

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI VE VERİ
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M.Ali Yasin ÖMERCİKOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ŞUBAT 2023

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI VE VERİ
ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

M.Ali Yasin ÖMERCİKOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Abdullah SEVİN

ŞUBAT 2023

M.Ali Yasin ÖMERCİKOĞLU tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI VE VERİ ANALİZİ” adlı tez çalışması 06.02.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Dr. Öğr. Üyesi Abdullah SEVİN Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Ahmet ZENGİN Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Dr. Öğr. Üyesi Zafer ALBAYRAK Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI VE VERİ ANALİZİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

06/02/2023

M.Ali Yasin ÖMERCİKOĞLU



TEŞEKKÜR

Bu tezi yazmama değerli fikirleriyle yardımcı olan, yol gösteren ve destek olan kıymetli Dr. Abdullah SEVİN Hocam'a teşekkür eder akademik kariyerinde başarılar dilerim.

Yüksek lisans dersleriyle ufkumun açılmasına katkıda bulunan Sakarya Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği hocalarına da teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca büyük desteklerini hissettiren sevgili eşim Fatma Zehra'ya ve kızım Sare Neva'ya, eğitimimin başlamasına vesile olan ve sürekli yakından takip ederek teşvik eden anneme, babama ve ablama teşekkür ederim.

M.Ali Yasin ÖMERCİKOĞLU



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Endüstri 4.0	1
1.2. Tarım 4.0.....	1
1.3. Tezin Kapsamı.....	2
1.4. Tezin Amacı.....	3
1.5. Tezin Katkıları.....	3
1.6. Literatür Araştırması.....	3
2. AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ	6
2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)	6
2.2. Görüntü İşleme	8
2.3. Büyük Veri.....	9
2.4. Bulut Bilişim	10
3. AKILLI TARIM UYGULAMASINDA KULLANILAN TEKNOLOJİLER.....	11
3.1. Python	11
3.2. Open CV	11
3.3. Pandas	12
3.4. Visual Studio Code.....	12
3.4.1. Uygulamada kullanılan kütüphaneler	12
3.5. Colaboratory.....	13
3.6. MIT App Inventor Android Uygulama Geliştirme Ortamı	13
3.7. Firebase Veritabanı.....	14
4. GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE AKILLI TARIM UYGULAMASI.....	15
4.1. Görüntü Alma.....	16
4.1.1. Görüntüyü yeniden boyutlandırma	16
4.1.2. Resmin siyah beyaz formatını cvtColor metodu ile elde etme	17
4.1.3. Görüntünün histogram grafiği.....	18
4.1.4. Görüntüdeki kontürleri(Contours) hesaplama.....	19
4.1.5. Mahsullerin öz kütle ve ağırlık hesapları.....	21
4.1.6. Nesne ve kamera arasındaki mesafe hesabı için alternatif yöntemler	23
4.1.7. YOLO ile mahsul cinsinin tanınması	24
4.2. Veri Tabanı	25

4.2.1. Firebase NoSQL veritabanının Python yazılımına entegrasyonu	26
4.3. IoT Uygulaması	26
4.4. Veri Analizi	28
4.5. Bulgu ve Sonuçlar	31
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	32
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	35



KISALTMALAR

Cm2	: santimetrekaré
Cm3	: santimetreKÜ
Colab	: Google Colaboratory
CSV	: Comma-separated values
g	: Gram
HTML	: HyperText Markup Language
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
JSON	: JavaScript Object Notation
MS Excel	: Microsoft Excel
XML	: Extensible Markup Language
VSC	: Visual Studio Code



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Uygulamada hesaplanan piksel sayıları.....	20
Tablo 4.2. Uygulamada hesaplanan piksel sayıları gerçek alan çevrimi.....	21
Tablo 4.3. Mahsullerin özkütle hesaplamaları.....	21
Tablo 4.4. Mahsullerin görüntü işlemeden elde edilen değerleri.....	22
Tablo 4.5. Mahsullerin özkütle hesaplamaları.....	22
Tablo 4.6. Mahsullerin gerçek kütlesi ve görüntü işleme ile hesaplanan kütleleri....	23
Tablo 4.7. Toplam hata oranı tablosu.....	23



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. IoT mimarisi.	7
Şekil 2.2. IoT ile mahsul sulama sistemi.	8
Şekil 2.3. Tarımda görüntü işleme.....	9
Şekil 3.1. Visual studio code ortamı kullanıcı arayüzü.	12
Şekil 3.2. Projeye import edilen kütüphaneler.	13
Şekil 3.3. Colaboratory ortamı kullanıcı arayüzü.....	13
Şekil 3.4. MIT App Inventor ortamı arayüzü.....	14
Şekil 3.5. Firebase ortamı kullanıcı arayüzü.....	14
Şekil 4.1. Akıllı tarım görüntü işleme uygulaması genel akış	15
Şekil 4.2. İşlenecek resmin ölçeklenmiş hali	17
Şekil 4.3. İşlenecek resmin siyah beyaz hali.....	17
Şekil 4.4. İşlenecek resmin ikili(binary) formatı.....	18
Şekil 4.5. Resmin gri ve ikili formatlarının renk histogram grafikleri	19
Şekil 4.6. Resimde algılanan nesnelerin kontür(contours) çizimi.....	20
Şekil 4.7. Mahsulün uzaklığının hesaplanması	24
Şekil 4.8. Resimde algılanan masulün tanınması	24
Şekil 4.9. Resimde algılanan nesnelerin tanınması	25
Şekil 4.10. Firebase veritabanına aktarılmış veriler	26
Şekil 4.11. IoT sistem mimarisi.....	27
Şekil 4.12. MIT uygulama QR kodu.	27
Şekil 4.13. Mobil uygulama login ekranı görüntüsü.	28
Şekil 4.14. Visual Studio Code Pandas ile veri analizleri.....	28
Şekil 4.15. Mobil uygulama çizgi grafiği veri analizleri	29
Şekil 4.16. Mobil uygulama bar grafiği veri analizleri.....	29
Şekil 4.17. Mobil uygulama kolon grafiği veri analizleri.....	30
Şekil 4.18. Mobil uygulama pasta grafiği veri analizleri.....	30



ENDÜSTRİ 4.0 İLE AKILLI TARIM UYGULAMALARI VE VERİ ANALİZİ

ÖZET

Gelecek dönemlerde dünyadaki gıda talebi, gıda arzının önemli ölçüde üzerine çıkacağı öngörülmektedir. İklim değişikliği, küresel ısınma, kuraklıklar/aşırı yağışlar, suya erişim zorlukları gibi birçok fiziksel faktör üretim miktarını ve piyasadaki gıda fiyatlarını belirlemektedir. Önümüzdeki yıllarda tarımsal süreçlerin sürdürülebilir olması için bir planlama yapılması öncelikli konular arasında yer almaktadır. Üretim alanında olduğu gibi tarımda da israfın önlenmesi ve optimum üretimi sağlamak için gelişen teknolojileri doğru kullanarak maksimum faydayı alabilmek Endüstri 4.0 teknolojileri ile mümkün kılınmıştır.

Büyük veri, Nesnelerin İnterneti (IoT), bulut bilişim, görüntü işleme gibi gelişmekte olan teknolojilerin doğru yerde kullanımı ve bu teknolojilerin entegrasyonu ile tarımdaki üretim süreçlerini daha iyi hale getirmek mümkündür. Birçok alanda kullanılan bu teknolojiler ile tarımda da üretimden son tüketiciye kadar olan süreçleri iyileştirme ve veri analizlerinin yardımıyla ihtiyaç kadar üretim yaklaşımıyla israfın ve gıda krizinin önlenmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmada programlama dili olarak Python, görüntü işleme kütüphanelerinden OpenCV kütüphanesi, tümleşik geliştirme ortamlarından Microsoft'un Visual Studio Code ortamı ve Google'ın online Colaboratory ortamı kullanılmıştır. Visual Studio Code ortamı local bilgisayarımızda Colaboratory ise online olarak yazılımımızı geliştirebilmek için kullanılmıştır. OpenCV kütüphanesindeki görüntü işleme algoritmaları Python programlama ile birlikte kullanılmış olup bu kısımdaki yazılımın kod tarafı tamamen Python ile geliştirilmiştir. Python dilinde yazılmış olan görüntü işleme algoritmamız ile mahsullerin görüntüsü işlenerek ağırlık tahminlerinde bulunulmuş, sayıları alınmış ve gerçek ağırlığına yakın sonuçlar elde edilmiş ve adetleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Firebase NoSQL veri tabanında tutulmuştur. Veri tabanında tutmuş olduğumuz verilerin analizi yine Python ile yazılmış olan Pandas kütüphanesi kullanılarak yapılmıştır. Mobil uygulamamız MIT App Inventor ortamında geliştirilmiştir. Uygulama Firebase veri tabanımıza bağlanmıştır. Mobil uygulamamıza login olarak anlık topladığımız verilerin buluta yüklenmesi ve bulut tarafında toplanan verilerin analizleri yapılabilmektedir. Geliştirmiş olduğumuz mobil uygulama ile veri analizleri sayesinde mahsullerin anlık durumunu görerek anlık kararlar alabilmeyi sağlamakta ve piyasa fiyatlarının da belirlenmesinde rol oynamaktadır. Geçmiş yıllardaki toplanan veriler ile de karşılaştırmalar yapılarak geleceğe yönelik kararlar alabilmeyi kolaylaştırmıştır. Mahsuller tarladan çıkmadan olabildiğince veriler toplanıp dijitalleştirilmiş, veriler işlenmiş ve bulut tabanlı veri tabanlarında tutulmuş ve yine veri analizleri ile veriler işlenerek anlamlı hale getirilmiştir. Tüm bu çalışmalar ile tarımın kullanmış olduğumuz teknolojiler ile dijitalleştirilebildiği ve bu sayede de tarımdaki verimin büyük oranda artırılabilceği görülmüştür.



SMART AGRICULTURE APPLICATIONS AND DATA ANALYSIS WITH INDUSTRY 4.0

SUMMARY

It is predicted that the world food demand will significantly exceed the food supply in the coming periods. Many physical factors such as climate change, global warming, droughts, excessive rains, difficulties in accessing water determine the amount of production and food prices in the market. Planning for the sustainability of agricultural processes in the coming years is among the priority issues. Industry 4.0 technologies have made it possible to get the maximum benefit by using the developing technologies correctly in order to prevent waste and ensure optimum production in agriculture as well as in the field of production.

With the use of emerging technologies such as big data, Internet of Things (IoT), cloud computing, image processing in the right place and the integration of these technologies, it is possible to improve the production processes in agriculture. With these technologies used in many fields, it is aimed to improve the processes from production to the end consumer in agriculture, and to prevent waste and food crisis with the help of data analysis, with the approach of production as needed.

In this study, Python as programming language, OpenCV library from image processing libraries, Microsoft's Visual Studio Code environment and Google's online Colaboratory environment from integrated development environments, Firebase Cloud Platform as IoT database platform were used. Visual Studio Code environment is used on our local computer and Colaboratory is used to develop our software online. The image processing algorithms in the OpenCV library have been used together with Python programming, and the code side of our software has been developed entirely with Python. With our image processing algorithm written in Python, the images of the crops were processed and weight estimates were made, their numbers were taken and results close to their actual weight were obtained and their numbers were determined. The obtained data is kept in Firebase NoSQL database. The analysis of the data we kept in the database was made using the Pandas library, which was also written in Python. Our mobile application was developed in the MIT App Inventor environment. The application is connected to our Firebase database. It is possible to analyze the data we collect instantly as a login to our mobile application. The application works with the Java programming language and libraries in the background. With the mobile application we have developed, it enables to take instant decisions by seeing the instant status of the crops thanks to data analysis and plays a role in determining the market prices. Comparisons were made with the data collected in the past years, making it easier to take decisions for the future. Data were collected and digitized as much as possible before the crops left the field, the data was processed and kept in cloud-based databases, and the data was processed and made meaningful with data analysis. With all these studies, it has been seen that agriculture can be

digitized with the technologies we have used, and thus the productivity in agriculture can be greatly increased.

As a result of the research, it is seen that due to factors such as increasing population rate, drought, and climate change, humanity needs to use agricultural resources correctly to survive. It is seen that the way to manage these resources correctly is through the digitalization of agriculture by integrating agriculture with the Internet of Things, image processing, and big data technologies. Governments are investing in this issue, which has also been studied worldwide. Although Turkey's climate and soils are suitable for agriculture, it is still at risk of a serious food crisis. Especially countries such as the Netherlands, England, and Israel have made applications that increase productivity in agriculture with their technological studies. It is necessary to increase the applications of similar models in our country.

