

Zeytin Tanelerinin Türünün Belirlenmesinde Görüntü İşleme ve Kümeleme Yöntemlerinin Kullanımı

The Use of Image Processing and Clustering Methods in Determining The Type of Olive Grains

Öz

Görüntü işleme yöntemleri, gelişen ve değişen teknolojilerle birlikte yenilikçi buluşlar üretmek isteyen birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Özellikle son yıllarda neredeyse her sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Görüntü işlemenin gıda ve tarım alanlarındaki uygulamaları bu sektörlerdendir ve çalışmalar yoğunluk kazanarak devam etmektedir. Bu çalışmada, tarımsal faaliyet kollarının en önemlilerinden olan zeytin meyvesinin tür tespitine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Çalışmanın başlangıcında türleri bilinen zeytin tanelerinin görüntüsü alınarak bilgisayar ortamına yüklenmiş ve istatistiksel programlama dili olan 'R' programında analizler yapılmıştır. Sisteme aktarılan görüntüyü analize uygun hale getirmek için gerekli görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntü içerisinde bulunan zeytin tanelerine ilişkin sayısal bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler zeytin tanelerinin boyut ve renk değişkenlerini oluşturan piksel cinsinden elde edilmiş sayısal verilerdir. Oluşturulan değişkenler yardımıyla zeytin taneleri K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca burada zeytin türüne ilişkin ön bilgi bulunduğundan analizler sonucunda ortaya çıkan kümelemenin türleri tespit etmedeki başarısı ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Bulanık C-Ortalamalar algoritması kullanılarak yapılan analiz sonucu ortaya çıkan kümeleme yapısının gerçekte türü bilinen zeytin tanelerine ait gruplara en yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Abstract

Image processing methods are preferred by many researchers who want to produce innovative inventions with the change and development of technology. Especially in recent years, image processing methods have been used in almost every sector. The applications of image processing in the food and agricultural sectors are in these sectors and the studies continue increasingly. In this study, an application has been made to determine the type of olive fruit, which is one of the most important branches of agricultural activity. At the beginning of the study, the image of olive grains of known type was uploaded to the computer memory and analyzes were performed in the 'R' program, which is a statistical programming language. Numerical information of the olive grains in the image was obtained using the appropriate image processing techniques to optimize the image transferred to the system for analysis. This information was the numerical data in pixels that make up the size and color variables of the olive grains. The olive grains were analyzed using the K-Mean method and the Fuzzy C-Means algorithm with the help of the generated variables. Furthermore, as there was a preliminary information about the olive type, the success of the clustering that emerged as a result of the analysis in determining the types was evaluated in detail. As a result of the study, the cluster structure resulting from the analysis using the Fuzzy C-Means algorithm gave the closest results to the groups belonging to the olive grains whose type was actually known.

Giriş

Türkiye, dünyanın önemli zeytin üreticileri arasında yer alır. Zeytin ağaçlarının yetişmesi için uygun iklim koşullarına sahip olan Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde zeytin üretimi, başlıca tarımsal faaliyet kollarından biri olarak öne çıkmaktadır. Ege Bölgesi, Türkiye'de bulunan toplam zeytin ağacı varlığının %67,7'si ile büyük bir zeytincilik potansiyeline sahiptir. Elde edilen ürünün; %19,5'i sofralık %80,5'i yağlık olarak değerlendirilmektedir. Bölgede

Senem Gönenç

Doktora Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
sanem_kaya17@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6990-1507>

Yüksel Öner

Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, yoner@omu.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0003-2433-3304>

Article Type / Makale Türü

Research Article / Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler

Görüntü İşleme, Kümeleme Analizi, R Programında Görüntü İşleme

Keywords

Image Processing, Cluster Analysis, Image Processing in R

JEL Codes: C30, C38, C88

Submitted: 22 / 03 / 2021

Accepted: 23 / 05 / 2021

yaygın olarak Ayvalık, Memecik, Domat, Uslu gibi zeytin türleri yetiştirilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda genellikle Marmara Bölgesi'nde bulunan siyah ve yeşil Gemlik türü de bölgede oldukça yaygın bir tür haline gelmiştir (Kıvrak, 2020).

Ege Bölgesi'nin kuzey kesiminde Dikili-Ayvalık arasında yaygın olarak bulunan Domat, Yeşil Ayvalık, Yeşil Gemlik ve Siyah Gemlik türlerinden belirli sayılarda numuneler alınarak çalışmada kullanılmıştır. Zeytin türlerinin tanımlanmasında, zeytin üretimi yapan ülkelerde yürütülen çalışmalara da esas teşkil eden Uluslararası Zeytin Konseyi (UZK) tarafından hazırlanan metodoloji kullanılmaktadır (Kaya, 2017). Bu metodolojide zeytin meyvesinin boyut ve renk özellikleri türleri tanımlama açısından önemli yer teşkil etmektedir. Zeytin grupları genel olarak renklerine ve büyüklüklerine göre sınıflandırılırlar. Bununla birlikte zeytinin üreticiden alım fiyatı, renk ve büyüklüğüne bağlı olarak fiyatının tespitinde görüntü işlemenin önemi daha da artmaktadır.

Bu çalışmada amaç, fotoğraf makinesi ile uygun bir şekilde fotoğrafı çekilen zeytin tanelerinin görüntü işleme yöntemleri kullanılarak boyut ve renk değişkenlerini oluşturmak ve ardından yapılan kümeleme analizleri sonucu tür tespiti yapmaktır. Elde edilen değişkenlere ait sayısal veriler kullanılarak K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması yardımı ile zeytin tanelerinin kümelerine dağılışı incelenmiştir. Ayrıca başlangıçtaki zeytin türlerine ilişkin ön bilgiden hareketle yöntemlerin başarıları ve birbirlerine karşı üstünlükleri de değerlendirilmiştir.

Son yıllarda tarımda makineleşmenin artmasıyla birlikte görüntü işleme yöntemlerinin bu alanda kullanımı artmış ve etkili tarımın yaygınlaşması açısından önemli katkılar yapmıştır. Görüntü işleme yöntemleri, özellikle tarımsal ürünlerin kalite sınıflandırması konusunda en çok başvurulan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ürünlerin çeşitli amaçlarla sınıflandırılmasını etkileyecek olan kriterler arasında renk ve boyut sınıflandırmaları öne çıkmaktadır. Literatür taramalarında, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak çeşitli tarımsal ürünlerin renk ve boyut özelliklerinin tespitinden hareketle yapılmış birçok çalışma olduğu görülmüştür.

