SETSCI Conference Indexing System,
Volume 3 (2018), 727-731

ISAS 2018-Winter
2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies
November 30 – December 2, 2018, Samsun, Turkey

Endüstriyel Üretim Tesislerinde Yumurtaların Görsel Analizi Ve Sınıflandırılması İçin Raspberry Pi Tabanlı Gerçek Zamanlı Bir Uygulama

Murat OZAN[1*], Murat CEYLAN[2]
[1]Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, Türkiye
[2]Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye
*Yazar: muratozan23@gmail.com
*Konuşmacı: muratozan23@gmail.com
Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Özet – Gelişen teknoloji ve artan talep nedeniyle yumurta üretim tesisleri büyümüş ve üretim miktarları artmış ve yumurta kalitesi ön plana çıkmıştır. Kusurlu (kirli-kırık) yumurtaların belirlenip ayrılması ve kalan yumurtaların belirli standartlarda sınıflandırılıp paketlenmesi işlemine yumurta tasnif işlemi denilmektedir. Görüntü işleme, son zamanlarda birçok alanda kullanımı hızla artan bir teknolojidir. Giderek yaygınlaşan bu teknoloji endüstriyel uygulamalarda kullanılarak üretim güvenilirliğini ve verimi artırılabilmektedir. Yumurta tasnif işleminde görüntü işleme tekniği kullanılarak, insan gücü ile yapılan sınıflandırma işlemlerinde yapılan hataları minimize etmek, işçi maliyetlerini ve insan gücüne olan bağlılığı azaltmak hedeflenmektedir. Bu çalışmada yumurtaların hem kusur tespiti hem de hacimsel olarak sınıflandırılması görüntü işleme yöntemleriyle yapılmıştır. Bu yöntemlerden bazıları, kameradan alınan görüntünün kırpılması, arka plan bastırma işlemi ve çeşitli filtreler yardımıyla alınan görüntüde ki gürültülerin yok edilmesi şeklindedir. Günümüzde tek kart bilgisayarların (single board computer) yaygınlaşmasıyla görüntü işleme uygulamaları tek kart bilgisayarlar üzerinden gerçekleştirilebilir hale gelmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan sistem, kameradan alınan görüntünün Raspberry Pi kartının üzerinde çalıştırılan görüntü işleme algoritmaları ile yumurta tasnif işleminin tamamlanması şeklindedir. Bu sistem ile bilgisayar tabanlı klasik sistemlere göre maliyeti daha az ve endüstriyel olarak üretim sistemlerine uygulanabilir bir çözüm önerilmiştir. Yapılan çalışmada 100 adet yumurta görüntüsü (otuz adet kirli yumurta ve yetmiş adet temiz yumurta) kullanılmıştır. Söz konusu yumurtaların tamamının doğru bir şekilde kirli ve temiz olarak ayırt edildiği gözlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, 70 adet yumurtanın hacimsel sınıflandırılması yapılmış olup gerçek ağırlık ölçümleriyle karşılaştırıldığında 66 adet yumurtanın büyüklük sınıfına (S, M, L, XL) uygun olarak tasnif edildiği 4 adet yumurtanın hatalı ölçüldüğü tespit edilmiştir. Buna göre % 94,29 başarı elde edilmiştir. Bu çalışma kapalı bir ortamda sabit ışık kaynağı kullanılarak yapılmış olup sistemin başarı oranı ışık kaynağına ve bant hızına bağlı olarak değişmektedir.

Anahtar Kelimeler – *görüntü işleme, yumurta tasnifi, sınıflandırma, kusurlu yumurta, raspberry pi*

I. GİRİŞ

Yumurta temel besin maddesi olmasının yanında temel protein kaynaklarından biridir. Kaliteli bir protein kaynağı olmasının yanında ucuz ve kolay ulaşılabilir olması yumurtayı cazip bir besin kaynağı yapmaktadır. Yumurta sektörünün büyümesi sonucu ülkemizde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca hazırlanan Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği ile yumurta üretimi için bazı standartlar oluşturulmuştur [1].

Tablo-1'de Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın belirlediği A sınıfı yumurtaya ait ağırlık sınıflandırılması verilmiştir.

Yumurtanın, bu standartlara göre ayrılması, ardından paketlenmesi gerekmektedir. Bu işleme yumurta tasnif işlemi denilmektedir.

