

Karaman Yöresinde Yetiştirilen Elma Çeşitlerinin Sınıflandırma Parametrelerini Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Belirlenmesi

Kadir SABANCI¹, Muhammed Fahri ÜNLERŞEN², Yusuf DİLAY³

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Karaman

²Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Konya

³Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Tek. Bil. Meslek Yüksekokulu, Karaman

kadirsabanci@yandex.com

Geliş Tarihi (Received): 13.05.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 03.08.2016

Özet: Bu çalışmada karaman yöresinde yetişen elma çeşitlerinin renk ve boyut parametrelerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Bu çalışmada 50 Golden Delicious, 50 Granny Smith ve 50 Starking Delicious elma türünden toplamda 150 görüntü alınmıştır. Görüntüler kendi aydınlatması bulunan ve hareketli bir bant üzerine yerleştirilmiş kutu içerisinde DFK 23U445 USB 3.0 (Fujinon C Mount Lensli) endüstriyel kamera kullanılarak alınmıştır. Görüntüler MATLAB üzerinde geliştirilmiş olan bir grafik kullanıcı ara yüzü ile alınmıştır. Alınan görüntüler üzerinde MATLAB yazılımı kullanılarak görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Elmalara ait birçok morfolojik parametre görüntü işleme algoritmaları yardımıyla elde edilmiştir. Ayrıca elmaların gövdelerinin ortalama kırmızı, yeşil ve mavi kanal bilgileri elde edilmiştir. Bu özellikler kullanılarak elmalar büyük, orta, küçük ve kırmızı, sarı, yeşil şeklinde sınıflandırılmıştır. Elde edilmiş 150 örneğin 60 tanesi eğitim 90 tanesi ise test amacıyla kullanılmıştır. Bu sınıflandırmada BayesNet, NaiveBayes, KStar, SMO, RBFNetwork, RBFClassifier, MLPClassifier, J48, RandomTree ve RandomForest algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar arasında boyuta göre sınıflandırmada J48 algoritması %95.56 başarı oranı, 0.0476 MAE ve 0.1675 RMSE değerleri ile en başarılı sınıflandırmayı gerçekleştirmiştir. Renk sınıflandırma da ise MLPClassifier algoritması %97.78 başarı oranı, 0.1004 MAE ve 0.1370 RMSE değerleri ile en başarılı sınıflandırmayı gerçekleştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, elma, sınıflandırma, makine öğrenmesi

Determination Using Image Processing Techniques the Classification Parameters of Apple Varieties Grown in the Karaman Region

Abstract: In this study the apple varieties grown in the Karaman region, were classified according to the color and dimension parameters. Totally 150 images of the apples that were consisted of 50 Golden Delicious, 50 Granny Smith and 50 Starking Delicious, were taken. The apple images were taken by using DFK 23U445 USB 3.0 (with Fujinon C Mount Lens) industrial camera in a closed box which have own lighting system and have a marching band. Images were taken by using a Graphical User Interface developed on MATLAB. Image processing techniques were applied by using MATLAB software. Many morphological parameters of the apples were obtained by using image processing algorithms. Additionally the mean of the red pixels, green pixels and blue pixels on the body of the apple were calculated. With this information the apples were classified by size as small, medium, big and by color as red, yellow, green. 60 of the obtained 150 data were used for training and rest of them were used for tests. In this study BayesNet, NaiveBayes, KStar, SMO, RBFNetwork, RBFClassifier, MLPClassifier, J48, RandomTree ve RandomForest algorithms were used for classification. Between these algorithms the J48 algorithm has the best result in dimension classification with 95.56% success rate, 0.0476 MAE and 0.1675 RMSE values. Between these algorithms the MLPClassifier algorithm has the best result in color classification with 97.78% success rate, 0.1004 MAE and 0.1370 RMSE values.

Key words: Image processing, apple, classification, machine learning

GİRİŞ

Küreselleşen dünyada meyve ticaretinin en önemli unsurlarından birisi ürün kalitesidir. Dünya pazarında farklı toplumların farklı boy ve renkteki meyve tercihleri bilinmektedir. Gelişen teknolojinin bu taleplerin karşılanmasında kullanılması son derece doğaldır.

