



# Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

## Anadolu Journal of Agricultural Sciences

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/omuanajas>



### Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 30 (2015) 51-59  
ISSN: 1308-875 (Print) 1308-8769 (Online)  
doi: [10.7161/anajas.2015.30.1.51-59](https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.1.51-59)



## Yapay sinir ağları ile makarnalık buğday çeşitlerinin sınıflandırılması

Alper Taner\*, Ali Tekgüler, Hüseyin Sauk

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Samsun  
\*Sorumlu yazar/corresponding author: [alper.taner@omu.edu.tr](mailto:alper.taner@omu.edu.tr)

Geliş/Received 10/11/2014 Kabul/Accepted 21/01/2015

### ÖZET

Bu çalışmada, makarnalık buğday çeşitlerinin sınıflandırmasını yapmak amacıyla bir Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla makarnalık buğdaylara ait fiziksel özellikler belirlenmiş ve YSA teknikleri kullanılmıştır. Ülkemizde yetiştirilmekte olan on bir adet makarnalık buğday çeşidinin fiziksel özelliklerinden olan bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite ve renk belirlenmiş ve bu özelliklerin çeşitlere göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. YSA modeli olarak M-I, M-II ve M-III olmak üzere üç adet model geliştirilmiştir. Bu modellerin performansları karşılaştırılmıştır. En uygun modelin M-I modeli olduğu belirlenmiştir. M-I modelinde ağırlık yapısı, 11 giriş, 2 ara ve 1 çıkış katmanı olarak dizayn edilmiştir. Giriş parametresi olarak bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite ve renk, çıkış parametresi olarak ise çeşitler kullanılmıştır. M-I modeli için  $R^2$  değeri %99.99, RMSE değeri 0.00074 ve ortalama nispi hata değeri %0.009 olarak bulunmuştur. M-I modeli ile elde edilen tüm sonuçların gerçek veriler ile uyumluluk içinde olduğu görülmüştür. Bu model ile Ticaret Borsaları ve un fabrikalarında ürünleri sınıflandırma ve temizleme amacıyla otomasyon sistemleri oluşturmak mümkün olabilecektir.

Anahtar Sözcükler:  
Fiziksel özellikler  
Makarnalık buğday  
Yapay sinir ağları

### Classification of durum wheat varieties by artificial neural networks

#### ABSTRACT

In this study, an Artificial Neural Network (ANN) was developed in order to classify durum wheat varieties. For this purpose, physical properties of durum wheat varieties were determined and ANN techniques were used. The physical properties of 11 durum wheat varieties grown in our country, namely thousand kernel weight, geometric mean diameter, sphericity, kernel volume, surface area, bulk density, true density, porosity and color parameters of grain, were determined and it was found that these properties were statistically significant with respect to varieties. As ANN model, three models, M-I, M-II and M-III were constructed. The performances of these models were compared. It was determined that the best fit model was M-I. In the M-I model, the structure of the model was designed to be 11 input layers, 2 hidden layers and 1 output layer. Thousand kernel weight, geometric mean diameter, sphericity, kernel volume, surface area, bulk density, true density, porosity and color parameters of grain were used as input parameter; and varieties as output parameter.  $R^2$ , RMSE and mean error for the M-I model were found as 99.99%, 0.00074 and 0.009%, respectively. All results obtained by the M-I model were observed to have been quite consistent with real data. By this model, it would be possible to construct automation systems for classification and cleaning in Commodity (Grain) Exchange and flour mills.

Keywords:  
Artificial neural networks  
Durum wheat  
Physical properties

© OMU ANAJAS 2015

### 1. Giriş

Buğday dünya nüfusunun en önemli besin kaynağıdır. Ülkemizde binlerce yıldır yetiştirilmekte ve tarla ürünleri

içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından ilk sırada yer almaktadır. 7.7 milyon hektar olan toplam buğday ekim alanının 1.2 milyon hektarını makarnalık buğday oluşturmaktadır. Toplam 22 milyon ton olan yıllık

buğday üretiminin yaklaşık %18.50'si makarnalık buğday üretimidir (TUİK, 2013).

Tarımsal ürünlerin pazarlanmasında o ürüne ait çeşitlerin bilinmesi üretici, sanayici ve tüketici için oldukça önemlidir. Üreticiler doğru bir yetiştiricilik yapabilmek amacıyla ettikleri ürünün çeşidini bilmek isterler. Aynı zamanda hedef pazarlar için standart oluşturmak amacıyla pazarlamacılar da sattıkları ürünün çeşidinden emin olmak isterler. Bu nedenlerle çeşitlerin tanımlanmasında güvenilir metotlara ihtiyaç vardır. Geleneksel sınıflandırma metotlarının kullanımı yavaş ve karmaşıktır. Üstelik buğday çeşitlerinin tanımlanmasını uzman kişiler yapmakta, sonuçlar objektif ve sağlıklı olmamaktadır. Bu sıkıntıları aşmak için hızlı, güvenilir ve bilgisayar teknolojilerine dayalı metotlar tercih edilmektedir (Chen ve ark., 2010; Pourreza ve ark., 2012).

Bilgisayar teknolojisi, disiplinler arası bir araştırma alanıdır. Yapay Zeka metodlarından, YSA, bulanık mantık, genetik algoritma gibi farklı teknikler araştırmacılar tarafından veri analizi için kullanılmaktadır. Son yıllarda, yapay zeka metotları, tarımsal uygulamalarda da oldukça yaygın görülmektedir (Kalogirou, 1999; Aydoğan ve ark., 2011).

Biyolojik uygulamalarda, YSA sık sık sınıflandırma ve ürün tanıma için kullanılmaktadır. YSA doğrusal olmayan ve belirsiz veriler ile çalışmada oldukça etkin ve başarılı olmaktadır. Bu nedenle tarımsal ürünlerin sınıflandırması ve tanımlanması için önemli bir potansiyele sahiptir. (Visen ve ark., 2002; Dubey ve ark., 2006).

Bir YSA'nın, giriş, ara ve çıkış katmanları olmak üzere üç katmanı vardır (Şekil 1). Her katman nöronlardan oluşur. Bu katmanlar ağırlıklar ile birbirlerine bağlıdır. Ağırlıkları belirlemek için bir çok öğrenme algoritması mevcuttur. En popülerleri back propagation öğrenme algoritmasıdır. Bu back propagation algoritması ağırlıkları değiştirerek toplam hatayı minimize etmek için kullanılır. Bir önceki katmandan gelen girişler, bunlara karşılık gelen bağlantıların ağırlıkları ile çarpılır. Her nöron çıkışını üretmek için bir transfer fonksiyonu ile ağırlıklandırılmış girdileri işler. Transfer fonksiyonu doğrusal ya da doğrusal olmayan bir fonksiyon olabilir. Veriler tesadüfi olarak eğitim ve test seti olarak ikiye ayrılır. Amaç çıkış katmanında gerçek çıkış ve tahmin edilen çıkış değerleri arasındaki farkı minimize eden ağırlık değerlerini bulmaktır. Eğitilen ağ, sonra test setindeki veriler ile test edilir. Test hatası belirlenen tolerans değere ulaşıncaya kadar eğitimi bitirilir (Kalogirou, 2001).

