

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANA BİLİM DALI



GÖRÜNTÜ İŞLEME VE KÜMELEME YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK ZEYTİN TANELERİNİN
SINIFLANDIRILMASI

Doktora Tezi

Senem GÖNENÇ

Danışman
Prof. Dr. Yüksel ÖNER

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Senem GÖNENÇ tarafından, Prof. Dr. Yüksel ÖNER danışmanlığında hazırlanan “Görüntü İşleme ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Sınıflandırılması” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 19.8.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Vedat SAĞLAM Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Yüksel ÖNER Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Prof. Dr. Aşır GENÇ Necmettin Erbakan Üniversitesi Uygulamalı İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Necati Alp ERİLLİ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Esra GÖKPINAR Gazi Üniversitesi Olasılık Teorisi ve Olasılık Süreçleri Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Dönem Projesi tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza
... / ... / 2021
Senem GÖNENÇ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Görüntü İşleme ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Sınıflandırılması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 07.07.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 10

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

İmza
... / ... / 2021
Prof. Dr. Yüksel ÖNER

ÖZET

GÖRÜNTÜ İŞLEME VE KÜMELEME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ZEYTİN TANELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Senem GÖNENÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İstatistik Ana Bilim Dalı
Doktora, Eylül/2021
Danışman: Prof. Dr. Yüksel ÖNER

Görüntü işleme, otonom sistemlerin insan gücünün yerini aldığı şu zamanlarda günlük yaşamın her alanında karşımıza çıkan bir teknolojidir. Bu teknoloji, farklı sektörlerde görüntüyü dijitalleştirerek işleme ve görüntüden anlamlı sayısal bilgiler üretmek gibi amaçlarla tercih edilmektedir. Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılan uygulamalar pek çok disiplin ile yakından ilişkili olarak yürütülmektedir. Çalışmalarda görüntünün alınıp işlenmesinden sonra sınıflama, kümeleme, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi çok sayıda algoritma kullanılarak görüntü hakkında çeşitli değerlendirmeler yapılabilir.

Bu çalışma, tarım alanında görüntü işleme yöntemleri kullanımı ile ürünlerin tespiti ve ayrımı konusunda literatüre katkı yapmak için gerçekleştirilmiştir. Tarımsal ürün olarak, belirlenmiş dört farklı türden alınan zeytin taneleri kullanılmış ve tanelerin uygun bir görüntüsü alınarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Aktarılan görüntünün işlenmesi ve analizi için 'R' programlama dili kullanılmıştır. Görüntü üzerinde amaç doğrultusunda çeşitli görüntü işleme yöntemleri uygulanarak boyut ve renk değişkenlerine ait sayısal veriler elde edilmiştir. Oluşturulan değişkenler yardımıyla zeytin taneleri, K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması ile analiz edilerek sonuçlar incelenmiştir. Çalışmanın başlangıcında zeytin türlerine ait ön bilgi söz konusu olduğu için kullanılan yöntemlerin çeşit ayrımındaki performansları ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, Bulanık C-Ortalamalar algoritmasının çeşit tespitinde K-Ortalama yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Görüntü İşleme, Kümeleme Analizi, R Programında Görüntü İşleme

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF OLIVE GRAINS USING IMAGE PROCESSING AND CLUSTERING METHODS

Senem GÖNENÇ
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Statistic
PhD, September/2021
Supervisor: Prof. Dr. Yüksel ÖNER

Image processing is a technological method of our times when manpower is increasingly being replaced by autonomous systems in every sphere of life. In various sectors, this technology is being preferred for processing images through digitalization and for producing quantitative information from those images. Applications of digital image processing are conducted in a close association with multitudinous disciplines. After processing the images, different algorithms such as classification, clustering, fuzzy logic and artificial neural networks can be used to evaluate the images.

Using image processing methods to identify and differentiate certain agricultural products, this study aims at contributing to the existing literature in this field. For this research, four different species of olive grains of which images are transferred to computer system are chosen and used as the agricultural products. 'R' programming language is used for image processing and analysis. Different methods of processing are applied on the images in order to acquire quantitative data about size and colour variables. After the acquisition of those variables, olive grains are analyzed through clustering methods of K-Means method and Fuzzy C-Means algorithm. As the species of the olive grains are already known in the beginning of the research, the performances of the chosen methods in differentiating the olive species can be examined comprehensively. Based on the research results, it can be stated that Fuzzy-C means is more successful in the identification of olive grain species compared to K-means.

Keywords: Image Processing, Cluster Analysis, Image Processing in R

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam süresince yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yüksel ÖNER'e, tez izleme jürisinde bulunup önerileri ile bana yol gösteren değerli hocalarım Prof. Dr. Vedat SAĞLAM ve Doç. Dr. Necati Alp ERİLLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Akademik eğitim hayatım boyunca sabırla yanımda olup benden desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Hür Ramazan GÖNENÇ ve güzel kızım Gökçe GÖNENÇ'e, nihayet bugünlere gelmemde büyük emekleri olan annem Zehra KAYA, babam Ali KAYA ve rahmetli dedem Ali SEZER'e sonsuz teşekkürler...

Senem GÖNENÇ



İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	7
2.1. Görüntü İşleme	7
2.2. Görüntü İşlemede Temel Kavramlar	8
2.2.1. Sayısal Görüntü	8
2.2.2. Piksel (Pixel).....	9
2.2.3. Parlaklık (Yeğlilik)	9
2.2.4. Çözünürlük	10
2.3. Görüntü Türleri.....	10
2.3.1. Renkli Görüntü	10
2.3.2. Gri Görüntü.....	12
2.3.3. İkili (Binary) Görüntü.....	12
2.4. Görüntü İşleme Yöntemleri.....	12
2.4.1. Görüntü Eşikleme	13
2.4.2. Morfolojik İşlemler.....	13
2.4.2.1. Genişletme	14
2.4.2.2. Aşındırma	14
2.4.2.3. Açma.....	15
2.4.2.4. Kapama	15
2.4.3. Nesne Tanıma ve Özellik Çıkarımı (Alan Bulma)	15
2.5. Kümeleme Yöntemleri	16
2.5.1. K-Ortalama Yöntemi	16
2.5.2. Bulanık Kümeleme Analizi	17
2.5.2.1. Bulanık C-Ortalama Algoritması	18
3. BULGULAR	20
3.1. Veri Elde Etme Süreci	21
3.1.1. Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Boyut Tespiti	21
3.1.2. Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Renk Tespiti	26
3.2. Zeytin Tanelerinin Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Sınıflandırılması.....	30
3.2.1. K-Ortalama Yöntemi Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Kümelenmesi	31
3.2.2. Bulanık C-Ortalama Algoritması Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Kümelenmesi.....	32
4. SONUÇLAR	34
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
IOC	: International Olive Council (Uluslararası Zeytin Konseyi)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UZK	: Uluslararası Zeytin Konseyi
RGB	: Red (Kırmızı), Green (Yeşil), Blue (Mavi)
HSV	: Hue (Renk Özü), Saturation (Doygunluk), Value (Parlaklık Değeri)
LAB	: Lightness (Aydınlık Değer), A (Kırmızı-Yeşil Renk Aralığı), B (Sarı-Mavi Renk Aralığı)
PCA	: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
PLS-DA	: Partial Least Squares and Sparse Partial Least Squares Discriminant Analysis (Kısmi En Küçük Kareler ve Seyrek Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi)
ANFIS	: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi)
XGA	: Extended Video Graphics Array (Genişletilmiş Video Grafik Dizisi)
CCD	: Charge-Coupled Device (Yük Bağlısımlı Aygıt)
BCO	: Bulanık C-Ortalamalar Algoritması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Görüntü işlemenin ilişkili olduğu bilimsel konular	8
Şekil 2.2. Sayısal görüntü oluşumu.....	9
Şekil 2.3. Örnek sayısal görüntü ve piksellerin büyütülmüş gösterimi	9
Şekil 2.4. Görüntü türleri	10
Şekil 2.5. Farklı renk kanallı gri tonlamalı görüntüden renkli görüntü elde edilmesi	11
Şekil 3.1. Orijinal görüntü.....	22
Şekil 3.2. Gri tonlu görüntü	22
Şekil 3.3. Gri tonlu görüntü histogramı	23
Şekil 3.4. Gri ton ters çevrilmiş görüntü.....	24
Şekil 3.5. Gri ton ikili görüntü	24
Şekil 3.6. Kapama işlemi sonrası görüntü.....	25
Şekil 3.7. Boyut tespiti için numaralandırılmış görüntü	26
Şekil 3.8. Gri ton yeşil kanal görüntü	27
Şekil 3.9. Gri ton yeşil kanal ters çevrilmiş görüntü.....	27
Şekil 3.10. Gri ton yeşil kanal ikili görüntü.....	28
Şekil 3.11. Açma işlemi sonrası görüntü	29
Şekil 3.12. Renk tespiti için numaralandırılmış görüntü.....	30
Şekil 3.13. K-ortalama yöntemi ile yapılan analiz sonucu oluşan kümelenme yapısı	31
Şekil 3.14. Bulanık c-ortalama algoritması ile yapılan analiz sonucu oluşan kümelenme yapısı.....	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Uygulama planı.....	21
Tablo 3.2. K-ortalama analizi sonucu oluşan kümelerde bulunan zeytin taneleri ...	31
Tablo 3.3. Bulanık c-ortalamalar analizi sonucu oluşan kümelerde bulunan zeytin taneleri.....	33



1. GİRİŞ

Türkiye, dünyada zeytin ağacı yetiştirme alanlarının %9'una, zeytin ağacı varlığının %17'sine, zeytin tane üretiminin %8'ine, sofralık zeytin tanesi üretiminin %14'üne ve zeytinyağı üretiminin de %5'ine sahip olan bir ülkedir (FAO, 2010; IOC, 2010). Bu verilere göre Türkiye, dünyanın önemli zeytin üreticileri arasında yer almaktadır. Ülkemizde zeytin üretimi yapılan alanlar, toplam işlenen tarım alanlarının %4'ünü oluşturmaktadır (TÜİK, 2010). Bu nedenle zeytincilik, tarımsal faaliyet kollarının en önemlilerinden biri olarak öne çıkmaktadır.

Ege Bölgesi, yaklaşık 65 milyon zeytin ağacı varlığı ile Türkiye'nin zeytin üretiminde başı çekmektedir. Toplam ağaç varlığının %67,7'si bu bölgede bulunmaktadır. Bölgede zeytinciliğin yüksek bir potansiyeli olmasına rağmen zeytin ağacı başına düşen verim azdır. Türkiye'deki toplam zeytin tane üretiminin %75,5'i Ege Bölgesi'nden karşılanmaktadır. Toplanan ürünün %80,5'i yağlık, %19,5'i ise sofralık zeytin olmak üzere değerlendirilir. Ege Bölgesi'nde yetiştirilen başlıca zeytin çeşitleri; Domat, Ayvalık, Uslu, Memecik, Gemlik, Ak zeytin, Eşek zeytini, İzmir Sofralık, Çilli, Memeli, Çakır, Kiraz, Tavşan yüreği, Erkence, Girit zeytini, Hurma karaca, Hurma kaba ve Yerli yağlık olarak sıralanabilir (Kıvrak, 2020).

Zeytin çeşit tanılama işlemi için Uluslararası Zeytin Konseyi (UZK) tarafından hazırlanmış, zeytin üretimi yapan ülkelerde yapılan çalışmalarda esas alınan zeytinlerin kimlik bilgilerini, morfolojik ve fizyolojik özelliklerini içeren bir metodoloji kullanılmaktadır (Kaya, 2017). Bu metodoloji kaynaklığında, zeytin meyvesinin çeşit tanılama özelliklerinden olan renk ve boyut (irilik-kalibre) oldukça önemlidir. Özellikle zeytin alım satımında tanelerinin rengi ve büyüklüğü ürünün fiyatlandırma aşamasında en belirleyici kriter olarak ortaya çıkmaktadır (Gönenç ve Öner, 2021).

Zeytin grupları genel olarak renklerine ve iriliklerine göre sınıflandırılırlar. Tesislerde genellikle zeytin taneleri için hem çeşit hem de fiyat belirleme noktasında zeytin eleme makinaları kullanılmaktadır. Zeytin eleme makinaları ile zeytin taneleri büyüklüklerine göre sınıflandırılır. Ancak üretici ile direkt olarak yapılan bir alışveriş esnasında herhangi bir ekipman veya teknoloji yoktur. Burada zeytin taneleri göz kararı olarak ayrılmaktadır. Bu durumda çeşit tespiti tam manasıyla yapılamamakta, zeytin tanelerine ait doğru renk ve boyut belirlenmemektedir. Bu nedenle zeytin

çeşidinin doğru olarak tespit edilip buna bağlı olarak fiyatlandırılmasında görüntü işleme yöntemleri kullanılmasının önemi artmaktadır.

Ulusal ve uluslararası literatürde görüntü işlemenin tarım alanındaki uygulamalarına dair çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Tarım alanında özellikle meyve ve sebzeler üzerine birçok görüntü işleme çalışması yapılmaktadır. Ulusal literatür taramasında, çalışmalar genellikle ürünlerin görüntü işleme yöntemleri ile tespiti, sınıflandırması ve leke analizi konuları üzerine yoğunlaşmış durumdadır.

Kılıç vd. (2007), tarımsal ürün olarak ele aldığı fasulye örneklerinin kalite sınıflandırması için görüntü işleme yöntemlerini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, fasulyelerin uygun bir görüntüsü alındıktan sonra tanelerin boyut ve renk değişkenlerine ait sayısal bilgiler elde etmek amacıyla özellik çıkarımı işlemi yapılmıştır. Burada ayrıca fasulyelerin renk ölçümü için yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, sistem sonuçları ile gerçek ölçüm sonuçları karşılaştırılarak sistemin sınıflandırma başarısı detaylı olarak değerlendirilmiştir. Karşılaştırmada, boyut değişkeni açısından sırasıyla uzunluk ve genişlik için sistem sonuçları ile gerçek ölçümler arasında yüksek korelasyon olduğu görülmüştür.

Tonguç (2007) yaptığı çalışmada, görüntü işleme yöntemleri ile meyvelerin boyut ve renk sınıflandırmasını yapmıştır. Çalışmada, farklı renk uzayları kullanılarak denemeler yapılmış ve RGB (Red, Green, Blue-Kırmızı, Yeşil, Mavi) renk uzayında diğer renk uzaylarına göre daha başarılı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Mustafa vd. (2008), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak muz meyvesinin renk ve şeklinden hareketle olgunluk tespitini ve sınıflandırılmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, muzların sahip olduğu sarı renk tonu oranına göre olgunlaşma durumları hakkında çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan algoritma çalışması için Matlab programı tercih edilerek meyvelerin şekil ve renk bilgileri yardımıyla olgunlukları hakkında sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, renge göre muzun kalite sınıflandırması açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Sert (2010) tarafından yapılan çalışmada, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak elma ve şeftali meyveleri sınıflandırılmıştır. Ele alınan meyvelerin boyut ve renk bilgileri hakkında çıkarımlar yapılarak her elma ve şeftali meyvesinin kendine özgü özellikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, elma ve şeftalilerin bulunduğu görüntüye

eşikleme yöntemi uygulandıktan sonra meyvelerin boyutları hesaplanarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda geliştirilen yeni yöntemin, meyveleri sınıflandırma konusunda diğer eski yöntemlere göre daha hızlı ve kaliteli sonuçlar verdiği görülmüştür.

Karhan vd. (2011), yaprak delen hastalığı sonucu kayısı meyvelerinde ortaya çıkan lekeleri tespit etmek ve bu tespitten hareketle meyvelerin kalite sınıflandırması için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada morfolojik görüntü işleme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, leke tespiti ve kayısıların kalite sınıflandırması açısından morfolojik işlemlerin başka karışık yöntemlere ihtiyaç duyulmadan yeterince başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Sabancı vd. (2012), görüntü işleme ve yapay sinir ağları yöntemlerini kullanarak patatesleri boyut olarak sınıflandırmaya çalışmışlardır. Çalışmada öncelikle hastalıklı ve şekil olarak bozuk patateslerin tespiti için sistem, farklı boyutlardaki patateslere ait görüntüler kullanılarak eğitilmiştir. Çalışma sonucunda, görüntü işleme yardımıyla oluşturulan sistemin şekil bozukluğuna sahip patateslere ait kusurlu bölgeleri doğru olarak tespit ettiği ve patatesleri boyut bakımından sınıflandırmada yüksek başarı sağladığı görülmüştür.

Sofu vd. (2013), görüntü işleme yöntemleri ile elmaları sınıflandırmak ve yüzeylerinde bulunan lekeleri elde etmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, elmaların görüntülerini almak için kameralı bir deney düzeneği kurulmuş ve alınan görüntüler, bilgisayar ortamına aktararak çeşitli görüntü işleme yöntemlerine tabi tutulmuştur. Söz konusu bu işlemler için gerekli olan algoritmalar Matlab programında geliştirilmiştir. Çalışmada sonucunda, sistemin başarı durumu incelenmiş ve filtre gibi ek araçlar olmaksızın leke tespiti ve sınıflandırma yapılabileceği bilgisi verilmiştir.

Kuncan vd. (2013), görüntü işleme yöntemleri ile görüntüde bulunan zeytin tanelerini tespit etmek ve renklerine göre sınıflandırmak amacıyla bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışmada, üç farklı yöntem önerilmiş ve bu yöntemlerin sınıflama başarıları incelenerek çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

Örnek (2014), gerçek zamanlı bir görüntü işleyici makina tasarımını ve mekanik sınıflandırma makinalarını kullanarak havuçları boyutlarına göre sınıflandırma işlemi için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, belirlenen değişkenlere bağlı olarak görüntü

işleme makinası denemelerinin, mekanik sınıflandırıcılara kıyasla daha az hata oranı ile çalıştığı bilgisine ulaşılmıştır.