Tablo 1. A Sınıfı Yumurtanın Ağırlık Sınıfları

Ağırlık Sınıfı	**Ağırlık**
XL – Çok Büyük	≥73 g
L – Büyük	≥63 – <73 g
M – Orta	≥ 53 – <63 g
S – Küçük	<53 g

Yumurta tasnif işlemi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama yumurtanın kusurlu yumurta olup olmadığına karar verilmesidir. İkinci aşama, kusurlu olmayan yumurtanın boyutlandırılmasıdır.

Yumurta üretim sürecinde farklı tasnif yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar, insan gücüne dayalı tasnif işlemleri, makineler yardımıyla yapılan tasnif işlemleri veya bir bölümünde insanların çalıştığı bir bölümünde makinelerin çalıştığı karma tasnif işlemleridir.

İnsan gücünden yararlanarak yapılan tasnif işlemi, bir taşıma bandı üzerinden gelen yumurtaların işçiler vasıtasıyla önce kusurlu olarak ayrılması daha sonra boyutuna göre sınıflandırılması şeklindedir. Bu sistemin çalışmasında yapılan işlemler sistemin sürekli çalışıp durmasına dolayısıyla yumurta tasnif sisteminin hızının azalmasına neden olmaktadır. Kümeslerde yumurta üretimi 24 saat gerçekleştiğinden, yumurta tasnif sisteminden kaynaklı durmalar yumurtanın kalitesini de etkilemektedir. İnsan gücüne dayalı bu yöntemler oldukça yavaş, hata yapma olasılığı oldukça yüksek ve işveren açısından oldukça maliyetlidir. Bu nedenlerden dolayı yumurta üretim kapasitesi fazla olan tesislerde bu tasnif yöntemi geçerliliğini yitirmiştir. Gelişen teknoloji ve endüstriyel uygulamalarının yaygınlaşması neticesinde otomatik tasnif sistemleri, daha çok tercih edilmeye başlamıştır.

Makine ve otomasyon sistemlerinden faydalanılarak yapılan tasnif işlemlerinde yumurta tasnif makinesi kullanılmaktadır. Yumurta tasnif makinesinde, yumurta bandı üzerinden gelen yumurtaların, farklı algoritmalar aracılığıyla kusurlu olarak ayırma ve sınıflandırılma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tasnif işlemi sonucunda yumurtalar, önceden belirlenmiş bölmelere otomatik olarak yönlendirilmektedir. Otomatik tasnif sistemleri, üreticileri tarafından belirtilen kapasite aralığında çalışırlar. Kusurlu olarak değerlendirilen yumurta, kullanıcı tarafından belirlenen alana yönlendirilerek paketleme işleminden ayrılır. Kusurlu bulunmayan yumurtalar ağırlıklarına göre sınıflandırma işlemi için loadcell'lerin (yük hücreleri) bulunduğu tartım bölümüne alınarak tartım işlemi gerçekleştirilir. Tartım sonucunda yumurtalar daha önceden sisteme girilen veriler (ağırlıklarına göre S,M,L,XL gibi) ışığında paketlenecekleri uygun bölümlere yönlendirilirler.

Makine ve otomasyon sistemleri kullanarak yapılan tasnif işleminin birçok avantajı vardır. Bu sistemlerde minimum düzeyde işçi çalışmaktadır. Sistem kararlı çalışmakta, hata yapma olasılığı oldukça düşük ve bakım zamanları dışında sürekli çalışabilmektedir. Hijyeniktir. Bu sistemlerin bazı dezavantajları da vardır. Bu sistemler oldukça pahalıdırlar. Kurulum maliyetinin yanında bakım ve yedek parça temini problem teşkil etmektedir. Sınıflandırma işleminden sonunda yumurtaların, depolarda beklediği günler için ağırlık kaybetmesi sınıflandırma işlemini olumsuz etkilemektedir. Kusurlu yumurtaların tespitine yönelik makine elemanları ayrıca fiyatlandırılmakta buda ek maliyet gerektirmektedir. Bu nedenle yumurta üreticileri farklı arayışlar içerisine girmişlerdir. Makine ve insan gücünün birlikte kullanıldığı karma tasnif sistemleri uygulanmaya başlamıştır. Bu sistemlerde kusurlu yumurta tespiti insanlar tarafından yapılırken, boyut olarak sınıflandırma işlemi otomasyon sistemleri aracılığıyla yapılmaktadır.