YSA, hububat ürünlerinin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Paliwal ve ark. (2001), tanelerin fiziksel özelliklerini kullanarak değişik YSA yapılarının sınıflandırma başarılarını incelemişlerdir. Visen ve ark. (2002), 5 hububat türünü görüntü işleme ve YSA tekniklerini kullanarak sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma başarısını arpada %98.7, yazlık buğdayda %99.3, makarnalık buğdayda %96.7, yulafda %98.4 ve çavdarda %96.9 olarak bulmuşlardır. Wang ve ark. (2002), görüntü işleme teknikleri ve YSA kullanarak makarnalık buğdaydaki camsı ve camsı olmayan taneleri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında %90.1 sınıflandırma başarısı elde etmişlerdir. Baykan ve ark. (2005) buğday tanelerini türlerine göre sınıflandırmak

amacıyla görüntü işleme ve YSA tekniklerini kullanmışlardır. Tanenin 9 fiziksel özellik ve gri seviye ortalamasını elde etmişlerdir. Taneye ait tanımlayıcı özellikleri çok katmanlı algılayıcılar yardımıyla sınıflandırmışlardır. Sınıflandırma başarısını beş buğday türü için %72.62 olarak bildirmişlerdir. Dubey ve ark. (2006), üç farklı merkezde yetiştirilmiş, üç tür ekmeklik buğdayı sınıflandırmışlardır. 45 şekilsel özellik verisi ile YSA kullanılarak sınıflandırma yapmışlardır. Sınıflandırma başarısını %88 olarak bulmuşlardır. Babalık ve ark. (2006), buğday türlerini belirlemek amacıyla tanelere ait 9 geometrik özellik ve renk bilgisi kullanmışlardır. Tanelere ait tanımlayıcı bu bilgileri kullanarak YSA modeli geliştirmişler ve % 90.66 sınıflandırma başarısı elde etmişlerdir. Pazoki ve Pazoki (2011), ortalama %86.48 başarı elde ettikleri buğday çeşitlerinin sınıflandırılması çalışmalarında YSA tekniklerini kullanmışlardır.

Bir çok araştırmacı, YSA tekniklerini kullanarak buğday yanında farklı tarımsal ürünlerin sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır (Liao ve ark., 1993; Romaniuk ve ark., 1993; Jayas ve ark., 2000; Yun, 2004; Dubey ve ark., 2006; Wang ve ark., 2007; Chen ve ark., 2010; Zapotoczny, 2011; Taner ve ark., 2012).

Tarımsal materyallerin fiziksel özelliklerini belirlemek, tasarım yapmak için mühendislikte kabul edilen parametreleri ve karakteristikleri doğru tahmin etmek amacıyla oldukça önem arz etmektedir. Geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, bin dane ağırlığı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite, renk gibi fiziksel özellikler, ürün işleme, taşıma, eleme, depolama, kurutma gibi işlemler için proses ve ekipman dizayn etmede kullanılır. Ayrıca son ürün kalitesini değerlendirme, farklı çeşitleri sınıflandırma ve ayırma amacıyla da kullanılır (Mohsenin, 1970; Tabatabaefar, 2003).

Buğday alımında fiyat belirleme ve sınıflandırma amacıyla yapılan işlemler uzman kişiler tarafından görsel denetim yöntemi ile yapılmakta, sonuçlar kişiye göre farklılıklar gösterebilmektedir. Ayrıca buğday, şekil, boyut, renk gibi özellikleri bakımından doğrusal olmayan ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu da ürünlerin tanımlanması ve sınıflandırılmasında zorluklara neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları giderebilmek amacıyla bilgisayar destekli ve akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, makarnalık buğday çeşitlerinin sınıflandırmasını yapabilmek için bir YSA modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak on bir tane makarnalık buğday çeşidi (Altıntaş-95, Çeşit-1252, Kümbet-2000, Dumlupınar, Mirzabey-2000, Altın 40/98, Selçuklu-97, Meram-2002, Yelken-2000, Kızıltan-91 ve Yılmaz-98) kullanılmıştır. Kullanılan çeşitler, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir. Çalışmada dokuz fiziksel özellik belirlenmiştir. Bunlar bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite ve renk parametreleridir. Çalışmada

kullanılan çeşitlere ait daneler, toz, taş, saman, olgunlaşmamış ve hasarlı dane gibi her türlü yabancı maddelerden temizlenmiştir. Ölçümler %8.9 nem değerinde yapılmıştır.

## 2.2. Yöntem

Danelerin fiziksel ölçülerini belirlemek için, 100 adet dane tesadüfi olarak 10'arlı gruplara ayrılmıştır. Belirlenen her grup içindeki 10 daneden uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Ölçümlerde 0.1 mm hassasiyetli dijital kumpas kullanılmıştır (Jain ve Bal, 1997; Haciseferoğulları ve ark., 2005).

Geometrik ortalama çap ( $D_g$ ), küresellik ( $\emptyset$ ), dane hacmi ( $V$ ) ve yüzey alanı ( $S$ ) aşağıdaki formüllerden hesaplanmıştır (Jain ve Bal, 1997; Sitkei, 1986; Mohsenin, 1970).

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (1)$$

$$\emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (2)$$

$$V = \frac{\pi B^2 L^2}{6(2L-B)} \quad (3)$$

$$S = \frac{\pi B L^2}{2L-B} \quad (4)$$

$$B = (WT)^{1/2} \quad (5)$$

Bin dane ağırlığı, 4 tekerrürlü olarak sayılan 400 tanenin ağırlığı tartılmış ve ortalaması alınarak belirlenmiştir (Bell ve Fischer 1994; Çölkesen ve ark., 1993).

Hacim ağırlığı, Association of Official Analytical Chemists methoduna göre ölçülmüştür. Bu metotta daneler, 15 cm yükseklikten 500 ml'lik silindire doldurulmuştur. Silindirin yüzeyi, taneler sıkıştırılmadan süpürülerek düzleştirilip silindirdeki taneler tartılmıştır. Hacim ağırlığı, danelerin ağırlığının, silindir hacmine oranlanması ile hesaplanmıştır (Jain ve Bal, 1997; Aviara ve ark., 1999; Sacilik ve ark., 2003).

Özgül ağırlık, water displacement methodu kullanılarak ölçülmüştür. Bu metotta, önce 1000 ml'lik bir silindire 500 ml su doldurulmuştur. Daha sonra 30 g dane, bu silindir içindeki suya konmuştur. Sudaki yükselme miktarı hemen kaydedilmiştir. Özgül ağırlık, danelerin ağırlığı ile yer değiştiren sıvının hacminin oranlanması ile hesaplanmıştır (Aviara ve ark., 1999; Ogunjimi ve ark., 2002).

