

## C# ile Web Kameradan Optik Form Okuma

Mustafa Şenol<sup>1</sup> Uğur Fidan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnternet ve Bilişim Teknolojileri Yönetimi, Afyonkarahisar.

e-posta: [mustafasenol@outlook.com](mailto:mustafasenol@outlook.com)

<sup>2</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Afyonkarahisar.

e-posta: [ufidan@aku.edu.tr](mailto:ufidan@aku.edu.tr)

Geliş Tarihi: ; Kabul Tarihi:

### Özet

Öğrencilerin değerlendirilmesinde sık sık kullanılan test yönteminin en büyük zorluklarından birisi de optik formların hatasız olarak okunması ve gerekli istatistiksel bilgilerin çıkarılmasıdır. Bu çalışmada her alanda yaygın olarak kullanılan görüntü işleme tekniklerinden eğitim alanında faydalanılması hedeflenmiştir. C#.Net platformu kullanılarak web kamera ile optik form okuyabilen bir program geliştirilmiştir. Öncelikle bir deney düzeneği tasarlanarak düzeneğine 1,3 mega piksel, Philips SPC 900NC marka standart bir CCD (Charge Coupled Device) kamera sabitlenmiş, aynı zamanda fiktür yardımıyla optik formların deney düzeneğine hep aynı açıda yerleştirilmesi garantilenmiştir. Alınan 640x480 piksel RGB formatındaki görüntü önce gri seviyeye dönüştürülmekte daha sonra kontrast germe işlemiyle resim belirginleştirilmektedir. Otsu Algoritması ile elde edilen dinamik eşik değerine göre, gri seviyeden ikili seviye (binary) dönüşümü yapılmaktadır.

Formun sol ve sağ üst köşesinde yer alan işaretlerin koordinatları tespit edilmiş ve bu işaretlere göre formda bulunan tüm seçeneklerin merkez koordinatları hesaplanmıştır. Geliştirilen algoritmayla siyah piksel toplamları değerlendirilerek işaretli seçenekler tespit edilmiş ve veri tabanına kayıt edilmiştir. İşaretlenmiş seçenekler ile cevap anahtarı karşılaştırması yapılmış, doğru, yanlış, boş ve hatalı cevap sayıları elde edilmiştir. Sınava ait tüm cevap kâğıtları değerlendirilerek sınav analizi istatistiği çıkarılmıştır.

Çalışmanın sonucunda optik formda öğrencilerin numaralarının ve kitapçık türünün kodlandığı alan hatasız olarak okunarak %100 başarı elde edilmiştir. Test 1 ve Test 2 alanlarının başarı ortalaması ise %99,90 olarak gerçekleşmiştir. Bir diğer açıdan, 221 optik formun yalnız 7 tanesinde hatalı okuma meydana gelmiş, 214 optik form hatasız okunarak %96,83 doğruluk oranı yakalanmıştır.

### Anahtar kelimeler

Optik Form Okuma;  
Görüntü İşleme;  
C#.Net; Web Kamera

## Reading Optical Form From Web Camera With C #

### Abstract

One of the most important difficulties of the test methods that are often used to evaluate the students is to read optical forms without mistake and to obtain necessary statistical information. In this study, to make use of image processing techniques widely used in every area, especially in education area is aimed. A programme which can read optical forms with the web camera using C#.NET is developed. Firstly a test mechanism is designed. A standard 1.3 megapixels, branded Philips SPC 900NC, charge coupled device camera is fixed to this mechanism. At the same time, with the help of fixture, optical forms are ensured to be placed into the test mechanism in the same direction. The image which is 640x480 pixels and in RGB format is firstly transformed into grey level then the image is concretized by stretching contrast. According to dynamic verge rates obtained with Otsu algorithm, transformation from grey level to binary level is made.

The coordinates of the signs which are on the left and right top corners of the form are determined. According to these signs, the central coordinates of all the options in the form are figured out. With the developed algorithm, total of the black pixels is evaluated, signed options are fixed and registered to the database. Signed options are compared with the answer key and the number of the answers which are true, false, empty or signed wrongly is obtained. Statistics of the exam analysis is gotten by evaluating all the answer sheets belonging to the exam.

At the end of the study, the area in the optical form for coding the students' numbers and the type of the booklet is read without any mistake and %100 percent of success is gained. The average of the success of the areas including test1 and test2 is %99.90. In other sides, only 7 of 221 optical forms is read inaccurately, 214 optical forms are read without mistake and %96.83 percent of accuracy rate is obtained.