İlk olarak 1991 yılında Elster ve Goodrum görüntü işleme temelli bir sistem geliştirmişlerdir [2]. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak sabit bir yumurtanın altına bir ışık kaynağı yerleştirerek yumurtanın görüntüsünü alarak çatlak yumurta analizi yapmışlardır. Çatlak yumurta tespit sürecindeki yavaşlık bu sistemin en büyük dezavantajı olmuştur. Bu sorunu çözmek için 1992 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada kendi etrafında dönen yumurtanın tüm yüzeylerinden görüntü almışlar bu görüntülerden yola çıkarak kırık-çatlak yumurta analizi yapmışlardır[3]. Han ve Feng, 1994 yılında, yumurta kabuklarında oluşan çatlakların tespit edilmesi amacıyla Hızlı Fourier Dönüşüm kullanarak bir analiz yöntemi geliştirmişlerdir [4]. Garcia-Alegre ve arkadaşları öznitelik çıkarımından faydalanarak kusur tespiti yapmaya çalışmışlardır [5]. İlk olarak görüntü üzerinde yumurtanın dış çeperini belirlemişler ardından arka plan bastırma işlemi uygulamışlar; kalan yumurta görüntüsünün kırmızı bandından mavi bandı çıkarmışlar ardından bu bantları toplamışlardır. Son olarak çıkarma işleminin sonucu toplama işleminden elde edilen sonuca bölerek yeni bir renk bandı elde etmişlerdir. Bu işlemin, kusurları ön plana çıkardığını söylemişlerdir. Ardından görüntünün ortalama değerini bularak eşiklemişler ve yumurta kabuğu görüntüsünü de resimden atmışlar ve böylece kusurları tespit etmişlerdir. Dehrouyeh ve arkadaşları, yumurtanın içsel kan lekeleri ve kabuk kusurlarını bulmak için farklı aydınlatma düzenekleri altında görüntüler almışlardır [6]. Aldıkları görüntüler HSI (Hue-Saturation-Lightness) renk uzayındadır. Hue (renk) bandının histogramını kullanarak kusur tespitini gerçekleştirmişlerdir. Yumurta kabuğundaki kusurları bulmak için bağlı alan algılama (connected area detection) algoritması kullanılarak toplamda %91 başarı sağlanmışlardır. Patel ve arkadaşları çalışmalarında; bilgisayarlı görü sistemi ile gri renk düzeyindeki sabit bir yumurta görüntüsünü ele almışlardır [7]. Görüntünün gri düzeydeki 0 (siyah) – 255 (beyaz) renk tonu aralığındaki histogramına bakarak, yumurtayı kırık veya kusursuz olarak sınıflandırmışlardır. Bu işi yaparken birçok kusurlu/kusursuz yumurta görüntülerinin histogramını çıkartıp bir YSA' ya eğitim verisi olarak girmişler ve ardından elde edilen görüntünün histogramını da bu YSA ile teste tabi tutarak sınıflandırma yaparak %90 başarı sağlamışlardır. Mertens ve arkadaşları çalışmalarında, daha önceki çalışmalarda olduğu gibi görüntülerin gri düzeydeki histogramlarına bakarak sınıflandırma yapmışlardır [8]. Kırık bölgeleri ön plana çıkarabilmek için görüntü üzerinde çeşitli morfolojik işlemlerden olan kapama-açma-kapama (closing-opening-closing) işlemini uygulayarak kılcal kırıkları da ön plana çıkarmaya çalışmışlardır.

Bu çalışma ile görüntü işleme teknikleri kullanılarak, kamera vasıtasıyla bir yumurtadan alınan görüntüdeki kusurların tespit edilmesi, yine bu görüntüden yola çıkarak yumurtayı boyutsal olarak sınıflandırma işlemi yapılmaktadır.

Çalışmanın amacı insan gücü ile yapılan sınıflandırma işlemlerinde yapılan hataları minimize etmek, işçi maliyetlerini ve insan gücüne olan bağlılığı azaltmaktır. Bu çalışmada kullanılan yöntem sadece görüntü işleme temelli olduğundan otomatik tasnif sistemlerine göre daha az karmaşık ve daha düşük maliyetlidir.

