinal durma potansiyelini ölçmek için her iki gözün üstüne ya da altına ya da soluna ve sağına yerleştirilen elektrotlardan verilerin elde edildiği tekniktir (Dzedzickis ve diğ., 2020). Kaydedilen biyopotansiyel sinyaller ise elektrokülogram olarak adlandırılmaktadır (Golparvar ve Yapici, 2018). EOG sinyal genliği, derece başına 5 ile 20 mikro volt arasında iken frekans içeriği 0.1 ile 30 Hz arasındadır (Soundariya ve Renuga, 2017). Şekil 2.41’de görüldüğü üzere EOG ve EMG sinyalleri aracılığıyla duygu tanıma için geliştirdikleri yeni yaklaşımlarında mutlu, rahatlamış, üzgün ve kızgın duygusal durumlarına ait dikey ve yatay sinyallerin yapısını ortaya koymuşlardır. EOG ölçümü için elektrot yerleştirme konumları Şekil 2.40’ta gösterilmiştir.



Şekil 2.40: EOG ölçümü elektrot yerleştirme konumları (Chieh ve diğ., 2005).



Yatay EOG Sinyalleri

Dikey EOG Sinyalleri

Şekil 2.41: EOG sinyallerinin duygu durum karşılıkları (Kose ve diğ., 2021).

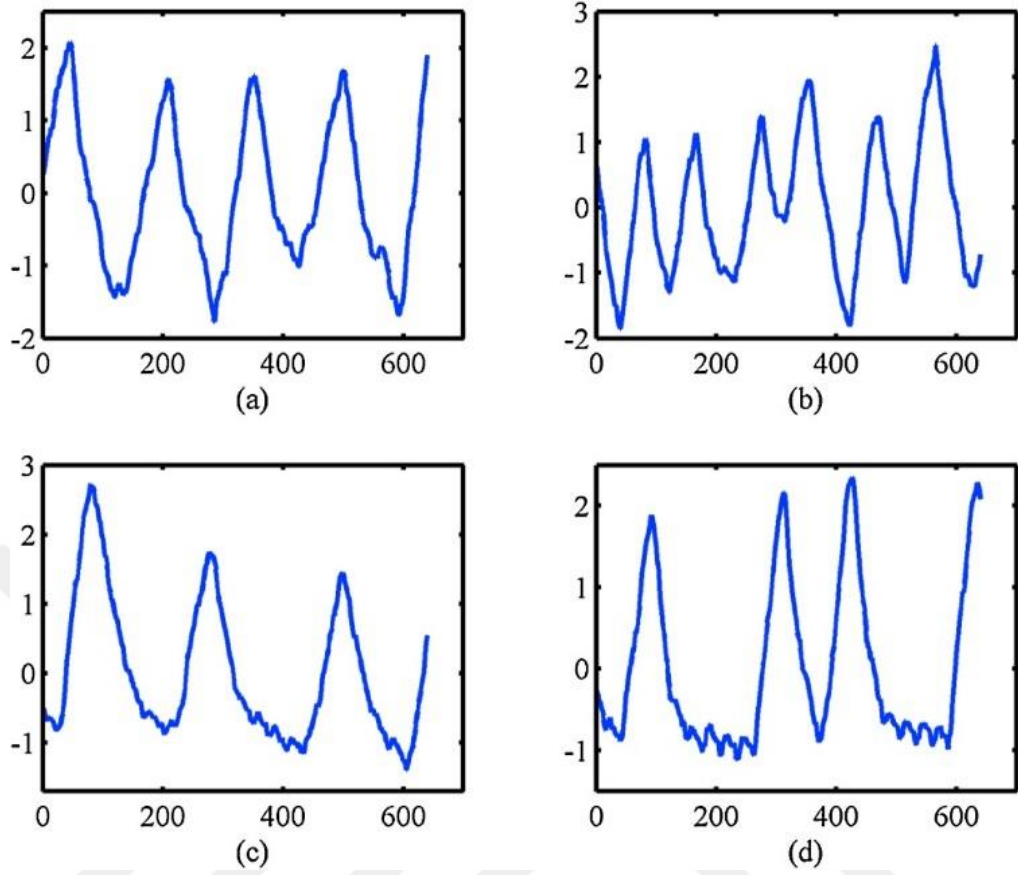
2.4.2.14. Solunum – Respiration (RSP)

Duygu durumlardaki farklılıklar solunum hızında, derinliğinde ve sesinde değişimlere neden olabilmektedir (Dzedzickis ve diğ., 2020). RSP'deki değişimlerin duygu durum karşılıkları Tablo 2.8'de gösterilmiştir.

Tablo 2.8: Duygu durumu ile RSP ilişkisi (Dzedzickis ve diğ., 2020).

Duygu Durumu	Solunum Hızı
Mutlu, kızgın, korkmuş	Derin ve hızlı
Gerginlik / endişe	Sığ ve hızlı
Rahat	Derin ve yavaş
Sakin ya da olumsuz durum	Sığ ve yavaş

RSP sinyalleri çok sayıda duygusal bilgi içermekle birlikte giyilebilir cihazlarla kolaylıkla elde edilebilmektedir. İnsanlar sakin olduklarında yaklaşık dakikada 20 kez, heyecan yaşarlarken ise dakikada 40 ila 50 kez nefes almaktadırlar (Zhang ve diğ., 2017). Şekil 2.42'de farklı duygusal durumlar altındaki 20 saniyelik; yüksek değerlik ve uyarılma (a), düşük değerlik ve yüksek uyarılma (b), düşük değerlik ve düşük uyarılma (c) ve yüksek değerlik ve düşük uyarılma (d) sinyal segmenti normalize edilerek yatay eksenle örnekleme noktaları ve dikey eksenle solunum sinyalleri verilerek gösterilmiştir.



Şekil 2.42: Farklı duygusal durumlardaki 20 saniyelik dört solunum segmenti (Zhang ve diğ., 2017).

2.6. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Video oyunlar internet, bilgisayar donanım teknolojileri ve yapay zekada gerçekleşen hızlı ilerlemeler ile birlikte büyük bir endüstri haline gelerek dünya genelinde en çok tercih edilen eğlence aracı olmayı başarmıştır. Bu başarı video oyunlar ile ilgili yapılan bilimsel araştırmaların sayısında artışa neden olmuştur. Video oyunlar ile ilgili yapılan araştırmaların genellikle oyun verimliliğinin göz önünde bulundurularak insan-bilgisayar etkileşimini artırmaya yönelik yapıldığı görülmektedir (Mishra ve Ratnaparkhi, 2018).

Günümüzde video oyunlar ile ilgili araştırmaların genellikle oyuncu deneyimi, oyuncu duyguları ve oyunların akıcılığı ile ilgili olduğu söylenebilir. Video oyun akıcılığının sağlanmasında oyuncuların oyun oynama sürecindeki deneyimlerinin, duygularının ve ayrıca bu unsurların oyuncuların oyunlara etkin katılım sağlanmasına katkılarının video oyun oynama sürekliliğine pozitif etkileri oyun geliştiricilerinde oyun tasarımında dikkat etmesi gereken en önemli etmenlerdir. Video oyunların tasarım süreci sonrasında (test aşamasında) kullanıcı deneyim verilerinin analizi ile oyunun piyasada tutulup tutulmayacağına karar verilebilmekte

ve tasarım sonrasında oyunun popülaritesinin artırılması sağlanabilmektedir. Video oyun oyuncu deneyimlerinin anket, yüz ifadesi, oyuncu konuşmaları ve oyuncu tuş basım kayıtları (dokunmatik ekran, kumanda kolu, fare, klavye vb.) gibi verilerin toplanması ve analiz edilmesi ile tespit edildiği görülmektedir (Setiono ve diğ., 2021). Setiono ve diğ. (2021), 100 katılımcıya C# programlama dili ile Unity oyun motoru kullanılarak geliştirilmiş bir evcil hayvan oyun simülasyonunu oynamasını sağlamış ve bu esnada oyuncuların yüz ifade verilerini toplamıştır. Yüz ifadelerinden duyuşsal hesaplamada Unity 18 Affective AffDex SDK kullanmıştır. Çalışmada yüz duygu kayıt sistemi uygulanan oyunlarda oyuncu deneyim puanlarının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mishra ve Ratnaparkhi (2018), oyunların duygusal zekaya ihtiyacı olduğunu varsayımından yola çıkarak oyun tasarımında oyun karakterlerinin duyguları tanınmasının, hissetmesinin ve oyunlarını oyuncu ruh haline göre değişmesinin önünü açacak Gizli Markov Model (HMM) tabanlı gerçek zamanlı oyuncu duygu tanıma sistemi sunmuştur. Mevcut yöntemler ile birlikte video oyun dizilerinden yüz ifadelerinde saklanan duyguları otomatik olarak ayıran ve tanımlayan bir HMM sistem modelinin ortaya konulduğu görülmektedir.

Saha ve Karia (2019), video oyun oynama süresindeki duyguları tespit etmek ve duygusal değişimlerin grafiksel özünü geri getirmek amacıyla beş farklı duygu sınıflandırmasını yapabilecek bir yüz duygu algılama algoritması tasarlamıştır. Algoritma Candy Crush Saga ve Stickman Archers isimli video oyunlarının katılımcılara 30 gün boyunca günde 30 dakika oynaması ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin analizi sonucunda oyunlardaki olumsuz içeriklerin olumlu içeriklerden daha çok insan beynini etkilediği tespit edilmiştir.

Yang ve diğ. (2018) video oyunlarda yaşanan psikofizyolojik tepkilerin duygusal durumlar ile ilişkisini araştırdıkları ve veri toplamada EKG, EDA (cilt iletkenliği), EMG, 3 eksenli ivme ölçer ile solunum ve vücut hareketi, yüz kaydı, oyun ekran kaydı, oyuncu beceri durumu, oyun zorluk seviyesi ve oyun sonucu puan bilgilerini kullandıkları çalışmada duygu algılanmasında duygulardaki yüksek uyarılmanın tespit edilebilirliği artırdığını ve tespitinde farklı segmentasyon uzunluklarına sahip her duygu grubu için duygu algılama doğruluğunda EMG sinyallerinin daha belirleyici olduğunu ifade etmiştir. 14 veya 20 saniyelik bir segmentasyon uzunluğunda en iyi sonuca ulaşıldığını ve en alakalı özelliklerin EDA ve EKG'den elde edildiğini ortaya koymuşlardır (Yang ve diğ., 2018).

Killedar ve diğ. (2021), video oyun oyuncularının duygusal durumlarını sınıflandırmak ve oyuna katılım gösterme durumunu ölçmek amacıyla bulanık mantık modelini kullandığı bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntem ile yedi evrensel duyguyu (nötr, mutlu, sürpriz, iğrenç, üzgün, kızgın, korkulu) düşük, orta ve yüksek katılım puanına dönüştürmüş ve oyun deneyimi sürecindeki duygusal tepkiyi ölçebilecek yeni bir model sunmuştur.

Bevilacqua ve diğ. (2016), video oyun oynama sürecinde can sıkıntısı ve stres kaynaklı yüz hareketlerinin farklı varyasyonlarını keşfetmeye çalışmışlardır. Oyuncu yüz ifadelerinin çıkartımı için video kamera ile oyuncu yüz ifadesi kaydı gerçekleştirilen bu çalışmada aynı zamanda ek olarak kalp atış hız verileri de toplanmıştır. Çalışmaya katılan 20 deneye üç farklı video oyun oynatılmıştır. Her oyundan sonra oyunculara stres ve sıkıntı ölçümleri için anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler ise manuel olarak analiz edilmiştir. Anket verilerinden katılımcılara oyunların başlangıçta sıkıcı geldiği ve oyun sonunda ise katılımcıların stres yaşadıkları tespit edilmiştir. Yüz ifadesi verilerinin analizi sonucunda ise can sıkıntısı ve stres durumunun tespitinde yüz ifadelerinin belirsizlik taşıdığı ancak kalp atış hızının bu duyguları tespitinde daha doğru olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Lara-Álvarez ve diğ. (2021), bulanık bir kontrol sistemi (endüktif kontrol) aracılığıyla ve istatistiksel yöntemler (t-testi, wilcoxon signed-rank testi) kullanarak eğitsel video oyunlarındaki duygusal durumları ses verilerinden düşük hoşnutsuzluk, yüksek hoşnutsuzluk, düşük hoşnutsuzluk ve yüksek hoşnutsuzluk olarak sınıflandırmışlardır. Video oyunlarda pozitif duyguların varlığının öğrenme sürecini desteklediği ve oyunlardaki zorlukların video oyun mekaniğini, dinamiklerini ve estetiğini kontrol edebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kalantarian ve diğ. (2020), otizimli çocuklara yönelik geliştirilen eğitsel bir oyundan elde edilen videodan duygu etiketli (kızgınlık, iğrenme, korkma, mutluluk, nötr, üzgün ve şaşkın) kareleri otomatik olarak çıkarmak için sunulan üç farklı duygu sınıflandırıcı (Azure Emotion, AWS Rekognition ve Sightound) olasılık puanları ve oyun oturumlarında gelen meta bilgilerini kullanarak geliştirdikleri yeni bir teknik ile duygu tahminlenmesinde %83 doğruluk değeri elde etmişlerdir.

Akbar ve diğ. (2019), Alien Fighter (2B) ve Rusbing Escape (3B) isimli iki aksiyon video oyunu 30'ar kişiden oluşan iki farklı grubun ikişer kez oynaması sürecinde oyuncuların yüz ifadesi oyuncu oyunu oynarken gerçek zamanlı olarak elde etmişlerdir. Duyuşsal hesaplama için

süreçte Unity 18 Affective AffDex SDK kullanmıştır. Öfke, hayal kırıklığı, gülümseme ve rahatlama duyguları tespit edilmiştir. Bu sistem ile oyuncuların oyunlardaki deneyimlerini geliştirmeleri için dinamik dengeleme sistemi geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda 2B oyunlarda yüz ifadelerinden oyun dengelemenin etkinleştirilebilir olduğu, 3B oyunlarda ise oyun dengeleme sisteminin etkinlik göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Chandra ve diğ. (2016), aksiyon video oyunların bilişsel gelişimi artırdığı varsayımı üzerine yaptığı çalışmada 5 katılımcıya tek oyunculu “Tom Clancy’s Rainbow Six:Vegas 2” video oyununu oynatarak bu esnada EEG ile veri toplamışlardır. EEG verilerini içsel mod işlevlerine ayırmış ve özellik çıkartımı için ampirik mod ayırma kullanmıştır. Çalışmada K-En Yakın Komşu (KNN) ve Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA) sınıflandırıcıları özniteliklerdeki değişikliklere göre konuyu sınıflandırmak için kullanılmıştır. Ayrıca eğitim öncesi ve sonrasında psikolojik testler yapılmıştır. Aksiyon etiketli video oyunları oyuncuların zamanla tepki hızlarını artırmasını, stres düzeyini azaltmasını ve el-göz koordinasyonlarını geliştirmesini sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Chandra ve diğ., 2016).

Du ve diğ. (2020), etkileşimli oyun ortamları için HR ve FE sinyallerini birleştiren temassız duygu tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem deneye katılan 12 katılımcının PUBG, Minecraft, Nier:Automata, Need for Speed oyunlarını oynaması sürecinde gerçekleştirilmiştir. Kalp atış hızından duygu çıkarımında çift yönlü uzun ve kısa süreli bellek (Bi-LSTM) ağı kullanılmıştır. Yüz ifadeleri özelliklerinin öğrenilmesinde için Convolutional Neural Network (CNN) eğitilmiştir. Zamanın gerçeklik taleplerini karşılamak amacıyla kalp hızı ve yüz ifadelerini birleştirmede SOM-BP ağı kullanılmıştır. Sistem ile farklı oyunlarda heyecan, öfke, üzüntü ve sakinlik duygularının yüksek doğruluk ve düşük hesaplama süresi elde edilmekle birlikte duygu yoğunluğu kalp atış hızı ile daha tahmin edilebilir sonuçlar vermiştir.

Greipl ve diğ. (2021), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) kullanarak oyun tabanlı öğrenmenin nörofonksiyonel bağlantılarını ve oyun temelli öğrenmenin duygusal süreçleri ortaya çıkarıp çıkarmadığını incelediği çalışmada bir dijital öğrenme görevinin oyun tabanlı ve oyun tabanlı olmayan versiyonunu karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmada katılımcılar sağ elini kullanan ve görme sorunları olmayan bireyler arasından seçilmiştir. Nörofonksiyonel aktivasyon değerlendirildiğinde katılımcılar geri bildirim aldığı anda ayrıca duygusal ve ödül süreçlerinde öğrenme süreçlerinin canlandığı tespit edilmiştir. Oyun tabanlı versiyona ait bu

süreçlerde beyin alanlarında artan sinirsel tepki gerçekleşmiş ve amigdala ile ön insulada sinirsel tepkilerin en güçlü seviyede olduğu görülmüştür.

Jerčić ve diğ. (2019), insanlar ve robotların iş birliğinin altında yatan fizyolojik uyarılma ve değerliliğinin ciddi oyunlarda karar verme performansına etkilerini araştırmışlardır. Süreçte Tower of Hanoi oyununun sıra alan üzerine olan versiyonu tercih edilmiş ve oyun sürecinde EKG ve GSR verileri toplanmıştır. SPSS kullanılarak analiz edilen verilerden ciddi oyunlarda insanların, insansı olmayan robotlar ile daha iyi karar performansı gösterdiği bulgusuna erişilmiştir.

Moniaga ve diğ. (2018), 32 katılımcı ile kesme ve eğik çizgi çizme senaryosundan oluşan ve araştırma için tasarlanan The Baseline Game ve Enhance Game isimli oyunların katılımcılar tarafından oynanması esnasında katılımcıların yüz ifadelerine ait verilerin Unity 18 Affective AffDex SDK elde edilmesi ve analizi ile kızgınlık, hayal kırıklığı, yapmacık gülümseme, gülümseme duygularını tespit edebilen ve dinamik oyun dengeleme sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu sistem ile yüz ifadesi tanıma özelliği kullanan dinamik oyun dengeleme sistemlerinin oyunlarda istatistiksel olarak önemli gelişmelere yol açtığı sonucuna varılmıştır.

Moghimi ve diğ. (2020), dinamik ve etkileşimli sanal ortamlarda duyuşsal tanıma yapmayı amaçladıkları çalışmada sanal gerçeklik oyunu oynayan 30 katılımcının EEG, GSR ve HR ait ham verileri skor normalleştirme tekniği ile standartlaştırmış ve sinyallerin spektral analizi için Fast Frontier Transform (FFT) tekniği kullanmışlardır. Sinyallerden çıkarılan 743 öznitelik 30'a indirgenmiştir. Araştırmada duyguların sınıflandırmasında kNN ve SVM algoritmaları en yüksek performansı göstermiştir.

Marchi ve diğ. (2019), otistik çocuklar için sanal dünyada oyun yoluyla duygu ifadesini ve tanımayı öğrenebilecekleri ASC-Inclusion isimli ciddi oyun platformu geliştirmeyi amaçlamışlardır. Platformda duygular ses, yüz ve vücut hareketlerine ait verilerin analizi ile elde edilmektedir. Geliştirilen bu platform ile otizimli bireyler için etkili bir eğitim aracı elde edilmiş ve duygu tanımda önemli bir kazanıma ulaşılmıştır.

2016-2021 yılları arasında bilgisayar bilimleri, mühendislik ve nörobilim alanındaki video oyunlar ve duygu içeren araştırma makaleleri incelenmesi amacıyla “Video Game”, “Emotion”, “Recognition” anahtar kelimeleri seçilerek IEEE ve ScienceDirect veri tabanlarındaki makaleler incelenerek Tablo 2.9’da sunulmuştur.

Tablo 2.9: Video oyunlarda duygu tanıma ile ilgili yapılan çalışmalara ait veriler.

Yayın Bilgisi	Katılımcı Sayısı	Oyun Türü	Ortam	Veri İçeriği	Analiz Tipi	Duyguların Sınıflandırılması
(Lara-Álvarez ve diğ., 2021)	40	Eğitsel oyun	-	Ses	İstatistiksel Yöntemler	Düşük Hoşlukta, Yüksek Hoşlukta, Düşük Hoş Olmayan, Yüksek Hoş Olmayan
(Du ve diğ., 2020b)	12	FPS, Aksiyon ve Yarış	Bilgisayar	HR ve FE	Derin Öğrenme ve Yapay Zeka	Mutlu, Mutlu Değil, Nötr, Heyecanlı, Öfkeli, Üzgün, Sakin
(Kalanterian ve diğ., 2020)	8	Eğitsel oyun	Mobil	Video	Yapay Zeka	Kızgınlık, İğrenme, Korkma, Mutluluk, Nötr, Üzgün, Şaşırma
(Moghimi ve diğ., 2020)	30	Sanal gerçeklik		EEG, GSR ve HR	Yapay Zeka	Rahat, Memnun, Mutlu, Heyecanlı, Kızgın, Korkmuş, Üzgün ve Sıkılmış
(Marchi ve diğ., 2019)	89	Platform	Bilgisayar	FE, Ses ve GSR	İstatistiksel Yöntemler	Mutlu, Üzgün, Kızgın, Tıksınma, Korkma ve Şaşkınlık
(Landowska ve diğ., 2016)	33	FPS	Konsol	Görüşme ve Anket	İstatistiksel Yöntemler	Mutlu, Mutsuz
(Setiono ve diğ., 2021)	100	Simülasyon	Bilgisayar ve mobil cihaz	Anket ve FE	İstatistiksel Yöntemler	Öfkeli, Mutlu, Üzgün
(Moniaga ve diğ., 2018)	32	Eğitsel oyun.	-	Anket, Görüşme ve FE	İstatistiksel Yöntemler	Kızgınlık, Hayal kırıklığı, Yapmacık Gülümseme ve Gülümseme
(Akbar ve diğ., 2019)	60	Aksiyon, Macera	-	Anket ve FE	İstatistiksel Yöntemler	Öfke, Hayal Kırıklığı, Gülümseme, Rahatlama
(Jerčić ve diğ., 2019)	70	Eğitsel oyun	Bilgisayar	Anket, EKG ve GSR	İstatistiksel Yöntemler	-
(Konok ve diğ., 2021)	62	Fiziksel ve mobil oyun	Mobil cihaz	Anket	İstatistiksel Yöntemler	Öfke, Korku, İğrenme, Mutluluk, Üzüntü ve Sürpriz
(Cruz ve Uresti, 2017)	-	-	-	Literatür Taraması	Sistematik Literatür Analizi	-
(Greipl ve diğ., 2021)	42	Eğitsel oyun	-	Anket ve fMRI.	İstatistiksel Yöntemler	Karmaşık-Basit, Öngörülebilir-Öngörülemez, Yaratıcı-Hayal Gücü Olmayan, Sıkıcı-Heyecan Verici ve Hoş-Nahoş
(Chandra ve diğ., 2016)	5	Aksiyon	-	EEG	Yapay Zeka	-

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde, video oyunların yaş etiketlemesinin çok modlu biyosinyal kaynakları kullanılarak gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilen sistem, sistemden verilerin elde edilme süreci, verilerin analizi ve çalışma grubu açıklanmıştır.

3.1. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Tez çalışmasında “video oyunların yaş etiketlerinin çok modlu biyosinyal kaynakları kullanılarak tahmin edilmesinin mümkün olup olmadığı” ana problem olarak esas alınmıştır. Ayrıca video oyun endüstrisi için geliştirilen çoklu modlu sensör barındıran yaş etiketleme sistemi ile video oyunların yaş etiketlemesinde kullanılan mevcut sistemler arasında fark olup olmadığı ve video oyun yaş etiketlemesinde belirleyici biyosinyallerin olup olmadığı araştırmanın alt problemleri olarak ele alınmıştır.

3.2. VERİ SETİ

3.2.1. Çalışma Grubu

Çalışma Uşak ili Karahallı ilçesinde yaşayan 30 katılımcı ile 2021 yılı bahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak seçilmiştir. Katılımcılar 18 yaş üzerindeki bireylerden oluşmaktadır. Katılımcıların seçiminde nörolojik hastalık geçmişi olmaması, deney sürecinde devam eden herhangi bir hastalığının olmaması ve ayrıca katılımcıların deney günü ve deneyden bir gün önce alkol tüketmemiş olması durumları göz önünde bulundurularak katılımcı seçimi sağlanmıştır. Katılımcılara deneyden bir gün önce, deneye gelmeden saçlarını yıkamaları ve herhangi bir saç bakım materyali kullanmamaları (jöle, köpük vb.) gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca EEG sinyallerinin kalitesinin artırılabilmesi amacıyla deney başlamadan önce katılımcılara tek kullanımlık tarama başlığı dağıtılmış ve katılımcıların saçlarını taramaları sağlanmıştır. Katılımcılara ait demografik veriler ve yüzdeleri Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Katılımcılara ait demografik veriler ve yüzdeleri.

Değişken	Kategori	f	%
Cinsiyet	Kadın	3	10,0
	Erkek	27	90,0
Yaş	18-34	18	60,0
	34-54	11	36,6
	55+	1	3,3
Öğrenim Durumu	İlköğretim	4	13,3
	Lise	6	20,0
	Ön lisans	8	26,6
	Lisans	4	13,3
	Yüksek Lisans	1	3,3
	Doktora	7	23,3
Toplam		30	100

Araştırmaya 27'si erkek (%90,0), 3'ü kadın (%10,0) olmak üzere toplam 30 gönüllü katılmıştır. Katılımcıların yaş aralıkları incelendiğinde 18'i (%60,0) 18-34 yaş, 11'i (%36,6) 34-54 yaş, 1'i (%3,3) 55 ve üzerindedir. Katılımcıların 4'ü (%13,3) ilköğretim, 6'sı (%20,0) lise, 8'i (%26,6) önlisans, 4'ü (%13,3) lisans, 1'i (%3,3) yüksek lisans, 7'si (%23,3) doktora mezunudur.

Tablo 3.2: Katılımcıların video oyun tecrübe verileri ve yüzdeleri.

Değişken	Kategori	f	%
Video Oyun Oynama Geçmişi	Var	28	93,3
	Yok	2	6,6
Son Bir Haftada Video Oyun Oynama Saat Aralığı	0-10	21	70,0
	10-20	2	6,6
	20-30	6	20,0
	30 ve üzeri	1	3,3
Video Oyun Oynama Yılı	0-10	18	60,0
	10-20	6	20,0
	20-30	5	16,6
	30 ve üzeri	1	3,3
Toplam		30	100

Tablo 3.2'ye göre katılımcıların %93,3'ünün geçmişte video oyunu oynama tecrübesinin olduğu ve son bir haftadaki %70,0'inin 0- 10 saat arasında oyun oynadığı görülmektedir. Ayrıca katılımcıların %60,0'ının 0-10 yıl arasında, %20,0'sinin 10-20 yıl arasında, %16,6'sının 20-30 yıl arasında, 3,3'ünün 30 yıl ve üzerinde video oyun oynama tecrübesi bulunmaktadır.

