



Yüz İfadesini Algılayarak Ruh Halini Dengeleyecek Müzik Öneren Yapay Zekâ Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirilmesi

Yazılım Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Berke Bartuğ Sevindik

ORCID 0000-0002-5147-5300

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Vahide BULUT

Aralık 2023

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Berke Bartuğ Sevindik** tarafından hazırlanan **Yüz İfadesini Algılayarak Ruh Halini Dengeleyecek Müzik Öneren Yapay Zekâ Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirilmesi** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Vahide Bulur
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Aytuğ ONAN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Doç. Dr. Hatice YILDIZ DURAK
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Savunma Tarihi: 03.01.2023

Yazarlık Beyanı

Ben, **Berke Bartuğ Sevindik**, başlığı **Yüz İfadesini Algılayarak Ruh Hâlini Dengeleyecek Müzik Öneren Yapay Zekâ Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirilmesi** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim.

Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısı ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 08.11.2021

Yüz İfadesini Algılayarak Ruh Hâlini Dengeleyecek Müzik Öneren Yapay Zekâ Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirilmesi

ÖZ

Günümüzde insanların karşılaştığı çeşitli zorluklar sonucu yaşadıkları stres, yorgunluk ve duygusal dalgalanmalar, bireylerin duygusal dengelerini kaybetmelerine neden olabilmektedir. Bu nedenle, insanlar stresle başa çıkmanın yollarını aramakta ve bunun için meditasyon, yoga, egzersiz, psikoterapi gibi yöntemlere başvurabilmektedir. Ancak, bu yöntemlerin bazen zaman alıcı, maliyetli veya uygulamasının zor olabileceği gerçeği göz önüne alındığında, yapay zekâ teknolojisinin bu alanda nasıl yardımcı olabileceği önem kazanmaktadır. Yapay zekâ, farklı alanlardaki insanların günlük yaşamlarını kolaylaştırmak ve sorunlarına çözüm bulmak için kullanılmaktadır. Müziğin insanın zihinsel ve fiziksel sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu bilimsel olarak gösterilmiştir. Müzik; stresi azaltma, anksiyeteyi hafifletme, motivasyonu artırma ve genel zihinsel sağlığı destekleme gibi olumlu etkiler sunabilmektedir. Bu çalışma bağlamında, özellikle görüntü işleme alanında etkili bir derin öğrenme yöntemi olan Convolutional Neural Network (CNN) algoritması kullanılmıştır. Kullanıcının yüz ifadesi, algoritma tarafından analiz edilmekte ve kullanıcının ruh hâline uygun müzik önerileri, geliştirilen mobil uygulama aracılığıyla sunulmaktadır. Örneğin, kullanıcının hüzünlü olduğu tespit edildiyse daha sakin ve rahatlatıcı müzikler önerilebilmektedir. Araştırma, yapay zekâ teknolojisi ile müziğin birleşimini kullanarak insanların duygusal denge ve refahlarını artırma potansiyelini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: *yapay zekâ, mobil uygulama, müzik terapisi, duygusal denge, derin öğrenme*

Developing an Artificial Intelligence-Based Mobile Application that Recommends Music to Balance Mood by Detecting Facial Expression

Abstract

Stress, fatigue and emotional fluctuations that people experience as a result of the various challenges they face today can cause individuals to lose their emotional balance. Therefore, people seek ways to overcome stress and may resort to methods such as meditation, yoga, exercise, and psychotherapy. However, given the fact that these methods can sometimes be time-consuming, costly or difficult to implement, it becomes important how artificial intelligence technology can help in this area. Artificial intelligence is used to facilitate the daily lives of people in different fields and to find solutions to their problems. It has been scientifically shown that music has positive effects on people's mental and physical health. Music can provide positive effects such as reducing stress, alleviating anxiety, increasing motivation and supporting general mental health. In scope of this study, Convolutional Neural Network (CNN) algorithm, which is an effective deep learning method especially in the field of image processing, is used. The user's facial expression is analyzed by the algorithm and music recommendations that are appropriate for the user's mood are presented through the mobile application. For example, if it is determined that the user is sad, calmer and relaxing music will be recommended. The research demonstrates the potential of combining artificial intelligence technology and music to improve people's emotional balance and well-being.

Keywords: artificial intelligence, mobile application, music therapy, emotional balance, deep learning

İçindekiler

Yazarlık Beyanı.....	ii
Öz.....	iii
İçindekiler	v
Şekiller Listesi.....	vii
Bölüm 1	1
Giriş	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
Bölüm 2.....	3
Literatür Bilgileri	3
Bölüm 3.....	6
Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri	6
3.1 Makine Öğrenmesi ve Görüntü İşleme	6
3.1.1 Makine Öğrenmesi Modelleri	8
3.1.1.1 Yapay Sinir Ağları.....	8
3.1.1.2 Destek Vektör Makineleri (SVM)	9
3.1.1.3 Naive Bayes	10
3.1.1.4 K-En Yakın Komşu (KNN).....	11
3.1.1.5 Rastgele Orman.....	12
3.2 Derin Öğrenme Yöntemleri.....	13
3.2.1 Evrışimsel Sinir Ağ (CNN).....	13
3.2.2 Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN)	15
Bölüm 4.....	16
Materyal ve Metodlar	16

4.1	Uygulama Yazılımları	16
4.1.1	Kullanılan Dil ve İlgili Kütüphaneler	16
4.1.2	Uygulama Kapsamında Kullanılan Derin Öğrenme Modeli.....	18
4.2	Modelin Eğitilmesi	19
4.3	Modelin Mimarisini Oluşturulması	21
4.4	Eğitim Aşamaları.....	22
4.5	Modelin Değerlendirilmesi.....	25
4.6	Mobil Uygulama Tasarımının Gerçekleştirilmesi.....	27
4.6.1	Mobil Uygulama Yazılımının Geliştirilmesi	29
4.6.2	Sistemin Genel Anlatımı	32
4.6.2.1	Ana Ekrandaki Mod Yükseltme Dengeleme Seçeneklerinin Tanıtımı	33
4.6.2.2	Fotoğraf ile Ruh Halini Dengelemek veya Ruh Halinde Kalma Ekranının Tanıtımı	34
4.6.2.3	Emoji ile Ruh Halini Dengelemek veya Ruh Halinde Kalma Ekranının Tanıtımı	35
4.6.2.4	Müzik Çalma Ekranı	36
Bölüm 5	38
Sonuç ve Öneriler	38
5.1	Sonuç	38
5.2	Öneriler.....	40
Kaynaklar	42

Şekiller Listesi

Şekil 3.1: Sinir hücresi ve yapay sinir ağı.....	9
Şekil 3.2: Destek vektör makineleri.....	10
Şekil 3.3: K-NN örneklendirmesi.....	11
Şekil 3.4: Rastgele orman modeli.....	13
Şekil 3.5: Evrişimsel nöral ağ (CNN).....	15
Şekil 4.1: Verilerin sütun grafikleri.....	19
Şekil 4.2: Verilerin dairesel grafikleri.....	20
Şekil 4.3: Örnek yüz ifadeleri.....	20
Şekil 4.4: Örnek yüz ifadelerinin ölçüleri.....	20
Şekil 4.5: Modelin katmanları.....	22
Şekil 4.6: Eğitim aşamaları.....	24
Şekil 4.7: Doğruluk - döngü grafiği.....	25
Şekil 4.8: Hata matrisi.....	26
Şekil 4.9: Renk paleti.....	29
Şekil 4.10: Uygulama logosu.....	29
Şekil 4.11: Yüz ifadelerindeki mimikler.....	30
Şekil 4.12: Uygulama yüklenme ekranı.....	33
Şekil 4.13: Uygulama giriş ekranı.....	34
Şekil 4.14: Uygulama yüz tanımlama ekranı.....	35
Şekil 4.15: Emoji ile ruh hali seçim ekranı.....	36
Şekil 4.16: Müzik liste ekranı ve müzik çalma ekranı.....	37

Bölüm 1

Giriş

Günümüzde insanların karşılaştığı stresli, yorgun ve duygusal zorlukların, sağlıkları üzerinde olumsuz etkisi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. İş hayatı, ailevi sorunlar, sosyal hayat gibi sebepler, insanların dengeyi kaybetmelerine ve ruh hâllerinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, insanlar stresle başa çıkmanın yollarını aramakta ve meditasyon, yoga, egzersiz, psikoterapi, müzik dinleme vb. yöntemlere başvurmaktadır ancak, bu yöntemlerin uygulanması bazen zaman alıcı, maliyetli veya zor olabilmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ teknolojisi, hayatımızı kolaylaştırmak için önemli bir rol üstlenmektedir. Bu amaçla teknoloji, farklı alanlarda kullanılarak insanların günlük yaşamlarını kolaylaştırmak için çözümler sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, kullanıcıların ruh hâlini tespit ederek müzik önerileri sunan yapay zekâ tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. Kullanıcıların yüz ifadelerinden analiz edilerek, kullanıcının ruh haline uygun müzik önerileri sunulmaktadır. Uygulama, insanların ruh hâllerini dengeleyerek daha mutlu ve huzurlu bir yaşam sürmelerine yardımcı olabilmelerini amaçlamaktadır.

Araştırmalar, müziğin insanların zihinsel ve fiziksel sağlıklarını olumlu yönde etkilediğini ve stresi azaltma, anksiyeteyi hafifletme, motivasyonu artırma ve genel zihinsel sağlığı destekleme gibi olumlu etkileri olduğunu göstermektedir [1]. Müzik, duygusal düzenleme ve ruh hâlini iyileştirme konusunda önemli bir potansiyele sahiptir.

Tez kapsamında geliştirilen yapay zekâ tabanlı mobil uygulama, kullanıcıların ruh hâllerini tespit edip müzik önerileri sunarak onların stresle başa çıkmalarına ve daha

mutlu bir yaşam sürmelerine yardımcı olmayı hedeflemektedir. Uygulama, müzik terapisi prensiplerine dayandığı için, insanların zihinsel ve fiziksel sağlıklarını olumlu yönde etkilemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, literatürdeki müzik psikolojisi ve yapay zekâ teknolojisinin birleşimi çalışmalarını gözden geçirerek yeni bir perspektif sunmayı hedeflemekte ve bu alanlarda önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Günümüzde insanlar, duygusal durumlarını ifade etmek ve paylaşmak için çeşitli yöntemlere başvurmaktadırlar. Bu yöntemler arasında psikologlarla görüşmek, terapötik destek almak, sosyalleşmek gibi farklı seçenekler de bulunmaktadır ancak, bazı insanlar için bu yöntemler yeterli gelmemekte ve duygusal dengeyi sağlama konusunda daha etkili bir çözüm arayışı içerisine girebilmektedirler. Son araştırmalar, bireylerin müzik dinleme ihtiyacı ile ilişkili en yaygın nedenlerden birinin ruh hâlini iyileştirme ve duygusal düzenleme olduğunu göstermektedir [2-10]. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda tez kapsamında, yapay zekâ teknolojisi ve müzik terapisini bir araya getirerek kullanıcıların duygusal denge ve iyilik hâllerini artırmayı hedefleyen bir uygulama geliştirmektir. Bu uygulama, kullanıcının yüz ifadesi analizi yoluyla ruh hâlini algılayacak ve buna uygun müzik listesi önerisi sunacaktır. Kullanıcının yüz ifadesi, algoritma tarafından analiz edilmekte ve doğal, kızgın, üzgün, mutlu ya da şaşkın gibi farklı ruh hâlleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre, kullanıcının ruh hâline uygun müzik önerileri sunulmakta ve bu sayede kullanıcının duygusal dengeye ulaşmasının sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışmanın, müzik ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu ile duygusal sağlığı desteklemek için önemli bir adım olduğu düşünülmektedir.

Bölüm 2

Literatür Bilgileri

Bu bölümde, tez kapsamında üzerinde durulacak konu ile alakalı literatür çalışmaları hakkında bilgi verilecektir.

Müzik; farklı perdeleri, armonik bir düzende, farklı süre, yoğunluk ve tınıda bir araya getirebilme sanatıdır. Yani insan zekâsının hatta insan beyninin yarattığı bir olgudur [11]. Chamorro-Premuzic ve Furnham [12] insanların müzik dinleme nedenlerinin üç ana kategoride değerlendirebileceğini saptamıştır. Bunları; müziğin duygusal nedenlerle kullanımı (duygu ya da ruh hâlini düzenleme), müziğin bilişsel kullanımı (müziğin entelektüel amaçla dinlenmesi) ve müziğin arka plan olarak kullanımı (müziğin çalışma, okuma ya da sosyalleşme gibi etkinlikler sırasında dinlenmesi) olarak sıralanmıştır.

Müzik; duygusal durumu düzenlemek, stresi azaltmak ve zihinsel sağlığı desteklemek için güçlü bir araçtır. Müzik terapisi; depresyon, anksiyete ve stres gibi ruh sağlığı sorunlarının tedavisinde etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır [13]. Araştırmalar, müziğin dinleyicilerde belirli duygusal tepkileri ortaya çıkardığını göstermiştir [14-17]. Genel olarak stres seviyesi yüksek kişilerin müziği daha çok duygusal düzenlemeler için kullanmaya eğilimli olduğu ve iyimser/geleneksel türlere daha çok yöneldiği saptanmıştır [18]. Müzik; endorfin, oksitosin ve kortizol gibi kimyasal maddelerin salınımını etkileyerek duygusal dengeyi sağlayabilir. Bu nedenle, müzik terapisi, depresyon, stres ve travma sonrası stres bozukluğu gibi durumların tedavisinde kullanılan etkili bir yöntemdir [19].

Renkler, duygusal ve bilişsel tepkileri etkileyen güçlü bir araçtır. Özellikle, sıcak renkler (örneğin kırmızı, turuncu) enerjiyi artırırken, soğuk renkler (örneğin mavi, yeşil) sakinlik ve huzur hissi yaratır [20]. Açık mavi bir gök moralimizi yükseltebilir

ve koyu bulutlarla kaplı bir gök keyfinizi kaçırap, keder duymamıza neden olabilir. Güneş ışığı çoğunuza sevinç verir; yılın her mevsimi değişik renklere sahiptir ve davranışlarını etkileyebilir [21]. Ayrıca renklerin duygusal etkileri, genellikle kültürel faktörler, yaşam deneyimleri ve bireysel tercihlerle değişebilmektedir. Örneğin; kırmızı renk Batı kültüründe tutku ve aşkı temsil ederken, Doğu kültüründe şans ve mutlulukla ilişkilendirilebilir. Bunun yanı sıra kültürel faktörlerin yanı sıra bireysel deneyimler de renk algısını etkiler. Örneğin, bir renk kişiye bağlı olarak pozitif veya negatif bir duygu uyandırabilir [22].

