GERİYE YAYILMA ALGORİTMASI KULLANILARAK YAPRAK DESENLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Erdem BİLGİLİ
G.Y.T.E, Elektronik Mühendisliği

O. Nuri UÇAN
İstanbul Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

ÖZET: Bu çalışmada beş farklı bitki yaprağı kullanılarak, çok katmanlı yapay sinir ağı geriye yayılma algoritması ile eğitilmiştir. Eğitim işleminden sonra yapay sinir ağına tanıtılan her bir yaprak türünden 15 adet yaprak görüntüsü ağa giriş olarak verilmiş ve ağın bu yaprakları sınıflandırması istenmiştir. Bu işlemden sonra eğitim işlemi sırasında kullanılmayan 6 farklı bitki türüne ait yaprak görüntülerini ağın sınıflandırması istenmiştir. Ağ daha önce tanımadığı bu desenleri, eğitim işlemi sırasında kendisine tanıtılan 5 bitki türünden birine benzetmeye çalışmıştır.

Anahtar kelimeler: *Yapay Sinir Ağları, Görüntü sınıflandırma, Geriye Yayılım*

ABSTRACT: We have trained Artificial Neural Network (ANN) with back propagation algorithm by using five different foliages. After training process , we have tested 15 similar foliages for each class and classification is desired by ANN. Then we have tried to classify 6 different foliage which are not trained before. The ANN, tried to classify these samples and it classified them to the nearest trained foliage class of the 5 different trained class.

Key words: *Artificial Neural Networks, Image Classification, Back Propagation*

1. GİRİŞ

Bu çalışmada bitkilerin yaprak görüntüleri vasıtasıyla bitki sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Tarımsal savaş uygulamalarında yapılan ilaçlamalarda zararlı bitkilerin yanında yararlı bitki de zarar görmektedir. Bunu en aza indirebilmek için zararlı bitkilerin yoğun olarak bulunduğu bölgeler ilaçlanırken, yararlı bitkinin yoğun olarak bulunduğu bölgelere daha ilaç püskürten veya bitki yoğunluğuna bağlı olarak hiç ilaçlama yapmayan otomatik ilaçlama sistemlernin geliştirilmesine yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu tip sistemlerde bitki kimliğini tayin eden yaprak görüntülerinden faydalanılması mümkündür. Bir başka uygulama sektörü ise gıda sektörüdür. Bitkilerin yaprak görüntülerine bakılarak kalitesine göre sınıflandırma yapılabilir (Machine Vision…, 1986). S. Humpries sardunya yapraklarında yaprak ve sap bölgesinin ayrılması için bir yöntem geliştirmiştir (Humpries S., Simonton

W.,1996). Ayrıca bitki tohumlarının sınıflandırılmasına yönelik de çalışmalar yapılmaktadır (Liao, et al,1993). Yaprak görüntülerinin sınıflandırılıması alanında E. Franz , yaprağa ait genel morfolojik özellikleri çıkarmıştır (Franz, et al,1995).

Yaprak görüntülerinin sınıflandırılması için, geriye yayılım algoritması ile eğitilen üç katmanlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ve özellikle geriye yayılım algoritması son yıllarda görüntü tanıma uygularında, araştırmacıların yoğun ilgi duyduğu yöntemler arasındadır. Yapay sinir ağı ile çalışan sistemler görüntü tanıma uygulamalarında hız ve yorumlama gücü açısından normal bilgi sistemlerinden üstünlük göstermektedirler (Freeman J., Skapura D.M.,1991; Lee G.C.S., Lin C.T.,1995).

2. DESEN SINIFLANDIRMA

Görüntü ve ses işaretlerinin tanınması uygulamalarında desen sınflandırma tekniklerinden yararlanılmaktadır. Desen, bir görüntü parçasına, bir ses işaretine veya herhangi bir elektriksel işarete ait bilgileri içeren veri kümesine verilen isimdir. Desen sınıflandırma ise bu tür verileri belli sınıflara, veri kümelerine ayırma işlemidir. Deseni temsil eden veri kümesi bir vektör ise buna bir boyutlu desen, bir matris ise iki boyutlu, eğer uzayda bir bölgeyi temsil ediyorsa üç boyutlu desen adı verilir.

