



**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE TANENİN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

Aziz DOĞANAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyomühendislik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Nevzat AYDIN

ARALIK-2019

T.C.
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE TANENİN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aziz DOĞANAY

Anabilim Dalı: Biyomühendislik

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nevzat AYDIN

KARAMAN-2019

TEZ ONAYI

Aziz DOĞANAY tarafından hazırlanan **Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Tanenin Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniği İle Belirlenmesi** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomühendislik Ana Bilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman:

Prof. Dr. Nevzat AYDIN

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Nevzat AYDIN

Dr. Öğr. Üyesi. Kadir SABANCI

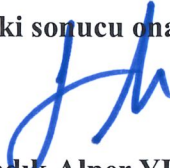
Dr. Öğr. Üyesi. Murat KÖKLÜ

İmza
İmza



Tez Savunma Tarihi: 02/12/2019

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Doç. Dr. Sadık Alper YILDIZEL

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Aziz DOĞANAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI MAKARNALIK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE TANENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ

Aziz DOĞANAY

**Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyomühendislik Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Nevzat AYDIN

Aralık 2019 72 sayfa

Buğdayın sınıflandırılması hem buğdayın market değerinin belirlenmesinde hem de ıslahçılar için verim ve kalitenin belirlenmesinde önemlidir. Bu çalışmada dokuz farklı makarnalık buğday çeşidinin tam tane ve tane ortasından enine kesit alanına ait 12 morfolojik özelliği görüntü işleme yöntemleri ile incelenmiştir. Buğdaylara ait fiziksel özellikleri piksel boyutunda incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Buğday tanelerinin boyutlarına göre sınıfları 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm olmak üzere üç elek sınıfına ayrılmıştır. YSA'da işlenen tüm çeşitler k-En Yakın Komşuluk (k-NN) ve Destek Vektör Makinaları (DVM) algoritmaları ile de sınıflandırılarak tahmin başarıları karşılaştırılmıştır. Üç algoritma da en başarılı boyutlarına göre sınıflandırma Mimmo çeşidinin tane kesit alanı verilerinden elde edilmiştir. Tanelerin boyutlarına göre sınıflandırma işleminde kesit alanı verilerinin tam tane verilerine göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar görüntü işleme ve yapay zeka teknikleri kullanılarak buğday tanelerinin fenotipik özellikleri karşılaştırılmıştır. Tanelerin en, boy, alan ve çevre özellikleri her çeşit için incelenmiş ve diğer çeşitler ile karşılaştırılmıştır. Tam tane verilerine göre Ahmet Buğdayı en olarak geniş ve boy olarak diğer çeşitlere göre daha kısa iken, Kızıltan çeşidi diğerlerine göre boy en oranı en büyük olduğu saptanmıştır. Tane kesit alanı için alan çevre oranına göre en küçük olan Eminbey çeşidi iken en büyük olan Svevo çeşidi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca boyut sınıflandırması için makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. En yüksek başarı Mimmo çeşidinde %94 ile k-NN algoritması kullanarak elde edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma tane fenotipik özellikleri ve boyut sınıflandırması için görüntü işleme teknikleri ve makine öğrenme algoritmaları kullanılması klasik yöntemlere göre daha düşük maliyetli, daha hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday sınıflandırma, YSA, k-NN, DVM

ABSTRACT

Ms. Thesis

DETERMINATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF GRAIN IN SOME DURUM WHEAT VARIETIES USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

Aziz DOĞANAY

**Karamanoglu Mehmetbey University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Bioengineering**

Supervisor: Prof. Dr. Nevzat AYDIN

December 2019 72 pages

Wheat classification is crucial for determining both the market value of the wheat and determining yield and quality properties for breeders. In this study, twelve morphological features of the whole grain and cross-sectional area were obtained by image processing methods for nine different durum varieties. According to the size of wheat grains, the classes consisted of 2.2 mm, 2.5 mm and 2.8 mm. Selected varieties were classified with k-NN and SVM algorithms, and then their successes were compared. The most successful classification in all three algorithms was obtained from the grain cross-sectional data of Mimmo variety. According to the size of the grains, it was observed that the data of the cross sectional area were more successful than whole grain data in the classification process. The results obtained were compared phenotypic properties of wheat grains by using image processing and artificial intelligence techniques. According to the whole grain data, it was observed that Ahmet Buğdayı has the largest grain width and shorter grain length than the other varieties, while Kızıltan has largest in the length and width ratio. It was observed that the Eminbey variety was the smallest in terms of area perimeter for the cross-sectional area, while the Svevo variety was the largest. In addition, machine learning algorithms were used for size classification. The highest success was achieved by using k-NN algorithm with 94% in Mimmo variety. In conclusion, this study shows that using image processing techniques and machine learning algorithms for grain phenotypic properties and size classification, lower cost, faster and more reliable results can be obtained than classical methods.

Key Words: Wheat Classification, ANN, k-NN, SVM

ÖN SÖZ

Yüksek Lisans çalışmam boyunca benden yardımı esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Dr. Nevzat AYDIN'a teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Kadir SABANCI 'ya, tez çalışmamın her aşamasında daima yanımda olan hiçbir yardımını benden esirgemeyen, tez yazımı boyunca kıymetli zamanımı benimle paylaşan değerli hocam Arş. Gör Mesut Ersin SÖNMEZ'e ve yüksek lisans eğitimi süresince iş – üniversite eğitimimin koordinasyonunda kolaylıklar sağlayan Duru Bulgur Kalite ve Ar-Ge Yöneticisi Ece DURU'ya çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme, varlıklarıyla mutluluk kaynağım olan ve hayatımın her anını severek paylaştığım eşim Tuba DOĞANAY ile aslan oğlum Ahmet Tuna DOĞANAY'a teşekkür ederim.

Aziz Doğanay
Karaman-2019

İÇİNDEKİLER

<u>İçindekiler</u>	<u>Sayfa</u>
ÖZET	İV
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE DİZİNİ	viii
ŞEKİL DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE METOD	15
3.1. MATERYAL	15
3.1.1. Bitki Materyali	15
3.2.3. Görüntü Ön İşleme.....	16
3.2.4. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi	17
3.2.5. Eğitim İçin Giriş Verilerinin Seçimi.....	18
3.2.6. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network) ile Taneleri Tanıma	18
3.2.7. Makine Öğrenmesi Testleri	19
3.2.8. k-NN Algoritması ile Makine Öğrenmesi	20
3.2.9. DVM Algoritması ile Makine Öğrenmesi	20
3.2.10. Boyut Sınıflandırma Algoritmalarının Başarılarının Belirlenmesi.....	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	23
4.1. Görüntü İşleme	23
4.2. YSA ile Makine Öğrenmesi.....	37
4.3. k-NN ile Makine Öğrenmesi.....	42
4.4. DVM ile Makine Öğrenmesi	45
4.5. Makine Öğrenmesi İçin Tercih Edilecek En Başarılı Algoritmanın Seçimi	48
5. SONUÇ	50
6. KAYNAKLAR	53
7. ÖZGEÇMİŞ	61

ÇİZELGE DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge-1 Buğday tanesinin fiziksel özelliklerini belirleyen parametreler	17
Çizelge-2 On katlı çapraz doğrulama	20
Çizelge-3 Buğday boyut sınıflandırılmasında kullanılan karmaşıklık matrisi	21
Çizelge-4 İki sınıflandırma için performans ölçümleri ve hesaplama formülleri	21
Çizelge-5 Çeşitlerin her birisi için 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre tam tane görüntülerine ait fiziksel özelliklerinin ortalama piksel boyutunda sonuçları.....	27
Çizelge-6 Çeşitlerin her birisi için 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre tane kesit alanı görüntülerine ait fiziksel özelliklerinin ortalama piksel boyutunda sonuçları.....	29
Çizelge-7 Tam tane verilerinin bütün elek boyutlarının minimum, maksimum değerleri, ortalama ve standart sapmaları	32
Çizelge-8 Tane kesit alanı verilerinin minimum, maksimum değerleri ve standart sapmaları.....	36
Çizelge-9 YSA mimarisini oluşturan Parametreler	38
Çizelge-10 Tam tane verilerinin karmaşıklık matrisleri.....	39
Çizelge-11 Tane kesit alanı verilerinin karmaşıklık matrisler.....	40
Çizelge-12 Tam tane verilerinin YSA sonuçları	41
Çizelge-13 Tane kesit alanı verilerinin YSA sonuçları	41
Çizelge-14 Tam tane ve tane kesit alanı YSA algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması.....	42
Çizelge-15 k komşuluk sayısının belirlenmesi	43
Çizelge-16 Tam tane verilerinin k-NN sonuçları	44
Çizelge-17 Tane kesit alanı verilerinin k-NN sonuçları	44
Çizelge-18 Tam tane ve tane kesit alanı k-NN algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması.....	45
Çizelge-19 c değerinin belirlenmesi	46
Çizelge-20 Tam tane verilerinin DVM sonuçları	47
Çizelge-21 Tane kesit alanı verilerinin DVM sonuçları.....	47
Çizelge-22 Tam tane ve tane kesit alanı DVM algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması.....	48

Çizelge-23 Kullanılan algoritmaların tam tane verilerinden elde edilen başarılarının karşılaştırılması.....	48
Çizelge-24 Kullanılan algoritmaların tane kesit alanı verilerinden elde edilen başarılarının karşılaştırılması.....	49



ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şelkil-1 Yapay Sinir Hücresi	12
Şelkil-2 a. Boyutlandırma cihazı (Sortimat K5 Serien-Nr12404499), b. Otomatik tohum sayma makinesi (Chopin - Numigral-I)	15
Şelkil-3 Jel görüntüleme cihazı (Bio-Rad ChemiDoc MP 5000)	16
Şelkil-4 Yapay Sinir Ağının Yapısı	18
Şelkil-5 Tane boyut sınıflandırma işleminin blok diyagramı	19
Şelkil-6 Chemdoc MP 5000 cihazı ile alınan Svevo Çeşidine ait buğday görüntüleri, a. Beyaz ışık altında çekilen tam buğdayların görüntüsü, b. UV ışık altında çekilen yarım buğdayların görüntüsü	23
Şelkil-7 Görüntüleme Otsu Eşiklemenin (Threshold) uygulanması	24
Şelkil-8 Svevo çeşidine ait yarım buğday tanesi görüntülerinin Canny yöntemi kullanılarak sınırların belirlenmesi, a. Gri seviye görüntü, b. Otsu eşik uygulanmış görüntü	24
Şelkil-9 MATLAB kütüphanesi RegionProb., a. Görüntüdeki objelerin belirlenmesi, b. Objelerin sıralanması, c. Objelerin ana eksen uzunluklarının belirlenmesi, d. Objelerin alanlarının belirlenmesi	25
Şelkil-10 (a) Ahmet Buğdayı ve (b) Yelken çeşitlerine ait kesit alanları	31
Şelkil-11 YSA Mimarisi	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Acıklama</u>
CCD	Charge-Coupled Device
Ç-1252	Çeşit 1252
DVM	Destek Vektör Makinaları
FFBP	Feed Forward Background Propagation
HSV	Hue, Saturation, Value
k-NN	k- Nearest Neighborhood
MAE	Mean Absolute Error
MATLAB	Matrix Laboratory
MLP	Multi Layer Perceptron
mm	Milimetre
RegSMO	Regression Sequential Minimal Optimisation
RGB	Red, Green, Blue
RMSE	Root Mean Square Error
SMO	Sequential Minimal Optimisation
USDA	United States Department of Agriculture
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis
YSA	Yapay Sinir Ağı

1.GİRİŞ

Tahıllar kültür bitkileri içerisinde önemli bir yere sahiptir. İnsan hayatında temel enerji ihtiyacını karşılayan karbonhidrat kaynağı olması yanında protein, mineral, B ve E vitamini bakımından zengin olması da tahılları önemli bir besin kaynağı konumuna getirmektedir (Liu, 2007).

Dengeli besin içeriği ve ekmeğin hammaddesi olması açısından buğday dünyada en önemli kültür bitkisidir. Taşınma, saklanma ve işlenmesindeki kolaylıkların yanında geniş adaptasyon yeteneğine sahiptir (Kün, 1983). Dünyada toplam tahıl üretimi ve ekim alanına bakıldığında buğday %29'luk oranla ilk sırayı almıştır (USDA, 2018). Ekimi yapılan bu alanların %3,5'ini Türkiye oluşturmaktadır (TÜİK, 2018)

Dünyada yetiştiriciliği yapılan buğday türleri *Triticum aestivum* L. ekmeklik buğday, *Triticum durum* L. makarnalık buğday ve *Triticum compactum* L. bisküvilik veya topbaş buğdaylarıdır. Topbaş türü buğdaylar çok az miktarda üretildiğinden ticari anlamda yalnızca ekmeklik ve makarnalık buğdaylar önemlidir (Morris, 2004).

Makarnalık buğdaylar, kullanım özelliklerine göre ekmeklik ve topbaş buğdaylarından farklılık göstermektedir. Genel kullanım şekli olarak makarna üretiminin yanında bulgur, kuskus, irmik ve bazı ekmek çeşitlerinin üretiminde kullanılması ticari açıdan önemini arttırmaktadır (Liu ve ark., 1996).

Makarnalık buğdaylar ekmeklik buğdaylara göre çevresel etkilere karşı daha seçici olduğundan dolayı dünyanın belirli bölgelerinde yetiştirilmektedirler (Anonim, 2007). Yarı kurak iklimler ve ılıman olan Akdeniz ülkelerinde yetişen makarnalık buğdayın üretimi dünyada 2016-2017 üretim yılı içerisinde 40,7 milyon tona ulaşmış, bu rakamın 3,6 milyon tonu Türkiye tarafından üretilmiştir. İlk sırada 7,8 milyon ton ile Kanada yer alırken, onu 5,0 milyon ton ile İtalya takip etmiş ve Türkiye dünyada makarnalık buğday üretiminde üçüncü sıradadır (Pehlivan ve İkincikarakaya, 2017).

Türkiye'de 11,1 milyon hektar tahıl ekim alanınının 7,6 milyon hektarı buğday üretimi için kullanılmaktadır. Bu alanın yalnızca 760 bin hektarlık kısmında ise makarnalık buğday üretimi yapılmaktadır (TÜİK, 2018).

Buğdayın diğer bitkilere göre çevresel streslere karşı dayanıklı olması yanında değişen iklim şartları ve artan nüfus göz önüne alındığında buğdaya olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Buğday çeşitlerinin veriminin artırılması için birçok ıslah programı yürütülmektedir. Genetik markörlerin kullanımı birçok yeni çeşidin gelişmesinde yardımcı olmuştur. Fakat buğdaya ait karmaşık fiziksel özelliklerin fenotiplenmesinde hala sorunlar yaşanmaktadır (Singh ve ark., 2019). Bundan dolayı görsel öğelerden oluşan büyük buğday verilerini bilgisayar destekli çalışmalar ile işleme her geçen gün önem kazanmakta ve ürün geliştirmek için kullanılmaktadır. Diğer taraftan buğdaya ait fenotipik özellikler buğday hammaddesi alan pazarı için de önemli parametrelerdir.

Buğdayın piyasa değeri, hektolitre ağırlığı, buğday tanesinin fiziksel özellikleri ve zararlı tahribatı gibi çeşitli faktörlerden de etkilenmektedir. Makarnalık buğday üretiminin artırılması için yüksek tane verimi yanında makarnalık kalitesi geliştirilmiş çeşitlere yönelik ıslah çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Hektolitre ve 1000 tane ağırlığı da önemli kalite özelliklerindedir. Tane morfolojisi, yoğunluğu ve homojenliği, kabuğunun ince veya kalın, karın yarığının derin ya da yüzeysel olması hektolitre ve 1000 tane ağırlığını belirleyen özelliklerdendir (Özkaya ve Kahveci, 1990).

Hektolitre ağırlığı, buğday sınıflandırılmasında kullanılan en eski analiz yöntemlerinden biridir. Un verimi ve nişasta miktarı yüksek olan buğdayların hektolitre ağırlığı da yüksektir (Taş, 2001). Hektolitre ağırlığı ile 1000 tane ağırlığı genellikle doğru orantılıdır. Bin tane ağırlığı kalıtsal bir özellik olmakla birlikte çevresel faktörlerden de etkilenmektedir (Atlı ve ark., 1993). Tane dolumu sırasındaki iklim, toprak koşulları ve agronomik faktörler, başak sayısı ve bir başakta fertil çiçek sayısı gibi etkenler 1000 tane ağırlığının değişmesine neden olmaktadır. Çoğu ıslah programı bu gibi etkenleri göz önünde bulundurarak 1000 tane ağırlığını arttırmayı hedeflemektedir (Şahin ve ark., 2004).

Tarımsal ürünlerin uzunluk, genişlik, kalınlık, çevre, izdüşümü alanı, bazı şekilsel farklılıkları gibi fiziksel özellikleri görüntü işleme tekniği kullanılarak ürün analiz parametrelerine dönüştürülebilir. Bu sayede bazı ölçümlerin kolayca, daha kısa sürede ve hassas olarak yapılması ve güvenilir sonuç elde edilmesi sağlanmaktadır (Göknur ve Dursun, 2001).

Tahıllarda tohum kalitesinin belirlenmesi özellikle öğütme ve pişirme aşamalarında oldukça önemlidir. Sınıflama, çeşidin tanınması, boyutların ölçülmesi, renk analizi, zedelenme miktarının belirlenmesi gibi konularda görüntü işleme tekniğinin doğruluk derecesi yüksek olması nedeniyle insan kaynaklı hatalardan arındırılmış hızlı bir yöntemdir.

Bu araştırmanın amacı bazı makarnalık buğday çeşitlerinde tanenin fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniği ile belirlenmesidir. Dokuz adet buğday çeşidinin elde edilen görüntülerinin işlenmesi ile alan, çevre, boy, en, dışmerkezlilik, alanın çevreye oranı, boy en oranı, alanın boya oranı, çevrenin alana oranı, eşdeğer çapın boya oranı, dışbükey kabuğun alana oranı, dışmerkezliliğin boya oranı gibi özellikler hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler her çeşit için ayrı ayrı uygulanarak YSA, k-NN ve DVM algoritmaları ile 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre sınıflandırma işlemi için makine öğrenmesi ve testi yapılmış en başarılı sınıflandırılabilen çeşit ve sınıflandırma algoritması belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Beslenme değerinin yüksek olmasının yanı sıra, geniş adaptasyon yeteneği, işleme ve depolama kolaylığı nedeni ile kültür bitkileri içerisinde buğday önemli bir yere sahiptir. Buğday 2,6 milyar ton tahıl üretiminin %29'unu oluşturmaktadır. 2018/19 yetiştirme sezonunda dünyada buğday ekilen alanların yaklaşık %55'i Hindistan, Çin, Rusya AB, ve ABD'de yer almakta ve dünya buğday üretiminin yaklaşık %66'sı bu ülkeler tarafından üretilmektedir. Türkiye buğday ekim alanı 2018/19 yetiştirme sezonu içerisinde dünya buğday ekim alanının %3,5'luk kısmını oluşturmaktadır (USDA, 2018). Bu alan Türkiye'de toplam işlenen tarım alanının %20'sini kapsamaktadır (TÜİK, 2018).

Türkiye'de toplam 23,4 milyon hektarlık alan tarım yapılabilir niteliktedir. Nadas alanları hariç tarım alanlarının 15,5 milyon hektar (%66,4) kadarı tarla ziraatına ayrılmıştır. Bu alanın da 11,1 milyon hektar (%71) kadarına tahıl ekilmektedir. Bütün tahıl ekim alanları değerlendirildiğinde buğday %69'luk pay ile ilk sırayı alırken, onu arpa %22'lik, mısır %6'lık ve çeltik %1'lik pay ile takip etmektedir (TÜİK, 2018).

Beslenme açısından stratejik ve önemli bir bitki olan buğday birçok ülkede temel mineral, protein ve kalori kaynağını oluşturmaktadır. Ülkemizde bireyler günlük enerji ihtiyacının neredeyse %40'ını buğdaydan karşılamaktadır (Anonim, 2008). Buğdayın içerdiği fitokimyasal maddeler (fenolik bileşikler, karotenoidler ve E vitamini) doğal besin antioksidan kaynağıdır ve bu sayede insan ve hayvanlarda birçok kronik hastalıkları önler veya ilerlemesini geciktirebilmektedir (Menteş ve Yılmaz, 2011).

Ekonomik değeri olan buğdaylar ekmeklik (*T. aestivum* L.) ve makarnalık (*T. durum* L.) buğdaylar olmak üzere iki büyük grup altında toplanırlar. Dünyada üretilen buğday türleri içerisinde makarnalık buğday %5,8'lik kısmına sahip olup makarna, bulgur ve kuskus üretiminde kullanılmaktadır (Abaye ve ark., 1997; Bushuk, 1998; Özberk ve ark., 2005).