### Key words

Optical Reading;  
Image Processing;  
C#.Net; Web Camera

## 1. Giriş

Son yıllarda teknolojideki gelişmelere paralel olarak yüksek çözünürlükte kamera ve fotoğraf görüntüleri elde edilebilmektedir. Aynı zamanda bilgisayar hızlarındaki artışla da görüntü işleme teknikleri yaygınlaşmıştır. Görüntü işleme, literatüre hızlı bir giriş yapmış ve tasarım, imalat, güvenlik, tıp, elektronik, makine, mimari, jeodezi gibi çok değişik alanlarda kullanıma imkânı doğmuştur. Bu alanlarda yapılan başlıca çalışmalar; Demirbaş ve Dursun (2007), buğday tanelerinin uzunluk, genişlik, kalınlık, izdüşüm alanı, çevre, küresellik derecesi ve farklı şekil katsayıları gibi bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğinden yararlanılarak belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada Ekmeklik ve makarnalık tipte 13 farklı buğday çeşidini kâğıtlar üzerine yerleştirilerek bir tarayıcıdan geçirmişler ve TIFF uzantılı dosyalar halinde bilgisayar ortamına aktarmışlardır. "UTHSCSA Image Tool Version 3.0" görüntü işleme programıyla değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda; elle ve görüntü işlemeyle yapılan ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden başarıyla yararlanılacağı belirlenmiştir.

Sezer (2008), doktora tezi çalışmasında; görüntü analiz teknikleri kullanılarak granüler zeminlerin mikro yapısal özelliklerini belirlemiştir. Mikro yapısal inceleme ile elde edilen parametrelerin bu özelliklere etkisi parametrik ve istatistiksel yaklaşımlarla değerlendirmiştir.

Karaman ve ark. (2010), kan damarı genişliği değişiminin ölçülmesinde medikal görüntü işlemenin uygulanması görüntü işleme tekniklerinin tıp alanında kullanılmasına dair örneklerdendir. Yapılan çalışmada, kan damarı genişliğinin ölçülmesi işlemi görüntü işleme teknikleri kullanılarak bilgisayar tarafından yapılması amaçlanmıştır. Böylece damar genişliğindeki değişimlerin daha doğru ve hızlı hesaplanması ve buna bağlı diğer bilgilerin çıkarılması hedeflenmiştir.

Nabiyev ve ark. (2011), avuç içi çizgilerine göre biyometrik tanıma üzerine çalışmışlardır. Avuç içi imgesinden, görüntü işleme aşamalarından sonra tanıma modeli için gerekli aya çizgi hatlarını belirlemişler ve ön sınıflandırma özelliği olarak görüntü işleme modelinin ürettiği aya morfolojisindeki dört ana çizgi ele almışlardır. Bu çizgilerden ilişkisel grafa dayalı model oluşturarak ve sınıflandırma yaparak tanıma işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Kurtulmuş (2012), doktora tez çalışması ile şeftali meyvesinin verim haritalamasına yönelik olarak meyvenin erken gelişme döneminde ve doğal ortamından alınmış sıradan renkli görüntülerinden meyveleri tespit ederek sayabilecek algoritmaların geliştirilmesi ve en iyi algoritma performanslarının ortaya koyulmasını hedeflemiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen algoritmaların bazılarında % 85'ler düzeyinde saptama başarısı elde edilmiştir.

Kazdal (2013), tez çalışmasında; beyin manyetik rezonans görüntülerindeki tümörlerin tespit edilmesini amaçlayan yöntemler ortaya konulmuştur. Çalışmasında, ön işleme aşaması olarak medyan filtre ve histogram eşitleme işlemi kullanmıştır. Beyin bölgesini bölütlendirmek amacıyla yoğunluk tabanlı eşikleme yöntemi uygulanmıştır. İlgili alanlarının belirlenmesi amacıyla bölütlendirilmiş alanı 8 yönlü tarayan bir algoritma geliştirilmiştir. İlgili alanlarının sayısının azaltılması amacıyla da morfolojik yapılandırma gerçekleştirilmiştir. Tümör tespiti aşamasında ise üç yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde, belirlenen ilgi alanlarının tek tek incelenebilmesi için bu alanlar bağlantılı bileşen etiketleme yöntemi ile etiketlenmiştir. İkinci yöntemde, etiketlenen ilgi alanlarını ilk aşamada elemek üzere bir nesne merkezi tabanlı 8 yönlü tarama algoritması geliştirilmiştir. Üçüncü yöntem olarak kural tabanlı bir algoritma ile ilgi alanlarının şekilsel özellikleri incelenmiştir. Böylece tümörler başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ise her alanda yaygın olarak kullanılan görüntü işleme tekniklerinden eğitim alanında faydalanılması hedeflenmiştir. Öğrencilerin

değerlendirilmesinde sık sık kullanılan test yönteminin en büyük zorluklarından birisi de optik formların hatasız olarak okunması ve gerekli istatistiksel bilgilerin çıkarılmasıdır. Ayrıca optik formlar eğitim dışında da birçok alanda kullanılmaktadır. Optik formların okunmasında kullanılan gelişmiş optik okuyucular mevcuttur. Ancak bu okuyucular daha çok kurumsal işletmelere yönelik pahalı makinelerdir. Görüntü işleme teknikleri, optik formların okunmasına alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda Microsoft Visual Studio ortamında C#.Net platformu kullanılarak yazılan program ile optik formların okunması gerçekleştirilmiştir.