Industry 4.0, Internet of Things, big data, cloud systems, sensors, etc. it is the new version of the production system created by using technologies in communication. Large countries such as Germany, China, Japan and America are making investments to switch to this technology. Many countries have established research units for this purpose. In our country, researches in this field continue. One of the main purposes of Industry 4.0 is to prevent waste by making maximum use of technology. For this reason, it aims to increase efficiency by establishing automation systems and following all production stages with correct planning and timely intervention. As with Industry 4.0, the development of agriculture has not stopped and has passed through certain stages.

It is aimed to develop a smart agriculture system and strategy with the integrated operation of technologies such as the developing Internet of Things (IoT), cloud computing, image processing, sensors, and big data. Also, it is aimed to integrate the industry in a way that provides maximum benefit from informatics, to increase production efficiency, prevent wastage, and thus prevent various global crises soon. It is possible to prevent the food crisis by integrating the same technologies into all processes of agriculture. In particular, price fluctuations, which are frequently experienced today, affect the market negatively. It can be used to stabilize the food market due to the integration of information technologies and agriculture. Thus, our resources will be used as needed.

We can express the aim of the study as using Industry 4.0 technologies in agriculture to ensure planned production as needed. It is among our goals to minimize the effects of the food crisis that will occur in the field of agriculture due to climate change, global warming, drought, and other problems affecting productivity in agriculture by making maximum use of technology.

In smart agriculture, several technologies can be used for each process. Before the production process, production planning can be done due to technologies such as big data analytics and data warehouse. The fields to be produced can be addressed by the images taken from the satellite and the processing of these images. The production can be planned with the analysis by keeping the information on which crop can be grown in which fields. An extensive database open to any large farmer or producer can be developed with crop cards containing the characteristics of the crops to be produced. Since crops are physical objects, IoT can be used for data that needs to be retrieved.

It is called the internet of things to enables physical objects to transfer data to the network with the help of sensors, sensors, RFID, devices, and software. This concept allows automation systems to be created by digitizing data from physical objects. Since it is based on constantly receiving data from things, it needs Big Data and Cloud technologies so that the received data can be processed, made meaningful, and stored.

Image processing is analyzing the image data in the digital environment within the framework of algorithms determined according to the purpose of use in the digital environment. For example, the fields in the digitally transferred image data taken from the air by UAVs or drones can be shown by an algorithm that recognizes the uncultivated areas by color, painting them with red or the desired color. Even the percentile of the uncultivated areas from the image can be extracted with the algorithm.

Data emerged with the concept of computer technologies and consists of digits (0,1) combined. Raw data doesn't mean anything by itself. It becomes information if it is processed. Today, with the increase in data collecting and smart devices, the amount of data collected is increasing exponentially. Data sets that are incrementally obtained in this way are called big data. Big data has three elements called volume, velocity, and diversity. Volume (V) is the size of the data; velocity is the rate at which data is acted upon. Since the data obtained with the IoT is real-time, the speed of writing to the memory is also important. Variety refers to the type of data. Data such as video and audio are expressed as unstructured data types, while data held in relational databases are expressed as structured.

In our application, the OpenCV image processing library is used in the Python programming language. As development environments, Visual Studio Code was used on the code side, and Colab was used as an online alternative. On the database side, the NoSQL database structure was used in the Firebase environment. Instantly, the images of the crops were processed with our algorithm, the data were kept in the database, and successful results were obtained with a low error rate by making weight estimations. In the study, it is seen that the use of technology in agriculture increases productivity.

In addition, the image processing project we have done also contributes to this. The positive results we have obtained from our work show that the project can produce even more successful results by maturing as the technologies develop. Based on these positive results, investments should also increase in the field of agriculture, which is a very important area. In our country, whose soils and climate are highly suitable for agriculture, incentives should support efforts. Due to the importance of agriculture, as technological developments continue, the scope of the study has the infrastructure that can mature over time.

1. GİRİŞ

Tarım insanlığın temel ihtiyacı olan beslenmesini sağlayabilmesi ve hayatını sürdürebilmesi için gerekli insanlığın yüzyıllar öncesine dayanan kültürü ve bitki ile hayvanları yetiştirme tekniğidir. Tarım, insanların fiziksel ihtiyaçları arasında ilk sırada gelir. Hayatın devamlığı için zorunludur. Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yapılan çalışmaya göre dünya nüfusunun 2050 yılında 9.7 milyar, 2100 yılında ise 11.2 milyar olması beklenmektedir. İnsanlığın nüfusunun artması, iklim değişikliği, küresel ısınma, kuraklık gibi çevresel faktörler gibi tarımı olumsuz etkileyen faktörler sebebiyle tarımsal faaliyetlerin daha da iyileştirilmesini gerektirmektedir. Gıdadaki arzın gelecek dönemler karşılanabiliyor olması için bilişim teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tarım geçmişten günümüze sürekli olarak gelişmiştir ve bu gelişimdeki süreçlere endüstrideki gibi versiyonlaştırma isimlendirmesi yapılmıştır [1].

1.1. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut teknolojisi, sensörler vb. teknolojilerin iletişim halinde ve entegre kullanılarak oluşturulan üretim sisteminin yeni versiyonudur. Almanya, Çin, Japonya ve Amerika gibi büyük ülkeler bu teknolojiye geçebilmek yatırımlar yapmaktadır. Birçok ülke bunun için araştırma birimleri kurmuşlardır. Ülkemizde de bu alanda araştırmalar devam etmektedir.

Endüstri 4.0'ın temel amaçlarından biri teknolojiden maksimum fayda sağlayarak israfi önlemektir. Bu sebeple otomasyon sistemleri kurarak tüm üretim aşamalarını takip ederek doğru planlamalarla işlere zamanında müdahale ile verimi artırmayı hedefler. Tezimizde de bu mantığı tarım alanında uygulayabilmenin çalışmaları yapılmıştır.

1.2. Tarım 4.0

Endüstri 4.0 gibi tarımın da gelişmesi durmamış belli evrelerden geçmiştir. Bu evreler insanlığın varoluşundan beri vardır. Evrelerin gelişmesinde teknolojinin gelişmesi ve

yenilikler insan nüfusunun artması gibi çeşitli faktörler etkili olmuştur. Bu evleler sırasıyla şu şekilde devam etmektedir;

Tarım 1.0 – Sadece İnsan ve Hayvan gücünün kullanıldığı tarım yöntemi. Tarımın yüzyıllardan beri kullanılan en ilkel halidir diyebiliriz.

Tarım 2.0 – Pestisit ve sentetik gübre ve böcek ilaçları kullanımı Tarımda makineleşmenin başladığı halidir.

Tarım 3.0 – GPS kullanımı ve bilgisayar yazılımlarının tarımda veri işlenmesinde kullanılması.

Tarım 4.0 – Akıllı tarım da diyebiliriz. İnsansız hava araçları ile görüntü işleme tekniklerinin kullanılması.

1.3. Tezin Kapsamı

Gelişmekte olan Nesnelerin İnterneti (IoT), bulut bilişim, görüntü işleme, sensör, büyük veri gibi teknolojilerin entegre olarak çalışması ile akıllı tarım sistem ve stratejisi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Endüstrinin bilişimden maksimum faydayı sağlayacak şekilde entegre olması üretimdeki verimi arttırması, israfın önüne geçmesi ve böylece yakın gelecekteki çeşitli küresel krizlerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Tarımın bütün süreçlerine de aynı teknolojiler entegre edilerek gıda krizinin önüne geçilmesi mümkündür. Özellikle günümüzde sıklıkla yaşanan fiyat dalgalanmaları piyasayı olumsuz etkilemektedir. Bilişim teknolojilerinin ve tarımın entegrasyonu sayesinde gıda piyasasının dengelenmesi için kullanılabilir. Böylece kaynaklarımız doğru şekilde gerektiği kadar kullanılacaktır.

Bu tezde nesnelerin interneti, görüntü işleme, büyük veri teknolojilerinden tarım alanında nasıl faydalanabileceğimiz araştırılmıştır. Ayrıca görüntü işleme ile tarım alanında kullanılabilecek bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamada mahsullerin görüntüsü işlenerek gram cinsinden ağırlıkları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu sayede tarlamızdaki ürün adedi sayısı, istenilen birim cinsinden ağırlığı, rekoltesi önceden tahmin edilebilir hale gelecektir. Akıllı tarla sayısı yeterince ülkeye yayılırsa bu teknolojiye daha fazla faydalanmak mümkündür. Daha fazla akıllı tarla ile bulut bilişim ve görüntü işleme teknolojimiz sayesinde anlık olarak ülkede tarlada üretilen

ürünü stok sayımı yapmışçasına görebileceğiz. Bu sayede üretilecek miktar bilinebileceği için piyasadaki fiyatlar daha hızlı belirlenecektir. Bu faydalara ek olarak evlerimiz içinde de teknolojimiz kullanılarak buzdolabımızdaki ürünün ağırlığını ve adedini bile hesaplayabilir hale gelecektir. Bu faydaların sağlanmasıyla beraber gıda üretiminde israf önlenmiş olacaktır.

1.4. Tezin Amacı

Yapılan tezi amacını Endüstri 4.0 teknolojilerini tarımda kullanarak gerektiği kadar ve planlı üretim yapılmasını sağlamak olarak ifade edebiliriz. İklim değişikliği, küresel ısınma, kuraklık ve diğer tarımdaki verimi etkileyen sorunlar sebebiyle tarım alanında oluşacak gıda krizinin zararlarını teknolojiden maksimum fayda sağlayarak etkilerini en aza indirmek hedeflerimiz arasında yer almaktadır.

1.5. Tezin Katkıları

Yapılan çalışmalarda tarımın insanlığın geleceği açısından önemi görülmüş, tarımdaki üretimin gelecekteki dönemlerde riskli bir döneme gireceği ve bu sebeple gıda krizinin yaşanabileceğini çalışmalar göstermektedir. Bu sebeple bu riski azaltmak için tarımdaki israfı önlemek adına tarımın dijitalleşmesi için araştırmaya çalışması yapılmış ve IoT uygulaması geliştirilmiştir.

1.6. Literatür Araştırması

Akıllı tarımın literatürü de teknoloji ile paralel olarak gelişmiştir. İsrail menşeli CROPX uygulaması tarım işletmelerinin sensörler, yazılım yardımı ve arazinin haritasını uydudan çıkararak verileri toplamakta ve tavsiyeler vererek kullanıcıyı yönlendirerek daha az kimyasal, enerji ve suyun tüketilmesini sağlayan bir çözüm geliştirmiştir. CROPX şirketinin kurucusu Isaac Bentwich bu sistemi kuran çiftçilerin sudan ve enerjiden yüzde 25 oranında tasarruf elde ettiğini ifade etmiştir [2,3].

Bir diğer teknoloji şirketi olan Phytech sensör ve bulut teknolojilerini tarımda kullanmaktadır. Sistemden sensörler yardımıyla doğrudan alınan verilere dayalı izleme ve planlama yapılmasına olanak tanımaktadır. Hatta mahsulün aldığı her damla suyu sayarak veri olarak kaydeder. Hızla gelişen insansız hava aracı teknolojisi, akıllı

tarım için görüntü işleme prosedürlerini otomatikleştirmek ve hızlandırmak için kullanılmıştır [4,5].

Yeni insansız hava aracı tabanlı internet hizmetlerinden olan Dronedeploy gibi uygulamalar da mevcuttur. Bu uygulamalar elde ettiği görüntülerden veri setleri üretebilir ve hatta sonuçları hızla yorumlayabilir. Yakın gelecekte, neredeyse gerçek zamanlı yanıt bile beklenmektedir [5,6].

İngiltere, İsrail ve Hollanda akıllı tarım olan yatırımları ve uygulamalarıyla dünyada öncü ülkeler haline gelmişlerdir. İngiltere ilk tarla bitkileri analiz tesisini 2015 yılında kurmuştur. 24 saat çalışan tesiste üzerindeki sensör ve kameralar ile 1800 metrekaarelik alanı tarayabilen bir tarayıcı bulunmaktadır. Tarayıcı sayesinde bitki sağlığı ve gelişimi takip edilebilmektedir.

Huwawei şirketinin 2017 yılında yaptığı akıllı tarım piyasa araştırmasına göre 2015 yılında 13.7 milyar dolar olan dünya akıllı tarım pazarının piyasa değerinin 2020 yılında 26.8 milyar dolara yükselmesi beklenmektedir. Bu verilere göre pazarın 5 yıl içerisinde 2 kat değerlenmesi anlamına gelmektedir [7].