Türkiye'de bölgeler bazında 2017 yılı makarnalık buğday üretiminde %38'lik üretim ile ilk sırada İç Anadolu Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi bulunmakta ve %13'lük pay ile bunu Ege Bölgesi takip etmektedir (Toprak Mahsulleri Ofisi, 2017).

Durum buğdayı temel olarak makarna üretimi için kullanılmaktadır. Özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'da makarna yapımı amacıyla üretilmektedir. Ayrıca Kuzey Afrika ve

Orta Doğu ülkelerinin bulunduğu diğer bölgelerde ise makarnanın yanı sıra bulgur, kuskus ve çeşitli ekmek tiplerinin üretiminde de kullanılmaktadır (Troccoli ve ark., 2000). Ürün çeşitliliği ve geniş tüketim yelpazesi ile makarnalık buğday insanlar için vazgeçilmez besinlerden birisidir. Çevre koşulları ve beslenme alışkanlıklarında farklılık olsa dahi temel besin özelliğini korumaktadır (Gökmen ve Ateş, 2005).

Buğday üretiminde kullanılan çeşitlerin kalite kriterleri fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre belirlenir. Genel olarak kimyasal özellikler, protein içeriğini ve miktarını belirtirken fiziksel özellikler ise tanenin şekli, boyutu, rengi gibi fenotipik özellikler olup görüntü işleme teknikleri kullanılarak çeşitli analizler yapılması mümkündür.

Gıda endüstrisinde rutin kontrollerden karmaşık robotik otonom kontrollere kadar değişen veri tabanına dayalı ölçümlerde görüntü işleme tekniği kullanılmaktadır (Gunasekaran, 1996). Tahıl ürünleri, meyve sebze ürünleri, et balık ürünleri ve hazır gıdalarda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Sun ve ark., 2003). Bilgisayar ve yazılım amacıyla gıdanın mevcut görüntüsünü iyileştirip netleştirerek karar verme mekanizmasındaki kişilere kolaylık sağlar (McAndrew, 2004). Ürüne dokunmadan veya hasar vermeden tahribatsız ve hijyenik olarak kalite karakteristiklerinin belirlenmesinde güvenle kullanılabilir (Saini ve ark., 2014). Son yıllarda, tarım ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde görüntü işleme teknikleri güçlü bir araç haline gelmiştir.

Görüntü, bir düzlemin ya da manzaranın yansımasıdır. Başka bir tanıma göre ise bir ya da daha fazla doğal veya doğal olmayan ışık kaynağı ile aydınlatılmış bir cisimden yayılan ışınların, bir görüntü veya bir yüzey üzerinde toplanarak söz konusu cismin görüntüsünün oluşturulmasıdır (Chelappa ve Sawchuk, 1985). Resim, Şelkil-veya fotoğraf gibi türleri olabilen görüntü, bir şeklin veya nesnenin görsel karşılığıdır (Niblack, 1986).

Görme, görüntüdeki nesne ve nesnelere ilgili kavramları, nesnenin konumunu, yönünü ve büyüklüğünü içerir. Bilgisayarla görme, insan gözünün yaptığı algılama biçiminin benzeri ve daha gelişmiş olarak kodlar aracılığıyla bilgisayarlar tarafından taklit edilmesidir. Görüntü setleri üzerindeki verilerin, teorik ve algoritmik olarak yazılımlar ile çıkartılıp analiz edilmesini sağlar (Baxes, 1994).

Görüntü işleme video kameralar ile elde edilen sayısal veriler bilgisayar ortamına aktarılarak özel programlar ile incelenmesi, değerlendirilmesi ve saklanması olarak tanımlanabilir (Anonim, 1999).

Kameralardaki optik-elektrik mekanizmalarından elde edilen sinyaller, elektriksel sinyallere dönüştürülerek görüntüler elde edilir. Objektife gelen ışık demetleri, kamera sensörüne düşürülür. Işığın dalga boyu ve yoğunluğuna göre elektrik sinyalleri üretilir. Sinyalleri üreten sistemler, vakum tüpleri ve yarı iletken sensörler gibi devre elemanlarıdır. Kullanılan diğer bir teknoloji ise katı hal kameralardır. Yaygın olarak kullanılan CCD (Charge-Coupled Device) kameralar katı hal kameralarına örnektir. Bu kameralar fotodiyot teknolojisini kullanır. Analog dijital dönüştürücüler ile her pikseldeki elektrik yükü ölçülür ve binary matrislere dönüştürülür (Yaman, 2000).

Görüntüdeki farklı piksel değerleri farklı aydınlatma seviyelerini oluşturur. Eğer resimler siyah beyaz arası tonlardan oluşuyorsa bu tip resimlere gri düzey skalalı resimler denir. Görüntüdeki noktaların farklılıklarından dolayı farklı aydınlatma seviyeleri için gerekli olan bitlerin yerleşimi farklıdır. Piksel başına düşen bit sayısı 4 bit/piksel olarak gri düzey skalada kullanılır. Bu sayede sıfır ile 15 arasında toplam 16 gri düzey değerleri vardır (Yaman, 2000).

Resimlerde bulunan renk dağılımını dengeleyerek birbirine yakın değerlerdeki piksellerin daha belirgin şekilde birbirinden ayrılmasına histogram eşitleme denir. Histogram, her pikseldeki değer ve her piksele karşılık gelen miktarın görüntüdeki grafik olarak ifadesidir (Castelman, 1996). Histogram grafikleri ile görüntünün içerdiği piksel verileri hakkında bilgiler alınabilir. Örneğin sayısal değer olarak küçük değer olan pikselin sayısının artmasıyla resim rengi koyulaşırken yüksek değerli gri pikselin miktarının artması ile görüntünün rengi parlak hale gelir. Bu gibi piksel değerlerinin miktarları değiştirilerek görüntü netleştirilmesi yapılabilir (Bellanger, 2000).

Özellikle gri düzeydeki resimler için oldukça başarılı sonuçlar veren histogram eşitleme yöntemi RGB (Red=Kırmızı, Green=Yeşil, Blue=Mavi) resimler için her kanala ayrı ayrı uygulanır. Histogram eşitleme yöntemi belirli aralıklardaki piksel yoğunluğunu dağıtmak için kullanılır (Gonzalez ve Woods, 1993).

Görüntü üzerinde ayırt etmek istediğimiz bölgelerin belirginleştirilmesi için eşikleme yöntemi kullanılır. Örneğin gri düzeydeki bir görüntüden belirli bir piksel değerinin altındaki ve üstündeki değerlerin tümünü sadece iki adet değer içeren bir görüntüye çevrilebilir. Hangi değer seçileceği analiz etmek istediğimiz piksellere bağlıdır. Eşik değerinden küçük olan değerler yerine sıfır, büyük olan değerler yerine ise eşik değeri 0 veya 1 olarak değerler atanır. Bu sayede sıfırdan 255 değer aralığına sahip olan gri düzeydeki resmin sıfır ve birlerden oluşan siyah beyaz resme çevrilmesi sağlanarak ilgili bölgenin netliği arttırılmaktadır (Bellanger, 2000).

Otsu eşik belirleme yöntemi (Otsu,1979) özel bir yöntem olup 1979 yıllarında Nobuyuki Otsu tarafından geliştirilmiştir. Bu yönetime göre değişken eşik değerleri hızlı ve güvenilir bir şekilde belirlenebilmektedir. Eşik değeri belirlemede yerel noktalarda histogramın tamamı göz önünde bulundurulur. Otsu eşik belirleme metoduna göre her bir eşik değeri için 0-1 piksel kümesi arasında bir diskriminant değeri belirlenir. Bu değerlerin maksimum olduğu nokta en uygun eşik değeridir. Bu sayede değişken çevre koşullarının etkisi azaltılarak görüntüler işlenmektedir (Otsu, 1979).

Nesnelerin kenarları, görüntüdeki renk geçişlerinin ayırt edici olduğu sınırlardır. Bu kenarlarda bulunan pikseller, komşu piksellere göre anlamlı büyüklükte farklılık arz eder. Kenar belirleme yöntemi görüntü içerisinde yer alan objelerin şekilsel bilgilerinin tutarlı ve doğru olarak alınmasını sağlar (Gonzalez ve Woods, 2002).

Mitchell ve ark. tarafından 2003 yılında Canny Kenar Belirleme yöntemi tasarlanmıştır. Oldukça başarılı ve hızlı bir kenar bulma yöntemidir. Bu yöntemde Gauss filtresi kullanılarak kenar değerleri belirlenir. Kenar kısımlarında varsa zayıf pikseller temizlenir. Hysteresis Thresholding Yöntemi ile kenar sınırları netleştirilir (Mitchell, 2003).

Görüntü işleme sırasında eşik değeri belirleme analizleri gibi işlemlerden sonra hedef bölgemizde piksel kayıpları veya fazlalıkları oluşabilir. Diğer taraftan, resim arka planında istemediğimiz görüntüler analiz sonuçlarımızı etkileyebilir. Bu tür sıkıntıları gidermek için yaygın olarak kullanılan aşındırma (closing) ve genişletme (opening) morfolojik işlemleri kullanılır. Genişletmede aktif pikseller komşu piksellerine yaklaştırılabilir kadar yaklaştırılır. Aşındırmada ise komşu piksellerinin minimumuna yaklaştırılır. Bu iki işlem de birbirini takip ederek uygulanır. Aşındırma işlemi genişletme

işlemini takip ederse bu işlem açma, genişletme işlemi aşındırma işlemi takip ederse bu işlem kapama olarak adlandırılır. Kapama işlemi resimlerde gürültüleri giderebilir. Açma işlemi hedef bölgemizin etrafını düzenlerken kapama işlemi ise hedef bölgemiz içerisinde yer alan bölgede düzenleme yapmaktadır (Semmlow, 2004).

Matris işlemleri için, kod yazarak uygulama geliştirilen bir platform olan MATLAB (MATrix LABoratory), (Demir, 2006) yazılımından yararlanılmaktadır. Bu programın kullanım amacı, matris işlemlerinin kolayca yapılabilmesi, kullanıcı dostu ara yüze sahip ve hızlı olmasıdır. MATLAB'ın tercih edilmesinin nedeni, sunduğu geniş komut yelpazesi, grafik ara yüzü zengin kütüphanesi ve kullanım kolaylığıdır. MATLAB basit matematiksel hesaplamalardan karmaşık analizlere kadar geniş bir alanda kullanıma sunulmuştur. MATLAB, değişkenleri sayısal verilere çevirerek matrisler oluşturur. Bu matrislerden herhangi bir zamanda veri görüntüleme, dış ortama veri aktarabilme ve dış ortamdan veri alabilme özelliğine sahiptir. MATLAB'ın üstün grafik yeteneği sayesinde işlem sonuçları iki ve üç boyutlu grafik türleri ile analiz imkanı sunmaktadır (Özkan, 2010).

MATLAB son zamanlarda bilimsel araştırmalar için yaygın olarak kullanılan bir araç haline gelmiştir. Bu çalışmada MATLAB yazılımı görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesinde kullanılmıştır. Yazılım, MATLAB R2011b sürümüdür. Bu program içerisinde yer alan Image Acquisition ve Image Processing araç kutuları kullanılmıştır.

Görüntü işleme teknikleri, tarımda yaprakların alan bilgilerinin elde edilmesi, meyvelerin renk analizleri ve sınıflandırmaları, ilaçlama uygulamaları için ilaç damla boyutlarının, damla yoğunluğunun ve ilaç atım oranının belirlenmesi, yabancı otların saptanması, öğütme derecesinin belirlenmesi, bitki büyümesinin ve kök gelişiminin takibi gibi amaçlar için kullanılmaktadır (Keefe, 1992; Ayata ve ark., 1997; Utku ve ark., 1998, Dursun ve Göknur-Dursun, 2000; Shouche ve ark., 2001).

Buğday ve arpa tanesinin sınıflandırılmasına dair yapılan bir çalışmada görüntü işleme tekniği kullanılarak, tanelerin sınıflandırılmasında yüksek bir doğruluk oranı elde edilmiştir. Tek bir türün tespitinde morfolojik, renk ve doku özelliklerinin birlikte kullanılmasının daha faydalı olacağı sonucuna varılmıştır. Daha fazla özelliklerin incelenerek sınıflandırılmaya çalışılmasında ise sınıflandırmadaki başarı oranının

düştüğü tespit edilmiştir (Hernandez ve Gil, 2011; Pazoki ve Pazoki, 2011, Demirbaş ve Dursun, 2007).

Buğdayda hastalıklarla mücadelede belirtilerinin erken teşhisi, hastalıklarla ve haşereler ile mücadeleyi kolaylaştırır. Hastalıktan kaynaklanan verim kaybını en aza indirmek için uygulanan tedavilerin etkinliği arttırılmaktadır. Çiftçiler ve teknisyenler tarafından sahada yapılan hastalık teşhislerinin görüntü işleme algoritmasıyla yapılması amacıyla üç Avrupa endemik buğday türünde hastalığın erken teşhisine dair çalışma yapılmış ve %80'in üzerinde başarı sağlanmıştır (Johannes ve ark., 2017).

Bilgisayar ve yazılımlar aracılığıyla gıdanın mevcut görüntüsünü iyileştirip netleştirerek karar verme mekanizmasındaki kişilere kolaylık sağlaması sebebiyle (McAndrew, 2004) buğdayın fiziksel özelliklerinin, kalitesinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında bu sorunların üstesinden gelmek için görüntü işleme tekniklerine başvurulmuştur. Görüntü işleme teknikleri ile buğday tanelerinin sınıflandırılması, tane büyüklüğü, şekli, rengi, tanedeki hasarın tespiti otonom, hızlı, hijyenik ve objektif olarak bilgisayar tarafından gerçekleştirilmiştir (Zayas ve ark., 1989). Veri tabanları sayesinde, belirlenen kalite özellikleri sabit kalmamakta ve sürekli veri tabanları güncelleştirilmektedir. Tekstür, morfoloji ve renk çeşitliliği incelenerek buğdayların sınıf özellikleri ve kalitesi, böcek zararları ve hastalıklar tespit edilebilmektedir (Saini ve ark., 2014).

Farahani (2012) tarafından yapılan çalışmada, morfolojik özelliklerden yararlanılarak beş makarnalık buğday çeşidinin tanımlanmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Benzer prensiple tahılların morfolojik özellikleri ve renklerinden faydalanarak dört buğday çeşidinin belirlenmesinde %95,86 oranında başarı elde edilmiştir.

Görüntü işleme tekniklerinin yanı sıra yapay zeka teknikleri ile buğdayda sınıflandırma ve regresyon analizleri kullanılarak insandan kaynaklı hatalardan arındırılmış çeşit seçilimi klasik yöntemlere göre daha hızlı ve maliyeti düşük olarak yapılmaktadır.

Yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağlarının, görüntü işleme teknikleri ile elde edilen ürün özelliklerinin girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiyi çözümleyebilme yeteneğinden dolayı tahıl tanıma ve kalite tahmini gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu tür ağlar aynı anda çok sayıda veriyi işleyebilmektedirler (Luo ve ark., 1999).

MIT Bilgisayar Bilimleri laboratuvar yöneticilerinden Edward Fredkin'in BBC ile söyleşisinde tarihteki 3 büyük olaydan biri olarak saydığı yapay zeka, kısaca insan beyninin bilgisayara uyarlanmaya çalışılmasıdır. İnsanın beş duyusu aracılığıyla uyaranları algılayıp beyinde anlamlı veriler oluşturarak dışarıya bildirim vermesi, yapay zekanın temelini oluşturur. Seçilen girdilerin bilgisayarda çeşitli sayısal verilerle işlenerek çıktılarının oluşturulması, yapay zekanın uygulama alanlarını oluşturur (Bozüyük ve ark., 2005). Görüntü işleme, iyileştirilmiş, farklılaştırılmış görüntü yakalama veya nesne tanıma amacıyla, görüntünün yakalanmasıyla başlayıp farklı teknikler kullanılarak devam eden bir yapay zeka çalışmasıdır. Matematik ve bilgisayar bilimleri arasında multidisipliner bir bilimin ürünü olan bu işlemler, çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır (Samtaş ve Gülesin, 2012).

Buğday üretiminin yoğun olarak gerçekleştiği ABD'de buğdayın kalitesinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılabilirliğine dair çalışmaların sonucunda, buğdaylarda farklı sınıf özelliklerinin belirlenmesi ve buğdayın diğer türlerden ayırt edilmesi mümkün olmuştur (Delwiche ve ark., 2013). Ayrıca sınıflandırmanın daha hızlı ve etkili bir şekilde yapılması sağlanmıştır (Sabancı ve Akkaya, 2016).

Sabancı ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışma buğday tanelerini ekmeklik veya makarnalık olarak sınıflandırmak için yapay zeka ve görüntü işleme tekniklerinin başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

Jones ve ark.'ın (2010) görüntü işleme tekniklerinden yararlanarak buğdayda çizgi mozaik virüsü kaynaklı çizgi mozaiklerinin tespitine dair yaptıkları çalışmalarında hastalık tespitinde %89,47 ile %99,07 oranında başarı elde etmişler ve buğdayda çizgi mozaik oluşumunun tespitinde görüntü işleme tekniklerinin ve yapay zekanın kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Buğdaylarda büyük hasara ve önemli verim kayıplarına neden olan yaprak bitlerinin elle tanımlanması ve sayılması, tıpkı buğdayın kalite özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasındaki gibi yoğun emek gerektirmekte ve şahsi faktörler doğruluğunu etkileyebilmektedir. Bu nedenle buğdayda yaprak bitlerinin tespitinde görüntü işleme tekniklerinin ve yapay zekanın uygulanabilirliği denenmiş ve uygulanabilir olduğu kanısına varılmıştır (Liu ve ark., 2016). Buğday türlerinin tespitinin haricinde buğdayda

siyah tohumun tespitinde de görüntü işleme ve yapay zeka tekniğinden yararlanılabilmektedir (Chen ve ark., 2011).

Görüntü işleme ve yapay zeka tekniği ile buğdayların morfolojik özelliklerinin baz alınarak tanımlanması gibi dokusal özellikleri de esas alınarak tanımlanmasında %98,15'lik oranla başarıya ulaşılmıştır (Pourreza ve ark., 2012).

Wang ve ark. (2003), görüntü işleme tekniği ve yapay sinir ağları kullanarak buğdayın camsılığını belirlemek için yaptıkları çalışmada tek çekirdekli görüntüleri ön işleme ile oluşturmuş ve taranan görüntülerden HSV (Hue=Renk Tonu, Saturation=Renk Doymunluğu, Value=Değer) renk özelliklerini YSA'lara girdi olarak kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda camsı olan ve olmayanlar için %85 ile %90 sınıflandırma oranına ulaşmışlardır.

Makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmalarının kullanımını kolaylaştıran özel yazılımlarda günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılımlardan bir tanesi de WEKA programıdır. WEKA, veri madenciliği için kullanılan birçok makine öğrenmesi algoritmasının toplandığı açık kaynaklı bir platformdur. Veri hazırlama, sınıflandırma, regresyon, kümeleme ve görselleştirme gibi araçlar içermektedir. WEKA ismini, Yeni Zelanda'da bulunan, uçamayan çok meraklı bir kuştan alır. Bu çalışmada, WEKA içerisinde yer alan sınıflandırma (classify) ara yüzü altında bulunan YSA (Yapay Sinir Ağları= MLP), k-NN =k- En Yakın Komşuluk, DVM =Destek Vektör Makinaları, SMO =Sequential Minimal Optimisation), algoritmaları kullanılarak görüntü işlemede elde edilen veriler WEKA aracılığı ile makine öğrenmesi yapılmıştır (Hall ve ark., 2009).

WEKA yazılımı içerisinde yer alan yapay sinir ağları algoritmaları yapmış olduğumuz bu tez çalışmasında kullanılmıştır. Yapay sinir ağları insan beyninin işleyişini taklit eder. Biyolojik sinir hücresini modelleyen yapay sinir ağı, sinir hücresinin benzeri olarak önce girdi verileri ve buna karşılık gelen çıktılar ile eğitilir sonrasında ise sadece girdi verileri ile tahmini sonuçlar elde edilebilir. YSA tıp, mühendislik, askeri, havacılık, uzay endüstrisi, imalat sanayii, gıda ve tarımsal alanlar gibi birçok alanda kullanılmaktadır. YSA ile tahmin, sınıflandırma, veri yorumlama, veri tamamlama, veri filtreleme, yüzey modelleme gibi birçok alanda gerek duyulan analiz ve hesaplamaları yapılabilmektedir (Sağiroğlu ve ark., 2003).