Kromaterapi, renklerin kullanımı yoluyla bir iyileştirme tekniğidir. Renklerin enerjisini ve evrensel özelliklerini kullanarak vücudun kendi kendini iyileştirmesi uyarılır [23]. Örneğin; kırmızı renk, depresyon ve kaygı gibi duygusal durumları hafifletmeye yardımcı olabilir. Renklerin psikolojik etkileri, reklamcılık, pazarlama ve tasarım gibi alanlarda kullanılarak tüketici davranışı üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Renk seçimi, marka algısını etkileyebilir ve tüketici tercihlerini yönlendirebilir [24].

Akıllı telefonların taşınabilir kişisel asistanlar hâline gelmesi sonucunda bilişim teknolojisi ile etkileşim süresi ve mobil sistemlere ilgi artmıştır [25]. Mobil uygulamalar, son yıllarda kullanımı hızla artan teknolojik araçlardandır. Kolay kullanılabilir, anlaşılır ve uyum sağlayabilen ara yüz, kullanıcı dostu olduğundan kullanıcı ile uygulamanın etkileşimini artırır [26]. Mobil uygulamalar, kullanıcılara birçok avantajlar sağlamakta ve bu avantajlar onların hayatını kolaylaştırmaktadır. Mobil uygulamalar, kullanıcı deneyimini iyileştirerek daha etkileşimli ve özelleştirilmiş bir kullanım sağlar [27].

Son yıllarda, birçok teknoloji şirketi ve geliştirici, müzik önerileri sunan uygulamalar piyasaya sürmüştür. Bazıları yalnızca dinlenen müziğe dayalı olarak öneriler sunarken, bazıları kullanıcının tercihlerini ve beğenilerini de dikkate almaktadır. Örneğin; Spotify [28], kullanıcıların dinlediği müziklere dayalı olarak yeni öneriler sunmaktadır. Benzer şekilde, Apple Music [29], kullanıcıların tercihlerine göre öneriler sunmaktadır. Fakat bu uygulamalar kullanıcının ruh hâlini tespit etmeyip kullanıcının ruh hâlini seçenekler arasından seçilmesini istemektedir. Diğer taraftan, Moodagent [30] adlı uygulama, müzik önerilerini kullanıcının ruh hâline göre sunmaktadır. Ancak, bu uygulama yalnızca belirli ruh hâlleri için öneriler sunmakta

ve kullanıcının ruh hâlini doğrudan algılamamaktadır. Ayrıca, kullanıcıya sunulan şarkı listesinden kullanıcının istediği şarkıyı seçmesi beklenmektedir.

İlgili literatür taramasından sonra tespit edilen eksiklikler doğrultusunda tez çalışmasında, kullanıcının ruh hâlini bir fotoğraf aracılığıyla algılayıp kişiye ruh hâline göre müzik listesi önerisi sunabilen bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın kullanıcı dostu olması, kullanıcının ruh hâlini dengelemesi veya ruh hâlinde kalmasının yine onun tercihinin bırakılması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda uygulamanın kullanıcı tarafından kolay kullanılması ve uygulama içerisinde müzik listesi önerilerine hızlı erişmesi hedeflenmiştir.

Bölüm 3

Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri

Makine öğrenmesi, veri analizi, desen tanıma ve karmaşık problemlerin çözümü gibi yeteneklerle bilgisayarların insan benzeri kararlar almasını sağlayan bir alandır [31]. Derin öğrenme, insanın düşünce yapısını veri setlerindeki örüntüler ile deneyimleyerek bilgisayara öğreten, yapay zekâ kavramını içinde barındırdığı makine öğrenmesi konusunun birçok multidisipliner alan ile çalışılabilir özel bir hâlidir [32]. Tez kapsamında, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri, kullanıcıların ruh hâlini algılamak ve müzik önerileri sunmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu bölümde, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerine ilişkin bilgiler verilecektir.

3.1 Makine Öğrenmesi ve Görüntü İşleme

Zekâ, gerçek hayatta karşılaşılan problemlere etkili ve verimli çözümler üretebilme kabiliyeti, başka bir deyişle bir ürün veya bir değer ortaya koyabilme kapasitesidir [33]. Yapay zekâ kavramı, ilk olarak 1956 yılında Dortmund Konferansı'nda John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude E. Shannon tarafından sunulan bir öneri mektubunda dile getirilmiştir. Ancak bu kavramın mucidi olarak John McCarthy kabul edilmektedir [34]. Yapay zekâ, bilgisayarların veri analizi, desen tanıma ve karmaşık problemleri çözme gibi yetenekleri kullanarak insan benzeri kararlar almasını sağlayan bir alanı temsil eder [35]. Yapay zeka, bilgisayar sistemlerine öğrenme, akıl yürütme, dil işleme ve algılama gibi insan benzeri zeka özelliklerini kazandırmayı amaçlayan bir araştırma alanıdır [36].

Makine öğrenmesi ise, bilgisayar sistemlerinin verilerden otomatik olarak öğrenme yapabilme yeteneğini ifade eder [31]. Yapay zekânın bir alt dalı olarak görülen makine öğrenmesi, bilgisayarlara bir problem çözmek için olabilecek her adımı önceden vermek yerine, algoritmalar ile ne yapacaklarını öğrenmelerini sağlamaktır. Bu durum, önceden belirlenmiş bir yolu takip eden programlar yerine, dinamik olarak ortaya çıkabilecek bir soruna daha önce tanımlanmış/öğrenilmiş çok sayıda içeriği kullanarak çözüm bulan algoritmaların geliştirilmesi demektir [37]. Makine öğrenmesi, birçok sektörde başarılı sonuçlar elde etmek için kullanılan güçlü bir araçtır. Tıp alanında, hastalık teşhisinde ve tedavi planlamasında yardımcı olabilir. Finans sektöründe, risk analizi ve portföy yönetimi gibi alanlarda kullanılarak karar verme süreçlerini destekleyebilmektedir. Pazarlama ve reklamcılıkta, tüketici davranışlarını analiz ederek hedef kitleye özelleştirilmiş pazarlama stratejileri oluşturulmasına katkı sağlar [38]. Özellikle büyük veri analitiği ve karmaşık desenleri keşfetme konusunda etkili bir araç olmasıyla öne çıkan bir teknoloji olmaktadır. Bu algoritmalar, insan müdahalesi olmadan verileri işleyebilir ve öngörülerde bulunabilmektedir [39]. Sınıflandırma, kümeleme, regresyon gibi çeşitli algoritmalar, farklı veri analizi problemlerine çözüm sunmaktadır.

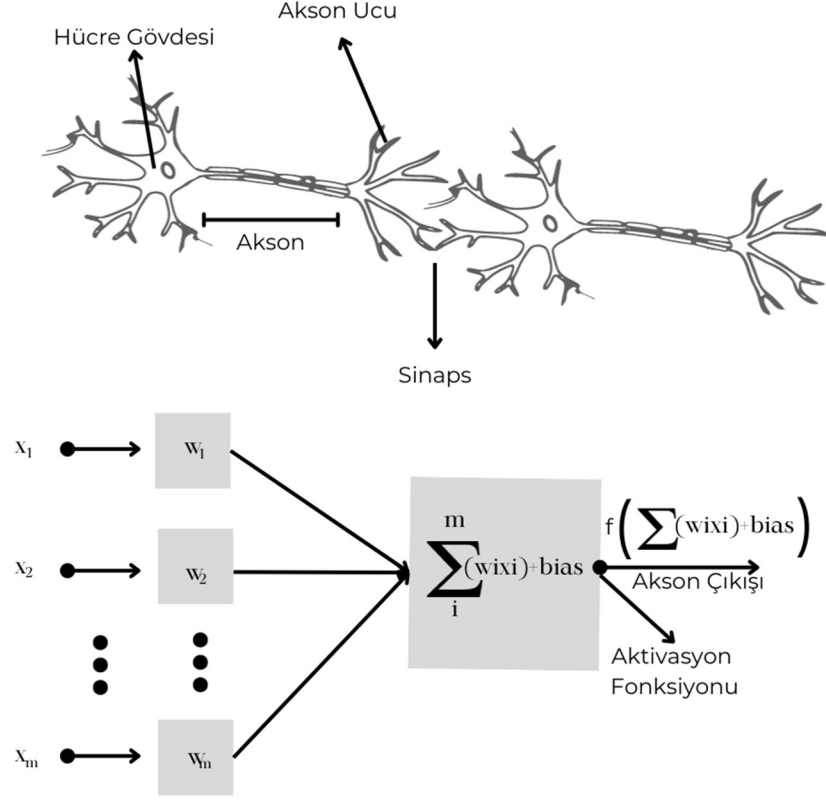
Görüntü işleme, görüntülerin sayısal temsillerinin matematiksel işlemlerle analiz edilmesini içerir. Görüntülerin işlenmesi sırasında çeşitli algoritmalar ve yöntemler kullanılır. Örnek olarak, görüntü işleme teknikleri arasında filtreleme, kesme, yeniden boyutlandırma, kenar tespiti ve nesne tanıma gibi işlemler bulunur [40]. Görüntü işleme teknolojisi, kullanıcıların elinde bulunan görüntüleri istedikleri amaçlara uygun hâle getirmelerini sağlar. Örneğin; fotoğraf düzenleme uygulamalarında kullanıcılar, renk ayarları, kontrast düzenlemeleri veya kırpma işlemleri gibi işlemlerle görüntüleri kişiselleştirebilirler. Bu sayede, kullanıcıların estetik tercihlerine ve ihtiyaçlarına uygun bir görüntü elde etmeleri mümkün olur [41]. Görüntü işleme teknolojisi, özellikle yapay zekâ ve nesne algılama gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Görüntü işleme yöntemleri; nesnelerin tanınması, yüz tespiti, hareket analizi gibi karmaşık görevlerde kullanılarak insan benzeri algılama ve analiz yapabilen sistemlerin geliştirilmesini sağlar [42]. Ayrıca, tıp görüntüleme alanında da görüntü işleme teknikleri kullanılarak hastalıkların teşhisi, tedavi planlaması ve cerrahi müdahalelerin yönlendirilmesi gibi önemli uygulamalar gerçekleştirilir [43].

3.1.1 Makine Öğrenmesi Modelleri

Makine öğrenmesi 3.1 başlığı altında detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, yüz ifadesinin analizi için kullanılan makine öğrenme modelleri de bu başlık altında listelenmiştir. Özellikle, yüz ifadesi analizi için geliştirilen algoritmalar arasında SVM (Destek Vektör Makinesi), Naive Bayes, KNN (K En Yakın Komşu) ve Random Forests gibi makine öğrenmesi algoritmaları yer almaktadır. Destek Vektör Makineleri (SVM), Vapnik ve diğer araştırmacılar tarafından geliştirilen makine öğrenme algoritmalarıdır [43-46].

3.1.1.1 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir sistemlerinden ilham alarak tasarlanmış, veri analizi ve örüntü tanıma konularında başarılı sonuçlar veren bir makine öğrenimi yaklaşımıdır [47]. YSA'lar, birbiriyle bağlantılı nöron adı verilen temel birimlerden oluşur. Bu nöronlar, girdi verilerini işler, ağırlıkları ve aktivasyon fonksiyonları aracılığıyla örüntülerin algılanmasını sağlar [48]. Derin Yapay Sinir Ağları (DNN'ler), çok katmanlı bir yapıda nöronları bir araya getirerek karmaşık örüntüleri öğrenme yeteneklerini artırır [49]. Yapay sinir ağları; insan beyninden esinlenerek, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi uğraşı sonucu ortaya çıkmıştır [50].



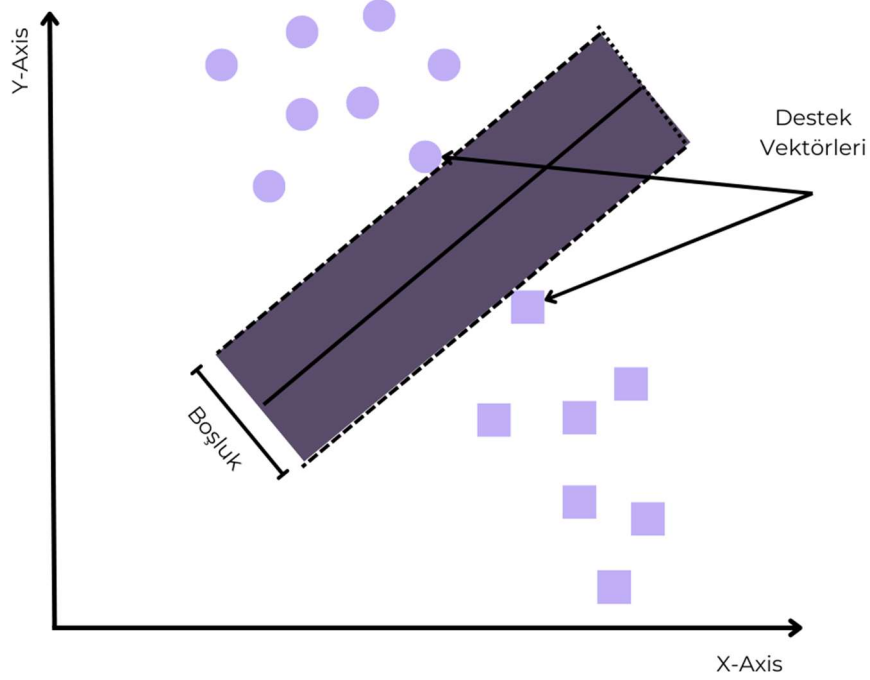
Şekil 3.1: Sinir hücresi ve yapay sinir ağı

Biyolojik sinir sisteminden ilham alınan bir sinir hücresi ile yapay sinir ağı arasındaki benzerlik Şekil 3.1’de verilmiştir.

3.1.1.2 Destek Vektör Makineleri (SVM)

Destek Vektör Makineleri (SVM); veri sınıflandırma, regresyon ve ayırma problemlerini çözmek için kullanılan güçlü bir makine öğrenimi algoritmasıdır [45]. Bu algoritma, doğrunun iki sınıfındaki elemanların en uzak yerden geçecek şekilde ayarlanmasını sağlar. SVM, özellikle sınıflandırma problemlerinde yüksek doğruluk ve genelleme yetenekleri ile bilinir [51].