CEMA (Avrupa Tarım Makineleri Birliği) “Tarım 4.0: Tarımın Geleceği” raporunda Avrupa’da yıllık cirosu 26 milyar Euro olan 450 farklı tarım makinesi üreten 4500 üretici olduğu ve bu sektörde 135000 kişinin istihdam edildiği belirtilmektedir. Avrupa’da satılan yeni tarım ekipmanlarının %70 ile %80’inde hassas tarım teknolojisi bileşeni yer almaktadır. Akıllı tarım uygulamalarının 2030 yılına kadar tarım sektörünü en fazla etkileyecek olan faktör olacağı ve AB tarımının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında itici rol oynayacağı raporda vurgulanan bir başka noktadır [7].

Ülkemizde de Tarım ve Orman bakanlığına ASELSAN tarafından sunulan bazı AR-GE projelerine 1 milyon TL destek verilmiştir. Bunlar arasında İHA ile görüntü işleyerek tahmini hasat, kuraklık, gübre durumu, rekolte hesabı kütüphanelerini çıkaran ve Bulut Tabanlı Verim Görüntüleme, Haritalama ve Takip Sisteminin geliştirilmesi gibi önemli AR-GE çalışmaları mevcuttur [8].

Hektaş AR-GE Merkezi’ nin geliştirdiği Hektaş Akıllı Asistan uygulaması adındaki uygulama yapay zeka kullanarak görüntüden bitki hastalığını teşhis edip ilgili çözüm

önerilerini sanayiler içinde sunmaktadır. Mobil uygulama Kasım 2019’da Growtech Eurasia 2019 - 19. Uluslararası Sera, Tarım Teknolojileri ve Hayvancılık Ekipmanları Fuarı bünyesinde gerçekleştirilen ATSO Growtech Tarım İnovasyon Ödülleri kapsamında “Tarımsal Bilişim” ödülüne layık görülmüştür. Geliştirilen uygulama tarladan görüntü alarak kg/dönüm cinsinden rekolte tahminleri yapmaktadır [9].

Nikesh ve Kawitkar yapmış oldukları çalışmada otomasyon sistemleri ve IoT teknolojileri kullanmışlardır. Bu projenin öne çıkan özellikleri, akıllı GPS tabanlı uzaktan kumandalı robot, yabancı otları temizleme, ilaçlama, nem algılama, kuş ve hayvan korkutma görevlerini yerine getirmektedir. İkincisi, doğru gerçek zamana dayalı akıllı karar verme ve akıllı kontrol ile akıllı sulama sistemleri içermektedir. Tüm bu işlemlerin kontrolü herhangi bir uzak akıllı cihaz veya internete bağlı bilgisayar ve işlemlerin arabirim sensörleri, Wi-Fi veya ZigBee modülleri, mikro denetleyici ve raspberry pi ile kamera donanımlarını entegre olarak kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda kullanılan teknolojinin mahsullerin verimi ve genel üretimde verimi arttırdığı görülmüştür [10].

Çalışmanın sonraki bölümlerinden Bölüm 2’de akıllı tarım için kullanılabilecek teknolojiler hakkında bilgiler ve tarımda uygulanabilirliği yer almaktadır. Bölüm 3’te ise tarım için görüntü işleme ile yaptığımız uygulamadan bahsedilmektedir. Bölüm 4’te akıllı tarım uygulamalarındaki bulgu ve sonuçlar yer almaktadır. Bölüm 5’te sonuçlar ve öneriler bulunmaktadır.

2. AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİ

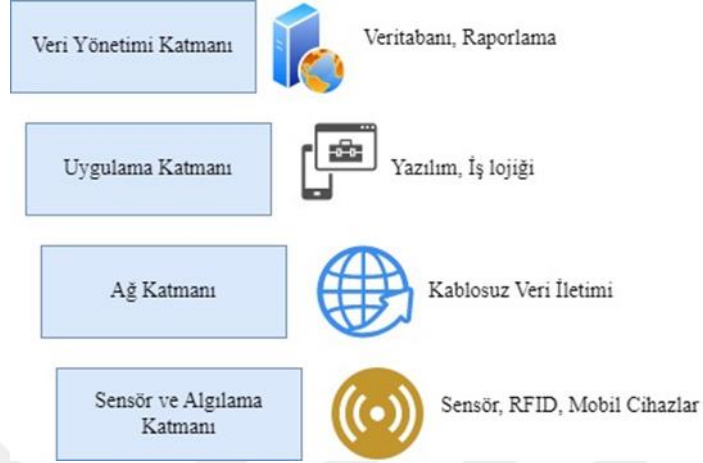
Akıllı tarımda, tarımın her süreci için belli teknolojiler kullanılabilir. Üretim süreci öncesi büyük veri analitiği ve veri ambarı gibi teknolojiler sayesinde üretim planlama yapılabilir. Üretim planlama yapılırken piyasa istikrarı için üretilmesi gereken ürün cinsi ve üretilecek miktarı önceden veri analizleri sayesinde ülkece yapılabilir. Üretim yapılacak tarlalar uydudan alınacak görüntüler ve bu görüntülerin işlenmesiyle adreslenerek hangi mahsulün hangi tarlalarda yetişebileceği bilgisine kadar tutularak gerekli analizler ile üretim planlanabilir. Üretimi yapılacak mahsullerin özelliklerinin tutulduğu mahsul kartlarının olduğu büyük her çiftçiye ya da üreticiye açık büyük bir veri tabanı geliştirilebilir. Mahsuller fiziksel nesne olduğu için alınması gereken veriler için IoT kullanılabilir. Sensor, kamera ve fiziksel ortamdan veri çekebilen diğer donanımlar sayesinde veriler ham halde toplanır ve bulut ortamında bulunan Firebase gibi NoSQL mantığını kullanan bir veri tabanına kaydedilir. Bu veriler ham halde anlamlı olmayacağından büyük veri teknolojileri ile gerçek zamanlı işlenerek anlam kazandırılır ve bulut ortamından veri çeken bir mobil ya da masaüstü uygulaması ile son kullanıcıya verileri düzenli şekilde raporlama yapılabilir. Sulama yapma, mahsullerin güneş ışığı almasını sağlama, hastalıklı bitkilerin tespiti, haşere tespiti, ilaçlama ve ortamın nemlendirilmesi gibi alması gereken aksiyonları da anlık önerebilir. IoT ile birlikte siber güvenlik teknolojilerinin de kötü niyetli kişilere karşı birlikte kullanılması gerekmektedir. Tarladaki mahsuller ileri robotik teknikleri ile toplayan bir sistem de kurulabilir.

Bu bölümde akıllı tarım için kullanılabilecek teknolojilerin tanımları ve tarım alanındaki uygulamaları hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)

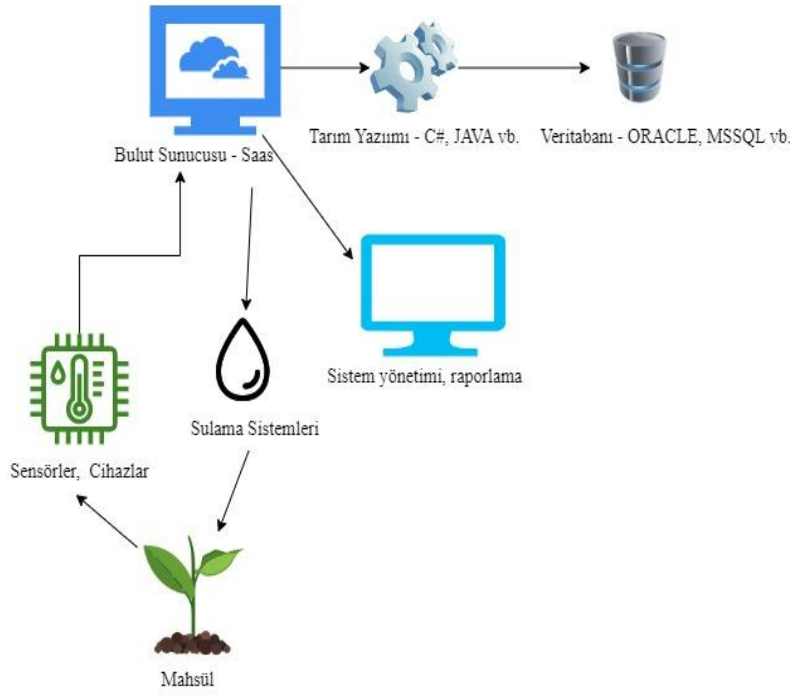
Fiziksel nesnelerin sensörler, algılayıcılar, RFID, cihazlar ve yazılımları yardımıyla ağa veri aktarabilir hale gelmesinin sağlanmasına nesnelerin interneti denir. Bu kavram sayesinde fiziksel nesnelerden alınan veriler dijitalleştirilerek otomasyon sistemleri oluşturulabilir. Nesnelerden sürekli olarak veri almaya dayalı olduğu için alınan verilerin işlenerek anlamlı hale gelebilmesi ve depolanabilmesi için Büyük Veri

ve Bulut teknolojilerine ihtiyaç duyar. Literatürde belirli bir mimarisi yoktur ancak çok sayıda mimari örneğine rastlanabilir. Sistemin örnek bir mimarisi Şekil.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. IoT mimarisi.

Nesnelerden toplanan veriler öncelikle buluttaki sunucuya gönderilir. Nesnelerin çokluğu ve sürekli gelen veriler sebebiyle veriler çoğalır. Bu verilerin analizini ve raporlamasını yapabilmek için de Büyük Veri teknolojisi kullanılır. Büyük Veri teknolojileri verilerden anlamlı sonuçlar çıkarmamızı sağlar. Akıllı şehir, akıllı çevre gibi birçok uygulama geliştirilmiştir ve daha fazla uygulama alanı da mevcuttur. Nesnelerin İnterneti teknolojileri Akıllı tarım uygulamaları geliştirebilmek için sistemin temelini inşa eder. Ortam sıcaklığı, nem, topraktaki mineral miktarı gibi çevresel değişkenler sensörler ve yazılımlar aracılığı ile toplanıp işlenerek nem, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin optimizasyonu sağlanabilir. Tarımsal verilerin dijitalleştirilmesi ve depolanması akıllı tarım sistemini kurabilmek için çok önemlidir. Anlık gelen veriler çevresel faktörlere anında müdahaleyi sağlar. Topraktaki nemin düşmesi halinde damla sulama teknolojisi kullanılarak optimum nem dengesini sağlanabilir. Örnek bir IoT ile Mahsul Sulama sistemi Şekil 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.2. IoT ile mahsul sulama sistemi

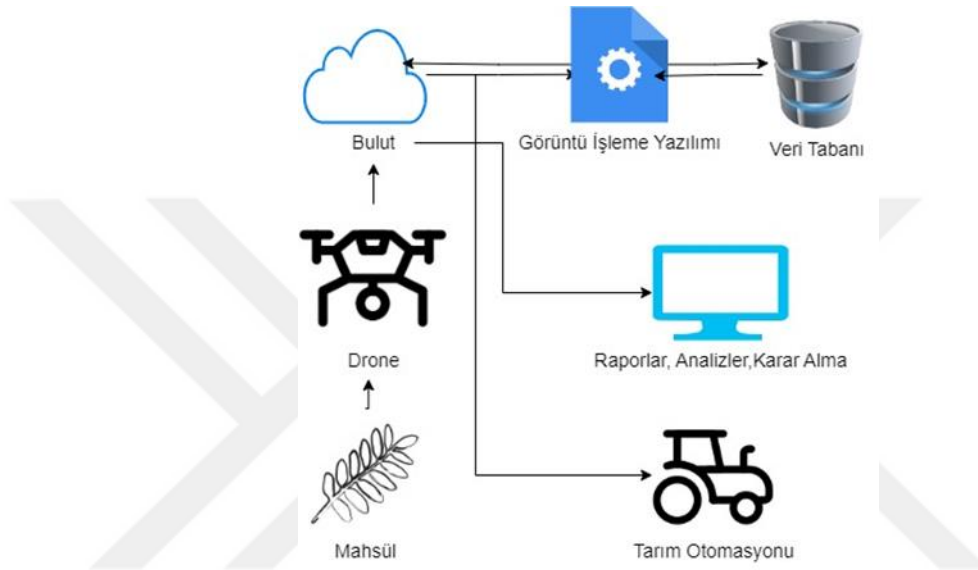
Mahsulün türünün ihtiyaç duyduğu optimum nem, ışık, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin bulunduğu genel bir veri tabanı oluşturulursa otomasyon sistemi bu verilere göre ihtiyaç kadar su ve enerji tüketimini sağlayabilir. Görüldüğü gibi IoT fiziksel analog verileri dijital veriye dönüştürmeyi sağladığı için tarımın dijitalleştirilebilmesi yönünde önemli rol oynar.

