

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BEYAZ YUMURTALAR ÜZERİNDEKİ  
YUMURTA KABUĞU KUSURLARININ ALGILANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisi Nezahat ÖZTÜRK**

**HAZİRAN 2014  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BEYAZ YUMURTALAR ÜZERİNDEKİ  
YUMURTA KABUĞU KUSURLARININ ALGILANMASI**

**Elektrik-Elektronik Mühendisi Nezahat ÖZTÜRK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce  
“ELEKTRONİK YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.05.2014**

**Tezin Savunma Tarihi : 16.06.2014**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali GANGAL**

**Trabzon 2014**

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında  
Nezahat ÖZTÜRK tarafından hazırlanan

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BEYAZ YUMURTALAR ÜZERİNDEKİ  
YUMURTA KABUĞU KUSURLARININ ALGILANMASI

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 27/05/2014 gün ve 1555/05 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri


Başkan :Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU



Üye :Prof. Dr. Ali GANGAL



Üye :Doç. Dr. Cemal KÖSE



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu tez, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik- Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Bilim Dalı, Yüksek Lisans Programı çerçevesinde hazırlanmıştır. Çalışmamda renkli görüntü işleme teknikleri ve gri düzeyli görüntü işleme teknikleri kullanılarak kusurlu yumurtaların temiz yumurtalardan ayrılmasının yanı sıra yumurtalar kirli yumurta, kırık yumurta ve temiz yumurta olarak sınıflandırılmıştır. Tezimin oluşması sürecinde bilimsel desteği ve düşünceleriyle bana tüm aşamalarda destek olan tez danışmanım Prof. Dr. Ali GANGAL' a teşekkür ederim.

Tüm eğitim-öğretim hayatım süresince maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim. Bu tezin bundan sonra yapılacak olan çalışmalara bilimsel olarak ışık tutup katkı sağlamasını temenni ederim.

Nezahat ÖZTÜRK

Trabzon 2014

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Görüntü İşleme Teknikleri İle Beyaz Yumurtalar Üzerindeki Yumurta Kabuğu Kusurlarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ali GANGAL‘ın sorumluluğuunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/07/2014



Nezahat ÖZTÜRK

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar(ÇİZELGELER) DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Yumurta Kabuğu .....	3
1.3. Yumurta Kabuğu Kırık Türleri.....	4
1.4. Yumurta Kabuğu Üzerindeki Kirler .....	5
1.5. Görüntü İşleme .....	6
1.5.1. Sayısal Görüntü İşleme.....	6
1.5.2. Gri Düzeyli Görüntü .....	8
1.5.3. Renkli Görüntü İşleme .....	9
1.5.4. Renk Algısı Tristimulus Teorisi .....	10
1.5.5. CIE Renk Düzlemi .....	11
1.5.5.1. Renk Eşleme Fonksiyonları .....	11
1.5.5.2. CIE xy Kromatiklik Diyagramı ve CIE xyY Renk Düzlemi.....	12
1.5.5.3. CIE XYZ Renk Uzayı .....	13
1.5.6. Lab Renk Düzlemi.....	14
1.5.6.1. Lab Renk Düzleminin Avantajları.....	15
1.5.6.2. CIELAB Renk Uzayı.....	16
1.5.6.3. CIELAB – CIEXYZ Dönüşümleri .....	16
1.6. Görüntü Histogramları.....	18
1.6.1. Görüntü İşleme ve Histogramlar .....	19
1.7. Renk Histogramı.....	19

1.8.	Histogram Denkleştirme.....	20
1.9.	Görüntü Bölütleme .....	21
1.9.1.	Eşik Seviyesi Belirleme.....	21
1.9.2.	K-means Kümeleme .....	22
1.10.	Maskeleme.....	25
1.11.	Kenar Belirleme.....	26
1.11.1.	Türev Almaya Dayalı Kenar Belirleme Yöntemleri.....	26
1.11.1.1.	Gradient Tabanlı Yöntemler .....	26
2.	YAPILAN ÇALIşMALAR VE BULGULAR .....	31
2.1.	Giriş .....	31
2.2.	Veri Kümesinin Elde Edilmesi .....	32
2.3.	Literatürdeki Veri Kümeleri ve Çalışmalar .....	41
2.4.	MATLAB’ da Renkli Görüntü İfadesi .....	45
2.5.	Görüntü Ön İşleme .....	46
2.6.	Görüntünün Zeminden Ayrılması İçin K-means Kümeleme .....	49
2.7.	RGB - L*a*b* Renk Uzayı Dönüşümünün K-means Kümelemeye Etkisi.....	53
2.8.	Kir Algılama .....	56
2.9.	Kırık Algılama.....	63
2.10.	Homojen Olmayan Kirli Zeminlerde Kusur Algılama Analizi .....	67
2.11.	Kusur Algılama ve Karar Mekanizması Akış Diyagramı .....	68
3.	SONUÇLAR.....	70
4.	TARTIşMA VE ÖNERİLER.....	76
5.	KAYNAKLAR.....	77

ÖZGEÇMİş

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE BEYAZ YUMURTALAR ÜZERİNDEKİ  
YUMURTA KABUĞU KUSURLARININ ALGILANMASI

Nezahat ÖZTÜRK

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ali GANGAL  
2014, 78 Sayfa

Yumurta çiftliği endüstrisinde kaliteli yumurtalardan kusurlu yumurtaların otomatik ayrılması hem ekonomik hem de sağlıksal nedenlerden dolayı önemli bir konudur. Modern yumurta işleme tesislerinde kusurlu yumurtaların insanların görsel denetimi ile ayrıştırılması süreci yavaşlatmaktadır.

Günümüzde yumurta tasnifinin gerçek çiftlik endüstrisi uygulamalarında daha çok insanların görsel denetimi ile yapılmasının yanı sıra literatürde değişik kusur algılama çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar daha çok gri düzeyli yumurta görüntüsü üzerinde çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılmıştır ve yumurtaların kusurlu yumurta mı sağlam yumurta mı olduğuna karar verilmiştir.

Bu tez çalışmasında, veri kümesi yumurta çiftliğinde üretilen yumurtaların doğal ortamında fotoğraflanmasıyla oluşturulmuştur. Veri kümesi içerisindeki kirli, çatlak, kırık, kanlı ve temiz yumurta görüntüleri üzerine görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Öncelikle yumurta görüntüsünü renkli olarak zeminden ayırma aşamasında K-means kümeleme tekniği kullanılmıştır. Daha sonra kirli yumurta üzerindeki kir bölütleme ile ayrılmış ve eşik değeri belirlenerek yumurtanın kirli olduğuna karar verilmiştir. Eğer görüntü üzerinde kir yoksa zeminden ayrılmış yumurta, program içinde ikinci denetime girmiştir ve Sobel kenar belirleme algoritması uygulanarak yumurtanın kenarları ve kırık kısımları bulunmuştur. Kenarlar maske ile yok edilmiştir. Daha sonra tekrar eşik değeri verilerek yumurtanın kırık mı temiz mi olduğuna karar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kusur algılama, K-means sınıflandırma, Renk tanıma, Yumurta kabuğu kusurları, Görsel denetim, Görüntü işleme.



Master Thesis

SUMMARY

EGGSHELL DEFECTS DETECTION ON WHITE EGGS USING IMAGE  
PROCESSING TECHNIQUES

Nezahat ÖZTÜRK

Karadeniz Technical University  
Institute of Science  
Department of Electrical and Electronics Engineering  
Supervisor: Prof. Ali GANGAL  
2014, 78 Pages

Automatic separation of defective eggs from quality eggs is an important issue in that both economic and health reasons in the egg farm industry. In the modern egg processing plants, removing defective eggs with visual inspection of people slow process.

Nowadays, different defect detection algorithms are done as well as eggs classification is done with people visual inspection in the real farm industry. These studies are mostly performed on gray level egg images using different types of image processing techniques and decided whether quality egg or defective egg.

In this thesis study, the data set has been produced with photographed producing eggs in natural farm environment. Image processing techniques have been applied on dirty, cracked, broken, bloody and clean eggs within the data set. Firstly, K-means classification technique has been used in the step of separation of color egg image from ground. And then, dirt on the dirty egg has been separated with the color segmentation technique and decided with using threshold value that this egg is dirty. If there isn't any dirt on the image, separated egg from ground has entered second control and Sobel edge detection algorithm by applying egg has been found in parts of the edges and cracks. Edges are dispelled by mask. Then again, it has been decided whether crack egg or clean egg by given the threshold value.

**Key Words:** Defect detection, K-means classification; color recognition; eggshell defect; visual inspection; image processing.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.	Temel yumurta anatomisi .....	3
Şekil 2.	(a) İri kırıklar, (b) Kılcal kırıklar, (c) Sand-papper yumurta, (d) Yıldız Kırıklar, (e) İğne delikli kırıklar, (f) Çöküntü kırıklar .....	4
Şekil 3.	Yumurta kabuğu kir örnekleri .....	5
Şekil 4.	Görüntü işleme adımları .....	6
Şekil 5.	Görüntünün koordinat sistemi .....	7
Şekil 6.	Görünür rengin elektromanyetik spektrumu [13]. .....	9
Şekil 7.	İnsan gözü için spektral tepki eğrileri (Mavi 440 nm, Yeşil 545 nm, Kırmızı 580 nm) .....	10
Şekil 8.	(a) CIE xy Kromatiklik Diyagramı, (b) CIE xyY Renk Düzlemi [15]. .....	13
Şekil 9.	CIE XYZ renk uzayı [16]. .....	14
Şekil 10.	CIE 1976 (L*, a*, b*) renk düzlemi (CIELAB) [17]. .....	15
Şekil 11.	K-means kümeleme akış diyagramı .....	24
Şekil 12.	Çeşitli iterasyonlar için K-means kümeleme örneği .....	25
Şekil 13.	1 boyutlu kenar belirleme blok diyagramı .....	27
Şekil 14.	$f(n_1, n_2)$ görüntü fonksiyonunun koordinatlarını .....	28
Şekil 15.	(a) ve (b) düşey impuls tepkeleri, (c) ve (d) yatay impuls tepkeleri .....	28
Şekil 16.	İki yönlü Sobel maskesi .....	29
Şekil 17.	İki yönlü Prewitt maskesi .....	30
Şekil 18.	İki yönlü Robert maskesi .....	30
Şekil 19.	Yumurta görüntülerinin alınması için kurulan düzenek .....	33
Şekil 20.	Kirli yumurta görüntüsü örnekleri .....	34
Şekil 21.	Kırık yumurta görüntüsü örnekleri anatomisi .....	35
Şekil 22.	Temiz yumurta görüntüsü örnekleri .....	36
Şekil 23.	Farklı zeminlerde kirli yumurta görüntüsü örnekleri .....	37
Şekil 24.	Farklı zeminlerde kırık yumurta görüntüsü örnekleri .....	38
Şekil 25.	Farklı zeminlerde temiz yumurta görüntüsü örnekleri .....	39
Şekil 26.	Homojen olmayan kirli ve farklı zeminlerde temiz, kirli, kırık yumurta görüntüsü örnekleri .....	40
Şekil 27.	Bir yumurta görüntüsü için RGB renk bantları .....	45
Şekil 28.	Ön işleme aşamasında görüntüyü yeniden boyutlandırma .....	46
Şekil 29.	Kirli yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda) .....	47

Şekil 30.	Kırık yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda).....	47
Şekil 31.	Temiz yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda).....	48
Şekil 32.	Farklı zeminlerdeki kirli ve kırık yumurtalar için RGB görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş görüntü (sağda).....	48
Şekil 33.	Farklı zeminlerdeki temiz yumurtalar için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda) .....	49
Şekil 34.	RGB yumurta görüntüsü (solda), $L^*a^*b^*$ yumurta görüntüsü (ortada) ve K-means sınıflandırıcısı tarafından işaretlenmiş görüntü (sağda) .....	50
Şekil 35.	K-means kümeleme sonucu.....	51
Şekil 36.	Kirli yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsü(en alt en sağ) .....	51
Şekil 37.	Kırık yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış kırık yumurta görüntüsü(en alt en sağ) .....	52
Şekil 38.	Temiz yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış temiz yumurta görüntüsü(en alt en sağ) .....	52
Şekil 39.	Farklı zeminler için zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (sağda) .....	53
Şekil 40.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile kirli yumurtanın zeminden ayrılması .....	54
Şekil 41.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile kirli yumurtanın zeminden ayrılması .....	54
Şekil 42.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile kırık yumurtanın zeminden ayrılması .....	55
Şekil 43.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile kırık yumurtanın zeminden ayrılması .....	55
Şekil 44.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile temiz yumurtanın zeminden ayrılması.....	56
Şekil 45.	RGB renk uzayından $L^*a^*b^*$ renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile temiz yumurtanın zeminden ayrılması.....	56
Şekil 46.	Zeminden ayrılmış RGB görüntü .....	57
Şekil 47.	Görüntü RGB bantları .....	57
Şekil 48.	Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün kırmızı bandının histogramı .....	58
Şekil 49.	Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün yeşil bandının histogramı .....	58
Şekil 50.	Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün mavi bandının histogramı .....	59
Şekil 51.	R renk maskesinin elde edilişi.....	60
Şekil 52.	Bölütlenmiş kir görüntüsü (binary görüntü olarak).....	60

Şekil 53.	Zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (solda) ve bölütlenmiş kir görüntüsü (sağda) .....	61
Şekil 54.	Farklı zeminler için yumurta görüntüsü (solda), zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve bölütlenmiş kir görüntüsü (sağda).....	62
Şekil 55.	Sobel ile kenarları belirlenmiş kırık yumurta.....	64
Şekil 56.	Kırmızı renk maskesi (solda), yeniden boyutlandırılmış maske (sağda) .....	64
Şekil 57.	Yeniden boyutlandırılmış görüntüye zero padding yapılması .....	65
Şekil 58.	Kenarları atılmış sadece kusurlu kısımları belirlenmiş kırık yumurta (solda), median filtre uygulanmış sadece kusurlu kısımları belirlenmiş kırık yumurta .	65
Şekil 59.	Farklı zeminler için yumurta görüntüsü (solda) zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve kırık kısımlar (sağda) .....	66
Şekil 60.	Homojen olmayan kirli zeminler için yumurta görüntüsü (solda), zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve kirli kısımlar (sağda).....	67
Şekil 61.	Yumurta kabuğu kusur algılama akış diyagramı.....	69

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. V.C. Patel ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	41
Tablo 2. K. Mertens ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	41
Tablo 3. Hao Lin ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	42
Tablo 4. M.H. Dehrouyeh ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	42
Tablo 5. Meysam Siyah Mansoory ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	43
Tablo 6. Loredana Lunadei ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	43
Tablo 7. R. Ibrahim ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	44
Tablo 8. S. Arivazgahan ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar .....	44
Tablo 9. Kullanılan yöntemeye dayalı kirli, kırık ve temiz olarak tüm sınıflandırma sonuçları .....	71
Tablo 10. Kullanılan yöntemeye dayalı kusurlu veya sağlam tüm sınıflandırma sonuçları ..	71
Tablo 11. Farklı zemin renklerinde kullanılan yöntemeye dayalı tüm sınıflandırma sonuçları .....	72
Tablo 12. Farklı renkte homojen olmayan zeminlerde kullanılan yöntemeye dayalı tüm sınıflandırma sonuçları .....	73
Tablo 13. K. Mertens ve diğerlerinin yaklaşımlarının bu tezdeki veriler için sınıflandırma sonuçları .....	74
Tablo 14. Bu tezdeki yaklaşım için sınıflandırma sonuçları .....	75

## SEMBOLLER DİZİNİ

$\lambda$	:	Renk
t	:	Zaman
z	:	Derinlik
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
RGB	:	Red (Kırmızı) – Green (Yeşil) – Blue (Mavi)
CIE	:	International Commission on Illumination
HSV	:	Hue (Renk özü) – Saturation (Doyum) – Value (Değer)

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Tavuk çiftliği endüstrisi dünya popülasyonunun artan yumurta ve et talebini karşılamak için 1920-1930 yılları arasında gelişmeye başlamıştır. 1940' lı yıllarda ise kurulan çiftlikler modernize olmaya başlamıştır. Kırsal bölgelerden kentsel bölgelere göçün başlamasıyla yumurta çiftliği endüstrisi 1940 yılında gelişme göstermiş ve yumurtaların hızlı bir şekilde üretilip toplanmasının yanı sıra hastalıklar önlenabilir ve kontrol edilebilir hale gelmiştir. 1960 yılında yumurta endüstrisi yumurta üretimini ticari üretim faaliyeti haline getirmesiyle hem ekonomik hem de sağlıksal nedenlerden dolayı kusurlu yumurtaların otomatik sınıflandırılması önemli hale gelmiştir [1].

İnsan tüketimi için çiftlik yumurtasının işlenmesi toplama, yıkama, sınıflandırma ve paketleme olmak üzere dört adımdan oluşmaktadır. Toplama, yıkama ve paketleme adımları mekanize edilmiş olsa da sınıflandırma işlemleri halen insanların görsel denetimi kullanılarak yapılmaktadır. Avrupa' da ki pazar yönetmelikleri ABD' de olduğu gibi herhangi bir yumurta yıkama işlemine izin vermez. Kusurlu yumurtaların erkenden belirlenip ayrılması endüstriye ekonomik ve sağlıksal açıdan katkı sağlamanın yanı sıra fabrikalardaki konveyör bantlarında yumurta kirlerinden ve çatlaklardan oluşan kirlenmeleri de önler [1].

Çalışmanın ana hedefi kalite kontrol ve pazar ihtiyaçlarına adapte yumurta kabuk kusurlarını tespiti için bir yöntem geliştirmektir. Kusurlu yumurtaların tespiti konusunda farklı çalışmalar yapılmıştır. Patel, McClendon ve Goodrum (1998) yapmış oldukları çalışmada gri renk düzeyi yerine kırmızı, yeşil ve mavi renk düzeylerindeki (RGB) histogramları çıkarıp yapay sinir ağına eğitim verisi olarak girmişlerdir. Bu çalışmalarında 180 – 255 renk tonu aralığında sağlam yumurtalarda herhangi bir pikselin olmadığını görmüşlerdir [2]. Mertens, Ketelaere, Kamers, Bamelis, Kemps, Verhoelst, Baerdemaeker, Decuyper (2005) kahverengi yumurtalar üzerindeki kir algılama çalışmasında görüntüye RGB renk düzlemi çıkarma işlemi uyguladıktan sonra, görüntüyü binary görüntüye çevirip kirli kısımları yumurtadan ayırmıştır ve kirli pixel sayılarına göre eşik belirleyip yumurtanın kirli olduğuna karar vermiştir ancak çatlak ve kırık yumurtalar için bir uygulama yapmamıştır [3]. Hao, JieWen, QuanSheng (2009) yapmış oldukları çalışmada

görüntü işleme tekniklerine alternatif olarak akustik rezonans frekans yöntemini kullanmışlardır. Ancak bu çalışmada sadece yumurta kabuğundaki kırıkları tespit edilebilmekte, kirli yumurta tespiti için yine görüntü işleme tekniklerinin kullanılması zorunlu olmaktadır. Frekans tabanlı çalışmalarda sistem, bir bant üzerinde hareket eden her bir yumurtanın üst kısmına yumurtaya temas etmeyecek mesafede bir mikrofon, yumurta kabuğuna temas edip bir titreşim oluşturan çubuk, sinyal kuvvetlendirici, filtre, analog/dijital dönüştürücü ve bir bilgisayardan oluşmaktadır. Çubuğun yumurta üzerinde oluşturduğu titreşimin sesi bir mikrofon vasıtasıyla alınıp kuvvetlendirildikten sonra bilgisayara aktarılmakta ve sinyalin Fourier dönüşümü işlenerek ve referans sinyalle karşılaştırılarak yumurta kabuğunun sağlam ya da kırık olduğu tespit edilmektedir [4]. Dehrauyeh, Omid, Ahmadi, Mohtasebi, Jamzad (2010) yaptıkları çalışmada yumurtanın içindeki kan lekelerini belirlemek için sarı ışıklı halojen lamba kullanarak kanın neden olduğu renk değişimini ortaya çıkarabilmiştir ve daha sonra HSI renk düzleminde yararlanarak sınıflandırma yapmıştır. Yumurta kabuğu üzerindeki kirleri tespit etmek için ise görüntüyü önce gri düzeyli görüntüye dönüştürmüş ardından Canny kenar belirleme metodu uygulayarak yumurtayı arka plandan ayırmış ardından ise binary görüntü dönüşümü yaparak kiri tespit etmiştir [5]. Mansoory, Ashtiyani ve Sarabadani (2011) yapmış oldukları çalışmada Fuzzy eşik seviyesi kullanarak Susan kenar belirleme ile sadece yumurta kabuğundaki çatlakları algılayan algoritma oluşturmuşlardır [6]. Lunadei, Ruiz, Bodria ve Guidetti (2011) yapmış oldukları çalışmalarında monochromatic (tek renkli) kamera ile elde ettikleri yumurta görüntülerini öncelikle arka plandan ayırmışlar ardından kirli olan yumurtaları görüntü işleme algoritması ile tespit etmişlerdir. Son olarak da lekelerin boyutlarına (piksel bazında) ve geometrik şekillerine bakarak türünü tespit etmeye çalışmışlardır [7]. İbrahim, Mohd Zin, Nadzri, Shamsudin ve Zainudin'in (2012) yapmış oldukları çalışmada yumurtalar büyüklük derecelerine göre sınıflandırılmış ve ayrıca yumurta üzerinde kir incelemesi yapılmıştır. Yumurta derece sınıflandırması görüntü işleme teknikleri kullanılarak yumurta alanının içinde kalan pixel sayısına göre, kir tespiti ise gri düzeyli görüntü binary görüntüye çevrilerek kirli pixellerin bulunmasıyla yapılmıştır [8]. Arivazhagan, Shebiah, Sudharsan, Kannan, Ramesh (2013) yaptıkları çalışmada çatlak yumurtadaki kusurları bulmak için görüntüyü RGB renk düzleminde YIQ renk düzlemine geçirmiştir ve daha sonra Bottomhat dönüşümü uygulayarak çatlak tespiti yapmıştır, kirli yumurta tespiti için görüntüyü H, S, V bileşenlerine ayırmış ve H bileşeninden faydalanarak kir tespiti yapmıştır ve içsel kan lekeli yumurtalardaki kusuru

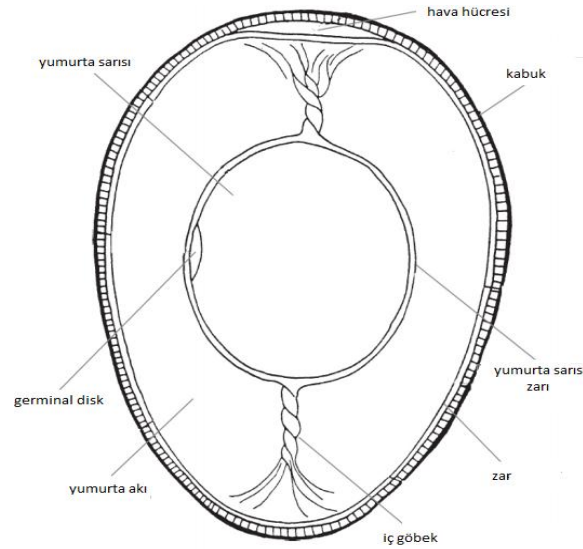


tespit etmek için ise halojen lamba kullanarak Candling metodunu uygulamıştır ardından ise binary görüntü işleme tekniği ile kusur tespiti yapmıştır. Bu çalışmada üç çeşit kusur için kendi içlerinde farklı yöntemler uygulanmıştır ancak genel bir sınıflandırma başarıları verilmemiştir [9].

## 1.2. Yumurta Kabuğu

Ticari olarak en kaliteli yumurta kabuğu kalsiyum karbonat şeklinde yaklaşık 2.2 gram kalsiyum içerir. Yaklaşık %95'i kalsiyum karbonat olan kuru yumurta kabuğu ağırlığı 5,5 gramdır ve tüm yumurta ağırlığının %10-11'ini oluşturmaktadır. Ortalama yumurta kabuğu yaklaşık %94-%97 kalsiyum karbonat, %0,3 fosfor, sodyum ve magnezyum ve düşük oranda potasyum, çinko, manganez, demir ve bakır içerir [10].

Çeşitli faktörler yumurta kabuğunun genel fonksiyonel kalitesini etkileyebilir. Yumurta kabuğunun kalınlığı, yumurta bezinde (uterus) geçirilen zamanla ve kabuğun oluşumu esnasında oluşan kalsiyum birikimi ile orantılıdır. Eğer yumurta uterusda kısa bir süre kalırsa kabuk kalınlığı az olacaktır. Kabukta biriken kalsiyum oranı veya miktarı da kabuk kalınlığını etkilemektedir. Şekil 1 temel bir yumurta anatomisini göstermektedir [10].



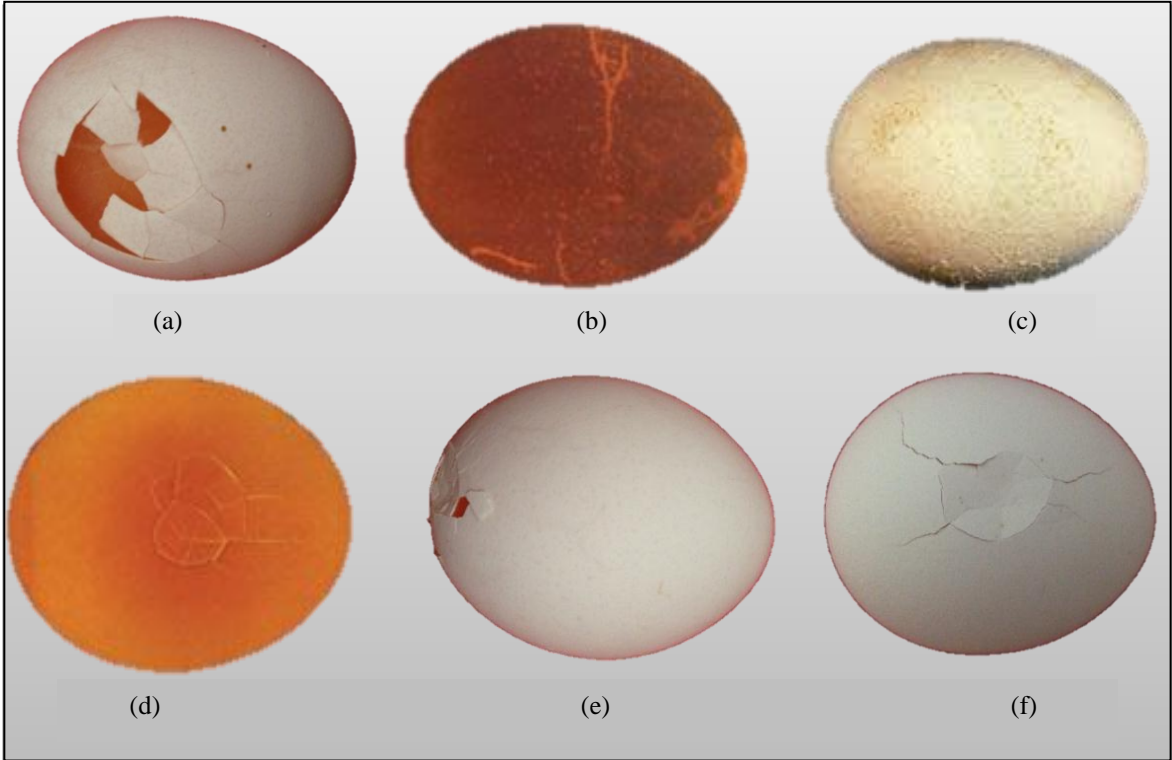
Şekil 1. Temel yumurta anatomisi

Eğer yumurta kabuğunun mukavemeti çevresel travmanın şiddetinden daha az olursa yumurta kabuğu kırıkları oluşur.