SVM'nin avantajları arasında; veri boyutlarındaki artışa dayanıklılığı, yüksek boyutlu uzaylarda etkin performansı ve çeşitli çekirdek fonksiyonlarını kullanabilme esnekliği yer almaktadır. Ancak, büyük veri setlerinde eğitilirken zaman alıcı olabilir ve modelin karmaşıklığını kontrol etmek için uygun hiper parametrelerin seçilmesi gerekebilir [84]



Şekil 3.2: Destek vektör makinelere

Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi, SVM veri noktalarını belirli sınıflara ayırmak için bir hiper düzlem oluşturmaktadır. Bu hiper düzlem, iki sınıftaki örneklerin en uzak noktadan geçmesini sağlar, böylece sınıflar arasındaki en iyi ayrımı elde eder.

3.1.1.3 Naive Bayes

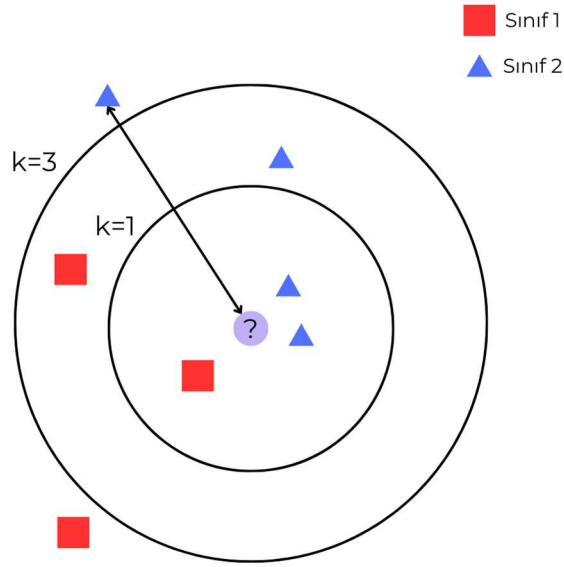
Naive Bayes sınıflandırıcı, temel olarak Bayes Teoremi üzerine kurulu bir olasılık tabanlı bir sınıflandırma yöntemidir [52]. Bu sınıflandırıcı, özellikle metin madenciliği ve duygu analizi gibi metin tabanlı veri analizi görevlerinde etkilidir [53]. Bu sınıflandırma algoritmasının temeli Bayes teoremine dayanmaktadır. Naive Bayes sınıflandırma algoritması, her durumun olasılığını hesaplar ve bir eleman için en yüksek olasılık değerine göre sınıflandırma yapmaktadır.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \quad (3.1)$$

Yukarıdaki Bayes formülünde $P(A)$, A olayının gerçekleşme olasılığını temsil ederken $P(B)$ ise B olayının gerçekleşme olasılığını temsil etmektedir. $P(A|B)$, B olayı gerçekleştiğinde A olayının gerçekleşme olasılığını temsil ederken $P(B|A)$ ise A olayı gerçekleştiğinde B olayının gerçekleşme olasılığını temsil etmektedir.

3.1.1.4 K-En Yakın Komşu (KNN)

K-En Yakın Komşular (KNN) sınıflandırma ve regresyon görevlerinde yaygın olarak kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır [54]. Temelde düşüncesi oldukça basittir. Bir veri noktasının sınıfını veya değerini tahmin etmek için, genellikle en yakın komşularının sınıf veya değerlerine dayanmaktadır.



Şekil 3.3: K-NN örneklendirmesi

Şekilde 3.3'te örneklendirildiği üzere X_1 ve X_2 değerine sahip iki gözlem birimi ve Y bağımlı değişken “?” olarak verilmiştir. Y bağımlı değişkeninin tahmini yapılmak istendiğinde, Minkowski, Euclidian veya Manhattan bir uzaklık hesabı ile birlikte en yakın K adet gözlem birimi hesaplanmaktadır. Bu hesaba da dayanarak gözlem birimlerinin bağımlı değişkenlerinin (Y değerlerinin) ortalaması alınır. En sık gözlenen frekansı, tahmin edilen sınıf olarak belirlenmektedir.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n |p_i - q_i| \quad (3.3)$$

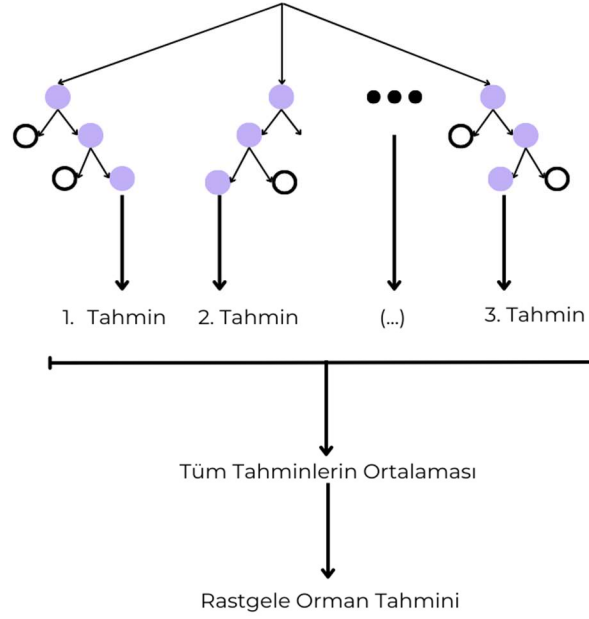
$$\left(\sum_{i=1}^n |p_i - q_i|^r \right)^{1/r} \quad (3.4)$$

Uzaklık hesaplarını formülleri, Formül (3.2,3.3 ve 3.4) de sırasıyla Euclidian, Manhattan ve Minskowski uzaklık hesaplamalarını göstermektedir. KNN'nin yaygın kullanım alanları arasında desen tanıma, görüntü işleme, metin madenciliği ve biyoinformatik bulunmaktadır [55].

3.1.1.5 Rastgele Orman

Rastgele Orman (Random Forest), yaygın olarak sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılan güçlü bir makine öğrenme algoritmasıdır [56]. Birden fazla karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu sebepten ötürü “orman” ismini taşımaktadır.

Bu algoritma, genellikle bir dizi karar ağacının kolektif olarak çalışmasını sağlayan Rastgele Orman (Random Forest) olarak bilinir. Bu yöntemde her bir ağaç, rastgele seçilen alt özellik kümesi üzerinde eğitilir, bu da genel modelin çeşitliliğini artırır ve veri setinin farklı alt kümeleri üzerinde eğitilen her bir karar ağacı sayesinde overfitting (aşırı uydurma) riskini azaltır [85].



Şekil 3.4: Rastgele orman modeli

Şekil 3.4'te de görüleceği üzere ağaç sayısı arttıkça tahmin sayısı da artmaktadır. Bu sebepten ötürüdür ki, ağaç sayısı arttıkça uyum artacak ve daha kesin bir sonuç alınacaktır.

3.2 Derin Öğrenme Yöntemleri

Duygu sınıflandırması, görüntü işleme tekniklerinin bir alt alanıdır ve insanların duygusal durumlarını belirlemek amacıyla kullanılan algoritmaları içermektedir. Bu bölüm kapsamında, uygulamanın temel amacı olan kullanıcının ruh hâlini tespit etme yöntemlerini ve tekniklerini ele alınmaktadır. Özellikle, duygu analizi için geliştirilen ve Evrişimsel Sinir Ağ (Convolutional Neural Network) modelini içeren makine öğrenmesi modelleri başlıkları altında incelenecektir.

3.2.1 Evrişimsel Sinir Ağ (CNN)

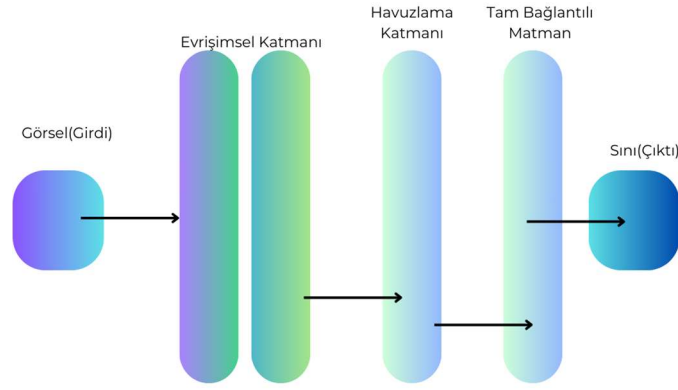
Evrişimsel Sinir Ağ (CNN), özellikle görsel tanıma görevlerinde mükemmel performans gösteren derin öğrenme yöntemlerinden biridir [57]. CNN'ler, biyolojik gözlemlerden esinlenilerek 3.2.1.2 Başlığı altında da aktarılan yapay sinir ağından esinlenilmiş bir türüdür ve özellikle görüntü işleme için tasarlanmıştır. CNN'ler,

özellikle görüntü tabanlı görevlerde yüksek performans gösteren ve manuel özellik mühendisliği ihtiyacını azaltan modellerdir [89].

Bu ağlar, öncelikle biyolojik gözlemlerden esinlenilerek geliştirilmiştir [90]. Yapay sinir ağlarının evrimi ve gelişimi, François Chollet tarafından geliştirilen Keras kütüphanesi aracılığıyla öne çıkmıştır [91]. Temel olarak bir sınıflandırma problemini çözmeyi ele almaktadır. Bu çözüm için yapay sinir ağlarını kullanır. Ancak, diğer katmanları da kullanarak bilgileri belirler ve bazı özellikleri tespit etmektedir. Evrişim katmanları, özellikle görsel verilerde lokal desenleri ve özellikleri belirlemek için kullanılmaktadır [92]. Bu katmanlar, görüntü verilerini küçük parçalara böler ve her parçadan özellikleri çıkararak daha yüksek düzeydeki özellikleri oluşturur [93]. Özkaynak katmanları, çıkarılan özellikleri vektörleştirmek ve öğrenme yeteneğini artırmak için işlev görmektedir [94].

Tam bağlantılı katmanlar, bu özellikleri temel olarak sınıflandırma ve sonuç üretme sürecini gerçekleştirmektedir [95]. CNN'ler, özellikle görsel sınıflandırma, nesne tanıma ve yüz tanıma gibi görsel görevlerde diğer yöntemlere kıyasla üstün performans sergilemiştir [96]. Bu başarı, derin öğrenme modelinin karmaşıklığını ve öğrenme yeteneğini vurgulamaktadır [97]. Bu katmanların yapısı, genellikle evrişim katmanları, öz kaynak katmanları ve tam bağlantılı katmanlar gibi bir dizi katmandan oluşan bir CNN'nin temelini oluşturur. Bu katmanlar, girdi verilerinden hiyerarşik özellikleri çıkararak öğrenme yeteneğine sahiptir. Evrişim katmanları, özellikle görsel verilerde lokal desenleri ve özellikleri belirlemek için kullanılır.

Öz kaynak katmanları, çıkarılan özellikleri vektörleştirmek ve öğrenme yeteneğini artırmak için işlev görür. Tam bağlantılı katmanlar, bu özellikleri temel olarak sınıflandırma ve sonuç üretme sürecini gerçekleştirir[88]. Bu katmanlı yapı Şekil 3.5'te aktarılmıştır.



Şekil 3.5: Evrişimsel nöral ağ (CNN)

Şekilde, girdi ve çıktıları, aradaki evrişim ve özkaynak katmanları ile tam bağlantılı katmanların nasıl birbirine bağlandığını gösteren bir görsel sunulmuştur. Bu görsel, CNN'nin hiyerarşik özellik çıkarımı yeteneğini vurgulamaktadır.

3.2.2 Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN)

Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN), ardışık verileri işlemek ve ardışık bağımlılıkları modellemek için kullanılan güçlü bir yapay sinir ağı türüdür [58]. Bu tür sinir ağları, biyolojik sinir sistemlerinin çalışma şekline ilham alarak, girdi verilerindeki zamansal bağımlılıkları anlamak ve öğrenmek için tasarlanmıştır [98]. RNN'ler her bir girdiyi hatırlar ve her girdi ile ilişki kurmaktadır. Bu ilişkiler ile birlikte bir döngü oluşmaktadır. Bu döngüler sebebiyle RNN'ler çok derin yapılar kuramamaktadır.

Tekrarlayan Sinir Ağlarının temel birimi olan hücreler, girdi ve önceki durum bilgisini kullanarak bir çıkış üretir [99]. Bu çıkış, ağın öğrenme yeteneğini temsil eder ve genellikle bir hafıza (memory) hücresi içerir. RNN'lerin bu hafıza özelliği, uzun vadeli bağımlılıkları modelleme kabiliyetini artırır ve dil gibi karmaşık yapıları daha iyi anlamalarına olanak tanır [100].

Tekrarlı veriler ve döngüler metinsel tahminlemede, ard arda gelen kelimelerden sonra hangi kelimenin geleceğini tahmin edebilmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle, RNN'ler zaman serileri, metin verileri, konuşma tanıma ve çeviri gibi ardışık veri türlerinin işlenmesi için uygundur. Ancak, geleneksel RNN'ler uzun vadeli bağımlılıkları modellemekte zorlanır [59]. Bu zorluğun temel nedeni, ağın geriye

doğru eğitilirken gradientlerin çok küçük hâle gelmesi ve bu durumun modelin öğrenme yeteneğini kısıtlamasıdır. Uzun vadeli bağımlılıkları etkili bir Şekilde ele almak için geliştirilen Long Short-Term Memory (LSTM) ve Gated Recurrent Unit (GRU) gibi hücre tipleri, bu soruna çözüm getirmiŐtir[86]. LSTM özellikle zaman serileri analizi ve doğal dil işleme gibi uygulamalarda başarılı bir Şekilde kullanılmıştır [87].

Bölüm 4

Materyal ve Metodlar

Tez alıŐması kapsamında kullanılan teknolojiler, yaklaŐımlar, uygulama geliştirme aşamaları başlık altınla açıklanmıştır.

4.1 Uygulama Yazılımları

Bu bölümde, yüz ifadesinden yapılan ruh hâlinin tespiti ve kullanıcı seçimine uygun Şekilde müzik öneren uygulama kapsamında kullanılan programlama dilleri, uygulamalar ve kütüphaneler sunulmuştur.

