



**Alınış tarihi (Received):** 07.12.2020

**Kabul tarihi (Accepted):** 30.12.2020

## **Resim İşleme İle Sprey Kalitesinin Belirlenmesi**

**Ebubekir YAŞAR<sup>1\*</sup>, Mithat ŞİMŞEK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi. Makine Mühendisliği. Tokat*

<sup>\*</sup>*Sorumlu Yazar: ebubekir.yasar@gop.edu.tr*

**ÖZET:** Sprey yöntemi ile kimyasalların (yağ, ilaç, koku, gıda, temizlik malzemesi...) yüzeylere püskürtülmesi sıklıkla hayatın her alanında kullanılmaktadır. Spreyden çıkan sıvının olması gerekenden çok büyük olması damlanın yüzeyden kaymasına neden olurken, damlanın çok küçük olması ise damlanın hedefe ulaşmasını negatif yönde etkileyen bir faktördür. Spreyin kaplama oranları, damla çap dağılımı ve yüzey üzerinde damla dağılımı spreyn kalitesini gösteren en önemli spreyn performans kriterleridir. Örneğin günümüzde tarımda zararlılarla mücadelede her ne kadar zararları bilinse de kimyasal ilaçlar sıklıkla kullanılmaktadır. Uygun seçilmeyen damla çapları toprağın kirlenmesine veya istenmeyen alanların ilaçlanması nedeniyle israfa ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Sprey performansının ölçülmesi amacıyla görüntü işleme tabanlı bir program hazırlanarak, birim alandaki damla sayısı, kaplama oranı, ortalama damla çapı, damla spektrumu gibi parametreler bulunmuştur. Suya duyarlı kağıtlar yardımıyla ilaçlama ortamından alınan spreyn örnekleri, tarayıcı ya da çözünürlüğü yüksek kameralarla bilgisayara aktarılarak uygun filtrelerden geçirilerek, görüntü işleme tekniklerinden, çoklu bant eşik değeri yöntemiyle hassas bir şekilde iki renge indirgenerek damla görüntüleri çıkartılmıştır. Elde edilen bu resimdeki damlalar yardımıyla bahsedilen analizler hesaplanmıştır. Damla sayımında floodfill algoritması kullanılmıştır. Sonrasında sırayla damlaların çapları, yuvarlaklık katsayıları, ortalama damla çapları ve damla spektrumu çıkartılmıştır. Sprey damlalarına ait verilerin çıkartılması ile uygun damla büyüklüğünün seçilmesi için spreyn mekanizmalarının ayarı ve uygun kimyasal çözeltilerin hazırlanmasına katkı sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler-** *Resim işleme, spreyn kalitesi, eşik değeri*

## **Determination of Spray Quality by Image Processing**

**ABSTRACT:** Spraying chemicals (oil, medicine, fragrance, food and cleaning agents...) on surfaces with the spray method is frequently used in all areas of our lives. The fact that the liquid coming out of the spray is too large than it should cause the drop to slide off the surface, while the very small drop is a factor that negatively affects the drop reaching the target. Spray coating rates, drop diameter distribution and drop distribution on the surface are the most important spray performance criteria that show the quality of the spray. For example, chemical drugs are frequently used in the fight against pests in agriculture today, although their damages are known. Unsuitable drop diameters cause waste and environmental pollution due to contamination of the soil or spraying of unwanted areas. An image processing-based program was prepared to measure the spray performance and parameters such as drop number per unit area, coating rate, average drop diameter and drop spectrum were found. Spray samples taken from the environment with the help of water-sensitive papers were transferred to the computer with a scanner or high-resolution cameras and passed through appropriate filters, one of the image processing techniques, with the multi-band threshold method, to delicately reduce the droplet images to two colors. The mentioned analyzes were calculated with the help of the drops in this picture obtained. Floodfill algorithm was used in drop counting. Then, the diameters of the drops, the roundness coefficients, the average drop diameter and the drop spectrum were extracted. With the extraction of spray drop data, contribution was made to the adjustment of spray mechanisms and the preparation of appropriate chemical solutions to select the appropriate drop size.

**Keywords –** *Spray quality, image processing, multi-band threshold technique*

## 1. Giriş

Birçok bitki koruma makine çeşidi olmasına karşın uygulamada daha çok bitki koruma ilaçları, genellikle sulandırılarak pülverizatörlerle hedefe iletilmektedirler. Sulandırılmış halde veya yağlı çözeltiler içinde taşınan etkili madde hedeflere damlalar şeklinde iletiliyorsa bu sıvının damlalar şeklinde iletilmesi işlemine pülverizasyon denir. Pülverizasyon işlemi gerçekleştiren makinelere de pülverizatör denir. Sprey kalitesinin belirlenmesinde ilk kullanılan yöntemlerden manuel metot standart mikroskop tekniklerini içerir. Bu metot yavaş ve zahmetlidir. Büyüklüklerin hesaplanmasında, istatistiksel geçerlilik ve ölçümler sınırlıdır (Parkin, 1993). Bir diğer yarı otomatik metot, kesilmiş olan resim parçalarını kullanır. (Johnstone ve Huntingdon, 1970) Bu metotla özenle kesilmiş iki damla kopyasının tek gözlü bir mikroskop altında 50Hz de salınım yapan ayna yardımıyla büyüklüğü ölçülür. Aynaya salınım uygulamak için gerekli olan akımın ölçülmesi ile damlanın büyüklüğü bulunur. Her iki kopya tam üst üste iken ölçüm başlar ve tamamen ayrılır ayrılmaz ölçüm biter. Ayrılma durumuna operatör karar verdiği için bu metot yarı otomatiktir. Ölçülen damlaları sınıflandırmak için 10 adet belirli büyüklükler kullanılır.

Otomatik analizler bilgisayarlarda görüntü işleme teknikleri kullanarak yapılır. Bu sistemlerde resim video kameradan alınır ve bilgisayarda uygun bir resim işleme tekniği ile (Bond 1974) veya çok amaçlı bir ADC (Analog Digital Converter) ve özel yapılmış program içeren bir bilgisayar yardımı ile (Last ve ark. 1987) işlenir. Elde edilen resimlerin üzerindeki damlalar çeşitli bölütleme teknikleri ile arka plandan ayırt edilirler.