### 1.3. Yumurta Kabuğu Kırık Türleri

Ticari çiftliklerde değişik yumurta kusurları vardır ve toplam üretimin %0.5'i ile %5-6'sı arasında değişir. İri kırıklar, kılcal kırıklar, yıldız kırıklar, şekilsiz yumurtalar, kabarcıklı, aşırı pürüzlü (sand-paper), iğne delikli, köseli ve parlak yumurtalar değişik kusur türlerindedir.

Yumurta kabuğunun kötü olmasını etkileyen faktörler arasında kötü beslenme, yaşlanma, tuzlu su, sıcaklık gibi çeşitli çevresel faktörler vardır. Bunların dışında yumurta üzerine gelebilecek herhangi bir çevresel kuvvet de kabuk kırıklarına neden olabilir. Şekil 2'de yaygın görülen yumurta kırık türleri görülmektedir.

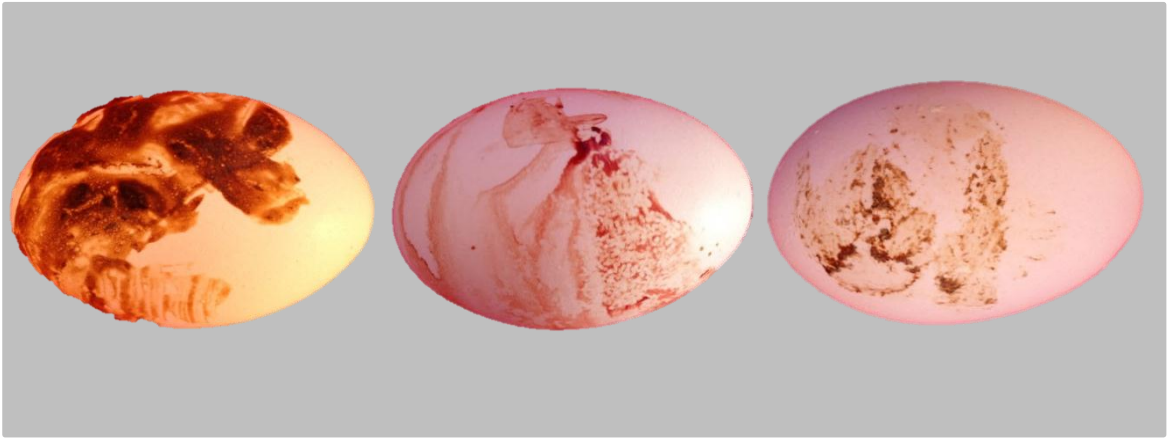


Şekil 2. (a) İri kırıklar, (b) Kılcal kırıklar, (c) Sand-papper yumurta, (d) Yıldız Kırıklar, (e) İğne delikli kırıklar, (f) Çöküntü kırıklar

Yumurtaların toplaması, yıkanması, sınıflandırılması ve paketlenmesi adımlarından oluşan yumurta çiftliği endüstrisinde sınıflandırma aşamasında kırık yumurtaların ayrılması hem pazarlama açısından hem de sağlıksal açıdan önemlidir. Yumurta folluklarından ve kafeslerinden yumurtaya dışkı bulaşabilir. Kabuğunda kırık olan yumurtalarda bu dışkı yüzünden Salmonella bakterisinin insana bulaşma riski vardır. Salmonella typhi ve Salmonella parathypi grubundaki bakteriler insanlarda tifo ve paratifo olarak bilinen enfeksiyon hastalıklarına neden olurlar. Bu enfeksiyonlar insanlarda baş ağrısı, halsizlik, karın ağrısı, iştahsızlık, ishal, ateş gibi semptomlara neden olurlar. Bu semptomlar tedavi edilmediğinde ölüm oranı %10-15'tir.

#### 1.4. Yumurta Kabuğu Üzerindeki Kirler

Ticari yumurta üretiminde pazarlama aşamasında yumurtaların üzerinde olabilecek dışkısal kirler, yumurta sarıları ve kan lekeleri gibi kalıntılar son kullanıcının yumurtayı satın almasını engelleyebilecek faktörler arasındadır. Yumurta kabuğu üzerinde yaklaşık 17000 tane por denilen delik mevcuttur [1]. Paketleme aşamasından önce eğer yumurta üzerindeki kirler yıkanırsa kabuk üzerindeki porların açılmasına neden olur ve zararlı bakteriler yumurtanın içine nüfuz edebilir. Dünyadaki pazar yönetmeliklerine baktığımızda Avrupa'daki pazar yönetmelikleri ABD'de olduğu gibi herhangi bir yumurta yıkama işlemine izin vermez. Sağlıksal açılardan sınıflandırma aşamasında kirli yumurtalar paketlenmeden ayrılır. Şekil 3'de çeşitli yumurta kabuğu kirleri görülmektedir.

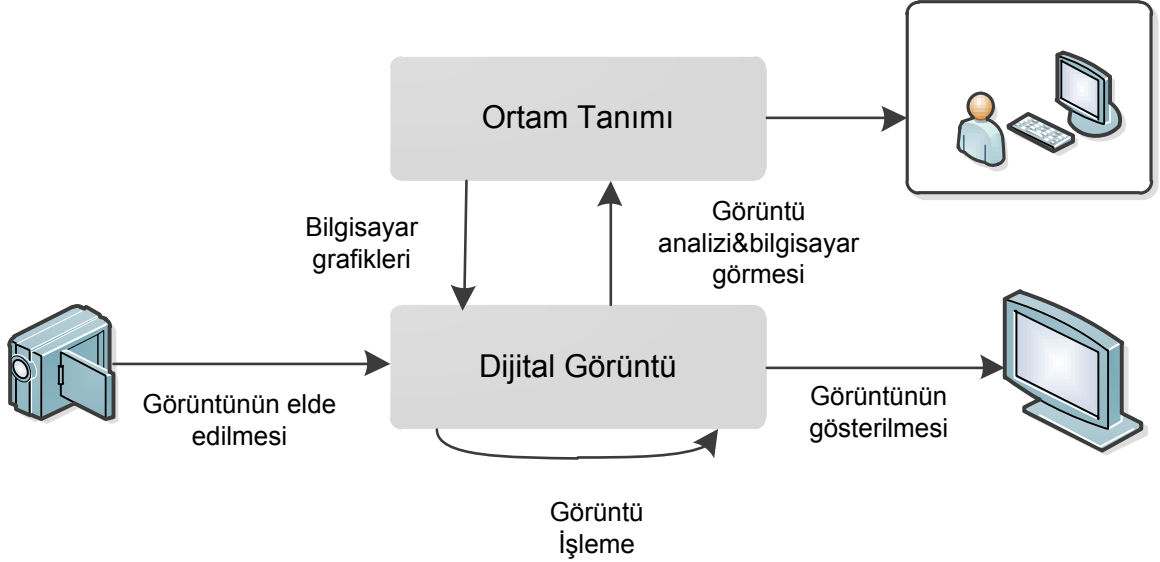


Şekil 3. Yumurta kabuğu kir örnekleri

## 1.5. Görüntü İşleme

Görüntü işleme önceden kaydedilip dijital hale getirilmiş gerçek görüntü verilerinin bir girdi olarak işaretlenip, verilerin bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile elektronik ortamda özelliklerinin değiştirilerek yeni bir çıktı görüntüsünün oluşturulmasıdır. Görüntüler analog ortamdan dijital ortama dönüştürüldüklerinde görüntü üzerinde bir takım bozukluklar oluşur. Çeşitli görüntü işleme teknikleri bu hataları elimine etmek için kullanılabilir.

Birçok görüntü işleme tekniği görüntüyü iki boyutlu bir sinyal gibi düşünüp, bu görüntü üzerine çeşitli sinyal işleme tekniklerinin uygulanmasını içerir. Şekil 4 temel görüntü işleme adımlarını göstermektedir.



Şekil 4. Görüntü işleme adımları

### 1.5.1. Sayısal Görüntü İşleme

Analog sinyallerin sayısal sinyallere dönüştürülmesinde olduğu gibi analog görüntülerde sayısal görüntülere dönüştürülebilir. Sayısal görüntü oluşturabilmek için analog görüntüden elektromanyetik olarak yayılan enerji algılanarak sayısal sinyale dönüştürülür.

Görüntü gerçek hayatta iki bağımsız değişkenin bir fonksiyonu olarak tanımlanır.  $F(x,y)$  olarak ifade edilen bir görüntüde  $x$  değişkeni yatay koordinatı,  $y$  değişkeni düşey koordinatı,  $F$  değeri ise bu koordinatlardaki parlaklığı ifade eder.

Sayısal görüntü gerçek hayatta mevcut olan 2 boyutlu  $f(x,y)$  olarak ifade edilen görüntü fonksiyonunun örnekleme tekniği kullanılarak örneklenmesiyle oluşturulur. 1 ve 0' lardan oluşun bir sayısal görüntüde  $m$  görüntünün yatay koordinatını,  $n$  görüntünün düşey koordinatını,  $f$  ise bu koordinatlardaki parlaklık değerini ifade etmek üzere  $f[m,n]$  olarak tanımlanabilir. Şekil 5 bir görüntünün koordinat sistemini göstermektedir.

	1	2	3	...	m
1					
2		(x-1,y-1)	(x-1,y)	(x-1,y+1)	
3		(x,y)	(x,y)	(x,y+1)	
...		(x-1,y+1)	(x+1,y)	(x+1,y+1)	
N					

Şekil 5. Görüntünün koordinat sistemi

Sayısal görüntüde satırların ve sütunların kesiştiği noktalara pixel denir. Bir pikselin değeri ( $V$ ) derinlik ( $z$ ), renk ( $\lambda$ ) ve zamanın ( $t$ ) bir fonksiyonudur. Formül 1 sayısal görüntünün bir pikselinin değerini ifade etmektedir.

$$V = f(x, y, z, \lambda, t) \quad (1)$$

Görüntünün niteliği piksel değerlerinin belirli aralıklarda olup olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Örnek verilecek olursa 0 pixel değeri siyahı,  $(n-1)$  değeri de beyazı ifade ederse bu değerler arasındaki kalan değerler görüntünün gri tonlarını ifade eder. Görüntünün 1 pikselini temsil etmek için kullanılan bit sayısı ( $b$ ) görüntünün gri düzey sayısını ( $L$ ) ifade eder. Formül 2 görüntünün gri düzey sayısını ifade etmektedir.

$$L = 2^b \quad (2)$$

Bir görüntünün en küçük parçası pixel olarak isimlendirilir. Bir görüntünün çözünürlüğü pikselin fiziksel büyüklüğüne eşdeğerdir. Görüntünün detaylandırılabilir olması pixel sayısı ile doğru orantılıdır. Formül 5 bir görüntünün matematiksel fonksiyon olarak ifade edilmesini göstermektedir. Formülasyonda  $f(x,y)$  sayısal görüntüyü, matrisel ifade içindeki değerler ise görüntü elemanını (pixel) ifade etmektedir.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1, M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Formülasyonda  $f(x,y)$  sayısal görüntüyü, matrisel ifade içindeki değerler ise görüntü elemanını (pixel) ifade etmektedir.

### 1.5.2. Gri Düzeyli Görüntü

Gri düzeyli görüntülerde gri ve tonları ile görüntü oluşturulur. Tonlamalı veya gri ölçekli dijital görüntüde her pikselin değerinde tek bir örnek vardır ve parlaklık bilgisini içerir. Ayrıca siyah-beyaz olarak bilinen bu tür görüntüler güçlü beyaz için zayıf yoğunlukta siyah arasında değişen gri tonlardan oluşmaktadır. Gri düzeyli tonlamalı görüntüler, bilgisayar ortamında yalnızca siyah ve beyaz olarak ifade edilen binary olarak da adlandırılan iki bitlik tek tonlu siyah beyaz görüntülerden farklıdır[11].

Gri düzeyli görüntülerde sadece tek renk varlığını gösterdiğinden monokromatik (tek renkli) görüntülerde denir. Gri düzeyli görüntüler genellikle elektromanyetik spektrumun (Örneğin; kızıl ötesi, görünür ışık, mor ötesi, vb.) tek bir bantta her pikselde ışığın yoğunluk ölçümünün sonucunda oluşur.

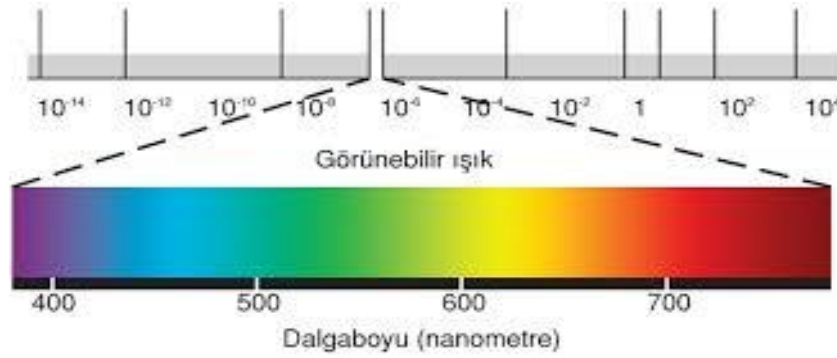
Gri düzeyli görüntü işleme gerçek hayattaki görüntü işleme uygulamalarında geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bunu en önemli nedenlerinden bir tanesi gri tonlu görüntüde tek bir bant üzerinde işlem yapılmasıdır. Formül 4, RGB renkli bir görüntünün gri düzeyli bir görüntüye dönüştürülmesini ifade etmektedir.  $I_R(p)$ ,  $I_G(p)$ ,  $I_B(p)$  sırasıyla görüntünün kırmızı, yeşil ve mavi bantlarını ifade etmektedir.

$$I_{\text{gri}}(p) = \frac{I_R(p) + I_G(p) + I_B(p)}{3} \quad (4)$$

### 1.5.3. Renkli Görüntü İşleme

İnsan görsel sistemi binlerce farklı renk tonunu birbirinden ayırabilir ancak gri tonda bu oran 100 gri tonu civarındadır. Bu nedenle, bir görüntüde ekstra bilginin büyük bir çoğunluğu renk içinde ihtiva edilebilir ve daha sonra bu ekstra bilgi rengine göre nesne tanıma ve çıkarımı gibi görüntü işleme analizinde kullanılabilir [11].

Bağımsız üç nitelik herhangi bir rengi tanımlamak için kullanılabilir. Renk türüne (hue) baskın dalga boyu karar vermektedir. Şekil 6'da görüldüğü gibi görünür renk elektromanyetik spektrumu yaklaşık 400 nm ve 700 nm arasındadır.



Şekil 6. Görünür rengin elektromanyetik spektrumu [12].

Renk doygunluğuna uyarım saflığı tarafından karar verilir ve hue ile beyaz ışık karışım miktarına bağlıdır. Saf bir renk türünde tamamen renk doygunluğu vardır ve içerisine hiç beyaz ışık karışmamıştır. Renk türü ve doygunluk parametreleri ikisi birlikte verilen bir rengin kromatikliğine karar verir. Sonuç olarak ışık şiddetine ışığın gerçek miktarı tarafından karar verilir [13].

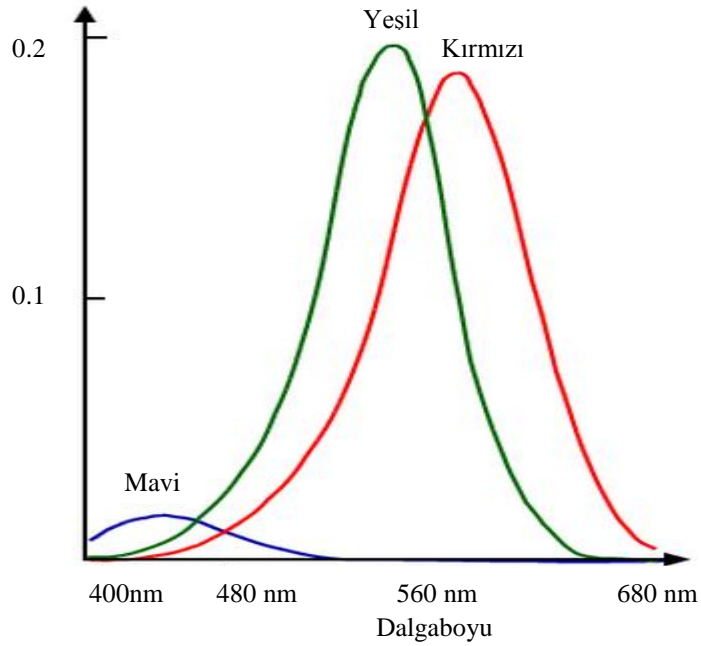
Kromatik bir ışıkta hiç renk yoktur, tek özelliği niteliği ve ışık şiddetidir. Gri düzeyi yoğunluğun bir ölçümüdür. Işık şiddetine enerji tarafından karar verildiği için fiziksel bir büyüklük olarak nitelendirilir. Diğer taraftan parlaklık rengin algılanmasıyla ilgilidir ve psikolojiktir. Eşit yoğunlukta verilen mavi ve yeşil renklerde mavi yeşilden daha koyu olarak algılanır.

Renk temel olarak nesnenin yansıtma özelliklerine bağlıdır. İnsan gözü soğurulan ışıklardan ziyade yansıyan ışınları görmektedir. Bununla birlikte ışık kaynağının rengi ve insan görsel sisteminin doğası dikkate alınmalıdır.

### 1.5.4. Renk Algısı Tristimulus Teorisi

Türkçe anlam olarak tristimulus değeri insan gözünün renkleri algılama özelliğini simule edebilmek amacıyla yapılan çeşitli hesaplamalar sonucunda elde edilen X,Y,Z renk koordinat bilgileridir. İnsan retinası 3 tür koniye sahiptir. Işığın dalga boyunun bir fonksiyonu olarak koninin her türünün verdiği tepki Şekil 7’de gösterilmiştir.

İnsan gözünün görünür ışığa tepki veren üç tür reseptörü olmasından dolayı bizim herhangi bir renk spektrumuna algımız sadece üç sinyalin kombinasyonu ile temsil edilebilmektedir. Bu sinyallerin kırmızı, yeşil, mavi olarak seçilmesinin en önemli nedeni her bir konide maksimum değere sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Saf renkler baskın olarak tek bir dalga boyuna sahiptirler. Rengin tristimulus teorisinde, renk doğası gereği 3 boyutlu uzayda temsil edilir. Eğer iki renkte aynı tristimulus değerine sahip olursa, bu renklerin görsel olarak ayırt edilebilmesi mümkün değildir.



Şekil 7. İnsan gözü için spektral tepki eğrileri (Mavi 440 nm, Yeşil 545 nm, Kırmızı 580 nm)



### 1.5.5. CIE Renk Düzlemi

Gözdeki konilerin dağılımından dolayı tristimulus değerleri gözlemleyicinin bakış açısına bağlıdır. Bu değişkenleri elimine etmek için, CIE standart gözlemleyici denen ve göz içerisindeki iki derecelik yayda insanın ortalama kromatik tepkisini temsil eden bir renk haritası fonksiyonu tanımlamıştır. Bu açı insan gözünün iki derecelik yay içerisindeki renge duyarlı konilerin var olduğu düşüncesiyle seçilmiştir. Bu yüzden CIE 1931 Standart Observer fonksiyonu CIE 1931 2° Standard Observer fonksiyonu olarak da bilinir. On derecelik ve dört derecelik gözlemlerde yapılmıştır [14].

#### 1.5.5.1. Renk Eşleme Fonksiyonları

CIE' nin renk eşleme fonksiyonu  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  gözlemcinin kromatik tepkisinin sayısal olarak tarifidir. Bunlar CIE tristimulus değerleri X, Y ve Z hasil üç doğrusal ışık detektörünün spektral hassaslık eğrileri olarak düşünülebilir.

Bir spektral güç dağılımı  $I(\lambda)$  ile bir renk için tristimulus değerleri standart gözlemci cinsinden Formül 5, Formül 6, Formül 7'deki gibidir. Burada  $\lambda$  eşdeğer kromatik ışığın dalga boyudur. Formüllerde integralin sınırları görünür ışığın dalga boyu olarak alınmıştır. Diğer gözlemciler CIE RGB uzayı veya diğer RGB renk uzayları gibi diğer üç renk eşleştirme fonksiyon setleri tarafından tanımlanır ve diğer uzayların tristimulus değerlerinin kullanımına izin verir [14].

$$X = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

$$Y = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

$$Z = \int_{380}^{780} I(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (7)$$

Eğer yoğunluk spektrumu  $I(\lambda)$  bağımlı ise X, Y, Z değerleri de bağımlıdır.

### 1.5.5.2. CIE xy Kromatiklik Diyagramı ve CIE xyY Renk Düzlemi

İnsan gözü üç çeşit sensöre sahip olduğu için farklı dalga boylarındaki aralıklara cevap verebilir. Tüm görsel renklerin 3 boyutlu çizimi Şekil 8 (a)' da verilmiştir. Bununla birlikte renk kavramı parlaklık ve kromatiklik olarak iki kısma ayrılabilir. Örneğin beyaz renk parlak olarak nitelendirilirken gri renk aynı beyazın daha az parlak hali olarak nitelendirilir. Diğer bir deyişle beyazın ve grinin kromatikliği aynıdır fakat parlaklığı farklıdır [14].

CIE XYZ renk uzayında Y parametresi parlaklığın veya rengin aydınlık seviyesinin bir ölçümü olarak tasarlanmıştır. Renin kromatikliğine x ve y olarak çıkarılan iki parametre tarafından karar verilir. Üç normalize edilmiş değer ikisi (x,y), üç tristimulus değer (X, Y, Z) fonksiyonudur [14].

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (8)$$

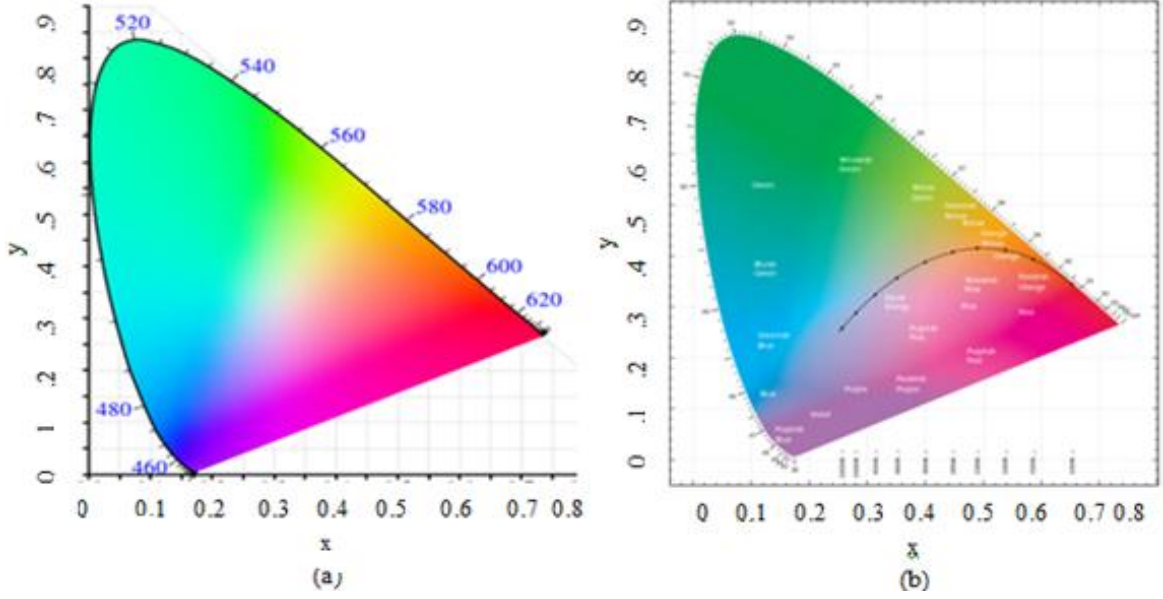
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (9)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y \quad (10)$$

x, y ve Y ile belirtilen renk düzlemi CIE xyY renk düzlemi olarak bilinir ve uygulamada renkleri belirlemek için kullanılır. X ve Z tristimulus değerleri x, y ve Y tristimulus değerlerinin ardından hesaplanır [14]. Matematiksel olarak x ve y koordinatları izdüşümsel koordinatlardır ve kromatik diyagramın renkleri gerçek izdüşüm düzleminin bir bölgesini işgal eder. Şekil 8 (b)' de CIE xyY bağıl renk uzayı kromatiklik diyagramı gözükmektedir [14].

$$X = \frac{Y}{y} x \quad (11)$$

$$Z = \frac{Y}{y} (1 - x - y) \quad (12)$$



Şekil 8. (a) CIE xy Kromatiklik Diyagramı, (b) CIE xyY Renk Düzlemi [14].

### 1.5.5.3. CIE XYZ Renk Uzayı

İnsan gözünde kırmızı, yeşil ve mavi üç ana renginin algılanmasını sağlayan sinirlerin beyne yolladıkları uyarıların toplamı X, Y, Z değerleridir. X, Y, Z uyarılarının ayrı ayrı toplam uyarıya bölümü rengi tanımlamaktadır. İnsanların görsel duyuları bu üç rengin toplamına eşittir. Kırmızı rengin algılanma oranı Formül 13, yeşil rengin algılanma oranı Formül 14, mavi rengin algılanma oranı Formül 15 deki gibidir [15].