Tonguç (2007), Isparta ilinde yetiştirilen elmaları ele alarak meyvelerin çeşitli görselleri üzerinde görüntü işleme yöntemleri yardımıyla algoritmalar oluşturmuştur. Böylece incelediği elmaların renk ve boyutları hakkında sayısal bilgiler elde ederek meyvelerin ayrımı konusunda bir çalışma ortaya koymuştur. Kılıç vd. (2007), seçtikleri fasulye tanelerine ait görüntülere, görüntü işleme yöntemleri uygulamış ve temel aldıkları boyut ve renk özelliklerine ait bilgileri elde ederek bir kalite kontrol çalışması geliştirilmişlerdir. Çalışmada ortaya çıkan sonuçlar, önceden bilinen gerçek ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve yüksek benzerlikler elde edilmiştir. Ayrıca fasulye örneklerinin renk özelliklerine ait ölçümler için yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, kullanılan yöntemlerin sınıflama başarılarına ait sonuçlar verilmiştir. Sert (2010), elma ve şeftali meyvelerinin kendilerine özgü farklı kriterlerini kullanarak görüntü işleme yöntemlerinin de yardımıyla sınıflandırılmasına ilişkin bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda geliştirilen yöntemin, elle yapılan yavaş ve zahmetli sınıflandırma işlemine göre daha hızlı, kaliteli ve kolay bir alternatif olabileceği belirtilmiştir. Karhan vd. (2011), kayısı meyvesi için kalite belirleme ve sınıflandırma çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada, kayısı meyvelerinde yaprak delen hastalığı sonucu meydana gelen lekelerin tespit edilmesine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Sabancı vd. (2012), farklı büyüklüklerdeki patateslerin resimlerini alarak görüntü işleme yöntemleri ve yapay sinir ağları yardımı ile boyutsal olarak sınıflandırma işlemi yapmışlardır. Ayrıca çalışmada, görüntü işleme yöntemleri ve yapay sinir ağlarının patatesleri sınıflandırma konusundaki başarıları incelenmiştir. Sofu vd. (2013), elma meyvesinin görüntü işleme yöntemleri kullanılarak sınıflandırılması ve elmaların üzerinde bulunan lekelerin tespiti konusunda bir çalışma yürütmüşlerdir. Kuncan vd. (2013), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak zeytin tanelerinin tespiti ve renk ayırımına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, bu amaç doğrultusunda 3 farklı yöntem ileri sürülmüş ve bu yöntemlerin başarıları irdelenerek çeşitli çıkarımlarda bulunulmuştur. Bul vd. (2015), fasulye tanelerini kullanarak bir sınıflandırma çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada fasulye taneleri ayrı ayrı fotoğraflanarak elde edilen görüntüler, bilgisayar ortamına aktarılmış ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, fasulye tanelerinin boyut tespiti yapılmış ve yapay sinir ağları kullanılarak fasulyelerin kalite sınıflandırması yapılmıştır. Balcı vd. (2016), Napolyon kirazlarının görüntü işleme yöntemleri yardımı ile boyutlarını belirleyerek ürünlerin kalite sınıflandırmasına yönelik bir çalışma

yapmışlardır. Sonuç olarak bu çalışmada, ortaya çıkan sınıflandırma sayesinde üreticinin kirazlar için doğru fiyatlandırma yaparak ürünlerini hak ettiği ücrete satabileceğinden bahsedilmiştir. Kiraz (2016), yapmış olduğu çalışmada zeytin tanelerinin hareketli bant üzerindeki görüntülerini kamera yardımıyla alıp bilgisayar sistemine işleyerek görüntüler üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleri kullanmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, zeytin tanelerinin ayıklanarak renklerine göre ayrılması işlemi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, uygulamanın zeytin tanelerini renklerine göre sınıflandırma işleminde başarılı olduğu görülmüştür. Solak ve Altınışık (2018), görüntü işleme yöntemlerini kullanarak fındık meyvelerinin tespitine dönük bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada fındıkları ortalama tabanlı ve k-ortalama kümeleme yöntemleri kullanarak sınıflandırmaya çalışmışlardır. Bununla birlikte çalışma sonucunda, uygulamada kullanılan yöntemlerin sınıflandırmadaki başarıları değerlendirilmiştir.

1. Materyal ve Metot

Görüntüleme işlemi için 15.1 megapiksel çözünürlüklü, 3 inç LCD ekran (920 bin piksel), 9 noktalı netlik sistemi ve 22.3×14.9 mm APS-C CMOS görüntü sensörüne sahip Canon EOS 500D fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Fotoğraf çekimi normal ışık alan bir odada yapılmıştır. Görüntüde mümkün olduğu kadar az gölgeleme ve parlama olması için kameranın objektifi ile zeytin taneleri arasında belirli bir uzaklık korunmuş ve doğru açı ile çekim yapılmaya çalışılmıştır. Elde edilen görüntü dosyası jpg formatında ve 4752x3168 çözünürlüğündedir.

1.1. Görüntü İşleme

Herhangi bir görüntü elde etme aracı kullanılarak alınmış bir fotoğrafın bilgisayar ortamında görüntülenip sayısallaştırılarak üzerinde araştırmacının amacına uygun olarak çeşitli tekniklerle yaptığı işlemlerin bütünü olarak adlandırılabilir. Bu işlemler, görüntünün özelliklerini değiştiren bölme, birleştirme, döndürme, efekt, parlaklık, kontrast ya da netlik ayarları olabileceği gibi; görüntüde bulunan bir bozukluğu giderme, gereksiz nesnelere kurtulma veya ortaya çıkarılmak istenen nesnelere belirginleştirme şeklinde de olabilir. Görüntü işleme, bu işlemler dışında görüntüden anlamlı veriler elde etmek ve görüntüde bulunan nesnelere ilişkin farklı bilgiler toplamak amacıyla başvurulan en etkin yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dijital ortama aktarılmış olan bir görüntü, piksellerin meydana getirdiği satır ve sütundan oluşan 2 boyutlu bir matristir ve kendisini meydana getiren piksellerin renk değerleri aracılığı ile temsil edilir. Piksellerin renk değerleri, görüntünün türüne göre farklı aralıklarda farklı sayısal değerler alırlar. Görüntü işlemede 3 tip görüntü türünden bahsetmek mümkündür. Bunlar; renkli görüntü, gri tonlu görüntü ve ikili (binary) görüntüdür. Renkli görüntülerde her bir piksel değeri, Kırmızı, Yeşil, Mavi (Red, Green, Blue) renklerine karşılık gelen '0-255' arasında sayısal bir değer alır. Siyah, beyaz ve gri tonlardan oluşan, gri tonlu görüntülerde piksel değerleri '0-1' aralığındadır. Sadece siyah-beyaz renklerden oluşan, ikili (binary) görüntülerde ise piksel değerleri '1' veya '0' değerindedir. Görüntü kaynaktan çoğunlukla renkli olarak elde edilir. Görüntü işleme uygulamalarında algoritmalar genellikle renkli görüntüler üzerinde çalışmaz bu nedenle görüntüleri ikili görüntüye dönüştürerek kullanmak gerekir.

1.1.1. Görüntü Eşikleme

Eşikleme, görüntüden bilgi çıkarımı konusunda en çok başvurulan yöntem ve en temel yaklaşımlardan biridir. Bir görüntü içerisindeki nesnelere arka plandan ayırmak için kullanılır. Eşikleme işlemi, gri formata dönüştürülmüş bir görüntünün ikili görüntü haline dönüştürülmesi olarak ifade edilebilir. Burada ilk olarak araştırmacı tarafından uygun bir eşik değeri belirlenir. Eşik değeri belirlendikten sonra gri formata dönüştürülmüş görüntüdeki her bir piksel, bir nesne gibi düşünülerek bu eşik değeriyle kıyaslanması yapılır. Kıyaslama sonucunda verilen eşik değeriye büyük olan piksel değeri beyaz yani nesne olarak değerlendirilirken, büyük olmaması durumunda ise siyah yani arka plan olarak ifade edilir.