3.2.2. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Toplanması

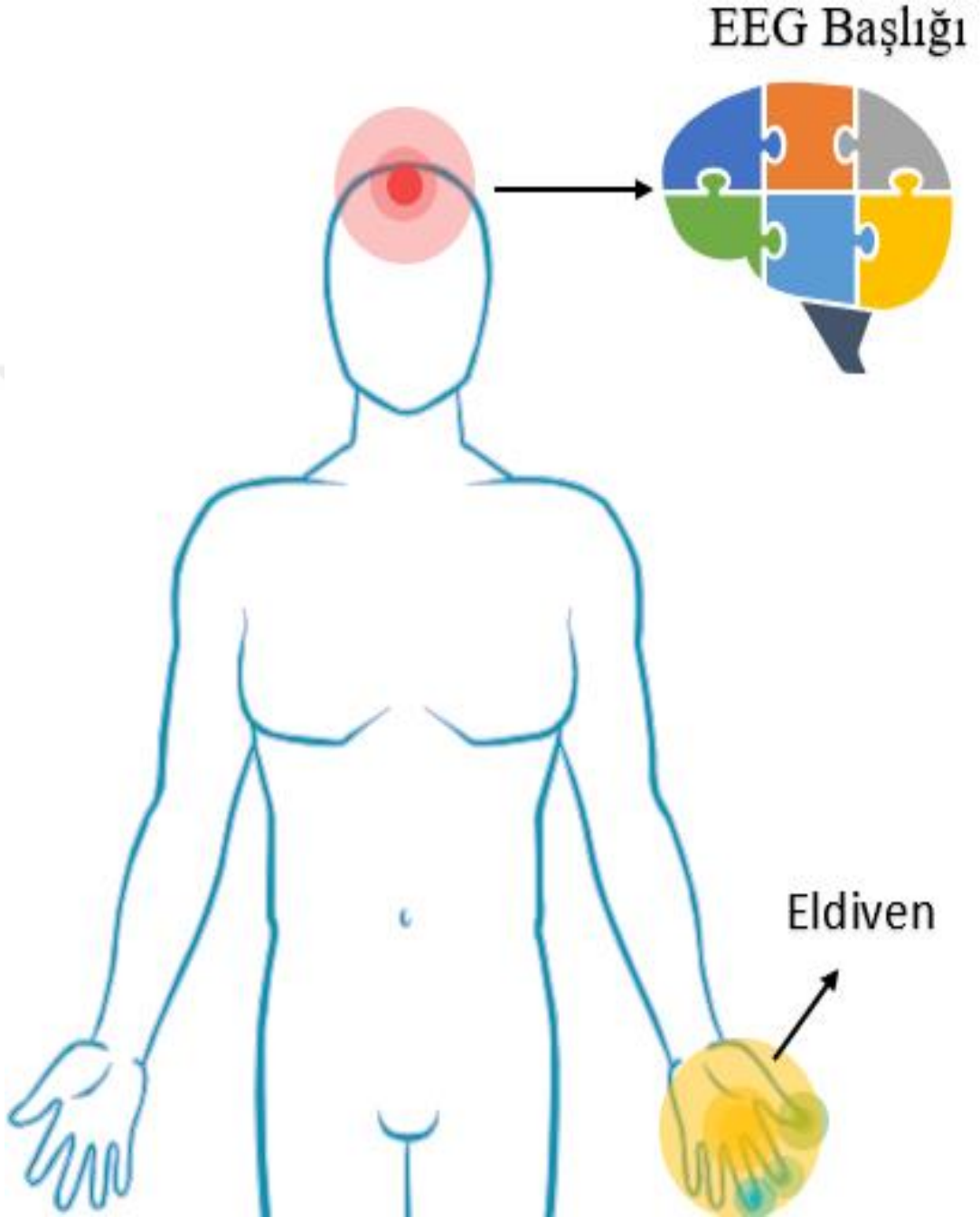
Çalışma amacı kapsamında video oyunların yaş etiketlemesinin mevcut yöntemlerden farklı olarak çok modlu biyosinyal verileri kullanılarak etiketlemesi sağlanmıştır. Yaş etiketlemelerinde Avrupa genelinde kullanılan ve dünya genelinde en yaygın etiketleme sistemlerinden biri olan PEGI etiketleri esas alınmıştır. PEGI oyun etiketlemelerini 3, 7, 12, 16 ve 18+ yaş olmak üzere 5 farklı yaş grubuna göre belirlemiştir.

Video oyunları ile ilgili yapılan nöro bilişsel araştırmalar incelendiğinde aksiyon etiketli video oyunlarının hızlı düşünme, karar verme ve yüksek dikkat gerektirmesi nedeni ile EEG aygıtı kullanılan çalışmalarda diğer video oyun türlerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir (Palaus ve diğ., 2017). Ayrıca Palaus ve diğ. (2017) ileride gerçekleştirilebilecek olası çalışmalarda oyun türlerinin farklılaştırılarak hangi video oyun türünün hangi bilişsel süreçle ilişkili olduğunun bulunabileceği çalışma önerisinde bulunmuşlardır. Vourvopoulos ve diğ. (2017) ise oyunlar ve beyin bilgisayar etkileşimi üzerine yaptıkları bir çalışmada deney esnasında kullandıkları oyun türü olarak aksiyon ve şiddet oyun türünü tercih etmelerinin sebebi olarak bu oyunların gama dışındaki alfa, beta, teta ile önemli ölçüde ilişkili olmalarından dolayı bu türleri tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca aksiyon etiketli video oyunları oyuncuların zamanla tepki hızlarını artırmasını, stres düzeyini azalmasını ve el-göz koordinasyonlarını gelişmesini sağlamaktadır (Chandra ve diğ., 2016). Çalışmada aksiyon oyunlarla ilgili yapılan araştırma sonuçları göz önünde bulundurularak video oyun türü olarak aksiyon içerik etiketli farklı yaş etiketli oyunların tanıtım videolarının kullanımı tercih edilmiştir.

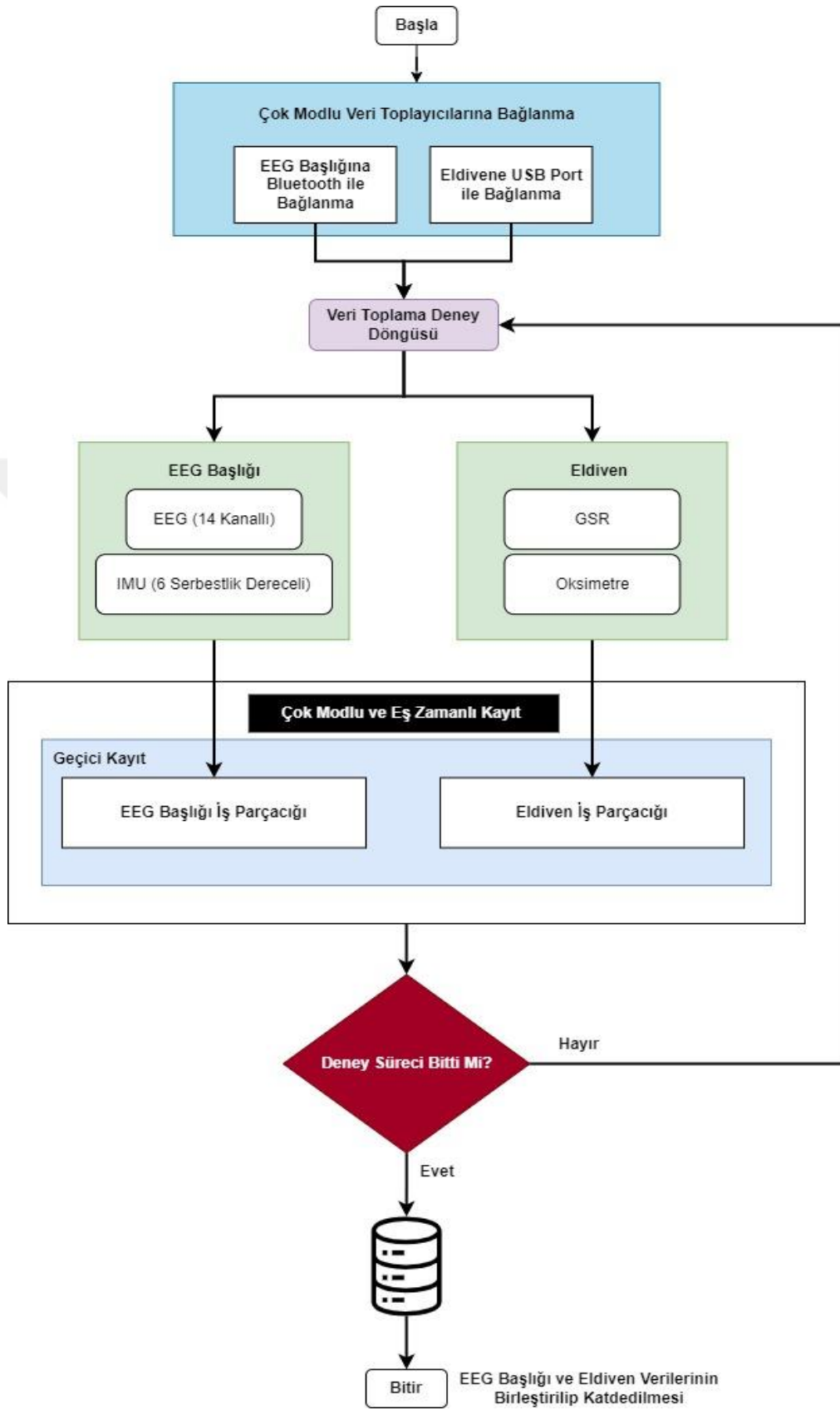
Oyun tercihinde PEGI yaş etiketleri ve dünya genelinde en yaygın oyun platformlarından biri olan Steam'de oyun türü aksiyon olarak etiketlenen en popüler oyunlar her yaş etiketinden bir tane olmak üzere seçilmiştir. Seçilen oyunlar sırasıyla; Pikuniku (+3), World of Tanks (+7), Smite (+12), Destiny (+16) ve Dead by Light (+18)'tir.

Yaş derecelendirme sistemlerinin genelinde yaş etiketlemesinde uzmanlara oyun tanıtım videoları sunulmakta ve uzmanlar bu videoların içeriklerine göre etiketlemelerini gerçekleştirmektedirler. Çalışmada da yaş derecelendirme sistemlerinde olduğu gibi oyun tanıtım videoları katılımcılara izletilmiş ve bu süreçte çok modlu biyosinyal verileri eş zaman damgalı olarak toplanmıştır. Araştırmada kullanılan biyosinyal veri toplama araçlarına ait

biyosensörlerin insan vücudu üzerindeki konumlandırılması Şekil 3.1’de, veri toplama döngüsüne ait akış şeması ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Araştırmada kullanılan biyosensörlerin konumu.



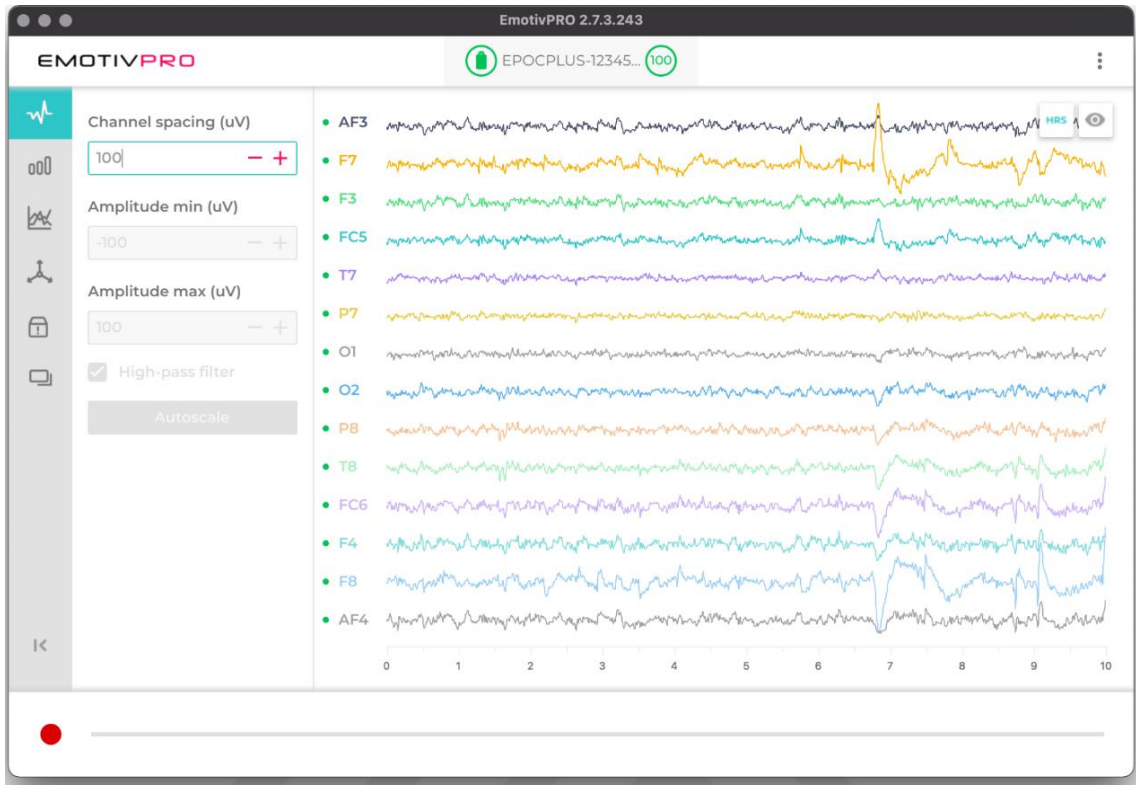
Şekil 3.2: Veri toplanma döngüsü için akış şeması.

Araştırmaya ait beyin sinyali verilerinin elde edilmesinde Emotiv firmasının geliştirdiği 14 kanallı Emotiv Epoch+ isimli bluetooth kablosuz bağlantı özelliği bulunan ve elektrotların uluslararası 10-20 sistemine göre yerleştirildiği mobil EEG başlığı kullanılmıştır. Bu cihazın tercih edilmesinde; cihazın mobil olması, tanımlama doğruluk performansının yüksek olması ve kontrol görevleri için uygunluğu unsurları göz önünde bulundurulmuştur (Maskeliunas vd., 2016). Epoch+ referans elektrotları (P2 ve P4) haricinde 14 kanala sahiptir ve Epoch+'tan AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 ve AF4 kafa derisi bölgelerine ait sinyal verileri 128 Hz örnekleme frekansı ile elde edilmektedir. Ayrıca EEG başlığı üzerinde 16 bit çözünürlüklü ICM-20948 IMU parçası hareket sensörü barındırmaktadır. Katılımcılara ait normalleştirilmiş IMU verileri başlıktan elde edilmiştir.

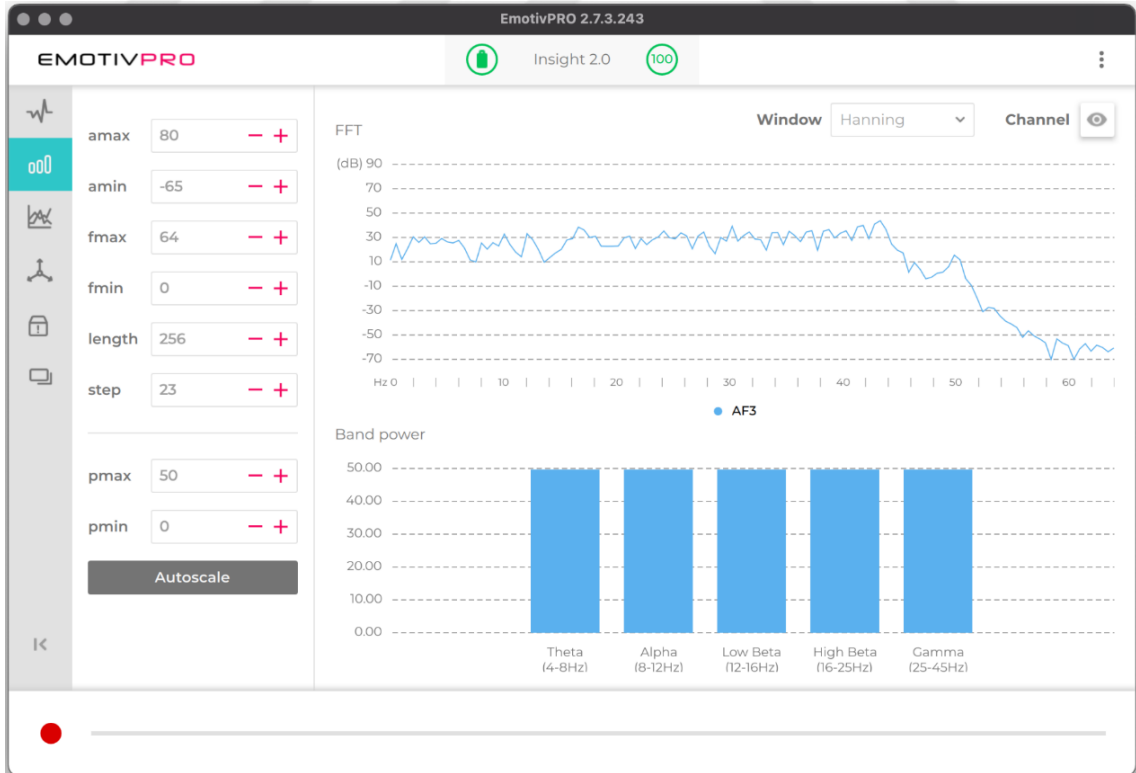
Tez ikinci danışmanı Seçkin (2021) GSR, IMU ve Oksimetre sensörlerini bir araya getirerek giyilebilir çoklu veri toplama sistemi geliştirmiştir. Çalışmada kullanılan eldiven yapısındaki bu giyilebilir teknoloji ile insan derisinin cilt iletkenliğini gözlemlemeye yarayan GSR ve kandaki kalp atış hızı ve oksijen doygunluğu (SPO2) bilgilerini veren Oksimetre verileri periyodik olarak kaydedilmiştir. Oksimetre cilde 700-900 nm dalga boyunda kızılötesi ışık göndererek yayılan ışığın yansıma miktarına göre ölçümleri gerçekleştirmektedir. GSR ise cilt direncinin değişimini ölçmek için referans direnci ve bilinmeyen değer cilt direnci karşılaştırma prensibini kullanarak ölçüm yapmaktadır.

3.3. ARAŞTIRMA ORTAMI

Deneyler 35980450-663.05 sayılı etik kurul izniyle (EK1) Uşak Üniversitesi Karahallı Meslek Yüksekokulu'ndaki sessiz, sabit ışık içeren ve oda sıcaklığındaki bir odada gerçekleştirilmiştir. Video oyun tanıtım videoları 28 inç monitöre bağlı dizüstü bilgisayardan katılımcılara izletilmiştir. Deneklerin monitöre yaklaşık 60 cm mesafede ve rahat bir sandalyeye oturmaları sağlanmıştır. Monitörün bağlı olduğu dizüstü bilgisayar Intel(R) Core(TM) i7 işlemciye, 16 GB RAM belleğe ve 4 GB ekran kartı hafızasına sahiptir. Verilerin kayıt başlatma ve bitirme görevleri ana kasa olarak işe koşulan bu bilgisayarda yapılmıştır. EEG başlığından gelen veriler Şekil 3.3'te ham EEG veri akışı gösterilen Emotiv firmasına ait Emotiv Pro öğrenci lisanslı yazılımı ile elde edilmiştir. Şekil 3.4'te beyin sinyallerinin FTT frekans analizi yapılarak alınmasına ait örnek grafik, Şekil 3.5'te ise IMU sinyallerine dair örnek grafik sunulmuştur. Eldivenden gelen veriler ise bu çalışma için Python programlama dili kullanılarak yazılan yazılım ile toplanmıştır.



Şekil 3.3: Ham EEG sinyalleri (EMOTİV, 2022c).



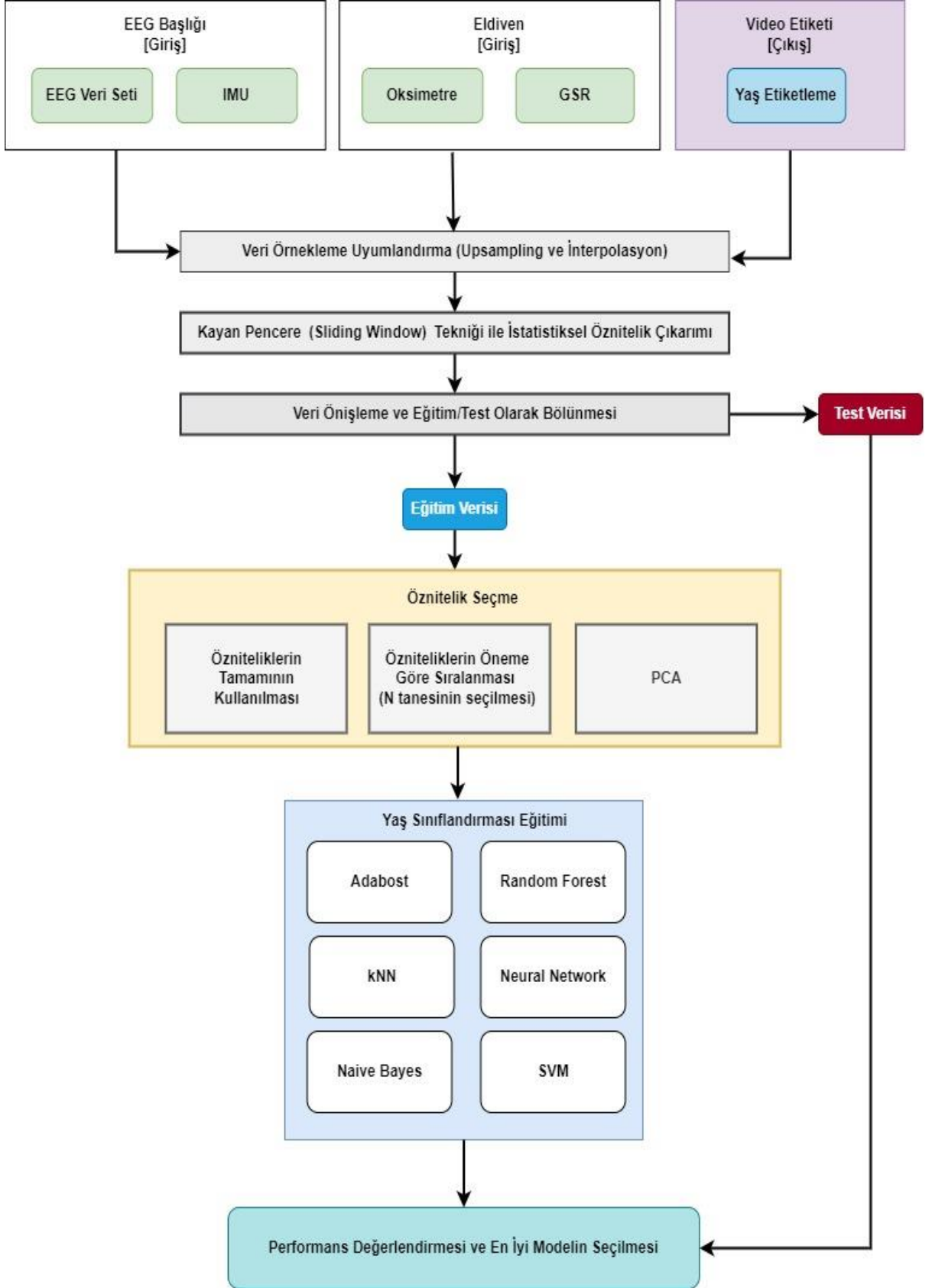
Şekil 3.4: Frekans analizi (EMOTİV, 2022a).



Şekil 3.5: IMU sinyalleri (EMOTİV, 2022b).

3.4. VERİ ANALİZİ

Çalışmada video oyun endüstrisi için çok modlu biyosensörlerden oluşan bir sistem geliştirilmesi ve bu sistem ile video oyunlarının yaş etiketlemesi için alternatif bir etiketleme sistemi oluşturulması hedeflenmiş ve bu doğrultuda biyosinyal veri setleri veri ön işlemeye tabi tutularak analizlere uygun hale getirilmiştir. Verilerin analizinden veri madenciliği modellerinden tahmin edici sınıflanma modeli uygulanmıştır. Etiketlerin tahminlenmesinde Adabost, kNN, NB, RF, ANN ve SVM algoritmaları kullanılmıştır. Verilerin analiz süreci akışı Şekil 3.6’da sunulmuştur.



Şekil 3.6: Veri analiz akışı.