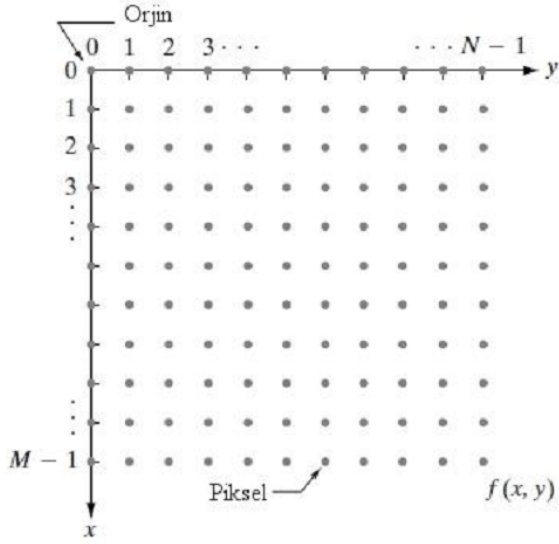
## 2. Materyal ve Metot

Sistem üç ana bileşenden oluşmaktadır. Birincisi; öğrencilerin cevaplarını işaretleyeceği optik form, ikincisi; optik formların dijital ortama aktarılması için test okuma aracı, üçüncüsü ise; dijital ortama aktarılan optik formlardan görüntü işleme metotlarını kullanarak nitelikli sonuçlar çıkaracak C# programlama dili ile yazılmış yazılım.

Öğrencilerin adını, soyadını, numarasını, kitapçık türünü, birinci ve ikinci test işaretlemelerini kodlayacağı form Microsoft Excel 2010 programı ile hazırlanmıştır. 148x210 (A5) ölçüsündeki kâğıda çıktısı alınarak, öğrencilerin işaretlemelerinde bu formu kullanması sağlanmıştır. Şekil 1’de boş forma ait görüntü verilmiştir.

Adı Soyadı : _____ Sınıfı-Şube : _____																								
NUMARA																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2	3	4	5																				

edilmektedir. Bu işlem tüm pikseller için yapıldığında, görüntü tamsayılarından oluşan iki boyutlu bir dizi şeklinde ifade edilebilir hale gelmektedir. Şekil 3'de sayısal görüntünün gösterim modeli görülmektedir. Bu gösterimin matris olarak ifadesi de eşitlik 1' de verilmiştir (Gonzales and Woods 2002, Karakuş 2006).

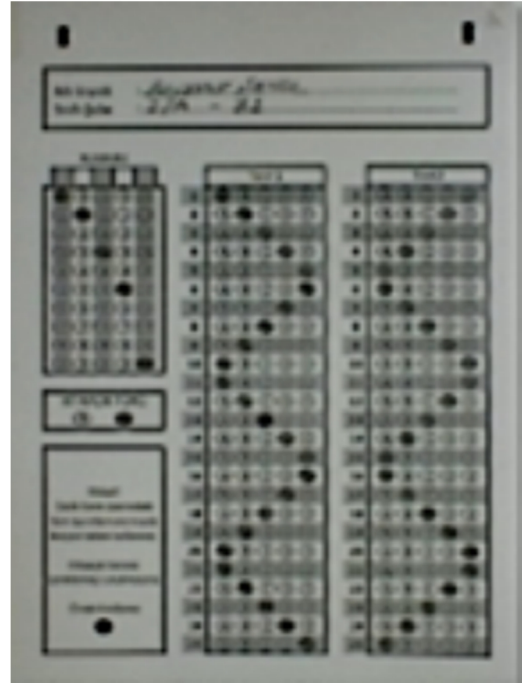


Şekil 3. Sayısal görüntünün temsili modeli

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(0,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots & f(0,n-1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \\ f(1,0) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(1,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots & f(1,n-1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(m-1,0) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(m-1,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots & f(m-1,n-1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (1)$$

## 2.2. Görüntü Alma

Test okuma düzeneğine yerleştirilen optik formun görüntüsü, düzenekteki web kamerası ile Visual C# programlama diliyle yazılan Test Okuma Programı yardımıyla elde edilir. Elde edilen renkli görüntü 640x480 piksel olup RGB formatındadır. Şekil 4'de kamera ile elde edilen RGB formatındaki resim görülmektedir.



Şekil 4. RGB formatındaki optik formun görüntüsü

## 2.3. Gri tonlamaya dönüşüm

Gri seviye renk paletinde bilinenin aksine sadece beyaz renk mevcuttur. Bu rengin hiç olmaması durumu 0 (siyah), tamamen olması durumu ise 255 (beyaz) değerine karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri seviyeler oluşmaktadır. Gri seviye renk paleti şekil 5'te verilmiştir (Gonzales and Woods 2002).



Şekil 5. 256 düzey gri renk

Çalışmada kameradan alınan renkli görüntüler üzerinde daha rahat ve daha hızlı çalışmak için gri tonlamalı hale dönüştürülmüştür. Dönüştürme işleminde; önce ortalama değer (eşitlik 2) yöntemi ile daha sonra da parlaklık yöntemi (eşitlik 3) ile gri seviyeye dönüşüm yapılmıştır.

$$Ort = \frac{P(i,j).R + P(i,j).G + P(i,j).B}{3} \quad (2)$$

$$Ort = 0,299xP(i,j).R + 0,587xP(i,j).G + 0,114xP(i,j).B \quad (3)$$

$$P_{(i,j)} \cdot R = Ort$$

$$P_{(i,j)} \cdot G = Ort$$

$$P_{(i,j)} \cdot B = Ort$$

P: JPEG formatındaki görüntü,

i: Görününün x eksenindeki koordinatı,

j: Görününün y eksenindeki koordinatı,

P(i,j): Görüntünün bir pikseli,

Ort: Görüntünün bir pikselinin gri tonlamalı değeri.