1.1.2. Morfolojik İşlemler

Matematiksel morfoloji, görüntünün şekilsel yapısına dayanan bir metot olup kümeler teorisi üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır (Serra, 1982). Morfolojik işlemlerin temelini genişletme ve aşındırma adında iki morfolojik işlem oluşturmakta olup bilinen diğer tüm yöntemler bu iki işlemin

farklı kombinasyonları olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak görüntü üzerinde bu işlemlerin uygulanabilmesi için görüntü önce ikili formata çevrilmelidir.

Genişletme, ikili formata dönüştürülmüş görüntüdeki nesnelerin boyut olarak büyümesini ya da dış hatlarının kalınlaşmasını sağlayan morfolojik işlemidir. Genişletme işlemi ile görüntü içerisindeki deliklerin kapanması, var olan küçük boşlukların doldurulması beklenir.

Aşındırma işlemi ise genişletme işleminin aksine görüntüde bulunan nesnelerin boyut olarak küçülmesini ya da dış hatlarının incelmelerini sağlayan bir morfolojik işlemidir. Böylelikle aşındırma işlemi ile görüntüdeki nesnelerin sınırları küçülür, var olan delikler büyür ve bitişik durumda bulunan nesneler birbirinden ayrılmış olur.

Bir görüntüye genişletme veya aşındırma işlemlerinden herhangi biri tek başına uygulandığı zaman görüntüde aşırı bozulmalar meydana gelmektedir. Ancak bu işlemlerin farklı kombinasyonları olan açma veya kapama işlemleri uygulandığında, görüntüdeki bozulma sorunları ortadan kaldırılabilmektedir. Açma işlemi, bir görüntüye genişletme işlemi uygulandıktan hemen sonra çıkan görüntüye aşındırma işlemi uygulanması sonucu elde edilir. Bu işlemde, birbirlerine yakın halde bulunan nesneler görüntüde fazla değişim yapılmadan ayrılmış olurlar. Kapama işlemi ise görüntüye önce aşındırma hemen ardından genişletme işlemlerinin ardışık olarak uygulanmasıyla meydana gelmektedir. Böylece kapama işleminde, birbirine yakın olan nesneler görüntüde fazla değişiklik yaratmadan birleşmiş olurlar (Atalı vd., 2016).

1.1.3. Nesne Tanıma ve Özellik Çıkarımı (Alan Bulma)

Görüntü işlemede, görüntü içerisinde bulunan nesnelerin belirlendikten sonra bu nesnelere ait konum, boyut ve alan gibi özelliklerin bulunması için moment alma yöntemi kullanılmaktadır. Öncelikle ikili görüntüde bulunan nesnelerin uygun morfolojik işlemler sonrası tam olarak dış hatlarının çizdirilerek numaralandırılması gerekir. Daha sonra numaralandırılmış olan her bir nesnenin alanını bulmak için moment alma işlemi gerçekleştirilir. Alan hesaplaması için Eşitlik (1)'de verilen denklem kullanılmaktadır. Bu denklemde bulunan $G(x, y)$ momenti alınacak ikili görüntüyü, p ve q momentin derecesini, x ve y değerleri ise görüntüyü oluşturan matristeki satır ve sütunları belirtmektedir (Solak, 2016).

$$m_{pq} = \int_x \int_y x^p y^q G(x, y) dx dy \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de verilen denklemde p ve q değerleri '0' olması durumunda, m_{00} değeri yani 0. dereceden momenti hesaplanmakta ve bu denklem görüntüde bulunan her bir nesnenin piksel cinsinden alanını vermektedir. Eşitlik (2)'de 0. dereceden momenti hesaplayan denklem verilmiştir (Solak, 2016).

$$p = 0 \text{ ve } q = 0 \rightarrow m_{00} = \int_x \int_y G(x, y) dx dy \quad (2)$$

1.2. Analizde Kullanılacak Olan Kümeleme Yöntemleri

Kümeleme analizini genel olarak, gözlemlerin kümelerine olan üyelik durumlarına göre katı ve yumuşak olmak üzere 2 farklı şekilde incelemek mümkündür. Katı kümelemede kümeye üyelik kaydı birimin ya da gözlemin kümeye üye olup olmaması durumuna göre değerlendirilir (Rousseeuw, 1987). Yumuşak kümelemede ise gözlemlerin 0 ile 1 arasında değişen bir üyelik derecesi ile bir veya birden fazla kümeye üye olma durumu söz konusudur.

1.2.1. K-ortalama Yöntemi

K-Ortalama yönteminin atama mekanizması her bir gözlemin sadece bir kümeye ait olmasına izin verir (Evans, 2005). Bu yöntem aslında her bir gözlemin en yakın merkezli kümeye atanması mantığı üzerine kurulu olan bir süreçtir. Bu algorithmada, küme sayısı önceden belirlenerek işleme başlanır. Adımlar aşağıdaki gibidir.

- i. İlk olarak c adet kümeye ait küme merkezleri belirlenir.
- ii. Her bir gözlem ona en yakın küme merkezine sahip olan kümeye atanır.
- iii. Kümelere dahil olan gözlemler sonrası küme merkezleri yeniden hesaplanarak güncellenir. Bu güncelleme sonrasında her gözlem için bulunduğu küme merkezinden daha yakın merkezli bir küme var ise o gözlem en yakın merkezli olan kümeye atanır.
- iv. Kümeler arasındaki tüm atamalar bitene kadar bir önceki adım tekrar edilir (Aggarwal ve Reddy, 2014).

Bu yöntemde amaç, küme içi benzerliklerin en yüksek, kümeler arası benzerliklerin ise en az olduğu küme yapılarını ortaya çıkarmaktır.

1.2.2. Bulanık Kümeleme Analizi

Bu yaklaşımda, kümelerin birbirinden ayrılığı tam ve net olarak gerçekleşmiyorsa ya da bazı gözlemlerin hangi kümeye üyelik kaydı olduğuyla ilgili kararsız bir yapı varsa, uygun bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulanık kümeler gözlemin kümeye üyeliği olarak 0 ile 1 arasında tanımlanmış her bir gözlemi belirleyen fonksiyonlardır. Birbiriyle çok benzer olup yüksek üyelik derecesine sahip gözlemler aynı küme içerisinde bulunurlar (Erilli, 2009).

Bulanık kümeleme, her bir gözlemin yalnızca tek bir kümeye atanma zorunluluğunu esneterek, belirli üyelik dereceleriyle diğer kümelere olan üyelikleri ile ilgili bilgiler verir. Ayrıca bu üyelik dereceleri gözlemler ve kümeler arasında var olan başka karmaşık ilişkilerin de ortaya çıkmasına yardımcı olur (Mansoori, 2011).