3.4.1. Veri Birleştirme

Deney sürecinde her katılımcıya her yaş etiketine ait 5 farklı aksiyon türü video oyun tanıtım videosu izletilmiştir. Bu süreçte katılımcılardan EEG başlığı ve eldivenden çoklu biyosinyal verileri zaman damgalı olarak kaydedilmiştir. Şekil 3.7’de K1 katılımcısı örneğine ait EEG başlığına ait veriler sunulmuştur. Excel dokümanı olarak kaydedilen bu veriler 178 satır, 3789 sütun sahip olup 1.61 MB alan kaplamıştır. Sonrasında katılımcılardan elde edilen bu EEG verileri, oyun yaş etiketi ve katılımcı numarası ile manuel olarak her bir katılımcı için ayrı ayrı etiketlenmiştir. Etiketlenmeye ait görsel Şekil 3.8’de sunulmuştur. Bir sonraki aşamada katılımcılardan elde edilen EEG başlığı verileri tek bir EEG_DATA dosyası içerisinde birleştirilmiştir. K1 katılımcısına ait birleştirilen dosya 568202 satır, 180 sütuna sahip olup 242 MB alan kaplamıştır. Eldivenden elde edilen biyosinyal verileri ise oyun yaşı etiketlemesi ve katılımcı numarasına göre manuel olarak etiketlenmiş ve tüm katılımcı verileri glove.xls dosyasında birleştirilmiştir. Eldiven verisine ait görsel ise Şekil 3.9’da sunulmuştur.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Timestamp	time	EEG.C	EEG.AF3	EEG.F7	EEG.F3	EEG.FC5	EEG.T7	EEG.P7	EEG.O1	EEG.O2	EEG.P8	EEG.T8	EEG.FC6	EEG.F4	EEG.F8	EEG.AF4	
1.63E+09	11:05	70	0	3912.44	4087.44	4162.95	4015	4224.74	4252.69	4222.82	4144.74	4152.56	4147.44	4067.05	4285.77	4124.62	4116.03
1.63E+09	11:05	71	0	3923.59	4099.36	4164.62	4013.97	4229.49	4260.9	4223.97	4153.97	4152.44	4146.67	4069.1	4282.31	4129.36	4111.28
1.63E+09	11:05	72	0	3934.23	4105.38	4172.18	4020.38	4221.67	4258.97	4225	4160.64	4155.13	4151.79	4070.26	4286.92	4129.87	4120.38
1.63E+09	11:05	73	0	3921.03	4091.03	4157.18	4018.72	4208.21	4240.77	4219.49	4151.67	4151.67	4146.41	4062.69	4284.1	4119.87	4114.36
1.63E+09	11:05	74	0	3938.97	4110.26	4170.51	4021.28	4236.41	4259.74	4228.97	4172.05	4167.05	4166.79	4085.64	4288.33	4148.97	4130.13
1.63E+09	11:05	75	0	3921.79	4093.72	4164.49	4016.79	4224.49	4247.82	4226.15	4153.21	4150.77	4147.82	4064.62	4271.79	4127.82	4120.26
1.63E+09	11:05	76	0	3918.72	4100.26	4154.87	4018.59	4224.49	4251.03	4230.26	4155	4150.64	4149.23	4064.36	4262.44	4122.95	4110.64
1.63E+09	11:05	77	0	3931.41	4108.97	4165.64	4022.31	4228.21	4255.13	4235.38	4166.54	4160.9	4169.36	4082.18	4274.49	4140.38	4129.74
1.63E+09	11:05	78	0	3920.38	4091.92	4155.64	4021.03	4215.77	4238.21	4223.33	4146.15	4146.03	4151.67	4064.62	4267.44	4135.13	4121.15
1.63E+09	11:05	79	0	3933.21	4117.95	4161.92	4027.05	4237.69	4258.97	4230.38	4162.44	4158.46	4161.79	4074.49	4264.49	4154.62	4123.85
1.63E+09	11:05	80	0	3916.92	4107.56	4156.54	4022.05	4222.95	4248.33	4227.56	4153.33	4156.28	4153.97	4065.13	4261.03	4136.28	4122.31
1.63E+09	11:05	81	0	3921.92	4110.26	4155.77	4025.9	4212.18	4247.56	4225.9	4149.1	4153.46	4151.54	4071.54	4264.36	4138.21	4120.13
1.63E+09	11:05	82	0	3948.33	4130.9	4178.72	4033.08	4221.28	4264.49	4240	4164.23	4161.03	4169.49	4092.18	4278.59	4160.38	4137.95
1.63E+09	11:05	83	0	3926.41	4105.38	4163.08	4019.1	4217.44	4247.18	4233.08	4148.85	4151.03	4150.26	4067.44	4269.74	4139.62	4121.15
1.63E+09	11:05	84	0	3937.95	4122.05	4163.85	4021.15	4247.18	4260.77	4236.03	4167.44	4163.97	4162.05	4078.97	4270.9	4157.44	4122.82
1.63E+09	11:05	85	0	3941.15	4127.05	4175.38	4028.08	4237.69	4256.79	4241.67	4168.72	4157.69	4161.41	4080.77	4272.44	4150.77	4130
1.63E+09	11:05	86	0	3932.56	4120.26	4169.36	4024.87	4225.51	4252.95	4238.85	4159.1	4148.33	4148.33	4065.51	4260.64	4138.97	4115.9
1.63E+09	11:05	87	0	3945.77	4129.62	4172.95	4022.18	4240.38	4267.31	4241.79	4171.54	4160.26	4165.9	4074.1	4261.92	4159.74	4127.31
1.63E+09	11:05	88	0	3926.03	4102.44	4151.92	4014.62	4216.54	4241.15	4235.38	4157.44	4150.64	4151.54	4058.72	4253.33	4133.21	4118.21
1.63E+09	11:05	89	0	3935.38	4111.92	4148.08	4021.54	4223.59	4250.26	4240.38	4174.23	4160.51	4154.23	4067.31	4250.26	4136.67	4110.51
1.63E+09	11:05	90	0	3941.54	4116.03	4155.64	4024.87	4208.33	4260.13	4242.82	4178.33	4157.82	4152.56	4063.46	4252.82	4144.87	4115.26
1.63E+09	11:05	91	0	3931.41	4107.31	4145.9	4015.77	4194.1	4251.54	4239.1	4162.82	4147.18	4144.74	4047.82	4248.97	4140.26	4109.62
1.63E+09	11:05	92	0	3949.87	4129.87	4156.79	4019.23	4241.03	4264.74	4246.03	4177.69	4167.69	4178.46	4070.9	4258.33	4163.72	4127.31
1.63E+09	11:05	93	0	3934.49	4114.1	4146.28	4018.08	4233.85	4247.69	4234.1	4157.95	4155.26	4161.54	4058.72	4250.38	4139.62	4115.77
1.63E+09	11:05	94	0	3938.46	4118.33	4141.67	4019.49	4221.54	4259.62	4235.13	4160.9	4152.95	4145	4059.1	4241.79	4132.82	4102.18

Şekil 3.7: EEG başlığı verileri.

FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX
POW.F4.B	POW.F4.B	POW.F4.G	POW.F8.T	POW.F8.A	POW.F8.B	POW.F8.B	POW.F8.G	POW.AF4.	POW.AF4.	POW.AF4.	POW.AF4.	POW.AF4.	POW.AF4.yas	denek
													p18	k1
													p18	k1
													p18	k1
													p18	k1
0.108621	0.209241	0.184782	3.811081	1.454159	0.70607	0.248361	0.29	2.322192	0.58616	0.41115	0.153732	0.129141	p18	k1
													p18	k1
													p18	k1
													p18	k1

Şekil 3.8: Etiketlenmiş EEG başlığı verileri.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	gx	gy	gz	ax	ay	az	gsr0	gsr1	pulse	o2	time	yas	denek
2	2.34	2.36	2.38	2.41	2.34	2.36	2.38	2.41	0	0	14:05:40.2	p18	k1
3	2.43	2.44	2.48	2.53	2.43	2.44	2.48	2.53	0	0	14:05:40.3	p18	k1
4	2.41	2.42	2.43	2.4	2.41	2.42	2.43	2.4	0	0	14:05:40.4	p18	k1
5	2.36	2.38	2.39	2.49	2.36	2.38	2.39	2.49	0	0	14:05:40.5	p18	k1
6	2.4	2.43	2.48	2.42	2.4	2.43	2.48	2.42	0	0	14:05:40.6	p18	k1
7	2.39	2.41	2.44	2.41	2.39	2.41	2.44	2.41	0	0	14:05:40.7	p18	k1
8	2.35	2.36	2.38	2.41	2.35	2.36	2.38	2.41	0	0	14:05:40.8	p18	k1
9	2.39	2.41	2.47	2.42	2.39	2.41	2.47	2.42	0	0	14:05:40.9	p18	k1
10	2.36	2.38	2.43	2.45	2.36	2.38	2.43	2.45	0	0	14:05:41.0	p18	k1
11	2.34	2.36	2.37	2.41	2.34	2.36	2.37	2.41	0	0	14:05:41.1	p18	k1
12	2.39	2.42	2.48	2.43	2.39	2.42	2.48	2.43	0	0	14:05:41.2	p18	k1
13	2.36	2.39	2.43	2.41	2.36	2.39	2.43	2.41	0	0	14:05:41.3	p18	k1
14	2.32	2.34	2.36	2.39	2.32	2.34	2.36	2.39	0	0	14:05:41.5	p18	k1
15	2.38	2.41	2.46	2.39	2.38	2.41	2.46	2.39	0	0	14:05:41.6	p18	k1
16	2.36	2.39	2.44	2.46	2.36	2.39	2.44	2.46	0	0	14:05:41.7	p18	k1
17	2.3	2.32	2.35	2.36	2.3	2.32	2.35	2.36	0	0	14:05:41.8	p18	k1
18	2.33	2.37	2.43	2.38	2.33	2.37	2.43	2.38	0	0	14:05:41.9	p18	k1
19	2.33	2.37	2.42	2.37	2.33	2.37	2.42	2.37	0	0	14:05:42.0	p18	k1
20	2.3	2.32	2.34	2.3	2.3	2.32	2.34	2.3	16.59	0	14:05:42.1	p18	k1
21	2.4	2.41	2.46	2.41	2.4	2.41	2.46	2.41	16.59	0	14:05:42.2	p18	k1
22	2.35	2.37	2.4	2.33	2.35	2.37	2.4	2.33	16.59	0	14:05:42.3	p18	k1
23	2.31	2.33	2.35	2.32	2.31	2.33	2.35	2.32	16.59	0	14:05:42.4	p18	k1
24	2.37	2.4	2.46	2.37	2.37	2.4	2.46	2.37	16.59	0	14:05:42.5	p18	k1
25	2.32	2.34	2.36	2.39	2.32	2.34	2.36	2.39	33.85	0	14:05:42.6	p18	k1

Şekil 3.9: Etiketlenmiş ve birleştirilmiş eldiven verileri.

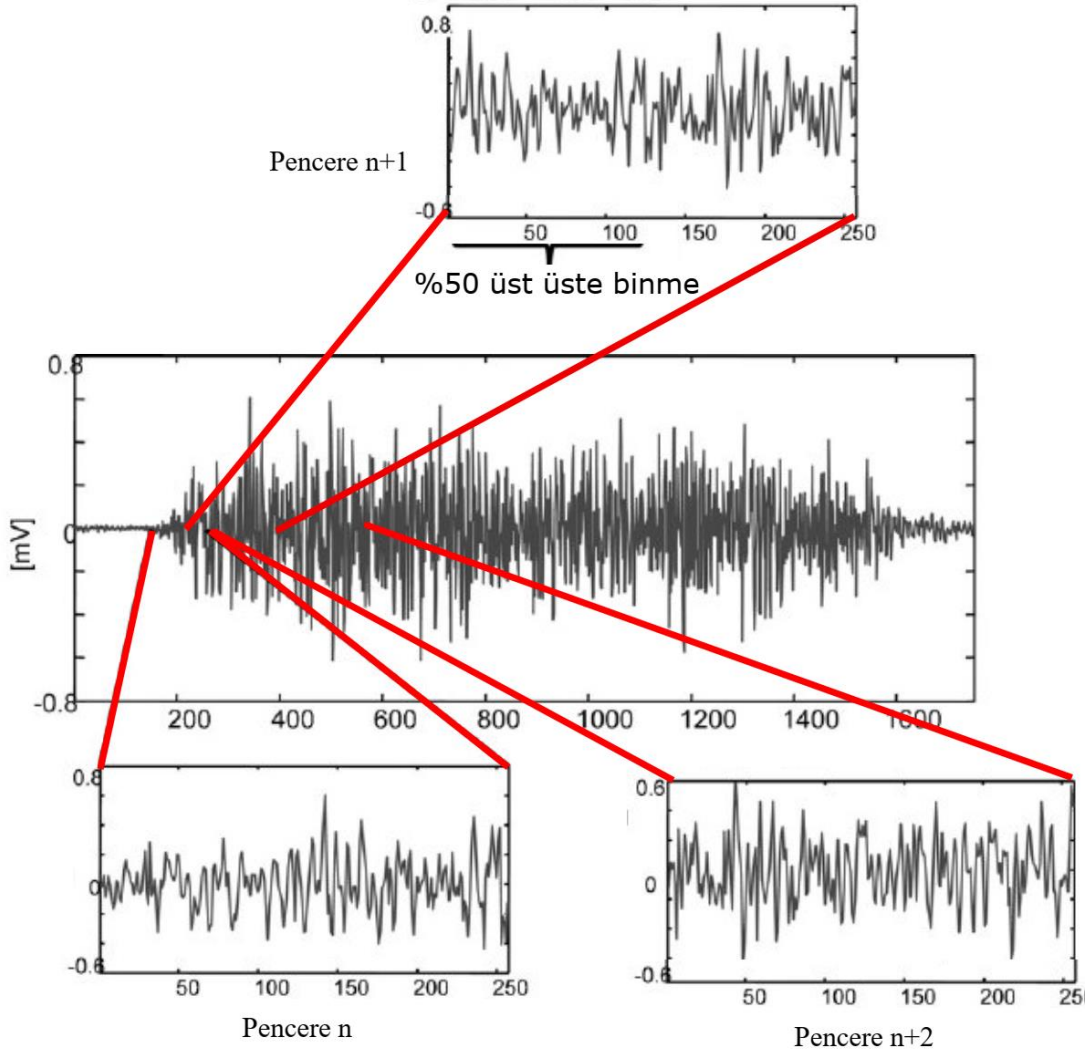
3.4.2. Veri Örnekleme Uyumlandırma (Upsampling ve Interpolasyon)

Üst örnekleme (Upsampling), örneklenmiş sinyallerin ara değer üretilerek sinyallerin örnekleme hızını artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Koch ve diğ., 2019). Ara Değer Üretme (İnterpolasyon) tekniği ile bilinmeyen sinyal boşluklarındaki değerler tahmin edilmektedir (Blum ve Liu, 2006; Musoko, 2005).

Çalışmada toplanan EEG başlık sensörleri ve eldiven sensörlerinden gelen veriler aynı örnekleme değerine sahip değildir. Bu farklılık verilerin zaman-frekans uyumsuzluğuna neden olmaktadır. Verilerdeki bu uyumsuzluğun kaldırılması amacıyla farklı örnekleme hızında kaydedilen biyosinyal verilerinden daha düşük örnekleme değerine sahip olan eldiven sensör değerlerinin ara değer üretme metodu ile sinyalleri üretilerek üst örnekleme gerçekleştirilmiştir.

3.4.3. Kayan Pencere (Sliding Window) Tekniği ile İstatistiksel Öznitelik Çıkarımı

Kayan pencere tekniği sürekli verilerden özellik çıkarma ve sınıflandırma için farklı pencere boyutları seçilerek sinyallerin farklı dönemlere bölünmesinde kullanılmaktadır (Cruz ve diğ., 2015; K.S. ve diğ., 2012). Moghimi vd. (2020) dinamik ve etkileşimli sanal ortamlarda duyuşsal tanıma yaptıkları çalışmada EEG, GSR ve kalp atış hızı verilerinin analiz sürecinde Kayan Pencere yöntemini kullanarak sinyalleri tek bir veri kaydı haline getirmişlerdir. Cai ve diğ. (2021) e-ticaret emtia talebi tahmini için multimodal veri kılavuzlu mekânsal özellik füzyon ve gruplandırma stratejisi yaptıkları çalışmada çoklu verilerin uzamsal boyutunu birleştirme sürecinde kayan pencere yöntemini kullanmışlardır. Cai ve diğ. (2021) duygu tanıma için çok modlu veri kullanarak karar seviyesi füzyonu ve özellik seviyesi füzyonu yoluyla EOG ve EEG sinyallerini farklı zamansal pencere boyutları deneyerek uygun pencere boyutunu tespit etmişler ve farklı sinyallerin öznitelik çıkarımını gerçekleştirmişlerdir. Kayan pencere tekniği süreci Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Kayan pencere tekniği örneği.

Çalışmada toplanan farklı fizyolojik sinyaller uyaran uzunluğuna göre birbirine eşit, birbirinden daha kısa ya da daha uzundur. Farklı sürelerle sahip duyuşsal uyaranların tek bir veri kaydında analiz edilmesi için sinyallerin duyuşsal uyaran süresine göre tanımlanması gerekmektedir. Bu nedenle farklı uyaran uzunluğuna sahip sinyaller 5, 10, 20, 50 ve 100 pencere boyutlarında birleştirilmiştir. Böylelikle kayan pencere tekniği kullanılarak öznelilik çıkartırken pencerelerin üst üste binmemesi sağlanmıştır.

Sinyallerin uygun pencere boyutunu keşfetmek için ise sınıflandırma algoritmalarının farklı pencere boyutlarındaki performansları üzerindeki etkisi belirleyici olmuştur. Performans değerlendirmesi ve en iyi modelin seçilmesinde en yüksek başarıyı gösteren pencere boyutu optimum boyutu olarak alınmıştır.

EEG başlığı ve eldivenden sensörlerinden gelen veriler manuel birleştirme, üst örnekleme ve ara değer üretme, kayan pencere tekniği analizleri gerçekleştirildikten sonra veri setinde 30 katılımcıya ait toplam 28410 örnek (satır) ve 130 değişken (sütun) gözlemlenmiştir. Veri setinde tekrarlayan ve eksik veri ise bulunmamıştır. Yaş etiketi ise hedef değişken olarak belirlenmiştir. Ayrıca yaş etiketi değişkeni kategorik olmakta birlikte diğer tüm veriler numeriktir.

3.4.4. Veri Önışleme ve Eğitim/Test Olarak Bölünmesi

Çalışmada kullanılan modelin veri tahminleme performansını artırmak amacıyla normalizasyon yapılarak ve aykırı değerler tespit edilerek verilerin önışlemesi gerçekleştirilmiştir. Verilerin normalizasyonunda değerler 0 ve 1 arasında yeniden ölçeklenmiştir (Trebuña ve diğ., 2014). Sonraki adımda ise veriden sağlıklı çıkarımlar yapmak amacıyla aykırı değerler saptanmış ve veri setinden atılmıştır. Aykırı değerlerin saptanmasında orta derecede yüksek boyutlu veri kümelerinde aykırı değer tespitinin en etkili yollarından biri olan Local Outlier Factor yöntemi seçilmiştir. Local Outlier Factor yönteminde işe koşulan algoritma belirli bir veri noktasının komşulara göre yerel yoğunluk sapmasını ölçmekte ve böylelikle verilerin anormallik derecesini yansıtan bir puan hesaplayarak aykırı değerleri tespit etmektedir (Cheng ve diğ., 2019).

Veri tahminlemede modeli eğitmek için veri seti eğitim ve test verisi olarak iki bölüme ayrılmaktadır (Efron ve Tibshirani, 1997; Refaeilzadeh ve diğ., 2016). Bu işlem çapraz geçerleme yöntemi olarak adlandırılmaktadır (Refaeilzadeh ve diğ., 2016). Çapraz geçerleme tekniklerinde k-kat çapraz geçerleme de veriler ilk önce k eşit parçaya bölünmekte ve sonrasında k-1 parça eğitim, 1 tanesi ise test için tutulmaktadır (Cooil ve diğ., 1987; Zeng ve Martinez, 2000). Çalışmada veri seti eğitim ve test verisi olarak ikiye bölünmüştür. Eğitim ve test verisine ayırma işleminde çapraz geçerleme yöntemi kullanılmıştır. Veri seti modelin performansına göre 10 eşit parçaya ayrılmış ve 10 parçadan her seferinde 9 tanesi eğitim için kullanılmıştır.

3.4.5. Öznitelik Seçme

Veri madenciliği sürecinde veri setindeki özniteliklerin tanımlanan amaç ve özellik kriterlerine uygun olarak en doğru özellik alt kümesini bulma süreci öznitelik seçim süreci olarak ifade edilmektedir (Y. Liu ve Schumann, 2005). Öznitelik seçimi ile veri setindeki alakasız ve

gereksiz özellikler tahminleme sürecinden çıkarılmaktadır (Kołakowska ve diğ., 2013). Gereksiz verilerin çıkarılması ile daha anlaşılır, hızlı çalışan ve aşırı öğrenme riski azalan modelin öğrenme performansı artış göstermektedir (Sheikhpour ve diğ., 2017). Çalışmada model performansının artırılması amacıyla gerçekleştirilen özniteliklerin seçiminde ve sıralanmasında aşağıda tanımları verilen dört temel özellik seçim algoritmaları kullanılmıştır.

- Gini, bir frekans dağılımının değerleri arasındaki eşitsizlik katsayısı (Liu ve diğ., 2018),
- Anova, özelliğin farklı sınıflardaki ortalama değerleri arasında fark olup olmadığının ölçümü (Wu ve diğ., 2010),
- Ki-kare, istatistiği ile ölçülen özellik ve sınıf arasındaki ilişkinin ölçümü (Liu ve diğ., 2002),
- ReliefF, bir özneliliğin benzer veri örnekleri üzerindeki sınıfları ayırt etme yeteneği olarak ifade edilmektedir (Urbanowicz ve diğ., 2018).

Çalışmada ilk olarak tüm öznitelikler kullanılarak model performansı tespit edilmiştir. Sonrasında ise model performansını etkilemeyen alakasız ve gereksiz veriler öznitelik seçim algoritmaları kullanılarak tahminleme sürecinden çıkarılmış ve model performansını en iyi yansıtan 5 değişken öznitelik olarak seçilmiştir.

Principal Component Analiz (PCA), veri kümelerinin doğrusal izdüşüm matrisini arayıp boyut azaltarak bilgi kaybı yaşanmadan veri azaltma/sıkıştırma yapabilmek ve böylelikle öznitelik azaltmak amacıyla çok değişkenli analizlerde sıklıkla kullanılan istatistiksel bir tekniktir (Chu ve diğ., 2017; Guo ve diğ., 2016; Pinheiro ve diğ., 2012). Çalışma da giriş verilerinin doğrusal dönüşümünün hesaplanarak temel bileşenlerin ağırlıkları ile dönüştürülmüş bir veri kümesi çıkartılarak öznitelik azaltılmasında PCA tekniği kullanılmıştır.

3.4.6. Yaş Sınıflandırması Eğitimi

Çalışmada özniteliklerin seçimi sonrasında yaş etiketlerinin eğitimi ve tahminlenmesinde kullanılan Adabost, kNN, NB, RF, ANN ve SVM algoritmaları aşağıda açıklanmıştır.

3.4.6.1. NB (Naive Bayes)

NB algoritması, Bayes teoreminin uygulanmasına bağlı, kolay ve basit bir olasılıksal sınıflandırıcıdır (Kamel ve diğ., 2019). NB algoritması sınıfı verilen tüm niteliklerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımına dayanarak yeni bir örneğin bir sınıfa ait olma olasılığını

çıkartmaktadır (Chen vd., 2020; Rahat vd., 2019). Sınıflandırmada çok az eğitim verisi gerektirmesi algoritmanın en büyük avantajlarından olarak görülmektedir (Kamel vd., 2019).

Çalışmada NB algoritması ile model öğretilmiş ve video oyun yaş etiketlerinin tahmini yapılmıştır. NB algoritmasının varsayılan ön işleme süreci olan boş sütunların kaldırılması ve sayısal değerlerin eşit frekansta 4 kutuya ayrılması işlemleri gerçekleştirilmiş ve sonrasında model performansına ulaşılmıştır.

Freund ve Schapire (1997), veri setindeki zayıf sınıflandırıcıların eğitilerek birleştirilmesi ve güçlü sınıflandırıcı oluşturulmasını sağlayan yükseltme algoritmalarından Adaboost algoritmasını geliştirmişlerdir. Adaboost hata oranının düşük olması, sağlam bir teorik temele sahip olması ve düşük gürültülü veri setlerinde iyi performans göstermesi gibi nedenlerden dolayı pratik uygulamalarda başarılı olmuş ve en yaygın kullanılan yükseltme algoritmalarından biri haline gelmiştir (Cao ve diğ., 2013; Solomatine ve Shrestha, 2004; Thongkam ve diğ., 2008). Adaboost algoritması her eğitim örneğine bir ağırlık atar ve sınıflandırıcı tarafından eğitilmemiş bir eğitim örneği için daha yüksek bir ağırlık ayarlayarak çalışır (Taherkhani ve diğ., 2020). Çalışmada sınıflandırıcının öz nitelik seti üzerinde geliştirilmesi amacıyla Adaboost algoritması parametrelerinden tahmin edici sayısı 50, öğrenme oranı 1,0 olarak belirlenmiş ve ağırlık güncellemede SAMME.R sınıflandırma algoritması ile Doğrusal Regresyon Kaybı fonksiyonu kullanılmıştır.

3.4.6.2. kNN (K-En Yakın Komşu - K-Nearest Neighbor)

kNN algoritması sınıflandırmada yaygın olarak kullanılan basit, anlaşılması kolay ve düşük hesaplama süresine sahip performanslı yöntemlerden biridir (Deng ve diğ., 2016; Moldagulova ve Sulaiman, 2017; Zhang ve diğ., 2017). kNN algoritması, hedef verilerin bir kısmını sınıflandırma kalan kısmını ise test olarak kullanmaktadır (Pawlovsky ve Nagahashi, 2014). kNN ilk olarak eğitim örneklerindeki test örneği için en yakın k örneği (k-en yakın komşuları) mesafe ölçümlerine veya benzerliğine dayalı olarak seçmektedir (Pawlovsky ve Nagahashi, 2014). Sonrasında ise çoğunluğa sahip olan sınıfı tahmin etmekte ve onu yeni veriye atamaktadır (Zhang ve diğ., 2018).

K değeri, mesafe ölçüm metrikleri (Öklid, Chebyshev, Kosinüs, Manhattan, Maksimal ve Mahalanobis) ve ağırlık fonksiyonları (uniform ve distance) doğruluk ve hızı dengelemek için

kNN algoritmasında parametre olarak kullanılmaktadır (Cui ve diğ., 2020; Tsalera ve diğ., 2020).

Mesafe ölçüm metrikleri ve tanımları aşağıda listelenmiştir:

- Öklid mesafesi, tek tek koordinatların mesafelerinin toplamı,
- Chebyshev, mesafelerin maksimumunun alınması,
- Kosinüs mesafesi, iç çarpım boyunca tek tek vektörler arasındaki açının kosinüs değerinin ölçülmesi,
- Manhattan, tüm özelliklerin mutlak farklarının toplamı,
- Maksimal, nitelikler arasındaki mutlak farkların en büyüğünün ölçümü,
- Mahalanonis, nokta ve dağılım arasındaki mesafenin ölçümü ile hesaplanmaktadır (Orange Data Mining, 2015; Tsalera ve diğ., 2020).

Ağırlık fonksiyonları ve tanımları aşağıda listelenmiştir:

- Uniform ağırlığı kullanıldığında her komşudaki tüm noktalara eşit ağırlık verilmekte,
- Distance ağırlığı kullanıldığında ise birbirine daha yakın komşular birbirinden uzakta olan komşulardan daha benzer ve büyük bir etki potansiyeline sahip olmaktadır (Jahromi ve diğ., 2021).