Bul vd. (2015), tarımsal ürün olarak ele aldığı fasulye taneleri üzerinde görüntü işleme yöntemlerini kullanarak bir kalite sınıflandırma çalışması yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, dijital bir kamera vasıtası ile fasulye taneleri tek tek fotoğraflanarak jpg formatında bilgisayara aktarılmış ve önerilen yöntemleri uygulamak için Matlab programı tercih edilmiştir. Fasulyelerin en-boy olarak boyut tespitinin ve iyi-kötü şeklinde kalite sınıflandırmasının yapılması için yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kullanılan yöntemlerin kalite sınıflandırmasında yüksek bir başarı oranı ortaya koyduğu görülmüştür.

Balcı vd. (2016), görüntü işleme yöntemleri yardımı ile Napolyon tipi kirazların boyutlarını ele alarak kalibrasyon sınıflandırmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Önerilen yöntemlerin uygulanması için Matlab yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmada, görüntüde tespit edilen kiraz tanelerinin kalibre değerleri belirlenmiş ve ortaya çıkan sınıflandırmanın doğru fiyatlandırma yapılabilmesi açısından yararlı olacağı belirtilmiştir.

Kiraz (2016) tarafından yapılan çalışmada, hareketli bant üzerine yerleştirilen kamera yardımıyla zeytin tanelerinin görüntüleri alınmış ve bilgisayar ortamında bazı görüntü işleme yöntemlerine tabi tutulmuştur. Bu çalışmada, zeytin tanelerinin renklerine göre ayrılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, optik ayırım işlemi için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak geliştirilmiş olan prototip, zeytinleri renklerine göre ayırma işleminde başarılı olmuştur.

Solak ve Altınışık (2018), gerçek zamanlı olarak fındık tanelerinin görüntü içerisinde tespit edilip sınıflandırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Dijital bir kamera yardımı ile alınan fındık tanelerine ait görüntü, bilgisayara kaydedildikten sonra üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleri ile işlenmiştir. Görüntüde tespit edilen fındıkların boyutları esas alınarak tanelerin alan hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sınıflandırma işlemi için k-ortalama ve ortalama tabanlı kümeleme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, görüntüdeki fındık taneleri eksiksiz, tam bir şekilde tespit edilmiş ve fındıklar küçük, orta ve büyük olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Burada ayrıca kullanılan sınıflandırma yöntemlerinin performansları incelenmiş ve yöntemlerin benzer sonuçlar verdiği vurgulanmıştır.

Uluslararası literatürde çalışmalar, ürünlerin görüntü işleme yöntemlerine dayalı kalite sınıflandırması ve kalite tespiti üzerine yoğunlaşmıştır.

Masateru vd. (2001), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak çilek meyvesinin yüzeyindeki çürükleri tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmada çilekler ilk olarak, Lab (L, aydınlık değer; a, kırmızı ve yeşil renk aralığı; b, sarı ve mavi renk aralığı) renk uzayında analiz edilmiş ve çürükler tespit edilmiştir. İkinci aşamada, morluk tespiti için gerekli olan dalga boyları belirlenerek uygun filtrelerle spektral görüntüler elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda yöntemlerin çileklerdeki çürümeyi tespit etme olasılıkları değerlendirilmiştir.

Usman vd. (2001), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak Endonezya'da yetiştirilen ve çeşitli sıcaklıklarda depolanabilen salak pondoh meyvesindeki çürük gelişimini incelenmişlerdir. Çalışmada incelenen salak pondoh meyvelerinin farklı sıcaklıklardaki çürük gelişim oranları tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kabul kalitesi bakımından salak pondoh meyvelerinin çürümüş alanlarına ait bazı önbilgilerden hareketle meyvelerin hangi sıcaklıkta kaç gün süre ile depolanabileceği konusunda bilgiler elde edilmiştir.

Juan vd. (2007), Golden türü elmalarda oluşan çürüklerin belirlenmesi amacıyla hiperspektral bir görüntüleme sistemi kullanmışlardır. Hiperspektral görüntüleme sisteminde farklı dalga boyları ile çalışarak spektral bilgileri çıkarmak ve özetlemek için temel bileşenler analizi (PCA) ve kısmi en küçük kareler ve seyrek kısmi en küçük kareler diskriminant analizi (PLS-DA) gibi modeller tercih etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda görüntü işleme yöntemleri ve kullanılan modellerin kombinasyonu ile elmalarındaki çürük gelişiminin gözlemlenerek meyvelerin kalite incelemesinin yapılabileceği belirtilmiştir.

Zhao vd. (2009), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak armut meyvesinin kalitesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, armut meyveleri üzerinde boyut ve renk analizleri yapılarak meyvelerin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, başka tarımsal ürünler seçilerek aynı yöntemlerin uygulanabileceğinden ve çalışmanın yeni yöntemlerin keşfine katkı sağlayacağından bahsedilmiştir.

Omid vd. (2010), limon, lime limon, mandalina ve portakal gibi turunçgillerin kütlesini ve hacmini ölçmek amacıyla görüntü işleme yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada meyveleri dikey olarak görüntülemek için iki kamera

kullanılmıştır. Alınan görüntülerin analizi için Visual Basic ortamında geliştirilen bir algoritma uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, meyvelerin boyutlarının hesaplanan hacimleri üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte çeşitli denemelerde, meyvelerin hacminin kütle ile yüksek oranda ilişkili olduğu tespit edilerek hesaplanan hacimlere dayalı önerilen yöntemin turuncgillerin kütle tahmininde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Adelkhani vd. (2013), 300 adet portakal meyvesinin (Bam, Khooni ve Thompson) tadını değerlendirmek amacıyla adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS) kullanarak bir görüntü işleme çalışması yapmışlardır. Çalışmada öncelikle, portakal numunelerine ait görüntüler bir kamera yardımıyla elde edilmiş ve özellik çıkarım işlemi uygulanmıştır. Özellik olarak; RGB renk uzayı, HSV (Hue, Saturation, Value-Renk özü, Doygunluk, Parlaklık değeri) renk uzayı, doku özellikleri, çevre, alan, renk uzayları oranı ve çap oranı belirlenmiştir. Görüntü analizi için ilk olarak duyusal bir deneme gerçekleştirilmiştir. Daha sonra belirlenen özellikler, önerilen alternatif yöntemle girdi değişkeni olarak girilmiş ve portakalların tat sınıfları oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, portakal çeşitlerinin tat sınıflandırması için başarı oranları elde edilerek çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

Dutta vd. (2016), üzümlerdeki pestisit varlığını belirlemek amacıyla görüntü işleme yöntemlerini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada önerilen yöntemin, üzerinde böcek ilacı bulunan üzümlere ait görüntülerdeki ilaç varlığının tespit edilmesinde etkin bir yöntem olduğu görülmüştür. Böcek ilacı kullanılan üzümlere ait görüntüler ile ilaçlanmayan üzümlerin görüntüleri, yüksek doğruluk oranı ile tespit edilmiştir. Geliştirilen bu yöntemin, üzüm meyvesinin kalite kontrolü için gerçek zamanlı bir uygulama olarak önerilebileceği bildirilmiştir.

Momin vd. (2017), görüntü işleme yöntemleri yardımı ile mango meyvesini sınıflandırmaya çalışmışlardır. Çalışmada mango meyvesine ait görüntüler, genişletilmiş video grafik dizisi (XGA) formatlı renkli bir kamera kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda kullanılan yöntemin, mango meyvesinin sınıflandırılmasında doğru sonuçlar verdiği ve diğer benzer ürünlerde de uygulanabilir olduğu belirtilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada materyal olarak ele alınan zeytin tanelerine ait görüntü, bir fotoğraf makinası vasıtası ile kaydedilmiştir. Burada çalışma için temin edilen farklı türdeki zeytin numuneleri ile ilgili bilgiler ve kullanılan fotoğraf makinasına ait özellikler detaylı bir şekilde bulgular başlığı altında verilmiştir. Ayrıca bu bölümde, görüntü işleme ve yöntemlerine ait tanıtıcı bilgiler verilmiş olup sınıflandırma işlemi için kullanılan kümeleme yöntemlerinden ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiştir.

2.1. Görüntü İşleme

Görüntü İşleme, 1940'larda modern sayısal bilgisayarların ortaya çıkması ile o yıllardan günümüze kadar önemi artarak gelmiş olan bir kavram ve alandır. Bununla birlikte 1960'lı yılların başlarında gelişmiş işletim sistemine sahip güçlü bilgisayarların keşfi, görüntü işlemenin gelişimi ve değişimi için oldukça büyük bir olanak sağlamıştır. Günümüzde bilginin görüntü ile aktarılması ve saklanması her alana girmiş olup günlük hayatımızın çok önemli bir parçası durumundadır. Özellikle araştırmacılar tarafından herhangi bir görüntüde bulunan nesnelere hakkında bilgi sahibi olmak ve bu bilgiden hareketle eldeki bu görüntüden çeşitli sonuçlar çıkarmak oldukça önemli hale gelmiştir.

Görüntü işleme, bir görüntünün makine tarafından insan gözü gibi görülüp yorumlanabilmesi olarak tanımlanabilir. Görüntü işlemenin ilk adımı görüntü elde etmektir. Gerçek dünyadaki üç boyutlu nesnelere görüntü almak için CCD (Charge Coupled Device-Yük bağımlı aygıt) kameralar, kızılötesi kameralar, ultrason cihazları, X-ray, manyetik rezonans görüntüleme araçları ve uydu gibi çeşitli görüntü elde etme kaynakları kullanılır. Görüntü işleme, elektronik ortamda ölçümü yapılmış ve bilgisayara kaydedilmiş olan bir görüntü üzerinde çeşitli yazılımlar kullanılarak yapılan işlemlerin bütünü olarak ifade edilebilir. Bu işlemler, görüntünün özelliklerini değiştiren bölme, birleştirme, döndürme, efekt, parlaklık, kontrast ya da netlik ayarları olabileceği gibi; görüntüde bulunan bir bozukluğu giderme, gereksiz nesnelere kurtulma veya ortaya çıkarılmak istenen nesnelere belirginleştirme şeklinde de olabilir. Dolayısıyla değişik görüntü elde etme kaynakları yardımıyla görüntünün alınması ve işlenmesi esasına dayanan görüntü işleme, hem yeni bir görüntü elde etmek için hem de görüntü hakkında anlamlı sonuçlar çıkarmak için kullanılabilir.

Görüntü işlemenin kullanıldığı uygulamalar ile birçok alanda işlemler hızlı, kolay ve ekonomik olarak yapılmakta ve insan hayatı olumlu yönde etkilenmektedir. Bu sebeple görüntü işleme, hemen hemen her sektörde kendisine uygulama sahası bulmaktadır. Görüntü işleme çalışmaları; tıp, coğrafi bilimler, görsel sanatlar, uzay bilimleri, savunma sanayi, endüstriyel uygulamalar, güvenlik sistemleri ve tarımsal uygulamalar gibi pek çok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Görüntü işleme, her bilim dalının içerisine girmiş yardımcı bir alan olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte görüntü işlemenin uygulamalı matematik, istatistik, makine öğrenmesi, grafik, bilgisayarla görme ve sinyal işleme gibi bilimsel konularla yakından ilişkili olduğunu söylemek mümkündür. Görüntü işleme ile aralarında ilişki bulunan disiplinler arasındaki durum Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Çayıroğlu, 2020).

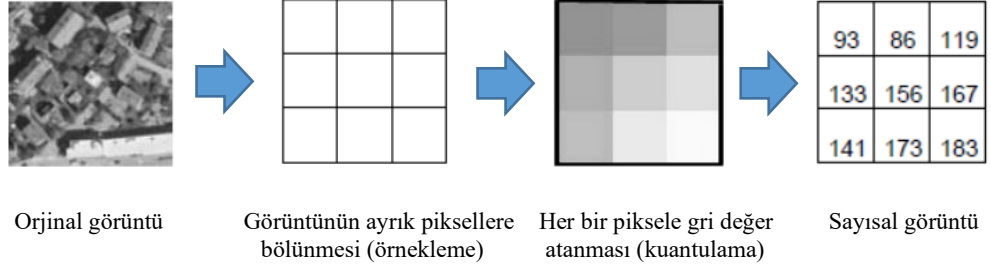


Şekil 2.1. Görüntü işlemenin ilişkili olduğu bilimsel konular (Çayıroğlu, 2020)

2.2. Görüntü İşlemede Temel Kavramlar

2.2.1. Sayısal Görüntü

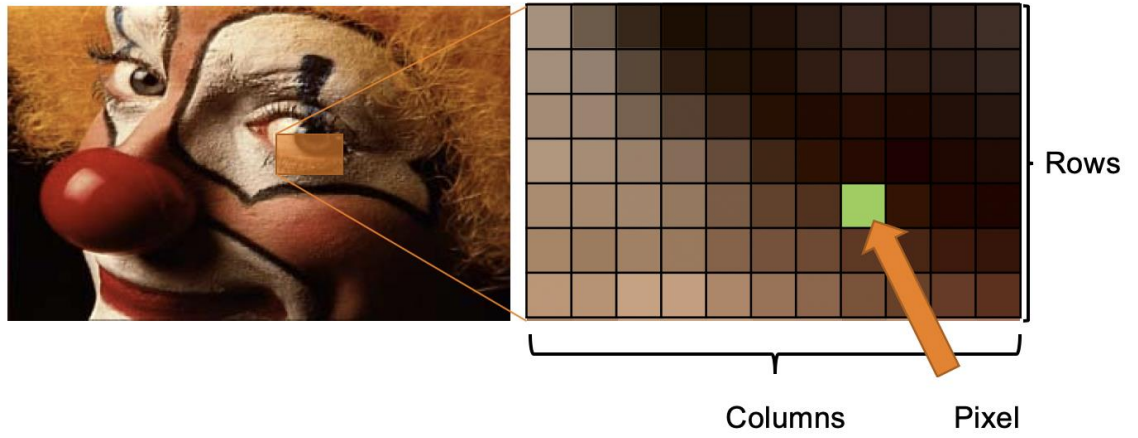
Sayısal görüntü, bilgisayar ortamında görüntülenebilir ve sayısal değerlerden oluşur. Herhangi bir görüntü üzerinde görüntü işleme yöntemlerinin kullanılabilmesi için sayısallaştırılması gerekmektedir. Sayısal görüntü elde etmek için iki işlem gereklidir. Bunlar; örnekleme ve kuantulamadır (nicemleme). Alınan görüntü fonksiyonu $f(x, y)$, hem koordinatlarında hem de yeğinlikte ayrı ayrı sayısal hale dönüştürülebilir. Koordinat değerlerinde yapılan sayısallaştırma örnekleme, yeğinlik değerlerinde yapılan sayısallaştırma ise kuantulama (nicemleme) adını alır (Gonzalez and Woods, 2002). Sayısal bir görüntünün oluşum aşamaları Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Sayısal görüntü oluşumu (Karşlı, 2015)

2.2.2 Piksel (Pixel)

Sayısal bir görüntü, satır ve sütun indisleri ile görüntü içerisindeki her bir noktayı tanımlayan elemanlardan oluşan bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanına görüntü elemanı yani piksel adı verilir. Piksel, sayısal bir görüntünün birim elemanı ve en temel yapı taşı olarak ifade edilebilir. Şekil 2.3'te örnek bir sayısal görüntü ve bu görüntünün belirli bir kısmındaki piksellerin büyütülmüş hali verilmiştir (Anonymous, 2021).



Şekil 2.3. Örnek sayısal görüntü ve piksellerin büyütülmüş gösterimi (Anonymous, 2021)

2.2.3. Parlaklık (Yeğinlik)

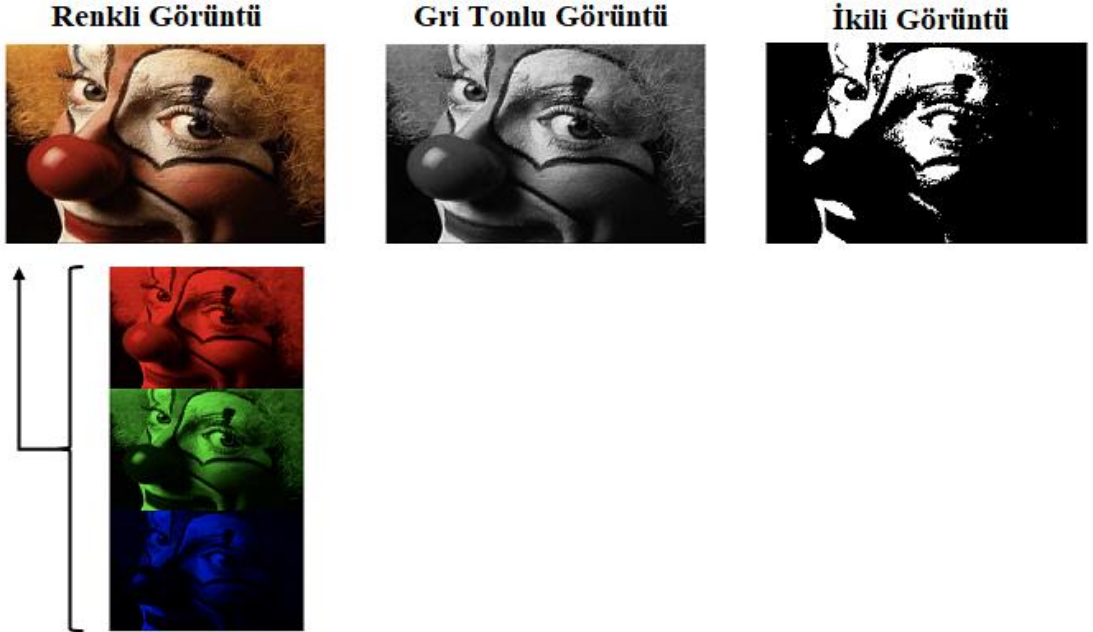
Sayısal bir görüntüyü iki değişkenin basit bir fonksiyonu olarak tanımlayacak olursak; $f(x, y)$ fonksiyonu şeklinde ifade edilen bir görüntüde ' f ' parlaklık gibi bir şiddet birimi, x ve y değişkenleri ise görüntünün koordinatlarıdır. Yani $f(x, y)$ fonksiyonu, sayısal bir görüntünün elemanları x, y konumlarına karşılık gelen noktaların parlaklık değerlerini verir.