1.2.2.1. Bulanık C-Ortalamlar Algoritması

Bulanık C-Ortalamlar algoritması, 'p' boyutlu bir veri setini, belirlenen 'c' sayıdaki küresel noktalar kümelerine ayırır. Her bir küme, küme merkezi olan prototipler tarafından temsil edilir. Gözlemler ve küme merkezleri arasındaki uzaklığın hesaplanmasında Öklid uzaklık ölçüsü kullanılır (Höppner vd., 1999). Burada algoritma, en küçük kareler yönteminin genellemesi olan ve

$$J(u, v) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^c u_{jk}^m \|x_{ji} - v_{jk}\|^2 \quad (3)$$

şeklinde verilen amaç fonksiyonunu minimize etmeye çalışır. Burada küme merkezi (prototip) vektörü;

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_c] \quad (4)$$

iken, küme merkezleri ve gözlemler arasındaki Öklid uzaklığı ise;

$$d_{ik} = d(x_i, v_k) = \left[\sum_{t=1}^p (x_{it} - v_{kt})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlik (3)'te verilen denklemde bulunan 'm' bulanıklığı ağırlıklandırma derecesi olup, $1 \leq m < \infty$ 'dir. Bulanık kümelemede her bir gözlemin tüm kümelere olan üyelik katsayıları toplamı daima '1' olacak şekilde pozitifdir.

Algoritma, rastgele bir U üyelik matrisi atanarak başlatılır. Daha sonra merkez vektörleri hesaplanır. Merkezler Eşitlik (6)'da verilen denklem yardımı ile bulunur (Yang, 1993).

$$v_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^n u_{jk}^m x_{ik}}{\sum_{j=1}^n u_{jk}^m}; 1 \leq i \leq c. \quad (6)$$

Hesaplanmış olan küme merkezlerine göre Eşitlik (7)'de verilen denklem kullanılarak U matrisi yeniden hesaplanır. Eski U matrisi ile yeni U matrisi karşılaştırılır. İşlemler bu karşılaştırma sonucunda bulunan farkın bilinen ya da verilen bir işlem sonlandırma kriteri olan ϵ 'dan küçük olduğu duruma kadar devam ettirilir (Moertini, 2002).

$$u_{ik} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ji}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right]^{-1} \quad (7)$$

Bulanık C-Ortalamlar algoritması, başlangıçta rastgele olarak atanan değerlere bağlı olarak değişen ve bu değerlere göre güncelleme yapan iteratif bir süreçtir. Bu algoritmanın en önemli özelliği, oluşan kümelerle birlikte ortaya çıkan üyelik matrisinin varlığıdır. Bu matris, kümeleme sonucu oluşan bazı belirsiz durumları daha anlaşılır hale getirir. Bulanık C-Ortalamlar algoritmasında gözlemlerin hangi kümeye atanacağına üyelik derecelerine bakılarak karar verilir. Her bir gözlem üyelik derecesi büyük olan kümeye ait olmakla birlikte diğer kümelere de farklı üyelikleri söz konusudur.

Yaygın olarak kullanılan kümeleme yöntemlerinden olan K-Ortalama, katı kümeleme (hard clustering) olarak bilinmektedir. Çünkü bu kümeleme yönteminde, her bir gözlemin tek bir kümeye ait olma zorunluluğu vardır. Bulanık C-Ortalamlar algoritması ise yumuşak kümeleme (soft clustering) olarak kabul edilir ve katı kümeleme olan K-Ortalama yönteminin geliştirilmiş hali olarak anılır (Yavuz ve Köse, 2012).

K-Ortalama yönteminin avantajı, yüksek kapsama hızı ve düşük miktarda saklama kapasitesiyle çalışmasıdır. Bununla birlikte birçok dezavantajı mevcuttur. Örneğin, üyelik katsayılarının sadece '0' veya '1' olması, gözlem ve küme arasında var olan ilişkinin durumunu

yeterli derecede yansıtamaz (Berkhin, 2006). Bulanık C-Ortalama algoritmasının avantajı ise kümeleme sonuçlarının veri seti hakkında K-Ortalama yöntemine göre daha detaylı bilgi vermesidir. Diğer taraftan dezavantajları da vardır. Örneğin, çok sayıda gözlem alındığı ya da küme olduğu durumlarda çok fazla çıktı olacağından, sonuçları özetlemek ve bilgiyi düzenlemek zor olacaktır (Şahinli, 1999).

2. Bulgular

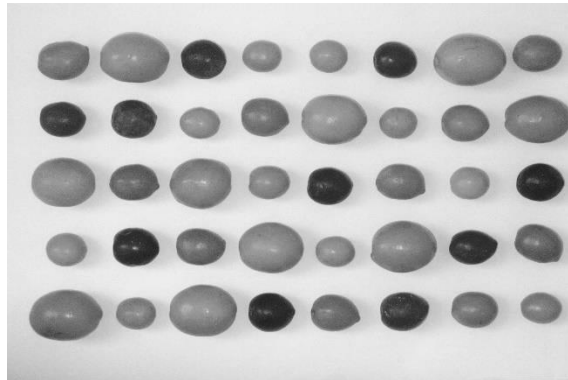
Bu çalışmada kullanılacak olan zeytin numuneleri, Ege Bölgesi'nin Dikili-Ayvalık arasındaki Kıratlı Köyü mevkiinde bulunan zeytin ağaçlarından temin edilmiştir. Çalışma için numune seçiminin yapıldığı tarih zeytin hasadının ilk zamanları yani meyvenin tam olgunluğa ulaşma döneminin başıdır. Zeytin çeşidi olarak 4 farklı tür belirlenmiştir. Bunlar; Domat, yeşil Ayvalık, yeşil Gemlik ve siyah Gemlik'tir. Her türden 10'ar adet toplamda 40 tane zeytin tanesi alınarak uygun koşullarda fotoğraflama işlemi yapılmıştır. Elde edilen görüntü üzerinde uygulanan çeşitli görüntü işleme yöntemleri sonrası zeytin tanelerinin görüntüde piksel cinsinden kapladıkları alanlar baz alınarak oluşturulmuş iki değişken halinde karşımıza çıkan boyut ve renk verileri oluşturulmuştur. Veri elde etme aşamasının ardından çalışmanın analiz kısmında yapılan kümeleme analizleri sonucu nasıl bir kümeleme yapısı oluşacağı ve tanelerin kümelere hangi şekillerde dağılacağı incelenmiştir. Bununla birlikte zeytin türleri çalışmanın başında bilindiğinden ortaya çıkacak olan kümelemenin çeşitleri tespit etmedeki başarısı da ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir.

İlk olarak zeytin tanelerine ait numunelerin bulunduğu fotoğraf sisteme aktarılmıştır. Orijinal görüntü Şekil 1'de görülmektedir.

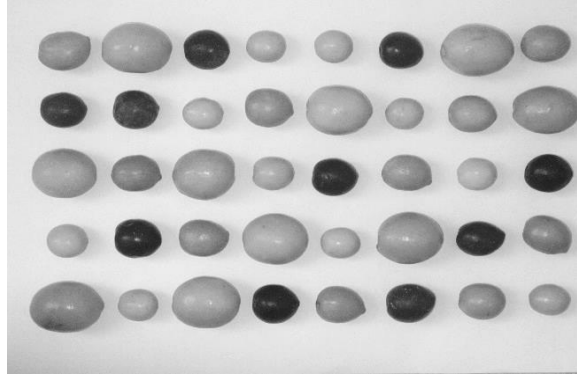


Şekil 1. Orijinal Görüntü

Aktarma işleminden sonra R programında görüntü işleme ve kümeleme analizi yapabilmek için gerekli olan paketler yüklenmiştir. Fotoğrafın sistemde okutulmasının ardından görüntü, boyut değişkeni için önce gri tonlu görüntü formatına, renk değişkeni için ise yeşil tonlu (green) formata çevrilmiştir. Değişkenlere göre görüntüyü farklı formatlarda çalıştırarak üzerinde işlemler yapılmasının boyut ve renk tespiti açısından daha doğru sonuçlar vereceği ve kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür. Orijinal görüntünün gri ve yeşil formata çevrilmiş hali Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.