Çalışmada kurulan modelin performans ölçümlerine dayalı olarak mesafe ölçüm metriğinde Öklid mesafesi tercih edilmiştir. K değeri literatürde yaygın olarak kullanılan 10 değeri olarak belirlenmiştir (ElSayed ve diğ., 2021; Fetit ve diğ., 2019; Han ve diğ., 2020; Junior ve diğ., 2020; Metsis ve diğ., 2014). Ağırlık fonksiyonu olarak Uniform ağırlığı kullanılmıştır.

3.4.6.3. AdaBoost

Freund ve Schapire (1997), veri setindeki zayıf sınıflandırıcıların eğitilerek birleştirilmesi ve güçlü sınıflandırıcı oluşturulmasını sağlayan yükseltme algoritmalarından Adaboost algoritmasını geliştirmişlerdir. Adaboost hata oranının düşük olması, sağlam bir teorik temele sahip olması ve düşük gürültülü veri setlerinde iyi performans göstermesi gibi nedenlerden dolayı pratik uygulamalarda başarılı olmuş ve en yaygın kullanılan yükseltme algoritmalarından biri haline gelmiştir (Cao ve diğ., 2013; Solomatine ve Shrestha, 2004; Thongkam ve diğ., 2008). Adaboost algoritması her eğitim örneğine bir ağırlık atar ve

sınıflandırıcı tarafından eğitilmemiş bir eğitim örneği için daha yüksek bir ağırlık ayarlayarak çalışır (Taherkhani ve diğ., 2020). Çalışmada sınıflandırıcının öznitelik seti üzerinde geliştirilmesi amacıyla Adaboost algoritması parametrelerinden tahmin edici sayısı 50, öğrenme oranı 1,0 olarak belirlenmiş ve ağırlık güncellemede SAMME.R sınıflandırma algoritması ile Doğrusal Regresyon Kaybı fonksiyonu kullanılmıştır.

3.4.6.4. RF (*Rastgele Orman Algoritması - Random Forest*)

RF algoritması, ilk olarak 1998 yılında Ho tarafından önerilen Rastgele Altuzay (Random Subspace) yöntemi ile 1996 yılında Breiman tarafından geliştirilen Torbalama (Bagging) yönteminin birleştirilmesi ile geliştirilmiştir (Breiman, 1996; Ho, 1998; Tang ve diğ., 2019). RF algoritması birkaç karar ağacı algoritmasını birleştirerek tahminlerin ortalamasını alarak toplayan genel amaçlı sınıflandırma ve regresyon algoritması olarak tanımlanmaktadır (Biau ve Scornet, 2016; Dai ve diğ., 2018; Everingham ve diğ., 2016).

RF algoritmasında her karar ağacına ait yaprak düğüm sayısı ve ağaç derinliği bulunmaktadır (Dai ve diğ., 2018). Algoritma, her ağacın önyükleme toplama yöntemi olarak bilinen torbalama yöntemine dayalı orijinal eğitim veri kümesinden örneklenmesi ile oluşturulan yeni bir eğitim veri kümesi tarafından eğitilmiş çoklu karar ağaçlarının kombinasyonudur (Han ve diğ., 2019).

Çalışmada ormana 10 adet sınıflandırma ağacı eklenmiş ve her düğümde değerlendirilmek üzere öznitelik çizilmiştir. Breiman ağaçların herhangi bir ön budamaya tabi tutulmaksızın büyütülmesi gerektiğini belirtmiştir (Breiman, 1996). Ancak önbudama algoritmayı daha hızlı çalıştırdığı ve performansını artırdığı için budamada bölünecek en küçük alt küme sayısı 5 olarak belirlenmiştir.

3.4.6.5. ANN (*Yapay Sinir Ağları - Artificial Neural Network*)

ANN, bir probleme çözüm üretmek için insan beyninin bilgiyi işleme durumlarını taklit ederek çalışan matematiksel modeldir (Vallejos ve McKinnon, 2013; Schuld ve diğ., 2014). ANN nörobiyolojik sinyaller gibi büyük girdilere sahip veri setlerini işlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Abiodun ve diğ., 2018; Maksimenko ve diğ., 2018). Örüntü tanıma, tahmin ve sınıflandırmada iyi çalışan ANN, eğitim veri setinden öğrenirken tümevarımsal öğrenme ilkelerini kullanmaktadır (Jeong ve Rilett, 2004).

İnsan beynindeki nöronlara benzeyen işlem birimlerinin birbirine bağlı olduğu bir ağdan oluşan ANN’de benzerlik gösteren nöron grupları katman olarak ifade edilmektedir (Srinivasulu ve Jain, 2006). ANN’de giriş, çıkış ve gizli katman bulunmaktadır (Sinha ve Wang, 2008). Gizli katman nöronlarının sayısı ve her gizli katmandaki düğüm sayısı gibi ağın özelliklerine bağlı olarak yapay sinir ağlarının performansı değişmektedir (Ertunc ve Hosoz, 2006). Gizli katmanda gereken miktardan fazla düğüm bulunması nöronun ezber yapmasına ve ANN’nin performansının düşmesine yol açmaktadır. Bu nedenle gizli katmandaki ideal düğüm sayısının tespit edilmesinde deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır (Sinha ve Wang, 2008). İki nöronu birbirine bağlayan düğümler arasındaki ağırlıklar, önceki öğrenme süresini temsil ederek nöronlar arasında geçen sinyalin büyüklüğünü düzenleme ve girdi-çıkış ilişkisini simule etmektedir (Dębska ve Guzowska-Świder, 2011; Sinha ve Wang, 2008). Optimum ağırlığın bulunması için ise girdi-çıkış ilişkisini tekrardan üretecek şekilde eğitim gerekmektedir (Sinha ve Wang, 2008).

ANN, Tek Katmanlı Algılayıcı (Single Layer Perceptron-SLP) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi-Layer Perceptron-MLP) olmak üzere iki farklı mimari yapısına sahip olabilmektedir (Mahendran, 2014):

- SLP doğrusal girdi ve çıktı katmanlarından oluşan ve çıktıların girdilere eşit olduğu mimari yapıya,
- MLP ise doğrusal olmayan bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve bir veya birden fazla gizli katman bulunan mimari yapıya sahiptir (Mahendran, 2014).

Biyosinyallerin ve görüntülerin sınıflandırılmasında MLP yaygın olarak kullanılan sinir ağı metodudur (Lin ve diğ., 2007; Moridani ve diğ., 2019). Çalışmada da ANN mimarilerinden MLP kullanılmıştır. MLP mimarisinde 4 katmanlı bir sinir ağı oluşturulmuş ve gizli katmanlardaki nöron sayıları sırasıyla 61, 60, 30 ve 5 olarak belirlenmiştir. Gizli katman aktivasyonunda Rectified Linear Unit Function (ReLu) kullanılmıştır. Sinir ağı içerisindeki ağırlıkların optimize edilmesinde stokastik gradyan tabanlı Adaptive Moment Estimation (ADAM) algoritması uygulanmış ve maksimum yinleme sayısı 500 olarak belirlenmiştir.

3.4.6.6. SVM (Destek Vektör Makinesi - Support Vector Machine)

SVM, doğrusal ve doğrusal olmayan fonksiyon tahmin problemlerinin çözümünde ve sınıflandırmada kullanılmaktadır (Suthaharan, 2016; Yang vd., 2011). SVM, finansal zaman

serisi analizi, görüntü sınıflandırma, biyoenformatik, yüz tanıma ve yüz doğrulama gibi gerçek büyük verilerin sınıflandırmasında yüksek performans sağlamaktadır (Widodo ve Yang, 2007; Yang ve diğ., 2011).

1960'ların sonlarında Vapnik tarafından geliştirilen istatistiksel öğrenme teorisinden gelen SVM, sinyali önce daha yüksek boyutlu ikili uzaya dönüştürmekte ve sonrasında sınıflar arasındaki marjını maksimize etmek için girdilerin n-boyutlu uzayındaki sınıflar arasında ayrııcı olarak optimum bir hiperdüzlem bulmaktadır (Liang ve Du, 2007; Xing ve diğ., 2005). Marj ne kadar yüksek çıkarsa sınıflandırıcının genelleme hatası bir o kadar iyi olmaktadır (Mahjoobi ve Mosabbebe, 2009). Algoritma parametreleri aşağıda açıklanmıştır:

- Maliyet, regresyon ve sınıflandırma görevleri,
- Regresyon kayıp epsilonu, tahmin edilen değerlerle hiçbir cezanın ilişkilendirilmediği gerçek değerlerden uzaklığı tanımlamak,
- Çekirdek, öznitelik alanını maksimum hiperdüzleme uyacak şekilde yeni bir özellik alanına dönüştüren ve böylece algoritmanın Linear, Polinom, RBF (Radial Basis Fonction) ve Sigmoid çekirdekleri ile doğrusal olmayan sınıflandırıcılar oluşturmaya izin vermek,
- Sayısal tolerans, beklenen değerden izin verilen sapmayı ayarlamak için kullanılmaktadır

Çalışmada veriler sınıflandırıcı üreten SVM'ye gönderildikten sonra algoritmanın performansına göre en uygun parametreleri belirlenmiştir. Minimum eğitim hatası ile mükemmel performansa sahip olduğu için Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) çekirdeği kullanılmıştır (Fahmi ve diğ., 2020). Maliyet (cost) parametresi 1.00, regresyon kaybı epsilonu 0.10, sayısal toleransı 0.0010 ve yineleme sınırı ise 100 olarak belirlenmiştir.

3.4.7. Performans Değerlendirmesi ve En İyi Modelin Seçimi

Sınıflandırma algoritmalarının performanslarını değerlendirilmesi ve modelin seçimi için gerekli metrikler Tablo 3.4'te sunulan Karmaşıklık Matrisi (Confusion Matrix) kullanılarak hesaplanmaktadır (Patil ve Bailke, 2016).

Tablo 3.3: Karmaşıklık matrisi (Fan, 2022).

Gerçek Durum	Tahmin	
	Pozitif	Negatif
Pozitif	TP (Doğru Pozitif - True Pozitif)	FN (Yanlış Negatif - False Negatif)
Negatif	FP (Yanlış Pozitif - False Pozitif)	TN (Doğru Negatif - True Negatif)

Karmaşıklık matrisinde yer alan metrikler ve tanımlamaları aşağıda listelenmiştir:

- TP, pozitif bir sınıfın pozitif tahmin edilen örneklerinin sayısını,
- FP, negatif bir sınıfın pozitif tahmin edilen örneklerinin sayısı,
- TN, negatif bir sınıfın negatif tahmin edilen örneklerinin sayısı,
- FN, pozitif bir sınıfın negatif tahmin edilen örneklerinin sayısıdır.

Çalışmada Adabost, RF, kNN, ANN, NB ve SVM algoritmaları ile video oyun yaş etiketlerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her algoritma 5, 10, 20, 50 ve 100 kayan pencere ile birleştirilen veri setleri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sınıflandırma modelinin oluşturulması, algoritmaların performansının değerlendirilmesi ve en iyi modelin seçiminde Orange Tool kullanılmıştır. Model seçimi ve performans değerlendirmesinde kullanılan Orange Tool yazılımında yaygın olarak kullanılan bazı ölçütleri varsayılan olarak vermektedir (Saito ve Rehmsmeier, 2015; Seçkin, 2019). Bu ölçütler ve tanımları Tablo 3.5'te sunulmuştur:

Tablo 3.4: Model performans değerlendirme ölçütleri (Patil ve Bailke, 2016; Saito ve Rehmsmeier, 2015; Shu ve diğ., 2018; Sokolova ve diğ., 2006).

Ölçüt	Tanım	Formül
AUC (Eğri Altındaki Alan - Area Under ROC Curve)	ROC eğrisi altındaki eşik değerinin performansını gösteren alandır. ROC eğrisinin yatay eksenini False-Pozitif-Rate (Yanlış Pozitif Oranı), dikey eksenini True-Positive-Rate (Gerçek Pozitif Oranı)'dır. AUC ölçütü sınıflandırıcının en iyi eşiklerinin seçiminde kolaylık sağlamaktadır.	$\text{False-Positive-Rate(FPR)} = \text{FP} / \text{TN} + \text{FP}$ $\text{True-Positive-Rate(TPR)} = \text{TP} / \text{TP} + \text{FN}$
CA (Sınıflandırma Doğruluğu - Classification Accuracy)	Pozitif tahmin edilen örneklerin tüm örneklerin sayısına oranıdır.	$(\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{TN} + \text{FN} + \text{FP})$
Precision (Kesinlik)	Doğru pozitif olarak tahmin edilen örneklerin, gerçek pozitifler tahminlere oranıdır.	$\text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$
F1 Score (F1 Skoru)	Precision ve Recall değerlerinin ağırlıklı (harmonik) ortalamasıdır.	$2 * (\text{Recall} * \text{Precision}) / (\text{Recall} + \text{Precision})$
Recall (Duyarlılık)	Doğru pozitif tahmin edilen örneklerin gerçek pozitiflerin tahmin edilen örneklere oranıdır.	$\text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$

CA ölçütü, araştırmalarda model performansını eksiksiz bir ölçü ile sunması ve araştırmacılar tarafından en iyi sınıflandırma doğruluğunu vermesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Toro ve diğ., 2006; Giannakakis ve diğ., 2022). Çok modlu biyosinyallerin tahminlenmesinde veya sınıflandırılmasında yaygın olarak CA ölçütü kullanılmaktadır (Camara ve diğ., 2015; Canento ve diğ., 2011; Giannakakis ve diğ., 2022; Han ve diğ., 2020; Kim ve diğ., 2018; Lee ve diğ., 2020; Shin ve diğ., 2018; Correa ve diğ., 2019; Welykholowa ve diğ., 2020). Çalışmada model performansının değerlendirmesi araştırmalarda yaygın olarak kullanılan CA ölçütü ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde yaş etiketlerinin eğitimi ve tahminlenmesinde Adabost, kNN, NB, RF, MLP ve SVM algoritmalarının 5, 10, 20, 50 ve 100 kayan pencere boyutlarında uygulanması ve analiz sonuçları sunulmuştur. Analiz sonucunda en yüksek CA değerinin elde edildiği kayan pencere boyutunda algoritmaların PCA değerleri değişiminin algoritmaların tahmin performansına etkileri verilmiştir. Sonrasında algoritmaların en iyi performans gösterdiği PCA değerinden elde edilen karmaşıklık matrisi çıktıları sunulmuştur. Elde edilen karmaşıklık matrisi ile katılımcıların video oyun yaş etiketlerine ait manuel etiketleme tahmin başarımları karşılaştırılarak sunulmuştur. Bir sonraki adımda ise öznitelik çıkarmada kullanılan metotların, algoritmaların tahmin performansına etkileri bulgusu ve özniteliklerden video oyun yaş etiket tahminindeki etiketleri en iyi ayırt eden özniteliğin hangisi olduğu bulgusu verilmiştir.

4.1. YAŞ ETİKETLEMEDE GÖRÜŞ VE YAPAY ZEKA TABANLI YAKLAŞIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada katılımcılara izledikleri video oyun tanıtım filmlerine ait görseller sunulmuş ve bu görsellerin hangi yaş etiketine sahip olabileceği hakkındaki düşünceleri elde edilmiştir. Tablo 4.1’de görüldüğü üzere; katılımcıların +3 yaş etiketini %93’ü, +7 yaş etiketini %33’ü, +12 yaş etiketini %37’si, +16 yaş etiketini %37’si ve +18 yaş etiketini ise %80’i PEGI ile aynı etiketlemiştir.

Tablo 4.1: Katılımcıların manuel yaş etiketi tahminine ilişkin doğruluk frekans ve yüzdeleri.

	+3		+7		+12		+16		+18	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
+3	28	93,0	1	3,3	-	-	-	-	-	-
+7	2	7,0	10	33,3	4	13,3	5	16,6	-	-
+12	-	-	9	30,0	11	36,6	8	26,6	1	3,3
+16	-	-	8	26,6	12	40,0	11	36,6	5	16,6
+18	-	-	2	6,6	3	10,0	6	20	24	80

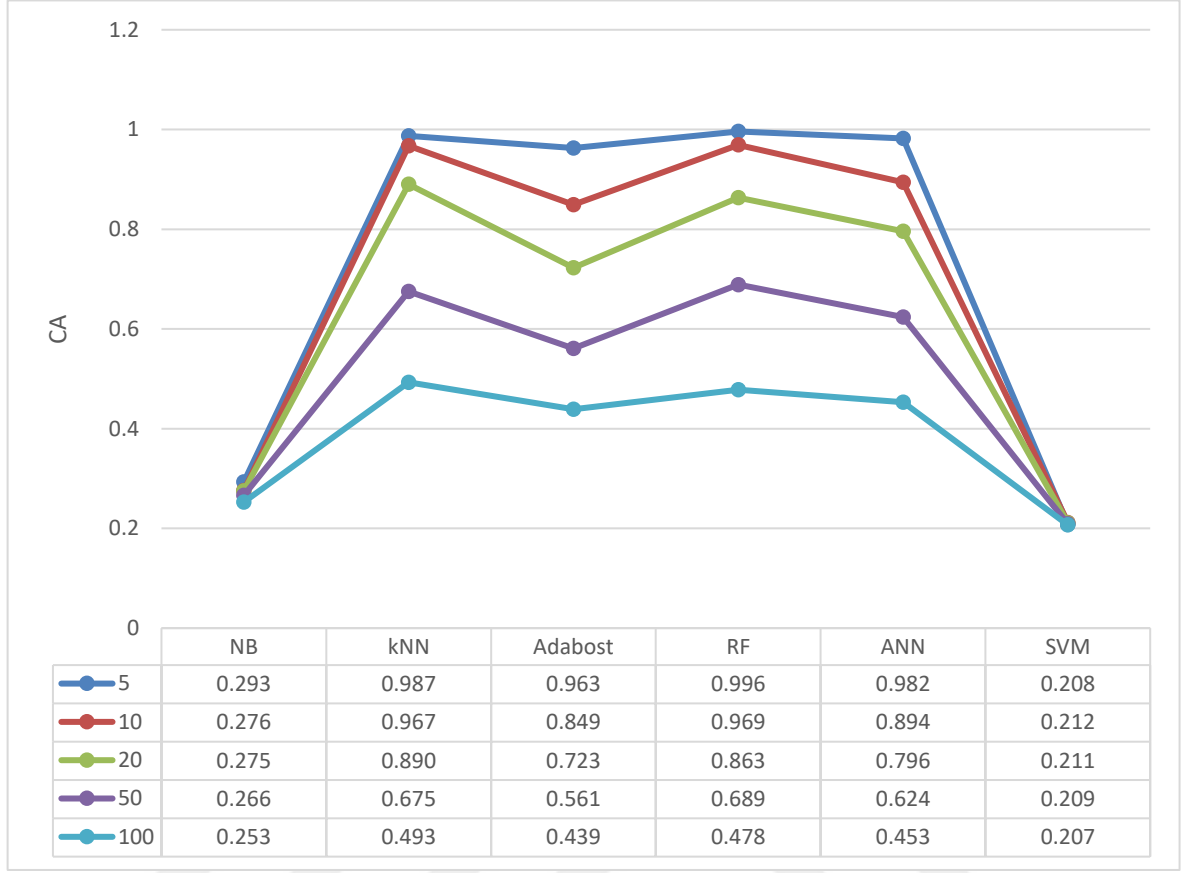
Katılımcılara ait çok modlu biyosinyal verilerinden yapay zeka algoritmaları kullanılarak video oyun yaş etiketlerinin tahmini gerçekleştirilmiştir. Çalışmada en yüksek tahminleme performansı gösteren RF algoritmasının video oyun yaş etiketleme tahmin performans sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. Algoritma +3 yaş etiketini %99, +7 yaş etiketini %99, +12 yaş etiketini %99, +16 yaş etiketini %99 ve +18 yaş etiketini ise %99 PEGI ile aynı etiketlemiştir. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de görüldüğü üzere yapay zeka algoritmaları manuel yaş etiketlemesinden daha yüksek performans göstermiştir.

Tablo 4.2: RF algoritması yaş etiketi tahminine ilişkin doğruluk frekans ve yüzdeleri.

	+3		+7		+12		+16		+18	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
+3	21571	99,0	26	0,12	21	0,09	16	0,08	30	0,14
+7	34	0,15	21674	99,0	15	0,07	6	0,03	23	0,11
+12	34	0,15	24	0,11	22453	99,0	12	0,06	13	0,06
+16	30	0,14	17	0,08	15	0,07	21094	99,0	30	0,14
+18	28	0,13	30	0,14	25	0,11	40	0,19	21656	0,99

4.2. FARKLI KAYAN PENCERE BOYUTLARI ALTINDA ALGORİTMALARIN TAHMİNLEME DOĞRULUĞUNA İLİŞKİN BULGULAR

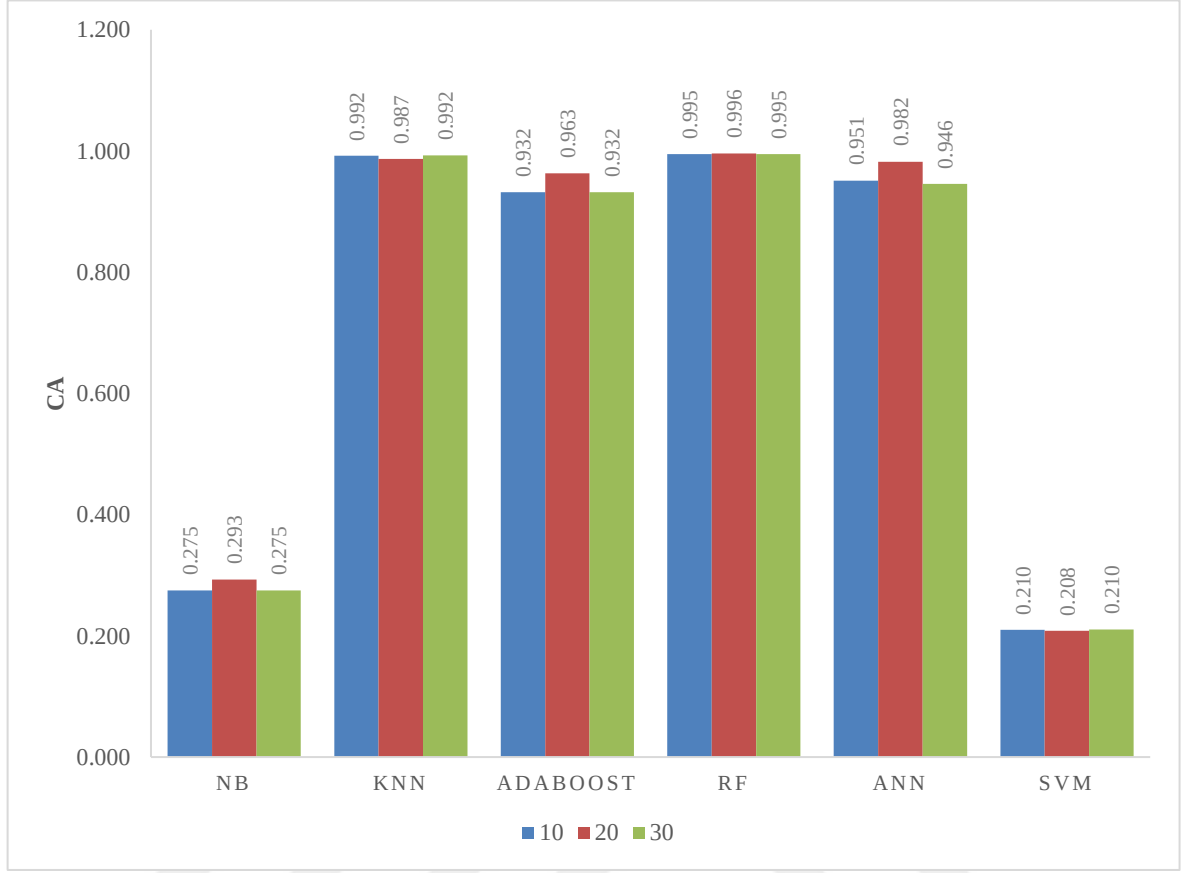
Çalışmada farklı örnekleme hızlarındaki biyosinyalleri tek bir veri kaydı haline getirmek amacıyla sinyalleri 5, 10, 20, 50, 100 kayan pencere boyutları uygulanmış ve farklı sinyallerin öznitelik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere 5 boyutlu kayan pencere ile model test edildiğinde en yüksek doğruluğu değerleri elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın sonraki adımlarında 5 boyutlu kayan pencere ile öznitelik çıkarımı yapılan veri seti model performans değerlendirilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 4.1: Farklı pencere boyutları altında (5, 10, 20, 50, 100) algoritmaların CA değerleri.

4.3. PCA DEĞERLERİ DEĞİŞİMİNİN MODEL PERFORMANSINA ETKİLERİ

PCA, büyük veri kümelerinde giriş verilerinin doğrusal dönüşümünü gerçekleştirmekte kullanılmaktadır (Kuncheva ve Faithfull, 2014). Çalışma da giriş verilerinin doğrusal dönüşümünün hesaplanarak temel bileşenlerin ağırlıkları ile dönüştürülmüş bir veri kümesi çıkarılmasında PCA’de kullanılan komponent sayısının değişiminin algoritmaların tahmin performansına etkileri Şekil 4.2’de sunulmuştur. Şekil 4.2 incelendiğinde en uygun komponent sayısının 20 olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmanın sonraki adımlarında PCA sürecinde 20 komponent sayısı ile model performans değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2: PCA sürecinde 10, 20 ve 30 komponent sayısı tercihinde CA değişimi.

4.4. ALGORİTMALARIN KARMAŞIKLIK MATRİSİ ÇIKTILARI

Çalışmada en uygun kayan pencere ve PCA komponent sayısı belirlenmesi ile birlikte yaş etiketlerinin tahminlenmesinde kullanılan AdaBoost, kNN, NB, RF, ANN ve SVM algoritmaları ait karmaşıklık matrisleri sırasıyla Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de sunulmuştur.