Diğer işaretlerde olduğu gibi, görüntü bilgisi taşıyan desenlerde de sınıflandırma işlemi yapmak için desene ait özniteliklerin (features) çıkarılması gerekir. Desene ait verilerden hangilerinin öznitelik olarak seçileceği ilgilenilen probleme bağlıdır. Genelde öznitelik olarak ham veri kümesinin belli elemanlarının seçilmesi yerine, bu değerlerin fonksiyonu olan, şekil hakkında anlamlı bilgiler ifade eden parametreler kullanılır. Bu çalışmada yaprak görüntülerine ait öznitelikler çıkarılırken, yaprak kenarındaki her bir noktanın yaprak merkezine olan uzaklığı kullanılmıştır.

İki boyutlu görüntülerde, görüntü desenini oluşturan veriler bir matris olup her bir pikseldeki parlaklık değerini veya renk bilgisini ihtiva ederler. Siyah-beyaz görüntülerde yalnızca parlaklık bilgisi işlenirken, renkli görüntülerde resmin kırmızı, yeşil ve mavi temel renklerine ait üç ayrı matris işlenir. Bu çalışmada, sınıfladırma işleminde yalnızca görüntünün geometrisi kullanıldığından, siyah-beyaz yaprak görüntüleri üzerinde çalışılmıştır.

3. YAPRAK GÖRÜNTÜLERİNİN ÖZNİTELİKLERİNİN ÇIKARILMASI

Görüntünün YSA' ya sunulmasından önce görüntüye ait özniteliklerin belirlenmesi gerekir. Görüntüyü YSA'da temsil eden, görüntüye ait öznitelik vektörü olacaktır. Bazı uygulamalarda öznitelik çıkarma işlemi de YSA tarafından yapılmaktadır. Böylece iki katlı bir sistem tasarlanması gerekir. Birinci ağ öznitelik vektörlerini çıkarırken ikinci ağ sınıflandırma işlemini gerçekleştirir. Bu çalışmada, öznitelikler YSA ile değil doğrudan şeklin geometrisinden çıkarılmıştır. YSA sadece sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır.

Özniteliklerin çıkarılmasında önce eşik değeri küçük tutulmuş sobel kenar tanıma algoritmasıyla yapraklardaki kenarlar bulunmuştur (Altuğ, E. 1992; Fu K.S., 1986). Kenar görüntüsüne ait veriler A matrisinde tutulur. Geliştirilen bir yöntemle kenar

görüntüsünden, yaprak çevresini çevreleyen sınır görüntüsü elde edilmiştir. Burada sözü edilen sınır, yaprak ile zemin görüntüsünün ara kesitidir. Bu görüntü matrisinde *B* tutulur. Böylece görüntüde yaprağın bulunduğu bölge belirlenmiş olmaktadır. Bu görüntü sınır piksellerinin değeri '1' olan diğer piksellerin değeri '0' olan ikili (binary) bir görüntüdür. Başka bir deyişle görüntüdeki '1' lerin sayısı yaprağın çevre uzunluğunu vermektedir. Bir sonraki aşamada, görüntüde sınır içerisinde kalan yaprağa ait bölgedeki bütün piksellere '1' değeri verilip zemine ait piksellere '0' değeri verilir. Bu görüntüdeki '1' değeri içeren piksellerin sayısı yaprağın alanını vermektedir. Alan görüntüsüne ait piksel değerleri *C* isimli bir matriste tutulur. Yaprağın alanı bulunduktan sonra yaprak görüntüsünün ağırlık merkezi ve simetri eksenleri bulunur. Herhangi bir yaprağa ait verilerin görüntünün dönmesinden etkilenmemesi için, yalnızca en dış kenarı gösteren *B* matrisine ait görüntü, simetri eksenlerine göre döndürülür. Böylece simetri eksenleri, aynı zamanda yeni oluşturulan döndürülmüş görüntünün yatay ve düşey eksenleri olur. Bu son görüntü *E* matrisinde tutulur. Yaprak çevresini gösteren bu görüntüdeki her bir sınır pikselinin, ağırlık merkezine olan uzaklığı ve yatay simetri ekseni ile yaptığı açı bulunur. Bulunan bu uzaklık değerleri görüntüdeki en büyük uzaklık değerine bölünerek normalize edilmiş uzaklık değerleri elde edilmiş olur. Böylece özniteliklerin yaprak görüntüsünün büyüklüğünden bağımsız olması sağlanır. Öznitelikler oluşturulurken 4° lik adımlarla uzaklık değerlerinden örnekler alınır. Böylece her bir yaprak için 90 adet öznitelik çıkarılmış olur.