Bilgisayarın hayatımıza girmesiyle kullandığımız diğer cihazlarda bilgisayarlarla entegre olmaya başladı. Buna gelişen programlama teknikleri de eklenince artık her türlü problem çözümünde bilgisayar ve uyumlu cihazlar kullanılmaktadır. Günümüze kadar birçok farklı alanlarda benzer görüntü işleme teknikleri kullanılarak nesnelerin büyüklükleri ve kapladığı alanlar hesaplanmıştır. Örneğin Bozdağ (1996). maden ocaklarındaki patlamada parça büyüklüğü dağılımının performans ve etkinliğe olan katkısını kolayca hesaplamak için bilgisayar destekli bir ölçme tekniği geliştirmiştir. Çalışmada patlamanın etkisiyle oluşan parçalar CCD (Charged Coupled Device) kamera ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra resim yakalama sırasında meydana gelen resim üzerindeki gürültüyü gidermek için high pass (yüksek geçiren) filtre tekniği kullanılmıştır. Maden parçalarını arka plandan ayırt etmek için gri seviye eşik değeri yöntemi (Sudheer ve Panda, 1999; Panneton, 2002; Fox ve ark. 2003; Sánchez-Hermosilla ve Medina, 2004) ve Canny kenar seçme algoritmaları kullanılmıştır. Parçaların kapladığı alanları hesaplamak için Simpson's kuralı kullanılmıştır. Bulunan alandan gidilerek eşdeğer yarıçapları bulunmuştur. Bundan sonraki adımda 2 boyutlu verilerden 3 boyutlu veriler elde edilerek gerekli parametreler hesaplanmıştır.

Farklı bir uygulamada sulama amaçlı sprej memelerinden çıkan damla çapı hesabı için (Sudheer ve Panda, 1999), dijital resim işleme tekniklerinin mevcut tekniklere göre avantajları hakkında karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Havadaki su damlacıkları gayet hızlı ve yüksek çözünürlüklü bir analog kamera ile fotoğraflanarak, tarayıcı ile dijital çevrilip bilgisayar ortamına alınarak işlenmiştir. Arka plan ile damla nesnelere birbirinden ayırt etmek için burada da yine gri seviye eşik değeri tekniği kullanılmıştır. Damlaların kapladığı alan piksel sayma yöntemi ile belirlenmiştir. Temelde bu yaklaşımla su damlaları için kenar uzunluğu ve çap. gibi veriler matematiksel olarak elde edilmiştir.

Geleneksel tekniklerle (0'dan 10'a kadar görsel olarak sınıflandırma) resim işleme tekniğinin bir karşılaştırmasını Fox ve ark (2003) çalışmalarında işlemişlerdir. Kaplama oranlarının belirlenmesinde derecelendirme için bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışmada

suya duyarlı kağıtların yapraklara tutturulmasıyla ortamdan alınan örnekler kullanılmıştır. Görüntü işleme kısmında bölütleme için gri seviye eşik değeri kullanılarak, damla büyüklüğü, damla sayısı ve kaplama oranları ölçülmüştür.

Damla büyüklüğü, damla sayısı, damla çap hesabı ve kaplama oranları gibi parametrelerin bulunması amacıyla DropletScan™ isimli bir yazılım Wolf (2003). tarafından yerden kontrollü pülverizatörün oluşturduğu sprey damlalarını analiz etmek için kullanılmıştır. Çalışmalarında kullandığı resim işleme tekniklerinden bahsetmemiştir.

Pestisitlerle yapılan mücadelede kullanılan tüm tekniklerin karşılaştırılması ve etkinliklerinin belirlenmesinde daha kolay ve hızlı çalışmalar resim işleme tekniklerini kullanarak mümkündür. Örneğin yağa ve suya duyarlı kağıtlardaki sprey kalitesini belirlemek için Salyani ve Fox (1999) yaptıkları çalışmada resim işleme tekniğini kullanmışlardır. Bu çalışmada bölütleme için gri seviye eşik değeri yöntemini kullanmışlardır.

Farklı bir çalışmada ise Degré ve ark. (2001) resim işleme tekniğini kullanarak yaygın kullanılan üç farklı damla toplama materyallerini (suya duyarlı kağıt, silikon yağları ve cam) karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında bölütleme için HSI (Hue Saturation Intensity) kanallarından sadece H kanalını kullanmışlardır.

Suya duyarlı kağıtlardaki yakın iki damla arasında meydana gelen renk geçişinin (sarı-yeşil) kaplama oranı hesabına negatif etkisini azaltmak için uygun eşik değeri değerlerinin hesaplanmasında Panneton (2002) sprey kaplama ölçümlerinde resim analizi konulu çalışmasında LED (Light Emitting Diode) aydınlatmalı siyah beyaz kamera düzeneği kullanmıştır. Eşik değeri hesabını ise deneme yanılma yolu ile belirli eşik değeri değerlerine karşılık gelen kaplama oranlarını hesaplayarak yapmıştır. Çalışmaya göre ideal eşik değeri, uygulanan aralıktaki en düşük ve en yüksek eşik değeri değerlerinin ortalamasıyla elde edilmiştir. Bu çalışmada gri seviye eşik değeri metodu kullanılmıştır.

Farklı bir yöntemle damla büyüklüğü hesabı için Ying-dong ve ark. (2003) elde edilen resimlerdeki gürültüyü uyarlamalı yumuşatma operatörü kullanarak filtre etmişlerdir. Sprey parçalarının kenar seçim işlemini Sobel-Zernik maskesi uygulayarak yapmış ve son olarak sprey parçacıklarının boyutlarını hesaplamışlardır. Hata %0.32 den daha küçük olarak gözlemlenmiştir.

Yapılan eşik değeri seçiminde en uygun değeri bulmak ölçüm açısından önemli iştir. Sánchez-Hermosilla ve Medina (2004) suya duyarlı kağıtlar yardımıyla alınan damla örnekleri tarayıcı yardımıyla bilgisayar ortamına alınmıştır. Gri seviyeye döndürülen resim farklı eşik değeri uygulanarak bölütleme işlemi uygulanmıştır. Buradan elde edilen her bir eşik değeri kaplama oranları hesaplanmıştır. Eşik değeri, 100–250 arasında ikişer atlamalı olarak hesaplanmıştır. Burada optimum eşik değeri hesaplamak için 3 farklı kişi tarafından CAD (Computer Aided Design) yazılımları kullanılarak damla kenarları elde edilmiştir. Burada CAD yazılımı kullanmanın amacı kenarları bozmadan zoom yapabilme kabiliyetine sahip olmalarıdır. Gerçek kaplama oranı bu üç ölçümün ortalamasından oluşmuştur. Sonrasında optimum eşik değeri benzer şekilde eşik değeri–kaplama ilişkisinden hesaplanmıştır.