Tablo 4.3: NB algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin					
		3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	8030	1848	2625	6410	2751	21664
	7	5422	3848	2561	6483	3438	21752
	12	5381	1793	5154	7267	3941	22536

Karmaşıklık Matrisi	Tahmin					
	3	7	12	16	18	Σ
16	4101	1327	2986	9399	3373	21186
18	4594	2149	2930	6652	17957	21779
Σ	27528	10965	16256	36211	17957	108917

Tablo 4.4: kNN algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi	Tahmin					
	3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	21435	52	62	65	21664
	7	52	21552	51	32	21752
	12	74	128	22226	64	22536
	16	91	78	102	20852	21186
	18	86	46	91	135	21421
	Σ	21738	21856	22532	21148	21643

Tablo 4.5: AdaBoost algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi	Tahmin					
	3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	20790	199	217	192	21664
	7	213	20997	168	151	21752
	12	168	153	21855	215	22536
	16	184	157	101	20485	21186
	18	256	217	211	288	20807

Karmaşıklık Matrisi	Tahmin					
	3	7	12	16	18	Σ
Σ	21611	21723	22552	21261	21770	108917

Tablo 4.6: RF algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin					
		3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	21571	26	21	16	30	21664
	7	34	21674	15	6	23	21752
	12	34	24	22453	12	13	22536
	16	30	17	15	21094	30	21186
	18	28	30	25	40	21656	21779
	Σ	21697	21771	22529	21168	21752	108917

Tablo 4.7: ANN algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin					
		3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	21284	54	79	146	101	21664
	7	60	21395	86	131	80	21752
	12	88	76	22163	85	124	22536
	16	107	82	68	20862	67	21186
	18	167	102	142	86	21282	21779
	Σ	21706	21709	22538	21310	21654	108917

Tablo 4.8: SVM algoritması için karmaşıklık matrisi.

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin					
		3	7	12	16	18	Σ
Gerçek	3	11088	1253	1413	5264	2646	21664
	7	10405	999	1159	5908	3281	21752
	12	10187	1679	1993	5763	2914	22536
	16	9635	1330	1518	5569	3134	21186
	18	10023	1342	1308	6062	3044	21779
	Σ	51338	6603	7391	28566	15019	108917

4.5. TAHMİNLEMEDE KULLANILAN ALGORİTMALARIN FARKLI DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ ÇIKTILARI

Çalışmada yaş etiketlerinin tahmininde kullanılan kNN, SVM, RF, ANN, NB ve Adaboost algoritmalarına ait AUC, CA, F1, Precision ve Recall ölçütlerine ait elde edilen çıktılar Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9: Algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.

	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	10.547	0.987	0.987	0.987	0.987
SVM	5.549	0.208	0.178	0.207	0.208
RF	10.549	0.996	0.996	0.996	0.996
ANN	10.542	0.982	0.982	0.982	0.982
NB	6.224	0.293	0.285	0.305	0.292
AdaBoost	10.309	0.963	0.963	0.963	0.963

4.6. ÖZNETELİK SEÇME-AZALTMA KULLANILAN METOTLARIN ALGORİTMALARIN TAHMİN PERFORMANSINA ETKİLERİ

Özniteliklerin seçiminde ve sıralanmasında sırasıyla Ki-kare, Anova, ReliefF ve Gini öznitelik seçim algoritmaları kullanılmıştır. Tablo 4.10, Tablo 4.11, Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'te görüldüğü üzere CA değeri Ki-kare öznitelik seçim algoritmasında %99,7, Anova öznitelik seçim algoritmasında %99,7, ReliefF öznitelik seçim algoritmasında %99,7 ve Gini öznitelik seçim algoritmasında ise %99,7 tahminleme doğruluğuna ulaşılmıştır.

Tablo 4.10: Ki-kare özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.

	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	10.430	0.986	0.986	0.986	0.986
SVM	5.371	0.211	0.174	0.205	0.211
RF	10.434	0.997	0.997	0.997	0.997
ANN	10.428	0.986	0.986	0.986	0.986
NB	6.553	0.298	0.287	0.334	0.298
AdaBoost	10.180	0.961	0.961	0.961	0.961

Tablo 4.11: Anova özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.

	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	10.431	0.986	0.986	0.986	0.986
SVM	5.394	0.211	0.174	0.205	0.211
RF	10.434	0.997	0.997	0.997	0.997
ANN	10.427	0.984	0.984	0.984	0.984
NB	6.553	0.298	0.287	0.334	0.298
AdaBoost	10.179	0.961	0.961	0.961	0.961

Tablo 4.12: ReliefF özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.

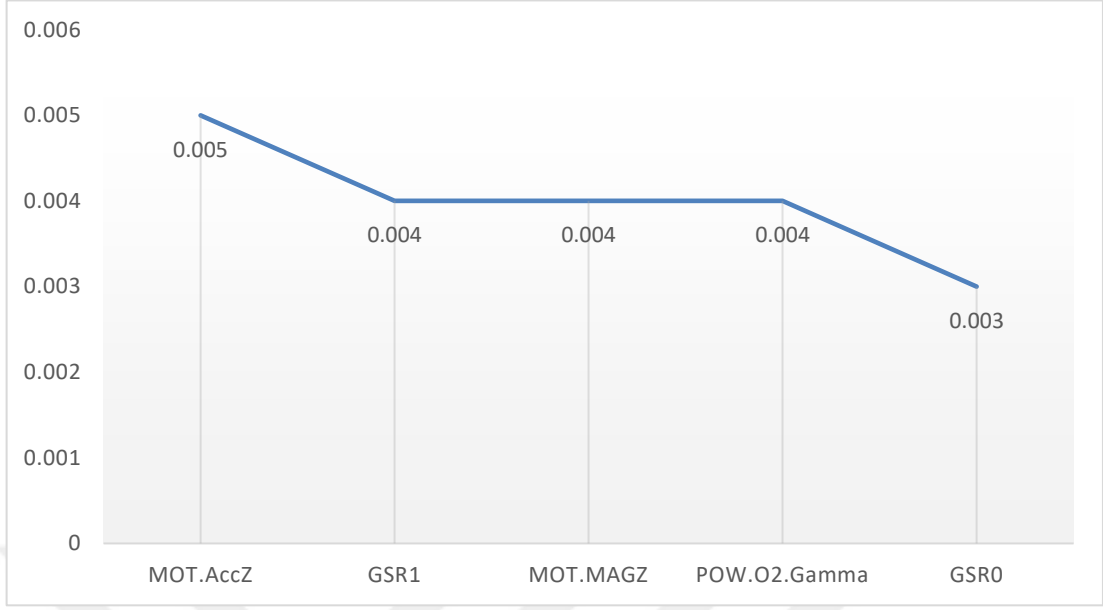
	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	10.431	0.986	0.986	0.986	0.986
SVM	5.40	0.211	0.174	0.205	0.211
RF	10.434	0.997	0.997	0.997	0.997
ANN	10.427	0.982	0.982	0.982	0.982
NB	6.553	0.298	0.287	0.334	0.298
AdaBoost	10.181	0.961	0.961	0.961	0.961

Tablo 4.13: Gini özellik seçim algoritması kullanımı ile algoritmaların değerlendirme ölçüt çıktıları.

	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	10.430	0.986	0.986	0.986	0.986
SVM	5.39	0.211	0.174	0.205	0.211
RF	10.434	0.997	0.997	0.997	0.997
ANN	10.427	0.984	0.984	0.984	0.984
NB	6.553	0.298	0.287	0.334	0.298
AdaBoost	10.179	0.961	0.961	0.961	0.961

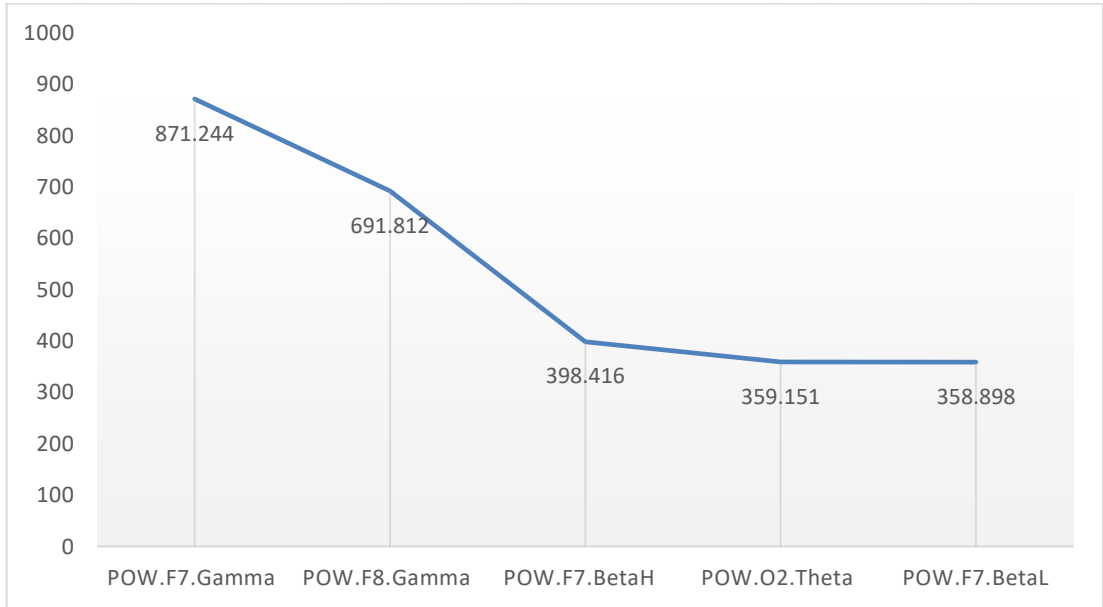
4.7. VIDEO OYUN YAŞ ETİKETLERİNİ EN AYIRT EDİCİ ÖZNİTELİKLERİN TESPİTİ

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere Gini özellik seçim algoritmasına göre sırasıyla MOT.AccZ, GSR1, MOT.MAGZ, POW.O2.Gamma ve GSR0 yaş etiketlerini en iyi beş ayırt edici öznelik olmuştur.



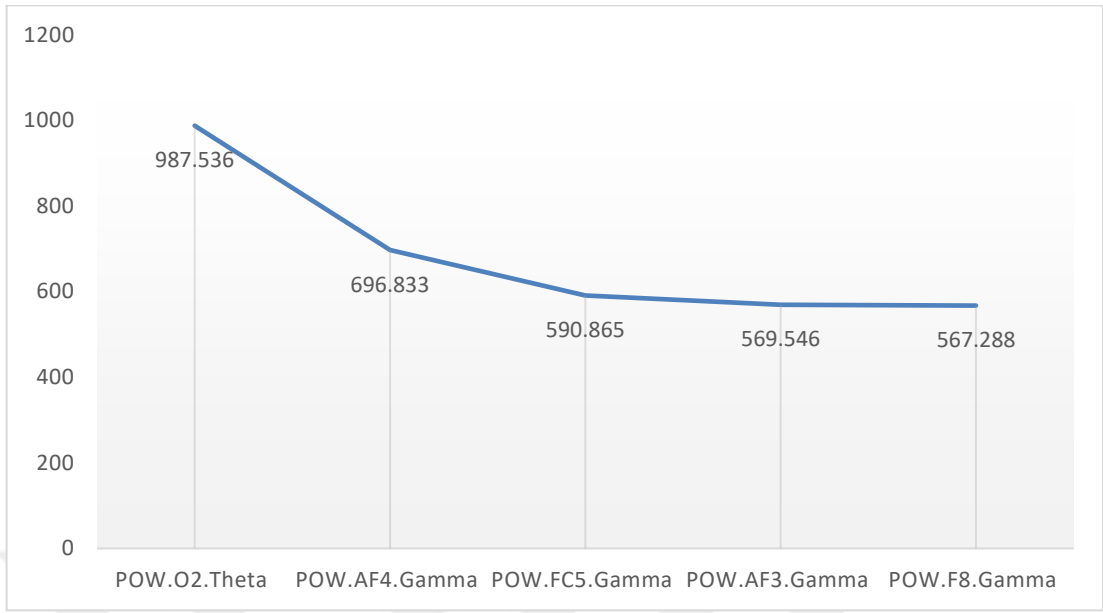
Şekil 4.3: Gini özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere Anova özellik seçim algoritmasına göre sırasıyla POW.F7.Gamma, POW.F8.Gamma, POW.F7.BetaH, POW.O2.Theta ve POW.F7.BetaL yaş etiketlerini en iyi beş ayırt edici öznelik olmuştur.



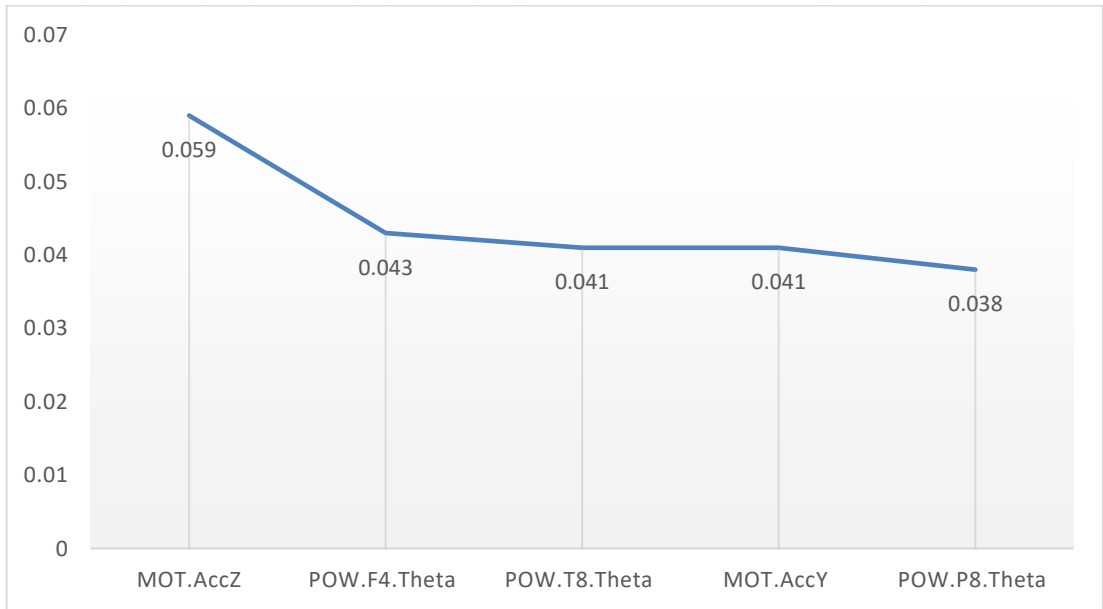
Şekil 4.4: Anova özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznelik.

Şekil 4.5'te görüldüğü üzere Ki-Kare özellik seçim algoritmasına göre POW.O2.Theta, POW.AF4.Gamma, POW.FC5.Gamma, POW.AF3.Gamma ve POW.F8.Gamma yaş etiketlerini en iyi beş ayırt edici öznelik olmuştur.



Şekil 4.5: Ki-kare özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznitelik.

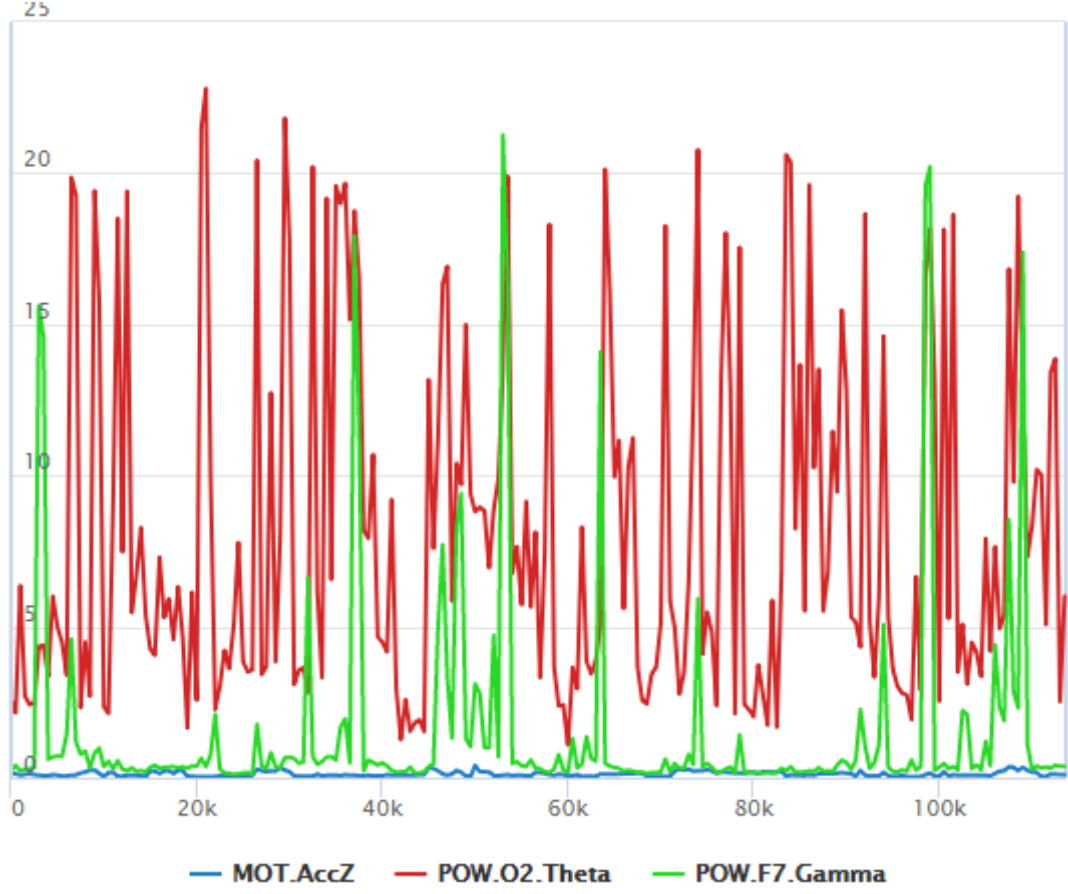
Şekil 4.6’da görüldüğü üzere ReliefF özellik seçim algoritmasına göre MOT.AccZ, POW.F4.Theta, POW.T8.Theta, MOT.AccY ve POW.P8.Theta yaş etiketlerini en iyi beş ayırt edici öznitelik olmuştur.



Şekil 4.6: ReliefF özellik seçim algoritmasına göre en iyi beş yaş etiketi ayırt edici öznitelik.

Şekil 4.7’de en yüksek doğruluk performansı gösteren RF yapay zeka modeli kullanıldığında öznitelik seçim algoritmaları olan ReliefF, Gini, Ki-kare ve Anova ile tespit edilen en iyi yaş

etiketi ayırt ediciler öznitelikler MOT.AccZ, POW.O2.Theta, POW.O2.Theta ve POW.F7.Gamma ayırt edicilerinin sinyal akışı sunulmuştur.



Şekil 4.7: En iyi video oyun yaş etiketi ayırt edici özniteliklerin sinyal akışı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında video oyun yaş etiketlemesinin çok modlu biyosinyaller ve yapay zeka ile gerçekleştirildiği yeni bir video oyun yaş etiketleme sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda EEG, Oksimetre, GSR ve IMU aygıtları ile katılımcılardan çok modlu biyosinyal verileri eş zamanlı ve zaman damgalı olarak toplanmıştır. Katılımcılardan toplanan biyosinyal verilerinden farklı yapay zeka modelleri kullanılarak video oyun yaş etiketleri tahmin edilmiş ve öznitelik seçim algoritmaları ile yaş etiketlerini en iyi ayırt eden öznitelikler belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan çok modlu biyosinyallerin belirli zaman aralığındaki örnekleme hızları birbirinden farklıdır. Bu farklılığın ortadan kaldırılması için araştırmada 5, 10, 20, 50, 100 kayan pencere boyutları uygulanmış ve öznitelik çıkartırken pencerelerin üst üste binmemesi sağlanmıştır. Kayan pencere tekniğinin farklı pencere boyutlarında kullanımı sonrasında video oyunların yaş etiketlemesinde en yüksek tahmin performansı gösteren RF algoritması ile model kurulduğunda 5 boyutlu kayan pencerede %99,6 doğruluk oranı, 10 boyutlu kayan pencerede %96,9 doğruluk oranı, 20 boyutlu kayan pencerede %86,3 doğruluk oranı, 50 boyutlu kayan pencerede %68,9 doğruluk oranı ve 100 boyutlu kayan pencerede %47,8 doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Video oyun yaş etiketlerinin tahmini için kullanılan NB, kNN, Adaboost, RF, ANN ve SVM algoritmaları ile kurulan modellerden en iyi tahmin performans %96,6 doğruluk oranı ile RF algoritmasından elde edilmiştir. RF algoritmasından sonra ise sırasıyla; kNN algoritması ile %98,7, ANN ile %98,2, Adaboost algoritması ile %96,3, NB algoritması ile %29,3 ve SVM algoritması ile %20,8 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Doğruluk oranlarına bakıldığında NB ve SVM algoritmalarının video oyun yaş etiketi tahmininde düşük başarımlar gösterdiği görülmüştür. %96 doğruluk oranı üzerinde tahmin performansı elde edilen model performansları çok modlu biyosinyaller ile video oyun yaş etiketlemesinin yapılabileceğini ortaya koymuştur.

Video oyun yaş etiketlemesi için anlam ifade etmeyen ve gereksiz özniteliklerin araştırma dışında bırakılabilmesi amacıyla farklı öznitelik seçim yöntemleri kullanılmıştır. PCA yöntemi bunlardan biridir. Araştırmada PCA yöntemi ile 10, 20 ve 30 komponent sayısı tercih edilmiştir. RF algoritması kullanılarak kurulan modelde sırasıyla 10 komponentte %99,5 doğruluk oranı, 20 komponentte %99,6 doğruluk oranı ve 30 komponentte %99,5 doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Elde edilen bu doğruluk oranları doğrultusunda öznitelik sayısı 20 en optimum özniteliğe düşürülmüştür. Ayrıca Gini, Anova, Ki-kare ve ReliefF öznitelik seçim algoritmaları ile biyosinyallere ait özniteliklerden video oyun yaş etiketlerini en iyi ayırt edici özniteliklerin MOT.AccZ, POW.O2.Theta ve POW.F7.Gamma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. MOT.AccZ özniteliği EEG başlığı IMU sensörü ivmeölçerinden elde edilen baş hareket konumunun Z ekseninde oluşması ile elde edilmektedir (Zamora ve diğ., 2019). POW.O2.Theta özniteliği beynin sağ oksipital loba denk gelen O1-O2 elektrot çiftinden elde edilen teta frekans bandındaki (4-7 Hz) sinyallerdir (Halim ve Rehan, 2020). Oksipital lob ağırlıklı olarak beynin görsel uyaranlar ve görme duyusu ile ilgili olduğu kısımdır (Joseph, 1990). POW.F7.Gamma özniteliği ise beynin frontal lobunun F7'ye denk gelen elektrotundan alınan gama frekans bandındaki (31-50 Hz) sinyaldir (Salankar ve diğ., 2022). Frontal lobun beynin konuşma ve dil gelişimi, motor beceriler, karşılaştırma, duyguları anlama ve tepki verme, kişiliğin şekillenmesi, motivasyon ve seçici dikkat gibi günlük işlevlerinde rol oynamaktadır (Kolb ve diğ., 2004).

Video oyun yaş etiketlerinin tahminlenmesinde kullanılan farklı öznitelik seçim algoritmalarının kullanımı sonucunda beyin sinyallerinin ve hareket sensörlerinden gelen sinyallerin önemli olduğu görülmektedir. Video oyun yaş etiketlerini ayırt edici hareket sinyallerinden MOT.AccZ özniteliği başın Z eksenindeki yukarı-aşağı hareketini ifade etmektedir. Bu hareketin genellikle onay ve kabulü gösterme amaçlı kullanıldığı düşünülmektedir. Deney sürecinde katılımcılardan alınan ekran kaydı ve katılımcı görüntü kayıtları incelendiğinde bazı katılımcıların Z eksen hareketini bilinçsizce gerçekleştirmiş olabileceği düşünülmüştür. Bu doğrultuda Z eksenindeki yukarı-aşağı baş hareketinin yapılma amacını sorgulamak amacıyla katılımcılara analiz sonrasında ulaşılmış ve Z eksen hareketlerinin nedeni ile ilgili bilgi alınmıştır. Katılımcılar bu hareketi bilinçsizce, farkında olmadan ve oyun tanıtım videosundaki herhangi bir sahne ya da görselle alakasız bir nedenle gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. MOT.AccZ özniteliğinin video oyun yaş etiketlerinin tahminlenmesinde kullanımının doğru olmayabileceği düşünülmektedir. Çalışmanın devamı ve geliştirilmesi amacıyla yapılması planlanan ileri araştırmalarda IMU sensör verilerinin oyun tanıtım videolarının izlendiği video oyun yaş etiketleme deney süreçlerinde kullanılmaması gerektiği ve yalnızca video oyun yaş etiketlemesinin katılımcılara video oyun oynatılarak gerçekleştirildiği deney süreçlerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Video oyun içerik ve yaş etiketlemeleri genellikle anket, gözlem ve görüşme gibi öznelliği yüksek yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Çalışmada, video oyun yaş etiketlerinin öznellik ve yanlışlık içerme olasılığı yüksek olan mevcut yöntemlerin yerine nesnel ve dünyada ilk olan bir yeni video oyun yaş etiketleme sistemi geliştirilmiştir. Kurulan nihai sistem ile video oyunların yaş etiketlemeleri çok modlu biyosinyaller ve yapay zeka ile gerçek zamanlı ve nesnel olarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem ile video oyun yaş etiketlemeleri haricinde video oyun içerik etiketlemeleri de gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca video oyun yaş etiketlemelerinin gerçekleştirilmesi amacıyla geliştirilen bu sistemde veri toplama amacıyla tasarlanan ve kendine ait veri toplama yazılımı oluşturulan çok modlu biyosensör barındıran giyilebilir eldiven teknolojisi yeni bir ürün niteliği taşımaktadır.

Çalışmada geliştirilen sistemin farklı sektörlerde ve disiplinler arası çalışmalarda kullanılabileceği öngörülmektedir. Bu sistem ile oyun geliştiriciler oyunlarını piyasaya sürmeden önce kullanılabilirlik testi nesnel olarak gerçekleştirebilecektir. Ayrıca bu sistem ile video oyun haricinde afiş, video, reklam ve filmlerin içerik ve yaş etiketlemesinin yapılması, farklı yazılım ve teknolojilerin kullanılabilirliğinin test edilmesi, insan bilgisayar etkileşimi çalışmalarının yapılması, e-spor aktivitelerinin etkilerinin ölçülmesi ve farklı bilimsel araştırmalardaki öznel ölçüm yöntemlerine alternatif, ek ya da daha nesnel ölçümlerin yapılması sağlanabilecektir.

