



Alınış tarihi(Received): 15.09.2021  
Kabul tarihi (Accepted): 29.11.2021

## Görüntü İşleme Teknikleri ile Bağ Yaprak Uyuzu Hasarının Belirlenmesi

Ziya ALTAŞ<sup>1\*</sup>, Mehmet Metin ÖZGÜVEN<sup>1</sup>, Mesut DİLMAÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, TÜRKİYE  
\*Sorumlu yazar: [ziyaaltas38@gmail.com](mailto:ziyaaltas38@gmail.com)

**ÖZET:** Görüntü işleme, teknolojinin gelişimiyle ortaya çıkan ve tarımsal faaliyetlerde özellikle büyük verim ve ekonomik kayıplara sebep olan bitki hastalık ve zararlılarının doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu çalışmada, MATLAB'ın image processing toolbox modülü kullanılarak bağ yaprak uyuzu zararlısının verdiği hasar, 50 görüntü içinde en düşük %10 ve en yüksek %87 zarar oranında tespit edilmiştir. Çalışmada uzman değerlendirmesi ve görüntü işleme tekniği ile belirlenen hasar düzeyleri birbirine yakın bulunmuştur. Görüntü işleme sonuçları ile uzman değerlendirmesi arasındaki regresyon katsayısı  $R^2 = 0.968$ ,  $p < 0.01$ ; Pearson korelasyon katsayısı:  $r = 0.984$ ,  $p < 0.01$  olarak belirlenmiştir. İki yöntem arasındaki bu ilişkinin istatistik olarak önemli olması, hasar düzeyinin belirlenmesinde uzman değerlendirmesine alternatif olarak oluşturulan görüntü işleme yönteminin kullanılabilceğini göstermektedir. Örneğin bir görüntünün uzman değerlendirmesinde %20 hasar düzeyi ile sonuçlanırken, görüntü işleme hesaplaması ile %18 bulunmuştur. Uzman değerlendirmeleri tamsayı değerler iken hasarlı alanlar ise görüntü işleme algoritması ile kesin değerler olarak bulunmuştur. Hasar tespitinde görüntü işleme yönteminin düşük maliyette, hızlı ve başarılı sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler-** Görüntü işleme, MATLAB, Bağ uyuzu, Asma Yaprığı, Akar

## Determination of Vineyard Leaf Scab Damage with Image Processing Techniques

**ABSTRACT:** Image processing is a method that has emerged with the development of technology and enables the accurate and rapid determination of plant diseases and pests that cause especially large yield and economic losses in agricultural activities. In this study, the damage caused by the leaf scabies pest was determined at the lowest 10% and the highest 87% damage rate among 50 images by using the image processing toolbox module of MATLAB. In the study, the damage levels determined by expert evaluation and image processing technique were found to be close to each other. Regression coefficient between image processing results and expert assessment  $R^2 = 0.968$ ,  $p < 0.01$ ; Pearson correlation coefficient:  $r = 0.984$ ,  $p < 0.01$  has been determined. The statistical significance of this relationship between the two methods shows that the image processing method, which was created as an alternative to expert evaluation, can be used in determining the damage level. For example, while the expert assessment of an image resulted in 20% damage level, it was found 18% by image processing calculation. While the expert evaluations were integer values, the damaged areas were found as exact values with the image processing algorithm. It has been concluded that the image processing method in damage detection provides low cost, fast and successful results.

**Key words-** Image Processing, MATLAB, Vineyard Scab, Vine Leaf, Mites

### 1. Giriş

Ülkemiz bağcılığı iklimin uygun olmasından dolayı eski zamanlardan beri yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bağcılıkta asma olarak isimlendirilen (*Vitis sp.*) bitki yetiştirilmektedir. Asma, toprak ve iklim bakımından fazla seçici olmaması ve asmadan üzüm ve yaprak gibi ürünlerin ekonomik olarak değerlendirme imkanına sahip olması nedeniyle birçok ailenin geçim kaynağını oluşturmaktadır. Ancak bağlarda kalite ve verimi düşürerek ekonomik kayıplar veren birçok hastalık ve zararlı bulunmaktadır. Ülkemizde bağ alanlarının tümünde