2.2. Görüntü İşleme

Görüntü işleme, dijital ortamdaki görüntü verisinin yine dijital ortamda kullanım amacına göre belirlenen algoritmalar çerçevesinde değiştirilmesidir. Örnek olarak İHA veya insansız hava araçları ile havadan çekilen bir dijital ortama aktarılmış fotoğraf verisindeki tarlaların ekilmemiş alanları renklerden tanıyan bir algoritma ile kırmızı ya da istenen renkle boyanarak gösterilmesi verilebilir. Hatta görüntüden ekilmemiş alanların yüzdelik dilimi de algoritma ile çıkarılabilir.

Tarımda da bu görüntü işleme teknolojisi kullanılmaktadır. Nan Xu makalesinde görüntü işleme teknolojisinin tarımda temel olarak aşağıdaki beş yönde kullanıldığını gösterdiğini belirtmiştir. Bunlar mahsul büyümesinin izlenmesi, hastalıkların ve zararlı böceklerin teşhis edilmesi, hastalıkların ve zararlı böceklerin teşhis edilmesi,

Görüntü işleme teknolojisi için tarladan görüntüler kameralı insansız hava araçları kullanılarak bulut sistemine aktarılır. Belli algoritmalar ile işlenen görüntü verilerinden analizler yapılarak kullanıcıya dijital ortamda alınması gereken aksiyonlar gösterilebilir ve otomasyonu sağlanabilir. Şekil 2.3 te örnek tarımda görüntü işleme sistemi verilmiştir.



Görüntü işleme teknolojisi ile mahsulün hasat edilmeden ne kadar verim alınacağı hatta hasadın kaç ton olacağı gibi ölçü birimlerine varıncaya kadar sistem tahminde bulunabilir. Bu veriler önceki yıllarla karşılaştırılarak analizler yapılabilir. Bulut teknolojileri sayesinde ülkemizdeki bütün tarımsal faaliyet gösteren alanlara akıllı tarım uygulamaları uyarlanabilirse veriler toplanarak analiz yapılabilir hatta bu sayede piyasadaki fiyatlar daha hızlı şekilde optimuma çekilebilir.

Veri bilgisayar teknolojileri kavramıyla ortaya çıkmıştır. Temel olarak dijitlerin (0,1) bir araya gelmesiyle oluşur. Ham veri tek başına bir anlam etmez. İşlendiği takdirde anlam kazanır. Günümüzde veri toplayan ve akıllı cihazların artmasıyla toplanan veri miktarı da üstel olarak artmaktadır. Bu şekilde artarak elde edilen veri kümelerine

büyük veri denir. Büyük verinin Hacim, Hız ve Çeşitlilik adında 3 unsuru vardır. Hacim (V) verinin büyüklüğünü, Hız verilerin eyleme geçirilme hızıdır. IoT ile elde edilen veri gerçek zamanlı olduğu için belleğe yazılma hızı da önem arz etmektedir. Çeşitlilik ise verinin türünü ifade eder. Video, ses gibi veriler yapılandırılmamış veri türü olarak ifade edilirken, ilişkisel veri tabanlarında tutulan veriler yapılandırılmış olarak ifade edilir.

Tarımda da toplanan veriler akıllı tarım uygulaması ile yönetilen tarlalar yıllar geçtikçe artacaktır. Bu verilerin analizi ve anlamlandırılabilmesi için büyük veri teknolojilerine ihtiyaç duyulacaktır. Akıllı tarımda IoT teknolojilerinin kullanımı zorunlu olduğu için büyük veri teknolojilerinden bağımsız düşünilemeyecek olan Veri Madenciliği, Veri Bilimi gibi teknolojilerinde entegre çalışması gerekmektedir. Ayrıca yıllar geçtikçe artan veriler sayesinde tarımsal bir hafıza oluşacaktır. Bu hafıza sayesinde sonraki yıllardaki tarımsal faaliyetler daha rahat planlanacak ve piyasa istikrarı sağlanmış olacaktır. Ülkemizin dört bir yanındaki çiftçilerin ekim yapılacak mahsulün türü ilgili karar verirken genellikle kafaları karışabilmektedir. Tek bir merkezden toplanan verilerin analizleri sağlanırsa gerekli yönlendirmeler sağlanmış olur.

2.4. Bulut Bilişim

Bulut bilişim internet altyapısı ile kaynakları ve veri paylaşımını sunucuları bilgisayarlar ve internete bağlanabilen diğer cihazlar arasında sağlayan sistemin genel adıdır. En büyük avantajlarından bir tanesi konum bağımsız olarak internete bağlanabilen herhangi bir cihaz ile uygulama ve verilerinize kolay ulaşım imkânı sağlamasıdır. Sunucu alma ve bakımı gibi maliyetli işlemler yapmak yerine kiralama hizmetleriyle uygulama ve veri tabanımızı barındırma imkânı tanır. IoT tarafında da kablosuz ve konum farketmeksizin çalıştığı için büyük kolaylık sağlar ve önem taşır. IoT teknolojisinde internete bağlanacak cihaz sayısı hızla arttığından dolayı bulut teknolojilerinin bir unsurunu oluşturur.

3. AKILLI TARIM UYGULAMASINDA KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Bu çalışmada Python programlama dili, Colab ve Visual Studio Code ortamlarında geliştirilmiş olup OpenCV kütüphanesi teknolojileri birlikte kullanılarak görüntü işleme uygulaması yapılmıştır. Verilerimizi ve resimlerimizi bulut teknolojileri ortamında saklamak için veri tabanımız Firebase ile NoSQL olarak tasarlanıp kullanılmıştır. Online platformda geliştirmiş olduğumuz mobil uygulamamız MIT App Inventor ile geliştirilmiştir. Mobil uygulamamız platformun vermiş olduğu API keyleri ile Firebase veri tabanımıza bağlanmıştır. Firebase uygulamamız Java programlama dili tabanlı olup, veri tabanımızdan veriler çekip veri analizlerimizde kullanabilmemize olanak sağlamaktadır. Kullanmış olduğumuz bir diğer teknoloji olan Python tabanlı Pandas kütüphanesinin metotlarıyla da veri analizlerimiz mobil uygulamamız arayüzünü de kullanarak yapılmıştır.

3.1. Python

Python açık kaynak kodlu nesneye yönelik programlama dilidir. Makine öğrenmesi, görüntü işleme, web sitesi, veri analizleri ile veri bilimi, mobil uygulamalar gibi bir çok alanda kullanılabilir. Kullanılması kolay bir dildir. Basit söz dizimine (syntax) sahiptir. Birden fazla geliştirme ortamında kullanılabilir. Uygulamamızda da programlama dili olarak Python kullanılmıştır. Çalışmalar Colab ve Visual Studio Code ortamında yapılmıştır.

3.2. Open CV

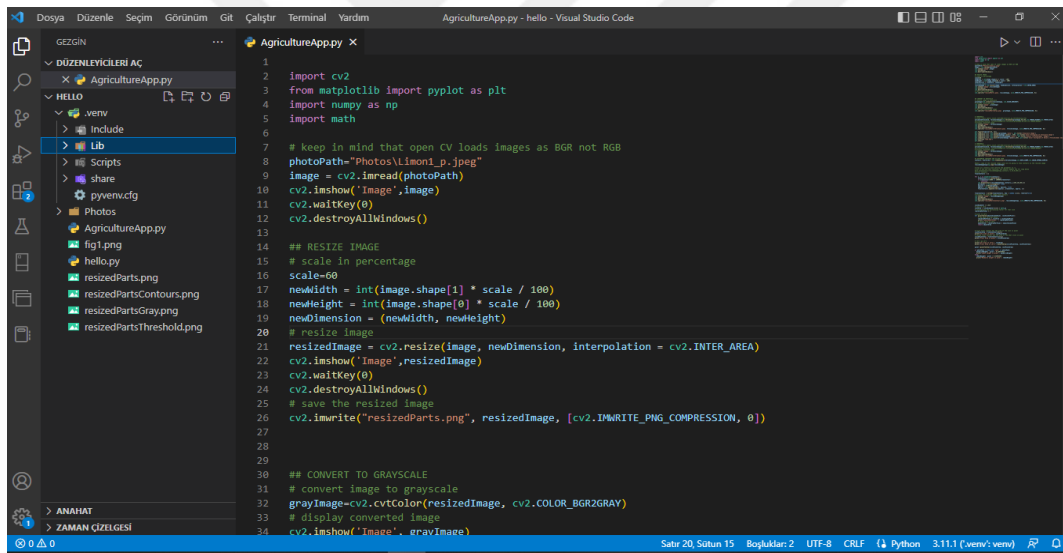
OpenCV (Open Source Computer Vision) görüntü işleme için geliştirilmiş büyük bir açık kaynak kodlu kütüphanedir. C, C++, Java, Python, MATLAB gibi programlama dilleriyle çalışabilir. Nesne tanıma, Yüz tanıma, Göz hareketleri, 3B modelleme gibi bir çok kullanım alanı vardır. Uygulamamızda da Python kodlarında OpenCV kütüphanesi çağrılarak görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır.

3.3. Pandas

Pandas veri kütüphanesi Python ile veri analizleri ve veri işlenmesi için yazılmış bir kütüphanedir. Projede kullanılabilmesi için öncelikle Pandas kütüphanesi yüklenmeli ve “import pandas as pd” komutu ile kullanılacak projeye import edilmesi gerekmektedir. Başlıca CSV, JSON, HTML, XML ve MS Excel gibi birçok dosyadaki veriler ile analiz yapılabilmektedir.

3.4. Visual Studio Code

Uygulamada Python programlama dili ile OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Visual Studio Code ortamında Python kurulumu yapılmış gerekli kütüphaneler import edilmiştir. Şekil 3.1 de uygulamanın kodlarının ve kütüphanelerinin bulunduğu Visual Studio Code ortamı görülmektedir. Projeyi çalıştırma hata ayıklama gibi işlemler bu ortamda yapılmaktadır. Ortam local bilgisayarımızda çalışmaktadır.



Şekil 3.1. Visual studio code ortamı kullanıcı arayüzü

3.4.1. Uygulamada kullanılan kütüphaneler

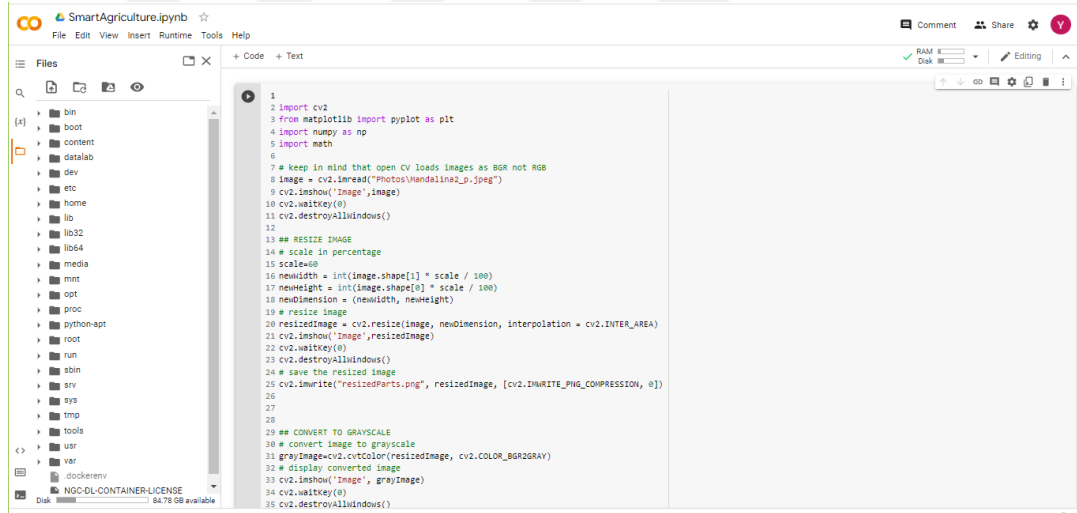
Projeye import edilen kütüphaneler sırasıyla OpenCV, 2 ve 3 boyutlu çizimleri yapabilmemizi sağlayan matplotlib, çok boyutlu diziler ve matrisler için kullanılan numpy kütüphanesi ve matematiksel işlemler için math kütüphanesidir. Şekil 3.2 teki gibi projeye import edilmişlerdir.

```
import cv2
from matplotlib import pyplot as plt
import numpy as np
import math
```