## 2.4. Görüntünün Histogramı

Histogram-değerlerin sayıca dağılımını gösteren bir fonksiyon olarak ifade edilmektedir. Histograma bakılarak görüntünün parlaklık durumu, kontrastı ya da tonları hakkında bilgi sahibi olunabilir (Akar 2009). Histogramlar, farklı renk bileşenleri ve gri seviye düzlemleri için elde edilebilirler. Bileşenin piksel değerleri dağılımları görüntüde yer alan farklı nesnelere için incelendiğinde eşikleme yöntemi için uygun eşik değerleri elde edilebilmektedir (Kurtulmuş 2012).

## 2.5. Kontrast Germe

Zıtlık olarak da ifade edilebilen kontrast, bir sayısal görüntüde gri seviye ya da başka bir renk bileşeninin bir nesneyi ayırt etmedeki farklılık derecesidir. Kontrastı artırılmış görüntülerde nesnelere ve renkleri birbirlerinden daha ayrı ve farklılığı daha belirgin biçimde olurken, düşük kontrastta renk tonları ya da gri seviyeler birbirine daha yakındır. Önder (1997)'e göre, kontrast germe işleminde ilk önce; görüntüdeki minimum ve maksimum piksel değerleri bulunur. Daha sonra; görüntüdeki tüm piksellere tek tek eşitlik 4'teki formül uygulanır (İnt.Kay.1).

$$g_{çikti} = (g_{girdi} - g_{min}) \times \frac{(g_{çiktimax} - g_{çiktimin})}{(g_{max} - g_{min})} + g_{çiktimin} \quad (5)$$

$g_{çikti}$ : Kontrast germe işleminden sonra oluşan gri değer

$g_{girdi}$ : Görüntüdeki pikselin gri değeri

$g_{min}$ : Görüntüdeki minimum değer

$g_{max}$ : Görüntüdeki maksimum değer

$g_{çiktimin}$ : Gerilmek istenilen gri değer aralığının min değeri

$g_{çiktimax}$ : Gerilmek istenilen gri değer aralığının max değeri

## 2.6. İkili Seviyeye Dönüşüm

Gri seviyeli bir görüntüden ikili seviyeye dönüşüm yapılırken bir eşik değeri kullanılır. Eşikleme, bir görüntüdeki farklı yoğunluktaki veya renkteki ön ve arka plan bölgelerini bölütlemede kullanılan en temel yöntemdir. Gri seviyeli ya da renkli görüntülere uygulanabilir. Belirlenen eşik seviyesinin altında kalan değerler 0, üstünde olan değerler 1 olarak kabul edilir ve görüntü ikili görüntüye dönüştürülür (Akar 2009). Eşik değeri belirlemek için farklı yöntemler vardır. Bunlardan bazıları;

- Histogram esaslı eşik belirleme,
- Kümeleşme esaslı eşik belirleme,
- Histogram entropisi esaslı eşik belirleme,
- Nesne özelliklerine dayanan eşik belirleme,
- Uzamsal esaslı eşik belirleme,
- Yerel uyarılma esaslı eşik belirleme yöntemleridir (Baykan 2007).

Gri seviye görüntüdeki her piksel tek tek değerlendirilerek belirlenen eşik değerinden küçük olan pikseller 0 yani siyah, diğer pikseller 255 yani beyaz olarak atanır. Farklı aydınlık düzeylerinde yapılan deneylerde eşik değerinin sabit kalması durumunda istenen düzeyde ikili seviye görüntü elde edilememiştir.

Gerçek zamanlı uygulamalarda istenen en uygun ikili seviye görüntüyü elde edebilmek için eşik değerinin dinamik olması gerekmektedir. Bu çalışmada dinamik eşik değeri belirlemek için Otsu Algoritması kullanılmıştır. Histogram dizisini oluşturduktan sonra otsu algoritması sayesinde dinamik olarak eşik değerini belirlenebilir.