2.2.4. Çözünürlük

Çözünürlük, sayısal bir görüntüdeki yatay ve dikey piksellerin çarpımı olarak tanımlanır. Sayısal bir görüntünün çözünürlüğü, görüntü içerisindeki detayların belirginleşme derecesidir. Çözünürlük, görüntünün kaç pikselle temsil edildiğini gösterir ve görüntünün boyutları hakkında herhangi bir bilgi içermez. Çözünürlük arttıkça başka bir deyişle görüntüdeki piksel sayısı arttıkça görüntü kalitesi de artacaktır.

2.3. Görüntü Türleri

Sayısal görüntü kendisini meydana getiren piksellerin renk değerleri aracılığı ile temsil edilir. Piksellerin renk değerleri, görüntünün türüne göre farklı aralıklarda farklı sayısal değerler alırlar. Görüntü işlemede 3 tip görüntü türünden bahsetmek mümkündür. Bunlar; renkli görüntü, gri tonlu görüntü ve ikili (binary) görüntüdür. Görüntü türlerine ait örnekler Şekil 2.4'te gösterilmiştir (Anonymous, 2021).



Şekil 2.4. Görüntü türleri (Anonymous, 2021)

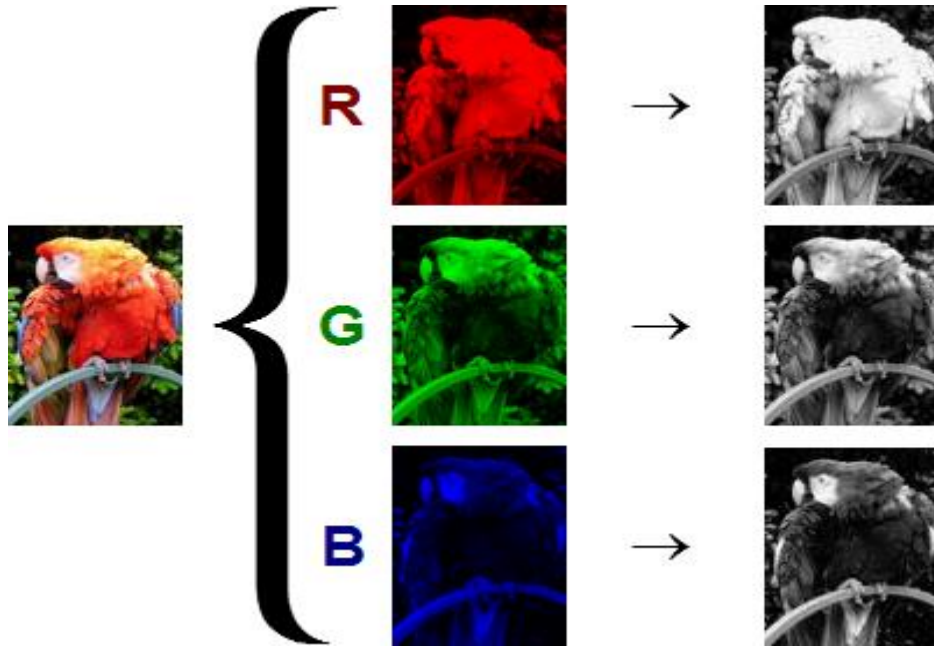
2.3.1. Renkli Görüntü

Çeşitli görüntü kaynakları aracılığıyla alınan görüntüler; kırmızı, yeşil ve mavi (red, green, blue) renklerinin karışımından oluşmuş RGB renk uzayına ait renkli görüntülerdir. Renk tanımlama sisteminin temeli, insan gözündeki ışık algılamaya

yarayan konik yapılı hücrelerin kırmızı, yeşil ve mavi ışıklara karşı hassas olduğu bilgisinden hareketle oluşturulmuştur. Bu nedenle kırmızı, yeşil ve mavi, ışığı oluşturan ana renkler olarak belirlenmiştir. Bu üç ana rengin belirli oranlarda karıştırılması sonucu diğer ara renkler oluşmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavinin yüzde yüz oranda birleştirilmesi sonucu beyaz renk, bu renklerin ortamda bulunmaması durumunda ise siyah renk meydana gelmektedir.

Renkli görüntüler; kırmızı (red), yeşil (green) ve mavinin (blue) 0 – 255 sayıları arasında değişen değerler ile temsil edilmesi olarak ifade edilir. Bu duruma göre tüm renk değerleri (0,0,0) olduğunda görüntü siyah, (255,255,255) olduğunda ise beyaz olacaktır. Renkli görüntülere ait $f(x, y)$ fonksiyonu, 0 ile 255 arasında sayısal bir büyüklük değil, 3 elemanlı bir vektör şeklindedir.

Görüntü işleme için yapılacak olan en temel işlem renk uzayları arasındaki dönüşüm işlemleridir. RGB renk uzayına ait renkli görüntüler, amaca göre ya gri tonlu görüntü formatına ya da ikili görüntü haline çevrilerek görüntü işleme için hazır duruma getirilir. Şekil 5'te örnek bir renkli görüntünün üç farklı renk kanalına ayrılması ve her bir renk kanalının gri tonlu görüntü formatına çevrilmesi gösterilmiştir (Anonymous, 2021).



Şekil 2.5. Farklı renk kanallı gri tonlamalı görüntüden renkli görüntü elde edilmesi (Anonymous, 2021)

2.3.2. Gri Görüntü

Gri tonlu görüntüler, yalnızca ışık yoğunluğunu gösteren renksiz görüntülerdir ve farklı tonlardaki gri tonlu değerlerden oluşmaktadır. Bu görüntüler bilgisayarda en düşük veri depolama alanı olarak 8 bit formatında saklanır. Yani her bir piksel 8 bitlik ikili kod halinde depolanır. Demek ki $2^8 = 256$ olarak gösterilirse, bir gri tonlu görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri vardır. Burada 0 ile gri ton olarak karanlık renk nitelendirilirken 255 değeri ile gri ton olarak parlak şekilde ifade edilmektedir. Bu iki ton arasında ise farklı gri renk tonlarına ait değerler bulunmaktadır.

Gri bir görüntüye gerekli görüntü işleme adımlarının uygulanabilmesi için görüntünün önce ikili formata dönüştürülmesi gerekir. Böylece elde edilen yeni ikili görüntü üzerinde işlemler gerçekleştirilebilir.

2.3.3. İkili (Binary) Görüntü

Bir görüntünün sadece siyah ve beyaz renklerden oluşması demektir. Böyle bir görüntüde her bir piksel, 0 veya 1 değerini alır. Burada beyaz pikseller 0 değeri ile temsil edilirken siyah pikseller de 1 değeri ile gösterilir. Görüntü işleme algoritmalarının temel yapı taşı olarak ifade edilebilir. Görüntüler üzerinde çeşitli işlemler yapabilmek için görüntüler ikili görüntü formatına dönüştürülmelidir. İkili görüntüler sıklıkla gri tonlu görüntülerde tanımlanan eşik değere göre üretilir.

2.4. Görüntü İşleme Yöntemleri

Görüntü işleme yöntemleri, bilgisayar ortamına aktarılmış olan sayısal bir görüntünün çeşitli algoritmalar aracılığıyla işlenip sonuçlar çıkarılması ve sonuçların yorumlanması olarak ifade edilebilir. Genel olarak görüntü işleme, giriş olarak alınan bir görüntünün değiştirilerek çıkış görüntüsü şeklinde iletilmesinde çeşitli metotların kullanılması olarak tanımlanır. Sayısal görüntü işleme, gerçek dünyadan renkli olarak elde edilen görüntünün ikili formata dönüştürülmesi esasına dayanır. İkili görüntüler üzerinde yapılan işlemler sonrası sonuca daha kolay ve hızlı şekilde ulaşılır. Sayısal bir görüntüyü oluşturan piksellere ait sayısal değerler kullanılarak araştırmacının amacına uygun işe yarar sonuçlar ve çıkarımlar elde edilmeye çalışılır. Araştırmacılar tarafından sayısal görüntü işleme için filtreleme, histogram ve eşikleme gibi pek çok yöntem kullanılmaktadır.

2.4.1. Görüntü Eşikleme

Bu işlem, görüntü içerisinde bulunan nesnelere arka plandan ayırma amacıyla kullanılır. Eşikleme işlemi genellikle gri formattaki bir görüntünün ikili hale dönüştürülme işlemi olarak yapılıyor olsa da bazı durumlarda renkli bir görüntüdeki piksellerin R, G ve B değerleri için de uygulanabilir. Burada ilk olarak uygun bir eşik değeri belirlenerek işleme başlanır. Eşik değeri belirlendikten sonra görüntüdeki her bir piksel, bir nesne gibi düşünülür ve bu eşik değeri ile kıyaslaması yapılır. Kıyaslama sonrası bu değerin üzerinde olan piksel değerleri beyaz yani nesne, altında olan değerler ise siyah yani arka plan olacak şekilde yeniden düzenlenir (Gönenç ve Öner, 2021).

Giriş görüntüsü $f(x, y)$, çıkış görüntüsü $f'(x, y)$ ve ϵ , belirlenen bir eşikleme değerini ifade etmek üzere yeni görüntüyü oluşturmak için kullanılan denklem Eşitlik (2.1)'de verilmiştir (Solak, 2016).

$$f'(x, y) = \begin{cases} \min & \rightarrow & f(x, y) \leq \epsilon \\ \max & \rightarrow & f(x, y) > \epsilon \end{cases} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de bulunan min ve max değerleri, yeni görüntüdeki yeni değerlerdir. Eşitlik (2.2)'de RGB renk uzayından renkli bir görüntüye eşikleme işlemi uygulanması sonucu bir pikselin değişimini gösteren ifade sunulmuştur (Solak, 2016).

$$f'(x, y) = \begin{cases} 255 & \rightarrow & R(\min, \max) \cap G(\min, \max) \cap B(\min, \max) \\ 0 & \rightarrow & \text{Uymuyorsa} \end{cases} \quad (2.2)$$

2.4.2. Morfolojik İşlemler

Görüntü işlemede yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi olan morfolojik işlemler, özellikle tarım alanında ürünler ile ilgili yapılan çok sayıda çalışmada kendisine uygulama alanı bulmaktadır. Genellikle bir görüntü içerisindeki nesnelere ortaya çıkarmak amacıyla uygulanan işlemlerdir. Morfolojik işlemler yardımı ile karmaşık şekilde hareket eden görüntü verisi anlamlı parçalara ayrılabilir ve bu parçalar diğer yabancı nesnelere kısımlardan kolayca ayırt edilebilir (Haralick, 1988). Morfolojik işlemler, görüntülerin sadeleştirilmesi veya görüntüde bulunan nesnelere arasında meydana gelen bağlantı ya da kopuklukların giderilmesi amacıyla da kullanılmaktadır. Morfolojik işlemler, ikili görüntülerin analizinde, gürültü giderme ve görüntü iyileştirme gibi pek çok işlemde kullanılmaktadır (Akar, 2009). Morfolojik işlem uygulamaları için görüntüdeki nesnelere komşu piksel değerleri incelenerek

ikili görüntü için yapılacak olan işleme karar verilmektedir. Karar verilen işlem uygulandıktan sonra çıkış görüntüsünde ilgilenilen nesneye ait piksel değerleri değiştirilmiş olacaktır.

Morfolojik işlemlerin temelinde genişletme ve aşındırma olmak üzere iki morfolojik işlem yatmaktadır. Bu iki morfolojik işlemin farklı kombinasyonları diğer işlemleri meydana getirmektedir. Görüntü üzerinde morfolojik işlemlerin uygulanabilmesi için görüntünün önce ikili formata dönüştürülmesi gerekmektedir.

2.4.2.1. Genişletme

İkili görüntü içerisindeki nesnelerin, yapısal element değeri ile işleme alınıp komşu piksel değerlerinde değişiklikler yapılması olarak tanımlanmaktadır. Genişletme işlemi ile ikili görüntüde ilgilenilen nesnelerin boyutları büyür ve dış hatları kalınlaşır. Böylece genişletme işlemi sayesinde görüntü içerisinde var olan küçük boşluklar doldurularak delikler kapanmış olur. Eşitlik (2.3) ve Eşitlik (2.4)'te ikili görüntüler için genişletme işlemine ilişkin denklemler verilmiştir.

$$f'(x, y) = f(x, y) \oplus Y(i, j) \quad (2.3)$$

$$f'(x, y) = \bigcup_{i=0}^{N-1} \bigcup_{j=0}^{N-1} Y(i, j) \cap f(x - i, y - j) \quad (2.4)$$

Burada $f(x, y)$ giriş görüntüsünü, $Y(i, j)$ yapısal elementi ve $f'(x, y)$ çıkış görüntüsünü ifade etmektedir. Yapısal elementin boyutları $(N \times N)$ şeklinde bir kare matristir ve N genellikle bir tek sayıdır. Morfolojik genişletme işlemi ifade etmek için \oplus operatörü kullanılmaktadır (Le vd., 2011).

2.4.2.2. Aşındırma

Bu işlem ise genişletme işleminin tersine görüntüdeki nesnelerin boyutlarını daraltır ve dış hatlarını inceltir. Böylelikle aşındırma işlemi ile görüntüde bulunan delikler büyür, sınırlar küçülür ve bitişik durumdaki nesneler birbirinden ayrılır. Matematiksel denklemlerde morfolojik aşındırma işlemi ifade etmek için \ominus operatörü kullanılmaktadır (Le vd., 2011). Eşitlik (2.5) ve Eşitlik (2.6)'da ikili görüntüler için aşındırma işlemine ait denklemler verilmiştir.

$$f'(x, y) = f(x, y) \ominus Y(i, j) \quad (2.5)$$

$$f'(x, y) = \prod_{i=0}^{N-1} \prod_{j=0}^{N-1} Y(i, j) \cup f(x + i, y + j) \quad (2.6)$$

2.4.2.3. Açma

Açma işlemi, bir görüntüye uygulanan aşındırma işleminden sonra oluşan çıktı görüntüsüne genişletme işlemi yapılması sonucu elde edilir. Bu işlemde, birbirine yakın halde bulunan nesnelere görüntüde fazla değişim yaratmadan birbirinden ayrılmış olurlar. Eşitlik (2.7)'de açma işleminin bulunduğu matematiksel ifade verilmiştir. Morfolojik açma işlemi için o operatörü kullanılmaktadır (Karhan, 2011).

$$f'(x, y) = f(x, y) \circ Y(i, j) \Rightarrow [f(x, y) \ominus Y(i, j)] \oplus Y(i, j) \quad (2.7)$$

2.4.2.4. Kapama

Kapama işlemi, görüntü üzerinde yapılan genişletme işleminin hemen ardından oluşan yeni çıktı görüntüsüne aşındırma işleminin uygulanması sonucu elde edilmektedir. Böylece bu işlemde, birbirine yakın durumda bulunan nesnelere görüntüde fazla değişime sebebiyet vermeden birleşirler (Atalı vd., 2016). Eşitlik (2.8)'de kapama işlemine ait matematiksel ifade verilmiştir. Morfolojik kapama işlemi için \bullet operatörü kullanılmaktadır (Karhan, 2011).

$$f'(x, y) = f(x, y) \bullet Y(i, j) \Rightarrow [f(x, y) \oplus Y(i, j)] \ominus Y(i, j) \quad (2.8)$$

2.4.3. Nesne Tanıma ve Özellik Çıkarımı (Alan Bulma)

Araştırmacılar tarafından bir görüntü içerisinde bulunan nesnelere tanımlanıp bu nesnelere ait bazı özellikler ortaya çıkarılmak istenebilir. Bu amaçla özellikle nesnelere ait boyut, konum ve alan gibi değişkenlere ait bilgilere ulaşmak için moment alma işlemi gerçekleştirilir. İlk olarak ikili görüntüye uygulanan morfolojik işlemler sonrası nesnelere belirginleştirilerek net bir biçimde dış hatlarının çizdirilmesi ve ardından numaralandırılması işlemi yapılır. Bu işlemlerden sonra artık numaralandırılmış olan her bir nesnenin alanı, moment alma yöntemi yardımıyla bulunabilir. Eşitlik (2.9)'da alan hesaplaması için kullanılacak olan denklem verilmiştir. Bu denklemde bulunan G_{alan} , alanı bulunacak nesneyi, $G(x, y)$ nesneye ait koordinatlardaki değerleri ifade etmektedir (Solak, 2016).

$$G_{alan} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} G(x, y) \quad (2.9)$$

Görüntü işleme uygulamaları için kullanılan moment denklemleri Eşitlik (2.10) ve Eşitlik (2.11)'de gösterilmiştir. Burada $m_k pq$ ifadesi k cisminin p ve q -ncü dereceden momentini, $G(x, y)$ momenti alınacak olan nesnelere bulduğu ikili görüntüyü, M ve N ise görüntünün satır ve sütun sayılarını ifade etmektedir. Denklemlerde bulunan p ve q değerleri 0,1,2 gibi tam sayılardır.

$$m_k pq = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q G(x, y) \quad (2.10)$$

$$m_k pq = \int_x \int_y x^p y^q G(x, y) dy dx \quad (2.11)$$

Eşitlik (2.10) ve Eşitlik (2.11)'de yer alan p ve q değerlerinin 0 olduğu durumda, 0-ncü dereceden moment hesaplanmış olur. Böylece görüntüdeki her bir nesneye ait piksel cinsinden alanlar bulunur. $m_k 00$ değeri yani 0-ncü dereceden moment, Eşitlik (2.12) ve Eşitlik (2.13)'te sunulmuştur.

$$p = 0 \text{ ve } q = 0 \rightarrow m_k 00 = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} G(x, y) \quad (2.12)$$

$$p = 0 \text{ ve } q = 0 \rightarrow m_k 00 = \int_x \int_y G(x, y) dy dx \quad (2.13)$$

2.5. Kümeleme Yöntemleri

Genel olarak kümeleme yöntemleri, gözlemlerin kümelere olan üyelikleri ile ilgili bilgilere göre katı ve yumuşak olarak iki farklı başlık altında incelenebilir. Katı kümeleme, gözlemin bir kümeye ait olup olmaması durumu olarak tanımlanırken yumuşak kümeleme ise gözlemlerin her bir kümeye 0 ile 1 arasında değişen değerler ile üye olması durumu olarak ifade edilir.

