İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
2010
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri ile Desteklenen Akıllı Fabrika Yönetim ve Bilişim Sisteminin Geliştirilmesi

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Çağlar Gürkan

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Merih Palandöken

Temmuz 2021

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Çağlar Gürkan** tarafından hazırlanan **Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri ile Desteklenen Akıllı Fabrika Yönetim ve Bilişim Sisteminin Geliştirilmesi** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı:	**Doç. Dr. Merih Palandöken** İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	……..
Jüri Üyeleri:	**Doç. Dr. Merih Palandöken** İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	……..
	Dr. Öğr. Üyesi Esra Aycan Beyazıt İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	……..
	Dr. Öğr. Üyesi Şule Çolak Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi	……..

Savunma Tarihi: 14.07.2021

Yazarlık Beyanı

Ben, **Çağlar Gürkan**, başlığı **Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri ile Desteklenen Akıllı Fabrika Yönetim ve Bilişim Sisteminin 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 katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

İmza:

_____

Tarih: 14.07.2021

_____

Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri ile Desteklenen Akıllı Fabrika Yönetim ve Bilişim Sisteminin Geliştirilmesi

Öz

Endüstri terimi günümüze kadar birçok defa değişim yaşamış bir araştırma ve geliştirme alanıdır. Bu bağlamda sanayide kullanılan yöntemler ve üretim süreçleri günümüzde de gelişim göstermektedir. Bugüne kadar Dünya'da dört tane büyük endüstri devrimi yaşanmıştır. Bunlardan sonuncusu ve içerisinde bulunduğumuz dönem olan Endüstri 4.0 ile birlikte fabrikalar dijitalleşme yönelimi göstermişlerdir. Bununla birlikte endüstriyel otomasyon sistemleri de önem kazanmıştır. Fabrikalarda bulunan cihazların kendileri arasında iletişim kurabilmesi, bilgilerin aktarabilmesi ve verilerin işlenmesi değer kazanmıştır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, 4. sanayi devrimi ile birlikte fabrikalar üretim süreçlerinde yenilemeye gitmiştir. Bu bağlamda Endüstri 4.0 teknolojik dönüşümü ile birlikte akıllı fabrikaların kurulması da eş zamanlı olarak gerçekleşmiştir. Akıllı fabrikalar birçok farklı teknolojiyi içerisinde barındırmaktadır. Bu teknolojiler; nesnelerin interneti (IoT), radyo frekans tanımlama (RFID), siber-fiziksel sistemler, otonom robotlar, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR), simülasyon, sistem entegrasyonu, büyük veri, yapay zeka, bulut bilişim, mobil ve web hizmetleridir.

Bu çalışmada IoT, bulut bilişim, AR ve VR, yapay zeka ve mobil tabanlı hizmetler gibi farklı teknolojilerin kullanımı ile sanayideki dijital dönüşüme katkıda bulunulması

hedeflenmektedir. Çalışmanın odak noktasında ise mermer fabrikaları bulunmaktadır. Mermer fabrikalarında bu teknolojik dönüşümün gerçekleştirmesi için; AR ve VR gerçeklik, IoT, bulut bilişim, mermerin sınıflandırılması, personel kontrol ve takibi, personel durum (yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi) analizi için bilgisayarlı görü, stok, ürün ve envanter takibi için QR kod teknolojisi, verilerin takibi ve şirket içi haberleşmeyi sağlamak için Android tabanlı mobil uygulama kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Akıllı fabrikalar, endüstri 4.0, yapay zeka, Android, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik

Development of Smart Factory Management and Information System Supported by Industry 4.0 and Digital Transformation Technologies

Abstract

The term industry is an area of research and development that has changed many times to this day. In this context, the methods and manufacturing processes used in industry are also developing today. So far, there have been four major industrial revolutions in the world. Along with Industry 4.0, the last of these and the period in which we are in, factories have shown a digitization orientation. However, industrial automation systems have also gained importance. The ability of devices located in factories to communicate, information transmission, and data processing have been appreciated. Considering all of this, 4. with the industrial revolution, manufacturing processes in the factories have been gone to renew. In this context, along with the technological transformation of Industry 4.0, the establishment of smart factories took place simultaneously. Smart factories consist of many different technologies. These technologies the Internet of Things (IoT), radio frequency identification (RFID), cyber-physical systems, autonomous robots, augmented reality (AR) and virtual reality (VR), simulation, system integration, big data, artificial intelligence, cloud computing, mobile, and web services.

In this study, it is aimed to contribute to the digital transformation in the industry by using different technologies such as IoT, cloud computing, AR and VR, artificial

intelligence and mobile-based services. The focus of the study is marble factories. To carry out technological transformation in the marble factories; AR and VR; IoT; cloud computing; computer vision for classification of marble, personnel control and tracking, monitoring personnel status analysis (age, gender, and facial expression); QR code technology for product, stock and inventory tracking; Android-based mobile application for data tracking and communication within the company have been used.

Keywords: Smart factories, industry 4.0, artificial intelligence, Android, internet of things, augmented reality, virtual reality

Aileme…

Teşekkür

Bu çalışmanın tamamlanmasında bilgilerini benimle paylaşan, kendisine danışmak istediğimde zamanını ayırarak sabır ve ilgi ile beni dinleyen ve faydalı olmak adına elinden geleni yapan, gelecek planlarıma her daim katkılarını sunan, beni yönlendiren ve tez kapsamı dışında da bana her zaman destek olan danışman hocam Doç. Dr. Merih PALANDÖKEN'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Eğitim hayatımdaki katkıları ve destekleri için Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Adnan KAYA'ya sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmanın tamamlanmasına olan katkıları nedeniyle Doç. Dr. İrfan KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca İhsan KAYA özelinde Kur Mermer Granit A.Ş.'ye de çalışmaya olan katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Annem, babam, kız kardeşim ve Sude KOZALIOĞLU'na da bana sundukları destekleri, kararlarıma saygı duyarak yanımda oldukları ve beni cesaretlendirdikleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje no: 2021-TYL-FEBE-0009 tarafından desteklenmiştir.

Üç boyutlu modellerin açık kaynaklı olarak paylaşımını sağlayan Google Poly ve GrabCAD'e ek olarak çizimlerini bu firma ve siteler aracılığıyla araştırmacılara sunan bireylere teşekkürlerimizi sunarız.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı ii

Öz iii

Abstract v

Teşekkür viii

Şekiller Listesi xii

Tablolar Listesi xvi

Kısaltmalar Listesi xvii

Semboller Listesi xix

1 Giriş 1

1.1 Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar ile İlgili Genel Bilgiler 2

1.2 Akıllı Fabrikaların Sistem Mimarisi 5

1.3 Akıllı Fabrikaların Temel Özellikleri ve Uygulama Katmanları 7

1.4 Çalışmanın Amacı ve Araştırma Soruları 12

1.5 Çalışmanın Özgün Değeri ve Başlıca Katkıları 14

1.6 Çalışmanın Geri Kalan Bölümünün Anahatları 15

2 Literatür Araştırması ve İlgili Çalışmalar 17

3 Materyal ve Metot 20

3.1 Android Tabanlı AR ve VR Uygulaması 20

3.2 Android Tabanlı IoT Uygulaması 20

3.3 ESA Algoritmaları 22

3.3.1 ESA Hakkında Genel Bilgiler 22

3.3.2 ESA Mimari Tasarımlarını Oluşturan Katmanlar, Eğitim Aşaması ve Hiperparametreler 23

3.3.2.1 Giriş Katmanı 23

3.3.2.2 Konvolüsyon Katmanı 24

3.3.2.3 Havuzlama Katmanı 25

3.3.2.4 Seyreltme, Toplu Normalleştirme Katmanları ve L1-L2 Düzenlileştirme 26

3.3.2.5 Düzleştirme ve Tam Bağlantı Katmanları 27

3.3.2.6 Aktivasyon Fonksiyonları 27

3.3.2.7 Kayıp Fonksiyonları 28

3.3.2.8 Optimizasyon Algoritmaları 28

3.3.2.9 Epok, Küme Boyutu ve Öğrenme Oranı 29

3.3.3 ESA Mimari Tasarımlarının Geliştirilmesi, Katman Detayları ve Eğitim Aşaması 30

3.3.3.1 Mermerin Kalite Kontrolü 30

3.3.3.2 Personelin Takip ve Kontrolü 45

3.3.3.3 Personelin Yüz İfadesinin, Yaşının ve Cinsiyetinin Analizi 51

3.3.4 Haar Cascade Sınıflandırıcısı 63

3.3.5 Kullanılan Verisetleri 63

3.3.5.1 Mermer Kalite Kontrolü için Kullanılan Veriseti 64

3.3.5.2 Çalışan Personeli Takip ve Kontrol Etmek için Kullanılan Veriseti 64

3.3.5.3 Personelin Yüz İfadesini Analiz Etmek için Kullanılan Veriseti 65

3.3.5.4 Personelin Yaşını ve Cinsiyetini Analiz Etmek için Kullanılan Veriseti 65

3.3.6 Performans Değerlendirme Metrikleri 67

3.4 Envanter Takip Sistemi 67

3.5 Akıllı Fabrika Blok Diyagramı 68

4 Bulgular ve Tartışma 71

4.1 Android Tabanlı Mobil Uygulamanın Ön Tanıtımı 71

4.2 Android Tabanlı AR ve VR Uygulaması Sonuçları 82
4.3 Android Tabanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması Sonuçları 85
4.4 Mermerin Kalite Kontrolü Sonuçları 87
4.5 Personel Takip ve Kontrol Sisteminin Sonuçları 92
4.6 Personelin Yaşı, Cinsiyeti ve Yüz İfadesi Analizi Sonuçları 96
4.7 Android Tabanlı Mobil Uygulama Sonuçları 101
4.8 Envanter Takip Sistemi Sonuçları 114
5 Sonuç ve Gelecek Çalışmalar 119
5.1 Sonuç 119
5.2 Gelecek Çalışmalar 122
Kaynaklar 125
Ekler 133
Ek A Tezden Üretilmiş Yayınlar 134
Özgeçmiş 136

Şekiller Listesi

Şekil 1.1 Endüstri devrimlerinin gelişim basamakları 3
Şekil 1.2 Endüstri 4.0 basamakları 4
Şekil 1.3 Akıllı fabrikaların sistem mimarisi 6
Şekil 1.4 Akıllı fabrikaların genel yapısı 6
Şekil 1.5 Endüstri 4.0'ın makro perspektifi 7
Şekil 1.6 Endüstri 4.0'ın mikro perspektifi 8
Şekil 1.7 Siber-fiziksel sistemlerin genel yapısı 9
Şekil 1.8 IoT teknolojisinin uygulama katmanları 10
Şekil 1.9 Bulut tabanlı akıllı fabrika üretim mimarisi 10

Şekil 3.1 NodeMCU pin diyagramı 21
Şekil 3.2 NodeMCU ve DHT11 sensörü örnek bağlantı şeması 22
Şekil 3.3 Konvolüsyon katmanı ile özellik haritası çıkarmanın uygulaması 25
Şekil 3.4 Maksimum havuzlama işlemlerinin uygulanma basamağı 26
Şekil 3.5 Ortalama havuzlama işlemlerinin uygulanma basamağı 26
Şekil 3.6 Seyreltme katmanı kullanıldıktan sonraki yapay sinir ağlarının durumu 27
Şekil 3.7 Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 1 33
Şekil 3.8 Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 2 36
Şekil 3.9 Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 3 40
Şekil 3.10 Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 4 44
Şekil 3.11 Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımlarında kullanılan A bloğunun tasarımı 46
Şekil 3.12 Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 1 47
Şekil 3.13 Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 2 48
Şekil 3.14 Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 3 49

Şekil 3.15 Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 4 50
Şekil 3.16 Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 1 53
Şekil 3.17 Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 2 56
Şekil 3.18 Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 3 59
Şekil 3.19 Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 4 62
Şekil 3.20 Mermerin sınıflandırılmasında kullanılan verisetindeki sınıflara ait örnek görseller 64
Şekil 3.21 Yüz ifadesinin sınıflandırılmasında kullanılan veri setinden örnek görüntüler (a) Kızgın, (b) Küçümseme, (c) İğrenme, (d) Korku, (e) Mutlu, (f) Üzgün, (g) Şaşkın 65
Şekil 3.22 Yaş ve cinsiyet sınıflandırılmasında kullanılan veri setinden örnek görüntüler 66
Şekil 3.23 Verisetine ait cinsiyet dağılımı 66
Şekil 3.24 Verisetine ait yaş dağılımı 66
Şekil 3.25 Akıllı fabrikalara yönelik olarak önerilen blok diyagram 69
Şekil 3.26 Önerilen blok diyagrama göre oluşturulan bir akıllı mermer fabrikası ... 69
Şekil 3.27 Çalışmada oluşturulan sisteme ait teknolojik bileşenler 70

Şekil 4.1 (a) Sıçrama ekranı, (b) Giriş ekranı, (c) Şifremi unuttum ekranı, (d) Şifre anahtarlama, (e) Şifre ve mail kontrolü, (f) Şifre sıfırlama maili 72
Şekil 4.2 (a) Üye olma ekranı, (b) Genel uygunluk uyarı durumu, (c) Telefon numarası uygunluk durumu kontrolü, (d) Mail uygunluk durumu kontrolü, (e) Şifre uygunluk durumu kontrolü, (f) Girilen şifrelerin aynı olma durumu kontrolü, (g) Şehir seçim listesi, (h) Şehir arama, (i) Meslek seçim listesi, (j) Meslek arama, (k) Kullanıcı sözleşmesi okuma ve onaylama durumu kontrolü, (l) Mail doğrulama ekranı, (m) Mail doğrulama iletisi, (n) Mobil uygulamaya ait genel veritabanı tasarımı, (o) Kullanıcı kaydına ait veritabanı tasarımı 75

Şekil 4.3 (a) ve (b) Mobil uygulama ana ekranı , (c) Profilim ekranı, (d) Kullanıcı bilgileri güncelleme ekranı, (e) Şifre değişikliği yapma ekranı, (f) Geri bildirimde bulunma ekranı, (g) Yardım&destek ekranı, (h) Yardım&destek ekranı sık sorunlanlar cevap ekranı, (i) Uygulama hakkında ekranı 80
Şekil 4.4 (a) ve (b) Tanımlanan AR/VR modelleri, (c) Arduino AR modeli, (d) SMA konnektör AR modeli, (e) PCB makinesi VR modeli, (f) Dizgi makinesi VR modeli, (g) Konveyör bant VR modeli, (h) AR modellere ait Firebase depoloma bölümü 83
Şekil 4.5 (a) Sensörlere ait konum bilgisi, (b) Konum 1 sensör verileri, (c) Konum 2 sensör verileri, (d) Sensör verilerine ait veritabanı tasarımı 86
Şekil 4.6 (a) Mermerin sınıflandırılması için geliştirilen GUI, (b) Sınıflandırma sonuçlarına ait veritabanı tasarımı, (c) Üretilen örnek QR kodlar, (d) Sınıflandırma sonuçlarının takibini sağlayan arayüz, (e) QR kod okutma işlemi başlangıç ekranı, (f) ve (g) QR kod okutma basamağı, (h) ve (i) QR kodu okutarak elde edilen sonuçlar 90
Şekil 4.7 Personel takip ve kontrol sistemine ait gerçek zamanlı sonuç 94
Şekil 4.8 (a) Altı farklı personelin takip ve kontrolü için geliştirilen arayüz, (b) Personel 1 için giriş ve çıkış zamanı arayüzlerine geçiş ekranı, (c) Personel 1 için giriş zamanı arayüzü, (d) Personel 1 için çıkış zamanı arayüzü, (e) Personel takip ve kontrolüne ait veritabanı tasarımı 95
Şekil 4.9 Gerçek zamanlı yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi analizi 100
Şekil 4.10 Kayıtlı personel bilgilerini sunan arayüz 101
Şekil 4.11 (a) Belge kontrol için geliştirilen arayüz, (b) Belge yükleme ekranı, (c) Belge seçme ekranı, (d) Belge yükleme aşaması, (e) Belge yüklendikten sonraki arayüz, (f) Belge arama, (g) Belge yüklemeye ait veritabanı tasarım, (h) Belgelerin yüklendiği Firebase depolama bölümü 102
Şekil 4.12 (a) Bireysel mesajların yer aldığı arayüz tasarımı, (b) Grup mesajların yer aldığı arayüz tasarımı 104
Şekil 4.13 (a) Yeni mesajlaşma başlatma ekranı, (b) Mesaj gönderim ekranı, (c) Mesaj bildirimi ana ekranı, (d) Online olma durum bildirimi, (e) Yazma durum bildirimi ve görüldü ikonu, (f) Son görülme durum bildirimi ve karşılıklı mesajlaşma, (g) Birden fazla sohbetin yer aldığı mesaj bildirimi ana ekranı, (h) Mesaj silme ekranı, (i) Mesajı benden sil durumu, (j) Mesajı

herkesten sil durumu, (k) Yaz durumu kontrolüne ait veritabanı tasarımı, (l) Bireysel mesajlaşmaya ait veritabanı tasarımı 106

Şekil 4.14 (a) Yeni grup oluşturma ekranı, (b) Gruba katılımcı ekleme ekranı, (c) Gruba katılımcı ekleme onay ekranı, (d) Gruba katılımcılar eklendikten sonraki grup rolleri, (e) Grup üyesinin rolünü değiştirme ekranı, (f) Grup yöneticisinin rolünü değiştirme ekranı, (g) Grup kurucusuna ait bilgi ekranı, (h) Mesaj gönderim ekranı, (i) Mesaj bildirimi ana ekranı, (j) Yazma durum bildirimi, (k) Karşılıklı mesajlaşma durumunda mesaj ekranı tasarımı, (l) Gönderilen mesajı silme ekranı, (m) Gönderilen mesaj silindikten sonra mesaj ekranı tasarımı, (n) Grup mesajlaşmaya ait veritabanı tasarımı 110

Şekil 4.15 (a) Matkap alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (b) Matkap bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı, (c) Multimetre alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (d) Multimetre bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı, (e) Tornavida seti alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (f) Tornavida seti bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı..... 114

Şekil 4.16 (a) Envanter takip sistemine ait arayüz, (b) Matkap takip sistemi için oluşturulan arayüz, (c) QR kodun okutulması için tasarlanan arayüz, (d) ve (e) QR kodun okutulması işlemi, (f) Cihaz alma için tasarlanan arayüz, (g) Cihaz bırakma için tasarlanan arayüz, (h) Cihaz herhangi bir personeldeyken elde edilen sonuçlar ve arayüz tasarımı, (i) Cihaz herhangi bir personelde değilken elde edilen sonuçlar ve arayüz tasarımı, (j) Envanter takip sistemine ait veritabanı 'parent-child' yapısı..... 116

Şekil 5.1 Mermerin kalite kontrol ve sınıflandırılmasında kullanılacak sensörler ile desteklenen konveyör bant tasarımı 123

Tablolar Listesi

Tablo 3.1 Aktivasyon fonksiyonlarına ait denklemler 28

Tablo 4.1 Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri 88
Tablo 4.2 Yüz tanıma için önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri 93
Tablo 4.3 Yaş analizi görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri 97
Tablo 4.4 Cinsiyet sınıflandırma görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerler 98
Tablo 4.5 Yüz ifadesi analizi görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri 99

Kısaltmalar Listesi

3B Baskı	Eklemeli Üretim
Endüstri 1.0	Birinci Endüstri Devrimi
Endüstri 2.0	İkinci Endüstri Devrimi
Endüstri 3.0	Üçüncü Endüstri Devrimi
Endüstri 4.0	Dördüncü Endüstri Devrimi
IoT	Nesnelerin İnterneti
RFID	Radyo Frekans Tanımlama
ESA	Evrişimli Sinir Ağları
LBPH	Yerel İkili Örüntü Histogramı
TBA	Temel Bileşen Analizi
LDA	Doğrusal Diskriminant Analizi
LBP	Yerel İkili Örüntü
SVD	Tekil Değer Ayrışımı
GANs	Üretken Çekişmeli Ağları
SDK	Yazılım Geliştirme Kiti
IDE	Tümleşik Geliştirme Ortamı
ReLu	Lineer Birim
SELU	Ölçekli Üstel Doğrusal Birim
ELU	Üstel Doğrusal Birim
SGD	Olasılıksal Eğim Düşümü
Adagrad	Adaptif Eğim
RMSprop	Kare Ortalamalarının Karekökü Yayılımı

Adam	Adaptif Moment Tahmin
TP	Doğru Pozitif
TN	Doğru Negatif
FP	Yanlış Pozitif
FN	Yanlış Negatif

Semboller Listesi

MHz	Megahertz
V	Volt
mA	Miliamper
MB	Megabayt
μA	Mikroamper
˚C	Santigrat derece
α	Alfa
e	Euler sayısı
σ	Sigma
Σ	Toplam sembolü
λ	Lamda

Bölüm 1

Giriş

Endüstri 4.0 teknolojik gelişmelerinin öncelikli amacı, ileri seviyedeki endüstriyel otomasyona ve daha yüksek düzeyde üretkenliğe ulaşmaktır. Bu endüstriyel yenilik, IoT ile ortaya çıkan akıllı fabrikaların kurulmasını ve günümüzde kullanıma alınmasını sağlamıştır. Ek olarak, akademik ve sektörel eğilimler siber fiziksel sistem, IoT, bulut bilişim, eklemeli üretim (3B baskı), siber güvenlik, otonom robotlar, sistem entegrasyonu, simülasyon, AR ve VR, büyük veri ve veri analitiği, yapay zeka gibi akıllı fabrika bileşenlerinin etrafında gelişmektedir [1]. Sonuç olarak Endüstri 4.0, üretim tesislerinin dijitalleşmesi ve endüstriyel otomasyon sistemlerinin gelişmesi ile birlikte ilgili üretim tesislerinin çevresindeki birimler ile iletişiminin sağlanması olarak tanımlanabilmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, 4. sanayi devrimi ile birlikte fabrikalar üretim süreçlerinde yenilemeye gitmiştir. Bu bağlamda akıllı fabrikaların ortaya çıkması ve akabinde yüksek endüstriyel otomasyona sahip sistemlerin kullanılması ile birlikte insan gücünü duyulan ihtiyaç azalmıştır. Böylelikle insan faktöründen kaynaklı hatalar minimuma indirilmiştir. Ek olarak akıllı fabrikaların temel amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1) Sanayide yüksek teknoloji otomasyon sistemi altyapısını kurmak ve insan etkisini en aza indirmek.

2) Üretim aşamasında meydana gelen hata oranlarını minimuma düşürmek ve yüksek kalite ürünler üretmek.

3) Fabrikaların özellikle üretim performansını kendiliğinden ağ üzerinden optimize etmesini sağlamak.

4) Fabrikalardaki üretim hızını en üst seviyeye taşımak ve üretim maliyetlerini minimuma indirmektir.

Tüm bunlar göz önüne alındığında akıllı fabrikalar, temel olarak üç ana bileşenden oluşan bir mühendislik sistemini meydana getirmektedir. Bu bileşenler ise ara bağlantı, işbirliği ve yürütme şeklinde tanımlanabilir. Ayrıca akıllı fabrika sistemin kendine özgü temel özellikleri bulunmaktadır. Bunlar; fabrikalar için yeni planlama yöntemleri, otomasyon ve insan rolünü değiştirme, yeni hizmetler oluşturma, enerji yönetimi, esneklik, şeffafık ve optimum düzeyde karar verme, uzaktan gözlemleme, bağlı tedarik zinciri, toplanan büyük veriden değer oluşturma, proaktif bakım şeklinde sıralanabilir [2].

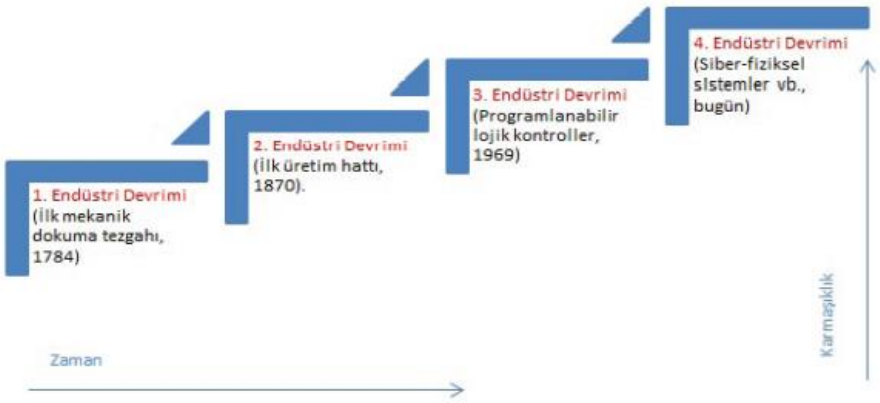
Bu çalışmada IoT, bulut bilişim, AR ve VR, yapay zeka ve mobil tabanlı hizmetler gibi farklı teknolojilerin birlikte kullanımı ile sanayideki dijital dönüşüme katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Çalışmanın odak noktasında ise mermer fabrikaları bulunmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak bu çalışmada; mermer fabrikaları için akıllı fabrika dijital dönüşüm yönetim ve bilişim sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu teknolojik dönüşümün uygulanması için çalışmada; AR ve VR, IoT, bulut bilişim, mermerin sınıflandırılması, personel kontrol ve takibi, personel durum (yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi) analizi için bilgisayarlı görü, stok, ürün ve envanter takibi için QR kod teknolojisi ve tüm bu verilerin takibinine ek olarak şirket içi haberleşmeyi sağlayan Android tabanlı mobil uygulama kullanılmıştır.

Bu bölüm altı alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar ile ilgili genel bilgiler, akıllı fabrikaların sistem mimarisi, akıllı fabrikaların temel özellikleri ve uygulama Katmanları, çalışmanın amacı ve araştırma soruları, çalışmanın özgün değeri ve başlıca katkıları ve çalışmanın geri kalan bölümünün anahatları şeklindedir.

1.1 Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar ile İlgili Genel Bilgiler

Endüstri veya sanayi terimi günümüze kadar birçok kez değişim ve gelişim yaşamış bir çalışma alanıdır. Bu bağlamda sanayide kullanılan yöntemler ve üretim süreçleri

günümüzde de her geçen gün gelişmektedir. 21. yüzyıla gelene kadar Dünya'da üç adet büyük sanayi devrimi yaşanmıştır [3]. 18. yüzyılda İngiltere'de buhar makinelerinin kullanımı, tekstil sektöründe verimliliğin arttırılması ve demir üretime ile başlayıp 19. yüzyılın ortalarına kadar devam süreç Birinci Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0) olarak tanımlanmıştır. 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkan İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0), teknoloji devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Bu devrimin başlamasını tetikleyen en önemli etmen demiryolu ulaşımının da gelişmesi ile birlikte farklı ülkelerdeki pazarlara ulaşımın ve hammadde tedariğinin daha mümkün kılınması olmuştur. İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) özellikle seri üretime geçişi hızlandırmış ve elektrik enerjisinden faydalanmanın önünü açmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 3.0) üretim tesislerindeki sistemlerin analogdan dijitale evrilmesiyle ortaya çıkmıştır [3, 4-6]. Bu dönemde iletişim, haberleşme gibi çeşitli teknolojilerin gelişmesiyle üretimde otomasyon önem kazanmıştır [2]. Ek olarak yine bu dönemde yazılım önem kazanmış olup yazılım sektörü ciddi bir ilerleme kaydetmiştir ve bunun sonucunda üretim tesislerinde kullanılan makineler değişim göstermiştir. İlk üç endüstri devriminin akabinde "2011 Hannover Fuarı" etkinliğinde Almanlar tarafından Dördüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 4.0) terimi öne sürülmüştür [1,7,8].



Şekil 1.1: Endüstri devrimlerinin gelişim basamakları [9]

Endüstri 4.0 tabanlı teknolojik gelişmelerin günümüzde sanayi üzerinde önemli bir etkisi vardır [10]. Endüstri 4.0 teknolojik gelişmelerinin öncelikli amacı, ileri seviyedeki endüstriyel otomasyona ve daha yüksek düzeyde üretkenliğe ulaşmaktır [11]. Bu endüstriyel yenilik, IoT ile ortaya çıkan akıllı fabrikaların kurulmasını ve kullanıma alınmasını sağlamıştır. Sonuç olarak Endüstri 4.0, üretim tesislerinin dijitalleşmesi ve endüstriyel otomasyon sistemlerinin gelişmesi ile birlikte ilgili üretim

tesislerinin çevresindeki birimler ile iletişiminin sağlanması olarak tanımlanabilmektedir [12]. Bu bağlamda, Endüstri 4.0 uygulama basamakları Şekil 1.2'de özetlenmiştir.

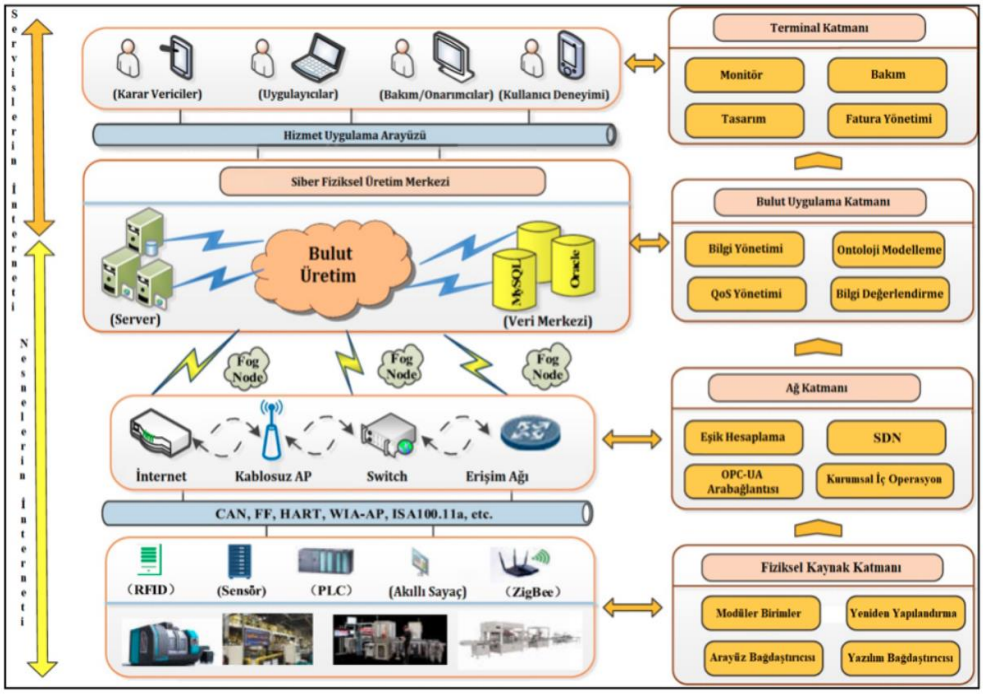
Şekil 1.2: Endüstri 4.0 basamakları [13]

Zaman içerisinde çeşitli gelişimler kaydetmesi ve öğrenme özelliğine sahip olması nedeni ile 'Öğrenen Fabrikalar' veya bu üretim tesislerinde çalışan kişilerin bulunmamasına karşılık sürekli faaliyet göstermesi nedeniyle 'Karanlık Fabrikalar' olarak da adlandırılan Akıllı fabrikalar; üretimdeki karmaşıklığı en aza indirirken üretimi kolaylaştırır, sürdürülebilirliği ve karlılığı artırır [14]. Akıllı fabrikalar, özellikle sensörler ve makineler olmak üzere üretimdeki bileşenlerin bilgi transferinde bulundukları sistem mimarisi altyapısına sahiptir. Akıllı fabrikalar cihazların ve makinelerin birbirleriyle haberleşmesine ve karar süreçlerine katılmasına olanak sağlamaktadır. Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerini yönetmesi ve denetlemesi ile birlikte dijital dönüşümü sağlamaktadır [2]. Akıllı fabrikalar halihazırdaki fabrikalara kıyasla, kaynakların etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamakta, depolamayı azaltmakta, kişiselleştirilmiş ürünlerin üretilmesini kolaylaştırmakta, ürünlerin dağıtım süresini kısaltmakta, hızlı ve düşük hata oranı ile üretimi daha değerli hale getirmekte ve tedarik zincirindeki stoklamayı ciddi oranda azalrmaktadır [15, 16].

1.2 Akıllı Fabrikaların Sistem Mimarisi

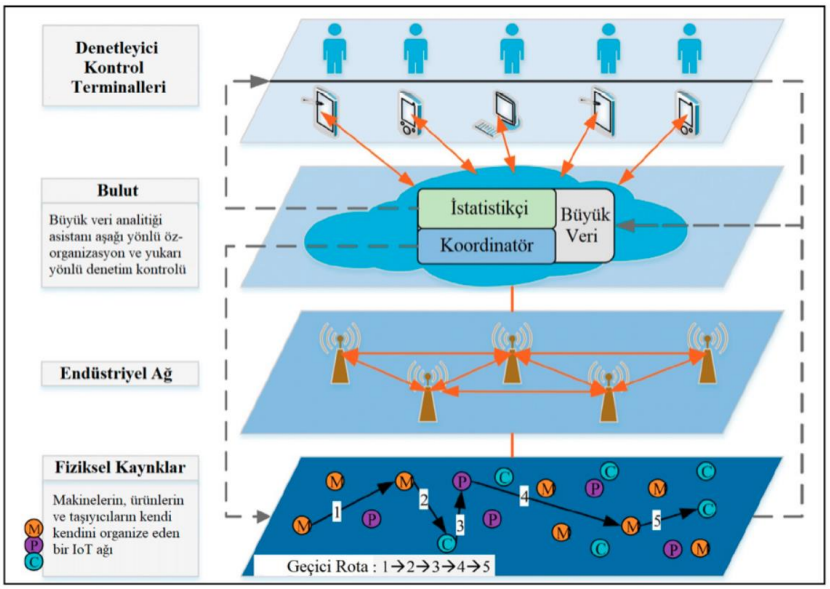
Akıllı fabrikaların sistem mimarisi, son yıllarda araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bu bağlamda çeşitli araştırmacılar tarafından akıllı fabrika sistem mimarisi önerileri yapılmıştır [17-19]. Bu önermelerin sonucunda özet olarak, dijital ve otonom fabrikaları ifade eden akıllı fabrikalar, üretim tesisilerinin çeşitli yönlerden (üretim kaynakları, makineler vb.) yönetiminin iyileştirilmesi için bilgi teknolojilerini (bulut platformu, IoT, radyo frekans tanımlama, yapay zeka, robotlar vb.) kullanmaktadır. Sonuç olarak, akıllı fabrikalar üretimi iyileştirmekte, üretim süreçlerindeki denetleme etkinliğini arttırmakta ve insan faktörünü azaltmaktadır [20-22].

Akıllı fabrikaların en önemli bileşenlerinden olan IoT, fabrikaların temel ekipmanlarının ve kaynaklarının birbiriyle haberleşmesini sağlamak amacı ile kullanılan, akıllı ve kendi kendini yapılandırabilen nesneler olarak tanımlanmaktadır. Ek olarak IoT teknolojisi veri transferi yeteneğini de sahiptir. Veri analizi ve sonuç olarak oluşturulan karar destek mekanizması; akıllı fabrikalar için üretim planlamalarının yapılması, makine ve teçhizatların servis ve bakım ihtiyaçlarının takibi akabinde bu ihtiyacın otomatik olarak iletilmesi, ve yüksek kalite kontrol sürecinin sağlanması amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca hizmetlerin interneti, üretim kaynaklarını bir bulut sunucusunda gözlemlemek amacı ile terim olarak ortaya atılmış ve sanayide mevcut kullanım sahası bulunmaktadır. Tüm bunlar göz önüne alındığında akıllı fabrikalar, temel olarak üç ana bileşenden oluşan bir mühendislik sistemini meydana getirmektedir. Bu bileşenler ara bağlantı, işbirliği ve yürütme şeklinde tanımlanabilir. Şekil 1.3'te gösterildiği üzere akıllı fabrikaların mimari yapısı, fiziksel katman, ağ katmanı, veri uygulama katmanı ve terminal katman olmak üzere dört katmanı içerisinde barındırmaktadır [23-25].



Şekil 1.3: Akıllı fabrikaların sistem mimarisi [23]

Şekil 1.3'teki akıllı fabrika sistem mimarisi dışında akıllı fabrikalar, fiziksel kaynak katmanı, endüstriyel ağ katmanı, bulut tabakası ve denetleyici kontrol terminal katmanı olmak üzere Şekil 1.4'te gösterildiği gibi yine dört katman ile tanımlanabilir. Bu yapıda iki adet döngü bulunurken bir döngü fiziksel kaynaklardan ve buluttan diğer döngü denetleyici kontrol terminallerinden ve buluttan oluşmaktadır [16, 26].

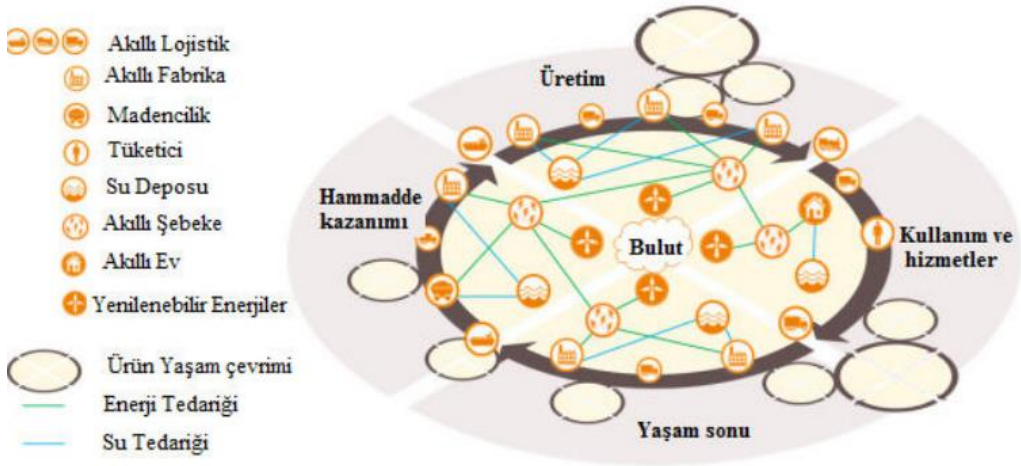


Şekil 1.4: Akıllı fabrikaların genel yapısı [23]

Fiziksel kaynaklar, endüstriyel ağ kullanımı ile birlikte birbirleri ile haberleşme sistemi kurabilen akıllı nesneler şeklinde tanımlanmaktadır. Endüstriyel ağ, fiziksel kaynaklar katmanından verileri elde eden ve denetleyici kontrol terminalleri vasıtası ile insanlarla iletişim kuran (insan-makine etkileşimi) bulut bilişim sistemi ile etkileşim içerisindedir. Sonuç olarak, somut çerçeve tarafından soyut verilerin aktarılması için ağa bağlı bir sistem alt yapısı sağlanmaktadır. Tüm bunlar ise, fiziksel nesnelerin ve bilgilerin bütünleştirildiği bir siber fiziksel sistemi oluşturmaktadır [16].