Başlangıçta her bir türden en az 15 adet olmak üzere 11 farklı türe ait yapraklar tarayıcı ile taranarak, elde edilen görüntüler 256 gri seviyeli BMP formatında kaydedilmiştir. Öznitelik çıkarma işlemi sırasında her bir dosyadaki görüntüye ait veriler önce *ARES* isimli bir matrise atanmıştır. Daha sonra *ARES* matrisi kullanılarak, kenar tanıma işleminden başlayarak yukarıda anlatılan işlemler sırasıyla yapılarak öznitelikler çıkarılmıştır.

3.1. Kenar Tanıma İşlemi ve Yaprak Dış Kenarının Bulunması

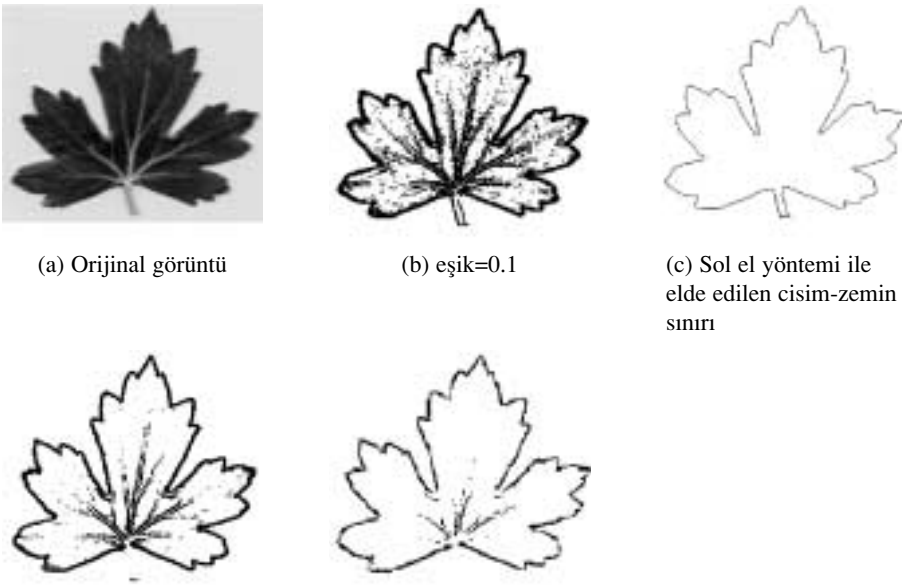
Yaprak kenarlarının bulunmasında sobel kenar tanıma maskeleri kullanılmıştır. Sobel kenar operatörlerinde hem x hem de y olmak üzere iki ayrı filtre ile konvolusyon işlemi uygulanır. Bu konvolusyonların kareleri toplamının karekökü, gradientin mutlak değerini verir. Herhangi bir piksel için bulunan bu değerin belli bir eşik değerinden büyük olması durumunda bu piksel bir kenar noktası olarak kabul edilir. Çalışmada, bütün kenar noktalarının görünmesi için eşik değeri küçük tutulmuştur. Büyük eşik değerlerinin seçilmesi durumunda bazı kenarların kaybolduğu gözlenmiştir. Eşik değerinin küçük tutulmasındaki maksat en dış kenarın kopuk kopuk değil de sürekli olarak bulunmasını sağlamaktır. Yatay ve düşey sobel maskeleri aşağıda gösterilmiştir.

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \qquad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

Sobel kenar tanıma algoritması işletilerek *ARES* görüntü matrisi ile sobel maskelerinin konvolüsyonu alınır ve eşik değeri ile karşılaştırıldıktan sonra elde edilen kenar görüntüsü *A* matrisine atanır. Böylece *A* matrisi sıfır ve birlerden oluşan, bir olan elemanları kenarlara karşılık düşen bir matris olarak elde edilir. Çalışmada kullanılan bir frenk üzümü yaprağına ait *ARES* matrisi görüntüsü (Şekil 1.a) ve *A* matrisine ait kenar görüntüsü (Şekil 1.b) aşağıda gösterilmiştir.