yayıllık gösteren zararlılarının en önemlilerinden olan bağ yaprak uyuzu [(Colomerus vitis Pgst. (Acarina: Eriophyidae)], bağlarda önemli hasarlar meydana getirmektedir. İlkbaharda havaların ısınması ile yeni oluşan yapraklardan beslenmeye başlamakta ve vejetasyon süresince zararlarına devam etmektedirler. Bağ yaprak uyuzu genellikle yapraklarda bulunmakla birlikte bazen çiçek tomurcuklarında ve çiçeklerde de görülebilmektedir. Hasar oluşmuş yapraklar fotosentezi tam olarak yapamamakta ve hasar şiddetinin oranına göre ürün miktarı ve üzümde şeker oranı azalmaktadır. Ayrıca ülkemizin yemek kültüründe yer alan salamuralık yaprakların kalitesini ve pazar değerini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bağda kaliteli ve ekonomik bir üretim için bitki sağlığının izlenmesi, zararların erken tespiti ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması ile gerçekleştirilebilir (Doğu ve ark., 2015; Semerci ve ark., 2015; Anonim, 2017; Altaş ve ark., 2019; Lee ve ark., 2020).

Tarımsal üretimde ekonomik, sürdürülebilir ve üretken işletmeciliğin sağlanması tarımsal üretimin öncelikli hedefidir. Bu amaçla, tarımda ürün verimliliğinin ve kalitesinin artırılması, minimum düzeyde girdi kullanımı, gıda güvenilirliği, doğal kaynakların ve çevrenin korunması gibi önemli konularda teknolojinin kullanılmasıyla, tarımsal işlemler kolaylaştırılmakta ve sorunlara alternatif çözümler geliştirilmektedir (Ozguven, 2018). Son yıllardaki yapay zeka, görüntü işleme ve grafik işleme birimlerindeki (GPU) gelişmeler, hassas bitki koruma ve büyüme uygulamalarını geliştirmektedir (Barbedo, 2019).

Görüntü işleme yöntemi, dijital görsellerin belirli bir amaç gözetilerek bilgisayar ve yazılım desteği ile değiştirilmesi uygulamasıdır. Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, ilk önce kamera, fotoğraf makinesi veya tarayıcı ile görüntüler elde edilmektedir. Elde edilen görüntüler üzerinde, görüntü ön işleme adımları uygulanarak nesnelere ait özellikler amaca uygun şekilde çıkartılmaktadır. Nesnelere tespit edilmesi veya belirlenmesi çalışmalarında karmaşık arka plan çıkarımı ile tanıma, renk belirleme, şekil belirleme, köşe ve kenar belirleme, görüntü tanıma, şablon eşleme gibi yöntemler kullanılmaktadır (Hussin ve ark., 2012; Sonka ve ark., 2013; Ağın ve Malaslı, 2016; Demir ve ark., 2016). Görüntü işleme ile zararlı ve zararlı hasarı tespitine yönelik yapılan örnek çalışmalar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Görüntü işleme ile zararlı tespiti ve hasar tespitine yönelik yapılan örnek çalışmalar

Table 1. Case studies for pest detection and damage detection with image processing

İki noktalı örümcek akarının neden olduğu hasarı izlemek ve değerlendirmek	Uygun ve ark., 2020
Mısır bitkisinde haşere tespiti ve kontrol haritasının uygulanması	Deng ve ark., 2020
Bitkilerde zararlı tespiti için kümeleme algoritmalarının kullanılması	Reddy ve ark., 2020
Beyaz sinek zararlısının erken tespiti	Pavithra ve Murthy, 2017; Bhadane ve ark., 2013; Huddar ve ark., 2012
Çeltik tarlalarında haşere tespiti ve çıkarma	Miranda ve ark., 2014
Domates plantasyonunda erken zararlı tespiti	Prathibha ve ark., 2014