YSA üç katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar:

- Birinci Giriş Katmanı: Giriş verilerini gizli katmana aktarmakla görevlidir.
- İkinci Gizli Katman: Giriş katmanından gelen verileri işleyerek çıkış katmanına gönderir. Bu katmandan problemin yapısına göre bir veya birden fazla olabilir.
- Üçüncü Çıkış Katmanı: Gizli katmandan gelen bilgiler çıkış katmanında toplanır. Üretilen bu katman problemin çözümünü içerir (Haykin, 1999).

YSA tasarlanırken ağdaki katman sayısı ve katmanlar üzerindeki yer alan hücre sayısı YSA'nın performansını etkileyen önemli faktörlerdir (Haykin, 1999). Katmanlar üzerinde yer alan hücreler diğer katmanlar üzerinde yer alan hücrelerle farklı ağ yapıları oluşturabilirler. Oluşan ağlardan en uygun sayıda tekrarlama uygulanarak performansı en yüksek olan sinir ağı seçilir. Böylelikle makine öğrenmesi gerçekleştirilmiş olur. Problemin yapısına göre giriş, gizli ve çıkış katmanları sayıları değişiklik gösterebilir. Gizli katmandaki hücre sayısı genellikle deneme yanılma yöntemi ile bulunur. Gizli katman sayıları tek katmandan başlayıp en iyi performans elde edilene kadar artırılır. Ağdaki katman sayısı yeterli olmadığı durumlarda ağın performansı düşerken katman sayısı arttığında ağırlık sayısı da artacağından dolayı sistem karmaşık bir hale gelir. En uygun ağ yapısı en düşük katman sayısına sahip en iyi sonuç veren yapıdır (Schwarz, 1978).

YSA birçok nöronun ve farklı katmanlardan oluşur. Doğrusal olmayan nöronlar birbirlerine farklı sinaptik ağlarla bağlanır. Öğrenme aşamasında sonuçlara göre bu nöronlardan bazıları düşük bazıları ise büyük ağırlıklarla birbirlerine bağlanır (Sabancı ve ark., 2016).



Şelkil-1 Yapay Sinir Hücresi

Tez çalışmamızda kullandığımız diğer bir makine öğrenmesi algoritması ise k-En Yakın Komşuluk algoritmasıdır. Günümüzde ortaya çıkan verilerin analizleri için insan gücü

yetersiz kalmaktadır. Her alanda oluşan büyük verilerin hızlı, doğru ve tutarlı analizlerinin yapılması için veri benzerliklerinin ortaya konulması gerekir. Bunun için birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalarından bir tanesi k- En Yakın komşuluk (k-NN) algoritmasıdır. k-NN algoritması varsayımlardan uzak olarak çalışan oldukça hızlı bir algoritmadır. k-NN algoritması bilinmeyen bir nesne ile bilinen nesnelere arasındaki mesafelerin belirlenmesine dayanarak çalışır. k-NN çalışma prensibi olarak metrik bir uzay düzleminde bilinen verilerin yerleştirilmesiyle bilinmeyen verinin bu uzaydaki bulunduğu konuma en yakın olan bilinen verilere göre tahmini sağlanır. Verinin yapısına göre mesafelerin hesaplanması için Euclidean, Manhattan, Square Chord, Minkowski, Chebyshev gibi yöntemler kullanılır (Khadidja, 2015). k-NN algoritmasının eğitimi için test verileri kullanılır. Komşuluk sayısı k ile ifade edilir. Kaç adet komşunun olduğu 'k' sayısı ile belirlenir. En yakın komşuluk k=1 olduğu durumdur (Anchalia, 2014).

Yapay sinir ağları ve k-NN algoritmalarının yanı sıra bu çalışmada Destek Vektör Makineleri algoritmaları da kullanılmıştır. Bu algoritma yaygın olarak sınıflandırılma problemlerinde kullanılan etkili ve basit yöntemlerdendir. Farklı veri kümeleri arasında çizilecek olan iki kümeyle de en uzak sınır çizgilerinin belirlenmesinde kullanılır. Oluşan paralel düzlemi ikiye bölen yeni sınır ile tahmin edilen verilerin mesafesi hesaplanarak sınıflandırılma işlemi gerçekleştirilir (Yıldırım, 2012).

Parametrik olmayan yapısal risk minimizasyonu prensibine dayanan bir yöntem olarak Vapnik tarafından uygulanmıştır. El yazısı tanıma, nesne tanıma, konuşma ve yüz tanıma gibi uygulamalarda kullanılmıştır. Daha sonraları regresyon analiz problemlerinde de kullanılmıştır. Uygulama mantığı basit ve hızlı bir algoritmadır (Vapnik, 1998).

Sonuç olarak, sahip olduğu bilgisayar ve yazılımlar sayesinde objektif, tarafsız ve hızlı sonuçlar veren görüntü işleme teknikleri, gıda endüstrisinde, otomasyon sistemleriyle üretilen ve işlenen gıdaların kalitesinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında son derecede önemlidir (Zayas ve ark., 1996).

Bu çalışmada dokuz farklı buğday çeşidinin elde edilen görüntülerinin işlenmesi ile alan, çevre, boy (ana eksen), en (ikincil eksen), dışmerkezlilik gibi veriler elde edilerek alanın çevreye oranı, boy en oranı, alanın boya oranı, çevrenin alana oranı, eşdeğer çapın boya oranı, dışbükey kabuğun alana oranı, dışmerkezliliğin boya oranı gibi özellikler hesaplanmıştır. Çıkan piksel değerleri ile tane şekilleri yorumlanarak karşılaştırılmıştır.

Elde edilen tüm veriler her çeşit için ayrı ayrı uygulanarak YSA, k-NN ve DVM algoritmaları ile 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre sınıflandırma işlemi için makine öğrenmesi ve testi yapılmış en başarılı sınıflandırılabilen çeşit ve sınıflandıran algoritma belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

3.1.1. Bitki Materyali

Bu çalışmada ülkemizde makarna ve bulgur üretiminde kullanılan Ç-1252, Kızıltan, Saragolla, Svevo, Burgos, Yelken, Eminbey ve Mimmo durum buğday çeşitleri kullanılmıştır. Bunların yanı sıra Karaman yerel buğdaylarından Ahmet Buğday çeşidine de yer verilmiştir. Bu buğdaylardan, Ç-1252, Kızıltan, Saragolla, Burgos ve Mimmo Karaman Duru Bulgur fabrikasından, Yelken, Svevo, Eminbey ve Ahmet Buğday'ı Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü'nden temin edilmiştir.

3.2. METOD

3.2.1. Boyutlandırma ve Sayım İşlemi

Buğdaylar hassas terazide (Shimadzu, Electronic Balance Type BL-3200H) 100 g tartılarak 2,8 mm 2,5 mm ve 2,2 mm ölçülerindeki eleklerde Sortimat (Sortimat K5 Serien-Nr12404499) cihazı kullanılarak elenmiş ve sınıflandırılmıştır (Şelkil-2:a). Buğdayların her bir boyutundan otomatik tohum sayma makinesi (Chopin - Numigral-I) ile 50 adet sayılmıştır (Şelkil-2:b).



Şelkil-2 a. Boyutlandırma cihazı (Sortimat K5 Serien-Nr12404499), b. Otomatik tohum sayma makinesi (Chopin - Numigral-I)

3.2.2. Örneklerin Görüntülerinin Alınması

Buğdayların resimleri Bio-Rad ChemiDoc MP 5000 marka jel görüntüleme cihazı ile beyaz ışık altında çekilmiştir (Şelkil-3). Cihaz içerisinde özel bir program oluşturularak buğday tanelerinin siyah beyaz görüntüleri elde edilmiştir. Resimler 7,2×5,4 piksel kamera çözünürlüğü ile çekilmiştir. Fotoğrafları alınan buğdayların nem oranı %12-13 aralığındadır.



Şelkil-3 Jel görüntüleme cihazı (Bio-Rad ChemiDoc MP 5000)

Buğdayların 2,8 mm, 2,5 mm ve 2,2 mm boyutlarından sayılan 50 adet tanelerinin uzunluk ve genişlik değerleri için tam tane resimleri çekilmiştir. Buğday taneleri karın çizgisi altta olacak şekilde siyah yumuşak bir zemin olan oyun hamuruna yerleştirilmiştir. Her bir çeşit için 50 adet tohumun görüntüsü alınmıştır. Çekilen resimler, buğdayın çeşidi ve elek ölçüsü belirtilerek kaydedilmiştir.

Görüntüsü alınan tanelerin daha sonra ikiye bölünerek kesit alanı görüntüleri siyah arka plana sahip yumuşak bir zemin olan oyun hamuru üzerinde görüntüleri elde edilmiştir.

3.2.3. Görüntü Ön İşleme

Buğday tanelerinin netliğinin artırılması için bütün alınan görüntülerde ön görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Buğday tanelerinin sınırlarının daha net olarak belirlenebilmesi için MATLAB programında yer alan Otsu eşik belirleme metodu

kullanılmıştır. Bu işlemden sonra sınırları belirlemek için yine MATLAB’da yer alan Canny sınır belirleme kütüphanesi ile tanelerin ayrı ayrı sınırları belirlenmiştir.

3.2.4. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Tane sınırları belirlenen tohumların morfolojik özellikleri MATLAB programında yer alan Regionprops Kütüphanesi kullanılarak kütüphanede yer alan ve Çizelge-1’de belirtilen özellikler alan (area), çevre (perimeter), boy (ana eksen = major axis), en (ikincil eksen = minor axis), dışbükey kabuk (convex area), dışmerkezlilik (eccentricity), eşdeğer çap (equivdiameter) değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (MATLAB, 2019). Bu veriler kullanılarak alan / çevre, eşdeğer çap / boy, boy / en, alan / boy, dışbükey kabuk / alan, dışmerkezlilik / boy, çevre / alan gibi yeni özellikler piksel cinsinden her çeşitte yer alan taneler için ayrı ayrı çıkartılarak yapay zeka analizleri girdileri oluşturulmuştur. Bunun sonucu olarak yapay zeka algoritmalarının performansının artırılması hedeflenmiştir. Görüntü işleme sonucunda toplamda her buğday tanesi için 12 farklı özellik elde edilmiştir.

Çizelge-1 Buğday tanesinin fiziksel özelliklerini belirleyen parametreler

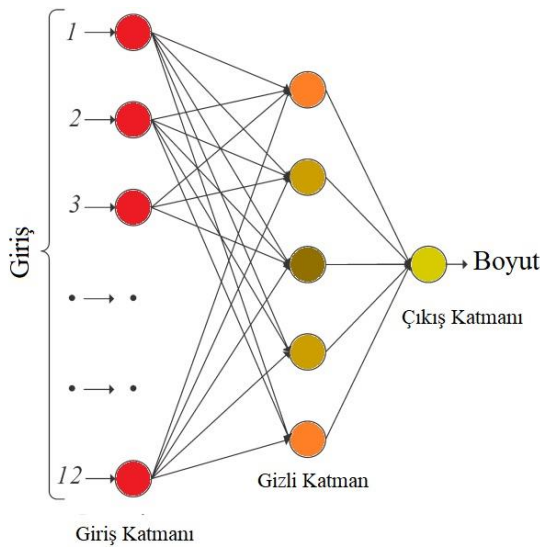
Alan (Area)	Buğday tanesinin sınırları içindeki toplam piksel sayısıdır.
Çevre (Perimeter)	Buğday tanesinin sınırları üzerinde olan piksellerin toplam sayısı ile çevre uzunluğu belirlenir.
Boy (Major Axis)	Buğday tanesi üzerine çizilebilecek en uzun çizgiyi yani ana eksenini belirleyerek tane boyu hesaplanır.
En (Minor Axis)	Buğday tanesi üzerine çizilebilecek en kısa çizgiyi yani ikincil eksenini belirleyerek tane eni hesaplanır.
Dış Merkezlilik (Eccentricity)	Buğday tanesiyle aynı momente sahip olan elipsin ne kadar yuvarlak olduğunu ölçer.
Dış Bükey Kabuk (Convex Area)	Buğday tanesi tarafından oluşturulan bölgenin en küçük dışbükey kabuğunun toplam piksel sayısını gösterir.
Eşdeğer Çap (Equivdiameter)	Buğday tanesi ile aynı alana sahip olan bir dairenin çapı skaler olarak hesaplar.

3.2.5. Eğitim İçin Giriş Verilerinin Seçimi

Giriş verilerinin çıkış verileri ile ilişki analizleri için WEKA programında yer alan özellik seçimi (select attributes) kısmındaki editör kullanılmıştır. Özellik elivatöründen CfsSubsetEval ve arama metodu için ise BestFirst seçilmiştir. Seçim sonucu olarak ana eksen, ikincil eksen, çevre, alan ve alan / ana eksen özellikleri belirlenmiştir. Seçilen veriler kullanılarak Mimmo çeşidinin tane kesit alanı verileri ile en başarılı seçilen DVM algoritması performansı karşılaştırıldığında 12 veri ile başarı %93,3 iken beş özellik ile başarının %92,7 gerilediği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla tüm giriş verileri makine eğitimi için kullanılmıştır.

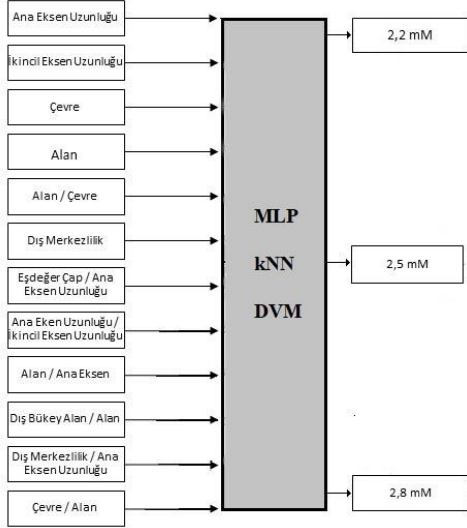
3.2.6. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network) ile Taneleri Tanıma

Bu çalışmada çok katmanlı yapay sinir ağı tercih edilmiştir. WEKA programı kullanılarak ağın başarısı deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir (Sabancı, 2017). Sinir ağları ileri beslemeli geriye yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir. (FFBP= Feed Forward Background Propagation _ANN). Giriş katmanları ve çıkış katmanları için sigmod transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Tam tane ve kesit alanı verileri kullanılarak ayrı ayrı 12 adet giriş katmanı ve bir çıkış katmanına sahip olan ağ için gizli katman sayısı ve test usulleri denenerek en iyi ağ mimarisi belirlenmiştir. Tasarlanan danışmanlı yapay sinir ağında giriş katmanları, gizli katmanlar ve çıktı olarak buğday tanelerinin boyutları yer almaktadır (Şelkil-4).



Şelkil-4 Yapay Sinir Ağının Yapısı

Girişler, ana eksen uzunluğu, ikincil eksen uzunluğu, çevre, alan, alanın çevreye oranı, dış merkezlik, eşdeğer çapın ana eksen uzunluğuna oranı, ana eksen uzunluğunun ikincil eksen uzunluğuna oranı, alanın ana eksene oranı, dışbükey alanın alana oranı, dışmerkezliliğin ana eksen uzunluğuna oranı, çevrenin alana oranı ve çıktı boyut olmak üzere 12 girdi bir çıktı ile yapay sinir ağı oluşturulmuştur (Şelkil-5).



Şelkil-5 Tane boyut sınıflandırma işleminin blok diyagramı

Ağın performansı aşağıda belirtilen testler ile saptanmıştır. Beş yüz iterasyon ile ağlar eğitilmiştir. Makine öğrenmesi için kullanılan dokuz çeşit buğdaydan elde edilen 2,2 mm, 2,5 mm, 2,8 mm boyutlu 150 taneye sahip çeşitlerin her biri için YSA oluşturularak makine öğrenmesi sağlamış ve performansları belirlenmiştir. Toplamda dokuz çeşitten 1350 veri ağın eğitimi ve testi için kullanılmıştır. Hem tane kesit alanı hem de tam tane verileri eşittir ve aynı mimarideki YSA ile makine öğrenmesi gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek makine öğrenme başarısında kesit alanı verileri tam tane verilerine göre daha başarılı çıkmıştır. Kesit alanı verilerinde makina öğrenme başarısı en yüksek olan Mimmo çeşididir. Diğer test sonuçlarından elde edilen ortalama mutlak hata ve ortalama karelerinin kareköksel hatası sonuçları ile ağ performansları değerlendirilmiştir.

3.2.7. Makine Öğrenmesi Testleri

Test yöntemi olarak WEKA programında yer alan katlı çapraz doğrulama oranları girilerek ağ test edilmiştir. Katlama oranları 10 kat seçilmiş ve tüm testler için bu oran kullanılmıştır (Çizelge-2). Çapraz doğrulama, sınıflandırma güvenliğini artırmak için

geliştirilen bir hata tahmin yöntemidir. Çapraz doğrulama, veri setini eğitim ve test için belirlenen sayıda (kat) alt gruba rastgele olacak şekilde böler. Alt kümelerden birini test seti olarak kabul eder ve sistem kalan setlerle eğitilir. Bu işlem veri kümesi sayısı kadar tekrarlanır ve sistem test edilir. Bu çalışmamız için kat sayısı 10 olarak belirlenmiştir.

Çizelge-2 On katlı çapraz doğrulama

10 Katlı Çapraz Doğrulama				
10	20	30	40	50
Test	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Eğitim
Eğitim	Test	Eğitim	Eğitim	Eğitim
Eğitim	Eğitim	Test	Eğitim	Eğitim
Eğitim	Eğitim	Eğitim	Test	Eğitim
Eğitim	Eğitim	Eğitim	Eğitim	Test

3.2.8. k-NN Algoritması ile Makine Öğrenmesi

k-NN algoritmaları için yapay sinir ağlarında olduğu gibi verilerin sınıflandırılmasında herhangi bir eğitime ihtiyaç duyulmamaktadır. Sınıflandırmanın başarılı olabilmesi için en yakın komşuluk değerinin belirlenmesi gerekir (Anchalia, 2014). Bu çalışmada k=3 en yakın komşu ile başlayarak k=10 olacak şekilde bütün komşuluklar denenerek en yakın komşuluk belirlenmiştir. En yakın komşu k=3 için WEKA'nın k-NN editöründen çapraz doğrulama (Cross Validation), yok (False) olarak, normalizasyon nümerik sınıfı var (True), kareler ortalaması ve ayıklama (Debug) yok (False) olarak düzenlenmiştir. k-NN verilerinde WEKA'da yapay sinir ağlarında olduğu gibi her çeşit için 150 veri kullanılarak çeşitler ayrı ayrı k-NN algoritması ile sınıflandırılmıştır.

3.2.9. DVM Algoritması ile Makine Öğrenmesi

Destek vektör makinalarının WEKA ile analizi k-NN algoritmaları ile yapılan analizlerle benzerlik göstermektedir. YSA'da ve k-NN'de olduğu gibi DVM ile makine öğrenmesi için tam buğday ve kesit alanından elde edilmiş veriler ayrı ayrı olarak WEKA programında işlenmiştir. Tam tane ve tane kesit alanı verileri ile makine öğrenmesi için DVM algoritmaları kullanılmıştır. Çekirdek (kernel) Polinomial kernel seçilmiş ve yapılan analizlerde c parametresi 0,5 ile 4 arasında denenerek en iyi performans veren yapı makine öğrenmesi için seçilmiştir. Veriler WEKA'da işlenmiştir. SMO editörü kullanılarak filtre tipi normalize eğitim verisi ve regresyon optimizör olarak da geliştirilmiş RegSMO (Regression Sequential Minimal Optimisation) kullanılmıştır.