2.5.1. K-Ortalama Yöntemi

Araştırmacı, küme sayısı hakkında herhangi bir ön bilgiye sahipse ve anlamlı olabilecek küme sayısına karar vermişse hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemi tercih edilebilir. K-Ortalama yöntemi, hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerindedir. Bu yöntemde, gözlemlerin kümelere dağılımı rastgele olabilir. Oluşacak küme sayısı belirlendikten sonra, kümeleme kriterine göre gözlemlerin hangi kümelerin elemanı olacağına karar verilir ve kümelere atama işlemi gerçekleştirilir.

K-Ortalama yönteminde kümelere atama işlemleri, her bir gözlemin yalnızca bir kümeye ait olması esasına dayanır (Evans, 2005). Bu yöntem, her bir gözlemin kendisine en yakın merkezli kümeye dahil olması mantığı üzerine kuruludur. Bu algoritmada küme sayısına karar verilerek işleme başlanır. Algoritmanın işleyişine ait adımlar aşağıda verilmiştir.

- i. İlk olarak belirlenen c adet kümeye ait küme merkezleri hesaplanır.
- ii. Her bir gözlem kendisine en yakın merkezli kümeye atanır.
- iii. Kümelere atanan her gözlem sonrası küme merkezleri yeniden hesaplanır. Böylece her atama işlemi sonrası küme merkezleri güncellenmiş olur. Yapılan güncellemelerin ardından her bir gözlem için içinde bulunduğu küme merkezinden daha yakın merkeze sahip bir küme varsa o gözlem en yakın merkezli olan kümeye atanır.
- iv. Kümeler arasında yapılacak tüm atamalar bitene kadar bir önceki adım tekrarlanır (Aggarwal and Reddy, 2014).

K-Ortalama yönteminde amaç, küme içi benzerliklerin en yüksek, kümeler arası benzerliklerin en az olduğu kümeleri ortaya çıkarmaktır.

2.5.2. Bulanık Kümeleme Analizi

Bulanık kümeleme, kümeler birbirinden tam ve kesin olarak ayıramıyorsa veya bazı gözlemlerin hangi kümenin elemanı olduğuyla alakalı şüpheli durumlar varsa uygun bir yöntem olarak önerilmektedir. Bulanık kümeler, gözlemlerin kümelere üyelik kaydının 0 ile 1 arasında tanımlanmış olduğu her bir gözlemi belirleyen fonksiyonlardır. Aynı küme içerisinde bulunan yüksek üyelik dereceli gözlemler birbirleriyle çok benzerdir (Erilli, 2009).

Bulanık kümelemede her bir gözlemin sadece tek bir kümeye dahil olma zorunluluğu yoktur. Bu yaklaşımda gözlemlerin kümelere belirli üyelik dereceleriyle aitliği söz konusudur ve gözlemlerin diğer kümelere olan üyelikleri hakkında bilgiler elde edilir. Ayrıca üyelik dereceleri, kümeler ve kümelerin elemanları olan gözlemler arasında var olan başka karmaşık durumların ortaya çıkarılmasını ve yorumlanmasını sağlayacaktır (Mansoori, 2011).

Bulanık kümeleme, kullanılacak olan uzaklık ölçütü konusunda esneklerdir. Burada küme yapısına ve kullanılan algoritmaya bağlı olarak istenilen uzaklık ölçüsü seçilebilir.

2.5.2.1. Bulanık C-Ortalamlar Algoritması (BCO Algoritması)

Bulanık C-Ortalamlar (BCO) algoritması, Bezdek (1974) tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, amaç fonksiyonuna dayalı tüm kümeleme yöntemlerinin temelini oluşturur. BCO algoritması, 'p' boyutlu uzaydaki bir veri setini, belirlenmiş 'c' sayıda küresel noktalar kümesine ayırır. Prototip adı verilen küme merkezleri, her bir kümeyi temsil eder. Uzaklık ölçüsü olarak gözlemler ve küme merkezleri arasındaki Öklid uzaklığı tercih edilir (Höppner vd., 1999). Burada algoritma, en küçük kareler yönteminin genellemesidir ve

$$J(u, v) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^c u_{jk}^m \|x_{ji} - v_{jk}\|^2 \quad (3.1)$$

olarak sunulan amaç fonksiyonu minimize edilmeye çalışılır. Burada küme merkezi (prototip) vektörü;

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_c] \quad (3.2)$$

şeklinde iken gözlemler ve küme merkezleri arası Öklid uzaklığı ise;

$$d_{ik} = d(x_i, v_k) = \left[\sum_{t=1}^p (x_{ji} - v_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

şeklinde bulunur. Eşitlik (3.1)'de sunulan denklemdeki 'm', bulanıklığı ağırlıklandırma derecesidir ve $1 \leq m < \infty$ aralığında yer alır. Bulanık kümelemede her bir gözlemin tüm kümelere olan üyelik katsayıları toplamı daima '1' olacak şekilde pozitifdir.

Rastgele bir U üyelik matrisi atanarak algoritmaya başlanır. Algoritma başlatıldıktan sonra ikinci adımda merkez vektörler hesaplanır. Eşitlik (3.4)'te verilen denklem yardımı ile merkezler bulunur (Yang, 1993).

$$v_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jk}^m x_{ik}}{\sum_{j=1}^n u_{jk}^m}; 1 \leq i \leq c \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.5)'te sunulan denklem kullanılarak hesaplanan küme merkezlerine göre U matrisi yeniden hesaplanır. Sonuçta eski U matrisi ile yeni U matrisi karşılaştırılır ve bulunan fark belirlenen bir işlem sonlandırma kriteri olan ε 'dan küçük olana kadar işlemler devam ettirilir (Moertini, 2002).

$$u_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ji}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (3.5)$$

Bulanık C-Ortalamalar algoritmasının çalışma prensibi, gözlemlerin yüksek dereceli kümeyle dahil olması şeklinde işlemektedir. Ancak bunun yanında, gözlemlerin farklı kümelerle farklı derecelerde aitliği de söz konusudur. Bu algoritmada, atanan rastgele değerler ile iteratif olarak sürekli güncelleme yapan bir yapıdan bahsedilir. Tekrar eden bu süreç sayesinde algoritma sonlandığında, küme merkezleri veri seti içerisinde doğru yere konumlanmış olur. BCO algoritmasının en karakteristik özelliği, kümeleme sonucunda oluşan kümelerle birlikte veri setine ait üyelik matrisi varlığıdır. Bu matris, algoritma sonucunda ortaya çıkan kümeler ile her bir gözlem arasında var olan belirsiz durumları anlaşılır hale getirilerek çeşitli çıkarımlar yapılmasını sağlar.

Yaygın olarak kullanılan ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden olan K-Ortalama yönteminde, her bir gözlem için yalnızca tek bir küme üyeliği şartı bulunduğundan bu yöntem, katı kümeleme (hard clustering) olarak adlandırılmaktadır. Gözlemlerin buldukları küme dahil diğer kümelerle de belirli derecelerde üyeliklerinin söz konusu olduğu Bulanık C-Ortalamalar algoritması ise yumuşak kümeleme (soft clustering) olarak bilinir ve katı kümeleme K-Ortalama yönteminin geliştirilmesi şeklinde tanımlanabilir.

K-Ortalama yönteminde avantaj, yüksek kapsama hızı ve düşük miktardaki depolama kapasitesidir. Ancak bu yöntemin pek çok dezavantajından da bahsetmek mümkündür. K-Ortalama yönteminin en büyük dezavantajı, gözlemlerin '0' veya '1' olarak tanımlanan üyelik katsayılarına sahip olmalarıdır. Bu durum, gözlem ile küme arasındaki ilişki hakkında yeterli bilgi vermez (Berkhin, 2006). Bulanık C-Ortalamalar algoritmasının en önemli avantajı ise veri seti hakkında detaylı bilgiler vererek gözlemler ve kümeler ile ilgili başka karmaşık durumların ortaya çıkmasını sağlamasıdır. Bununla birlikte büyük veri setleri ile çalışıldığında ya da kümeleme sonucunda fazla sayıda küme oluştuğunda, pek çok çıktı olacağından sonuçları yorumlamak oldukça zahmetli ve zor olacaktır (Şahinli, 1999).

3. BULGULAR

Bu çalışmada kullanılan zeytin tanelerine ait numuneler, Ege Bölgesi Dikili-Ayvalık arası Kıratlı Köyü dolaylarında yetiştirilen zeytin ağaçlarından elde edilen ürünlerden temin edilmiştir. Numune seçimi için zeytin meyvelerinin tam olgunluğa erişme dönemi başlangıcı yani hasadın ilk zamanları tercih edilmiştir. Toplanan zeytinlerden Domat, yeşil Ayvalık, yeşil Gemlik ve siyah Gemlik olmak üzere dört farklı tür belirlenmiş ve her türden 40 adet zeytin tanesi alınarak toplamda 160 zeytin tanesi seçilmiştir. Seçim aşamasından sonra zeytin tanelerinin net bir görüntüsünü alabilmek için uygun şartlarda fotoğrafıma işlemi yapılmıştır. Fotoğraf çekimi için 15.1 megapiksel çözünürlüklü, 3 inç LCD ekran (920 bin piksel), 9 noktalı netlik sistemi ve 22.3×14.9 mm APS-C CMOS görüntü sensörüne sahip büyük boyutlu baskılara ve görüntü üzerinde esnek kırpmalara olanak sağlayan Canon EOS 500D fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Çekim işlemi karanlık olmayan, normal ışık alan ve ortamda doğal ışık dışında başka ışık kaynağı bulunmayan bir odada gerçekleştirilmiştir. Alınan görüntüde zeytin tanelerinin gölge oluşturma ve parlama durumlarının önüne geçilmeye özen gösterilmiştir. Kaliteli bir görüntü elde etmek amacıyla doğru açı yakalanmaya çalışılmış ve kameranın objektifi ile zeytin taneleri arasında belirli bir mesafe korunmuştur. Elde edilen görüntü dosyası jpg formatında ve 658x405 çözünürlüğündedir.

Çalışmada üreticiden zeytin alımı esnasında kullanılmak üzere bir çeşit belirleme işlemi amaçlandığı için özel bir düzenek hazırlanmamıştır. Çünkü üretici ile alıcı arasında yapılan bu alışveriş ya tarlada ya da ürünlerin alım satımının gerçekleştiği belirli bir meydana yapılmaktadır. Bu alanlarda böylesi bir düzenek kurulması her zaman pek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada da özel bir düzenek tasarımı tercih edilmemiştir.

Zeytin tanelerinin alınan uygun bir görüntüsü üzerinde çeşitli görüntü işleme adımları uygulanarak görüntüde bulunan zeytin tanelerinin piksel cinsinden kapladıkları alanlar bakımından boyut ve renk değişkenlerine ait sayısal veriler elde edilmiştir. Veri elde etme aşamasından sonra zeytin tanelerinin çeşit ayrımı için kümeleme yöntemlerinden K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması kullanılarak analizler yapılmıştır. Yapılan kümeleme analizleri sonucu oluşan kümeler ve kümelerde yer alan zeytin tanelerinin durumları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bununla birlikte başlangıçtaki zeytin türlerine ait ön bilgi dikkate alınarak kullanılan

yöntemlerin zeytinleri nasıl kümelendirdiği ve çeşit tespitindeki başarıları da ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir.

3.1. Veri Elde Etme Süreci

3.1.1. Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Boyut Tespiti

Çalışmanın kodlama aşamasına geçmeden önce bir algoritma çalışması yapılmış ve uygulama süresi boyunca izlenecek adımlar belirlenmiştir. Bu adımlar aşağıda Tablo 3.1’de verilmiştir. Kodlama aşamasında kullanıcılarca eklenen çok sayıda özgün paketten oluşan, ücretsiz olup açık kaynak olarak sunulan ve akademik çalışmalarda kullanılabilirliği kabul gören bir istatistiksel yazılım geliştirme ortamı olan ‘R’ paket programı kullanılmıştır.

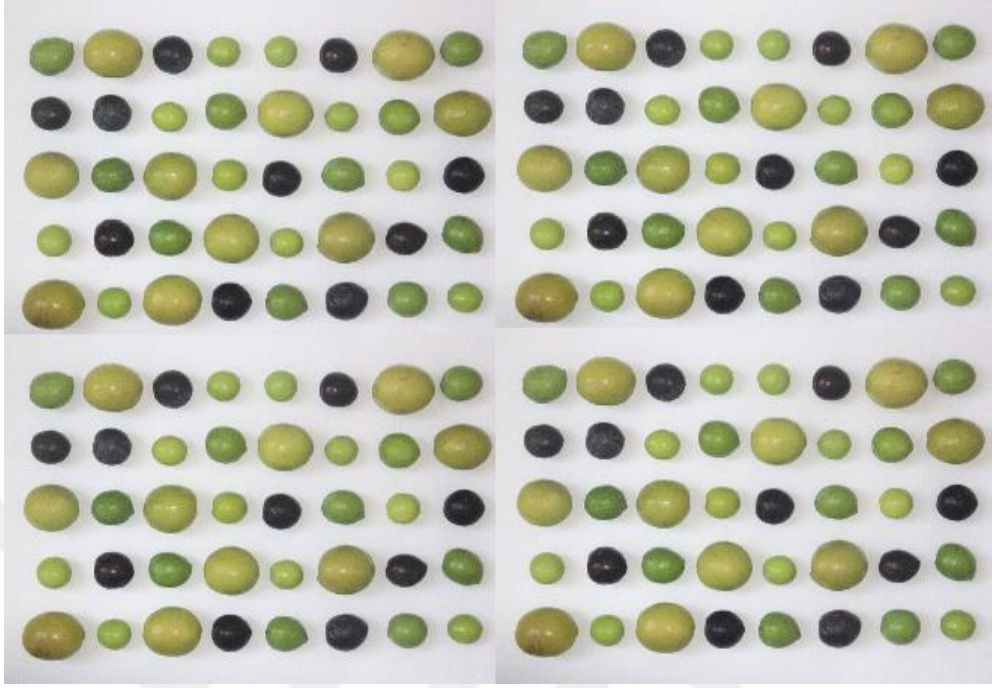
Tablo 3.1. Uygulama planı

Kameradan görüntünün alınması
Görüntü dosyasını sisteme aktarma ve sayısal görüntüye dönüştürme
Görüntüyü gri ton-gri ton yeşil kanal görüntü formatına dönüştürme
Görüntüyü ters çevirme
Görüntüyü uygun bir eşik değeri ile eşikleme-Görüntüyü ikili (binary) formata dönüştürme
Görüntüye morfolojik işlemler uygulama
Zeytin tanelerini numaralandırma
Zeytin tanelerinin görüntü düzlemindeki büyüklük değerlerini bulma

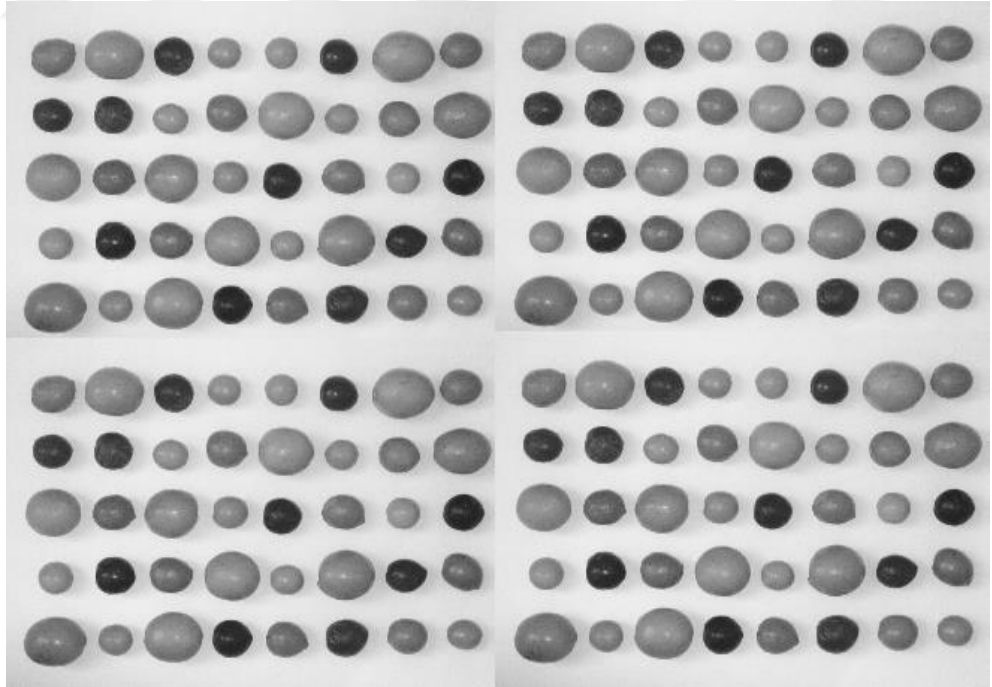
İlk önce zeytin tanelerine ait numunelerin bulunduğu görüntü dosyası bir matris olarak okutulup sisteme aktarılmıştır. Orijinal görüntü Şekil 3.1’de görülmektedir. R programında görüntü işleme ve analiz yapabilmek için öncelikle gerekli olan paketin kurulu olması gerekmektedir. R’da bu görevi “EBImage” ifadesi yerine getirmektedir.