Ülke içerisinde bile özellikle büyük miktarlarda alım yapılan yerlerde, örneğin yemekhanelerde ürünün tek tip olması arzu edilen bir durumdur. Ticarete yaşanan rekabet, tarım ve tarıma dayalı otomasyon sektöründe de hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Kalite ve verimlilik bakımından ton başına meyve işleme ve sınıflama için otomasyon büyük önem arz etmektedir. Meyvelerin kaliteli üretimiyle ilgili her türlü şartlar üreticiler tarafından sağlanmaktadır. Ancak özellikle ambalajlama ve boylamada aynı seviye yakalanamamıştır. Karaman, elma ağacı sayısında Türkiye’de birinci sırada, üretimde ikinci sırada yer almaktadır. Karaman’ın 2015’deki elma üretimi 387.678 ton, soğuk hava deposu kapasitesi ise 140-150 bin ton civarındadır. Yani hasat zamanı olan iki ay zarfında yaklaşık 200-250 bin ton elmanın piyasaya satılması gerekmektedir. Üreticiler, elindeki 200-250 bin ton elmayı hasadın yapıldığı iki ayda satmak mecburiyetinde kalmaktadır. Karamanda bulunan meyve ağaçlarının bir kısmı genç ağaçlardır. İleriki yıllarda genç ağaçlar tam verime ulaştığında; soğuk hava deposu kapasitesi artırılmazsa, ilave yeni pazarlar bulunmazsa, elmayı işleyecek yatırımların önünü açılmazsa, 500-600 bin tonları bulacak elmanın ekonomik bir değeri olmayacaktır. Elmaların pazara sunulması sırasında, bölgemizde soğuk hava depolarında boylama makineleri kullanılmaktadır. Bu makinelerin büyük çoğunluğu ağırlık esasına göre çalışmaktadır.

Tarımsal ürünlerin renk, uzunluk, kalınlık, genişlik, yüzey alanı ve iz düşüm alanı gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi mühendislik açısından oldukça önem taşımaktadır. Yeni makinelerin tasarımında veya mevcut makinelerin geliştirilmesinde bu özelliklere ihtiyaç duyulmaktadır (Kabaş ve Özmerzi 2010). Ancak bu ürünlerin bilinen geometrik şekillere benzememesi nedeni ile ölçümlerinin geleneksel yöntemlerle yapılması zorlaştırmaktadır. Bu yüzden ölçümlerde görüntü işleme tekniği gibi modern yöntemlerden yararlanılmaktadır. Görüntü işleme tekniğinde; yüksek

gözünürlüklü kameralardan bilgisayara aktarılan görüntülerin bazı yazılımlar ile incelenmesi mümkün olmaktadır. Birçok alanda kullanılan bu teknik, tarımda meyvelerde renk analizi, boylama, zedelenme, yaprak alanının ölçümü gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Neuman ve ark. 1989, Keefe 1992, Trooien ve Heermann 1992). Sadrnia ve ark. (2007), yaptıkları bir araştırmada kavunların şekil özelliklerinin analizi ve sınıflandırma özelliklerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden yararlanmışlardır.

Kabaş ve Özmerzi (2010), çalışmalarında görüntü işleme tekniği (global lap image ve autocad programı) kullanarak dolmalık biberin bazı fiziksel özelliklerini belirleyip, elle ölçüm yoluyla bulunan değerlerle karşılaştırmasını yapmıştır. Shouche ve ark. (2001), araştırmalarında Hindistan’ da yetiştirilen 15 adet buğday çeşidi tanelerinin şekil özelliklerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden faydalanmışlardır. Çalışmalarında, buğday tanelerini hilum eksenine altta gelecek şekilde kâğıt üzerine yerleştirerek bir tarayıcıdan geçirmişler ve görüntülerini bilgisayara aktarmışlardır. Daha sonra bir görüntü işleme programı yardımıyla buğday tanelerine ait uzunluk, genişlik, kalınlık, iz düşüm alanı, çevre ve bazı şekil katsayılarını belirlemişlerdir. Liming ve Yanchao (2010) görüntü işleme tekniğini kullanarak çilekleri otomatik olarak sınıflandıran bir sistem üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada çileklerin üç temel özelliği olan şekil, boyut ve renk özellikleri kullanılmıştır. Rashidi ve ark. (2007) kiviinin hacminin görüntü işleme tekniğini kullanarak tespit etmişlerdir. Görüntü işleme tekniği ile belirlenen hacim, taşıma yöntemiyle belirlenen hacimle karşılaştırılmıştır. Bacci ve ark. (2002), buğday tanelerinin görüntülerini bilgisayara aktarmışlar ve bunları görüntü işleme tekniğiyle analiz etmişler ve görüntü işleme tekniğiyle buğdayda zedelenmiş tohum yüzdesini belirlemişlerdir. Sabanci ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak buğday ve yabancı çavdar tohumlarının sınıflandırılması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada görüntü işleme teknikleri ve yapay sinir ağlarının kullanımı Matlab yazılımı ile sağlanmıştır. Otsu metodu kullanılarak web kamerasından alınan tohum resimlerinin histogram bilgileri elde edilmiştir. Bu histogram bilgileri kullanılarak çok katmanlı yapay sinir ağları modeli ile