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (13)$$

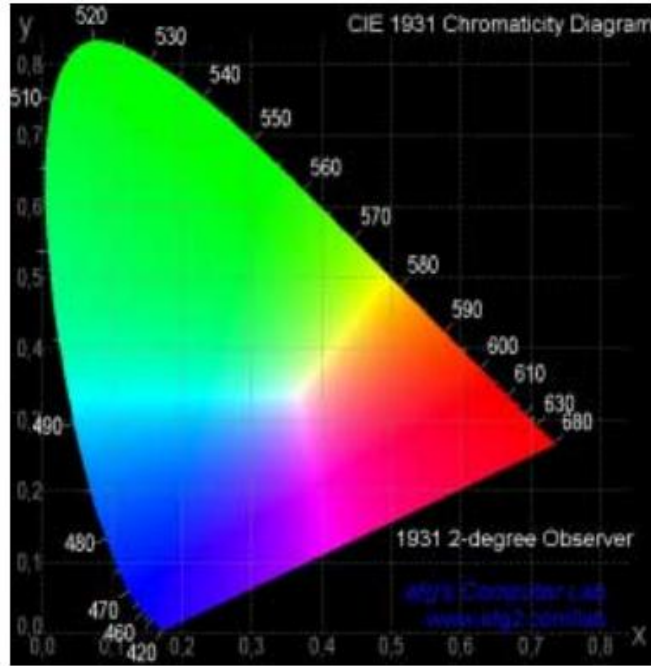
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (14)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (15)$$

x, y ve z değerleri ayrı ayrı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Ayrıca bu üç değer toplamı Formül 16' daki gibi 1'e eşittir.

$$x + y + z = 1 \quad (16)$$

$x = y = z = 1/3$  noktası teorik değerlendirmede beyazdır. Renklerin doygunluk oranı bu lokasyondan uzaklaştıkça artmaktadır. CIE XYZ uzayının iki boyutlu gösterimi bu mantığa dayanmaktadır. Şekil 9' da yer alan renk düzlemine *gamut* denmektedir. Renk bilimi dünyasında gamut ifadesi renkli görüntü işleme cihazlarının sahip olduğu renk yelpazesi olarak tanımlanmaktadır.

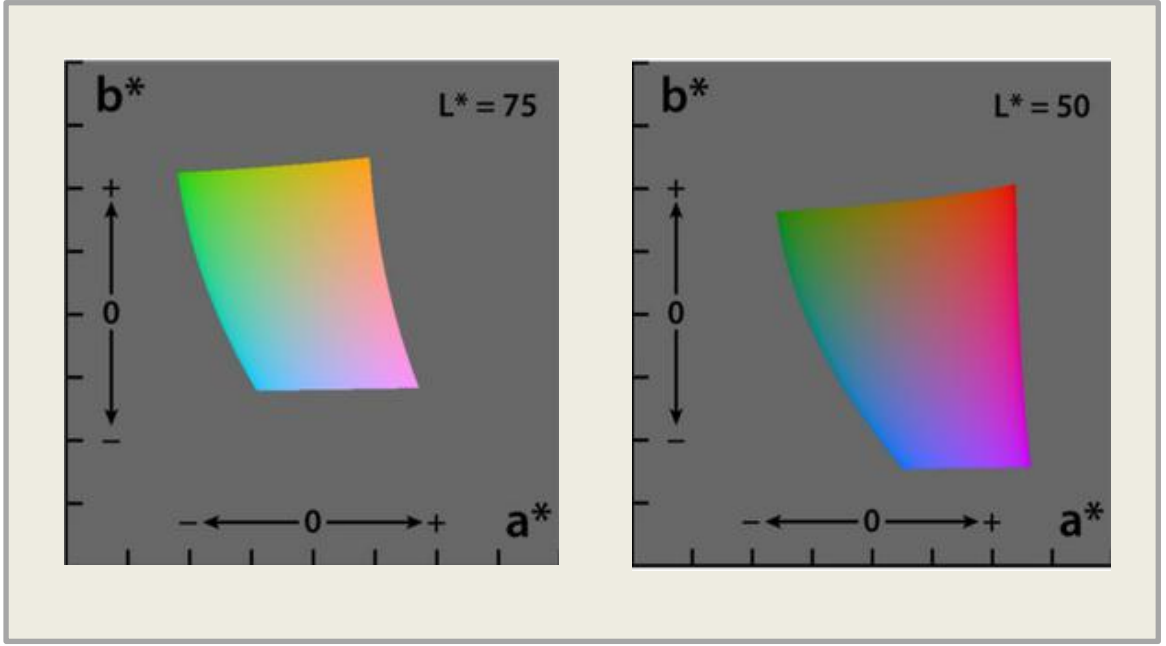


Şekil 9. CIE XYZ renk uzayı [15].

### 1.5.6. Lab Renk Düzlemi

Lab renk uzayı parlaklık için L, renk karşıtlık boyutları için a ve b ile oluşturulan lineer olmayan sıkıştırılmış CIE XYZ koordinatlarına dayalı bir renk karşıtlık uzayıdır. Algısal olarak homojenlik, bir renk değerindeki aynı miktar değişikliğin yaklaşık aynı görsel önemde bir değişiklik üretebileceği anlamına gelmektedir. Sınırlı hassas değerlerdeki renkler saklandığı zaman, bu tonların yeniden üretimini arttırabilir. Lab uzayları XYZ datasının beyaz noktası için bağımlıdır ve dönüştürülebilirler. Beyaz nokta belirtilmemişse Lab değerleri mutlak renkleri tanımlayamaz. Çoğu uygulamada, beyaz

nokta bir standart olarak kabul edilmiş, açık bir şekilde ifade edilmemiştir. CIELAB' da parlaklık korelasyonu bağıl parlaklığın küp kökü alınarak hesaplanır.  $L^*a^*b^*$  renk düzlemi tüm algılanabilir renkleri içerir ve buda RGB ve CMYK renk modellerini aştığı anlamına gelmektedir.  $L^*a^*b^*$  renk menzili hem RGB hem de CMYK renk menzilini kapsadığı için,  $L^*a^*b^*$  renk düzlemi örneğin Adobe Photoshop' da yazıcı için grafikler RGB' den CMYK' ya dönüştürülmek zorunda olduğu zaman kullanılır. Şekil 10,  $L^*a^*b^*$  renk uzayını göstermektedir [16].



Şekil 10. CIE 1976 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) renk düzlemi (CIELAB) [16].

#### 1.5.6.1. Lab Renk Düzlemi Avantajları

RGB ve CMYK renk düzleminde farklı olarak, Lab renk düzlemi yaklaşık olarak insan görsel sistemine göre tasarlanmıştır. L bileşeni insanın parlaklık algısıyla yakın olarak eşleşmektedir. Böylece a ve b bileşenlerinde çıkış eğrilerinin değiştirilmesi ile doğru renk dengesi düzeltilmesi kullanılabilir. RGB veya CMYK uzaylarında, insan görsel algısından ziyade fiziksel cihazların çıkış modeli dönüşümler ile sadece düzenleme uygulamasında uygun karışım modlarının yardımı ile yapılabilir. RGB ve CMYK renk modelleri cihaz bağımlı olduğu için RGB veya CMYK değerleri arasındaki dönüşüm için

tek bir basit formül yoktur. RGB veya CMYK değerleri ilk olarak sRGB veya Adobe RGB gibi spesifik bir renk uzayına dönüştürülmelidir. Bu ayarlamalar cihaz bazlı olacaktır fakat dönüşümdeki sonuç verisi cihazdan bağımsız olacaktır ve izin verilen data önce CIE 1931 renk uzayına daha sonra da  $L^*a^*b^*$  ye dönüştürülecektir. sRGB renk uzayı RGB renk koordinatları ile LAB renk koordinatları arasında bağlantı kurmaktadır. LAB renk modeli insan gözünün cisimleri daha iyi algılayabilmesi için gölgeleri ve renk tonlarını ayrıştıran bir algoritmaya sahiptir [17].

### 1.5.6.2. CIELAB Renk Uzayı

CIE  $L^*a^*b^*$  (CIELAB ) Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından belirlenen bir renk uzayıdır. Bu insan gözünün görebileceği tüm renkleri açıklayan ve referans olarak kullanılmak üzere aygıt bağımsız model olarak hizmet etmek için oluşturulmuştur. CIELAB'ın üç koordinatı; rengin parlaklığını ( $L^*=0$  siyah ve  $L^*=100$  difüze beyaz; yansıtıcı beyaz daha yüksek olabilir), kırmızı/magenta-yeşil konumları arasını ( $a^*$ , pozitif değerler magentayı gösterirken negatif değerleri yeşili gösterir) ve sarı-mavi konumları arasını ( $b^*$ , negatif değerleri maviyi gösterirken pozitif değerleri sarıyı göstermektedir ) ifade etmektedir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  için doğrusal olmayan ilişkiler gözün doğrusal olmayan yanıtını taklit etmek için tasarlanmıştır. Ayrıca,  $L^*a^*b^*$  renk uzayındaki bileşenlerin düzgün dağılımlı algılanan renklerinde düzgün dağılımlı olmasını amaçlar. Bu yüzden  $L^*a^*b^*$  uzayındaki herhangi iki renk arasındaki bağıl algısal farklılıklar üç boyutlu uzayda bir renk olarak ele alınmasıyla ve aralarındaki Öklit mesafesinin alınmasıyla yaklaşık olarak düşünülür [16].

### 1.5.6.3. CIELAB – CIEXYZ Dönüşümleri

CIE RGB renk uzayı monokromatik (tek dalga boylu) temel renklerin belirli bir dizisinin ayırt edilmesi ile oluşan birçok renk uzayından bir tanesidir. Burada  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$  referans beyaz noktasının CIE XYZ tristimulus değeridir. İki kısım içerisine  $f(t)$  fonksiyonunun domaininin bölünmesi  $t=0$  anında sonsuz eğimi önlemek için yapılır.

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16 \quad (17)$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (18)$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad (19)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{eğer } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & \text{diğer} \end{cases} \quad (20)$$

Formül 17, Formül 18, Formül 19 CIEXYZ renk uzayından CIELAB renk uzayına geçiş için formülleri ifade etmektedir. Formül 20 ise bu dönüşümlerde gerekli olan fonksiyonu ifade etmektedir [16].

Aşağıda yer alan Formül 21, Formül 22, Formül 23 CIELAB renk uzayından CIEXYZ renk uzayına geçiş için ters dönüşüm formüllerini ifade etmektedir. Formül 24 ise bu dönüşümlerde gerekli olan fonksiyonu ifade etmektedir [16].

$$Y = Y_n f^{-1}\left(\frac{1}{116}(L^* + 16)\right) \quad (21)$$

$$X = X_n f^{-1}\left(\frac{1}{116}(L^* + 16) + \frac{1}{500}a^*\right) \quad (22)$$

$$Z = Z_n f^{-1}\left(\frac{1}{116}(L^* + 16) - \frac{1}{200}b^*\right) \quad (23)$$

$$f^{-1}(t) = \begin{cases} t^3 & \text{eğer } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ 3 \left(\frac{6}{29}\right)^2 \left(t - \frac{4}{29}\right) & \text{diğer} \end{cases} \quad (24)$$

## 1.6. Görüntü Histogramları

Görüntü histogramı sayısal görüntüde tonal dağılımın grafiksel ifadesi olan bir histogram türüdür. Histogram ile her ton değeri için piksel sayısı çizilir. Gözlemci belirli bir görüntü için histograma bakarak bir bakışta tüm tonal dağılım hakkında bilgi sahibi olabilmelidir.

Görüntü histogramları birçok modern dijital kamera üzerinde bulunmaktadır. Görüntü işlemede elde edilen görüntüdeki yakalanan ton dağılımını göstermek için histogram yardımcı bir araç olarak kullanılabilir ve görüntü detaylarının renk dağılımları elde edilebilir.

Histogram grafiğinin düşey eksenini belirli bir tondaki piksel sayısını ifade ederken yatay eksenini ton değişimlerini ifade etmektedir. Yatay eksenin sol tarafı siyah ve koyu bölgeleri temsil ederken ortası gri ve sağ tarafı da açık ve saf beyaz renkleri temsil etmektedir. Düşey eksen bu bölgelerin her birinde yakalanan alanın boyutunu temsil etmektedir. Bu yüzden birçok koyu görüntü için histogram sol taraf ve grafiğin merkezi üzerindeki data noktalarının çoğunluğuna sahip olacaktır. Aksine birkaç koyu bölge veya gölgeli birçok parlak görüntü için histogramın veri noktalarının çoğu sağ tarafta ve grafiğin merkezindedir.

Bir görüntünün histogramının çıkarılabilmesi için Formül 25 ve Formül 26 kullanılabilir. Formül 25 bir görüntünün normalize edilmemiş histogramını ifade etmektedir. Formül 25’ de elde edilen histogramı normalize etmek için görüntünün toplam piksel sayısına bölmek gerekmektedir. Formül 26 normalize edilmiş histogramı göstermektedir. Formülasyonda  $r_k$  parametresi k’nıncı gri düzeyini,  $n_k$  ise  $r_k$  gri düzeyine sahip görüntüdeki piksel sayısını ifade etmektedir. k parametresi görüntüdeki gri düzey sayısını ifade etmektedir [12].

$$h(r_k) = n_k \quad (25)$$

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (26)$$

$$k = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (27)$$



### 1.6.1. Görüntü İşleme ve Histogramlar

Görüntü editörleri genellikle düzenlenmekte olan bir görüntünün histogramını oluşturmak için belirli hükümler vermektedir. Histogram, belirli bir parlaklık değeri (yatay eksen) ile görüntü piksel sayısının (düşey eksen) bir grafiğidir. Dijital editördeki algoritmalar kullanıcıya her pikselin parlaklık değerinin görsel olarak ayarlanmasına ve dinamik olarak ayarlama sonuçlarının gösterilmesine izin verir. Resim parlaklığı ve kontrasttaki düzeltmeler elde edilebilir.

Bilgisayar görmesi alanında, görüntü histogramları eşik seviyesi için faydalı bir araç olabilmektedir. Çünkü grafiğin içerdiği bilgi ton değişiminin bir fonksiyonu olarak pikselin dağılımının bir ifadesidir, görüntü histogramları eşik değerine karar vermede kullanılacak tepeler veya vadiler için analiz edilebilir. Bu eşik seviyesi değeri kenar belirleme, görüntü segmentasyonu yeniden oluşum matrisleri için kullanılabilir.

### 1.7. Renk Histogramı

Görüntü işleme ve fotoğrafçılıkta, renk histogramı görüntüdeki renk dağılımının bir ifadesidir. Sayısal görüntü için renk histogramı renk alanının sabit listesinin her birindeki renklere sahip piksel sayısını ifade eder. Görüntünün renk düzlemini kapsamaktadır ve mümkün olan tüm renklerin bir dizisidir.

Renk histogramları terimi daha çok RGB veya HSV gibi üç boyutlu uzaylar için sık sık kullanılmasına rağmen, herhangi bir tür renk uzayı için de renk histogramı oluşturmak mümkündür. Monokromatik (tek renkli) görüntüler için renk histogramı yerine yoğunluk histogramı terimini kullanmak daha uygundur. Çoklu spektral görüntüler için, her piksel ölçülen rastlantısal bir rakam tarafından temsil edilir (örneğin RGB' de üç ölçümün ötesinde). Bu görüntülerde, renk histogramı N boyutludur. Her ölçüm ışık spektrumunda kendi dalga boyu menziline sahiptir ve bunların bazıları görünür spektrumun dışındadır.

Eğer olası renk dizisi oldukça küçükse, bu renklerin her biri bir alan üzerinde kendi başlarına yer alabilir ve o zaman histogram sadece her bir olası renge sahip piksel sayısıdır. Çoğu zaman bu alan düzenli bir ızgara olarak düzenli aralıklara bölünebilir ve böylece her biri birçok benzer renk değerlerini ihtiva eder. Renk histogramı piksel sayılarına yaklaşıp renk uzayı üzerinde tanımlı düzgün bir fonksiyon olarak gösterilebilir ve ifade edilebilir.

Diğer histogramlara benzer olarak renk histogramı istatistiksel ve sürekli dağılımlı bir yaklaşım olarak düşünülebilir.

### 1.8. Histogram Denkleştirme

Histogram denkleştirme görüntünün histogramının kullanılarak kontrast ayarlamasına dayalı bir görüntü işleme tekniğidir. Bu yöntem genellikle birçok görüntünün geniş çaplı kontrastını artırır, özellikle görüntünün kullanılabilir verisi yakın kontrast değeri ile temsil edildiği zaman bu işlem gerçekleşir. Bu ayar sayesinde, histogram üzerindeki yoğunluk daha iyi dağılmış olacaktır. Bu yöntem ile düşük kontrast değer bölgeleri daha yüksek kontrast değerleri kazanmış olur. Histogram denkleştirme etkili en sık parlaklık değerlerini yayarak bu işlemi gerçekleştirir. Yöntem arka planı ve ön planı parlak veya koyu görüntülerde kullanışlıdır. Özel olarak, bu metot x-ray görüntülerde kemik yapısının daha iyi gözükmesine izin vermektedir.

Yöntemin önemli avantajı oldukça basit bir teknik ve tersinir bir operatör olmasıdır. Bu yüzden teoride eğer histogram eşitleme işlevi biliniyorsa daha sonra orijinal histogram elde edilebilir. Yöntemin dezavantajı ise ayırt edici olmamasıdır. Yani histogram denkleştirme yapılırken faydalı sinyalin kullanımı azaltılırken zemindeki gürültünün kontrastı artırılabilir. Formül 28 transfer fonksiyonunu göstermektedir ve  $0 \leq r \leq 1$  aralığında tek değerlidir ve monoton olarak artmaktadır. Ayrıca Formül 29' da görüldüğü gibi bu ters dönüşüm uygulanabilir [12].

$$s = T(r), \quad 0 \leq r \leq 1 \quad (28)$$

$$r = T^{-1}(s), \quad 0 \leq s \leq 1 \quad (29)$$

$p_r(r)$  ve  $p_s(s)$ ,  $r$  ve  $s$  rastlantısal değişkenlerinin olasılık dağılım fonksiyonudur. Eğer  $p_r(r)$  ve  $T(r)$  bilinirse ve yukarıdaki şartları sağlarsa  $p_s(s)$  olasılık dağılım fonksiyonu ve  $s$  elde edilebilir. Formül 30 kümülatif dağılım fonksiyonu olan transfer fonksiyonunu göstermektedir [12].

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)dw \quad (30)$$

Histogram denkleştirmede transfer fonksiyonununun ayrık versiyonu Formül 31' deki gibidir [12].

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \quad (31)$$

## 1.9. Görüntü Bölütleme

Bilgisayarla görmede, görüntü bölütleme dijital görüntünün çoklu bölmelere bölünmesidir. Bölütlemenin amacı görüntüyü daha anlamlı ve analiz etmesi daha kolay olacak şekilde görüntünün ifade edilmesini değiştirmek ve basitleştirmektir. Görüntü bölütleme genel bir görüntüdeki nesnelere ve sınırları (çizgiler, eğriler vb.) bulmak için kullanılır. Daha ayrıntılı bakılacak olursa, görüntü bölütleme bir görüntüdeki her pixel için bir etiket atanması işlemidir, öyle ki, aynı etiketteki pixeller aynı görsel karakteristikleri paylaşırlar. Görüntü bölütlemenin sonucu tüm görüntüyü topluca kapsayan bölütlerin bir dizisidir. Bölgedeki piksellerin her biri renk, yoğunluk ve doku gibi hesaplanabilen özellikleri veya bazı karakteristiklere göre benzerdir. Bitişik bölgeler bazı karakteristiklere göre önemli ölçüde farklıdır [12].

### 1.9.1. Eşik Seviyesi Belirleme

Görüntü bölütlemenin en basit yöntemi eşikleme yöntemidir. Bu yöntem, gri düzeyli görüntüyü ikili-düzeyli görüntüye dönüştürmek için bir eşik değerine bağlı olarak çalışır.

Renkli görüntüler için de eşik seviyesi belirlenebilir. Bir yaklaşım, görüntünün RGB bileşenlerinin her biri için ayrı bir eşik seviyesi belirlemek ve daha sonra AND işlemi ile birleştirmektir. Örneğin gri tonların ikili düzeyli tonlara dönüştürülmesi Formül 32' de verildiği gibi eşik değeri verilerek elde edilebilir. Bu formülde d belirli bir eşik değeridir ve çevirim için kullanılan bir değerdir [12].

$$I_{\text{bin}}(p) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } I_{\text{gri}}(p) \geq d \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (32)$$

Eşik değerlerinin kullanılması hesaplama yapmayı kolaylaştırır fakat var olan bilgiyi yeterli kullanmaması ve genellikle manuel olarak girilen değer olması bir dezavantajdır. Eşik seviyesi belirleme metodları kategorize edilecek olunursa algoritmalar 6 grup içerisine bölünebilir;

- Histogram şekline dayalı yöntemler: tepeler, vadiler ve düzgün dağılımlı histogramların analizi vb.
- Kümeleme tabanlı yöntemler: gri seviye örnekleri arka plan ve ön plan (nesne) veya iki Gauss' un dağılımı olarak modellenmesi vb.
- Entropi tabanlı yöntemler: ön ve arka plan bölgelerinin entropisinin kullanılması, orijinal ve binary görüntü arasındaki çapraz entropi vb.
- Nesne özellik tabanlı yöntemler: gri seviyeli ve binary görüntüler arasındaki benzerliğin ölçümü, fuzzy şekil benzerliği, kenar benzerliği vb.
- Uzamsal metotlar: pikseller arasındaki korelasyon veya yüksek-dereceli olasılık dağılımı vb.
- Yerel metotlar: yerel görüntü karakteristikleri için her piksel üzerinde eşik değeri uyarlaması vb.

### 1.9.2. K-means Kümeleme

Görüntü bölütlemeye yıllardır birçok yaklaşım denenmiştir. Kümeleme bu değişik yöntemlerden bir tanesidir ve gri düzeyli görüntülerin bölütlenmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. K-means tekniği ise daha çok renkli görüntüler için kullanılmaktadır. Renkli görüntülerin kırmızı, yeşil, mavi gibi üç bant gerektirmesi boyutu arttırmaktadır fakat kümeleme tekniği bunun üstesinden gelebilmektedir.

K-means kümeleme aslen sinyal işleme, veri madenciliği (data mining) kümeleme analizi için popüler bir vektör kuantalama yöntemidir.

K-means kümeleme veriyi k adet küme halinde ayıran bir sınıflandırıcı algoritmasıdır. Kümeleme, tek bir küme içerisinde benzer nitelik vektörlerinin kümelenmesi, benzer olmayan nitelik vektörlerinin ise başka bir küme içerisinde kümelenmesi işleminden oluşmaktadır.

K-means sınıflandırma eğitimsiz bir yöntemdir ve elde olan verileri özelliklerine göre sınıf bilgisi olmadan K sayıda kümeye gruplamaktadır. Gruplama işlemi ilgili

kümenin merkez noktasındaki değeri ile veri setindeki her nesnenin değerinin arasındaki farkın kareleri toplamının minimumu alınarak yapılır [18].

K means sınıflandırma algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- ✓ k adet nesne rastgele seçilir. Bu k adet nesne her kümenin merkez noktasını veya ortalamasını temsil eder.
- ✓ Arda kalan diğer nesnelere ise kümelerin ortalama değerlerine olan uzaklıklarına göre en benzer oldukları kümelere dahil olurlar.
- ✓ Ardından her kümenin ortalama değeri hesaplanarak yeni küme merkezleri belirlenir ve nesne merkez uzaklıkları tekrar incelenir.
- ✓ Algoritma herhangi bir değişim olmayıncaya kadar ötelenmeye devam eder.
- ✓ K-means sınıflandırmada en yaygın kullanılan uzaklık formülü Öklit formülüdür.

K-means sınıflandırma için aşağıdaki formüllerde X nesnenin değerlerini, M ortalama değerleri, C ise Öklit mesafesini ifade etmektedir. Formül 33 nesne değerlerini, Formül 34 ortalama değerleri, Formül 35 ortalama değerlerin nasıl hesaplanacağını, Formül 36 k-means kümelemede kullanılacak Öklit mesafesini ifade etmektedir [18].