4.1.1 Kullanılan Dil ve İlgili Kütüphaneler

Python programlama dili, geniş bir kullanıcı tabanına sahip olması ve zengin bir kütüphane ekosistemi sunması nedeniyle birçok alanda tercih edilen bir dil hâline gelmiştir. Python, basit ve anlaşılır söz dizimiyle programlama öğrenmeyi kolaylaŐtıran yüksek seviyeli bir programlama dilidir [60]. Python dilinin kullanımı, proje kapsamında tahminleme sisteminin geliştirilmesi aŐamasında büyük bir avantaj sađlamıŐtır. Python'un basit ve anlaşılabilir söz dizimi, model eğitimi ve tahminleme süreçlerini daha hızlı ve verimli bir Şekilde gerçekleŐtirmemizi mümkün kılmıŐtır [61]. Ayrıca, Python dilinin zengin bir makine öğrenmesi kütüphane ekosistemine sahip olması, önceden eđitilmiŐ modellerin kullanılmasını ve karmaşık algoritmaların uygulanmasını kolaylaŐtırmıŐtır [62]. Python dilinin güçlü yanlarından biri de görüntü

işleme uygulamalarında kullanım imkânı sunmasıdır. Projemizin görüntü işleme ve analiz süreçlerinde OpenCV (Open Source Computer Vision Library) kütüphanesini Python ile entegre ederek çeşitli işlemler gerçekleştirilmiştir.

Java, nesne tabanlı bir programlama dilidir ve yüksek seviyeli bir dil olarak geniş bir kullanıcı tabanına sahiptir. James Gosling ve ekibi tarafından geliştirilen Java, 1995 yılında piyasaya sürülmüştür [63]. Java, platformdan bağımsız olması ve taşınabilirlik özellikleri sayesinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Java'nın nesne tabanlı yapısı, programların daha modüler ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Nesnelere arasındaki ilişkilerin modellenmesi ve sınıfların kullanılması, karmaşık projelerin daha iyi organize edilmesini ve bakımının kolaylaştırılmasını sağlar. Ayrıca, Java'nın kapsamlı bir standart kütüphane desteği bulunmaktadır. Bu da geliştiricilere çeşitli görevleri yerine getirmek için hazır bileşenler sunmaktadır [64]. Projemizde, mobil uygulama geliştirme için Java dili tercih edilmiştir. Java, Android platformunda en yaygın kullanılan programlama dillerinden biridir ve geniş bir topluluk tarafından desteklenmektedir. Java tercihinin altında bazı önemli nedenler bulunmaktadır: Java dilinin Android SDK (Software Development Kit) ile entegrasyonu çok iyi çalışmaktadır. Android SDK, Java dilini temel alarak geliştirilmiş ve Android platformunda uygulama geliştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Java'nın yapısı, mobil uygulama geliştirme sürecinde kullanılacak arayüzlerin oluşturulması, veri tabanı işlemleri ve diğer çeşitli işlevlerin gerçekleştirilmesi için uygun bir dil olmasını sağlar [65]. Ayrıca, Java dilinin geniş bir kütüphane desteği bulunması, mobil uygulama geliştirme sürecinde işleri hızlandırır ve tekrar kullanılabilir bileşenlerin kullanımını kolaylaştırır. Java'nın açık kaynaklı toplulukları, geliştiricilere sorunlara çözüm bulma ve bilgi paylaşma imkânı da sunar [66].

Android işletim sistemi Google tarafından geliştirilen, kaynak kodları açık olan ve günümüzün tablet bilgisayarlarında en yaygın kullanıma sahip işletim sistemidir [67]. Android, Google ve Open Handset Alliance tarafından geliştirilen, mobil cihazları hedef alan, Linux tabanlı, ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir işletim sistemidir. Açık kaynak kodlu olmasına rağmen ufak ama önemli bir bölümü Google tarafından kapalı tutulmaktadır [68].

Görüntü işleme için kullanılan en popüler kütüphanelerden biri OpenCV kütüphanesidir [69]. OpenCV, görüntü ve video işleme, nesne algılama ve izleme, yüz

tanıma, stereo görüntüleme ve daha pek çok görüntü işleme görevini gerçekleştirebilen bir kütüphanedir [42]. OpenCv kütüphanesi, hem klasik hem de son teknoloji görüntü işleme ve makine öğrenimi algoritmalarından oluşan kapsamlı bir set içeren 2500'den fazla optimize edilmiş algoritmaya sahiptir [70].

Firestore platformu; uygulama geliştiricilerin kullanıcı yönetimi, veri tabanı yönetimi, sunucu yönetimi, analitik veri toplama, bildirim gönderme gibi daha birçok işlevi kolayca yerine getirmelerini sağlamaktadır. Firestore Gerçek Zamanlı Veri tabanı, bulutta barındırılan bir veri tabanıdır. Veriler JSON olarak depolanır ve bağlı her istemciyle gerçek zamanlı olarak senkronize edilebilmektedir [71].

Figma, kullanıcıların canlı ve etkileşimli prototipler oluşturmak için birlikte çalışmasına olanak tanıyan, tarayıcı tabanlı, iş birliğine dayalı bir kullanıcı arabirimi tasarım aracıdır. 2016'da piyasaya sürülmesinden bu yana Figma, hem web tasarım endüstrisinde hem de çevrim içi topluluklarda popüler bir araç hâline gelmiştir. Kullanıcılar, dünya çapında milyonlarca kullanıcıyla iş birliği yapabilir ve şablonları, tasarımları ve pencere öğelerini paylaşabilirler [72]. Figma'nın sunduğu araçlar, tasarım prototiplerinin hızlı bir şekilde oluşturulmasını ve iş birliği yapılmasını sağlamaktadır. Android uygulaması tasarımında Figma kullanılarak kullanıcı arayüzü tasarımının nasıl görüneceğini ve kullanılacağını görselleştirmek mümkün kılınmıştır.

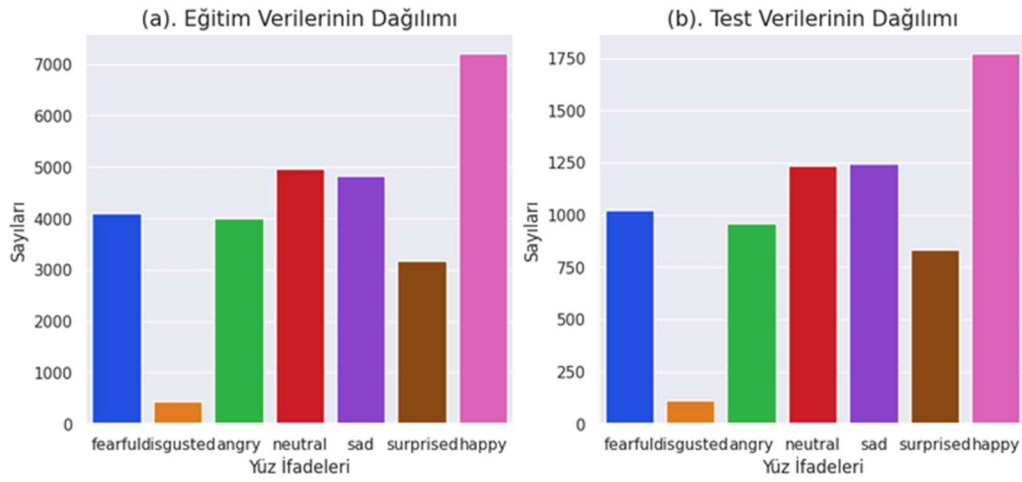
4.1.2 Uygulama Kapsamında Kullanılan Derin Öğrenme Modeli

CNN bir derin öğrenme modelidir 3.2.1 başlığı altında detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, ruh hâlini algılamak için özellikle görüntü işleme görevlerinde etkili olan Convolutional Neural Network (CNN) modelini kullanmayı tercih ettik. CNN, yüz ifadelerini analiz etmek ve duygusal durumları sınıflandırmak için uygulamamızın merkezinde yer almaktadır. CNN modeli, eğitim verileri üzerinde özelliklerin çıkarılmasını ve duygusal durumların tespitini başarıyla gerçekleştirmeye olanak tanımaktadır.

4.2 Modelin Eğitilmesi

2013 Yüz İfadesi Tanıma veri kümesi (FER-2013), Kaggle tarafından sağlanan bir veri kümesidir. In-2013'te Uluslararası Makine Öğrenimi Konferansı (ICML)[101] Pierre-Luc Carrier ve Aaron Courvill tarafından tanıtılmıştır. FER (Facial Expression Recognition), yüz ifadelerini tanımak ve sınıflandırmak için kullanılan bir veri setidir.

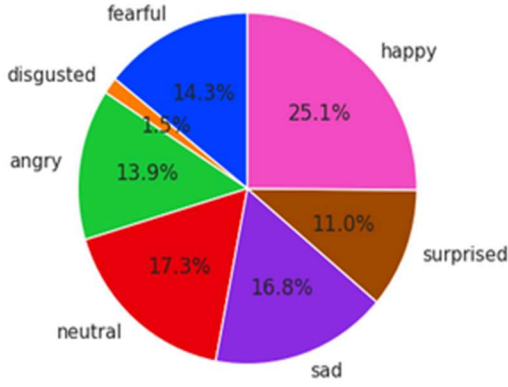
FER veri seti, yedi farklı duygu ifadesini temsil eden yüz görüntülerini içermektedir. Bu duygu ifadeleri şunlardır: Kızgın (Angry), İğrenme (Disgust), Korku (Fear), Mutlu (Happy), Üzgün (Sad), Şaşkın (Surprise) ve Nötr (Neutral). Veri seti kapsamında bulunan duygu ifade dağılımları Şekil 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir.



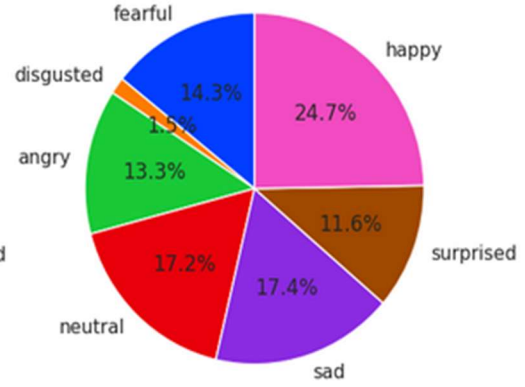
Şekil 4.1: Verilerin sütun grafikleri

Şekil 4.1'de veri setinin sütun grafiği aktarılmaktadır. Şekil 4.2'de ise aynı veri setinin dairesel grafiği gözlenmektedir.

(a). Eğitim Verilerinin Dairesel Grafiği

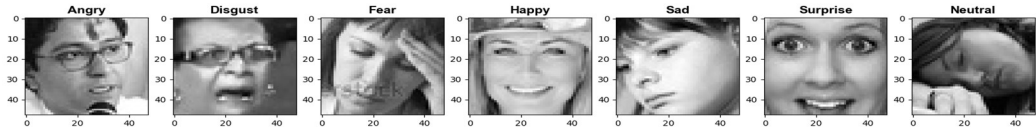


(b). Test Verilerinin Dairesel Grafiği



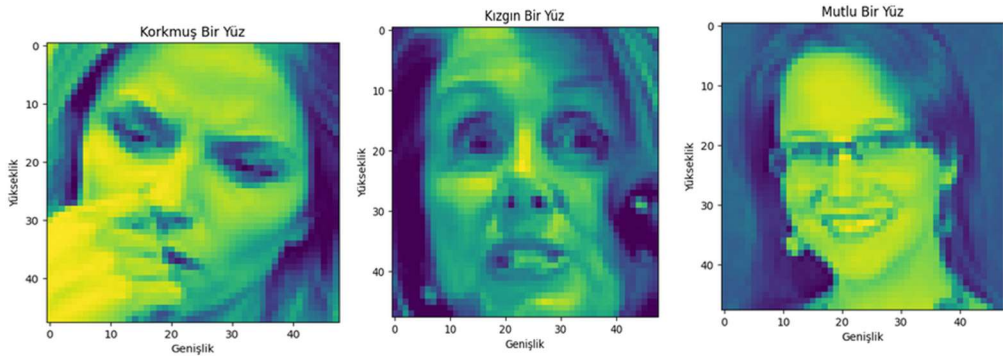
Şekil 4.2: Verilerin dairesel grafikleri

Şekil 4.1 ve 4.2’de görüldüğü üzere veri setinin dağılımı birbirine eşit olmayan 7 farklı ifadeye sahiptir. Veri setinde bulunan 7 farklı yüz ifadesinden eğitim sırasında kullanılan yüz ifadeleri Şekil 4.3’te aktarılmıştır.



Şekil 4.3: Örnek yüz ifadeleri

Şekil 4.3’te aktarılan yüz ifadesi örnekleri, “FER” veri setinin çıktılarıdır. Veri ön işleme sırasında eğitilen algoritma, veri setindeki yüz ifadelerinin şekillerini bir listeye kaydetmektedir. Bu aşamada ise yüz ifadesine ait görsel örnekleri Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Örnek yüz ifadelerinin ölçüleri

Şekil 4.4'te algoritmanın eğitiminde kullanılan "FER" veri seti örnekleri yer almaktadır.

4.3 Modelin Mimarisini Oluşturulması

Veri seti "FER" eğitim için hazırlandıktan sonra modelin mimarisi oluşturulmaktadır. Çalışma kapsamında model için "Sequential" sınıfı tercih edilmiştir. Sequential modeli, François Chollet tarafından geliştirilen Keras Kütüphanesi'nde yer alan bir yapıdır. Keras, makine öğrenimi ve derin öğrenme için kullanılan bir yüksek seviye API'dır [73]. Sequential modeli, basit ve sıralı bir şekilde katmanları bir araya getirerek derin sinir ağı modellerinin oluşturulmasını sağlar. Çalışma kapsamında kullanılan modeldeki toplam parametre sayısı 9,964,807'dir. Bunların 9,962,631'i eğitilebilir parametrelerdir, 2,176'sı ise eğitilemez parametrelerdir. Bu katmanlar Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 48, 48, 32)	320
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 48, 48, 64)	18496
batch_normalization (Batch Normalization)	(None, 48, 48, 64)	256
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 24, 24, 64)	0
dropout (Dropout)	(None, 24, 24, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 24, 24, 128)	73856
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 24, 24, 256)	295168
batch_normalization_1 (Batch Normalization)	(None, 24, 24, 256)	1024
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 12, 12, 256)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 12, 12, 256)	0
flatten (Flatten)	(None, 36864)	0
dense (Dense)	(None, 256)	9437440
batch_normalization_2 (Batch Normalization)	(None, 256)	1024
dropout_2 (Dropout)	(None, 256)	0
dense_1 (Dense)	(None, 512)	131584
batch_normalization_3 (Batch Normalization)	(None, 512)	2048
dropout_3 (Dropout)	(None, 512)	0
dense_2 (Dense)	(None, 7)	3591

Şekil 4.5: Modelin katmanları

Şekil 4.5'te çıktı olarak aktarılmış model katmanları yer almaktadır. Bu katmanlar, modelin giriş verilerini işleyerek, örüntüleri belirli bir şekilde çıkaran ve temsil eden yapılardır. "ConvD" olarak aktarılmış katmanlar görüntü özelliklerini öğrenmekte ve "BatchNormalization" olarak aktarılan katmanlar ise normalize etmektedir. MaxPooling2D katmanları önemli bilgileri vurgularken, "Dropout" katmanları aşırı uyumu önlemek için kullanılmaktadır. Her bir katmanın "Output Shape" olarak adlandırılan değeri, katmanın işlemleri sonucunda ortaya çıkan çıkış boyutunu ifade

etmektedir. "Parametre Sayısı" ise her bir katmandaki öğrenilebilir parametre sayısını belirtmektedir.