II. MATERYAL VE METODLAR

A. Raspberry Pi ve Kamera Modülü

Şekil-1'de görülen Raspberry Pi, küçük boyutlu, fiyatı oldukça düşük bir bilgisayar olarak tanımlanabilir. 1.4GHz 64-bit quad-core işlemciye, 1Gb Ram'e sahiptir. Birden çok programlama dilini desteklemesinin yanı sıra sahip olduğu çevre birimleri (wireless LAN, Bluetooth, Ethernet, 40-pin GPIO, HDMI, USB, kamera modülü için CSI kamera portu) sayesinde birçok farklı uygulama yapma imkânı sunar.



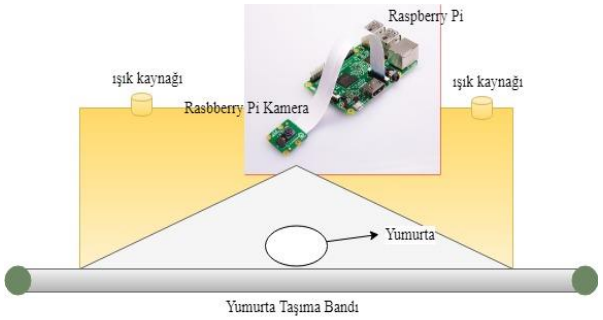
Şekil-1 Raspberry Pi [9]

Raspberry Pi kamera modülü, sahip olduğu Sony IMX219 8-megapiksel sensör sayesinde yüksek çözünürlükte video çekilmesine ve fotoğraf alınmasına olanak sağlar. Raspberry Pi kamera modülü 1080p30, 720p60 ve VGA90 çözünürlükte video çekimi yapabilirken, 3280 x 2464 piksel fotoğraf çekimi yapabilir. Kamera, 15cm uzunluğunda bir yassı kablo vasıtasıyla Raspberry Pi'nin CSI (camera serial interface) portuna bağlanır[9].

B. Kullanılan Metotlar ve Sistem Yapısı

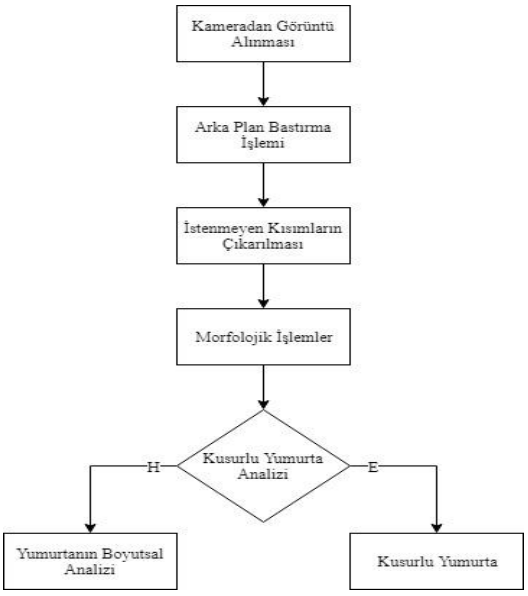
Görüntü işleme, bir görüntü üzerinde değişiklik yapılması veya görüntüden bilgi edinilmesini sağlayan; girdisi görüntü, çıktısı ise görüntü veya girdi görüntüsü ile bağlantılı bir özellik olan iki boyutlu bir sinyal işleme tekniğidir. Günümüzde hızla büyüyen ve birçok mühendislik probleminin çözümünde kullanılan bir metot olarak dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, Raspberry Pi ve Raspberry Pi kamera modülü kullanılmış olup, yumurtaya ait görüntü gerçek zamanlı olarak alınıp görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Şekil-2'de yapılan çalışmaya ait sistem görülmektedir. Raspberry Pi'ye raspbian işletim sistemi yüklendikten sonra Python programına OpenCV Kütüphanesi eklenerek sistem görüntü işleme programı yazmaya hazır hale gelmiştir.