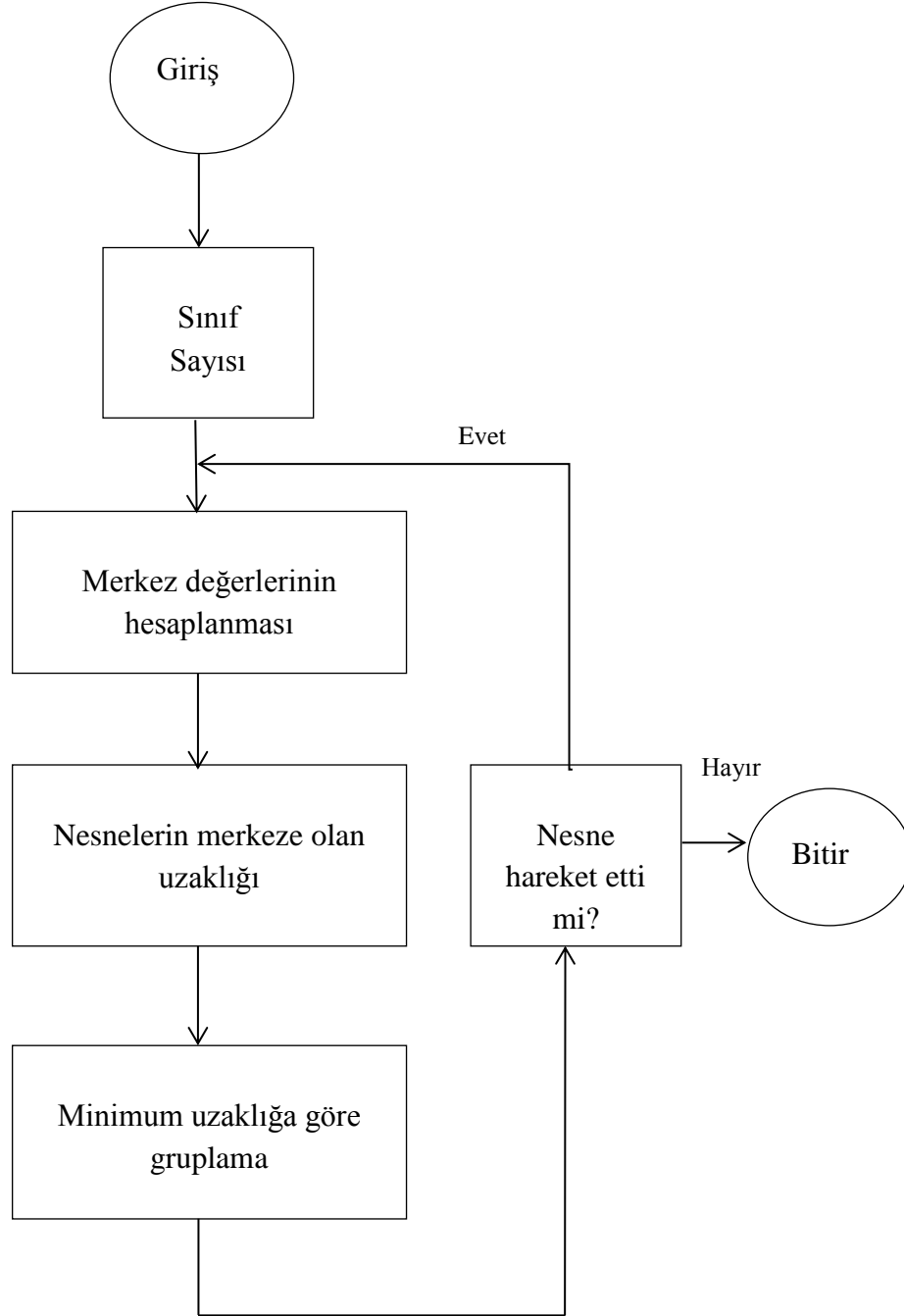
$$X = \{x_i | i = 1, 2, \dots, l\} \quad (33)$$

$$M = \{m_j | j = 1, 2, \dots, k\} \quad (34)$$

$$m_k = \frac{\sum_{i:C(i)=k} x_i}{N_k}, \quad k = 1, \dots, K. \quad (35)$$

$$C(i) = \operatorname{argmin} \|x_i - m_k\|^2, \quad i = 1, \dots, N \quad (36)$$

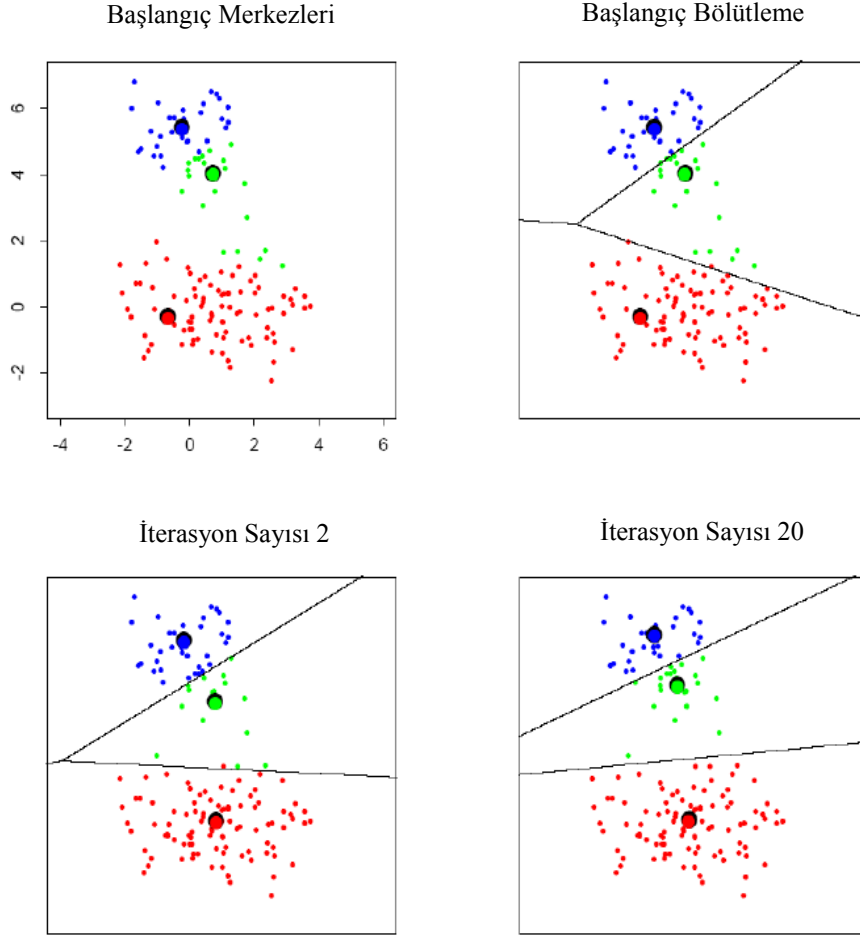
K-means sınıflandırma akış diyagramı Şekil 11’ de verildiği gibidir. Akış diyagramında öncelikle görüntü giriş olarak alınır daha sonra sınıf sayısı değer olarak girilir. Rastlantısal olarak bir merkez değeri hesaplanır. Nesnelere bu merkeze olan uzaklıkları hesaplanır. Ardından minimum uzaklığa göre gruplama yapılır. Ardından yeni merkez noktaları hesaplanır. Ve aynı işlemler algoritmada herhangi bir değişim olmayıncaya kadar devam eder [18].



Şekil 11. K-means kümeleme akış diyagramı

K-means kümelemenin en önemli dezavantajı eğer bir nesne çok büyük bir değere sahip olursa bu büyük ölçüde verilerin dağılımını etkileyecektir.

K-means kümeleme örnekleri değişik iterasyonlar için Şekil 12' de verildiği gibidir. Şekil 12' de üç ayrı sınıf veri gözükmemektedir ve her defasında farklı merkez noktaları hesaplanarak işlem yapılmıştır [18].



Şekil 12. Çeşitli iterasyonlar için K-means kümeleme örneği

### 1.10. Maskeleme

Maskeleme bir görüntünün istenilen bölgesinin kesilip çıkartılması ve elde edilmesi işlemidir. Bilgisayar grafiklerinde verilen bir görüntünün bir arka plan üzerine yerleştirilmesi amaçlanıyorsa saydam alanlar bir binary maske aracılığıyla belirlenir. Bu yöntemde her görüntü için 2 bit haritası vardır. Gerçek görüntüde kullanılmayacak bölgelerin verilen piksel değerleri 0 değerine set edilir ve kalan bölgeler ise 1 değerine set edilir. Daha sonra gerçek görüntü ile oluşturulan maske AND işlemine tabi tutulur.

$$I_{\text{makeleme}}(p) = I(p) \cdot I_{\text{binary}}(p) \quad (37)$$

## 1.11. Kenar Belirleme

Kenar belirleme görüntü işleme teknikleri arasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bir görüntünün kenarlarından oluşan bölge aydınlatma veya yüzey yansımaları gibi bir değişime karşılık gelir ve bu değişim kendisini parlaklık, renk ve doku olarak gösterir. Bu başlık altında sadece bir görüntünün gri düzeylerindeki ani değişiklerin olduğu bölgeler kenar olarak adlandırılacaktır.

Kenar belirleme algoritmaları nesne tanıma problemlerinde sıklıkla kullanılır. Nesne tanımda görüntü farklı nesnelere karşılık düşen farklı bölgelere bölünmektedir. Kenar belirleme algoritmasının istikrarlı çalışması kenarları iyi bir biçimde algılayabilmesi, görüntünün kenar koordinatlarını doğru biçimde algılayabilmesi, yapay kenarların üretilmemesi durumlarına bağlıdır [19].

### 1.11.1. Türev Almaya Dayalı Kenar Belirleme Yöntemleri

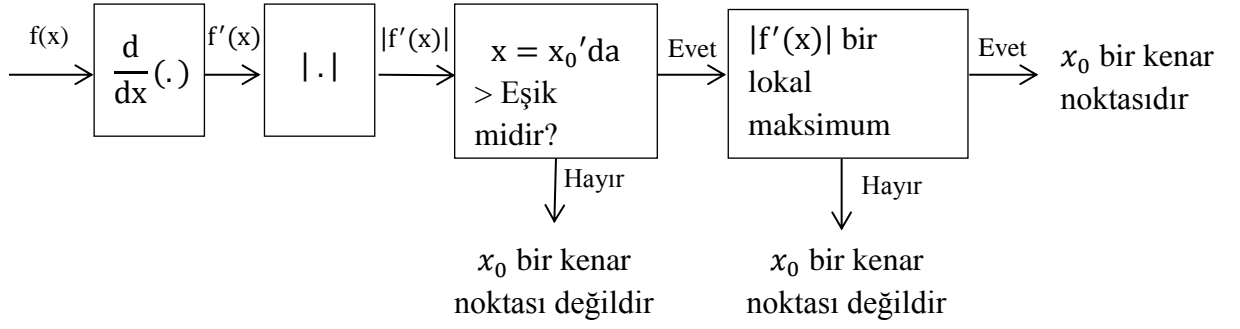
Görüntü içerisindeki kenarları bulabilmek için kullanılacak bir yöntem görüntü içerisindeki ani gri seviyesi değişimlerini yakalayabilmektir. Bölgesel türev hesabı bu amaçla kullanılabilir. Mevcut görüntünün bölgesel olarak birinci türevi alındığında görüntünün kenarlarında bu türev en büyük değerine sahip olur. Görüntünün ikinci türevi alındığında ise görüntünün kenarlarında sıfır değeri mevcut olur. Birinci türev kullanılarak kenar belirleme yöntemi gradient, ikinci türev kullanılarak kenar belirleme yöntemi ise laplasyen yöntemidir [19].

#### 1.11.1.1. Gradient Tabanlı Yöntemler

Gradient tabanlı yöntemlerde görüntünün kenarlarının bulunması için 1. Türev kullanılmaktadır.

Şekil 13' de bir boyutlu kenar belirleme algoritmasının blok diyagramı gösterilmektedir. Burada  $x_0$  noktası muhtemel kenar noktasını ifade ederken  $|f'(x)|$  kenarın yönünü ve büyüklüğünü kestirmede kullanılmaktadır. Eğer birinci türev değeri çok büyükse türevi alınmamış fonksiyon çok hızlı değişir ve bu da parlaklıktaki hızlı bir değişime karşılık düşmektedir [19].





Şekil 13. 1 boyutlu kenar belirleme blok diyagramı

2 boyutlu  $f(x,y)$  fonksiyonu için yukarıda tanımlanan  $f'(x)$ 'in genellemesi  $f(x,y)$ 'nin gradienti olarak tanımlanır ve Formül 38' de ifade edildiği gibidir [19].

$$\nabla f(x,y) = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} i_x + \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} i_y \quad (38)$$

2 boyutlu bir fonksiyonun türevi fark denklemleri cinsinden ifade edilebilir. Yukarıdaki formülde yer alan  $\partial f(x,y)/\partial x$  ve  $\partial f(x,y)/\partial y$  kısmi türevleri fark denklemleri şeklinde ifade edilebilir.  $\partial f(x,y)/\partial x$ 'nin kısmi türevi Formül 39 ve Formül 40'daki gibidir. Formülasyonun daha geniş aralıkta ifade edilmiş hali Formül 41'de verildiği gibidir [19].

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \cong \frac{1}{T} [f(n_1, n_2) - f(n_1 - 1, n_2)] \quad (39)$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \cong \frac{1}{T} [f(n_1 + 1, n_2) - f(n_1, n_2)] \quad (40)$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \cong \frac{1}{2T} [f(n_1 + 1, n_2) - f(n_1 - 1, n_2)] \quad (41)$$

Kenar belirleme algoritması uygulandıktan sonra hesaplanan değerlerin bir eşik seviyesi ile karşılaştırılmasının yapılacağından dolayı yukarıdaki formüllerdeki  $1/T$  ve  $1/2T$  katsayıları kaldırılabilir. Denklemlerin yeniden düzenlenmiş hali Formül 42 ve Formül 43'de verildiği gibidir [19].

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \cong [f(n_1 + 1, n_2 + 1) - f(n_1 - 1, n_2 + 1)] + [f(n_1 + 1, n_2) - f(n_1 - 1, n_2)] + [f(n_1 + 1, n_2 - 1) - f(n_1 - 1, n_2 - 1)] \quad (42)$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \cong [f(n_1 + 1, n_2 + 1) - f(n_1 - 1, n_2 + 1)] + 2[f(n_1 + 1, n_2) - f(n_1 - 1, n_2)] + [f(n_1 + 1, n_2 - 1) - f(n_1 - 1, n_2 - 1)] \quad (43)$$

Yukarıdaki eşitlikler  $f(n_1, n_2)$  ile impuls tepkisi  $h(n_1, n_2)$  olan bir süzgecin konvolüsyonudur.  $f(n_1, n_2)$  görüntü fonksiyonunun koordinatlarını Şekil 14' de verildiği gibidir.

$n_1 - 1, n_2 + 1$	$n_1, n_2 + 1$	$n_1 + 1, n_2 + 1$
$n_1 - 1, n_2$	$n_1, n_2$	$n_1 + 1, n_2$
$n_1 - 1, n_2 - 1$	$n_1, n_2 - 1$	$n_1 + 1, n_2 - 1$

Şekil 14.  $f(n_1, n_2)$  görüntü fonksiyonunun koordinatlarını

Formül 40 ve Formül 43'deki eşitlikleri sağlayan, yönlü kenar kestirimcilerine karşılık düşen düşey süzgeç impuls tepkeleri Şekil 15(a) ve Şekil15(b)' de, yatay süzgeç impuls tepkeleri ise Şekil 15(c) ve Şekil15(d)' de gösterildiği gibidir. Aşağıdaki şekillerde kullanılan maskelerden düşey impuls tepkeli ve yatay impuls tepkeli olanlar yalnızca ilgili doğrultudaki kenarları algılayabilmektedir. Bu maskeler kullanılarak elde edilen gradient görüntüsünden kenar görüntüsüne ulaşabilmek için eşik değerinin belirlenmesi işlemi gradient görüntüsünün en büyük eşik değerinin %5' inin alınarak hesaplanması ile olur.

-1		1
-1		1
-1		1

(a)

-1		1
-2		2
-1		1

(b)

1	1	1
-1	-1	-1

(c)

1	2	1
-1	-2	-1

(d)

Şekil 15. (a) ve (b) düşey impuls tepkeleri, (c) ve (d) yatay impuls tepkeleri

Kısmi türevler kullanılarak elde edilen gradient vektörünün genliği Formül 44'deki gibi hesaplanmaktadır. Bu eşitliğe göre yönsüz kenar kestirimcilerinden yönlü kenar kestirimcileri elde edilebilir. Bu ifadenin ayrık yaklaşığı Formül 45'de verildiği gibidir [19].

$$|\nabla f(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)^2} \quad (44)$$

$$|\nabla f(x, y)| \cong \sqrt{((f_x(n_1, n_2))^2 + (f_y(n_1, n_2))^2)} \quad (45)$$

Maskelerin görüntü fonksiyonu üzerine uygulanışını en genel ifadesiyle görüntü fonksiyonunun x ve y yönündeki maskelerle çarpılmasıdır. Formül 46 x yönünde uygulanan maskeyi Formül 47 y yönünde uygulanan maskeyi göstermektedir.

$$f_x(n_1, n_2) = f(n_1, n_2) \otimes h_x(n_1, n_2) \quad (46)$$

$$f_y(n_1, n_2) = f(n_1, n_2) \otimes h_y(n_1, n_2) \quad (47)$$

Yönlü kenar kestirimcilerinden faydalanılarak elde edilen x ve y yönündeki  $h_x(n_1, n_2)$  ve  $h_y(n_1, n_2)$  impuls tepkeleri Sobel, Prewitt ve Robert maskeleri olarak çeşitlendirilebilir. Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17 sırasıyla iki yönlü Sobel, Prewitt ve Robert maskelerini göstermektedir [19].

$h_x(n_1, n_2)$			$h_y(n_1, n_2)$		
-1		1	1	2	1
-2		2			
-1		1	-1	-2	-1

Şekil 16. İki yönlü Sobel maskesi

$h_x(n_1, n_2)$		
-1		1
-1		1
-1		1

$h_y(n_1, n_2)$		
1	1	1
-1	-1	-1

Şekil 17. İki yönlü Prewitt maskesi

$h_x(n_1, n_2)$		
		1
	-1	

$h_y(n_1, n_2)$		
	1	
		-1

Şekil 18. İki yönlü Robert maskesi

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

### 2.1. Giriş

Kaliteli yumurtalardan kusurlu yumurtaların otomatik ayrılması kalite kontrol sürecinde iyileşme sağlamanın yanı sıra insan gücü kullanılarak yapılan görsel denetim zorluklarını da azaltır. Yumurta çiftliği endüstrisinde kaliteli yumurtalardan kusurlu yumurtaların otomatik ayrılması hem ekonomik hem de sağlıksal nedenlerden dolayı önemli bir konudur.

Modern yumurta işleme tesislerinde kusurlu yumurtaların insanların görsel denetimi ile ayrıştırılması süreci yavaşlatmaktadır. Sürecin hızlanabilmesi için otomatik algılama sistemi kullanılması gerekmektedir.

Bir yumurtadaki temel kusurlar yumurta kabuğundaki kir kalıntıları, çatlaklar, kırıklar ve kan lekeleridir. Diğer kusurlar ise düzensiz kabuklar, yumurta içerisinde kan ve et parçalarının bulunması, sarısız yumurta, sulu beyazlı yumurta ve yumurta kabuğunun hava hücrelerinin büyük olmasıdır. Kirli yumurtaların su ile temizlenmesi uygun değildir. Çünkü su vasıtası ile kabuğun dış yüzündeki zarlar kalkar ve mikroorganizmaların girmesi kolaylaşır. Kırık yumurtalar ise sağlığa zararlı bakteriyel enfeksiyonların yayılmasına neden olmaktadır.

Bu tezde kusurlu yumurtaların temiz yumurtalardan ayrılmasının yanı sıra yumurtalar kirli yumurta, kırık yumurta ve temiz yumurta olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada yumurta üzerindeki kusurları algılamak için hibrit bir çözüm uygulanmıştır. Kusur algılamada görüntü işleme ve analizi için Matlab programı kullanılmıştır. Yumurta görüntüleri 10 megapikselle kamera ile çekilmiştir. Yumurta üzerindeki kirleri algılamak için renkli görüntü işleme tekniklerinden faydalanılarak yumurta öncelikle zeminden ayrılmıştır. Yumurta yüzeyinin elips olmasından dolayı zemin renginin yumurtanın kenarlarında oluşturduğu gölge yumurtanın en dış sınırlarının maske ile atılmasıyla ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra ise zeminden ayrılmış yumurta üzerindeki kirli bölge, kirin baskın renk özelliği kullanılarak görüntü bölütleme tekniği ile ayrılmıştır ve kirli piksel sayısı hesaplandıktan sonra belirli bir eşik değeri ile karşılaştırılıp bu yumurtanın kirli olduğuna karar verilmiştir. Eğer görüntü üzerinde kir yoksa zeminden ayrılmış yumurta, program içinde ikinci bir denetime girmiştir ve Sobel kenar belirleme algoritması

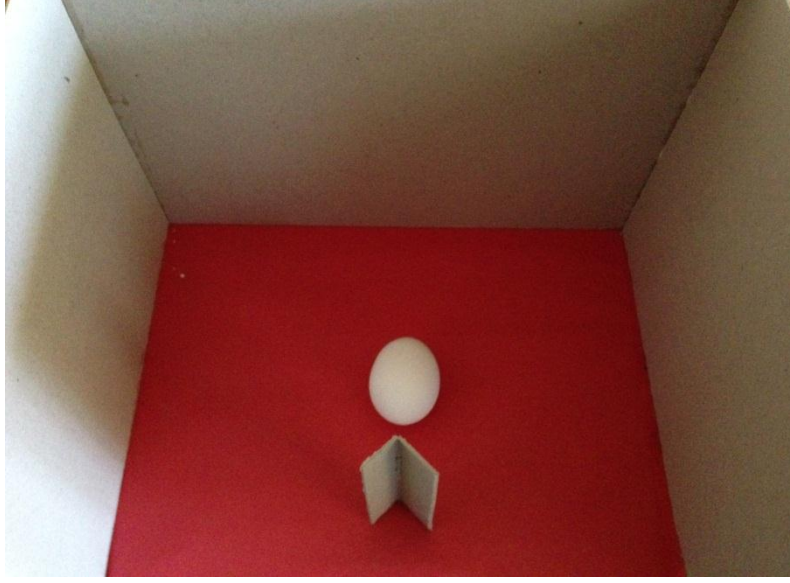
uygulanarak yumurtanın kenarları ve kırık kısımları bulunmuştur. Ardından yumurtanın kenarlarını atıp sadece kırık kısımları elde edebilmek için bir maske oluşturulmuş ve görüntü üzerine uygulanmıştır. Sadece kırık kısımlar elde edildikten sonra ise bu pikseller hesaplanıp belirli bir eşik değeri ile karşılaştırıldıktan sonra yumurtanın kırık yumurta mı temiz yumurta mı olduğuna karar verilmiştir.

## **2.2. Veri Kümesinin Elde Edilmesi**

Yumurta kusur algılaması için literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan genel bir veri kümesi yoktur. Çalışmalarda çalışmayı yapan kişiler tarafından kendi yöntemleriyle oluşturulmuş farklı özelliklere sahip veri kümeleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada yumurta görüntüleri Kütahya ilinde beyaz yumurta üretimi yapılan küçük bir yumurta çiftliğinde çekilmiştir. Yumurta görüntüleri kırmızı renkli sabit bir zemin üzerinde ve yumurta kusurunun mevcut olduğu açıdan çekilmiştir. Yumurta görüntülerini sabit bir uzaklıktan çekebilmek için Şekil 19' daki sistem oluşturulmuştur. Uygulanan yöntemin farklı zeminlerdeki davranışının gözlemlenebilmesi için koyu mavi, siyah, mor, açık mavi, kahverengi, yeşil ve sarı homojen zeminler kullanılmıştır. Ayrıca uygulanan yöntemin homojen olmayan zeminlerde de davranışının gözlemlenebilmesi için kırmızı, siyah, kahverengi, yeşil ve koyu mavi renklerde homojen olmayan zeminler denenmiştir. Görüntü işleme ve analizi uygulanacak yumurta görüntülerini elde etmek için 10 Megapiksellik kamera kullanılmıştır.

Kirli, kırık ve temiz yumurta görüntülerinden oluşturulan veri bankasında toplamda 300 adet kırmızı zeminli yumurta görüntüsü mevcuttur. Veri bankasında bulunan bu yumurtaların 100 adeti kirli yumurta, 100 adeti kırık yumurta ve 100 adeti ise temiz yumurtadır. Farklı zemin renklerinde yöntemin başarımlarının ölçülebilmesi için ikinci bir veri bankası oluşturulmuş ve bu veri bankasında 15 kirli, 15 kırık ve 15 temiz yumurtanın koyu mavi, siyah, mor, açık mavi, kahverengi, yeşil ve sarı homojen zeminlerde görüntüleri alınmıştır. Homojen olmayan zemin renklerinde yöntemin başarımlarının ölçülebilmesi için üçüncü veri bankasında 15 kirli, 15 kırık ve 15 temiz yumurtanın kırmızı, siyah, kahverengi, yeşil ve koyu mavi homojen olmayan zeminlerde görüntüleri alınmıştır.



Şekil 19. Yumurta görüntülerinin alınması için kurulan düzenek

Kusurlu ve kusursuz yumurtalardan oluşan, kusur algılama için görüntü işleme ve analizi uygulanacak 300 adet yumurta görüntüsünden kirli yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 20, kırık yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 21 ve temiz yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 22' deki gibidir.

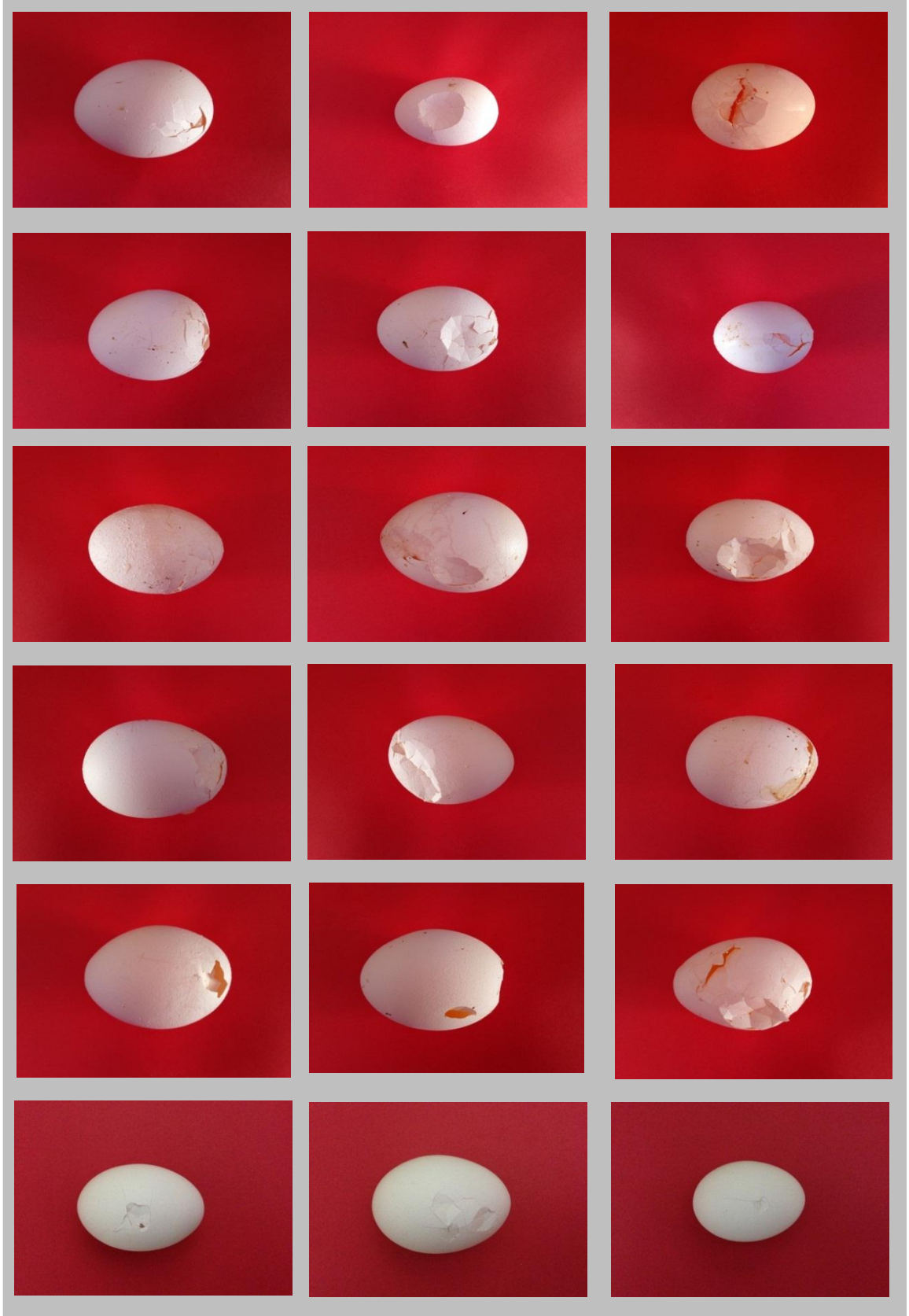
Farklı zemin renklerinde yöntemin başarımlarının gözlemlenebilmesi için oluşturulan ikinci bir veri bankasında görüntü işleme ve analizi uygulanacak 45 adet yumurta görüntüsünden kirli yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 23, kırık yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 24 ve temiz yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 25' deki gibidir.

Homojen olmayan zemin renklerinde yöntemin başarımlarının gözlemlenebilmesi için üçüncü bir veri bankasında görüntü işleme ve analizi uygulanacak 45 adet yumurta görüntüsünden temiz, kırık ve kirli yumurta görüntüsü örnekleri Şekil 26' daki gibidir.