## 2.7. Formdaki İşaretlerin Bulunması

Kameranın optik forma olan uzaklığının veya formun düzeneğe yerleştiriliş açısının değişmesi söz

konusu değildir. Ancak A5 (210x148 mm) boyutundaki optik formda 640x480 piksel yani 307.200 adet nokta bulunduğu düşünülüğünde meydana gelebilecek 1 mm'lik sapmada ortalama 3 piksel kayma meydana getirecektir. Bu gibi sorunlarla karşılaşmamak için formun sol ve sağ üst kısmında 16x10 piksel ölçülerinde birer adet siyah dikdörtgen yerleştirilmiştir. Dikdörtgenlerin merkezleri arasındaki piksel sayısı form ile kamera arasındaki mesafe hakkında, dikdörtgenler arasındaki eğim de kâğıdın eğimi hakkında bilgi vermektedir. Tüm okuma sistemi bu iki dikdörtgenin koordinatlarına göre kurgulandığından, koordinatlarının tam ve doğru olarak tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Çalışmada dikdörtgen işaretlerin tüm formda aranması gereksiz zaman kayıpları oluşturacaktır. Formun deney düzeneğine hatalı yerleştirme tolerans sınırları belirlenerek dikdörtgen işaretlerinin arama alanları belirlenmiştir. Sol üst dikdörtgen için arama alanı; A(10,30) ile B(50,70) noktaları arasında yer alan 40x40 pikseldir. Sağ üst dikdörtgen için arama alanı ise; C(10,410) ile D(50,450) noktaları arasında yer alan 40x40 pikseldir.

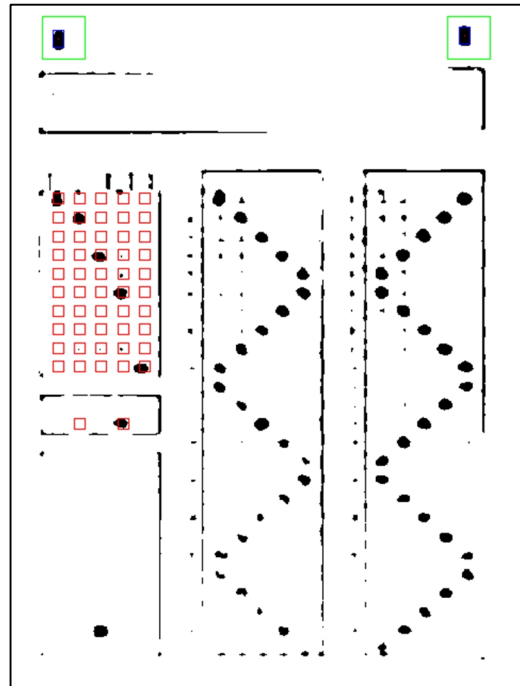
Arama alanı olan 40x40 piksel içerisinde her bir piksel tek tek dolaşılır. Mevcut pikselin etrafındaki aranılan dikdörtgen olan 16x10 piksellik komşuları ile birlikte değerlendirilerek siyah nokta sayıları sayılır. 16x10 piksellik alan içerisinde en çok siyah piksel bulunan nokta işaretin merkez noktası olarak belirlenir ve koordinatları kaydedilir.

Sol ve sağ üstte bulunan iki işaretin merkezlerinin koordinatları belirlendikten sonra kâğıt ve kamera arasındaki mesafe ve eğim bilgileri hesaplanır. Elde edilen mesafe ve eğim bilgilerine göre form üzerindeki numara, kitapçık türü, test 1 ve test 2 alanlarında bulunan dairelerin merkezleri hesaplanır. Böylece form üzerinde yer alan her dairenin koordinat bilgilerine sahip olunur.

## 2.8. Öğrenci Numarası ve Kitapçık Türü Alanları

Optik formdaki öğrenci numarası alanı beş basamaklı bir sayıdır. Beş basamaklı sayının her

basamağında kodlamanın yapılacağı 0'dan 9'a kadar rakamları temsil eden toplam on adet daire bulunmaktadır. Bir başka deyişle numara alanı 10 satır 5 sütun olmak üzere toplam 50 daireden oluşmaktadır. Değerlendirmede numaranın her bir basamağı ayrı ayrı incelenmiştir. Öğrenci numarasını kodlarken her sütunda yalnız bir rakamı kodladığından, dairelerin merkezlerinin etrafındaki 11x11 piksellik kare alanında bulunan siyah noktalar her bir rakam için sayılmıştır. Her sütun için rakamların siyah piksel toplamları ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. 11x11 piksellik kare içerisinde en fazla siyah noktanın bulunduğu daire işaretli kabul edilmiş böylelikle beş basamaklı öğrenci numarasının birinci basamağı okunmuştur. Birinci sütun için bulunan rakamın yanına, sırasıyla 2, 3, 4 ve 5. sütunda bulunan rakamlar yazılarak beş basamaklı sayı elde edilmiş ve öğrenci numarasının okunması tamamlanmıştır. Şekil 6'da öğrenci numarası ve kitapçık türü okunmuş bir form görülmektedir.



Şekil 6. Öğrenci Numarası ve Kitapçık Türü okunan form

## 2.9. Test 1 ve Test 2 Alanları

Test 1 ve test 2 alanlarının çözümlemesi kitapçık türü alanının çözümüne benzemekle beraber bazı farklılıklar da içermektedir. Bunlardan en önemlisi



öğrencinin bilerek veya bilmeyerek birden fazla seçeneği işaretleme olasılığıdır. Dolayısıyla bu kısmın çözümlenmesi yapılırken; işaretleme yapılmış mı, birden fazla işaretleme söz konusu mu, beş seçenekten hangisi işaretlenmiş gibi kıstaslara dikkat edilmiştir.