Bu çalışmada da ülkemizde yaygın görülen bağ zararlılarından bağ yaprak uyuzu zararının görüntü işleme teknikleri ile belirlenmesi ve değerlendirme kriteri olan 1 cm çaptaki leke sayılarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Leke sayılarına göre bağ yaprak uyuzu zarar düzeyleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bağ yaprak uyuzunu meydana getiren zararlı, gözle görülmeyecek kadar küçük bir akardır. Ancak yaprak üzerinde meydana getirdiği kabarıklık şekillerden tanınmaktadır. Zararlı, kışı gözlerde, tüyler arasında, dalların çatlaklarında ergin olarak geçirmekte ve ilkbahar ile havaların ısınmasıyla oluşan yeni yapraklara geçerek beslenmeye başlamaktadır. Zararlı asma yapraklarını alt yüzünden emmektedir. Beslenirken salgı maddesi çıkarmakta ve emgi yerlerinde, yaprağın alt yüzeyinde hafif bir çukurcuk, üst yüzeyinde ise tam çukurcuğun karşısında kabarcık oluşmaktadır. Bu kabarcıklara gal adı verilmektedir. Galler giderek büyür ve çukurcuğun iç kısmında bulunan epidermis tabakasında önce beyaz renkte, daha sonra kırmızı-kahveye dönüşen erineum meydana gelmektedir. Yaprağın altında oluşan çukurda ayrıca tüyler oluşmaktadır. Nadir görülmele birlikte şiddetli bulaşmalarda yaprağın üst yüzünde de beslenmektedirler (Anonim, 2017).



Şekil 1. Bağ yaprak uyuzunun verdiği hasar (Anonim, 2008).

Figure 1. Damage caused by vineyard leaf scabies (Anonymous, 2008).

Geleneksel olarak bitkilerde hasar düzeyi deneyimli bitki koruma uzmanları tarafından hastalık ve zararlının türüne göre farklı skalalar kullanılarak görsel olarak belirlenmektedir. Bağ yaprak uyuzu hasar düzeyinin belirlenmesinde uzman, yersel gözlemler ile asma yaprağı üzerindeki lekeleri tespit etmektedir. Ardından lekeleri sayarak Çizelge 2’de verilen skalaya göre tahmini bir hasar düzeyi belirlemektedir. Bu tahmin uzmanın deneyim düzeyine bağlı olarak yanılgılara ve hatalara neden olabilmektedir. Hasar düzeyinin belirlenmesinde insan kaynaklı yanılgıyı azaltacak daha hızlı pratik yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 2. Asma yapraklarında bağ uyuzu hasarının değerlendirildiği skala (Anonim, 2015).

Table 2. The scale in which vineyard scabies damage is evaluated on vine leaves (Anonymous, 2015).

Skala Değeri	Hasar Yüzdesi (%)	Tanımı
0	0	Yaprakta leke hiç yok
1	1-30	Yaprakta 1–2 adet leke mevcut
2	31-60	Yaprakta 3–10 adet leke mevcut
3	61-100	Yaprakta 10 adetten fazla leke mevcut

Çalışmanın girdisini oluşturan görüntüler, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi bağ alanlarından 4000x3000 piksel çözünürlükte kamera

yardımla alınmıştır. Görüntü işleme basamakları MATLAB programlama dili kullanılmıştır. Bu programı çalıştırmak için dört çekirdekli i5 işlemcili bir bilgisayar kullanılmıştır.

## 2.1. Yöntem

Kamera yardımıyla 4000x3000 piksel çözünürlükte alınan görüntüler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Görüntüler içerisinde bağ yaprak uyuzu zararı temsil eden rastgele 50 görüntü seçilmiştir. Seçilen görüntüler MATLAB çalışma ortamına tanımlanmıştır. Daha sonra görüntü  $l*a*b*$  renk uzayına dönüştürülmüştür. Nesnelere ve arka plan, renk bazlı segmentasyon işlemi ile ayrılmıştır. Görüntüler çeşitli faktörlere göre bölünebilmektedir. Örneğin, bir görüntüdeki şekilleri kesmek veya renkleri görüntü parçalarına ayırmak gibi farklı şekillerde uygulanabilir. Çalışmada, " $a*b*$ " alanında sınıflandırılan renklere sahip görüntüler üzerinde Öklid mesafesi kullanılarak lekeli piksellerin (" $a*$ " ve " $b*$ " değerleri ile taşınan renkler) kümelenebilir için K-aracı kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kümeleme, Öklid uzaklık formülüne (1) göre yapılmıştır.  $x$  ve  $y$  noktaları arasındaki Öklid mesafesi, onları birbirine bağlayan doğru parçasının uzunluğudur.

$$d(x,y) = \{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2\}^{1/2} \quad (1)$$

Kümelemede kullanılan formül (2) numaralı denklemde verilmiştir.