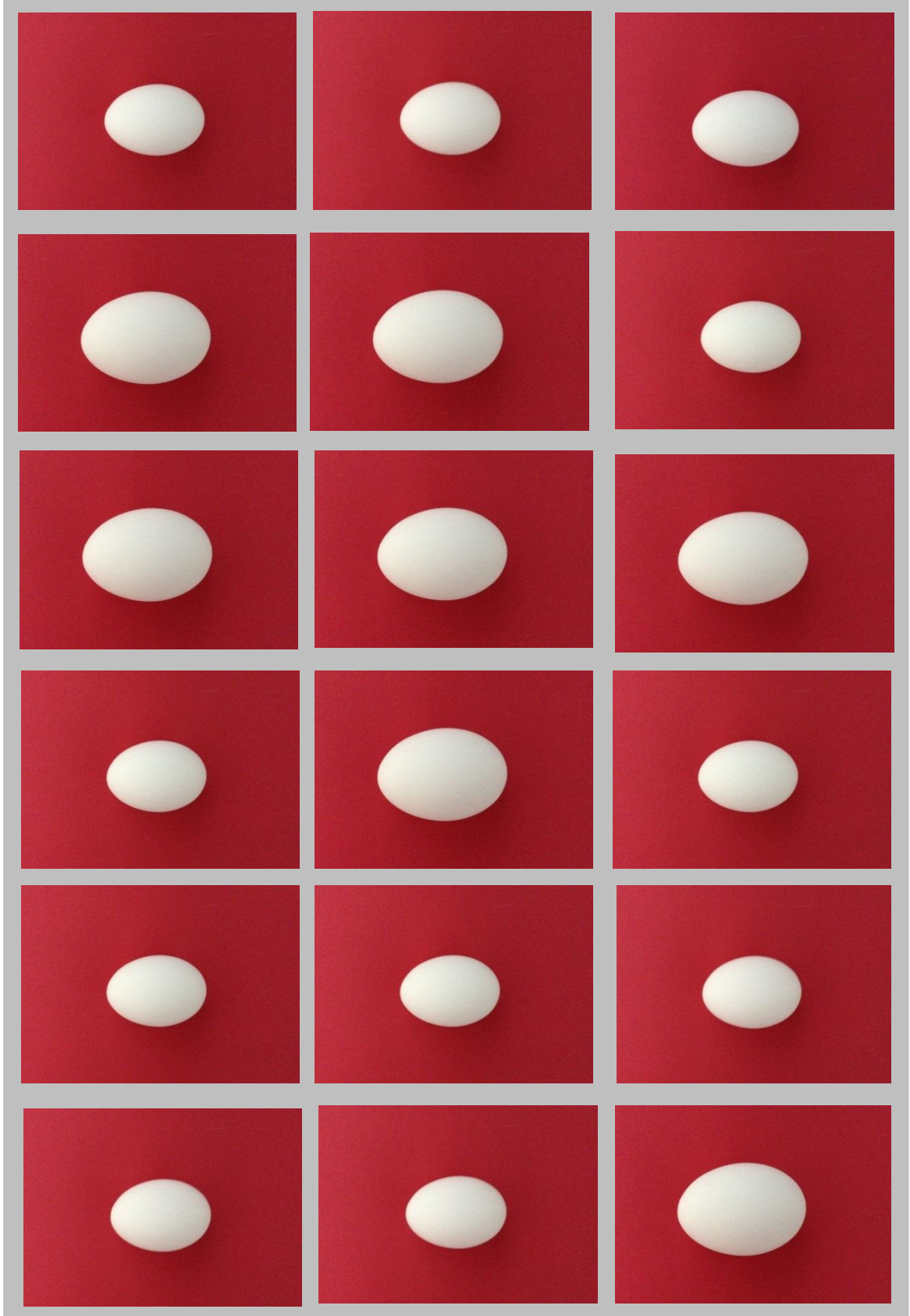


Şekil 20. Kirli yumurta görüntüsü örnekleri

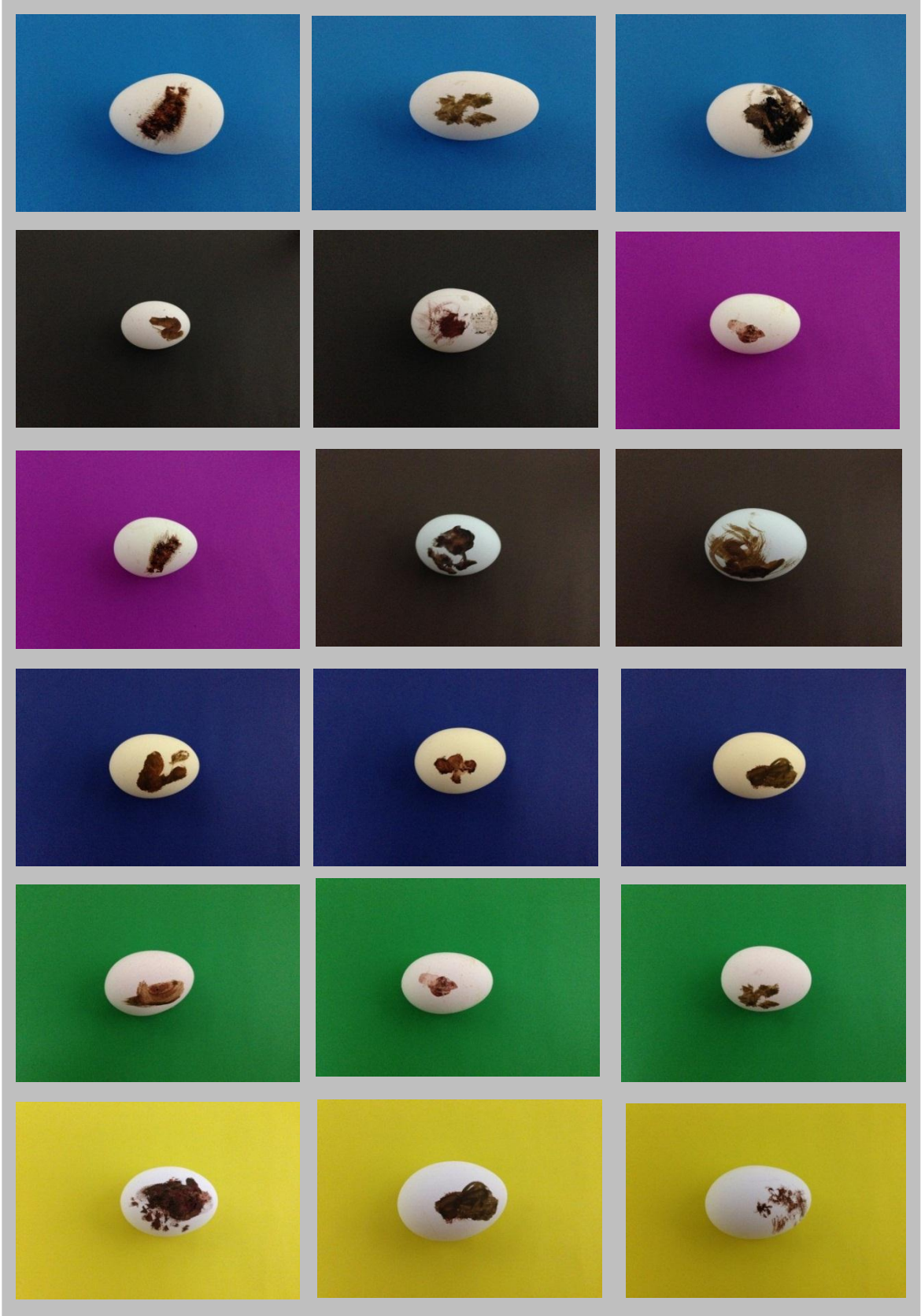




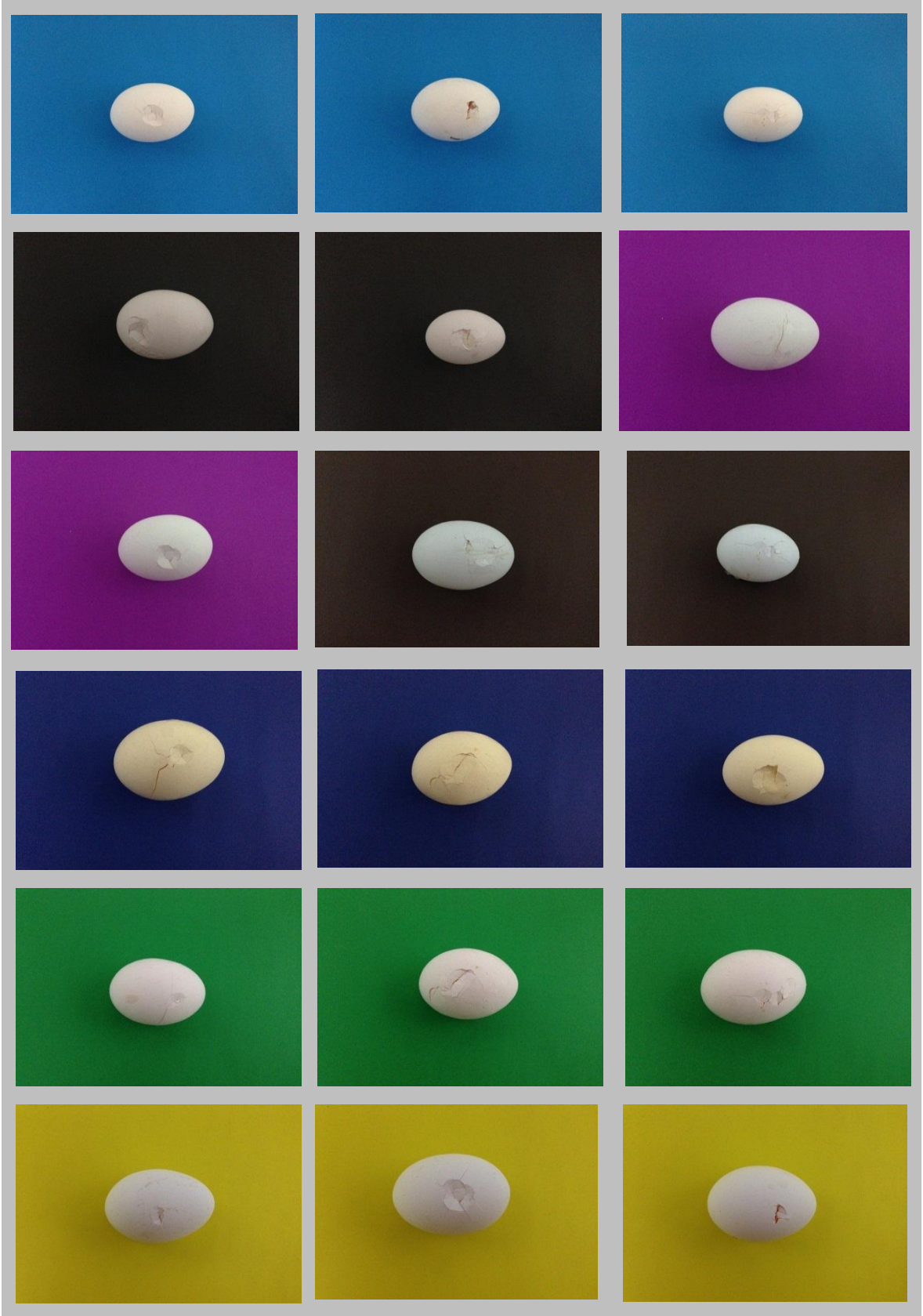
Şekil 21. Kırık yumurta görüntüsü örnekleri



Şekil 22. Temiz yumurta görüntüsü örnekleri



Şekil 23. Farklı zeminlerde kirli yumurta görüntüsü örnekleri



Şekil 24. Farklı zeminlerde kırık yumurta görüntüsü örnekleri



Şekil 25. Farklı zeminlerde temiz yumurta görüntüsü örnekleri



Şekil 26. Homojen olmayan kirli ve farklı zeminlerde temiz, kirli, kırık yumurta görüntüsü örnekleri

### 2.3. Literatürdeki Veri Kümeleri ve Çalışmalar

Literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan genel bir veri kümesi yoktur. Çalışmalarda çalışmayı yapan kişiler tarafından kendi yöntemleriyle oluşturulmuş farklı özelliklere sahip veri kümeleri kullanılmıştır. Ayrıca tüm çalışmalarda homojen zeminler üzerinde elde edilen yumurta görüntüleri kullanılmıştır.

V.C.Patel ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada görüntünün RGB histogramlarını YSA'ya eğitim verisi olarak girmiştir ve kan lekeli, kirli ve kırık yumurtaları kusurlu olarak sınıflandırmıştır [2]. Kirli, kırık ve temiz olarak sınıflandırma yapılmamıştır. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 1. V.C. Patel ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
100 kirli	92.8	Kusurlu
90 kan lekeli	85	Kusurlu
491 kırık	87.8	Kusurlu

K. Mertens ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada binary görüntü işleme tekniği kullanarak sadece kahverengi ve kirli olan yumurtaları kusurlu olarak sınıflandırmışlardır. Kırık yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [3]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 2. K. Mertens ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
100 kirli	91	Kirli
100 temiz	98	Temiz

Hao Lin ve diğerkleri yapmış oldukları çalışmada yumurta kabuğu kırık tespiti için akustik rezonans frekansı yöntemini kullanmışlardır. Kirli yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [4]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 3. Hao Lin ve diğerklerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
130 kırık	97.1	Kırık
130 temiz	96.2	Temiz

M.H. Dehrouyeh ve diğerkleri yapmış oldukları çalışmada yumurtanın içsel kusurları ve kabuk kirlerinin tespiti için halojen lambayla aydınlatma yöntemini ve HSI renk düzlemine dönüştürme yöntemini kullanmışlardır. Kırık yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [5]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 4. M.H. Dehrouyeh ve diğerklerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
150 kan beneği (içsel kusur)	90.66	İçsel kusurlu
100 temiz	91.33	Temiz
100 az kirli	83	Az Kirli
100 çok kirli	88	Çok Kirli
100 temiz	86	Temiz

Meysam Siyah Mansoory ve diğerkleri yapmış oldukları çalışmada fuzz eşik seviyesi kullanarak Susan kenar belirleme yöntemiyle kırık tespiti yapmışlardır. Kirli yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [6]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.



Tablo 5. Meysam Siyah Mansoory ve diğerklerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Genel Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
350 kırık (gürültülü) 150 temiz	%82	Kırık & Temiz
350 kırık (gürültüsüz) 150 temiz	%97	Kırık & Temiz

Loredana Lunadei ve diğerkleri yapmış oldukları çalışmada tek renkli kamera kullanılarak elde edilen kahverengi, kirli ve temiz yumurtaları görüntü işleme teknikleri kullanarak sınıflandırmışlardır. Kırık yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [7]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 6. Loredana Lunadei ve diğerklerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Genel Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
236 kirli 148 temiz	98	Kirli & Temiz

R. Ibrahim ve diğerkleri yapmış oldukları çalışmada yumurtaları büyüklük derecelerine göre sınıflandırmanın yanı sıra kir denetimi üzerinde de çalışmışlardır. Kırık yumurtalar için sınıflandırma yapılmamıştır [8]. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 7. R. Ibrahim ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yumurta Sayısı</b>	<b>Genel Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
6 farklı büyüklükte 120 yumurta	%90	AA
	%90	A
	%80	B
	%90	C
	%80	D
	%80	E

S. Arivazgahan ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada görüntüyü RGB renk düzleminden YIQ ve HSV renk düzlemlerine dönüştürerek yumurtaların içsel kusurları ve kabuk kusurlarının belirlenmesi konusunda çalışmışlardır [9]. Herhangi bir sınıflandırma başarısı ve yumurta sayısı verilmemiş sadece yöntem anlatılmıştır. Elde ettikleri sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 8. S. Arivazgahan ve diğerlerinin yaklaşımları ve elde ettikleri başarımlar

<b>Kullanılan Yöntem</b>	<b>Genel Sınıflandırma Başarısı (% doğruluk)</b>	<b>Sınıflandırma Türü</b>
Çalışmada kırık yumurtalar için görüntüye RGB-HSV renk düzlemi dönüşümü uygulanmıştır. Kirli yumurtalar için ise görüntünün H, S, V bileşenlerinden faydalanılmıştır. İçsel kusurlar için ise halojen lambayla aydınlatılma yapılmıştır.	-	Kirli İçsel kusurlu Kırık

## 2.4. MATLAB' da Renkli Görüntü İfadesi

Kusur algılamada görüntü işleme ve analizi için Matlab programı üzerinde algoritmalar koşturulmuştur. Çekilen görüntülerin satır, sütun ve boyutunun Matlab ortamındaki ifadesi  $2448 \times 3264 \times 3$  şeklindedir. Yani görüntü 2448 satır ve 3264 sütundan oluşan RGB renkli görüntüsüdür. Yani RGB renkli görüntü renk piksellerinin  $2448 \times 3264 \times 3$ ' lük bir dizisidir. Burada her renk pikseli uzamsal alanda kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerin karışımına göre ifade edilmektedir. RGB görüntüye 3 gri-düzey görüntünün bir paketi olarak bakılabilir ve bu anlamda kırmızı, yeşil ve mavi girişler renkli bir monitörün girişini beslediklerinde ekran üzerinde renkli görüntü üretmektedirler. Kullanılan RGB görüntüleri Matlab programına aktarıldığında *uint8* sınıfında olacak şekilde aktarılmıştır. Bu nedenle piksel değerlerinin menzilleri  $[0,255]$  aralığında değişmektedir. Görüntünün her bileşeni 8 bit ile ifade edildiğinden bu durumda her görüntünün 24 bitlik derinliğe sahip olduğu söylenebilir. Şekil 27'de bir yumurta görüntüsü için RGB bantları gözükmektedir.

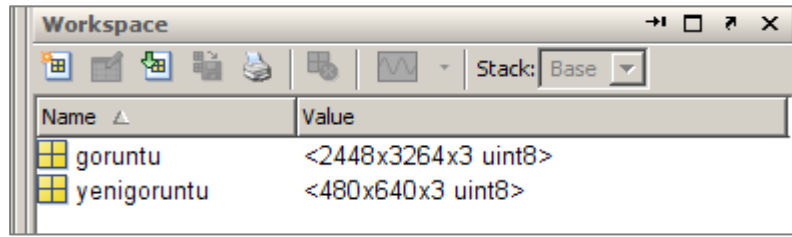
				Mavi Bant								
				Yeşil Bant		Kırmızı Bant						
				121	85	81	102	115				
				87	61	69	89	97				
		59	79	94	63	77	78	81	79			
		0	102	75	59	68	86	67	60			
		73	99	71	54	81	128	93	94			
198	195	191	203	104	118	165	162	156				
199	200	201	205	124	106	185	186	185				
202	202	202	205	114	114	184	188	190				
198	200	203	205	124	136	192	193	192				
201	203	205	206	108	129	190	191	187				
202	203	206	204	77	87	188	183	160				
203	202	202	203	93	93	185	180	162				
203	202	202	201	121	132							
204	200	200	200	128	109							
199	188	182	191									
195	191	182	167									
187	197	189	173									

Şekil 27. Bir yumurta görüntüsü için RGB renk bantları

## 2.5. Görüntü Ön İşleme

Görüntülerin ön işleme aşamasında ölçülmüş ve kaydedilmiş olan görüntü üzerinde öncelikle yeniden boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Ardından ise yeniden boyutlandırılan görüntü RGB renk uzayından L\*a\*b\* renk uzayına dönüştürülmüştür.

Yumurta görüntülerinin ön işleme aşamasında görüntüler öncelikle yeniden boyutlandırılmıştır. 2448x3264x3'lük renkli görüntü 480x640x3'lük renkli görüntüye dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm işlemi yapılırken en boy oranı, görüntünün orijinalliğini bozmamak için korunmaya çalışılmıştır. Boyutlandırma işleminin yapılmasının en önemli nedenlerinden bir tanesi görüntünün işlenen piksel sayısını azaltıp programın hızlı çalışmasını sağlamaktır.



Şekil 28. Ön işleme aşamasında görüntüyü yeniden boyutlandırma

Görüntü bölütlemeye K-means sınıflandırma kullanılmadan önce görüntü RGB renk uzayından L\*a\*b\* renk uzayına dönüştürülmüştür. Renk bilgisinin tümü "a\*" ve "b\*" katmanlarındadır. L\*a\*b\* renk uzayı kullanarak bir görüntüdeki renkleri birbirinden ayırmak mümkündür. Yani görüntüdeki görsel farklılıklar diğer renk uzaylarına göre daha kolay ayrılabilir.

RGB renk uzayından L\*a\*b\* renk uzayına dönüşüm aşağıdaki formüllerdeki gibidir. Formülasyonda L\* açıklık-koyuluk eksenini değerini, a\* kırmızı-yeşil eksenini değerini, b\* sarı-mavi eksenini değerini, X, Y, Z rengin tristimulus değerlerini, X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> aydınlatıcının tristimulus değerlerini ifade etmektedir.

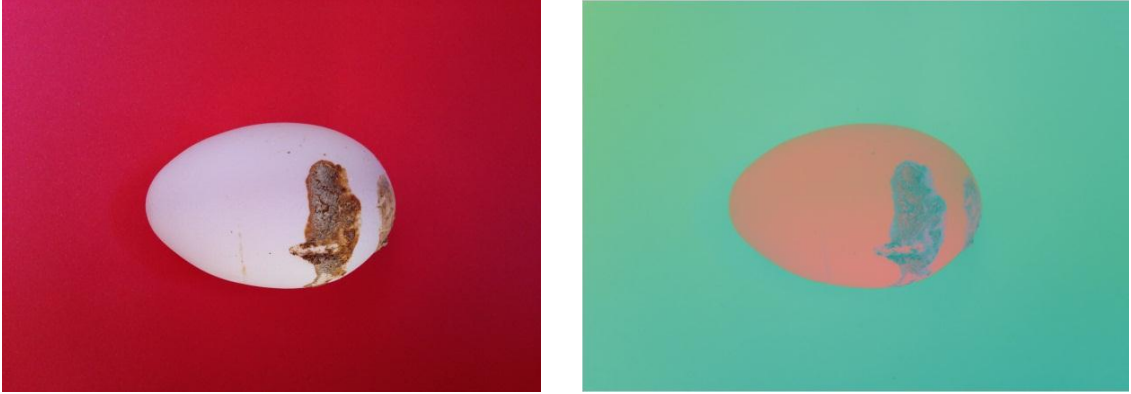
$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16 \quad (48)$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (49)$$

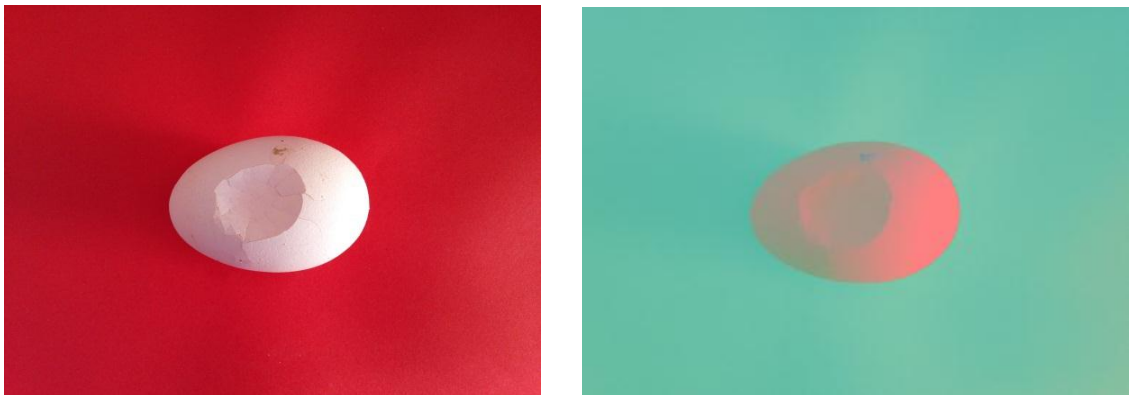
$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \quad (50)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{eğer } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & \text{diğer} \end{cases} \quad (51)$$

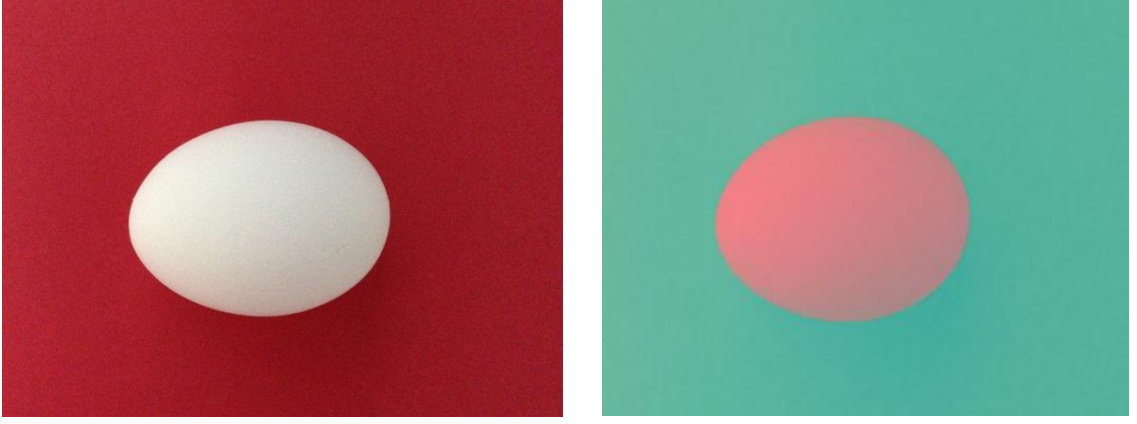
Şekil 29, Şekil 30 ve Şekil 31 sırasıyla kirli yumurta, kırık yumurta ve temiz yumurta görüntü örneklerinin RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşümünü göstermektedir. Şekil 32 farklı zeminlerde kirli ve kırık yumurtalar için dönüşümü, Şekil 33 temiz yumurtalar için dönüşümü ifade etmektedir.