Mevcut video oyun yaş etiketleme sistemleri yaş etiketlemelerini yapmak amacıyla görevlendirdikleri değerlendirici bireylere anket, gözlem ya da görüşme yaparak etiketlemelerini gerçekleştirmektedirler. Çalışmada geliştirilen sistem ise yaş etiketlemelerinde kişiye özel farklı kaynaklara ait biyosinyaller kullanılmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen bu sistemin kişiye özel yaş ve içerik etiketleme sistemlerine öncü yenilikçi bir sistem olduğu düşünülmektedir. Ayrıca günümüzde video oyun yaş etiketlemesi yapan farklı yaş etiketleme sistemlerinin farklı ülkeler tarafından tercih edilme nedenleri bulunmaktadır. Farklı etiketleme sistemlerinin tercih nedenleri arasında en önemlisinin yaş etiketleme sistemlerinin ülke coğrafi ve kültürel özellikleri ile uyumluluğudur. Kültürlere göre video oyun içeriklerinin oyuncular etkileri değişebilmektedir. Genel bir video oyun yaş etiketleme sisteminin tüm dünyada kullanılmasının yanlış bir etiketleme yapabilme olasılığı çok yüksektir. Bu durum çalışma için geliştirilen etiketleme sisteminin kişiye özel etiketleme yapma gücünün önemini ve gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İleriki çalışmalarda araştırmacılara katılımcılardan video oyun oynama esnasında çok modlu biyosinyal verileri ile birlikte bilgisayar giriş birim (kamera, klavye ve fare) verilerinin ve katılımcıların video oyun oynama sürecindeki yüz hatlarına ait değişimlerin damgalanarak toplanması, solunum hızındaki değişimlerin elde edilmesi ve elde edilen verilerden yapay zeka ile video oyun yaş etiketlemelerinin yapılması önerilmektedir. Araştırmacılara video oyun yaş etiketi tahminin de düşük doğruluk oranı gösteren NB ve SVM algoritmaları ile model kurulumu önerilmemekle birlikte Gradient Boosting ve Tree algoritmaları ile de model kurulması önerilmektedir. Bununla birlikte her yaş etiketi için en etkili özniteliklerin de araştırılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca video oyunlarındaki renk verilerinin analizi ile renklerin oyuncular üzerindeki duygu durum değişikliklerine etkisi de video yaş etiketlemesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abhang, P.A., Gawali, B.W. and Mehrotra, S.C., 2016, *Proposed eeg/speech-based emotion recognition system: a case study*, Introduction to eeg- and speech-based emotion recognition, In: Abhang, P.A., Gawali, B.W., Mehrotra, S.C. (Eds.), Chapter 2, Academic Press, Elsevier, London, UK, ISBN: 978-0-12-804490-2, 127–163.
- Abiodun, O.I., Jantan, A., Omolara, A.E., Dada, K.V., Mohamed, N.A. and Arshad, H., 2018, State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey, *Heliyon*, 4(11), 1-41.
- Aha, D.W., Molineaux, M. and Ponsen, M., 2005, Learning to win: case-based plan selection in a real-time strategy game, *6th international conference on case-based reasoning*, August 23-26, 2005 Berlin, Springer, 5–20.
- Akbar, M.T., Ilmi, M.N., Rumayar, I.V., Moniaga, J., Chen, T.-K. and Chowanda, A., 2019, *Enhancing game experience with facial expression recognition as dynamic balancing*, ICCSCI, In: Budiharto, W. (Ed.), 48, Procedia Computer Science, Elsevier B.V., Amsterdam, Neatherlands, ISBN: 1877-0509, 388–395.
- Akçalı, K., 2016, Farklı spor branşlarında kullanılan akıllı tekstil ürünlerinin incelenmesi, *International journal of science culture and sport*, 4(3), 689–703.
- Al-Balushi, R., 2018, Social media influencers require permits to operate in the UAE, *Journal of intellectual property law & practice*, 13(11), 858–859.
- Al-Fahoum, A.S. and Al-Fraihat, A.A., 2014, Methods of eeg signal features extraction using linear analysis in frequency and time-frequency domains, *ISRN neuroscience*, 2014(e730218), 1-7.
- Alkhoury, L., Choi, J., Wang, C., Rajasekar, A., Acharya, S., Mahoney, S., Shender, B.S., Hrebien, L. and Kam, M., 2021, Heart-rate tuned comb filters for processing photoplethysmogram (PPG) signals in pulse oximetry, *Journal of clinical monitoring and computing*, 35(4), 797–813.
- Allcorrectgroup, 2022, *The gaming market in Turkey*, <https://allcorrectgames.com/insights/mobile-game-market-index/the-turkish-game-market/>, [Ziyaret tarihi: 5 Mart 2022].
- Alonso-Valerdi, L.M., Salido-Ruiz, R.A. and Ramirez-Mendoza, R.A., 2015, Motor imagery based brain–computer interfaces: an emerging technology to rehabilitate motor deficits, *Neuropsychologia*, 79(Pt B), 354.
- Alotaibi, A.G. and Tuhaitah, Z., 2021, An overview of the localisation of video games into arabic, *The journal of internationalization and localization*, 8(1), 26–47.
- Alswaidan, N. and Menai, M.E.B., 2020, Hybrid feature model for emotion recognition in arabic text, *IEEE access*, 8(2020), 37843–37854.

- Alvarez, A. and Adolfo, G., 2004, *Una categoría orientadora: el actual consejo de calificación cinematográfica*, Thesis (Bachelor), Universidad Andres Bello.
- Andreassi, J. L., 2007, *Psychophysiology: human behavior & physiological response*, 5nd ed., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, ISBN: 0-8058-4951-3.
- Apple Inc., 2022, *Age ratings*, <https://apps.apple.com/is/story/id1440847896>, [Ziyaret tarihi: 11 Mayıs 2022].
- Arzate Cruz, C. and Ramirez Uresti, J.A., 2017, Player-centered game ai from a flow perspective: towards a better understanding of past trends and future directions, *Entertainment computing*, 20(2017), 11–24.
- Bahana, R., Gaol, F.L., Wiguna, T., Hendric, S.W.H.L., Soewito, B., Nugroho, E., Dirgantoro, B.P. and Abdurachman, E., 2017, Performance test for prototype game for children with adhd, *Journal of physics: conference series*, 28-30 November 2017 Medan, Indonesia, IOP Publishing, 1-7.
- Bailenson, J. N., Pontikakis, E. D., Mauss, I. B., Gross, J. J., Jabon, M. E., Hutcherson, C. A. C., Nass, C., and John, O., 2008, Real-time classification of evoked emotions using facial feature tracking and physiological responses, *International journal of human-computer studies*, 66(5), 303-317.
- Bakhtiyari, K., Taghavi, M., and Husain, H., 2015, Hybrid affective computing—keyboard, mouse and touch screen: from review to experiment, *Neural computing and applications*, 26(6), 1277-1296.
- Bakır, S., 2019, *Dijital oyunlardaki uyarı işaretleri*, <https://dijitalmedyavecocuk.bilgi.edu.tr/2019/10/08/dijital-oyunlardaki-uyari-isaretleri/>, [Ziyaret tarihi: 19 Mart 2021]
- Barrett, L., and Russell, J., 1998, Independence and bipolarity in the structure of current affect, *Journal of personality and social psychology*, 74(4), 967-984.
- Bartosova, M., Svetlak, M., Kukletova, M., Borilova Linhartova, P., Dusek, L., and Izakovicova Holla, L., 2019, Emotional stimuli candidates for behavioural intervention in the prevention of early childhood caries: a pilot study, *BMC oral health*, 19(1), 1-8.
- Başçıl, M. S., 2015, *Beyinde üretilen yöne bağlı eeg sinyallerinin öznelilik çıkarımı yardımıyla sınıflandırılması*, Thesis (PhD), Sakarya Üniversitesi.
- BBFC, 2022, *What is classification*, <https://www.bbfc.co.uk/about-classification>, [Ziyaret tarihi: 11 Mayıs 2022].
- Becker, K., and Parker, J. R., 2011, *The guide to computer simulations and games*, John Wiley & Sons, 1nd ed., Indianapolis, ISBN: 978-1-118-00923-9.
- Bergonse, R., 2017, Fifty years on, what exactly is a videogame? an essentialistic definitional approach, *The computer games journal*, 6(4), 239-255.

- Bevilacqua, F., Backlund, P., and Engstrom, H., 2016, Variations of facial actions while playing games with inducing boredom and stress, *2016 8th international conference on games and virtual worlds for serious applications (vs-games)*, 1-8.
- Biau, G., and Scornet, E., 2016, A random forest guided tour, *TEST: an official journal of the spanish society of statistics and operations research*, 25(2), 197-227.
- Bin Ahmadon, M. A., and Yamaguchi, S., 2022, Personalized gaming disorder risk analysis and rating based on user preference correlation, *2022 IEEE 4th global conference on life sciences and technologies (lifetech)*, 410-413.
- Blum, R. S., and Liu, Z., 2006, *Multi-sensor image fusion and its applications*. CRC Press, Boca Raton, ISBN: 978-1-4200-2698-6.
- Blyth, C. R., 1972, Subjective vs. objective methods in statistics, *The American statistician*, 26(3), 20-22.
- Bradley, M. M. and Lang, P. J., 1994, Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Brady, J., 2019, *The most ridiculous, bizarre and sublime sports video games of all-time*, <https://www.sbnation.com/2019/7/10/18640886/weirdest-video-game-each-major-sport-nfl-mlb-nba-soccer-golf>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022].
- Bramwell, A., 2022, Video games sales—dataset by bramwax, <https://data.world/bramwax/video-games-sales>, [Ziyaret tarihi: 6 Nisan 2022].
- Breiman, L., 1996, Bagging predictors, *Machine learning*, 24(2), 123-140.
- BTK, 2016, *İnternet kullanımında çocuk ve aile ilişkisi*, <https://internet.btk.gov.tr/internet-kullaniminda-cocuk-ve-aile-iliskisi-detay-62.html>, [Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2022].
- BTK, 2018, *Faaliyet raporu*, <https://www.btk.gov.tr/uploads/announcements/bilgi-teknolojileri-ve-iletisim-kurumu-2018-faaliyet-raporu-yayimladi/faaliyet-raporu-2018.pdf>, [Ziyaret tarihi: 6 Nisan 2022].
- BTK, 2019, Sıkça sorulan sorular—btk – internet, <https://internet.btk.gov.tr/sikca-sorulan-sorular>, [Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2022].
- Cai, H., Liu, X., Jiang, A., Ni, R., Zhou, X. and Cangelosi, A., 2021, Combination of eeg and eeg for emotion recognition over different window sizes. *2021 IEEE 2nd international conference on human-machine systems (ICHMS)*, 08-10 September 2021 Magdeburg, IEEE, 1-6.
- Cai, W., Song, Y., and Wei, Z., 2021, Multimodal data guided spatial feature fusion and grouping strategy for e-commerce commodity demand forecasting. *Mobile information systems*, 2021(e5568208), 1-14.

- Camara, C., Peris-Lopez, P., Tapiador, J. E. and Suarez-Tangil, G., 2015, Non-invasive multi-modal human identification system combining ecg, gsr, and airflow biosignals. *Journal of medical and biological engineering*, 35(6), 735-748.
- Cambridge Dictionary, 2020, *Meaning of game in English*, <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/game>, [Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2020]
- Canento, F., Fred, A., Silva, H., Gamboa, H., and Lourenço, A., 2011, Multimodal biosignal sensor data handling for emotion recognition. *2011 IEEE sensors*, 28-31 October 2011 Limerick, IEEE, 647-650.
- Cao, X. and Huang, Y., 2022, The applications of psychological effects in game design and suggestions for parents and teenagers, *2021 international conference on social development and media communication (SDMC 2021)*, 26-28 November 2021, Sanya, 1150-1154.
- Cao, Y., Miao, Q.-G., Liu, J.-C. and Gao, L., 2013, advance and prospects of adaboost algorithm, *Acta automatica sinica*, 39(6), 745-758.
- Cardamone, L., Yannakakis, G. N., Togelius, J. and Lanzi, P. L., 2011, Evolving Interesting Maps for a First Person Shooter, *In european conference on the applications of evolutionary computation*, 27-29 April 2011, Berlin, 63-72.
- Carnagey, N. L., Anderson, C. A. and Bushman, B. J., 2007, The effect of video game violence on physiological desensitization to real-life violence, *Journal of experimental social psychology*, 43(3), 489-496.
- Casson, A. J. and Rodriguez-Villegas, E., 2008, Considerations on analogue to digital converter architectures for eeg acquisition in augmented cognition applications, *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 52(3), 197-201.
- Chandler, H. M. and Deming, S. O., 2011, *The game localization handbook*. 2nd ed., Jones & Bartlett Learning, USA, ISBN: 978-0763795931.
- Chandra, S., Sharma, G., Salam, A. A., Jha, D. and Mittal, A. P., 2016, Playing action video games a key to cognitive enhancement, *Procedia computer science*, 84(2016), 115-122.
- Chen, D., James, J., Bao, F. S., Ling, C. and Fan, T., 2016, Relationship between video game events and player emotion based on eeg, *HCI 2016: human-computer interaction. novel user experiences. novel user experiences*, 17-22 July 2016 Toronto, Springer International Publishing, 377-384.
- Chen, H., Liu, Y., Shan, C. and Zhang, H., 2021, Research on restructuring path of children's digital publishing supply and demand chain, *2021 2nd international conference on information science and education (ICISE-IE)*, 26-28 November 2021, IEEE, 1308-1312.
- Chen, S., Webb, G. I., Liu, L. and Ma, X., 2020, A novel selective naïve bayes algorithm, *Knowledge-based systems*, 192 (2020), 1-12.

- Cheng, Z., Zou, C. and Dong, J., 2019, Outlier detection using isolation forest and local outlier factor, *Proceedings of the conference on research in adaptive and convergent systems*, 24 – 27 September 2019 New York, Association for Computing Machinery, 161-168.
- Chieh, T. C., Mustafa, Mohd. M., Hussain, A., Hendi, S. F. and Majlis, B. Y., 2005, Development of vehicle driver drowsiness detection system using electrooculogram (EOG), *2005 1st international conference on computers, communications, & signal processing with special track on biomedical engineering*, 14-16 November 2005 Kuala Lumpur, IEEE, 165-168.
- Choi, S., Jeon, B. and Shin, H., 2008, A comparative research of on-line game rating system, *SAPA 2008 international conference*, 1 June 2008 Seul, Seul Kamu Yönetimi Derneği, 117-131.
- Chu, Y., Zhao, X., Han, J., & Su, Y. (2017). Physiological Signal-Based Method for Measurement of Pain Intensity. *Frontiers in Neuroscience*, 11. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2017.00279>
- Chuah, S. H.-W. and Yu, J., 2021, The future of service: the power of emotion in human-robot interaction, *Journal of retailing and consumer services*, 61(2021), 1-8.
- Collinsi 2020, *Game definition and meaning*, <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/game>, [Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2020].
- Colzato, L. S., Van Leeuwen, P. J. A., Van Den Wildenberg, W. and Hommel, B., 2010, DOOM'd to switch: superior cognitive flexibility in players of first person shooter games. *Frontiers in psychology*, 1(8), 1-5.
- Conway, S. and deWinter, J., 2015, *Video game policy: production, distribution, and consumption*, Routledge, New York and London, ISBN: 978-1-317-60722-9.
- Cooil, B., Winer, R. S. and Rados, D. L., 1987, Cross-Validation for prediction, *Journal of marketing research*, 24(3), 271-279.
- Cruickshank, D. R. and Telfer, R., 1980, Classroom games and simulations. *Theory Into practice*, 19 (1), 75-80.
- Cruz, A., Garcia, D., Pires, G. and Nunes, U., 2015, Facial expression recognition based on eog toward emotion detection for human-robot interaction, *BIOSIGNALS 2015-international conference on bio-inspired systems and signal processing*, 12-15 January 2015 Lisbon, Science and Technology Publications, Lda, ISBN: 978-989-758-069-7, 31-37.
- Cui, L., Zhang, Y., Zhang, R. and Liu, Q. H., 2020, A modified efficient knn method for antenna optimization and design. *IEEE transactions on antennas and propagation*, 68(10), 6858-6866.
- Çeken, B. and Çiçekli, K., 2018, FRP kutu oyunlarından grafiğe, sıra tabanlı (dijital turn based) dijital oyunlardaki tasarım trendleri, *Uluslararası afro-avasya araştırmaları dergisi*, 3(5), 35-43.

- Dai, B., Chen, R.-C., Zhu, S.-Z. and Zhang, W.-W., 2018, Using random forest algorithm for breast cancer diagnosis, *2018 International symposium on computer, consumer and control (IS3C)*, 06-08 December 2018 Taichung, IEEE, 449-452.
- Dawson, M.E., Schell, A.M. and Filion, D.L., 2017, *The electrodermal system*, Handbook of psychophysiology, In: Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G., Berntson, G.G. (Eds.), Chapter 10, Cambridge Handbooks in Psychology, Cambridge University Press, New York, USA, 217-243.
- de Toro, F., Ros, E., Mota, S. and Ortega, J., 2006, Evolutionary algorithms for multiobjective and multimodal optimization of diagnostic schemes, *IEEE transactions on biomedical engineering*, 53 (2), 178-189.
- Dębska, B. and Guzowska-Świder, B., 2011, Application of artificial neural network in food classification, *Analytica chimica acta*, 705 (1), 283-291.
- Deng, Z., Zhu, X., Cheng, D., Zong, M. and Zhang, S., 2016, Efficient kNN classification algorithm for big data, *Neurocomputing*, 195(2016), 143-148.
- Du, G., Long, S. and Yuan, H., 2020, Non-contact emotion recognition combining heart rate and facial expression for interactive gaming environments. *IEEE Access*, 8 (2020), 11896-11906.
- Dube, K., 2021, *The 5 greatest massively multiplayer online role-playing games*, <https://www.lifewire.com/the-top-mmorpgs-813063>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- Durualp, E. and Aral, N. ,2015), *Oyun temelli sosyal beceri eğitimi*, 2nd ed., Ankara, Vize Yayıncılık, ISBN: 978-605-4551-01-9.
- Dzedzickis, A., Kaklauskas, A. and Bucinskas, V., 2020, Human emotion recognition: review of sensors and methods, *Sensors*, 20(3), 592.
- Echeverría, J. I. and Cortés, F. T., 2020, Las calificaciones del consejo de censura cinematográfica de Chile entre 1960 y 1973: *Un estudio sobre la cambiante recepción cinematográfica. Fotocinema: revista científica de cine y fotografía*, 21(2020), 429-458.
- Efron, B. and Tibshirani, R., 1997, Improvements on Cross-Validation: The 632+ Bootstrap Method, *Journal of the American Statistical Association*, 92 (438), 548-560.
- Ekman, P., 1992, An argument for basic emotions, *Cognition and emotion*, 6 (3-4), 169-200.
- Elbel, G.-K., 2022, Galvanic skin response (gsr), <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/gsr-neuroscience-institute.html>, [Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2022].
- Elliott, L., Ream, G., McGinsky, E. and Dunlap, E., 2012, The contribution of game genre and other use patterns to problem video game play among adult video gamers, *International journal of mental health and addiction*, 10(6), 948-969.

- ElSayed, N. E., Tolba, A. S., Rashad, M. Z., Belal, T. and Sarhan, S., 2021, Multimodal analysis of electroencephalographic and electrooculographic signals, *Computers in biology and medicine*, 137 (2021), 1-18.
- EMOTIV, 2022a, *Frequency bands*, <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/frequency-bands>, [Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2022].
- EMOTIV, 2022b, *Motion*. <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/motion>, [Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2022].
- EMOTIV, 2022c, *Raw eeg*, <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/raw-eeg>, [Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2022].
- Ertunc, H. M. and Hosoz, M., 2006, Artificial neural network analysis of a refrigeration system with an evaporative condenser, *Applied thermal engineering* 26 (5), 627-635.
- ESA, 2022, *2021 Essential Facts About the Video Game Industry*, <https://www.theesa.com/resource/2021-essential-facts-about-the-video-game-industry/>, [Ziyaret tarihi: 5 Nisan 2022].
- Escalera, S., Baró, X., Guyon, I. and Escalante, H. J., 2018, Guest editorial: apparent personality analysis. *IEEE transactions on affective computing*, 9 (3), 299-302.
- Eskidere, Ö. and Ertaş, F., 2009, Mel frekansı keştrüm katsayılarındaki değişimlerin konuşmacı tanımayaya etkisi, *Uludağ üniversitesi mühendislik-mimarlık fakültesi dergisi*, 14 (2), 18.
- Esposito, N., 2005, A short and simple definition of what a videogame is, *Proceedings of the 2005 DiGRA international conference*, 16–20 June 2005, Vancouver, DiGRA, Universities and Research Institutions in Finland, 1-6.
- ESRB, 2020a, *Entertainment software rating board*, <https://www.esrb.org/>, [Ziyaret tarihi: 3 Nisan 2020].
- ESRB, 2020b, *Ratings guides, categories, content descriptors*, <https://www.esrb.org/ratings-guide/>, [Ziyaret tarihi: 27 Kasım 2020].
- ESRB, 2021a, *ESRB game ratings*, <https://www.esrb.org/>, [Ziyaret tarihi: 18 Mart 2021].
- ESRB, 2021b, *Ratings process*, <https://www.esrb.org/ratings/ratings-process/>, [Ziyaret tarihi: 18 Mart 2021].
- Everingham, Y., Sexton, J., Skocaj, D. and Inman-Bamber, G., 2016, Accurate prediction of sugarcane yield using a random forest algorithm, *Agronomy for sustainable development*, 36 (27), 1-9.
- Fahmi, A., Purwitasari, D., Sumpeno, S. and Purnomo, M. H., 2020, Performance evaluation of classifiers for predicting infection cases of dengue virus based on clinical diagnosis criteria, *2020 International electronics symposium (IES)*, 29-30 September 2020 Surabaya, IEEE, ISBN: 978-1-72819-530-8, 456-462.

- Fan, C.-L., 2022, Evaluation of classification for project features with machine learning algorithms, *Symmetry*, 14 (2), 1-22.
- Faria Sarmiento, P., 2019, Os desenhos animados e a infância, Thesis (PhD), Pontifícia Universidade Católica Do Rio De Janeiro.
- Felini, D., 2015, Beyond today's video game rating systems: a critical approach to pegi and esrb, and proposed improvements, *Games and culture*, 10 (1), 106-122.
- Fetit, A. E., Doney, A. S., Hogg, S., Wang, R., MacGillivray, T., Wardlaw, J. M., Doubal, F. N., McKay, G. J., McKenna, S. and Trucco, E., 2019, A multimodal approach to cardiovascular risk stratification in patients with type 2 diabetes incorporating retinal, genomic and clinical features, *Scientific reports*, 9 (1), 1-10.
- Fiscon, G., Weitschek, E., Cialini, A., Felici, G., Bertolazzi, P., De Salvo, S., Bramanti, A., Bramanti, P. and De Cola, M. C., 2018, Combining eeg signal processing with supervised methods for alzheimer's patients classification, *BMC medical informatics and decision making*, 18 (1), 2-10.
- Freund, Y. and Schapire, R. E., 1997, A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting, *Journal of computer and system sciences*, 55 (1), 119-139.
- Gao, Z., Li, Y., Yang, Y., Wang, X., Dong, N. and Chiang, H.-D., 2020, A GPSO-optimized convolutional neural networks for eeg-based emotion recognition, *Neurocomputing*, 380 (2020), 225-235.
- Gentile, D. A., Humphrey, J. and Walsh, D. A., 2005, Media ratings for movies, music, video games, and television: A review of the research and recommendations for improvements, *Adolescent medicine clinics*, 16 (2), 427-446.
- Gerstenberger, K.-P., 2005, *Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) [1994]*, Handbuch Medienselbstkontrolle, In A. Baum, W. R. Langenbucher, H. Pöttker and C. Schicha (ed.), VS Verlag für Sozialwissenschaften, 429-434.
- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A. and Tsiknakis, M., 2022, Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE transactions on affective computing*, 13 (1), 440-460.
- Golparvar, A. J., and Yapıcı, M. K., 2018, Electrooculography by wearable graphene textiles, *IEEE sensors journal*, 18 (21), 8971-8978.
- Goodfellow, I. J., Erhan, D., Luc Carrier, P., Courville, A., Mirza, M., Hamner, B., Cukierski, W., Tang, Y., Thaler, D., Lee, D.-H., Zhou, Y., Ramaiah, C., Feng, F., Li, R., Wang, X., Athanasakis, D., Shawe-Taylor, J., Milakov, M., Park, J. And Bengio, Y., 2015, Challenges in representation learning: A report on three machine learning contests, *Neural networks*, 64, 59-63.
- Google, 2022, Apps & games content ratings on google play—google play help. <https://support.google.com/googleplay/answer/6209544?hl=en>, [Ziyaret tarihi: 11 Kasım 2022]

- Göçümlü, B. Ç., 2020, Aile Bakanlığında çocuklar için “dijital oyun ve kitap seçme” rehberi, <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/aile-bakanligindan-cocuklar-icin-dijital-oyun-ve-kitap-secme-rehberi-/2021832>, [Ziyaret tarihi: 19 Mart 2021].
- Grealy, L., Driscoll, C. and Cather, K., 2020, A history of age-based film classification in Japan, *Japan forum*, 32(2), 1-26.
- Green, C. S. and Bavelier, D., 2003, Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423 (6939), 534-537
- Greipl, S., Klein, E., Lindstedt, A., Kiili, K., Moeller, K., Karnath, H.-O., Bahnmueller, J., Bloechle, J. and Ninaus, M., 2021, When the brain comes into play: Neurofunctional correlates of emotions and reward in game-based learning, *Computers in Human Behavior*, 125 (2021), 1-12.
- Grimshaw, M., 2008, Sound and immersion in the first-person shooter, *International journal of intelligent games and simulation*, 5 (1), 119-124.
- Grossmann, T., 2015, The development of social brain functions in infancy, *Psychological bulletin*, 141 (6), 1266-1287.
- Guins, R., 2014, *Game After: A Cultural Study of Video Game Afterlife*, MIT Press. USA, ISBN: 978-0-262-01998-9.
- Gunes, H. and Hung, H., 2016, Is automatic facial expression recognition of emotions coming to a dead end? The rise of the new kids on the block. *Image and Vision Computing*, 55 (1), 6-8.
- Guo, H., Huang, Y.-S., Lin, C.-H., Chien, J., Haraikawa, K. and Shieh, J., 2016, Heart rate variability signal features for emotion recognition by using principal component analysis and support vectors machine, *2016 IEEE 16th International conference on bioinformatics and bioengineering (BIBE)*, 31 October 2016-02 November 2016 Taichung, IEEE, ISBN: 2471-7819
- Gürkan, H., Yarman, S. and Gönüleren, A. N., 2006, Elektrokardiyogram (ekg) işaretlerinin temel tanım ve zarf fonksiyonları ile modellenmesi, *İTÜDERGİSİ/d*, 5 (2), 49-57.
- Güvenli İnternet Merkezi, 2019, *Dijital Oyunlar Raporu 2019*, <https://www.guvenliweb.org.tr/dosya/RjARy.pdf>, [Ziyaret tarihi: 19 Mart 2021]
- Haas, L., 2003, Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography, *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 74 (1), 9-9.
- Hafeez, T., Saeed, S. M. U., Arsalan, A., Anwar, S. M., Ashraf, M. U. and Alsubhi, K., 2021, EEG in game user analysis: a framework for expertise classification during gameplay. *PLOS ONE*, 16 (6), 1-21.