Kenarların bulunmasından sonra cismin en dış kenarı yani yaprak görüntüsü ile zeminin arakesitini oluşturan kenarın bulunması gereklidir. Aslında kenar tanıma işlemi sırasında eşik değer büyük tutulursa iç kenarlar elimine edilerek en dış kenar tek başına elde edilebilir. Ancak bu yöntem her zaman doğru değildir. Bu durumda elde edilen sınır sürekli olmayabilir. Çünkü bazı iç kenar noktalarına ait gradientler, bazı sınır piksellerine ait gradientlerden büyük olur. Bu nedenle en dış kenarı sürekli olacak şekilde elde etmek şartıyla, iç kenarları tamamen yok etmek mümkün değildir. Bu durum şekildeki değişik eşik seviyeleri için elde edilmiş frenk üzümü yaprağına ait kenar görüntülerinde görülmektedir (Şekil 1.b, d, e).

Şekilde b ve d görüntülerinde dış kenar sürekliliğini korumasına rağmen iç kenarlar tamamen kaldırılamamıştır. Daha büyük bir eşik değeri için elde edilen e görüntüsünde ise dış kenarda süreksizlik noktaları görülmeye başlamasına rağmen iç kenar noktaları halen daha varlıklarını korumaktadırlar. En son görüntü cismin çevresinin bulunmasında son derece etkili bir yöntem olan sol el yöntemiyle elde edilmiştir (Bilgili E., 1999). Görüldüğü gibi hiç bir iç kenar noktası mevcut değildir ve dış kenarda süreksizlik söz konusu değildir. Bu çalışmada yaprak sınırının bulunmasında bu yöntem kullanılmıştır. Yaprağın kenarlarına ait *A* matrisindeki görüntü kullanılarak bulunan yaprağın dış kenarına ait görüntü *B* matrisine atanmıştır.



(a) Orijinal görüntü (b) eşik=0.1 (c) Sol el yöntemi ile elde edilen cisim-zemin sınırı

(d) eşik=0.3 (e) eşik=1

Şekil 1 Değişik eşik değerlerinde yaprak kenar görüntüleri

3.2. Yaprak Alanının Bulunması

Yaprak alanının bulunması için yaprak sınırı içindeki bütün piksellerin '1' yapılarak bu piksellerin sayısının bulunması gereklidir. Yaprak sınırı görüntüsünü içeren *B* matrisi kullanılarak, yaprak sınırı içerisindeki bütün pikseller '1', diğer pikseller sıfır yapılır. Oluşturulan bu yeni görüntü *C* matrisine aktarılır. Yaprağın alanı *C* matrisindeki '1' değerine sahip elemanların sayısına eşittir. Buraya kadar anlatılan *A, B* ve *C* matrislerinin boyutları eşittir. Bu görüntünün bulunmasından sonra yaprak alanı ve şeklin ağırlık merkezi bulunabilir.

Matrisin satır sayısı *m*, sütun sayısı *n* olmak üzere yaprak alanı aşağıdaki gibi tanımlanır. Matrisde yaprak içerisine dahil elemanların değerleri '1', diğer elemanlar '0' olduğundan, yaprak alanı matrisin bütün elemanlarının toplamıdır. Dolayısıyla alan ifadesi;

$$alan = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} \qquad \text{olacaktır.} \qquad (2)$$

Ağırlık merkezinin koordinatları ise ;

$$satmerk = \frac{1}{alan} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} i.C_{ij}\,, \qquad \text{ve} \qquad sutmerk = \frac{1}{alan} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} j.Cij \qquad (3)$$

ifadeleri ile tanımlanır.

3.3. Simetri Eksenleri

Görüntü tanıma uygulamalarında, görüntülerin oryantasyon, boyut ve öteleme işlemlerinden bağımsız olacak şekilde modellenmesi en çok dikkat edilmesi gereken husustur. Aksi taktirde aynı görüntünün farklı pozisyonlardaki görünüşleri cismin doğru sınıflandırılmasına engel olur. Çünkü bu durumda görüntü matrisi farklı olacağından, orijinalinden tamamen farklı özniteliklerle karşılaşmak sözkonusu olacaktır.