sistem eğitilmiş ve sınıflandırma gerçekleştirilmişlerdir. Ayrıca web kameradan alınan karışık tohumların bulunduğu resim bilgilerindeki buğday ve yabancı çavdar tohumlarının sayımı yapılmıştır.

Kavdir and Guyer (2004), çalışmalarında tekli ışık tayfı kullanmışlardır. Tek renk elmaları iki, renkli elmaları ise beş kategoride değerlendirmişlerdir. Bayes ve KNN (K Nearest Neighbor) sınıflayıcıları kullanmışlardır. Sonuçta % 84-89 doğruluk oranına ulaşmışlardır. Bennedsen (2005), çalışmasında dönen elmalarda % 92 sınıflandırma başarısına ulaşmıştır. Yapılan bir çalışmada elmanın görünmeyen yüzeylerinin de incelenmesi için aynı anda üç farklı açıdan görüntüsü alınmıştır. Kim ve ark. (2005), hayvan pisliği bulaşmış elmaları kırmızı flüoresan ışığı altında incelemiş ve tamamını tanımlamışlardır. İkinci dereceden ayırt edici sınıflayıcılar kullanmışlar ve sonuçta % 73 doğruluk oranına ulaşmışlardır. Kleynen ve ark. (2005), çoklu ışık tayfları kullanarak çok renkli elmalar üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Elmalar iki grupta incelenmiş ve doğrusal ayırt edici sınıflayıcılar kullanarak % 90 doğruluk oranına ulaşmışlardır. Tonguç (2007), gerçek zamanlı çalışarak, farklı elmalar üzerinde çalışmıştır. Elmaların renkli görüntüleri ve gri tondaki görüntüleri kullanılarak boyut, ağırlık ve renk tahmini yapılmış ve sınıflandırılmıştır. Puchalski ve ark. (2008), elma yüzeyi üzerindeki kusurları görüntü işleme sistemleri kullanarak belirlemişlerdir. Elmalar bant üzerinde dönerken, kamerayla görüntüleri alınmıştır. Elma

üzerindeki lekeler, don hasarları, kir ve zarar görmüş dokular tespit edilmiş ve bir programla görsel olarak gösterilmiştir. Yapılan çalışmada; Gala, Jonagold, Ligol, Melrose, Fiesta ve Golden cinsi elmalar kullanılmıştır. Hasar tespiti için yapılan sınıflandırmanın doğruluk oranı ortalama % 96'dır. Unay ve ark. (2010), makine görme tabanlı tam otomatik sınıflandırma sistemlerini çoklu ışık tayfları ile kullanarak, çok renkli elmalar üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada bir taraftan elma üzerindeki renkler ayırt edilirken diğer taraftan elmalar üzerindeki hasarlar tespit edilmiştir. Elma sapı ve çiçeğinin hasar olarak görünmemesi için özel düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan çalışmalar % 93.5'lik doğruluk oranı ile sonuçlanmıştır.

Bu çalışmada Karaman ilinde yetiştirilen Golden Delicious, Granny Smith ve Starking Delicious türü elmalardan 50 şer adet olmak üzere toplam 150 adet elma kullanılmıştır. Endüstriyel kamera ile alınan görüntüler görüntü işleme algoritmaları kullanarak elmalara ait renk ve şekil özellikleri çıkartılmıştır. Elde edilen veriler makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırma başarıları bulunmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Test Düzenliğinin Kurulumu

Elma görüntülerini almak için Imaging Source firmasının DFK 23U445 USB 3.0 (with Fujinon C Mount Lens) endüstriyel renkli kamerası kullanılmıştır (Şekil 1). Görüntü işleme algoritmaları için Matlab programının R2011b versiyonu kullanılmıştır.