Fotoğrafın sistemde okutulmasının ardından görüntü üzerinde daha fazla işlem yapmamıza olanak sağlaması açısından görüntü önce gri tonlu görüntü formatına dönüştürülmelidir. Gri tonlu görüntüler için algoritmalar, gri ton değerlerinin iki temel özelliği olan benzerlik ve süreksizlikten birine dayalı olarak oluşturulur. Gri ton değerlerindeki süreksizliklere ilişkin temel yaklaşım, gri tonlardaki ani değişimlere bağlı olarak bir görüntüyü gösterim ve tanılama aşamalarına hazır hale getirmektir.

Orijinal görüntünün gri formata çevrilmiş hali Şekil 3.2’de, histogramı ise Şekil 3.3’te verilmiştir.

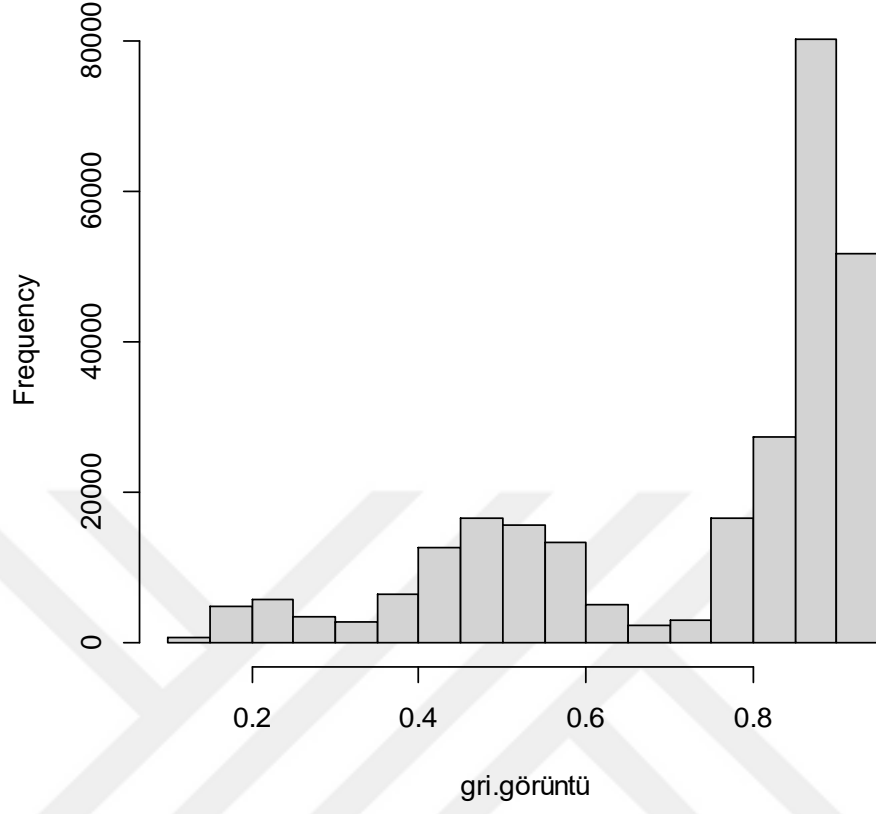


Şekil 3.1. Orijinal görüntü



Şekil 3.2. Gri tonlu görüntü

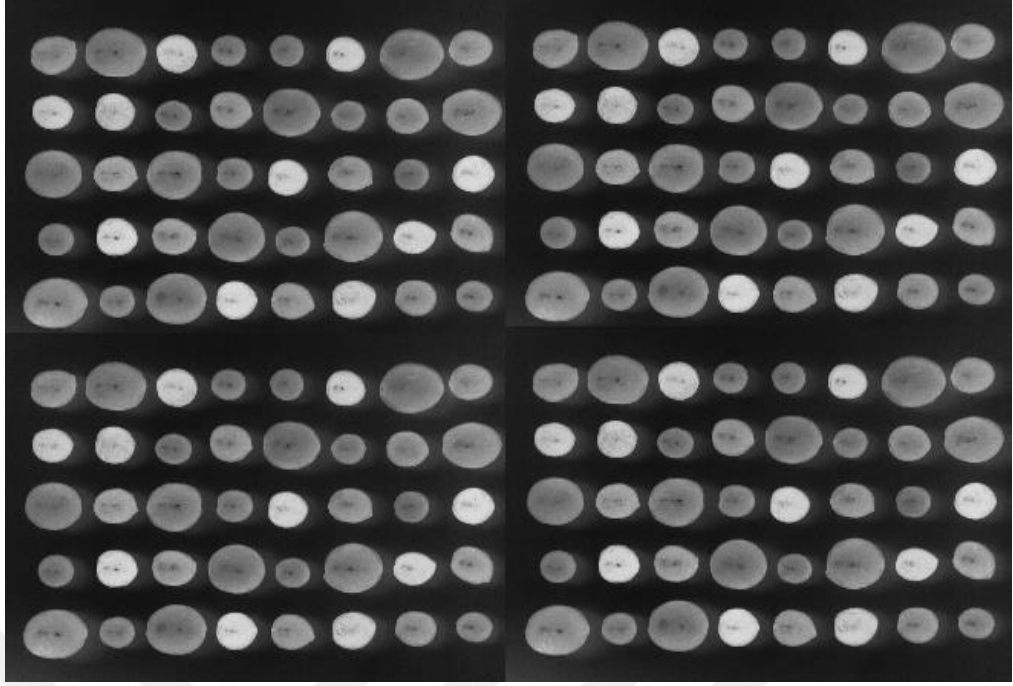
Histogram of gri.görüntü



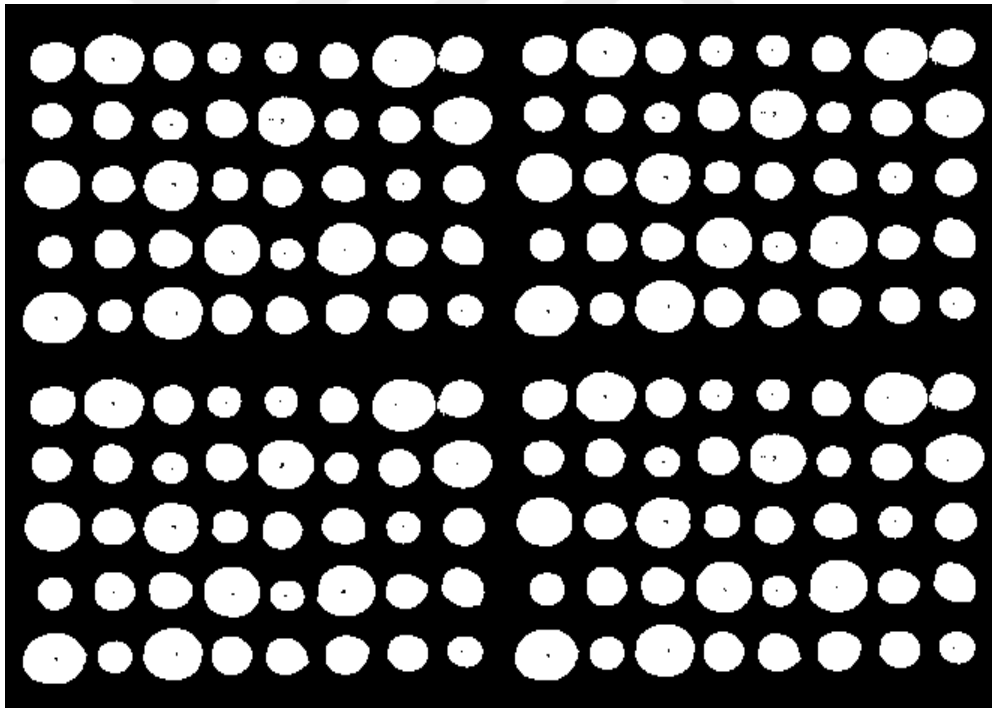
Şekil 3.3. Gri tonlu görüntü histogramı

Gri tonlu formattaki görüntü daha sonra ters çevrilmiş ve bu görüntüdeki parlaklık eşik değerleri tespit edilerek asıl görüntü işlemede kullanılacak olan ikili görüntü formatına dönüştürme işlemi uygulanmıştır. Amaca uygun eşik değer belirlenip görüntüye eşikleme işlemi yapıldıktan sonra görüntüde nesnelere ile arka plan birbirinden tam olarak ayrılmış olur. Böylece görüntü artık sadece siyah ve beyaz renklerden oluşmaktadır. Zeytin tanelerinin görüntüdeki boyutlarına ilişkin bilgilerin bulunmasında, bütün zeytin tanelerinin net bir şekilde ikili görüntüde yer alması oldukça önemlidir. Ters çevirme ve eşikleme sonrası görüntünün durumu Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

Eşikleme sonucu meydana gelen ikili görüntüde ayırt edilemeyen detayların ortaya çıkarılması ya da taneleri gereksiz noktalardan temizlemek için morfolojik işlemlere ait adımlar kullanılır. Morfolojik işlemler, belirginleştirilmek istenen tanelerin piksel büyüklüklerini artırır.



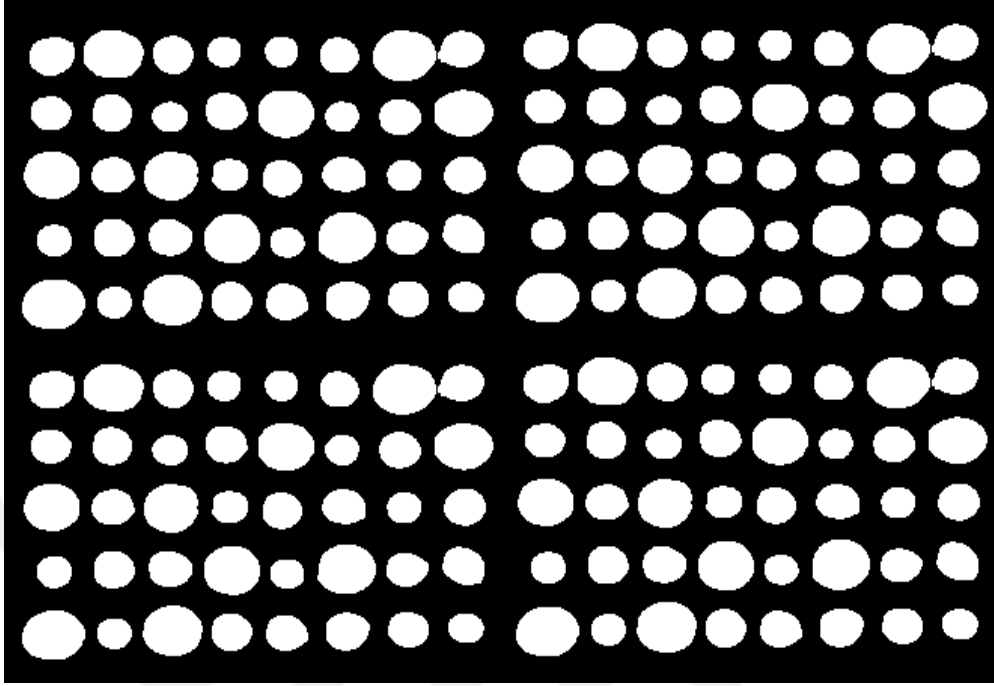
Şekil 3.4. Gri ton ters çevrilmiş görüntü



Şekil 3.5. Gri ton ikili görüntü

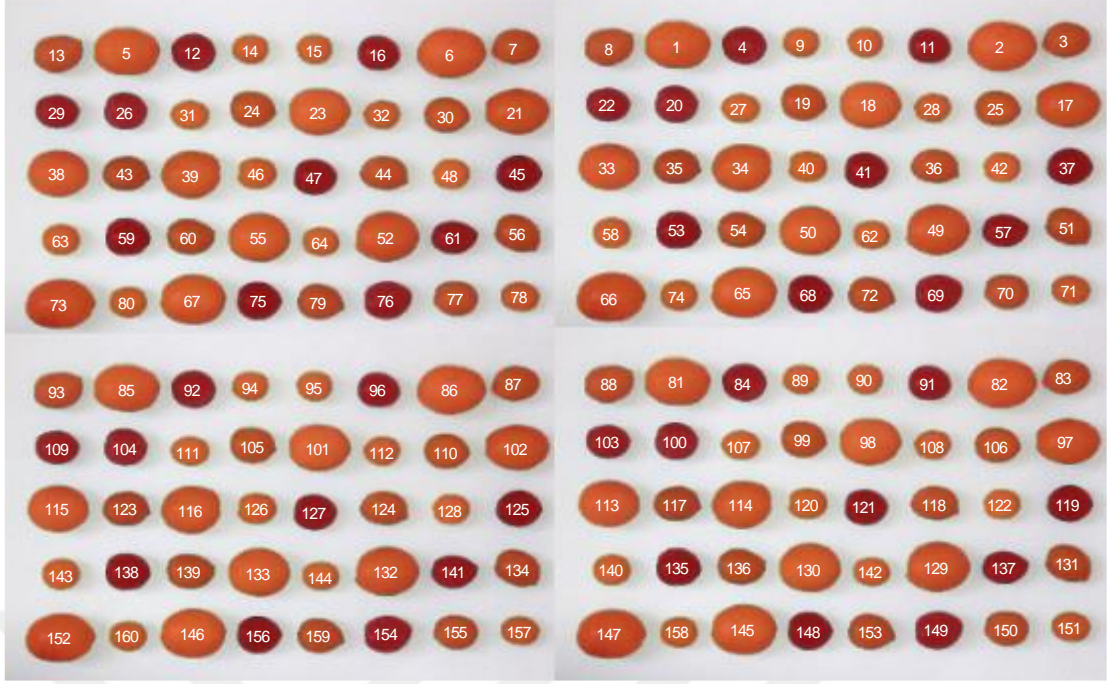
Burada ikili görüntüye önce genişletme hemen ardından aşındırma işlemi uygulanarak zeytin tanelerinin görüntüde net bir şekilde öne çıkması sağlanmıştır (Gönenç ve Öner, 2021). Böylece ikili görüntüde birbirine çok yakın durumdaki pikseller birleştirilir, tanelerde görülen delikler kapanır ve boşluklar azalır. Dolayısıyla

görüntüye kapama işlemi yapılmış olur. Morfolojik işlemler sonrası oluşan yeni görüntü Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kapama işlemi sonrası görüntü

Morfolojik işlemler aşamasında gerekli adımlar ikili görüntüye uygulandıktan sonra Şekil 3.6’da görüldüğü gibi zeytin taneleri net bir biçimde program tarafından çizilmiştir. Ancak sistemin zeytin adedini tam ve doğru olarak işleyip işlemediğini anlayabilmek için bir sağlama yapmak gerekir. Eğer sağlama sonucunda zeytin adedi doğru olarak verilirse bu durum sistemin zeytinleri gayet net bir şekilde tanıdığını ve sürecin doğru işlediğini gösterir. Yapılan sağlamanın ardından zeytin taneleri numaralandırılır. Böylece alan bulma aşamasında ortaya çıkabilecek karışıklığın önüne geçilmiş olur. Çünkü numaralandırma yapmadan hangi alanın hangi numaralı zeytini temsil ettiği bilinemez. Bu sebeple zeytin tanelerinin üzerine numaraları yazdırılmıştır. Numaralandırma işleminden sonra artık moment alma yöntemi kullanılarak alan bulma aşamasına geçilebilir (Gönenç ve Öner, 2021). Üzerine numaraları yazılmış zeytin tanelerine ait görüntü Şekil 3.7’de görülmektedir. Alan bulma işlemi sonrası bulunan değerler piksel cinsinden elde edilmiş olup Şekil 3.7’de görülen zeytin tanelerine ait numaralara bakılarak eşleştirilebilir. Bulunan alan değerleri, görüntünün çeşitli görüntü işleme yöntemleri kullanılarak işlenmesi sonucu zeytin tanelerinin boyut değişkenine ait piksel cinsinden elde edilmiş sayısal verilerdir.