1.3 Akıllı Fabrikaların Temel Özellikleri ve Uygulama Katmanları

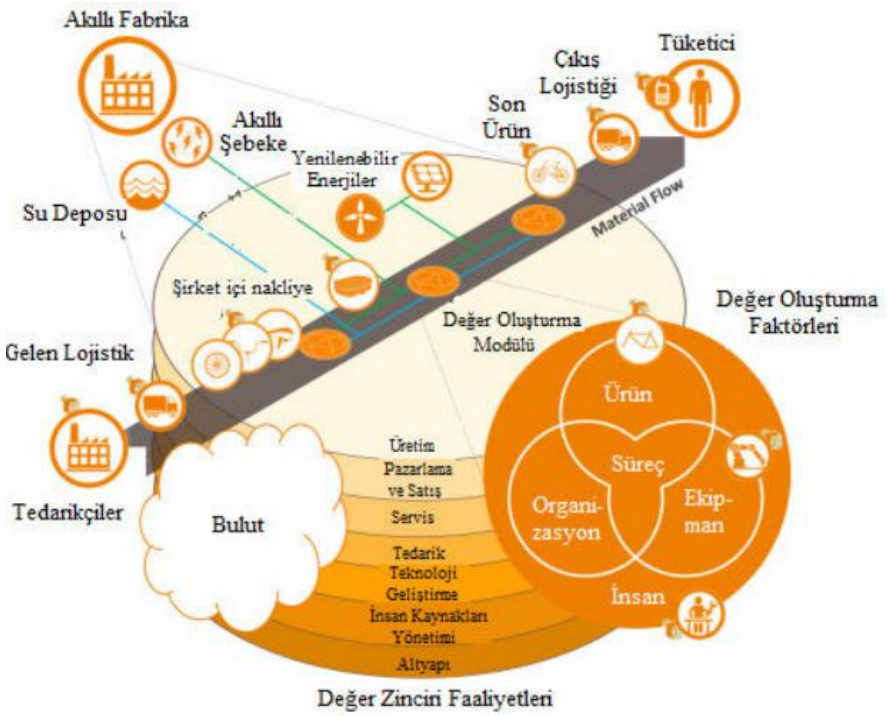
Akıllı fabrikalar; iş gücünü minimuma indirirken fabrika verimliliğini artırmayı, kaynakları etkin kullanmayı ve kalite kontrol süreçlerini etkin olarak takip etmeyi hedeflemektedir. Ayrıca akıllı fabrikalar; ağ üzerinden fabrikaların özellikle üretim performansını kendiliğinden optimize etmesini, üretim süreçlerini zaman içerisinde akıllı fabrika sisteminin öğrenmesini ve tam otomasyon ile çalışmasını da hedeflemektedir [27-29].



Şekil 1.5: Endüstri 4.0'ın makro perspektifi [14]

Akıllı fabrika sistemin kendine özgü temel özellikleri bulunmaktadır. Bunlar; fabrikalar için yeni planlama yöntemleri, otomasyon ve insan rolünü değiştirme, yeni hizmetler oluşturma, enerji yönetimi, esneklik, şeffafık ve optimum düzeyde karar verme, uzaktan gözlemleme, bağlı tedarik zinciri, toplanan büyük veriden değer oluşturma, proaktif bakım şeklinde sıralanabilir.

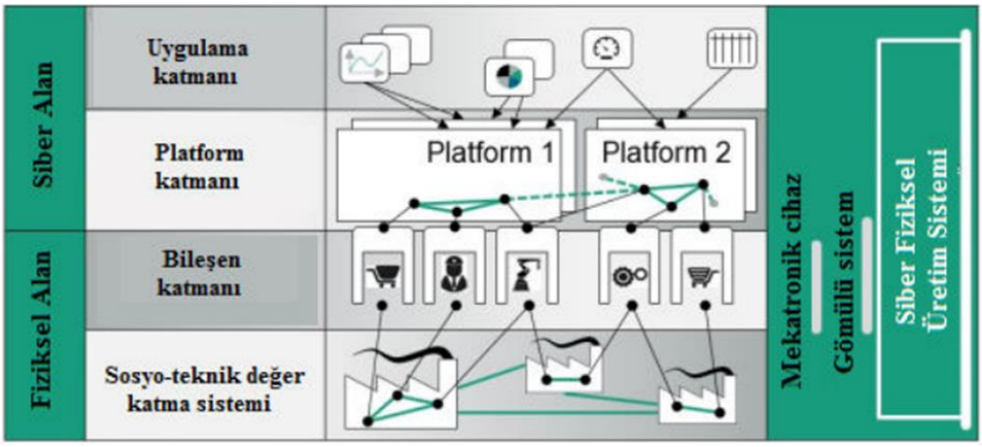
Yeni planlama yöntemleri ile akıllı fabrikalardaki üretim süreçleri yüksek oranda optimize edilebilir [30]. Otomasyon ve insan rolünü değiştirme ile insan kaynaklı hatalar minimuma düşürülürken üretim kalitesi üst seviyeye taşınabilir. Akıllı cihazlar, IoT teknolojisi ve mobil uygulamaların akıllı fabrika sistemine dahil edilmesi ile yeni hizmetler oluşturulabilir. Akıllı sayaçların kullanımı ile enerji yönetimi ve tasarrufu sağlanabilir [31,32]. Akıllı fabrikaların ihtiyaç duyduğu insan gücü en az seviyede olduğu için esneklik özelliğine sahiptir. IoT cihazlarından başta sensörler ile elde edilen bilgiler üretim süreçlerinde şeffaflık ve optimum düzeyde karar verme imkanı akıllı fabrikalara önemli bir artı sağlamaktadır. Bulut teknolojisi ile desteklenen mobil ve web uygulamaları, başta IoT cihazları olmak üzere birçok akıllı fabrika bileşeninden elde edilen bilgileri uzaktan gözlemleme imkanı sunmaktadır. Mobil ve web tabanlı uygulamalar, son kullanıcıya akıllı fabrikalarda üretilen ürünler hakkında bilgiler vererek bağlı tedarik zinciri sistemini oluşturmaktadır. IoT cihazlarından elde edilen veriler makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmalarıyla analiz edilerek bu verilerden değer oluşturulabilir. Proaktif sistemlerde, yaşanması muhtemel sorunlar önceden tahmin edilebilmekte ve sonrasında sistem bileşenlerinin bakım gereksinimleri giderilmektedir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinin takibi ve performans verilerinin depolanması, proaktif bakımın iyileştirilmesi ve geliştirilmesine olumlu bir etki sağlamaktadır [33].



Şekil 1.6: Endüstri 4.0'ın mikro perspektifi [14]

Akıllı fabrikaların genel uygulama katmanları on bir ana alandaki teknolojileri dayanmaktadır. Bu teknolojiler, siber fiziksel sistem, IoT, 3B baskı, siber güvenlik, otonom robotlar, sistem entegrasyonu, simülasyon, AR ve VR, büyük veri ve veri analitiği, yapay zeka şeklindedir.

Siber-fiziksel sistemler, fiziksel dünya ile siber dünya arasındaki iletişimi sağlayan bir sistemdir [34]. Siber-fiziksel sistem, akıllı fabrikaların önemli bir kısmını oluşturmakta olup yazılımlar aracılığı ile insan-makine etkileşimini sağlamak anlamına gelmektedir [35]. Siber-fiziksel sistemler, akıllı fabrika dönüşümü için bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağalamda, siber-fiziksel sistemler sanayideki dijitaleşmeyi sağlayan temel unsurlardandır. Siber-fiziksel sistemlerin temel amacı, üretim süreçlerini hızlandırmak ve verimliliği en üst seviyeye taşımaktır [36]. Siber-fiziksel sistemlerde, gömülü yazılımlar ve sensörlerin kullanımı ile önceden programlanan sistemler, makineler arasında iletişimi sağlamakta ve dışardan herhangi bir insan müdahalesi olmaksızın çalışmaktadır [37]. Sonuç olarak, sistem otomatik olarak kendiliğinden çalışmaktadır. Siber-fiziksel sistemler üretim basamaklarında yer alan; kontrol edilebilirliğin, gözetleme süreçlerinin, şeffaflığın ve verimliliğin farklı bir yapısını meydana getirmektedir [38].



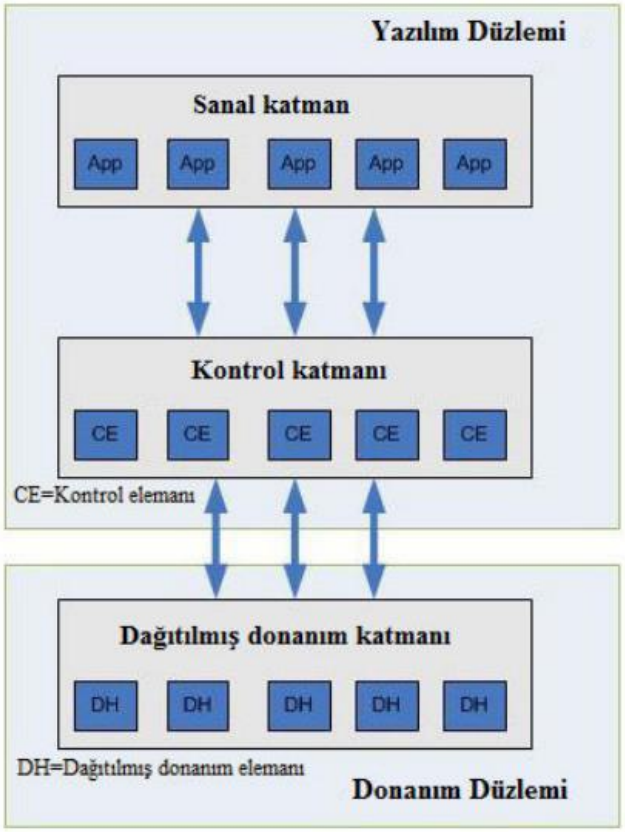
Şekil 1.7: Siber-fiziksel sistemlerin genel yapısı [14]

1999 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılan IoT terimi, akıllı fabrika dijital dönüşümünün en önemli bileşenlerindendir. IoT teknolojisi, nesnelerin bir ağa bağlanmasını ve bu ağdaki nesnelerin bir haberleşme protokolü ile iletişimde olması olarak tanımlanabilmektedir [39]. IoT uygulamasında çeşitli kablosuz/kablolu (RFID, Zigbee, Bluetooth, Wifi vb.) iletişim protokolleri kullanılmaktadır. IoT teknolojisi alt yapısında; yazılımları, RFID teknolojisini, sensörleri, akıllı telefonları vb.

bulundurmaktadır. IoT; üretim süreçleri, taşımacılık, enerji sektörü, sağlık sistemleri, akıllı binalar ve tesisler gibi farklı alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Şekil 1.8: IoT teknolojisinin uygulama katmanları [40]

Bulut bilişim teknolojisinde temel amaç, IoT cihazlarından elde edilen büyük verinin daha sonra makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmarıyla analiz edilmesi için internet aracılığıyla bulut tabanlı sistemlerde depolanmasıdır. Bulut bilişim teknolojisi, internet bağlantısı bulunan herhangi bir yerden IoT cihazlarından bilgi elde edebilmektedir.



Şekil 1.9: Bulut tabanlı akıllı fabrika üretim mimarisi [14]

3B baskı, ürünler tek bir malzemeden üretilmek yerine farklı malzemlerin katmanlar halinde kullanılması ile üretilir. Birçok formdaki malzemelerden oluşan ürünler bu yöntemle üretilebilmektedir. Bu üretim maliyetleri düşürür, zamandan kazanç sağlar, üretim ve tasarım kolaylığı sağlar.

Akıllı fabrika dönüşüm, dijitalleşme ve artan veri sayısı ile siber saldırıların yaşanma ihtimali artmaktadır [10]. Siber güvenlik operasyonel işlemleride bu bağlamda her geçen gün önem kazanmaktadır.

Otonom robotlar, akıllı fabrikaların en önemli bileşenlerindendir. Robotlar üretim süreçlerindeki verimliliği artırmaktadır [42]. Robotlar kendi aralarında da iletişim kurarak üretim süreçlerini büyük ölçüde optimize etmektedir. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda önümüzdeki yıllarda robotların endüstride kullanımının artması beklenmektedir.

Sistem entegrasyonu, Endüstri 4.0 ile eş zamanlı olarak yaygınlaşmıştır. Yatay ve dikey olmak üzere iki farklı entegrasyon bulunmaktadır. Yatay entegrasyonda, müşteri portföyü aynı olan firmaların bir araya gelmesiyle makine ve teçhizatların tam kapasite ile kullanımı sonucunda üretim üst seviyelere taşınmaktadır [41]. Dikey entegrasyonda ise benzer sektörlerde bulunan ama farklı alt sektörlerle ilişkili olan şirketlerin bir araya gelmesidir. Böylelikle müşteri odaklı üretim, verimli kaynak kullanımı ve üretim maliyetlerinin minimuma indirilmesi sağlanabilecektir [41].

Simülasyon teknikleri, yapılacak operasyonel işlemleri takip etmeyi, maliyet ve zaman kazancına ek olarak risk yönetimi yapılabilmesini sağlar [43]. Ayrıca hata oranlarını en aza indirirken maddi kazanç sağlar [14]. Simülasyon teknolojileri ile sanal ortamda modelin benzeri oluşturulmaktadır [44]. Simülasyon özellikle AR ve VR uygulamaları ile sıklıkla kullanılmaktadır.

AR öncelikle oyun sektöründe kullanılmıştır. Fakat sanayideki dijital dönüşümle beraber üretim sektöründe de adından söz ettirmiştir. Personele verilen bakım ve onarım eğitimlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. AR ile uzaktan sanal bir şekilde panel aracalığıyla fiziksel makinelere müdahele edilebilmektedir. VR ise çeşitli modelleme programlarıyla yaratılan 3B benzetim modellerinin kullanıcılara gerçekmiş hisse vermesi ile oluşturulan yazılım (3B benzetim tasarımları) ve donanım (VR gözlükleri) tümleşik sistemleridir.

Günümüzde bulut tabanlı sistemlerle makine ve teçhizatlara ek olarak tüm akıllı fabrika bileşenlerinden elde edilen IoT verileri bulut tabanlı sistemlerde depolanabilmektedir. Bu durumda büyük verinin oluşmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda Endüstri 4.0 dijital dönüşümünde büyük veri ve veri analitiğinin önemi büyüktür. Verilerin analizi ile sistemler optimize edilebilir, otonomluk sağlanabilir, hata oranları en aza indirilebilir, etkinlik ve efektiflik en üst seviyelere çıkarılabilir [13].

Yapay zeka insan beyin yapısı düşünülürek yaratılmış ve tanıtılmıştır. Yapay zeka algoritmaları ile karar verme mekanizmalarının oluşturulması mümkündür. Bu mekanizma için çeşitli veriler kullanılarak yapay zeka modelleri eğitilmektedir. Böylelikle bilgi üretilir ve karar verilir. Yapay zeka algoritmaları gömülü sistem yapıları ile kullanılabilmektedir. Sonuç olarak insan makine etkileşiminden en üst seviyede faydalanılabilmektedir.

1.4 Çalışmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Akıllı fabrikaların siber fiziksel sistem, IoT, bulut bilişim, 3B baskı, siber güvenlik, otonom robotlar, sistem entegrasyonu, simülasyon, AR ve VR, büyük veri ve veri analitiği, yapay zeka olmak üzere on bir ana uygulama katmanı bulunmaktadır. Ek olarak, Endüstri 4.0 için beş ana özellik; dijitalleşme, optimizasyon ve üretimin özelleştirilmesi; otomasyon ve adaptasyon; insan makine etkileşimi; katma değerli hizmetler ve işletmeler ve otomatik veri alışverişi ve iletişim olarak belirtilmektedir. Bu özellikler akıllı fabrikalar ve Endüstri 4.0'ın sadece gelişmiş internet teknolojileri ve yazılımlarla ilişkili olmadığını, aynı zamanda Endüstri 4.0'ın endüstriyel bir değer katma yaratılması ve bilgi yönetimi süreci olduğunu da göstermektedir. Ayrıca, akıllı fabrikalar birçok farklı teknolojiyi içerisinde barındırmaktadır. Bu teknolojiler; IoT, RFID, siber-fiziksel sistemler, otonom robotlar, AR ve VR, simülasyon, sistem entegrasyonu, büyük veri, yapay zeka, bulut bilişim, mobil ve web hizmetleridir. Bu çalışmada IoT, bulut bilişim, artırılmıs ve VR, yapay zeka ve mobil tabanlı hizmetler gibi farklı teknolojilerin birlikte kullanımı ile sanayideki dijital dönüşüme katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Çalışmanın odak noktasında ise mermer fabrikaları bulunmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak bu çalışmada; mermer

fabrikaları için akıllı fabrika dijital dönüşüm yönetim ve bilişim sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu teknolojik dönüşümün uygulanması için çalışmada; AR ve VR, IoT, bulut bilişim, mermerin sınıflandırılması, personel kontrol ve takibi, personel durum (yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi) analizi için bilgisayarlı görü, stok, ürün ve envanter takibi için QR kod teknolojisi ve tüm bu verilerin takibine ek olarak şirket içi haberleşmeyi sağlayan Android tabanlı mobil uygulama kullanılmıştır.

Bu çalışmaya ait araştırma soruları aşağıda verilmiştir.

1) Akıllı fabrikalar için AR ve VR uygulaması ile bakım ve onarım süreçlerine katkıda bulunmak mümkün müdür?

2) Akıllı mermer fabrikaları özelinde IoT uygulaması ile mermer kurutma süreçlerine nasıl katkı sağlanabilir?

3) Birçok türü bulunan mermer ve bu türlerine göre fiyatı değişen mermerler için sınıflandırma ve kalite kontrol basamağına akıllı mermer fabrikaları için nasıl katkıda bulunulabilir?

4) Sınıflandırılan ve kalite kontrolü tamamlanan mermerlerin takibi nasıl sağlanabilir?

5) Akıllı fabrikalarda çeşitli cihazlar ve makineler ile elde edilen verilen nasıl depolanmalıdır?

6) Akıllı fabrikalarda çalışan personelin giriş ve çıkışı akıllı sistemlerle nasıl takip ve kontrol edilebilir?

7) Akıllı fabrikalarda çalışan personelin yaş ve cinsiyete göre de değişen yüz ifadesi durumu nasıl analiz edilebilir?

8) Akıllı fabrikalardaki envanterin takibi nasıl sağlanabilir?

9) Akıllı fabrika çalışanları fabrika üretim ve test aşamalarından elde edilen sonuçları hangi ölçüde gerçek zamanlı takip edebilir?

10) Akıllı fabrika çalışanları için tek tümleşik bir yapı ile nasıl bir şirket içi haberleşme sistemi ve dokümantasyon takibi altyapısı oluşturulabilir?

11) Akıllı fabrikaların sistem mimarisi ve uygulama katmanlarında bulunan teknolojiler nasıl bir arada kullanılabilir?

12) Geliştirilen teknolojilerin uygulama aşamasına nasıl daha kolay geçirilebilir?

13) Akıllı fabrikalar nasıl daha optimize bir şekilde çalışabilir?

14) Tüm akıllı fabrika bileşenlerinin kullanılması akıllı fabrikalara nasıl artılar sağlayacaktır?

15) Akıllı fabrika dijital dönüşümünün sağlanması ne ölçüde mümkündür?

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, bu soruların cevapları hem akademik hem de pratik olarak aranmış ve sonuçları aktarılmıştır. Gerekli teorik bilgiler doğrultusunda bu araştırma soruları için sonuçlar elde edilmiştir.

1.5 Çalışmanın Özgün Değeri ve Başlıca Katkıları

Çalışmanın özgün değeri ve başlıca katkıları aşağıdaki on madde ile açıklanmıştır.

1) Bakım ve onarım süreçlerine katkıda bulunmak amacı ile geliştirilen Android tabanlı AR ve VR uygulamasındaki 3B görüntüler mermerin sınıflandırılması için tasarlanan özel bir konveyör bant bileşenleri ile çalışmaya dahil edilmiştir.

2) Çalışmada bulut bilişim tarafında Firebase kullanılmış ve kullanım kolaylıkları aktarılmıştır.

3) Android tabanlı nesnelerinin interneti uygulaması, mermer fabrikaları özelinde sıcaklık ve nem sensör bilgileri olmak üzere bu çalışmada kullanılmıştır.

4) Fabrikalardaki envanterin takibi için QR kod teknolojisi ile desteklenen Android tabanlı bir sistem tasarımı önerilmiştir.

5) Çalışmada personel şirket giriş ve çıkışını kontrol etmek için yeni bir veriseti oluşturulmuştur. Evrişimli sinir ağları (ESA) mimari tasarımları ile sonuçlar elde edilmiştir.

6) Şirket personellerinin yaşı ve cinsiyetine de bağlı olarak değişkenlik gösterebilen yüz ifadesi durumu gerçek zamanlı olarak ESA ile desteklenerek analiz edilmiştir.

7) Mermer kalite kontrolünde literatürde var olan veriseti tarafımızca Kur Mermer'in de destekleri ile genişletilmiştir. Kalite kontrol işlemi ESA mimarilerinin kullanımı ile tamamlanmıştır.

8) Mermerin kalite kontrolünden elde edilen sonuçlara ek olarak fiyat ve stok bilgileri Android tabanlı QR kod teknolojisi ile takip edilmesi sağlanmıştır. Ek olarak QR kod teknolojisi olmaksızında mermerin işlemden çıkma zamanı ve sınıfı Android tabanlı uygulamada gözlemlenebilmektedir.

9) Çalışmada literatüre yeni ESA mimari tasarımları kazandırılmıştır.

10) Şirket içi mesajlaşmayı ve belge kontrolünü sağlayan Android uygulaması çalışmaya eklenmiştir.

11) Tüm akıllı fabrika sistemi tümleşik bir yapı ile oluşturulmuştur.

1.6 Çalışmanın Geri Kalan Bölümünün Anahatları

Bölüm 2'de AR ve VR, IoT ve QR Kod uygulamaları, derin öğrenme ve makine öğrenmesi tabanlı kalite kontrol, yüz tanıma, yaş ve cinsiyet analizine ek olarak yüz ifadesi tanıma ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar sunulmuştur.

Bölüm 3'te akıllı fabrikalarda bakım ve onarımı kolaylaştırma amacı ile geliştirilen Android tabanlı AR ve VR uygulaması için kullanılan metotlar, akıllı mermer fabrikası özelinde çalışmaya dahil edilen android tabanlı IoT uygulaması için kullanılan metotlar, mermerin kalite kontrolünü sağlamak, çalışan personeli takip ve kontrol etmek, personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek, envanter takibini sağlamak için geliştirilen için QR kod teknolojisi ile desteklenen Android tabanlı sistem için kullanılan metotlara ek olarak Android tabanlı mobil uygulamanın geliştirilmesinde kullanılan metotlar sunulmuştur.

Bölüm 4'te çalışmada geliştirilen Android tabanlı mobil uygulamanın ön tanıtımı, akıllı fabrikalarda bakım ve onarımı kolaylaştırma amacı ile geliştirilen Android tabanlı AR ve VR uygulaması çıktıları, akıllı mermer fabrikası özelinde çalışmaya

dahil edilen Android tabanlı IoT uygulaması çıktıları, akıllı mermer fabrikasında mermer kalite kontrolü için grafik kullanıcı arayüzü, QR kod teknolojisi ve Android mobil uygulama ile desteklenen derin öğrenme algoritmalarına dayalı olarak elde edilen için sonuçlar, Android mobil sistemler için derin öğrenme algoritmalarına dayalı yüz tanıma özelliğine sahip gerçek zamanlı personel takip sisteminin sonuçları, akıllı fabrikalarda çalışan personelin yaş ve cinsiyete bağlı olarak da değişen yüz ifadesinin analizinde elde edilen sonuçlar ve geliştirilen Android tabanlı mobil uygulamanın personel bilgilerini sunan, şirket içi mesajlaşmayı ve şirkete ait belgelerin takibi ve kontrolünü sağlayan bölümlerinde ve envanter takibinde kullanılan sistem ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Bölüm 5'te çalışma ile ilgili son sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

Bölüm 2

Literatür Araştırması ve İlgili Çalışmalar

Bu bölümde AR ve VR uygulamaları ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar, IoT ve QR kod uygulamaları ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar, derin öğrenme ve makine öğrenmesi tabanlı kalite kontrol uygulamaları ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar, derin öğrenme ve makine öğrenmesi tabanlı yüz tanıma ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar, derin öğrenme ve makine öğrenmesi tabanlı yaş ve cinsiyet analizi ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar ve derin öğrenme ve makine öğrenmesi tabanlı yüz ifadesi tanıma ile ilgili literatürdeki benzer çalışmalar sunulmuştur.

Damiani ve ark. [45], AR ve VR teknolojilerinin endüstrideki uygulamalarına yönelik bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırmada ürün tasarımı, lojistik, üretim sistemi yönetimi ve güvenlik bakımından AR ve VR teknolojilerini incelemişlerdir. Segura ve ark. [46], görsel tabanlı bilgi işlem teknolojilerinin çalışan operatörlerin faaliyetlerini güçlendirmede önemli bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca AR'ın insan makine etkileşiminde önemli bir yeri olduğunu da yaptıkları çalışmada göstermişlerdir. Park ve ark. [47], insanların gerçek ve sanal dünyayı bir arada deneyimlemesinin önemli bir konu olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda bu konunun popülerliği ile birlikte Android ve IOS tabanlı cihazların AR ve VR uygulamalarını desteklerini de göstermişlerdir.

Terroso-Saenz ve ark. [48], binalardaki dairelere ait enerji tüketiminin kontrol ve takibi için IoT uygulaması önermişlerdir. Çalışmada dairelere ait oda sıcaklığı ve anlık enerji tüketimi gibi veriler elde edilmiştir. Rashed ve ark. [49], hastalara ait kalp ritim, vücut ısısı ve hareket durumu gibi verilerin takibi için WiFi modülünü içerisinde

barındıran giyilebilir gömülü sistem tabanlı sensörlerin yer aldığı bir tasarımı önermişlerdir. Kullanılan sensörlerden elde edilen bilgiler bılut tabanlı sisteme aktarılmıştır. Taştan [50], DHT 22 sıcaklık-nem sensörünü ve HL-69 toprak higrometre nem sensörünü NodeMCU ile birlikte kullanarak tarım ve peyzaj amacıyla bir akıllı sulama ve uzaktan izleme sistemini oluşturmuştur.

Canayaz ve Uludağ [51], yaptıkları çalışmada 28 farklı mermer türünü içeren verisetini kullanmışlardır. Bu veriseti ile birlikte sınıflandırma ve kalite kontrol işleminin yürütülebilmesi için literatürde bilinen ESA mimari tasarımları ile transfer öğrenme yöntemini kullanmışlardır. Kullandıkları mimari tasarımlar ise LeNet, VGG16 ve ResNet şeklindedir. Bu mimari tasarımları farklı hiperparametreler ile birlikte test etmişler ve sonuçları elde etmişlerdir. Çalışmada en iyi kestirimci performansı SGD optimizasyon algoritması ile 1000 epok boyunca eğitilen VGG-16 mimari tasarımı elde etmiştir. Pençe ve Çeşmeli [52], iki farklı kalite sınıfında 80 görseli içeren verisetini kullanmışlardır. Bu veriseti ile birlikte kendi önerdikleri ESA mimari tasarımını kullanarak amaçladıkları sınıflandırma ve kalite kontrol işlemini tamamlamışlardır. Önerdikleri mimari tasarım %75'lik bir sınıflandırma performansı göstermiştir.

Mamak ve ark. [53], personel kontrol ve takip sisteminin oluşturulması amacı ile özyüz, fisheryüz ve yerel ikili örüntü histogramı (LBPH) olmak üzere üç farklı yöntem kullanmışlardır. Ayrıca çalışmada oluşturulan personel kontrol ve takip sistemi SQL Server tabanlı bir arayüz ile desteklenmiştir. Selvi ve ark. [54], üniversitedeki derslere öğrencilerin katılım durumlarını takip etmek için için temel bileşen analizini (TBA) kullanmışlardır. Aksoy ve ark. [55], 41 kişinin yüz görüntülerini kullanarak yüz tanıma sistemi geliştirmek için TBA, doğrusal diskriminant analizi (LDA), yerel ikili örüntü (LBP) ve tekil değer ayrışımı (SVD) olmak üzere dört farklı yöntem önermiştir. Banerjee ve Das [56], yüz tanıma sistemini geliştirmek için üretken çekişmeli ağları (GANs) kullanmışlardır ve GANs %90 doğruluk elde etmiştir.

Levi ve Hassner [57], yaptıkları çalışmada yaş ve cinsiyet analizi için ardışık beş adet konvolüsyon katmanı içeren bir ESA mimari tasarımını kullanmışlardır. Abdolrashidi ve ark. [58], yaptıkları çalışmada UTKFace verisetini kullanarak yaş ve cinsiyet analizi yapmışlardır. Yaş analizi için toplam sekiz adet sınıf oluşturmuşlardır. Sınıflandırma işleminde ise ResNet mimari tasarımını kullanmışlardır. Ozbulak ve ark. [59] yaş ve

cinsiyet analizini gerçekleştirmek amacı ile yaptıkları çalışmada AlexNET ve VGG mimari tasarımlarına dayalı olarak transfer öğrenme yöntemini kullanmışlardır.

Söylemez ve Ergen [60], FER2013 verisetini kullanarak yüz ifadesini analiz etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. FER2013 veriseti kızgın, iğrenme, korku, mutlu, üzgün, şaşkın ve nötr olmak üzere toplam yedi sınıftan oluşmaktadır. Çalışmada bu veriseti VGG16, VGG16bnorm, InceptionV1, InceptionV3, Xception, ResNet50V1, ResNet50V2, MobileNetV1 ve MobileNetV2 literatürde iyi bilinen ESA tasarımları ile birlikte kullanılmıştır. En iyi sınıflandırma performansını ise %65.8'lik doğruluk oranı ile InceptionV1 mimari tasarımı elde etmiştir. Pitaloka ve ark. [61], tarafından kullanılan veriseti altı farklı yüz ifadesini içermektedir. Bu veriseti üzerinde yeniden boyutlandırma, kırpma ve çeşitli normalleştirme yöntemlerini uygulamışlardır. Sonrasında ESA mimari tasarımı ile yüz ifadesi sınıflandırma işlemini tamamlamışlardır.

Bölüm 3

Materyal ve Metot

Bu bölüm beş alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; Android tabanlı AR ve VR uygulaması, Android tabanlı IoT uygulaması, ESA algoritmaları, envanter takip sistemi ve akıllı fabrika blok diyagramı şeklindedir.

3.1 Android Tabanlı AR ve VR Uygulaması

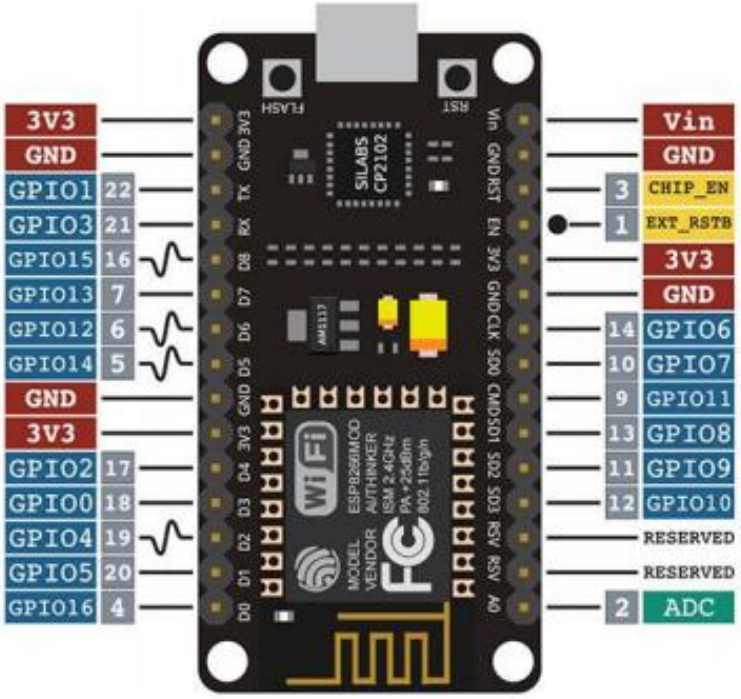
Akıllı fabrikalardaki bakım ve onarımı kolaylaştırmak amacı ile geliştirilen Android tabanlı AR uygulaması için kullanılan yöntemler; hazır kullanılan 3B modellere ek olarak SolidWorks ve CST Microwave Studio kullanılarak yapılan 3B çizimler SketchUp programı aracılığıyla yeniden boyutlandırılmış ve renklendirilmiştir. Sonrasında çıktılar .glb uzantılı olarak kaydedilmiş ve Firebase depolamaya yüklenmiştir. ARCore kütüphanesi, uygulamanın geliştirilmesi aşamasında çalışmaya dahil edilmiştir. Firebase depolamadan ilgili AR modellerin yüklenmesi için veritabanı sorgulama yöntemleri kullanılmıştır.

Akıllı fabrikalardaki bakım ve onarımı kolaylaştırmak amacı ile geliştirilen Android tabanlı VR uygulaması için kullanılan yöntemler; 360º panoramik çekim yapabilen kamera ile görseller elde edilmiştir. Sonrasında geliştirilen uygulamaya ait dosya içerisinde bir yardımcı klasör oluşturulmuş ve görseller eklenmiştir. Son olarak ise, Google VR yazılım geliştirme kiti (SDK) kullanılarak uygulama tamamlanmıştır.

3.2 Android Tabanlı IoT Uygulaması

Çalışmaya akıllı mermer fabrikaları özelinde, mermer kurutma basamağında kullanılması amacı ile dahil edilen Android tabanlı IoT uygulaması için NodeMCU,

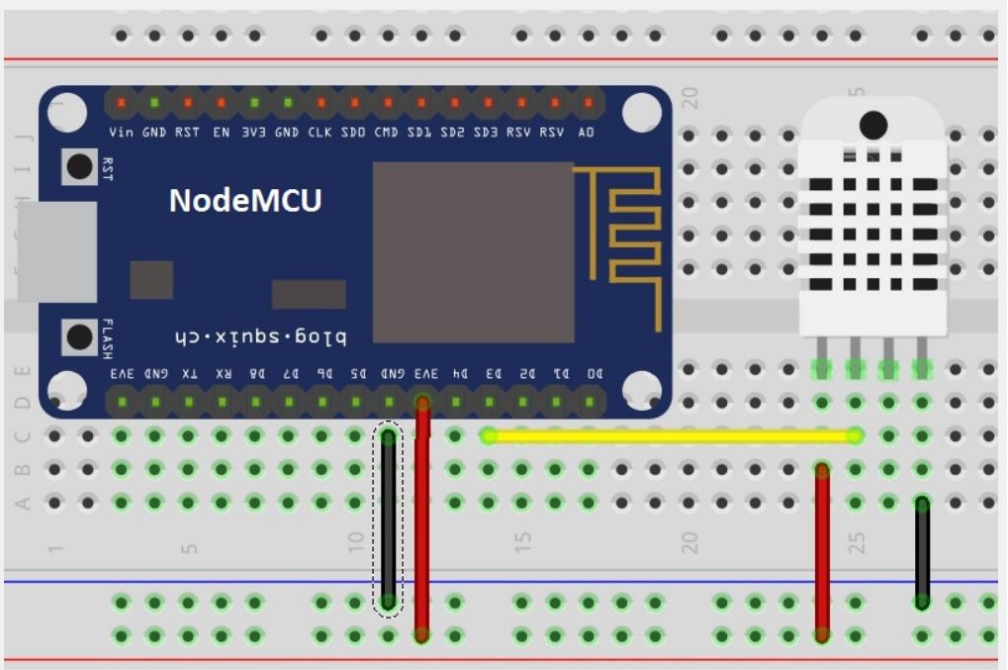
DHT11 sıcaklık-nem sensörü ve Firebase gerçek zamanlı veritabanı kullanılmıştır. NodeMCU Wifi modülünü içerisinde barındıran, 32 bit işlemciye sahip bir gömülü sistem geliştirme kartıdır. NodeMCU düşük fiyat avantajı, düşük güç tüketimi ve kullanılabilirliği yüksek kart tasarımı ile IoT uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. NodeMCU'ya ait kart tasarımı ve pin diyagramı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. NodeMCU üzerinde 32 bit Tensilica L106 işlemci barındırmaktadır. Bu işlemcinin çalışma frekansı ise 80/160 MHz'dir. Ayrıca NodeMCU'da 17 adet giriş/çıkış pini bulunurken 1 adet ADC pin yer almaktadır. Çalışma gerilimi 3.0~3.6 V aralığındayken çalışma akımı 12~200 mA aralığındadır. NodeMCU'nun toplam program hafızası 4 MB'dır. IEEE 802.11 b/g/n ağ standardına dayalı bir WiFi modül ve haberleşme sistemine sahiptir. Uyku modu akımı 10 µA'den küçükken bekleme modu akımı 10 mA'den küçüktür.



Şekil 3.1: NodeMCU pin diyagramı [50]

Gerçek zamanlı nem ve sıcaklık bilgilerinin alınabilmesi için çalışmada kullanılan DHT11 sıcaklık-nem sensörü 8 bit mikroişlemciyi içerisinde bulundurmaktadır. 0~50 ˚C sıcaklık aralığında veriler alabilen bu sensör için sıcaklık sonuç değerinde ± 2 ˚C, nem sonuç değerinde ise ± %5 hata payı olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca bu sensörün çalışma gerilimi 3.0~5.5 V iken akım değeri 0.5~2.5 mA'dir. DHT11 sensörü ve NodeMCU örnek bağlantı şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Projenin bu

bölümünde sıcaklık ve nem bilgisi DHT11 sensöründen elde edilirken bu verilerin elde edildiği saat için NTP sunucusu kullanılmıştır. Elde edilen tüm bu veriler ise Arduino tümleşik geliştirme ortamından (IDE) Firebase gerçek zamanlı veritabanına ait https adresi ve Firebase veritabanı tanımlama şifresi kullanılarak gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır. Daha sonra ise bu veriler geliştirilen Android tabanlı mobil uygulamada, veritabanı sorgu yöntemleri kullanılarak gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2: NodeMCU ve DHT11 sensörü örnek bağlantı şeması [62]

3.3 ESA Algoritmaları

Bu bölüm altı alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; ESA hakkında genel bilgiler, ESA mimari tasarımlarını oluşturan katmanlar ve eğitim aşaması ve hiperparametreler, ESA mimari tasarımlarının geliştirilmesi, katman detayları ve eğitim aşaması, haar cascade sınıflandırıcısı, kullanılan verisetleri ve performans değerlendirme metrikleri şeklindedir.

3.3.1 ESA Hakkında Genel Bilgiler

Derin öğrenme algoritmaları son yıllarda önem kazanmıştır. Bunun nedeni, veri sayılarının artması ve büyük verinin oluşmasıdır. Bu büyük verinin oluşması ile birlikte büyük veri araştırmacılığı bilim dalı ortaya çıkmıştır. Derin öğrenme

algoritmaları insan beyninin karar alma yetisinden esinlenerek yaratılmıştır. İnsan beyni nöron yapısı baz alınarak geliştirilen ilk modeli McCulloch ve ark. önermiştir [63]. Önerilen bu model şuan kullanılan yapay sinir ağları sistem mimarisinin temelini oluşturmaktadır. Bunun akabinde adaptif lineer element ve perceptron modelleri önerilmiştir [64,65]. Sonrasında bu modeller daha da geliştirilerek derin sinir ağları Hilton ve ark. tarafından önerilmiştir [66]. ESA da derin öğrenme algoritmalarından biridir. ESA makine öğrenmesi tabanlı algoritmaların aksine manuel özellik çıkarımına ihtiyaç duymaz. Bu durumda ciddi bir zaman kazancı sağlamaktadır. Çünkü manuel özellik çıkarımında gerektiğinde uzman kişilerin tavsiyelerine ihtiyaç duyulmaktadır [67]. Bunun aksine ESA ise özellik çıkarımı verisetinin kullanımı ile sağlanmaktadır. Böylelikle, makine öğrenmesinde gerekli olan manuel özellik çıkarımı zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda ESA modelleri günümüzde öncelikle sınıflandırma işlemlerinde olmak üzere regresyon analizlerinde de kullanılmaktadır.

3.3.2 ESA Mimari Tasarımlarını Oluşturan Katmanlar, Eğitim Aşaması ve Hiperparametreler

Bu bölüm dokuz alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; giriş katmanı, konvolüsyon katmanı, havuzlama katmanı, seyreltme, toplu normalleştirme katmanları ve L1-L2 düzenlileştirme, düzleştirme ve tam bağlantı katmanları, aktivasyon fonksiyonları, kayıp fonksiyonları, optimizasyon algoritmaları ve epok, küme boyutu ve öğrenme oranı şeklindedir.