Şekil-2 Sistem çalışma şeması

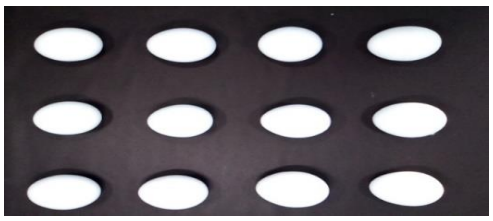
Şekil-3'te akış diyagramı verilen sistemde ilk olarak belirli bir noktaya yerleştirilmiş kamera vasıtasıyla görüntü alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Arka plan bastırma işlemi uygulanarak yumurtalara ait görüntü ön plana çıkarılmıştır. Her bir yumurtaya ait görüntünün elde edilebilmesi için kesme işlemi yapılmıştır. Filtreler yardımıyla görüntüde bulunan gürültüler ortadan kaldırılmıştır. Elde edilen görüntüyle önce yumurtanın kusurlu olup olmadığı belirlenmiş daha sonra ise görüntü üzerinde ölçüm yapılarak yumurtanın hangi sınıfa ait olduğu saptanmıştır. Yumurtaların tartımından elde edilen ağırlık bilgisi ile görüntü işleme teknikleri kullanarak elde edilen piksel sayısı arasında bir ilişki ortaya konulmuştur.



Şekil-3 Akış Diyagramı

C. Kameradan Görüntü Alınması

Python programında OpenCv Kütüphanesi yardımıyla sisteme bağlı kameradan görüntü elde edilir. Görüntüye ait özellikler (çözünürlük, fps değeri, vb.) sisteme uygun olan değerlere değiştirilebilir. Sistemde kullandığımız Raspberry Pi kamera modülünden 1080x720 piksel çözünürlüğünde ve 30 fps hızında alınan görüntüye ait çıktı Şekil-4'de verilmiştir.

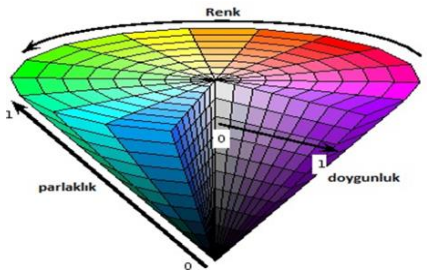


Şekil-4 Kameradan alınan gerçek görüntü

D. Arka Plan Bastırma İşlemi

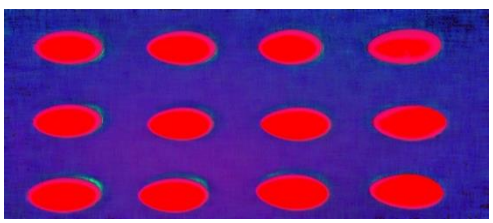
Kameradan alınan yumurtaya ait görüntüde arka planı yok etmek buradan gelecek gürültüleri azaltacağından sadece kalan yumurta görüntüsü üzerinde işlem yapmamıza olanak sağlayacaktır.

Renk ayırt etme ve belirlenen renk dışındaki renklerin bastırılması işlemi HSV renk uzayında, RGB renk uzayına göre daha iyi sonuç vermektedir. HSV (Hue, Saturation, Value), rengin kendisi, doygunluğu ve parlaklığı ile ifade edilen bir renk uzayı türüdür. Bu uzayda rengin kendi değeri, bir rengin gerçek değerini ifade eder yani kırmızı rengin tüm tonlarında rengin kendi değeri aynıdır. Şekil 5'de görüldüğü üzere H değeri daire boyunca değişirken renkler değişir ancak H değerini sabit tutup S ve V (doygunluk ve parlaklık) değerlerini değiştirirsek aynı rengin farklı doygunluk ve parlaklıktaki değerleri elde edilir.



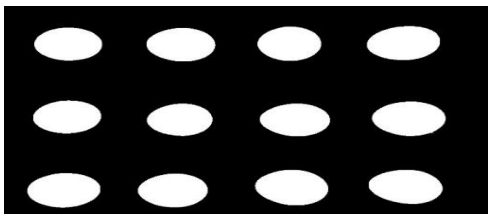
Şekil-5 HSV renk uzayı

Bu özelliğinden dolayı HSV renk temelli ayırma işlemlerinde sıklıkla kullanılır. Kameradan alınan görüntü RGB formatındadır. Dolayısıyla ilk adım renk uzayı dönüşümü yapmak olacaktır. Kameradan alınan görüntünün HSV uzayına ait görüntüsü Şekil-6'de gösterilmiştir.