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^{(j)} - c_j\|^2 \quad (2)$$

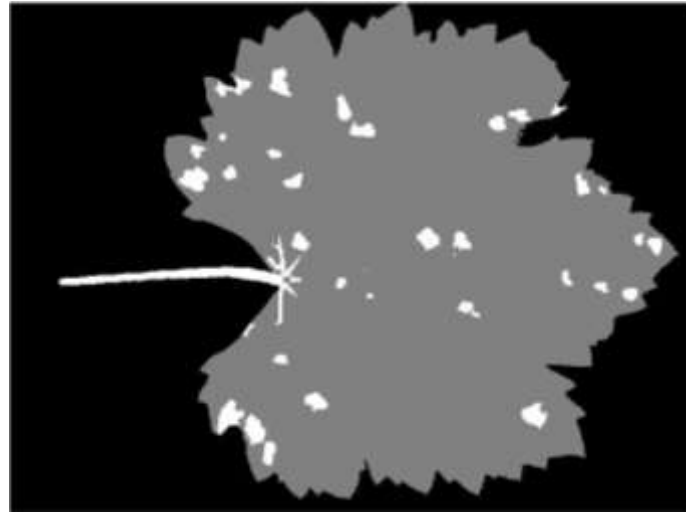
Burada,  $\|x_i^{(j)} - c_j\|$ ,  $x_i^{(j)}$  ve  $c_j$  arasındaki öklid mesafesidir;  $n$ ,  $i$ 'inci kümedeki veri noktalarının sayısı,  $k$  ise küme merkezlerinin sayısıdır.

Kümeleme işleminden sonra lekeli kısımlar siyah-beyaz görüntüye çevrilmiştir. Morfoloji fonksiyonlarını kullanarak, ilgilenilen nesnelere ait olmayan pikseller kaldırılmıştır. Alan operatörleri ile her bir sınırın çevrelediği alanı tahmin etmesi için boşluklar doldurulmuştur. Daha sonra nesnelere sınırları bulunup beyaz çizgi ile sınırları çizdirilerek lekeli alanlar tespit edilmiştir.

Belirtilen bu yöntem kapsamında MATLAB ortamında geliştirilen algoritmalar ile bağ uyuzu zararına örnek bir görüntünün görüntü işleme adımları aşağıda detaylıca anlatılmıştır. Öncelikle Şekil 2'de girdi olarak JPEG formatında orijinal görüntü verilmiştir. Görüntüdeki her piksel "`cluster_index`" ile etiketlenmiştir. Şekil 3'te ise kümeleme yapılarak elde edilen piksel etiketleme çıktısı verilmiştir.



Şekil 2. Orijinal görüntü  
*Figure 2. Original image*



Şekil 3. Piksel etiketleme çıktısı  
*Figure 3. Pixel labeling output*

Piksel etiketlerini kullanarak, görüntüdeki nesnelere renklere ayrılmıştır. Kümeleme işleminden sonra segmentlerine ayrılan görüntülerden bağ yaprak uyuzu lekeli kısımları temsil eden küme (küme 3) seçilmiştir. Morfoloji fonksiyonlarını kullanarak, ilgilenilen nesnelere ait olmayan damar, sap gibi kısımları temsil eden pikseller kaldırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 4. Bağ yaprak uyuzu zarar lekeleri  
*Figure 4. Vineyard leaf scab damage spots*

