

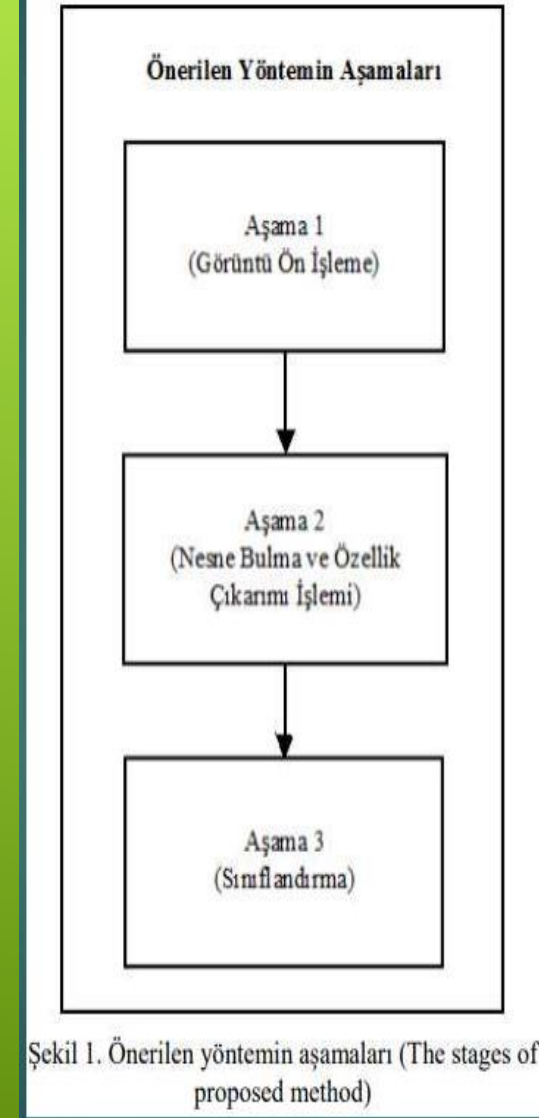
# GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ VE KÜMELEME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK FINDIK MEYVESİNİN TESPİT VE SINIFLANDIRILMASI