Bu nedenle yaprak görüntülerinin modellenmesi, görüntünün simetri eksenlerine göre yapılmıştır. Görüntünün yatay simetri ekseni, görüntüyü alan olarak iki eşit parçaya böler ve görüntünün ağırlık merkezinden geçer. Dikey simetri ekseni ise yine görüntünün ağırlık merkezinden geçer ve yatay simetri eksenine diktir. Böylece yaprak görüntüsü hangi pozisyonda bulunursa bulunsun, simetri eksenleri referans alınarak çıkarılan özniteliklerin değeri ve sırası değişmeyecektir.

Görüntünün mevcut pozisyondaki yatay ekseniyle simetri eksenlerinin yapmış olduğu açı bulunarak, *B* matrisindeki kenar görüntüsü bu açı kadar döndürülerek *E* matrisi elde edilmiştir. Bu işlemler sırasında kullanılan bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$cmi = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left((satmerk - i)^2 + (j - sutmerk)^2\right)C_{ij} \tag{4}$$

$$m_{02} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}(satmerk - i)^2.C_{ij} \tag{5}$$

$$m_{20} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}(j - sutmerk)^2.C_{ij} \tag{6}$$

$$m_{11} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}((satmerk - i)(j - sutmerk))C_{ij} \tag{7}$$

$$tg^2\theta + \frac{m_{20} - m_{02}}{m_{11}}tg\theta - 1 \tag{8}$$

denkleminin kökleri simetri eksenlerinin yatay eksenle yapmış olduğu açıyı vermektedir (Franz E.,et al,1995). B matrisine ait görüntü θ kadar döndürülürse simetri eksenleri yatay ve düşey eksenle çakışmış olur. Bunun için önce B matrisindeki '1' değerine sahip dış kenar piksellerinin her birinin ağırlık merkezine olan uzaklıkları ve yatayla yapmış oldukları açı bulunarak, dış kenardaki noktalar kutupsal koordinatlarda modellenir. Dış kenarın bulunması sırasında çalıştırılan programı dış kenar piksellerinin satır numaralarını SATIR vektöründe, sütun numaralarını ise SUTUN vektörüne kaydetmektedir. Bu vektörlerin boyu aynı zamanda çevre üzerindeki piksel sayısına eşittir. Çevre uzunluğu için bir ölçek olarak alınabilir. Bu vektörlerden yararlanarak dış kenar noktalarının yaprağın merkezine olan uzaklıkları hesaplanarak, uzunluklar UZUNLUK matrisine, simetri eksenini baz olarak alan açılar ise TETA matrisine atanır.

$$UZAKLIK(i) = \sqrt{\left((SATIR(i) - satmerk)^2 + (SUTUN(i) - sutmerk)^2\right)} \tag{9}$$

$$TETA(i) = atan2\left((satmerk - SATIR(i)), (SUTUN(i) - sutmerk)\right) - teta1 \tag{10}$$

Eşitlikteki *atan2(•)* fonksiyonu [0, 2π] aralığında değerler alan özel arctangent fonksiyonudur. Diğer terim *tetal* ise denkleminin pozitif köküdür.

Bu sonuçlar elde edildikten sonra şeklin döndürülmesi mümkündür. Dönme işleminde sonraki elde edilecek görüntünün dış kenar piksellerinin satır ve sütün numaralarını kaydetmek üzere SATIR1 ve SUTUN1 vektörleri tanımlanır.

$$SATIR1(i) = UZAKLIK(i) * \cos(TETA(i)) \tag{11}$$

$$SUTUN\ 1(i) = -UZAKLIK\ (i) * \sin(TETA\ (i)) \tag{12}$$

Bu vektörler vasıtasıyla döndürülmüş görüntüye ait başlangıçta bütün elemanları sıfır olan matrisi aşağıdaki bağıntı ile güncellenir.

$$E(SATIR1(i) + satmerk, SUTUN1(i) + sutmerk) = 1 \tag{13}$$

Matrisin indislerinin tamsayı olmaması durumunda, tamsayıya yuvarlatma işlemi yapılır.