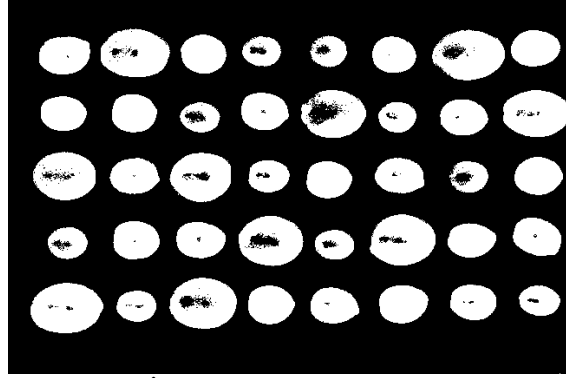


Şekil 2. Gri Tonlu Formata Dönüştürülmüş Görüntü

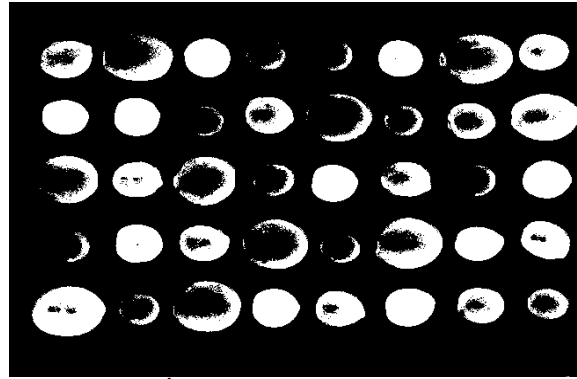


Şekil 3. Yeşil Tonlu Formata Dönüştürmüş Görüntü

Bu adımdan sonra ters çevirme işlemi yapılmış ve görüntülerdeki ışığın yoğunluğuna göre parlaklık durumları incelenmiştir. Görüntü üzerinde daha fazla işlem yapmamıza olanak sağlaması açısından görüntüler uygun eşik değerler kullanılarak ikili formata dönüştürülmüştür. Ters çevirme ve eşikleme işlemleri sonrası görüntülerin durumları Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Gri-İkili Formata Dönüştürmüş Görüntü

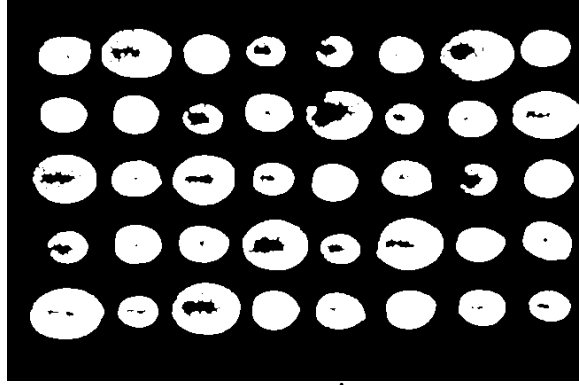


Şekil 5. Yeşil-İkili Formata Dönüştürmüş Görüntü

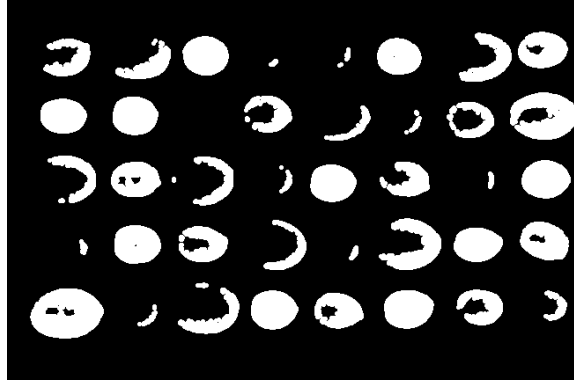
Uygun eşik değerini seçilerek görüntünün ikili formata çevrilmesi tanelerin boyut ve renk tespitinde asıl önemli olan işlemdir. Çünkü boyut değişkeni için bütün zeytin tanelerinin net bir şekilde ikili görüntüde yer alması önemli iken renk değişkeninde farklı renklere sahip olan zeytin tanelerinin diğer tanelerden farklı davranması yani net olarak ortaya çıkıp çıkmamasına bakılmaksızın farklı büyüklüklerde olmaları beklenmektedir. Bu şekilde renk değişkeni için ışığın yoğunluğu ve çalışılan yeşil tonlu formattan hareketle siyah zeytinlerin uygun eşik değeri altında daha net bir biçimde ortaya çıkması sağlanırken yeşil zeytinlerin net olmayan az piksellere sahip şekillerle temsil edilmesi amaçlanmıştır. Amaca uygun eşik değeri belirleyip görüntülere söz konusu işlemin uygulanmasının ardından zeytin taneleri ile arka plan tam olarak birbirinden ayrılarak siyah-beyaz hale dönüşmüştür.

Eşikleme işleminin ardından görüntülere morfolojik işlemler uygulanmıştır. Böylece eşikleme yöntemi sonrası amaca uygun olarak ayırt edilmek istenen detayların piksel büyüklükleri ile ilgili

değişiklikler yapılabilir. Boyut değişkeni için ikili görüntüye önce genişletme daha sonra aşındırma işlemi yapılmıştır. Dolayısıyla görüntüye kapama işlemi uygulanmıştır. Çünkü ikili görüntü incelendiğinde, görüntüdeki zeytin tanelerinin ana hatlarının daha da dolgunlaştırılması ve belirginleştirilmesi gerektiği görülmektedir. Renk değişkeninde ise boyut değişkeni için yapılan kapama işleminin aksine ikili görüntüye önce aşındırma sonra genişletme işlemi uygulanarak açma işlemi yapılmıştır. Çünkü renk değişkeni için görüntüdeki zeytin tanelerinin ana hatlarından ve net olarak kapladığı alanlardan daha çok renklerine göre uygun eşik değeri altında eşiklenmesi sonucu nasıl davrandıkları önemli olduğundan açma işleminin daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Gerekli morfolojik işlemlerden sonra oluşan yeni görüntüler Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.