SERDAR SOLAK , UMUT ALTINIŞIK

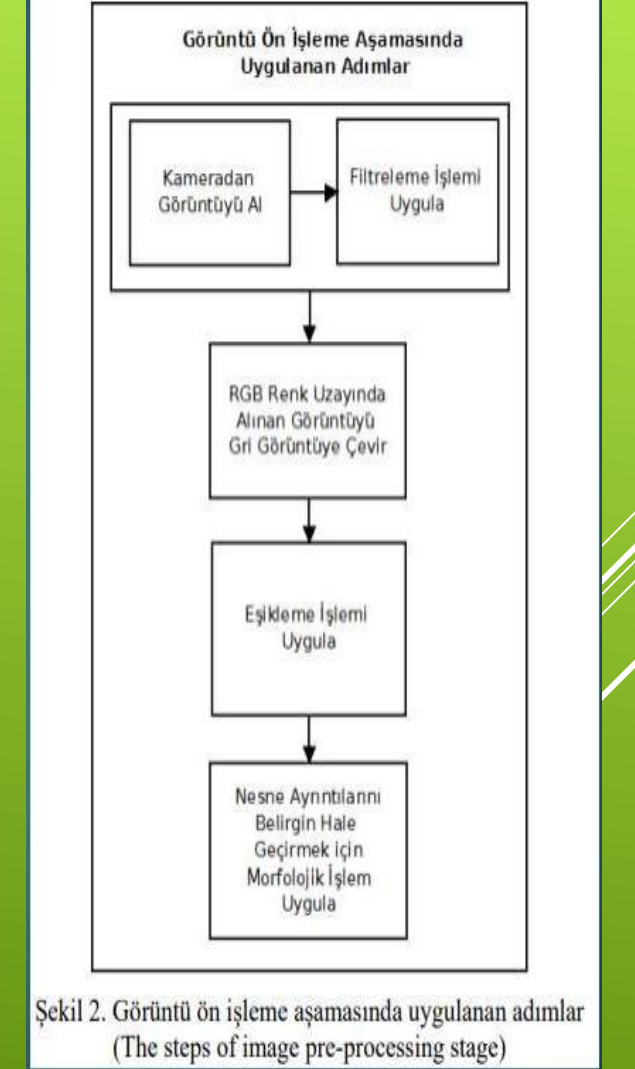
EREN UZUN 02205076052

- 1. GİRİŞ (INTRODUCTION) Görüntü işleme ve bilgisayarlı görme uygulamaları son yıllarda ciddi bir artış göstermektedir. Özellikle araç içi ofomasyon, güvenlik sistemleri, gezgin robot uygulamaları, askeri alanlarda dost ve düşman kuvvetlerinin gözetlenmesi, tarım uygulamaları, biyomedikal ve tıp alanlarında, coğrafi bilgi sistemlerinde, tasarım ve imalat uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, ilk olarak kameradan görüntüler alınmaktadır. Alınan görüntüler üzerinde, görüntü ön işleme adımları uygulanmakta ve ilgilenilen nesnelere ait özellik çıkartımı gerçekleştirilmektedir. Ortamda bulunan nesnelerin doğru bir şekilde tespit edilmesi, özellik çıkarımı aşaması için çok önemlidir. Nesnelerin tespit edilmesi veya tanınması amacıyla yapılan çalışmalarda farklı yöntemler önerilmektedir. Nesnelere ait basit özellikler kullanılarak hızlı ve etkili nesne tanıma yönelik çalışmalar [2], karmaşık arka plan çıkarımı ile tanıma [3], şekil tanıma, renk tanıma, kenar ve köşe tanıma, istatistiksel örüntü tanıma, şablon eşleme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [4]. Bilgisayarlı görmenin yaygınlaşması sonucunda, tarım alanında ürün kalitesinin gözlenmesi [5], ürün sulama [6], ilaçlama, hasat, ürün sınıflandırma, ürün gelişimlerinin gözlenmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır [7]. Ayrıca tarım alanında, görüntü işleme tekniklerinin kullanılması ile yapılan çeşitli çalışmalarda şeftali [8,9], elma [9,10], buğday [11], fındık [12,13], kiraz [14,15], ceviz [16], badem [17] vb. meyveler sınıflandırılmakta ve özellikleri belirlenmektedir. Bu özelliklerin belirlenmesinde sayısal görüntü analizi, sınıflama, kümeleme gibi yöntemler kullanılarak, araştırılan nesnelerin boyut, cins veya kalite bakımından sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir. K-means ve türevleri yaygın olarak kullanılmakta olan kümeleme algoritmalarıdır. K-means algoritması ile aynı türden nesneler farklı özelliklerine göre, benzer kümelere ayrılmaktadırlar [18]. Görüntü işleme süreci ile özellikleri belirlenmiş olan nesneler, benzerlik veya benzemezlik oranlarına göre farklı sınıflarda kümelenebilmektedirler. Makalede, çalışma ortamında bulunan nesnelerin tespit edilmesi, özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırmasına yönelik üç aşamalı bir sistem önerilmektedir. Önerilen sistemin ilk aşamasında kameradan alınan görüntü üzerinde, görüntü ön işleme adımı uygulanmaktadır. İkinci aşamada, ortamda bulunan nesneler tespit edilmekte ve nesnelere ait veriler bilgi veri tabanına aktarılmaktadır. Son aşamada ise bilgi veri tabanı kullanılarak nesnelerin sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir.

- 2. ÖNERİLEN YÖNTEM (PROPOSED METHOD)  
Ortamda bulunan aynı nesnelerin tespit edilerek, sınıflandırılmasına yönelik yapılan çalışmada üç aşamalı bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yönteme ait aşamalar Şekil 1 'de sunulmaktadır. Nesnelerin bulunduğu ortamdan alınan görüntü, aşama 1 adımıyla yer alan “Görüntü Ön İşleme” işlemine tabi tutulmaktadır. Aşama 2’de “Nesne Bulma ve Özellik Çıkarımı İşlemi” ile ortamdaki nesnelerin, boyut ve alan gibi özellikleri çıkartılmaktadır. Son aşamada ise, aşama 2’de elde edilen veriler kullanılarak her bir nesnenin sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir.