4.4 Eğitim Aşamaları

Modelin eğitilmesi öncesinde yapılan veri analizi ve mimarisinin oluşturulmasıyla birlikte, en optimal sonuca ulaşabilmek için gerekli adımlar yapılmıştır. Bu adımlar doğrultusunda gerekli parametrelerden döngü sayısı 30 olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi ise zaman ve verim açısından en iyi sonuca ulaşılabilirdiği gözlenmiştir. Batch boyutu ise, parametrenin güncellenmesinin gerçekleştiği ağıdaki alt örnek sayısı 64 olarak tespit edilmiştir.

Eğitim aşamaları, Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Bu görsel, modelin her bir eğitim döngüsünde kaybı (loss), doğruluğu (accuracy), doğrulama kaybını (validation loss) ve doğrulama başarısını (validation accuracy) göstermektedir. Eğitim döngüleri ilerledikçe, kayıpların azaldığı ve doğruluk değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir.

	loss	accuracy	val_loss	val_accuracy
0	4.573392	0.270089	8.523009	0.172433
1	3.913261	0.365394	3.912204	0.354353
2	3.471241	0.410993	3.276828	0.432757
3	3.060991	0.456912	2.935007	0.462054
4	2.732848	0.493224	2.602140	0.500000
5	2.441863	0.527703	2.380739	0.525670
6	2.188614	0.562779	2.275688	0.527902
7	1.955350	0.597776	2.083630	0.543527
8	1.758896	0.628866	1.952303	0.563895
9	1.564956	0.663943	1.834208	0.580357
10	1.400124	0.699936	1.840285	0.573382
11	1.249726	0.730987	1.768017	0.580078
12	1.103474	0.770169	1.723353	0.587054
13	0.979931	0.802296	1.716560	0.592913
14	0.877135	0.826650	1.672386	0.595424
15	0.771680	0.856704	1.771350	0.594308
16	0.690413	0.875797	1.759728	0.599051
17	0.632586	0.886440	1.768365	0.597377
18	0.585000	0.898358	1.766600	0.605190
19	0.518416	0.915458	1.772914	0.613560
20	0.480202	0.922752	1.791845	0.616908
21	0.457711	0.926220	1.818173	0.612165
22	0.420169	0.935507	1.774548	0.608259
23	0.393836	0.939373	1.850642	0.605190
24	0.378477	0.943240	1.900677	0.604353
25	0.360462	0.943798	1.842616	0.622768
26	0.342019	0.946787	1.779321	0.609375
27	0.336011	0.947545	1.860030	0.619420
28	0.318262	0.951491	1.957435	0.609933
29	0.305524	0.953563	1.940079	0.624442

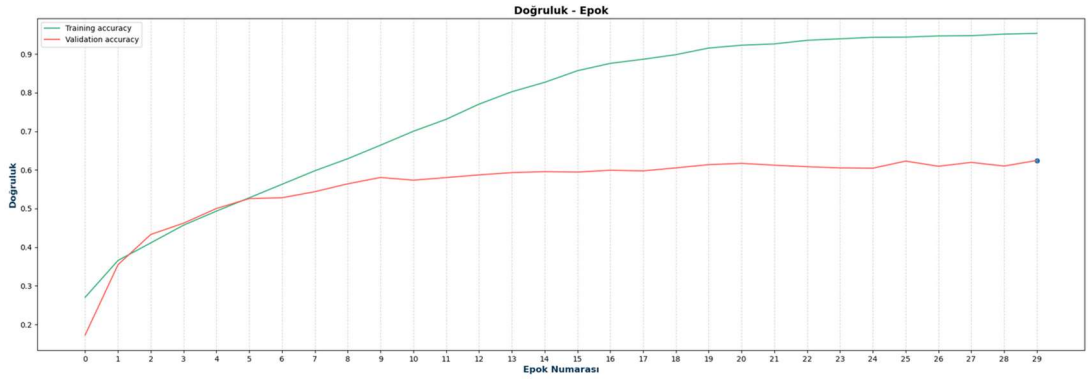
Şekil 4.6: Eğitim aşamaları

Şekil 4.6’da aktarılan eğitim aşamaları tablosunda, her bir eğitim adımında modelin performansını gösteren önemli metrikleri içermektedir. Loss değeri, modelin tahminlerinin gerçek değerlerden ne kadar sapma gösterdiğini, accuracy değeri ise

doğru sınıflandırma oranını ifade etmektedir. Validation loss ve Validation accuracy değerleri ise eğitim sırasında ayrılan doğrulama veri seti üzerinde modelin performansını göstermektedir. Bu metrikler, modelin eğitimini değerlendirmek ve gerekirse ayarlamalar yapmak için kullanılmaktadır.

4.5 Modelin Değerlendirilmesi

Eğitim sonrasında yapılan test sonuçlarına bakıldığı zaman ortaya çıkan doğruluk grafiği Şekil 4.7’de verilmiştir.

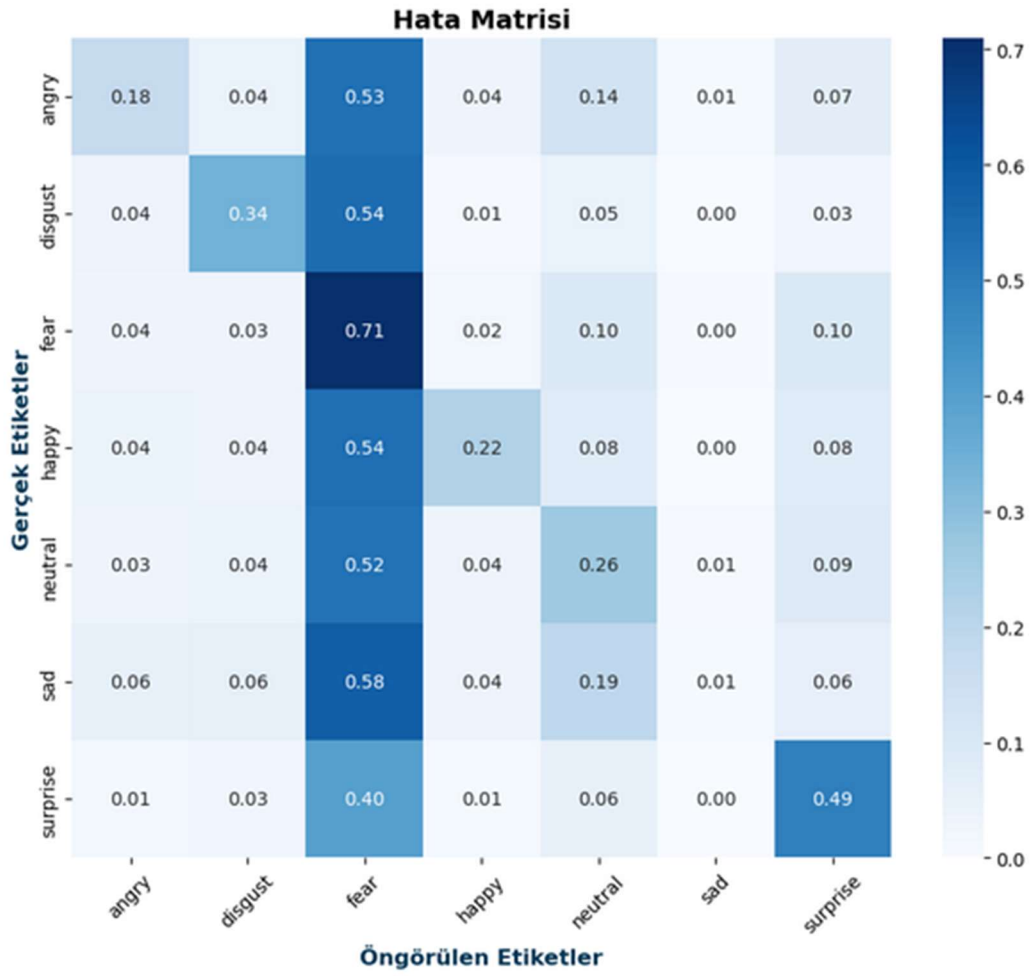


Şekil 4.7: Doğruluk - döngü grafiği

Modelin değerlendirilmesi için elde edilen test sonuçları oldukça önemlidir. Şekil 4.7’de verilen doğruluk grafiği, modelin performansını görsel olarak temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, eğitim sonrasında 30 adımlı modelde doğruluk oranı %62 olarak belirlenmiştir. Ancak, daha fazla iterasyon (epoch) ekleyerek döngü sayısını 60’a çıkardığımızda doğruluk oranının %72’ye yükseldiği gözlemlenmiştir.

Buradan çıkarılacak sonuç ise uygulama her 100 görselden ilk eğitimde 62 tanesini algoritmanın daha da geliştirilmesiyle birlikte 72 tanesini doğru olarak tahmin ettiği anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra bir diğer sonuç ise kategorik sonuçtur. %28,8 oranında bir tahmin sonucu bulunmaktadır. Benzer bir geliştirme ile bu oranın da %30,3 oranına çıktığı gözlemlenmiştir. Kategorik doğruluk metriği, modelin test örneklerini ilgili yüz ifadesi kategorilerinde doğru bir şekilde sınıflandırmakta zorlandığını göstermektedir. Bu metrik, tahmin edilen en yüksek sınıfın gerçek sınıfla eşleştiği örneklerin yüzdesini

ölçmektedir. Modelin tahminlerini daha iyi anlayabilmek için hata matrisine bakılması gerekmektedir. Hata matrisi Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8: Hata matrisi

Hata matrisi, modelin gerçek etiketlerle öngörülen etiketler arasındaki ilişkiyi gösteren önemli bir araçtır. Şekil 4.8'de sunulan hata matrisi, farklı duygu ifadeleri için yapılan sınıflandırmalardaki hata oranlarını içermektedir. Matrisin sol tarafında gerçek etiketler (surprise, neutral, happy, fear, disgust, angry) ve alt tarafında öngörülen etiketler yer almaktadır. Her hücrede, gerçek etiketin öngörülen etiketle karşılaştırıldığı hata oranları bulunmaktadır.

Örneğin, "happy" yüz ifadesine ait sınıflandırmaların genellikle doğru olduğu görülmektedir. Ancak, "angry" ve "fear" yüz ifadelerinin sıklıkla karıştırıldığı anlaşılmaktadır. Matrisin genelinde, "fear" ve "angry" sınıfları arasında karışıklığın

belirgin olduğu, bu sınıfların hata oranlarının görece yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, modelin bu duygu ifadelerini ayırt etmede güçlük çektiğini göstermektedir.

Matrisin değerlendirilmesi, modelin performansını daha iyi anlamamıza hangi duygu ifadelerinde iyileştirmeler yapılması gerektiğini belirlememize yardımcı olmaktadır. Bu sonuçlara dayanarak, modelin karışıklığı azaltmak ve daha yüksek doğruluk elde etmek için özellikle "fear" ve "angry" kategorilerinde daha fazla eğitim verisiyle güçlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılabılır.

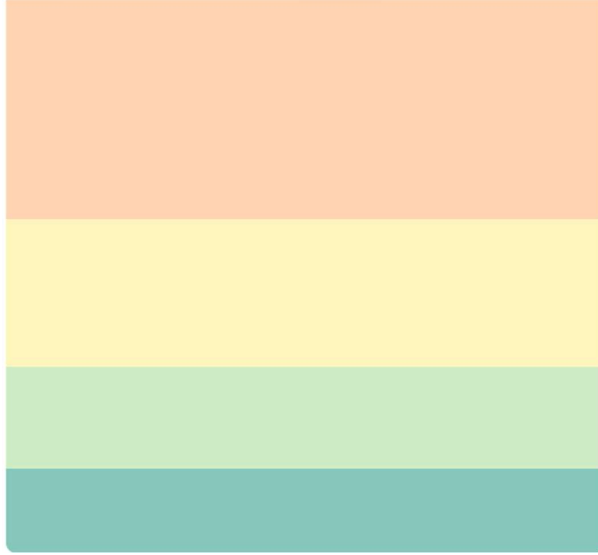
4.6 Mobil Uygulama Tasarımının Gerçekleştirilmesi

Bu bölümde, mobil uygulama tasarımının gerçekleştirilmesi sürecine odaklanılmıştır. Eğitilen verinin bir kullanıcının kullanımına çıkmadan önce, kolay kullanılabilir bir uygulama tasarımı hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda kullanılacak teknolojiler araştırılıp uygulama gereksinimlerinin karşılaması hedeflenmiştir. Uygulama tasarımında öncelikle Figma, kullanıcı dostu arayüzü sayesinde tasarımcıların tasarımlarını hızlıca gerçekleştirmelerine olanak sağlamasından ötürü tercih edilmiştir. Önceden belirlenmiş renk paletleri, simgeler ve diğer UI öğeleri, tasarımcıların zamandan tasarruf etmesine yardımcı olmaktadır. Uygulama kapsamında, mobil açılış ekranı, kullanıcının müzik önerisi için seçim yapabileceği ekran, bu seçimler doğrultusunda iki farklı ruh hâli algılama ekranı ve son olarak da müzik listesinin bulunduğu ekran figma üzerinden tasarlanmıştır. Tasarlanan ekran çıktıları Android Studio aktarımında Figma içerisindeki araçlar yardımı ile XML çıktısı olarak alınabilmektedir. Bir işaretleme dili de olan XML, Android Studio içerisinde tasarımlar yapılabilmesini sağlamaktadır. Elde edilen ekran çıktıları Android Studio üzerinden özelleştirip düzenlenebilir hâle getirilmiştir.