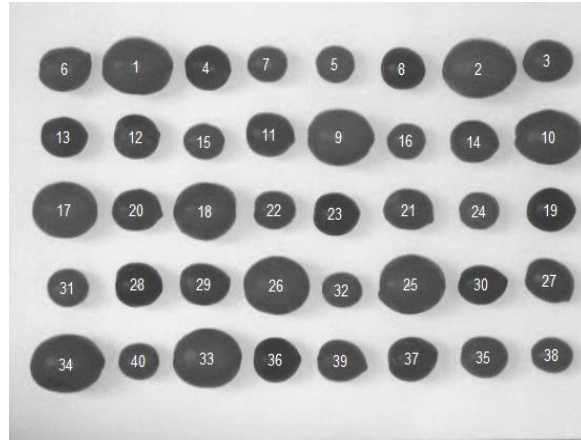


Şekil 6. Gri Format Morfolojik İşlemler Sonrası Görüntü



Şekil 7. Yeşil Format Morfolojik İşlemler Sonrası Görüntü

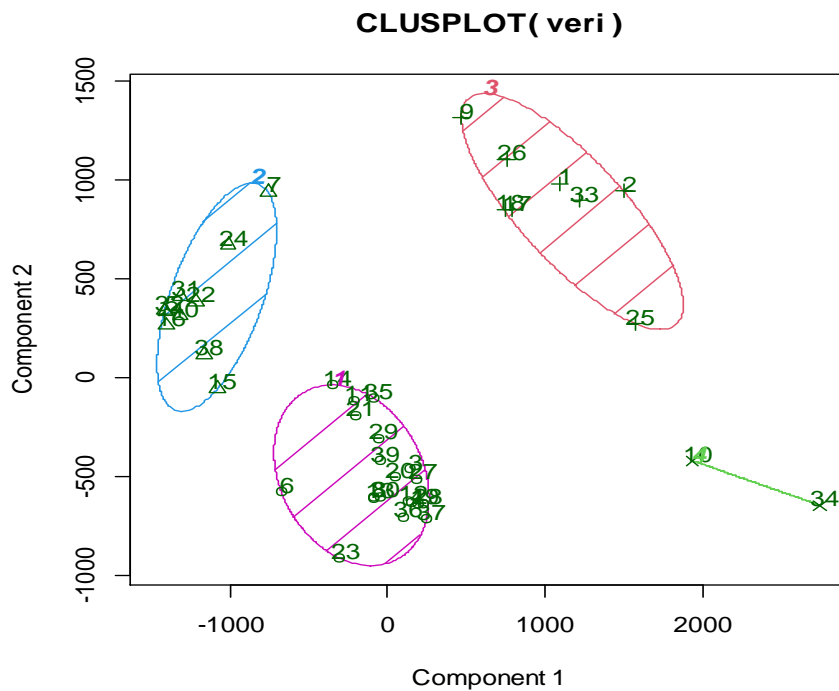
İkili görüntülere morfolojik işlemlerin uygulanmasının ardından zeytin tanelerini numaralandırarak alanlarının bulunması adımına geçilebilir. Alan bulma işlemine geçmeden önce zeytin taneleri numaralandırılmalıdır. Çünkü hangi alanın hangi numaralı zeytine ait olduğu hala bilinmemektedir. Bu karışıklığı gidermek için görüntü üzerine zeytin tanelerine ait numaralar yazdırılmıştır. Böylece sonuçlar daha net bir şekilde ortaya çıkacaktır. Numaralandırma işleminden sonra alan bulma adımına geçilmiştir. Numaralandırılmış zeytin tanelerine ait görüntü Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Numaralandırılmış Görüntü

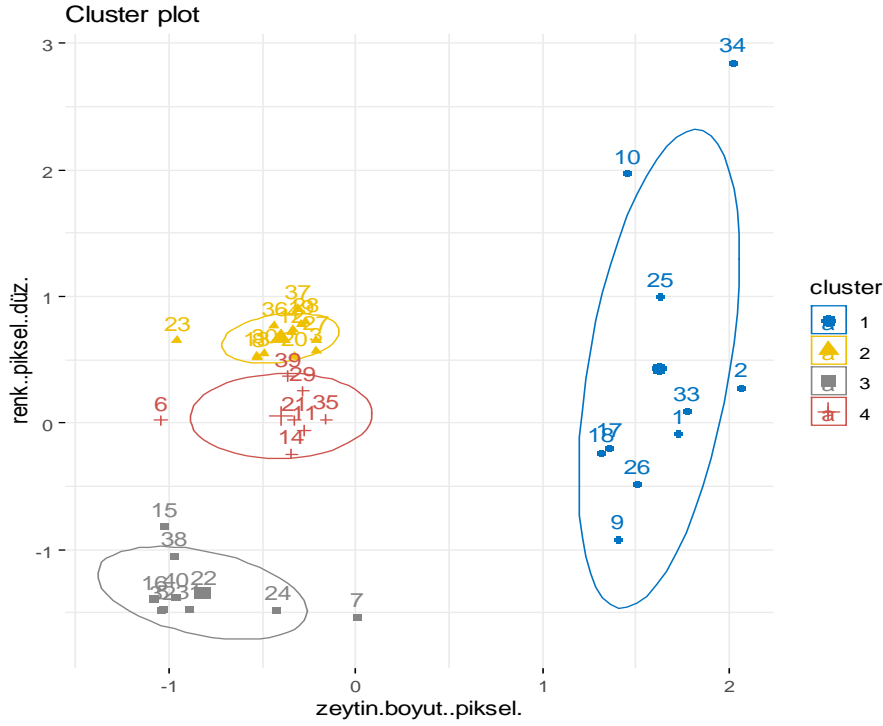
Dijital görüntüye uygulanan çeşitli görüntü işleme yöntemleri sonrası zeytin tanelerinin görüntüde piksel cinsinden kapladıkları alanlar baz alınarak oluşturulmuş iki değişken halinde karşımıza çıkan veriler elde edilmiştir. Çalışmanın başında zeytin çeşitleri hakkında ön bilgi mevcuttur. Elde edilen veriler ve zeytin çeşitlerine ait bilgiler aşağıdaki Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Ek 1’deki veri tablosu incelendiğinde 15 numaralı Ayvalık türü zeytin tanesinin kayıp veri durumunda olduğu görülmektedir. Bu zeytin tanesi renk tespiti çalışması sırasında görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı aşamada yapılan eşikleme sonucu görüntüde yok olmuştur. Bu yok oluşun nedeni olarak, görüntüde küçük bir alan kaplayan Ayvalık türünde daha açık renkte bir zeytin tanesi olması söylenebilir. Analizlerin yapılmasını mümkün kılmak ve kümeleme yapısını bozmaması açısından kayıp verinin yerine enterpolasyon yöntemi tercih edilmiştir.

Boyut ve renk değişkenlerine ilişkin sayısal veriler elde edildikten sonra K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalamalar algoritması yardımı ile yapılan analiz sonuçlarına ait grafikler Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir. Bununla birlikte söz konusu yöntemlere göre yapılan analizler sonucu oluşan kümelerde hangi zeytin tanelerinin bulunduğuna yönelik bilgiler ise Tablo 1 ve Tablo 2’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Ayrıca Bulanık C-Ortalamalar algoritması ile yapılan analiz sonucu oluşan kümelerdeki zeytin tanelerinin buldukları küme ve diğer kümelere olan üyelik dereceleri Ek 3’te verilmiştir.



These two components explain 100 % of the point variability.