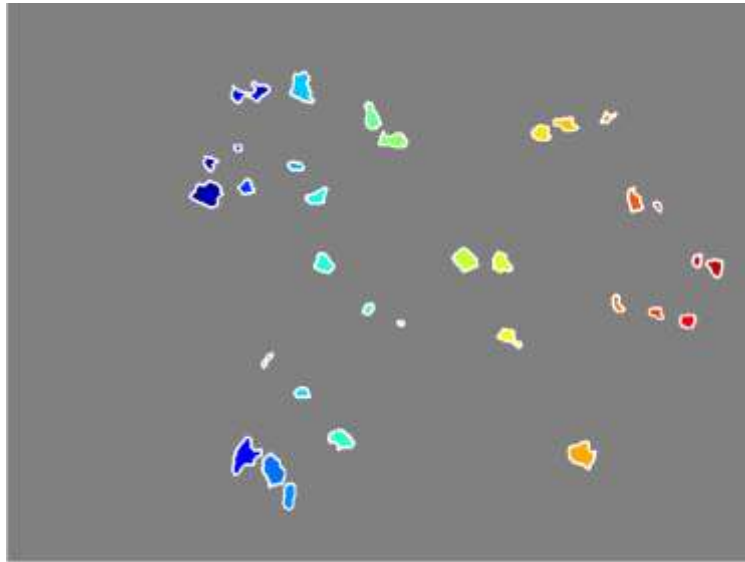


Şekil 5. Gürültülerin çıkarılması  
*Figure 5. Removal of noises*

Şekil 6’da gösterildiği gibi gürültülerden arındırılan görüntü “rgb2gray” komutu ile önce griye sonra “imbinarize” komutu ile siyah beyaza dönüştürülmüştür. Daha sonra “imfill” komutu kullanılarak boşluklar doldurulmuştur. Boşluklar doldurulduktan sonra “bwboundaries” komutu ile lekeli kısımlar etiketlenip RGB’ye (renkli görüntüye) dönüştürülerek her birinin sınırı çizgi genişliği 1 mm olacak şekilde çizdirilmiştir (Şekil 7).

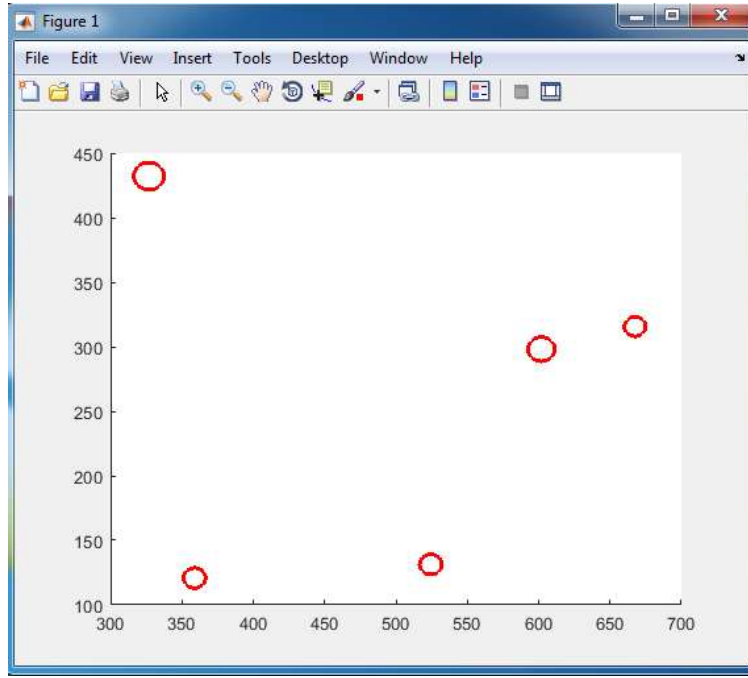


Şekil 6. Lekelerin belirginleştirilmesi  
*Figure 6. Clarification of spots*



Şekil 7. Lekeli kısımların sınırlarının çizdirilmesi  
*Figure 7. Drawing the borders of the stained parts*

En son sınırları çizilen lekeli kısımlardan dairesel Hough dönüşümü kullanarak 1 cm ve üzerindeki çaplarda daireler oluşturulmuştur ve sayısı tespit edilmiştir. Şekil 8’de gösterildiği gibi belirtilen çapa göre leke sayısı 5 olarak belirlenmiştir. Değerlendirmede 1 cm çapındaki ortalama lekeler tek leke olarak kabul edilmiştir. Asma yapraklarındaki bağ uyuz hasarını belirlemek için kullanılan Çizelge 2’de verilen skalaya göre örnek görüntünün skala değeri 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Leke sayısı (1 cm çaptaki)  
Figure 8. Number of spots (1 cm in diameter)