Poroziteyi hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Mohsenin, 1970).

$$Porozite = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \times 100 \quad (6)$$

Renk parametreleri (L, a, b), Hunter Lab Colourimeter (Mini Scan XEplus) kullanılarak ölçülmüştür. Hunter

skalasında, L değeri, 100 iken beyaz, sıfırken siyah, a değeri, pozitifken kırmızılık, negatifken yeşillik, b değeri ise, pozitifken sarılık, negatifken mavilik değerlerini ifade etmektedir (Anonymous, 1996; Connolly ve Fleiss, 1997).

Çalışmada üç adet YSA modeli geliştirilerek performansları değerlendirilmiştir. Bu modeller M-I, M-II ve M-III olmak üzere isimlendirilmiştir. YSA modelleri, Matlab NN Toolbox'ı kullanılarak geliştirilmiştir. Her modelde toplam 98 adet veri kullanılmıştır. Bu verilerin 80 tanesi eğitim setinde, 18 tanesi test setinde yer almıştır. Her üç modelde de aynı veriler kullanılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. YSA modellerinin özellikleri

Modeller	Eğitim seti veri sayısı	Test seti veri sayısı	i	j	k
M-I	80	18	11	6	8
M-II	80	18	5	5	7
M-III	80	18	7	8	6

i: giriş sayısı, j:birinci ara katman için nöron sayısı, k:ikinci ara katman için nöron sayısı

M-I modelinde, bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite ve renk parametreleri (L, a, b) giriş parametresi ve çeşitler çıkış parametresi olarak kullanılmıştır. M-II modelinde, bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve porozite parametreleri giriş parametresi ve çeşitler çıkış parametresi olarak kullanılmıştır. M-III modelinde ise, bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, dane hacmi, hacim ağırlığı ve renk parametreleri (L, a, b) giriş parametresi ve çeşitler çıkış parametresi olarak kullanılmıştır (Çizelge 1).

YSA modelleri oluştururken, bütün veriler 0 ile 1 arasında normalize edilmiştir (Purushothaman ve Srinivasa, 1994).

Normalize için;

$$y_{nor} = \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \quad (7)$$

formülü kullanılmıştır. Normalize değerlerinden gerçek değerleri elde etmek için, aynı formülden "y" değeri hesaplanmıştır.

YSA modellerini geliştirmek için, normalize edilen veriler, eğitim ve test veri seti olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Ara katmanlardaki en uygun nöron sayıları, deneme yanılma metodu ile 2-25 arasında denenerek bulunmuştur. YSA modelinde en uygun epok sayısını elde etmek için 1'den 10.000'e kadar epok sayısı denenmiştir. Denemeler sonucunda en uygun epok sayısı her model için belirlenmiştir.

YSA modelinde, İleri Beslemeli (Feed Forward Back Propagation), Çok Katmanlı Perseptron ağ yapısı kullanılmıştır. Bu ağdaki Back propagation algoritması, en popüler ve en yaygın kullanılan algoritmadır. Back propagation algoritması, ağırlık performansını iyileştirmek için ağırlıkları değiştirerek, toplam hatayı minimize etmektedir (Jacobs, 1988; Minai ve Williams, 1990).

Kullanılan eğitim algoritması ise Levenberg-Marquardt algoritmasıdır (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963).

Ağın eğitimi, test hatası belirlenen tolerans değere ulaşıncaya kadar devam ettirilmiştir. Ağın eğitimi başarıyla bittikten sonra ağ, test verileri ile test edilmiştir (Kalogirou, 2001).

Sonuçların performanslarının belirlenmesi amacıyla, ortalama hata kavramını temel alan ve yaygın şekilde kullanılan başlıca doğruluk ölçüleri arasında yer alan RMSE ve  $R^2$  aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır (Bechtler ve ark., 2001).

$$RMSE = \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{1i} - x_i)^2 \right)^{1/2} \quad (8)$$

$$R^2 = 1 - \left( \sum_{i=1}^m (x_{1i} - x_i)^2 \right) / \left( \sum_{i=1}^m (x_{1i})^2 \right) \quad (9)$$

Burada  $RMSE$ , hata kareler ortalamasının karekökü,  $R^2$ , determinasyon katsayısı,  $m$ , veri sayısı,  $x$ , gerçek değer ve  $x_1$ , tahmin edilen değerdir.

Gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki nispi hata ( $\varepsilon$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Bağırkan, 1993).

$$\varepsilon = \frac{100}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{(x_i - x_{1i})}{x_{1i}} \right| \quad (10)$$

Burada  $\varepsilon$ , nispi hata (%),  $m$ , veri sayısı,  $x$ , gerçek değer ve  $x_1$ , tahmin edilen değerdir.

Elde edilen fiziksel parametreler ile ilgili veriler, JMP istatistik programında Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1984).

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Fiziksel özellikler

Makarnalık buğday çeşitlerine ait fiziksel özelliklerin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Fiziksel özelliklerin hepsi istatistiksel olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur.

Bin dane ağırlığı değerleri 39.15 g ile 57.73 g arasında değişmiştir. Meram 2002 çeşidi 56.81 g ile en yüksek bin dane ağırlığına sahip olurken Altın 40/98 çeşidi 39.59 g ile en düşük bin dane ağırlığına sahip olmuştur. Her çeşidin istatistiksel olarak farklı grupta yer alması, sınıflama için bin dane ağırlığının önemli bir parametre olduğunu göstermiştir. Topal ve ark. (2004), 16 hat ve çeşit ile yaptıkları çalışmalarında ortalama bin dane ağırlığını 41.73 g elde etmişlerdir. Güner (2007), makarnalık buğdaya ait bin dane ağırlığını çalışmalarında 47.38 g olarak bildirmişlerdir. Dursun ve Güner (2003) ise bin dane ağırlığını 50 g bulduklarını rapor etmişlerdir. Bin dane ağırlığı çevre faktörlerinden etkilenmekle birlikte çeşit ile

yakından ilgilidir (Atlı ve ark., 1993)

Geometrik Ortalama Çap değerleri 3.74 mm ile 4.56 mm arasında değişmiştir. Meram 2002, Selçuklu 97 ve Ç-1252 çeşitleri en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, Altın 40/98 çeşidi en düşük değeri almıştır. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdayın geometrik ortalama çap değerini 4.35 mm elde etmişlerdir.

Küresellik değerleri %48.50 ile %58.33 arasında yer almıştır. Selçuklu 97 çeşidi %57.14 ile en yüksek değere sahip olurken, Dumlupınar çeşidi %52.26 ile en düşük değere sahip olmuştur. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdayın küresellik değerini %55.06 bulmuştur. Topal ve ark. (2004) ise ortalama küresellik değerini %50.56 olarak elde etmişlerdir.