Farklı bir yaklaşım olarak yazılım ve donanım bileşimi tekniklerden faydalanılır. Gerçek zamanlı resim işleme tekniği birçok sıkıntıyı (odak uzaklığı, hızlı resim yakalama, zoom gerekliliği ve zorluğu (Parkin, 1993) beraberinde getireceği için uygun donanımların ve

sensörlerin geliştirilmesi gerekir. Crowe ve ark. (2005) suya ve yağa duyarlı kağıtlarla yapılan spreylere ölçümlerinde (kağıtların yerleştirilmesi, Toplanması, taranması ve ön işlemlere tabi tutulması) zamanı kısaltmak ve işlemleri kolaylaştırmak için bir araç ve farklı bir teknik geliştirmişlerdir. Bu teknik toplamda daha ucuz ve tekrar kullanılabilir özelliktedir. Bu teknik birbirine değmeyen damlaları algılayarak saymaktadır. Sistem 3x5 sensör dizisinden oluşmaktadır. Sensor üzerine uygulanan spreylere damlalarının neden olduğu elektriksel etki karşılaştırıcı devre yardımıyla mikroişlemci tarafından algılanarak LED dizisi üzerinde gösterilir.

Yapılan çalışmada suya duyarlı kağıtlar kullanılmasının nedeni. sıkça kullanılıyor olduğundandır (Matthews, 1992). Ayrıca suya duyarlı kağıtlar üzerindeki leke büyüklüğü ölçülerek birim alandaki damla sayısı ve kaplama oranı bulunabilmektedir (Syngenta, 2002). Diğer bir etken ise Fox ve ark. (2000) deki çalışmasında suya ve yağa duyarlı kağıtları karşılaştırma üzerine yaptığı araştırmasında leke değerlerini benzer bulmuş ve suya duyarlı kağıtlar kullanıldığında kaplama oranı parametresinin daha çok yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu gözlemlemiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Histogram Eşitleme

Histogram eğrisi resimlerde piksellerin sahip olduğu sayısal değerlerin bir nevi istatistiğini ve frekansını veren yaklaşımdır. Renk değerleri ile sayısının karşılıklı olarak ifade edilmesidir. X ekseninde renk değerleri ve y ekseninde frekans değerleri yer almaktadır. X ekseninde renk değerleri sıfıra yakınsa renkler siyaha yakın koyu renklerdir. Renkli resimlerde her bir kanala ait ve siyah beyaz resimlerde tüm kanallara ait adet bilgilerinin bulunduğu grafiğe denir. Histogram eşitleme orijinal resimde belirli renk değerlerinin frekansı resmi belirsiz yapabilir. Belirli değerler üzerinde kümelenen renk dağılımının bozukluğunu gidermek için kullanılan bir yöntemdir. Bu etki resimleri netleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Resim gri ve tonlarından oluşuyorsa sorun yok. ama eğer renkli bir resim üzerine bu yöntem uygulanacaksa ve RGB (Red Green Blue) değerleri ile işlem yapılıyorsa o zaman renkleri ayrıştırıp. kırmızı. mavi. yeşil renklerinin her biri için ayrı ayrı histogram dengeleme yapılmalıdır. Histogram dağılımını ne kadar ayırırsa dağılmış ise görüntü o kadar nettir diyebiliriz.

$$g(x,y) = \left( \frac{f(x,y) - f(x,y)_{min}}{f(x,y)_{max} - f(x,y)_{min}} \right) \cdot 255 \quad (1)$$

$g(x,y)$  :görüntülenecek piksel değeri

$f(x,y)$  :orijinal piksel değeri

$f(x,y)_{min}$  :orijinal görüntüdeki en küçük piksel değeri

$f(x,y)_{max}$  :orijinal görüntüdeki en büyük piksel değeri

## 2.2. Resim Bölütleme (Segmentasyon)

Görüntü bölütleme, resim içerisinde odaklanılan anlamlı bölgelerin belirlenmesidir. Örneğin trafiğe ait bir görüntü içerisinde plakaların veya araçların elde edilmesi bir resim bölütleme işlemidir. Bölütleme tamamlandığında aynı bölgenin pikselleri ortak özelliğe sahiptir. Komşu bölgelerin piksel değerleri ayrı değerlere sahiptir. Bölgeler birbiri ile çakışamaz.

Görüntü bölütlemenin en yaygın metotlarından eşikleme yönteminde amaç görüntü içerisindeki ilgilenilen nesnelere arka plandan ayırt edip çıkarmaktır.

Renkli bir resmi gri seviyeye çevirmek piksel değerleri açısından, resim üzerinde iki önemli etki oluşturur.

- Resmin her bir pikselinin RGB bant değerleri, aynı değere sahip olurlar.
- Her bir pikselin değeri 0–255 arasına indirgenmiş olur.

Bir resmin RGB değerlerinin, tamsayı olduğu düşünülürse her bantın alabileceği değer farklılığı 256 ya indirgenmiş olur. Milyonlarca (256 x 256 x 256) renk yerine her bir kanal için 256 rengin kullanılması ve kanalların renk değerlerinin de birbirine eşit olması gri seviyeye çevrilmiş resimleri daha az özellik ve ayrıntı taşıyan bir konuma getirir. Bu aşamada yapılan eşik değer uygulaması, özellikle içerisinde birden fazla ton barındıran resimlerde daha kaba ve hassas olmayan bir etki oluşturacaktır

RGB seviyesinde yapılan eşik değer işlemi her bir bant için (R.G.B) ayrı ayrı uygulanarak renkli bir resmin bölütleme işlemi yapılır.