- 2.1. Görüntü ön işleme aşaması (Image preprocessing) Görüntü ön işleme aşamasında, kameradan alınan görüntü üzerinde sırasıyla filtreleme, resmin grileştirilmesi ve ikili resme çevrilmesi işlemleri uygulanmaktadır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinden sonra görüntü üzerinde yer alan ve ilgilenilen nesneler daha belirgin ve kolay işlenebilir hale getirilmektedir. Şekil 2’de görüntü ön işleme aşamasında uygulanan adımlar sunulmaktadır. Filtre uygulama adımında, görüntü üzerinde yer alan tuz biber gürültülerinin giderilmesi ve resimde yer alan gereksiz ayrıntıların azaltılması sağlanmaktadır. Kameradan alınan görüntü matrisi üzerinde, 3x3, 5x5 vb küçük bir çekirdek matrisinin gezdirilmesi sonucunda filtreleme işlemi gerçekleşmektedir. Çalışmada, 3x3 boyutlarında çekirdek matrisi kullanan, ortalama filtreleme yöntemi kullanılmaktadır. Çekirdek matrisin boyutlarının büyük seçilmesi, görüntü üzerindeki gürültüleri azaltırken, bulanıklaştırmada yapmaktadır. Çalışmada ortalama filtre uygulaması için seçilen çekirdek matris, denklem 1’de sunulmaktadır. Çekirdek matrisi, görüntü üzerinde kayan pencere yöntemi kullanılarak gezdirilmekte ve her bir piksel için, yeni değerler hesaplanmaktadır.



Filtreleme işlemi sırasında, IR matrisinde negatif değerler kullanılmak istenmektedir. Bu durumda, ilgili indislere en yakın indisteki değer kullanılmaktadır. Örneğin, hesaplama sırasında I R I (0,0) için K(0,0)xI R(-1,-1) ile çarpılması sırasında matris içerisindeki en yakın değer olan IR(0,0) kullanılmaktadır. Kameradan alınan görüntü üç kanallı olup RGB (Red, Gren, Blue) renk uzayında alındığından, IR görüntü matrisinde üç renk için bulunan değerler denklem 2 kullanılarak güncellenmektedir.

$$\text{temp} = \frac{N}{2}$$

$$I_R^1(x, y) = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N K(i, j) \times I_R(x + i - \text{temp}, y + j - \text{temp}) \quad (2)$$

K, NxN boyutlarında filtreleme için kullanılan çekirdek matrisini, IR, kameradan alınan renkli görüntüye ait matrisi, I R I , filtreleme sonunda oluşan yeni görüntü matrisini ifade etmektedir. Denklem 2'de her piksele ait yeni değerlerin hesaplanmasını gösteren formül sunulmaktadır.

$$K = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Filtreleme işleminden sonra renkli görüntünün, grileştirilmesi adımı gerçekleştirilmektedir. Grileştirme işlemine ait formül denklem 3'te sunulmaktadır. Denklemde, I G grileştirilmiş yeni görüntü matrisini, I R K I , I R Y I ve I R M sırasıyla filtrelenmiş renkli görüntüdeki kırmızı, yeşil ve mavi renk değerini ifade etmektedir [19,20].

$$I_G(x, y) = 0.299 \times I_{RK}^1(x, y) + 0.587 \times I_{RY}^1(x, y) + 0.114 \times I_{RM}^1(x, y) \quad (3)$$

Gri olarak elde edilen görüntü üzerinde, eşikleme işlemi uygulanarak sadece ilgili nesnelere ait yer alan bölümler kullanılmaktadır. Eşikleme işleminde kullanılan en küçük (min) ve en büyük değerler (max) deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmektedir. Gri görüntü içerisinde yer alan piksel değerleri min ve max değerleri arasında bulunup bulunmadığı karşılaştırılarak, ikili görüntü için yeni değer ataması gerçekleştirilmektedir. Denklem 4'te ikili görüntü oluşturma işlemine ait formül sunulmaktadır.

$$I_I(x, y) = \begin{cases} 255 & \leftarrow (I_G(x, y) \geq \min) \text{ ve } (I_G(x, y) < \max) \\ 0 & \leftarrow \text{Uymayan Veriler} \end{cases} \quad (4)$$



- Eşikleme işleminden sonra siyah ve beyaz renkleri içeren görüntü oluşturulmaktadır. Görüntü içerisinde, siyah bölgelerde istenmeyen beyaz noktalar, beyaz bölgelerde istenmeyen siyah noktalar bulunmaktadır. Elde edilen ikili görüntü üzerinde yer alan gürültüleri silmek amacıyla morfolojik işlem uygulanmaktadır. Morfolojik işlemde, girdi olarak verilmekte olan, ikili görüntü üzerinde yapısal element adı verilen 3x3, 5x5 v.b. kare matris gezdirilmektedir. Morfolojik işlem adımında, yapısal element ve ikili görüntü değerlerindeki komşu piksel değerleri kullanılarak görüntü güncellenmektedir. Önerilen çalışmada, ikili görüntü üzerinde, aşındırma (erosion) ve genişleme (dilation) morfolojik işlemleri uygulanmaktadır. Aşındırma işlemi, ikili resim üzerinde yer alan beyaz alanları daraltmak ve siyah bölgelerdeki beyazlıkları temizlemek için kullanılmaktadır. Genişleme işlemi ise, beyaz alanların sınırlarını genişletirken aynı zamanda beyaz bölgede yer alan siyah noktaları temizlemektedir. Sırasıyla denklem 5 ve denklem 6 'da aşındırma, genişleme işlemlerine ait matematiksel ifadeler sunulmaktadır. Denklemlerde, Y yapısal elemente ait matrisi, I<sub>M</sub> aşındırma işlemi uygulanmış ikili görüntü matrisini, I<sub>M</sub> I aşındırma işleminden sonra genişleme işlemi uygulanmış ikili görüntü matrisini ifade etmektedir [21].