3.2.10. Boyut Sınıflandırma Algoritmalarının Başarılarının Belirlenmesi

Karmaşıklık matrisi iki sınıf için dört parametreye sahiptir. Bu parametreler:

TP: (True Posizitive = Doğru pozitif)

FP: (False Posizitive = Hatalı pozitif)

FN: (False Negative = Hatalı Yanlış)

TN: (True Negative = Hatalı Negatifler)

Çizelge-3 Buğday boyut sınıflandırılmasında kullanılan karmaşıklık matrisi

		Gerçek Değerler	
		Pozitifler	Negatifler
Tahmini Değerler	Pozitifler	TP	FP
	Negatifler	FN	TN

Çizelge-4 İki sınıflandırma için performans ölçümleri ve hesaplama formülleri

No	Performans Hesapları	Formüller
1	Doğruluk (Accuracy)	$\frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100$
2	Doğru Pozitifler Oranı (TPRate)	$\frac{TP}{TP + FN} \times 100$
3	Tutarlılık (Precision)	$\frac{TP}{TP + FP} \times 100$
4	F1 Skor	$\frac{2TP}{2TP + FP + FN} \times 100$
5	Hatalı Pozitifler Oranı (FPRate)	$\frac{FP}{TN + FP} \times 100$
6	Ortalama Mutlak Hata (MAE)	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - x $
7	Karesel Ortalamaların Toplamının Köksel hatası (RMSE)	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}$

İki sınıfa ait sınıflandırma başarısını belirlemek için doğru pozitifler oranı, (TPRate= True Positive Rate), hatalı pozitifler oranı (FPRate= False Positive Rate), doğruluk, tutarlılık (Precision), F1 Skor, ortalama mutlak hata (MAE= Mean Absolute Error), karesel

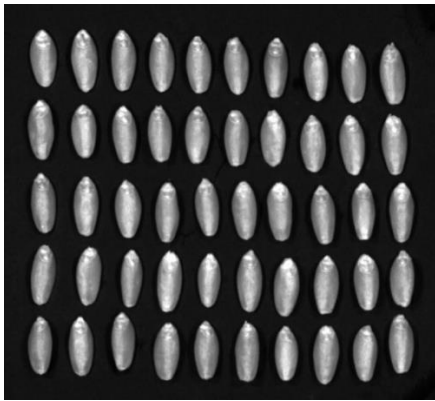
ortalamların toplamının köksel hatası (RMSE= Root Mean Square Error) değerlerinin hesaplanması için kullanılan formüller Çizelge-4'de gösterilmiştir (Ozkan ve ark., 2017). TP ve TN makinenin gerçek değerle uyumlu tahminler yaptığını göstermekte. FP ve FN ise yanlış tahminleri göstermektedir (Cinar ve ark., 2019).



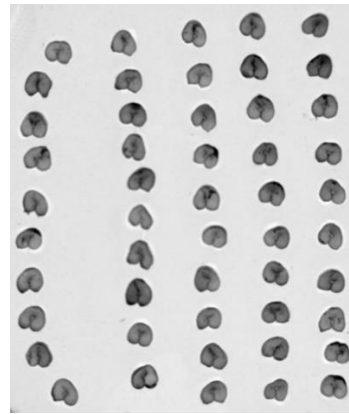
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Görüntü İşleme

Buğdayın büyüklüğü ve şekli tane ağırlığını etkilediği bilinmektedir (Campbell ve ark., 1999). Bunun yanı sıra öğütme verimi ve protein içeriği ile tane morfolojisinin ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Marshall ve ark., 1986). Cabral ve ark., 2018 yılında yapmış oldukları çalışmada ekmeklik buğdaydan elde edilen katlanmış haploit (double haploit) popülasyonları üzerinde yaptıkları araştırmada görüntü işleme teknikleri kullanarak buğdayın 4B kromozomu üzerinde yer alan bölgenin tane şeklini ve verimini etkileyen QTL bölgesi olduğunu saptamışlardır. Çalışmalarında katlanmış haploit popülasyonuna ait 18 özellik kullanmışlardır. Bu özelliklerin 14 tanesi görüntü işleme sonucu elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm şekilsel özelliklerin tane ağırlığı ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Buğday tanesinin en genişliği ile 1000 tane ağırlığının pozitif ilişkili olduğunu korelasyon analizi sonucu ile belirlemişlerdir. Bin tane ağırlığının tane alanı ile pozitif ilişkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Agronomik karakterden olan un veriminin ise tane yuvarlaklığı (küresellik) ve tane dikdörtgenselliği ile ilişkili olduğunu saptamışlardır (Cabral ve ark., 2018).



a.



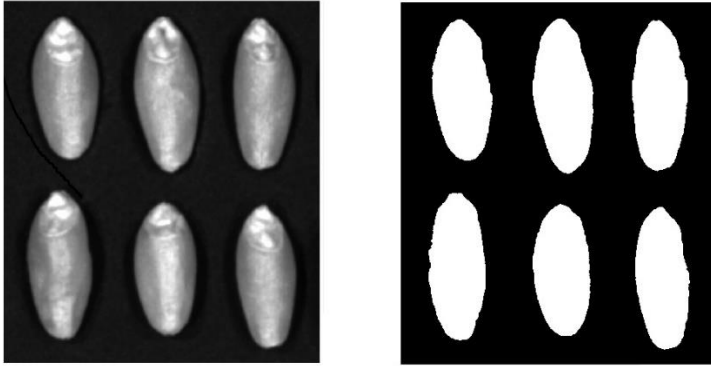
b.

Şelkil-6 Chemdoc MP 5000 cihazı ile alınan Svevo Çeşidine ait buğday görüntüleri, a. Beyaz ışık altında çekilen tam buğdayların görüntüsü, b. UV ışık altında çekilen yarım buğdayların görüntüsü

Numunelerin monokrom CCD kameradan kaynaklı oluşan görüntüleri siyah beyaz olarak görünse de üç katmanlı RGB görüntülerdir. RGB görüntüler MATLAB programı kullanılarak gri seviye görüntülere çevrilmiştir (Şelkil-6). Gri seviyeye çevrilen

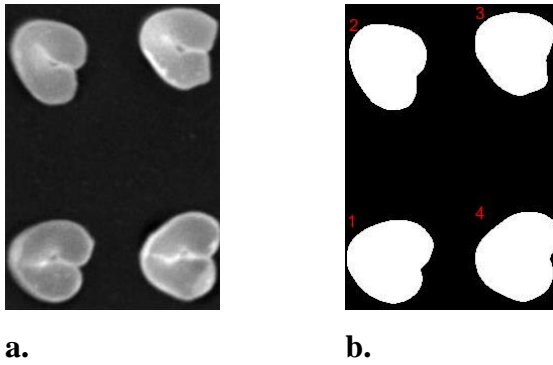
görüntülerde görsel olarak bir farklılık oluşmamıştır. Görüntülerin gri seviyeye çevrilmesi, üç katmanlı yapıdan tek katmana indirilmesini sağlamıştır. Bu sayede her katman için ayrı ayrı görüntü işleme tekniklerinin uygulanmasına gerek kalmamıştır.

Gri seviyeye çevrilen resimler MATLAB programında Otsu Eşikleme (Threshold) yöntemi kullanılarak gri seviye görüntüden siyah beyaz görüntüye çevrilmiştir (Şelkil-7).



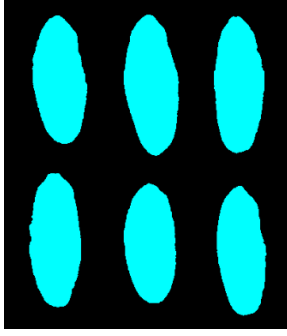
Şelkil-7 Görüntülere Otsu Eşiklemenin (Threshold) uygulanması

Otsu metot sayesinde sabit bir eşik değeri atamak yerine görüntünün renk dağılımına uygun eşik değeri otomatik olarak belirlenmiştir. Tam buğdaylar için herhangi bir sınır belirleme gereksinimi duyulmamıştır. Kesit alanı için MATLAB programında var olan Canny Sınır Belirleme (Edge Detection) modülü kullanılmıştır (Şelkil-8).

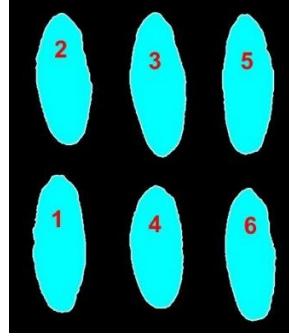


Şelkil-8 Svevo çeşidine ait yarım buğday tanesi görüntülerinin Canny yöntemi kullanılarak sınırların belirlenmesi, a. Gri seviye görüntü, b. Otsu eşik uygulanmış görüntü

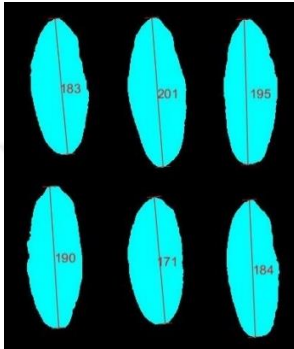
Morfolojik özelliklerin belirlenmesi için MATLAB programı kullanılarak tam tane ve kesit alanı için alan, çevre, boy, en, dışbükey kabuk, dışmerkezlilik, eşdeğer çap değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Şelkil-9).



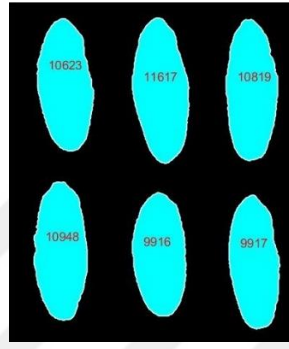
a.



b.



c.



d.

Şelkil-9 MATLAB kütüphanesi RegionProb., a. Görüntüdeki objelerin belirlenmesi, b. Objelerin sıralanması, c. Objelerin ana eksen uzunluklarının belirlenmesi, d. Objelerin alanlarının belirlenmesi

Bu veriler kullanılarak alan / çevre, eşdeğer çap / boy, boy / en, alan / boy, dışbükey kabuk / alan, dışmerkezlilik / boy, çevre / alan özellikleri her tane için hesaplanmıştır (Şelkil-5). Her çeşit için ayrı ayrı 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm elek boylarında hem tam tane hem de tane kesit alanı için 50'şer numuneden alınan görüntüler işlenerek yukarıda belirtilen özellikler çıkartılmış ve sonuçların ortalama değeri hesaplanmıştır. Tam tane için 2,2 mm 2,5 mm ve 2,8 mm için elde edilen ortalama değerler Çizelge-5'te her çeşit için ayrı ayrı sonuçları görülmektedir. Tam tane için her çeşitten ayrı ayrı farklı elek boylarında (2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm) 150 tane buğday kullanılmış ve bu 150 adet buğdayın fiziksel özelliklerine göre elde edilen 12 verinin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri her çeşit için hesaplanmıştır (Çizelge-7). Tam tane için yapılan tüm analizler kesit alanı içinde aynı şekilde yapılmış ve her çeşit için farklı elek boyarına ait ortalama 12 özelliğin değerleri Çizelge-6'da verilmiş ve her çeşitten ayrı ayrı elde edilen 150 adet verinin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapmaları Çizelge-8'de verilmiştir.

Veriler içerisinde yer alan gerçek dışı verilerin tespiti için minimum maksimum değerler belirlenerek ve standart sapmalar kontrol edilerek verilerin uyumu belirlenmiştir. Yalancı veriler görüntü işleme sırasında kullanılan fotoğraflara uygulanan ön görüntü işlemeden kaynaklı olduğu gözlenerek verilerden ayıklanmıştır.

Kumar ve ark., 2016'da yaptıkları çalışmada 160 tane rekombinant kendilenmiş hatlardan elde edilmiş buğday tanelerinin uzunluğu ve genişliği ile bu tanelerin şekline etki eden QTL bölgelerinin SNP haritaları çıkartılarak ilişkilendirilmiştir. Yaptıkları analizler sonucunda tane uzunluğu (boyu) ile tane genişliği (eni) arasında herhangi bir ilişki saptanmamış bu özelliklerin birbirinden bağımsız hareket ettikleri gözlenmiştir. Diğer taraftan tane büyüklüğü ile ilişkili olabilecek altıncı ve yedinci kromozomlar üzerinde yer alan QTL bölgelerinin olduğunu saptamışlardır (Kumar ve ark., 2016).

Bu çalışmamızda buğday tanelerinin en boy değerleri görüntü işleme teknikleri ile alınmıştır. Tam tane verileri içerisinde yer alan tanelerin boy özellikleri karşılaştırıldığında Çizelge-5' e göre Eminbey çeşidi için 2,2 mm elek boyutundaki taneler ortalama 179,4 piksel değeri ile en uzun taneli çeşit iken Burgos çeşidi 2,5 mm elek boyutunda 190,0 piksel ve 2,8 mm elek boyutunda ise 197,6 piksel değeri ile en uzun taneye sahip çeşit olduğu görülmektedir. En kısa taneli çeşitler için ise 2,2 mm elek boyutu için 145,3 piksel ve 2,5 mm' de 158,2 piksel değerleri ile Mimmo çeşidinin en kısa tane boyutuna sahip buğday çeşidi olduğu görülmektedir. Elek boyutu 2,8 mm için ise, 168,9 piksel değeri ile en kısa tane boyunun Yelken çeşidine ait olduğu belirlenmiştir.

Buğdaylar tam tanelerinin enlerinin uzunluğu bakımından değerlendirildiğinde Çizelge-5'te yer alan verilere göre Yelken çeşidinin 2,2 mm elek ölçüsünde 46,1 piksel değeri ile en uzunluğu minimum olan taneye sahip çeşit olduğu tespit edilmiştir. Kızıltan çeşidinin ise 2,5 mm elek boyutunda 48,1 piksel ile 2,8 mm elek boyutunda ise 53, 6 piksel değeri ile minimum en uzunluğuna sahip olduğu Çizelge-5'te görülmektedir.

Maksimum en uzunluğuna sahip çeşitler ise 2,2 mm elek ölçüsünde 64,2 piksel ve 2,8 mm elek ölçüsünde 72,6 piksel değeri ile Ahmet Buğdayının tanelerinin olduğu tespit edilmiştir. Elek boyutu 2,5 mm olan tanelerde ise maksimum en uzunluğu 65,6 piksel değeri ile Svevo çeşidine ait olduğu Çizelge-5'te görülmektedir.

Çizelge-5 Çeşitlerin her birisi için 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre tam tane görüntülerine ait fiziksel özelliklerinin ortalama piksel boyutunda sonuçları

Çeşit	Boyut (mm)	Boy (Ana Eksen)	En (İkincil Eksen)	Çevre	Alan	Alan / Çevre	Dışmerkezlilik	Eşdeğer çap / Boy	Boy / En	Alan / Boy	Dışbükey kabuk /Alan	Dışmerkezlilik / Boy	Çevre / alan
Eminbey	2,2	179,4	62,3	414,4	8722,1	0,638	0,936	0,586	2,918	48,540	1,033	0,0052	0,048
	2,5	188,0	64,5	432,5	9449,8	0,635	0,938	0,584	2,932	50,331	1,034	0,0051	0,046
	2,8	196,5	70,7	460,9	10837,4	0,643	0,932	0,598	2,797	55,114	1,032	0,0049	0,043
Ahmet Buğdayı	2,2	166,3	64,2	385,5	8353,2	0,706	0,921	0,620	2,606	50,210	1,026	0,0056	0,047
	2,5	173,5	65,3	402,0	8850,8	0,688	0,925	0,612	2,687	51,031	1,030	0,0052	0,046
	2,8	186,5	72,6	440,0	10580,1	0,688	0,920	0,622	2,587	56,741	1,031	0,0050	0,042
Çeşit1252	2,2	159,7	57,7	364,8	7190,5	0,680	0,931	0,600	2,791	45,068	1,027	0,0059	0,051
	2,5	179,1	64,7	412,1	9049,9	0,669	0,932	0,599	2,785	50,518	1,027	0,0051	0,046
	2,8	187,7	69,5	435,5	10193,4	0,675	0,928	0,607	2,707	54,282	1,026	0,0050	0,043
Burgos	2,2	172,4	55,1	392,5	7407,4	0,604	0,947	0,563	3,144	42,900	1,040	0,0056	0,054
	2,5	190,0	64,3	433,4	9548,3	0,638	0,940	0,580	2,970	50,241	1,030	0,0050	0,046
	2,8	197,6	68,3	457,7	10538,9	0,634	0,938	0,586	2,909	53,341	1,038	0,0049	0,044
Svevo	2,2	175,3	58,8	394,6	8050,4	0,649	0,942	0,577	3,001	45,876	1,030	0,0053	0,049
	2,5	183,6	65,6	419,8	9427,5	0,672	0,934	0,597	2,812	51,306	1,027	0,0050	0,045
	2,8	188,2	69,4	433,8	10224,4	0,683	0,929	0,606	2,721	54,339	1,027	0,0050	0,043
Yelken	2,2	149,8	46,1	343,0	5351,5	0,568	0,948	0,549	3,270	35,132	1,091	0,0071	0,071
	2,5	162,5	55,5	378,5	6969,2	0,609	0,939	0,578	2,961	42,798	1,065	0,0058	0,055
	2,8	168,9	62,2	403,6	8089,6	0,625	0,928	0,601	2,749	47,935	1,068	0,0055	0,051
Kızıltan	2,2	160,2	47,0	358,3	5788,0	0,567	0,954	0,537	3,464	36,220	1,066	0,0059	0,063
	2,5	176,1	48,1	391,7	6520,5	0,535	0,961	0,518	3,729	37,094	1,071	0,0055	0,061
	2,8	182,6	53,6	414,6	7506,3	0,550	0,953	0,536	3,497	41,294	1,076	0,0051	0,056
Mimmo	2,2	145,3	50,0	338,1	5517,2	0,607	0,936	0,578	2,947	37,983	1,077	0,0065	0,062
	2,5	158,2	58,8	375,7	7149,3	0,634	0,926	0,602	2,729	45,120	1,066	0,0059	0,054
	2,8	173,1	63,5	413,1	8510,9	0,627	0,928	0,601	2,758	49,174	1,060	0,0053	0,049
Saragolla	2,2	160,3	56,4	364,6	7050,3	0,665	0,935	0,591	2,874	43,954	1,034	0,0059	0,052
	2,5	164,5	59,9	378,5	7678,7	0,673	0,929	0,601	2,791	46,722	1,035	0,0057	0,050
	2,8	179,9	64,1	418,8	8972,2	0,644	0,933	0,594	2,833	49,871	1,048	0,0051	0,047

Çizelge-5'te yer alan 9 çeşit makarnalık buğdayın boy uzunluklarının en uzunluklarına oranları incelendiğinde Ahmet Buğdayının 2,2 mm 2,5 mm ve 2,8 mm elek ölçülerinde minimum değere sahip olduğu görülmektedir. Boy uzunluğunun en uzunluğuna oranı en yüksek olan buğday çeşidinin üç elek boyutunda da Kızıltan olduğu Çizelge-5'te görülmektedir.

Cabral ve ark., 2018’de yapmış oldukları çalışmada buğday tanelerinin görüntülerinden elde edilen tane alanı ve çevresi verileri kullanarak bu verilerin 1000 tane ağırlığı ile olan ilişkisini göstermek için korelasyon analizi yapmışlardır. Bu çalışmamızda tane alan ve çevre verileri tane boyutu sınıflandırılması ve türlere göre olan fiziksel farklılıkların saptanması için kullanılmıştır.

Tam tane verileri çevre uzunluğu bakımından incelendiğinde 2,2 mm elek ölçüsünde 338,1 piksel ve 2,5 mm elek ölçüsünde 375,7 piksel değeri ile Mimmo çeşidi en küçük çevreye sahipken 2,8 mm elek ölçüsünde 403,6 piksel değeri Yelken çeşidinin çevresinin en küçük olduğu görülmektedir (Çizelge-5). Eminbey çeşidinin 2.2 mm elek ölçüsünde 414,4 piksel 2,8 mm elek ölçüsünde 460,9 piksel değerleri ile en büyük çevre uzunluğuna sahip çeşitken Yelken çeşidi 2,5 mm elek ölçüsünde 433,4 piksel değeri ile en büyük çevre uzunluğuna sahiptir (Çizelge-5).

Çizelge-5’te görüldüğü üzere Yelken çeşidi 2,2 mm elek ölçüsünde 5351,5 piksel değeri ile alanı en küçük çeşit çıkmıştır. Kızıltan çeşidi ise 2,5 mm’de 6520,5 piksel ve 2,8 mm’de 7506,3 piksel değeri ile alanı en küçük çeşittir. Alanı en büyük olan çeşitler Çizelge-5’te değerlendirildiğinde Eminbey çeşidi 2,2 mm’de 8722,1 piksel ve 2,8 mm’de 10837,4 piksel değerleri ile en büyük alana sahipken Burgos çeşidinin 2,5 mm elek ölçüsünde 9548,3 piksel değeri ile alanının en büyük olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda kullanılan dokuz çeşit buğdayın tam tane verilerinin alan/çevre oranlarına bakıldığında en küçük oran üç elek boyutu için ($2,2 \text{ mm}=0,567$, $2,5 \text{ mm}=0,535$, $2,8 \text{ mm}=0,550$) Kızıltan çeşidine aittir (Çizelge-5). Ahmet Buğdayı çeşidi ise alan/çevre oranında üç elek boyutunda da ($2,2 \text{ mm}=0,706$, $2,5 \text{ mm}=0,688$, $2,8 \text{ mm}=0,688$) en büyük değere sahip çeşittir (Çizelge-5).