### 3. Araştırma Bulguları

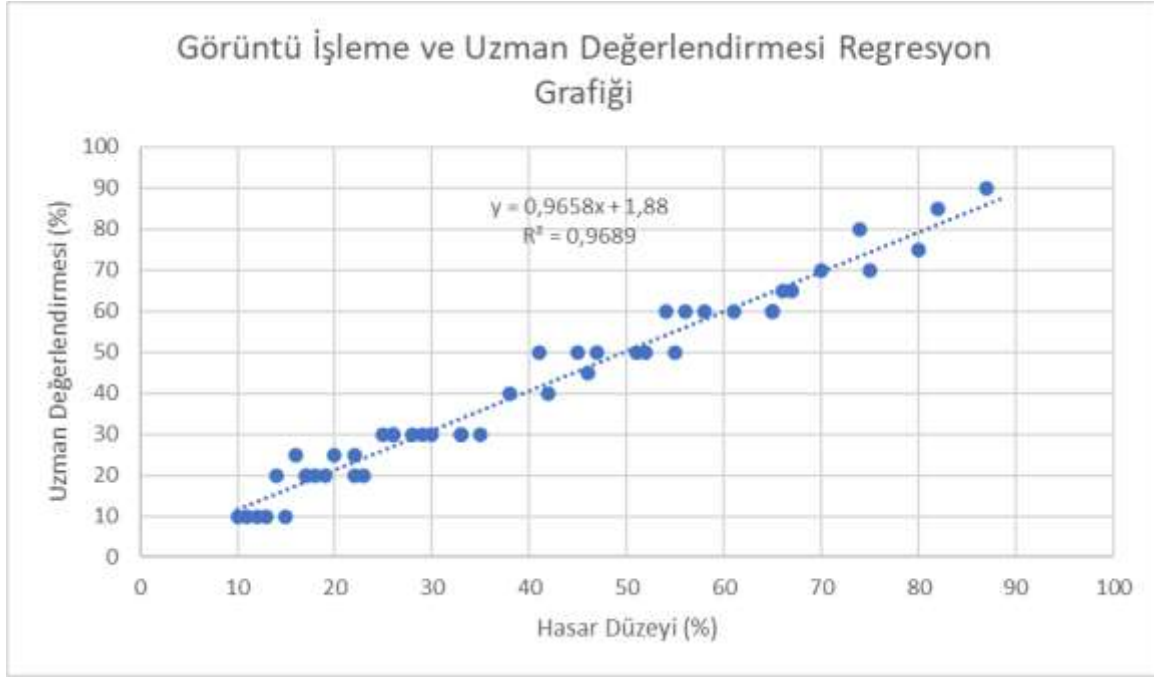
Çalışmanın yapıldığı alanda hastalığın farklı gelişim düzeylerinde bulunan 50 adet görüntünün her biri geliştirilen algoritmalar ile görüntü işlemeye tabi tutulmuştur. Her bir görüntü için görüntü işleme ile elde edilen sayım sonuçları Çizelge 2'deki skala değerlerine göre değerlendirilmiştir. Hasar düzeyi ise Townsend-Heuberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır. "Zarar düzeyi (%) =  $\frac{\sum (n \times V)}{Z \times N} \times 100$ ". Burada, n: skalada farklı hasar düzeyine sahip bitki sayısı, V: skala değeri, Z: en yüksek skala değeri, N: gözlenen toplam bitki sayısıdır (Townsend ve Heuberger, 1943). Çalışmada elde edilen bulgular Çizelge 3'te verilmiştir.

Çalışmada 50 görüntü için bağ yaprak uyuzu lekelerinin görüntü işleme yöntemleriyle tespit edilip hasar düzeyleri başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde 50 görüntü için en düşük %10 en yüksek %87 zarar oranı tespit edilmiştir. Ayrıca her bir görüntünün görüntü işleme ile elde edilen leke sayısına göre skala değerleri belirlenmiş ve Çizelge 3'te verilmiştir. Görüntü işlemeye tabi tutulan 50 adet görüntüden çoğunlukla skala değeri 1 olarak bulunmuştur. Bu değer Çizelge 2'deki değerlendirme skalasına göre düşük düzeyde diyebileceğimiz hasar düzeyine denk gelmektedir. Bu sonuçlar bağ uyuzu hasarının erken aşamada tespit edilebileceğini göstermektedir.