- Halim, Z. and Rehan, M., 2020, On identification of driving-induced stress using electroencephalogram signals: a framework based on wearable safety-critical scheme and machine learning. *Information fusion*, 53 (2020), 66-79.
- Hall, J.E. and Hall, M.E., 2020, *Guyton and hall textbook of medical physiology e-book*, Elsevier Health Sciences, Philadelphia, ISBN: 978-0-323-64003-9.
- Han, Q., Gui, C., Xu, J. and Lacidogna, G., 2019, A generalized method to predict the compressive strength of high-performance concrete by improved random forest algorithm. *Construction and building materials*, 226 (2019), 734-742.
- Han, S.-Y., Kwak, N.-S., Oh, T., and Lee, S.-W., 2020, Classification of pilots' mental states using a multimodal deep learning network. *Biocybernetics and biomedical engineering*, 40 (1), 324-336.
- He, E. J., Yuan, H., Yang, L., Sheikholeslami, C. and He, B., 2008, EEG spatio-spectral mapping during video game play, 2008 *International conference on information technology and applications in biomedicine*, 30-31 May 2008 Shenzhen, IEEE, 346-348.
- Healthofchildren.com, 2020, Video Games, <http://www.healthofchildren.com/U-Z/Video-Games.html>, [Ziyaret tarihi:17 Mart 2020].
- Hemanth, D. J., 2020, EEG signal based modified kohonen neural networks for classification of human mental emotions. *Journal of artificial intelligence and systems*, 2(1), 1-13.
- Hilgert, F. and Sümmermann, P., 2016, *Video game age ratings in europe*, <https://gameslaw.org/video-game-age-ratings-in-europe-part-1-of-3-the-basics/>, [Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2020].
- Ho, T. K., 1998, The random subspace method for constructing decision forests, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20 (8), 832-844.
- Homer, B. D., Hayward, E. O., Frye, J. and Plass, J. L., 2012, Gender and player characteristics in video game play of preadolescents, *Computers in human behavior*, 28 (5), 1782-1789.
- Hsu, H., 2020, Localization and culturalization for a history-based game: the case of detention, *The journal of internationalization and localization*, 7 (1-2), 28-48.
- Hsu, S.-H., Wu, P.-H., Huang, T.-C., Jeng, Y.-L. and Huang, Y.-M., 2008, From traditional to digital: factors to integrate traditional game-based learning into digital game-based learning environment, *Second ieee international conference on digital game and intelligent toy enhanced learning*, 17-19 November 2008 Banff, IEEE, ISBN: 978-0-7695-3409-1, 83-89.
- Huizinga, J., 2008, *Homo ludens: proeve eener bepaling van het spel-element der cultuur*, Amsterdam university press, Amsterdam, ISBN: 978-90-8964-0031.
- Hurst, J., 2015, 12 *Types of computer games every gamer should know about*, <https://thoughtcatalog.com/jane-hurst/2015/02/12-types-of-computer-games-every-gamer-should-know-about/>, [Ziyaret tarihi:9 Mayıs 2020].

- IARC, 2021, *International age rating coalition*, <https://www.globalratings.com/about.aspx>, [Ziyaret tarihi: 18 Mart 2021].
- IMDA, 2022, *Infocomm media development authority*, <http://www.imda.gov.sg/>, [Ziyaret tarihi: 11 Mayıs 2022].
- İmak, A., 2019, *Epileptik eeg sinyallerinin makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırılması*, Thesis (Master), Fırat Üniversitesi.
- Jeong, R. and Rilett, R., 2004, Bus arrival time prediction using artificial neural network model. The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE Cat. No.04TH8749), *In proceedings*, 03-06 October 2004 Washington, IEEE, 988-993.
- Jerčić, P., Astor, P. J., Adam, M., Hilborn, O., Schaff, K., Lindley, C., Sennersten, C. and Eriksson, J., 2012, A serious game using physiological interfaces for emotion regulation training in the context of financial decision-making. *In 20th european conference on information systems (ECIS 2012)*, 15 May 2012 Barcelona, ISBN: 978-84-88971-54-8, 1-14.
- Jerčić, P., Hagelbäck, J. and Lindley, C., 2019, An affective serious game for collaboration between humans and robots, *Entertainment Computing*, 32 (2019), 1-10.
- Jiang, Y., Li, W., Hossain, M. S., Chen, M., Alelaiwi, A. and Al-Hammadi, M., 2020, A snapshot research and implementation of multimodal information fusion for data-driven emotion recognition, *Information fusion*, 53 (2020), 209-221.
- Jones, L., 2019, Resilience isn't the same for all: comparing subjective and objective approaches to resilience measurement, *WIREs climate change*, 10 (1), 1-19.
- Joseph, R., 1990, *The occipital lobe*, Neuropsychology, Neuropsychiatry, and Behavioral Neurology, In: Joseph, R. (ed.), Chapter 6, Springer, Boston, US, 233-245
- Jurcak, V., Tsuzuki, D. and Dan, I., 2007, 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface-based positioning systems, *NeuroImage*, 34 (4), 1600-1611.
- Kaggle, 2019, *PUBG finish placement prediction (kernels only)*, <https://kaggle.com/competitions/pubg-finish-placement-prediction>, [Ziyaret tarihi: 6 Nisan 2022]
- Kalantarian, H., Jedoui, K., Washington, P. and Wall, D. P., 2020, A mobile game for automatic emotion-labeling of images, *IEEE transactions on games*, 12(2), 213-218.
- Kamel, H., Abdulah, D. and Al-Tuwaijari, J. M., 2019, Cancer classification using gaussian naive bayes algorithm, *2019 International engineering conference (IEC)*, 23-25 June 2019 Erbil, IEEE, 165-170.
- Kanade, T., Cohn, J. F. and Tian, Y., 2000, Comprehensive database for facial expression analysis, *Fourth IEEE International conference on automatic face and gesture recognition*, 28-30 March 2000 Grenoble, IEEE, 46-53.

- Kaya, M., 2006, *Elektrokardiyogram işaretlerinin sıkıştırılması*, Thesis (Master), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Keramat-Jahromi, M., Mohtasebi, S. S., Mousazadeh, H., Ghasemi-Varnamkhasti, M. and Rahimi-Movassagh, M., 2021, Real-time moisture ratio study of drying date fruit chips based on on-line image attributes using kNN and random forest regression methods, *Measurement*, 172 (2021), 1-11.
- Khaitami, Wibawa, A. D., Mardi, S., Nugroho, S. and Khoirunnisaa, A. Z., 2019, EEG visualization for cybersickness detection during playing 3d video games. *2019 International seminar on intelligent technology and its applications (ISITIA)*, 28-29 August 2019 Surabaya, IEEE, 325-330.
- Killedar, T., Suriya, G., Sharma, P., Rathor, M. and Gupta, A., 2021, Fuzzy logic for video game engagement analysis using facial emotion recognition. *2021 8th International conference on signal processing and integrated networks (SPIN)*, 26-27 August 2021 Noida, IEEE, 481-485.
- Kim, H., Ha, J., Chang, W.D., Park, W., Kim, L. and Im, C.H., 2018, Detection of craving for gaming in adolescents with internet gaming disorder using multimodal biosignals, *Sensors*, 18 (1), 1-13.
- Klappenbach, M., 2019, *What is a Platform Game?*, <https://www.lifewire.com/what-is-a-platform-game-812371>, [Ziyaret tarihi: 27 Kasım 2019]
- Klem, G., Lüders, H., Jasper, H. and Elger, C., 1999, The ten-twenty electrode system of the international federation. *The international federation of clinical neurophysiology. electroencephalography and clinical neurophysiology supplement* 52, 3-6.
- Koch, P., Dreier, M., Maass, M., Böhme, M., Phan, H. and Mertins, A., 2019, A recurrent neural network for hand gesture recognition based on accelerometer data, *2019 41st annual international conference of the ieee engineering in medicine and biology society (EMBC)*, 23-27 July 2019 Berlin, IEEE, 5088-5091.
- Kołakowska, A., 2013, A review of emotion recognition methods based on keystroke dynamics and mouse movements. *2013 6th international conference on human system interactions (HSI)*, 06-08 June 2013 Sopot, IEEE, 548-555.
- Kołakowska, A., Landowska, A., Szwoch, M., Szwoch, W. and Wróbel, M. R., 2013, Emotion recognition and its application in software engineering, *2013 6th International conference on human system interactions (HSI)*, 06-08 June 2013 Sopot, IEEE, 532-539.
- Kolb, B., Pellis, S. and Robinson, T. E., 2004, Plasticity and functions of the orbital frontal cortex, *Brain and cognition*, 55 (1), 104-115.
- Konok, V., Liskai-Peres, K., Bunford, N., Ferdinandy, B., Jurányi, Z., Ujfalussy, D. J., Réti, Z., Pogány, Á., Kampis, G. and Miklósi, Á., 2021, Mobile use induces local attentional precedence and is associated with limited socio-cognitive skills in preschoolers, *Computers in human behavior*, 120 (2021), 1-14.

- Kose, M. R., Ahirwal, M. K. and Kumar, A., 2021, A new approach for emotions recognition through eeg and emg signals, *Signal, image and video processing*, 15 (8), 1863-1871.
- Kosmyna, N., Morris, C., Sarawgi, U., Nguyen, T. and Maes, P., 2019, AttentivU: a wearable pair of eeg and eeg glasses for real-time physiological processing, *2019 IEEE 16th international conference on wearable and implantable body sensor networks (BSN)*, 19-22 May 2019 Chicago, IEEE, 1-4.
- Kousari, M. and Mehrabi, M., 2017, Parental mediation of children's video game experiences: iranian parents' strategies of mediation, *IAU international journal of social sciences*, 7(1), 1-14.
- Kowalczyk, Z., Czubenko, M. and Merta, T., 2020, Interpretation and modeling of emotions in the management of autonomous robots using a control paradigm based on a scheduling variable, *Engineering applications of artificial intelligence*, 91 (2020), 1-17.
- K.S., A., Mathews, M. T. And Puthankattil, S. D., 2012, Classification of normal and epileptic eeg signal using time amp; frequency domain features through artificial neural network, *2012 International conference on advances in computing and communications*, 09-11 August 2012 Cochin, IEEE, 98-101.
- Kulach, K., 2017, *Selling video games online: here's why you must be extra careful*, <https://www.webinterpret.com/uk/blog/selling-video-games-online/>, [Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2020].
- Kumar, N., Khaund, K. and Hazarika, S. M. ,2016, Bispectral analysis of eeg for emotion recognition, *Procedia computer science*, 84 (2016), 31-35.
- Kuncheva, L. I. and Faithfull, W. J., 2014, PCA feature extraction for change detection in multidimensional unlabeled data, *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 25 (1), 69-80.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2008). Sinema Filmlerinin Değerlendirilmesi ve Sınıflandırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik. <http://teftis.kulturturizm.gov.tr/TR-14493/sinema-filmlerinin-degerlendirilmesi-ve-siniflandirilma-.html>
- Kyen, S.-Y., 2022, A legal study on the act bill for establishing the game user committee, *Journal of the korea society of computer and information*, 27 (3), 165-171.
- Landowska, A., Szwoch, M. and Szwoch, W., 2016, Methodology of affective intervention design for intelligent systems. *Interacting with computers*, 28 (6), 737-759.
- Lara-Álvarez, C., Mitre-Hernandez, H., Flores, J. J., & Pérez-Espinosa, H. (2021). Induction of Emotional States in Educational Video Games Through a Fuzzy Control System. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 12(1), 66-77.
- Lee, J. J., and Hammer, J., 2011, Gamification in education: what, how, why bother? *Academic exchange quarterly*, 15 (2), 146.

- Lee, S., Lee, T., Yang, T., Yoon, C. and Kim, S.P., 2020, Detection of drivers' anxiety invoked by driving situations using multimodal biosignals, *Processes*, 8 (2), 155.
- Liang, J., & Du, R. (2007). Model-based Fault Detection and Diagnosis of HVAC systems using Support Vector Machine method. *International Journal of Refrigeration*, 30(6), 1104-1114.
- Likitha, M. S., Gupta, S. R. R., Hasitha, K., & Raju, A. U. (2017). Speech based human emotion recognition using MFCC. 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2257-2260.
- Lin, Y.P., Wang, C.H., Wu, T.L., Jeng, S.K. and Chen, J.H., 2007, Multilayer perceptron for eeg signal classification during listening to emotional music, *TENCON 2007 - 2007 IEEE region 10 conference*, 22-24 March 2017 Chennai, IEEE, 1-3.
- Lindsley, D. B., 1951, *Emotion*, Handbook of experimental psychology, In: Stevens, S.S. (ed.), Wiley, New York, 473-516.
- Liu, H., Li, J. and Wong, L., 2002, A comparative study on feature selection and classification methods using gene expression profiles and proteomic patterns, *Genome informatics*, 13 (2013), 51-60.
- Liu, H., Zhou, M., Lu, X. S. and Yao, C., 2018, Weighted Gini index feature selection method for imbalanced data, 2018 IEEE 15th International conference on networking, *Sensing and control (ICNSC)*, 27-29 March 2018 Zhuhai, IEEE, 1-6.
- Liu, Y. and Schumann, M., 2005, Data mining feature selection for credit scoring models, *Journal of the operational research society*, 56 (9), 1099-1108.
- LoBue, V. and Thrasher, C., 2015, The child affective facial expression (CAFE) set: validity and reliability from untrained adults, *Frontiers in psychology*, 5 (2015), 1-8.
- Lombard, M., Reich, R. D., Grabe, M. E., Bracken, C. C. and Ditton, T. B., 2000, Presence and television, *Human communication research*, 26 (1), 75-98.
- Lotte, F., 2008, Study of electroencephalographic signal processing and classification techniques towards the use of brain-computer interfaces in virtual reality applications Thesis (PhD), INSA de Rennes University.
- Lu, Y., Wang, M., Wu, W., Han, Y., Zhang, Q. and Chen, S., 2020, Dynamic entropy-based pattern learning to identify emotions from eeg signals across individuals, *Measurement*, 150 (2020), 1-12.
- Lucey, P., Cohn, J. F., Kanade, T., Saragih, J., Ambadar, Z. and Matthews, I., 2010, The extended cohn-kanade dataset (CK+): a complete dataset for action unit and emotion-specified expression, *2010 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition - workshops*, 13-18 June 2010 San Francisco, IEEE, 94-101.
- Lyons, M., Kamachi, M. and Gyoba, J., 1998, *The japanese female facial expression (JAFFE)*, <https://zenodo.org/record/3451524>, [Ziyaret tarihi: 1 Haziran 2021]

- Mahendran, R., 2014, EMG signal based control of an intelligent wheelchair, 2014 *International conference on communication and signal processing*, 03-05 April 2014 Melmaruvathur, IEEE, 1267-1272.
- Mahjoobi, J. and Adeli Mosabbebi, E., 2009, Prediction of significant wave height using regressive support vector machines, *Ocean engineering*, 36 (5), 339-347.
- Maksimenko, V. A., Kurkin, S. A., Pitsik, E. N., Musatov, V. Y., Runnova, A. E., Efremova, T. Y., Hramov, A. E. and Pisarchik, A. N., 2018, Artificial neural network classification of motor-related eeg: an increase in classification accuracy by reducing signal complexity, *Complexity*, 2018(1), 1-11.
- Malmivuo, J. and Malmivuo, P., 1995, *Bioelectromagnetism: principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields*. Oxford university press, USA, ISBN: 978-0-19-505823-9.
- Marchi, E., Schuller, B., Baird, A., Baron-Cohen, S., Lassalle, A., O'Reilly, H., Pigat, D., Robinson, P., Davies, I., Baltrušaitis, T., Adams, A., Mahmoud, M., Golan, O., Fridenson-Hayo, S., Tal, S., Newman, S., Meir-Goren, N., Camurri, A., Piana, S. and Baranger, A., 2019, The asc-inclusion perceptual serious gaming platform for autistic children, *IEEE transactions on games*, 11 (4), 328-339.
- Martínez-Tejada, L. A., Puertas-González, A., Yoshimura, N. and Koike, Y., 2021, Exploring eeg characteristics to identify emotional reactions under videogame scenarios, *Brain sciences*, 11 (3), 378.
- Maskeliunas, R., Damasevicius, R., Martisius, I. and Vasiljevas, M., 2016, Consumer-grade eeg devices: are they usable for control tasks?, *PeerJ*, 4(2016), 1-27.
- Matthews, V., 2018, Ultimate list of different types of video games, <https://www.idtech.com/blog/different-types-of-video-game-genres>, [12 Nisan 2018]
- McMahan, T., Parberry, I. and Parsons, T. D., 2015, Modality specific assessment of video game player's experience using the Emotiv, *Entertainment computing*, 7 (2015), 1-6.
- Mekler, E. D., Bopp, J. A., Tuch, A. N. and Opwis, K., 2014), A systematic review of quantitative studies on the enjoyment of digital entertainment games, *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, 26 April 2012 New York, Association for Computing Machinery , 927-936.
- Mendes Junior, J. J. A., Freitas, M. L. B., Siqueira, H. V., Lazzaletti, A. E., Pichorim, S. F. and Stevan, S. L., 2020, Feature selection and dimensionality reduction: an extensive comparison in hand gesture classification by sEMG in eight channels armband approach, *Biomedical signal processing and control*, 59 (2020), 1-11.
- Merriam-Webster, 2020, *Definition of game*, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/game>, [Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2020].

- Metsis, V., Kosmopoulos, D., Athitsos, V. and Makedon, F., 2014, Non-invasive analysis of sleep patterns via multimodal sensor input, *Personal and ubiquitous computing*, 18 (1), 19-26.
- Mhapankar, U. and Shah, M., 2022, The comparison of the dry electrodes to wet ag/agcl electrode for decoding imagined speech from the eeg, 2022 International conference for advancement in technology (ICONAT), 21-22 January 2022 Goca, IEEE, 1-6.
- Miranda, R. A., Casebeer, W. D., Hein, A. M., Judy, J. W., Krotkov, E. P., Laabs, T. L., Manzo, J. E., Pankratz, K. G., Pratt, G. A., Sanchez, J. C., Weber, D. J., Wheeler, T. L. and Ling, G. S. F., 2015, DARPA-funded efforts in the development of novel brain-computer interface Technologies, *Journal of neuroscience methods*, 244 (2015), 52-67.
- Mishra, P. and Ratnaparkhi, S., 2018, HMM based emotion detection in games, 2018 3rd international conference for convergence in technology (I2CT), 06-08 April 2018 Pune, IEEE, 1-4.
- Moghim, M., Stone, R. and Rotshtein, P., 2020, Affective recognition in dynamic and interactive virtual environments, *IEEE transactions on affective computing*, 11 (1), 45-62.
- Mohamed, M., Quan, L. R., Ahmad, I. L. and Chuan, L. C., 2012, Determination of angry condition based on eeg, *Speech and heartbeat*, 4 (12), 13.
- Mohammadi, Z., Frounchi, J. and Amiri, M., 2017, Wavelet-based emotion recognition system using eeg signal, *Neural computing and applications*, 28 (8), 1985-1990.
- Moldagulova, A. and Sulaiman, R. Bte., 2017, Using knn algorithm for classification of textual documents, 2017 8th International conference on information technology (ICIT), 17-18 May 2017 Amman, IEEE, 665-671.
- Mondéjar, T., Hervás, R., Johnson, E., Gutierrez, C. and Latorre, J. M., 2016, Correlation between videogame mechanics and executive functions through eeg analysis, *Journal of biomedical informatics*, 63 (2016), 131-140.
- Moniaga, J. V., Chowanda, A., Prima, A., Oscar and Tri Rizqi, M. D., 2018, Facial expression recognition as dynamic game balancing system, *Procedia computer science*, 135 (2015), 361-368.
- Moridani, M. K., Heydar, M. and Jabbari Behnam, S. S., 2019, A reliable algorithm based on combination of emg, ecg and eeg signals for sleep apnea detection: (a reliable algorithm for sleep apnea detection), 2019 5th conference on knowledge based engineering and innovation (KBEI), 28 February 2019 - 01 March 2019 Iran, IEEE, 256-262.
- Musoko, V., 2005, *Biomedical signal and image processing*, Thesis(PhD), Institute of Chemical Technology.
- Nagel, J. H., 2000, *Biopotential amplifiers*, The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition, In: Bronzino, J. D. (ed.), Chapter 2., CRC Press LLC, Boca Raton, USA, 1185-1195.

- Nascimento, N. M. M., Marinho, L. B., Peixoto, S. A., do Vale Madeiro, J. P., de Albuquerque, V. H. C. and Filho, P. P. R., 2020, Heart arrhythmia classification based on statistical moments and structural co-occurrence, *Circuits, systems, and signal processing*, 39 (2), 631-650.
- NICAM, 2021, Organisation, <http://www.kijkwijzer.nl/nicam>, [Ziyaret tarihi: 16 Mayıs 2022].
- Noroozi, F., Corneanu, C. A., Kamińska, D., Sapiński, T., Escalera, S. and Anbarjafari, G., 2021, Survey on emotional body gesture recognition, *IEEE transactions on affective computing*, 12 (2), 505-523.
- Nunez, P. L. and Srinivasan, R., 2006, *Electric fields of the brain: the neurophysics of eeg*, 2nd ed., Oxford university press, New York, ISBN: 978-0-19-505038-7.
- Ontañón, S., Synnaeve, G., Uriarte, A., Richoux, F., Churchill, D. and Preuss, M., 2013, A survey of real-time strategy game ai research and competition in starcraft, *IEEE transactions on computational intelligence and ai in games*, 5(4), 293-311.
- Opie, I. A. and Opie, P., 1969, Children's games in street and playground: chasing, catching, seeking, hunting, racing, duelling, exerting, daring, guessing, acting, pretending, Clarendon P., ISBN: 978-0-19-827210-6.
- Orange Data Mining, 2015, *knn*, <https://orange3.readthedocs.io/projects/orange-visual-programming/en/latest/widgets/model/knn.html>, [Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2022].
- Oxford, N., 2018, *What's the definition of an action game?*, <https://www.lifewire.com/nintendo-action-game-1126179>, [Ziyaret tarihi: 7 Mayıs 2022].
- Palaus, M., Marron, E. M., Viejo-Sobera, R. and Redolar-Ripoll, D., 2017, Neural basis of video gaming: a systematic review, *Frontiers in human neuroscience*, 11(2017), 1-40.
- Parijat, S., 2010, *Top 14 first person shooters of 2011*, <https://gamingbolt.com/top-14-first-person-shooters-of-2011>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022].
- Park, S.H., Bae, B.-C. and Cheong, Y.G., 2020, Emotion recognition from text stories using an emotion embedding model, *2020 IEEE international conference on big data and smart computing (bigcomp)*, 19-22 February 2020 Busan, IEEE, 579-583.
- Patil, J. V. and Bailke, P., 2016, Real time facial expression recognition using realsense camera and ann, *2016 international conference on inventive computation technologies (ICICT)*, 26-27 August 2016 Coimbatore, IEEE, 2, 1-6.
- Pawlovsky, A. P. and Nagahashi, M., 2014, A method to select a good setting for the knn algorithm when using it for breast cancer prognosis, *IEEE-EMBS International conference on biomedical and health informatics (BHI)*, 01-04 June 2014 Valencia, IEEE, 189-192.
- PCGamesN, 2022a, *Best racing games 2022 for PC*, <https://www.pcgamesn.com/10-best-racing-games-pc>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]

- PCGamesN, 2022b, *The best adventure games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/best-adventure-games>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022c, *The best open-world games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/best-open-world-games>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022d, *The best PC simulation games*, <https://www.pcgamesn.com/best-pc-simulation-games>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022e, *The best rhythm games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/best-rhythm-games-pc>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022f, *The best RTS games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/best-rtsgames-pc>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022g, *The best strategy games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/15-great-strategy-games-you-really-should-play-or-else>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022h, *The best turn-based strategy games on PC in 2022*, <https://www.pcgamesn.com/best-turn-based-strategy-games>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PCGamesN, 2022i, *The best war games on PC*, <https://www.pcgamesn.com/best-war-games-on-pc>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PEGI, 2017a, *How we rate games*, <https://pegi.info/page/how-we-rate-games>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PEGI, 2017b, *What do the labels mean?*, <https://pegi.info/what-do-the-labels-mean>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PEGI, 2019, *The PEGI Code of Conduct*, <https://pegi.info/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- PEGI, 2020, *Pan European Game Information*, <https://pegi.info/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2022]
- Pellouchoud, E., Smith, M. E., McEvoy, L. and Gevins, A., 1999, Mental effort-related eeg modulation during video-game play: comparison between juvenile subjects with epilepsy and normal control subjects, *Epilepsia*, 40(s4), 38-43.
- Petrovica, S., Anohina-Naumeca, A. and Ekenel, H. K., 2017, Emotion recognition in affective tutoring systems: collection of ground-truth data, *Procedia computer science*, 104 (2017), 437-444.
- Piasecki, S. and Malekpour, S., 2016, Morality and Religion as factors in age rating computer and video games: esra, the Iranian games age rating system. *Online - Heidelberg journal of religions on the internet*, 11 (2016), 164-228.
- Pinheiro, E., Postolache, O. and Girão, P., 2012, Empirical mode decomposition and principal component analysis implementation in processing non-invasive cardiovascular signals, *Measurement*, 45 (2), 175-181.