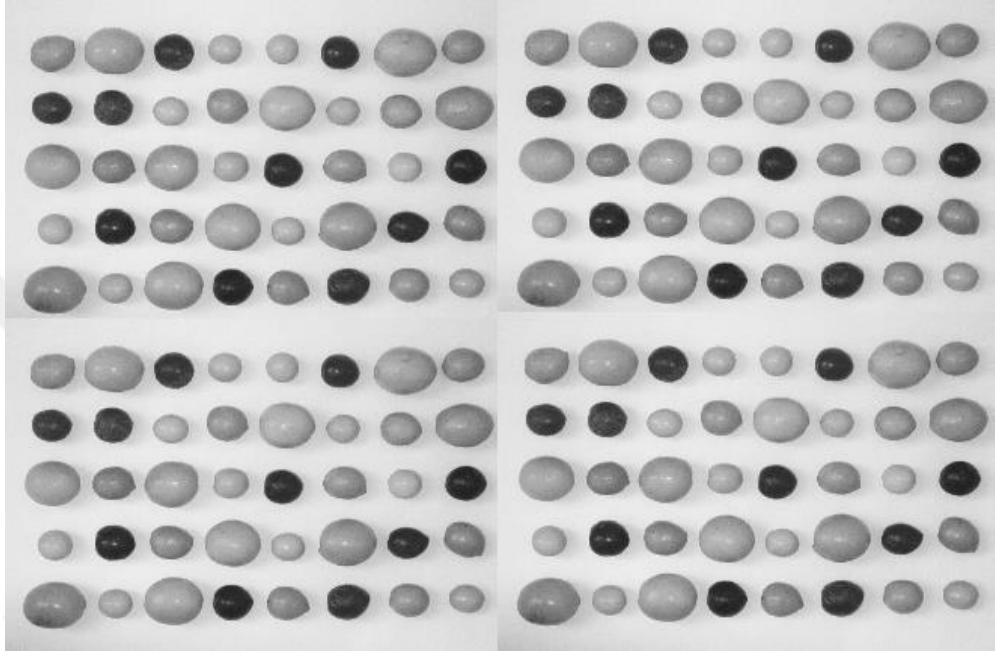
Şekil 3.7. Boyut tespiti için numaralandırılmış görüntü

3.1.2. Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Renk Tespiti

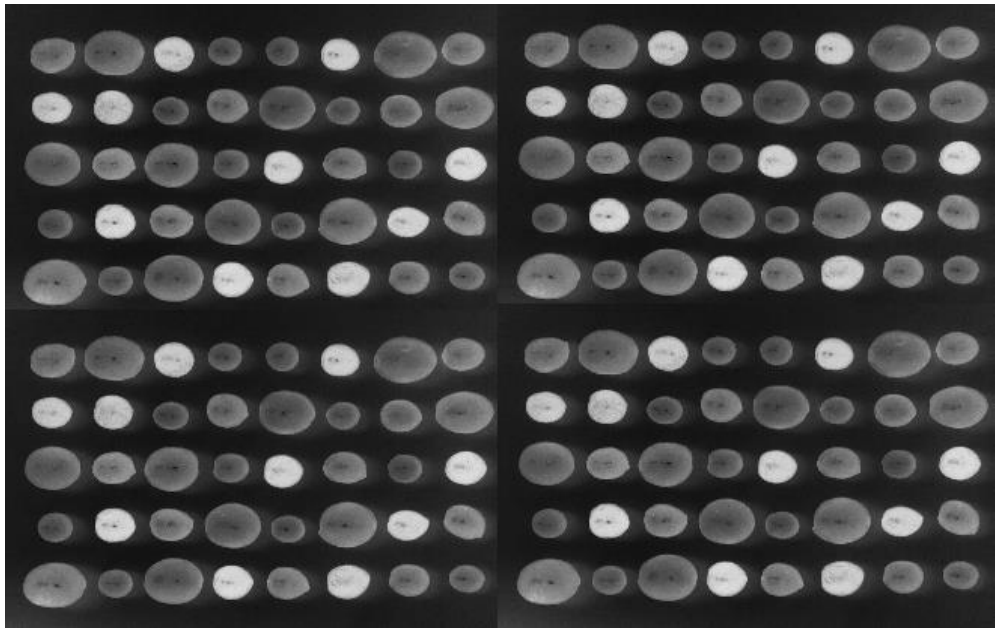
Veri elde etme sürecinin bu bölümünde, birinci kısımdaki boyut değişkeni verilerini elde etme aşamasında hazırlanmış olan algoritma çalışmasındaki adımların uygulandığı bir plan izlenmiştir. Kodlama aşamasında ise daha önce olduğu gibi yine 'R' programı kullanılmıştır. Bu kısımda boyut tespiti bölümünden farklı olarak renkli görüntü, yeşil (green) kanallı gri tonlu görüntü formatına çevrilmiştir. Çünkü gri tonlu görüntüler, yalnızca ışık yoğunluğunun var olduğu, renksiz görüntülerdir. Bu sebeple görüntünün yeşil kanalda çalıştırılıp üzerinde işlemler yapılmasının renk tespiti açısından daha doğru sonuçlar vereceği ve kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür (Gönenç ve Öner, 2021). Orijinal görüntünün gri tonlu yeşil kanal formatına çevrilmiş hali Şekil 3.8'de verilmiştir.

Gri ton yeşil kanalda çalıştırılan görüntü daha sonra ters çevrilmiş ve ışığın yoğunluk durumuna göre seçilen eşik değeri altında eşiklenerek ikili hale dönüştürülmüştür. Bu işlem, zeytin tanelerinin renk tespiti için en önemli aşamadır. Çünkü renk tespitinde, farklı renklerdeki zeytin tanelerinin birbirinden farklı boyutlara sahip olmaları ve diğer tanelerden başka şekilde davranmaları beklenmektedir. Bu şekilde çalışılan gri tonlu yeşil renk formatı ve parlaklık değerlerinden hareketle

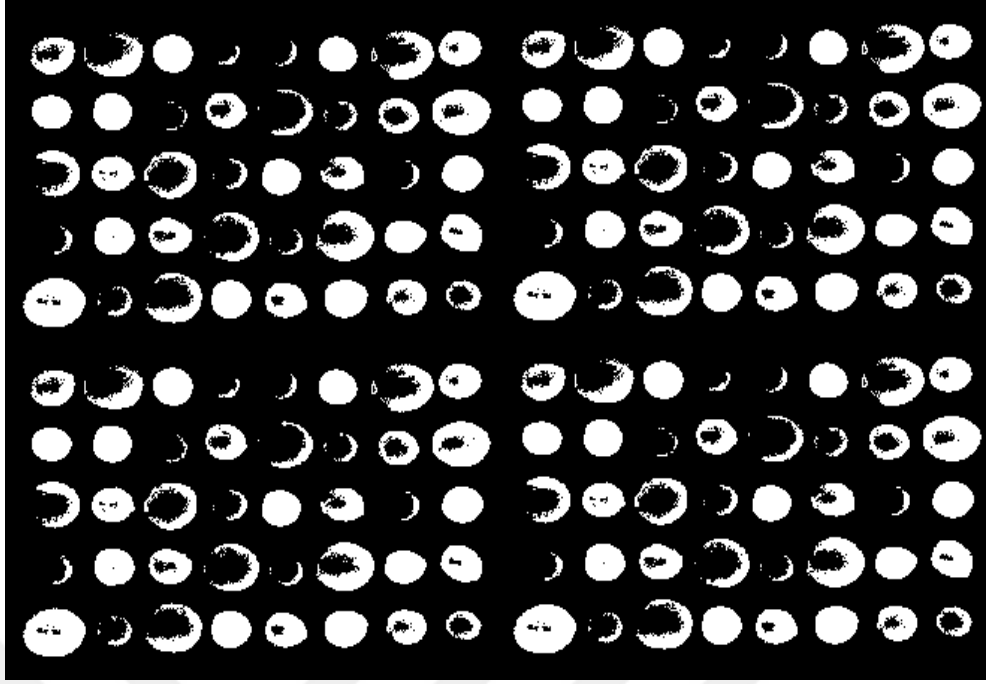
belirlenen eşik değeri altında koyu renkli zeytinlerin yeşil tanelere kıyasla daha net bir biçimde ortaya çıkması sağlanmış olur. Bununla birlikte yeşil zeytinlerin de net olmayan az piksellere sahip olması amaçlanmıştır. Böylece zeytin tanelerinin renk ayrımını yapabileceğimiz sayısal veriler elde edilmiş olur (Gönenç ve Öner, 2021). Ters çevirme ve eşikleme sonrası görüntünün durumu Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Gri ton yeşil kanal görüntü



Şekil 3.9. Gri ton yeşil kanal ters çevrilmiş görüntü

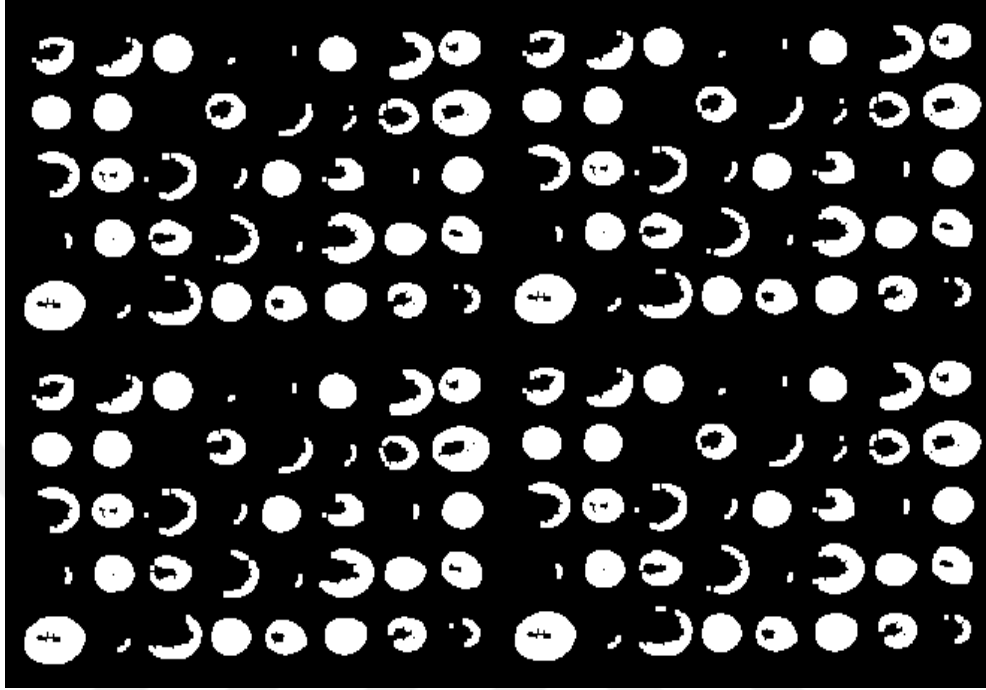


Şekil 3.10. Gri ton yeşil kanal ikili görüntü

Bu bölümde, ilk kısımdaki boyut tespitinde uygulanan morfolojik işlemlerin aksine ikili görüntüye ilk önce aşındırma ardından meydana gelen yeni çıktı görüntüsüne de genişletme işlemi uygulanmıştır. İkili görüntüye önce aşındırma işleminin uygulanması sonucu görüntü içerisindeki zeytin tanelerinde bulunan delikler büyür ve tanelere ait bazı piksel parçaları birbirinden ayrılır. Burada elde edilmek istenen sonuç tam olarak budur. İkili görüntüye önce aşındırma ardından genişletme işlemi yapılmasıyla görüntüye açma işlemi uygulanmış olur. Boyut tespitinde, ikili görüntü içerisindeki zeytin tanelerine ait piksellerin birbirlerini kapatarak görüntüdeki ana hatların daha da dolgunlaştırılması ve belirginleştirilmesi sağlanmıştır. Ancak renk tespiti için zeytin tanelerinin net olarak kapladığı alan ve büyüklükten daha çok renklerine göre belirli eşik değeri altında nasıl davrandıklarına bakıldığından açma işleminin amaca uygun sonuçlar vereceği düşünülmüştür (Gönenç ve Öner, 2021). Görüntüye uygulanan morfolojik işlemlerden sonra ortaya çıkan yeni çıktı görüntüsü Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Şekil 3.11’de verilen görüntü incelendiğinde; bazı zeytin tanelerinin eşikleme ve morfolojik işlemler sonrası görüntüde yok olduğu, bazılarının da parçalı piksel topluluklarıyla temsil edildiği görülmektedir. Bu yok oluş ve parçalı piksel durumuna sebep olarak bu tanelerin görüntüde ya küçük alanlar kapladıkları ya da diğer koyu renkli zeytinlere göre daha açık yeşil renklere sahip olmaları söylenebilir. Bu taneler,

renk tespiti aşamasında kullanılan eşik değerden kaynaklı olarak aşınır ve temsil ettikleri pikseller azalır. Böylece görüntüye morfolojik işlemlerin de uygulanmasıyla söz konusu taneler kaybolup, parçalanabilirler.



Şekil 3.11. Açma işlemi sonrası görüntü

Morfolojik işlemler sonrası oluşan yeni ikili görüntüde bulunan zeytin taneleri, boyut tespitinde olduğu gibi önce numaralandırılmış daha sonra da tanelerin görüntüde kapladıkları alanlar piksel cinsinden hesaplanmıştır. Ancak burada, kayıp ya da parçalı durumda bulunan taneler olduğu için numaralandırma işleminde karışıklık çıkmaktadır. Bu karışıklığı gidermek amacıyla boyut tespitinde yapılan numaralandırma işlemi esas alınıp alanlar bu numaralara göre atanmalıdır. Özellikle parçalı piksellere sahip olan taneler numaralandırılırken her parça sistem tarafından ayrı bir zeytin tanesi gibi tanınmış ve farklı bir numara ile gösterilmiştir. Yani tek bir zeytin tanesi, farklı numaralara sahip başka bir tane alanıymış gibi gözüken piksel topluluklarına sahiptir. Bu yüzden zeytin tane numaralarına göre alanlar eşleştirilirken tek bir taneyi temsil eden farklı numaralı piksel parçalarına ait alan değerleri toplanarak tek bir tane alanı olarak yazılır. Böylece her bir tane için bulunan alan değerleri, boyut tespiti bölümündeki zeytin numaralarına bakılarak eşleştirilebilir. Numaralandırma işlemi sonrası ortaya çıkan görüntü Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Renk tespiti için numaralandırılmış görüntü

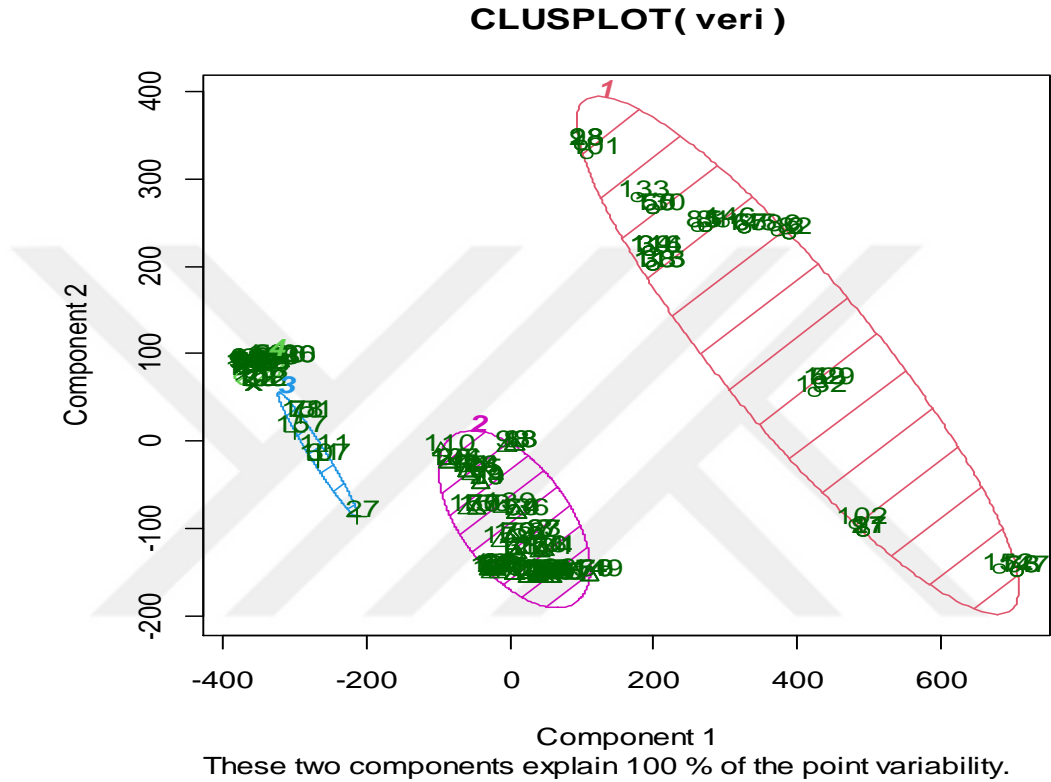
Görüntüdeki zeytin tanelerinin piksel cinsinden alanlarının bulunması ile boyut ve renk değişkenlerine ait sayısal verilerin elde edilme süreci de tamamlanmış olur. Çalışmada kullanılan zeytin numunelerinin türü önceden bilinmektedir. Değişkenlere ait veriler Ek 1’de, zeytin çeşitlerine ilişkin önbilgi ise Ek 2’de verilmiştir. Ek 1’de verilen tablo incelendiğinde, 27, 31, 107 ve 111 numaralı zeytin tanelerini temsil eden sayısal bilginin bulunmadığı, bu verilerin kayıp durumda olduğu görülmektedir. Sınıflandırma aşaması için kümeleme analizlerinin yapılmasını mümkün kılmak ve kümelenme yapısının bozulmaması amacıyla kayıp veriyi yerine koyma metodu olarak enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

3.2. Zeytin Tanelerinin Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Sınıflandırılması

Kayıp verilerin yerine koyulmasının ardından kümeleme analizlerini yapabilmek için programda bazı paketlerin kurulu olması gerekmektedir. Bu paketleri yükledikten sonra kodlama aşamasına geçilebilir ve analizler yapılabilir. R programında “Cluster” ifadesi, kümeleme analizlerini yapmak için kullanılmaktadır. Çeşitleri hakkında önbilgiye sahip olduğumuz zeytin tanelerinin söz konusu görüntü işleme yöntemleri ile işlenmesi ve K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar Algoritması kullanılarak sınıflandırılması sonucu zeytinlerin kümelere dağılışı değerlendirilmiştir.