Dane hacmi değerleri 16.52 mm<sup>3</sup> ile 31.72 mm<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Meram 2002, Ç-1252 ve Selçuklu-97 çeşitleri en yüksek değerlerle aynı grupta yer alırken, Altın 40/98 çeşidi en düşük değeri almıştır. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdayın dane hacmini 35.76 mm<sup>3</sup> elde etmişlerdir. Nelson (2002) ise yaptığı çalışmasında dane hacmi değerini 26.1 mm<sup>3</sup> bulmuştur.

Meram 2002 ve Ç-1252 çeşitleri ilk grupta yer alırken, Altıntaş 95 ve Altın 40/98 son grupta yer almıştır. Yüzey alanı değerleri 37.70 mm<sup>2</sup> ile 55.15 mm<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdayın yüzey alanını 14.70 mm<sup>2</sup> elde etmişlerdir. Topal ve ark. (2004) ise yüzey alanı değerini ortalama olarak 26.93 mm<sup>2</sup> bulduklarını bildirmişlerdir.

Hacim ağırlığı değerleri 705.04 kg/m<sup>3</sup> ile 781.13 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Meram 2002 çeşidi 774.77 kg/m<sup>3</sup> değeri ile ilk grupta yer almıştır. Dumlupınar ve Kümbet 2000 çeşitleri son grupta yer almıştır. Nelson (2002) ise yaptığı çalışmasında hacim ağırlığını 788 kg/m<sup>3</sup> bulmuştur. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdayın hacim ağırlığını 815 kg/m<sup>3</sup> elde etmiştir. Sokhansanj ve Lang (1996) ise hacim ağırlığını 760 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Hacim ağırlığı çevre koşullarından etkilenmekle birlikte aynı zamanda genetik olarak kontrol edilebilen bir özelliktir (Kün, 1988). Buğday bitkisinde generatif devrenin çok kurak ve sıcak geçmesi tanede yeterli besin maddesi birikiminin gerçekleşmesini önlemekte ve hacim ağırlığının düşmesine neden olmaktadır. Yine başaklanmanın gecikmesi de başaklanma erme devresini kısaltmakta ve hacim ağırlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Genç ve ark., 1993).

Özgül ağırlık değerleri 1200 kg/m<sup>3</sup> ile 1363.64 kg/m<sup>3</sup> arasında yer almıştır. Yelken 2000 çeşidi 1293.97 kg/m<sup>3</sup> ile en yüksek değeri alırken, Kümbet 2000 çeşidi 1250.54 kg/m<sup>3</sup> ile en düşük değeri almıştır. Nelson (2002) yaptığı çalışmada makarnalık buğday için özgül ağırlık değerini 1411 kg/m<sup>3</sup> elde etmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda özgül ağırlık değeri 1325 kg/m<sup>3</sup> (Güner, 2007) ve 1370 kg/m<sup>3</sup> (Sokhansanj ve Lang, 1996) olarak bulunmuştur.

Porozite değerleri %38.16 ile %45.95 arasında değişmiştir. Mirzabey 2000 çeşidi %43.60 porozite değeri ile en yüksek değeri alırken, Meram 2002 çeşidi %39.83 porozite değeri ile en düşük değeri almıştır. Güner (2007) çalışmasında makarnalık buğdaya ait porozite değerini %38.49 bulmuştur. Sokhansanj ve Lang (1996) ise yaptıkları çalışmalarında poroziteyi %45 olarak elde etmişlerdir.

Çizelge 2. Makarnalık Buğday çeşitlerine ait fiziksel özelliklerin ortalama ve standart sapma değerleri

Çeşit Adı	Bin Dane Ağırlığı (g)	Geometrik Ortalama Çap (mm)	Küresellik (%)	Dane Hacmi (mm <sup>3</sup> )	Yüzey Alanı (mm <sup>2</sup> )	Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Özgül Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Porozite (%)	L	a	b
Altıntaş	41.21±0.54 <sup>d</sup>	3.92±0.10 <sup>f</sup>	53.08±0.86 <sup>de</sup>	19.53±1.54g	41.01±2.10g	740.23±3.10f	1266.30±26.25bc	41.52±1.12cd	50.71±0.43b	9.12±0.17a	18.69±0.14a
Ç-1252	55.54±0.54 <sup>b</sup>	4.35±0.09 <sup>ab</sup>	54.23±0.98 <sup>c</sup>	26.99±1.78a	50.49±2.17ab	763.30±4.97c	1271.74±28.07abc	39.95±1.64ef	47.88±0.45c	8.70±0.17bc	17.81±0.25c
Kümbet	47.07±0.59 <sup>e</sup>	4.14±0.10 <sup>c</sup>	54.13±0.70 <sup>c</sup>	23.30±1.65de	45.80±2.12e	730.11±3.34g	1250.54±27.91c	41.59±1.30cd	50.75±0.33ab	8.04±0.12e	17.58±0.15e
Dumlupınar	48.31±0.55 <sup>e</sup>	4.23±0.13 <sup>cd</sup>	52.26±0.63 <sup>e</sup>	24.40±2.15cd	47.85±2.74cd	728.11±5.01g	1265.53±26.52bc	42.45±1.21bc	48.08±0.27e	8.65±0.17c	17.60±0.16de
Mirzabey	45.43±0.60 <sup>b</sup>	4.04±0.13 <sup>f</sup>	54.57±0.57 <sup>c</sup>	21.68±2.09f	43.49±2.74f	714.93±5.85h	1268.12±28.07bc	43.60±1.44a	47.40±0.12f	9.01±0.17a	17.70±0.12cd
Altın	39.59±0.43 <sup>j</sup>	3.83±0.07 <sup>b</sup>	50.93±1.57 <sup>f</sup>	17.93±1.06h	39.38±1.44g	717.84±3.38h	1257.76±20.54c	42.91±1.00ab	51.02±0.39a	8.59±0.10c	18.02±0.07b
Selçuklu	52.71±0.62 <sup>c</sup>	4.32±0.11 <sup>ab</sup>	57.14±0.67 <sup>a</sup>	26.98±2.21ab	49.50±2.61bc	758.62±5.73d	1260.87±22.92c	39.82±0.95f	50.03±0.32c	8.15±0.10de	17.76±0.14c
Meram	56.81±0.61 <sup>a</sup>	4.40±0.09 <sup>a</sup>	54.77±0.97 <sup>c</sup>	27.91±1.72a	51.44±1.98a	774.77±3.63a	1288.04±26.25ab	39.83±1.11f	49.20±0.45d	8.22±0.18d	17.44±0.10f
Yelken	47.71±0.61 <sup>f</sup>	4.11±0.10 <sup>ef</sup>	55.68±1.29 <sup>b</sup>	22.89±1.57ef	44.80±2.21ef	769.02±4.80b	1293.97±35.43a	40.53±1.64def	46.98±0.26g	8.81±0.13b	17.31±0.10g
Kızıltan	47.89±0.86 <sup>e</sup>	4.17±0.07 <sup>de</sup>	54.72±1.28 <sup>c</sup>	23.85±1.13de	46.35±1.59de	744.52±4.03e	1266.30±26.25bc	41.18±1.22d	47.51±0.24f	8.59±0.10c	17.26±0.09g
Yılmaz	50.96±0.58 <sup>d</sup>	4.29±0.06 <sup>bc</sup>	53.14±0.52 <sup>d</sup>	25.61±1.12bc	49.14±1.44bc	759.78±3.97d	1288.04±26.25ab	40.99±1.19de	45.73±0.26h	9.04±0.12a	17.08±0.13h
Ortalama	48.47	4.16	54.05	23.73	46.29	745.56	1270.65	41.30	48.66	8.62	17.65
CV (%)	1.15	2.14	1.69	6.54	4.28	0.5	2.02	2.91	0.66	1.57	0.74
LSD <sub>(0.05)</sub>	0.49	0.07	0.81	1.37	1.76	3.34	22.87	1.07	0.29	0.12	0.11