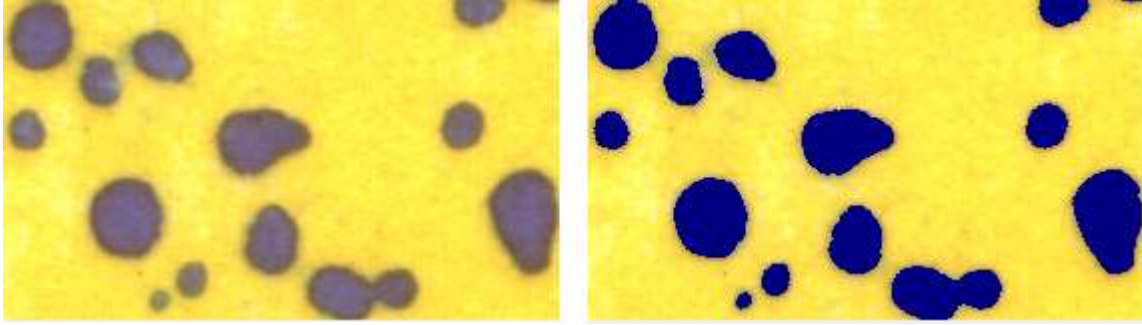
$$b_R(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } R_1 \leq a_R(x) \leq R_2 \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (2)$$

$$b_G(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } G_1 \leq a_G(x) \leq G_2 \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (3)$$

$$b_B(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } B_1 \leq a_B(x) \leq B_2 \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (4)$$

Eşitlik 2. 3. 4'de  $b_R(x)$ ,  $b_G(x)$ ,  $b_B(x)$  değerleri her bantın hesaplama sonucunda aldığı 1 ya da 0 değeri.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  değerleri her bant için uygulanan ayrı ayrı eşik değer değerleridir.  $a_R(x)$ ,  $a_G(x)$ ,  $a_B(x)$  ise orijinal resmin piksellerinin sırasıyla R, G, B değerlerini ifade eder. Yukarıdaki hesaplamalar sonucunda üç bant için hesaplanan değerler son olarak Eşitlik 5'te yerine konularak çoklu bant eşik değer hesaplanır.

$$b(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } (b_R(x)=1) \text{ ve } (b_G(x)=1) \text{ ve } (b_B(x)=1) \text{ ise} \\ a(x) & \text{değilse} \end{cases} \quad (5)$$



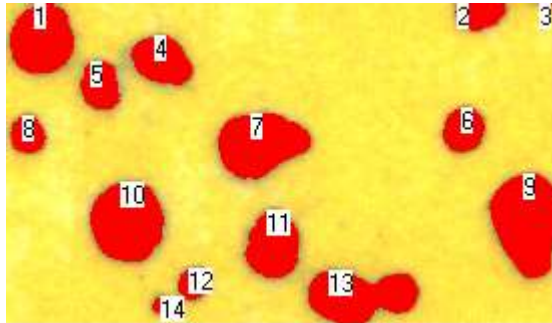
Şekil 1. Çoklu bant ile eşik değer uygulaması  
Figure 1. Application of the multi-band threshold technique

Eşitlik 5'te yer alan  $b(x)$  değeri, pikselin alacağı son değer ve  $a(x)$  değeri, orijinal değerdir.  $a(x)$  yerine istenirse Eşitlik 2, 3, 4'te olduğu gibi 0 değeri de kullanılabilir.

$$b(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } (b_R(x)=1) \text{ ve } (b_G(x)=1) \text{ ve } (b_B(x)=1) \text{ ise} \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (6)$$

### 2.3. Damlaların Sayılması

Suya duyarlı kâğıtlar üzerinde bulunan birbirine değmeyen damla parçalarının sayılması işlemini kapsamaktadır. Bunun için eşik değeri belirlenen resmin analizi gereklidir. Örnek Bitmap resmin yakalanan ilk kapalı bağımsız damla örneğindeki tüm piksellerin rengi değiştirilerek damla sayısı bir artırılır. Değiştirilen renkler, resim tarama sırasında aynı renge bir daha rastlanmama adına farklı boyanmıştır. Aşağıda damlaları sayılmış ve etiketlenmiş bir resim görülmektedir.



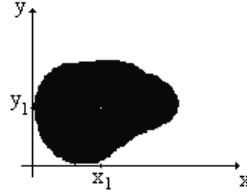
Şekil 2. Damlaların sayılması  
Figure 2. Counting drops

Yukarıdaki damla sayımında toplam 14 adet birbirine değmeyen damla örneği sayılmıştır.

## 2.4. Damla Ağırlık Merkezlerinin Bulunması

Damlaların ağırlık merkezlerinin bulunması özellikle iki parametreyi bulmak açısından yararlı olacaktır. Bunlardan birincisi eşdeğer damla çapını bulmada referans olarak alınması, diğeri ise yuvarlaklık katsayısının hesaplanmasıdır.

Damla ağırlık merkezi bulunurken damlanın sahip olduğu piksellerin x ve y koordinatları dikkate alınır.



Şekil 3. Damlanın ağırlık merkezinin bulunması  
Figure 3. Determining the center of gravity of a drop

$$x_a = \frac{\sum x_c}{\sum p} \quad y_a = \frac{\sum y_c}{\sum p} \quad (7)$$

- $x_a$ : Ağırlık merkezinin x eksenini kestiği nokta
- $y_a$ : Ağırlık merkezinin y eksenini kestiği nokta
- $x_c$ : Pikselin x koordinatı
- $y_c$ : Pikselin y koordinatı
- $p$ : Piksel

## 2.5. Damla Piksel Sayılarının Bulunması

Damlanın sahip olduğu tüm piksellerin sayısının hesaplanması; alan ve çap için gereklidir. Kağıt üzerinde ilk damla pikseline rastlandığında o ve diğer komşu pikselleri farklı bir renge boyayarak (floodfill algoritması) damlaya ait tüm pikseller ayrı bir renge dönüştürülür. Bu renge sahip pikseller sayılarak damlayı oluşturan toplam piksel sayıları bulunur. İşlem sonunda ise yine damla eski sahip olduğu rengine getirilir.