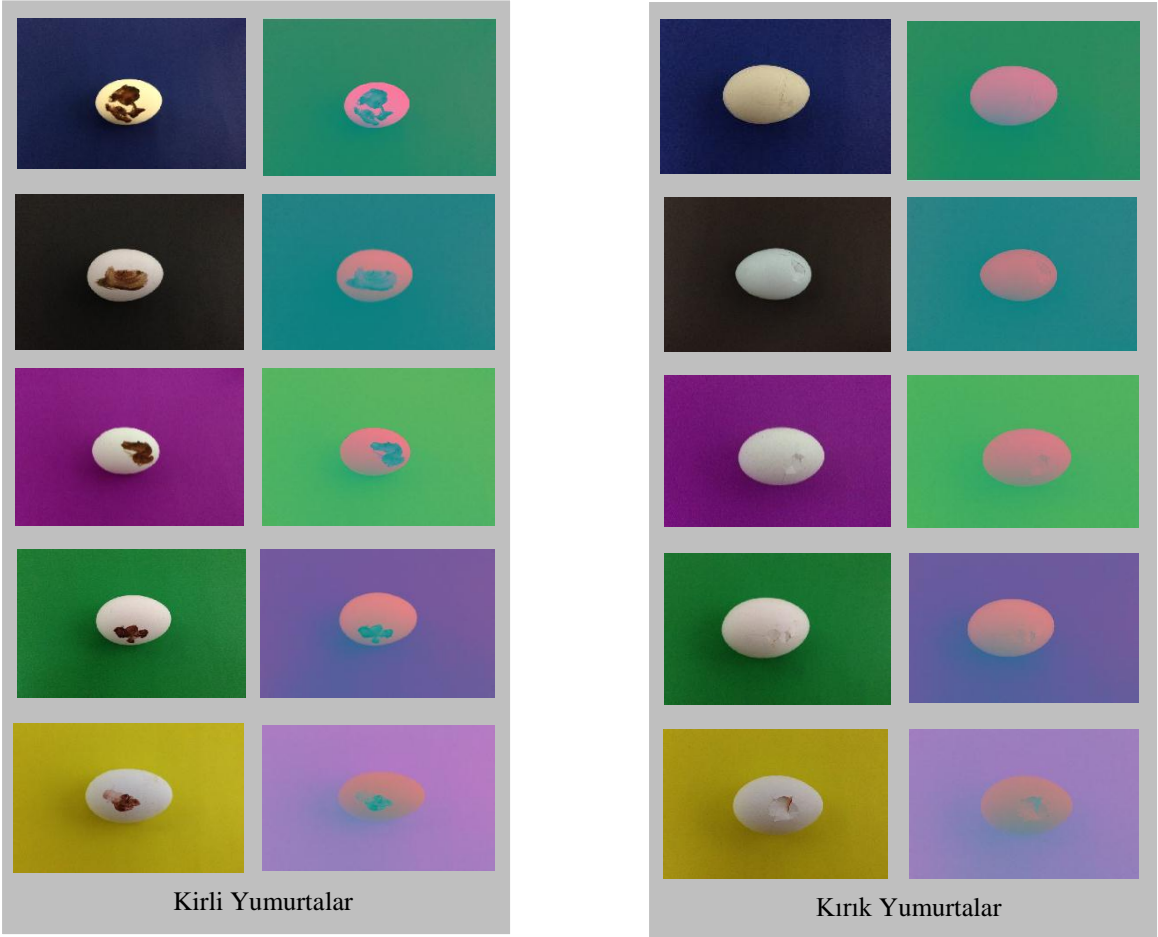
Şekil 29. Kirli yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda)



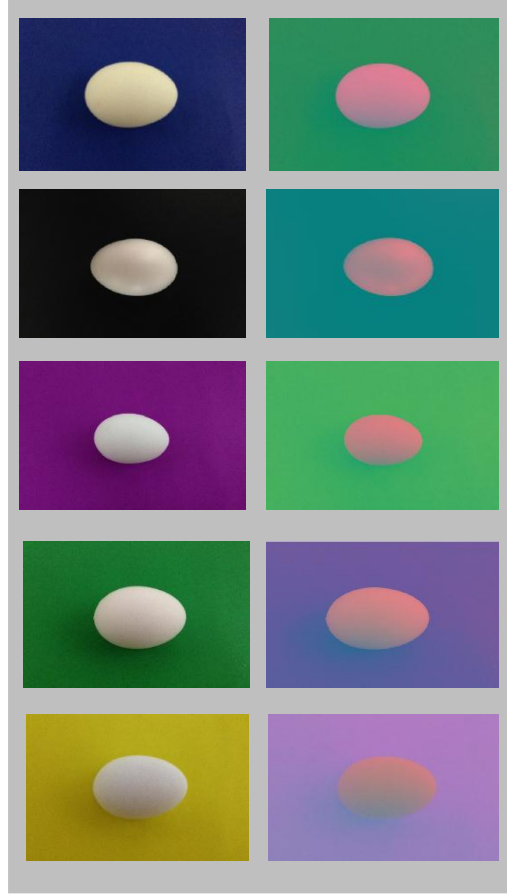
Şekil 30. Kırık yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda)



Şekil 31. Temiz yumurta için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda)



Şekil 32. Farklı zeminlerdeki kirli ve kırık yumurtalar için RGB görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş görüntü (sağda)



Şekil 33. Farklı zeminlerdeki temiz yumurtalar için RGB yumurta görüntüsü (solda) ve RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüştürülmüş yumurta görüntüsü (sağda)

## 2.6. Görüntünün Zeminden Ayrılması İçin K-Means Kümeleme

Görüntü yeniden boyutlandırıldıktan ve  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüştürüldükten sonra yumurtayı zeminden ayırmak için K-means kümeleme algoritması kullanılmıştır. K-means kümeleme algoritmasında;

- ✓ k adet nesne rastgele seçilir. Bu k adet nesne her kümenin merkez noktasını veya ortalamasını temsil eder.
- ✓ Arda kalan diğer nesnelere ise kümelerin ortalama değerlerine olan uzaklıklarına göre en benzer oldukları kümelere dahil olurlar.
- ✓ Ardından her kümenin ortalama değeri hesaplanarak yeni küme merkezleri belirlenir ve nesne merkez uzaklıkları tekrar incelenir.

✓ Algoritma herhangi bir değişim olmayıncaya kadar ötelenmeye devam eder.

K-means sınıflandırmada en yaygın kullanılan uzaklık formülü Öklit formülüdür.

K-means sınıflandırma için aşağıdaki formüllerde  $X$  nesnenin değerlerini,  $M$  ortalama değerleri,  $C$  ise Öklit mesafesini ifade etmektedir. Formül 33 nesne değerlerini, Formül 34 ortalama değerleri, Formül 35 ortalama değerlerin nasıl hesaplanacağını, Formül 36 K-means kümelemede kullanılacak Öklit mesafesini ifade etmektedir.

$$X = \{x_i | i = 1, 2, \dots, l\} \quad (52)$$

$$M = \{m_j | j = 1, 2, \dots, k\} \quad (53)$$

$$m_k = \frac{\sum_{i:C(i)=k} x_i}{N_k}, \quad k = 1, \dots, K. \quad (54)$$

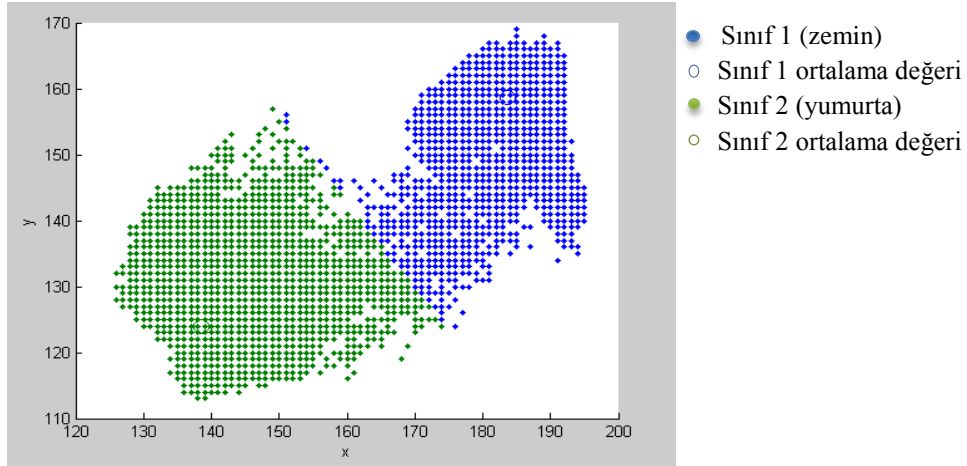
$$C(i) = \operatorname{argmin} \|x_i - m_k\|^2, \quad i = 1, \dots, N \quad (55)$$

Bu formüller kullanılarak yumurta görüntüleri için K-means kümeleme sonuçları aşağıdaki şekillerdeki gibidir. Şekil 34' de RGB yumurta görüntüsü üzerine aşama aşama K-means sınıflandırma kullanılarak görüntü piksellerinin nasıl işaretlendiği görülmektedir. Şekil 34' deki görüntü için K-means kümeleme sonucu Şekil 35'deki gibidir.



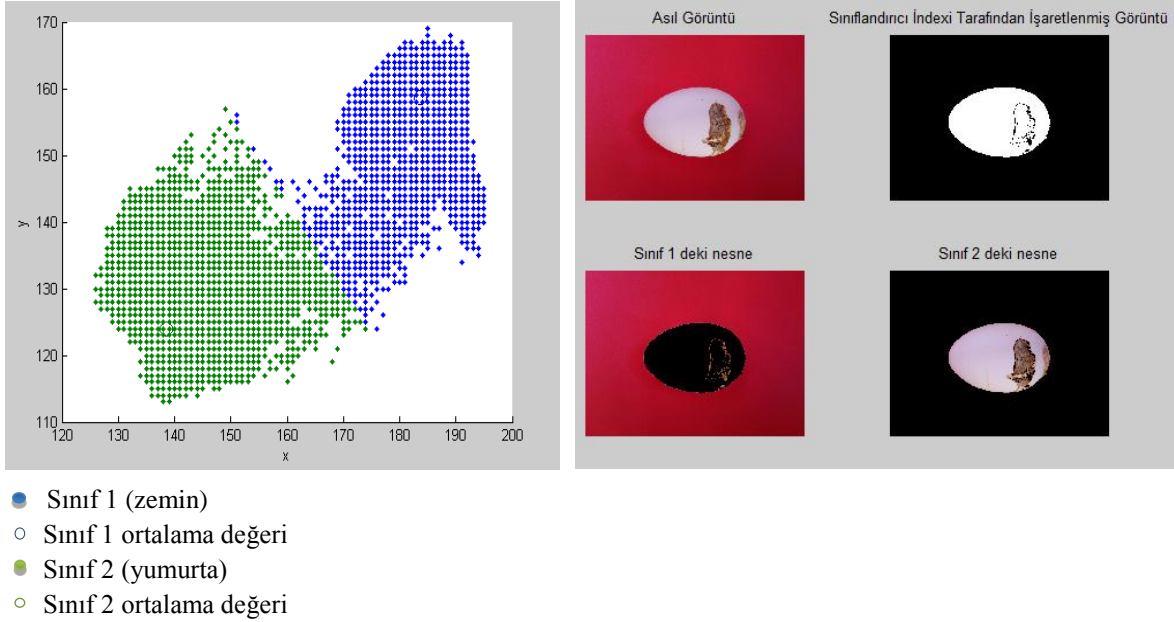
Şekil 34. RGB yumurta görüntüsü (solda),  $L^*a^*b^*$  yumurta görüntüsü (ortada) ve K-means sınıflandırıcısı tarafından işaretlenmiş görüntü (sağda)



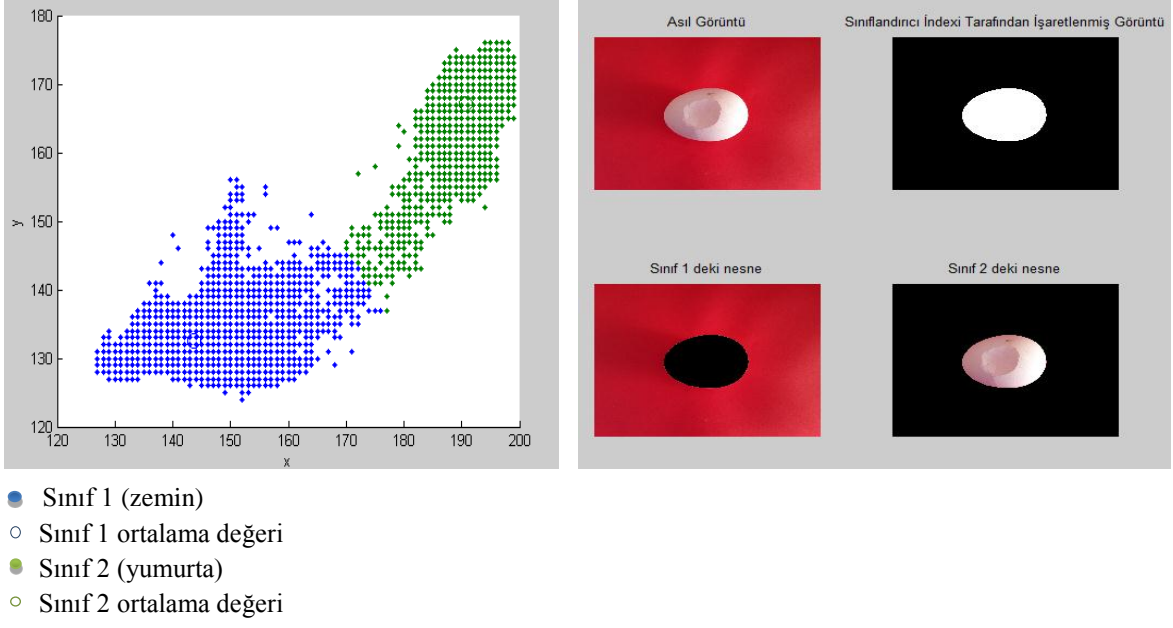


Şekil 35. K-means kümeleme sonucu

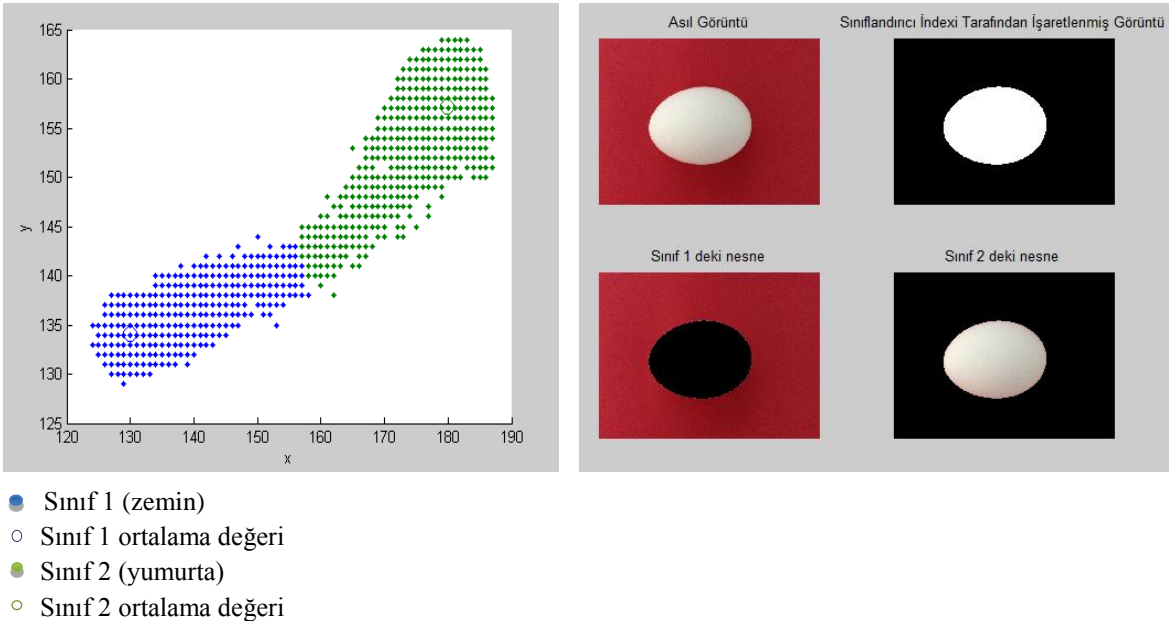
Şekil 34' deki sınıflandırıcı indeksi tarafından işaretlenmiş görüntüde zemin ve yumurta üzerindeki kirlerin bir kısmı siyah olarak, yumurta ise beyaz olarak işaretlenmiştir. Yumurta üzerindeki kirlerin az bir kısmının zemin ile aynı sınıfa dahil edilmesinin nedeni zemin rengi ile yumurta üzerindeki kir renginin ton olarak birbirine yakın olmasıdır.



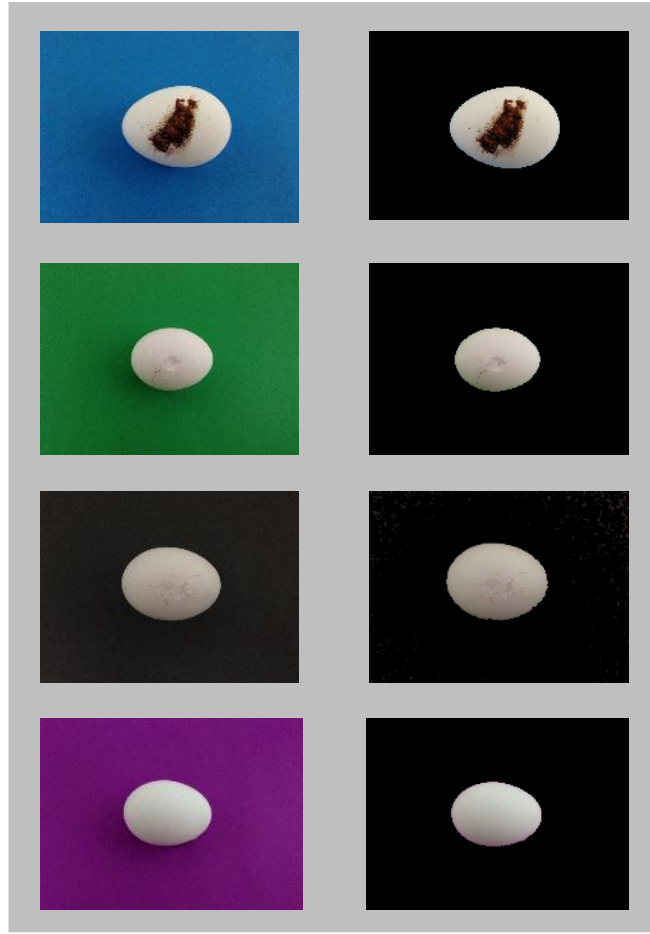
Şekil 36. Kirli yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsü(en alt en sağ)



Şekil 37. Kırık yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış kırık yumurta görüntüsü(en alt en sağ)



Şekil 38. Temiz yumurta görüntüsü için K-means sınıflandırma sonucu (solda), zeminden ayrılmış temiz yumurta görüntüsü(en alt en sağ)



Şekil 39. Farklı zeminler için zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (sağda)

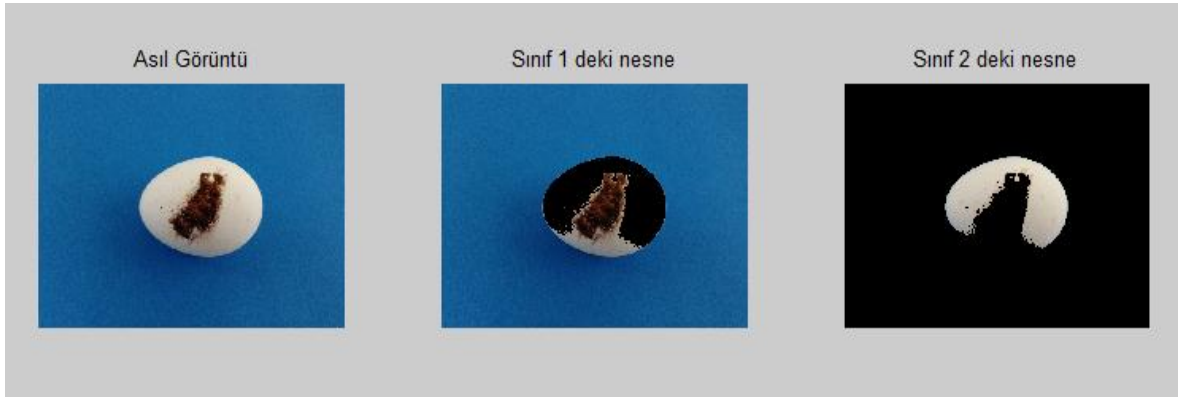
Yumurta görüntüsünü zeminden ayırt edebilmek için K-means sınıflandırma algoritmasında 2 sınıf kullanılmıştır. Şekil 36, Şekil 37, Şekil 38’ deki örneklerle bakacak olursak Sınıf 1’ deki nesne zemin görüntüsünü, Sınıf 2’ deki nesne ise zeminden ayrılmış yumurta görüntüsünü göstermektedir. Şekil 39 ise farklı renkteki zeminler için zeminden ayrılmış yumurta görüntülerini göstermektedir.

### 2.7. RGB - L\*a\*b\* Renk Uzayı Dönüşümünün K-means Kümelemeye Etkisi

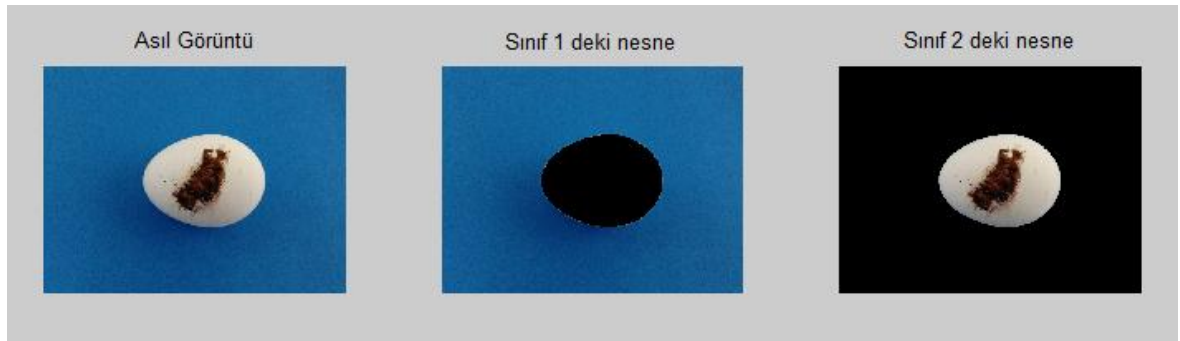
RGB renk uzayından LAB renk uzayına dönüşüm, K-means kümeleme kullanılarak yapılan yumurtanın zeminden ayrılması işleminin doğruluğunu artırır. LAB renk modeli insan gözünün cisimleri daha iyi algılayabilmesi için gölgeleri ve renk tonlarını ayırıştırır

bir algoritmaya sahiptir. Yani RGB renk uzayına göre LAB renk uzayında renk tonları arasındaki farklılıklar daha net ayrıştırılabilir. LAB renk uzayında  $L^*$  parlaklık eksenini,  $a^*$  kırmızı-yeşil eksenini,  $b^*$  sarı-mavi eksenini ifade etmektedir.

Şekil 40' da görüldüğü gibi RGB renk uzayından Lab renk uzayına dönüşüm yapılmadan kirli görüntü üzerine K-means kümeleme uygulandığında görüntü zeminden yanlış olarak ayrılmaktadır. Şekil 41'de ise RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapıldıktan sonra kirli görüntü üzerine K-means kümeleme uygulandığında aynı görüntü için yumurta zeminden doğru olarak ayrılmaktadır. Bunun nedeni renksel farklılıkların LAB renk uzayında daha iyi ifade edilebilmesindedir.



Şekil 40. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile kirli yumurtanın zeminden ayrılması



Şekil 41. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile kirli yumurtanın zeminden ayrılması



Şekil 42. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile kırık yumurtanın zeminden ayrılması



Şekil 43. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile kırık yumurtanın zeminden ayrılması

Şekil 42, Şekil 44 ve Şekil 43, Şekil 45 sırasıyla kırık ve temiz yumurta görüntüsü için uzay dönüşümü uygulanmamış görüntüyü ve aynı görüntüye dönüşüm uygulanmış halini ifade etmektedir. LAB renk uzayı dönüşümü uygulanmadığında Şekil 42 ve Şekil 44' den de görüldüğü gibi zemin renginden dolayı yumurta üzerine düşen gölgeler yanlış kümelenebilir ve Sınıf 1' deki yumurta görüntüsünün kenarlarında kayıpların olmasına neden olmaktadır. Bu kaybın nedeni zeminin yumurta üzerine düşürdüğü gölgeye RGB renk uzayının duyarlı olmasıdır. Uzay dönüşümü uygulandıktan sonra Şekil 43 ve Şekil 45' den de görüldüğü gibi yumurta görüntüsü kayıpsız bir şekilde zeminden ayrılabilir.



Şekil 44. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılmadan K-means kümeleme ile temiz yumurtanın zeminden ayrılması



Şekil 45. RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüşüm yapılarak K-means kümeleme ile temiz yumurtanın zeminden ayrılması

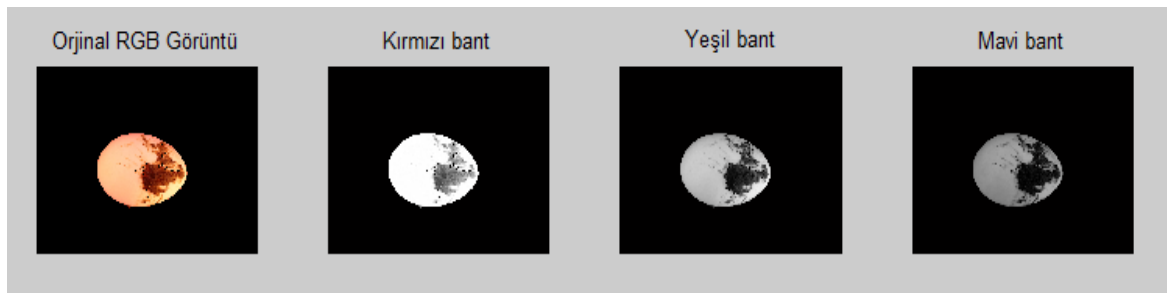
## 2.8. Kir Algılama

Kir algılama zeminden ayrılmış yumurta üzerine bölütleme tekniği uygulanarak yapılmıştır. Bölütleme için eşik değerleri belirlenmeden önce zeminden ayrılmış yumurta görüntüsünün her bir bandı için renk histogramlarına bakılmıştır. Örnek olması açısından Şekil 46' daki görüntü için aşamalar anlatılacaktır. Şekil 47'de orijinal RGB görüntü ve onun RGB renk bantları görülmektedir. Şekil 48' da kırmızı bandın histogramına bakıldığında 0 gri düzeyi değerindeki piksel yoğunluğunun yumurta dışında kalan siyah alandan kaynaklandığı arda kalan kısmın ise yumurta üzerindeki kirden ve yumurtanın renginden kaynaklandığı görülmektedir. Şekil 49' daki yeşil bandın histogramına bakıldığında 0 gri düzeyi değerindeki piksel yoğunluğunun yumurta dışında kalan siyah alandan kaynaklandığı görülmektedir ancak yumurta üzerindeki kir yeşil bandın

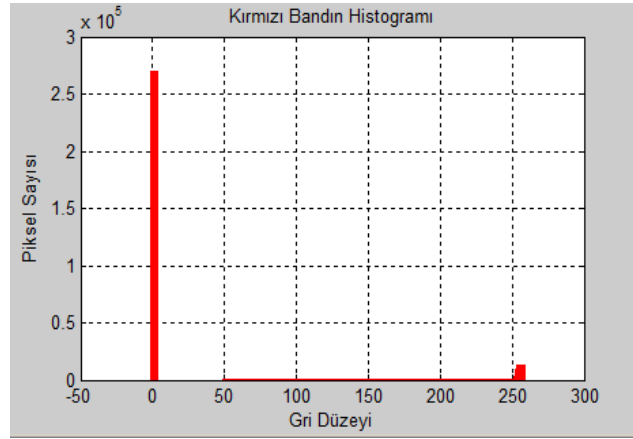
histogramında gözükmemektedir. Aynı şekilde Şekil 50’ deki mavi bantın histogramı bakıldığında yumurta dışında kalan siyah renk histogramda gözükmemekte kir rengi gözükmemektedir. Bu yüzden bölütleme için kırmızı bantın eşik seviyesinden büyük değerleri alınmış, yeşil ve mavi bantın ise eşik seviyesinden küçük değerleri alınmıştır. Amaç görüntüye uygun R, G, B eşik değerleri girerek yumurta üzerindeki baskın kir renginin bölütlenmesidir. Bunun için kırmızı eşik değeri 10, yeşil eşik değeri 70, mavi eşik değeri 72 olarak belirlenmiştir ve karşılaştırma sonucu üretilen yeni değerler birleştirilerek kirli kısım binary görüntü olarak Şekil 52’ deki gibi oluşturulmuştur.