Şekil-6 RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm

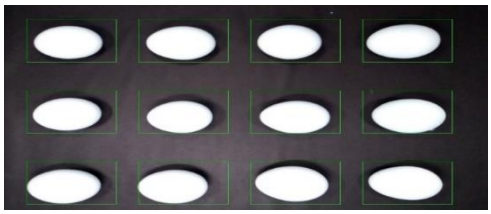
Kameradan alınan görüntünün HSV renk uzayına dönüştürülmesinin ardından elde edilen görüntüye eşikleme işlemi uygulanır. Alınan görüntüde yumurta rengi eşik değer olarak atanarak arka planın bastırma işlemi gerçekleşmiştir. Şekil-7'de arka plan bastırma işlemine ait görüntü verilmiştir.



Şekil-7 Arka plan bastırma işlemi

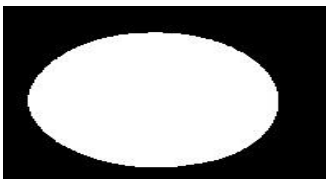
E. İstenmeyen Kısımların Çıkarılması

Kameradan belirli bir periyotta alınan görüntüden, yumurtaların olduğu bölümler kesilip alınır. Şekil-8'te yumurtaların geleceği noktalar yaklaşık olarak belirlenmiştir.



Şekil-8 Yumurtaların geleceği alanların işaretlenmesi

Yapılan bu işlem her bir yumurtanın ayrı ayrı değerlendirilmek üzere görüntüden çıkarılmasını sağlar (Şekil- 9).

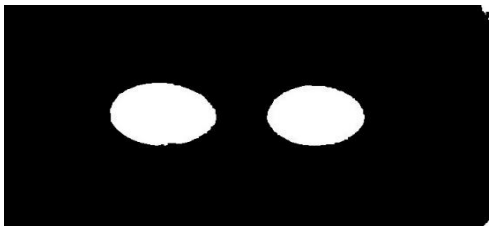


Şekil-9 Her bir yumurtanın görüntüden çıkarılması

F. Filtreler

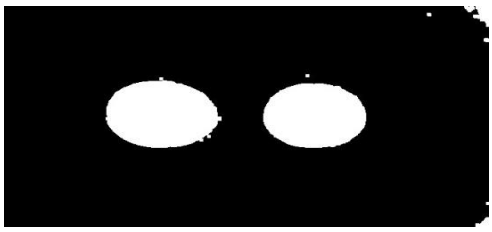
Görüntü işleme uygulamalarında sıklıkla ortaya çıkan, görüntü kalitesini düşüren harici nedenlerden meydana gelen etkilere gürültü denir. En önemli gürültü örnekleri; tuz-biber (salt-pepper) gürültüsü, gaussian (normal) gürültü, uniform gürültüdür. Gürültü gidermek için farklı filtreler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; bilateral filtreler, gaussian filtreler, morfolojik işlemlerdir. Bilateral ve gaussian filtreler renkli görüntüler üzerinde etkili olurken morfolojik işlemler arka plan bastırılmış HSV renk uzayındaki görüntülerin düzeltilmesinde etkili olmaktadır. Morfolojik işlemler, gürültü sebebiyle görüntüde kaybolan noktaları ortaya çıkarmak ya da gürültü sebebiyle görüntüde açılan noktaları doldurmak amacıyla kullanılmaktadır. Morfolojik işlemlerin iki ana bileşeni vardır, bunlar aşındırma ve genişletme işlemleridir. Aşındırma işlemi görüntüde bulunan gürültülerin giderilmesi aşamasında yumurta görüntüsünün sınırlarına da aşındırma işlemi gerçekleştirmektedir. Bu nedenle aşındırma işleminde tekrar sayısı ve kullanılan birim matrisin boyutlarının belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Şekil-10 'de alınan görüntüye uygulanan aşındırma işlemi gösterilmiştir.



Şekil-10 Aşındırma işlemi uygulanmış görüntü

Genişletme işlemi, çeşitli nedenlerden dolayı görüntünün belirli bölgelerinde oluşan kopmaların tekrar birleştirilmesi amacıyla kullanılsa da istenmeyen noktaların veya olmayan bağlantıların ortaya çıkmasına neden olabilir(Şekil-11). Genişletme işlemi gerçekleştirirken bu sonuçların göz önüne alınması gerekmektedir.