$$I_M(x,y) = \bigcap_{i=0}^{N-1} \bigcap_{j=0}^{N-1} Y(i,j) \cup I_I(x+i,y+j) \quad (5)$$

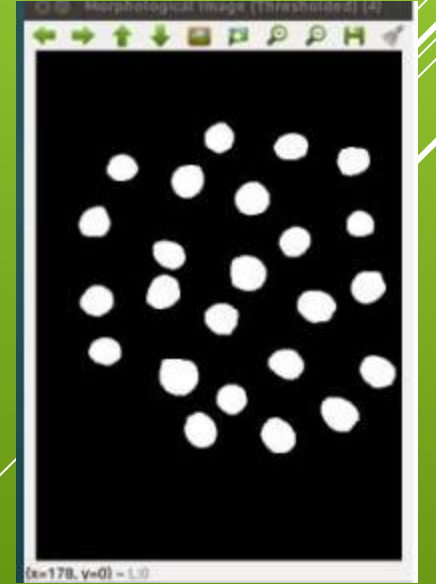
$$I_M^I(x,y) = \bigcup_{i=0}^{N-1} \bigcup_{j=0}^{N-1} Y(i,j) \cap I_M(x-i,y-j) \quad (6)$$

Şekil 3'de kameradan alınan ham görüntü gösterilmektedir



Şekil 3

Şekil 4'te ise, filtreleme, grileştirme, eşikleme ve morfolojik işlemlerin kameradan alınan ham görüntüye uygulanması sonucunda oluşan görüntü sunulmaktadır. Elde edilen görüntü ile ortamda bulunan nesnelere ait kenarların belirlenmekte ve özellik çıkarımı için



Şekil 4

- 2.2. Nesne bulma ve özellik çıkarımı işlemi aşaması (Object detection and feature extraction stage); Nesne bulma ve özellik çıkarımı işlemi aşamasında, görüntü ön işleme aşamasından geçirilerek elde edilen ikili görüntü üzerinde nesnelerin bulunması ve her bir nesneye ait özelliklerin çıkarımı işlemleri gerçekleştirilmektedir. Nesnelerin görüntü düzleminde kaplamış olduğu alan, nesne boyları ve nesne merkezine ait koordinatlar özellik çıkarım vektörlerinde bulunmaktadır. Görüntü ön işleme sonunda elde edilen ikili resimde her bir nesneye ait dış hatlar, Suzuki ve Abe tarafından 1985 yılında geliştirilmiş olan algoritma kullanılarak bulunmuştur [20,22]. Her bir nesneye ait dış hatlar ve nesne numaraları belirlendikten sonra, nesnenin alanını hesaplamak için moment alma işlemi gerçekleştirilmektedir. Denklem 7'de moment alma işlemi gösteren genel formül sunulmaktadır [21]. Denklem 7'de  $G(x,y)$ , momenti alınacak ikili görüntüyü,  $m_{pq}$  momenti,  $p$  ve  $q$  değerleri ise, momentin derecesini belirlemektedir. Denklemden yer alan  $x$  ve  $y$  değerleri, görüntüyü oluşturan matristeki satır ve sütunları ifade etmektedir. Denklem 7'de  $p$  ve  $q$  değerleri 0 olması durumunda,  $m_{00}$  değeri nesnenin piksel cinsinden alanını ifade etmektedir. Ayrıca, sırasıyla  $p$  ve  $q$  değerlerine 1 değerleri verilerek  $m_{10}$  ve  $m_{01}$  değerleri hesaplanmıştır. Denklem 8, 9 ve 10 da gerçekleştirilen işlemlere ait matematiksel ifadeler sunulmaktadır [21].