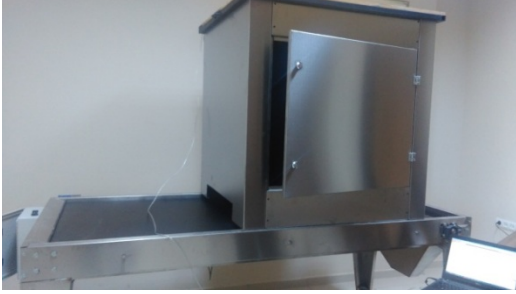


Şekil 1. Çalışmada kullanılan renkli USB kamera
Figure 1. Digital camera used in the study



Şekil 2. Kontrol ünitesi
Figure 2. Control unit

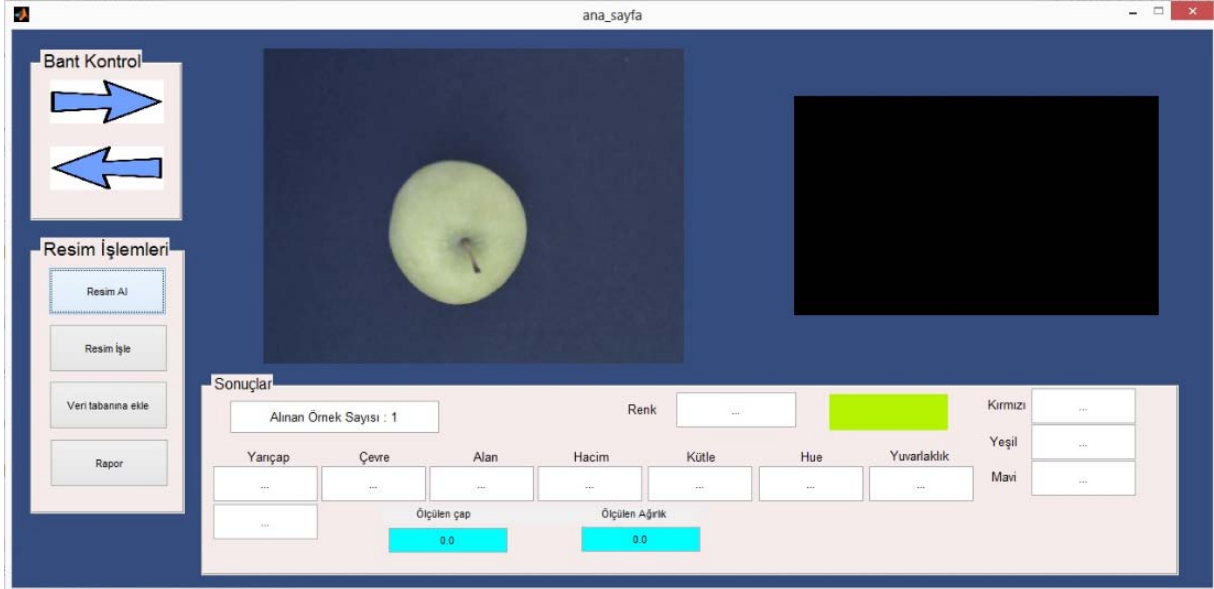
Çevresel gürültüleri ortadan kaldırmak için kendi aydınlatma sistemi olan kapalı bir ortam oluşturulmuştur (Şekil 3). Yürüyen bant üzerindeki bu kapalı ortamın aydınlatılması için 2 adet 220V 10W olan led lamba kullanılmıştır. Bant sisteminin hareketi için Inter marka 0.75 kW 1400 devir/ dakika, asenkron motor kullanılmıştır. Motorun hız kontrolü için ise Delta VFD075 EL21A 220 V 0.75 kW hız kontrol cihazı kullanılmıştır. Sistemin kontrol ünitesinde Delta marka DVP-14SS2 serisi role çıkışlı bir adet PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) kullanılmıştır (Şekil 2). Kullanılan PLC 8 adet dijital girişli ve 6 adet dijital çıkışlıdır. PLC' nin enerjisini sağlamak için 24 V, 2 A anahtarlamalı Delta marka güç kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 3. Test Düzeneği
Figure 3. Test device