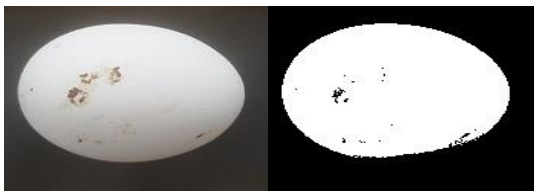
Şekil-11 Genişletme işlemi uygulanmış görüntü

Aşındırma ve genişletme işlemlerinin tek başına kullanımı gürültülerin giderilmesi aşamasında yeterli olmayabilir. Bu durumda görüntüye önce aşındırma ardından genişletme işlemi uygulanmalıdır. Bu işleme morfolojik açma işlemi denir. Morfolojik açma işlemi görüntü üzerinde noktasal gürültülerin giderilmesinde etkilidir. Öncelikle genişletme ardından aşındırma işlemi uygulanması durumu ise morfolojik kapama işlemi olarak adlandırılır ve nesneler arasındaki boşlukların giderilmesinde etkilidir.

G. Kusurlu Yumurta Analizi

Kameradan alınan görüntüde, daha önceden eşik değeri belirlenen lekeli bölge (yumurta kabuğu rengi dışında) veya bölgelerin piksel sayısı hesaplanır. Bu piksel sayısı kusurlu yumurta için belirlenen eşik değerinden fazla ise yumurta kusurlu olarak tanımlanır.

Şekil-12'de bir kusurlu yumurta ve arka plan bastırma işlemi sonunda görülen kusurlu bölgeler gösterilmiştir.



Şekil-12 Kusurlu yumurtaya ait görüntü

H. Yumurtaların Boyutsal Analizi

Kusurlu olarak tanımlanan yumurtalar elendikten sonra kalan yumurtalara ait görüntülerden piksel sayısı elde edilir. Yapılan ölçümlerde 11500 piksel değerinden az değerler küçük (S), 11500 ile 12700 piksel aralığındaki değerler orta (M) ,12700 ile 14500 piksel aralığındaki değerler büyük (L) ve 14500 pikselden büyük değerler çok büyük (XL) olarak alınmıştır. Sisteme girilen bu değerler ile görüntüsü alınan

yumurtaya ait piksel değeri kıyaslanarak yumurtanın hangi sınıfa ait olduğuna karar verilir.

III. SONUÇLAR

Bu çalışmada yumurta üretim tesislerinde üretilen yumurtalardaki kusurların tespiti ve yumurtaların boyutlandırılması görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Görüntü işleme uygulaması OpenCV Kütüphanesi kullanılarak Python programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Görüntü HSV renk uzayına dönüştürülerek uygun bir eşik değer ile yumurtanın arka planı yok edilir. Her bir yumurtaya ait görüntünün kesilmesiyle yumurta sayısı kadar görüntü elde edilir. Elde edilen görüntülerde istenmeyen kısımların olmayışı ve boyutlarının küçük olması bu görüntüler üzerinde daha hızlı karar verilmesine olanak sağlar.

Tablo 2. Yumurta sınıflandırma tablosu

Yumurta	Temiz Alan (piksel)	Kusurlu Alan (piksel)	Tartım Sonucu (gram)	Kamera Ölçüm Sınıfı	Tartım Ölçüm Sınıfı
1	12212	0	60	M	M
2	11645	0	55	M	M
3	12215	0	59	M	M
4	12415	0	61	M	M
5	11865	0	56	M	M
6	11690	0	55	M	M
7	12582	0	63	M	L
8	12188	0	59	M	M
9	12613	0	62	M	M
10	12097	0	58	M	M
11	12153	0	58	M	M
12	12941	0	64	L	L
13	12824	0	63	L	L
14	12302	0	60	M	M
15	12269	0	59	M	M
16	12059	0	58	M	M
17	12310	0	60	M	M
18	12547	0	63	M	L
19	11896	0	57	M	M
20	11958	0	57	M	M
21	12166	0	59	M	M
22	14494	0	72	L	L
23	13512	0	66	L	L
24	12498	0	62	M	M
25	12119	0	60	M	M
26	12987	0	65	L	L
27	12785	0	63	L	L
28	13688	0	68	L	L
29	12372	0	61	M	M
30	12963	0	63	L	L
31	12214	0	61	M	M
32	12835	0	65	L	L
33	13043	0	64	L	L
34	13408	0	67	L	L
35	12878	0	63	L	L
36	-	112	-	K	-
37	-	168	-	K	-
38	-	214	-	K	-

Araştırmada 100 adet farklı büyüklüklerde yumurta kullanılmıştır. Bu yumurtaların 30 adedi kusurlu yumurta olarak belirlenmiştir. Kusurlu yumurta belirlemede başarı oranı %100'dür. Kalan 70 yumurta için alınan görüntüdeki piksel sayısına göre sınıflandırma yapılmış olup 4 adet yumurtanın sınıfı farklı tespit edilmiştir. Dolayısıyla başarı oranı %94,29'dur.