## 2.6. Kaplama Oranı

Kaplama alanı resimdeki damlayı oluşturan piksel toplamının resmi oluşturan toplam piksel sayısına oranlanması ile bulunur (M. Salyani, R.D. Fox, 1999).

$$\text{Kaplama Oranı} = \frac{\text{Toplam Damla Alanı}}{\text{Toplam Alan}} \quad (8)$$

## 2.7. Gerçek Alanın Bulunması

Damlanın sahip olduğu tüm piksellerin kapladığı alanı sanki küçük karelerden oluşan bir büyüklük olarak değerlendirebiliriz. Kağıt üzerine veya yanına bilgisayara aktarılırken gerçek uzunluğu bilinen bir referans ölçü konularak gerçek alana gidilir. Referans ölçek değerini de hesaba katarak Simpson's yöntemiyle alanlar bulunur.

$$Alan = \frac{(S_1 + 2S_2 + 2S_3 + \dots + 2S_{n-1} + S_n)SF_x}{2} \times SF_y \quad (9)$$

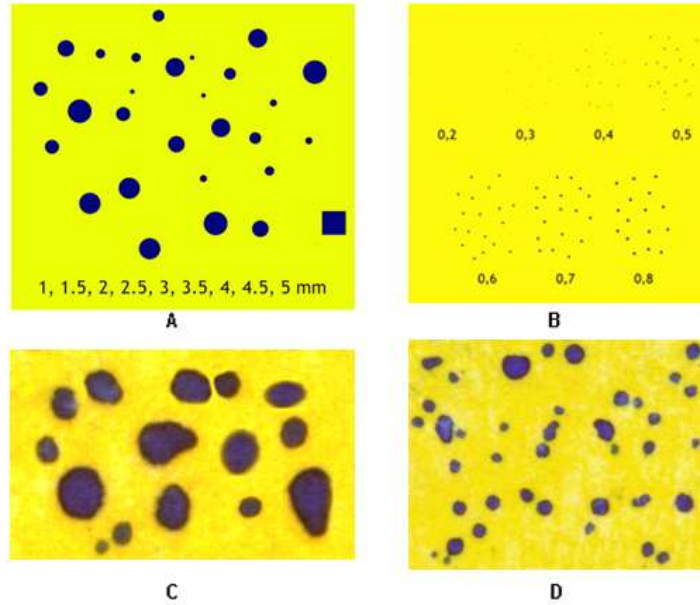
- n : Dilim sayısı  
 S<sub>i</sub>: Yataydaki piksel sayısı  
 SF<sub>x</sub>: X eksenine ait ölçek  
 SF<sub>y</sub>: Y eksenine ait ölçek

## 2.8. Yazılımın Test Edilmesi

### a) Resimlerin Hazırlanması ve Bilgisayar Ortamına Aktarılması

Yapılan çalışmanın başarı oranını belirlemek için, iki farklı türden yapay damla ve gerçek damla (suya duyarlı kağıtlar üzerinde) resimleri kullanılmıştır. Hazırlanan yapay damla resimleri üzerinde büyüklükleri bilinen damlalardan oluşan fotoğraflardır. Bu fotoğraflar resim olarak Adobe PhotoShop™ 7.0 resim düzenleme programı yardımıyla hazırlanmıştır. Resim düzenleme programı kullanılarak, ilk olarak 1mm'nin altında öbek damla gruplarından oluşan resim hazırlanmıştır. İkinci olarak ise çeşitli çap uzunluklarında (1. 1.5. 2. 2.5. 3. 3.5. 4. 4.5. 5mm) her birinden üçer adet olmak üzere toplam 27 adet rasgele dağılımlı düzgün damla şekilleri içeren resimler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu resimlerin fotoğraf kalitesinde (300dpi) stüdyo ortamında hassas bir şekilde baskısı yapılmıştır. Resim üzerinde ayrıca 5x5mm ve 1x1mm boyutlarında referans olması amacıyla birer kare şekli kullanılmıştır. Referans değer bilgisayarda gerçekte bir pikselin uzunluğunu bulmak için kullanılmıştır.





Şekil 4. Program testinde kullanılan çeşitli resimler A, 1mm' den daha büyük yapay resim. B, 1mm'den küçük yapay resim. C, çok iri yapıya sahip damlalar D, ince ve orta yapıya sahip damlalar

*Figure 4. Various images used in the program to test A, artificial image larger than 1mm. B, artificial image smaller than 1mm. C, very coarse pulverized drops D, fine and medium pulverized drops*

İkinci olarak ise gerçek damlalar elde etmek için suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Suya duyarlı kağıtlar Ciba-Geigy firmasına aittir. 1200 ve 2400 dpi çözünürlüğünde bu örnekler taranmıştır.

#### b) Resimlerin Analiz Edilmesi

Yapay resimler hazırlanan program ile analiz edilmiştir. Çünkü yapay üretilen damlaların ölçüleri net olarak bilinmektedir. Programın çıktıları gerçek damla büyüklükleri ile kıyaslanarak benzerlikleri arasında ilişkiler kurulmuştur.

Gerçek damla resimlerindeki başarısının belirlenmesi amacıyla, hazırlanan yazılımın, üç farklı resim analizi programıyla ölçüm sonuçları kıyaslanmıştır. Bu resim analiz programları aşağıda verilmiştir.

- 1) **Global Lab Image/2:** Data Translation firmasına ait, içerisinde damla analizi için Blob Analysis aracına sahip bir programdır. Bu programın deneme sürümü [www.datx.com](http://www.datx.com) adresinden elde edilebilir.
- 2) **Scion Image:** National Institutes of Health USA ait resim işleme programıdır. Damla ölçümü için gerekli analiz ve skala araçlarına sahiptir. Bu programın deneme sürümü [www.scioncorp.com](http://www.scioncorp.com) adresinden elde edilebilir.
- 3) **Image Tool 3.0:** UTHSCSA(The University of Texas Health Science Center In San Antonio) kuruluşuna ait bir programdır. Nesnelere saymak ve gerekli ölçümleri

gerçekleştirmek üzere çeşitli araçlara sahiptir. Programın kurulum dosyası <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> adresinden indirilebilir.

Üç farklı program ve hazırlanan programla. aynı resimler için yapılan analiz sonuçları arasında benzerlik ilişkisi yazılımın performansını göstermektedir.