- Pinsent M., 2005, *Video games and age restrictions—the US and UK*, <https://www.pinsentmasons.com/out-law/guides/video-games-and-age-restrictionsthe-us-and-uk>, [Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2020].
- Pitaloka, D. A., Wulandari, A., Basaruddin, T. and Liliana, D. Y., 2017, Enhancing cnn with preprocessing stage in automatic emotion recognition, *Procedia computer science*, 116 (2017), 523-529.
- Plutchik, R., 2001, The nature of emotions, *American scientist*, 89 (4), 344-350.
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B. and Podsakoff, N. P., 2012, Sources of method bias in social science research and recommendations on how to control it, *Annual review of psychology*, 63(1), 539-569.
- Prinke, M., 2016, *What defines a role-playing game?*, <https://www.quora.com/What-defines-a-role-playing-game>, [Ziyaret tarihi: 8 Mayıs 2020].
- Pursey, J., 2021, *15 best educational video games for children*, <https://gamerant.com/best-educational-games-for-kids/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Qi, Y., Jia, W. and Gao, S., 2021, Emotion recognition based on piezoelectric keystroke dynamics and machine learning. *2021 IEEE International conference on flexible and printable sensors and systems (fleps)*, 20-23 June 2021 Manchester, IEEE, 1-4.
- Rahat, A. M., Kahir, A. and Masum, A. K. M., 2019, Comparison of naive bayes and svm algorithm based on sentiment analysis using review dataset, *2019 8th International conference system modeling and advancement in research trends (smart)*, 22-23 November 2019 Moradabad, IEEE, 266-270.
- Raja, M., and Sigg, S., 2016, Applicability of rf-based methods for emotion recognition: a survey, *2016 IEEE International conference on pervasive computing and communication workshops (percom workshops)*, 14-18 March 2016 Sydney, IEEE, 1-6.
- Rani, P., Sarkar, N., Smith, C. A. and Adams, J. A., 2003, Affective communication for implicit human-machine interaction, *2003 IEEE International conference on systems, man and cybernetics*. 08-08 October 2003 Washington, IEEE, ISBN: 0-7803-7952-7, 4896-4903.
- Rectify Gaming, 2021, *Games of chance and wagering are becoming a trend in aaa video games*, <https://rectifygaming.com/games-of-chance-and-wagering-are-becoming-a-trend-in-aaa-video-games/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Reed, C., 2015, *The 5 best puzzle video games ever made*, <https://www.cheatsheet.com/technology/the-5-best-puzzle-games-of-all-time.html/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Refaeilzadeh, P., Tang, L. and Liu, H., 2016, *Cross-validation*, Encyclopedia of Database Systems, In: Liu, L. and Özsu, M. T. (ed.), Chapter 2, Springer, New York, USA, ISBN: 978-1-4614-8265-9, 1-7.

- Riva, A., Rebessi, E., Parente, E., Viri, M., Striano, P. and Romeo, A., 2022, Video game-induced reflex seizures via a smartphone. *Epileptic disorders*, 24 (1), 197-201.
- Rivers, P. L., 2007, Governing images: the politics of film and video distribution in late-apartheid and postapartheid south africa, *Journal of film and video*, 59 (1), 19-31.
- Rodriguez, H., 2006, The playful and the serious: an approximation to huizinga's homo ludens, *Game Studies*, 6 (1), 1-20.
- Rus, S., Joshi, D., Braun, A. and Kuijper, A., 2018, The emotive couch—learning emotions by capacitively sensed, *Procedia computer science*, 130 (2018), 263-270.
- Russell, J. A., 1980, A circumplex model of affect, *Journal of personality and social psychology*, 39 (6), 1161-1178.
- Saha, S. and Karia, J., 2019, Analyzing adverse gaming effects on emotions using neural networks based hybrid architecture, 2019 IEEE 16th India council international conference (indicon), 13-15 December 2019 Rajkot, India, IEEE, 1-4.
- Saito, T. and Rehmsmeier, M., 2015, The precision-recall plot is more informative than the roc plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets. *Plos one*, 10 (3), 1-21.
- Salankar, N., Mishra, A., Koundal, D., Hoang, V. T., Tran-Trung, K., Zaguia, A. and Belay, A., 2022, Impact of music in males and females for relief from neurodegenerative disorder stress, *Contrast media & molecular imaging*, 2022 (Special Issue), 1-13.
- Sammut, M., 2018, The 15 best action video games of all time, <https://www.thegamer.com/video-games-action-best-least/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Sanei, S. and Chambers, J. A., 2007a, *EEG source localization*, EEG signal processing, In: Sanei, S. and Chambers, J. A. (ed.), John Wiley & Sons, Ltd., UK, 97-218.
- Sanei, S. and Chambers, J. A., 2007b, *Fundamentals of eeg signal processing*, EEG signal processing, In: Sanei, S. and Chambers, J. A. (ed.), John Wiley & Sons, Ltd., UK, 35-125.
- Sanei, S. and Chambers, J. A., 2007c, *Introduction to EEG*, EEG signal processing, In: Sanei, S. and Chambers, J. A. (ed.), John Wiley & Sons, Ltd., UK, 1-34.
- Sapiński, T., Kamińska, D., Pelikant, A. and Anbarjafari, G., 2019, Emotion recognition from skeletal movements, *Entropy*, 21 (7), 646.
- Saxena, A., Tripathi, K., Khanna, A., Gupta, D. and Sundaram, S., 2020, Emotion detection through eeg signals using fft and machine learning techniques, *International conference on innovative computing and communications*, Springer, 543-550.
- Saymaz, A., 2020, *Mutluluk eğitiminin eeg sinyalleri üzerine etkisinin makine öğrenmesi yöntemleriyle değerlendirilmesi*, Thesis (Master), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa.

- Schirm, E., Meijer, W. M., Tobi, H. and de Jong-van den Berg, L. T. W., 2004, Drug use by pregnant women and comparable non-pregnant women in The Netherlands with reference to the Australian classification system, *European journal of obstetrics & gynecology and reproductive biology*, 114 (2), 182-188.
- Schneider, N., Wilkes, J., Grandt, M. and Schlick, C. M., 2008, Investigation of input devices for the age-differentiated design of human-computer interaction, *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 52 (2), 144-148.
- Schuld, M., Sinayskiy, I. and Petruccione, F., 2014, The quest for a quantum neural network, *Quantum information processing*, 13 (11), 2567-2586.
- Seçkin, A. Ç., 2019, Labeling system with eeg, emg, and imu for visual training of autonomous vehicles, *Bilişim teknolojileri dergisi*, 12 (4), 299-305.
- Seçkin, A. Ç., 2021, Multi-sensor glove design and bio-signal data collection, *Natural and applied sciences journal*, 3(Special Issue), 87-93.
- Seol, Y.-S., Kim, D.-J. and Kim, H.-W., 2008, Emotion recognition from text using knowledge-based ann, *ITC-CSCC: international technical conference on circuits systems, computers and communications*, Seoul, ISBN: 2188-5079, 1569-1572.
- Serrano-Barroso, A., Siugzdaite, R., Guerrero-Cubero, J., Molina-Cantero, A. J., Gomez-Gonzalez, I. M., Lopez, J. C. and Vargas, J. P., 2021, Detecting attention levels in adhd children with a video game and the measurement of brain activity with a single-channel bci headset, *Sensors*, 21 (9), 3221.
- Setiono, D., Saputra, D., Putra, K., Moniaga, J. V. and Chowanda, A., 2021, Enhancing player experience in game with affective computing, *Procedia computer science*, 179 (2021), 781-788.
- Sezer, A., İnel, Y., Seçkin, A. Ç. and Uluçınar, U., 2015, An investigation of university students' attention levels in real classroom settings with neurosky's mindwave mobile (eeg) device, *International educational technology conference*, 27-29 Mayıs 2015 İstanbul, IETC, 88-101.
- Shaheen, S., El-Hajj, W., Hajj, H. and Elbassuoni, S., 2014, Emotion recognition from text based on automatically generated rules, *2014 IEEE International conference on data mining workshop*, 14-14 December 2014 Shenzhen, China, IEEE, 383-392.
- Sharma, R., Pachori, R. B. and Sircar, P., 2020, Automated emotion recognition based on higher order statistics and deep learning algorithm, *Biomedical signal processing and control*, 58 (2020), 2-10.
- Sharp, J., 2011, *Historical dictionary of japanese cinema*, Scarecrow press, United Kingdom, ISBN: 987-0-8101-7541-8.
- Sheikholeslami, C., Yuan, H., He, E. J., Bai, X., Yang, L., and He, B., 2007, A high resolution eeg study of dynamic brain activity during video game play, *2007 29th annual*

- international conference of the ieee engineering in medicine and biology society*, 22-26 August 2007 Lyon, France, IEEE, 2489-2491.
- Sheikhpour, R., Sarram, M. A., Gharaghani, S. and Chahooki, M. A. Z., 2017, A survey on semi-supervised feature selection methods, *Pattern recognition*, 64 (2017), 141-158.
- Shin, J., Maeng, J. and Kim, D.H., 2018, Inner emotion recognition using multi bio-signals, *2018 IEEE International conference on consumer electronics - Asia (icce-Asia)*, 24-26 June 2018 JeJu, Korea, IEEE, 206-212.
- Shu, L., Xie, J., Yang, M., Li, Z., Li, Z., Liao, D., Xu, X. and Yang, X., 2018, A review of emotion recognition using physiological signals, *Sensors*, 18 (7), 2074.
- Sinha, S. K. and Wang, M. C., 2008, Artificial neural network prediction models for soil compaction and permeability, *Geotechnical and geological engineering*, 26 (1), 47-64.
- Snyder, C. R. and Lopez, S. J., 2001, *Handbook of Positive Psychology*, Oxford University Press, USA, ISBN: 0-19-513533-4.
- Sokolova, M., Japkowicz, N. and Szpakowicz, S., 2006, Beyond accuracy, f-score and roc: a family of discriminant measures for performance evaluation, *AI 2006: advances in artificial intelligence*, Springer, 4-8 December 2006 Hobart, Australia, ISBN: 978-3-540-49788-2, 1015-1021.
- Solomatine, D. P. and Shrestha, D. L., 2004, AdaBoost.RT: a boosting algorithm for regression problems, *2004 IEEE International joint conference on neural networks*, 25-29 July 2004 Budapest, IEEE, ISBN: 0-7803-8359-1, 1163-1168.
- Song, S., 2014, A reproduction of amusement with prize (awp) in perspective of game graphic and game system, *Proceedings of the Korean institute of information and commucation sciences conference*, The Korea Institute of Information and Commucation Engineering, 525-526.
- Soundariya, R. S. and Renuga, R., 2017, Eye movement based emotion recognition using electrooculography. *2017 Innovations in power and advanced computing technologies (i-PACT)*, 21-22 April 2017 Vellore, Italy, IEEE, 1-5.
- Spacey, J., 2019, *38 types of games*, <https://simplicable.com/new/games>, [Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2020].
- Srinivasulu, S. and Jain, A., 2006, A comparative analysis of training methods for artificial neural network rainfall-runoff models, *Applied soft computing*, 6 (3), 295-306.
- Statista, 2021, *Number of gamers worldwide*, <https://www.statista.com/statistics/293304/number-video-gamers/>, [Ziyaret tarihi: 5 Nisan 2020].
- Steam, 2020, *Çevrimiçi oyun platformu*, <https://store.steampowered.com/about/>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].

- Steam, 2022, God of war, https://store.steampowered.com/app/1593500/God_of_War/, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Suthaharan, S., 2016, *Support vector machine*. Machine learning models and algorithms for big data classification: thinking with examples for effective learning, In: Suthaharan, S. (ed.), Chapter 9, Springer, Boston, MA, ISBN: 978-1-4899-7640-6, 207-235.
- Szwoch, M., 2016, Evaluation of affective intervention process in development of affect-aware educational video games, *2016 federated conference on computer science and information systems (FedCSIS)*, 11-14 September 2016 Gdansk, Poland, ISBN: 978-1-5090-0046-3, 1675-1679.
- Şenli, K., 2011, *EMG (elektromiyografi) kontrollü protez kol tasarımı*, Thesis (Master), Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Taherkhani, A., Cosma, G. and McGinnity, T. M., 2020, AdaBoost-cnn: an adaptive boosting algorithm for convolutional neural networks to classify multi-class imbalanced datasets using transfer learning. *Neurocomputing*, 404 (2020), 351-366.
- Tang, L., Cai, F., and Ouyang, Y., 2019, Applying a nonparametric random forest algorithm to assess the credit risk of the energy industry in China, *Technological forecasting and social change*, 144 (2019), 563-572.
- Tarunika, K., Pradeeba, R. B. and Aruna, P., 2018, Applying machine learning techniques for speech emotion recognition, *2018 9th International conference on computing, communication and networking technologies (ICCCNT)*, 10-12 July 2018 Bengaluru, IEEE, ISBN: 978-1-5386-4431-7, 1-5.
- Tavinor, G. (2008). Definition of Videogames. *Contemporary Aesthetics (Journal)*, 6(1). https://digitalcommons.risd.edu/liberalarts_contempaesthetics/vol6/iss1/16
- TDK, 2019, *Güncel türkçe sözlük*, <https://sozluk.gov.tr/>, [Ziyaret tarihi: 9 Mayıs 2020].
- Technopedia.com, 2018, *What is gaming?*, <https://www.techopedia.com/definition/1913/gaming>, [Ziyaret tarihi: 17 Mart 2020].
- Teplan, M., 2002, Fundamentals of eeg measurement, *Measurement science review*, 2 (2), 1-11.
- Thompson, L., 2009, *Game on: have you got what it takes to be a video game developer? (on the lob)*, Compass Point Books, ISBN: 978-0756542085.
- Thongkam, J., Xu, G. and Zhang, Y., 2008, AdaBoost algorithm with random forests for predicting breast cancer survivability, *2008 ieee international joint conference on neural networks (ieee world congress on computational intelligence)*, 01-08 June 2008 Hong Kong, IEEE, ISBN: 978-1-4244-1820-6, 3062-3069.
- Torres, C. A., Orozco, Á. A. and Álvarez, M. A., 2013, Feature selection for multimodal emotion recognition in the arousal-valence space, *2013 35th annual international*

conference of the ieee engineering in medicine and biology society (embc), 03-07 July 2013 Osaka, IEEE, ISBN: 978-1-4577-0216-7, 4330-4333.

- Towle, V. L., Bolaños, J., Suarez, D., Tan, K., Grzeszczuk, R., Levin, D. N., Cakmur, R., Frank, S. A. and Spire, J.P., 1993, The spatial location of eeg electrodes: locating the best-fitting sphere relative to cortical anatomy, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 86 (1), 1-6.
- Tran, T.K., Vo, Q.N., Hong, X., Li, X. and Zhao, G., 2021, Micro-expression spotting: a new benchmark, *Neurocomputing*, 443 (2021), 356-368.
- Trebuña, P., Halčínová, J., Fil'o, M. and Markovič, J., 2014, The importance of normalization and standardization in the process of clustering, 2014 ieee 12th international symposium on applied machine intelligence and informatics (SAMI), 23-25 January 2014 Herl'any, IEEE, ISBN: 978-1-4799-3441-6, 381-385.
- Tsalera, E., Papadakis, A. and Samarakou, M., 2020, Monitoring, profiling and classification of urban environmental noise using sound characteristics and the knn algorithm, *Energy reports*, 6 (2020), 223-230.
- UCI, 2022, UCI machine learning repository: data sets, <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.php>, [Ziyaret tarihi: 6 Nisan 2022].
- UNICEF, 2020, UNICEF publishes recommendations for the online gaming industry on assessing impact on children, https://www.unicef.org/corporate_partners/index_103954.html, [Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2020].
- Urbanowicz, R. J., Meeker, M., La Cava, W., Olson, R. S. and Moore, J. H., 2018, Relief-based feature selection: introduction and review, *Journal of biomedical informatics*, 85 (2018), 189-203.
- Vallejos, J. A. and McKinnon, S. D., 2013, Logistic regression and neural network classification of seismic records, *International journal of rock mechanics and mining sciences*, 62 (2013), 86-95.
- Van Petten, C. and Kutas, M., 1988, *Tracking the time course of meaning activation*, In Lexical ambiguity resolution, In: Small, S. L., Cottrell, G. W. and Tanenhaus, M. K. (ed.), Chapter 17, Lexical Ambiguity Resolution, Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, ISBN: 978-0-08-051013-2, 431-475.
- Van Vliet, M., Robben, A., Chumerin, N., Manyakov, N. V., Combaz, A. and Van Hulle, M. M., 2012, Designing a brain-computer interface controlled video-game using consumer grade eeg hardware, 2012 ISSNIP biosignals and biorobotics conference: biosignals and robotics for better and safer living (BRC), 09-11 January 2012 Manaus, IEEE, ISBN: 978-1-4673-2476-2, 1-6.
- Vásquez-Correa, J. C., Arias-Vergara, T., Orozco-Arroyave, J. R., Eskofier, B., Klucken, J. and Nöth, E., 2019, Multimodal assessment of parkinson's disease: a deep learning approach. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 23 (4), 1618-1630.

- Vaudour, F. and Heinze, A., 2019, Software as a service: lessons from the video game industry, *Global business and organizational excellence*, 39 (2), 31-40.
- Verma, A. K. and Mangaraj, A. K., 2010, *Analysis and classification of electroencephalography signals*, Thesis (PhD), National Institute of Technology.
- Villines, Z., 2017, *Pulse oximetry: uses and benefits*, <https://www.medicalnewstoday.com/articles/318489>, [Ziyaret tarihi: 16 Nisan 2022].
- Vourvopoulos, A., Bermudez i Badia, S. and Liarokapis, F., 2017, EEG correlates of video game experience and user profile in motor-imagery-based brain-computer interaction, *The visual computer*, 33 (4), 533-546.
- Walsh, D. A. and Gentile, D. A., 2001, A validity test of movie, television, and video-game ratings, *Pediatrics*, 107(6), 1302-1308.
- Wang, K., An, N., Li, B. N., Zhang, Y. and Li, L., 2015, Speech emotion recognition using fourier parameters, *IEEE transactions on affective computing*, 6 (1), 69-75.
- Welykholowa, K., Hosanee, M., Chan, G., Cooper, R., Kyriacou, P. A., Zheng, D., Allen, J., Abbott, D., Menon, C., Lovell, N. H., Howard, N., Chan, W.S., Lim, K., Fletcher, R., Ward, R. and Elgendi, M., 2020, Multimodal photoplethysmography-based approaches for improved detection of hypertension, *Journal of clinical medicine*, 9 (4), 1203.
- WePC, 2022, *Video game industry statistics, trends and data in 2022*. <https://www.wepc.com/news/video-game-statistics/>, [Ziyaret tarihi: 5 Nisan 2022].
- Widodo, A. and Yang, B.S., 2007, Support vector machine in machine condition monitoring and fault diagnosis, *Mechanical systems and signal processing*, 21 (6), 2560-2574.
- Williams, A., 2017, *History of digital games: developments in art, design and interaction*, 1nd ed., Routledge, New York, ISBN: 9781315715377.
- Williams, D., 2006, *A brief social history of game play*, Playing video games: motives, responses, and consequences, In: Vorderer, P. And Bryant, J. (ed.), Routledge, ISBN: 978-0-8058-5322-3, 197-212.
- Wilson, J. L., 2021, The best pc fighting games for 2022, https://www.pcmag.com/picks/the-best-pc-fighting-games?test_uuid=06r4MYCu5PZzCkufjQSV3po&test_variant=b, [Ziyaret tarihi: 25 Kasım 2021].
- Wu, T., Duchateau, J., Martens, J.-P. and Van Compernelle, D., 2010, Feature subset selection for improved native accent identification, *Speech communication*, 52 (2), 83-98.
- Wukitsch, M. W., Petterson, M. T., Tobler, D. R. and Pologe, J. A., 1988, Pulse oximetry: analysis of theory, technology, and practice, *Journal of clinical monitoring*, 4 (4), 290-301.
- Xing, F., Guo, P. and Lyu, M. R., 2005, A novel method for early software quality prediction based on support vector machine, *16th ieee international symposium on software*

- reliability engineering (ISSRE'05)*, 08-11 November 2005 Chicago, IEEE, ISBN: 0-7695-2482-6, 10- 222.
- Xu, Y., Liu, G., Hao, M., Wen, W. and Huang, X., 2010, Analysis of affective ecg signals toward emotion recognition, *Journal of electronics (China)*, 27 (1), 8-14.
- Yalçınöz, H. B., 2020, *Alzheimer ve vasküler demans hastalarının eeg kayıtlarının senkronizasyon analiziyle incelenmesi*, Thesis (Master), Mersin Üniversitesi.
- Yang, W., Rifqi, M., Marsala, C. and Pinna, A., 2018, Physiological-based emotion detection and recognition in a video game context, *2018 International joint conference on neural networks (IJCNN)*, 08-13 July 2018 Rio de Janeiro, IEEE, ISBN: 978-1-5090-6014-6, 1-8.
- Yang, X., Zhang, G., Lu, J. and Ma, J., 2011, A kernel fuzzy c-means clustering-based fuzzy support vector machine algorithm for classification problems with outliers or noises. *IEEE transactions on fuzzy systems*, 19 (1), 105-115.
- Yau, H. and Wong, H., 2020, *Censorship in Japan*, 1nd ed., Routledge, London, ISBN: 978-1-315-40906-1.
- Zaid, B., 2018, A normative study of broadcast regulators in the arab world, *International journal of communication*, 12 (2018), 4401-4420.
- Zamora, I. N., Benítez, D. S. and Navarro, M. S., 2019, On the use of the emotiv cortex ap1 to control a robotic arm using raw eeg signals acquired from the emotiv insight neuroheadset, *2019 iee Chilean conference on electrical, electronics engineering, information and communication technologies (CHILECON)*, 13-27 November 2019 Valparaíso, IEEE, ISBN: 978-1-72813-185-6, 1-6.
- Zangeneh Soroush, M., Maghooli, K., Setarehdan, S. K. and Nasrabadi, A. M., 2020, Emotion recognition using eeg phase space dynamics and poincare intersections, *Biomedical signal processing and control*, 59 (2020), 1-18.
- Zeng, X. and Martinez, T. R., 2000, Distribution-balanced stratified cross-validation for accuracy estimation, *Journal of experimental & theoretical artificial intelligence*, 12 (1), 1-12.
- Zhang, Q., Chen, X., Zhan, Q., Yang, T. and Xia, S., 2017, Respiration-based emotion recognition with deep learning, *Computers in industry*, 92-93 (2017), 84-90.
- Zhang, S., Li, X., Zong, M., Zhu, X. and Cheng, D., 2017, Learning k for knn classification, *ACM transactions on intelligent systems and technology (TIST)*, 8 (3), 1-19.
- Zhang, S., Li, X., Zong, M., Zhu, X. and Wang, R., 2018, Efficient knn classification with different numbers of nearest neighbors, *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 29 (5), 1774-1785.

- Zhong, Z.J., 2011, The effects of collective mmorpg (massively multiplayer online role-playing games) play on gamers' online and offline social capital, *Computers in human behavior*, 27 (6), 2352-2363.
- Zhou, X., Garcia-Romero, D., Duraiswami, R., Espy-Wilson, C. and Shamma, S., 2011, Linear versus mel frequency cepstral coefficients for speaker recognition, *2011 IEEE workshop on automatic speech recognition understanding*, 11-15 December 2011 Waikoloa, IEEE, ISBN: 978-1-4673-0367-5, 559-564.



EKLER

EK 1. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ETİK KURUL İZNİ

Tarih ve Sayı: 01/07/2020-74128



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu
Başkanlığı



Sayı :35980450-663.05-
 Konu :Durmuş KOÇ

Sayın Durmuş KOÇ

İlgi :29/05/2020 tarihli, 23774 sayılı yazı

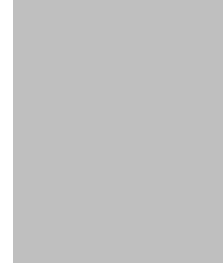
Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2020/75 dosya numaralı "Video Oyunların Bilgisayar Giriş Birimleri Yoluyla Elde Edilen Veriler ve Biyosinyaller ile Etiketlenmesi" başlıklı çalışma Kurulumuzun 08.06.2020 tarih 07 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş olup, karar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

e-İmzalı
 Prof. Dr. N. Tolga SARUÇ
 Başkan

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Durmuş Koç
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte	Eğitim Fakültesi
Bölümü	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi
Mezuniyet Yılı	13.06.2008

Yüksek Lisans	
Üniversite	Süleyman Demirel Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Eğitim Teknolojileri
Programı	Eğitim Teknolojileri

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Enformatik Anabilim Dalı
Programı	Enformatik Programı

Makale ve Bildiriler	
Makaleler - Koç, D., Seçkin, A. Ç. and Satı, Z. Evaluation of Participant Success in Gamified Drone Training Simulator Using Brain Signals and Key Logs. Brain Sciences (Special Issue "Neuroinformatics and Signal Processing"), 2021. - Yücesoy, S. A., Koç, D., Multicopters and potential security threats in near future, International Journal of Advance Robotics & Expert Systems (JARES),1(1), 11 –19, 2016. - Köse, U., Koç, D. and Yücesoy, S. A., Design and development of a sample “computer programming” course tool via story-based e-learning approach, Educational Sciences: Theory & Practice, 13(2), 1235 – 1250, 2013.	

- Köse, U., Koç, D. and Yücesoy, S. A., An augmented reality based mobile software to support learning experiences in computer science courses, Educational Sciences: Theory & Practice, 25, 370 – 374, 2013.
- Akkoç F., Koç D. and Akkoç F., “Uşak Üniversitesi Öğrencilerinin Spor Ayakkabı Marka Sadakatlerini Değerlendirmeye Yönelik Bir Uygulama”, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Yıl. 2012, Sayı. 3, Sayfa. 196-212.

Bildiriler

- Koç, F., Koç, D. Blockchain Technology and Blockchain Based Accounting The Effect Of The System On The Audit Process. 6. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Mardin, 25-27 Haziran 2021.
- Demirbilek, M., Koç, D. In Their Own Words: Teachers Experiences and Activities in 3D Virtual Worlds for Foreign Language Teaching. On ICT in Education, Research, and Industrial Applications, Kherson/ Ukrain, September 28- October 02, 2021.
- Demirbilek, M. and Koç, D. Using Computer Simulations and Games in Engineering Education: Views from the Field. ICT in Education, Research, and Industrial Applications. Kherson/Ukrayna. 12-15 Haziran 2019.
- Kaynak, İ., Seçkin, A. Ç., Yücesoy, S. A., Koç, D. “Design of Multi Functional Human Machine Interface Device”, International Conference on Computer Science and Engineering 2016 (UBMK’16), (47-51), Tekirdağ, 20-23 October 2016.
- Demirbilek, M., Koç, D., “Video Oyunlarının ve Video Oyun Kafelerin Birey Sağlığına Etkileri: Nitel Bir Araştırma”, Akademik Bilişim 2016 (AB 2016), Aydın, 30 Ocak – 5 Şubat 2016.
- Köse, U., ve Koç, D., “Bilişim Suçlarıyla Mücadelede Üniversite ve Emniyet İşbirliği: Bir Eğitim Süreci”, Akademik Bilişim 2013 (AB 2013), Antalya, 23 – 25 Ocak 2013, 2013.
- Kıyak, O., Köse, U., Koç, D. ve Bulut, R. “Akademik Dünya için Yetenekli Bir Web/İçerik Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi”, Türkiye’de İnternet Konferansı 2012 (INET-TR 2012), Eskişehir, 7 – 9 Kasım 2012, 2012.