3.3.2.1 Giriş Katmanı

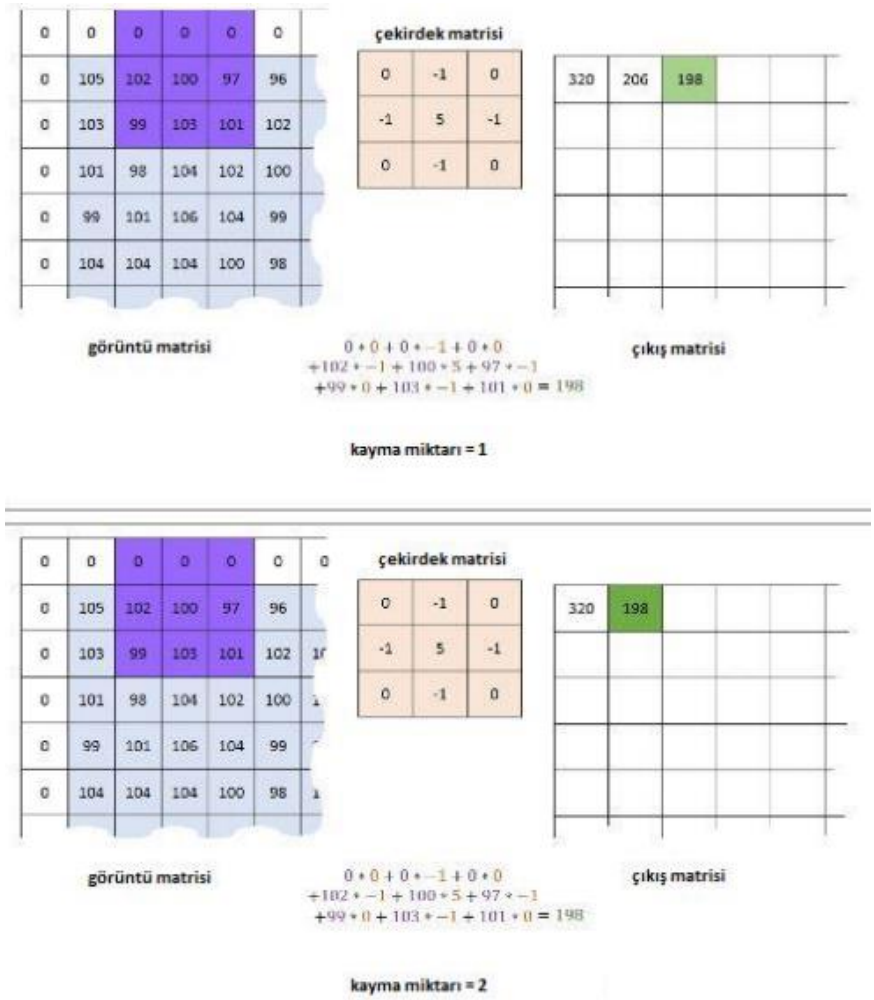
ESA mimari tasarımlarının ilk katmanıdır. Bu katmanda mimari tasarıma verilecek görsel verinin piksel olarak boyutu belirlenmektedir. Bu boyutunda modelin eğitim, test aşamlarına ek olarak başarı oranını da etkisi bulunmaktadır. Giriş olarak kullanılan yüksek boyutlu görseller modelin eğitim ve test aşaması süresini artırmasına rağmen model başarısına olumlu etkileri olmaktadır. Giriş olarak kullanılan düşük boyutlu görseller modelin eğitim ve test aşaması süresini azaltırken, model başarısını da olumsuz etkilemektedir [67].

3.3.2.2 Konvolüsyon Katmanı

ESA mimari tasarımlarının en önemli katmanıdır. Bu katmanda belirli boyutlardaki filtreler giriş görüntüleri üzerinde dolaşarak özellik haritalarını oluşturur. Özellik haritasının oluşturulma işlemi ise şu şekildedir; Belirli bir boyuttaki çekirdek matrisi giriş görüntüsü üzerinde sağa veya sola doğru kaydırılır. Bu kaydırma işleminde ne kadar ilerleneceği adım sayısı (stride) hiperparametresi ile belirlenir. Belirli bir boyut ve adım sayısına sahip çekirdek matrisi, giriş görüntüsü üzerinde dolaşırken görünütünün sahip olduğu piksel değerleri ile çekirdek matrisinin piksel değerleri giriş görüntüsünün ve çekirdek matrisinin kesiştiği yerlerde çarpıldıktan sonra elde edilen sonuçlar çıktı matrisinin ilgili piksel değeri bölümüne yazılır. Yapılan bu özellik haritası çıkarmaya ilişkin özet bilgi Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Konvolüsyon katmanı ile ilgili en önemli parametreler filtrenin boyutu ve kaydırma değerleridir. Çünkü bu iki parametreyle özellik matrisinin elde edilmesine ek olarak bu katman sonrası çıkış görüntüsünün boyutuda değişmektedir. Bu boyutu hesaplamada kullanılan matematiksel formül Denklem (3.1)'de gösterilmiştir. Denklem (3.1)'deki n giriş görüntüsü boyutunu, p dolguyu, f filtre boyutunu, s ise adım sayısını temsil etmektedir. Kullanılan filtreye göre incelenen parametre sayısını hesaplamak için kullanılan formül Denklem (3.2)'de gösterilmiştir. Denklem (3.2)'deki A kanal sayısını, B filtre sayısını temsil etmektedir. Ayrıca Denklem (3.2)'deki örnek denklem şu parametreler için verilmiştir; 2 adet 5x5 boyutundaki filtreler, A ve B değişken olarak bırakılmıştır.

$$\left[\frac{n+2p-f}{s}+1\right] x \left[\frac{n+2p-f}{s}+1\right] \tag{3.1}$$

$$2\left(5^2 AB\right)=\text{İncelenen parametre sayısı} \tag{3.2}$$



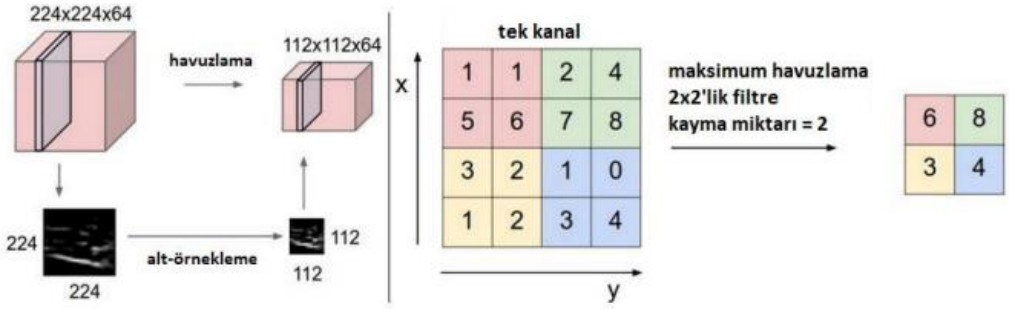
Şekil 3.3: Konvolüsyon katmanı ile özellik haritası çıkarmanın uygulaması [68]

3.3.2.3 Havuzlama Katmanı

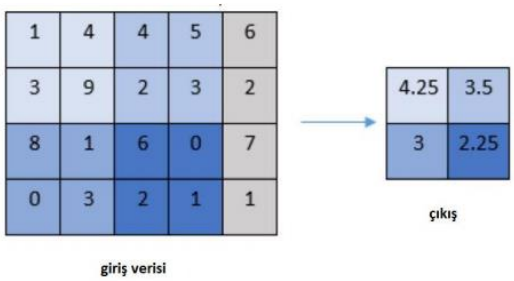
Havuzlama katmanı giriş görsel boyutlarını küçültmek için kullanılmaktadır. Bu küçültme işlemi ile genişlik ve yüksekliği azaltırken, derinlik değişmemektedir. Havuzlama katmanın her ESA mimari tasarımında bulunması gerekmezken, oluşturulmak istenilen mimari tasarıma göre katman olarak eklenmektedir. Havuzlama katmanı, hesap edilen parametrelerin sayısını azaltır, böylelikle model eğitim süresini hızlandırır ve özellik matrisinin çoğunu bellekte tutarken aşırı öğrenmeyi önler [69]. Maksimum ve ortalama havuzlama olmak üzere iki farklı havuzlama katmanı kullanımı bulunmaktadır. Maksimum havuzlama katmanı, özellik haritasındaki pikseller içerisindeki maksimum değeri alır ve bu çıkış piksel değeri olur. Ortalama havuzlama katmanı, özellik haritasındaki her filterinin elde etttiği değerlerin ortalaması alınır ve bu çıkış piksel değeri olur. Maksimum havuzlama daha iyi sonuçlar vermesi nedeni ile ortalama havuzlamaya göre daha sık kullanılmaktadır.

Havuzlama katmanı çıktı piksel değerinin hesaplanmasını sağlayan formül Denklem (3.3)'te gösterilmiştir. Denklem (3.3)'teki n havuzlama katmanı çıktı boyutunu, m girdi boyutunu, k filtre boyutunu, s ise adım sayısını temsil etmektedir. Ek olarak sırasıyla Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te Maksimum ve ortalama havuzlama işlemlerinin uygulanma basamağı gösterilmiştir.

$$n = \left[\frac{m-k}{s}\right] + 1 \tag{3.3}$$



Şekil 3.4: Maksimum havuzlama işlemlerinin uygulanma basamağı [68]



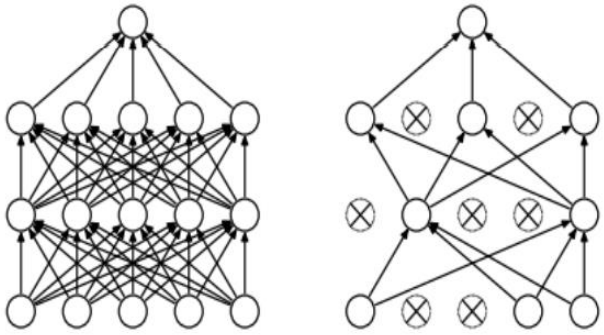
Şekil 3.5: Ortalama havuzlama işlemlerinin uygulanma basamağı [68]

3.3.2.4 Seyreltme, Toplu Normalleştirme Katmanları ve L1-L2 Düzenlileştirme

Seyreltme katmanı, ESA mimari tasarımlarının eğitim aşamasında aşırı öğrenmesini önlemek için kullanılır. Bu katmanda yapay sinir ağlarının düğümlerinin bazıları belirlenen oranda kaldırılır. Seyreltme katmanı kullanıldıktan sonraki yapay sinir ağlarının örnek yapısı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Toplu normalleştirme katmanı, ESA modelinin eğitim sürecindeki yakınsamasını azaltmak için kullanılmaktadır. Bu

katman modeli daha kararlı bir hale getirir. Başarım oranı üzerinde özellikle büyük verisetlerinde olumlu bir etkisi bulunmaktadır.

Sıklıkla kullanılan düzenlileştirme yöntemleri L1 ve L2'dir. L1 düzenlileştirme yönteminde parametrelerin mutlak değerlerinin toplamı azaltılır ve algoritma en iyi öznitelikleri hesaba alır, L2 düzenlileştirme yönteminde parametrelerin mutlak değerlerinin karelerinin toplamı azaltılır ve algoritma ceza tabanlı çalışır yani az etkili olan özniteliklere daha etkili olması için, çok etkili olan özniteliklere ise daha az etkili olması için ceza puanı eklenir.



Şekil 3.6: Seyreltme katmanı kullanıldıktan sonraki yapay sinir ağlarının durumu [68]

3.3.2.5 Düzleştirme ve Tam Bağlantı Katmanları

Tam bağlantı katmanından önce son olarak düzleştirme katmanı kullanılır. Bu katmanda, geçmiş katmanlardan elde edilen özellik matrisi tek bir sütun haline dönüştürülür. ESA mimari tasarımlarının son kısmında yoğun katmanlar olarak da isimlendirilen tam bağlantı katmanları yer almaktadır. Yapay sinir ağı olan ve aktivasyon fonksiyonlarının kullanıldığı bu katmanda, düzleştirme katmanının çıktısı olan tek boyutlu özellik matrisi girdi olarak işleme alınmakta ve tam bağlantı katmanın son katmanı ile sınıflandırma veya regresyon analizi işlemi yapılmaktadır.

3.3.2.6 Aktivasyon Fonksiyonları

Yapay sinir ağlarının aktivasyonu işleminde kullanılan doğrultulmuş lineer birim (ReLu), Leaky ReLu, Sigmoid, Softmax, Tanh, ölçekli üstel doğrusal birim (SELU) ve üstel doğrusal birim (ELU) fonksiyonlarına ait denklemler Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Aktivasyon fonksiyonlarına ait denklemler

Aktivasyon Fonksiyonunun Adı	Fonksiyonu
ReLu [70]	$fx) = \max(0, x)$
Leaky ReLu [70]	$f(x) = \begin{cases} ax, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$
Sigmoid [70]	$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$
Softmax [70]	$f(x) = \frac{e^{z_j}}{\sum_k e^{z_k}}$
Tanh [70]	$\tanh(x) = 2\sigma(2x) - 1$
SELU [71]	$selu(x) = \lambda \begin{cases} x, & x > 0 \\ ae^x - a, & x \leq 0 \end{cases}$
ELU [72]	$f(x) = \begin{cases} x, & x > 0 \\ a(e^x - 1), & x \leq 0 \end{cases}$

3.3.2.7 Kayıp Fonksiyonları

Bu bölümde sınıflandırma problemlerinde kullanılan kayıp fonksiyonları tanıtılmıştır. Bunlar ikili çapraz entropi, kategorik çapraz entropi ve seyrek kategorik çapraz entropidir. İkili çapraz entropi iki sınıflı sınıflandırma işlemlerinde kullanılır. Kategorik çapraz entropi ve seyrek kategorik çapraz entropi iki ve daha fazla sınıflı sınıflandırma problemlerinde kullanılır. Kategorik çapraz entropi ve seyrek kategorik çapraz entropi aynı temele dayanırken tek fark 'one-hot encoding' kullanırsa eğer kategorik çapraz entropi kullanılması gerekmektedir.

3.3.2.8 Optimizasyon Algoritmaları

Bu bölümde, olasılıksal eğim düşümü (SGD), adaptif eğim (Adagrad), Adadelta, kare ortalamalarının karekökü yayılımı (RMSprop), adaptif moment tahmin (Adam), Adamax ve nesterov hızlandırılmış adaptif moment tahmin (Nadam) optimizasyon algoritmaları hakkında bilgiler aktarılmıştır.

SGD algoritmasında, eğitim aşamasında kullanılan veriler rastgele seçilirken, her eğitim verisi örneğinde parametreler güncellenmektedir [73]. Adagrad algoritmasında, öğrenme oranı sık değişen parametreler için fazla sık değişmeyen parametreler için ise az olacak şekilde güncellenmektedir. Bu algoritmada öğrenme oranının eğitim

esnasında oldukça küçülmesi en önemli dezavantajı olarak belirtilmektedir [73]. Adadelta algoritması, Adagrad'ın öğrenme oranını aşırı küçültmesine çözüm üretmek için geliştirilmiştir. Bu algoritmada öğrenme oranının eğitim aşamasının başında bir değer olarak belirlenmesine gerek duyulmamaktadır [73]. RMSprop algoritması, Adadelta optimizasyon algoritması ile eş zamanlı olarak Adagrad'ın öğrenme oranını aşırı küçültmesine çözüm üretmek için geliştirilmiştir [73]. Adam algoritması, Adadelta algoritmasına benzer bir yapıya sahiptir. Adadelta algoritmasından farklı olarak öğrenme oranına ek olarak momentum değişikliklerini de bellekte tutmaktadır [73]. Adamax algoritması, Adam algoritmasının bir varyantı olarak geliştirilmiştir. Nadam algoritması, Adam algoritmasına benzer bir yapıya sahiptir. Bu algoritmada eğim hesaplanmadan önce eğitim parametreleri momentum ile birlikte güncellenmektedir. Böylelikle eğim doğrultusunda daha kesin ilerlemeler kaydedilir [73].

3.3.2.9 Epok, Küme Boyutu ve Öğrenme Oranı

Epok, verisetindeki tüm görsellerin ESA mimari tasarımındaki tüm katmanlarda ileri ve geri yönde işleme uğrama sayıdır. Epok sayısının yüksek olması yüksek oranlarda başarım oranın elde edileceği anlamına gelmemektedir. Belirli bir epok değerinden sonra genellikle ESA modellerinin öğrenmesi yavaşlamaktadır. Yüksek epok değerleri modelin eğitim süresini oldukça uzatmaktadır. Bu soruna çözüm olarak ise erken durdurma yöntemi kullanılabilmektedir. Küme boyutu ise, ileri ve geri yöndeki işlemlerde verisetindeki görsellerin belirlenen küme boyutu set değerinde eğitim aşamasına dahil edilmesidir. Yüksek değerlerde seçilen küme boyutu seçilirse daha fazla miktarda işlem hafızası gerekmektedir. Fakat seçilen yüksek değerlerde her bir epok arasındaki başarı oranı birbirine yakın elde edilir. Küme boyutu genellikle 2'nin katları şeklinde kullanılmaktadır. Epok ile küme boyutu arasında ise iterasyon ilişkisi bulunmaktadır. Örneğin, eğitim aşamasında toplam 5210 görsel bulanan bir veri seti için küme boyutu 128 olarak alınırsa her bir epokta 40 iterasyon meydana gelir.

ESA modellerde ağırlıkların güncellenmesi geri yayılım ile sağlanmaktadır. Geri yayılımda ağırlık güncellemesi, zincir kuralı ile türev alınması sonucunda farkın bulunması ve bu fark değerinin öğrenme oranı hiperparametresi ile çarpılması sonucunda gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte öğrenme oranı sabit bir değer olarakt

alınabilirken, belirli sayıdaki epoklarda belirli bir oranda öğrenme oranın bir set değerine eşit olana kadar azaltılması ile de bu işlem yapılabilmektedir. Örneğin, minimum öğrenme oranı 0.001 olarak kabul edilirse her 3 epokta bir 0.5 öğrenme oranı azaltma faktörü ile öğrenme oranı 0.00001 olana kadar bu işlem yapılsın şeklinde bir yöntem adaptif algoritmalar tarafından sağlanabilmektedir.

3.3.3 ESA Mimari Tasarımlarının Geliştirilmesi, Katman Detayları ve Eğitim Aşaması

Bu bölüm üç alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; mermerin kalite kontrolü, personelin takip ve kontrolü, personelin yüz ifadesinin, yaşının ve cinsiyetinin analizi şeklindedir.

3.3.3.1 Mermerin Kalite Kontrolü

Mermerin kalite kontrolü için kullanılan ESA mimari tasarımlarına ait katman detayları ve eğitim aşaması bu bölümde sunulmuştur.

ESA Mimari Tasarımı 1: Giriş görüntüleri dört farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve akabinde toplu normalleştirme kullanılmıştır. Son olarak ise filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 1 olarak isimlendirilmiştir.

İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı

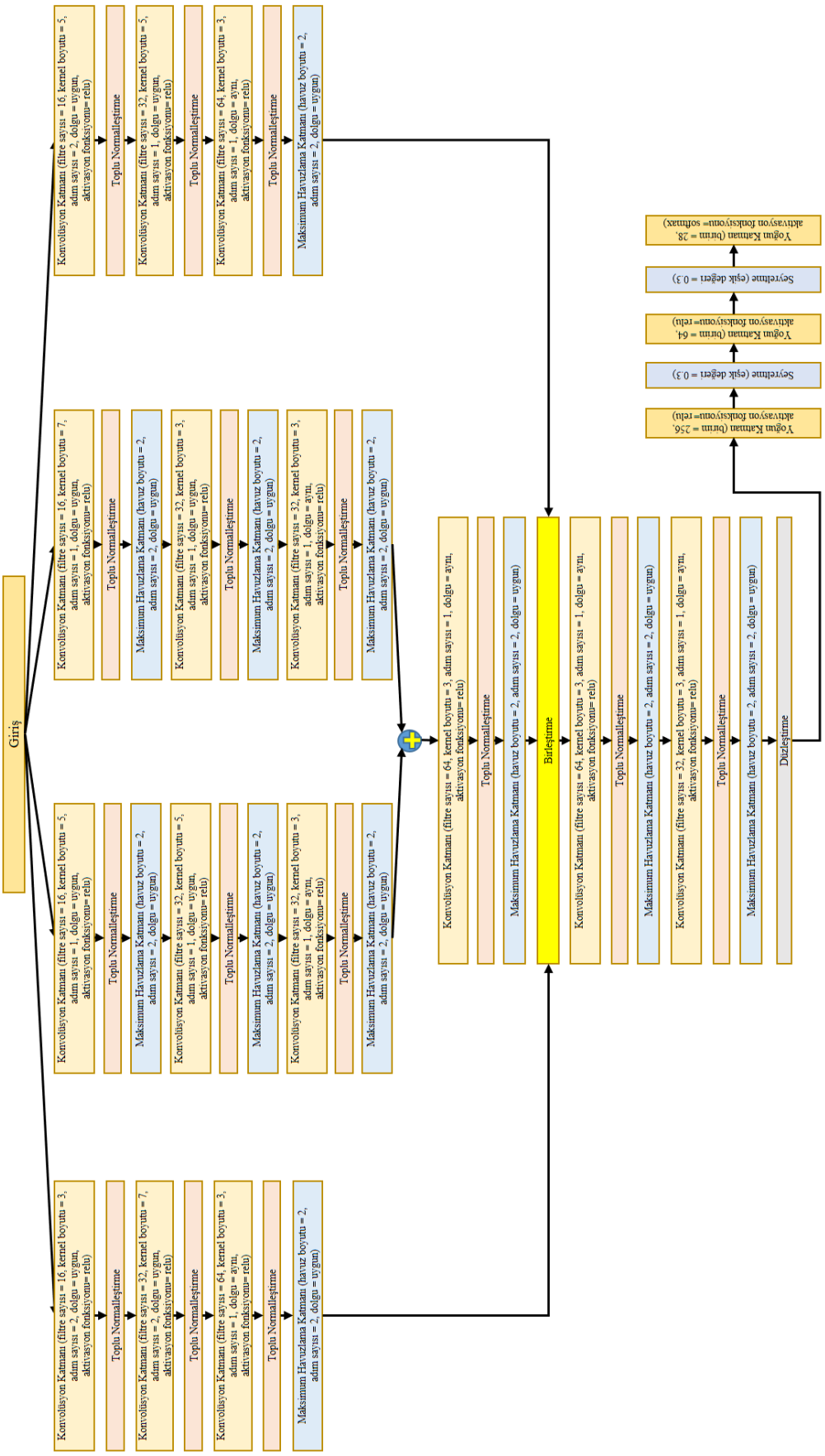
uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Son üç katmanda ise, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanının ardından toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 2 olarak isimlendirilmiştir.

Üçüncü konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Son üç katmanda ise, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanının ardından toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 3 olarak isimlendirilmiştir.

Dördüncü konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve akabinde toplu normalleştirme kullanılmıştır. Son olarak ise filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 4 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 2 ve çıkış 3 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 5 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 1, çıkış 4 ve çıkış 5 olarak isimlendirilen özellik haritaları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Daha sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



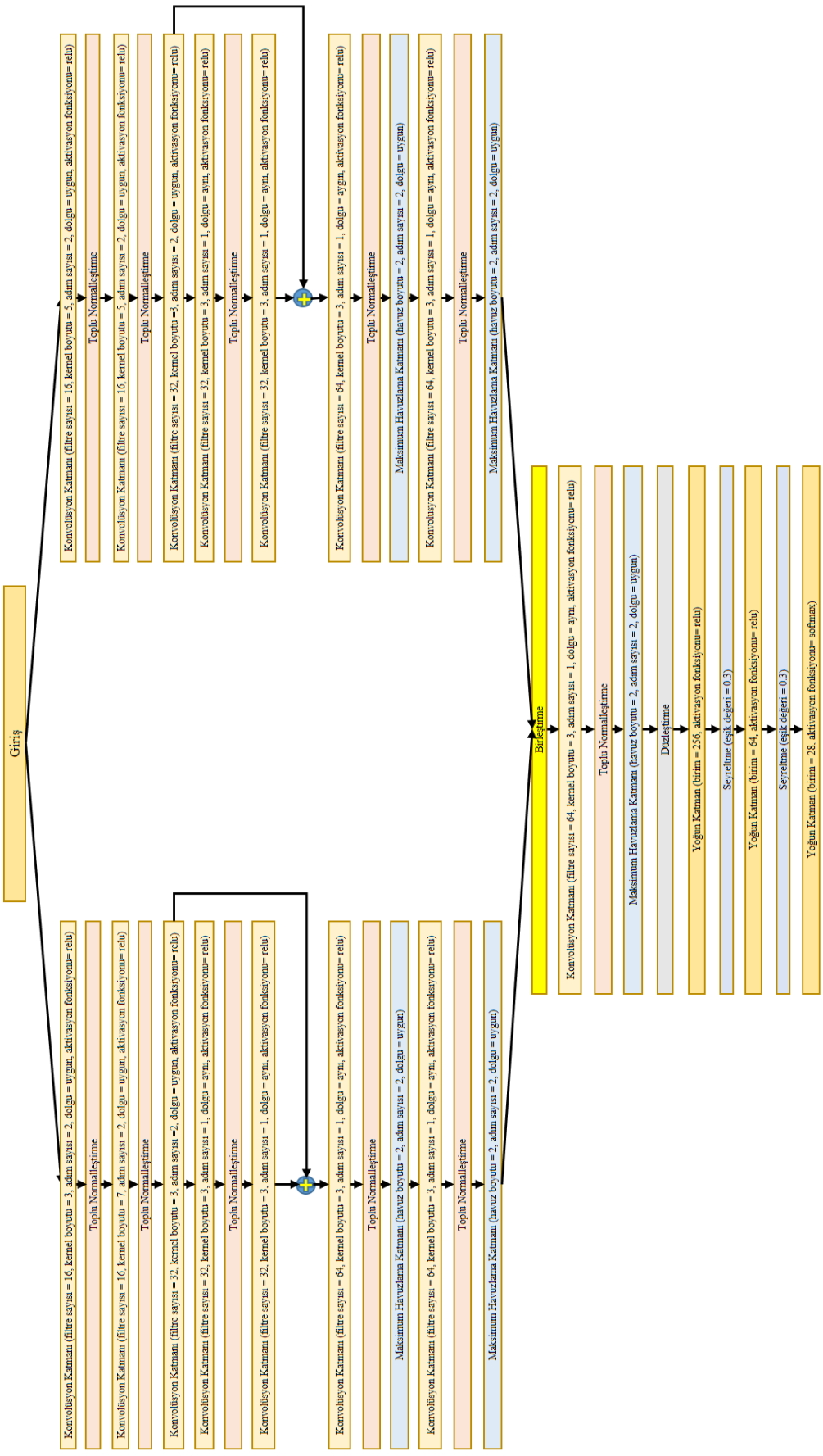
Şekil 3.7: Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 1

ESA Mimari Tasarımı 2: Giriş görüntüleri iki farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 1 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 1, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 2 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 1 ve çıkış 2 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 3 olarak isimlendirilmiştir.

İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 4 olarak

isimlendirilmiştir. Çıkış 4, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 5 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 4 ve çıkış 5 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 6 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 3 ve çıkış 6 olarak isimlendirilen özellik haritaları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



Şekil 3.8: Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 2

ESA Mimari Tasarımı 3: Giriş görüntüleri üç farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 1 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 1, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 2 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 1 ve çıkış 2 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 3 olarak isimlendirilmiştir.

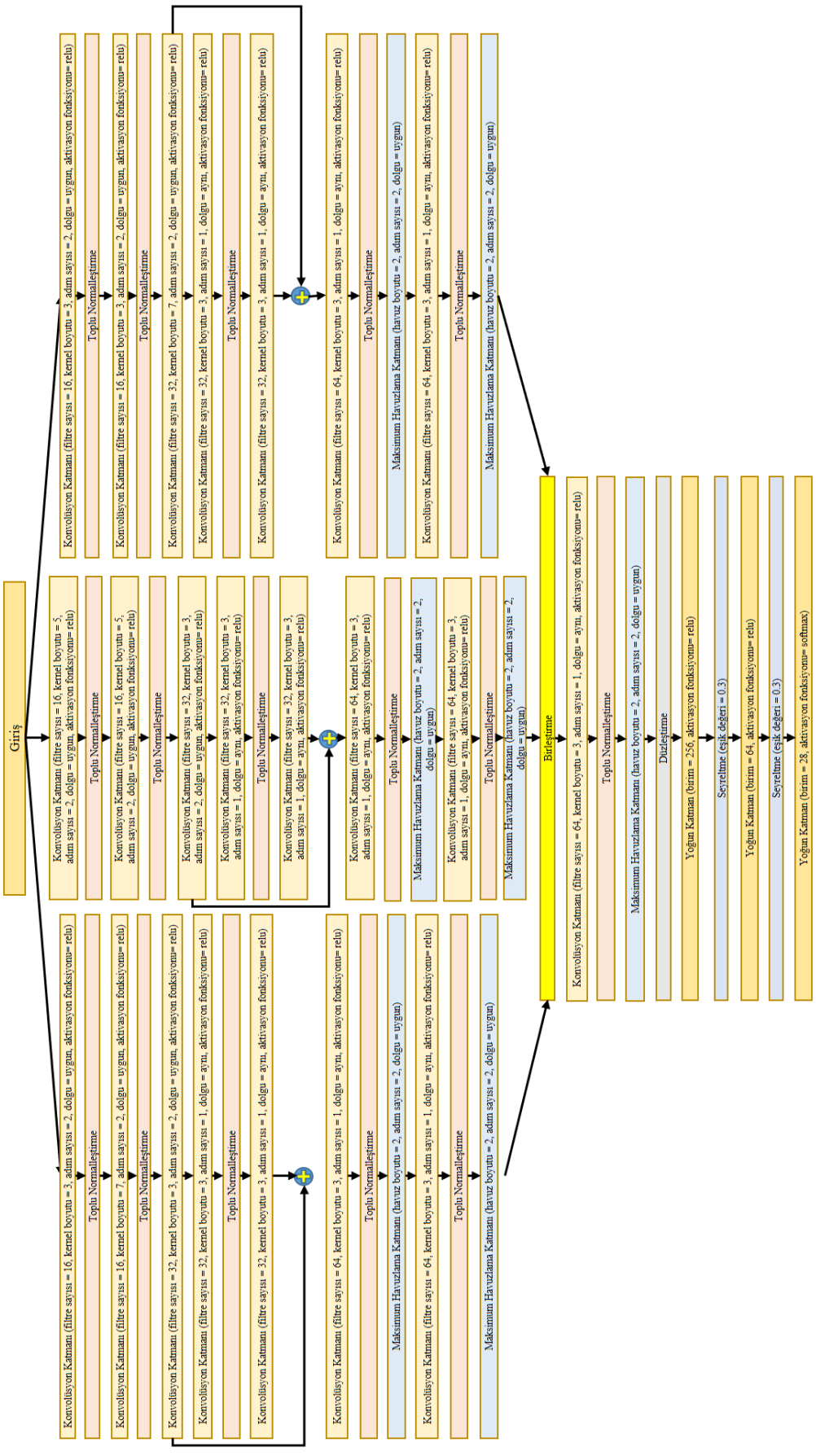
İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 4 olarak

isimlendirilmiştir. Çıkış 4, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 5 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 4 ve çıkış 5 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 6 olarak isimlendirilmiştir.

Üçüncü konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 7 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 7, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 8 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 7 ve çıkış 8 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır.

Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 9 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 3, çıkış 6 ve çıkış 9 olarak isimlendirilen özellik haritaları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



Şekil 3.9: Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 3

ESA Mimari Tasarımı 4: Giriş görüntüleri iki farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 1 olarak isimlendirilmiştir. Bu çıkış, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Elde edilen çıkış, çıkış 2 olarak isimlendirilmiştir.

İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Sonrasında filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı ve konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 3 olarak isimlendirilmiştir. Bu çıkış, filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Elde edilen çıkış, çıkış 4 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 1, çıkış 2 ve çıkış 3 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu

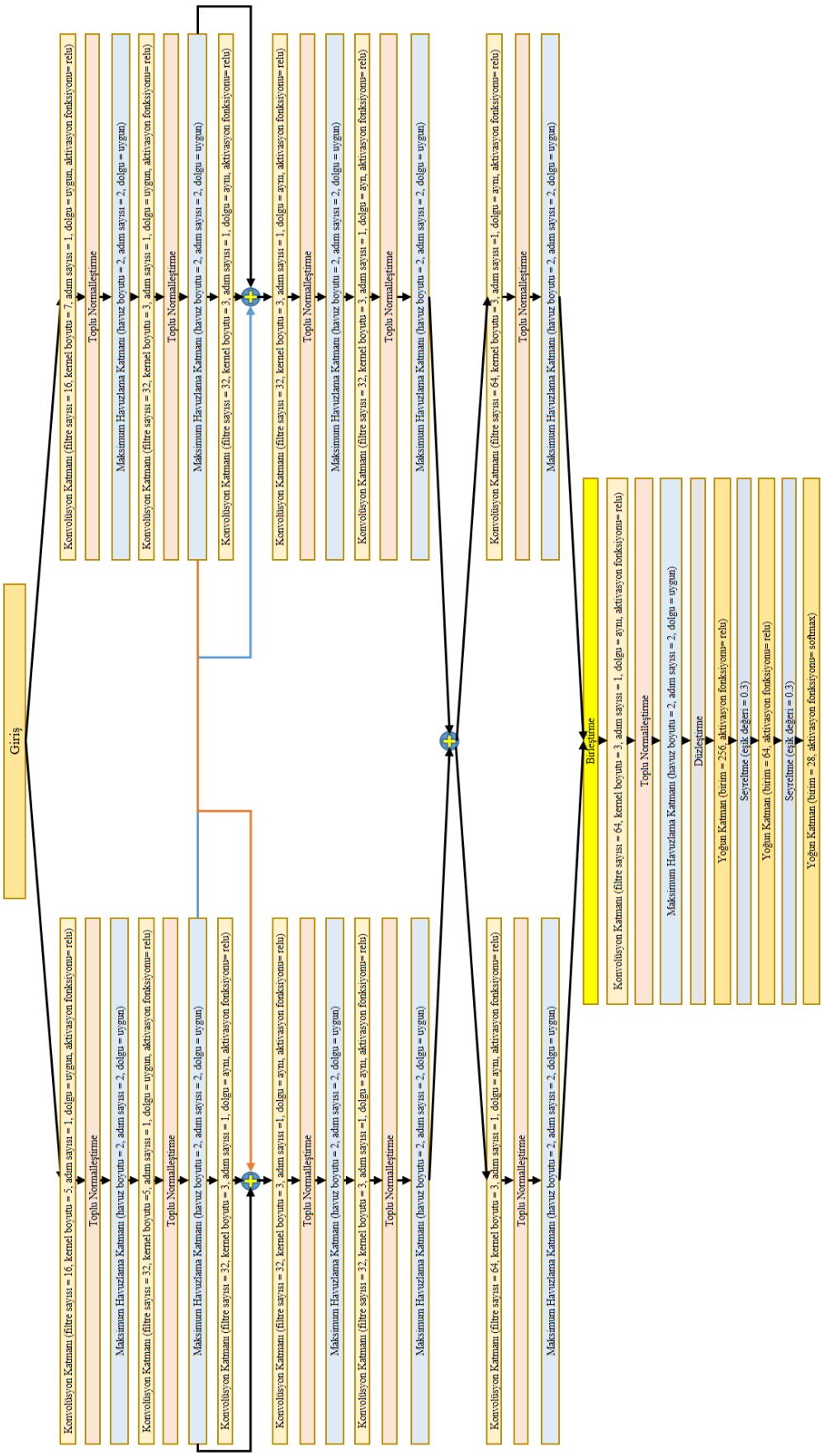
olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 5 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 1, çıkış 3 ve çıkış 4 matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı üzerinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Daha sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 6 olarak isimlendirilmiştir.

Çıkış 5 ve çıkış 6 matematiksel operatör ile eklenmiştir. Bu çıktı, iki farklı konvolüsyon katmanına giriş olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 7 olarak isimlendirilmiştir. İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri; filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Elde edilen çıkış, çıkış 8 olarak isimlendirilmiştir. Çıkış 7 ve çıkış 8 olarak isimlendirilen özellik haritaları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Bu konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Birleştirme

katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.

Önerilen ESA Mimari Tasarımlarının Eğitim Aşaması: Optimizasyon algoritması olarak Adam, kayıp fonksiyonu olarak seyrek kategorik çapraz entropi ve öğrenme oranı olarak ise 1e-3 kullanılmıştır. ESA mimari tasarımları 50 epok boyunca eğitilirken küme boyutu 64 olarak seçilmiştir. Tüm ESA mimari tasarımlarının son üç katmanı yoğun katmanlardan oluşmaktadır. Bu yoğun katmanlardaki nöron sayısı sırasıyla 256, 64 ve 28'dir. Yoğun katmanlardaki aktivasyon fonksiyonları ise sırasıyla ReLu, ReLu ve Softmax'dir. Ayrıca yoğun katmanlar arasında 0.3 eşik değeri ile seyreltme katmanı kullanılmıştır. ESA mimari tasarımlarına ait ağırlık dosyaları grafik kullanıcı arayüzü (GUI) tasarımında kullanılmak amacıyla kaydedilmiştir. Deneysel analizde NVIDIA GeForce GTX950M ekran kartı ile birlikte Keras kütüphanesi Spyder IDE'sinde kullanılmıştır.

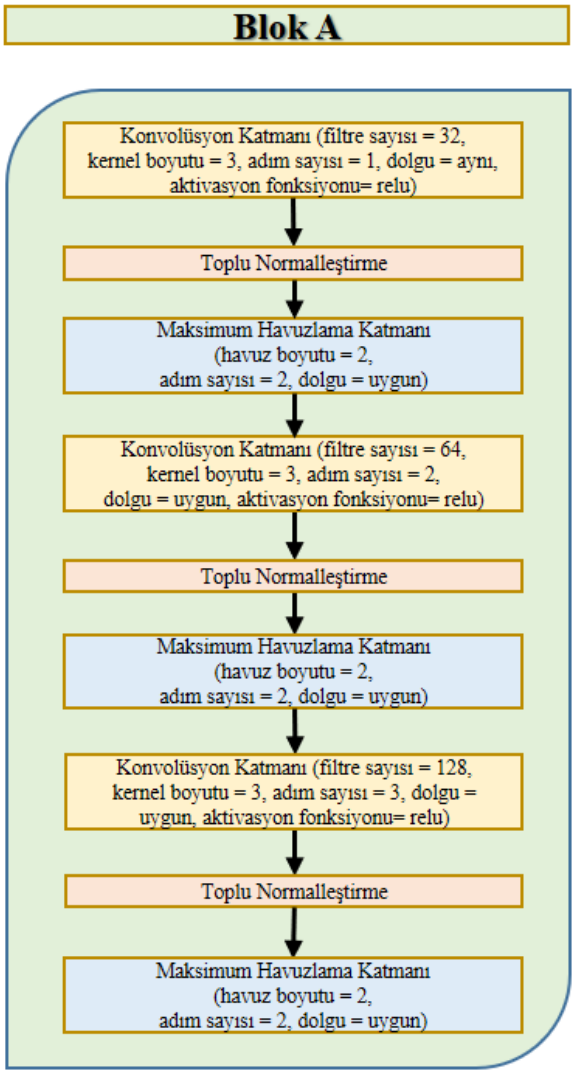


Şekil 3.10: Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımı 4

3.3.3.2 Personelin Takip ve Kontrolü

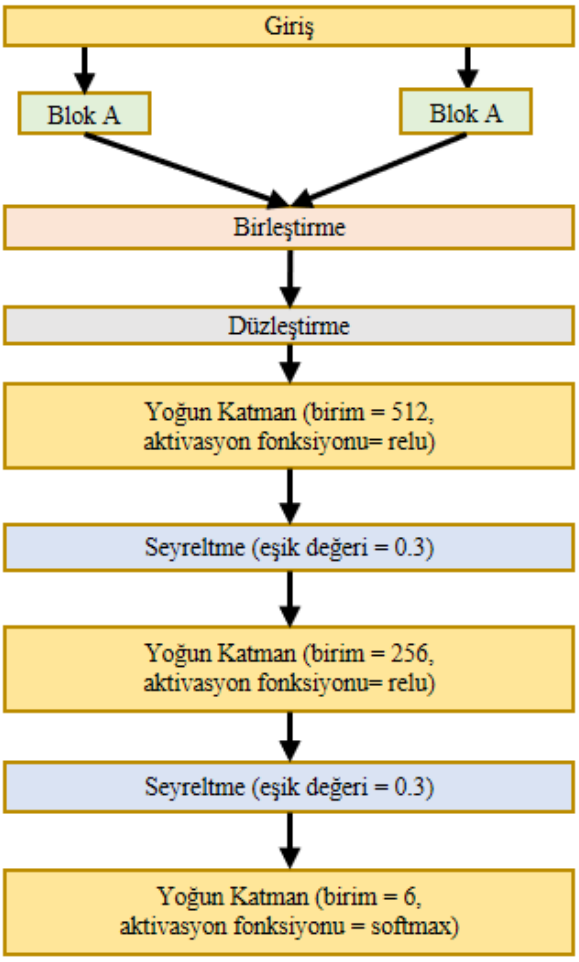
Çalışan personelin takip ve kontrolü için kullanılan ESA mimari tasarımlarına ait katman detayları ve eğitim aşaması bu bölümde sunulmuştur.