Şekil 3.2. Projeye import edilen kütüphaneler

3.5. Colaboratory

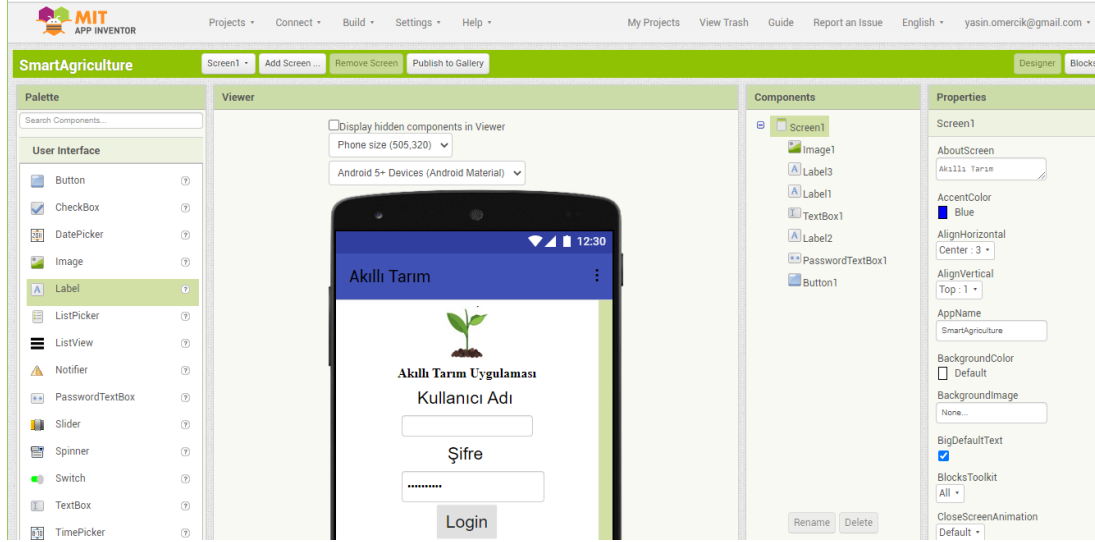
Google Research tarafından geliştirilmiş olan bu ortamda makine öğrenmesi, veri analizleri, görüntü işleme gibi birçok teknoloji kullanılabilir. Bu teknolojiler çok fazla bellek tüketiminde bulunduğu için Colab ortamı tercih edilebilir. Google ücretsiz olarak RAM ve Disk alanı sağlar. Colab ortamı online platformda çalıştığı için kurulum gerektirmez. GPU hizmetlerine ücretsiz erişim imkânı sağlar. Python kodumuzu Colab ortamında da çalıştırabiliriz. Şekil 3.3 de geliştirmiş olduğumuz uygulamanın Colab ortamındaki arayüzünde görünen kodları vardır.



Şekil 3.3. Colaboratory ortamı kullanıcı arayüzü

3.6. MIT App Inventor Android Uygulama Geliştirme Ortamı

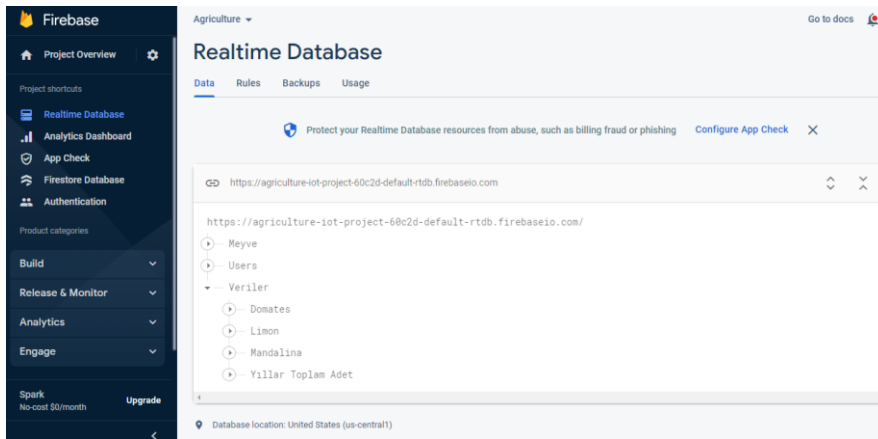
MIT App Inventor Google'ın geliştirdiği ve sonrasında Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından geliştirilen, uygulama geliştirme ortamıdır. Kullanmış olduğumuz Firebase veri tabanına gerekli API anahtar tanımları yapılarak bağlanmaktadır. Arkplanda Java programlama dili kullanılır. Mobil uygulama geliştirmeleri bu ortamda yapılmıştır. Uygulamanın Firebase ortamındaki arayüzü Şekil 3.4'deki gibidir.



Şekil 3.4. MIT App Inventor ortamı arayüzü

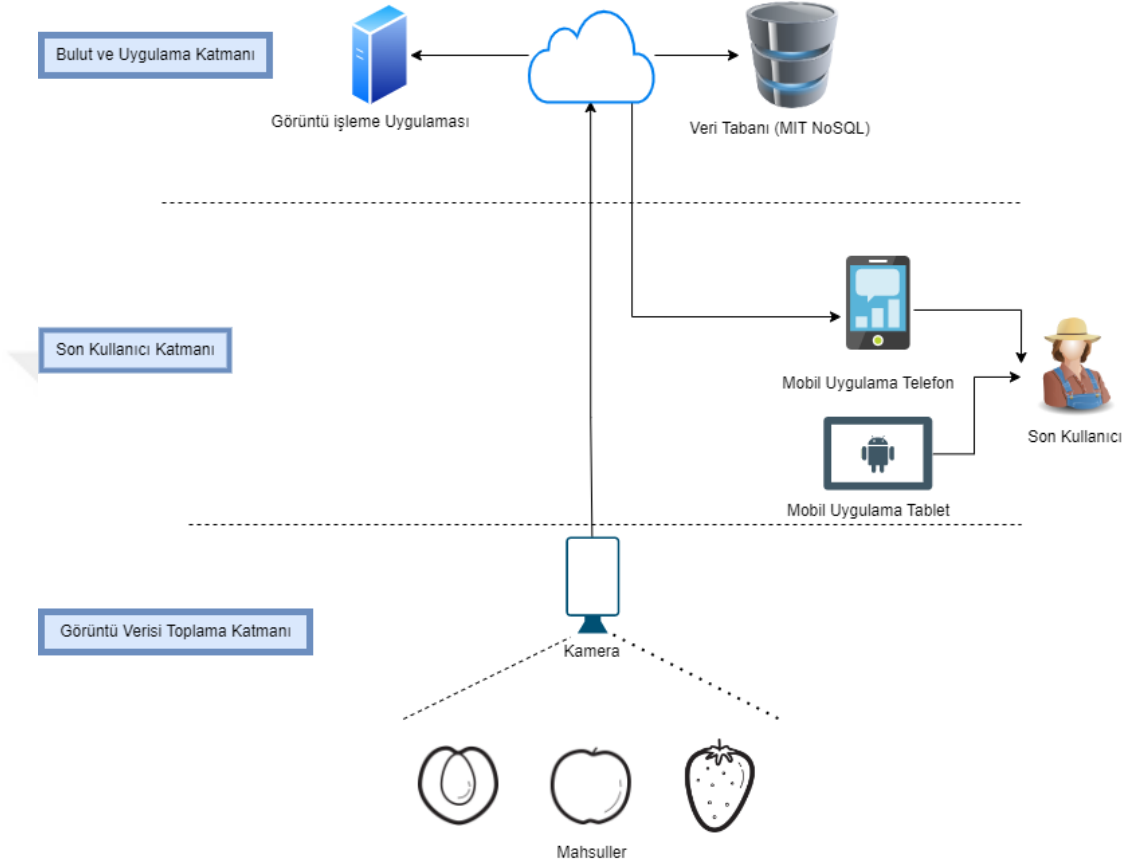
3.7. Firebase Veritabanı

Google'ın geliştirmiş olduğu NoSQL veritabanı mantığını kullanan online bir platformdur. Mobil ve web uygulamalarında kullanılacak veritabanları için sunucu tarafındaki işlemlerle uğraşmadan hazır olarak kullanıma sunulmuştur. Veri transferleri JSON modelindeki veri formatıyla yapılır. Mobil ya da web uygulamanıza kullanıcı panelinden otomatik üretilen keylerle kolaylıkla entegre edilip güvenli bağlantı kurulması sağlanır. NoSQL mantığını kullandığı için ilişkisel veritabanlarına göre çok daha performanslı ve hızlı çalışır. Örnek kullanıcı arayüzü Şekil 3.5'teki gibidir.



Şekil 3.5. Firebase ortamı kullanıcı arayüzü

4. GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE AKILLI TARIM UYGULAMASI



Şekil 4.1. Akıllı tarım görüntü işleme uygulaması genel akış

Uygulamamızda görüntü işleme ile mahsul fotoğraflarından gram cinsinden ağırlık tahmini yapılmıştır. Bu tahmin yapılırken kameranın cisme olan uzaklığını bilmediğimizden ölçülerini bildiğimiz bir cisim kullanılmıştır. Kameranın cisme olan uzaklığını bulurken başka bir yöntem olarak da lazer ışınlarından cisme olan uzaklığı hesaplayan bir teknoloji de kullanılabilirdi. Tercih olarak ilk bahsettiğimiz madeni para yöntemi kullanılmıştır.

Ağırlık tahmini yaparken ölçüsünü bildiğimiz bir nesneden daha yararlanmak gerekiyor. Bu sebeple ölçülerini bildiğimiz madeni 1 TL fotoğraflarda kullanılmıştır. 1 TL'nin çapı 26,15 mm'dir.

Uygulamamız mahsullerden kamera ile görüntü verilerini toplayarak başlamaktadır. Toplanan veriler kablosuz bir şekilde buluttaki sunucumuza gönderilir. Python diliyle yazılmış görüntü işleme algoritmalarımızın çalıştığı uygulama gerekli analizleri yapar. Algoritma görüntü işlemeyi yaparken OpenCV kütüphanesinin metodlarını kullanır. Kullanılan metodlardan imread metodu görüntüyü okuma işlemi yapar. Daha sonra OpenCV'nin resize metodunu kullanarak görüntümüzü yeniden boyut verir. Sonraki adımda cvtColor metodu ile görüntüyü işleyebilmek için siyah beyaz formatına çevrilir ve elde edilen son görüntüyü threshold metodu ile ikili (binary) formata çevirir. İkili formata çevrilen görüntü ile görüntümüzdeki objelerin sınırları daha rahat tespit edilebilir hale gelmiştir. Sonraki adımda ikili formattaki görüntü OpenCV' nin findContours metoduyla kontur (Contour) tespiti yapılır ve bu sayede resimdeki objelerin her birinin piksel sayısı tespit edilir. Görüntümüzde alanını cm2 cinsinden bildiğimiz bir obje daha olduğundan bu objenin piksel sayısından tek bir pikselin gerçekte kaç cm2 alana sahip olduğu tespit edilir. Bulduğumuz tek bir pikselin alan verisinden yapılan hesaplamalarla da ağırlığını tespit etmek istediğimiz objenin gerçek alanını buluruz. Sonraki adımda da bulduğumuz alan verisinden mahsulün kendine özgü fiziksel verilerinden hareketle ağırlık tahmini yapılır. Ağırlık verisi tahmin edilen mahsulün hakkında toplanan veriler Firebase NoSQL veri tabanımıza kaydedilir. Java tabanlı MIT App Inventor ile geliştirmiş olduğumuz mobil uygulama ile kullanıcı adı ve şifremiz ile login olunur. Topladığımız veriler yine Python programlama dili ve Pandas kütüphanesinin metodlarının yardımıyla yazmış olduğumuz uygulamayla veri analizleri yapılarak hangi tarlamızda hangi mahsullere ne kadar rekoltemizin olacağı tahmin edilir. Son kullanıcı anlık olarak online olarak veri analizlerini ve raporlamaları takip edebilir. Uygulamamızın genel şeması ve katmanları şekil 4.1 de gösterilmiştir.

4.1. Görüntü Alma

Cihaz olarak kamera yardımıyla görüntülerin fotoğrafı çekilir ve işlenmek üzere kaydedilir. Işık ve açı görüntü işlerken yapılan hesaplamaların doğru çıkması için önemlidir. Bu sebeple görüntü en iyi ışık ve kamera açısı ile alınmalıdır. Görüntü alırken görüntü işlemenin kolaylaşması için siyah ve desensiz zemin kullanılmıştır.

4.1.1. Görüntüyü yeniden boyutlandırma

Görüntü alma işleminden sonra projeye işleyeceğimiz imajın dosya yolu alınır. İmaj okunur ve daha kolay işlenebilmesi için ölçeklendirilir. Bu aşamada resmin boyutları

kadar bir matris oluşturulur ve bu matrise resmin her pikselinin değeri atanır. Resmimiz renkli olduğu için RGB ile gelen üçüncü boyut vardır İşlemek istediğimiz imajın ölçeklendirilmiş hali Şekil 4.2’deki gibi görülmektedir. Resimde görüldüğü gibi maden 1 TL ve bir adet limon vardır.