Breseghello ve ark., 2007 yılında yaptıkları çalışmada iki farklı heksaploit buğdayı iki farklı lokasyonda yetiştirip tane boyutu ve şeklini etkileyen kromozom bölgelerini taramışlardır. Belirledikleri tane morfolojisine etki eden QTL bölgelerinin çevresel faktörlerden ne kadar etkilendiğini göstermek için tane morfolojisini görüntü işleme teknikleri ile incelemişlerdir. Morfolojik özelliklerden elde edilen verilerin geliştirilmesi için tam tane ve tane kesit alanına ait görüntüleri analiz etmişlerdir.

Çizelge-6 Çeşitlerin her birisi için 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre tane kesit alanı görüntülerine ait fiziksel özelliklerinin ortalama piksel boyutunda sonuçları

Çeşit	Boyut (mm)	Boy (Ana Eksen)	En (İkincil Eksen)	Çevre	Alan	Alan / Çevre	Dışmerkezlilik	Eşdeğer çap / Boy	Boy / En	Alan / Boy	Dışbükey kabuk / Alan	Dışmerkezlilik / Boy	Çevre / Alan
Eminbey	2,2	72,5	54,5	214,6	2957,6	0,810	0,653	0,844	1,336	40,628	1,082	0,0090	0,074
	2,5	78,4	62,2	237,2	3629,4	0,836	0,593	0,866	1,266	46,278	1,096	0,0075	0,069
	2,8	82,2	67,3	255,6	4114,7	0,810	0,549	0,877	1,242	49,842	1,095	0,0067	0,066
Ahmet Buğdayı	2,2	72,7	57,2	216,4	3099,3	0,835	0,612	0,863	1,276	42,548	1,081	0,0084	0,070
	2,5	76,4	64,5	236,1	3685,1	0,831	0,523	0,896	1,185	48,102	1,078	0,0068	0,065
	2,8	85,7	73,4	270,8	4686,1	0,810	0,493	0,900	1,173	54,512	1,086	0,0058	0,059
Çeşit1252	2,2	69,3	58,6	208,8	3075,1	0,887	0,524	0,903	1,184	44,346	1,057	0,0075	0,068
	2,5	78,0	66,0	233,3	3918,9	0,905	0,522	0,906	1,183	50,208	1,048	0,0066	0,060
	2,8	83,4	72,7	255,2	4601,1	0,887	0,474	0,918	1,149	55,155	1,049	0,0057	0,056
Burgos	2,2	71,7	59,3	209,9	3269,7	0,932	0,556	0,899	1,211	45,532	1,039	0,0078	0,064
	2,5	77,9	66,9	234,1	3993,3	0,915	0,499	0,916	1,166	51,248	1,042	0,0064	0,059
	2,8	84,3	73,2	254,9	4698,7	0,907	0,486	0,917	1,154	55,644	1,042	0,0058	0,055
Svevo	2,2	72,6	60,8	214,0	3413,1	0,936	0,536	0,908	1,196	46,952	1,037	0,0074	0,063
	2,5	80,7	67,7	239,6	4194,0	0,918	0,535	0,906	1,191	51,936	1,041	0,0066	0,057
	2,8	85,2	72,7	254,9	4742,3	0,916	0,510	0,911	1,175	55,612	1,040	0,0060	0,054
Yelken	2,2	71,1	59,0	217,1	3145,9	0,846	0,531	0,892	1,207	44,277	1,073	0,0074	0,069
	2,5	80,9	67,7	241,7	4159,4	0,896	0,532	0,900	1,198	51,405	1,050	0,0065	0,058
	2,8	89,0	76,6	269,2	5222,7	0,890	0,490	0,908	1,191	58,126	1,047	0,0057	0,056
Kızıltan	2,2	69,4	60,4	214,2	3202,3	0,878	0,470	0,920	1,150	46,056	1,050	0,0067	0,067
	2,5	76,3	66,2	232,9	3867,4	0,896	0,481	0,920	1,156	50,650	1,041	0,0063	0,060
	2,8	83,0	73,2	256,3	4629,7	0,885	0,453	0,926	1,134	55,756	1,045	0,0055	0,056
Mimmo	2,2	67,0	57,0	209,1	2907,7	0,847	0,499	0,909	1,179	43,366	1,053	0,0074	0,073
	2,5	75,8	63,7	239,8	3663,8	0,821	0,529	0,899	1,194	48,204	1,067	0,0070	0,067
	2,8	87,5	74,6	268,2	4943,8	0,864	0,509	0,908	1,175	56,498	1,047	0,0058	0,054
Saragolla	2,2	73,8	61,3	224,0	3439,5	0,864	0,538	0,898	1,206	46,628	1,055	0,0071	0,065
	2,5	80,3	68,7	246,7	4228,9	0,872	0,498	0,915	1,169	52,640	1,045	0,0062	0,059
	2,8	86,1	75,4	262,9	4932,5	0,856	0,419	0,912	1,100	57,294	1,022	0,0049	0,053

Bu çalışmada benzer şekilde çeşitlere ait tanelerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması ve tanelerin boyutlarına göre makina öğrenme algoritmaları kullanılarak boyut

sınıflandırılması yapabilmek için tam tane verilerinin yanı sıra tane kesit alanı verileri de kullanılmıştır.

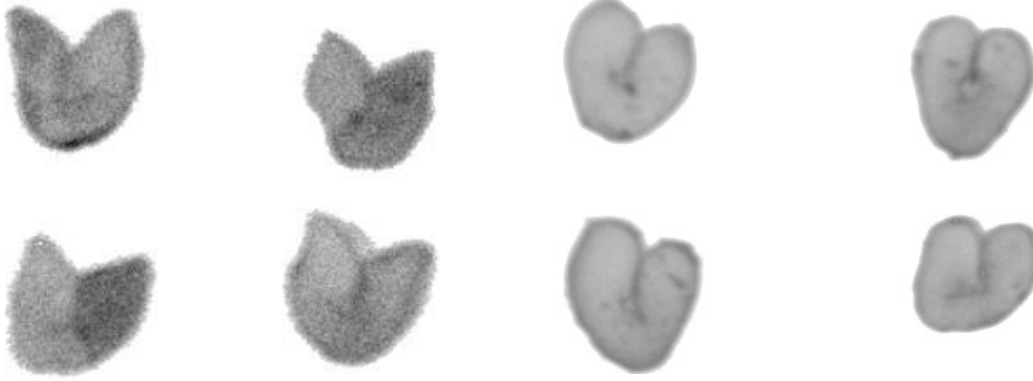
Tane boyutlarına göre sınıflandırılması için kullanılan tane kesit alanı verilerine göre tane kesit alanına ait alan ve çevre uzunluğu verileri Çizelge-6'da yer almaktadır. Çizelge-6'da görüldüğü üzere tane kesit alanı verilerinde alanı en küçük olan çeşit 2,2 mm elek boyutunda 2907,7 piksel değeri ile Mimmo çeşidine aittir. Eminbey çeşidi 2,5 mm boyutunda 3629,4 piksel değeri ve 2,8 mm elek boyutunda 4114,7 piksel değeri ile alanı en küçük olan çeşittir.

Tane kesit alanına göre ayrı ayrı elek boyları için alanı en büyük olanlar ise, Saragolla çeşidinin 2,2 mm elek boyutunda 3439,5 piksel ve 2,5 mm boyutunda 4228,9 piksel değeri ile en büyük alana sahip olduğu gözlenmiştir. Yelken çeşidinin ise 2,8 mm elek boyutunda 5222,7 piksel değeri ile en büyük alana sahip çeşit olduğu Çizelge-6'da görülmektedir.

Her çeşit için ayrı ayrı ve farklı elek boyutlarına ait tane kesit alanı verileri içerisinde çevresel özellikler karşılaştırıldığında Çizelge-6'da Çeşit 1252 çeşidinin 2,2 mm elek boyutunda 208,8 piksel ile Kızıltan çeşidinin 2,5 mm elek boyutunda 232,9 piksel ile ve Burgos ile Svevo çeşidinin ise 2,8 mm elek boyutunda 254,9 piksel değeri ile en küçük çevreye sahip olan çeşitler olduğu görülmektedir.

Çizelge-6'da yer alan makarnalık buğday çeşitlerimizden Saragolla çeşidi 2,2 mm elek boyutunda 224,0 piksel ve 2,5 mm elek boyutunda 246,7 piksel değeri ile en büyük çevreye sahip çeşit iken 2,8 mm elek boyutunda 270,8 piksel değeri ile Ahmet Buğdayı en büyük çevreye sahip çeşittir. Ahmet Buğdayı çevre uzunluğu büyük olmasına rağmen alan değeri olarak en büyük alana sahip değildir. 2,8 mm de en büyük alan Yelken çeşidine aittir. Bunun sebebi Ahmet Buğdayının tanelerinin kesit alanı incelendiğinden diğer tanelere göre kesit alanı morfolojisinin dairesel olmaktan ziyade daha konkav bir dürtgene benzemesinden kaynaklanıyor olabilir. Tane kesit alanı görüntülerine göre Ahmet Buğdayına ait tanelerin tane köşe sayısı diğer tanelere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Şelkil-10).

a. Ahmet Buğdayı kesit alanı (2,8 mm elek) b. Yelken kesit alanı (2,8 mm elek)



Şelkil-10 (a) Ahmet Buğdayı ve (b) Yelken çeşitlerine ait kesit alanları.

Alanın çevreye oranı 2,2 mm elek boyutunda 0,810 piksel değeri ile Eminbey çeşidinde en küçük olduğu görülürken 2,5 mm elek boyutunda 0,831 piksel ile Ahmet Buğdayı çeşidine ait olduğu görülmektedir. Ahmet Buğdayı ve Eminbey çeşitlerinin 2,8 mm elek boyutlarında 0,810 piksel değerleri ile alanın çevreye oranı en küçük olan çeşit oldukları Çizelge-6'da incelenebilmektedir. Eminbey çeşidinin ince ve uzun buğday olmasından dolayı, Ahmet Buğdayı'nın ise konkav dörtgen benzeri yapısından kaynaklı çevresi uzun çıkmakta ve karın yarığı boşluğunun daha geniş olmasının neticesinde alan çevre oranı düşük çıkmaktadır.

Çizelge-6'da Svevo çeşidinin bütün elek boyutlarında 2,2 mm'de 0,936 piksel 2,5 mm'de 0,918 piksel 2,8 mm'de 0,916 piksel değeri ile alanın çevreye oranında maksimum değere sahip çeşit olduğu görülmektedir. Kesit alanı özelliklerine bakıldığında Svevo çeşidi karın yarığı boşluğunun az olması ve şekilsel olarak dairesel yapıda olması, çevre uzunluğu diğer tanelere göre daha kısa ve alanın daha büyük olmasından dolayı tanenin alan /çevre oranı en yüksek çıkmaktadır.

Tam tane verileri için dokuz çeşide ait her birinden ayrı ayrı 150 örnek (2, 2 mm = 50 tane, 2, 5 mm = 50 tane, 2, 8 mm = 50 tane) incelendiğinde 12 özellik için minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri her çeşit için hesaplanmıştır.(Çizelge-7). Dokuz çeşit içerisinde her çeşitten farklı elek boyutlarında (2, 2 mm = 50 tane, 2, 5 mm = 50 tane, 2, 8 mm = 50 tane) 150 örnek incelendiğinde ortalama değerler içerisinde

Çizelge-7 Tam tane verilerinin bütün elek boyutlarının minimum, maksimum değerleri, ortalama ve standart sapmaları

Çeşit	Değerler	Boy (Ana Eksen)	En (İkincil Eksen)	Çevre	Alan	Alan / Çevre	Dışmerkezlilik	Eşdeğer çap / Boy	Boy / En	Alan / Boy	Dışbükey kabuk / Alan	Dışmerkezlilik / Boy	Çevre / alan
Eminbey	Min	150,8	46,1	359,5	6507	0,37	0,893	0,483	2,22	36,00	1,02	0,0040	0,038
	Mak	226,5	79,6	564,9	12910	0,768	0,971	0,669	4,15	62,10	1,13	0,0060	0,063
	Ort	188,1	65,9	436,1	9679,0	0,639	0,935	0,590	2,88	51,36	1,03	0,0050	0,046
	SD	13,0	6,8	29,7	1367,8	0,059	0,014	0,033	0,33	5,43	0,02	0,0004	0,005
Ahmet Buğdayı	Min	147,9	48	353,8	6438	0,526	0,868	0,518	2,01	36,80	1,01	0,0050	0,036
	Mak	208,1	85,1	495,2	12683	0,835	0,962	0,705	3,65	66,40	1,07	0,0060	0,060
	Ort	175,6	67,5	409,4	9272,9	0,694	0,922	0,618	2,63	52,70	1,03	0,0053	0,045
	SD	12,5	7,0	29,5	1351,5	0,056	0,017	0,034	0,29	5,59	0,01	0,0004	0,004
Çeşit1252	Min	133,5	49,5	318,2	6045	0,542	0,892	0,516	2,22	38,40	1,02	0,0040	0,039
	Mak	210,9	77,1	481,6	11990	0,778	0,963	0,669	3,71	60,40	1,10	0,0070	0,058
	Ort	175,6	64,0	404,3	8818,9	0,675	0,930	0,602	2,76	49,98	1,03	0,0053	0,047
	SD	14,8	6,6	34,8	1462,2	0,044	0,012	0,027	0,26	5,19	0,01	0,0005	0,005
Burgos	Min	155,7	44,1	355,1	5630	0,416	0,912	0,502	2,43	34,40	1,02	0,0040	0,038
	Mak	213,2	77,7	504,2	12376	0,731	0,967	0,640	3,93	60,80	1,17	0,0060	0,068
	Ort	186,7	62,6	428,0	9171,5	0,625	0,942	0,576	3,01	48,85	1,04	0,0052	0,048
	SD	13,7	7,2	32,7	1568,6	0,054	0,011	0,027	0,28	5,81	0,02	0,0004	0,006
Svevo	Min	158,3	48,9	366	6436	0,559	0,904	0,512	2,33	37,90	1,02	0,0050	0,039
	Mak	206	75,5	466,2	11577	0,758	0,965	0,654	3,79	59,20	1,07	0,0060	0,058
	Ort	182,4	64,6	416,2	9239,4	0,668	0,935	0,593	2,84	50,53	1,03	0,0051	0,046
	SD	9,3	6,2	22,8	1184,5	0,040	0,011	0,026	0,25	4,90	0,01	0,0003	0,004
Yelken	Min	130,6	34,7	296,8	3438	0,305	0,859	0,468	1,95	25,10	1,02	0,0050	0,040
	Mak	189,0	77,8	448,8	10175	0,782	0,972	0,708	4,27	59,90	1,32	0,0070	0,105
	Ort	161,4	54,9	377,5	6855,8	0,600	0,939	0,575	3,00	42,22	1,07	0,0059	0,057
	SD	12,1	8,9	31,3	1461,6	0,076	0,019	0,045	0,43	7,30	0,04	0,0006	0,010
Kızıltan	Min	140,3	35,1	322,3	4294	0,379	0,868	0,425	2,02	26,10	1,02	0,0050	0,042
	Mak	207,2	76,5	456,9	10477	0,782	0,980	0,701	5,06	59,50	1,23	0,0070	0,084
	Ort	173,1	49,5	388,4	6609,1	0,550	0,956	0,530	3,57	38,20	1,07	0,0055	0,060
	SD	13,9	7,3	29,6	1123,7	0,069	0,017	0,046	0,57	5,89	0,03	0,0005	0,008
Mimmo	Min	105,5	37,1	262	3789	0,399	0,843	0,454	1,86	24,80	1,02	0,0050	0,038
	Mak	190,4	79,9	466	11376	0,757	0,970	0,727	4,12	62,60	1,26	0,0080	0,091
	Ort	159,6	57,9	377,8	7146,0	0,624	0,930	0,595	2,80	44,44	1,07	0,0059	0,055
	SD	16,2	8,5	37,3	1599,3	0,075	0,020	0,045	0,41	7,16	0,04	0,0007	0,009
Saragolla	Min	134,8	41,9	315,5	4873	0,438	0,832	0,501	1,80	32,30	1,02	0,0050	0,039
	Mak	201,2	78,4	459,4	11300	0,856	0,967	0,743	3,92	61,50	1,12	0,0070	0,068
	Ort	168,3	60,2	387,6	7909,0	0,660	0,932	0,595	2,83	46,87	1,04	0,0056	0,050
	SD	12,9	7,2	31,0	1279,3	0,064	0,018	0,038	0,36	5,72	0,02	0,0005	0,005

en kısa taneye sahip olan çeşit 105,5 piksel değeri ile Mimmo çeşidi iken en uzun taneye sahip olan çeşit ise 226,5 piksel ile Eminbey olduğu Çizelge-7’de görülmektedir.

Çalıştığımız dokuz çeşidin 150 örnekli tane boylarının ortalama değerleri Çizelge-7’de karşılaştırıldığında yine Mimmo çeşidinin minimum boylu taneye sahip olmasının yanında ortalama boy oranları 159,6 piksel değeri ile en kısa boylu tanelere sahip çeşit iken Eminbey çeşidi en uzun taneye sahip ve yine benzer olarak tane uzunlukları ortalaması 188,1 piksel değeri ile en uzun boylu tanelere sahip çeşit olduğu görülmektedir.

Çizelge-7’de en uzunluğu bakımından her çeşit için 150’şer tane içerisinde minimum değere sahip çeşit 35,1 piksel değeri ile Kızıltan çeşidi olduğu görülmektedir. Ahmet Buğdayı çeşidinin ise 85,1 piksel değeri ile maksimum en uzunluğuna sahip çeşit olduğu görülmüştür.

Dokuz çeşidin ayrı ayrı 150’şer örnekli verilerinin ortalama değerleri incelendiğinde ise en uzunluğu bakımından minimum değere sahip çeşit 49,5 piksel boyutu ile Kızıltan iken maksimum en uzunluğuna sahip çeşidimiz 67,5 piksel boyutu ile Ahmet Buğdayının olduğu Çizelge-7’de görülmektedir.

Çizelge-7 incelendiğinde ortalama boy / en oranı en küçük olan çeşit 1,80 piksel boyutu ile Saragolla çeşidi iken, boy / en oranı en büyük olan çeşit 5,06 piksel boyutu ile Kızıltan çeşidi olduğu saptanmıştır.

Çizelge-7’de dokuz buğday çeşidinin ayrı ayrı ortalama değerleri karşılaştırıldığında boyunun enine oranı minimum çıkan çeşit 2,63 piksel değeri ile Ahmet Buğdayıdır. Boyunun enine oranı maksimum olan çeşit ise 3,57 piksel değeri ile Kızıltan çeşidi olmuştur.

Dokuz çeşit makarnalık buğdayın tam tane verilerinin bütün elek boyutlarındaki tanelerin ortalama değerleri alan ve çevre bakımından Çizelge-7’ de incelendiğinde Mimmo çeşidi 262,0 piksel değeri ile en küçük çevreye sahipken Eminbey çeşidinin çevresi 564,9 piksel değeri ile maksimum olduğu görülmektedir. Eminbey çeşidi tam tane verilerinde alan büyüklüğü bakımından da 12910,0 piksel ile maksimum alana sahiptir. Yelken çeşidi ise 3438,0 piksel ile minimum alana sahiptir. Alanın çevreye oranında Yelken çeşidi 0,305

ile minimum orana sahipken en büyük alanın çevreye oranı 0,856 ile Saragolla çeşidine aittir.

Dokuz çeşit buğdayın ayrı ayrı ortalama değerleri Çizelge-7’de tam tane verileri incelendiğinde Yelken çeşidi 377,5 piksel ile en küçük çevreye sahiptir. Eminbey çeşidi ise 436,1 piksel ile en büyük çevreye ve 9679 piksel ile ortalama en büyük alana sahiptir. Ortalama değerlerde alanı en küçük çeşit ise 6609,1 piksel ile Kızıltan’a aittir. Çalışmamızda kullandığımız çeşitlerin ayrı ayrı ortalama değerleri alanın çevreye oranı bakımından incelendiğinde Kızıltan çeşidi 0,550 ile en küçük orana sahipken Ahmet Buğdayı 0,694 ile en büyük orana sahip çeşittir.

Çalışmamızda ki dokuz çeşit buğdayın tane kesit alanı verileri 2,2 mm 2,5 mm ve 2,8 mm elek boyutları ayrı ayrı incelendiğinde 150 örnekli numunelerin Çizelge-8’ deki verilerine göre, çevresi en küçük olan çeşit 176,1 piksel ile Mimmo çeşidi, çevresi en büyük olan çeşit ise 429,4 piksel ile Eminbey çeşididir.