Blok A adı verilen tasarım tüm ESA mimari tasarımlarında kullanılmıştır. Bu A bloğunun tasarımı şu şekildedir; öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 64, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Blok A'nın son üç katmanında, filtre sayısı 128, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 3, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanının ardından toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanından sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. A bloğunun tasarımı Şekil 3.11'de gösterilmiştir. İkinci ve üçüncü konvolüsyon katmanlarında kullanılan adım sayısı hiperparametresi sırasıyla 2 ve 3 olarak belirlenmiştir ve bu evrişim katmanlarında dolgu hiperparametresi uygun olarak kullanılmıştır, böylelikle çıktı görüntüsünün boyutu düşürülmüş ve ESA modellerinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



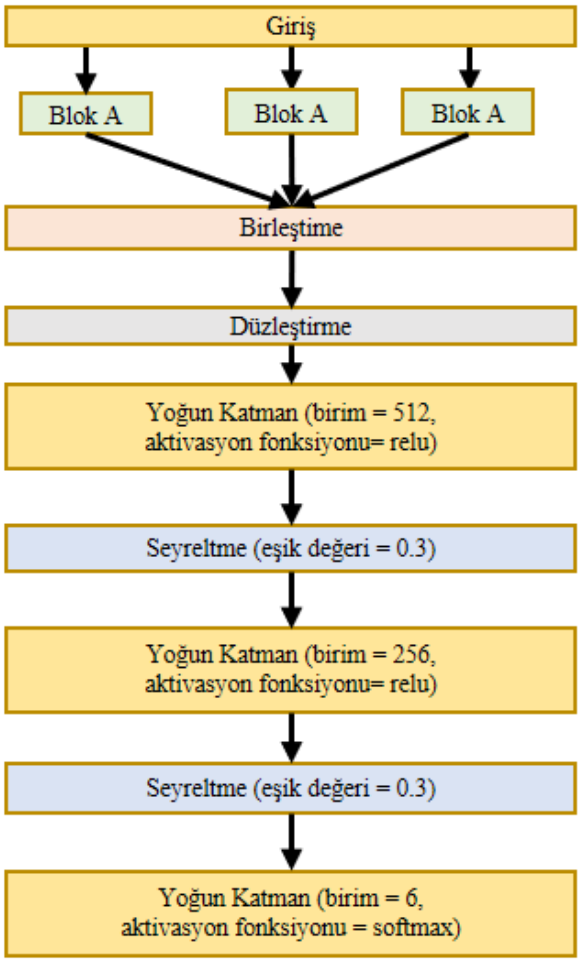
Şekil 3.11: Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımlarında kullanılan A bloğunun tasarımı

ESA Mimari Tasarımı 1: Giriş görüntüleri iki paralel A bloğuna girdi olarak verilmiştir daha sonra elde edilen özellik haritalarının çıktıları birleştirilmiş ve ardından düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



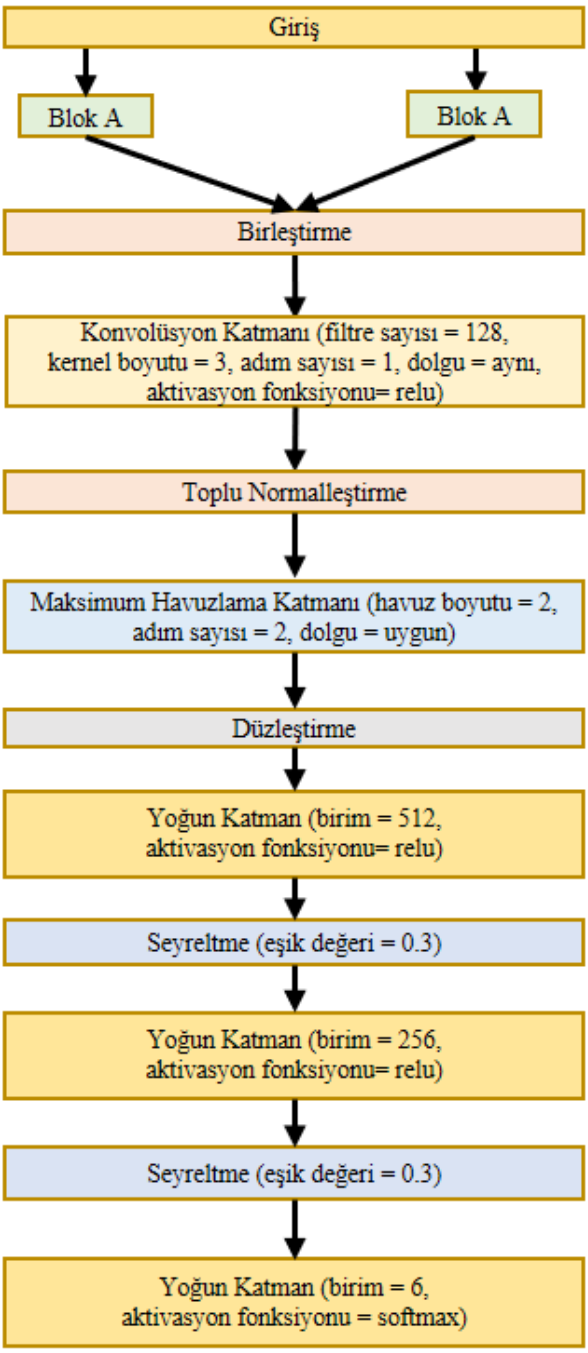
Şekil 3.12: Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 1

ESA Mimari Tasarımı 2: Giriş görüntüleri üç paralel A bloğuna girdi olarak verilmiştir daha sonra elde edilen özellik haritalarının çıktıları birleştirilmiş ve ardından düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13: Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 2

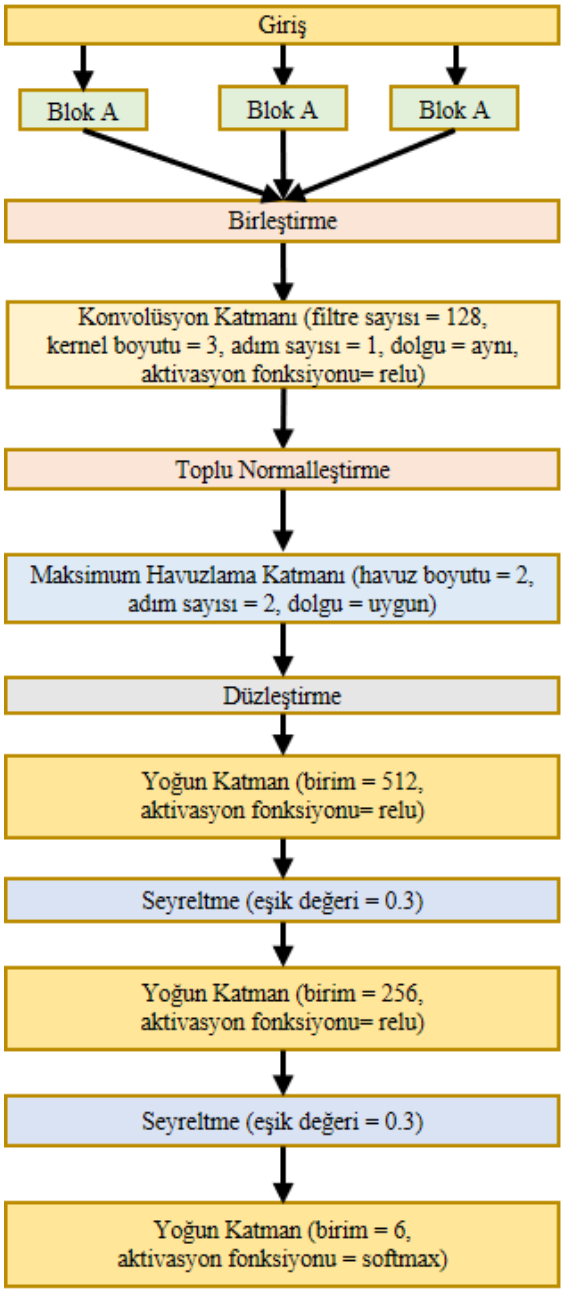
ESA Mimari Tasarımı 3: Giriş görüntüleri iki paralel A bloğuna girdi olarak verilmiştir daha sonra elde edilen özellik haritalarının çıktıları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 128, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



Şekil 3.14: Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 3

ESA Mimari Tasarımı 4: Giriş görüntüleri üç paralel A bloğuna girdi olarak verilmiştir daha sonra elde edilen özellik haritalarının çıktıları birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 128, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son

olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



Şekil 3.15: Çalışan personeli takip ve kontrol etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 4

Önerilen ESA Mimari Tasarımlarının Eğitim Aşaması: Optimizasyon algoritması olarak Adam, kayıp fonksiyonu olarak seyrek kategorik çapraz entropi ve öğrenme

oranı olarak ise 1e-3 kullanılmıştır. ESA mimari tasarımları 100 epok boyunca eğitilirken küme boyutu 32 olarak seçilmiştir. Tüm ESA mimari tasarımlarının son üç katmanı yoğun katmanlardan oluşmaktadır. Bu yoğun katmanlardaki nöron sayısı sırasıyla 512, 256 ve 6'dır. Yoğun katmanlardaki aktivasyon fonksiyonları ise sırasıyla ReLu, ReLu ve Softmax'dir. Ayrıca yoğun katmanlar arasında 0.3 eşik değeri ile seyreltme katmanı kullanılmıştır. ESA mimari tasarımlarına ait ağırlık dosyaları gerçek zamanlı analizde kullanılmak amacıyla kaydedilmiştir. Deneysel analizde NVIDIA GeForce GTX950M ekran kartı ile birlikte Keras kütüphanesi Spyder IDE'sinde kullanılmıştır.

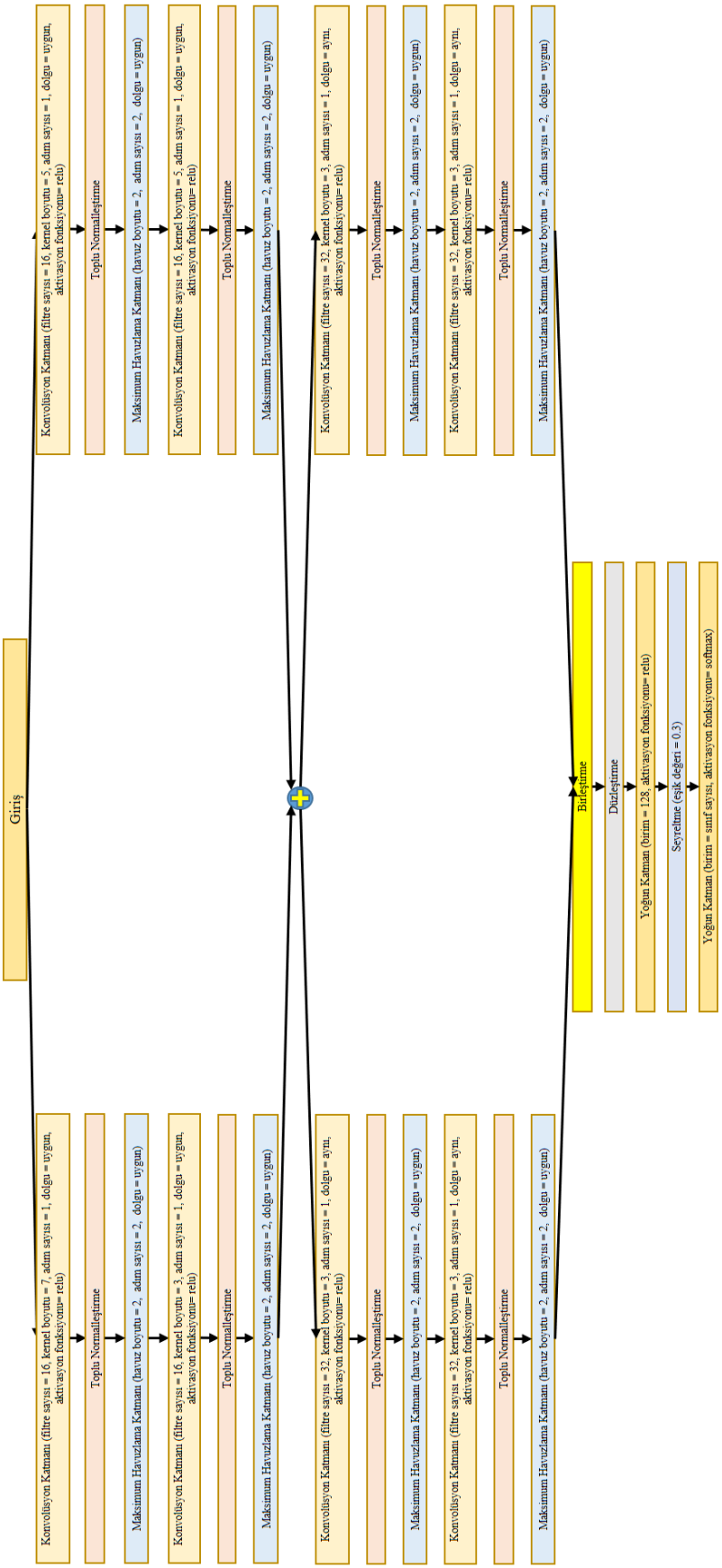
3.3.3.3 Personelin Yüz İfadesinin, Yaşının ve Cinsiyetinin Analizi

Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için kullanılan ESA mimari tasarımlarına ait katman detayları ve eğitim aşaması bu bölümde sunulmuştur.

ESA Mimari Tasarımı 1: Giriş görüntüleri iki farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Diğer konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu iki konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarından sonra ise, filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanları kullanılmıştır. İki farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanlarının çıktıları yine iki farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Diğer blokta öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır.

Bu blokların kullanımı ile elde edilen özellik haritaları matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı diğer iki seri bloğa girdi olarak verilmiştir.

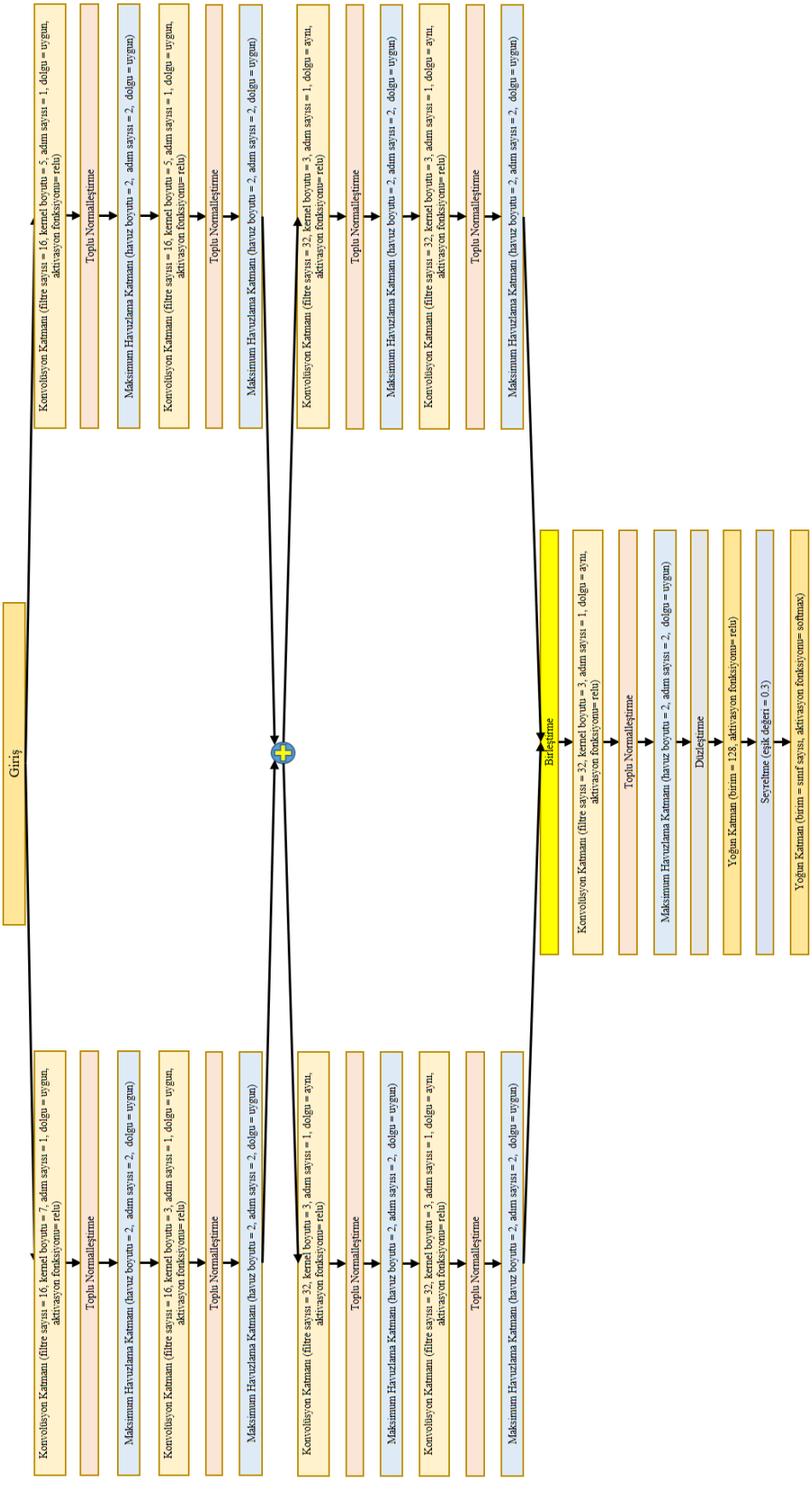
Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Diğer blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Son olarak ise yukarıdaki katmanlardan elde edilen özellik haritası öncelikle birleştirilmiştir sonrasında ise düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16: Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 1

ESA Mimari Tasarımı 2: Giriş görüntüleri iki farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Diğer konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu iki konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarından sonra ise, filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanları kullanılmıştır. İki farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanlarının çıktıları yine iki farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Diğer blokta öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Bu blokların kullanımı ile elde edilen özellik haritaları matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı diğer iki seri bloğa girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Diğer blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu

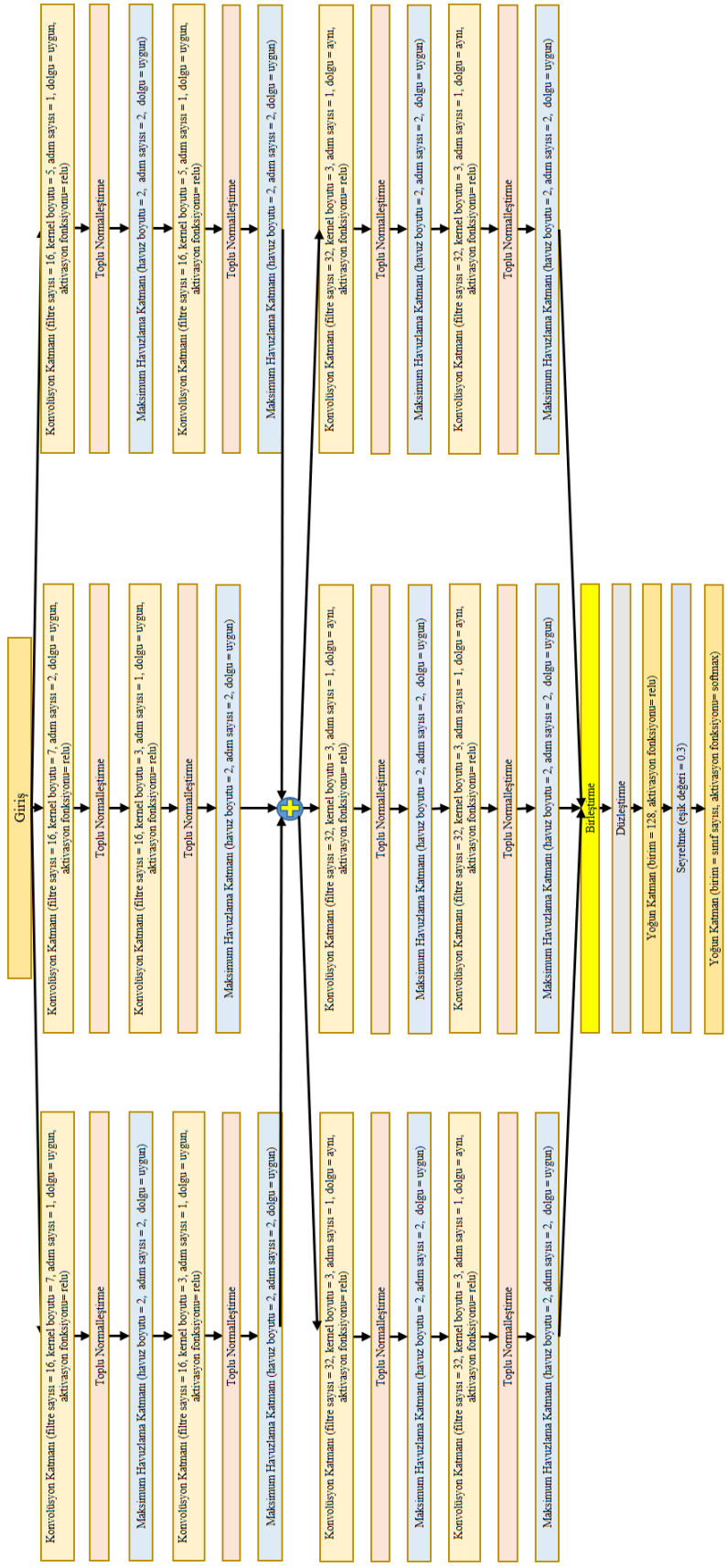
aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Sonrasında yukarıdaki katmanlardan elde edilen özellik haritası öncelikle birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.17'de gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.



Şekil 3.17: Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 2

ESA Mimari Tasarımı 3: Giriş görüntüleri üç farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Üçüncü konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu üç konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarından sonra ise, ikinci konvolüsyon katmanı hariç olmak üzere filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanları kullanılmıştır. Üç farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve ikinci konvolüsyon katmanı hariç olmak üzere (bu katman için konvolüsyon çıktısı) maksimum havuzlama katmanlarının çıktıları yine üç farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. İkinci blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Üçüncü blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Bu blokların kullanımı ile elde edilen özellik haritaları matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı diğer üç seri bloğa girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu

olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. İkinci blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Üçüncü blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Son olarak ise yukarıdaki katmanlardan elde edilen özellik haritası öncelikle birleştirilmiştir sonrasında ise düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18: Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 3

ESA Mimari Tasarımı 4: Giriş görüntüleri üç farklı konvolüsyon katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu konvolüsyon katmanlarından ilkinin hiperparametreleri; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. İkinci konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 7, adım sayısı 2, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Üçüncü konvolüsyon katmanının hiperparametreleri ise; filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu şeklindedir. Bu üç konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarından sonra ise, ikinci konvolüsyon katmanı hariç olmak üzere filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanları kullanılmıştır. Üç farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve ikinci konvolüsyon katmanı hariç olmak üzere (bu katman için konvolüsyon çıktısı) maksimum havuzlama katmanlarının çıktıları yine üç farklı blok halinde kullanılan konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanına girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. İkinci blokta öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Üçüncü blokta öncelikle filtre sayısı 16, çekirdek matris boyutu 5, adım sayısı 1, dolgusu uygun ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Bu blokların kullanımı ile elde edilen özellik haritaları matematiksel operatör ile eklenmiştir ve bu çıktı diğer üç seri bloğa girdi olarak verilmiştir. Bu bloklardan ilkinde öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu

olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. İkinci blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Üçüncü blokta öncelikle filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Akabinde filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Maksimum havuzlama katmanından sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Ardından toplu normalleştirme uygulanmıştır. Daha sonra filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Sonrasında yukarıdaki katmanlardan elde edilen özellik haritası öncelikle birleştirilmiştir. Daha sonra filtre sayısı 32, çekirdek matris boyutu 3, adım sayısı 1, dolgusu aynı ve aktivasyon fonksiyonu ReLu olan konvolüsyon katmanı kullanılmıştır. Konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme uygulanmıştır. Sonrasında filtre boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Son olarak ise elde edilen özellik haritası düzleştirilmiştir. Bu mimari tasarım Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Birleştirme katmanından sonra kullanılan konvolüsyon ve havuzlama katmanları ile özellik haritasının boyutunun küçültülmesi amaçlanmıştır. Böylelikle düzleştirme katmanı sonrasında elde edilen matris boyutu düşürülmüştür. Sonuç olarak ise ESA modelinin eğitim süresi hızlandırılmıştır.

Şekil 3.19: Personelin yüz ifadesini, yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için önerilen ESA mimari tasarımı 4

Önerilen ESA Mimari Tasarımlarının Eğitim Aşaması: Optimizasyon algoritması olarak Adam, kayıp fonksiyonu olarak yüz ifadesi sınıflandırma ve yaş sınıflandırma görevleri için kategorik çapraz entropi, cinsiyet sınıflandırma görevi için ise ikili çapraz entropi ve öğrenme oranı olarak ise 1e-3 kullanılmıştır. ESA mimari tasarımları 50 epok boyunca eğitilirken küme boyutu yüz ifadesi sınıflandırma görevi için 16, yaş ve cinsiyet sınıflandırma görevleri için ise 64 olarak seçilmiştir. Tüm ESA mimari tasarımlarının son iki katmanı yoğun katmanlardan oluşmaktadır. Bu yoğun katmanlardaki nöron sayısı sırasıyla 128 ve sınıf sayısı (yüz ifadesi sınıflandırma görevinde 7, yaş sınıflandırma görevinde 4, cinsiyet sınıflandırma görevinde 2) kadardır. Yoğun katmanlardaki aktivasyon fonksiyonları ise sırasıyla ReLu ve Softmax'dir. Ayrıca yoğun katmanlar arasında 0.3 eşik değeri ile seyreltme katmanı kullanılmıştır. ESA mimari tasarımlarına ait ağırlık dosyaları gerçek zamanlı analizde kullanılmak amacıyla kaydedilmiştir. Deneysel analizde NVIDIA GeForce GTX950M ekran kartı ile birlikte Keras kütüphanesi Spyder IDE'sinde kullanılmıştır.

3.3.4 Haar Cascade Sınıflandırıcısı

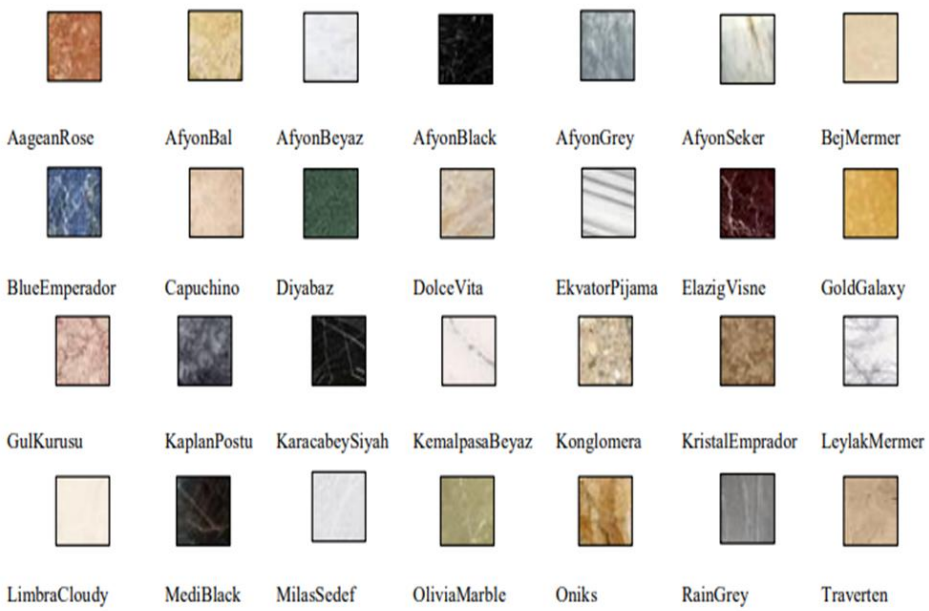
Haar cascade, Yüz Tanıma problemlerini çözmek için kullanılan etkili bir sınıflandırıcıdır [74]. Yüz algılama algoritmalarının temel amacı, görüntü, video veya gerçek zamanlı kamera görünümünde herhangi bir yüz olup olmadığını belirlemektir [75]. Bu çalışmada, çalışan personeli takip ve kontrol etmeye ek olarak personelin yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için haar cascade yüz sınıflandırıcı algoritması kullanılmıştır.

3.3.5 Kullanılan Verisetleri

Bu bölüm dört alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; mermer kalite kontrolü için kullanılan veriseti, çalışan personeli takip ve kontrol etmek için kullanılan veriseti, personelin yüz ifadesini analiz etmek için kullanılan veriseti ve personelin yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için kullanılan veriseti şeklindedir.

3.3.5.1 Mermer Kalite Kontrolü için Kullanılan Veriseti

Canayaz ve Uludağ tarafından hazırlanan veriseti çalışmanın bu bölümünün temelini oluşturmakla beraber bizim tarafımızdan da Kur Mermer'in destekleri ile verisetinin boyutu artırılmıştır [51,76]. Kullanılan bu verisetinde Afyon Bal, Afyon Beyaz, Afyon Gri, Afyon Şeker, Afyon Siyah, Bej Mermer, Cappuccino, Diyabaz, Dolce Vita, Ege Kırmızı, Ekvator Pijama, Elazığ Vişne, Gold Galaxy, Gül Kurusu, Kaplan Postu, Karacabey Siyah, Kemalpaşa Beyaz, Konglomera, Kristal Emperador, Leylak Mermer, Limra, Mavi Mermer, Medi Black, Milas Sedef, Olive Mermer, Oniks, Traverten ve Yagmur Gri olmak üzere toplam 28 adet sınıf bulunmaktadır. Bu sınıflara ait mermerler için örnek görüntüler Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Verisetinde 13543 eğitim ve 2989 test olmak üzere toplam 16532 görsel bulunmaktadır. Bu veriseti giriş görsel boyutu 224x224 piksel olarak yeniden boyutlandırılmıştır. Ayrıca eğitim verisetindeki görsellerin %10'u doğrulama için kullanılmıştır.



Şekil 3.20: Mermerin sınıflandırılmasında kullanılan verisetindeki sınıflara ait örnek görseller [51]

3.3.5.2 Çalışan Personeli Takip ve Kontrol Etmek için Kullanılan Veriseti

Personel takip ve kontrol sisteminin geliştirilmesi için kendi veri setimizi oluşturduk. 12 MP telefon kamerasıyla altı farklı insanın yüz görüntüleri elde edilmiştir. Bu

insanların yüz görüntülerini toplarken, yüze odaklanarak fotoğraf çekmeye dikkat edilmiştir. Veri kümesi toplamda personel 1, personel 2, personel 3, personel 4, personel 5 ve personel 6 için sırasıyla 736, 588, 338, 852, 467 ve 379 görselden oluşmaktadır. Verisetindeki görüntüler 224x224 piksel olarak yeniden boyutlandırılmıştır. Ayrıca verilerin %80'i eğitim, %10'u doğrulama ve %10'u test için kullanılmıştır.

3.3.5.3 Personelin Yüz İfadesini Analiz Etmek için Kullanılan Veriseti

Personelin yüz ifadesini analiz etmek için CK+ veriseti kullanılmıştır [77]. Bu verisetinde kızgın, küçümseme, iğrenme, korku, mutlu, üzgün ve şaşkın olmak üzere 7 sınıf için sırasıyla 135, 54, 177, 75, 207, 84 ve 249 görüntü bulunmaktadır. Bu sınıflara ait örnek görüntüler Şekil 3.21'de gösterilmiştir. Verisetindeki görüntüler 200x200 piksel olarak yeniden boyutlandırılmıştır. Ayrıca verilerin %80'i eğitim, %20'si doğrulama için kullanılmıştır.

(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g)

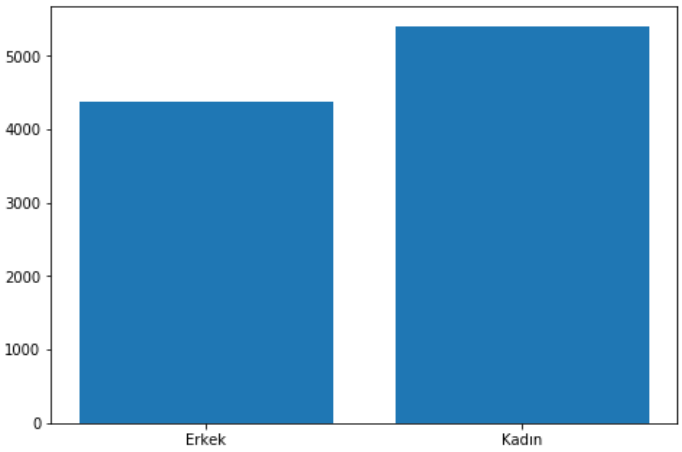
Şekil 3.21: Yüz ifadesinin sınıflandırılmasında kullanılan veri setinden örnek görüntüler (a) Kızgın, (b) Küçümseme, (c) İğrenme, (d) Korku, (e) Mutlu, (f) Üzgün, (g) Şaşkın

3.3.5.4 Personelin Yaşını ve Cinsiyetini Analiz Etmek için Kullanılan Veriseti

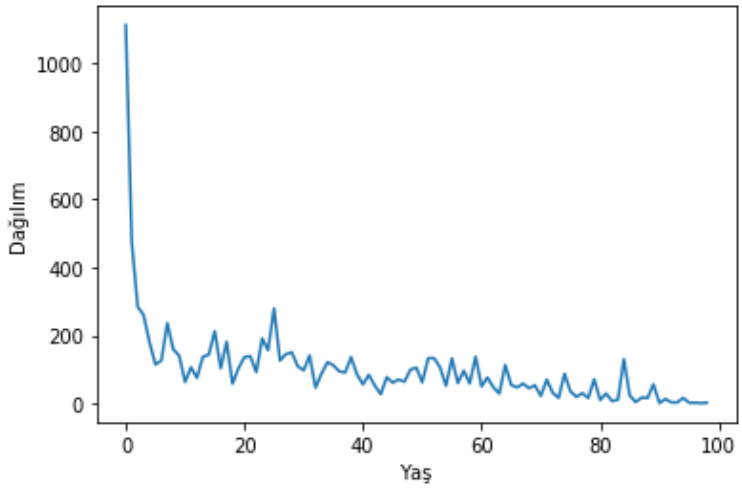
Personelin yaşını ve cinsiyetini analiz etmek için UTKFace veriseti kullanılmıştır [78]. Bu verisetinde 0 ile 116 yaş aralığındaki kişilere ait görseller bulunmaktadır. Bu veriseti yaş, cinsiyet ve etnik köken gibi ek açıklamaları içerisinde bulundurmaktadır. Bu verisetine ait örnek görüntüler Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Verisetindeki görüntüler 200x200 piksel olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Yaş analizi yapabilmek amacı ile verisetindeki görseller 0-30 yaş aralığı, 31-45 yaş aralığı, 46-60 yaş aralığı ve +60 yaş için etiketlenirken, cinsiyet analizi yapabilmek için ise verisetindeki görseller kadın ve erkek olarak iki sınıfta etiketlenmiştir. Ayrıca verilerin %80'i eğitim,

%20'si doğrulama için kullanılmıştır. Verisetine ait cinsiyet dağılımı Şekil 3.23'te, yaş dağılımı ise Şekil 3.24'te gösterilmiştir.

Şekil 3.22: Yaş ve cinsiyet sınıflandırılmasında kullanılan veri setinden örnek görüntüler



Şekil 3.23: Verisetine ait cinsiyet dağılımı



Şekil 3.24: Verisetine ait yaş dağılımı

3.3.6 Performans Değerlendirme Metrikleri

Doğru Pozitif (TP), Doğru Negatif (TN), Yanlış Pozitif (FP), Yanlış Negatif (FN) değerleri sırayla; doğru sınıflandırılan pozitif sınıf sayısını, doğru sınıflandırılan negatif sınıf sayısını, yanlış sınıflandırılmış pozitif sınıf sayısını ve yanlış sınıflandırılmış negatif sınıf sayısını ifade etmektedir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \tag{3.4}$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \tag{3.5}$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \tag{3.6}$$

$$\text{F1-skor} = \frac{2 \text{ x Kesinlik x Duyarlılık}}{\text{Kesinlik+Duyarlılık}} \tag{3.7}$$

Bu çalışmada kullanılan ESA mimari tasarımlarının performansları, doğruluk oranı ve f1-skoru metriklerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen doğruluk oranları ve f1-skoru değerleri bölüm 4'te akıllı mermer fabrikasında mermer kalite kontrolü için grafik kullanıcı arayüzü, QR kod teknolojisi ve Android mobil uygulama ile desteklenen derin öğrenme algoritmalarına dayalı olarak elde edilen sonuçlar, Android mobil sistemler için derin öğrenme algoritmalarına dayalı yüz tanıma özelliğine sahip gerçek zamanlı personel takip sisteminin sonuçları, akıllı fabrikalarda çalışan personelin yaş ve cinsiyete bağlı olarak da değişen yüz ifadesinin analizinde elde edilen sonuçlar yer alan başlıklar altında gösterilmiş ve karşılaştırılmıştır.