Şekil 4.2. İşlenecek resmin ölçeklenmiş hali

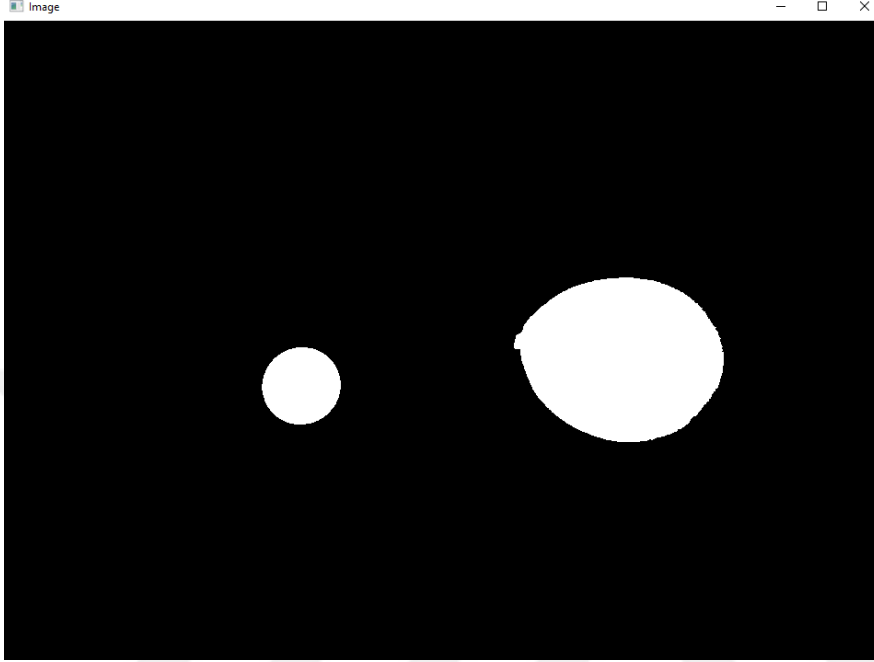
4.1.2. Resmin siyah beyaz formatını cvtColor metodu ile elde etme

Algoritmanın sonraki adımında resmimizi kolay işleyebilmek için siyah beyaz hale getiririz. Bunu yapabilmek için OpenCV’ nin cvtColor fonksiyonu kullanılır. Şekil 4.3’teki gibi resim siyah beyaz hale gelmiştir



Şekil 4.3. İşlenecek resmin siyah beyaz hali

Resimde artık RGB den gelmiş olan 3 boyut gitmiştir. Algoritmanın sonraki adımında yine OpenCV den gelen threshold fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyonun resmi ikili (binary) görüntüye dönüştürür. Bu sayede sınırlar artık daha kolay çizilebilir hale gelmiştir. Şekil 4.4’den algoritmanın bu adımındaki görüntünün formatı verilmiştir.

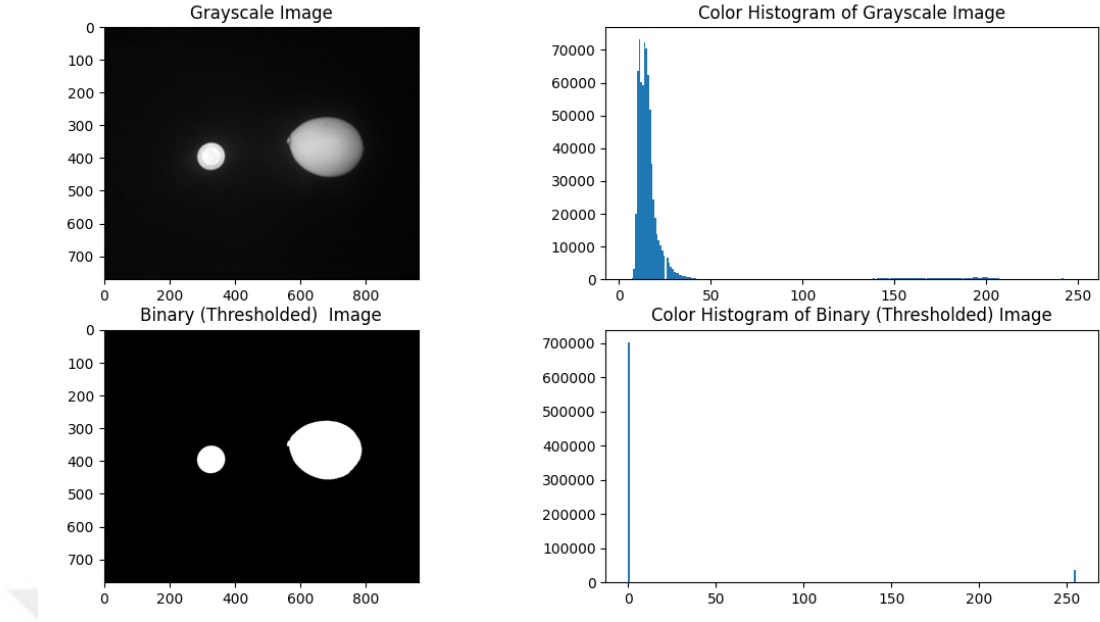


Şekil 4.4. İşlenecek resmin ikili(binary) formatı

Matplotlib kütüphanesinin hist fonksiyonuyla Şekil 4.5’deki gibi resmin siyah beyaz ve ikili tabandaki formatta histogram grafikleri çıkarılmıştır. Grafikler incelendiğinde kullanılan threshold fonksiyonunun algoritmanın sonraki adımı olan kontür (contours) hesaplamasını kolaylaştıracaktır.

4.1.3. Görüntünün histogram grafiği

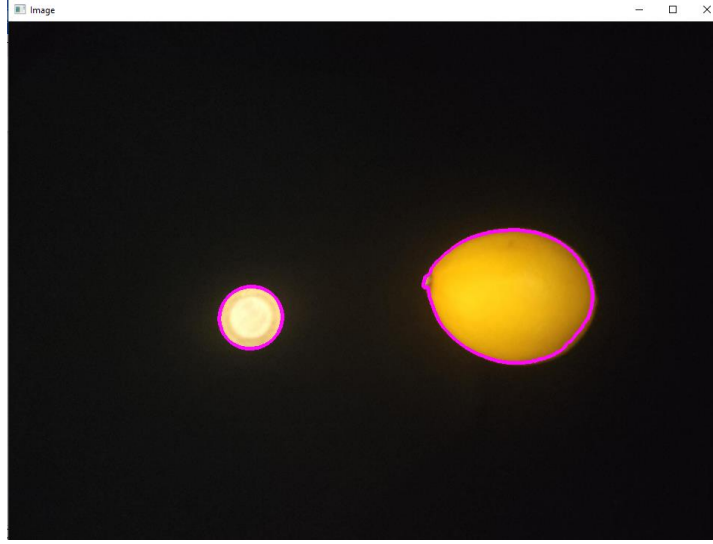
Histogram grafikleri incelendiğinde siyah beyaz olan resmin 0 ve 50 arasında birden fazla değer alabildiği gözlemlerken ikili tabandaki olan resmin histogram grafiğinin sadece 0 ve 255 değerlerini aldığı görülmektedir. İkili tabandaki resimde sınırlar iyice belirginleşmiş olup artık kontür çizim aşamasına geçilebilmesi için resim hazırlanmıştır.



Şekil 4.5. Resmin gri ve ikili formatlarının renk histogram grafikleri

4.1.4. Görüntüdeki kontürleri(Contours) hesaplama

Algoritmanın sonraki aşamasında ise ikili tabandaki resim üzerinden giderek kontür çizimi yapmaktır. Kontür çizimi için OpenCV kütüphanesinin fonksiyonlarında olan drawContours fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyon kullanıldığı zaman resimdeki nesneler birer birer algılanır. Daha sonra cisimlerden en küçük olandan en büyük olana göre sıralama yapılır. Bizim resmimizde 2 tane nesne olduğu için sadece kontür çizimi için de 2 nesne algılanmıştır. Burada algılanan nesne sayısı algoritmanın bu aşamaya kadar doğru çalıştığını göstermektedir. Şekil 4.6 madeni para ve limonun sınırlarının çizildiği kontür çizimi gösterimi görülmektedir. Kontür çizimi ile nesnelerin sınırları artık belirlenmiş olup sınırların içinde kaç adet piksel bulunduğunu artık hesaplayabiliriz.



Şekil 4.6 Resimde algılanan nesnelerin kontür(contours) çizimi

Algoritmanın sonraki aşamasında kontürlerin içinde kalan alandaki piksel sayıları hesaplanmıştır. Uygulamanın konsol ekranından gelen Tablo 4.1'deki ekran çıktısından alınan değerler hesaplanmıştır.

Tablo 4.1. Uygulamada hesaplanan piksel sayıları

Görüntü	Hesaplanan Piksel Sayısı
1 TL	5520
Limon	30470

Fonksiyondan elde ettiğimiz piksel sayılarına göre her piksel gerçekte santimetre kare cinsinden hesaplanan alanları da Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Pikselin gerçek alanını hesaplarken madeni paranın alanını biliyor olmamız yardımcı olmuştur. Madeni paranın alanını, madeni paranın piksel sayısına bölerek 1 pikselin gerçekteki alanı 1 piksel parametresinin karşında yazdığı ekran çıktısındaki gibi hesaplanmıştır. Oran orantı kurularak da resimdeki limonun gerçek alanı bulunmuştur.

Tablo 4.2. Uygulamada hesaplanan piksel sayıları gerçek alan çevrimi

	Gerçek Alan (cm2)
1 Piksel	0,00097295821
Limon	29,6460368612

4.1.5. Mahsullerin öz kütle ve ağırlık hesapları

Algoritmanın bu aşamasına kadar olan kısımda ağırlığını hesaplamak istediğimiz mahsulün fotoğraftaki alanını santimetre kare cinsinden bulduk. Bu aşamadan sonra mahsulün cinsine bağlı olarak ağırlık tahmini yapılacaktır. Algoritmamızın doğru çalışabilmesi için mahsulün kendine özgü bir hesaplama yöntemi kullanılacaktır. Tablo 4.3'te görüldüğü gibi yapılan nicel ölçümler sonucunda rastgele seçilen mahsullerin ölçüm parametreleri belirtilen tablodaki gibi çıkmıştır.

Tablo 4.3. Mahsullerin özkütle hesaplamaları

Mahsul	Kütle (gram)	Hacim(cm3)	Öz Kütle(gram/cm3)
LİMON1	85,4	90	0,9488
LİMON2	121,2	125	0,9696
MANDALİNA1	48,1	55	0,8745
MANDALİNA2	77,7	90	0,8633

Sonraki aşamada seçilen mahsullerin görüntüleri uygulamamızın algoritmasıyla işlenmiştir. Sonucunda Tablo 4.4'te görülen değerler elde edilmiştir. Bu değerlerden hesaplanmış olan görüntü işlememizden elde etmiş olduğumuz alan / kütle değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Buradan elde ettiğimiz değerlerle mahsulün tahmini ağırlığı hesaplanmaktadır.

Tablo 4.4. Mahsullerin görüntü işlemeden elde edilen değerleri

Mahsul	Görüntü İşleme İle Hesaplanan Alan(cm2)	Hesaplanan Alan / Kütle
LİMON1	29,64	0,3470
LİMON2	38,12	0,3145
MANDALİNA1	21,83	0,4538
MANDALİNA2	33,04	0,4252

Toplanan verilerin ortalamaları Tablo 4.5'teki gibi hesaplanmıştır. Bu ortalamaları işlediğimiz görüntüden kütle hesaplarken kullanacağız. Görüldüğü gibi her cins mahsul için kullanılacak Alan / Kütle değeri farklıdır ve her biri için gerekli fiziksel ölçümlerle hesaplanarak ortalama değerler bulunmalıdır.

Tablo 4.5. Mahsullerin özkütle hesaplamaları

Mahsul	Ortalama Hesaplanan Alan / Kütle
LİMON	0,3307
MANDALİNA	0,4395

Algoritmamızın sonraki adımında mahsulümüze özgü Alan / Kütle parametresi ile sistem ağırlık tahmini yazılım 89,62 gram olarak hesaplanmıştır. Aynı algoritma aynı tip mahsul ile ve farklı tip mahsul ile denenerek çalıştırılmıştır. Sonuçlar ve hata oranları tablosu Tablo 4.6'daki gibi görülmektedir.