Ancak yapılan deneyler esnasında, bazı tereddütlü durumlar ile de karşılaşıldı. Bunlardan birincisi; işaretlemelerin, yumuşak uçlu koyu renkli bir kalem kullanmadan özensiz yapılması ile yapılan işaretlemeden vazgeçilmesi durumunda silgi ile tam silinmemeye durumları benzerlik gösterdi. Tabi bu iki duruma ilave olarak gerçekten birden fazla işaretlemenin de olduğu durumlar da bu iki duruma üçüncü bir alternatif olarak karışıklık oluşturdu.

Bahsedilen problemlere bir karar verme algoritması geliştirilerek en uygun çözüm bulunmaya çalışıldı. Karar verme aşamasında bir soruya ait tüm seçeneklerdeki siyahlık toplamları alındı. En fazla siyahlıktaki piksel sayısının beş eksiği eşik olarak belirlendi. Aynı zamanda eşik değeri 15 pikselin altında olduğu durumlarda eşik değeri tekrar 15 piksel olarak revize edildi. Daha sonra soruya ait tüm seçeneklerin siyah piksel toplam sayıları hesaplanan eşik değeri ile karşılaştırılarak eşik değerinden fazla olan seçenek ya da seçenekler işaretlenmiş kabul edildi. Tablo 1’de karşılaşılan değişik durumlara göre karar verme algoritmasının ürettiği sonuçlar gösterilmiştir.

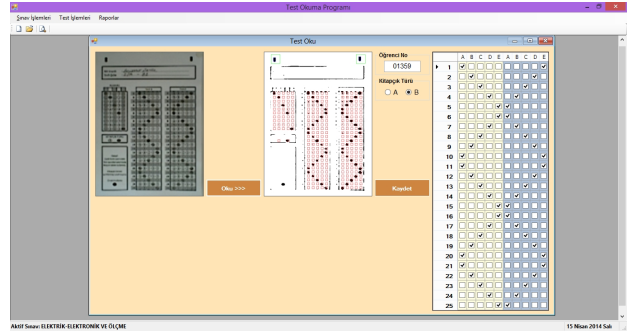
Tablo 1. Okuma esnasında karşılaşılan özel durumlar

A	B	C	D	E	Sonuç
16	0	0	0	12	A
22	5	34	18	6	C
74	70	50	0	15	A ve B
8	11	14	0	5	İşaret yok
17	75	45	0	90	E
0	17	30	48	0	D
90	75	60	45	40	A
45	0	48	52	0	C ve D

## 2.10. Program Bilgileri

Test okuma düzeneğindeki formun okunması işlemi; programda test oku komutunun seçilmesiyle

başlar. Web kamera vasıtasıyla canlı olarak RGB formatında alınarak test oku penceresinin sol tarafında oluşur. Oku butonunun tıklanmasıyla sıralı işlemler tamamlanarak orta pencerede formun ikili seviye okunmuş görüntüsü, en sağda ise okuma işlemi neticesinde elde edilen Öğrenci Numarası, Kitapçık Türü, Test 1 ve Test 2’ye ait okuma sonuçları görülür. Bu kısım kullanıcı tarafından karşılaştırmalı kontrollerin yapılabildiği önemli bir bölümdür. Kullanıcı herhangi bir nedenle yanlış okuma tespit ederse, formu tekrar okutmaya gerek kalmadan düzeltme işlemlerini gerçekleştirebilir. Son olarak Kaydet butonuna tıklanarak sonuçların veri tabanına kaydedilmesi sağlanır. Şekil 7’de Test Oku penceresi ve okuma işlemine ait ekran görüntüsü verilmiştir.



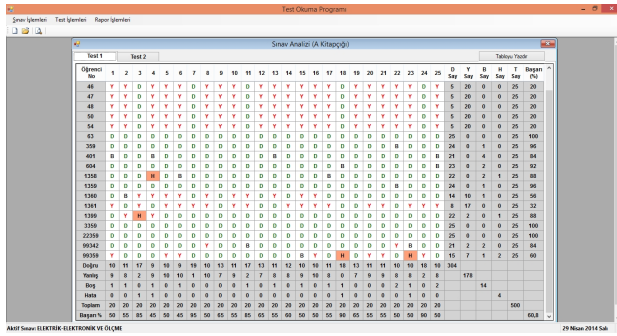
Şekil 7. Test Oku penceresi ve okuma işlemi

Öğrencilere ait formların okumasının yapıldığı gibi bu kısımdan cevap anahtarlarının da girişi mümkündür. Öğrenci numarası sıfır olarak girildiğinde program okunan formu cevap kâğıdı olarak kabul edip onay aldıktan sonra kayıt işlemini gerçekleştirir.

Test işlemleri menüsündeki bir diğer komut olan “Değerlendir” komutu; öğrencilere ait tüm formlar okunduktan ve cevap anahtarları da sisteme yüklendikten sonra çalıştırılarak sistemde aktif sınava ait yüklenmiş olan tüm formlar cevap anahtarı ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonuçları veri tabanına yazılarak değerlendirme tamamlanır. Değerlendirme işleminde veri tabanına kayıt yapılırken dört sonuç ihtimali söz konusudur. Birincisi öğrencinin işaretlediği seçenek ile cevap anahtarındaki seçeneğin aynı olma durumu; doğru

(D), ikincisi öğrencinin işaretlediği seçenek ile cevap anahtarındaki seçeneğin farklı olma durumu; yanlış (Y), üçüncüsü öğrencinin hiçbir seçeneği işaretlememesi durumu; boş (B) ve dördüncüsü öğrencinin birden fazla seçeneği işaretlemesi durumu; hatalı (H).