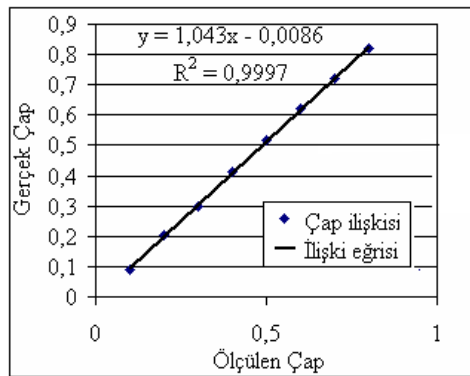
### 3. Bulgular ve Tartışma

Fotoğraflar ve suya duyarlı kağıtlar 1200 - 2400dpi çözünürlüğe sahip tarayıcı yardımıyla taranıp bilgisayara aktarıldıktan sonra gerekli analizler yapılmıştır. İlk testte çapı 1mm den daha küçük damlalar hazırlanan yazılım ile analiz edilmiştir. Bu analizde eşik değer seviyeleri  $R_{max}=108$ ,  $R_{min}=0$ ,  $G_{max}=114$ ,  $G_{min}=0$ ,  $B_{max}=124$ ,  $R_{min}=50$  olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Leke Analizi1.0 programı ile 1mm altındaki ölçüm sonuçları  
Table 1. Drop measurement results less than 1 mm with LekeAnalizi 1.0 program

Çap grubu (mm)	Gerçek Al ( $mm^2$ )	Ölçülen Al ( $mm^2$ )	Ölçülen Çap (mm)
0.1	0.007853982	0.006554	0.09133
0.2	0.031415927	0.03244	0.20317
0.3	0.070685835	0.07008	0.29849
0.4	0.125663706	0.13427	0.41336
0.5	0.196349541	0.2099777	0.518533
0.6	0.282743339	0.28333	0.62011
0.7	0.3848451	0.4071	0.719944
0.8	0.502654825	0.529287	0.8209

Test işleminde. yazılımın damla sayım başarımı %100 olarak saptanmıştır. Hesaplanan damla çapları için ölçülen ve gerçek çap ilişkisinde  $R^2$  değeri 0.9997 olarak bulunmuştur. Şekil 5'de ölçülen ve gerçek çap ilişkisi ve uydurulan eğri gösterilmiştir. Grafik üzerindeki regresyon denklemi ileriki bilinmeyen değerler için bir formül olarak düşünülebilir.



Şekil 5. 1mm den küçük damlalar için. ölçülen ve gerçek çap ilişki eğrisi

Figure 5. Measured and actual diameter relationship curve for drops smaller than 1mm

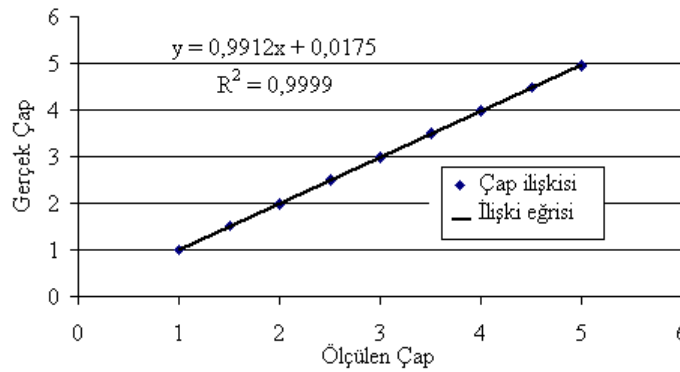
Çapı 1mm den daha büyük damlalar için ise gerçek çap ve ölçülen çap arasında çok daha iyi bir korelasyon görülmüştür.  $R^2$  değeri 0.99 olarak ölçülmüştür. Yine burada da damla sayım

başarımı %100 olarak hesaplanmıştır. Ölçülen ve gerçek alan ilişkisinde ise  $R^2$  değeri daha küçük çıkacaktır. Bu analizde eşik değer seviyeleri  $R_{\max}=111$ ,  $R_{\min}=0$ ,  $G_{\max}=114$ ,  $G_{\min}=0$ ,  $B_{\max}=124$ ,  $R_{\min}=50$  olarak belirlenmiştir. Tablo 2’de ölçülen değerler Şekil 6’de ise ölçülen ve gerçek çaplar arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Tablo 2. Leke Analizi 1.0 programı ile 1mm den büyük damla ölçüm sonuçları  
Table 2. Drop measurement results greater than 1 mm with LekeAnalizi 1.0 program

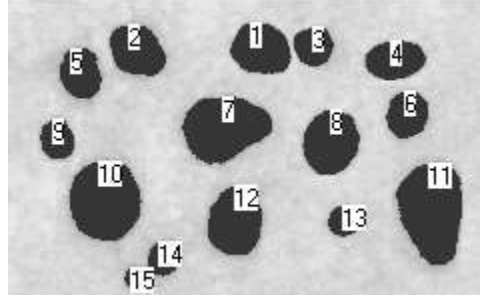
Gerçek Çap (mm)	Ölçülen Alan (mm <sup>2</sup> )	Gerçek Alan (mm <sup>2</sup> )	Ölçülen Çap (mm)
1	0.8076	0.7854	1.014
1	0.7607	0.7854	0.9842
1.5	1.7875	1.7671	1.5086
1.5	1.7805	1.7671	1.5057
2	3.1562	3.1415	2.0046
2	3.0729	3.1415	1.978
2.5	4.9278	4.9087	2.5048
2.5	4.8988	4.9087	2.4975
3	7.0601	7.0685	2.9982
3	6.9755	7.0685	2.9802
3.5	9.6599	9.6211	3.507
3.5	9.561	9.6211	3.489
4	12.4956	12.566	3.9887
4	12.4352	12.566	3.9791
4.5	15.772	15.904	4.4812
4.5	15.7186	15.904	4.4736
5	19.1944	19.635	4.9436
5	19.4096	19.635	4.9712

Küçük çaplı damlalarda korelasyonun düşük olması donanımdan kaynaklanan bir durumdur. Tarayıcılarda çözünürlük arttıkça tarayıcı hassasiyeti sonuca daha çok etki etmektedir. Dijital dünyada resimler piksellerden oluşmaktadır. Piksellerin geometrik şekli ise karedir. Bilgisyardaki dairesel şekiller kare piksellerden oluşmaktadır. Dolayısıyla daire kenarları tırtıklı merdiven basamağı şeklinde olacaktır. Test işlemlerinde sonucu en çok etkileyen eşik değer parametresidir. Bu değerın özenle seçilmesi gerekir. Eşik değer parametresi her resme göre değişiklik arz eden bir değişkendir.



Şekil 6. 1mm den büyük damlalar için. ölçülen ve gerçek çap ilişki eğrisi  
Figure 6. Measured and actual diameter relationship curve for drops larger than 1mm

Şekil 4.c için. Leke Analizi 1.0 ve diğer üç program ile yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Bu ölçümler çap değil alan üzerinden yapılmıştır. Çünkü kullanılan programlar eş değer çap değerlerini hesaplamamaktadır. Tüm programlarda eşik değer olarak gri seviye 177 değeri kullanılmıştır. Bu programlar (Global Lab Image hariç) çoklu bantta eşik değeri yapmadıkları için gri seviye üzerinden değerlendirilmişlerdir.