$$m_{pq} = \iint_{x,y} x^p y^q G(x,y) dx dy \quad (7)$$

$$p=0 \text{ ve } q=0 \rightarrow m_{00} = \iint_{x,y} G(x,y) dx dy \quad (8)$$

$$p=1 \text{ ve } q=0 \rightarrow m_{10} = \iint_{x,y} x G(x,y) dx dy \quad (9)$$

$$p=0 \text{ ve } q=1 \rightarrow m_{01} = \iint_{x,y} y G(x,y) dx dy \quad (10)$$

İKİLİ GÖRÜNTÜ ÜZERİNDE YER ALAN HERHANGİ BİR NESNEYE AİT ALAN DEĞERİ DENKLEM 8, X AĞIRLIKLI MOMENT DENKLEM 9 VE Y AĞIRLIKLI MOMENT DENKLEM 10 İLE HESAPLANMAKTADIR. BU DURUMDA, İLGİLİ NESNELERE AİT MERKEZ NOKTASININ X KOORDİNATI DENKLEM 11, MERKEZ NOKTASINA AİT Y NOKTASININ KOORDİNATI DENKLEM 12'DE VERİLEN FORMÜLLER KULLANILARAK BULUNMAKTADIR. ORTAMDA YER ALAN NESNELERE AİT ALAN VE BOYUT BİLGİLERİNİN CM VEYA MM CİNSİNDEN HESAPLANABİLMESİ AMACIYLA, A4 KAĞIDININ KÖŞESİNE 50MM X 50MM BOYUTLARINDA REFERANS BİR KARE ÇİZİLMİŞTİR. REFERANS KARESİNİN ALANI PİKSEL CİNSİNDEN HESAPLANARAK, GERÇEK ALANA ORANLANMAKTADIR. BU SAYEDE PİKSEL / MM DÖNÜŞÜM İŞLEMİ PROGRAM TARAFINDAN OTOMATİK OLARAK GERÇEKLEŞTİRİLMEKTEDİR.

$$x = \frac{m_{10}}{m_{00}} \Rightarrow x = \frac{\iint_{x,y} x G(x,y) dx dy}{\iint_{x,y} G(x,y) dx dy} \quad (11)$$

$$y = \frac{m_{01}}{m_{00}} \Rightarrow y = \frac{\iint_{x,y} y G(x,y) dx dy}{\iint_{x,y} G(x,y) dx dy} \quad (12)$$

- 2.3 Ortalama tabanlı sınıflandırma (Meanbased classification) Önerilen ilk yöntemde ortamda bulunan nesneler kendi aralarında otomatik olarak 3 sınıfa ayrıştırılmaktadır. Sınıflandırma işleminde oluşturulan ilk küme merkezi hesaplanırken denklem 13'te sunulan formül kullanılmaktadır. Denklemde K<sub>2</sub>, ortanca (ikinci) küme merkezini, N ortamda bulunan nesne sayısını, A<sub>x</sub> (m<sup>00</sup>) x indisli nesnenin alanını ifade etmektedir.

$$K_2 = \frac{1}{N} \sum_{x=1}^N Alan_x \quad (13)$$

Diğer iki küme merkezi hesaplanırken ilk olarak en büyük (maksAlan) ve en küçük (minAlan) alan hesaplanmaktadır. K<sub>1</sub> ve K<sub>3</sub> küme merkezlerinin hesaplanmasını gösteren ifadeler, denklem 14 ve denklem 15'te sunulmaktadır. Nesneleri sınıflandırma aşamasında, ilgili nesnenin alanı ile her bir küme merkezi arasındaki mesafe hesaplanmaktadır. Nesneler kendilerine en yakın noktada bulunan küme merkezlerine yerleştirilerek sınıflandırılmaktadır.

$$K_1 = \frac{K_2 + 3 \times \min Alan}{4} \quad (14)$$

$$K_3 = \frac{K_2 + 3 \times \max Alan}{4} \quad (15)$$

2.3.2. K-means kümeleme yöntemi (K-means clustering method) K-means algoritması, N adet veri nesnesinin K adet kümeye bölünmesidir. K-means kümeleme, karesel hatayı en aza indirmek için N tane veriyi K adet kümeye bölümlenmeyi amaçlamaktadır [18, 24]. K-means algoritmasının temel amacı bölümlenme sonucunda elde edilen küme içindeki verilerin benzerliklerinin maksimum, kümeler arasındaki benzerliklerin ise minimum olmasıdır. K-means algoritmasının çalışma sürecini maddeler halinde sunulan 4 aşamada ifade edilmektedir.