Tablo 4.6. Mahsullerin gerçek kütlesi ve görüntü işleme ile hesaplanan kütleleri

Mahsul	Kütle (gram)	Görüntü İşleme ile Hesaplanan Kütle (gram)	Hata Oranı
LİMON1	85,4	89,62	4,94%
LİMON2	121,2	115,25	5%
MANDALİNA1	48,1	49,68	3,28%
MANDALİNA2	77,7	75,17	3,3%

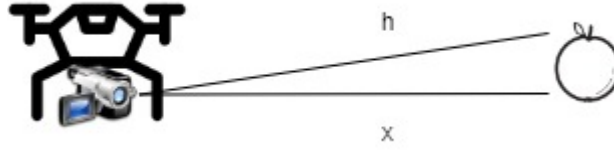
Algoritmamız belli bir hata oranıyla ağırlık tahminlerinde bulunmuştur. Toplam hata oranları da Tablo 4.7'deki gibidir. Algoritmamız bütün ölçümleri için ortalama 4,13% oranında bir hata ile tahminlerde bulunmuştur.

Tablo 4.7. Toplam hata oranı tablosu

Parametre	Değer
Toplam Kütle (gram)	332,4
Görüntü İşleme ile Hesaplanan Kütle (gram)	329,72
Ortalama Hata Oranı	4,13%

4.1.6. Nesne ve kamera arasındaki mesafe hesabı için alternatif yöntemler

Uygulamamızda kamera ve bozuk para arasındaki mesafeyi bulabilmek için boyutunu bildiğimiz bir madeni para kullanılmıştır. Bu yöntemle gerçek bir tarlada çalışırken uygulama aşamasında madeni para bulunmayacağı için daha pratik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Uzaklık hesabı için sensörlerin entegrasi ya da kameranın lazerli mesafe ölçer cihazı ile entegrasyonu sayesinde nesneye olan uzaklık hesaplanabilir. Şekil 4.7 deki gibi mahsulün h ve x uzaklıklarından boyu ölçülerek hesaplanan piksele göre orantı yöntemleriyle alanı çıkarılarak algoritmamıza eklenebilir.

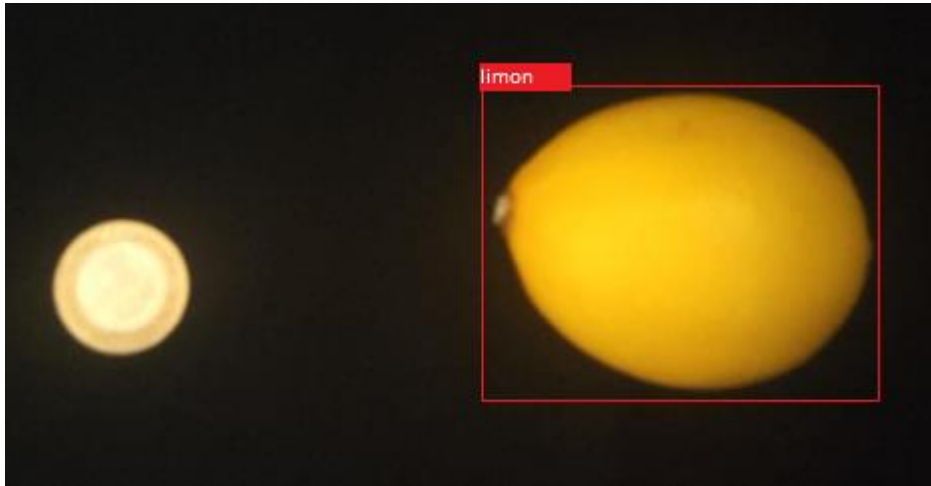


Şekil 4.7. Mahsulün uzaklığının hesaplanması

Bir diğer alternatif yöntem olarak da Google'ın geliştirmiş olduğu Measure uygulaması kullanılabilir. Uygulama alınan görüntüdeki alanı ya da nesneyi ölçümü için geliştirilmiştir. Uygulama uzunluk ve yükseklik ölçümüne olanak sağlamaktadır. Gerekli parametrelerin elde edilmesiyle bu yöntemi de uygulamamızda alternatif olarak kullanmak mümkündür.

4.1.7. YOLO ile mahsul cinsinin tanınması

Uygulamamızda görüntüsü alınan mahsulün cinsinin belirlenmesi için algoritması konvolüsyonel sinir ağı teknolojisi ile geliştirilmiş YOLO algoritması kullanılmıştır. Resim bütün olarak yapay sinir ağlarından geçirildiği için YOLO algoritması diğer görüntü tanıma teknolojilerine göre daha hızlıdır. Önceden verilen veri setleri ile eğitilmiş olduğumuz sinir ağlarımız sayesinde mahsul cinsini sistem tanımaktadır. Projemize de kullanacağımız mahsul cinslerinin farklı fotoğrafları ile sinir ağları eğitilmiştir. Programımız çalıştığı zaman mahsulümüz program tarafından şekil 4.8'deki gibi tanınmıştır.



Şekil 4.8. Resimde algılanan masulün tanınması

Aynı algoritmanın kullanılarak nesnelerin tanıtılmış olduğu örnek bir programın ekran çıktısı şekil 4.9 de verilmiştir.



Şekil 4.9. Resimde algılanan nesnelerin tanınması [12]

4.2. Veri Tabanı

Veri tabanı NoSQL ile oluşturulduğundan tablolı klasik veri tabanı mantığından farklı olarak anahtar alanı ve değer alanı mantığıyla oluşturulmuştur. Belli bir hiyerarşi içinde veri tabanı mimarisi oluşturulmuştur. JSON veri ile veri transferlerimiz gerçekleştiğinden dolayı NoSQL veri tabanı kullanım olarak daha pratik olmuştur. Ayrıca uygulamamız bir IoT uygulaması olduğundan veri hareketi ve boyutu çok fazla olacaktır. NoSQL veritabanı ilişkisel veritabanına göre daha hızlı olduğundan, maliyeti daha düşük olduğundan, açık kaynaklı olması gibi avantajları sebebiyle uygulamamız geliştirilirken tercih edilmiştir. Topladığımız verilerin Firebase NoSQL veri tabanındaki halinin ekran görüntüsü Şekil 4.10’da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi veri tabanımız NoSQL mantığındaki alan ve değer parametreleriyle bir ağaç yapısı kurularak tasarlanmıştır. Sadece bu iki parametre ile kolaylıkla bütün veri tabanı yapısı oluşturulabilmektedir.



Şekil 4.10. Firebase veritabanına aktarılmış veriler

4.2.1. Firebase NoSQL veritabanının Python yazılımına entegrasyonu

Oluşturmuş olduğumuz Firebase veritabanımızda CRUD işlemlerinin yapılabilmesi için güvenli bir veritabanı bağlantısı kurulması gerekmektedir. Bu bağlantının kurulabilmesi için Firebase veritabanımızın bulunduğu admin panelindeki ayarlardan konfigürasyon ayarlarını JSON dosyası halinde gerekli anahtarlar ve parametreler otomatik eklenmiş şekilde indirebiliriz.

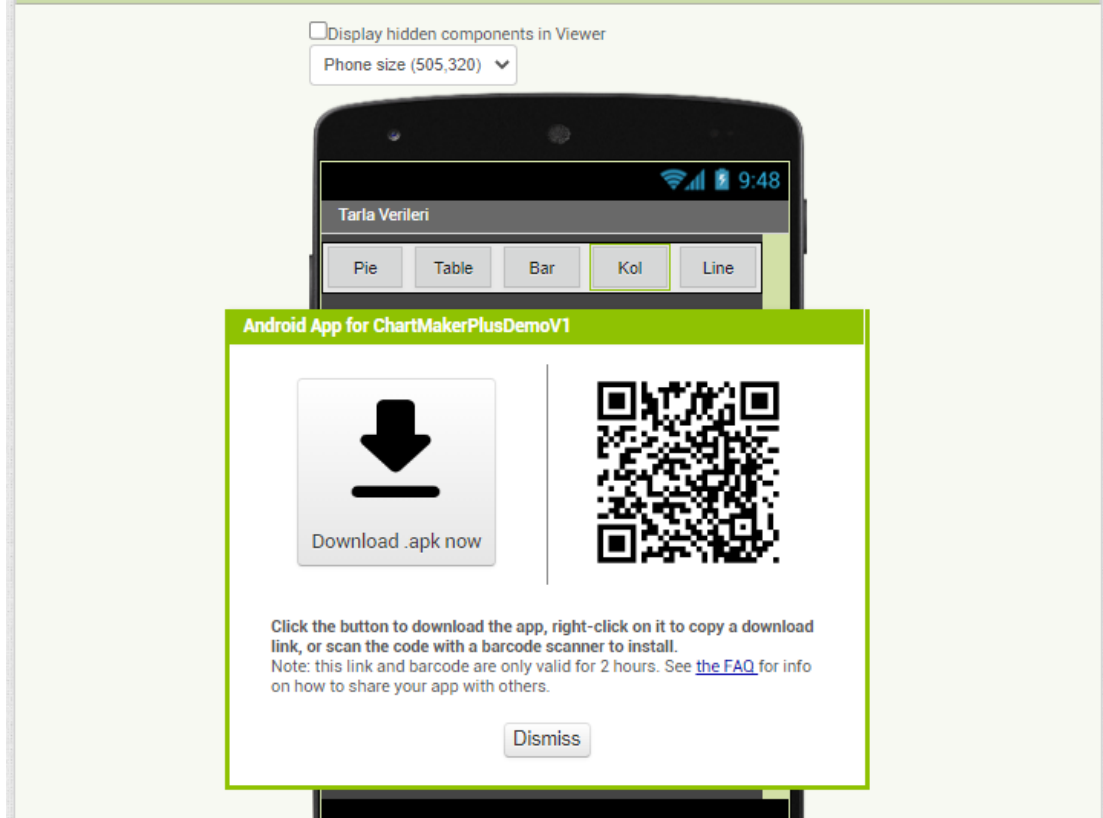
4.3. IoT Uygulaması

IoT mimarimiz bir kamera yardımıyla verilerin alınmasıyla başlamaktadır. Toplanan veriler öncelikle buluttaki çalışan uygulamamızda işlenir ve Firebase Bulut Platformumuza kablosuz olarak aktarılır. MIT platformunda geliştirmiş olduğumuz Mobil uygulamamız da Firebase Bulut Platformundan veri çekerek veri analizi yapmaya imkân tanır. Tüm sistem birbirine entegre olarak çalışır. IoT uygulamamızın mimarisi şekil Şekil 4.11'deki gibidir.



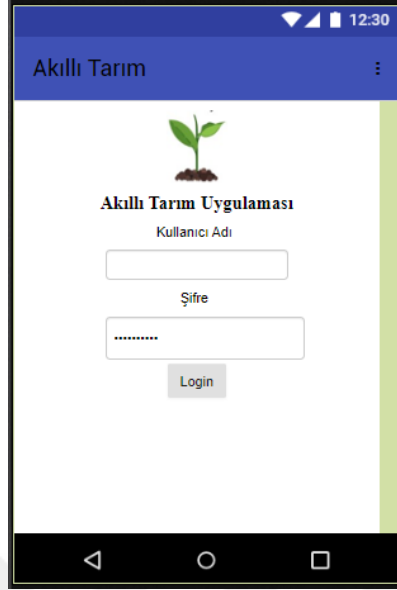
Şekil 4.11 IoT sistemi mimarisi

Mobil uygulamamız interneti olan her yerde çalıştığında tarlamızdaki verilerin takibini sağlamaktadır. Verilerimize ulaşabilmek için login olunması yeterlidir. Uygulamayı yüklenmesi için platformdan Şekil 4.12’deki gibi derlenerek üretilen QR kodu taranarak cep telefonuna ya da tablet gibi mobil cihazımıza indirilebilir.



Şekil 4.12 MIT uygulama QR kodu

Uygulamadan login ekranına ait alınmış olan örnek bir ekran görüntüsü Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13 Mobil uygulama login ekranı görüntüsü

4.4. Veri Analizi

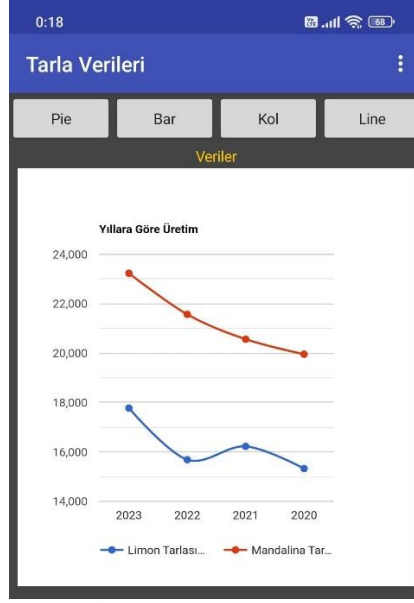
Veri analizimiz Python’un Pandas kütüphanesi kullanılarak yapılmıştır. Topladığımız veriler Pandas kütüphanesinin metotlarıyla analiz edilmektedir. Verilerimizin boyutu uygulamanın ilerleyen zamanlarında çok fazla büyüyecektir. Pandas kütüphanesi büyük veri analizlerinde de hız performansı iyi olduğundan uygulamamızda tercih sebebi olmuştur. Visual Studio Code ortamında geliştirmiş olduğumuz uygulamamızdaki ekran çıktısı Şekil 4.14’te verilmiştir.