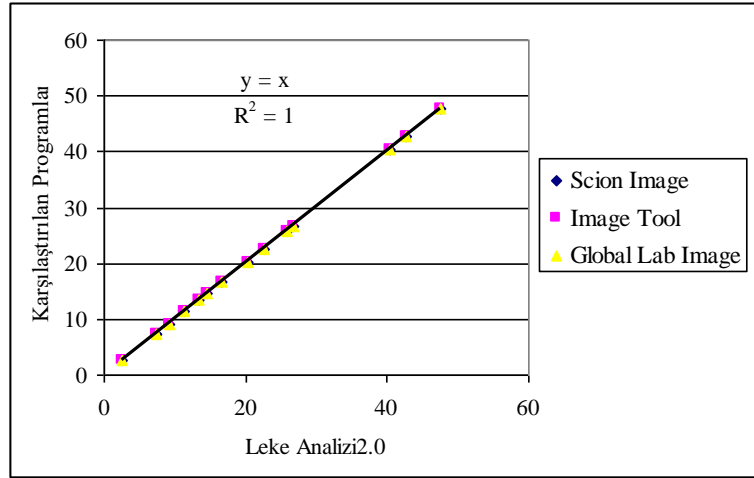
Şekil 7. Şekil 4 c’de verilen çok iri yapılı pülverizasyon uygulamasında damla sayımı  
Figure 7. Drop count in very coarse pulverization application given in Figure 4c

Tablo 3. Şekil 7.’a göre görüntü işleme programlarında damla alanı sonuçlarının karşılaştırılması

Table 3. Comparison of the area of the drops results in image processing programs according to Figure 7.

Damla No	Scion Image Alan (mm <sup>2</sup> )	Image Tool Alan (mm <sup>2</sup> )	Global Lab Image Alan (mm <sup>2</sup> )	Leke Analizi 1.0 Alan (mm <sup>2</sup> )
1	20.22	20.22	20.22	20.22
2	22.63	22.63	22.63	22.63
3	11.27	11.27	11.27	11.27
4	16.58	16.58	16.58	16.58
5	14.61	14.61	14.61	14.61
6	13.41	13.41	13.41	13.41
7	40.38	40.38	40.38	40.38
8	25.76	25.76	25.76	25.76
9	9.19	9.19	9.19	9.19
10	42.60	42.60	42.60	42.60
11	47.63	47.63	47.63	47.63
12	26.67	26.67	26.67	26.67
13	7.45	7.45	7.45	7.45
14	7.43	7.43	7.43	7.43
15	2.63	2.63	2.63	2.63

Aşağıdaki eğri programlar arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Burada sonuçlar birebir aynı olduğu için  $R^2$  değeri 1 çıkmıştır.



Şekil 8. Şekil 4-c’de verilen çok iri yapılı pülverizasyon uygulamasında LekeAnalizi1.0 ile diğer programların karşılaştırılması. Sonuçlar  $mm^2$  cinsindedir.

Figure 8. Comparison of LekeAnalizi 1.0 and other programs for very coarse pulverization application given in Figure 4-c. Results are in  $mm^2$

#### 4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında. spreyden çıkan şekilsiz ve bilinen geometrik yapıya sahip olmayan damlaların kolay ve hızlı bir şekilde analizini yapabilen bir yazılım hazırlanmıştır. Damla sayısı, kaplama oranı, yayılma faktörü, eşdeğer damla çapı, yuvarlaklık katsayıları, damla spektrumu gibi parametreler tek seferde hesaplanmaktadır. Kullanımı kolay ve detaylarla uğraşmadan, herkesin kolaylıkla kullanabileceği bir program oluşturulmuştur.

Geliştirilen resim işleme programının çap hesaplama başarısı, büyüklüğü bilinen nesnelere için 2400dpi çözünürlükte  $R^2$  değeri 0.99 olarak ölçülmüştür. Gerçek suya duyarlı kağıt lekeleri ile alan hesaplamasında, diğer programlarla yapılan karşılaştırma sonuçlarında ise  $R^2$  değeri 1 olarak ölçülmüştür.

Program Windows tabanlı ve resim üzerindeki birçok lekeyi bir seferde analiz yapabilmesi özelliği ile yerli bir muadili olmaması yazılımın özgün tarafıdır. Benzerlerinin yabancı kaynaklı oluşu ve lisanslı yapıda olması göz önüne alındığında yazılımın ülkemize ekonomik anlamda da katkısı olacağı tahmin edilmektedir.

Yapılan testlerde bilgisayara aktarılacak resmin mümkün olduğunca yüksek çözünürlükle alınmasının daha doğru sonuçlar vereceği anlaşılmıştır. Örneğin 1200dpi ile 2400dpi çözünürlükle çalışma arasında yaklaşık olarak %1 lik bir hata payı vardır.

Yazılımda çoklu bant eşik değeri tekniği kullanıldığı için bu teknik ile yapılan seçimler gri seviye eşik değere göre daha hassastır. Suyu duyarlı kağıtlarda renk tonları genelde iki adet olduğu için bazen seçim işlemi hızlandırmak için gri seviye eşik değeri tekniğine ihtiyaç olabileceğinden yazılıma bu teknik de ayrıca ilave edilmiştir. Çoklu bant eşik değeri tekniği

karşılaştırılan programlarda (Global Lab Image programı hariç) olmadığı için testlerde gri seviye kullanılmıştır.