3.2.1. K-Ortalama Yöntemi Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Kümelenmesi

K-Ortalama yöntemini veriye uyguladıktan sonra ortaya çıkan kümeler ve zeytin tanelerinin bu kümelere ne şekilde dağıldığı Şekil 3.13'te görülmektedir. K-Ortalama yöntemi ile yapılan analiz sonucu oluşan kümeler ve bu kümelerde yer alan tanelere ait sonuçlar ise Tablo 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.13. K-Ortalama yöntemi ile yapılan analiz sonucu oluşan kümelenme yapısı

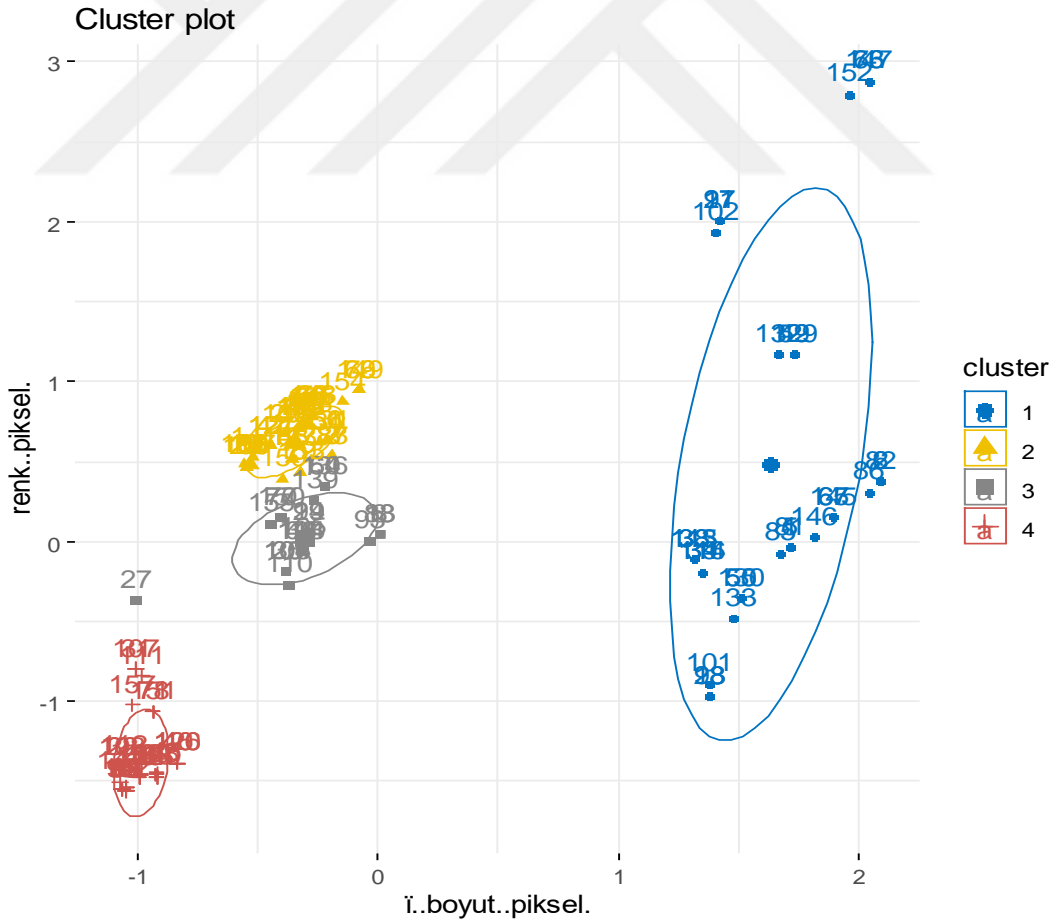
Tablo 3.2. K-Ortalama analizi sonucu oluşan kümelerde bulunan zeytin taneleri

Oluşan Kümeler	Birimler (Taneler)
1.küme	1,2,5,6,17,18,21,23,33,34,38,39,49,50,52,55,65,66,67,73,81,82,85,86,97,98,101,102,113,114,115,116,129,130,132,133,145,146,147,152
2.küme	3,4,7,8,11,12,13,16,19,20,22,24,25,26,29,30,35,36,37,41,43,44,45,47,51,53,54,56,57,59,60,61,68,69,70,72,75,76,77,79,83,84,87,88,91,92,93,96,99,100,103,104,105,106,109,110,117,118,119,121,123,124,125,127,131,134,135,136,137,138,139,141,148,149,150,153,154,155,156,159
3.küme	27,31,71,78,107,111,151,157
4.küme	9,10,14,15,28,32,40,42,46,48,58,62,63,64,74,80,89,90,94,95,108,112,120,122,126,128,140,142,143,144,158,160

K-Ortalama yöntemi ile yapılan analiz sonucu Şekil 3.13'te ortaya çıkan kümelendirme yapısının ayrıntılı bir gösterimi olan Tablo 3.3 incelendiğinde, 1. kümede verilen tanelerin tamamının Domat türü zeytinlere ait olduğu görülmüştür. K-Ortalama yöntemi, Domat türü zeytin tanelerinin hepsini eksiksiz olarak aynı küme içinde kümelemiştir. Tablodaki 2. kümeyi meydana getiren tanelerin tamamı ise yeşil ve siyah Gemlik zeytin türlerinden oluşmuştur. Dolayısıyla bu yöntemin, zeytin tanelerini renklerine göre sınıflandırma konusunda yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Geriye kalan tür olan Ayvalık'a ait zeytin taneleri de 3. ve 4. küme içerisinde iki farklı kümeye ayrılarak dağılmışlardır.

3.2.2. Bulanık C-Ortalamlar Algoritması Kullanılarak Zeytin Tanelerinin Kümelendirilmesi

Bulanık C-Ortalamlar algoritması kullanılarak yapılan analiz sonucu oluşan kümelendirme yapısı Şekil 3.14'te gösterilmiş olup oluşan kümelere bulunan tanelere ait bilgiler Tablo 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.14. Bulanık c-ortalamlar algoritması ile yapılan analiz sonucu oluşan kümelendirme yapısı

Tablo 3.3. Bulanık c-ortalamalar analizi sonucu oluşan kümelerde bulunan zeytin taneleri

Oluşan Kümeler	Birimler (Taneler)
1.küme	1,2,5,6,17,18,21,23,33,34,38,39,49,50,52,55,65,66,67,73,81,82,85,86,97,98,101,102,113,114,115,116,129,130,132,133,145,146,147,152
2.küme	3,4,7,11,12,16,20,22,26,29,35,37,41,43,45,47,51,53,56,57,59,61,68,69,72,75,76,79,83,84,87,91,92,96,100,103,109,117,119,121,123,125,127,131,134,135,137,138,141,148,149,153,154,156,159
3.küme	8,13,19,24,25,27,30,36,44,54,60,70,77,88,93,99,104,105,106,110,118,124,136,139,150,155
4.küme	9,10,14,15,28,31,32,40,42,46,48,58,62,63,64,71,74,78,80,89,90,94,95,107,108,111,112,120,122,126,128,140,142,143,144,151,157,158,160

Bulanık C-Ortalamalar algoritması ile yapılan analiz sonucunda Şekil 3.14'te ortaya çıkan kümeleme sonuçlarının detaylı bir sunumu olan Tablo 3.3 incelendiğinde, 1. küme olarak adlandırılan kümedeki elemanların hepsinin Domat türü zeytin taneleri olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem, 40 adet Domat türü zeytin tanesini eksiksiz ve tam bir şekilde 1. küme içerisinde kümelemiştir. Tabloda 2. küme olarak tanımlanan kümede ise 104 numaralı siyah Gemlik türü zeytin tanesi hariç diğer tüm siyah Gemlik zeytin taneleri bu kümede yer almıştır. Ayrıca 2. kümede siyah Gemlik türü zeytinlerin yanı sıra 16 adet yeşil Gemlik türü zeytin tanesinin de bulunduğu görülmektedir. Yeşil Gemlik zeytin türüne ait tanelerin çoğunluğu oluşturduğu 3. kümede ise 24 adet yeşil Gemlik, 1 adet siyah Gemlik ve yanında 27 numaralı Ayvalık türü zeytin tanesi birlikte kümelendi. Ayvalık türündeki 39 zeytin tanesinin bir araya gelerek oluşturduğu 4. kümede ise yalnızca 1 adet Ayvalık türü zeytin tanesi farklı kümeye dahil olmuştur.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada zeytin tanelerine ait görüntünün görüntü işleme yöntemleri ile işlenmesi sonucu tanelerin piksel cinsinden kapladığı alanlara ilişkin sayısal bilgiler elde edilmiştir. Oluşturulan boyut ve renk değişkenlerine ait bu sayısal veriler ışığında, K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması ile sınıflandırma yapılarak çeşit belirleme ve oluşan kümelerin başarısından hareketle yöntemlerin birbirlerine karşı üstünlükleri incelenmiştir.

K-Ortalama yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda, farklı kümelere yer alması gereken yeşil ve siyah Gemlik zeytin türlerine ait taneler aynı küme içerisinde kümelenebilmiştir. Dolayısıyla bu yöntem, renk ayrımı tespitinde başarısız olmuştur. Bununla birlikte K-Ortalama yöntemi, Ayvalık türündeki küçük zeytin tanelerinin etkisinde kalarak bu küçük taneleri, aynı kümede bulunması gereken diğer Ayvalık türü tanelerden ayırarak farklı bir kümede göstermiştir. Ancak bu yöntem, Domat türü zeytin tanelerini %100'lük bir sınıflandırma oranı ile doğru bir şekilde kümelemiştir.

Bulanık C-Ortalamalar algoritması kullanılarak yapılan analiz sonucunda, yeşil ve siyah Gemlik zeytin türlerindeki bazı zeytin tanelerinin kümelere dağılımında hatalar vardır. Bu algoritma genel olarak gerçekte çeşidi hakkında önceden bilgi sahibi olduğumuz zeytin taneleri gruplarına en yakın sonuçları vermiştir. Bulanık C-Ortalamalar algoritması, Domat türü zeytin tanelerinin %100'ünü, siyah Gemlik ve Ayvalık türü tanelerin %97,5'ini ve yeşil Gemlik türüne ait tanelerin ise %60'ını doğru şekilde sınıflandırmayı başarmıştır. Bu yöntem sonucu elde edilen toplam sınıflandırma başarısı ise % 88,75 olarak bulunmuştur. Bulanık C-Ortalamalar algoritması, K-Ortalama yöntemine kıyasla daha yüksek performans sergileyerek zeytin tanelerinin sınıflandırılması konusunda başarılı olmuştur.

Çalışmanın başlangıcında, 160 adet zeytin tanesi bulunan bir görüntüden yola çıkarak veri üretilmiştir. Veri üretim süreci, bu çalışmanın en önemli aşamasıdır. Görüntü üzerinde görüntü işleme yöntemlerinin farklı adımları kullanılarak zeytin tanelerini temsil eden piksellerden hareketle oluşturulmuş boyut ve renk olmak üzere iki değişkene ait veriler elde edilmiştir. Boyut değişkeni için zeytin tanelerinin görüntüde net olarak ortaya çıkarılması önemli iken renk değişkeninde, farklı renk zeytinlerin farklı piksel topluluklarıyla temsil edilmesi önemlidir. Temelde görüntüyü gri ve yeşil tonlu farklı renk formatlarında çalıştırıp amaca uygun eşik değerler

belirleyerek eşiklemek, bu değişkenlerin elde edilmesindeki en önemli aşamadır. Bu işlemlerden sonra görüntüye uygulanan morfolojik işlemler, zeytin tanelerine ait detayların ortaya çıkarılmasını ve görüntünün gereksiz piksellerden temizlenmesini sağlayarak sistemin, zeytinleri tanımasına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada, zeytin meyvesinin yalnızca boy ve renk özellikleri dikkate alınarak veri üretilmiştir. Aslında söz konusu oluşturulan bu iki değişken haricinde başka birçok değişken çalışmaya dahil edilebilir. Çünkü zeytin meyvesinin her türü, kendisini diğer türlerden ayıran ve sadece o türe özgü olan bazı niteliklere sahiptir. Örneğin; zeytin meyvesinin ağırlığı, şekli, simetri durumu, lentisel dağılımı, uç şekli ve sap durumu bu öz nitelikler arasında söylenebilir. Bunlardan başka, zeytin meyvesinin yaprak ve çekirdek kriterleri de tür tespitinde araştırmacıya bilgi vermektedir. Ancak bu çalışmada değişken olarak belirlenip ele alınan özelliklerin, kaydedilen görüntü üzerinde görüntü işleme yöntemlerinin kullanımı ile saptanabiliyor olması gerekmektedir. Bu sebeple çalışmada, boy ve renk dışındaki diğer özelliklerin görüntü işleme ile tanımlanması ve sayısal bilgi elde edilmesi ya çok zor olacağından ya da hiç mümkün olmayacağından dolayı boyut ve renk olarak iki değişken seçilerek incelenmiştir. Zaten genel olarak zeytin meyvesinin sınıflandırılması, bu iki ana değişken üzerinden gerçekleştirilmektedir. Yine de yukarıda belirtilen diğer değişkenler, iki ana değişken ile zeytin türleri belirlendikten sonra analize dahil edilerek tür sınıflandırması çeşitlendirilebilir. Bu kısım, ileriki çalışmaların da araştırma konusu olarak düşünölmektedir.

Çalışmadaki tüm işlem ve aşamalar, materyal olarak ele alınan ve normal ışık alan bir ortamda belirli bir uzaklıktan çekilen zeytin numunelerine ait tek bir fotoğraf karesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ve araştırmacının amacına göre elde edilen görüntü veya görüntüleri görüntü işleme yöntemlerinin kullanıldığı aşamada farklı renk uzaylarında değişik renk kanalları ile çalıştırarak zeytinlerin tür tespitinde hangi renk uzayının daha doğru sonuçlar vereceği incelenebilir. Bununla birlikte farklı mesafelerden çekilen birden fazla fotoğraf kullanılarak başka bir çalışma düzeneği tasarlanıp uzaklığın, zeytin tanelerini sınıflandırma başarısı üzerindeki etkisi değerlendirilebilir.

Çalışmada kullanılan K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması gibi zeytin tanelerini sınıflandırma maksadıyla yapay sinir ağları metodu, genetik algoritma ve hiyerarşik-hiyerarşik olmayan diğer kümeleme ve sınıflandırma

yöntemleri de tercih edilerek farklı çalışmalar yapılabilir ve bu çalışmalar karşılaştırılabilir. Ayrıca çalışmada kullanılan zeytin taneleri yani örnek sayısı farklı büyüklüklerde seçilerek örneklem büyüklüğünün sınıflandırma başarısı üzerine etkileri araştırılabilir. Özellikle bu çalışma sonucunda, ele alınan görüntüdeki zeytin adedinin artmasıyla daha isabetli sonuçlar elde edilebileceği kanısının yanında çok fazla numune kullanılması sonucu kaliteli bir görüntü alınamadığından zeytin tanelerinin ayırt edilmesi konusunda sıkıntı oluşturacağı görülmüştür. Çünkü sınıflandırma işlemi sırasında karşılaşılan sorunlardan en kritik olanı, birbirine çok yakın büyüklükte olan zeytinlerin ayırt edilmesinin zorluğudur. Burada zeytin tanelerinin üst üste gelmesinin önlenmesi, sistemin doğru sonuç üretmesi açısından dikkat edilecek en önemli parametreler arasındadır.

Zeytin alım işlemi genellikle iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birincisi, hiçbir teknolojik ekipman kullanılmadan halk arasında göz kararı olarak adlandırılan yöntemle zeytinlerin ayrılması işlemidir. İkincisi ise zeytin eleme makineleri kullanılarak zeytin tanelerini ayırma işlemi şeklindedir. Ayırma işlemi için kullanılan bu makineler genellikle zeytinleri boylarına göre ayırmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda zeytinleri renklerine göre ayıran makineler de üretilmeye başlanmıştır. Yapılan araştırmalarda zeytin tanelerini aynı anda hem boy hem de renklerine göre sınıflandıran bir makine bulunmamaktadır. Bu çalışmada, zeytinlerin boyut ve renk özelliklerinden hareketle görüntü işleme yöntemleri ile tespit edilerek yüksek doğru sınıflandırma oranı sonuçlarına sahip Bulanık C-Ortalama algoritmaları kullanılarak geliştirilmiş olan yazılım vasıtası ile işleyen bir makine tasarımı yapılabilir. Tasarlanan bu makine, zeytin alımı esnasında kullanılan diğer eleme makinelerine bir alternatif olarak hem alıcı hem de satıcının işini oldukça kolaylaştırıp fazla iş yükünden kurtararak zaman kaybını önleyebilir. Ayrıca zeytinlerin aynı anda boyuna ve rengine göre doğru olarak ayrılması sonucu, üreticinin emeğinin karşılığı olarak hak ettiği ücreti alması sağlanırken alıcının da yanlış fiyatlandırmadan kaynaklı zararının önüne geçilebilir.