Çizelge-8’de yer alan çeşitler alan büyüklükleri bakımından değerlendirildiğinde en büyük alana sahip olan çeşit 6378 piksel değeri ile Yelken çeşidi iken en küçük alana sahip olan çeşit 1042 piksel değeri ile Eminbey çeşididir.

Dokuz çeşidin ayrı ayrı ortalama değerleri Çizelge-8’de incelendiğinde en küçük çevreye sahip çeşit 232,4 piksel değeri ile Çeşit 1252 çeşidi iken en büyük çevreye sahip çeşit 245,9 piksel değeri ile Saragolla çeşidi olduğu görülmektedir.

Çizelge-8’de yer alan buğday çeşitlerinin ayrı ayrı ortalama değerleri alan büyüklükleri açısından karşılaştırıldığında Saragolla çeşidi 4214,4 piksel değeri ile en büyük alana sahip iken Eminbey çeşidi 3567,2 piksel değeri ile en küçük alana sahiptir.

Çizelge-8’de alanın çevreye oranla bakılacak olursa Yelken çeşidi 0,980 piksel değeri ile en büyük orana sahip çeşit iken 0,101 piksel değeri ile Eminbey çeşidi alanın çevreye oranında en küçük orana sahip çeşittir.

Tane kesit alanı verilerinde Çizelge-6 da yer alan boy özellikleri karşılaştırıldığında Mimmo çeşidi 2,2 mm elek boyutunda 67,0 piksel 2,5 mm elek boyutunda 75,8 piksel değeri ile en kısa boya sahip tane olduğu görülürken 2,8 mm elek boyutunda Eminbey çeşidi 82,2 piksel değeri ile boyu en kısa olan çeşittir. Saragolla çeşidi 2,2 mm’de 73,8

piksel değeri ile boyu en büyük tane olduğu görülürken Yelken çeşidimiz 2,5 mm'de 80,9 piksel 2,8 mm'de 89,0 piksel değeri ile boyu maksimum olan çeşittir.

Çalışmamızda kullanılan buğday çeşitlerimiz tane kesit alanı verilerinde en uzunluğu bakımından değerlendirildiğinde Eminbey çeşidi üç elek boyutunda da (2,2 mm=54,5 piksel 2,5 mm=62,2 piksel 2,8 mm=67,3 piksel) minimum en uzunluğuna sahip çeşittir(Çizelge-6). Saragolla çeşidi 2,2 mm'de 61,3 piksel 2,5 mm'de 68,7 piksel değeri ile maksimum en uzunluğuna sahipken 2,8 mm' de Yelken çeşidi 76,6 piksel değeri ile en büyük en uzunluğuna sahiptir(Çizelge-6).

Tane kesit alanı verilerinin boylarının enlerine oranlarına bakıldığında Kızıltan çeşidi 2,2 mm elek boyutunda 1,150 2,5 mm elek boyutunda 1,156 ile en küçük orana sahipken 2,8 mm de 1,100 değeri le Saragolla çeşidinin minimum oranda olduğu görülmektedir (Çizelge-6). Çalışmamızda kullanılan bütün çeşitler tane kesit alanında boy uzunluklarının en uzunluklarına oranı açısından değerlendirildiğinde üç elek boyutu için de (2,2 mm=1,336, 2,5 mm=1,226, 2,8 mm=1,242) en büyük oran Eminbey çeşidine aittir (Çizelge-6).

Çalışmamızda ki dokuz çeşit buğdayın tane kesit alanı verileri 2,2 mm 2,5 mm ve 2,8 mm elek boyutları ayrı ayrı incelendiğinde 150 örnekli numunelerin Çizelge-8' deki verilerine göre, en uzunluğu en küçük olan çeşit 29,7 piksel ile Eminbey çeşidi, en uzunluğu en büyük olan çeşit ise 87,9 piksel ile Yelken çeşididir.

Dokuz çeşidin ayrı ayrı ortalama değerleri Çizelge-8'de incelendiğinde en küçük boy uzunluğuna sahip çeşit 76,2 piksel değeri ile Kızıltan çeşidi iken en büyük boy uzunluğuna sahip çeşit 80,6 piksel değeri ile Yelken çeşidi olduğu görülmektedir.

Çizelge-8'de yer alan buğday çeşitlerinin ayrı ayrı ortalama değerleri en uzunlukları açısından karşılaştırıldığında Saragolla çeşidi 68,8 piksel değeri ile en büyük en uzunluğuna sahip iken Eminbey çeşidi 61,3 piksel değeri ile en küçük en uzunluğuna sahiptir.

Çizelge-8'de boy uzunluğunun en uzunluğuna oranına bakılacak olursa Eminbey çeşidi 2,21 ile en büyük orana sahip çeşit iken 1,01 değeri ile Kızıltan, Yelken, Ahmet Buğdayı

Çizelge-8 Tane kesit alanı verilerinin minimum, maksimum değerleri ve standart sapmaları

Çeşit	Değerler	Boy (Ana Eksen)	En (İkincil Eksen)	Çevre	Alan	Alan / Çevre	Dışmerkezlilik	Eşdeğer çap / Boy	Boy / En	Alan / Boy	Dışbükey kabuk /Alan	Dışmerkezlilik / Boy	Çevre / alan
Eminbey	Min	58,9	29,7	194,7	1042	0,101	0,248	0,486	1,03	14,70	1,03	0,0030	0,053
	Mak	95	82,2	429,4	5273	0,944	0,892	0,956	2,21	60,80	2,57	0,0140	0,326
	Ort	77,7	61,3	235,8	3567,2	0,819	0,598	0,862	1,28	45,58	1,09	0,0077	0,070
	SD	6,7	7,8	29,4	723,2	0,135	0,110	0,059	0,15	6,71	0,15	0,0016	0,029
Ahmet Buğdayı	Min	63,4	44,7	198,3	1956	0,233	0,145	0,744	1,01	30,80	1,03	0,0020	0,049
	Mak	97,1	83,8	365,9	5913	0,931	0,795	0,970	1,65	63,50	1,40	0,0110	0,147
	Ort	78,3	65,0	241,1	3823,5	0,825	0,543	0,886	1,21	48,39	1,08	0,0070	0,065
	SD	7,5	8,0	27,5	821,4	0,090	0,108	0,038	0,10	6,27	0,05	0,0016	0,011
Çeşit1252	Min	61,6	53,5	190,5	2462	0,705	0,154	0,834	1,01	36,70	1,02	0,0019	0,050
	Mak	89,1	80,4	277,3	5480	0,964	0,662	0,975	1,33	61,52	1,16	0,0090	0,085
	Ort	76,9	65,8	232,4	3865,0	0,893	0,506	0,909	1,17	49,90	1,05	0,0066	0,061
	SD	6,9	6,5	21,4	694,5	0,041	0,091	0,028	0,07	5,04	0,02	0,0013	0,006
Burgos	Min	63,8	51,1	189,6	2655	0,762	0,231	0,850	1,03	39,30	1,02	0,0031	0,050
	Mak	91,6	82,4	276,3	5502	0,977	0,673	0,983	1,35	63,23	1,09	0,0100	0,073
	Ort	78,0	66,5	233,0	3987,2	0,918	0,514	0,911	1,18	50,81	1,04	0,0066	0,059
	SD	6,4	6,7	21,3	681,8	0,035	0,085	0,026	0,07	4,98	0,01	0,0013	0,005
Svevo	Min	65,7	56,3	202,7	2832	0,735	0,260	0,841	1,04	42,20	1,02	0,0030	0,049
	Mak	91,7	84,5	279	5657	0,98	0,692	0,972	1,38	64,70	1,12	0,0090	0,075
	Ort	79,5	67,1	236,2	4116,4	0,924	0,527	0,908	1,19	51,50	1,04	0,0067	0,058
	SD	6,4	5,8	19,4	627,2	0,035	0,082	0,026	0,07	4,34	0,01	0,0011	0,005
Yelken	Min	63,3	52,7	191,9	2701,0	0,5303	0,106	0,792	1,01	39,65	1,02	0,0017	0,046
	Mak	98,9	87,9	296	6378	0,980	0,734	0,981	1,47	66,60	1,22	0,0095	0,093
	Ort	80,6	68,1	243,6	4201,5	0,880	0,515	0,902	1,19	51,55	1,05	0,0064	0,060
	SD	9,1	8,4	25,9	945,6	0,071	0,118	0,038	0,10	6,62	0,03	0,0015	0,009
Kızıltan	Min	61,2	53,4	196,9	2482	0,567	0,141	0,809	1,01	40,60	1,02	0,0020	0,050
	Mak	94,7	80,3	285,3	5696	0,972	0,725	0,983	1,45	60,50	1,14	0,0090	0,086
	Ort	76,2	66,6	234,5	3899,8	0,886	0,468	0,922	1,15	50,82	1,05	0,0062	0,061
	SD	7,1	6,0	20,3	669,7	0,047	0,106	0,029	0,07	4,61	0,02	0,0013	0,006
Mimmo	Min	56,2	43,8	176,1	2092	0,34	0,198	0,774	1,02	31,40	1,03	0,0030	0,050
	Mak	100,3	80	314,8	5528	0,961	0,754	0,973	1,52	60,50	1,34	0,0110	0,133
	Ort	76,8	65,1	239,0	3838,5	0,844	0,512	0,905	1,18	49,36	1,06	0,0067	0,065
	SD	9,7	8,1	29,8	919,1	0,116	0,103	0,038	0,09	6,29	0,04	0,0014	0,013
Saragolla	Min	65,2	57	204,3	3042	0,669	0,225	0,824	1,03	42,60	1,03	0,0030	0,049
	Mak	97,7	85,7	294,3	6015	0,961	0,696	0,977	1,39	64,70	1,12	0,0090	0,073
	Ort	79,8	68,8	245,9	4214,4	0,871	0,488	0,914	1,17	52,45	1,05	0,0061	0,059
	SD	7,0	7,3	22,1	752,6	0,043	0,115	0,036	0,09	5,56	0,02	0,0014	0,006

ve Çeşit 1252 çeşidi boy uzunluğunun en uzunluğuna oranında en küçük orana sahip çeşitlerdir. Sonuç olarak çalışmamızda kullandığımız dokuz çeşit buğdaydan ortalama en kısa boylu çeşit Mimmo en uzun boylu çeşit ise Eminbey olduğu saptanmıştır. En uzunluğu bakımından en küçük çeşit Kızıltan iken Ahmet Buğdayı ise çalışmamızda kullandığımız dokuz çeşit buğday arasında ortalama en uzunluğu en büyük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge-5'te yer alan dokuz çeşit buğday arasında Eminbey çeşidi en uzun taneli çeşit iken Kızıltan çeşidi tanelerinin daha cılız olduğu gözlenmiştir (Çizelge-6). Ahmet Buğday çeşidi ise boy / en sonucuna göre diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında daha topak olduğu saptanmıştır.

Cinar ve ark., 2019 yılında pirinç sınıflandırması üzerine yaptıkları çalışmada yedi adet morfolojik özelliği görüntü işleme yöntemiyle çıkartmışlardır. Buradan çıkan sonuçları lineer regresyon, MLP, DVM, karar ağaçları, rassal orman, Naive Bayes ve k-NN makina öğrenme algoritmalarıyla sınıflandırmışlardır.

Diğer bir çalışmada ise Sabancı ve ark., 2016 yılında üç farklı sınıfa göre farklı buğday çeşitlerinin görüntü işleme tekniklerini kullanarak tanelerin fiziksel özelliklerden olan en, boy, alan, çevre gibi yedi farklı özellik çıkartarak veri seti oluşturmuşlardır. Bu veri setini k-NN, MLP, karar ağacı ve Naive Bayes makina öğrenme algoritmaları ile üç farklı sınıfa göre sınıflandırarak algoritmaların başarı performanslarını karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmamızda benzer şekilde görüntü işleme teknikleri kullanarak elde ettiğimiz dokuz farklı makarnalık buğday çeşitlerine ait 12 farklı fiziksel özelliği tanelerin hem tam tane hem de tane kesit alanı verilerine göre 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm boyutlarına göre YSA, k-NN ve DVM algoritmaları kullanarak her çeşit için ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçların sınıflandırma başarıları karşılaştırılmıştır.

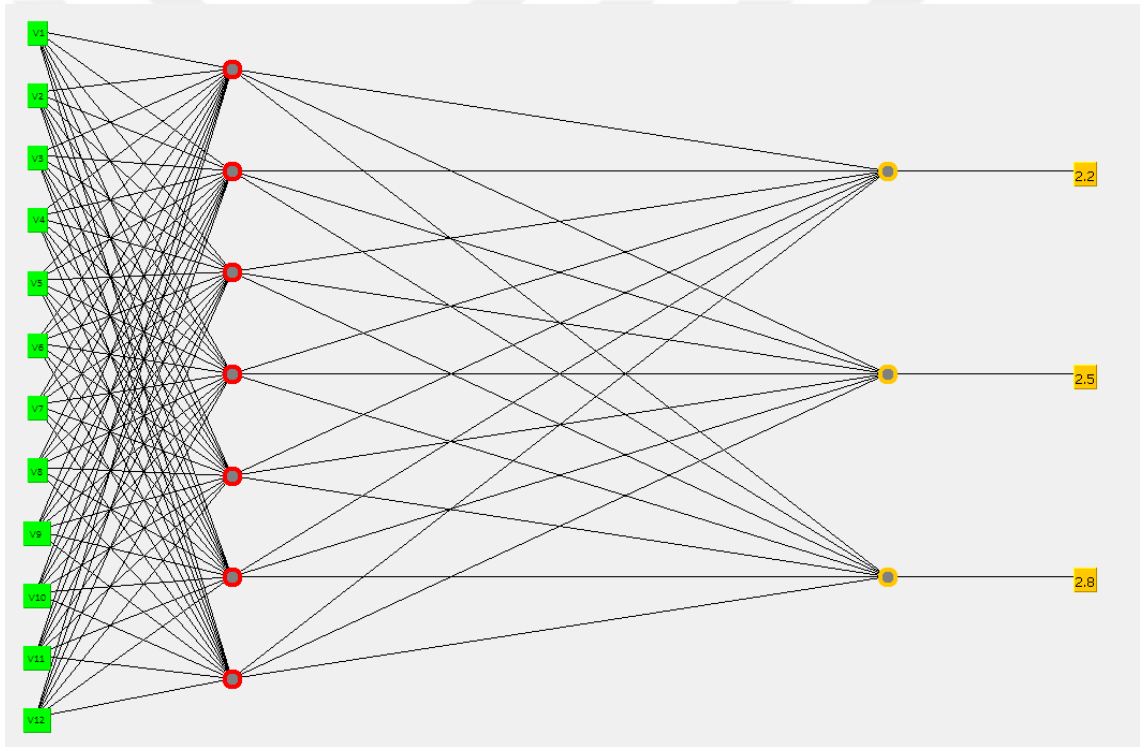
4.2. YSA ile Makine Öğrenmesi

Dokuz çeşit buğdayın her biri için 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm, boyutlarından geçen ellışer adet buğday tanelerinin görüntü işleme yöntemleri kullanılarak elde edilen 12 adet özellik YSA'da giriş verileri olarak kullanılmıştır. Her bir çeşitten yaklaşık 150 örnek bulunmaktadır. Bu örneklerin YSA'daki performanslarını görebilmek için 10 katlı çapraz doğrulama yöntemi ile test edilmiştir. Dokuz çeşidin performansı belirlenmiştir.

YSA mimarisini oluşturan parametreler Çizelge-9’da gösterilmiştir. Tam tane ve tane kesit alanı verileri aynı YSA mimarisi ile işlenmiştir (Şelkil-10).

Çizelge-9 YSA mimarisini oluşturan Parametreler

YSA Parametreleri	
Gizli Katman Sayısı	1
Nöron Sayısı	7
Öğrenme Oranı	0,3
Momentum	0,2
İterasyon Sayısı	500
Validasyon Eşik Değeri	20



Şelkil-11 YSA Mimarisi

Tam tane verilerinin YSA ile işlenmesi sonucu boyut sınıfının belirlenmesinde en yüksek başarı %81,3 ile Burgos çeşidi makine öğrenmesiyle sınıflandırılmıştır (Çizelge-14). Toplam 150 veriden 122 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 44 tanesi doğru, beş tanesi ise 2,5 mm ve bir tanesi de 2,8 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 34 tanesi doğru, dört tanesi 2,2 mm ve 12 tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyutu 2,8 mm olan 50 tanenin altı tanesi 2,5 mm olarak yanlış, geriye kalanları doğru tahmin edilmiştir (Çizelge-10).

Burgos çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,815, 0,812 ve 0,912 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-12).

YSA ile işlenmiş olan tam tane verilerinde en düşük başarı ise %60 ile Saragolla çeşidine aittir (Çizelge-14). Toplam 150 veriden 90 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 33 tanesi doğru, 14 tanesi 2,5 mm ve üç tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 18 tanesi doğru, 23 tanesi 2,2 mm ve dokuz tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir (Çizelge-10)

Çizelge-10 Tam tane verilerinin karmaşıklık matrisleri

Tam Tane Karmaşıklık Matrisleri											
YSA			k-NN			DVM					
Gerçek Değerler											
Tahmini Değerler	2,2	2,5	2,8	2,2	2,5	2,8	2,2	2,5	2,8	Boyut (mm)	Çeşitler
	31	16	3	36	13	1	28	19	3	2,2	Ahmet Buğdayı
	15	29	6	21	24	5	10	30	10	2,5	
	1	4	45	4	6	40	0	4	46	2,8	
	44	5	1	43	6	1	41	9	0	2,2	Burgos
	4	34	12	5	30	15	5	36	9	2,5	
	0	6	44	1	7	42	0	10	40	2,8	
	42	8	0	44	5	1	45	4	1	2,2	Ç-1252
	7	32	11	6	33	11	5	33	12	2,5	
	0	18	32	2	16	32	0	12	38	2,8	
	32	13	5	33	15	2	32	12	6	2,2	Eminbey
	13	27	10	15	26	9	15	25	10	2,5	
	2	8	40	10	10	30	3	6	41	2,8	
	32	8	2	36	5	1	38	3	1	2,2	Mimmo
	8	31	11	9	30	11	10	34	6	2,5	
	0	9	41	2	9	39	0	12	38	2,8	
	33	14	3	30	17	3	38	8	4	2,2	Saragolla
	23	18	9	25	21	4	25	12	13	2,5	
	3	8	39	9	3	38	2	7	41	2,8	
	39	10	1	44	6	0	40	9	1	2,2	Svevo
13	21	16	8	34	8	7	25	18	2,5		
1	16	33	2	15	33	2	6	42	2,8		
35	12	3	35	12	3	38	12	0	2,2	Yelken	
10	30	10	11	28	11	10	38	12	2,5		
1	7	42	5	9	36	0	12	38	2,8		
39	10	1	38	9	3	40	9	1	2,2	Kızıltan	
10	28	16	15	27	12	12	28	14	2,5		
28	17	33	6	15	29	1	14	35	2,8		

Boyutları 2,8 mm ve üstü olan 50 tanenin üç tanesi 2,2 mm, sekiz tanesi 2,5 mm olarak yanlış, geriye kalanlar ise doğru tahmin edilmiştir (Çizelge-10). Saragolla çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,591, 0,593 ve 0,786 olarak hesaplanmıştır. Diğer çeşitlere ait veriler Çizelge-12’de verilmiştir.