3.4 Envanter Takip Sistemi

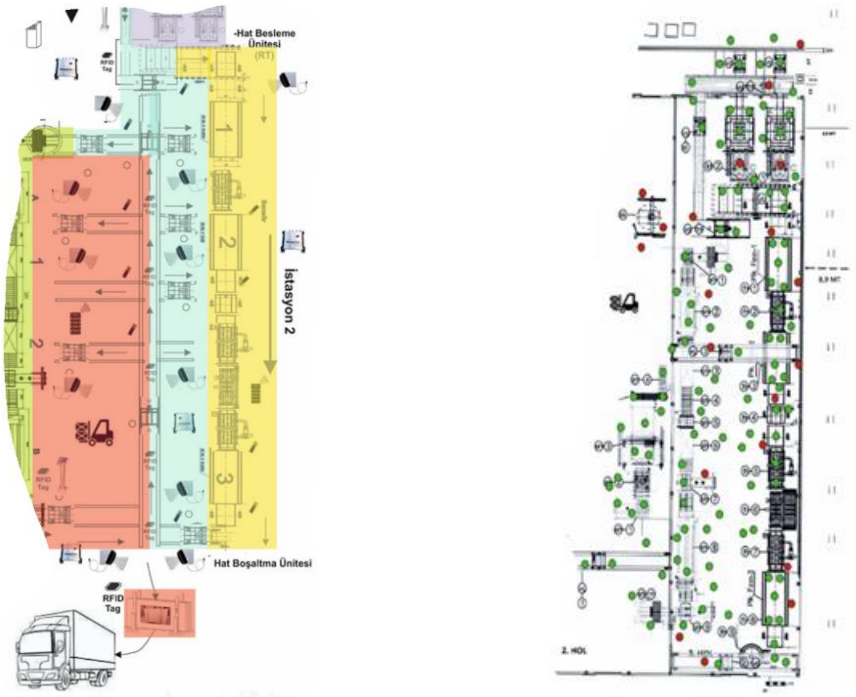
Akıllı fabrikalardaki envanterin takibini sağlamak için çalışmaya dahil edilen QR kod teknolojisi ile desteklenen Android tabanlı uçtan uca sistem için izlenen yöntemler bu bölümde aktarılmıştır.

QR kod oluşturmak için qr kütüphanesi, Python programlama dilinde Spyder IDE'sinde kullanılmıştır. QR kod içerisine 'Alınan envanter veya bırakılan envanter: envanterin ismi' şeklindeki format ile bilgiler gömülmüştür. Sonrasında oluşturulan QR kod 300x300 piksel boyutunda şekillendirilmiş ve '.png' uzantısı ile kaydedilmiştir. Önerilen sistemin Android tabanlı mobil uygulama tarafında ise Java programlama dilinde Android Studio IDE'si kullanılmıştır. Envanter alma işlemi için oluşturulan QR kodun okutulması ile birlikte alan kişinin ad ve soyad bilgilerine ek olarak envanter alınma zaman bilgisi Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır. Envanter bırakma işleminde ise ilgili QR kodun okutulması ile birlikte bırakan kişinin ad ve soyad bilgilerine ek olarak envanter bırakılma zaman bilgisi Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır. Eğer envanter bırakıldıysa veritabanın alma işlemi için oluşturulan bölümüne 'Cihazı alan kişi bulunmamaktadır. Envanteri kontrol ediniz' bilgisi gönderilmiştir. Envanterin kimde olduğunu takip etmek için ise veritabanı sorgulama yöntemleri kullanılmıştır.

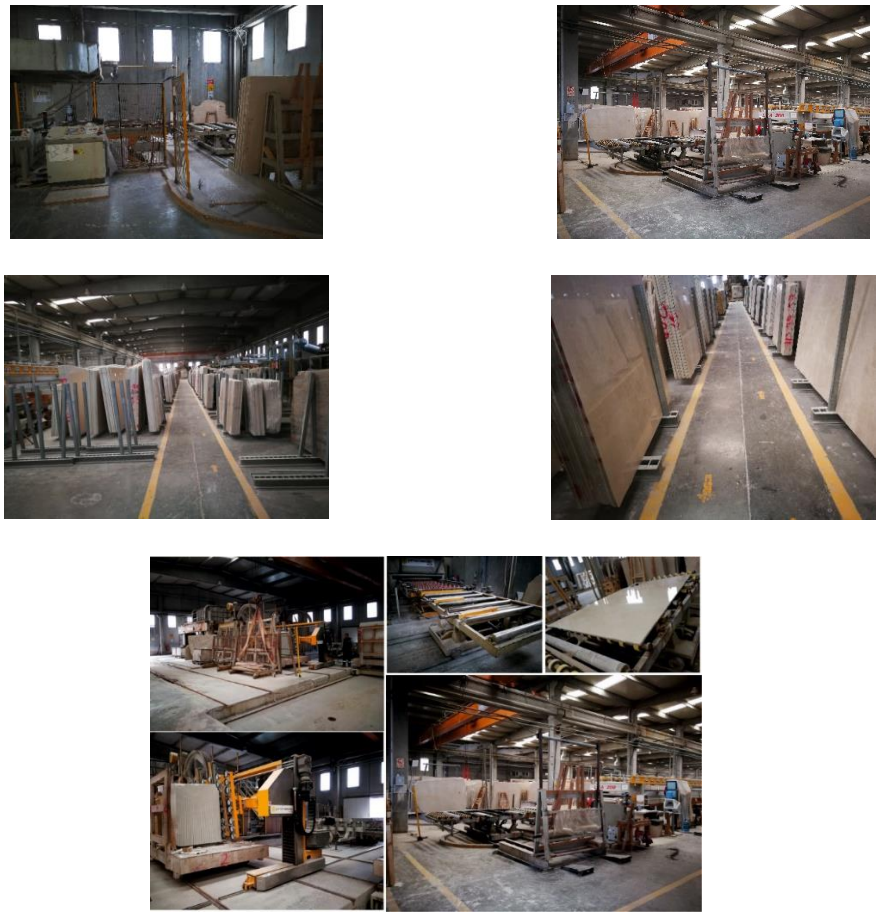
3.5 Akıllı Fabrika Blok Diyagramı

Bu bölümde, akıllı fabrikalar için önerilen sisteme ait blok diyagramın tanıtılmasına ek olarak bir mermer fabrikasından alınan görüntüler gösterilmiştir.

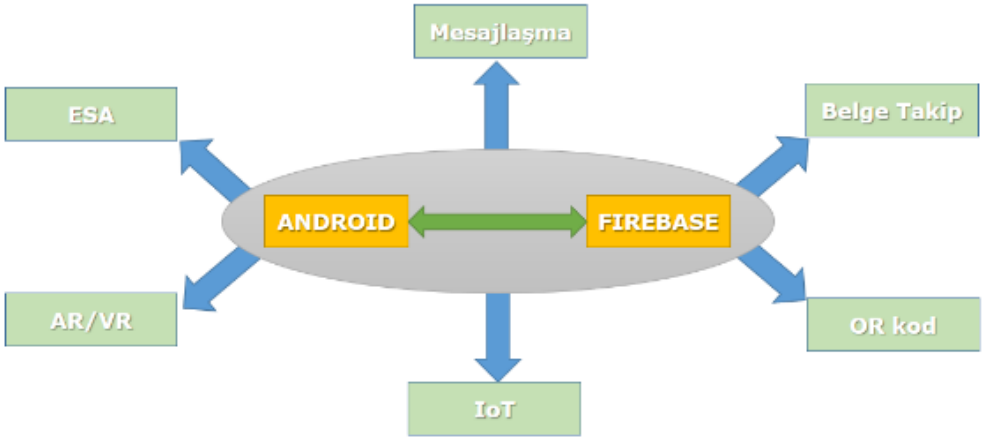
Sensörlerin, kameraların, RFID antenlerin de içerisinde yer alarak ilgili ürünün üretim aşamasından satış aşamasına kadar takibini ve analizi sağlayan bir akıllı fabrika ait blok diyagramı Şekil 3.25'de gösterilmiştir. Önerilen blok diyagramın uygulamaya alınmaya başlandığı bir akıllı mermer fabrikasından elde edilen görüntüler ise Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Ek olarak Şekil 3.25 ve 3.26 iş istasyonlarının yapısını ve fabrikanın işleyişi ile ilgili ön bilgileri de sunmaktadır. Şekil 3.27'de ise çalışmada kullanılan teknolojik bileşenler gösterilmiştir.



Şekil 3.25: Akıllı fabrikalara yönelik olarak önerilen blok diyagram



Şekil 3.26: Önerilen blok diyagrama göre oluşturulan bir akıllı mermer fabrikası



Şekil 3.27: Çalışmada oluşturulan sisteme ait teknolojik bileşenler

Bölüm 4

Bulgular ve Tartışma

Bu bölüm sekiz alt başlık ile sistematize edilmiştir. Bu başlıklar; Android tabanlı mobil uygulamanın ön tanıtımı, Android tabanlı AR ve VR uygulaması çıktıları, Android tabanlı IoT uygulaması çıktıları, mermerin kalite kontrolü, personel takip ve kontrol sisteminin sonuçları, personelin yaşı, cinsiyeti ve yüz ifadesi analizi sonuçları, Android tabanlı mobil uygulama sonuçları ve envanter takip sistemi sonuçları şeklindedir.

Geliştirilen Android tabanlı mobil uygulama beşli alt gezinme çubuğu ile birlikte oluşturulmuştur. Bu beşli alt gezinme çubuğunda yer alan veriler farklı sistem bileşenlerini içermektedir, fakat bu bileşenler tek bir Android tabanlı mobil uygulama üzerinden kontrol edilmekte ve gözlemlenmektedir. Beşli alt gezinme çubuğu; AR/VR, veriler, mesajlar, belgeler ve profilim menülerinden oluşmaktadır. Menülere ait arayüz tasarımları ve bu arayüzlerdeki sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

4.1 Android Tabanlı Mobil Uygulamanın Ön Tanıtımı

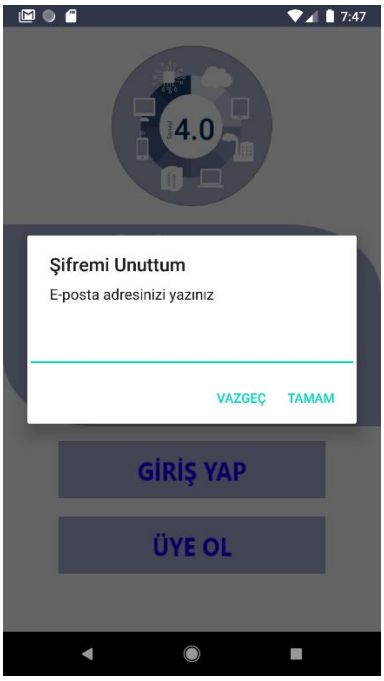
Bu bölümde çalışmada geliştirilen uygulamanın tanıtımı yapılmıştır. Arayüz detayları ve veritabanı yönetim işlemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Şekil 4.1 (a)'da mobil uygulamaya ait sıçrama ekranı gösterilmiştir. Bu sıçrama ekranı Adobe XD kullanılarak tasarlanmıştır. Bu ekrandaki bekleme süresi ise 3 saniye olarak belirlenmiştir. Sıçrama ekranından sonra ise Şekil 4.1 (b)'de gösterilen giriş ekranına geçilmektedir. Bu ekrana ait tasarımlar Adobe XD kullanılarak oluşturulmuştur. Giriş ekranında eposta ve şifre ipucları ile görülen ve girişin yapılabilmesi için kullanılan iki adet EditText yer almaktadır. Giriş yap ve üye ol olmak üzere iki tane buton yer almaktadır. Üye ol butonuna tıklanması ile yapılacak işlemler Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şifremi unuttum olarak görülen bir adette TextView bulunmaktadır.

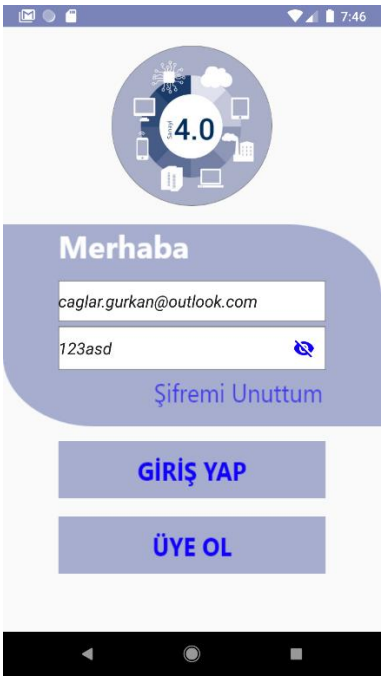
Şifremi unuttum'a tıklanması durumunda Şekil 4.1 (c)'deki AlertView yapısı ekranda gösterilmektedir. Bu AlertView'da vazgeç ve tamam olmak üzere iki butona ek olarak mail adresinin girilmesi için bir EditText yer almaktadır. Şifre sıfırlama basamağında Firebase kimlik doğrulama kullanılmıştır. Şifre sıfırlama işlemi sonunda kayıtlı mail adresine gönderilen link içeren mail Şekil 4.1(f)'de gösterilmiştir. Girilen şifrenin açık ve kapalı olarak belirlenmesi için ise arayüzde göz olarak görülen bir anahtarlama kullanılmıştır. Bu anahtarlama yapısı Şekil 4.1 (d)'de gösterilmiştir. Firebase kimlik doğrulama kullanılarak üye olunan mail adresi ve şifreyle giriş yapılmaya çalışılan mail adresi ve şifrenin uyuşup uyuşmadığı kontrol edilmiştir. Bu yapı ile elde edilen hatalı giriş sonuçları Şekil 4.1 (e)'de gösterilmiştir.

(a) (b)

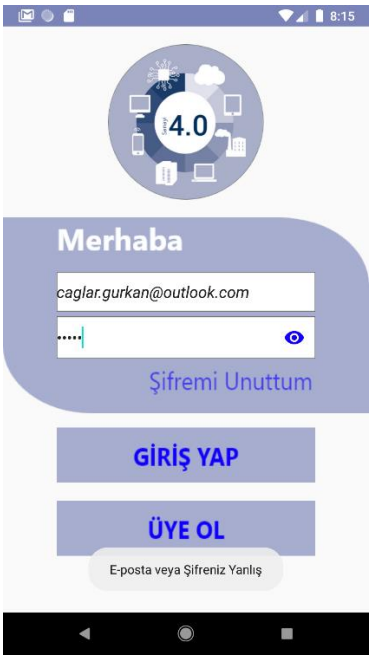
Şekil 4.1: (a) Sıçrama ekranı, (b) Giriş ekranı, (c) Şifremi unuttum ekranı, (d) Şifre anahtarlama, (e) Şifre ve mail kontrolü, (f) Şifre sıfırlama maili



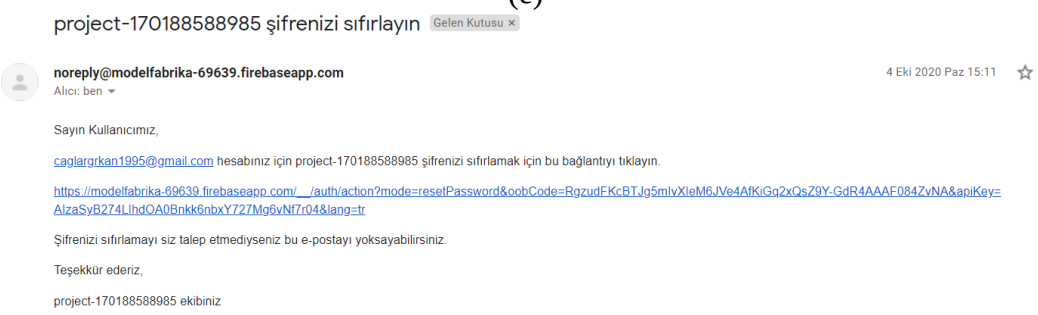
(c)



(d)



(e)



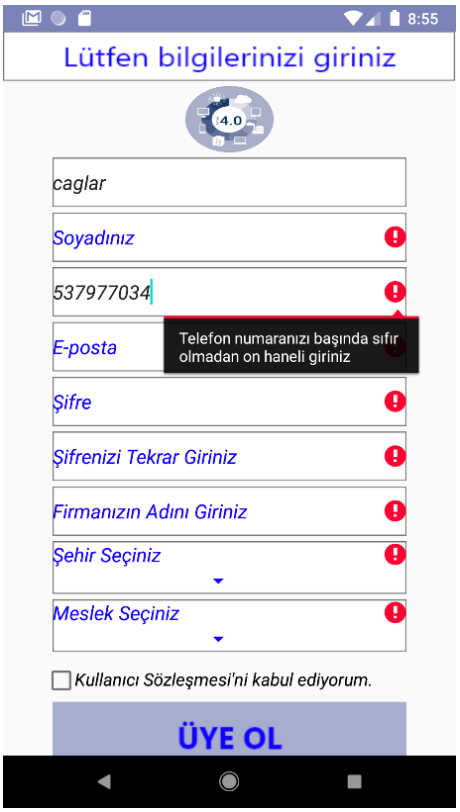
(f)

Şekil 4.1(devamı)

Üye olma basamağındaki işlemler Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu basamakta EditText yapılarını içeren ScrollView kullanılmıştır. Bunun nedeni farklı telefon ekran boyutarında kayma veya küçülme sorununu engellemektir. Şekil 4.2 (a)'da gösterilen bilgiler üye olma basamağında kullanıcılar istenmektedir. EditText'ten yapısından oluşan bu bilgilerin boş bırakılması durumu kontrol edilmiş ve boş bırakılması durumunda Şekil 4.2 (b)'de gösterildiği gibi hata mesajları gönderilmektedir. Telefon numarası bölümü için ise 10 haneli olma ve başında sıfır olmaması durumu kontrol edilmiş ve Şekil 4.2 (c)'de gösterilmiştir. Mail adresi için ise girilen mail adresinde '@' ve '.com' gibi karakterlerin olması durumu kontrol edilmiş ve Şekil 4.2 (d)'de gösterilmiştir. Girilen şifrenin en az altı haneli olması, en az bir sayı ve rakam içermesi gerekmektedir. Ayrıca girilen şifrelerin uyuşması durumu kontrol edilmiştir. Bu yapılar Şekil 4.2 (e) ve Şekil 4.2 (f)'de gösterilmiştir. Şehir ve meslek seçiminin yapılması için ListView ve SearchView kullanılmıştır, sonuçlar Şekil 4.2 (g), Şekil 4.2 (f), Şekil 4.2 (i) ve Şekil 4.2 (j)'de gösterilmiştir. Yukarıda açıklanan tüm alanlar doldurulduktan sonra kullanıcı sözleşmesinin onaylanması gerekmektedir ve bu durumun kontrolü Şekil 4.2 (k)'de gösterilmiştir. Son olarak ise üye ol butonuna tıklanması ile birlikte mail doğrulama yapılmasını sağlayan bir AlertView yapısı kullanılmıştır, bu AlertView yapısı Şekil 4.2 (l)'de gösterilmiştir. Firebase kimlik doğrulama kullanılarak mail doğrulaması için kayıt olunan mail adresine gönderilen eposta Şekil 4.2 (m)'de gösterilmiştir. Firebase gerçek zamanlı veritabanına ait 'parent' yapısı Şekil 4.2 (n)'de gösterilmiştir. Ayrıca kayıtlanan kullanıcılar ait 'parent-child' ilişkisi ise Şekil 4.2 (o)'da gösterilmiştir.

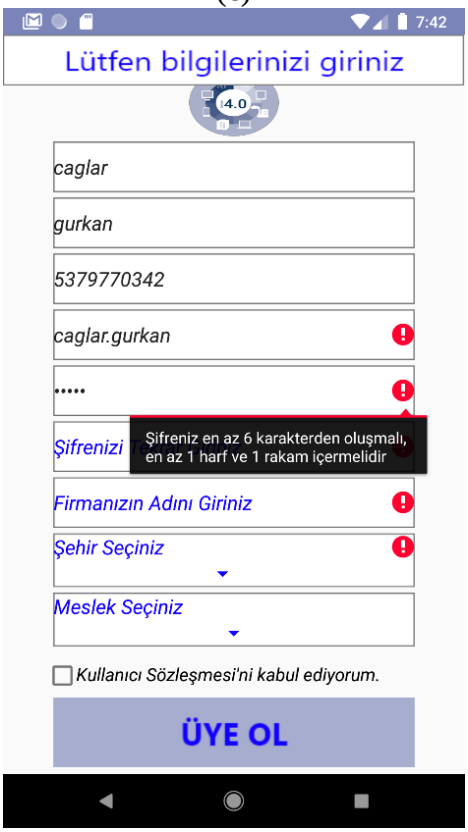
(a) (b)

Şekil 4.2: (a) Üye olma ekranı, (b) Genel uygunluk uyarı durumu, (c) Telefon numarası uygunluk durumu kontrolü, (d) Mail uygunluk durumu kontrolü, (e) Şifre uygunluk durumu kontrolü, (f) Girilen şifrelerin aynı olma durumu kontrolü, (g) Şehir seçim listesi, (h) Şehir arama, (i) Meslek seçim listesi, (j) Meslek arama, (k) Kullanıcı sözleşmesi okuma ve onaylama durumu kontrolü, (l) Mail doğrulama ekranı, (m) Mail doğrulama iletisi, (n) Mobil uygulamaya ait genel veritabanı tasarımı, (o) Kullanıcı kaydına ait veritabanı tasarımı



(c)

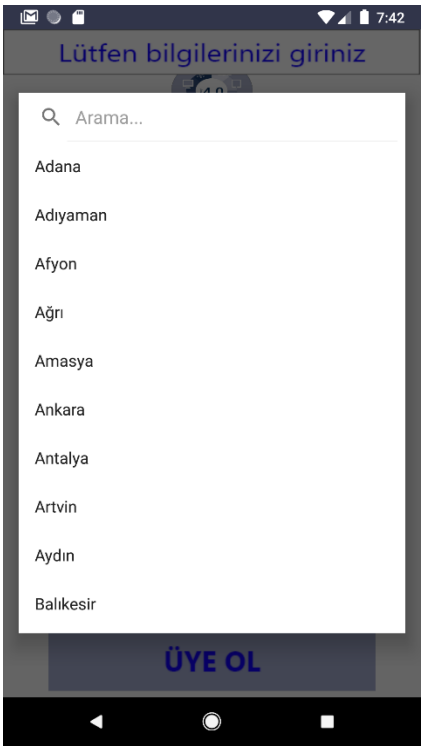
(d)



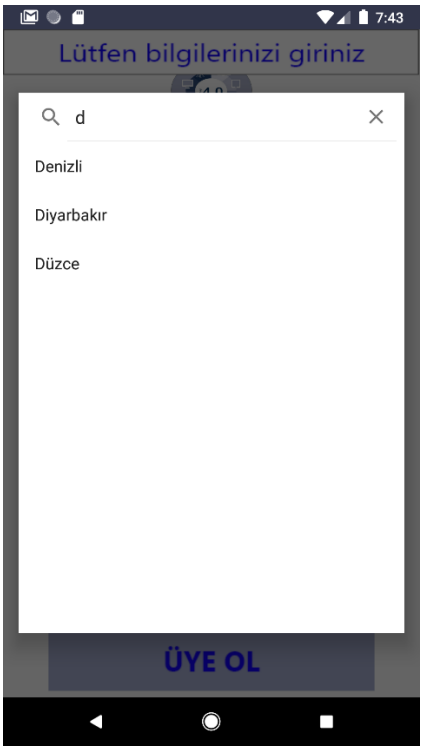
(e)

(f)

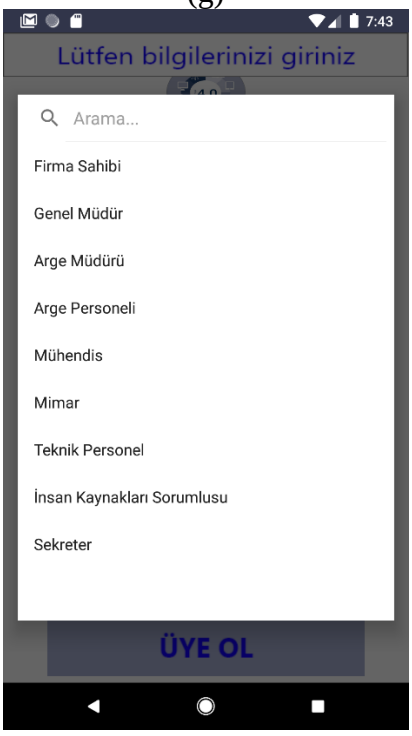
Şekil 4.2 (devamı)



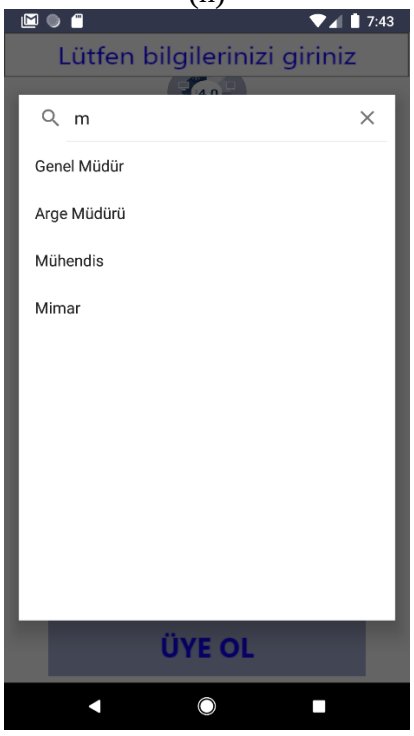
(g)



(h)

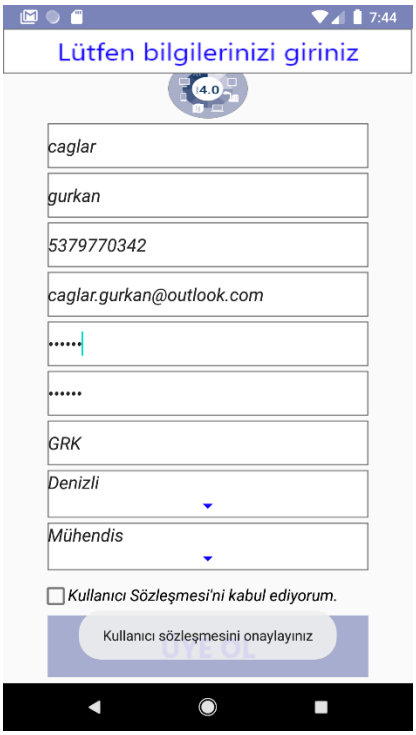


(i)

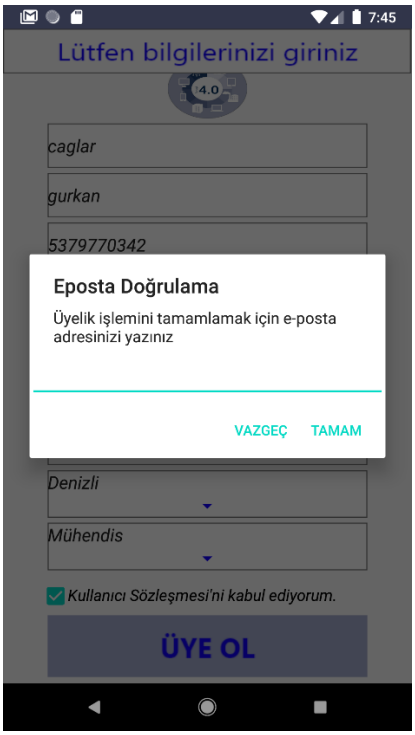


(j)

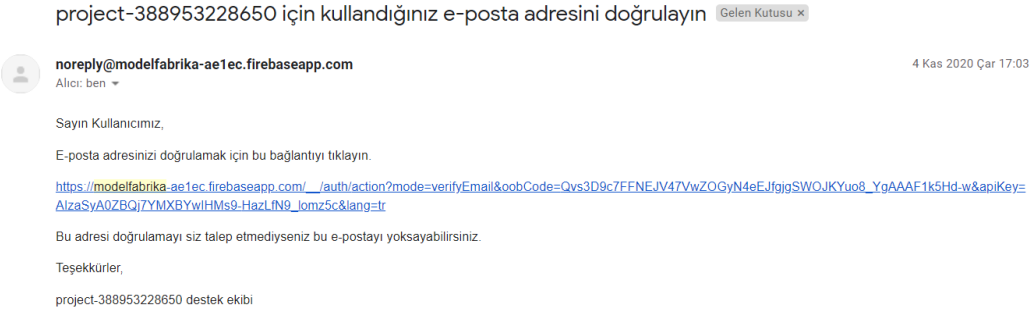
Şekil 4.2 (devamı)



(k)



(l)



(m)

(n)

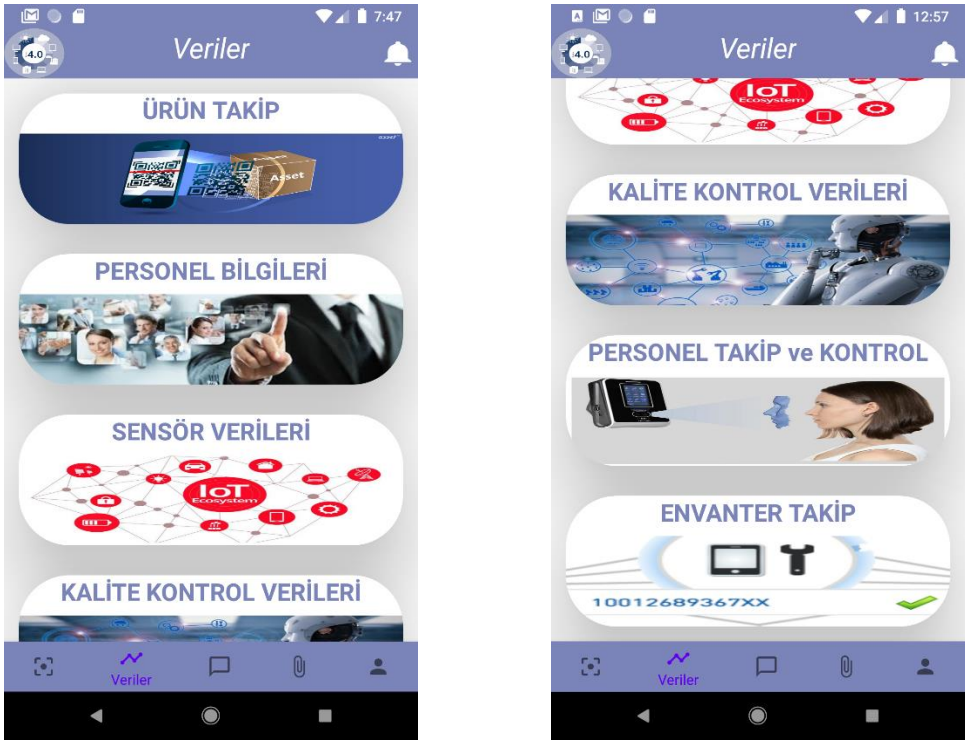
Şekil 4.2 (devamı)

(o)

Şekil 4.2 (devamı)

Mobil uygulamaya giriş yapılması sonrasında öncelikli olarak Şekil 4.3 (a) ve Şekil 4.3 (b)'de gösterilen ekran gelmektedir. Bu ekranda ScrollView içerisinde toplam altı adet CardView kullanılmıştır. Bu CardView'lar ürün takip, personel bilgileri, sensör verileri, kalite kontrol verileri, personel takip ve kontrol, envanter takip şeklindedir. Ayrıca mobil uygulama beşli alt gezinme çubuğu ile desteklenmektedir. Bu alt gezinme çubuğu; AR/VR, veriler, mesajlar, belgeler ve profilim menülerinden oluşmaktadır. AR/VR, veriler, mesajlar ve belgeler menüleri çalışmanın ilerleyen bölümlerinde tanıtılıcaktır. Profilim menüsünde toplam sekiz tane CardView kullanılmıştır. Bu CardView'lar kullanıcı bilgilerim, şifre değişikliği, geri bildirimde bulun, yardım&destek, uygulama hakkında, kişisel verilerin korunması, çıkış ve hesabımı sil şeklinde olup Şekil 4.3 (c)'de gösterilmiştir. Kullanıcı bilgilerime tıklanması durumunda geçilen arayüz Şekil 4.3 (d)'de gösterilmiştir. Bu arayüzde toplam yedi tane EditText ve güncelle ismiyle bir tane buton bulunmaktadır. EditText yapıları içerisindeki bilgiler Firebase gerçek zamanlı veritabanından veritabanı sorgu yöntemleri kullanılarak çekilmektedir. Değiştirilmek istenen bilgiler yeniden yazılıp güncelle butonuna basıldığında bu bilgiler veritabanında güncellenmektedir. Şifre değişikliğine tıklanması durumunda geçilen arayüz Şekil 4.3 (e)'de gösterilen

AlertView oluşturulmaktadır. Geri bildirimde buluna tıklanması durumunda geçilen arayüz Şekil 4.3 (f)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzdeki ad, soyad, telefon numarası ve mail bilgileri veritabanı sorgu yöntemleri ile Firebase gerçek zamanlı veritabanından çekilmektedir. Mesajınız ipucu ile verilen bölüm EditText olup istenilen mesaj bu bölüme yazılıp gönder butonuna tıklandığında, bu mesaj ilgili kişiye ait 'parent' yapısının altına 'child' olarak girilmektedir. Örnek geri bildirim mesajı Şekil 4.2 (o)'da gösterilmiştir. Yardım&desteğe tıklanması durumunda Şekil 4.3 (g)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzde bir adet CardView bulunmakta olup bu CardView'a tıklanması durumunda Şekil 4.3 (h)'da gösterilen AlertView yapısı oluşturulmuştur. Uygulama hakkındaya tıklanması durumunda Şekil 4.3 (i)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Çıkışa tıklanması durumunda Şekil 4.1 (b)'deki arayüze geçilmektedir. Hesabıma sile tıklanması durumunda kullanıcıya ait hesap askıya alınmaktadır.

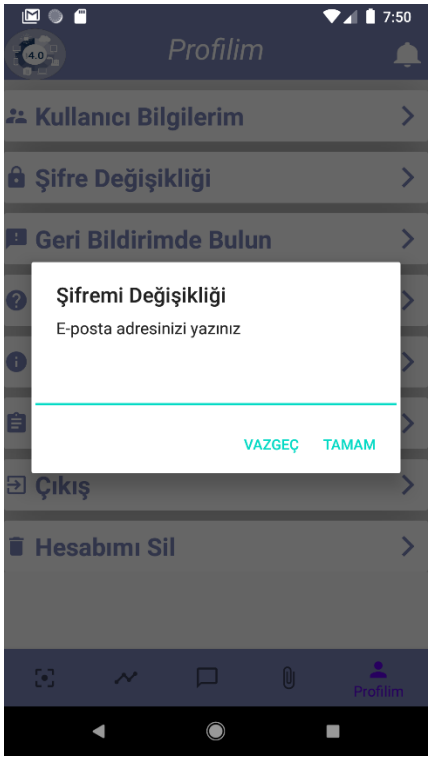


(a) (b)

Şekil 4.3: (a) ve (b) Mobil uygulama ana ekranı , (c) Profilim ekranı, (d) Kullanıcı bilgileri güncelleme ekranı, (e) Şifre değişikliği yapma ekranı, (f) Geri bildirimde bulunma ekranı, (g) Yardım&destek ekranı, (h) Yardım&destek ekranı sık sorunlanlar cevap ekranı, (i) Uygulama hakkında ekranı

(c)

(d)

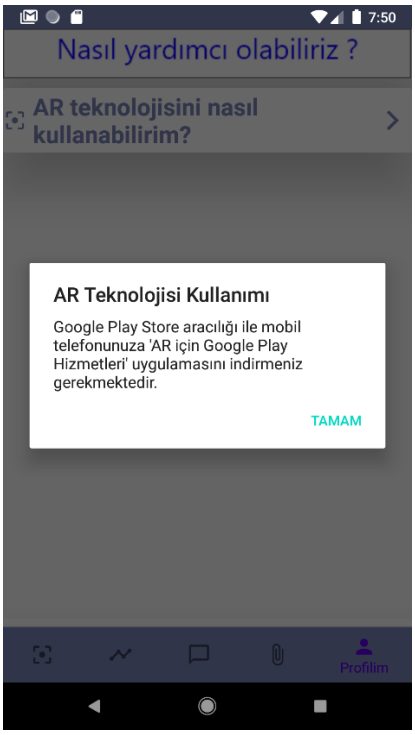


(e)

(f)

Şekil 4.3 (devamı)

(g)



(h)

(i)

Şekil 4.3 (devamı)

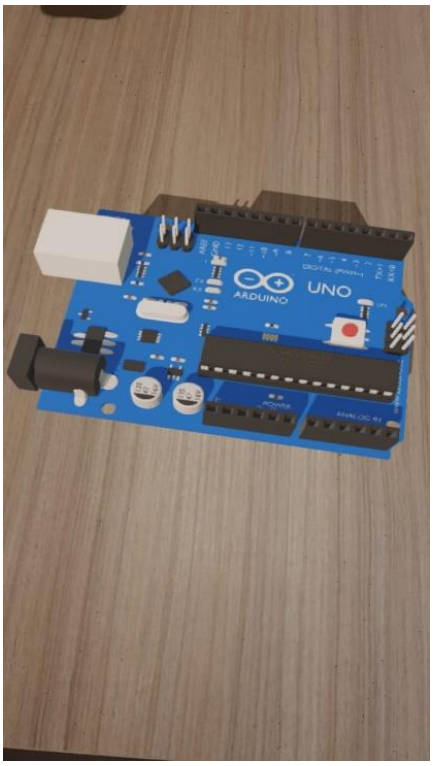
4.2 Android Tabanlı AR ve VR Uygulaması Sonuçları

Akıllı fabrikalarda bakım ve onarımı kolaylaştırmak amacı ile geliştirilen Android tabanlı AR ve VR uygulamasına ait çıktılar bu bölümde sunulmuştur.

Şekil 4.4 (a) ve Şekil 4.4 (b)'de ScrollView içerisinde kullanılan CardView yapısı ile oluşturulan, Şekil 4.4 (h)'de belirli bir kesiti verilen ve Firebase depolama kullanılarak çalışmaya dahil edilen AR modelleri gösterilmiştir. VR modelleri için ise geliştirilen uygulamaya ait dosya içerisinde bir yardımcı klasör oluşturulmuştur. CardView'lara tıklanması ile birlikte Şekil 4.4 (c), Şekil 4.4 (d), Şekil 4.4 (e), Şekil 4.4 (f) ve Şekil 4.4 (g)'de gösterildiği gibi AR ve VR teknolojileri deneyimlenebilmektedir. Arduino AR modeli ile birlikte, Arduino'ya ait pin diyagramı tanıtılmıştır. SMA konnektör modeli ile birlikte, SMA konnektöre ait bacak yapısı gösterilmiştir. Ek olarak SMA konnektör mühendislik eğitiminde bu konnektörün tanıtımı için de kullanılabilir. Gösterilen VR modelleri ile bu cihazların üzerindeki butonların yapısı, çalışma mekanizması, kullanım şekilleri gösterilmiş ve bu cihazlar tanıtılmıştır.