Çizelge 3. Görüntü işleme elde edilen ve uzman değerlendirmesi hasar düzeyleri  
 Table 3. Damage levels obtained from image processing and expert assessment

Görüntü Numarası	Skala Değeri	Hasar Düzeyi (%)	Uzman Değerlendirmesi (%)	Görüntü Numarası	Skala Değeri	Hasar Düzeyi (%)	Uzman Değerlendirmesi (%)
1	2	33	30	26	1	15	10
2	2	46	45	27	1	26	30
3	1	17	20	28	2	33	30
4	3	67	65	29	1	18	20
5	2	51	50	30	1	22	20
6	1	22	25	31	2	54	60
7	1	26	30	32	3	65	60
8	3	66	65	33	3	74	80
9	1	12	10	34	1	14	20
10	1	30	30	35	2	41	50
11	1	20	25	36	2	35	30
12	1	26	30	37	3	70	70
13	3	80	75	38	3	87	90
14	2	58	60	39	2	56	60
15	1	17	20	40	1	23	20
16	3	61	60	41	1	10	10
17	2	42	40	42	3	65	60
18	1	13	10	43	1	29	30
19	2	55	50	44	2	33	30
20	3	75	70	45	2	38	40
21	2	47	50	46	2	52	50
22	3	65	60	47	1	19	20
23	3	82	85	48	1	28	30
24	2	45	50	49	1	25	30
25	1	16	25	50	1	11	10



Şekil 9. Görüntü işlemeyle elde edilen hasar düzeyi ile uzman değerlendirmesi arasındaki ilişki

Çizelge 3'teki değerler ve Şekil 9'da verilen grafikte uzman değerlendirmesi ve görüntü işleme tekniği ile belirlenen hasar düzeylerini karşılaştırınca birbirine yakın olduğu görülmektedir. Grafikteki noktalar 50 adet yaprak görüntüsünü temsil etmektedir. Determinasyon katsayısı  $R^2=0.9689$  olarak bulunmuştur.

#### 4. Sonuç

Son yıllarda çok çeşitli tarımsal uygulama alanları bulunan görüntü işleme teknikleri; özellikle bitki hastalık ve zararlıların erken tespiti, zararlıların gelişim ve yayılmasını önlemek için uygun hasare yönetimi stratejilerinin ve kontrol önlemlerinin uygulanması için değerli bir bilgi kaynağı olmaktadır. Görüntü işleme teknikleri tarımsal üretimde ekonomik ve kaliteli üretim yapabilmek için önemli bir araç haline gelmiştir. Çalışmada uzman değerlendirmesi ve görüntü işleme tekniği ile belirlenen hasar düzeyleri birbirine yakın bulunmuştur. Görüntü işleme sonuçları ile uzman değerlendirmesi arasındaki regresyon katsayısı  $R^2 = 0.968$ ,  $p < 0.01$ ; Pearson korelasyon katsayısı:  $r = 0.984$ ,  $p < 0.01$  olarak belirlenmiştir. İki yöntem arasındaki bu ilişkinin istatistiki olarak önemli olması, hasar düzeyinin belirlenmesinde uzman değerlendirmesine alternatif olarak oluşturulan görüntü işleme yönteminin kullanılabilirliğini göstermektedir. Örneğin bir görüntünün uzman değerlendirmesinde %20 hasar düzeyi ile sonuçlanırken, görüntü işleme hesaplaması ile %18 bulunmuştur. Uzman değerlendirmeleri tamsayı değerler iken hasarlı alanlar ise görüntü işleme algoritması ile kesin değerler olarak bulunmuştur. Bu çalışma, görüntü işlemenin faydalarını ve bu tekniğin uzman değerlendirmesi yerine kullanılabilirliğini göstermektedir. Ek olarak, kesin değerlerinin yanı sıra hızlı ve pratik olup büyük üretim alanlarında insan kaynaklı hataları azaltma potansiyelindedir. Görüntü işleme yöntemlerin bu çalışmada düşük maliyette, hızlı ve başarılı sonuçlar ortaya koyması farklı bitki türlerinde görülen hastalık ve zararlı tespitinde de kullanılabilirliğini göstermektedir.