Çizelge-11 Tane kesit alanı verilerinin karmaşıklık matrisler

Tane Kesit Alanı Karmaşıklık Matrisleri											
YSA			k-NN			DVM					
Gerçek Değerler											
Tahmini Değerler	2,2	2,5	2,8	2,2	2,5	2,8	2,2	2,5	2,8	Boyut (mm)	Çeşitler
	47	3	0	44	6	0	45	5	0	2,2	Ahmet Buğdayı
	7	38	5	9	35	6	7	39	4	2,5	
	3	5	42	3	6	41	3	5	42	2,8	
	43	7	0	42	8	0	45	5	0	2,2	Burgos
	6	36	8	7	33	10	4	39	7	2,5	
	0	7	43	0	14	36	0	9	41	2,8	
	48	2	0	47	3	0	50	0	0	2,2	Ç-1252
	6	39	5	5	40	5	5	42	3	2,5	
	0	6	44	0	10	40	0	9	41	2,8	
	45	5	0	48	2	0	44	6	0	2,2	Eminbey
	8	33	9	11	31	8	8	36	6	2,5	
	1	11	38	5	9	36	2	13	35	2,8	
	46	4	0	45	5	0	44	6	0	2,2	Mimmo
	3	45	2	1	48	1	3	47	0	2,5	
	0	2	48	0	2	48	0	1	49	2,8	
	46	4	0	49	1	0	48	2	0	2,2	Saragolla
	4	35	11	5	37	8	4	40	6	2,5	
	0	7	38	0	9	36	0	3	36	2,8	
	42	6	2	39	10	1	44	6	0	2,2	Svevo
6	35	9	10	31	9	5	39	6	2,5		
1	10	39	2	11	37	0	12	38	2,8		
48	2	0	47	3	0	43	6	1	2,2	Yelken	
3	45	2	1	47	2	4	46	0	2,5		
1	4	45	1	6	43	1	5	44	2,8		
44	6	0	42	8	0	43	7	0	2,2	Kızıltan	
7	37	6	6	39	5	5	42	3	2,5		
1	6	43	0	8	42	0	8	42	2,8		

Çizelge-12 Tam tane verilerinin YSA sonuçları

Tam tane verilerinin YSA sonuçları									
YSA	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	70,0	0,700	0,150	0,695	0,700	0,697	0,861	0,2266	0,3801
Burgos	81,3	0,813	0,093	0,815	0,813	0,812	0,912	0,1658	0,3175
Çeşit1252	70,6	0,707	0,147	0,718	0,707	0,710	0,892	0,1930	0,3568
Eminbey	66,0	0,660	0,170	0,657	0,660	0,658	0,821	0,2662	0,3991
Kızıltan	64,9	0,649	0,179	0,651	0,649	0,650	0,825	0,2446	0,3995
Mimmo	73,2	0,732	0,138	0,731	0,732	0,731	0,887	0,2027	0,3621
Saragolla	60,0	0,600	0,200	0,591	0,600	0,593	0,786	0,2877	0,4202
Svevo	62,0	0,620	0,190	0,614	0,620	0,617	0,786	0,2780	0,4242
Yelken	71,3	0,713	0,143	0,712	0,713	0,712	0,844	0,2524	0,3762

Çizelge-13 Tane kesit alanı verilerinin YSA sonuçları

Tane kesit alanı verilerinin YSA sonuçları									
YSA	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	84,6	0,847	0,077	0,848	0,847	0,845	0,936	0,1283	0,2886
Burgos	81,3	0,813	0,093	0,814	0,813	0,813	0,910	0,1634	0,3225
Çeşit1252	87,3	0,873	0,063	0,872	0,873	0,872	0,946	0,1141	0,2782
Eminbey	77,2	0,773	0,113	0,772	0,773	0,772	0,881	0,1925	0,3493
Kızıltan	82,6	0,827	0,087	0,826	0,827	0,826	0,926	0,1460	0,3157
Mimmo	92,7	0,927	0,037	0,927	0,927	0,927	0,975	0,0629	0,2074
Saragolla	82,0	0,821	0,089	0,820	0,821	0,820	0,925	0,1224	0,3024
Svevo	77,3	0,773	0,113	0,774	0,773	0,774	0,905	0,1704	0,3376
Yelken	92,0	0,920	0,040	0,921	0,920	0,920	0,985	0,0679	0,1947

Dokuz çeşit buğdayın tane kesit alanı verilerinin YSA ile işlenmesi sonucu boyut sınıfının belirlenmesinde en yüksek başarı %92,7 ile Mimmo çeşidi makine öğrenmesiyle sınıflandırılmıştır (Çizelge-14). Toplam 150 veriden 139 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 46 tanesi doğru, dört tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 45 tanesi doğru, üç tanesi 2,2 mm ve iki tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Tane boyutu 2,8 mm olan 50 veriden 48 tanesi doğru, iki tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış şekilde tahmin edilmiştir (Çizelge-11). Mimmo çeşidi için Ortalama Tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,927, 0,927 ve 0,975 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-13).

En düşük başarı ise %77,2 başarı ile Eminbey çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge-14). Toplam 150 veriden 116 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 45 tanesi doğru, beş tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 33 tanesi doğru, sekiz tanesi 2,2 mm ve dokuz tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Tane boyutu 2,8 mm olan 50 veriden 38 tanesi doğru, 11 tanesi 2,5 mm ve bir tanesi 2,2 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir (Çizelge-11). Eminbey çeşidi için ortalama Tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,772, 0,772 ve 0,881 olarak hesaplanmıştır. Diğer çeşitlere ait sonuçlar Çizelge-13'te verilmiştir.

YSA ile makine öğrenme sonuçları tüm analiz boyut sınıflandırma başarısına göre karşılaştırıldığında en iyi başarı Mimmo çeşidinin kesit alanı verileri kullanılarak %92,7 başarı elde edildiği gözlenmiştir (Çizelge-14).

Çizelge-14 Tam tane ve tane kesit alanı YSA algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması

	YSA Sınıflandırma Başarı Yüzdesi	
	Tam Tane	Kesit Alanı
Ahmet Buğdayı	70,0	84,7
Burgos	81,3	81,3
Çeşit1252	70,6	87,3
Eminbey	66,0	77,3
Kızıltan	64,9	82,6
Mimmo	73,2	92,7
Saragolla	60,0	82,1
Svevo	62,0	77,3
Yelken	71,3	92,0

4.3. k-NN ile Makine Öğrenmesi

Bu çalışmada YSA'da elde edilen sonuçlar diğer bir makine öğrenme algoritması olan k-NN yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Hem tam tane hem de tane kesit alanı verileri ayrı ayrı işlenmiştir. YSA'da en yüksek başarıya sahip olan Mimmo tane kesit alanı verileri kullanarak en başarılı k komşuluk değeri belirlenmiştir. En uygun komşuluk için k değeri 3 ile 10 arasındaki sayılar denenmiş ve en yüksek başarıya sahip olan komşuluk sayısı 3 olarak belirlenmiştir (Çizelge-15). Üç komşuluklu k-NN algoritmasında başarı %94

olarak saptanmış, YSA'da Mimmo çeşidinin kesit alanı başarısı olan %92,7 makine öğrenme değerinden daha başarılı sonuç elde edilmiştir.

Çizelge-15 k komşuluk sayısının belirlenmesi

k Sayısı	Yüzde Başarı
3	94,0
4	91,3
5	93,3
6	92,0
7	92,7
8	93,3
9	93,3
10	91,3

Makine öğrenme algoritmalarımızdan k-NN de tam tane verilerinin işlenmesi sonucu boyut sınıfının belirlenmesinde Burgos çeşidi %76,6 ile en yüksek başarılı makine öğrenme sınıflandırılması olan çeşittir (Çizelge-18). Toplam 150 veriden 115 tanesi doğru bir şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 43 tanesi doğru, altı tanesi ise 2,5 mm ve bir tanesi de 2,8 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 30 tanesi doğru, beş tanesi 2,2 mm ve 15 tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyutu 2,8 mm olan 50 tanenin bir tanesi 2,2 mm, yedi tanesi 2,5 mm olarak yanlış geriye kalanları ise doğru tahmin edilmiştir (Çizelge-10). Burgos çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,766, 0,764 ve 0,859 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-16).

k-NN de işlenen tam tane verilerinde en düşük başarı ise %59,3 ile Saragolla çeşidine aittir (Çizelge-18). Toplam 150 veriden 89 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 30 tanesi doğru 17 tanesi 2,5 mm ve üç tanesi ise 2,8 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 21 tanesi doğru 25 tanesi 2,2 mm ve dört tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyut 2,8 mm olan 50 adet tohumun 38 tanesini doğru, 9 tanesini 2,2 mm geriye kalanı da 2,5mm olarak yanlış sınıflandırmıştır (Çizelge-10). Saragolla çeşidi için ortalama Tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,608, 0,596 ve 0,773 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-16).

Çizelge-16 Tam tane verilerinin k-NN sonuçları

Tam tane verilerinin k-NN sonuçları									
Çeşit	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	66,6	0,667	0,167	0,673	0,667	0,666	0,817	0,2503	0,3975
Burgos	76,6	0,767	0,117	0,766	0,767	0,764	0,859	0,2062	0,3612
Çeşit1252	72,6	0,727	0,137	0,728	0,727	0,726	0,854	0,2062	0,3665
Eminbey	59,4	0,593	0,203	0,603	0,593	0,595	0,736	0,3106	0,4487
Kızıltan	61,0	0,610	0,197	0,609	0,610	0,607	0,808	0,2711	0,4074
Mimmo	73,9	0,739	0,132	0,736	0,739	0,736	0,849	0,2053	0,3697
Saragolla	59,3	0,593	0,203	0,608	0,593	0,596	0,773	0,2915	0,4147
Svevo	74,0	0,760	0,130	0,746	0,740	0,740	0,818	0,2386	0,395
Yelken	66,0	0,660	0,170	0,659	0,660	0,660	0,812	0,2621	0,3982

Çizelge-17. Tane kesit alanı verilerinin k-NN sonuçları

Tane kesit alanı verilerinin k-NN sonuçları									
Çeşit	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	80,0	0,800	0,100	0,801	0,800	0,799	0,886	0,1739	0,3393
Burgos	74,0	0,740	0,130	0,747	0,740	0,742	0,907	0,1739	0,3239
Çeşit1252	84,6	0,847	0,077	0,849	0,847	0,847	0,926	0,1356	0,2893
Eminbey	76,6	0,767	0,117	0,769	0,767	0,761	0,844	0,2136	0,3719
Kızıltan	82,0	0,820	0,090	0,826	0,820	0,822	0,918	0,1518	0,3051
Mimmo	94,0	0,940	0,030	0,944	0,940	0,940	0,984	0,0592	0,1777
Saragolla	84,1	0,841	0,079	0,838	0,841	0,839	0,928	0,1448	0,2969
Svevo	71,3	0,713	0,143	0,716	0,713	0,714	0,876	0,1974	0,3563
Yelken	91,3	0,913	0,043	0,918	0,913	0,914	0,966	0,0724	0,2139

k-NN de işlenen tane kesit alanı verilerinin boyut sınıfının belirlenmesinde en yüksek başarı %94 ile Mimmo çeşidi makine öğrenmesiyle sınıflandırılmıştır (Çizelge-18). Toplam 150 veriden 141 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 45 tanesi doğru, beş tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 48 tanesi doğru, bir tanesi 2,2 mm ve bir tanesi ise 2,8 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir (Çizelge-11). Mimmo çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,944, 0,940 ve 0,984 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-17).

En düşük başarı ise %71,3 başarı ile Svevo çeşidine aittir (Çizelge-18). Toplam 150 veriden 107 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 39 tanesi doğru, 10 tanesi ise 2,5 mm ve bir tanesini 2,8 mm olarak yanlış tahmin

edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 31 tanesi doğru, 10 tanesi 2,2 mm ve dokuz tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyutu 2,8 mm olan 50 tanenin 37 tanesini doğru olarak, 11 tanesini 2,5 mm ve 2 tanesi de 2,2 mm olarak sınıflandırmıştır (Çizelge-11). Svevo çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,716, 0,714 ve 0,876 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-17).

Tüm boyut sınıflandırma başarısına göre k-NN sonuçları karşılaştırıldığında en iyi başarı Mimmo çeşidinin kesit alanı verileri kullanılarak %94 başarı elde edildiği gözlenmiştir (Çizelge-14).

Çizelge-18 Tam tane ve tane kesit alanı k-NN algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması

k-NN Sınıflandırma Başarı Yüzdesi		
	Tam Tane	Kesit Alanı
Ahmet Buğdayı	66,7	80,0
Burgos	76,7	74,0
Çeşit1252	72,7	84,7
Eminbey	59,3	76,7
Kızıltan	61,0	82,0
Mimmo	73,9	94,0
Saragolla	59,3	84,1
Svevo	74,0	71,3
Yelken	66,0	91,3

4.4. DVM ile Makine Öğrenmesi

DVM algoritması için en uygun c (karmaşıklık sabiti = complexity constant) değerinin belirlenmesinde de k-NN de olduğu gibi en yüksek başarıya sahip olan Mimmo çeşidi tane kesit alanı verileri kullanılarak başarıyı artıran c değeri belirlenmiştir. c değeri 0,5'ten başlayarak 4 olana kadar teker teker deneme yanılma yöntemi kullanılarak başarıyı artıran c değeri seçilmiştir (Çizelge-19). Çıkan sonuçlara göre WEKA programında SMO editörü kullanılarak c=1,5 olarak alınmıştır. Test yöntemi için diğer algoritmalarda uygulanan 10 kat çapraz doğrulama kullanılmıştır.

WEKA editöründe DVM için kalibredir lojistik, kernel ise polikernel seçildiğinde en iyi performansı veren c değeri 1,5 olarak saptanmıştır. Bu değere karşılık gelen tane boyut sınıflandırma başarısının %93,3 olduğu gözlenmiştir (Çizelge-19).Tasarlanan DVM yapısı hem tam tane hem de tane kesit alanı verilerinin tümüne uygulanmıştır.

Çizelge-19 c değerinin belirlenmesi

c Değeri	Yüzde Başarı
0,5	92,7
1,0	92,7
1,5	93,3
2,0	92,0
2,5	92,0
3,0	92,7
3,5	92,0
4,0	91,3

Çalışmamızda kullanılan dokuz çeşit makarnalık buğdayın DVM ile tam tane verilerinin işlenmesi sonucu boyut sınıfının belirlenmesinde en yüksek sınıflandırma başarı %78,0 ile Burgos çeşidine aittir(Çizelge-22).Toplam 150 veriden 117 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 41 tanesi doğru, dokuz tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 36 tanesi doğru, beş tanesi 2,2 mm ve 9 tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyutu 2,8 mm olan 50 tanenin, 10 tanesi 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir (Çizelge-10). Burgos çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,787, 0,783 ve 0,879 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-20).

Tam tane verilerinin DVM makina öğrenmesi ile işlenmesi sonucunda en düşük başarı ise %60,6 ile Saragolla çeşidine aittir (Çizelge-22). Toplam 150 veriden 91 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 38 tanesi doğru, sekiz tanesi 2,5 mm ve dört tanesi ise 2,8 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 12 tanesi doğru, 25 tanesi 2,2 mm ve 13 tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyut 2,8 mm olan 50 adet buğdayın 41 tanesini doğru, 2 tanesini 2,2 mm geriye kalanı da 2,5 olarak yanlış sınıflandırmıştır (Çizelge-10). Saragolla çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,579, 0,577 ve 0,715 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-20).

DVM ile tane kesit alanı verilerinin işlenmesi sonucu boyut sınıfının belirlenmesinde en yüksek başarı %93,3 ile Mimmo çeşidi makine öğrenmesiyle sınıflandırılmıştır (Çizelge-22). Toplam 150 veriden 140 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 44 tanesi doğru, altı tanesi ise 2,5 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 47 tanesi doğru, üç tanesi 2,2 mm olarak tahmin edilmiştir. Tane boyutu 2,8 olan 50 veriden 49 tanesi doğru, bir tanesi 2,5 mm olarak yanlış tahmin

edilmiştir (Çizelge-11). Mimmo çeşidi için ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,936, 0,934 ve 0,966 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-21).

Çizelge-20 Tam tane verilerinin DVM sonuçları

Tam tane verilerinin DVM sonuçları									
Çeşit	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	69,3	0,693	0,153	0,694	0,693	0,688	0,816	0,2963	0,3849
Burgos	78,0	0,780	0,110	0,787	0,780	0,783	0,879	0,2726	0,3528
Çeşit1252	77,3	0,773	0,113	0,773	0,773	0,773	0,859	0,2770	0,3590
Eminbey	65,3	0,653	0,173	0,647	0,653	0,648	0,769	0,3170	0,4110
Kızıltan	66,8	0,669	0,168	0,665	0,669	0,666	0,779	0,3102	0,4020
Mimmo	77,4	0,775	0,114	0,776	0,775	0,773	0,856	0,2786	0,3611
Saragolla	60,6	0,607	0,197	0,579	0,607	0,577	0,715	0,3304	0,4269
Svevo	71,3	0,713	0,143	0,710	0,713	0,707	0,801	0,2993	0,3887
Yelken	69,3	0,693	0,153	0,697	0,693	0,695	0,800	0,3037	0,3944

Çizelge-21 Tane kesit alanı verilerinin DVM sonuçları

Tane kesit alanı verilerinin DVM sonuçları									
Çeşit	Başarı (%)	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F1 skor	ROC Alanı	Mae	Rmse
Ahmet Buğdayı	84,0	0,840	0,080	0,842	0,840	0,840	0,908	0,2607	0,3348
Burgos	83,3	0,833	0,083	0,836	0,833	0,834	0,902	0,2622	0,3377
Çeşit1252	88,6	0,887	0,057	0,888	0,887	0,885	0,931	0,2489	0,3174
Eminbey	76,6	0,767	0,117	0,774	0,767	0,767	0,859	0,2815	0,3651
Kızıltan	84,6	0,847	0,077	0,855	0,847	0,849	0,916	0,2593	0,3333
Mimmo	93,3	0,933	0,033	0,936	0,933	0,934	0,966	0,2370	0,2981
Saragolla	85,5	0,855	0,073	0,855	0,855	0,855	0,915	0,2559	0,3283
Svevo	80,6	0,807	0,097	0,815	0,807	0,809	0,887	0,2696	0,3485
Yelken	93,2	0,930	0,029	0,930	0,930	0,930	0,965	0,2370	0,2981

En düşük başarı ise %76,6 ile Eminbey çeşidine aittir (Çizelge-22). Toplam 150 veriden 107 tanesi doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Tane boyutu 2,2 mm olan 50 veriden 44 tanesi doğru, altı tanesi ise 2,5 mm olarak yanlış tahmin edilmiştir. Boyut 2,5 mm olan 50 tanenin 36 tanesi doğru, 8 tanesi 2,2 mm ve altı tanesi ise 2,8 mm olarak tahmin edilmiştir. Boyutu 2,8 mm olan 50 tanenin 35 tanesini doğru olarak, 13 tanesini 2,5 mm ve 2 tanesini de 2,2 mm olarak sınıflandırmıştır (Çizelge-11). Eminbey çeşidi için de ortalama tutarlılık, F1 skoru ve ROC alanı değerleri sırasıyla 0,774, 0,767 ve 0,859 olarak hesaplanmıştır (Çizelge-21)

DVM sonuçları tüm boyut sınıflandırma başarısına göre karşılaştırıldığında en iyi başarı Mimmo çeşidinin kesit alanı verileri kullanılarak %93,3 başarı elde edildiği gözlenmiştir (Çizelge-22).