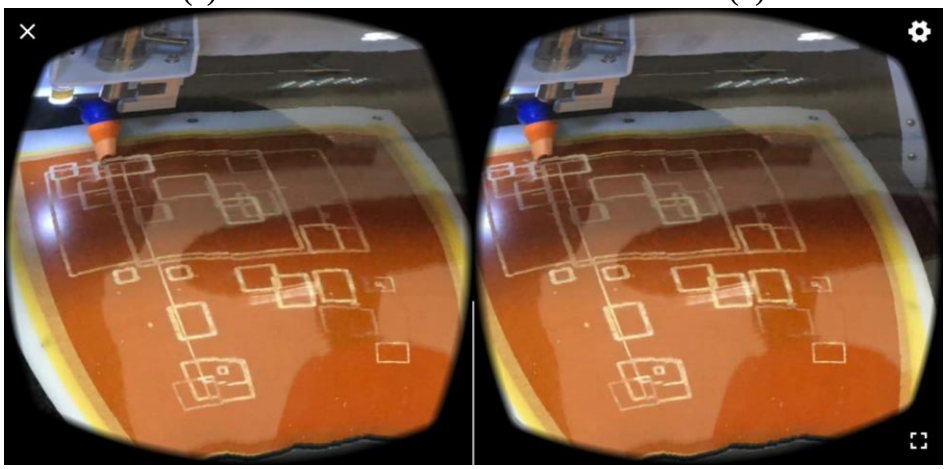
(a) (b)

Şekil 4.4: (a) ve (b) Tanımlanan AR/VR modelleri, (c) Arduino AR modeli, (d) SMA konnektör AR modeli, (e) PCB makinesi VR modeli, (f) Dizgi makinesi VR modeli, (g) Konveyör bant VR modeli, (h) AR modellere ait Firebase depoloma bölümü

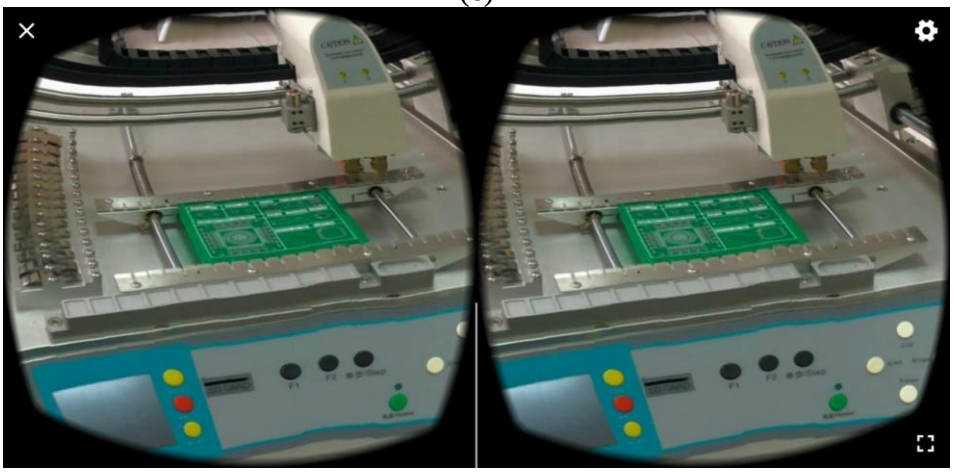


(c)

(d)

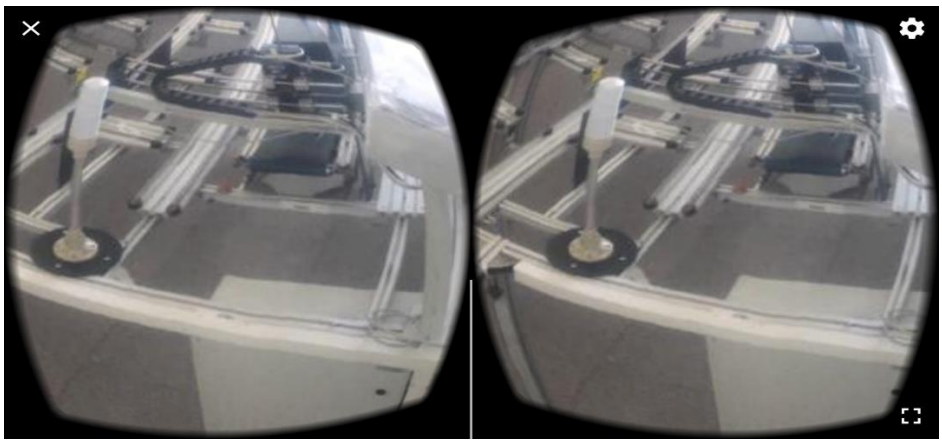


(e)

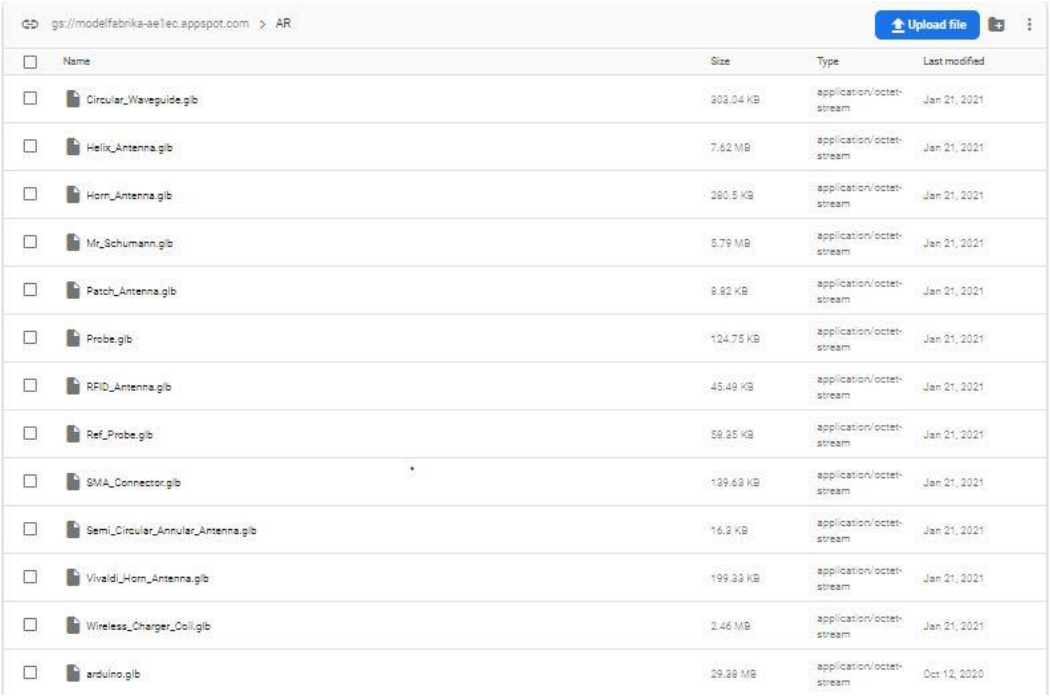


(f)

Şekil 4.4 (devamı)



(g)



(h)

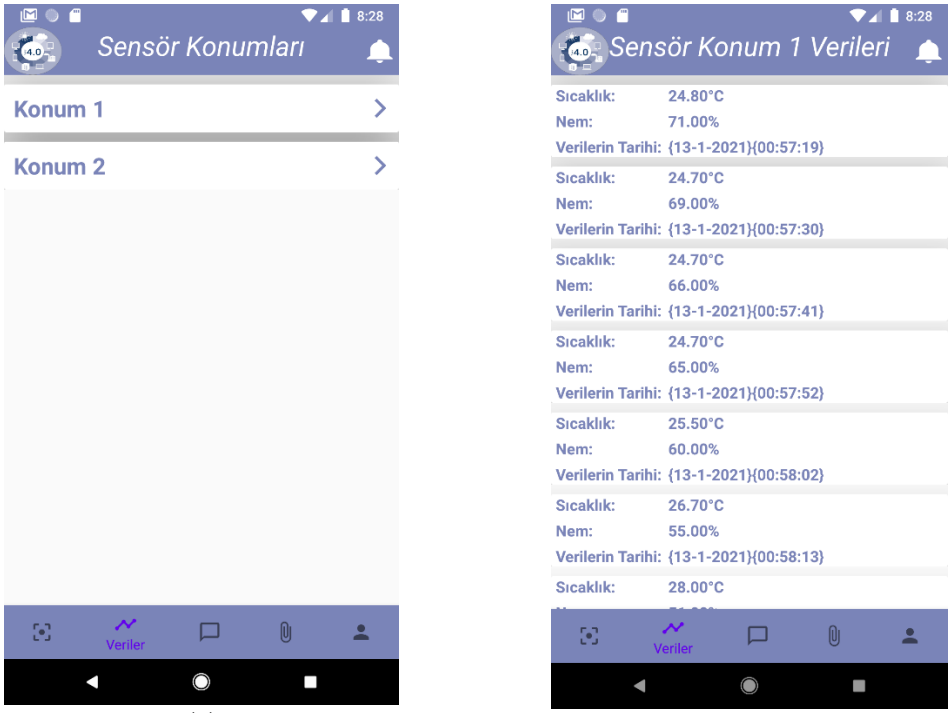
Şekil 4.4 (devamı)

4.3 Android Tabanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması Sonuçları

Akıllı mermer fabrikası özelinde çalışmaya dahil edilen, mermerin kurutulması aşamasında verilerin takibini sağlamak amacı ile kullanılan Android tabanlı nesnelerinin internetini uygulamasına ait çıktılar bu bölümde sunulmuştur.

Şekil 4.3 (a)'da gösterilen sensör verileri CardView'una tıklanması ile Şekil 4.5'te gösterilen aşamaya geçilmektedir. Bu aşamada sıcaklık ve nem bilgileri iki farklı

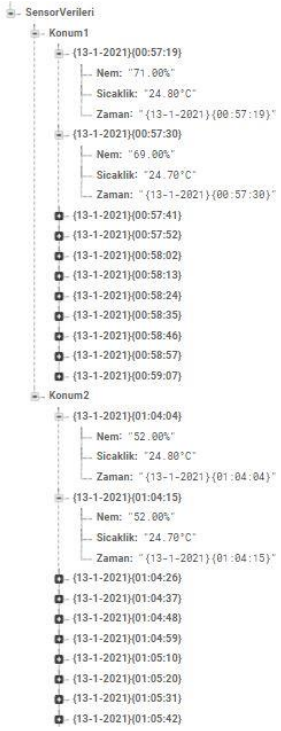
konumdan alınmıştır. Alınan bu veriler Şekil 4.5 (a)'da gösterilen Android tabanlı mobil uygulamanın arayüzünde konum 1 ve konum 2 olmak üzere iki CardView yapısı ile kontrol edilmektedir. Bu CardView tasarımlarına tıklanması ile birlikte yeni arayüzlere geçilmektedir. Bu arayüz tasarımları Şekil 4.5 (b) ve Şekil 4.5 (c)'de gösterilmiştir. Geçiş yapılan bu arayüzlerde de CardView tasarımı içerisinde üç adet TextView yer almaktadır ve bunlar sıcaklık, nem ve zaman bilgilerini içermektedir. TextView'lara aktarılan bilgiler Android Studio'da oluşturulan adaptör kod bloğunda yer alan veritabanı sorgu yöntemleri ile sağlanmaktadır. Veritabanına ait 'parent-child' yapısı Şekil 4.5 (d)'de gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 4.5: (a) Sensörlere ait konum bilgisi, (b) Konum 1 sensör verileri, (c) Konum 2 sensör verileri, (d) Sensör verilerine ait veritabanı tasarımı

(c)



(d)

Şekil 4.5 (devamı)

4.4 Mermerin Kalite Kontrolü Sonuçları

Akıllı mermer fabrikasında mermerin kalite kontrolünü sağlamak için GUI, QR kod teknolojisi ve Android mobil uygulama ile desteklenen derin öğrenme algoritmalarına dayalı olarak elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

Bu bölümde, çalışmada geliştirilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen mermerin kalite kontrolüne ve sınıflandırılmasına ait sonuçlar Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla toplam 525.628, 419.324, 558.764 ve 354.972 incelemektedir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla %95.45, %95.42, %94.15 ve %95.42 doğruluk elde etmiştir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 için sırasıyla F1-skoru değerleri %95.48, %95.62, %94.04 ve %95.43 şeklindedir. Önerilen ESA modellerinin kestirimci performansları sırasıyla; en yüksek performans %95.45 doğruluk ve %95.48 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 ile elde edilmiştir. En yüksek ikinci performans %95.42 doğruluk ve %95.62

F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 2 ile elde edilmiştir. En yüksek üçüncü performans %95.42 doğruluk ve %95.43 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. Bu mimari tasarımlar içerisindeki en düşük performans %94.15 doğruluk ve %94.04 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. ESA mimari tasarımı 1, en iyi performansı gösterdiği için SMARfacTory-Net olarak isimlendirilmiştir. Bununla birlikte, doğruluk ve F1-skoru sonuçları, modeller tarafından incelenen toplam parametre sayısı ile birlikte ele alındığında, ESA mimari tasarımı 4'ün de kullanılabilirliği yüksektir.

Tablo 4.1: Mermerin kalite kontrolü için önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1 (SMARfacTory-Net)	**0.9545**	**0.9548**	525.628
ESA mimari tasarımı 2	0.9542	0.9562	419.324
ESA mimari tasarımı 3	0.9415	0.9404	558.764
ESA mimari tasarımı 4	0.9542	0.9543	354.972

Not: En iyi performansı elde eden modele ait sonuçlar kalın olarak belirtilmiştir.

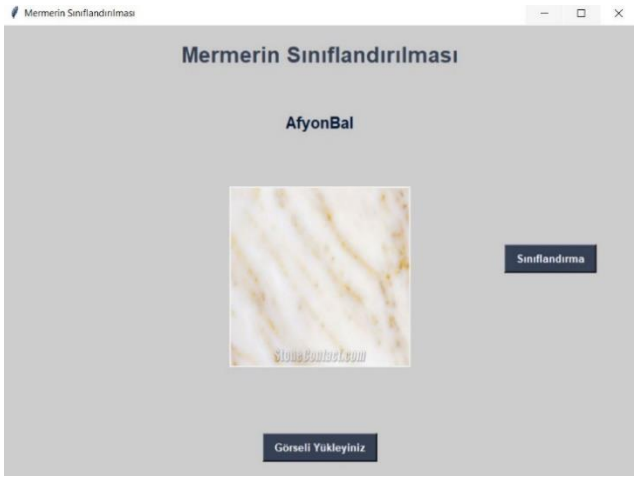
SMARfacTory-Net'e ait ağırlık dosyaları GUI tasarımının oluşturulması için kullanılmıştır. GUI tasarımı için Python programlama dilinde Spyder IDE'sinde Tkinter kütüphanesi kullanılmıştır. QR kod oluşturmak için ise qr kütüphanesi çalışmaya dahil edilmiştir. QR kod içerisine gömülen mermer türü, birim fiyatı ve stoktaki ürün miktarı bilgileri için ayrı birer '.txt' dosyası oluşturulmuş ve for döngüsü ile aynı satırda yer alan bilgiler alınmıştır. Aynı satırdaki bilgiler için temel alınan, SMARfacTory-Net'e ait ağırlık dosyaları ile yapılan sınıflandırma işlemi sonrasında elde edilen mermer türü sınıfıdır. Taşın işlemden çıkma saati bilgisi için ise time ve datetime kütüphaneleri kullanılmış ve QR koda bu bilgi de gömülmüştür. Aynı zamanda bu bilgilerin geliştirilen mobil uygulamada da gözlenebilmesi için firebase kütüphanesi ile veriler Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır.

Mermerin sınıflandırılması ve kalite kontrolü için oluşturulan GUI Şekil 4.6 (a)'da gösterilmiştir. Bu GUI tasarımında görseli yükleyiniz ve sınıflandırma isimli iki adet buton bulunmaktadır. Sınıflandırma butonu görsel yükledikten sonra aktif hale

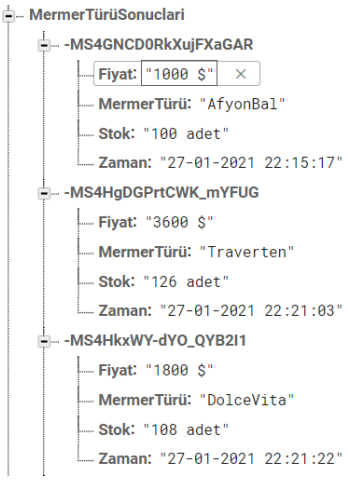
gelmektedir. Bu butona tıklanması ile birlikte sınıflandırma süreci tamamlanmaktadır. Daha sonra sınıf, zaman, fiyat ve stok bilgileri Şekil 4.6 (b)'de gösterildiği gibi Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmaktadır. Bununla birlikte Şekil 4.6 (c)'de gösterildiği gibi sınıf, zaman, fiyat ve stok bilgilerinin içerisine gömüldüğü QR kodlar üretilmektedir.

Şekil 4.3 (b)'de gösterilen kalite kontrol verileri CardView'una tıklanması ile Şekil 4.6 (d)'de gösterilen aşamaya geçilmektedir. Bu arayüzde RecyclerView ve CardView yapısı birlikte kullanılmıştır. Mermer türü ve taşın işlemden çıkma tarihi olmak üzere iki adet TextView içeren CardView'lar RecyclerView içerisine gömülmüştür böylelikle veritabanındaki tüm bilgiler sayı sınırı olmaksızın mobil uygulamada gözlemlenebilmektedir. CardView tasarımları farklı bir xml dosyasında adaptör olarak tasarlanmıştır. Son olarak, mermer türü ve taşın işlemden çıkma tarihi bilgileri veritabanı sorgu yöntemleri kullanılarak bu Textview'lara aktarılmıştır.

Şekil 4.3 (a)'da gösterilen ürün takip CardView'una tıklanması ile Şekil 4.6 (e)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Arayüzde lütfen QR kodunuzu okutunuz şeklinde bir buton yer almaktadır. Bu butona tıklanması ile birlikte kamera erişimi sağlanmaktadır. Bu aşamada üçüncü parti kütüphaneler kullanılmış ve Şekil 4.6 (f)'de gösterilen QR kod okuyucusu geliştirilmiştir. QR kodun okutulması aşaması ve okutulması sonrasında elde edilen mermer türü, taşın işlemden çıkma tarihi, birim fiyatı ve stoktaki ürün miktarı bilgileri Şekil 4.6 (g), Şekil 4.6 (h) ve Şekil 4.6 (i)'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

(c)

Şekil 4.6: (a) Mermerin sınıflandırılması için geliştirilen GUI, (b) Sınıflandırma sonuçlarına ait veritabanı tasarımı, (c) Üretilen örnek QR kodlar, (d) Sınıflandırma sonuçlarının takibini sağlayan arayüz, (e) QR kod okutma işlemi başlangıç ekranı, (f) ve (g) QR kod okutma basamağı, (h) ve (i) QR kodu okutarak elde edilen sonuçlar

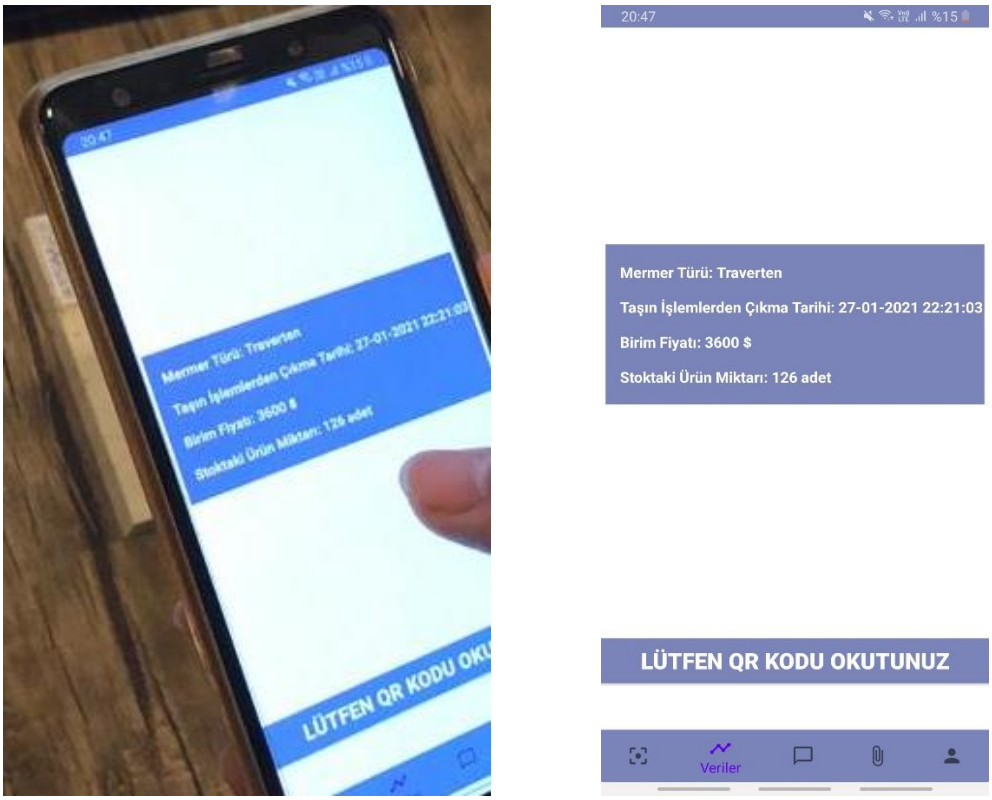
(d)

(e)

(f)

(g)

Şekil 4.6 (devamı)



(h) (i)

Şekil 4.6 (devamı)

4.5 Personel Takip ve Kontrol Sisteminin Sonuçları

Android mobil sistemler için derin öğrenme algoritmalarına dayalı yüz tanıma özelliğine sahip gerçek zamanlı personel takip ve kontrol sistemine ait sonuçlar bu bölümde gösterilmiştir.

Bu bölümde, çalışmada geliştirilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen personel takip ve kontrol sistemine ait sonuçlar Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla toplam 2.418.822, 3.561.542, 879.366 ve 1.120.966 parametre incelemektedir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla %95.27, %94.67, %94.75 ve %94.38 doğruluk elde etmiştir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 için sırasıyla F1-skoru değerleri %95.08, %94.30, %94.57 ve %93.79 şeklindedir. Önerilen ESA modellerinin kestirimci performansları sırasıyla; en yüksek performans %95.27 doğruluk ve %95.08 F1-skoru

değeri ile ESA mimari tasarımı 1 ile elde edilmiştir. En yüksek ikinci performans %94.75 doğruluk ve %94.57 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. En yüksek üçüncü performans %94.67 doğruluk ve %94.30 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 2 ile elde edilmiştir. Bu mimari tasarımlar içerisindeki en düşük performans %94.38 doğruluk ve %93.79 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. ESA mimari tasarımı 1, en iyi performansı gösterdiği için FaceRecog-Net olarak isimlendirilmiştir. Bununla birlikte, doğruluk ve F1-skoru sonuçları, modeller tarafından incelenen toplam parametre sayısı ile birlikte ele alındığında, ESA mimari tasarımı 3'ün de kullanılabilirliği yüksektir.

Tablo 4.2: Yüz tanıma için önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1 (FaceRecog-Net)	**0.9527**	**0.9508**	2.418.822
ESA mimari tasarımı 2	0.9467	0.9430	3.561.542
ESA mimari tasarımı 3	0.9475	0.9457	879.366
ESA mimari tasarımı 4	0.9438	0.9379	1.120.966

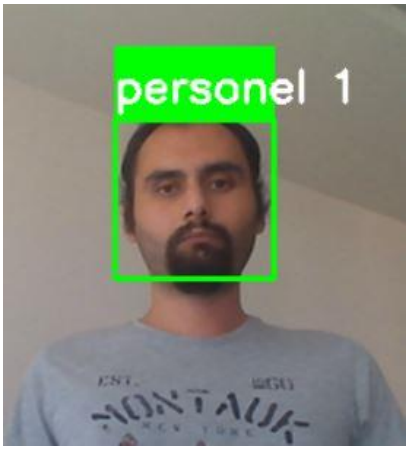
Not: En iyi performansı elde eden modele ait sonuçlar kalın olarak belirtilmiştir.

Genel analizde, iki paralel bloktan oluşan ESA mimari tasarımları (FaceRecog-Net ve ESA mimari tasarımı 3), üç paralel bloktan oluşan ESA mimari tasarımlarından (ESA mimari tasarımı 2 ve ESA mimari tasarımı 4) daha iyi tahmin performansı elde etmiştir. Özellik haritasının birleştirilmesinden sonra konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanlarının kullanılması, incelenen parametre sayısını önemli ölçüde azaltmıştır, ancak doğruluk ve F1-skoru sonuçlarında ciddi bir düşüşe neden olmamıştır. İncelenen parametre sayısındaki azalmanın nedeni, birleştirme katmanından sonra kullanılan 128 filtre sayısına sahip konvolüsyon katmanı ve 2 filtre boyutuna ve adım sayısına sahip maksimum havuzlama katmanıdır.

Oluşturulan yüz tanıma algoritması aşağıdaki gibidir;

OpenCV kütüphanesi, gerçek zamanlı kamera görüntüsünü girdi olarak almak için kullanılmıştır. FaceRecog-Net'e ait ağırlık dosyaları ve haar cascade sınıflandırıcı

algoritması birlikte kullanılmıştır. Etiket bilgileri algoritmanının başında belirtilmiştir. Kamerdan alınan giriş görüntüsü 224x224 piksel olarak yeniden boyutlandırıldı. Yeniden boyutlandırmanın nedeni, ESA mimari tasarımlarında kullanılan giriş görüntülerinin 224x224 piksel olmasıdır. Oluşturulan sınırlayıcı kutuların renkleri yeşil olarak ayarlanırken, etiket bilgileri beyaz olarak ayarlandı. Sonuç olarak, gerçek zamanlı kamera görüntüsünde yüzün hangi personele ait olduğu belirlendi ve elde edilen gerçek zamanlı sonuçlar Şekil 4.7'de gösterildi. Bu aşamada, kamera sürekli olarak görüntü aldığından, personelin ilk tespitinden sonra kamera 10 saniye boyunca zaman aşımına uğratıldı, böylelikle personele ait aynı giriş veya çıkış zamanı bilgileri bir kereden fazla kez veritabanına gönderilmedi. Daha sonra, personelin giriş ve çıkış saatleri ve hangi personelin girip çıktığı ile ilgili bilgiler Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır. Bu aşamada Python programlama dilinde Spyder IDE'sinde Firebase gerçek zamanlı veritabanına verilerin aktarılması için firebase, saat bilgisinin alınması için ise time ve datetime kütüphaneleri kullanılmıştır. Son olarak, personel kontrol ve takip sürecini kolaylaştırmak için Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir.

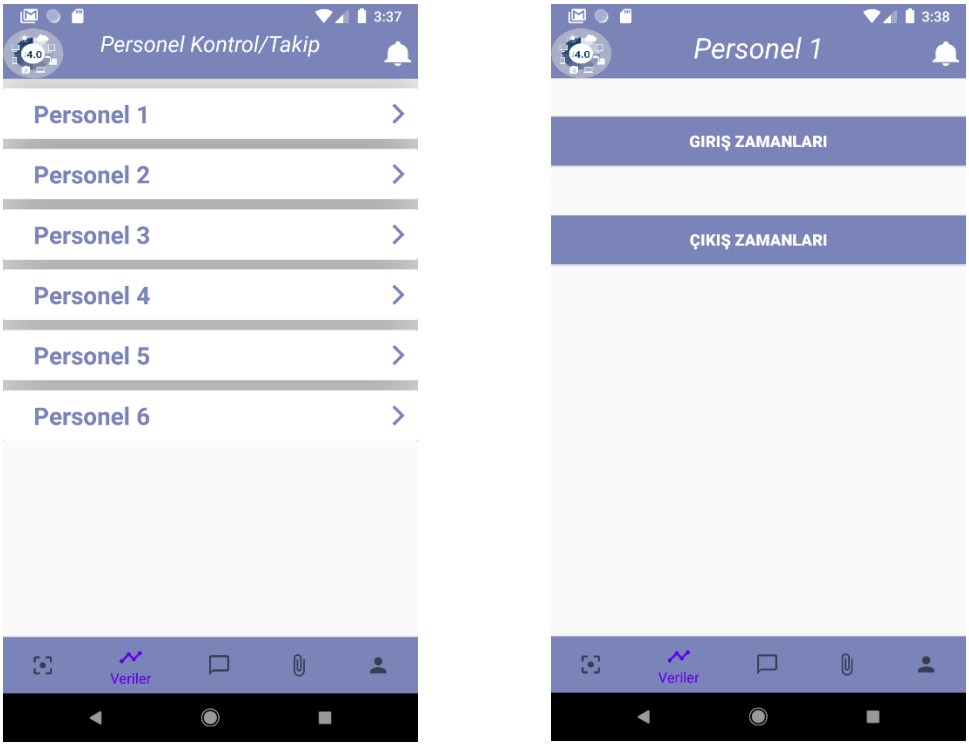


Şekil 4.7: Personel takip ve kontrol sistemine ait gerçek zamanlı sonuç

Android tabanlı uygulamanın algoritması ve arayüz ayrıntıları aşağıdaki gibidir;

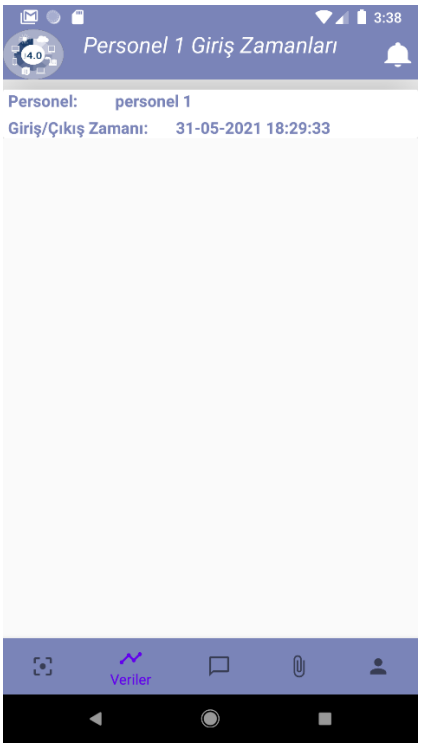
Şekil 4.8 (a)'da gösterildiği gibi her personel için bir CardView oluşturulmuştur. Bu CardView'lar tasarımın farklı telefon boyutlarına uyum göstermesi amacıyla ScrollView yapısı ile birlikte kullanılmıştır. Bu CardView'lara tıklanması ile birlikte Şekil 4.8 (b)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzde giriş zamanları ve çıkış zamanları olmak üzere iki tane buton yer almaktadır. Bu butonlara tıklanması ile

birlikte Şekil 4.8 (c) ve Şekil 4.8 (d)'de gösterilen arayüzlere geçilmektedir. Bu arayüzlerde RecyclerView ve CardView yapısı birlikte kullanılmıştır. Personel bilgisi ve giriş/çıkış zamanı olmak üzere iki adet TextView içeren CardView'lar RecyclerView içerisine gömülmüştür böylelikle veritabanındaki tüm bilgiler sayı sınırı olmaksızın mobil uygulamada gözlemlenebilmektedir. CardView tasarımları farklı bir xml dosyasında adaptör olarak tasarlanmıştır. Son olarak, personel bilgisi ve giriş/çıkış zamanı bilgileri veritabanı sorgu yöntemleri kullanılarak bu Textview'lara aktarılmıştır. Firebase gerçek zamanlı veritabanındaki personel takibe ait 'parent-child' yapısı Şekil 4.8 (e)'de gösterilmiştir.

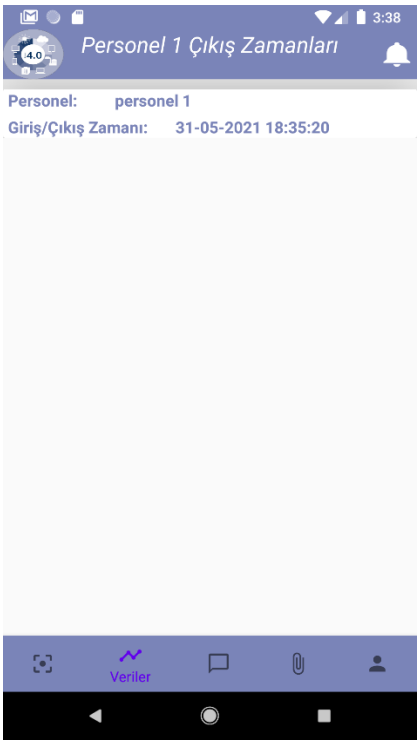


(a) (b)

Şekil 4.8: (a) Altı farklı personelin takip ve kontrolü için geliştirilen arayüz, (b) Personel 1 için giriş ve çıkış zamanı arayüzlerine geçiş ekranı, (c) Personel 1 için giriş zamanı arayüzü, (d) Personel 1 için çıkış zamanı arayüzü, (e) Personel takip ve kontrolüne ait veritabanı tasarımı



(c)



(d)

(e)

Şekil 4.8 (devamı)

4.6 Personelin Yaşı, Cinsiyeti ve Yüz İfadesi Analizi Sonuçları

Akıllı fabrikalarda çalışan personelin yaş ve cinsiyete bağlı olarak da değişen yüz ifadesinin derin öğrenme algoritmalarına dayalı olarak elde edilen sonuçları bu bölümde sunulmuştur.

Bu bölümde, çalışmada geliştirilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen yaş analizi görevine, cinsiyet sınıflandırma görevine ve yüz ifadesi analizi görevine ait sonuçlar sırasıyla Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Yaş analizi görevine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla toplam 1.032.740, 162.500, 1.547.252 ve 190.612 parametre incelemektedir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla %76.64, %77.56, %78.68 ve %75.72 doğruluk elde etmiştir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 için sırasıyla F1-skoru değerleri %64.18, %64.35, %66.89 ve %62.10 şeklindedir. Önerilen ESA modellerinin kestirimci performansları sırasıyla; en yüksek performans %78.68 doğruluk ve %66.89 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. En yüksek ikinci performans %77.56 doğruluk ve %64.35 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 2 ile elde edilmiştir. En yüksek üçüncü performans %76.64 doğruluk ve %64.18 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 ile elde edilmiştir. Bu mimari tasarımlar içerisindeki en düşük performans %75.72 doğruluk ve %62.10 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. Doğruluk oranları ile F1-skoru değerleri arasındaki sonuç farkının olmasının nedeni Şekil 3.24'de gösterildiği üzere sınıf dengesizliğinin bulunması ile açıklanabilir.

Tablo 4.3: Yaş analizi görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1	0.7664	0.6418	1.032.740
ESA mimari tasarımı 2	0.7756	0.6435	162.500
ESA mimari tasarımı 3 (EGA-Net)	**0.7868**	**0.6689**	**1.547.252**
ESA mimari tasarımı 4	0.7572	0.6210	190.612

Not: En iyi performansı elde eden modele ait sonuçlar kalın olarak belirtilmiştir.

Cinsiyet sınıflandırma görevine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla toplam 1.032.482, 162.242, 1.546.994 ve 190.354 parametre incelemektedir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla %84.41, %84.76, %84.51 ve %85.02 doğruluk elde etmiştir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 için sırasıyla F1-skoru değerleri %84.10, %84.36, %84.34 ve %84.85 şeklindedir. Önerilen ESA modellerinin kestirimci performansları sırasıyla; en yüksek performans %85.02 doğruluk ve %84.85 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. En yüksek ikinci performans %84.76 doğruluk ve %84.36 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 2 ile elde edilmiştir. En yüksek üçüncü performans %84.51 doğruluk ve %84.34 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. Bu mimari tasarımlar içerisindeki en düşük performans %84.41 doğruluk ve %84.10 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 ile elde edilmiştir.

Tablo 4.4: Cinsiyet sınıflandırma görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerler

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1	0.8441	0.8410	1.032.482
ESA mimari tasarımı 2	0.8476	0.8436	162.242
ESA mimari tasarımı 3 (EGA-Net)	0.8451	0.8434	1.546.994
ESA mimari tasarımı 4	**0.8502**	**0.8485**	190.354

Not: En iyi performansı elde eden modele ait sonuçlar kalın olarak belirtilmiştir.

Yüz ifadesi analizi görevine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla toplam 1.033.127, 162.887, 1.547.639 ve 190.999 parametre incelemektedir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA

mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 sırasıyla %94.92, %93.91, %99.49 ve %98.07 doğruluk elde etmiştir. ESA mimari tasarımı 1, ESA mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4 için sırasıyla F1-skoru değerleri %93.33, %95.82, %99.68 ve %97.95 şeklindedir. Önerilen ESA modellerinin kestirimci performansları sırasıyla; en yüksek performans %99.49 doğruluk ve %99.68 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. En yüksek ikinci performans %98.07 doğruluk ve %97.95 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. En yüksek üçüncü performans %94.92 doğruluk ve %93.33 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 ile elde edilmiştir. Bu mimari tasarımlar içerisindeki en düşük performans %93.91 doğruluk ve %95.82 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 2 ile elde edilmiştir.

Tablo 4.5: Yüz ifadesi analizi görevinde önerilen ESA mimari tasarımları ile elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1	0.9492	0.9333	1.033.127
ESA mimari tasarımı 2	0.9391	0.9582	162.887
ESA mimari tasarımı 3 (EGA-Net)	**0.9949**	**0.9968**	1.547.639
ESA mimari tasarımı 4	0.9807	0.9795	190.999

Not: En iyi performansı elde eden modele ait sonuçlar kalın olarak belirtilmiştir.

Genel analizde, üç paralel bloktan oluşan ESA mimari tasarımları (ESA mimari tasarımı 3 ve ESA mimari tasarımı 4), iki paralel bloktan oluşan ESA mimari tasarımlarından (ESA mimari tasarımı 1 ve ESA mimari tasarımı 2) daha iyi kestirimci performans elde etmiştir. Ayrıca cinsiyet sınıflandırma, yaş ve yüz ifadesi analizi olmak üzere üç farklı görevin ikisinde en iyi performansı elde eden ESA mimari tasarımı 3, EGA-Net olarak isimlendirilmiştir. Özellik haritasının birleştirilmesinden sonra konvolüsyon, toplu normalleştirme ve maksimum havuzlama katmanlarının kullanılması, incelenen parametre sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Bununla birlikte, cinsiyet sınıflandırma görevinde kestirimci performans iki ve üç paralel bloklu modellerde artmıştır, yaş analizi görevinde iki paralel bloklu modelde kestirimci performans artarken üç paralel bloklu modelde kestirimci performans azalmıştır, yüz ifadesi analizi görevinde kestirimci performans iki ve üç paralel bloklu modellerde

azalmıştır. Fakat bu azalma modelin eğitim süresi göz önünde bulundurulduğunda ciddi oranda bir azalma değildir. Sonuç olarak, incelenen parametre sayısındaki azalmayı sağlayan, birleştirme katmanından sonra kullanılan 32 filtre sayısına sahip konvolüsyon katmanı ve 2 filtre boyutuna ve adım sayısına sahip maksimum havuzlama katmanının bulunduğu modellerinde kullanılabilirliği yüksektir.