Görüntü İşleme ve Segmentasyon

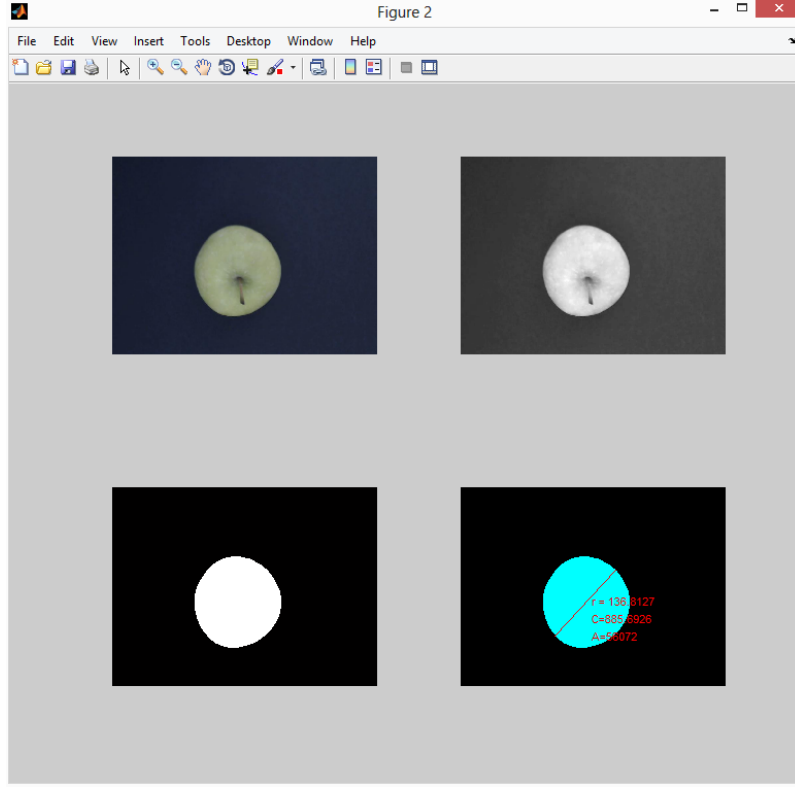
Matlab'da bulunan GUIDE (Graphical User Interface Design) aracı kullanılarak görsel bir ara yüz tasarlanmıştır (Şekil 4). Resim al butonuna basıldığı zaman kamera altındaki elmanın görüntüsü alınmıştır. Resim işle butonuna basılınca öncelikle renkli resim RGB renk kanallarına ayrılmıştır. Görüntü üzerindeki elmanın bulunduğu alan seçilerek ortalama R(kırmızı), G(yeşil) ve B(mavi) piksel değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Böylece herbir elmaya ait 3 adet renk özelliği çıkartılmıştır. Bu değerler elmaların renklerine göre sınıflandırılması için kullanılmıştır. Daha sonra renkli resim görüntü işleme teknikleri kullanılarak gri resime çevrilmiştir. Gri seviyeli resim Otsu methodu kullanılarak bir eşik değerine göre binary resime çevrilmiştir. Siyah beyaz resim bilgisine morfolojik işlemler uygulanmıştır. Elmalar üzerinde yapılan görüntü işleme adımları Şekil 5' de görülmektedir. Elmaya ait yarıçap, çevre, alan, hacim, kütle ve yuvarlaklık olmak üzere 5 adet fiziksel özellik çıkartılmıştır. Böylece her bir elmaya ait 3 adet renk ve 5 adet boyut özelliği olmak üzere toplam 8 özellik çıkartılmıştır.



Şekil 4. Tasarlanan ara yüz ve görüntünün yakalanması.
Figure 3. Designed interface and image capture

Görüntü işleme algoritmaları ile elde edilen renk ve boyut özellikleri çıkartılan elmalar kumpas yardımı ile çap değerleri ölçülmüştür (Şekil 7). Veri tabanına ekle

butonuna basılınca hesaplanan ve ölçülen tüm değerler excel dosyasına kaydedilmiştir.