Çeşitlere ait renk parametrelerinin (L a b) değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Ortalama olarak L değeri 48.66, a değeri 8.62 ve b değeri 17.65 elde edilmiştir. Çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli fark (P<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Buğdayda çeşitlerin sınıflandırılmasında renksel farklılıklar oldukça önemlidir (Pourreza ve ark., 2012).

Değerlendirilen tüm fiziksel parametrelerin istatistiksel olarak farklı grupta yer alması, bu parametrelerin çeşitlerin sınıflandırılmasında önemli birer parametre olduğunu göstermiştir.

### 3.2. Yapay sinir ağları

YSA modellerinden elde edilen sonuçların performansları karşılaştırılmıştır. Modeller arasında RMSE değeri en düşük ve R<sup>2</sup> değeri en yüksek olan M-1 modeli en uygun model olarak belirlenmiştir. M-1 modelinde, eğitim için R<sup>2</sup> değeri 0.9999 ve RMSE değeri 0.00014 olarak bulunmuştur. Test için ise R<sup>2</sup> değeri 0.9999 ve RMSE değeri de 0.00074 olarak bulunmuştur (Çizelge 3).

M-1 modelinde ağı yapısı, 11-(6-8)-1 şeklinde, 11 giriş, 2 ara ve 1 çıkış katmanı olarak dizayn edilmiştir (Şekil 1). Transfer fonksiyonu olarak birinci ve ikinci ara katmanların her ikisinde de logsig, çıkış katmanında ise linear fonksiyonlar kullanılmıştır. Ağ için 80 epok sayısında en düşük eğitim hatası değeri elde edilmiştir.

M-1 modeline ait matematiksel formül aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$y = \sum_{k=1}^k (W_3)_{k,m} * F_k + b_k \quad (11)$$

İkinci ara katman için LOGSIG transfer fonksiyonu (F<sub>k</sub>),

$$F_k = \frac{2}{(1+e^{-(NET_k)})} \quad (12)$$

$$NET_k = \sum_{j=1}^j (W_2)_{j,k} * F_j + b_j \quad (13)$$

Birinci ara katman için LOGSIG transfer fonksiyonu (F<sub>j</sub>),

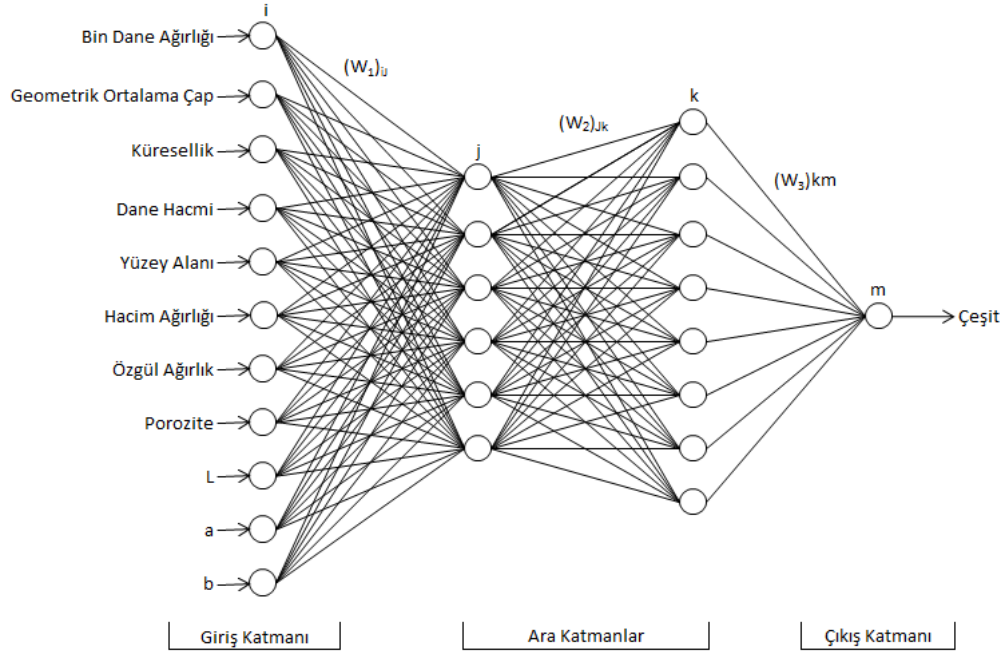
$$F_j = \frac{2}{(1+e^{-(NET_j)})} \quad (14)$$

$$NET_j = \sum_{i=1}^i (W_1)_{i,j} * x_i + b_i \quad (15)$$

eşitlikleriyle hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde, *i*, giriş sayısı, *j*, birinci ara katmandaki nöron sayısı, *k*, ikinci ara katmandaki nöron sayısı, *m*, çıkış sayısı, *W*<sub>1</sub>, *W*<sub>2</sub>, *W*<sub>3</sub> bağlantı ağırlıkları, *x*, giriş parametresi, *y*, çıkış parametresi ve *b*, biastır. Ağırlıklar Çizelge 4-6’te ve bias değerleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 3. YSA modellerinin performansları

Modeller	Eğitim Seti		Test Seti	
	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>
M-I	0.00014	0.99999	0.00074	0.99999
M-II	0.01151	0.99965	0.02246	0.99855
M-III	0.01597	0.99933	0.05573	0.99083



Şekil 1. M-1 modeline ait YSA'nın yapısı

Çizelge 4. Birinci ara katmandaki ağırlık değerleri (W1)