Oluşturulan yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi sınıflandırma algoritması aşağıdaki gibidir;

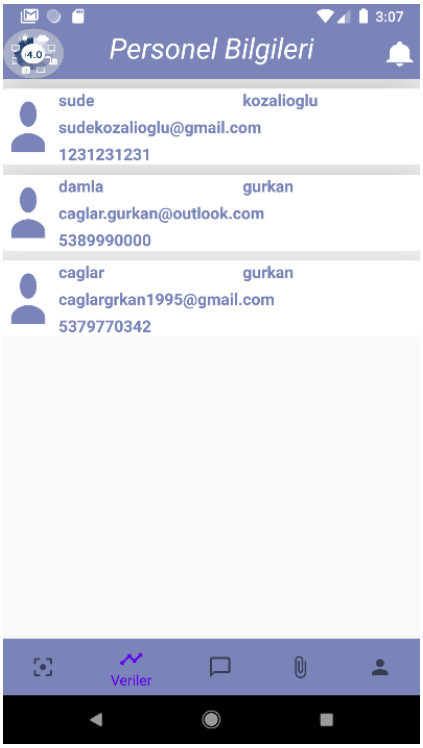
Yaş sınıflandırma görevinde en iyi performansı elde eden EGA-Net, cinsiyet sınıflandırma görevinde en iyi performansı elde eden ESA mimari tasarımı 4 ve yüz ifadesi sınıflandırma görevinde en iyi performansı elde eden EGA-Net'e ait ağırlık dosyaları gerçek zamanlı analiz aşamasında kullanılmıştır. Etiket bilgileri algoritmada belirtilmiştir. OpenCV kütüphanesi, gerçek zamanlı kamera görüntüsünü girdi olarak almak için kullanılmıştır. Kamerdan alınan giriş görüntüsü 200x200 piksel olarak yeniden boyutlandırıldı. Yeniden boyutlandırmanın nedeni, ESA mimari tasarımlarında kullanılan giriş görüntülerinin 200x200 piksel olmasıdır. Yüzün tanınması için ise MTCNN algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan sınırlayıcı kutuların renkleri kırmızı olarak ayarlanırken, etiket bilgileri yeşil olarak ayarlanmıştır. Sonuç olarak, gerçek zamanlı kamera görüntüsünde yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi analizi yapılmış ve elde edilen gerçek zamanlı sonuçlar Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Şekil 4.9: Gerçek zamanlı yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi analizi

4.7 Android Tabanlı Mobil Uygulama Sonuçları

Geliştirilen Android tabanlı mobil uygulamanın personel bilgilerini sunan, şirket içi mesajlaşmayı ve şirkete ait belgelerin takibi ve kontrolünü sağlayan bölümlerinde elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

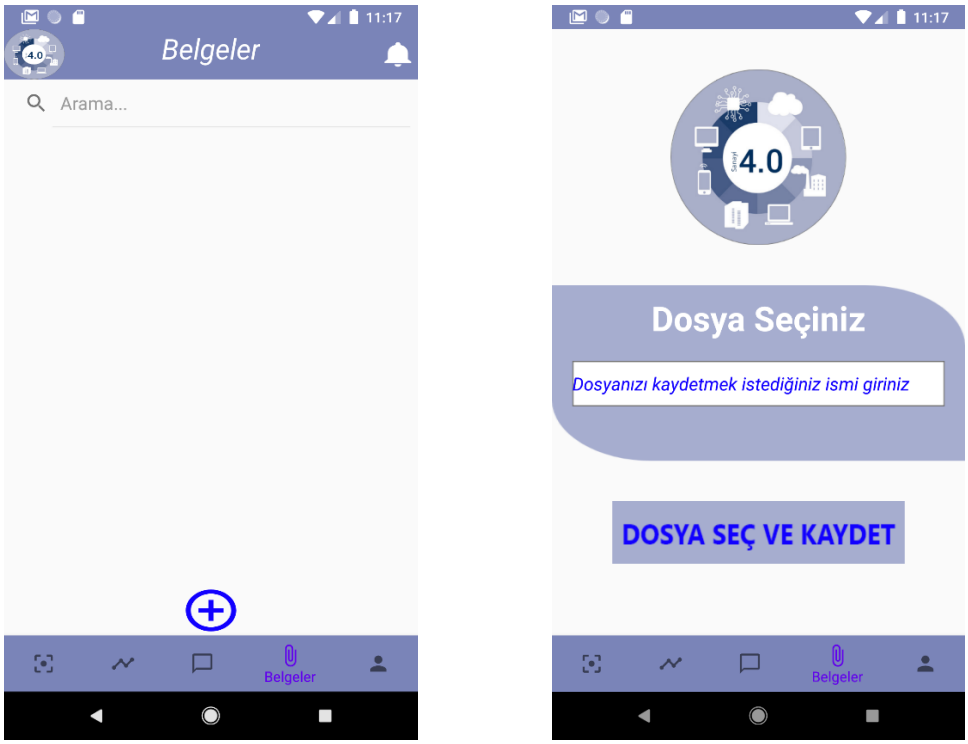
Şekil 4.3 (a)'da gösterilen personel bilgileri CardView'una tıklanması ile Şekil 4.10'da gösterilen aşamaya geçilmektedir. Bu arayüzde RecyclerView ve CardView yapısı birlikte kullanılmıştır. Ad, soyad, mail ve telefon numarası olmak üzere dört adet TextView içeren CardView'lar RecyclerView içerisine gömülmüştür böylelikle veritabanına kayıtlı tüm personele ait bilgiler sayı sınırı olmaksızın mobil uygulamada gözlemlenebilmektedir. CardView tasarımları farklı bir xml dosyasında adaptör olarak tasarlanmıştır. Son olarak ad, soyad, mail ve telefon numarası bilgileri veritabanı sorgu yöntemleri kullanılarak bu Textview'lara aktarılmıştır.



Şekil 4.10: Kayıtlı personel bilgilerini sunan arayüz

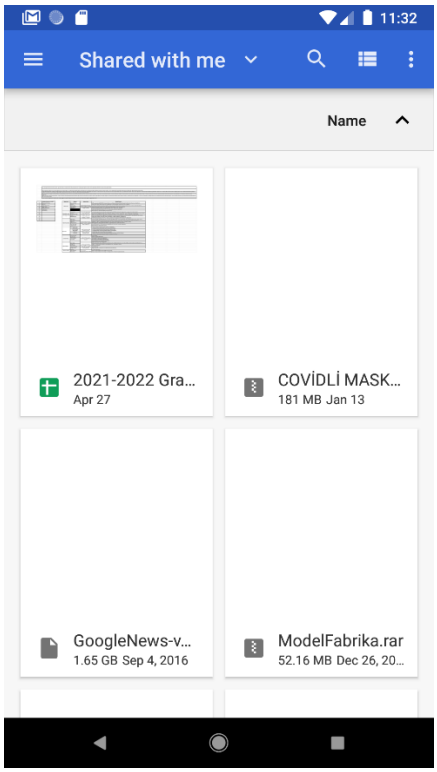
Geliştirilen mobil uygulama belgelerin takibine ve kontrolüne de olanak sunmaktadır. Bu aşamada yüklenen belgelerin gözlemlendiği arayüz Şekil 4.11 (a)'da gösterilmiştir. Belge eklenmesi için bu arayüzde yer alan 'artı' butonuna tıklanması ile birlikte Şekil 4.11 (b)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzün tasarımı Adobe XD

aracılığıyla yapılmış olup, ‘dosyasınızı kaydetmek istediğiniz ismi giriniz’ ipucu ile verilen bir adet EditText, ‘dosya seç ve kaydet’ şeklinde de bir butondan oluşmaktadır. Bu butona tıklanması ile Şekil 4.11 (c)’de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüz telefonun kendi hafızası ve drive yapısındaki dokümanları içermektedir. Bu arayüzden bir dosya seçilmesi ile birlikte Şekil 4.11 (d)’de gösterildiği gibi yükleme aşamasına geçilmektedir. Yükleme işlemi akabinde, Şekil 4.11 (g)’de gösterildiği gibi yükleme yapan kullanıcı için ‘kullanıcı tarafından yüklenen dosyalar’ isimli bir ‘child’ oluşturulmaktadır. Ek olarak Şekil 4.11 (h)’de gösterildiği gibi de ilgili dosya Firebase depolama bölümüne eklenmektedir. Böylelikle dosya daha sonra indirilebilmektedir. Bu süreçten sonra Şekil 4.11 (e)’de gösterildiği gibi, dosyalar ListView yapısı kullanılarak arayüze eklenmektedir. Ayrıca bu dosyalar Şekil 4.11 (f)’de gösterildiği gibi SearchView kullanılarak aratılabilmektedir.

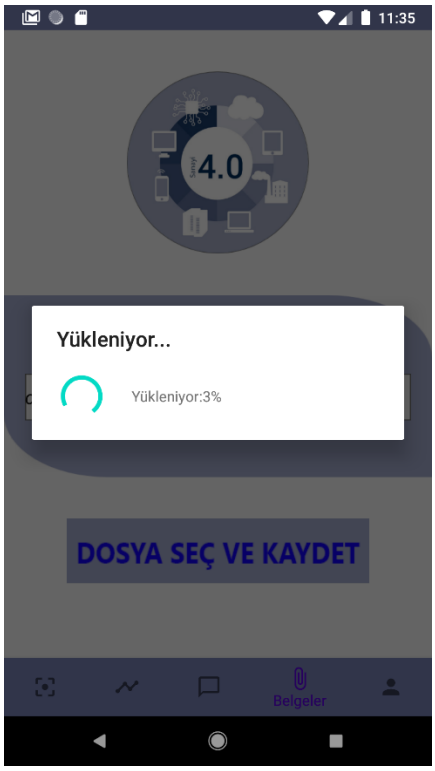


(a) (b)

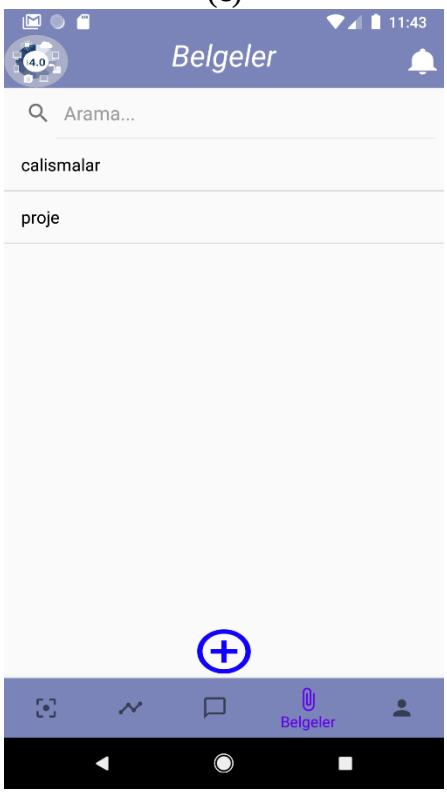
Şekil 4.11: (a) Belge kontrol için geliştirilen arayüz, (b) Belge yükleme ekranı, (c) Belge seçme ekranı, (d) Belge yükleme aşaması, (e) Belge yüklendikten sonraki arayüz, (f) Belge arama, (g) Belge yüklemeye ait veritabanı tasarım, (h) Belgelerin yüklendiği Firebase depolama bölümü



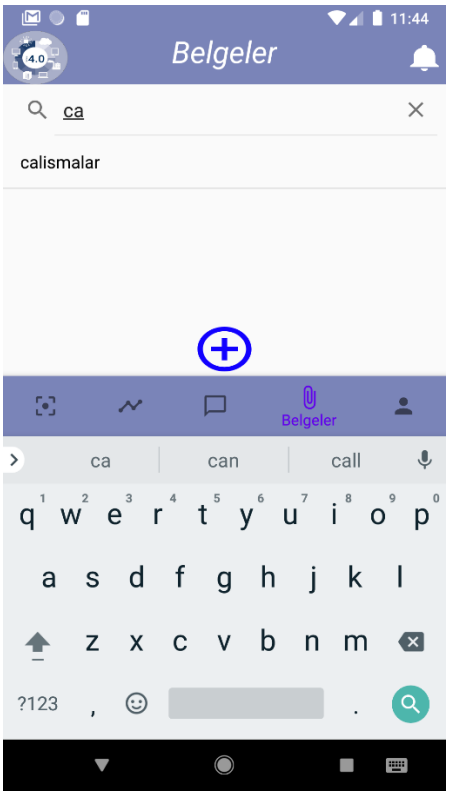
(c)



(d)



(e)



(f)

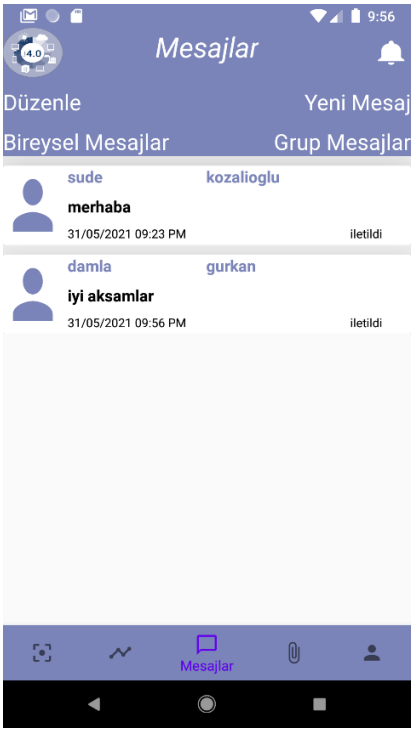
Şekil 4.11 (devamı)

(g)

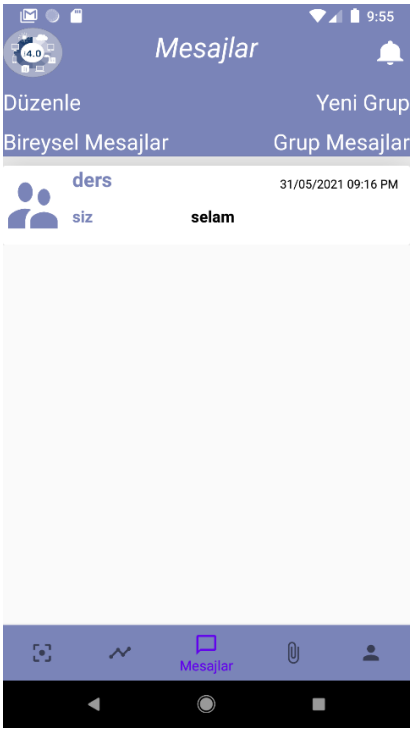
(h)

Şekil 4.11 (devamı)

Bireysel ve grup mesajlaşmaya ait arayüz tasarımları Şekil 4.12 (a) ve Şekil 4.12 (b)'de gösterilmiştir. Bu arayüzlerde bireysel ve grup mesajlar için iki farklı 'layout' kullanılmıştır. 'Layout' değişimi bireysel mesajlar ve grup mesajlar olmak üzere iki buton ile kontrol edilmektedir. Bireysel mesajlar arayüzünde yeni mesaj şeklinde buton bulunurken, grup mesajlar arayüzünde yeni grup şeklinde buton yer almaktadır. Bireysel ve grup mesaj geçmişleri bu arayüzler ile takip edilmektedir.



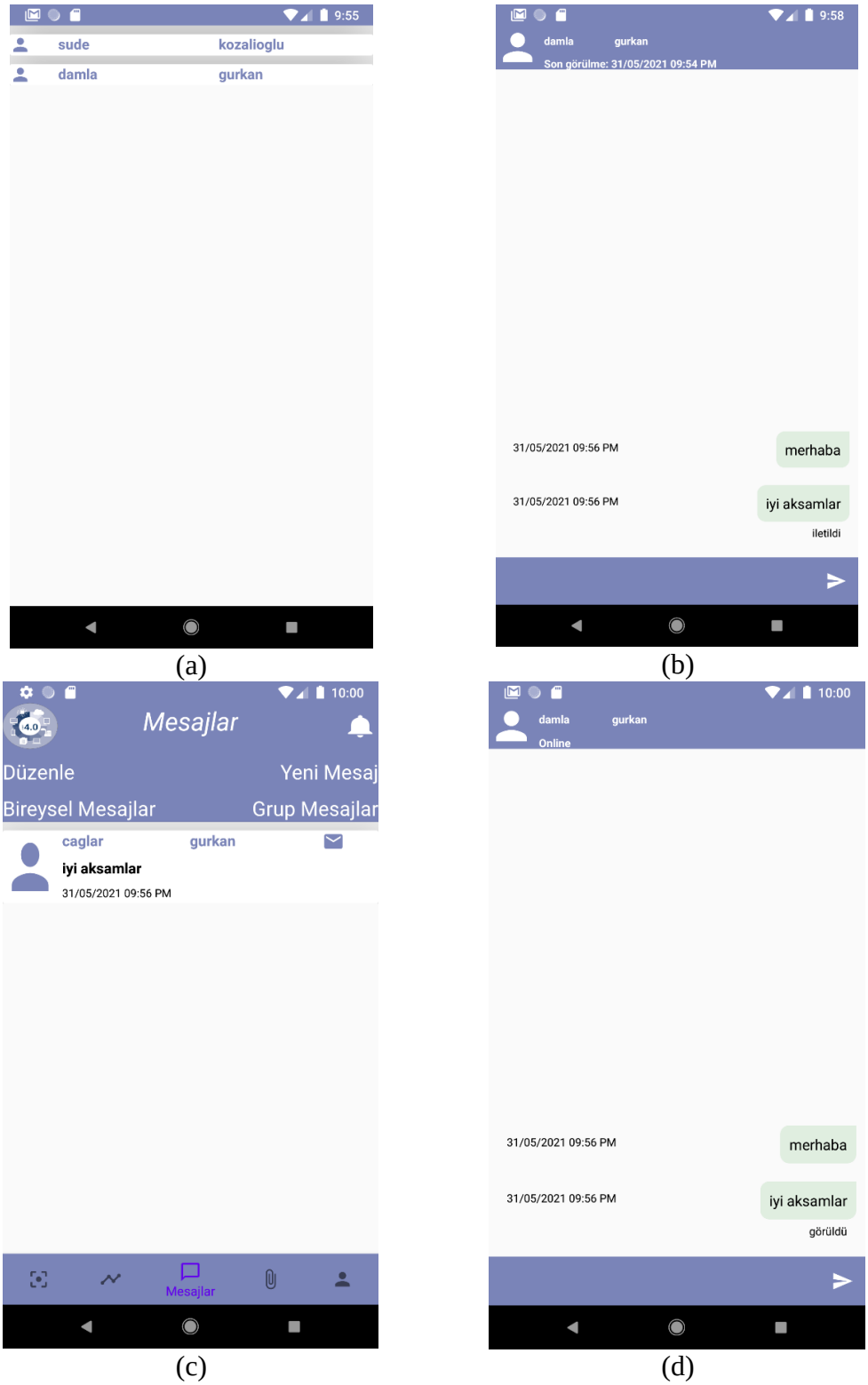
(a)



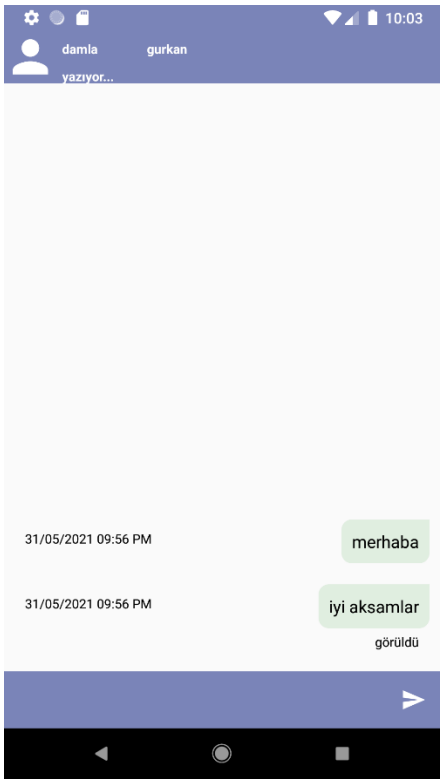
(b)

Şekil 4.12: (a) Bireysel mesajların yer aldığı arayüz tasarımı, (b) Grup mesajların yer aldığı arayüz tasarımı

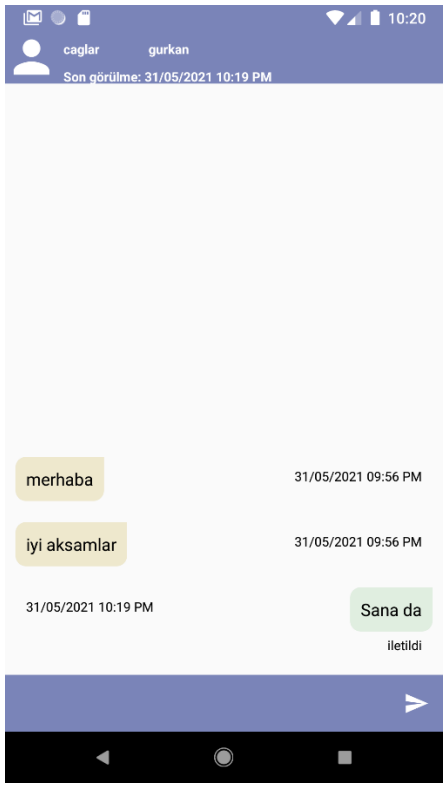
Yeni mesaj butonuna tıklanması ile birlikte Şekil 4.13 (a)'da gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzde CardView tasarımı içerisinde kayıtlı kullanıcılara ait ad ve soyad bilgileri yer almaktadır. İlgili kişi bilgisi CardView'una tıklanması ile birlikte Şekil 4.13 (b)'de gösterilen mesajlaşma arayüzüne geçilmektedir. Bu arayüzde mesaj yazılan kişinin son görülme tarihi, CardView tasarımı içerisinde gönderilen mesaj ve iletildi/görüldü bilgileri yer almaktadır. Mesaj gönderildiğinde ise mesaj gönderilen kişinin hesabındaki mesaj sayfası Şekil 4.13 (c)'de gösterilmiştir. Bu arayüzde mesajı gönderen kişinin bilgileri, mesajın gönderilme zamanı, mesaj içeriği ve okunmamış ise ilgili sembol yer almaktadır. Mesaj gönderilen kişi tarafından okunduğunda ise, mesajı gönderen kişinin mesaj sayfası arayüz tasarımı Şekil 4.13 (d)'de gösterilmiştir. Mesaj okunduğu için mesaj bilgisi görüldü olarak değişirken, karşı taraf aktif olduğu için de son görülme tarihi yerine online bilgisi eklenmiştir. Ayrıca karşı taraf mesaj yazarken ise Şekil 4.13 (e)'de gösterildiği gibi online bilgisi yerine yazıyor bilgisi eklenmiştir. Karşılıklı gönderilen mesajlara ilişkin görsel Şekil 4.13 (f)'de gösterilmiştir. Birden fazla kişi ile olan bireysel mesajlaşma durumuna ilişkin arayüz durumu Şekil 4.13 (g)'de gösterilmiştir. Şekil 4.13 (h)'de AlertView yapısı ile kontrol edilen mesaj silme durumları gösterilmiştir. Şekil 4.13 (i)'de merhaba mesajının benden sil kullanılması ile oluşan durumu gösterilmiştir. Şekil 4.13 (j)'de ise bir sonraki mesaj için herkesten sil kullanılarak elde edilen sonuç gösterilmiştir. Online, yazıyor ve son görülme tarihlerine ilişkin veritabanı yönetim durumu Şekil 4.13 (k)'de gösterilmiştir. Bireysel mesajlaşmaya ait veritabanı 'parent-child' yapısı Şekil 4.13 (l)'de gösterilmiştir.



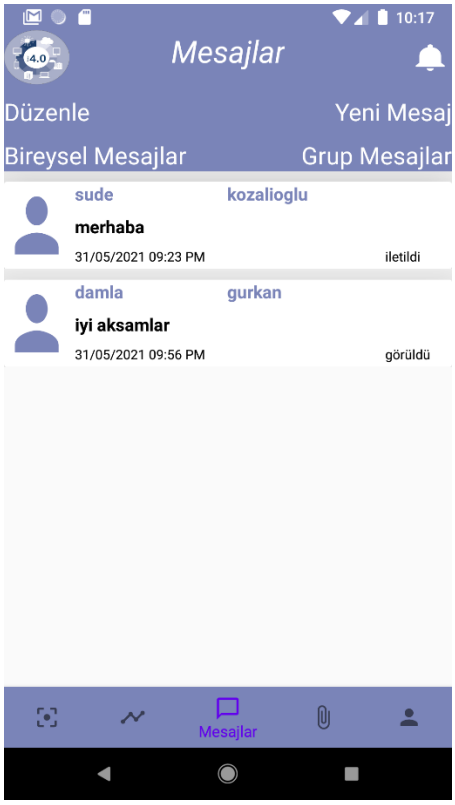
Şekil 4.13: (a) Yeni mesajlaşma başlatma ekranı, (b) Mesaj gönderim ekranı, (c) Mesaj bildirimi ana ekranı, (d) Online olma durum bildirimi, (e) Yazma durum bildirimi ve görüldü ikonu, (f) Son görülme durum bildirimi ve karşılıklı mesajlaşma, (g) Birden fazla sohbetin yer aldığı mesaj bildirimi ana ekranı, (h) Mesaj silme ekranı, (i) Mesajı benden sil durumu, (j) Mesajı herkesten sil durumu, (k) Yaz durumu kontrolüne ait veritabanı tasarımı, (l) Bireysel mesajlaşmaya ait veritabanı tasarımı



(e)



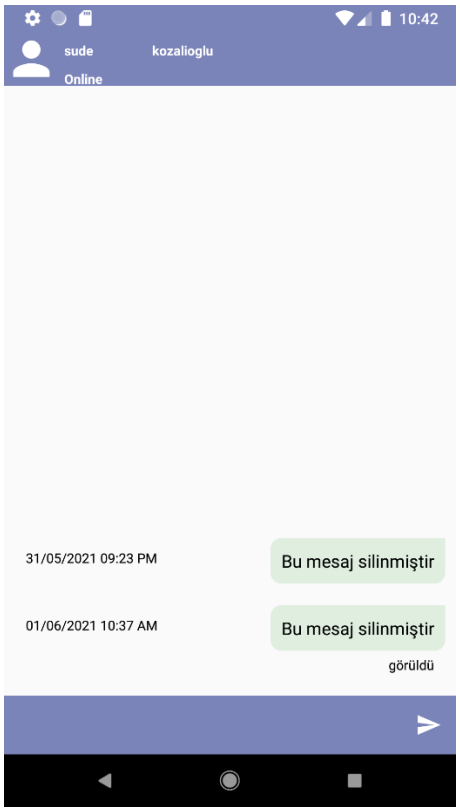
(f)



(g)

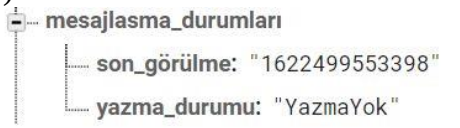
(h)

Şekil 4.13 (devamı)



(i)

(j)



(k)

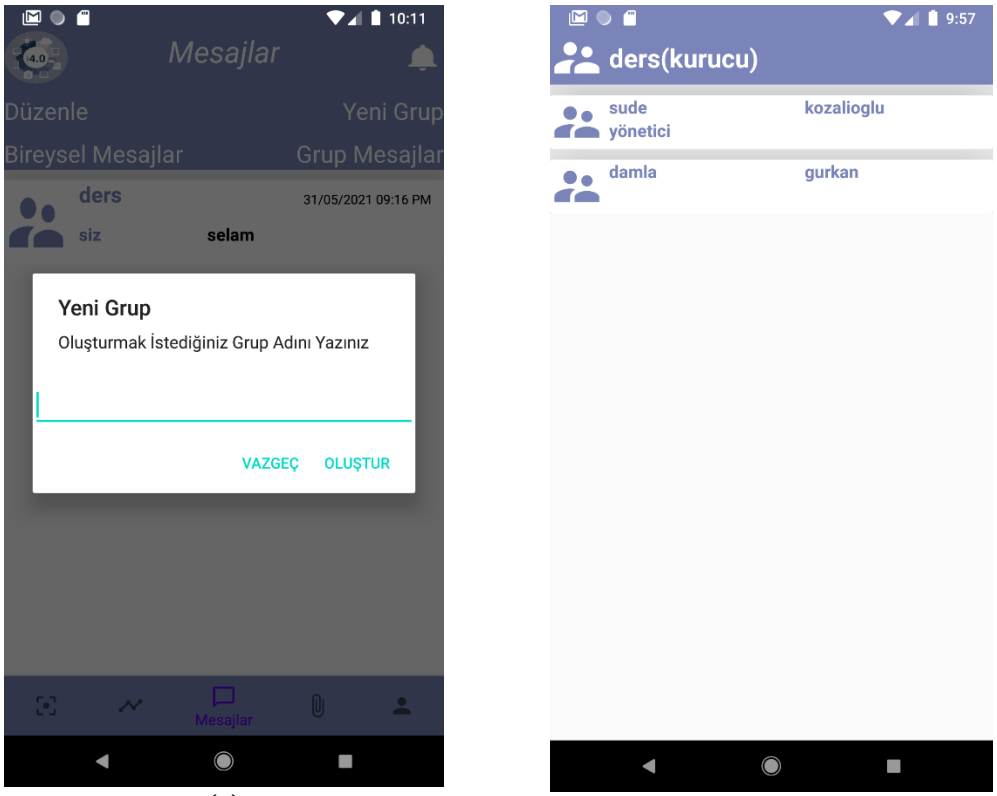
Şekil 4.13 (devamı)

(l)

Şekil 4.13 (devamı)

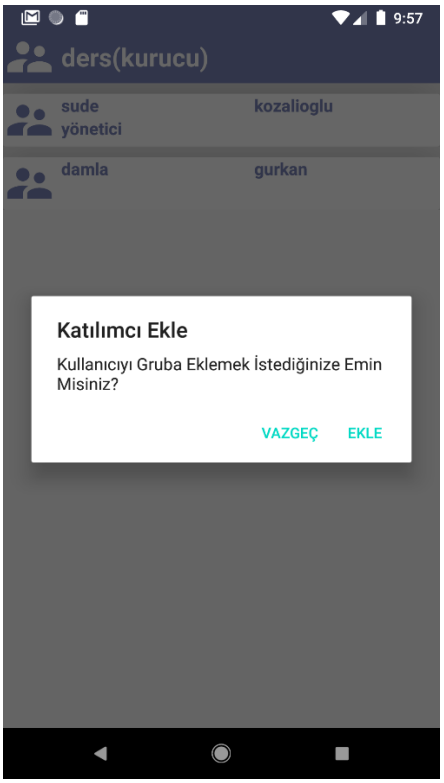
Yeni grup oluştur butonuna tıklanması ile birlikte Şekil 4.14 (a)'da gösterilen AlertView yapısı oluşturulmaktadır. Grup oluşturulduktan sonra yeni kullanıcı eklemek için Şekil 4.14 (h)'deki kişi ekleme butonuna tıklaması ile birlikte Şekil 4.14 (b)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu aşamada veritabanına kayıtlı tüm kullanıcılar listelenmektedir. Eğer grupta herhangi bir yetkisi bulunmayan kişi üzerine tıklanırsa Şekil 4.14 (c)'de gösterilen AlertView yapısı oluşturulmaktadır. Eğer grup üyesi olan kişi üzerine tıklanırsa Şekil 4.14 (e)'de gösterilen AlertView yapısı oluşturulmaktadır. Eğer grup yöneticisi olan kişi üzerine tıklanırsa Şekil 4.14 (f)'de gösterilen AlertView yapısı oluşturulmaktadır. Son olarak ise grup kurucusu olan kişi üzerinde herhangi bir görev değişikliği yapılmasına izin verilmektedir. Grup mesajlaşmasına ve yazma durumuna ait görseller Şekil 4.14 (h), Şekil 4.14 (i), Şekil

4.14 (j) ve Şekil 4.14 (k)'da gösterilmiştir. Şekil 4.14 (l)'de AlertView yapısı ile kontrol edilen mesaj silme durumu gösterilmiştir. Şekil 4.14 (m)'de mesajın silinmesinden sonraki durum gösterilmiştir. Grup mesajlaşmaya ait veritabanı 'parent-child' yapısı Şekil 4.14 (n)'de gösterilmiştir.

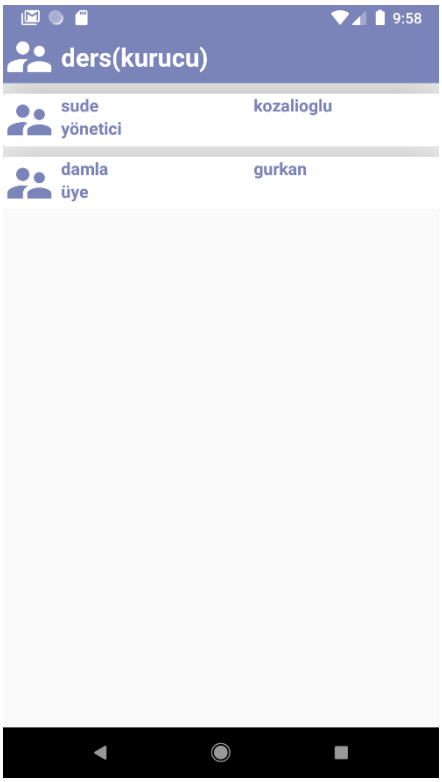


(a) (b)

Şekil 4.14: (a) Yeni grup oluşturma ekranı, (b) Gruba katılımcı ekleme ekranı, (c) Gruba katılımcı ekleme onay ekranı, (d) Gruba katılımcılar eklendikten sonraki grup rolleri, (e) Grup üyesinin rolünü değiştirme ekranı, (f) Grup yöneticisinin rolünü değiştirme ekranı, (g) Grup kurucusuna ait bilgi ekranı, (h) Mesaj gönderim ekranı, (i) Mesaj bildirimi ana ekranı, (j) Yazma durum bildirimi, (k) Karşılıklı mesajlaşma durumunda mesaj ekranı tasarımı, (l) Gönderilen mesajı silme ekranı, (m) Gönderilen mesaj silindikten sonra mesaj ekranı tasarımı, (n) Grup mesajlaşmaya ait veritabanı tasarımı



(c)

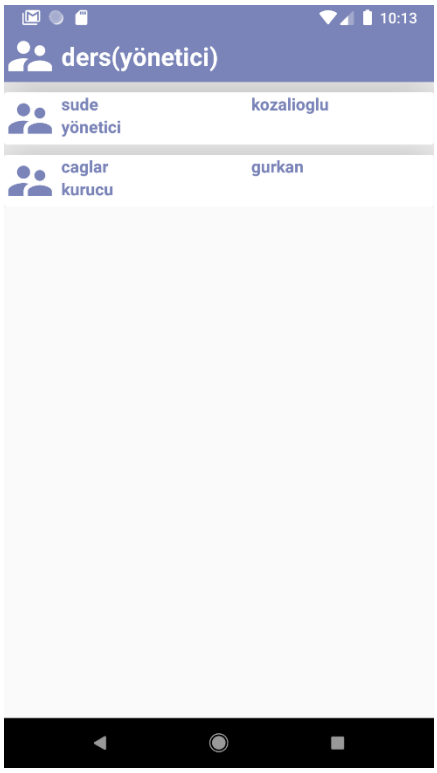


(d)

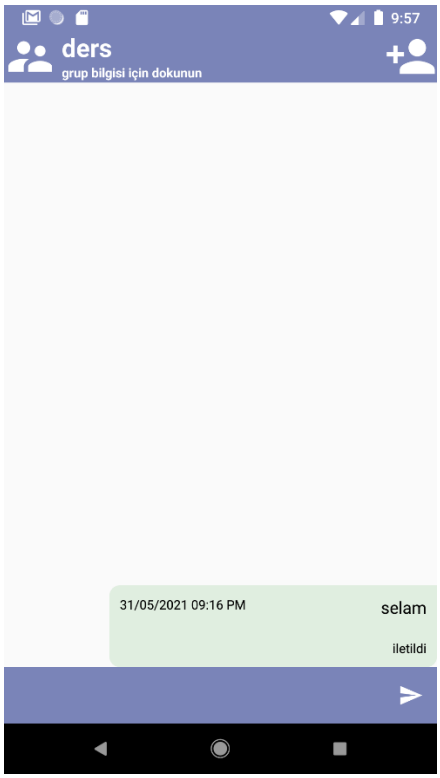
(e)

(f)

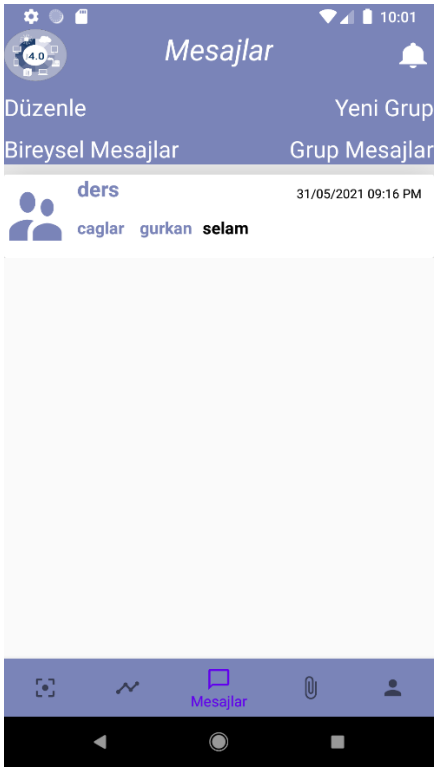
Şekil 4.14 (devamı)



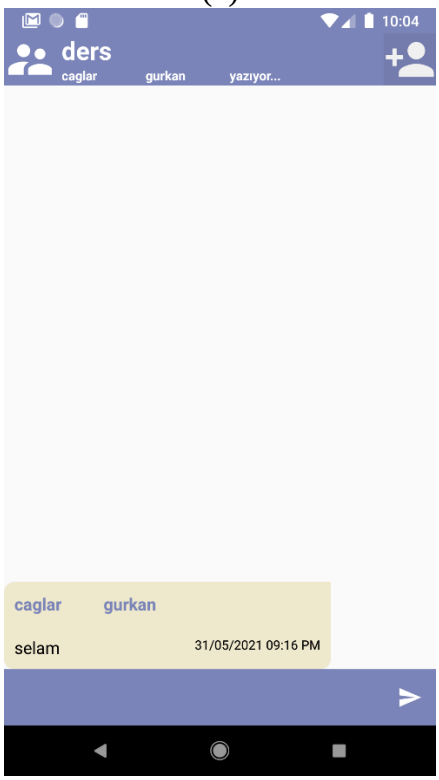
(g)



(h)

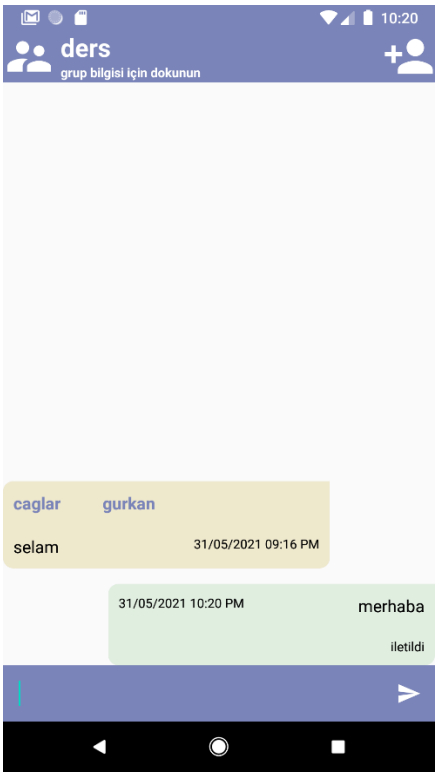


(i)

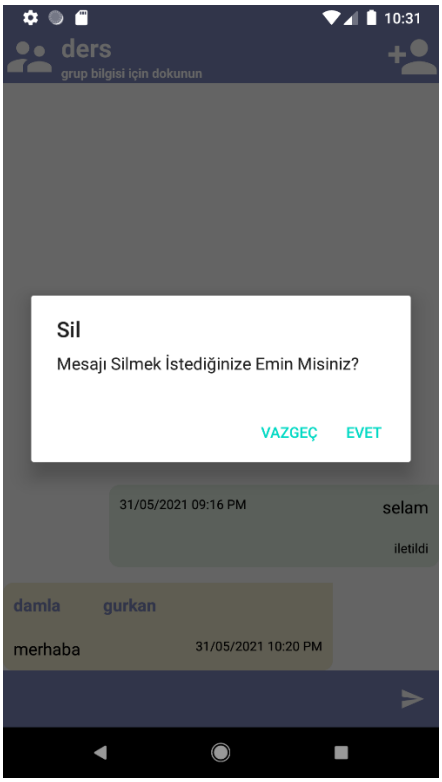


(j)

Şekil 4.14 (devamı)



(k)



(l)

(m)