Çalışma sonucunda, kullanılan yöntemlerin diğer tarımsal ürünlerde de uygulanabilir olduğu ve farklı değişkenler ele alınarak yeni sınıflandırma yöntemleri yardımıyla başka çalışmaların ortaya çıkmasını hızlandıracağı düşünülmektedir. Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak zeytin alım merkezlerinde ele alınan zeytinlerin sistemin yapısına uygun bir fotoğrafının çekilmesi ile çeşit ayrımı

yapılması ve üreticiye verilecek fiyat kararının verilmesi mümkün olacaktır. Sınıflandırma işlemi sırasında karşılaşılan sorunlardan en kritik olanı, birbirine çok yakın büyüklükte olan zeytinlerin ayırt edilmesinin zorluğudur. Yapılan çalışmada elde edilen başarı, fotoğrafın çekildiği uzaklık, ortamdaki ışık miktarı, fotoğrafın çekiliş açısı, kullanılan fotoğraf makinesinin çözünürlüğü gibi pek çok unsurdan etkilenebilir.

Görüntü algılama, tanıma ve sınıflandırma teknolojilerinin henüz başlangıç aşamasında olduğunu düşünürsek yakın gelecekte harika şeyler olacağını bekleyebiliriz. Bilgisayarların görsel içerikleri insanlardan daha iyi işleyebildiği bir dünya çok da uzak bir gelecekte değil. Yapay zekanın bizim için kaybolan eşyalarımızı bulduğunda veya eski ve yırtık resimleri yeniden şekillendirdiğinde, hepimiz için gelecek beklentilerimizin kısmen karşılandığını söyleyebilir miyiz? Bu teknoloji aynı zamanda yaşam biçimimizi kökten değiştirecek akıllara durgunluk veren bazı uygulamalar geliştirmemize de yardımcı olacaktır. Şehir rehberleri ve kendi kendini süren arabalardan sanal gerçeklik uygulamalarına ve sürükleyici oyunlara kadar, yapay zeka görüntü tanıma teknolojisi, birkaç yıl önce asla var olmayacağını düşündüğümüz uygulamaların geliştirilmesini kolaylaştıracaktır.

KAYNAKLAR

- Adelkhani, A., Beheshti, B., Minaei, S., Javadikia, P., & Varnamkhashti, M. G. (2013). "Taste Characterization of Orange Using Image Processing Combined with ANFIS". *Measurement*, Vol. 46, 3573-3580.
- Aggarwal, C.C., Reddy, C. K. (2014). "Data Clustering Algorithms and Applications". Boca Raton: CRC Press.
- Akar, F. (2009). "Şablon Eşleme Yöntemi İle Plaka Tanıma ve Değerlendirme Sistemi". Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Anonymous, (2021). "Image Processing and Analysis". UVA Research Computing Learning Portal, <https://learning.rc.virginia.edu> (Erişim: 19 Haziran 2021).
- Atalı, G., Özkan, S. S., & Karayel, D. (2016). "Morfolojik Görüntü İşleme Tekniği ile Yapay Sinir Ağlarında Görüntü Tahribat Analizi". *APJES*, 4(1), 01-07.
- Balcı, M., Altun, A. A., & Taşdemir, Ş. (2016). "Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması". *Selçuk-Teknik Dergisi*, 15(3), 221-237.
- Berkhin, P. (2006). "Survey of Clustering Data Mining Techniques, Grouping Multi-Dimensional Data". *Recent Advances in Clustering*, 25-71.
- Bezdek, J. C. (1974). "Cluster Validity with Fuzzy Sets". *J. Cybernetics*, 3, 58-73.
- Bul, E., Gelen, G., & Altun, H. (2015). "Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınıflandırma". Erişim: 18 Şubat 2021, http://www.emo.org.tr/ekler/3287fcce194dbd9_ek.pdf.
- Çayıroğlu, İ. (2020). "Görüntü İşleme Ders Notları-1.Hafta.pdf". Erişim: 12 Ocak 2021, <http://www.ibrahimcayiroglu.com/>.
- Dutta, M. K., Sengar, N., Minhas, N., Sarkar, B., Goon, A., & Banerjee, K. (2016). "Image Processing Based Classification of Grapes after Pesticide Exposure". *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 72, 368-376.
- Erilli, N.A. (2009). "Kümeleme Analizine Bulanık Yaklaşım Algoritmaları ve Uygulamaları". Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Evans, S., Lloyd, J., Stoddard, G., Nekeber, J., & Samone, M. (2005). "Risk Factors For Adverse Drug Events". *The Annals of Pharmacotherapy*, 39, 1161-1168.
- FAO. (2010). Erişim: 15 Şubat 2019, www.fao.org.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). "Digital Image Processing". 3rd Edition, Prentice Hall.
- Gönenç, S. & Öner, Y. (2021). "Zeytin Tanelerinin Türünün Belirlenmesinde Görüntü İşleme ve Kümeleme Yöntemlerinin Kullanımı". *The Journal of International Scientific Researches*, 6(2), 137-151.
- Haralick, R. M. (1988). "Mathematical Morphology and Computer Vision". *TwentySecond Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 468-479.
- Höppner, F., Klawonn, F., Rudolf, K., & Runkler, T. (1999). "Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification Data Analysis and Image Recognition". John Wiley & Sons, 5-75.
- IOC. (2010). Erişim: 15 Şubat 2019, www.internationaloliveoil.org.
- Juan, X., Wouter, S., & Josse, B. (2007). "Combination of Chemometric Tools and Image Processing for Bruise Detection on Apples". *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 56, 1-13.

- Karhan, M. (2011). “İmge İşleme Yöntemleri İle Kayıslarda Yaprak Delen Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti”. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z., & Demir H. (2011). “Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti”. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, 172-176.
- Karlı, F. (2015). “Fotogrametri II-Dijital Görüntü Oluşumu”. Erişim: 11 Mayıs 2021, <https://docplayer.biz.tr/11000878-Dijital-sayisal-fotogrametri.html>.
- Kaya, H. (2017). “Zeytinde Çeşit Tanımlama ve Çeşitlerimiz”. Erişim: 17 Nisan 2019, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/kumelenme/Belgeler/Budama/Zeytinde%20%C3%87e%C5%9Fit%20Tan%C4%B1lama.pdf>.
- Kılıç, K., Boyacı, İ. H., Köksel, H., & Küsmenoğlu, İ. (2007). “A Classification System for Beans Using Computer Vision System and Artificial Neural Networks”. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 897-904.
- Kıvrak, M. (2020). “Ege Bölgesi Zeytin Çeşitleri”. Erişim: 17 Nisan 2019, http://mucahitkivrak.baun.edu.tr/index_dosyalar/18-ege-cesitleri.pdf.
- Kiraz, S. (2016). “Zeytin Tanelerinin Ayıklanması için Gerçek Zamanlı Optik Ayırıcı Sisteminin Geliştirilmesi”. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Kuncan, M., Ertunç, H. M., Küçükyıldız, G., Hızarcı, B., Ocak, B., & Öztürk, S. (2013). “Görüntü İşleme Tabanlı Zeytin Ayıklama Makinesi”. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, 26-28 Eylül, Malatya, 459-464.
- Le, T. H. N., Bui, T. D., & Suen, C. Y. (2011). “Ternary Entropy-Based Binarization of Degraded Document Images Using Morphological Operators”. *International Conference on Document Analysis and Recognition*, Beijing, China.
- Mansoori, E.G. (2011). “FRBC: A Fuzzy Rule-Based Clustering Algorithm”. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19(5), 960-971.
- Masateru, N., Bim, P. S., & Yoshinori, G. (2001). “Study on Quality Estimation for Strawberry Using Color and NIR Image Processing”. *IFAC Proceedings*, Vol. 34, 233-237.
- Moertini, V. S. (2002). “Introduction to Five Clustering Algorithms”. *Integral*, 7, 2.
- Momin, M. A., Rahman, M. T., Sultana, M. S., Igathinathane, C., Ziauddin, A. T. M., & Grift, T. E. (2017). “Geometry-Based Mass Grading of Mango Fruits Using Image Processing”. *Information Processing in Agriculture*, Vol. 4, 150-160.
- Mustafa, N. B. A., Fuad, N. A., Ahmed, S. K., Abidin, A. A. Z., Ali, Z., Yit, W. B., & Sharrif, Z. A. M. (2008). “Image Processing of an Agriculture Produce: Determination of Size and Ripeness of a Banana”. *International Information Technology Symposium, ITSIm 2008*.
- Omid, M., Khojastehnazhand, M., & Tabatabaeefar, A. (2010). “Estimating Volume and Mass of Citrus Fruits by Image Processing Technique”. *Journal of Food Engineering*, Vol. 100, 315-321.
- Örnek, M. N. (2014). “Havuç Sınıflandırmada Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme Makinası Tasarımı ve Bazı Mekanik Sınıflandırma Makinaları İle Boylama Etkinliklerinin Karşılaştırılması”. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- Sabancı, K., Aydın, C., & Ünlerşen, M. F. (2012). “Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi”. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 59-62.

- Sert, E. (2010). “Görüntü İşleme Teknikleri ile Şeftali ve Elma Sınıflandırma”. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Sofu, M. M., Er, O., Kayacan, M. C., & Çetişli, B. (2013). “Elmaların Görüntü İşleme Tekniğı ile Sınıflandırılması ve Leke Tespiti”. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 12-25.
- Solak, S. (2016). “Gezgin Robotların Konum Belirleme ve Engel Sakınım Probleminin Tek Kartlı Bilgisayar Sistemi Kullanılarak Çözümü”. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 69-71.
- Solak, S., & Altınışık, U. (2018). “Görüntü İşleme Teknikleri ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit ve Sınıflandırılması”. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 56-65.
- Şahinli, F. (1999). “Kümeleme Analizine Fuzzy Set Teorisi Yaklaşımı”. Gazi Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tonguç, G. (2007). “Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi”. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- TÜİK. (2010). Erişim: 15 Şubat 2019, www.tuik.gov.tr.
- Usman, A., Arif, A., Hadi, K., & Punvadaria, K. (2001). “Determination of Bruise Development Rate on Salak Fruit Using Image Processing”. *IFAC Proceedings*, Vol. 34, 295-298.
- Yang, M. S. (1993). “A Survey of Fuzzy Clustering”. *Mathematical and Computing Modelling*, 18(11), 1-16.
- Zhao, Y., Wang, D., & Qian, D. (2009). “Machine Vision Based Image Analysis for the Estimation of Pear External Quality”. *The Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA'09*.

EKLER

Ek 1. Boyut ve renk değişkenleri sayısal verileri.....	42
Ek 2. Zeytin çeşitleri	46



Ek 1. Boyut ve renk değişkenleri sayısal verileri

Zeytin No	Boyut (Piksel Cinsinden)	Renk (Piksel Cinsinden)
1	919	321
2	1001	403
3	510	434
4	485	477
5	919	321
6	1001	403
7	510	434
8	553	336
9	326	17
10	323	18
11	438	424
12	485	477
13	553	336
14	326	17
15	323	18
16	438	424
17	857	728
18	847	135
19	489	338
20	468	462
21	857	728
22	434	421
23	847	135
24	489	338
25	470	291
26	468	462
27	335	254 (NA)
28	323	46
29	434	421
30	470	291
31	335	168.5 (NA)
32	323	46
33	833	306
34	841	290
35	475	431
36	483	315
37	482	469
38	833	306
39	841	290
40	372	51
41	456	447

42	338	33
43	475	431
44	483	315
45	482	469
46	372	51
47	456	447
48	338	33
49	923	561
50	875	257
51	506	454
52	923	561
53	492	483
54	504	396
55	875	257
56	506	454
57	439	423
58	354	34
59	492	483
60	504	396
61	439	423
62	327	21
63	354	34
64	327	21
65	958	358
66	989	902
67	958	358
68	493	484
69	535	517
70	465	357
71	350	115
72	482	414
73	989	902
74	353	37
75	493	484
76	535	517
77	465	357
78	350	115
79	482	414
80	353	37
81	919	321
82	1001	403
83	510	434
84	485	477
85	910	313
86	990	389

87	510	434
88	553	336
89	326	17
90	323	18
91	438	424
92	485	477
93	544	329
94	326	17
95	323	18
96	438	424
97	857	728
98	847	135
99	489	338
100	468	462
101	848	150
102	853	713
103	434	421
104	470	291
105	485	321
106	470	291
107	335	168.5 (NA)
108	323	46
109	432	424
110	472	274
111	341	160.5 (NA)
112	325	47
113	833	306
114	841	290
115	833	306
116	841	290
117	475	431
118	483	315
119	482	469
120	372	51
121	456	447
122	338	33
123	475	431
124	483	315
125	482	469
126	372	51
127	456	447
128	338	33
129	923	561
130	875	257
131	506	454

132	909	561
133	868	232
134	500	451
135	492	483
136	504	396
137	439	423
138	489	474
139	494	379
140	354	34
141	440	432
142	327	21
143	354	39
144	321	28
145	958	358
146	940	333
147	989	902
148	493	484
149	535	517
150	465	357
151	350	115
152	973	885
153	482	414
154	520	502
155	456	349
156	480	470
157	332	124
158	353	37
159	466	406
160	339	37

Ek 2. Zeytin çeşitleri

Zeytin No	Çeşit	Zeytin No	Çeşit
1	Domat	81	Domat
2	Domat	82	Domat
3	Yeşil Gemlik	83	Yeşil Gemlik
4	Siyah Gemlik	84	Siyah Gemlik
5	Domat	85	Domat
6	Domat	86	Domat
7	Yeşil Gemlik	87	Yeşil Gemlik
8	Yeşil Gemlik	88	Yeşil Gemlik
9	Ayvalık	89	Ayvalık
10	Ayvalık	90	Ayvalık
11	Siyah Gemlik	91	Siyah Gemlik
12	Siyah Gemlik	92	Siyah Gemlik
13	Yeşil Gemlik	93	Yeşil Gemlik
14	Ayvalık	94	Ayvalık
15	Ayvalık	95	Ayvalık
16	Siyah Gemlik	96	Siyah Gemlik
17	Domat	97	Domat
18	Domat	98	Domat
19	Yeşil Gemlik	99	Yeşil Gemlik
20	Siyah Gemlik	100	Siyah Gemlik
21	Domat	101	Domat
22	Siyah Gemlik	102	Domat
23	Domat	103	Siyah Gemlik
24	Yeşil Gemlik	104	Siyah Gemlik
25	Yeşil Gemlik	105	Yeşil Gemlik
26	Siyah Gemlik	106	Yeşil Gemlik
27	Ayvalık	107	Ayvalık
28	Ayvalık	108	Ayvalık
29	Siyah Gemlik	109	Siyah Gemlik
30	Yeşil Gemlik	110	Yeşil Gemlik
31	Ayvalık	111	Ayvalık
32	Ayvalık	112	Ayvalık
33	Domat	113	Domat
34	Domat	114	Domat
35	Yeşil Gemlik	115	Domat
36	Yeşil Gemlik	116	Domat
37	Siyah Gemlik	117	Yeşil Gemlik
38	Domat	118	Yeşil Gemlik
39	Domat	119	Siyah Gemlik
40	Ayvalık	120	Ayvalık
41	Siyah Gemlik	121	Siyah Gemlik
42	Ayvalık	122	Ayvalık
43	Yeşil Gemlik	123	Yeşil Gemlik
44	Yeşil Gemlik	124	Yeşil Gemlik
45	Siyah Gemlik	125	Siyah Gemlik
46	Ayvalık	126	Ayvalık

47	Siyah Gemlik	127	Siyah Gemlik
48	Ayvalık	128	Ayvalık
49	Domat	129	Domat
50	Domat	130	Domat
51	Yeşil Gemlik	131	Yeşil Gemlik
52	Domat	132	Domat
53	Siyah Gemlik	133	Domat
54	Yeşil Gemlik	134	Yeşil Gemlik
55	Domat	135	Siyah Gemlik
56	Yeşil Gemlik	136	Yeşil Gemlik
57	Siyah Gemlik	137	Siyah Gemlik
58	Ayvalık	138	Siyah Gemlik
59	Siyah Gemlik	139	Yeşil Gemlik
60	Yeşil Gemlik	140	Ayvalık
61	Siyah Gemlik	141	Siyah Gemlik
62	Ayvalık	142	Ayvalık
63	Ayvalık	143	Ayvalık
64	Ayvalık	144	Ayvalık
65	Domat	145	Domat
66	Domat	146	Domat
67	Domat	147	Domat
68	Siyah Gemlik	148	Siyah Gemlik
69	Siyah Gemlik	149	Siyah Gemlik
70	Yeşil Gemlik	150	Yeşil Gemlik
71	Ayvalık	151	Ayvalık
72	Yeşil Gemlik	152	Domat
73	Domat	153	Yeşil Gemlik
74	Ayvalık	154	Siyah Gemlik
75	Siyah Gemlik	155	Yeşil Gemlik
76	Siyah Gemlik	156	Siyah Gemlik
77	Yeşil Gemlik	157	Ayvalık
78	Ayvalık	158	Ayvalık
79	Yeşil Gemlik	159	Yeşil Gemlik
80	Ayvalık	160	Ayvalık

ÖZGEÇMİŞ

Senem GÖNENÇ, Dikili Çok Programlı (Süper Lise/YDA) Lisesi'ni bitirdikten sonra 2007 yılında başladığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik bölümünden 2011 yılında mezun oldu. 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi. 2021 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Doktora programını tamamladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Gönenç S. & Öner Y. (2021). Zeytin tanelerinin türünün belirlenmesinde görüntü işleme ve kümeleme yöntemlerinin kullanımı. *The Journal of International Scientific Researches*, 6(2), 137-151.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında (Proceedings) Basılan Bildiriler

1. Gönenç S. & Öner Y. (2021). Variety Detection of Olive Grains Using Image Processing Techniques and Clustering Methods. *ICONDATA 4th International Conference on Data Science and Applications*, 04-06 Haziran.

Ödüller/Burslar

1. Omü-Lisans/Onur Öğrencisi
2. Omü-Lisans/Türk Eğitim Vakfı (TEV) Bursiyeri