Sınav analizlerinin alınabileceği bölüm rapor işlemleri menüsüdür. Şekil 8’de Sınav Analizi (A Kitapçığı) penceresine ait ekran görüntüsü verilmiştir.



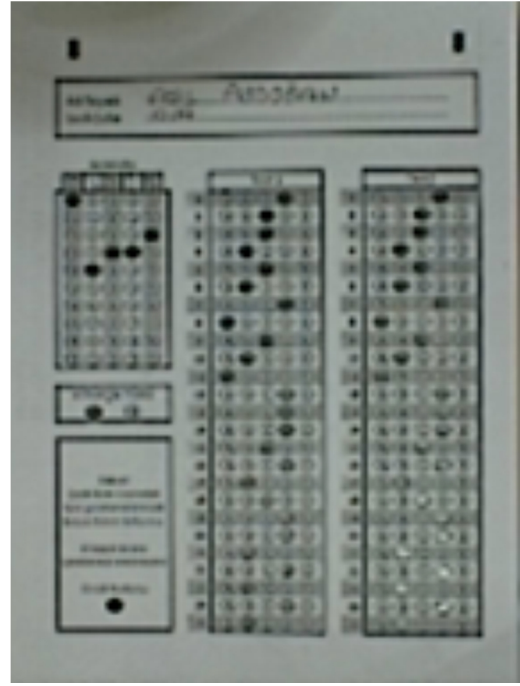
The screenshot shows a software window titled 'Sınav Analizi (A Kitapçığı)'. It displays a grid of student responses for various test items. The columns represent test items (1-25) and the rows represent students (46-9533). The cells contain letters (D, Y, B, H) indicating the student's response for each item. The interface includes a menu bar with 'Sınav Üzerine', 'Test Üzerine', and 'Rapor Üzerine'. The status bar at the bottom indicates '29 Nov 2014 Sal'.

Şekil 8. Sınav Analizi

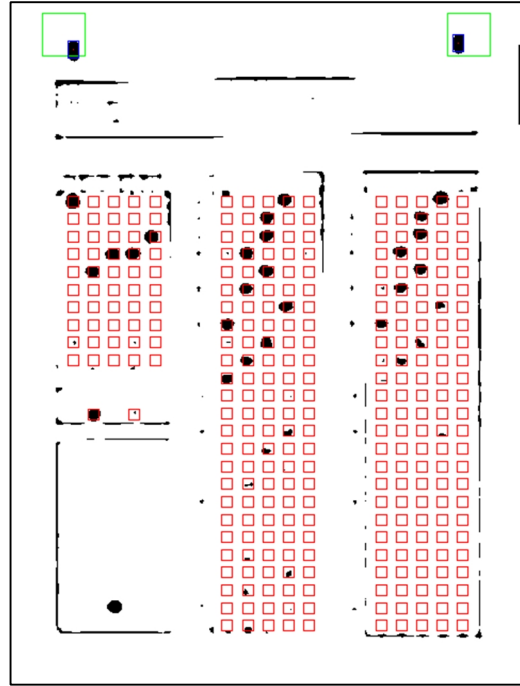
### 3. Bulgular

#### 3.1 Düzensiz Aydınlanma Koşulları

Bu çalışmada, farklı aydınlanma koşullarında çalışılmıştır. Gün ışığının bulunduğu değişik zaman dilimlerinde ve floresan lamba ile aydınlatılmış ortamda çalışmalar yapılmıştır. Işık düzensizliği çalışmada karşılaşılan en büyük problemdir. Özellikle floresan lamba ışığının yoğun olarak form üzerine düştüğü durumlarda formun bir kısmının parlaması ile sonuçlanmaktadır. Bu durumda kamera ile nitelikli bir görüntü elde edilememiştir. Şekil 9’da bu durumda elde edilmiş RGB formatındaki görüntü verilmiştir. Şekil 10’da ise aydınlanma probleminden dolayı hatalı elde edilen RGB formatındaki görüntünün okuma işlemi sonucu görülmektedir. Sistem, düzensiz aydınlanmış ortamlarda kullanmaya elverişli olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle ışık şartlarının zorlanmadığı ortamlarda deneylere devam edilmiştir.



Şekil 9. RGB formatındaki hatalı görüntü



Şekil 10. Hatalı sonuçlanan okuma işlemi

#### 3.2 Düzenli Aydınlanma Koşulları

Düzenli aydınlatma koşullarında 10 sınıfta toplam 221 öğrenciye test sınavı uygulanmış ve sonuçlar test okuma programı ve manuel okunarak karşılaştırma yapılmıştır. Okuma işleminden sonra oluşan doğru tespit sayısı, yanlış tespit sayısı ve doğruluk oranları Tablo 2 ve Tablo 3 verilmiştir.