Şekil 5. Çap, çevre ve alan bilgisini hesaplamak için görüntü işleme adımları
Figure 5. Image processing steps for diameter, perimeter and area calculation.



Şekil 6. Elmaya ait hesaplanan değerler.
Figure 6. Calculated values for an apple



Şekil 7. Çap değerinin ölçülmesi
Figure 7. Measurement of diameter

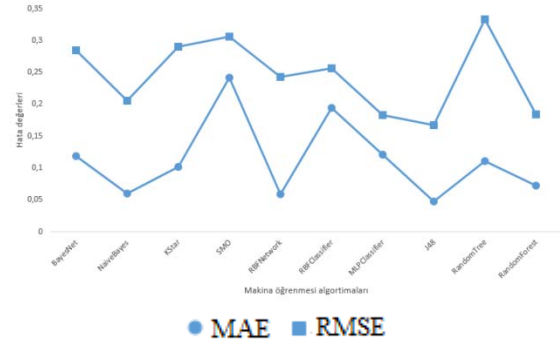
SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Her bir elmaya ait 8 adet özelliğin bulunduğu 150 adet veri elde edilmiştir. Elde edilen veriler Weka programı kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları ile boyut ve renklerine göre sınıflandırılmıştır. Elmalar boyutlarına göre küçük, orta ve büyük olmak üzere 3 guruba ayrılmıştır. Renklerine göre ise sarı, yeşil ve kırmızı olmak üzere 3 guruba ayrılmıştır. Elde edilen 150 veriden 60 tanesi eğitim için 90 tanesi ise test için kullanılmıştır. Farklı makine öğrenmesi algoritmaları ile yapılan sınıflandırmalarda başarı oranları, MAE ve RMSE hata değerleri bulunmuştur.

Tablo 1'de elmaların boyutlarına göre farklı makine öğrenme algoritmaları ile elde edilen sınıflandırma başarı oranları ve hata değerleri görülmektedir. Kullanılan algoritmalara ait hata değişim grafiği şekil 8' de verilmiştir.

Tablo 1. Elmaların boyutlarına göre sınıflandırılmasında elde edilen başarı oranları ve hata değerleri
Table 1. Success rate and error values for dimensional apple classification

Makine öğrenmesi algoritmaları	Başarı oranı (%)	MAE	RMSE
BayesNet	84.4444	0.1187	0.2852
NaiveBayes	91.1111	0.0601	0.2054
KStar	84.4444	0.102	0.2901
SMO	91.1111	0.242	0.3063
RBFNetwork	91.1111	0.0592	0.2433
RBFClassifier	88.8889	0.1941	0.2563
MLPClassifier	94.4444	0.121	0.1826
J48	95.5556	0.0476	0.1675
RandomTree	83.3333	0.1111	0.3333
RandomForest	94.4444	0.0718	0.1838



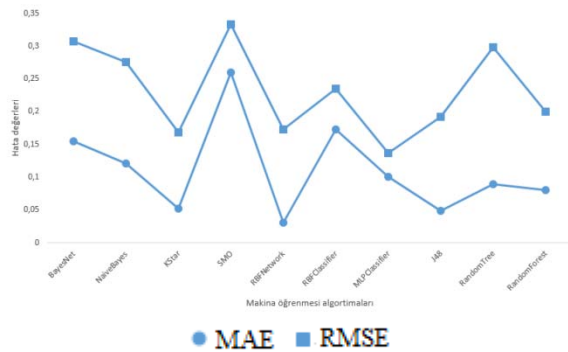
Şekil 8. Makine öğrenme algoritmalarının boyut sınıflandırmadaki hata grafiği.

Figure 8. Error graph of machine learning algorithms on dimensional classification

Tablo 2'de ise aynı veriler kullanılarak elmaların renklerine göre farklı makine öğrenme algoritmaları ile elde edilen sınıflandırma başarı oranları ve hata değerleri görülmektedir. Kullanılan algoritmalara ait hata değişim grafiği şekil 9' da verilmiştir.

Tablo 2. Elmaların renklerine göre sınıflandırılmasında elde edilen başarı oranları ve hata değerleri
Table 2. Success rate and error values for apple classification by color.