Birinci ara katmandaki nöron sayısı (J)	$(W_1)_{i1}$	$(W_1)_{i2}$	$(W_1)_{i3}$	$(W_1)_{i4}$	$(W_1)_{i5}$	$(W_1)_{i6}$	$(W_1)_{i7}$	$(W_1)_{i8}$	$(W_1)_{i9}$	$(W_1)_{i10}$	$(W_1)_{i11}$
1	2.2483	0.5217	0.8279	0.0346	-1.3851	-3.9726	1.3993	0.3072	0.4797	-5.0345	0.1805
2	-0.967	-2.807	-0.7647	2.2144	-0.8719	-0.4963	0.3641	-0.7727	-0.2844	-0.2524	-0.1657
3	-2.9478	1.1269	0.0965	-2.4467	-2.4079	0.1912	-1.6524	0.9505	0.0702	0.0038	-0.5091
4	-0.2257	-0.4695	-0.3782	-1.2578	1.1488	3.8137	1.8511	0.0904	0.2514	1.7843	-0.5309
5	-0.2234	1.8726	-0.051	1.5043	-1.2892	0.627	-0.2721	0.9094	0.0435	0.321	0.158
6	2.0532	2.9319	3.4418	-2.4409	-1.0984	-0.3731	-2.923	-0.0397	-0.4037	1.2994	0.499

Çizelge 5. İkinci ara katmandaki ağırlık değerleri (W2)

İkinci ara katmandaki nöron sayısı (k)	$(W_2)_{j1}$	$(W_2)_{j2}$	$(W_2)_{j3}$	$(W_2)_{j4}$	$(W_2)_{j5}$	$(W_2)_{j6}$
1	-2.0708	-1.6142	0.3666	-4.7864	-5.6492	1.0903
2	-1.8892	1.7318	3.3311	-4.5038	4.3894	2.3152
3	-1.9946	-2.2622	-4.2607	4.1489	0.7639	0.9399
4	0.6783	-1.0121	7.1204	-4.0147	-0.2322	1.4386
5	3.5382	2.1624	-3.892	-3.0094	0.6781	-3.8363
6	-3.3467	2.1142	-2.7227	3.0869	-4.0497	-3.2156
7	3.7785	3.8696	4.0741	-3.5861	-1.3351	3.1619
8	0.7922	6.4471	3.2768	0.3158	-3.754	3.2227

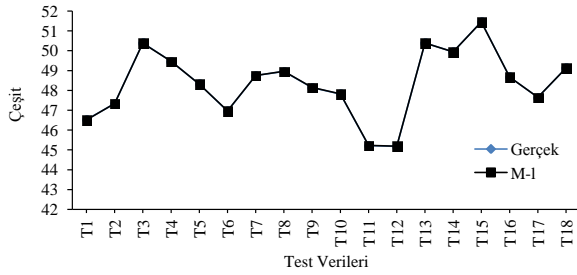
Çizelge 6. Eşitlik 11 için ağırlık değerleri (W3)

Çıkış sayısı (m)	$(W_3)_{k1}$	$(W_3)_{k2}$	$(W_3)_{k3}$	$(W_3)_{k4}$	$(W_3)_{k5}$	$(W_3)_{k6}$	$(W_3)_{k7}$	$(W_3)_{k8}$
1	0.2552	0.3915	1.6709	1.2385	0.796	-0.9067	-0.989	-2.1274

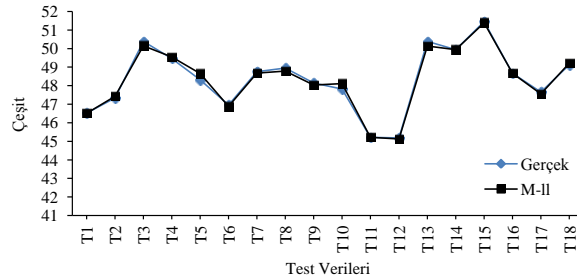
Çizelge 7. Bias değerleri

Nöron sayısı	$b_k$	$b_j$	$b_i$
1	0.4888	10.3444	-4.1444
2		-0.0417	2.3738
3		1.8899	-0.6182
4		-2.3877	-8.0874
5		3.4597	-1.4655
6		1.2544	4.5321
7		-3.1782	
8		1.0314	

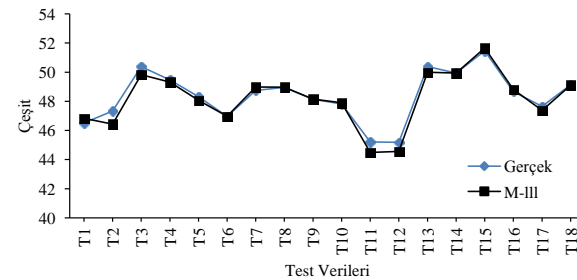
Makarnalık buğday çeşitlerinin sınıflandırılmasında gerçek veriler ile tahmin edilen test verilerine ait üç modelden de elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. M-I modeli test verilerinin diğer YSA modellerine göre gerçek veriler ile oldukça paralel ve uyumlu olduğu görülmektedir.



a. Gerçek veriler ve M-I modeli



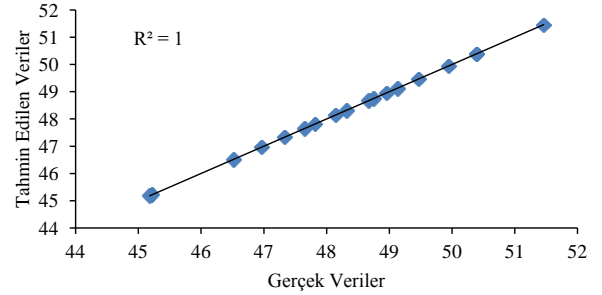
b. Gerçek veriler ve M-II modeli



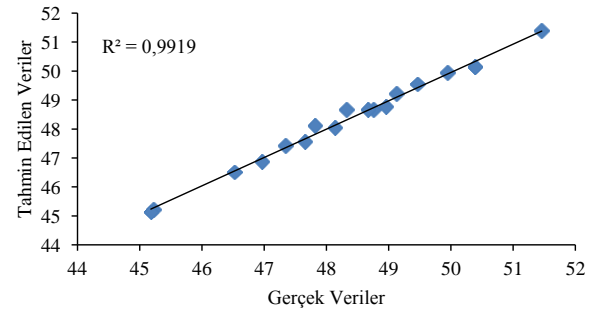
c. Gerçek veriler ve M-III modeli

Şekil 2. YSA modellerinde elde edilen test verileri ile gerçek veriler

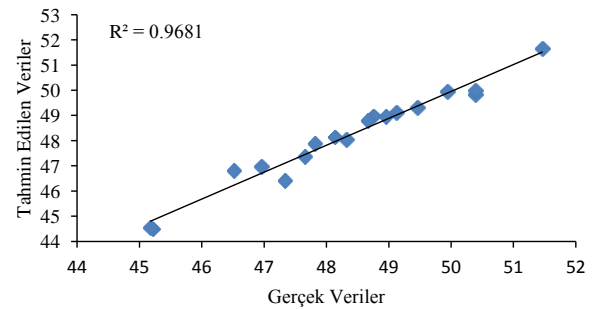
Gerçek veriler ile YSA modellerinden hesaplanan veriler arasındaki ilişkinin determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), M-I modeli için %99.99, M-II modeli için %99.19 ve M-III modeli için %96.81 bulunmuştur (Şekil 3).