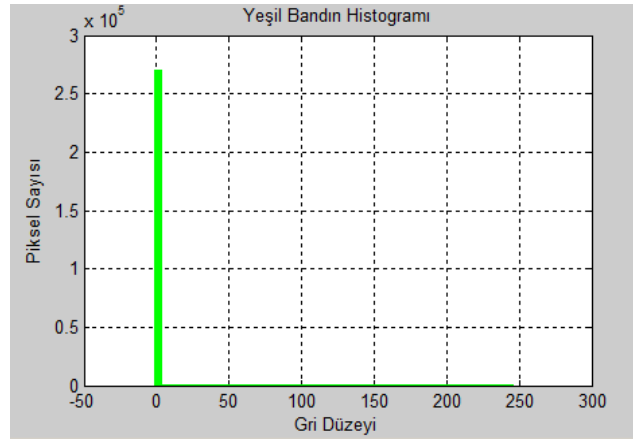
Şekil 46. Zeminden ayrılmış RGB görüntü



Şekil 47. Görüntü RGB bantları

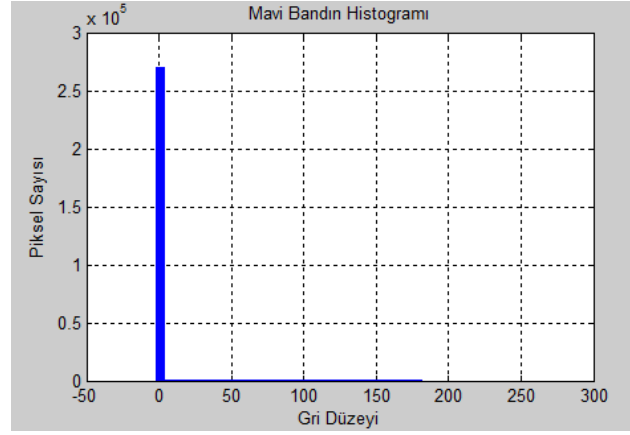


Şekil 48. Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün kırmızı bandının histogramı



Şekil 49. Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün yeşil bandının histogramı





Şekil 50. Zeminden ayrılmış kirli yumurta görüntüsünün mavi bandının histogramı

$$R_V = R \text{ bandı} > R \text{ eşik seviyesi} (>10) \quad (52)$$

$$G_V = G \text{ bandı} < G \text{ eşik seviyesi} (<70) \quad (53)$$

$$B_V = B \text{ bandı} < B \text{ eşik seviyesi} (<72) \quad (54)$$

$$\text{Nesne} = R_V \& G_V \& B_V \quad (55)$$

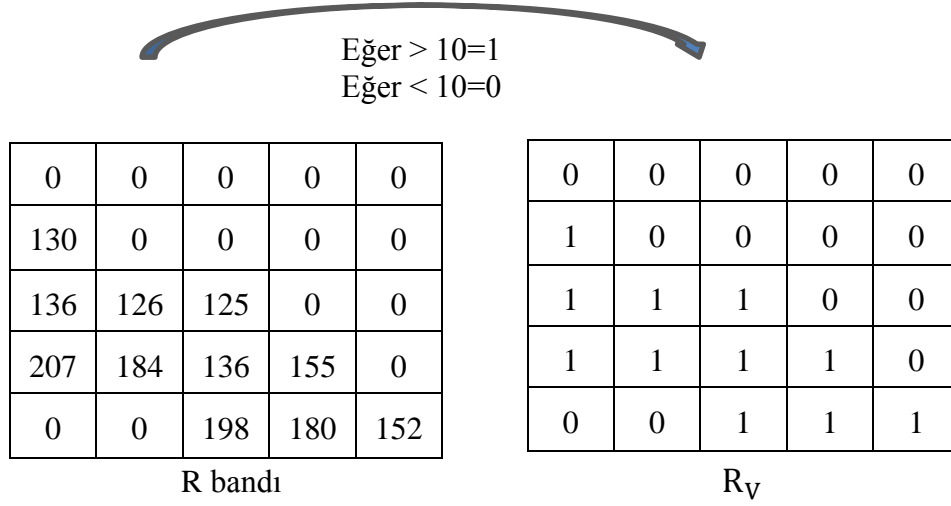
Yukarıdaki formülasyonlarda görüntünün R,G,B renk bandları eşik değerleriyle karşılaştırılıp her bir bant  $R_V$ ,  $G_V$ ,  $B_V$  binary değerleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu değerler birleştirildikten sonra yumurta üzerindeki kirli kısım binary olarak bulunmuştur. Eşik değerleri sayesinde kirin olduğu bölge için 1 değeri arda kalan bölge için 0 değeri üretilmiştir. Yukarıdaki formülasyonlardaki karşılaştırma işlemlerinin ayrı ayrı ifadesi Formül 56, Formül 57 ve Formül 58' deki gibidir.

$$R_V(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } R_{\text{bant}} > 10 \\ 0 & \text{eğer } R_{\text{bant}} < 10 \end{cases} \quad (56)$$

$$G_V(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } G_{\text{bant}} < 70 \\ 0 & \text{eğer } G_{\text{bant}} > 70 \end{cases} \quad (57)$$

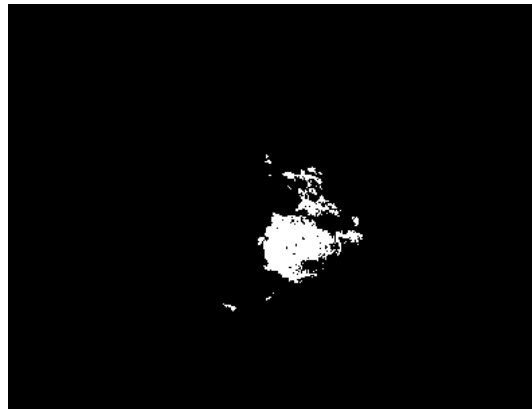
$$B_V(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } B_{\text{bant}} < 72 \\ 0 & \text{eğer } B_{\text{bant}} > 72 \end{cases} \quad (58)$$

$R_V$ ,  $G_V$ ,  $B_V$  binary değerlerinin oluşturulmasına örnek olması açısından R bandından belirli bir bölge seçilerek algoritmanın uygulanması Şekil 51' deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 51. R renk maskesinin elde edilişi

Binary değerlerden oluşan  $R_V$ ,  $G_V$ ,  $B_V$  bandları birleştirildikten sonra kirli kısım binary olarak Şekil 52' deki gibi bölütlenmiştir.



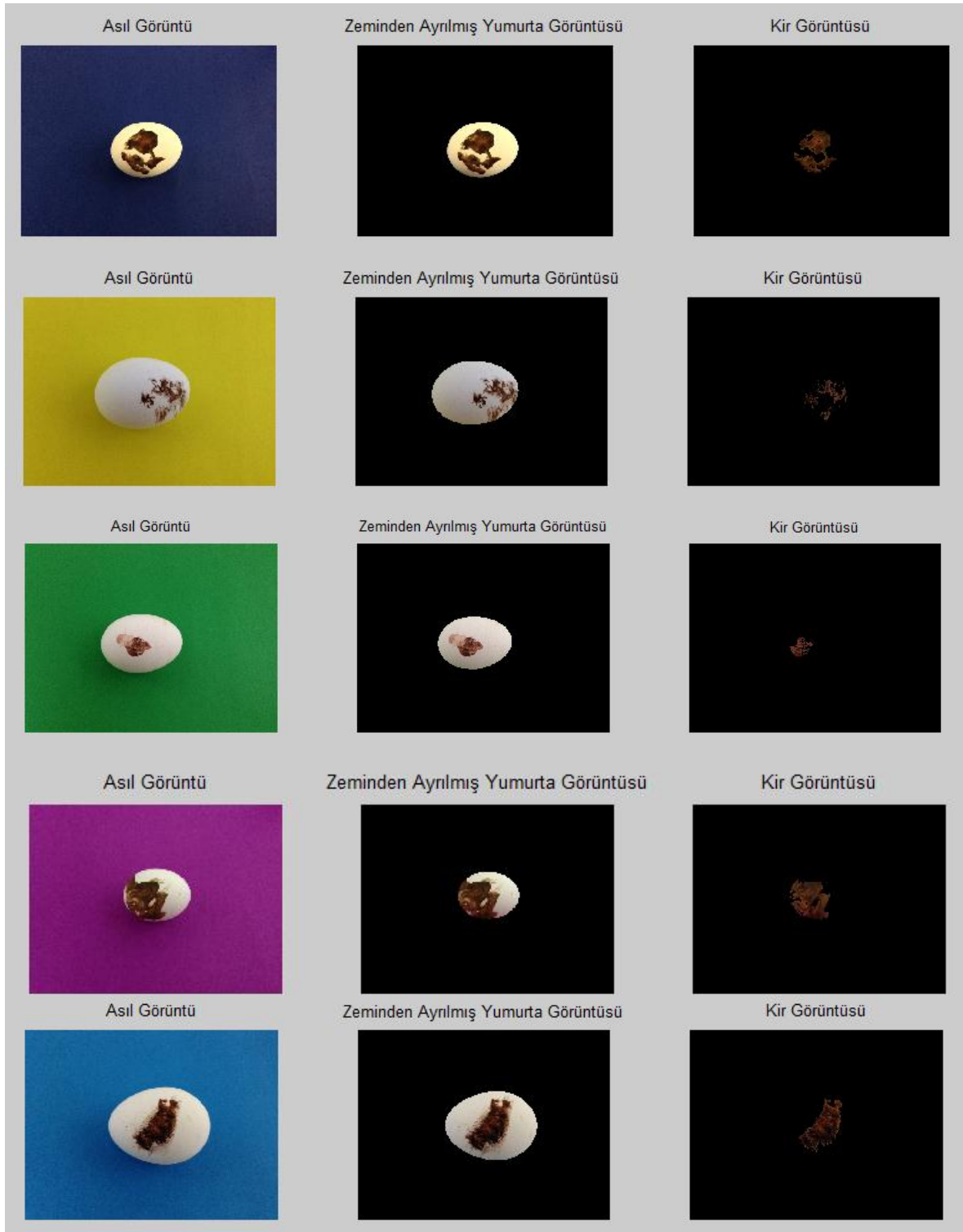
Şekil 52. Bölütlenmiş kir görüntüsü (binary görüntü olarak)

Zeminden ayrılmış renkli yumurta görüntüsünün R, G, B renk düzlemleri Şekil 52’deki bölütlenmiş binary kir görüntüsüyle ayrı ayrı çarpılmıştır ve daha sonra bantlar birleştirilmiştir. Yapılan bu işlem sonrasında yumurta görüntüsü üzerinden kirli kısım renkli olarak bölütlenmiştir. Bölütlenmiş kir görüntüsü Şekil 53’deki gibidir. Daha sonra kirli pixel sayısı hesaplanarak eşik değeriyle karşılaştırılmış ve yumurtanın kirli olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 53. Zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (solda) ve bölütlenmiş kir görüntüsü(sağda)

Farklı renkteki zeminler için algılanmış kir örnekleri Şekil 54’deki gibidir.



Şekil 54. Farklı zeminler için yumurta görüntüsü (solda), zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve bölütlenmiş kir görüntüsü (sağda)

## 2.9. Kırık Algılama

Kırık algılama aşamasında kir algılama aşamasındaki gibi renkli görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmamış gri düzeyli ve siyah beyaz görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmıştır. Çünkü kırık yumurtalarda eğer kırık yumurtanın sarısına kadar inmemişse yumurtada kir gibi baskın bir renk yoktur. Kusurlu yumurta için kir denetimi yapıldıktan sonra eğer yumurta kirli değil ise ikinci bir denetim sistemi çalışmaktadır. Bu denetim sistemi zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü üzerinde çalışmaktadır. Zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü üzerine Sobel kenar belirleme algoritması uygulanmıştır. Çatlak, kırık kısımların ve yumurtanın kenarları belirlenmiştir. Yumurta görüntüsünün kenarları kusurlu olmadığından ayrıştırılması gerekmektedir. Bu yüzden kenar bölgelerini atmak için bir maske geliştirilmiş ve görüntü üzerine uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda yumurtanın sadece kırık ve çatlak bölgeleri bulunmuştur. Formül 59 ve Formül 60'da sırasıyla x yönünde ve y yönünde uygulanmış Sobel katsayıları görülmektedir. Şekil 55'de aşama aşama Sobel kenar belirleme algoritması uygulanan kırık yumurta görüntüsü görülmektedir.

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (59)$$

$$S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (60)$$



Şekil 55. Sobel ile kenarları belirlenmiş kırık yumurta

Yumurta üzerine Sobel kenar belirleme algoritması uygulandıktan sonra yumurtanın kenarlarını atmak için kirli görüntüler için oluşturulan bölütleme yönteminden faydalanılmıştır. Görüntünün kırmızı bandının eşik değeriyle karşılaştırılması sonucu oluşturulan yeni binary kırmızı bant değerlerine sahip görüntü yeniden boyutlandırıldıktan sonra kenar dış kısımlarına zero-padding yapılmıştır ve görüntüyle çarpılmıştır. Böylece yumurtanın sadece kırık kısımları elde edilmiştir. Örnek olması açısından Şekil 56’ da Formül 56 kullanılarak oluşturulan binary kırmızı renk bandının belirli piksel değerleri verilmiştir ve yeniden boyutlandırılmıştır. Ardından yeniden boyutlandırılmış görüntünün kenar piksel değerlerine zero-padding yapılmıştır ve görüntü ile çarpılmıştır. Böylece yumurtanın en dış bölgesindeki kırık olmayan kenarlar atılmıştır. Zero padding yapılmış görüntü piksel örneği Şekil 57’de verildiği gibidir.

0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0

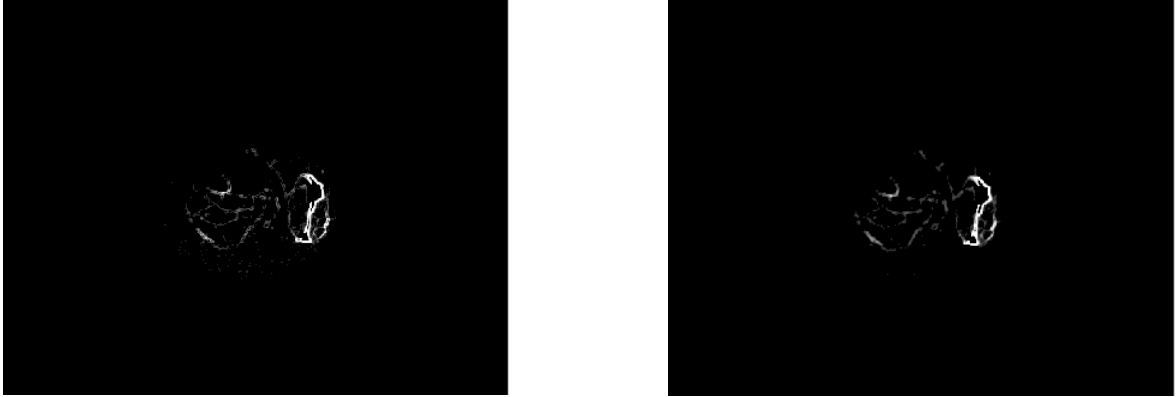
0	0	0	0
0	1	1	0
0	1	1	0
0	0	0	0

Şekil 56. Kırmızı renk maskesi (solda), yeniden boyutlandırılmış maske (sağda)

0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

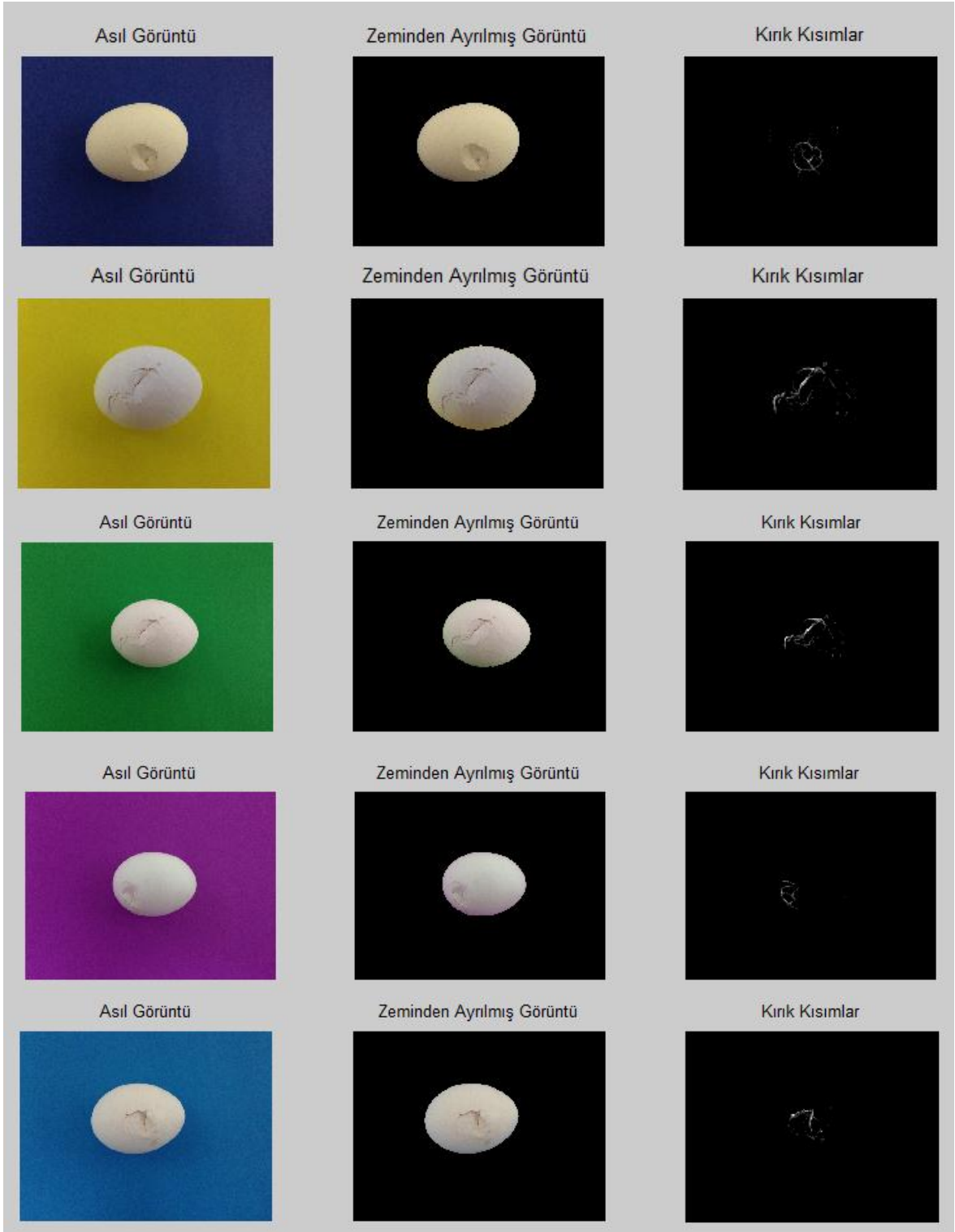
Şekil 57. Yeniden boyutlandırılmış görüntüye zero padding yapılması

Kırık yumurta üzerine Sobel kenar belirleme algoritması uygulandıktan ve maskeleme yapıldıktan sonra yumurtanın en dış şeklini oluşturan kenarları Şekil 58’ de soldaki görüntüdeki gibi atılmıştır.



Şekil 58. Kenarları atılmış sadece kusurlu kısımları belirlenmiş kırık yumurta (solda), median filtre uygulanmış sadece kusurlu kısımları belirlenmiş kırık yumurta (sağda)

Kırık yumurtaların sadece kusurlu kısımları belirlendikten sonra yumurtanın yüzeyinde olan gözeneklerin neden olduğu gürültülü kısımlar median filtre ile atılmıştır ve daha net bir kusur görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 58’ de solda mevcut olan görüntüye median filtre uygulandıktan sonra elde edilen görüntü Şekil 58’ de sağdaki gibidir. Daha sonra kırık pixel sayısı hesaplanarak eşik değeriyle karşılaştırılmış ve yumurtanın kırık olduğuna karar verilmiştir. Farklı renkteki zeminler için kırık kısımlar Şekil 59’daki gibi belirlenmiştir.



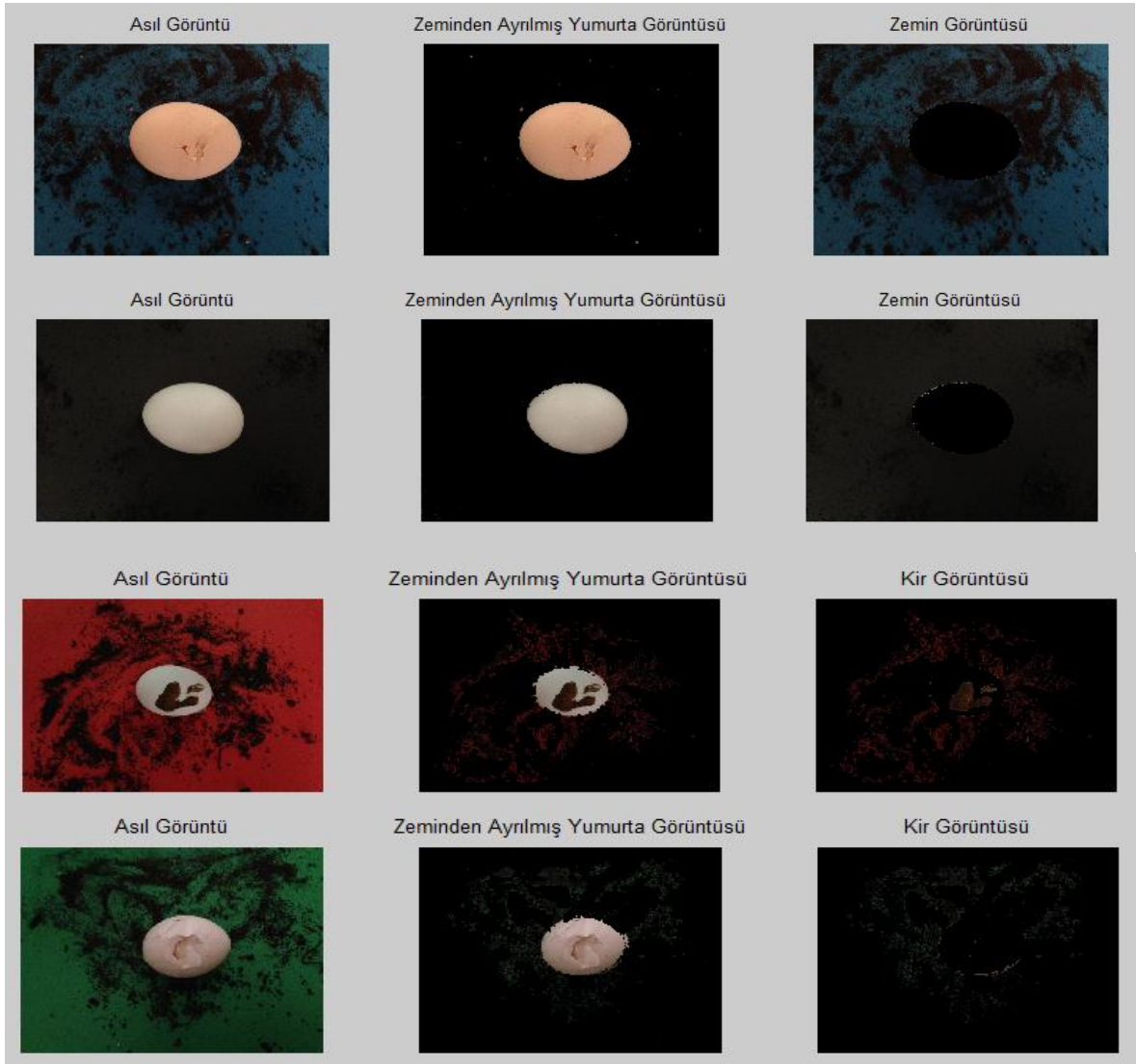
Şekil 59. Farklı zeminler için yumurta görüntüsü (solda) zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve kırık kısımlar (sağda)



## 2.10. Homojen Olmayan Kirli Zeminlerde Kusur Algılama Analizi

Yumurta kabuğu üzerindeki kirleri algılama aşamasında renkli görüntü işleme teknikleri kullanılıp kirli kısım görüntü üzerinden renkli olarak bölütlenmişti.

Homojen olmayan kirli zemin kullanıldığında Şekil 60'dan da görüldüğü gibi kırmızı ve yeşil gibi açık renkli zeminlerde yumurtayı zeminden bölütleme işlemi tam olarak gerçekleştirilememektedir. Bu yüzden de zemindeki kir rengine yakın olan dağılımlar kir algılama aşamasında algılandığından sınıflandırma işlemi başarısız olmaktadır. Ancak siyah ve koyu mavi gibi zemin renklerinde yumurta zeminden ayrılabilir.



Şekil 60. Homojen olmayan kirli zeminler için yumurta görüntüsü (solda), zeminden ayrılmış yumurta görüntüsü (ortada) ve kirli kısımlar (sağda)

Yumurta çiftliği endüstrisinde bantlar üzerindeki kirlerin temiz yumurtalara bulaşma riski olduğundan bantlar temiz olmak durumundadır. Şekil 26' daki örneklerden de görüldüğü gibi farklı renklerde zeminler kirletilerek görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerdeki zemin kirleri gibi kirler sağlam yumurtaları kirleteceğinden yumurta fabrikalarında, yumurtayı taşıyan batlar üzerinde olmamalıdır. Örnek olması açısından homojen olmayan kirli zeminlerde ki yumurtalar üzerinde de inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada olduğu gibi literatürde yapılan diğer çalışmaların hepsi temiz zeminler üzerinde yapılmıştır.