## 5. Kaynaklar

- Ağın, O. ve Malaslı, M.Z., 2016. Görüntü İşleme Tekniklerinin Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri ve Önemi: Literatür Çalışması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science) 2016, 12 (3), 199-206.
- Altaş Z, Özgüven M,M. ve Yanar, Y., 2019. Bitki Hastalık ve Zararlı Düzeylerinin Belirlenmesinde Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanımı: Şeker Pancarı Yaprak Leke Hastalığı Örneği. International Erciyes Agriculture, Animal Food Sciences Conference 24-27 April 2019 - Erciyes University - Kayseri/Türkiye (Tam Metin Bildiri).
- Anonim, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 4. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırma Daire Başkanlığı, 2008.
- Anonim, 2015. Bitki Hastalıkları Standart İlaç Deneme Metotları (Meyve-Bağ Hastalıkları). <http://www.tarim.gov.tr> (Erişim tarihi: 19.11.2015).
- Anonim, 2017. Bağ Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırma Daire Başkanlığı, 2017.
- Barbedo, J.G.A., 2019. Plant disease identification from individual lesions and spots using deep learning. Biosystems Engineering 180 (2019) 96-107.
- Bhadane, G., Sharma S. ve Nerkar, V.B., 2013. Early Pest Identification in Agricultural Crops using Image Processing Techniques. International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering 2(2): 77-82(2013).
- Demir, B., Çetin, N. ve Kuş, Z.A., 2016. Görüntü İşleme Tekniği İle Yabancı Ot Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. Alinteri, 31 (B) – 2016 59 – 64, ISSN:1307-3311.
- Deng, L., Wang, Z., Wang, C., He, Y., Huang, T., Dong, Y. ve Zhang, X., 2020. Application of agricultural insect pest detection and control map based on image processing analysis. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems 38 (2020) 379–389.DOI:10.3233/JIFS-179413.
- Doğu, D.M., Zobar, D., Solak, E. ve Öztürk, L., 2015. Bağ Hastalık ve Zararlılarıyla Mücadele. Türkiye Ziraat Odaları Birliği (Poster).
- Huddar, S.R., Gowri, S., Keerthana, K., Vasanthi, S. ve Rupanagudi, S.R., 2012. Novel Algorithm for Segmentation and Automatic Identification of Pests on Plants using Image Processing. 2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12). DOI: 10.1109/ICCCNT.2012.6396012.
- Hussin, R., Juhari, M.R., Kang, N.W., Ismail, R.C. ve Kamarudin, A., 2012. Digital image processing techniques for object detection from complex background image. Procedia Engineering, vol:41, pp:340-344.
- Lee, S.H., Goëau, H., Bonnet, P. ve Joly, A., 2020. New Perspectives on Plant Disease Characterization Based on Deep Learning. Computers and Electronics in Agriculture, 170 (2020) 105-220.
- Miranda, J.L., Gerardo B.D. ve Tanguilig III, B.T., 2014. Pest Detection and Extraction Using Image Processing Techniques. International Journal of Computer and Communication Engineering, Vol. 3, No. 3, May 2014.
- Ozguven, M.M., 2018. The Newest Agricultural Technologies, Current Investigations in Agriculture and Current Research, 5(1), 573-580. Doi:10.32474/CIACR.2018.05.000201.
- Pavithra, N. ve Murthy, V.S. 2017. An Image Processing algorithm for pest detection. Perspectives in Communication, Embedded-Systems and Signal-Processing (PiCES) – An International Journal, ISSN: 2566-932X, Vol. 1, Issue 3, June 2017.
- Prathibha, G.P, Goutham, T.G., Tejaswini, M.V., Rajas, P.R., Balasubramani, K., 2014. Early Pest Detection in Tomato Plantation using Image Processing. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 96– No.12, June 2014.
- Reddy, K.A., Chandra Reddy, N.V.M. ve Sujatha, S., 2020. Precision Method for Pest Detection in Plants using the Clustering Algorithm in Image Processing. International Conference on Communication and Signal Processing, July 28 - 30, 2020, India.
- Semerci, A., Kızıltuğ, T., Çelik, A.D. ve Kiracı, M.A., 2015. Türkiye Bağcılığının Genel Durumu. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):42-51 (2015), Hatay.
- Sonka, M., Hlavac V. ve Boyle, R., 2013. Image processing, analysis, and machine vision. Cengage Learning; 4th ed. ISBN: 978-1133593607.
- Townsend, G.K. ve Heuberger, J.W., 1943. Methods for Estimating Losses Caused by Diseases in Fungicide Experiments. Plant Dis. Repr., 27, 340-343.
- Uygun, T., Ozguven, M.M. ve Yanar, D., 2020. A new approach to monitor and assess the damage caused by two-spotted spider mite. Experimental and Applied Acarology (2020) 82:335–346. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00561-8>.