3.4. Özniteliklerin Çıkarılması

Elde edilen UZUNLUK ve TETA matrisindeki elemanların sıralanışı dış kenarın bulunmasında izlenen sıraya göredir. Uzunluklar TETA matrisindeki açı değerlerine göre küçükten büyüğe doğru, 4° lik adımlarla sıralanır. Her aralıktaki maksimum uzuluğa sahip piksel örneklenir. Bu amaçla egitim matrisinin birinci sütunu kullanılır. Matrisin diğer sütunlarında ise her bir açı derecesine karşı düşen minimum uzunluklar ile bu nokta sayısı kaydedilir. Ancak bu sütunlardaki verilere sınıflandırma aşamasında ihtiyaç duyulmamıştır. Maksimum uzunluklar sınıflandırma işleminde yeterli olmuştur.

4. SINIFLANDIRMA İŞLEMİ

Sınıflandırma işlemine başlamadan önce bütün yapraklar okutularak öznitelikler çıkarılmış ve kaydedilmiştir. Daha sonra altı değişik sınıftan birer örnek seçilerek YSA eğitilmiştir. Test işleminde 11 türe ait yaprak görüntüleri kullanılmıştır.

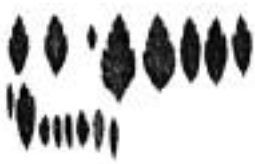
Mevcut bütün yaprak görüntülerine ait öznitelikler her bir türe ait, türün kendi adıyla anılan akasya, akçaağaç, çitlenbik, gül, iğde, karaağaç, kartopu, karakavak, kuşburnu, leylak, frenk üzümü öznitelik matrisleri elde edilmiştir. Bu matrislerin her bir kolonunda değişik bir yaprağa ait veriler bulunmaktadır.

Şekil 2 Simetri eksenlerine göre döndürülmüş yaprak görüntüsü

a) Akasya

b) Karaağaç

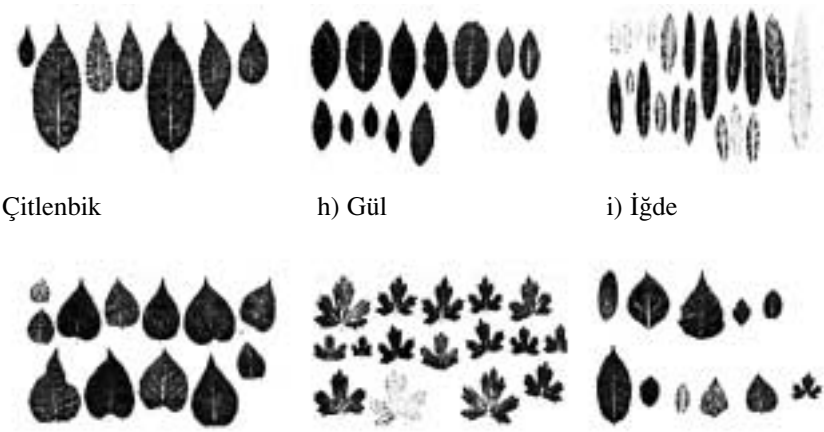
c) Karakavak



d)Kartopu

e)Kuşburnu

f)Akçaağaç



g) Çitlenbik h) Gül i) İğde

j) Leylak k) Frenk Üzümü l)Model yapraklar

Şekil 3 Çalışmada kullanılan yaprak görüntüleri

4.1. Geriye Yayılma Ağı İle Sınıflandırma

Geriye yayılma ağında giriş katmanı 90, saklı katman 35 çıkış katmanı ise 6 hücreden oluşmaktadır. Giriş katmanındaki hücre sayısı, öznitelikler giriş olarak kullanıldığından öznitelik vektörünün uzunluğuna eşittir. Yaprak kenarından her 4°' de bir örnek alındığından, 360° için, toplam 90 adet örnek alınmıştır. Geriye yayılım ağında saklı katmanda kullanılan hücrelerin optimum sayısı için genel bir analitik ifade mevcut değildir (Lee G.C.S., Lin C.T., 1995). Bu nedenle saklı katmandaki hücre sayısı için çeşitli değerler alınıp eğitim işlemi yaptırılmış, 35 hücrenin kullanılmasının optimum çözüm olduğu gözlenmiştir. Her bir sınıfı temsil eden vektörün boyu 6 bit olarak seçildiğinden, çıkış katmanındaki hücre sayısı 6 alınmıştır. Bütün katmanlar için transfer fonksiyonu olarak [0,1] aralığında çıkış değerleri üreten ve her noktada türevi alınabilen log*sig*(•) fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun tanımı aşağıdaki gibidir.