## 5. Kaynaklar

- Bachalo W. D., Hess C. F., Hartwell C. A., 1979. An Instrument For Spray Drop Size And Velocity Measurement. American Society Of Mechanical Engineers Winter Meeting. Paper 79-wa/gt-13
- Bexon R., 1973. Magnification In Aerosol Sizing By Holography. Journal Of Physics And Scientific Instruments. 6. 245-8
- Bond C.p., 1974. Quantimed 720 For The Analysis Of Spray Droplet Distribution. British Crop Protection Council Monograph No: 11. Pesticide Application By Ulv Methods Pp. 275-8.
- Bozdağ T., 1996. Development Of A Particle Size Distribution Analysis System By Digital Image Processing. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Burke M., 1996. Image Acquisition-handbook Of Machine Vision Engineering. Chapman & Hall.
- Ciba-geigy, 1994a. Oil Sensitive Paper Cf1 For Monitoring Spray Distribution.ciba-geigy Ltd. 11783/1e. Basle. Switzerland.
- Ciba-geigy, 1994b. Oil Sensitive Paper Cf1 For Monitoring Spray Distribution.ciba-geigy Ltd. 11784/1e. Basle. Switzerland.
- Ciba-geigy., 1995a. Water Sensitive Paper For Monitoring Spray Distribution. Application Services (A.g. 8.11) Leaflet. Ciba-geigy Application Services. Ch-4002. Basle. Switzerland.
- Crowe T.g., Downey D. Giles D.k., 2005. Digital Device And Technique For Sensing Distribution Of Spray Deposition. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 48 (6):2085-2093.
- Degré A., Mostade O., Huyghebaert B., Tissot S., Debouche C., 2001. Comparison By Image Processing Of Target Supports Of Spray Droplets. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 44 (2):217-222.
- Dobbins R. A., Crocco L., Glassman J., 1963. Measurement Of Mean Particle Size Of Sprays From Diffractively Scattered Ligth. American Institute Of Aeronautics And Astronautics Journal 1. 1882-6.
- Dombrowski N., Wolfson D. L., 1971. Measurement Of The Surface Volume Mean Diameter Of Sprays. Aerosol Science 22. 405-12.
- Dunn P., Walls J. M., 1978. An Introduction To In-line Holography And It's Application. British Crop Protection Council Monograph No:22. Symposium On Controlled Drop Application. Pp 23-4.
- Efford N., 2000. Digital Image Processing. Addison-wesley. Usa
- Farlow N. H., French F. A., 1956. Calibration Of Liquid Aerosol Collectors By Droplets Containing Uniform Size Particles. Journal Of Colloid Science 11. 177-82.
- Fox R. D., Derksen R. C., Cooper J.A., Krause C. B., Ozkan H. E., 2003. Visual And Image System Measurement Of Spray Deposits Using Water-sensitive Paper. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 19 (5):549-552.
- Gonzales R.C., Woods R.E., 1993. Addison-wesley Publishing Company. Usa.
- Himel C. M., Mcdaniel R., 1975. Standardization Of Field Methods Of Determination Of Insecticide Spray Droplet Size. Us Navy Research Contact Report Year 1. N00014-70-a-0309-003.
- Johnstone D. R., Huntingdon K.R., 1970. A Comparison Of Visual Microscopic Methods Of Spray Droplet Size Measurement Using Eyepieces Employing The Image Shearing Principle And Globe And Circle Eyepiece Graticule. Journal Of Agricultural Engineering Research. 15. 1-10.
- Lefebvre A.h., 1993. Droplet Production. In: Matthews G.a., Heslop E.c. (Ed.). Application Technology For Crop Protection. Cab International: 35-54.

- Landing L., Andersen K., 1989. A Covariance Processor For Velocity And Size Measurements. Vol Iv. Pp. 454-72, springer-verlag Berlin.
- Last A. J., Parkin C. S. Beresford R., 1987. Low Cost Image Analysis For The Evaluation Of Aerially Appliade Pesticide Deposits. Journal Of Computer And Electronics In Agriculture. 1.215-18.
- Matthews G.a., 1979. Pesticide Application Methods. Longman Scientific& Technical. New York.
- May K. R., 1950. The Measurent Ofairbone Droplets By The Magnesium Oxide Method. Journal Of Scientific Instruments 27. 128-30.
- May K.r., Clifford R., 1967. The Impaction Of Aerosol Particles On Cylinders Spheres. Ribbons And Discs. Annals Of Occupational Hygiene 10. 83-95.
- Nawaby A. S., 1970. A Method Of Direct Measurement Of Spray Droplets In An Oil Bath. Journal Of Agricultural Engineering Research. 43. 1317-24.
- Panneton B., 2002. Image Analysis Of Water-sensitive Cards For Coverage Experiments. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 18 (2):179-182.
- Parkin C.s., 1993. Methods For Measuring Spray Droplet Sizes. Cab International. Wallingford. Uk.
- Ritter G.x., Wilson J. N., 1996. Hand Book Of Computer Vision Algorithms In Image Algebra. Crc Press. Usa.
- Roy-choudhury A. P., Stevens W. F., 1955. A New Technique For Drop Size Distribution Determinations. Transactions Of The Indian Institution Of Chemical Engineers. 10.21-4.
- Russ J.c., 1999. The Image Processing Handbook. Crc Pres And Ieee Pres. Usa.
- Salyani M., Fox R.d., 1999. Evaluation Of Spray Quality By Oil-and Water-sensitive Papers. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 42 (1):37-43.
- Sánchez-hermosilla J., Medina R., 2004. Adaptive Eşik Değer For Droplet Spot Analysis Using Water-sensitive Paper. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 20 (5):547-551.
- Spillman J.j., 1984. Spray Impaction. Retention. Adhesion:an Introduction To Basic Characteristics. Pesticide Science 15. 97-106.
- Sudheer K.p., Panda R.k., 1999. Digital Image Processing For Determining Drop Sizes From Irrigation Spray Nozzles. Elsevier Science B.v. 0378-3774/00/\$
- Swithenbank J., Beer J. M., Taylor D.s., Abbott D., Mccreaton G.c., 1976. A Laser Diagnostic Technique For The Measurement Of Droplets And Particle Size Distribution. American Institute Ofaeronautics And Astronautics Paper 76-79. Washington. D.c.
- Taylor E. H., Harmon D. B., 1954. Measurin Drop Sizes In Sprays. Industrial And Engineering Chemistry. 46. 1455-7.
- Turner C. R., Huntingdon K. A., 1970. The Use Of Water Sensitive Dye For The Detection And Assessment Of Small Spray Droplets. Journal Of Agricultural Engineering Research. 15. 385-7.
- Uk S., 1977. Tracing Insecticide Spray Droplets By Sizes On Natural Surfaces. Pesticide Sicience. 8. 501-9.
- Wolf R.e., 2003. Assessing The Ability Of Dropletscan™ To Analyze Spray Droplets From A Ground Operated Sprayer. American Society Of Agricultural Engineers. Vol. 19 (5):521-530.
- Yaşar E., 2005. Algoritma Ve Delphi, 2005™. Ekin Yayınevi Bursa.
- Ying-dong. Cui Cheng-song. Chen Shan-ben. Li Qing-chun., 2003. On-line Measurement Of Deposit Dimension In Spray Forming Using Image Processing Technology. Elsevier B.v. 0924-0136/\$
- Zeren Y., Bayat A., 1995. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No 108 Adana.