a. Gerçek veriler ve M-I modeli



b. Gerçek veriler ve M-II modeli



c. Gerçek veriler ve M-III modeli

Şekil 3. YSA modellerinde elde edilen veriler ile gerçek veriler arasındaki ilişki

Gerçek veriler, YSA modellerinden elde edilen test verileri ve bunlar arasındaki nispi hata değerleri Çizelge 8'de verilmiştir. Gerçek verilere yaklaşımda ortalama nispi hata, M-I modeli için %0.009, M-II modeli için %0.234 ve M-III modeli için %0.577 olarak bulunmuştur. YSA modelleri arasında M-I modeli en düşük nispi hata değerine sahip olmuştur.

Çizelge 8. YSA modelleri nispi hata değerleri

Çeşitler	Gerçek veriler	M-I	Hata (%)	M-II	Hata (%)	M-III	Hata (%)
T1	46.52	46.51	0.014	46.51	0.015	46.83	0.654
T2	47.34	47.33	0.004	47.42	0.183	46.43	1.956
T3	50.39	50.38	0.008	50.15	0.480	49.83	1.114
T4	49.47	49.46	0.003	49.55	0.174	49.32	0.297
T5	48.32	48.32	0.004	48.66	0.701	48.06	0.526
T6	46.96	46.97	0.011	46.88	0.162	46.97	0.017
T7	48.75	48.75	0.003	48.68	0.152	48.99	0.479
T8	48.95	48.96	0.014	48.78	0.351	48.97	0.037
T9	48.14	48.15	0.014	48.03	0.226	48.15	0.023
T10	47.82	47.82	0.007	48.11	0.612	47.90	0.172
T11	45.22	45.23	0.021	45.22	0.009	44.49	1.627
T12	45.18	45.18	0.010	45.13	0.104	44.57	1.378
T13	50.39	50.39	0.005	50.13	0.509	50.00	0.781
T14	49.94	49.94	0.002	49.95	0.011	49.94	0.008
T15	51.46	51.45	0.014	51.39	0.143	51.65	0.377
T16	48.67	48.67	0.012	48.67	0.008	48.82	0.307
T17	47.65	47.65	0.014	47.56	0.206	47.37	0.593
T18	49.13	49.13	0.004	49.21	0.165	49.11	0.039
Ortalama Nispi Hata			0.009		0.234		0.577

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada makarnalık buğday çeşitlerinin sınıflandırmasını yapmak amacıyla bir YSA modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla makarnalık buğdaylara ait fiziksel özellikler değerlendirilmiş ve YSA teknikleri kullanılmıştır.

Türkiye'de yetiştirilmekte olan makarnalık buğday çeşitlerine ait 11 adet fiziksel özellik (bin dane ağırlığı, geometrik ortalama çap, küresellik, dane hacmi, yüzey alanı, hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite ve renk (L, a, b) belirlenmiştir. İstatistiksel olarak farklı olduğu belirlenen bu özelliklerin çeşitlerin sınıflandırılmasında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Çalışmada M-I, M-II ve M-III olmak üzere üç adet YSA modeli geliştirilmiştir. Bu modellerden M-I modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir. M-I modelinde ağın yapısı, 11-(6-8)-1 şeklinde, 11 giriş, 2 ara ve 1 çıkış katmanı olarak dizayn edilmiştir. Birinci ve ikinci ara katmanların her ikisinde de logsig, çıkış katmanında ise linear transfer fonksiyonları kullanılmıştır.

M-I, M-II ve M-III modellerinin  $R^2$  değerleri sırasıyla %99.99, %99.85 ve %99.08, RMSE değerleri ise 0.00074, 0.02246 ve 0.05573 olarak bulunmuştur. Gerçek verilere yaklaşımda ortalama nispi hata, M-I modeli için %0.009, M-II modeli için %0.234 ve M-III modeli için %0.577 olarak bulunmuştur. M-I modeli ile elde edilen tüm sonuçların gerçek veriler ile oldukça uyumluluk içinde olduğu görülmüştür.

Geliştirilen M-I modeli ile Ticaret Borsaları ve un fabrikalarında kullanılmak üzere, alım yapılırken hububat ürünlerini sınıflandırma ve temizleme amacıyla otomasyon sistemleri oluşturmak mümkün olabilecektir.

Modelde veri tabanının genişletilmesi, güvenilirliği daha da artıracaktır. Bu amaçla yeni çalışmalarda farklı çeşitlerde yer almalı, veri sayısı artırılmalıdır. Ayrıca yapılacak yeni çalışmalarda yapay sinir ağlarının yanı sıra diğer yapay zeka teknikleri veya hibrit modeller de kullanılabilir.

#### Notasyon

$B$	danenin küresel kısmının çapı (mm)
$D_g$	geometrik ortalama çap (mm)
$L$	uzunluk (mm)
$S$	yüzey alanı (mm <sup>2</sup> )
$T$	kalınlık (mm)
$V$	dane hacmi (mm <sup>3</sup> )
$W$	genişlik (mm)
$\emptyset$	küresellik (%)
$\mathcal{E}$	nispi hata (%)
$\rho_b$	hacim ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_s$	özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )

#### Kaynaklar

- Anonymous, 1996. www. hunterlab.com. CIE L\* a\* b\*color scale.
- Atlı, A., Koçak, N., Aktan, M. 1993. Ülkemiz çevre koşullarının kaliteli makarnalık buğday yetiştirmeye uygunluk yönünden değerlendirilmesi. Hububat Sempozyumu, 8-11 Haziran 1993, 345-351s., Konya.
- Aviara, N.A., Gwandzang, M.I., Haque, M.A. 1999. Physical properties of guna seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 73: 105-111.
- Aydoğan, H., Altun, A.A., Ozcelik, A.E. 2011. Performance analysis of a turbocharged diesel engine using biodiesel with back propagation artificial neural network. Energ Educ Sci Tech-A, 28: 459-468.
- Babalık, A., Baykan, Ö.K., Botsalı, F.M. 2006. Determination of wheat kernel type by using image processing techniques and ANN. The International Conference on Modelling and Simulating, August 28-30, Konya.
- Bağırkan, Ş. 1993. İstatistiksel Analiz. Bilim Teknik Yayınevi. s. 301. İstanbul.
- Baykan, Ö.K., Babalık, A., Botsalı, F.M. 2005. Yapay sinir ağı kullanarak buğday türü tanınması. 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Konya, Eylül 28-30, 188-190.
- Bechtler, H., Browne, M.W., Bansal, P.K., Kecman, V. 2001. New approach to dynamic modelling of vapour-compression liquid chillers: artificial neural networks. Appl Therm Eng, 21: 941-53.
- Bell, M., Fischer, R.A. 1994. Guide to plant and crop sampling: Measurement and observations for agronomic and physiological research in small grain cereals. Wheat Special Report. No. 32, CIMMYT, Mexico D.F.
- Chen, X., Xun, Y., Li, W. and Zhang, J. 2010. Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identification. Computers and Electronics in Agriculture 71S, S48-S53.
- Connolly, C., Fleiss, T. 1997. A study of efficiency and accuracy in the transformation from RGB to CIELAB colour space.