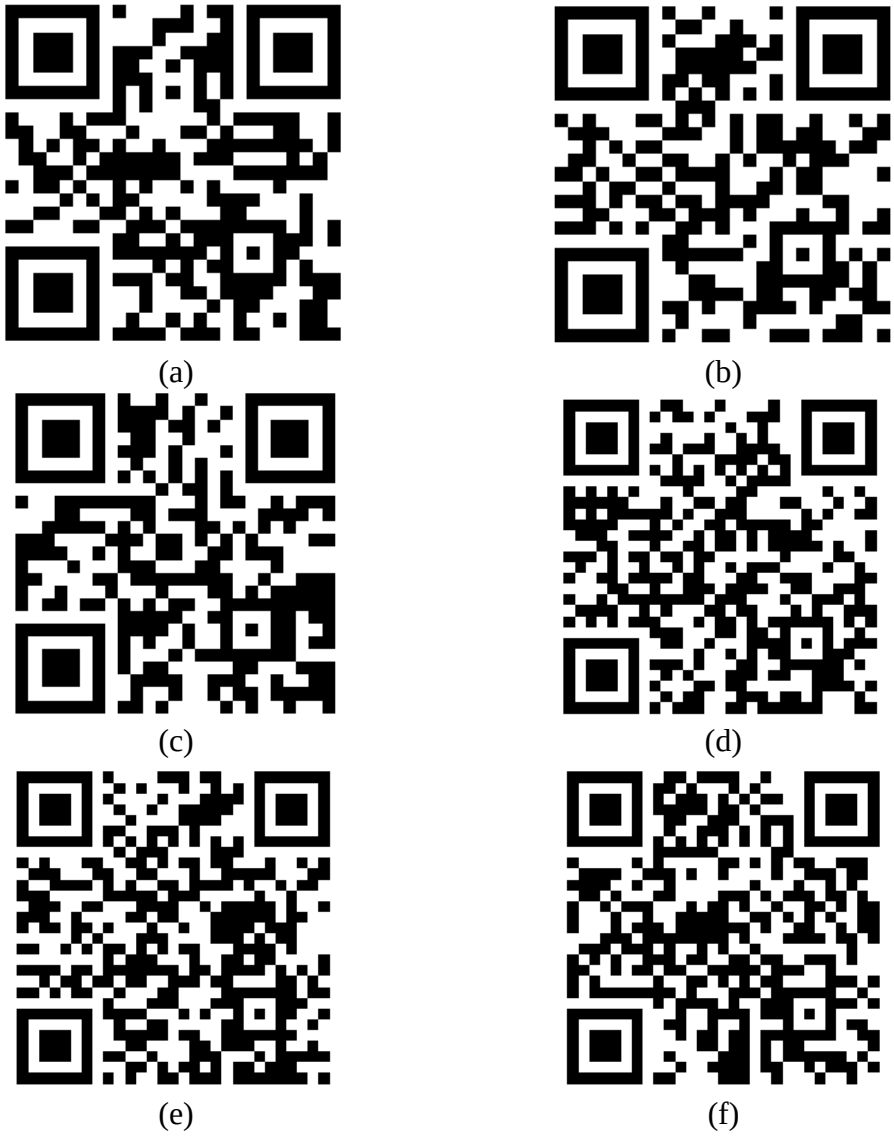
(n)

Şekil 4.14 (devamı)

4.8 Envanter Takip Sistemi Sonuçları

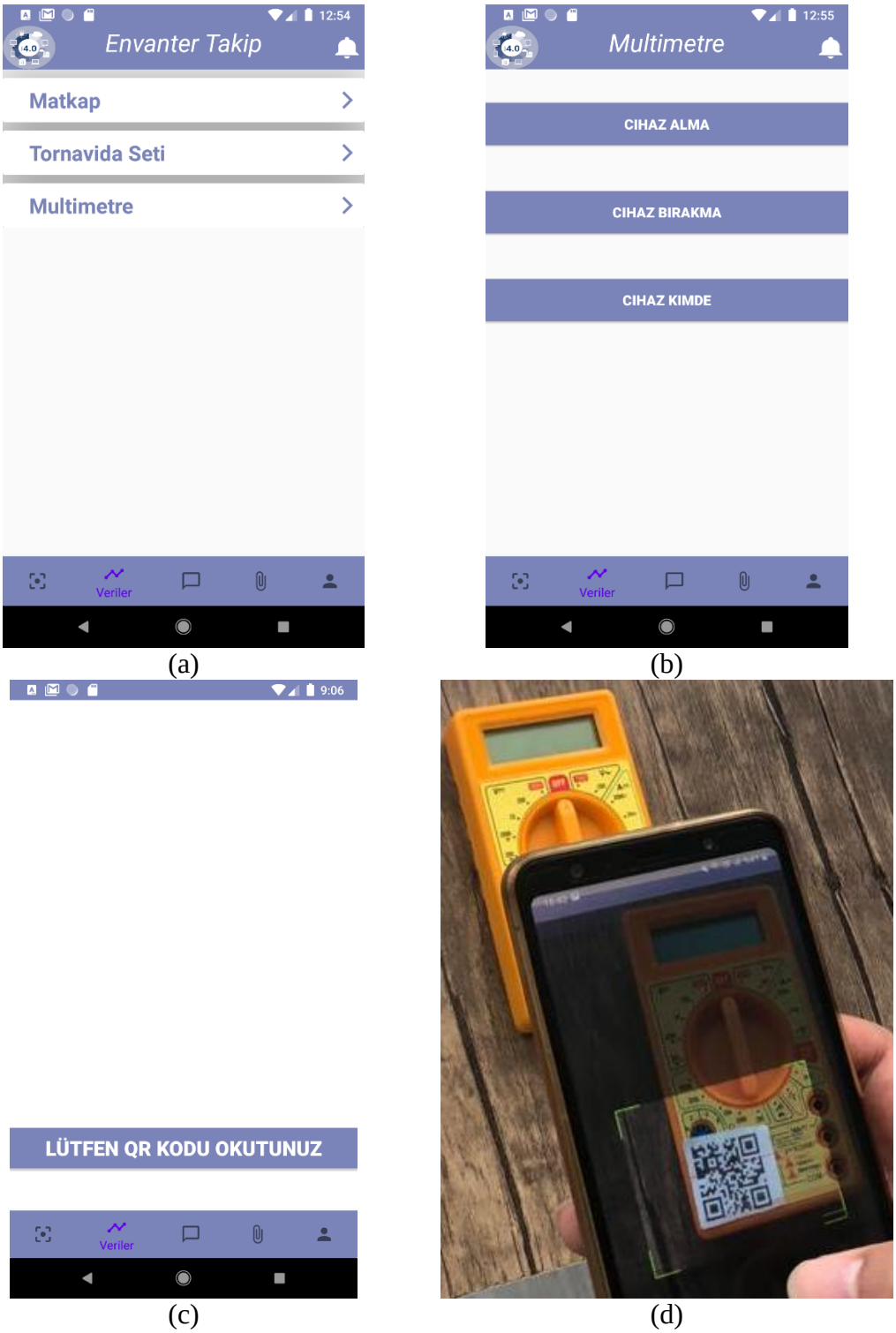
Akıllı fabrikalardaki envanterin takibi için geliştirilen QR kod teknolojisi ile desteklenen Android tabanlı sisteme ait sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

Python programlama dilinde Spyder IDE'sinde matkap, multimetre ve tornavida seti için bırakma ve alma olmak üzere iki farklı yapı ile oluşturulan QR kodlar Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



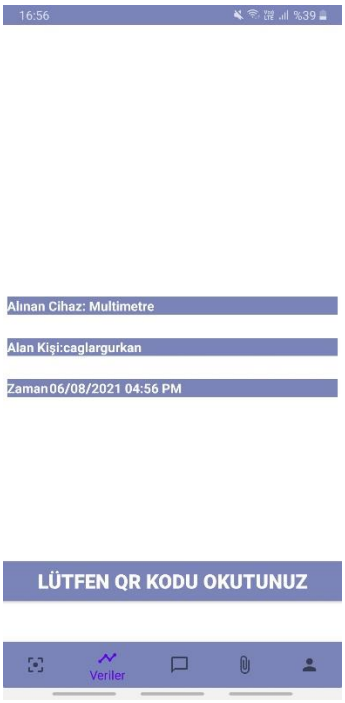
Şekil 4.15: (a) Matkap alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (b) Matkap bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı, (c) Multimetre alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (d) Multimetre bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı, (e) Tornavida seti alma için kullanılan QR kodun tasarımı, (f) Tornavida seti bırakma için kullanılan QR kodun tasarımı

Şekil 4.3 (b)'de gösterilen envanter takip CardView'una tıklanması ile Şekil 4.16 (a)'da gösterilen arayüzü geçilmektedir. Bu arayüzde matkap, tornavida seti ve multimetre için birer tane CardView yapısı oluşturulmuştur. Multimetre için oluşturulan CardView'a tıklanması ile birlikte Şekil 4.16 (b)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Benzer arayüz matkap ve tornavida seti için de oluşturulmuştur. Şekil 4.16 (b)'de gösterilen arayüzde cihaz alma, cihaz bırakma ve cihaz kimde şeklinde üç adet buton yer almaktadır. Cihaz alma ve cihaz bırakma butonlarına tıklanması ile birlikte Şekil 4.16 (c)'de gösterilen arayüze geçilmektedir. Bu arayüzde 'lütfen qr kodu okutunuz' şeklinde bir buton yer almaktadır. Bu butona tıklanması ile birlikte Şekil 4.16 (d) ve (e)'de gösterildiği gibi qr kodun okutulması basağamına geçilmektedir. QR kodun okutulması sonucunda cihaz alma için elde edilen sonuçlar Şekil 4.16 (f)'de gösterilirken cihaz bırakma için elde edilen sonuçlar Şekil 4.16 (g)'de gösterilmiştir. Şekil 4.16 (f) ve (g)'de gösterilen sonuçlar için beş adet TextView kullanılmıştır. Bunlar, 'alınan cihaz: veya bırakılan cihaz:', 'alan kişi:', alan kişinin ad ve soyadı bilgisi'' ve 'alınma ve bırakılma zaman bilgisi' şeklindedir. Şekil 4.16 (b)'de gösterilen arayüzdeki cihaz kimde butonuna tıklanması ile birlikte Şekil 4.16 (h) ve (i)'de gösterilen arayüzlere geçilmektedir. Şekil 4.16 (h)'deki arayüzde cihazı alan kişinin ad, soyad bilgisine ek olarak cihazı alma zamanı gösterilirken, Şekil 4.16 (i)'deki arayüzde ise cihazı alan herhangi bir kişi bulunmuyorsa 'Cihazı alan kişi bulunmamaktadır. Envanteri kontrol ediniz' şeklinde bir uyarı yazısı gösterilmektedir. Şekil 4.16 (h) ve (i)'deki arayüzlerde 'ad ve soyad' veya 'cihazı alan kişi bulunmamaktadır' ve 'cihazın alınma zamanı' veya 'envanteri kontrol ediniz' gibi bilgileri içeren iki adet TextView içeren CardView tasarımı yer almaktadır. Son olarak ise veritabanına ait 'parent-child' yapısı Şekil 4.16 (j)'de gösterilmiştir.



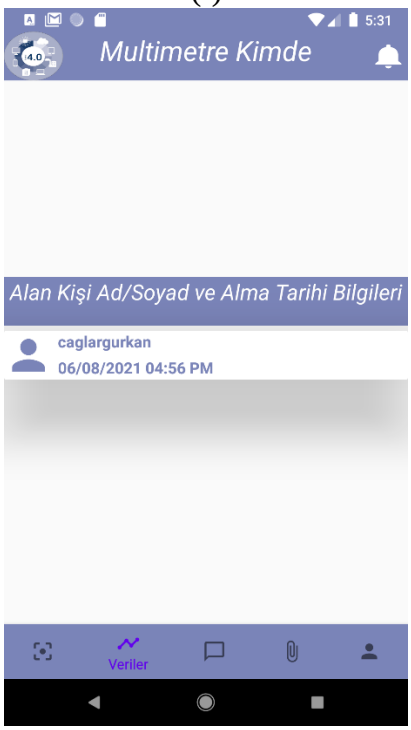
Şekil 4.16: (a) Envanter takip sistemine ait arayüz, (b) Multimetre takip sistemi için oluşturulan arayüz, (c) QR kodun okutulması için tasarlanan arayüz, (d) ve (e) QR kodun okutulması işlemi, (f) Cihaz alma için tasarlanan arayüz, (g) Cihaz bırakma için tasarlanan arayüz, (h) Cihaz herhangi bir personeldeyken elde edilen sonuçlar ve arayüz tasarımı, (i) Cihaz herhangi bir personelde değilken elde edilen sonuçlar ve arayüz tasarımı, (j) Envanter takip sistemine ait veritabanı 'parent-child' yapısı

(e)



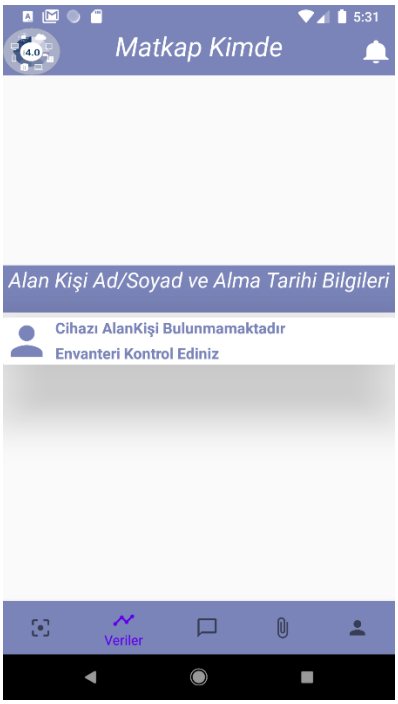
(f)

(g)

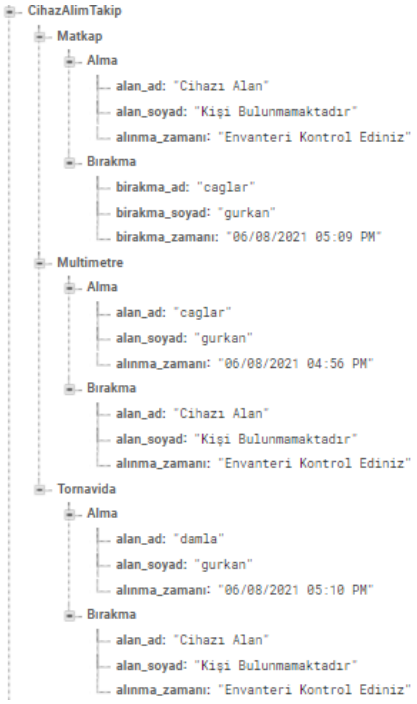


(h)

Şekil 4.16 (devamı)



(i)



(j)

Şekil 4.16 (devamı)

Bölüm 5

Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Bu bölüm sonuç ve gelecek çalışmalar olmak üzere iki alt başlık ile sistematize edilmiştir.

5.1 Sonuç

Çalışmaya ait son bilgiler, elde edilen sonuçlar ve yorumlara ek olarak öneriler bu bölümde sunulmuştur.

Çalışmada, mermerin kurutulması aşamasında sıcaklık ve nem verilerinini elde edilmesi için DHT11 sensörü ve Firebase gerçek zamanlı veritabanı kullanılarak Android tabanlı IoT uygulaması çalışmaya dahil edilmiştir. Sanayideki bakım ve onarım süreçlerine katkıda bulunulması ve gerekli görevlilerin bilgilendirilmesi için SolidWorkds, SketchUp, panoromik görüntüleme yapabilen kamera ve Firebase depolama kullanılarak Android tabanlı AR ve VR teknolojileri ile bu çalışmaya katkıda bulunulmuştur. Mermerin kalite kontrolü ve sınıflandırılması, personel kontrol ve takibi, personel durum (yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi) analizi için bilgisayarlı görü, stok ve ürün takibi için QR kod teknolojisi kullanılmıştır. Ek olarak tüm bu verilerin takibinine ek olarak şirket içi haberleşmeyi sağlayan Android tabanlı mobil uygulama geliştirilmiştir. Mermerin kalite kontrolü ve sınıflandırılması, personel kontrol ve takibi, personel durum (yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi) analizi için dörder adet olmak üzere toplam on iki adet yeni ESA mimari tasarımı önerilmiştir. Mermerin kalite kontrolü ve sınıflandırılması görevinde en yüksek performans %95.45 doğruluk ve %95.48 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 yani SMARfacTory-Net ile elde edilmiştir. Ek olarak mermerin sınıflandırılması ve kalite kontrolü QR kod teknolojisi ve GUI ile desteklenmiştir. Kalite kontrol ve sınıflandırma sonuçları Firebase gerçek

zamanlı veritabanı ile desteklenen Android tabanlı mobil uygulamanın arayüzünde de gözlemlenebilmektedir. Yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip görevinde en yüksek performans %95.27 doğruluk ve %95.08 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 1 yani FaceRecog-Net ile elde edilmiştir. Elde edilen giriş ve çıkış zamanı bilgileri Firebase gerçek zamanlı veritabanı ile desteklenen Android tabanlı mobil uygulamadan takip edilebilmektedir. Yaş analizi görevinde en yüksek performans %78.68 doğruluk ve %66.89 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. Cinsiyet sınıflandırma görevinde en yüksek performans %85.02 doğruluk ve %84.85 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 4 ile elde edilmiştir. Yüz ifadesi analizi görevinde en yüksek performans %99.49 doğruluk ve %99.68 F1-skoru değeri ile ESA mimari tasarımı 3 ile elde edilmiştir. En iyi performansı elde eden ESA mimari tasarımı 3, EGA-Net olarak isimlendirilmiştir. Yaş, cinsiyet ve yüz ifadesi gerçek zamanlı olarak analiz edilebilmektedir.

Sonuç olarak, IoT, RFID, siber-fiziksel sistemler, otonom robotlar, AR ve VR, simülasyon, sistem entegrasyonu, büyük veri, yapay zeka, bulut bilişim, mobil ve web hizmetleri gibi birçok farklı teknolojiyi içerisinde barındıran akıllı fabrikalar ve dijital dönüşüm için çalışmada bu teknolojik bileşenlerinin birçoğunu içeren tümleşik bir sistem oluşturulmuştur. Böylelikle özellikle mermer fabrikaları odaklı olarak sanayideki dijital dönüşüme katkı sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda oluşturulan ve Android tabanlı mobil uygulama ile desteklenen tümleşik sistem tasarımı aşağıdaki maddeler ile özetlenen katkıları sunmaktadır.

1) Geliştirilen Android tabanlı mobil uygulamaya kayıtlanma basamakları Firebase doğrulama kullanılarak yüksek güvenirlilik ile sağlanmıştır.

2) Geliştirilen Android tabanlı AR ve VR uygulaması ile bakım onarım süreçlerinin hızlandırılmasına katkıda bulunulmuştur.

3) Akıllı mermer fabrikalarında, mermerin kurutulması sürecindeki sıcaklık ve nem bilgisi önemli olduğu için bu çalışmada bu sensör bilgilerinin kontrol ve takibi sağlanmıştır.

4) Firmada çalışan ve uygulamaya kayıtlanan personele ait ad, soyad, telefon numarası ve mail bilgisi Android tabanlı mobil uygulamadan gözlemlenebilmektedir.

5) Personelin giriş ve çıkışının kontrolü sağlık koşullarına uygun, hızlı ve güvenilir bir şekilde sağlanmıştır. Giriş ve çıkış bilgileri Android tabanlı mobil uygulamadan takip edilebilmektedir.

6) Firmalar için özellikle işe alım süreçlerinde daha da önemli olan çalışan personelin yaşı, cinsiyeti ve yüz ifadesi ESA mimari tasarımlarının kullanımı ile analiz edilmiştir.

7) Mermerin türüne göre değişen fiyat bilgisi için önemli olan sınıflama işlemi ESA mimari tasarımlarının kullanımı ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda oluşturulan QR kod ile mermerin sınıf bilgisine ek olarak fiyat ve stok bilgileri de Android tabanlı QR kod teknolojisi ile takip edilebilmektedir.

8) QR kod teknolojisi kullanılmaksızın da mermerin işlemden çıkma zamanı ve sınıf bilgisi de Android tabanlı uygulamada arayüz aracılığıyla kontrol edilebilmektedir.

9) Android tabanlı QR kod teknolojisi ile desteklenen envanter takip sistemi uçtan uca yapı ile oluşturulmuştur.

10) Şirket içi mesajlaşmayı ve belge kontrolünü sağlayan özellikler Android uygulamasında yer almaktadır.

11) Firebase doğrulama, gerçek zamanlı veritabanı ve depolama ile ilgili özellikler kullanılmıştır. Bu özelliklere ilişkin artı ve eksi yönler belirtilmiştir.

12) Çalışmaya dahil edilen yapılar tek tümleşik bir sistem mimarisi ile oluşturulmuştur.

Yukarıda on bir madde ile açıklanan katkılara ek olarak oluşturulan sistem mimarisi; planlı üretimi mümkün kılmak, yüksek kalitede üretime katkı sağlamak, seri üretim süreçlerini hızlandırmak, üretimde yaşanan kayıpları minimuma indirmek, maliyet avantajı sağlamak, karlılığı artırmak, ulusal pazardaki rekabet şansını artırmak, uluslararası pazara açılma imkanını sağlamak, zamandan kazanç sağlamak, depolama ve nakliyeyi kolaylaştırmak, stoktaki ürünü takip etmek ve stoktaki ürünleri azaltmak, kaynakların kullanımını doğru şekilde optimize etmek, çalışanların iş akışı kontrol etmek, çalışanların görev, yetki ve sorumluluklarını belirlemek, çalışanların memnuniyetini en üst seviyede tutmak ve yöneticilere kolay takip imkanı sunmak gibi avantajları da sağlamaktadır.

Diğer bilimsel araştırmacılar için yapılan öneriler ise aşağıdaki maddeler ile özetlenmiştir.

1) Mermerin kalite kontrolü, personel takip ve kontrol sisteminin sonuçları, personelin yaşı, cinsiyeti ve yüz ifadesi analizi için kullanılan verisetlerinin boyutu artırılabilir.

2) Mermerin kalite kontrolü, personel takip ve kontrol sisteminin sonuçları, personelin yaşı, cinsiyeti ve yüz ifadesi analizi için geliştirilen ESA mimari tasarımlarının hiperparametreleri değiştirilerek sonuçlar elde edilebilir. Buna ek olarak ESA mimari tasarımlarının katman yapılarında değişiklikler yapılarak yeni mimari tasarımlar oluşturularak da sonuçlar elde edilebilir

3) Android tabanlı IoT uygulamasında kullanılan DHT11 sensörü yerine DHT22 sensörü veya sıcaklık ve nem bilgisi için iki farklı sensör tasarımı kullanılabilir.

4) Java programlama dilinde Android Studio IDE'sini kullanmak yerine cross-platform yazılım oluşturulabilir. Böylelikle geliştirilen uygulam hem Android hem iOS hem de web tabanlı olarak çalışabilir.

5) Mesajlaşma uygulamasında çeşitli şifreleme yöntemleri veya blokzincir teknolojisi kullanılabilir. Böylelikle güvenliği daha yüksek bir mesajlaşma uygulaması oluşturulabilir.

5.2 Gelecek Çalışmalar

Gelecekte yapılacak Ar-Ge çalışmalarına ait bilgiler ve hedeflenen çıktılar bu bölümde sunulmuştur.

1) Çalışmada geliştirilen mesajlaşma uygulamasının blokzincir teknolojisi ile desteklenerek şifrelenmesi amaçlanmaktadır.

2) Geliştirilen mesajlaşma uygulamasının sesli mesaj gönderim özelliği ile desteklenmesi hedeflenmektedir.

3) Mermerin kalite kontrol ve sınıflandırılması aşamasında Şekil 5.1'de olduğu gibi tasarlanan ve gerçekleme aşamasında olan konveyör bant kullanılacaktır.

4) IoT için sensör sayısı ve konum sayısı artırılacaktır.

5) Bakım ve onarım sürecine katkı sağlamak için tasarlanan AR ve VR modellerin sayısı artırılacaktır.

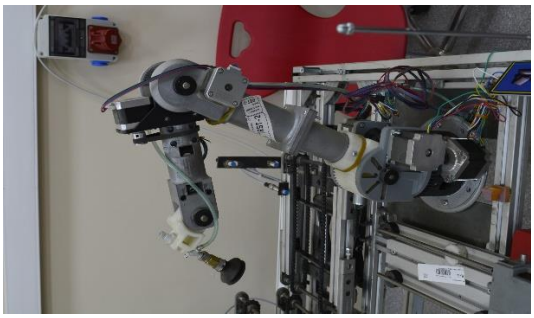
6) QR kod ile takibi sağlanan envanterlerin sayısı artırılıcaktır.

7) Android tabanlı olarak geliştirilen uygulamanın iOS ve web versiyonu da geliştirilecektir.

8) Firmalardaki iş sağlığı ve güvenliği önlemlerine yönelik olarak baret tanıma, iş makinesi tanıma ve güvenli bölge oluşturma gibi çalışmalar derin öğrenme yöntemlerine dayalı olarak geliştirilecektir.

9) Tüm sistem bileşenlerinin saha test çalışmaları yürütülecektir.

Şekil 5.1: Mermerin kalite kontrol ve sınıflandırılmasında kullanılacak sensörler ile desteklenen konveyör bant tasarımı



Şekil 5.1 (devamı)

Kaynaklar

[1] Pamuk NS, Soysal M. Yeni sanayi devrimi üzerine bir inceleme. Veriml Derg. 2018;(1):41–66.

[2] Qin J, Liu Y, Grosvenor R. A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. In: Procedia CIRP. 2016. 173–178.

[3] Çelik K, Güleryüz S, Özköse H. 4. Endüstri devrimine kuramsal bakış. Avrasya Sos ve Ekon Araştırmaları Derg. 2018;5(9):86–95.

[4] Özsoylu AF. Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Fakültesi Derg. 2017 Jun 29;21(1):41–64.

[5] Witkowski K. Internet of things, big data, industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. In: Procedia Engineering. 2017. 763–769.

[6] Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration. Elsevier B.V.; 2017. 1–10.

[7] Bahrin MAK, Othman MF, Azli NHN, Talib MF. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi* 2016; 78: 137–143.

[8] Brettel M, Friederichsen N, Keller M, Rosenberg M. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. FormaMente. 2017; 17.

[9] Toker K. Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Derg. 2018;29(84).

[10] Stock T, Seliger G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. In: Procedia CIRP. 2016. 536–41.

[11] Jameel F, Javaid U, Khan WU, Aman MN, Pervaiz H, Jäntti R. Reinforcement learning in blockchain-enabled IIoT networks: A survey of recent advances and open challenges. Vol. 12, Sustainability (Switzerland). 2020.

[12] Oesterreich TD, Teuteberg F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. Vol. 83, Computers in Industry. Elsevier B.V.; 2016. p. 121–39.

[13] Sener S, Elevli B. Endüstri 4.0'da Yeni iş kolları ve yüksek öğrenim. Mühendis Beyinler Derg. 2017;1(2).

[14] Yıldız A. Industry 4.0 and smart factories. Sak Univ J Sci. 2018.

[15] Wan J, Cai H, Zhou K. Industrie 4.0: Enabling technologies. In: Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things, ICIT 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2015. 135–40.

[16] Wang S, Wan J, Zhang D, Li D, Zhang C. Towards smart factory for industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. Comput Networks. 2016;101:158–68.

[17] Benkamoun N, ElMaraghy W, Huyet AL, Kouiss K. Architecture framework for manufacturing system design. In: Procedia CIRP. 2014. 88–93.

[18] Radziwon A, Bilberg A, Bogers M, Madsen ES. The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. In: Procedia Engineering. 2014. 1184–1190.

[19] Lin T, Yang C, Gu M, Li B, Xiao Y, Shi G, et al. Application technology of cloud manufacturing for aerospace complex products. Computer Integr Manuf Syst CIMS. 2016;22(4):884–98.

[20] Wan J, Tang S, Hua Q, Li D, Liu C, Lloret J. Context-aware cloud robotics for material handling in cognitive industrial internet of things. IEEE Internet Things J. 2018;5(4):2272–81.

[21] Wan J, Tang S, Yan H, Li D, Wang S, Vasilakos AV. Cloud robotics: Current status and open issues. IEEE Access. 2016;4:2797–2807.

[22] Lyu Y, Zhang J. Big-data-based technical framework of smart factory. Computer Integr Manuf Syst CIMS. 2016;22(11):2691–2697.

[23] Hanefi Calp M, Bahçekapılı E, Berigel M. Endüstri 4.0 kapsamında akıllı fabrikaların incelenmesi. IMISC; 2019 Jan.

[24] Zhang D, Wan J, Hsu CH, Rayes A. Industrial technologies and applications for the internet of things. Computer Networks. 1–4.

[25] Shu Z, Wan J, Zhang D, Li D. Cloud-integrated cyber-physical systems for complex industrial applications. Mob Networks Appl. 2016;21(5):865–878.

[26] Soliman F, Youssef MA. Internet-based e-commerce and its impact on manufacturing and business operations. Ind Manag Data Syst. 2003;103(8–9):546–552.

[27] Wang S, Wan J, Li D, Zhang C. Implementing smart factory of industrie 4.0: An outlook. Int J Distrib Sens Networks. 2016.

[28] Shiue YR, Lee KC, Su CT. Real-time scheduling for a smart factory using a reinforcement learning approach. Comput Ind Eng. 2018;125:604–614.

[29] Hermann M, Pentek T, Otto B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. 2016. 3928–3937.

[30] Zuehlke D. SmartFactory-Towards a factory-of-things. In: Annual Reviews in Control. 2010. 129–138.

[31] Haller S, Karnouskos S, Schroth C. The Internet of things in an enterprise context. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2009. 14–28.

[32] Vikhorev K, Greenough R, Brown N. An advanced energy management framework to promote energy awareness. J Clean Prod. 2013;43:103–112.

[33] Shrouf F, Ordieres J, Miragliotta G. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 2014. 697–701.

[34] Alçın S. Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. J Life Econ. 2016;3(2):19–30.

[35] Kobara K. Cyber physical security for industrial control systems and IoT. IEICE Trans Inf Syst. 2016;E99D(4):787–795.

[36] Oztemel E, Gursev S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. Journal of Intelligent Manufacturing. 2020. 127–182.

[37] Salento A. Digitalisation and the regulation of work: theoretical issues and normative challenges. AI Soc. 2018;33(3):369–378.

[38] Landherr M, Schneider U, Bauernhansl T. The application center industrie 4.0 - industry-driven manufacturing, research and development. In: Procedia CIRP. 2016. 26–31.

[39] Gündüz ZM, Daş R. Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Derg. 2018;24(2):327–335.

[40] Gökrem L, Bozuklu M. Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. Gaziosmanpaşa J Sci Res. 2016;13(October 2018):47–68.

[41] Thames L, Schaefer D. Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0. In: Procedia CIRP. 2016. 12–17.

[42] Aşkın A, Nehir S, Vural SÖ. Tarihsel süreçte girişimcilik kavramı ve gelişimi. Girişimcilik ve Kalkınma Derg. 2011;6(2).

[43] Mian SH, Salah B, Ameen W, Moiduddin K, Alkhalefah H. Adapting universities for sustainability education in industry 4.0: Channel of challenges and opportunities. Sustain. 2020;12(15).

[44] [Internet]. [cited 2021 Jun 15]. Available from: http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/3.pdf.

[45] Damiani L, Demartini M, Guizzi G, Revetria R, Tonelli F. Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era. In 2018. 624–630.

[46] Segura Á, Diez H V., Barandiaran I, Arbelaiz A, Álvarez H, Simões B, et al. Visual computing technologies to support the Operator 4.0. Comput Ind Eng. 2020;139.

[47] Park T, Zhang M, Lee Y. When mixed reality meets internet of things. GetMobile Mob Comput Commun. 2018;22(1):10–14.

[48] Terroso-Saenz F, González-Vidal A, Ramallo-González AP, Skarmeta AF. An open IoT platform for the management and analysis of energy data. Futur Gener Comput Syst. 2019;92:1066–1079.

[49] Rashed A, Ibrahim A, Adel A, Mourad B, Hatem A, Magdy M, et al. Integrated IoT medical platform for remote healthcare and assisted living. In: 2017 Proceedings of the Japan-Africa Conference on Electronics, Communications, and Computers, JAC-ECC 2017. 2018. 160–163.

[50] Taştan M. Nesnelerin interneti tabanlı akıllı sulama ve uzaktan izleme sistemi. Eur J Sci Technol. 2019;229–336.

[51] Canayaz M, Uludağ F. Marble classification using deep neural networks. Eur J Tech. 2020;52–63.

[52] Şişeci Çİ. Deep learning in marble slabs classification. Sci J Mehmet Akif Ersoy Univ. 2019 Jan 30;2(1):21–26.

[53] Mamak U, Konyar MZ, Solak S, Uçar MH. Gerçek zamanlı yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemi tasarımı. Eur J Sci Technol. 2020;497–504.

[54] Selvi KS, Chitrakala P, Jenitha AA. Face recognition based attendance marking system. International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2014.

[55] Aksoy B. Yüz tanıma sistemlerinde doğruluk performanslarının değerlendirilmesi. Mühendislik Bilim ve Tasarım Derg. 2019;7(4):835–842.

[56] Banerjee S, Das S. LR-GAN for degraded face recognition. Pattern Recognit Lett. 2018;116:246–253.

[57] Levi G, Hassncer T. Age and gender classification using convolutional neural networks. In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. 2015. 34–42.

[58] Abdolrashidi A, Minaei M, Azimi E, Minaee S. Age and Gender Prediction From Face Images Using Attentional Convolutional Network. arXiv preprint arXiv:2010.03791. 2020.

[59] Özbulak G, Aytar Y, Ekenel HK. How transferable are CNN-based features for age and gender classification? In: Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings - Series of the Gesellschaft fur Informatik (GI). 2016.

[60] Söylemez ÖF, Ergen B. Farklı evrişimsel sinir ağı mimarilerinin yüz ifade analizi alanındaki başarımlarının incelenmesi. DÜMF Mühendislik Derg. 2020;11(1):123–133.

[61] Pitaloka DA, Wulandari A, Basaruddin T, Liliana DY. Enhancing CNN with preprocessing stage in automatic emotion recognition. In: Procedia Computer Science. 2017. 523–529.

[62] NodeMcu DHT11 & MQTT « osoyoo.com [Internet]. [cited 2021 Jun 15]. Available from: https://osoyoo.com/2018/01/17/nodemcu-dht11-mqtt/

[63] McCulloch WS, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull Math Biophys. 1943;5(4):115–133.

[64] Widrow B, Hoff ME. Adaptive switching circuits. In: Wescon Conference Record. 1989. 709–717.

[65] Rosenblatt F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychol Rev. 1958;65(6):386–408.

[66] Hinton GE, Osindero S, Teh YW. A fast learning algorithm for deep belief nets. Neural Comput. 2006;18(7):1527–1554.

[67] İnik Ö, Ülker E. Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri. Gaziosmanpaşa Bilim Araştırma Derg. 2017;6(3).

[68] Yolcu ÖG. Yüz analizine dayalı derin öğrenme tabanlı bir ilgi tespit sisteminin gerçekleştirilmesi. Sakarya Üniversitesi; 2019.

[69] Srinivas S, Sarvadevabhatla RK, Mopuri KR, Prabhu N, Kruthiventi SSS, Babu RV. A taxonomy of deep convolutional neural nets for computer vision. Front Robot AI. 2016;2(JAN).

[70] Parthy K. Convolutional neural networks for visual recognition. Stanford Univ Course. 2018;30.

[71] Klambauer G, Unterthiner T, Mayr A, Hochreiter S. Self-normalizing neural networks. In: Advances in Neural Information Processing Systems. 2017.

[72] Clevert DA, Unterthiner T, Hochreiter S. Fast and accurate deep network learning by exponential linear units (ELUs). In: 4th International Conference on Learning Representations, ICLR 2016 - Conference Track Proceedings. 2016.

[73] Tolstikhin I, Bousquet O, Schölkopf B, Thierbach K, Bazin PL, de Back W, et al. An overview of gradient descent optimization algorithms. Lect Notes Comput Sci

(including Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinformatics). 2018;11046 LNCS(NeurIPS):1–9.

[74] Landesa-Vázquez I, Alba-Castro JL. The role of polarity in haar-like features for face detection. In: Proceedings - International Conference on Pattern Recognition. 2010. 412–415.

[75] Chen S, Ma X, Zhang S. AdaBoost face detection based on haar-like intensity features and multithreshold features. In: Proceedings - 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011. 2011. 251–255.

[76] Kur Marble [Internet]. [cited 2021 Jun 15]. Available from: http://www.kurmarble.com.tr/

[77] CKPLUS | Kaggle [Internet]. [cited 2021 Jun 15]. Available from: https://www.kaggle.com/shawon10/ckplus

[78] UTKFace | Kaggle [Internet]. [cited 2021 Jun 15]. Available from: https://www.kaggle.com/jangedoo/utkface-new

Ekler

Ek A

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Konferans Bildirileri

1. Gurkan C, Palandoken M. Development of Android-Based Mobile Application for Communication and Document Tracking of Employees. INSI2021: Proceedings of the 2nd International Science and Innovation Congress; 2021 June 25-27.

2. Gurkan C, Palandoken M. Development of Android-based Augmented and Virtual Reality Application with the Purpose of Contribution to Maintenance, Repair and Engineering Education in Smart Factories. EFIS 2021: Proceedings of the 5th Engineers of Future International Student Symposium; 2021 July 9-11. [Baskıda]

Makaleler

1. Gurkan C. Development of Android-based Internet of Things Application for Data Tracking in Smart Marble Factories. Journal of Artificial Intelligence and Data Science 2021. [Hakem Değerlendirmesinde]

2. Gurkan C, Palandoken M. EGA-Net: Analysis of Facial Expression, Age and Gender of Manufacturing Employees with Deep Learning Methods in the Industry 4.0 and Digital Transformation Era. Journal of Computer Science 2021. (IDAP 2021 Özel Sayısı) [Hakem Değerlendirmesinde]

3. Gurkan C, Palandoken M. SMARfacTory-Net: Development of System Design Supported by Computer Vision, QR Code and Android-Based Technologies for Classification of Marble. Journal of Computer Science 2021. (IDAP 2021 Özel Sayısı) [Hakem Değerlendirmesinde]

4. Gurkan C, Palandoken M. Development of Inventory Tracking System Supported by Android-Based QR Code Technology. Journal of Computer Science 2021. (IDAP 2021 Özel Sayısı) [Hakem Değerlendirmesinde]

Kitap Bölümleri

1. Gürkan Ç, Palandöken M. FaceRecog-Net: Development of Real Time Manufacturing Employee Tracking System with Face Recognition Feature Based on Deep Learning Algorithms for Android Mobile Systems. Bilgin Kültür Sanat Yayınları; 2021. 14-24.

Projeler

1. Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri ile Desteklenen Akıllı Fabrika Yönetim ve Bilişim Sisteminin Geliştirilmesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje No: 2021-TYL-FEBE-0009

Özgeçmiş

Adı Soyadı: Çağlar Gürkan

Eğitim:

2014–2019 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Lisans

İş Deneyimi:

2021 – … İBİA Makine ARGE Danışmanlık San. Tic. Ltd. Şti.

Yayınlar:

1. Gurkan C, Palandoken M. Time Series Forecasting of Ethereum Prices Using Deep Learning Methods. CMES2021: Proceedings of the 5th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences; 2021 June 8-10. [Baskıda]

2. Gurkan C, Palandoken M. Machine Learning Approaches to Sentiment Analysis Using Tweets About AstraZeneca COVID-19 Vaccine. CMES2021: Proceedings of the 5th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences; 2021 June 8-10. [Baskıda]

3. Gurkan C, Kozalioglu S, Palandoken M. Development of Decision Support System for Early Stage Diabetes Diagnosis Using Machine Learning and Deep Learning Methods: A Comprehensive Analysis. Academic Perspective Procedia 2021. (ISITES 2021 Özel Sayısı) [Hakem Değerlendirmesinde]

4. Gurkan C, Kozalioglu S, Palandoken M. Real Time Mask Detection, Social Distance and Crowd Analysis using Convolutional Neural Networks and YOLO Architecture Designs. Academic Perspective Procedia 2021. (ISITES 2021 Özel Sayısı) [Hakem Değerlendirmesinde]

5. Gurkan C, Kozalioglu S, Palandoken M. Analysis of the Effects of Triggers Like Personal Information and Daily Activities on Migraine Attack with Machine and Deep Learning Approaches. TIPTEKNO'21; 2021 November 4-6. [Hakem Değerlendirmesinde]

6. Gurkan C, Kozalioglu S, Palandoken M, Gokalp O. Development of COVID-19 Auxiliary Diagnosis System Supported by Graphical User Interface Using Deep Learning Methods. Medical Hypotheses, 2021. [Hakem Değerlendirmesinde]

7. Gurkan C, Palandoken M, Gokalp O. COVID-19 Related Tweets Classification and Sentiment Analysis Based on Machine Learning Approaches and Deep Learning Architecture Designs: A Comprehensive Analysis. Journal of Information Science. 2021. [Hakem Değerlendirmesinde]

8. Gurkan C, Murat C, Kaya A. Flexible Antenna Applicator Design for Medical Applications and Low Energy Pulsed Radio Frequency Energy Applications. ICELIS 2021: Proceedings of the 2nd International Congress on Engineering and Life Sciences; 2019 April 11-14.