$$\text{logsig}(n) = 1/\ (1+\exp\ (-n)) \tag{14}$$

Ağın eğitiminde adaptif momentum geriye yayılma öğrenme kuralı kullanılmıştır (Jacobs R.A.,1988). Bu yöntemin birbirine çok benzeyen desenleri tanımadaki performansının diğer yöntemlere göre çok iyi olduğu gözlenmiştir. Çünkü diğer yöntemlerle yapılan denemelerde doğru sınıflandırma işlemine pek az rastlanıldığından bu uygulama için kullanışsız oldukları görülmüştür. Oysa bu yöntemde % 100'e yakın doğrulukta bir sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

Eğitim işlemi için geçen süre yaklaşık 4 dakika olmuştur. Giriş kümesinin büyüklüğü ve istenilen hatanın çok küçük değerde tutulması, aynı zamanda sınıf sayısının fazlalığı gözönüne alındığında bu süre çok büyük değildir. Bu ağ modeli ile yapılan eğitim işleminin çıktısı aşağıda gösterilmiştir. Beş farklı yaprak türünden birer tane model seçilerek ağ eğitilmiştir. Eğitim işleminde kullanılan akasya, karakavak, karaağaç, kartopu ve kuşburnu yaprakları kullanılmıştır.

Bu işlemin başında tanımlanan negitim matrisinde her bir sınıfı temsil eden model yapraklara ait veriler bulunmaktadır. Akasya yaprakları için 5 numaralı yaprak, karakavak ve karaağaç için bu türlere ait 4 numaralı yapraklar, kartopu ve kuşburnu türleri için ise 2 numaralı yapraklar model olarak seçilmiştir. Ağın eğitiminde, ağın mevcut çıkış değeri ile olması istenilen çıkış değeri arasındaki farkı ölçmek için toplam karesel hata hesaplanmıştır. Toplam karesel hata aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Lee G.C.S, 1995).

$$SSE = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}(d_i^j - y_i^j)^2} \tag{15}$$

Bu ifadede m toplam sınıf sayısı, n çıkış katmanındaki toplam hücre sayısıdır. Dolayısıyla bizim çalışmamızda *m*'nin değeri 5 ve *n*'in değeri ise 6 alınmıştır. Girişe *j.* sınıfa ait model görüntü uygulandığında, i. çıkış hücresinin alması gereken değer d_j^i ile hücrenin mevcut değeri ise y_I^j ile gösterilmektedir.

Hedeflenen toplam karesel hata (SSE), $2x10^{-20}$ alınmıştır. Toplam karesel hata değeri bu değerin altına düşünce eğitim işlemi durdurulmuştur. Bu hedefe 2611 eğitim adımı sonunda ulaşılmıştır.

Eğitim işleminde, çıkış desenine ait bilgi ise nhedef matrisinde tutulmuştur. Bu matris aşağıda verimiştir.

$$\text{nhedef} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Bu matristeki sütunlar sırasıyla akasya, karakavak, karaağaç, kartopu ve kuşburnu türlerine ait çıkış desenleridir.