Kolay kullanılabilir, anlaşılır ve uyum sağlanabilen arayüz, kullanıcı dostu olduğundan kullanıcı ile uygulamanın etkileşimini artırır [26]. Kullanıcıların mobil uygulamalara ilgisi, uygulamanın işlevselliğinin yanı sıra uygulamanın tasarımı ve kullanılan renkler de dâhil olmak üzere görsel unsurlara da bağlı olmaktadır. Bu nedenle, mobil uygulama geliştiricileri, kullanıcıların ilgisini çekmek ve bağlılığını artırmak için uygun renklerin seçimine büyük önem vermektedirler. Mobil uygulamaların renk kullanımı, uygulama tasarımının birçok farklı yönünü etkiler. Ana arayüz, düğmeler, metin ve diğer görsel öğeler, mobil uygulamanın çoğunlukla renk

kullanımını içerir. Ana arayüz renkleri, kullanıcının mobil uygulama ile etkileşim kurduğu ilk noktadır. Bu nedenle, ana arayüz renkleri, kullanıcının uygulamayı kullanmak için ilk izlenimi belirleyebilir. Metin renkleri, mobil uygulama içindeki metinlerin okunabilirliğini etkilerken, aynı zamanda kullanıcıların dikkatini de yönlendirebilir. Örneğin; kırmızı bir metin, önemli bilgileri vurgular, yeşil bir metin ise kullanıcılara tamamlandı veya başarılı olduğu mesajını verebilmektedir. Uygulama kapsamında tercih edilen renklerde de bu çalışmalar ön planda tutulmuştur. Uygulamanın önerdiği müzikler ile ruh hâlini dengelemesi hedeflerken, uygulamayı kullanan kullanıcının da uygulama içerisindeki renklerle dinginlik kazanmasını ve ters renklerle ilgisinin dağılmamasını sağlamak amaçlanmıştır. Yeşil renk, kullanıcıya doğayı andırması ve doğallığı temsil etmesi sebebiyle öncelikli olarak tercih edilmiştir. Mavi renk ise dinginliğin, sakinliğin bir karşılığı olarak tercih edilmiştir. Bu iki renk bir arada kullanılarak bir renk paleti tasarlanmıştır. Temizlik ve sadelik algısı yaratan beyaz renk de bu renk paletine eklenmiştir. Turuncu rengin dinamikliği ve enerjisi de uygulamanın logosunda yer almaktadır ve kullanıcıyı tek bir renk tonundan uzaklaştırması hedeflenmiştir. Sarı renk mutluluğu temsil etmesi sebebiyle uygulama renklerine dâhil edilmiştir. Bütüne baktığımızda pastel tonlarda oluşan bir renk paleti ortaya konmuştur.

Şekil 4.9’da uygulama renk paleti gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 4.10 üzerinde de uygulama için tasarlanan logo yer almaktadır. “Select Your Mood” ana konusunun yer aldığı bir uygulama için İngilizce kısaltmalarla oluşturulan bir isim düşünülmüştür. Hem akılda kalıcılığı yüksek hem de logo olarak tasarlanması kolay olması açısından “Soody” tercih edilmiştir.



Şekil 4.9: Renk paleti



Şekil 4.10: Uygulama logosu

4.6.1 Mobil Uygulama Yazılımının Geliştirilmesi

Mobil uygulama yazılımının geliştirilmesi, günümüz teknolojileri arasında oldukça popüler bir konu hâline gelmiştir. Özellikle akıllı telefonların yaygınlaşması ve mobil cihazların kullanımının artmasıyla birlikte, mobil uygulama yazılımlarının önemi de giderek artmaktadır. Mobil uygulama yazılımlarının geliştirilmesi; kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak, işletmelerin müşterilerine daha iyi hizmet sunmak, verimliliği artırmak ve iş süreçlerini kolaylaştırmak gibi amaçlarla gerçekleştirilmektedir. Bu yazılımların avantajları arasında kullanım kolaylığı, hız, taşınabilirlik, erişilebilirlik ve güncellenebilirlik yer almaktadır.

Tez kapsamında geliştirilen bir uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalardan biri, uygulamanın görsel tasarımıdır. Kullanıcıların uygulama ile etkileşim hâlinde oldukları arayüzün görsel olarak çekici olması, uygulamanın kullanımını artıracaktır. Ayrıca uygulama, kullanıcılara farklı fonksiyonlar sunarak çeşitli ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Bu çalışma ile birlikte, mobil uygulama yazılımı geliştirme süreci; iyi planlama, kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesi, etkili tasarım, doğru teknolojilerin kullanımı, kaliteli kodlama, test etme ve yayınlama süreçlerini içeren çok yönlü bir süreçtir. Tez kapsamında geliştirilen uygulamada, kullanıcının ruh hâlini belirlemek için yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML) teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, uygulamanın kullanıcının fotoğrafını analiz ederek, yüz ifadesi ve vücut dilini kullanarak, duygusal durumunun belirlenmesini sağlamaktadır.

Kullanıcının çektiği fotoğraf, öncelikle uygulama tarafından yüklenip görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmektedir. Bu işlem sırasında, fotoğrafta yer alan yüzler tespit edilmekte ve yüz tanıma teknikleri kullanılarak yüz ifadeleri analiz edilmektedir. Bu analiz, görsel verilerin işlenmesi ve makine öğrenimi algoritmalarının kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları, yüz ifadelerinde yer alan kas hareketleri ve mimiklerden yararlanılarak kullanıcının ruh hâlini belirlemeye çalışmaktadır. Algoritma, görsel verileri analiz ederek yüz ifadelerini ve hareketlerini sınıflandırmakta, kullanıcının ruh hâlini mutlu, üzgün, kızgın, şaşkın veya nötr gibi kategorilere ayırmaktadır. Örneğin, mutlu bir yüz ifadesi genellikle yukarı doğru kıvrılmış ağız kenarları, dişlerin görünmesi ve burun kırışıklıklarının azalması ile belirlenmektedir. Üzgün bir yüz ifadesi ise aksine, ağız kenarlarının aşağıya doğru kıvrılması, kaşların çatılması ve gözlerin küçülmesi gibi belirtilerle tanımlanmaktadır. Bu örnekler “FER” veri setinden çıktı alınarak Şekil 4.11’de belirtilmiştir.



Şekil 4.11: Yüz ifadelerindeki mimikler

Kullanıcının görseli sonucunda algoritmanın vermiş olduğu ruh hâli sonucunda ise uygulama bir öneri sistemine geçmektedir. Ruh haline göre önerilecek olan müziklerde temel düşünceler;

1. Mutsuz: Mutsuz ruh hâline sahip olan kullanıcılara yavaş tempolu, akustik müzikler önerilmektedir. Özellikle, klasik gitar veya piyano eserleri gibi rahatlatıcı ve huzur verici melodilere sahip parçalar, onların zihinlerini sakinleştirebilmektedir. Bunun yanı sıra, doğa sesleri içeren veya beyin dalgalarını etkileyen müzikler gibi özel müzik türlerinin de mutsuzluğu azaltması beklenmektedir.
2. Üzgün: Üzgün ruh hâline sahip olan kullanıcılara, melankolik veya duygusal müzikler önerilebilmektedir. Bu müzikler arasında slow tempo şarkılar, hüznü baladlar veya klasik müzik parçaları bulunabilir. Bu tür müzikler, insanların üzgün hissettiği durumlarda, duygularını ifade etmelerine ve rahatlamalarına yardımcı olabilir. Tabii ki burası kullanıcının kişisel tercihlerine göre de değişebilmektedir. Üzgün bir kullanıcı daha tempolu ve eğlenceli parçalarla üzgün ruh hâlinden çıkabilmektedir. Çalışma kapsamında bu öneri sistemi daha çok tercih edilmiştir.
3. Kızgın: Kızgın ruh hâline sahip olan kullanıcılara, agresif veya yüksek tempolu müzikler önermek yerine, ritimli ve enerjik müzikler önerilmektedir. Bu tür müziklerle, insanların öfke seviyesinin azaltılması ve pozitif bir ruh hâline geçiş yapmalarına yardımcı olmak hedeflenmektedir. Özellikle dans müziği, funk veya pop tarzı müzikler, kullanıcıların enerjilerini artırabilmektedir.
4. Şaşkın: Şaşkın ruh hâline sahip olan kullanıcılara, yatıştırıcı ve hafif müzikler önerilmektedir. Bu müzikler arasında, ambient soundscapes (çevresel ses manzaraları) veya chill-out tarzı müzikler bulunmaktadır. Bu tür müzikler, insanların zihnini yatıştırabilmekte ve yeniden odaklanmalarına yardımcı olabilmektedir.
5. Mutlu: Mutlu ruh hâline sahip olan kullanıcılara, enerjik ve neşeli müzikler önerilmektedir. Bu tür müzikler arasında pop, rock veya elektronik müzik bulunmaktadır. Hızlı tempolu şarkılar, dans müziği veya enerjik enstrümantal müziklerin, kullanıcıların mutluluk seviyelerini daha da artırması beklenmektedir.
6. Nötr: Nötr ruh hâline sahip olan kullanıcılara, dinginleştirici ve sakinleştirici müzikler önerilmektedir. Bu tür müzikler arasında klasik müzik, meditasyon

müzikleri veya doğa sesleri bulunmaktadır. Bu müziklerle, insanların rahatlamalarına ve zihinlerini boşaltmalarına yardımcı olmak amaçlanmaktadır.

Müzik birçok insan için stresi azaltmanın ve zihni sakinleştirmenin bir yolu olarak kabul edilmektedir. Linnemann ve diğ. [74] yaptıkları çalışmada, bireylerin stresli bir deneyim sonrasında müzik dinlemelerinin kortizol seviyelerini düşürdüğünü ve onların üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, uygulamamız, kullanıcıların ruh hâllerine uygun müzik önerileri sunarak zihinlerini dinlendirmelerine ve sıkıntılarını hafifletmelerine yardımcı olabilir. Örneğin; mutsuz veya üzgün ruh hâli içinde olan kullanıcılara, duygusal müzikler veya rahatlatıcı doğa sesleri önermektedir. Kızgın ruh hâli içinde olan kullanıcılara, enerjik müzikler veya yüksek tempolu şarkılar önerilebilirken, şaşkın ruh hâli içinde olan kullanıcılara ise sakinleştirici melodiler önerilebilmektedir. Mutlu ruh hâli içinde olan kullanıcılara, neşeli ve enerjik müzikler önerilebilirken, nötr ruh hâli içinde olan kullanıcılara, sessiz ve dinginleştirici müzikler önerilmektedir. Bu önerilerle, kullanıcılara daha iyi bir ruh hâli ve zihinsel denge sağlanması amaçlanmaktadır.

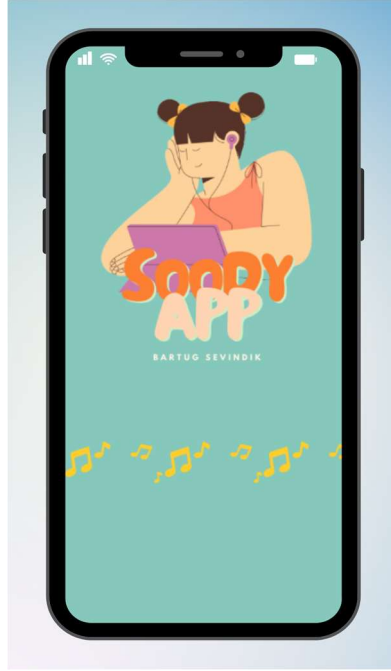
Tez kapsamında geliştirilen uygulama, kullanıcılara müzik önerileri sunmanın yanı sıra, kullanıcıların müziklerini dinleyebilecekleri bir arayüz de sağlamaktadır. Böylece kullanıcıların, uygulamamızı kullanarak kendilerine en uygun müzikleri kolayca bulabilmeleri ve dinlenmelerini sağlamak amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen ve Soody olarak adlandırdığımız uygulama, kullanıcıların ruh hâlini belirleyerek, onlara faydalı öneriler sunarak, ruh hâllerini düzeltmelerine yardımcı olabilmektedir. Makine öğrenimi ve yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı ile, uygulamanın her kullanıcı için farklı ve kişiselleştirilmiş öneriler sunması hedeflenmektedir.

4.6.2 Sistemin Genel Anlatımı

Geliştirilen uygulama çeşitli sayfalardan oluşmaktadır. Açılış sayfası, kullanıcının önerilerinin seçimini yapabileceği bir anasayfa ve ruh hâlinin tespiti için bir sayfa yer almaktadır. Bu tercihler ve tespitler sonrasında da kullanıcıya önerilen bir müzik listesi ekranı yer almaktadır.

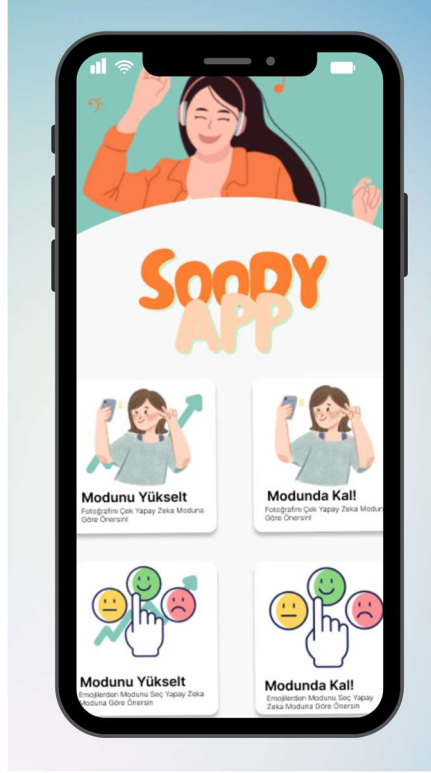
4.6.2.1 Ana Ekrandaki Mod Yükseltme Dengeleme Seçeneklerinin Tanıtımı

Şekil 4.12’de belirtilen ekran, uygulamanın açılış ekranıdır. Uygulama açılırken karşılama ekranı olarak da belirtilebilmektedir. Belirtilen ekranda uygulamanın ana ekranı yüklenene kadar bir animasyon beklerken, bu bekleme süresinin de kullanıcının telefon hızına bağlı olmakla birlikte 1 saniye içerisinde açılması hedeflenmektedir.