Şekil 9. K-Ortalama Yöntemi ile Yapılan Analiz Sonucu Oluşan Kümeler



Şekil 10. Bulanık C-Ortalamalar Algoritması ile Yapılan Analiz Sonucu Oluşan Kümeler

Tablo 1. K-Ortalama ile Yapılan Analiz Sonucu Oluşan Kümelerde Bulunan Zeytin Taneleri

Oluşan Kümeler	Birimler (Taneler)
1.küme	3,4,6,8,11,12,13,14,19,20,21,23,27,28,29,30,35,36,37,39
2.küme	5,7,15,16,22,24,31,32,38,40
3.küme	1,2,9,17,18,25,26,33
4.küme	10,34

Tablo 2. Bulanık C-Ortalamalar ile Yapılan Analiz Sonucu Oluşan Kümelerde Bulunan Zeytin Taneleri

Oluşan Kümeler	Birimler (Taneler)
1.küme	1,2,9,10,17,18,25,26,33,34
2.küme	3,4,8,12,13,19,20,23,27,28,30,36,37
3.küme	5,7,15,16,22,24,31,32,38,40
4.küme	6,11,14,21,29,35,39

Sonuç ve Değerlendirme

Başlangıçta sadece 40 adet zeytin tanesinin bulunduğu bir fotoğrafla yola çıkılmış ve bu fotoğrafın çeşitli görüntü işleme yöntemleri ile işlenmesi sonucu söz konusu bu dijital görüntüden veri üretilmesi sağlanmıştır. Veri üretme süreci bu çalışmanın bel kemiğini oluşturmaktadır. Elde edilen veri, boyut ve renk şeklinde iki değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı dijital görüntü üzerinde farklı görüntü işleme yöntemleri ve bu yöntemlere ait farklı adımlar uygulanarak görüntüde yer alan zeytin tanelerini temsil eden piksel değerlerinden hareketle bu değişkenler oluşturulmuştur. Temelde dijital görüntüyü amaca uygun olarak değişik renk kanallarında çalıştırıp farklı eşik değerlerle eşiklemek bu değişkenlerin ortaya çıkmasındaki en önemli unsurdur. Bundan sonra görüntüye uygulanacak olan morfolojik işlemlere ilişkin adımlar zeytin tanelerinin net olarak ortaya çıkmasını sağlayacak ve piksel cinsinden kapladıkları alanların bulunmasına yardımcı olacaktır. Burada ilk değişken olan zeytin tanelerinin piksel cinsinden görüntüde kapladığı alan yani boyut değişkenini oluştururken amaç, zeytin tanelerinin net bir biçimde program tarafından

çizilmesidir. Ancak renk değişkeninde bu amaç, tanelerin net olarak tespiti değil farklı renkteki zeytinlerin farklı piksel değerleriyle temsil edilmesidir.

Bu çalışmada kümeleme analizi yöntemleri arasından tercih edilen K-Ortalama yöntemi ve Bulanık C-Ortalama algoritması kullanılarak elde edilmiş analiz sonuçları ayrı ayrı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme sonunda K-Ortalama yöntemi, farklı kümelerde olması gereken siyah ve yeşil Gemlik türlerine ait zeytin tanelerini aynı küme içerisine alarak kümelemiştir. Bu sebeple K-Ortalama yönteminin renk ayrımı konusunda başarısız kaldığı görülmüştür. Bununla birlikte Domat zeytin türündeki iri tanelerin etkisinde kalarak kümeleri belirlemiş ve bu iri taneleri aynı kümede olması gereken diğer orta irilikteki tanelerden ayırarak iki ayrı küme olarak göstermiştir. Bulanık C-Ortalama algoritması ile yapılan analiz sonucunda ise sadece siyah ve yeşil Gemlik türlerindeki üç zeytin tanesinin kümelere dağılımında bir sorun gözükmemektedir. Genel olarak Bulanık C-Ortalama algoritması, zeytin tanelerinin çeşidine ilişkin önbilgi dahilindeki gruplara en yakın sonuçlar vererek K-Ortalama yöntemine göre daha yüksek bir performans sergilemiştir.

Kaynakça

- Aggarwal, C.C., Reddy, C. K. (2014). *Data Clustering Algorithms and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Atalı, G., Özkan, S. S., & Karayel, D. (2016). Morfolojik Görüntü İşleme Tekniği ile Yapay Sinir Ağlarında Görüntü Tahribat Analizi. *APJES*, 4(1), 01-07.
- Balcı, M., Altun, A. A., & Taşdemir, Ş. (2016). Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 15(3), 221-237.
- Berkhin, P. (2006). Survey of Clustering Data Mining Techniques, Grouping Multi-Dimensional Data, *Recent Advances in Clustering*, 25-71.
- Bul, E., Gelen, G., & Altun, H. *Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınıflandırma*. Erişim http://www.emo.org.tr/ekler/3287fcce194dbd9_ek.pdf, (17.02.2021).
- Erilli, N.A. (2009). *Kümeleme Analizine Bulanık Yaklaşım Algoritmaları ve Uygulamaları*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Evans, S., Lloyd, J., Stoddard, G., Nekeber, J., & Samone, M. (2005). Risk Factors For Adverse Drug Events. *The Annals of Pharmacotherapy*, 39, 1161-1168.
- Höppner, F., Klawonn, F., Rudolf, K., & Runkler, T. (1999). *Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification Data Analysis and Image Recognition*. John Wiley & Sons, 5-75.
- Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z., & Demir H. (2011). Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, 172-176.
- Kaya, H. (2017). *Zeytinde Çeşit Tanımlama ve Çeşitlerimiz*. Erişim <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/kumelenme/Belgeler/Budama/Zeytinde%20%C3%87e%C5%9Fit%20Tan%C4%B1lama.pdf>, (07.02.2021).
- Kılıç, K., Boyacı, İ. H., Köksel, H., & Küsmenoğlu, İ. (2007). A Classification System for Beans Using Computer Vision System and Artificial Neural Networks. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 897-904.
- Kıvrak, M. (2020). *Ege Bölgesi Zeytin Çeşitleri*. Erişim http://mucahitkivrak.baun.edu.tr/index_dosyalar/18-ege-cesitleri.pdf, (07.02.2021).
- Kiraz, S. (2016). *Zeytin Tanelerinin Ayıklanması için Gerçek Zamanlı Optik Ayırıcı Sisteminin Geliştirilmesi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
- Kuncan, M., Ertunç, H. M., Küçükıldız, G., Hızarcı, B., Ocak, B., & Öztürk, S. (2013). Görüntü İşleme Tabanlı Zeytin Ayıklama Makinesi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, 26-28 Eylül, Malatya, 459-464.
- Mansoori, E.G. (2011). FRBC: A Fuzzy Rule-Based Clustering Algorithm. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 19(5), 960-971.
- Moertini, V. S. (2002). Introduction to Five Clustering Algorithms. *Integral*, 7, 2.
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20(1), 53-65.

- Sabancı, K., Aydın, C., & Ünlerşen, M. F. (2012). Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 59-62.
- Serra, J. (1982). *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Vo1. London: Academic.
- Sert, E. (2010). *Görüntü İşleme Teknikleri ile Şeftali ve Elma Sınıflandırma*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Sofu, M. M., Er, O., Kayacan, M. C., & Çetişli, B. (2013). Elmaların Görüntü İşleme Tekniği ile Sınıflandırılması ve Leke Tespiti. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 12-25.
- Solak, S. (2016). *Gezgin Robotların Konum Belirleme ve Engel Sakınım Probleminin Tek Kartlı Bilgisayar Sistemi Kullanılarak Çözümü*. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 69-71.
- Solak, S., & Altınışık, U. (2018). Görüntü İşleme Teknikleri ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit ve Sınıflandırılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 56-65.
- Şahinli, F. (1999). *Kümeleme Analizine Fuzzy Set Teorisi Yaklaşımı*, Gazi Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tonguç, G. (2007). *Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yang, M. S. (1993). A Survey of Fuzzy Clustering. *Mathematical and Computing Modelling*, 18(11), 1-16.
- Yavuz, Z., & Köse, C. (2012). Bulanık C-Kümeleme Algoritması ile Retinal Kan Damarı Bölütleme. *ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 29 Kasım-01 Aralık, Bursa, 562-566.