Çizelge-22 Tam tane ve tane kesit alanı DVM algoritması boyut sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması

DVM Sınıflandırma Başarı Yüzdesi		
	Tam Dane	Kesit Alanı
Ahmet Buğdayı	69,3	84,0
Burgos	78,0	83,3
Çeşit1252	77,3	88,7
Eminbey	65,3	76,7
Kızıltan	66,9	84,7
Mimmo	77,5	93,3
Saragolla	60,7	85,5
Svevo	71,3	80,7
Yelken	69,3	93,2

4.5. Makine Öğrenmesi İçin Tercih Edilecek En Başarılı Algoritmanın Seçimi

Dokuz buğday çeşidine ait 1350 tam tane ve bu tanelerin enine kesit alınarak 1350 tane kesit alanı görüntülerinin işlenmesi sonucu elde edilen verilerin YSA, k-NN ve DVM algoritmaları kullanılarak boyutsal özelliklerine göre makine öğrenmesi ile tane boyutu sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Çizelge-23 Kullanılan algoritmaların tam tane verilerinden elde edilen başarılarının karşılaştırılması

	Sınıflandırma Başarı Yüzdeleri (%)		
	Tam Tane		
	YSA	k-NN	DVM
Ahmet Buğdayı	70,0	66,7	69,3
Burgos	81,3	76,7	78,0
Çeşit1252	70,6	72,7	77,3
Eminbey	66,0	59,3	65,3
Kızıltan	64,9	61,0	66,9
Mimmo	73,2	73,9	77,5
Saragolla	60,0	59,3	60,7
Svevo	62,0	74,0	71,3
Yelken	71,3	66,0	69,3

Elde edilen sonuçlara göre tam tane verilerinin üç algoritmada da başarılı olduğu çeşit Burgos çeşididir. Burgos çeşidinin boyut sınıflandırma başarısı YSA için %81,3, k-NN için %76,7 ve DVM için ise %78 olarak belirlenmiştir (Çizelge-23) Tane kesit alanına göre yapılan analizlerde ise tane boyutu sınıflandırma başarısı her çeşit için genel olarak artmış ve üç algoritmada da en yüksek başarılı boyut sınıflandırma Mimmo çeşidinde gözlenmiştir. Mimmo çeşidinin boyut sınıflandırma başarısı YSA için %92,7, k-NN için %94 ve DVM için ise %93,3 olarak belirlenmiştir (Çizelge-24)

Çizelge-24 Kullanılan algoritmaların tane kesit alanı verilerinden elde edilen başarılarının karşılaştırılması

	Sınıflandırma Başarı Yüzdeleri (%)		
	Tane Kesit Alanı		
	YSA	k-NN	DVM
Ahmet Buğdayı	84,7	80,0	84,0
Burgos	81,3	74,0	83,3
Çeşit1252	87,3	84,7	88,7
Eminbey	77,2	76,7	76,7
Kızıltan	82,6	82,0	84,7
Mimmo	92,7	94,0	93,3
Saragolla	82,1	84,1	85,5
Svevo	77,3	71,3	80,7
Yelken	92,0	91,3	93,2

5. SONUÇ

Bu çalışmada Svevo, Ç-1252, Ahmet Buğdayı, Kızıltan, Yelken, Mimmo, Burgos, Eminbey ve Saragolla olmak üzere dokuz buğday çeşidi eleklerden elenmiş ve kullanılmıştır. Tohumlar 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm olmak üzere yaklaşık ellişer adet alınarak her çeşitten toplamda 150'şer adet olacak şekilde toplamda 1350 numune alınmış ve siyah beyaz görüntüleri elde edilmiştir. İncelenen tohumların hem tam tane sırt üzerinden hem de tanenin ortasından kesilerek kesit alanı görüntüleri kaydedilmiştir. Elde edilen görüntüler görüntü işleme teknikleri kullanılarak her tanenin hem tam tane hem de kesit alanı için alan (area), çevre (perimeter), ana eksen (major axis), ikincil eksen (minör axis), dışbükey kabuk (convex area), dışmerkezlilik (eccentricity), eşdeğer çap (equivdiameter) morfolojik özellikler çıkartılmıştır. Bu veriler kullanılarak alan (area) / çevre (perimeter), eşdeğer çap (equivdiameter) / ana eksen (major axis), ana eksen (major axis) / ikincil eksen (minor axis), alan (area) / ana eksen (major axis), dışbükey kabuk (convex area) / alan (area), dışmerkezlilik (eccentricity) / ana eksen (major axis), çevre (perimeter) / alan (area) oranları hesaplanarak toplamda 12 adet özellik elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ile dokuz çeşide ait tanelerin fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Her çeşitten ayrı ayrı alınan tüm elek boylarında 150'şer adet tam tane ortalama boy sonuçlarına göre 159,6 piksel değeri ile en küçük boylu tanelere sahip olan çeşidin Mimmo çeşidi olduğu saptanmıştır. Eminbey ise 188,1 piksel değeri ile en uzun taneli çeşit olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Eminbey için kesit alanı verileri incelendiğinde 3567,2 piksel değeri ile en düşük alana ve alan çevre oranı 0,819 ile en düşük orana sahip olduğu gözlenmiştir. Çeşitler içerisinde en uzun ve sıska tanelere sahip çeşit olduğu saptanmıştır. 150'şer adetli ortalama tam tane verilerine göre 67,5 piksel değeri ile en uzunluğu maksimum olan çeşit Ahmet Buğdayı iken 49,5 piksel değeri ile en uzunluğu en düşük olan çeşit Kızıltan olduğu saptanmıştır. Ortalama boy en uzunluğu oranları karşılaştırıldığında da 2,63 değeri ile Ahmet Buğdayı en düşük, 3,57 değeri ile Kızıltan en yüksek orana sahip olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar Ahmet Buğdayının çeşitler içerisinde en topak şekle sahip olduğunu Kızıltan çeşidini ise daha cılız olduğunu göstermektedir.

Ortalama 150'şer adetlik her çeşitten elde edilen verilerin tane kesit alanı sonuçları incelendiğinde alanı 4214,4 piksel ve çevresi 245,9 piksel ile en yüksek çıkan çeşit

Saragolla çeşidi olduğu gözlenmiştir. Tane geometrisi incelendiğinde dairesel şekle daha çok yaklaştığı gözlenmektedir. Diğer taraftan Ahmet Buğdayı çeşidine ait tanelerin geometrisi incelendiğinde köşe sayılarının arttığı dairesel şekilden ziyade konkav dörtgenel bölgelerinin olduğu gözlenmiştir.

Görüntü işleme sonucu elde edilen 12 farklı özellik tane boyut sınıflandırması için farklı makine öğrenme algoritmaları için giriş verileri olarak kullanılmıştır. Tane boyut sınıfları ise 2,2 mm, 2,5 mm ve 2,8 mm olan elek boyut sınıfları olarak kullanılmıştır. Her çeşitten elde edilen 150'şer adet veri ayrı ayrı makine öğrenmesi için eğitim ve test verisi olarak kullanılmıştır. Yapay zeka tekniklerinden biri olan YSA ile bu veriler kullanılarak dokuz çeşidin ayrı ayrı ve birlikte yapay sinir ağları oluşturulmuştur. Tam tane ve tane kesit alanı verilerinde aynı mimariye sahip YSA kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tane kesit alanı verileri için Mimmo çeşidi %92,7 ile en yüksek boyut sınıflandırma başarısına sahiptir. k-NN algoritmasının parametrelerinin belirlenmesi için YSA'da en başarılı olan Mimmo çeşidinin tane kesit alanı verileri kullanılmıştır. k değeri en başarılı sınıflandırma sonucuna göre k=3 olarak belirlenmiş ve diğer dokuz çeşidin tam tane ve tane kesit alanı için ayrı ayrı uygulanmıştır. Tam tane verileri içerisinde en yüksek %76,7 ile Burgos çeşidine ve tane kesit alanı için ise %94 ile Mimmo çeşidine aittir. k-NN algoritmasının parametrelerinde olduğu gibi DVM algoritmasının parametrelerinin belirlenmesi için YSA'da en yüksek başarıya sahip olan Mimmo çeşidine ait tane kesit alanı verileri kullanılmıştır. En yüksek boyut sınıflandırma başarısı için c=1,5 olarak hesaplanmış ve tüm verilere aynı yapıya sahip DVM algoritması kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tam tane verileri içerisinde en yüksek boyut sınıflandırma başarısı %78 ile Burgos çeşidi, tane kesit alanı verilerinde ise en yüksek boyut sınıflandırma başarısı %93,3 ile Mimmo çeşidine aittir. Tam tane verileri içerisinde üç algoritmada da başarılı olan Burgos çeşididir. Tane kesit alanı verilerine göre ise üç algoritmada da başarılı olan çeşit Mimmo çeşididir.

Elde edilen tüm sonuçların ışığında kesit alanı verilerinin tam tane verilerine göre tane boyutlarının sınıflandırılmasında daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Sonraki çalışmalarda on iki özelliğe ek olarak tane rengi, tane doku özellikleri ve karın yarığı derinliği gibi veriler ile makine öğrenme performansı artırılabilir. Bu çalışmanın sonuçları ıslah programlarında önemli veri kaynaklarından biri olan fenotipik analizler

için hızlı, maliyeti düşük, yüksek doğruluk ve tutarlılık ile tanenin morfolojik özelliklerinin belirlenebileceğini göstermektedir.



6. KAYNAKLAR

- Abaye, A. O., Brann, D. E., Alley, M. M. ve Griffey, C. A. 1997. Winter Durum Wheat: Do We Have All The Answers. *Virginia Tech Publication*, 424-802.
- Anchalia, P., Roy, K., 2014. *The k-Nearest Neighbor Algorithm Using MapReduce Paradigm*. Fifth International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, 513-518.
- Anonim, 1999. Görüntü İşleme. *www.bilten.metu.edu.tr* (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- Anonim, 2007. Tarım/Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, *www.tuik.gov.tr* (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- Anonim, 2008. Türkiye İstatistik Kurumu. *http://www.tuik.gov.tr*. (Erişim Tarihi: 19.06.2019).
- Atlı, A., Koçak, N. ve Aktan, M., 1993. Ülkemiz Çevre Koşullarının Kaliteli Makarnalık Buğday Yetiştirmeye Uygunluk Yönünden Değerlendirilmesi. *Hububat Sempozyumu*, Konya.
- Ayata, M., Yalçın, M. ve Kirişçi, V., 1997. Toprak-Alet İlişkilerinin Görüntü İşleme Sistemi ile İncelenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, Tokat.
- Baxes, A G., 1994. Digital İmage Processing Principles And Applications. *John Wiley & Sons, Inc.*, USA.
- Bellanger, M., 2000 Digital Processing Of Signal: Theory and Practice. *John Wiley and Sons*, USA.
- Bozüyük, T., Yağcı, C., Gökçe, İ., Akar, G., 2005. Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları.
- Breseghello, F., ve Sorrells, M. E.. 2007. QTL analysis of kernel size and shape in two hexaploid wheat mapping populations. *Field crops research*, 101(2), 172-179.
- Bushuk, W., 1998. Wheat Breeding For End-Product Use. *Euphytica*, 100, 137-145.

- Cabral, A. L., Jordan, M. C., Larson, G., Somers, D. J., Humphreys, D. G., & McCartney, C. A., 2018. Relationship between QTL for grain shape, grain weight, test weight, milling yield, and plant height in the spring wheat cross RL4452/'AC Domain'. *PloS one*, 13(1), e0190681.
- Campbell, K. G., Bergman, C. J., Gualberto, D. G., Anderson, J. A., Giroux, M. J., Hareland, G. ve Finney, P. L., 1999. Quantitative trait loci associated with kernel traits in a soft× hard wheat cross. *Crop science*, 39(4), 1184-1195.
- Castelman, R. K., 1996. Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, *New Jersey, USA*.
- Chelappa, R. ve Sawchuk, A., 1985. Digital Image Processing and Analysis. Volume 2, Digital Image Analysis, *IEEE Computer Society Press*.
- Chen, F. N., Cheng, F. ve Ying, Y. B. 2011. Detect Black Germ In Wheat Using Machine Vision. In *2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*, 36-39, *IEEE*.
- Cinar, I. ve Koklu, M., 2019. Classification of Rice Varieties Using Artificial Intelligence Methods. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 7(3), 188-194.
- Demir, Ö., 2006. MATLAB Gereçleri ile Görüntü İşleme Uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Demirbaş, H. Y. ve Dursun, İ., 2007. Buğday Tanelerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniğiyle Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (3), 176-185.
- Delwiche, S. R., Yang, I. C. ve Graybosch, R. A., 2013. Multiple View Image Analysis of Freely Falling US Wheat Grains For Damage Assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 98, 62-73.
- Dursun, E. ve Göknur- Dursun, İ., 2000. Ekim Makinası Sıra Üzeri Tohum Dağılımının Görüntü İşleme Yöntemi ile Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (4), 21-28.

- Farahani, L., 2012. Discrimination of Some Cultivars of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Using Image Analysis. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (7), 1375-1380.
- Gonzalez, R.C. ve Woods, R.E., 1993. Digital Image Processing, Second Edition, *Addison- Wesley Publishing Company*, USA.
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2002. Digital Image Processing, Second Edition, *Prentice-Hall, New Jersey*, 25(344),519-732.
- Gökmen, S. ve Ateş, Ö., 2005. AB Sürecinde Türkiye’de Tahıl Üretimi ve Politikaları. *Demokrasi Platformu*, 3, 175-197.
- Göknur-Dursun, İ., 2001. Bazı Taneli Ürünlerin İzdüşüm Alanlarının Görüntü İşlemeyle Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7 (3), 102-107.
- Gunasekaran,S., 1996. Computer Vision Technology For Food Quality Assurance. *Trends in Food Science & Technology*, 7(8), 245-256.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P. ve Witten, I. H. 2009. The WEKA Data Mining Software: An Update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18.
- Haykin, S., 1999. Neural Networks a Comprehensive Foundation, *Prentice Hall publishing*, New Jersey.
- Hernandez, F. ve Gil, J. G., 2011. A Machine Vision System For Classification of Wheat And Barley Grain Kernels. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (3), 672-680.
- Johannes, A., Picon, A., Alvarez-Gila, A., Echazarra, J., Rodriguez-Vaamonde, S., Navajas, A. D. ve Ortiz-Barredo, A.,2017. Automatic Plant Disease Diagnosis Using Mobile Capture Devices, Applied On A Wheat Use Case. *Computers and Electronics In Agriculture*, 138, 200-209.

- Jones, D. C., Price, J. A., Workneh, F., Evett, S. R., Arthur, J. ve Rush, C. M., 2010. Effects of Wheat Streak Mosaic Virus On Root Development And Water-Use Efficiency of Hard Red Winter Wheat. *Plant Disease*, 94(6), 766-770.
- Keefe, P. D., 1992. A Dedicated Wheat Grain Image Analyzer. *Plant Varieties and Seeds*, 5: 27-33.
- Khadidja, B., Sihem, M., 2015. Similarity Measures for Content-Based Dermoscopic Image Retrieval: A comparative study. *First International Conference on New Technologies of Information and Communication (NTIC)*, 3.
- Kumar, A., Mantovani, E. E., Seetan, R., Soltani, A., Echeverry-Solarte, M., Jain, S. ve Kianian, S. F., 2016. Dissection of genetic factors underlying wheat kernel shape and size in an elite× nonadapted cross using a high density SNP linkage map. *The plant genome*, 9(1).
- Kün, E., 1983. Serin İklim Tahılları. *A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:857, Ders Kitabı, 240 s, Ankara.
- Liu, C.Y., Shepherd, K.W., and Rathjen, A.J., 1996. Improvement of Durum Wheat Pastamaking and Breadmaking Qualities. *Cereal Chemistry*.
- Liu, R.H., 2007. Whole Grain Phytochemicals and Health. *Journal of Cereal Science*, 46, 207–219.
- Liu, J., Qian, B., Zhao, T., Jing, Q., Geng, X. ve Shang, J. 2016. Estimating Winter Wheat Biomass by Assimilating Leaf Area Index Derived From Fusion of Landsat-8 and Modis Data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 49, 63-74.
- Luo, X., Jayas, D. S., ve Symons, S. J., 1999. *Comparison of Statistical and Neural Network Methods for Classifying Cereal Grains Using Machine Vision. Transactions of the ASAE*, 42(2): 413-419.
- Marshall D., Mares D., Moss J. ve Ellison F., 1986. Effects of grain shape and size on milling yields in wheat. II. *Experimental Studies*. *Aust J Agric Res.*; 37(4):331–42.

- Matrix Laboratory (MATLAB), 2019 *www.mathworks.com*, (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- McAndrew, A., 2004. An İntroduction To Digital İmage Processing With MATLAB Notes For Scm2511 İmage Processing. *School of Computer Science and Mathematics, Victoria University of Technology*, 264(1), 1-264.
- Menteş-Yılmaz, Ö., 2011. Türkiye’de Yetiştirilen Başlıca Buğday Çeşitlerinin Antioksidan Aktivitelerinin ve Fenolik Asit Dağılımlarının Belirlenmesi Ve Ekmeğin Nar Kabuğu Ekstraktı ile Zenginleştirilmesi. *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Mitchell, T. M. (2003). Machine learning and data mining. *Communications of the ACM*, 42(11).
- Morris, S.R., 2004. Grain: Quality attributes. *Encyclopedia of Grain Science*, Eds: Wrigley, C. et al., Elsevier Ltd., Amsterdam.
- Niblack, W., 1986. An introduction to image processing. *Prentice-Hall International*.
- Otsu, N., 1979. A Threshold Selection Method From Gray Level Histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-9(1), 62-66.
- Ozkan, I. A., ve Koklu, M., 2017. Skin Lesion Classification using Machine Learning Algorithms. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 5(4), 285-289.
- Özberk, İ., Özberk, F., Coşkun, Y., Özberk ve Urfa., 2005. Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Verim Performansları ve Stabiliteleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (3),29-34.
- Özkan, M.F., 2010. MATLAB Görüntü İşleme Aracı Kullanarak Endometriozis Hastalığının Ultrason Görüntülerinde Tespiti, *Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü*,Elazığ.
- Özkaya, H. ve Kahveci, B., 1990. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları* No: 14, Ankara.

- Pazoki, A. ve Pazoki, Z., 2011. Classification System For Rain Fed Wheat Grain Cultivars Using Artificial Neural Network. *African Journal of Biotechnology*, 10(41), 8031-8038.
- Pehlivan, A. ve İkincikarakaya, S. Ü., 2017. Makarnalık Buğdayda Kalite Islahı Çalışmaları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 127-151.
- Pourreza, A., Pourreza, H., Abbaspour-Fard, M. H. ve Sadrnia, H., 2012. Identification of Nine Iranian Wheat Seed Varieties By Textural Analysis With Image Processing. *Computers and electronics in agriculture*, 83, 102-108.
- Sabancı, K. ve Akkaya, M., 2016. Classification of Different Wheat Varieties by Using Data Mining Algorithms. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 4 (2), 40-44.
- Sabancı, K., Toktas, A. ve Kayabasi, A., 2017. Grain Classifier With Computer Vision Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3994-4000.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., 2003, Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: *Yapay Sinir Ağları*, *Ufuk Yayınevi*, Kayseri.
- Saini, M., Singh, J. ve Prakash, N. R., 2014. Analysis of Wheat Grain Varieties Using Image Processing-a Review. *International Journal of Science and Research*, 3(6), 490-495.
- Samtaş, G., Gülesin, M., 2012. Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2 (1), 85-97.
- Schwarz, G., 1978. Estimating The Dimension Of A Model. *The Annals of Statistics*, 6 (2),461-464.
- Semmlow, J.L., 2004. Biosignal and Biomedical Image Processing MATLAB-Based Applications, *Marcel Dekker, Inc.*

- Shouche, S.P., Rastogi, R., Bhagwat, S.G., ve Sainis, J.K., 2001. Shape Analysis of Grains of Indian Wheat Varieties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 33 (2001), 55-76.
- Singh, D., Wang, X., Kumar, U., Gao, L., Noor, M., Imtiaz, M., ve Poland, J., 2019. High-throughput phenotyping enabled genetic dissection of crop lodging in wheat. *Frontiers in plant science*, 10, 394.
- Sun, D.W., Brosnan, T. 2003. Improving Quality Inspection of Food Products by Computer Vision. *Journal of Food Engineering*, 61, 3-16.
- Symons, S. J., Van Schepdael, L. Ve Dexter, J. E., 2003. Measurement of Hard Vitreous Kernels in Durum Wheat by Machine Vision. *Cereal Chemistry*, 80(5), 511-517.
- Şahin, M., Göçmen, A. ve Aydoğan, S., 2004. Buğday ve Arpa Islahında Kullanılan Kalite Kriterleri. *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1 (1), 54-60.
- Taş, B., 2001. Bursa Ekolojik Koşullarında Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Kimi Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15, 43-54.
- Toprak Mahsülleri Ofisi, 2017. Hububat Raporu 2017 <http://www.tmo.gov.tr> (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- Trocchi, A., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C. ve Di Fonzo, N., 2000. Mini Review: Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. *Journal of Cereal Science*, 32(2), 99-113.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2018. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- United States Department of Agriculture (USDA), 2018. <https://www.usda.gov> (Erişim Tarihi: 20.06.2019).
- Utku, H., Köksel, H. ve Kayhan, S., 1998. Classification of Wheat Grains by Digital Image Analysis Using Statistical Filters. *Euphytica*, 100 (1-3), 171-178.
- Vapnik , V., 1998. *Statistical Learning Theory*, Wiley.

- Wang, N., Dowell, F. E. ve Zhang, N., 2003. Determining Wheat Vitreousness Using Image Processing And A Neural Network. *Transactions of the ASAE*, 46(4), 1143.
- Yaman, K., 2000. Görüntü İşleme Yönteminin Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sistemi Güzergahında Sefer Aralıklarının Optimizasyonuna Yönelik Olarak İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Yıldırım, M., 2012. Kandaki Glikoz ve HbA1c Değerlerinin Avuç İçi Nem Parametreleri Kullanılarak Destek Vektör Makinesi İle Sınıflandırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.*
- Zayas, I., Pomeranz, Y. ve Lai, F. S., 1989. Discrimination of Wheat and Nonwheat Components in Grain Samples By Image Analysis. *Cereal Chemistry*, 66(3), 233-237.
- Zayas, I. Y., Martin, C. R., Steele, J. L.ve Katsevich, A., 1996. Wheat Classification Using Image Analysis And Crush-Force Parameters. *Transactions of the ASAE*, 39 (6), 2199-2204.

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Aziz DOĞANAY
Doğum Tarihi ve Yeri: 16.07.1988 / KARAMAN
Medeni Hali: Evli
Telefon: 0 544 533 45 20
e-mail: azizzdoganay@gmail.com

Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Y. Lisans	Biyomühendislik Anabilim Dalı	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	-
Lisans	Ziraat Mühendisliği / Bitki Koruma Bölümü	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	2012

İş deneyimi

Duru Bulgur Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş Bulgur Kalite Kontrol Sorumlusu - 2019