Tablo 2. Öğrenci numarası ve kitapçık türü alanları doğruluk oranları

Form Alanları	Doğru Tespit Sayısı	Yanlış Tespit Sayısı	Doğruluk Yüzdesi
Öğrencinin Numarası	221	0	%100
Kitapçık Türü	221	0	%100

Tablo 3. Test1 ve Test2 türü alanları için doğruluk oranları

Form Alanları	Doğru Tespit Sayısı	Yanlış Tespit Sayısı	Doğruluk Yüzdesi
Test1	5519	6	%99.89
Test2	5520	5	%99.91

Öğrenci numarası ve kitapçık türü alanları hatasız olarak %100 doğruluk oranıyla tespit edilmiştir. Test 1’de doğru tespit oranı %99,89, Test 2’deki doğruluk oranı ise %99,91 olarak gerçekleşmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada deney düzeneğine yerleştiren optik formun görüntüsü, doğal aydınlatma koşullarında standart bir CCD kamera ile alınarak RGB formatından önce gri seviyeye dönüştürülmüş sonra kontrast germe işlemiyle resim belirginleştirilmiş daha sonra da ikili seviyeye dönüştürülmüştür. Gri seviyeden ikili seviyeye dönüşüm işleminde dinamik eşik değeri; optik formun altı bölgesinden otsu algoritması kullanılarak elde edilmiştir. C#.Net programlama dili kullanılarak yazılan program ile işlemler gerçekleştirilmiştir. Okunan formların sonuçları Microsoft Access programı ile oluşturulan veri tabanına kayıt edilmiştir. Sınava ait istatistiksel sonuçlar yine programdan alınabilmektedir.

221 öğrenciyle yapılan gerçek sınavlar sonucunda; saniyede bir form okunmuş ve öğrenci numarasının tespitinde %100 başarı, kitapçık türü alanının tespitinde yine %100 başarı yakalanmıştır. Test 1 ve Test 2 alanlarının başarı ortalaması ise %99,5 olmuştur. **Bir tek optik formun işlenmesi 680mSn sürede gerçekleşmiştir. 221 öğrencinin tüm kâğıtların okunması kâğıtların fikstüre yerleştirilme hızına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 10dk sürmüştür.** Deney düzeneğinin kapalı şekilde kendi

aydınlatmasını içeren bir sistem olarak tasarlanması durumunda **okuma süresinin azalacağı ve başarı oranının daha da yükseleceği** düşünülmektedir.

Sonuç olarak, test tekniği eğitimde sıklıkla kullanılan bir ölçme değerlendirme sistemidir. Eğitimin rehberlikle ilgili alanında da test tekniği kullanılmaktadır. Bununla birlikte eğitim dışında da günlük hayatta birçok alanda değişik amaçlar için test tekniği tercih edilmektedir. Tüm bu alanlarda uygulanan testlerin okunması ve değerlendirilmesi zorunluluğu test okuma cihazlarına gereksinim oluşturmaktadır. Kamera kullanılarak görüntünün elde edilip değişik görüntü işleme teknikleri kullanılarak okumanın gerçekleştirilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. Bu tür sistemlerin gelişerek mevcut pahalı sistemlerin yerlerine geçmesi yakın zamanda gerçekleşeceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışma 13.Fen.Bil.56 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK tarafından desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Akar, F. (2009). Şablon eşleme yöntemi ile plaka tanıma ve değerlendirme sistemi. Doktora Tezi, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Erzurum.
- Baykan, Ö.K. 2007. Bilgisayar destekli un kalite izleme sistemi tasarımı. Doktora Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

- Gonzales, R.C. and Woods, R.E. (2002). Digital image processing. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 793 pp.
- Demirbaş, H. Y. ve Dursun, İ. (2007). Buğday Tanelerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniğiyle Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 13, 176-185.
- Karakuş, D. (2006). Görüntü analiz yöntemleri ile kayaçların yapısal özelliklerinin tanımlanması. Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Kazdal, S. (2013). Beyin tümörlerinin ileri görüntü işleme ve örüntü tanıma teknikleri kullanılarak bilgisayar destekli tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kurtulmuş, F. (2012). Olgunlaşmamış şeftali meyvesini doğal bahçe koşullarında alınmış görüntülerde görüntü işleme teknikleri ve yapay sınıflandırıcılarla saptayarak sayan algoritmaların geliştirilmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Bursa.
- Önder, M. (1997). Uydu Görüntülerinden -Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemine Temel Oluşturacak Nitelikte Topografik Harita Üretimine Yönelik Analiz ve Öneriler. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Nabiyev, V.V., Ekinci, M. ve Öztürk, Y. (2011). Avuç İçi Çizgilerine Göre Biyometrik Tanıma. Elektrik-elektronik-bilgisayar mühendisliği 10. Ulusal kongresi, 535-538.
- Sezer, A. (2008). Görüntü işleme teknikleri kullanarak farklı türde zeminlerin mikroyapısal özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

### İnternet kaynakları

- 1- <http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale>,  
29.04.2014.