Extended Abstract

Aim and Scope

The aim of this study is to create the size and color variables of olive grains, which are photographed appropriately with a camera, by using image processing methods, and then to determine the types as a result of cluster analysis. The distribution of olive grains into clusters was investigated with the help of the K-Mean method and the Fuzzy C-Means algorithm using the numerical data of the variables obtained. In addition, the success of the methods and their superiority against each other were evaluated based on the preliminary information about the olive type.

Olive samples to be used in this study were obtained from olive trees located in Kıratlı Village between Dikili and Ayvalık in the Aegean Region. The date on which the sample was selected for the study is the early days of the olive harvest and the beginning of the fruit's full maturity period. Four different types have been determined. These are Domat, green Ayvalık, green Gemlik and black Gemlik. Photographing was carried out under suitable conditions by purchasing 10 pieces of each type, 40 olives in total.

Methods

Canon EOS 500D camera was used for imaging. The photo was taken in a room with normal light that is not too dark. A certain distance was maintained between the camera lens and the samples during the photo shoot.

The captured photograph was transferred to computer environment and analyzes were made with the help of R programming language. The image obtained was operated in gray and green tone formats, by using image processing methods. After this stage, thresholding process was made on the images in order to make the image ready for analysis. Thus, the images have been converted to binary format. Converting the images to binary format by selecting the appropriate threshold values is the most important process in creating the size and color variables.

Morphological processes were applied to the images after the thresholding process. For the size variable, first the dilation and then the erosion process was applied to the binary image. Therefore, the closing process has been applied to the image. In the case of the color variable, unlike the closing process for the size variable, the opening process was made to the binary image by applied first erosion and then dilation process.

After the morphological processes were applied to the binary images, the olive grains were numbered and the areas were found. Olive grains are numbered before proceeding with the area finding process. After applying image processing methods on the image, size and color data were formed based on the areas covered by the olive grains in the image in terms of pixels.

After obtaining the numerical data of the variables, the clusters formed as a result of the analysis using the K-Mean method and the Fuzzy C-Means algorithm and the distribution of the olive grains to these clusters were examined. Since there was preliminary information about olive types at the beginning of the study, the success of the methods in determining the species was evaluated in detail.

Findings

In this study, the results of K-Mean method and Fuzzy C-Means algorithm, which are preferred among cluster analysis methods, were separately examined in detail. At the end of this examination, the K-Mean method clustered black and green Gemlik type olive grains, which should be in different clusters, in the same cluster. In addition, the K-Mean method was affected by the Domat type coarse grains while determining the clusters. K-Mean method separated these coarse grains from other medium sized grains that should be in the same cluster and showed them in two separate clusters. As a result of the analysis made with the Fuzzy C-Means algorithm, there is a problem in the distribution of only three olives of the black and green Gemlik type into clusters.

Conclusion

In general, the Fuzzy C-Means algorithm gave results closest to the actual groups with preliminary information about the type of olive grains. It was observed that the K-Mean method failed especially in detecting the color of the olive grains. The fuzzy C-Means algorithm showed a higher performance than the K-mean method.

Ek 1. Boyut ve Renk Değişkenlerine ait Veriler

Zeytin No	Boyut (piksel cinsinden)	Renk (piksel cinsinden)
1	3641	1210
2	3932	1493
3	1999	1720
4	1893	1857
5	1301	120
6	1290	1292
7	2184	68
8	1730	1682
9	3370	556
10	3409	2826
11	1943	1229
12	1887	1836
13	1728	1691
14	1886	1082
15	1310	632 (NA)
16	1261	182
17	3327	1122
18	3293	1089
19	1930	1889
20	1899	1691
21	1897	1291
22	1483	208
23	1366	1786
24	1820	115
25	3564	2059
26	3459	898
27	1998	1789
28	1947	1903
29	1938	1472
30	1762	1709
31	1422	122

32	1296	115
33	3683	1351
34	3890	3511
35	2044	1297
36	1807	1876
37	1916	1983
38	1354	448
39	1872	1566
40	1359	196

Ek 2. Zeytin Türleri

Zeytin No	Tür
1	Domat
2	Domat
3	Yeşil Gemlik
4	Siyah Gemlik
5	Ayvalık
6	Yeşil Gemlik
7	Ayvalık
8	Siyah Gemlik
9	Domat
10	Domat
11	Yeşil Gemlik
12	Siyah Gemlik
13	Siyah Gemlik
14	Yeşil Gemlik
15	Ayvalık
16	Ayvalık
17	Domat
18	Domat
19	Siyah Gemlik
20	Yeşil Gemlik
21	Yeşil Gemlik
22	Ayvalık
23	Siyah Gemlik
24	Ayvalık
25	Domat
26	Domat
27	Yeşil Gemlik
28	Siyah Gemlik
29	Yeşil Gemlik
30	Siyah Gemlik
31	Ayvalık
32	Ayvalık
33	Domat
34	Domat
35	Yeşil Gemlik
36	Siyah Gemlik
37	Siyah Gemlik
38	Ayvalık
39	Yeşil Gemlik
40	Ayvalık

Ek 3. Bulanık C-Ortalamalar Analizi Sonucu Zeytin Tanelerinin Küme Üyelik Dereceleri

Zeytin No	1.küme (Domat)	2.küme (Siyah Gemlik)	3.küme (Ayvalık)	4.küme (Yeşil Gemlik)
1	0,83	0,06	0,04	0,07
2	0,67	0,12	0,08	0,13
3	0,05	0,65	0,04	0,26
4	0,02	0,84	0,02	0,11
5	0,02	0,03	0,91	0,04
6	0,10	0,28	0,19	0,43
7	0,18	0,17	0,41	0,24
8	0,05	0,57	0,06	0,32
9	0,53	0,15	0,14	0,18
10	0,35	0,27	0,14	0,25
11	0,06	0,16	0,07	0,72
12	0,02	0,84	0,02	0,11
13	0,05	0,58	0,05	0,31
14	0,08	0,19	0,13	0,60
15	0,09	0,28	0,19	0,44
16	0,03	0,04	0,87	0,06
17	0,78	0,08	0,06	0,09
18	0,75	0,08	0,06	0,10
19	0,03	0,81	0,03	0,13
20	0,04	0,66	0,04	0,26
21	0,05	0,15	0,06	0,74
22	0,03	0,05	0,85	0,07
23	0,09	0,42	0,12	0,36
24	0,11	0,13	0,58	0,19
25	0,50	0,20	0,11	0,20
26	0,73	0,09	0,07	0,11
27	0,04	0,72	0,04	0,19
28	0,04	0,79	0,03	0,14
29	0,05	0,27	0,06	0,62
30	0,04	0,63	0,05	0,28
31	0,03	0,03	0,89	0,05
32	0,02	0,03	0,90	0,04
33	0,80	0,07	0,05	0,08
34	0,33	0,26	0,16	0,25
35	0,07	0,19	0,07	0,67
36	0,04	0,76	0,04	0,16
37	0,06	0,71	0,05	0,19
38	0,07	0,10	0,68	0,15
39	0,05	0,41	0,05	0,48
40	0,02	0,03	0,92	0,04