### 2.11. Kusur Algılama ve Karar Mekanizması Akış Diyagramı

Kusur algılama ve karar mekanizması adımları özet olarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

Adım 1: Görüntü programa aktarılmıştır.

Adım 2: Görüntü RGB renk uzayından  $L^*a^*b^*$  renk uzayına dönüştürülmüştür.  $L^*a^*b^*$  uzayı parlaklık katmanı 'L\*' renk katmanı 'a\*' ve renk katmanı 'b\*'den oluşur. Daha sonra Öklit mesafe ölçümü kullanılarak iki renk arasındaki farkı ölçebiliriz.

Adım 3: K-means sınıflandırma kullanılarak ' $a^*b^*$ ' uzayında renkler sınıflandırılır.

Adım 4: K-means'deki sonuç kullanılarak her pixel etiketlenir. Girişteki her nesne için K means, bir sınıflandırıcıya göre bir index dönüştürür. Böylece görüntüde 2 sınıf kullanılarak renk segmentasyonu yapılmıştır.

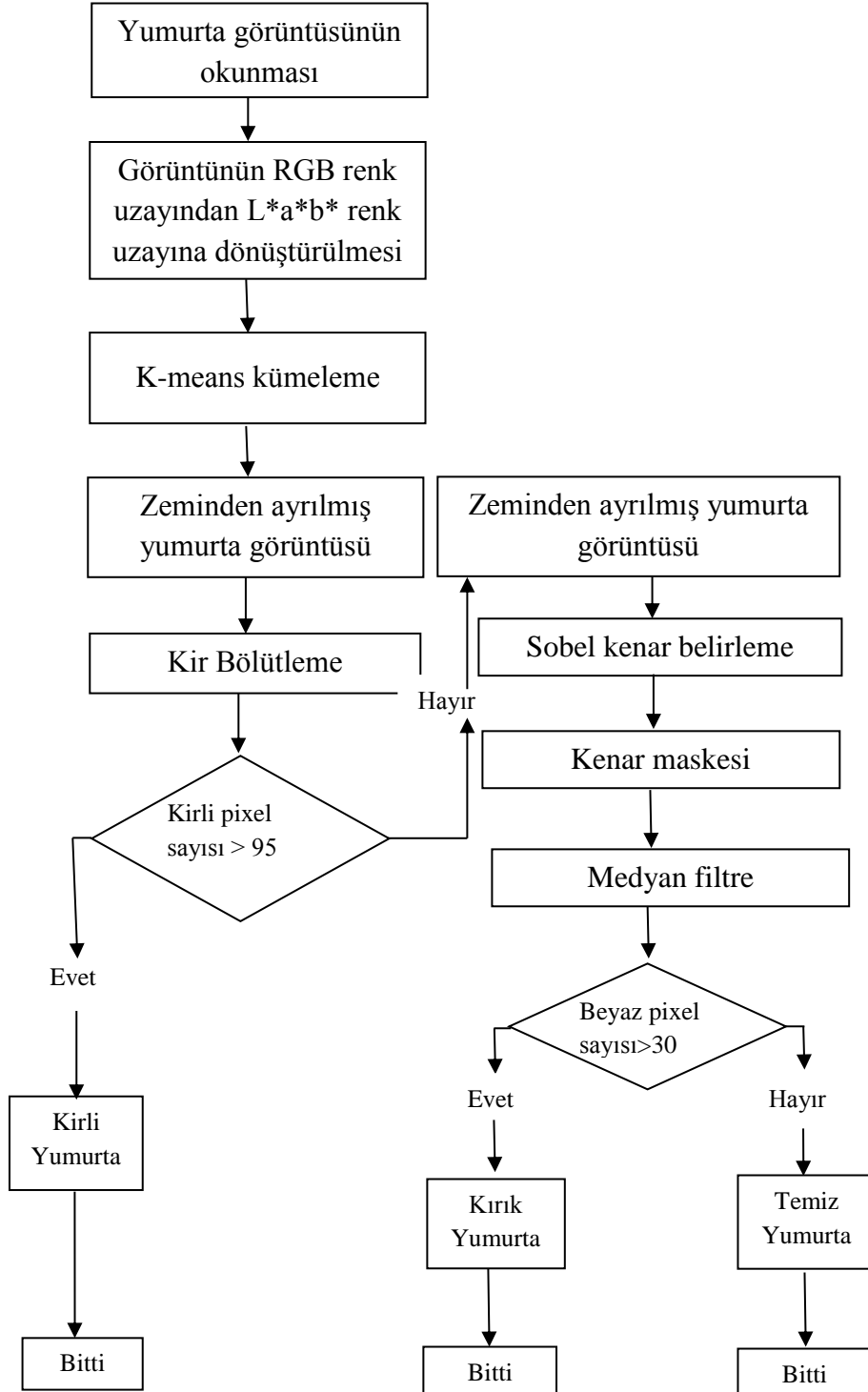
Adım 5: Yumurta zeminden ayrıldıktan sonra üzerindeki kir renkli görüntü bölütleme tekniği ile ayrılmıştır. Bunu yapmak için RGB renk eşiklerinden faydalanılmıştır. Kirin rengini yumurtanın renginden ayırmak için uygun RGB eşik değerleri girilerek kirli kısım yumurtadan bölütlenmiştir.

Adım6: Kirli kısımların pixel sayısı hesaplanmış ve önceden karar verilmiş belirli bir eşik değeriyle karşılaştırılarak yumurtanın kirli olup olmadığına karar verilmiştir.

Adım 7. Eğer yumurta kirli değilse bu kez kırık mı yoksa temiz yumurta mı diye karar verilebilmesi için ikinci bir denetime sokulmuştur. Bu denetim için Sobel kenar belirleme algoritması uygulanmış ve hem yumurtanın hem de kırıkların kenarları belirlenmiştir. Yumurtanın kenarlarını atmak için görüntünün kırmızı bandının eşik değeriyle karşılaştırılması sonucu oluşturulan yeni kırmızı bandından faydalanılmıştır. Bu banttaki görüntü yeniden boyutlandırılıp zero padding yapıldıktan sonra kenarları ve kırık kısımları belirlenmiş görüntüyle çarpılmıştır ve böylece sadece kırık kısımlar elde edilmiştir.

Daha sonra yukarıdaki gibi pixeller hesaplanarak eşik değeriyle karşılaştırılmıştır ve yumurtanın kırık mı yoksa temiz yumurta mı olduğuna karar verilmiştir.

Kusur algılama akış diyagramı Şekil 61' deki gibidir.



Şekil 61. Yumurta kabuğu kusur algılama akış diyagramı

### 3. SONUÇLAR

Yumurta çiftliği endüstrisinde kaliteli yumurtalardan kusurlu yumurtaların otomatik ayrılması hem ekonomik hem de sağlıksal nedenlerden dolayı önemli bir konudur. Modern yumurta işleme tesislerinde kusurlu yumurtaların insanların görsel denetimi ile ayrıştırılması süreci yavaşlatmaktadır. Bu nedenle kusurlu yumurtaların sağlam olanlardan otomatik olarak ayrılması süreci hızlandırmasının yanı sıra sınıflandırma doğruluğunu arttıracaktır.

Yumurta üzerindeki kusurları algılamak için hibrit bir çözüm uygulanmıştır. Öncelikle yumurta renkli görüntü işleme tekniklerinden faydalanılarak zeminden ayrılmıştır. Yumurtanın zeminden ayrılmasında K-means kümeleme algoritması kullanılmıştır. Daha sonra kirli yumurta üzerindeki kir renkli görüntü bölütleme tekniği ile ayrılmış, kirli kısımların pixel sayısı hesaplanarak eşik değeri ile karşılaştırılmış ve yumurtanın kirli olduğuna karar verilmiştir. Eğer görüntü üzerinde kir yoksa zeminden ayrılmış yumurta, program içinde ikinci denetime girmiştir ve Sobel kenar belirleme algoritması uygulanarak yumurtanın kenarları ve kırık kısımları bulunmuştur. Yumurtanın kenarları kenar maskesi kullanılarak atılmıştır ve sadece kusurlu pikseller kalmıştır. Yumurta yüzeyindeki gözeneklerin oluşturduğu gürültüler medyan filtre ile atılmıştır ve kırık kısımların görüntüsü netleştirilmiştir. Daha sonra tekrar eşik değeri verilerek yumurtanın kırık yumurta mı temiz yumurta mı olduğuna karar verilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada sadece kirli veya sadece kırık yumurtalar üzerinde çalışılmamıştır [4,5,6,7,8,9]. Bu çalışmada aynı anda kirli, kırık ve temiz yumurta üzerine uygulanabilecek hibrit bir yöntem geliştirilmiştir. Kirli, kırık ve temiz yumurtaların kusurlu ve kusursuz olarak sınıflandırılmasının yanı sıra kirli yumurtalar kirli olarak, kırık yumurtalar kırık olarak, temiz yumurtalar ise temiz olarak sınıflandırılıp yüksek doğruluklarla birbirlerinden ayrılmışlardır. Bu bakımdan yapılan çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olmasının yanı sıra yumurtaları kusurlu ve sağlam olarak sınıflandırma başarısı %98.33 ile diğer çalışmalardan daha yüksektir [3,4,5,6,7,8].

Önerilen yöntem farklı zemin renklerinde denendiğinde kahverengi zemin rengi dışında koyu mavi, mavi, sarı, yeşil, mor, siyah gibi zemin renklerinde başarılı olması bakımından uygulamada farklı renklerde zeminlerin kullanılabilceğini göstermektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda yumurta görüntülerindeki zeminler homojen ve temizdir [3,4,5,6,7,8,9,10]. Kullanılan yöntem homojen olmayan kirli ve farklı renkteki zeminlerde denendiğinde diğer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da başarı düşmektedir.

Yapılan çalışmada değişik büyüklüğe sahip olan ve değişik oranlarda kir ve kırık şekilleri bulunan yumurtalar kullanılmıştır. Her bir yumurta görüntüsü için değerlendirme süresi yaklaşık olarak 3 sn' dir. Yumurta konveyör bandında ilerlerken anlık olarak görüntüsünün alındığı yeri belirli bir saniye geçtikten sonra bandın ilerisinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirildiğinde değerlendirme süresinin neden olduğu gecikme elimine edilebilir. Böylece yöntem yumurta fabrikalarında uygulanabilir.

Kirli, kırık ve temiz yumurta görüntülerinden oluşturulan veri bankasında toplamda 300 adet kırmızı zeminli yumurta görüntüsü mevcuttur. Bu veri bankası için kullanılan yöntemeye dayalı kirli yumurtaların kirli olarak, kırık yumurtalar kırık olarak, temiz yumurtaların ise temiz olarak sınıflandırılma sonuçları Tablo 9' daki gibidir.

Kirli, kırık ve temiz yumurta görüntülerinden oluşturulan veri bankasında toplamda 300 adet kırmızı zeminli yumurta görüntüsünün alt türlerine bölünmeden kusurlu veya sağlam olarak sınıflandırılma sonuçları Tablo 10' daki gibidir.

Tablo 9. Kullanılan yöntemeye dayalı kirli, kırık ve temiz olarak tüm sınıflandırma sonuçları

Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma			Sınıflandırma Başarısı (%)
		Kirli	Kırık	Temiz	
Kirli	100	87	13	0	87
Kırık	100	0	98	2	98
Temiz	100	0	3	97	97

Tablo 10. Kullanılan yöntemeye dayalı kusurlu veya sağlam tüm sınıflandırma sonuçları

Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma		Sınıflandırma Başarısı (%)
		Kusurlu	Sağlam	
Kirli	100	100	0	100
Kırık	100	98	2	98
Temiz	100	3	97	97
Toplam	300	201	99	98.33

Farklı zemin renklerinde yöntemin başarımlarının ölçülebilmesi için oluşturulan ikinci bir veri bankasında 45 adet yumurtanın farklı zeminlerdeki görüntüsü mevcuttur. Bu veri bankası için kullanılan yöntemeye dayalı oluşturulan tüm sınıflandırma sonuçları Tablo 11’ deki gibidir. Tablo 11’ den de görüldüğü gibi kahverengi zemin rengi dışındaki zemin renklerinde yöntem başarılı olmaktadır. Kahverengi zemin kirin baskın renk özelliğini taşıdığı için yöntemin başarısı düşmektedir.

Tablo 11. Farklı zemin renklerinde kullanılan yöntemeye dayalı tüm sınıflandırma sonuçları

Zemin Rengi	Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma			Sınıflandırma Başarısı (%)	Kusurlu/Sağlam Sınıflandırma Başarısı (%)
			Kirli	Kırık	Temiz		
Mavi	Kirli	15	15	0	0	100	100
	Kırık	15	1	14	0	93.33	
	Temiz	15	0	0	15	100	
Koyu Mavi	Kirli	15	15	0	0	100	97.7
	Kırık	15	1	14	0	93.33	
	Temiz	15	0	1	14	93.33	
Mor	Kirli	15	15	0	0	100	97.7
	Kırık	15	1	14	0	93.33	
	Temiz	15	0	1	14	93.33	
Yeşil	Kirli	15	15	0	0	100	97.7
	Kırık	15	1	14	0	93.33	
	Temiz	15	0	1	14	93.33	
Sarı	Kirli	15	15	0	0	100	100
	Kırık	15	2	13	0	86.6	
	Temiz	15	0	0	15	100	
Siyah	Kirli	15	15	0	0	100	100
	Kırık	15	2	13	0	86.6	
	Temiz	15	0	0	15	100	
Kahverengi	Kirli	15	15	0	0	0	33.3
	Kırık	15	10	5	0	33.3	
	Temiz	15	15	0	0	0	

Farklı renkte homojen olmayan zeminlerde yöntemin başarımlarının ölçülebilmesi için oluşturulan üçüncü bir veri bankasında 45 adet yumurtanın farklı renkte ve homojen olmayan zeminlerdeki görüntüsü mevcuttur. Bu veri bankası için kullanılan yöntemeye dayalı oluşturulan tüm sınıflandırma sonuçları Tablo 12’ deki gibidir. Tablo 12’ den de

görüldüğü gibi siyah ve koyu mavi homojen olmayan zemin renklerinde homojen olmayan zemin yumurtadan doğru olarak ayrılabilirdiğinden sınıflandırma doğru sonuçlar vermektedir. Ancak kırmızı ve yeşil gibi açık renkli homojen olmayan zeminlerde homojen olmayan zemin yumurtadan tam olarak ayıramadığından yöntem başarısız olmaktadır. Kırmızı ve yeşil zemin renklerinde kirli yumurtalar kirli olarak sınıflandırılmıştır ancak bunun nedeni zemindeki kir benzeri homojen olmayan dağılımların algılanmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 12. Farklı renkte homojen olmayan zeminlerde kullanılan yönteme dayalı tüm sınıflandırma sonuçları

Zemin Rengi	Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma			Sınıflandırma Başarısı (%)	Kusurlu/Sağlam Sınıflandırma Başarısı (%)
			Kirli	Kırık	Temiz		
Siyah	Kirli	15	15	0	0	100	91.11
	Kırık	15	5	10	0	66.66	
	Temiz	15	0	4	11	73.33	
Koyu Mavi	Kirli	15	15	0	0	100	91.11
	Kırık	15	1	14	0	93.33	
	Temiz	15	0	4	11	73.33	
Kırmızı	Kirli	15	15	0	0	0	0
	Kırık	15	15	0	0	0	
	Temiz	15	15	0	0	0	
Yeşil	Kirli	15	15	0	0	0	0
	Kırık	15	15	0	0	0	
	Temiz	15	15	0	0	0	

Literatürde yapılan çalışmalarla bu çalışmayı aynı şartlarda karşılaştırabilmek için bu çalışmada kullanılan veri bankasındaki yumurta görüntüleri üzerine literatürde kullanılan ve yüksek sınıflandırma başarısına sahip olan K. Mertens ve diğerlerinin yapmış oldukları çalışmadaki yöntem uygulanmıştır. K. Mertens ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada sadece kirli ve temiz yumurtalar üzerinde çalışıp kırık yumurtalar için herhangi bir değerlendirme yapmamışlardır [4]. Ancak bu tez çalışmasında kullanılan veri bankasında kırık yumurta görüntüleri de olduğu için kullanılan yöntem kırık yumurtalar üzerinde de denenmiştir. Yöntemde öncelikle RGB görüntü gri düzeyli görüntüye çevrilmiştir. Ardından daha net bir görüntü elde edebilmek için median filtre kullanılmaktadır. Daha

sonra gri düzeyli görüntü eşikleme metoduyla (eşik değeri 150) binary görüntüye çevrilmektedir. Böylece yumurta yüzeyi 1 (beyaz), zemin ve kusurlar 0 (siyah) olmaktadır. Böylece yumurta kusurlarıyla birlikte siyah zemin üzerinde beyaz bir parçacık olarak düşünülebilir. Daha sonra yumurta beyazının üzerindeki siyah delikler (kusurların sebep olduğu) doldurulur. Böylece yumurtanın tamamı siyah zemin üzerinde beyaz parçacık olarak gözükür. Bu görüntü daha önce elde edilen binary görüntünün tersiyle çarpıldığında sadece kusurlu kısımlar siyah zemin üzerinde beyaz parçacık olarak elde edilir. Daha sonra kusurlu pikseller sayılarak uygun eşik değeriyle karşılaştırılıp kusurlu veya sağlam kararı verilir. Eşik değeri yapılan çalışmada belirtilmediğinden bu çalışmadaki görüntüler için 8 olarak alınıp sonuçlar elde edilmiştir.

K. Mertens ve diğerlerinin yaptığı çalışmanın bu çalışmadaki kirli, kırık ve temiz yumurta görüntülerinden oluşturulan veri bankasındaki toplamda 300 adet kırmızı zeminli yumurta görüntüsü üzerine uygulanmasıyla elde edilen kusurlu veya sağlam olarak sınıflandırılma sonuçları Tablo 13’ deki gibidir. Bu tez çalışmasında farklı olarak yumurtaların kusurlu ve sağlam olarak sınıflandırılabilmesinin yanı sıra kirli yumurtalar kirli olarak, kırık yumurtalar kırık olarak, temiz yumurtalar ise temiz olarak sınıflandırılıp birbirlerinden ayrılabilir. Tablo 13’ deki sonuçlar Tablo 14’ de bulunan bu tez çalışmasındaki sonuçlarla karşılaştırıldığında kirli, kırık ve temiz yumurtaların sınıflandırma başarısı literatürde yapılan bu çalışmadan yüksek çıkmıştır [4]. Aynı veri bankasındaki her bir görüntü için literatürdeki yöntemin değerlendirme süresi yaklaşık olarak 2 sn iken bu tez çalışmasında 3 sn’dir. Bunun nedeni bu tez çalışmasında binary görüntü işleme teknikleri kullanılıp yumurtaları sadece kusurlu ve sağlam olarak sınıflandırmak yerine renkli görüntü işleme teknikleri kullanılarak kirli yumurtaların kirli, kırık yumurtaların kırık ve temiz yumurtaların ise temiz olarak sınıflandırılmasındandır.

Tablo 13. K. Mertens ve diğerlerinin yaklaşımlarının bu tezdeki veriler için sınıflandırma sonuçları

Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma		Sınıflandırma Başarısı (%)
		Kusurlu	Sağlam	
Kirli	100	98	2	98
Kırık	100	83	17	83
Temiz	100	5	95	95
Toplam	300	186	114	92



Tablo 14. Bu tezdeki yaklaşım için sınıflandırma sonuçları

Yumurta Türü	Yumurta Sayısı	Sınıflandırma		Sınıflandırma Başarısı (%)
		Kusurlu	Sağlam	
Kirli	100	100	0	100
Kırık	100	98	2	98
Temiz	100	3	97	97
Toplam	300	201	99	98.33

Bu çalışmada gri düzeyli veya binary görüntü işleme tekniklerinin yanında renkli görüntü işleme teknikleri de kullanılmıştır. Yumurta görüntüsü zeminden renkli olarak ayrıldıktan sonra eğer kirli kısım mevcutsa renkli görüntü bölütleme tekniği ile ayrılıp kirli olarak sınıflandırılmıştır. Kırık yumurtaların tespitinde ise kırık kısımların kenarları belirlenerek sınıflandırma yapılmıştır. Bu özelliklere sahip olmayan yumurtalar ise temiz olarak sınıflandırılmıştır. Renkli görüntü işleme tekniği kullanmanın gri düzeyli görüntü işleme tekniği kullanmaya göre sağladığı en önemli avantaj kirin baskın renk özelliğinin kullanılarak kirli yumurtanın kırık yumurtadan ayırt edilebilmesine imkan vermesidir.

#### 4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada kusurlu yumurtaların sağlam yumurtalardan ayrılmasının yanı sıra yumurtalar kirli yumurta, kırık yumurta ve temiz yumurta olarak sınıflandırılmıştır. Yumurta üzerindeki kusurları algılamak için hibrit bir çözüm uygulanmıştır. Uygulama yazılım üzerinde denenmiştir, donanımsal bir uygulama yapılmamıştır. Donanımsal bir uygulama yapıp yazılımın bu donanım üzerinde nasıl çalıştığı gözlemlenebilir.

Kusur algılama teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak yumurta kabuğundaki kusurlar için tek bir algoritma geliştirilip aynı anda yumurtanın kırık mı çatlak mı veya içsel bir kusuru mevcut mu kararı hızlı bir şekilde online olarak verilebilir.

Yumurta görüntüleri çekilirken aynı anda yumurtadan farklı açılardan görüntü alınıp kusur belirleme algoritmaları aşama aşama değerlendirilebilir.

Yüksek çözünürlüklü makinelerle alınan görüntüler çok net olmasına rağmen koşturulan programa bu görüntüleri kullandığında her bir pikseli işlemek zorunda olduğundan kusur algılama yazılım aşamasında yavaşlıklar olmaktadır. Programın hızlı çalışabilmesi için kullanılan bilgisayarın işlemci, ram, hard disk kapasitesi artırılabilir. Aynı program farklı yazılımlarda denenip hız incelemesi yapılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. <http://www.quia.com/files/quia/users/aycockrg/History-of-Poultry>. 7 Nisan 2014.
2. Patel, V.C., McClendon, R.W. ve Goodrum, J.W., Color Computer Vision And Artificial Neural Networks For The Detection Of Defects In Poultry Eggs, Artificial Intelligence Review, 12, 1-3 (1998) 163-176.
3. Mertens, K., De Ketelaere, B., Bamelis, F.R., Kemps, B.J., Verhoelst, E.M., De Baerdemaeker, J.G. ve Decuypere, E.M., Dirt Dedection on Brown Eggs by Means of Color Computer Vision, Poultry Science, 84 (2005) 1653-1659.
4. Lin, H., Zhao, J.W., Chen, Q.S., Cai, J.R. ve Zhou, P., Eggshell Crack Detection Based on Acoustic Impulse Response and Supervised Pattern Recognition, Czech Journal Of Food Sciences, 27,6 (2009) 393-402.
5. Dehrouyeh, M.H., Omid, M., Ahmadi, H., Mohtasebi, S.S. ve Jamzad, M., Grading and Quality Inspection of Defected Eggs Using Machine Vision, International Journal of Advanced Science and Technolog, 17 (2010) 23-30.
6. Mansoory, M.S., Astiyani, M. ve Sarabadani, H., Automatic Crack Dedection in Eggshell Based on SUSAN Edge Dedector Using Fuzzy Thresholding, Modern Applied Science, 5, 6 (2011) 117-125.
7. Lunadei, L., Ruiz-Garcia, L., Bodria, L. ve Guidetti, R., Automatic Identification of Defects on Eggshell Through a Multispectral Vision System, Food Bioprocess Technol, 5 (2012), 3042-3050.
8. Ibrahim, R., Zin, Z.M., Nadzri, N., Shamsudin, M. Z. ve Zaunidin, M. Z, Egg's Grade Classification and Dirt Inspection Using Image Processing Techniques, Proceedings of the World Congress on Engineering, 2 (2012), 978-988.
9. Arivazhagan, S., Shebiah, R.N., Sudharsan, H., Kannan, R.R. ve Ramesh, R., External and Internal Defect Detection of Egg using Machine Vision, Journal of Emerging Trends in Computing and Imformation Sciences, 4, 3 (2013), 257-262.
10. <http://www.neospark.com/images/EggshellDefects.pdf>. 7 Nisan 2014.
11. <http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale>. 15 Nisan 2014.
12. Gonzales, R.C. ve Woods, R.E., Digital Image Processing, Second Edition, Addison-Wesley Longman Publishing Co., USA, 1992.
13. Gonzales, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L., Digital Image Processing Using MATLAB, Prentice-Hall, USA, 2004.

14. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIE\\_1931\\_XYZ\\_Color\\_Matching\\_Functions.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIE_1931_XYZ_Color_Matching_Functions.svg). 17 Nisan 2014.
15. Yılmaz, İ., ” Renk Sistemleri, Renk Uzayları ve Dönüşümler”, 30. Yıl Sempozyumu, Ekim 2012, Konya, Bildiriler Kitabı, 340-350.
16. [http://en.wikipedia.org/wiki/Lab\\_color\\_space](http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space). 19 Nisan 2014.
17. <http://www.brucelindbloom.com/index.html?WorkingSpaceInfo.html>. 20 Nisan 2014.
18. Rakesh, M. ve Ravi, T., Image Segmentation and Detection of Tumor Objects in MR Brain Images Using Fuzzy C-Means (FCM) Algorithm, International Journal of Engineering Research and Applications, 2, 3 (2012), 2088-2094.
21. [http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4\\_goruntu\\_isleme.pdf](http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4_goruntu_isleme.pdf). 20 Nisan 2014.

## ÖZGEÇMİŞ

Nezahat ÖZTÜRK, 17 Ekim 1990 tarihinde Trabzon' da doğdu. İlköğrenimini Akçaabat Merkez İlköğretim Okulu' nda tamamladı. Lise öğrenimini Akçaabat Lisesi' nde iyi derecede tamamladıktan sonra 2007 yılında girdiği üniversite sınavında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2007-2008 öğretim döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yabancı Diller Bölümü, İngilizce Hazırlık Sınıfını başarıyla bitirdi. 2008-2012 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Lisans eğitimini tamamladı. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim dalı, Elektronik dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve hala eğitimi devam etmektedir. 2013 yılı Temmuz ayından itibaren Ankara Türk Telekom Genel Müdürlüğünde Network Mühendisi olarak çalışmaktadır. 2014 yılı IEEE 22. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı'nda Görüntü İşleme Teknikleri ile Beyaz Yumurtalar Üzerindeki Yumurta Kabuğu Kusurlarının Algılanması konulu bildirisi kabul edildi.