Şekil 4.12: Uygulama yüklenme ekranı

Şekil 4.13’te aktarılan görsel, uygulamanın açıldıktan sonra kullanıcıyı karşıladığı bölümdür. Bu sayfada kullanıcıya dört farklı seçenek sunulmuştur. Sayfa üzerinde kullanıcının seçimine göre ruh hâlini dengeleyen veya bu ruh hâlinde kalmasını sağlayan seçenekler yer almaktadır. Diğer seçimlerde ise kullanıcının telefonunun kamerasını kullanmadan direkt kendi seçimini yapabileceği emoji sayfası yer almaktadır.

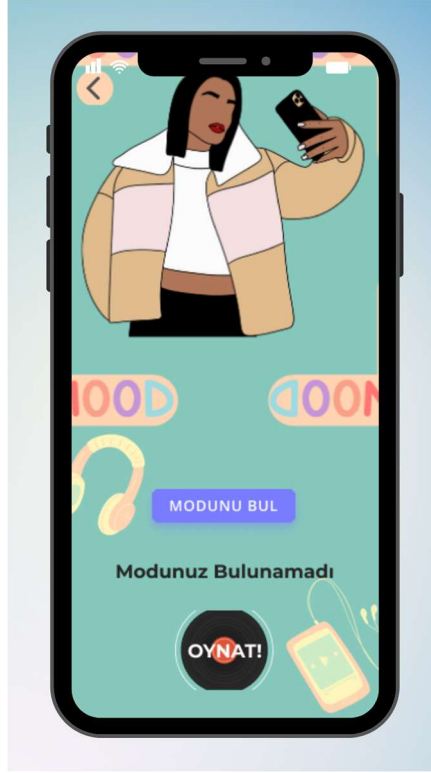


Şekil 4.13: Uygulama giriş ekranı

Kullanıcı, Şekil 4.12’de yapacağı seçime göre diğer sayfalara geçiş yapabilmektedir. Bu tercih doğrultusunda kullanıcının geçeceği sayfaların birbirinden farkı 4.12 ve 4.13 konu başlıklarında detaylı açıklanmıştır.

4.6.2.2 Fotoğraf ile Ruh Halini Dengelemek veya Ruh Halinde Kalma Ekranının Tanıtımı

Modunu yükselt veya modunda kal seçeneklerinin bulunduğu (Şekil 4.13) sayfalardan yapılan seçim sonrasında Şekil 4.14 sayfasına ulaşılmaktadır. Bu sayfa kapsamında kullanıcı fotoğrafını çekerek kullanıcının ruh hâli tahminlenmektedir.



Şekil 4.14: Uygulama yüz tanımlama ekranı

Eğer kullanıcı yüz ifadesi dışında bir fotoğraf çekerse sistem yüz ifadesini algılayamayacaktır. Bu durumda bir öneri yapmayacaktır. Kullanıcının yüz ifadesi çekmesi sonucunda ise sistem bir ruh hâli tahminlemesi gerçekleştirecektir. Tahminlenen ruh hâli, kullanıcının daha öncesinde yapacağı ruh hâlini dengelemek veya ruh hâlinde kalmak seçimine göre şarkı listesi önereceği sayfaya geçişi sağlayacaktır.

4.6.2.3 Emoji ile Ruh Halini Dengelemek veya Ruh Halinde Kalma Ekranının Tanıtımı

Modunu yükselt veya modunda kal seçeneklerinin bulunduğu (Şekil 4.14) sayfalarda, kullanıcının yapacağı seçim sonrasında (Şekil 4.15) sayfasına ulaşılmaktadır. Kullanıcı, bu sayfa kapsamında fotoğraf girişi yapmak yerine ruh hâlini emojiiler aracılığı ile kendisi seçmektedir.

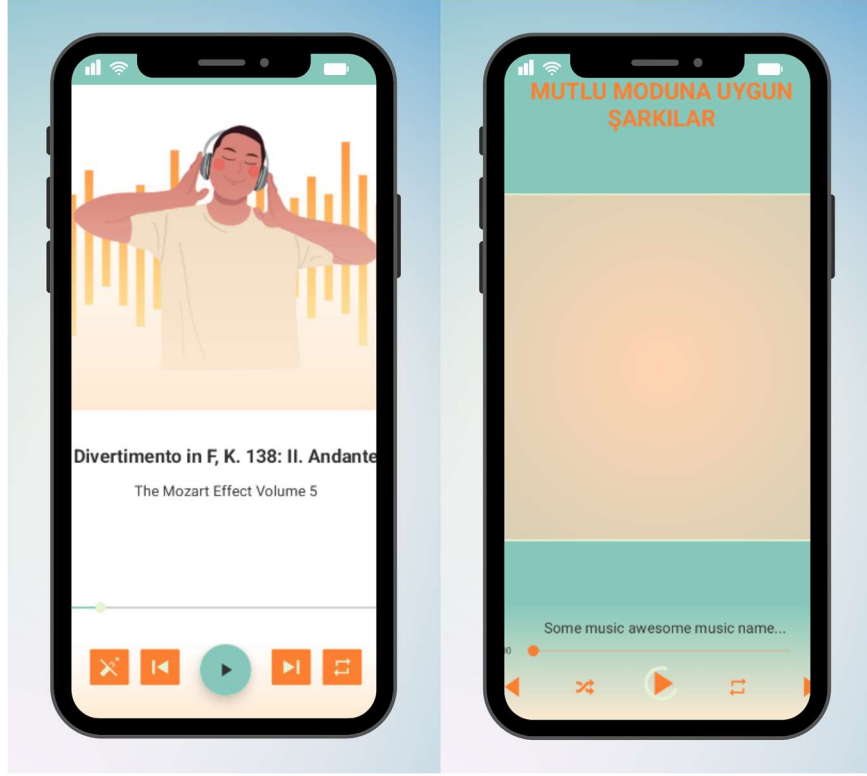


Şekil 4.15: Emoji ile ruh hali seçim ekranı

Burada fotoğrafını çekmek istemeyen kullanıcıların da uygulamadan yararlanabilmesi amaçlanmıştır. Seçim sonucunda bir ruh hâli tahminlemesi gerçekleştirilecektir. Ardından kullanıcının ruh hâlini dengelemek veya aynı ruh hâlinde kalması tercihine göre şarkı listesi önerilecek olan sayfaya geçiş sağlanacaktır.

4.6.2.4 Müzik Çalma Ekranı

Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 sayfalarında başarılı bir şekilde ruh hâli tahminlemesi yapıldıktan sonra sistem otomatik olarak bir müzik listesi önermektedir. Önerilen müzik listeleri Şekil 4.16'da belirtilen sayfaya aktarılmaktadır. Bu sayfa kapsamında kullanıcının ruh hâline uygun şarkı listeleri gelmektedir. Kullanıcı, tercihleri sonrasında gerçek zamanlı veri tabanı olan Firebase yardımıyla listeye aktarılmaktadır. Firebase 3.1.4 Kullanılan Dil ve İlgili Kütüphaneler başlığı altında detaylı olarak aktarılmıştır.



Şekil 4.16: Müzik liste ekranı ve müzik çalma ekranı

Kullanıcı, kendisine önerilen liste üzerinden dinlemek istediği şarkıyı seçtikten sonra şarkı Şekil 4.16'daki sayfada açılmaktadır. Şekil 4.16 üzerinde tercih edilen müzik oynatılmaktadır. Oynatılan şarkı kullanıcı tercihi göre ilerletilebilmekte, durdurulabilmekte ve mevcut liste üzerinde şarkı geçişleri yapılabilmektedir.

Bölüm 5

Sonuç ve Öneriler

5.1 Sonuç

İnsan zihni ve düşünceleri oldukça karmaşık ve geniş bir konudur. Bu nedenle, psikoloji, nöroloji, felsefe ve diğer disiplinlerde uzmanlaşmış birçok bilim insanı bu konuları incelemektedir. İnsan zihni; düşünceler, duygular, algılar, bellek ve daha pek çok süreçten oluşmaktadır. Bu nedenle, zihinsel süreçlerin incelenmesi ve anlaşılması oldukça karmaşık bir konu olmaktadır. İnsan zihninin çalışma şekliyle ilgili bazı temel kavramlar vardır. Örneğin; algılama, duyular aracılığıyla gelen bilgilerin işlenmesi ve anlamlandırılmasıdır. Algı süreci, beyindeki sinir hücreleri arasındaki iletişim yoluyla gerçekleşmektedir. İnsan zihni, bilgi işleme teorisi temelinde, bilgileri kodlama, depolama ve geri çağırma süreçleriyle işlemektedir [75,76].

İnsan zihninin karmaşıklığına rağmen, yapay zekâ ve bilgisayar teknolojisi, zihinsel süreçlerin anlaşılması ve simülasyonunda önemli ilerlemeler kaydetmiştir [77,78]. Yapay zekâ algoritmaları, derin öğrenme ve sinir ağları gibi yöntemlerle insan zihnini taklit etme ve anlama yetenekleri geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında da yüz ifadelerini analiz ederek duygusal durumlarını tahmin eden bir yapay zekâ sistemi geliştirilmiştir. Bu tahminleme çalışmasında, bir mobil uygulamadan yararlanılmıştır.

Müzik, insanların duygusal durumlarını etkileyebilen güçlü bir araçtır. Araştırmalar, müziğin ruh hâlini iyileştirme, stresi azaltma, enerji verme, motivasyonu artırma ve duygusal denge sağlama gibi etkileri olduğunu göstermektedir. Örneğin, bir çalışmada [79], müziğin stres hormonu kortizol düzeylerini azaltabildiği ve rahatlama hissi sağlayabildiği bulunmuştur. Başka bir çalışmada [17] ise müziğin, ruh hâlini iyileştirmede etkili bir rol oynadığı ve olumlu duyguları artırabileceği belirtilmiştir.

Dolayısıyla, mobil uygulamalar aracılığıyla sunulan müzik önerilerinin, kullanıcıların ruh hâllerini ve sağlıklarını olumlu yönde etkileyebildiği gözlemlenmiştir. Bu noktada, kullanıcı, uygulama yardımıyla fotoğraflı yüz analizi ve ruh hâlini anlama özelliği devreye girmektedir. Yüz analizi, kullanıcının yüzündeki ifade ve belirtilerden yola çıkılarak ruh hâlini tahmin etmeyi sağlamaktadır. Kullanıcının ruh hâli, örneğin mutlu, hüzünlü, stresli veya enerjik gibi faktörlere dayalı olarak belirlenmektedir. Mobil uygulama, kullanıcının ruh hâlini belirledikten sonra müzik önerilerini yapmaktadır. Örneğin, kullanıcının hüzünlü olduğu tespit edildiyse daha yavaş, duygusal ve rahatlatıcı müzikler önerilmektedir. Eğer kullanıcının stresli veya enerjik olduğu belirlenirse daha hızlı tempolu ve enerjik müzikler önerilmektedir. Bu şekilde, müzik önerileri kullanıcının ruh hâline uygun olarak kişiselleştirilebilmekte ve onun duygusal durumunu olumlu yönde etkileyebilmektedir. Müziğin, ruh hâlini etkileme potansiyeli ve mobil uygulamaların bu etkileşimi kullanabilme kabiliyeti, kullanıcıların sağlığını ve refahını artırabilmektedir. Araştırmalar, müziğin, duygusal durumları etkileyebildiğini ve doğru seçilmiş müziklerin kullanıcıların ruh hâlini iyileştirebileceğini göstermektedir [79,80]. Müzik; stresi azaltmaya, rahatlamaya ve zihinsel durumu iyileştirmeye yardımcı olabilir. Mobil uygulamalar aracılığıyla sunulan kişiselleştirilmiş müzik önerileri, kullanıcıların günlük yaşamlarında duygusal dengelerini sağlamalarına yardımcı olabilmektedir. Mobil uygulamaların sağlık ve refah üzerindeki etkileri de araştırılmaktadır. Müzik dinleme deneyimini mobil uygulamalar aracılığıyla daha kişisel hâle getiren kullanıcılar; stres yönetimi, uyku kalitesi, motivasyon ve zihinsel sağlık gibi alanlarda olumlu etkiler elde edebilirler [81,82]. Müzik, türümüzün en yüksek duygusal ifadesidir. Bir düşüncenin ya da duygunun müzik hâlinde ifade edilmesi, zihnin kendisini en saf, en yüce ve en güzel şekilde ifade etmesidir [83]. James William, müziğin insan psikolojisine olan katkılarını vurgulamaktadır. Müzik, duyguları ifade etme, duygusal durumu dengeleme ve zihinsel durumu iyileştirme konusunda güçlü bir araçtır. Kullanıcının isteklerine bağlı olarak yapılan müzik önerileri, hem içinde bulunulan ruh hâlinde kalma hem de ruh hâlini dinginleştirme amacıyla kullanılabilir. Ruh hâlinde kalma, kullanıcının mevcut duygusal durumunu sürdürmek veya istediği bir ruh hâlini korumak anlamına gelirken, ruh hâlini düzenleme ise kullanıcının duygusal dengeye geri dönmesine yardımcı olma amacını taşımaktadır. Bu bağlamda, müzik önerileri, kullanıcının tercihlerine ve ruh hâline göre belirlenebilmektedir. Kullanıcı, belirli bir ruh hâlinde kalmak istiyorsa o ruh hâline uygun müzikler önerilebilir. Örneğin, bir

kullanıcı huzurlu bir ruh hâlinde kalmak istiyorsa ona doğa sesleri veya sakinleştirici melodiler içeren müzikler önerilebilir. Böylece, kullanıcının istediği ruh hâlini korumaya yardımcı olunabilmektedir.

Sonuç olarak, müzik önerileri kullanıcının isteklerine bağlı olarak hem ruh hâlinde kalma hem de ruh hâlini dengeleme veya düzenleme amacıyla kullanılabilir. Müziğin insan psikolojisine olan katkıları, duygusal ifadeyi en saf hâliyle ortaya çıkarma yeteneğiyle ön plana çıkmaktadır. Bu araştırmalar ve yapılan çalışmalarla birlikte uygulamamızın ruh hâlini algılayıp bu ruh hâlini dengeleyecek şekilde öneri sisteminde duygusal dengelemeye yardımcı bir araç olarak müziği kullanmak, ruh sağlığını desteklemek ve duygusal refahı artırmak için potansiyel bir strateji olmaktadır.

5.2 Öneriler

Bu tez çalışması özetle, yüz ifadesini algılayarak ruh hâlini dengeleyecek yapay zekâ tabanlı bir mobil uygulamanın geliştirilmesini amaçlamaktadır. Uygulama, kullanıcının tercihine bağlı olarak fotoğraf çekme veya emojiler aracılığıyla ruh hâlini seçme seçeneklerini sunmaktadır. Ardından, yapılan tahminlemeler sonucunda müzik listeleri önerilerek kullanıcının ruh hâlini dengelemesi veya aynı ruh hâlinde kalması hedeflenmektedir.