Eğitim işleminin ardından her bir türden 15 yaprak olmak üzere, 5 tanesi ağa tanıtılan, 6 tanesi de ağa tanıtılmayan toplam 11 tür üzerinde test yapılmıştır. Test işlemi sonucunda her bir türden ilk 10 yaprağa ait çıkış desenleri ve ağın her bir yaprak türünü tanımadaki başarı oranı aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 1. Akasya Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef	Başarım
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	% 100
	2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	
	3	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	
	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	
	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tablo 2. Karakavak Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef	Başarım
ÇIKIŞ DESENİ	1	1.00	1.00	0.01	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	% 100
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tablo 3. Karaağaç Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef	Başarım
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	%86.67
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	0.00	0.00	0.99	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	1.00	1.00	0.00	1.00	0.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tablo 4.Kartopu Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef	Başarım
ÇIKIŞ DESENİ	1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	%86.67
	2	0.00	0.00	0.00	0.91	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	0.00	0.00	0.00	1.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tablo 5. Kuşburnu Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef	Başarım
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	% 100
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tablo 6. Akçaağaç Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.00	0.99	1.00	0.97	0.91	0.98	0.95	0.99	0.91	1.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	0.09	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	
	3	1.00	1.00	0.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tablo 7. Çitlenbik Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.99	1.00	1.00	0.00	0.00	0.02	0.00	1.00	1.00	1.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	0.00	0.00	0.00	0.77	1.00	0.96	1.00	0.00	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.99	1.00	0.94	1.00	0.00	0.00	0.00	
	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tablo 8. Gül Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	0.99	1.00	0.79	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	1.00	0.99	1.00	1.00	0.31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	1.00	1.00	0.17	0.90	1.00	0.23	1.00	0.83	0.11	1.00	
	6	0.00	0.00	0.96	0.37	0.00	0.87	0.12	0.04	0.00	0.00	

Tablo 9. İğde Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
	6	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tablo 10. Leylak Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	0.98	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	0.00	0.53	1.00	0.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	4	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	5	1.00	0.68	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	6	0.00	0.05	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tablo 11. Frenk Üzümü Yaprakları

Yaprak NO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hedef
ÇIKIŞ DESENİ	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	BELİRLİ DEĞİL
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.01	
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	1.00	0.00	0.00	0.00	
	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.95	1.00	1.00	
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	

5. SONUÇ

Test işlemi sonucunda Akasya yaprakları %100, karakavak yaprakları % 100 karaağaç yaprakları %87, kartopu yaprakları %87 kusburnu yaprakları ise %100 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Sistemin toplam sınıflama doğruluğu %95 olmaktadır.

Eğitim işlemi sırasında ağa tanıtılmayan diğer 6 türe ait çıkış desenlerine bakıldığında akçaağaç için 111010 çıkış deseni baskın olarak gözlenmektedir ki bu ağa tanıtılan bitki türlerinden farklı bir sınıf olduğunu göstermektedir. Çitlenbiğe ait görüntüler 100101 çıkış deseni ile akasyaya ve 011101 çıkış deseni ile karaağaca benzetilmiştir. Gül ise 011110 çıkış deseni ile kuşburnuya benzetilmiştir. İğde yapraklarının tamamı 100101 çıkış deseni ile akasya yaprakları ile ilişkilendirilmiştir. En zor sınıf leylak olarak göze çarpmaktadır. Leylak yaprakları karaağaç ve karakavak yapraklarına benzetilmiştir. Frenk üzümü yapraklarının tamamı ise;110010 çıkış deseni ile karakavak yapraklarına benzetilmiştir.

REFERANSLAR

BİLGİLİ, E. (1999). *Yapay Sinir Ağları ile Bitki Şekillerinin Sınıflandırılması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), G.Y.T.E. Kütüphanesi.

ERDÖN, A. (1992). *Sayısal Görüntülerde Kenar Tanıma Metotları* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

FRANZ, E., M.R. GEBHARDT, K.B. UNKLESBAY (1995). ''Algorithms For Extracting Leaf Boundary Information From Digital Images of Plant Foliage'', *ASAE* V.38 (2) : 625-633.

FREEMAN, J.A., D.M. SKAPURA (1991). *Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques*, MA, Addison-Wesley.

FU, K.S., T.Y. YOUNG (1986). *Handbook of Pattern Recognition and Image Processing*, Academic Press, California.

HUMPHRIES, S., W. SIMONTON (1993). ''Identificiation of Plant Parts Using Color and Image of Plant Foliage'', *ASAE* 36 (5):1493-1500.

JACOBS, R.A. (1988). "Increased Raised of Convergence Through Learning Rate Adaptation", *Neural Networks*, 1:295-07.

LEE, G.C.S., C.T. LIN (1995). *Neural Fuzzy Systems*, Prentice Hall, New Jersey.

LIAO, K., M.R. PAULSE, J.F. REID (1993). "Corn Kernel Breakage Classification by Machine Vision Using Neural Networks", *ASAE* 36 (6), 1949-1953.

''Machine Vision and Image Processing For Plant Identification". (1986). D.E. GUYER (et. all.) *ASAE*, 29 (6).