	Mahsul	Kütle (gram)	...	Görüntü İşleme ile Hesaplanan Kütle (gram)	Hata Oranı
0	LİMON1	85.4	...	89.62	0.0494
1	LİMON2	121.2	...	115.25	0.0500
2	MANDALİNA1	48.1	...	49.68	0.0328
3	MANDALİNA2	77.7	...	75.17	0.0330

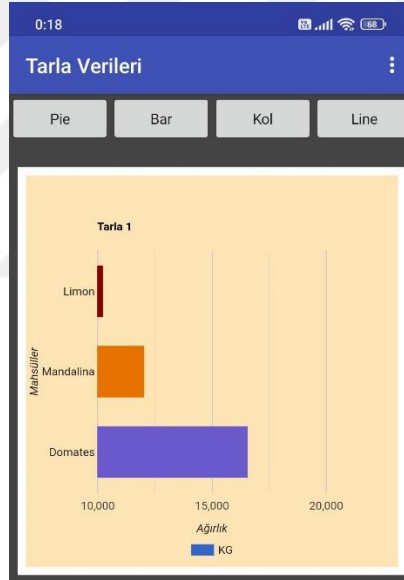
Şekil 4.14. Visual Studio Code Pandas ile veri analizleri

Kullanılan uygulama sayesinde mahsuller tarladayken adet ve tahmini ağırlık verileri toplanabilmektedir. Bu veriler sayesinde geleceğe yönelik tahminlerde bulunabiliriz. Toplanan veriler önceki senelerle karşılaştırılarak üretim planlamasında kullanılabilir.

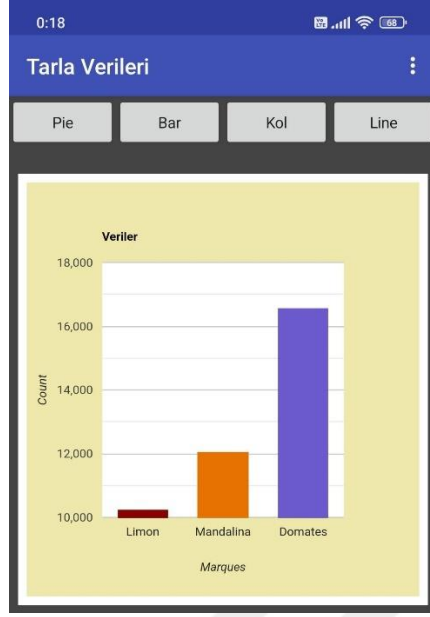
Mobil uygulamamızda da veri analizleri yapılarak kullanılan Bar, Kolon ve Çizgi grafiklerine ait örnek ekran görüntüleri sırasıyla şekil 4.15, şekil 4.16, şekil 4.17 , ve şekil 4.18’de verilmiştir.



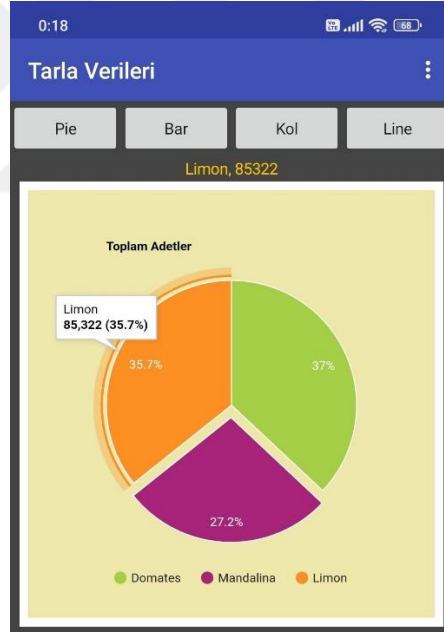
Şekil 4.15. Mobil uygulama çizgi grafiği veri analizleri



Şekil 4.16. Mobil uygulama bar grafiği veri analizleri



Şekil 4.17. Mobil uygulama kolon Grafiği Veri Analizleri



Şekil 4.18. Mobil uygulama pasta grafiği veri analizleri

Görsellerde de görüldüğü gibi veriler mobil uygulamamızın arayüzü kullanılarak analiz edilmiştir. Son kullanıcının kullanım kolaylığına göre veriler anlamlı hale getirilerek istenilen grafik biçiminde görüntülenebilmektedir. Anlık veri analizleri

sayesinde doğru karar alma süreci hızlanmaktadır. Hızlı alınan kararlar da verimi artırmaktadır.

4.5. Bulgu ve Sonuçlar

Gerçekleştirilen sistemde görüntü işleme teknikleri kullanılarak tarladaki ürünün ağırlık tahmini yapılmaktadır. Tarladaki ürünlerin görseli buluta yüklenerek tahmini miktar çıkarılmıştır. Oluşan bu ve diğer veriler bulut ortamında saklanarak veri analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçları son kullanıcı tarafından nesnelerin interneti ortamı aracılığıyla anlık görüntülenebilmekte ve değerlendirme yapılabilmektedir. Bu uygulamanın temel kullanım amacı mahsul tarladayken ağırlığını hesaplamak ve tarladan ne kadar üretim olacağını önceden belirleyebilmektir. Bu teknoloji sayesinde ürünlerin miktarı ve ağırlığı tarladan çıkmadan stok sayımı yapılmışçasına görülebilecektir. Dijitalleşmiş tarlalar artırıldıkça ülkemizde ya da diğer ülkelerde holistik bakışla mahsullerin ne kadar miktarda üretileceğini önceden görüp üretim planlamaları ve piyasa fiyatı doğru şekilde istikrara kavuşacaktır. Ayrıca mahsulün gelişim evrelerine göre fotoğrafları işlenerek sulamanın yeterli olup olmadığı ya da gerekli bir işlem varsa yapılması için önceden bilgi sahibi olunabilecektir.

Uygulamamızdaki ağırlık hesaplamada algoritmanın hata oranı azaltılabilir. Bunun için daha gelişmiş görüntüleme teknikleri ve algoritmada iyileştirmeler yapılabilir. Görüntülerde tek boyuttan hesaplanarak ağırlık tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Başka açılardan alınmış bir görüntüler ile de algoritmalar kurularak daha iyi sonuç almak için çalışılabilir. Teknoloji geliştikçe uygulamanın olgunlaşma evresi daha da hızlanabilir. Yeni teknolojilerin kullanılması geliştirilen yazılımında da iyi çalışması sağlanabilir.

Sonuç olarak yaptığımız uygulamanın tarım alanında uygulanabilirliğini test edilmiştir ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu sonuçlardan hareketle daha verimli halde kullanımı için çalışmalar yapılabilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan araştırmanın sonucunda artan nüfus oranı, kuraklık ve iklim değişikliği gibi faktörler sebebiyle insanlığın hayatını sürdürebilmesi için tarım kaynaklarını doğru şekilde kullanması gerektiği görülmektedir. Bu kaynakları en doğru şekilde yönetmenin yolu; tarım ile Nesnelerin interneti, görüntü işleme ve büyük veri teknolojileri entegre çalışarak, tarımın dijitalleşmesinden geçtiği görülmektedir. Dünyada da birçok çalışma yapılmış olan bu konu için hükümetler yatırımlar yapmaktadır. Türkiye'nin iklimi ve toprakları tarıma elverişli olmasına rağmen yine de ciddi gıda krizi riski altındadır ve bu riski minimuma indirebilmenin yolu tarım ve teknolojinin izdivacı ile israfın önlenmesi ve gerektiği kadar üretim yapmaktan geçiyor. Özellikle Hollanda, İngiltere ve İsrail gibi ülkeler teknolojik çalışmaları ile tarımda verimi artıran uygulamalar yapmışlardır. Benzer modellerin ülkemizde de uygulamalarının artması gerekmektedir.

Yapmış olduğumuz uygulamada Python programlama dilinde OpenCV görüntü işleme kütüphanesi kullanılmıştır. Geliştirme ortamları olarak kod tarafında Visual Studio Code ve online alternatifi olarak da Colab kullanılmıştır. Veri tabanı tarafında ise Firebase ortamında NoSQL veri tabanı yapısı kullanılmıştır. IoT ile mahsullerimizden alınan veriler bulut ortamında aktarılmış, görüntüler işlenmiş ve veri analizleri için bulut sisteminde bulunan veri tabanımızda depolanmıştır. IoT teknolojileri entegre çalışarak hızlı ve anlık olarak mahsullerin görüntüleri algoritmamız ile işlenmiştir. Hesaplanan veriler veri tabanında tutulmuş ve ağırlık tahminleri yapılarak düşük bir hata oranıyla başarılı sonuçlar alınmıştır.

Yapılan çalışmada tarımda teknolojinin kullanılmasının verimi artırdığı görülmektedir. Ayrıca yapmış olduğumuz görüntü işleme projesi de yine buna katkı sunmaktadır. Çalışmamızın temelinden aldığımız olumlu sonuçlar projenin teknolojiler geliştikçe olgunlaşarak daha da başarılı sonuçlar üretebileceğini göstermektedir. Bu olumlu sonuçlara istinaden çok önemli bir alan olan tarım alanında da yatırımlar artmalıdır. Toprakları ve iklimi tarıma son derece elverişli olan ülkemizde de teşvikler verilerek benzer çalışmalar desteklenmelidir. Tarımın

öneminden dolayı teknolojik gelişmeler sürdükçe yapılan çalışmanın kapsamı da zamanla olgunlaşabilecek altyapıya sahiptir.



KAYNAKLAR

- [1] Emine Kılavuz, İlhan Erdem (2019), Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının Dönüşümü <http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2019.14>
- [2] CropX Ekibi (2022, 22 Kasım) The CropX agronomic farm management system. <https://cropx.com/technology/> adresinden 22 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [3] DigitalTalks Ekibi (2022, 22 Kasım) 9 Milyon \$ Yatırım Alan CropX Tarımda Su Kullanımını Azaltmayı Amaçlıyor. www.digitaltalks.org/2015/06/23/9-milyon-dolar-yatirim-alan-cropx-tarimda-su-kullanimini-azaltmayi-amacliyor/ adresinden 22 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [4] Phytech Ekibi (2022, 22 Kasım) <https://www.phytech.com/> adresinden 22 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [5] Roope NÄSI, Eija HONKAVAARA, Teemu HAKALA, Niko VILJANEN, Pirjo PELTONENSAINIO (2017), Finland How Farmer Can Utilize Drone Mapping?
- [6] Dronedeploy ekibi (2022, 21 Kasım) www.dronedeploy.com adresinden 21 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [7] Prof. Dr. Fatih Saygılı (Proje Yöneticisi) Prof. Dr. Ayten Ayşen Kaya Dr. Öğr. Üyesi Elif Tunalı Çalışkan Arş. Gör. Özge Erdölek Kozal (2019), Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0
- [8] T.C Tarım ve Orman Bakanlığı (2022, 24 Kasım) Tarım 4.0. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/koyunculuk/Menu/76/Tarim-4-0> adresinden 24 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [9] Aylin Kırkaya (2020), Akıllı Tarım Teknolojileri Uygulamaları
- [10] Nikesh Gondchawar, Prof. Dr. R. S. Kawitkar (2016), IoT based Smart Agriculture DOI 10.17148/IJARCCCE.2016.56188
- [11] Nan Xu (2021), Image Processing Technology in Agriculture DOI:10.1088/1742-6596/1881/3/032097
- [12] Wei Cheni, Jingfeng Zhang (2021), An Apple Detection Method Based on Des- YOLO v4 Algorithm for Harvesting Robots in Complex Environment DOI: 10.1155/2021/7351470

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : M.Ali Yasin Ömercikoğlu

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Yüksek Lisans** : Devam Ediyor, Sakarya Üniversitesi , Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı , Bilgisayar Mühendisliği
- **Lisans** : 2015, İstanbul Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
- **Lise** : 2009, Yalova Fen Lisesi

MESLEKİ DENEYİM:

Yıl	Kurum	Unvan
• 2022-Halen	Türk Ekonomi Bankası	Yazılım Proje Sorumlusu
• 2018-2022	Pir Yazılım Teknoloji A.Ş.	Yazılım Geliştirici

YABANCI DİL

İngilizce