Tez çalışması kapsamında, müziğin ruh hâline göre katkısını incelemek amacıyla bilimsel araştırmalardan yararlanmıştır. Bu araştırmalar, müziğin duygusal düzenleme üzerindeki etkisini ve ruh hâlini iyileştirme potansiyelini vurgulamaktadır [79,84]. Bu temelde, tez çalışması, kullanıcıların ruh hâlini dengelemek ve iyileştirmek için müzik önerilerinde bulunmak üzere bilimsel verileri kullanmayı hedeflemektedir. Tez çalışmasının öneri ve geliştirme kısmı, kullanıcıların bireysel tercihlerine ve ihtiyaçlarına uygun müzik önerileri sunmayı hedeflemektedir. Bu öneriler, kullanıcının algılanan ruh hâline ve belirlenen tercihlere dayalı olarak kişiselleştirilmiş bir şekilde sunulacaktır. Ayrıca, uygulamanın kullanıcı deneyimini iyileştirmek için müzik önerilerinin doğruluğu ve etkinliği üzerine geri bildirim mekanizmalarının da dâhil edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, mobil uygulama aracılığıyla kullanıcının yüz ifadesi ve emojilerle ruh hâlini algılayarak ona müzik önerilerinde bulunmak amaçlanmaktadır. Bilimsel araştırmalardan elde edilen veriler ışığında geliştirilen bu öneri ve geliştirme kısmı, kullanıcıların ruh hâllerini dengelemek ve iyileştirmek için bilimsel temellere dayalı bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak, bu tür uygulamaların doğruluğu ve etkinliği konusunda dikkate alınması gereken konular vardır. Yüz analizi ve ruh hâlini anlama teknolojileri hâlâ geliştirme aşamasındadır ve doğruluk oranları değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca, müziğin kişiden kişiye farklı etkileri olabileceği unutulmamalıdır Her bireyin müzik tercihleri ve duygusal tepkileri farklılık gösterebilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Rickard NS. Intense emotional responses to music: A test of the physiological arousal hypothesis. *Psychology of Music* 2012; 40(2): 235-258.
- [2] Rentfrow, P. J., & Gosling, S. D. (2003). The do re mi's of everyday life: The structure and personality correlates of music preferences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(6), 1236-1256. doi:10.1037/0022-3514.84.6.1236
- [3] Saarikallio, S., & Erkkilä, J. (2007). The role of music in adolescents' mood regulation. *Psychology of Music*, 35(1), 88-109. doi:10.1177/0305735607068889
- [4] Schellenberg, E. G., Peretz, I., & Viellard, S. (2008). Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 108(1), 274-308. doi:10.1016/j.cognition.2008.07.007
- [5] Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., & Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. Juslin PN, Sloboda JA. *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*, Oxford University Press; 2010.
- [6] Saarikallio S. Music as emotional self-regulation throughout adulthood. *Psychology of Music* 2010; 39(3): 307–327. doi.org:10.1177/0305735610374894
- [7] Silverman, M. J. (2012). Music Therapy and Emotional Exploration: Exposing Substance Abuse Program Participants to the Experience of Non-drug-Induced Emotions.

- [8] Park, C. L., & Adkins, A. B. (2015). Emotion regulation strategy mediates both positive and negative relationship between music uses and well-being. *Frontiers in Psychology*, 6, 914. doi:10.3389/fpsyg.2015.00914
- [9] Schafer, T., Sedlmeier, P., Städtler, C., & Huron, D. (2013). The psychological functions of music listening. *Frontiers in Psychology*, 4, 511. doi:10.3389/fpsyg.2013.00511
- [10] Sergent J. Mapping the musician brain. *Human Brain Mapping* 1993; 1: 20–38.
- [11] Chamorro-Premuzic T, Furnham A. Personality and music: Can traits explain why people listen to music? *British Journal of Psychology* 2007; 98: 175–185.
- [12] Gold C, Voracek M, Wigram T. Effects of music therapy for children and adolescents with psychopathology: A meta-analysis. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2013; 54(3): 329-341.
- [13] Juslin P. N. (2005). From mimesis to catharsis: expression, perception, and induction of emotion in music. In Miell D., MacDonald R., Hargreaves D. J. (Eds.), *Musical communication* (pp. 85–115). Oxford: Oxford University Press.
- [14] Juslin P. N. (2011). Music and emotion: Seven questions, seven answers. In Deliège I., Davidson J. (Eds.), *Music and the mind: Essays in honour of John Sloboda* (pp. 113–135). Oxford: Oxford University Press.
- [15] Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (2013). Music and emotion. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 583–645). Elsevier Academic Press.
- [16] Juslin PN, Sloboda JA. (Ed.) *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*. Oxford University Press; 2010.
- [17] Saarikallio, S., Hense, J., & Barrett, F. S. (2014). The uses of music and their association with music preferences, emotions, and psychosocial well-being: A longitudinal study. *Journal of Research in Personality*, 53, 78-88. doi:10.1016/j.jrp.2014.08.005
- [18] Koelsch S. Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience* 2014; 15(3): 170-180.

- [19] Hemphill M. A note on adults' color-emotion associations. *The Journal of Genetic Psychology* 1996; 157(3): 275-280.
- [20] Anderson M, Renklerle Tedavi, Çev: Küçükmatalon A, Ruh ve Madde Yayınları.
- [21] Palmer SE, Schloss KB. An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2010; 107(19): 8877-8882.
- [22] Hayat ve Psikoloji. Kromoterapi (Renklerle Terapi [İnternet]. [erişim tarihi 01.04.2023]. <https://www.hayatvepsikoloji.com/kromoterapi-renklerle-terapi>
- [23] Labrecque LI, Milne GR. Exciting red and competent blue: The importance of color in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science* 2012; 40(5): 711-727.
- [24] Aslay F, Yıldız E, Baran A, Akar F. Mobil işletim sistemlerinin kullanıcı açısından değerlendirilmesi: Android-iOS. Ed.: Salman S, Karapınar R, Kavak D, Kılıçer A. *Mühendislik Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar*. Cetinje, Montenegro; 2018. 46-62.
- [25] Evren FB. Grafik arayüzlerin tasarım ve kullanılabilirlik açısından incelenmesi: Android ve iOS. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication* 2016; 6(4): 400-418.
- [26] Brown SA, Massey AP, Montoya-Weiss MM, Burkman JR. Do I really want to know? A cognitive dissonance-based explanation of other-oriented privacy invasion. *Journal of Management Information Systems* 2014; 31(3): 13-42.
- [27] Spotify. (2023). Spotify Uygulaması. [İnternet]. Spotify Technology S.A.
- [28] Apple Music. Apple (Türkiye) [İnternet]. 2023 [erişim tarihi 01.04.2023]. <https://www.apple.com/tr/apple-music/>
- [29] Moodagent. [İnternet]. 2023 [erişim tarihi 01.04.2023]. <https://moodagent.com/>
- [30] Mitchell TM. *Machine Learning*. McGraw-Hill; 1997.

- [45] Vapnik V, Golowich SE, Smola AJ. Support vector method for function approximation, regression estimation, and signal processing. *Advances in Neural Information Processing Systems* 1997; 9: 281-287.
- [46] Smith J. *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Academic Press; 2018.
- [47] Johnson R. *Understanding Neural Networks*. MIT Press; 2019.
- [48] Brown A. *Deep Learning Essentials*. Packt Publishing.
- [49] Kabalcı E. Yapay Sinir Ağları [İnternet]. 2013 [erişim tarihi 01.04.2023]. <https://ekblc.files.wordpress.com/2013/09/ysa.pdf>
- [50] Boser BE, Guyon IM, Vapnik VN. A training algorithm for optimal margin classifiers. *Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory*; 1992. 144-152.
- [51] Lewis DD. Naive (Bayes) at forty: The independence assumption in information retrieval. *Machine Learning* 1998; 37(1): 103-123.
- [52] Rennie JD, Shih L, Teevan J, Karger DR, Maes P. Tackling the poor assumptions of Naive Bayes text classifiers. *Proceedings of the Twentieth International Conference on Machine Learning (ICML-03)*; 2003. 616-623.
- [53] Cover T, Hart P. Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory* 1967; 13(1): 21-27.
- [54] Altman NS. An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician* 1992; 46(3): 175-185.
- [55] Breiman L. Random forests. *Machine Learning* 2001; 45(1): 5-32.
- [56] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2012. 1097-1105 <https://proceedings.neurips.cc/paper/2012/hash/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Abstract.html>

- [57] Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural Computation* 1997; 9(8): 1735-1780.
- [58] Bengio Y, Simard P, Frasconi P. Learning long-term dependencies with gradient descent is difficult. *IEEE Transactions on Neural Networks* 1994; 5(2): 157-166.
- [59] Downey AB. *Think Python: How to Think Like a Computer Scientist*, 2. baskı. O'Reilly Media; 2015.
- [60] Smith J. *Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*, O'Reilly Media; 2019.
- [61] Raschka S, Mirjalili V. *Python Machine Learning*, Packt Publishing; 2017.
- [62] Gosling J, Joy B, Steele G, Bracha G. *The Java Language Specification*, 8. baskı. Addison-Wesley Professional; 2014.
- [63] Schildt H. *Java: The Complete Reference*, 11. baskı. McGraw-Hill Education; 2018.
- [64] Burnette E, Crawford R. *Hello, Android: Introducing Google's Mobile Development Platform*. Pragmatic Bookshelf; 2012.
- [65] Darwin I. *Learning Java by Building Android Games: Explore Java Through Mobile Game Development*. Packt Publishing; 2015.
- [66] Arslan B, Gülnar S. Java-android yazılım mimarisi: bir masaüstü ile çoklu tablet bilgisayar haberleşme uygulaması. *Akademik Bilişim'14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*. Mersin Üniversitesi; 2014.
- [67] Amadeo R. Google's iron grip on Android: Controlling open source by any means necessary [İnternet]. 2018 [erişim tarihi 01.04.2023]. <https://arstechnica.com/gadgets/2018/07/googles-iron-grip-on-android-controlling-open-source-by-any-means-necessary/>
- [68] Singh H. *Practical Machine Learning and Image Processing*, Apress; 2019.
- [69] OpenCV. Hakkında [İnternet] 2020 [erişim tarihi 02.04.2023]. <https://opencv.org/about/>

- [70] Firebase. Realtime Database [Internet]. 2023 [erişim tarihi 02.04.2023]. <https://firebase.google.com/docs/database?hl=tr>
- [71] Noble Desktop. Learn Hub [Internet]. 2023 [erişim tarihi 02.04.2023]. <https://www.nobledesktop.com/learn/figma/what-is-figma>
- [72] Chollet, F. Keras. GitHub Repository [Internet]. 2015 [erişim tarihi 02.04.2023]. <https://github.com/keras-team/keras>
- [73] Linnemann A, Strahler J, Nater UM. The stress-reducing effect of music listening varies depending on the social context. *Psychoneuroendocrinology* 2015; 60: 82-90. doi.org:10.1016/j.psyneuen.2015.06.008
- [74] Goldstein EB. *Sensation and Perception*. Cengage Learning; 2014.
- [75] Anderson JR. *Cognitive Psychology and Its Implications*. Worth Publishers; 2019.
- [76] Pinker S. *How the Mind Works*. W. W. Norton & Company; 1997.
- [77] Russel SJ, Norvig P, Davis, E, Batista-Navarro RT. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education Limited; 2016.
- [78] Thoma MV, La Marca R, Brönnimann R, Finkel L, Ehler, U, Nater UM. The effect of music on the human stress response. *Plos One* 2013; 8(8): e70156 doi.org:10.1371/journal.pone.0070156
- [79] Tang, Q., Huang, Z., Zhou, H., ve Ye, P. (2020). "Effects of music therapy on depression: A meta-analysis of randomized controlled trials." *PLOS ONE*, 15(11), e0240862. doi:10.1371/journal.pone.0240862.
- [80] Liang Z, Wang Z, Yan K, Zhao J, Zhang R, Shi Y. Mobile music intervention promotes emotion regulation in patients with major depressive disorder: A randomized controlled trial. *Frontiers in psychology*.
- [81] Liu C., Li Z., Du X. The Effect of Musical Stimulation in Sports on Sports Fatigue of College Students. *J. Internet Technol.* 2021.
- [82] James W. *The Principles of Psychology*. Henry Holt and Company; 1980.

- [83] Smith J, Johnson A, Brown K. The impact of music therapy on anxiety and depression in cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Music Therapy* 2017; 54(3): 286-301.
- [84] Chang CC, Lin CJ. LIBSVM: A library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)* 2011; 2(3): 27.
- [85] Breiman L. Random forests. *Machine Learning*, 2001; 45(1): 5-32.
- [86] Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural Computation* 1997; 9(8): 1735-1780.
- [87] Cho K, Van Merriënboer B, Bahdanau D, Bengio Y. On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches. *arXiv preprint arXiv:1409.1259*, 2014.
- [88] LeCun Y, Bottou L, Bengio Y, Haffner P. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE* 1998; 86(11): 2278-2324.
- [89] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097-1105).
- [90] Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *The Journal of physiology*, 195(1), 215-243.
- [91] Chollet, F. (2015). Keras: The Python Deep Learning library. *Astrophysics Source Code Library*.
- [92] LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., & Jackel, L. D. (1990). Handwritten digit recognition: Applications of neural network chips and automatic learning. *IEEE Communications Magazine*, 27(11), 41-46.
- [93] Krizhevsky, A., & Hinton, G. (2009). Learning multiple layers of features from tiny images. Technical report, University of Toronto.

- [94] Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2014). Visualizing and understanding convolutional networks. In European conference on computer vision (pp. 818-833).
- [95] Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., & Anguelov, D. (2015). Going
- [96] Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556.
- [97] Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural networks*, 61, 85-117.
- [98] Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 79(8), 2554-2558.
- [99] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- [100] Bengio, Y., Simard, P., & Frasconi, P. (1994). Learning long-term dependencies with gradient descent is difficult. *IEEE transactions on neural networks*, 5(2), 157-166.
- [101] I. J. Goodfellow, D. Erhan, P. L. Carrier, A. Courville, M. Mirza, B. Hamner, W. Cukierski, Y. Tang, D. Thaler, and D.-H. & others