1. İlk olarak, K adet küme için rastgele başlangıç küme merkezleri belirlenmektedir,
2. Her nesnenin seçilmiş olan küme merkez noktalarına olan uzaklığı hesaplanmaktadır. Küme merkez noktalarına olan uzaklıklarına göre tüm nesneler k adet kümeden en yakın olan kümeye yerleştirilmektedir,
3. Yeni oluşan kümelerin merkez noktaları, o kümedeki tüm nesnelerin ortalama değerlerinden elde edilmiş veriyi göre değiştirilmektedir,
4. Küme merkez noktaları sabit olmadığı sürece 2. ve 3. adımlar tekrarlanmaktadır



Kümeleme işlemi nesnelerin birbirleri ile olan benzerlik veya benzemezliklerine göre gerçekleştirilmektedir. Benzerlik ve benzemezlik ölçümlerinde en yaygın olarak kullanılan mesafe ölçüm yöntemleri Euclidean, Manhattan ve Minkowski yöntemleridir. Euclidean, Manhattan ve Minkowski mesafelerinin hesaplanması Denklem 16, 17 ve 18'de sırası ile gösterilmektedir [25]. Bu çalışmada nesneleri kümeleme işlemi aşamasında benzerliklerinden yararlanılmıştır. Nesnelerin küme merkezlerine uzaklıklarının hesaplanmasında ve kümeleme işleminin gerçekleştirilmesinde Denklem 16'da gösterilmekte olan Euclidean mesafe ölçümü kullanılmaktadır.

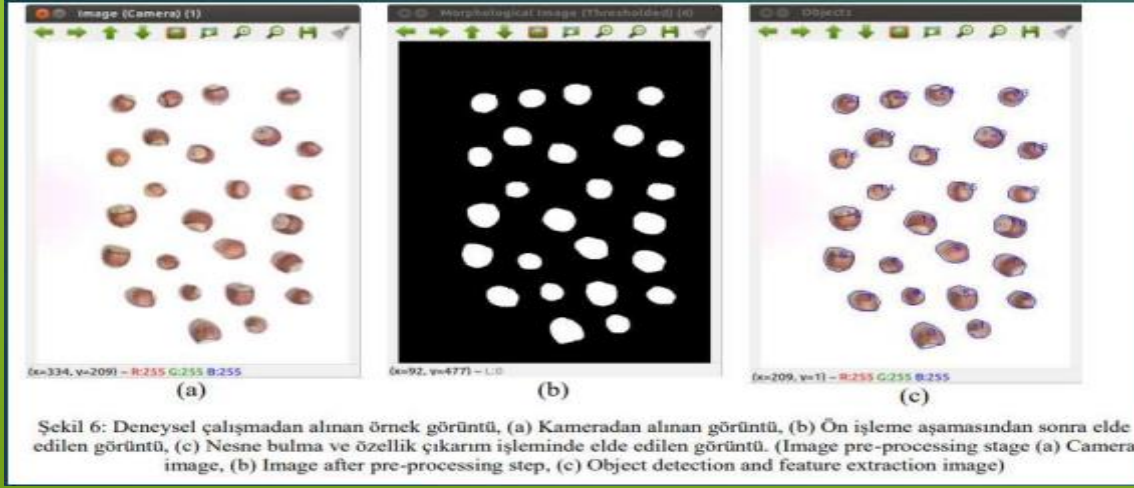
$$d(p,q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (16)$$

$$d(p,q) = |p_1 - q_1| + |p_2 - q_2| + \dots + |p_n - q_n| = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i| \quad (17)$$

$$d(p,q) = \sqrt{|p_1 - q_1|^p + |p_2 - q_2|^p + \dots + |p_n - q_n|^p} = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n |p_i - q_i|^p} \quad (18)$$