Tablo-2'de 38 adet yumurtaya ait veriler yer almaktadır. 38 adet yumurtanın 3 tanesi kusurlu olarak tespit edilmiş olup sınıflandırma işlemine alınmamıştır. Kalan 35 yumurtada iki farklı ölçüm yapılarak sınıflandırma işlemleri karşılaştırılmıştır. İlk olarak yumurtaların ağırlıkları hassas terazi yardımıyla ölçülmüş ve Tablo-1'de bakanlıkça belirlenen sınırlar çerçevesinde sınıflandırılmıştır [1]. İkinci olarak yumurtalardan alınan görüntülerin piksel ölçümleri yapılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ağırlığına göre sınıflandırmadan farklı olarak görüntü işleme yöntemi kullanılarak yapılan ölçümlerde 35 yumurtadan 2 tanesi gerçek sınıfından farklı sınıfa ayrıldığı görülmüştür.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kusurlu yumurtaların analizinde ve yumurtaların sınıflandırılmasında görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasıyla işçi maliyetlerinin düşürülmesi, yapılan hataların azaltılması sağlanabilir. Makine ve otomasyon sistemleriyle yapılan yumurta tasnif işleminde, kusurlu yumurta tespiti ve yumurta sınıflandırma işlemi ayrı bölümlerde yapılmaktadır. Yumurta tasnifinin iki ayrı bölümde yapılması maliyeti artırmaktadır. Sınıflandırma işleme loadcell'ler (yük hücreleri) yardımıyla yumurtaların tartılmasıyla yapıldığından, loadcell'lerin (yük hücreleri) belirli periyotlarda kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Kalibrasyon süresince sistemin durdurulması zaman kaybına neden olmaktadır.

Yapılan ölçümlerde meydana gelen hataların yumurta sınıfının geçiş yapıldığı değerlere yakın sınırlarda olduğu görülmüştür. Yumurtadan alınan görüntünün piksel değerine göre yapılan sınıflandırmada belirlenen eşik değerleri değiştirilerek bu hata oranının düşürülebileceği öngörülmektedir. Yapılan çalışmalarda görüntüden alınan piksel değerinin ortamın ışığı ve tesislerdeki bant hızından oldukça fazla etkilendiği, dolayısıyla sabit ışık ve bant hızında hata oranının azaldığı görülmüştür.

REFERENCES

[1] Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından:TÜRK GIDA KODEKSİ YUMURTA TEBLİĞİ (2014/55)

[2] Elster RT. and Goodrum JW., 1991, Detection of cracks in eggs using machine vision, Transactions of the Asae, 35(4): 307-312p

[3] Elster RT. and Goodrum JW., 1992, Machine vision for crack detection in rotating eggs, Transactions of the Asae, 34(1): 1323-1328p

[4] Han, Y. J. and Y. Feng (1994). Egg shell inspection using global image analysis. *American Society ofAgricuLturaL Engineers*. 10(1), 109-114.

[5] Garcia-Alegre MC., Ribeiro A., Guinea D. and Cristobal G.., 1996, Eggshell defects detection based on color processing, Instituto de Optice, Spanish Council for Scientific Research, Madrid-Spain

[6] Dehrouyeh MH., Omid M., Ahmadi H., Mohtasebi SS. and Jamzad M., 2010, Grading and quality inspection of defected eggs using machine vision, International Journal of Advance Science and Technology, vol.16

[7] Patel VC., McClendon RW. and Goodrum JW.,1994, Crack detection in eggs using computer vision and neural networks, AI Applications, 8(2):21-31p

[8] Mertens K., De Ketelaere B. and Kamers B., 2005, Dirt detection on Brown eggs by means of color computer vision, Poultry Science, 1653-1659p

[9] (2018) The Raspberry Pi website. [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/ https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/ https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/