- IEEE Transactions on Image Processing, 6: 1046-1048.
- Çölkesen, M., Öktem, A., Eren, N., Akıncı, C. 1993. Determination of suitable durum wheat varieties on dry and irrigated conditions in Şanlıurfa. The Symposium of Durum Wheat and Products, p. 573. Ankara.
- Dubey, B.P., Bhagwat, S.G., Shouche, S.P., Sainis, J.K. 2006. Potential of Artificial Neural Networks in Varietal Identification using Morphometry of Wheat Grains. *Biosystems Engineering* 95: 61-67.
- Dursun, E., Güner, M. 2003. Determination of mechanical behaviour of wheat and barley under compression loading. *Journal of Agricultural Sciences*, 9: 415-420.
- Genç, İ., Yağbasanlar, T., Özkan, H., Kılınc, M. 1993. Seçilmiş bazı makarnalık buğday hatlarının Güneydoğu Anadolu bölgesi sulmuş koşullarına adaptasyonu üzerinde araştırmalar. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Simpozyumu Kitabı*, 261-272s, Ankara.
- Güner, M. 2007. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. *Journal of Food Engineering*, 80: 904-913.
- Haciseferoğulları, H., Demir, Ö., Çalışır, S. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 68: 463-469.
- Jacobs, R.A. 1988. Increased Rate of Convergence Through Learning Rate Adaptation. *Neural Networks*, 1(4): 295-307.
- Jain, R.K., Bal, S. 1997. Properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66: 85-91.
- Jayas, D.S., Paliwal, J., Visen, N.S. 2000. Multi-layer neural networks for image analysis of agricultural products. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77: 119-128.
- Kalogirou, S.A. 1999. Applications of artificial neural networks in energy systems. *Energy Conversion & Management* 40: 1073-1087.
- Kalogirou, S.A. 2001. Artificial neural networks in the renewable energy systems applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5: 373-401.
- Kün, E. 1988. Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 1032, Ders Kitabı: 299. Ankara.
- Levenberg, K. 1944. A Method For the Solution of Certain Nonlinear Problems in Least Squares. *Quart. Appl. Math.*, 2: 164-168.
- Liao, K., Paulsen, M.R., Reid, J.F., Ni, B.C., Bonifacio-Maghirang, E.P. 1993. Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier. *Transactions of the ASAE*, 36: 1949-1953.
- Marquardt, D.W. 1963. An Algorithm For Least-Squares Estimation Of Nonlinear Parameters. *J. Soc. Indust. Appl. Math.*, 11: 431-441.
- Minai, A.A., Williams, R.D. 1990. Back-Propagation Heuristics: a Study of The Extended Delta-bar-delta Algorithm” *International Joint Conference on Neural Networks*, vol.1, 595-600, San Diego, CA, USA.
- Mohsenin, N.N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc.
- Nelson, S.O. 2002. Dimensional and density data for seeds of cereal grain and other crops. *Trans. ASAE*, 45: 165-170.
- Ogunjimi, L.O., Aviara, N.A., Aregbesola, O. A. 2002. Some engineering properties of locust bean seed. *Journal of Food Engineering*, 55: 95-99.
- Paliwal J., Visen N.S., Jayas, D.S., 2001. Evaluation of neural network architectures for cereal grain classification using morphological features. *J. Agric. Engineering Resource*, 79: 361-370.
- Pazoki, A.R., Pazoki, Z. 2011. Classification system for rain fed wheat grain cultivars using artificial neural network. *African J. Biotechnology*. 10: 8031-8038.
- Pourreza, A., Pourreza, H., Mohammad-Hossein Abbaspour-Fard, Sadrnia, H. 2012. Identification of nine Iranian wheat seed varieties by textual analysis with image processing. *Computers and Electronics in Agriculture* 83: 102-108.
- Purushothaman, S., Srinivasa, Y.G. 1994. A back-propagation algorithm applied to tool wear monitoring. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 34, No:5, pp: 625-631.
- Romaniuk, M.D., Sokhansanj, S., Wood, H.C. 1993. Barley seed recognition using a multi-layer neural network. *ASAE Paper No. 93: 65-69*.
- Sacilik, K., Oztürk, R. Keskin, R. 2003. Some physical properties of hemp seed. *Biosystems Engineering*, 86: 191-198.
- Sitkei, G. 1986. Mechanics of agricultural materials. Budapest: Academia Kiado.
- Sokhansanj, S., Lang, W. 1996. Prediction of kernel and bulk volume of wheat and canola during adsorption and desorption. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63: 129-136.
- Tabatabaefar, A. 2003. Moisture-dependent physical properties of wheat. *Int. Agrophysics*, 17: 207-211.
- Taner, A., Tekgüler, A., Sauk, H., Demirel, B. 2012. Yulaf Çeşitlerinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Sınıflandırılması. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, Samsun.
- Topal, A., Aydın, C., Akgün, N., Babaoglu, M. 2004. Diallel cross analysis in durum wheat (*Triticum durum* Desf.): identification of best parents for some kernel physical features. *Field Crops Research*, 87: 1-12.
- TUİK. 2013. Türkiye İstatistik Kurumu. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).
- Visen, N.S., Paliwal, J., Jayas, D.S., White, N.D.G. 2002. Specialist neural Networks for cereal grain classification. *Biosystems Engineering*, 82: 151-159.
- Wang N., Dowell F., Zhang N. 2002. Determining wheat vitreousness using image processing and a neural network. *ASAE Annual International Meeting, Illinois, July 28-31*.
- Wang, Z., Cong, P., Zhou, J., Zhu, Z. 2007. Method for identification of external quality of wheat grain based on image processing and artificial neural network. *Transaction of the CSAE*, 23: 158-161 (in Chinese).
- Yun, L. 2004. Study on Grain Appearance Quality Inspection using Machine Vision. China Agriculture University, Beijing (in Chinese).
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotları. T.C.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları No: 124, Ankara.
- Zapotoczny, P. 2011. Discrimination of wheat grain varieties using image analysis and neural networks. Part I. Single kernel texture. *Journal of Cereal Science*, 54: 60-68.