Görüntü ön işleme, nesne bulma ve özellik çıkartımı ile elde edilmiş olan nesnelerin, piksel olarak hesaplanmış olan alan verileri kullanılarak bilgi veritabanı oluşturulmaktadır. Bilgi veritabanında toplanmış olan veriler K-means kümeleme yöntemi kullanılarak 3 kümeye ayrılmakta ve bu kümelerin merkez noktaları belirlenmektedir. Çalışmaya yeni bir veri seti eklendiğinde gerçek zamanlı olarak, eklenen veri setindeki nesnelerin alanları piksel cinsinden hesaplanmaktadır. Hesaplanan nesne alanlarının, küme merkezlerine uzaklığı Euclidean yöntemi kullanılarak bulunmaktadır. Hesaplanan Euclidean uzaklıkları arasında en düşük olan değer hangi kümeye aitse, nesne o kümeye yerleştirilmektedir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY) Önerilen yöntem ile ortamda bulunan fındıkların tespit edilerek kümeleneşine yönelik deneysel çalışma yapılmaktadır. Çalışmada 1.3 Megapiksel CMOS, 640 x 480 çözünürlükteki Logitech C110 USB kamera kullanılarak görüntüler alınmaktadır. Alınan görüntüler, Ubuntu 12.04 işletim sistemine sahip bir bilgisayar üzerinde işlenmektedir. Görüntülerin işlenmesi ve sınıflandırılması aşamalarında OpenCV Kütüphanesi ve Weka yazılımları kullanılmaktadır. Şekil 6'da deneysel çalışmadan alınan örnek bir görüntü sunulmaktadır. Şekil 6 (a)'da kameradan alınan görüntüye ait ilgilenilen kısım sunulmaktadır. Kameradan alınan ham görüntüde, çalışma alanı dışında kalan dörtgenin bulunduğu alan kesilmiştir.



Bu işlemten sonra görüntü ön işleme aşamasına geçilmektedir. Görüntü ön işleme aşamasında, resim üzerinde filtreleme, grileştirme, eşikleşme ve morfolojik işlem uygulanmaktadır. Bu işlem basamakları sonucunda elde edilen görüntü Şekil 6 (b)'de sunulmaktadır. Bu görüntü nesne bulma ve özellik belirleme aşamasına girdi olarak verilmektedir. Ortamda bulunan ve ilgilenilen nesnelerin dış hatları belirlenmektedir. Çalışmada kullanılacak alan, çap, yarıçap ve merkez noktasına ait koordinatlar elde edilmektedir. Şekil 6 (c)'de ortamda bulunan nesnelerin dış hatları ve indis numaraları sunulmaktadır

Ortalama tabanlı ve K-means algoritmasına göre kümeleme işleminde, piksel cinsinden bulunan alan değerleri kullanılarak küme merkezleri elde edilmektedir. Küme merkezleri elde edilirken çalışma ortamına 150 adet fındık yerleştirilerek bilgi veritabanı oluşturulmaktadır. Ortalama tabanlı ve K-means algoritmaları kullanılarak elde edilen küme merkezleri tablo 1'de sunulmaktadır

Tablo 1. Küme merkezleri (Cluster Centers)			
Küme Merkezi	Küme Özelliği	Ortalama Tabanlı	K-means
K1	Küçük	388.510	462.560
K2	Orta	612.040	597.610
K3	Büyük	880.885	783.370

- Deneysel çalışmada, ortalama tabanlı yöntem kullanılarak 3 adet küçük, 12 adet orta ve 10 adet büyük sınıf fındık bulunmaktadır. K-means algoritması kullanılarak yapılan kümelemede 3 adet küçük, 10 adet orta, 12 adet büyük fındık tespit edilmektedir. Tablo 2'de örnek çalışmada elde edilen bazı veriler sunulmaktadır. Bulunan fındıkların indis numarası, piksel cinsinden görüntü düzleminde kaplamış oldukları alan, mm<sup>2</sup> cinsinden hesaplanan alan, ortalama tabanlı yöntem ve Kmeans algoritması kullanılarak hangi fındığın hangi kümeye girdiğini gösteren bilgiler sunulmaktadır. Sunulan örnek çalışmada, iki yöntem ile kümelemenin %92 oranda benzerlik gösterdiği gözlenmektedir. Tablo 3'te deneysel çalışma ortamına farklı sayıda fındıklar yerleştirilerek kümeleme işlemi gerçekleştirilmekte ve elde edilen sonuçlar özet halinde sunulmaktadır. Ortama yerleştirilen fındıkların görüntü işleme tekniği kullanılarak %100 oranında tespit edildiği gözlenmiştir. Kmeans ve ortalama tabanlı kümeleme yöntemleri kullanılarak yapılan sınıflama sonuçlarındaki benzeşen fındık sayısı ve iki yöntemin benzerlik oranları tablo 3'te sunulmaktadır. Örneğin, tablo 3'te yer alan durum 1 incelendiğinde, küme dağılımlarının %91 oranında benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Durum 4'te ortama yerleştirilen fındıkların tamamı iri tespit edilmiş ve benzerlik oranı %100 olarak bulunmuştur. Benzerlik oranlarının düşük olduğu durumlarda, uç noktalarda olan fındıklarda sınıflama kayması olduğu gözlenmektedir. Kmeans ve ortalama tabanlı kümeleme yöntemleri ile elde edilen sınıflama sonuçlarının birbirine benzerlik oranı %90 ile %100 arasında bulunmaktadır.