Makine öğrenmesi algoritmaları	Başarı oranı (%)	MAE	RMSE
BayesNet	81.1111	0.1543	0.3071
NaiveBayes	86.6667	0.1213	0.2758
KStar	91.1111	0.052	0.1681
SMO	88.8889	0.2593	0.3333
RBFNetwork	95.5556	0.0309	0.1727
RBFClassifier	91.1111	0.173	0.2346
MLPClassifier	97.7778	0.1004	0.1370
J48	93.3333	0.0481	0.1925
RandomTree	86.6667	0.0889	0.2981
RandomForest	92.2222	0.0807	0.1997



Şekil 9. Makine öğrenme algoritmalarının renk sınıflandırmadaki hata grafiği.

Figure 9. Error graph of machine learning algorithms on color classification

Elmaların boyutlarına göre sınıflandırılmasında en iyi sınıflandırma başarı oranı J48 algoritması ile elde edilmiştir. J48 algoritması ile elmaların boylarına göre sınıflandırılmasında %95.5556'lık başarı oranı sağlanmıştır. Sınıflandırmadaki MAE hata değeri 0.0476 ve RMSE hata değeri ise 0.1675 olarak bulunmuştur.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Bacci L, Colucci BR and Novaro P (2002). Durum Wheat Quality Evaluation Software". Proceedings of The World Congress of Computers in Agriculture And Natural Resources, 49-55, Brazil.
- Bennedden B, Peterson D, Tabb A (2005). Identifying defects in images of rotating apples. Computers and Electronics in Agriculture, 48: 92-102.
- Kabaş Ö, Özmerzi A (2010). Balo Tipi Dolmalık Biberin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Yöntemiyle Belirlenmesi, 26.Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi 22-23 Eylül 2010-HATAY.
- Kavdir I, Guyer DE (2004). Comparison of artificial neural networks and statistical classifiers in apple sorting using textural features. Biosystems Engineering, 89: 331-344.
- Keefe PD (1992). A Dedicated Wheat Grain Image Analyzer. Plant Varieties And Seeds 5: 27-33.
- Kim M, Lefcourt A, Chen Y, Tao Y (2005). Automated detection of fecal contamination of apples based on multispectral fluorescence image fusion. Journal of Food Engineering, 71: 85-91.
- Kleynen O, Leemans V, Destain M (2005). Development of a multi-spectral vision system for the detection of defects on apples. Journal of Food Engineering, 69: 41-49.
- Liming X.and Yanchao Z. (2010). Automated Strawberry Grading System Based on Image Processing. Computers and Electronics in Agriculture, 71:32-39
- Neuman MR, Sapirstein HD, Shwedyk E and Bushuk W (1989). Wheat Grain Colour Analysis By Digital Image Processing. II. Wheat Class Discrimination. Journal Of Cereal Science 10: 183- 188.
- Puchalski C, Gorzelany J, Zagula G, Brusewitz G (2008). Image analysis for apple defect detection. Teka Kom. Mot. Energ. Roln, 8: 197-205.
- Rashidi M, Seyfi K and Gholami M (2007). Determination of Kiwi fruit Volume Using Image Processing. Journal of Agricultural and Biological Science, 2(6):17-22.
- Sabancı K, Aydın C ve Ünlerşen F (2011). Buğday Tohumuna Karışan Yabancı Çavdar Tohumlarının Yapay Sinir Ağlarıyla Tespit Edilmesi, Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, 19 Mayıs Üniversitesi, 14-17 Haziran 2011, Samsun.
- Sadrnia H, Rajabipourl A, Jafary A, Javadi A and Mostofi Y (2007). Classification and Analysis of Fruit Shapes in Long Type Watermelon Using Image Processing. International Journal of Agriculture & Biology 9 (1):68-70.
- Shouche SP, Rastogi RS, Bhagwat G and Sainis JK (2001). Shape Analysis of Grains of Indian Wheat Varieties. Computers And Electronics in Agriculture 33: 55-76.
- Tonguç G (2007). Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Isparta
- Trooien TP and Heermann DF (1992). Measurement And Simulation of Potato Leaf Area Using Image Processing. Model Development. Transactions Of The ASAE 35(5): 1709-1712.
- Unay D, Gosselin B, Kleynen O, Leemans V, Destain M, Debeir O (2010). Automatic Grading Of Bi- Colored Apples By Multispectral Machine Vision. Computers and Electronics in Agriculture, 75: 204-212.