ÖRNEK ÇALIŞMADA ORTAMDA BULUNAN 25 ADET FINDIK ÖNERİLEN YÖNTEM KULLANILARAK %100 BAŞARIM ORANI İLE TESPİT EDİLMEKTEDİR. AYRICA, ÇALIŞMANIN YÖNTEM KISMINDA SUNULAN KÜMELEME METOTLARINA GÖRE FINDIKLAR AYRIŞTIRILMAKTADIR.

Tablo 3: Örnek deneysel çalışmalar (Experimental work examples)

Durumlar	Ortamdaki Fındık	Tespit Edilen Fındık	Ortalama Tabanlı			K-means			Benzeşen Fındık	Benzerlik Oranı (%)
			K1	K2	K3	K1	K2	K3		
Durum 1	33	33	6	17	10	6	14	13	30	90.91
Durum 2	23	23	6	17	0	8	15	0	21	91.30
Durum 3	10	10	8	2	0	9	1	0	9	90.00
Durum 4	25	25	0	0	25	0	0	25	25	100.00
Durum 5	46	46	12	20	14	14	17	15	43	93.48
Durum 6	52	52	14	30	8	16	27	9	49	94.23
Durum 7	53	53	12	41	0	15	38	0	50	94.34

Tablo 2. Örnek Çalışma Verileri ( Case study data)

İndis No	Alan (piksel)	Alan (mm <sup>2</sup> )	Ortalama Tabanlı	K-means Algoritması
0	1041	385.355	K3	K3
1	534	197.765	K2	K2
2	603	223.295	K2	K2
3	826	305.620	K3	K3
4	489	181.115	K1	K1
5	946	350.020	K3	K3
6	478	177.045	K1	K1
7	871	322.270	K3	K3
8	939	347.615	K3	K3
9	888	328.745	K3	K3
10	909	336.515	K3	K3
11	924	341.880	K3	K3
12	969	358.715	K3	K3
13	584	216.080	K2	K2
14	461	170.755	K1	K1
15	644	238.465	K2	K2
16	597	220.890	K2	K2
17	713	263.995	K2	K3
18	567	209.790	K2	K2
19	689	255.115	K2	K2
20	778	287.860	K3	K3
21	642	237.540	K2	K2
22	612	226.625	K2	K2
23	572	211.825	K2	K2
24	720	266.585	K2	K3



- 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS) Makalede, görüntü işleme teknikleri kullanılarak ortamda bulunan nesnelerin tespit ve sınıflandırılmasına yönelik çalışma sunulmaktadır. Çalışma ortamında bulunan nesnelerin tespit ve sınıflandırılması amacıyla üç aşamalı bir yöntem önerilmektedir. Önerilen yöntemin ilk aşaması olan görüntü ön işleme bölümünde kameradan alınan görüntü üzerinde filtreleme, grileştirme, ikili resme çevirme ve morfolojik işlemler uygulanmaktadır. Nesne tespiti ve özellik çıkarımı aşamasında ise, ortamda yer alan nesnelerin bulunması ve alan, boyut ve konum gibi özellik bilgileri elde edilmektedir. Sınıflandırma aşamasında, bilgi veritabanında bulunan veriler, ortalama tabanlı ve K-means algoritmaları kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Makalenin, deneysel çalışma bölümünde örnekleme işlemi için fındık meyvesi kullanılmaktadır. Çalışma ortamında bulunan fındık meyveleri gerçek zamanlı olarak %100 başarımla tespit edilmektedir. Ortalama tabanlı ve K-means kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvelerinin küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda, gerçekleştirilen iki algoritma ile sınıflandırmanın %90 ile %100 oranlarında benzerlik gösterdiği tespit edilmektedir. Önerilen yöntem, açık kaynak kodlu yazılımlarla gerçekleştirildiğinden lisans maliyeti bulunmamaktadır. Ayrıca, tek kart bilgisayar sistemleri üzerinde gerçekleştirilebilir olarak hazırlanmıştır. Sonuç olarak, gömülü sistem uygulamaları için uygun olup, yüksek performans ve düşük maliyetli olarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin deneysel çalışmasında farklı nesneler kullanılarak tespit ve sınıflandırma işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir