

Orijinal Makale/Research Article

ORB yöntemi ile oy tespiti ve sayımını gerçekleştiren sistemin tasarımı

İsmail Serkan Üncü¹, Mehmet Kayakuş², Sefa Çetinkol³

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi, Manavgat Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, İşletme Enformatiği Bölümü, 07600, Antalya, Türkiye

³Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Oy tespiti ve sayımı
Görüntü işleme
ORB
Brute-Force Eşleştirme

Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 25.11.2020
Kabul Tarihi: 15.09.2021

Öz: Bu çalışmada, oy tespitini ve sayımını gerçekleştiren görüntü işleme tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, donanımsal ve yazılımsal olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Görüntü almak için kullanılan kamera ve görüntü işlemek için kullanılan Raspberry Pi3 donanım kısmını oluşturmaktadır. Yazılım kısmında ise görüntü işleme yöntemlerinden olan Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) metodu ile Brute-Force Eşleştirme kullanılarak görüntülerdeki öznitelikler eşleştirilmektedir. Yazılımın kodları Python programlama dilinde yazılmış olup ve OpenCV kütüphanesinden faydalanılmıştır. Çalışmada oy tespiti ve sayımı için 72 punto büyüklüğünde, Calibri yazı tipi ile yazılmış EVET ve HAYIR oy pusulaları kullanılmıştır. Sistemde yüksek çözünürlüklü kamera sayesinde oy pusulasının görüntüsü alınmakta ve görüntü işleme yazılımına aktarılmaktadır. Yazılımın çalışma mantığı, kayıtlı görüntüdeki köşe ve dönüm noktaları gibi ayırt edici özelliklerin belirlenmesi ve belirlenen özelliklerin, kamera tarafından çekilen görüntüler ile eşleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. Oyun kime verildiğinin tespiti için ise kullanılan oyun yatay düzlemindeki konumuna bakılmaktadır. Sistem eşleşen görüntüye göre evet ve hayır oy sayılarını arttırmaktadır. Yapılan çalışmada %100 başarı oranı ile oy tespiti ve sayımı gerçekleştirilmiştir.

Atıf için/To Cite:

Üncü İS. Kayakuş M. Çetinkol S. ORB yöntemi ile oy tespiti ve sayımını gerçekleştiren sistemin tasarımı. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 13(2), 50-56, 2021.

Design of the system that performs vote detection and counting by ORB method

Keywords

Ballot detection and counting
Image processing
ORB
Brute-Force Matching

Article history:

Received: 25.11.2020
Accepted: 15.09.2021

Abstract: In this study, an image processing-based system was developed that performs vote detection and counting. The system consists of two parts, hardware and software. The camera used for image capturing and Raspberry Pi3 used for image processing constitute the hardware part. In the software part of the system, the features in the images are matched using Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) method and Brute-Force Matching method which are the image processing methods. The software's codes are written in the Python programming language and the OpenCV library is used. In the study, YES and NO ballots written in Calibri font, 72 points in size, were used for vote detection and counting. Thanks to the high-resolution camera in the system, the image of the ballot is taken and transferred to the image processing software. The operating logic of the software works according to the principle of determining the corners and milestones, which are distinctive features in the recorded image, and matching them with the images taken. In order to determine who the game was given to, the position of the game on the horizontal plane used is looked at. The system increases the number of yes and no votes according to the matching image. In the study, it is performed that vote determination and counting with a 100% success rate.

1. Giriş

Seçimler demokratikleşmenin temel gereksinimlerinden bir tanesidir. Seçimlerin doğru ve güvenilir yapılması ve kullanılan oyların doğru sayılması hem seçmen hem de aday için önem arz etmektedir. Günümüzde elektronik oy pusula cihazları kullanılmaya başlanmasına rağmen geleneksel kâğıt oy pusulaları da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir oy pusulası, seçim kimlik bilgilerini (seçim bölgesi, seçim tarihi, oy pusulası numarası, sayfa numarası), talimatları (bir aday seçmek veya oy kullanmak), adayların listesini (adayların isimleri ve parti üyeliğini) ve her oylama için işaretlenecek bir hedef dizisini içermektedir [1].

Kâğıt oy pusulalarının kullanımı seçimlere bağımsız denetim yetenekleri getirmektedir. Ancak güvenilir, doğrulanabilir, hızlı ve verimli seçimleri garanti etmemektedir. İlk oy pusulasında okuyucusu olarak optik işaret tanıma (OMR) ve ayrık fotosellere sahip oy algılama okuyucuları kullanılmıştır. Günümüzde hemen hemen tüm oy pusulaları artık CCD veya CMOS dizileri sahip olan optik tarayıcılar kullanmasına rağmen, birçok oy pusula tarayıcısı hala OMR'yi kullanmaktadır [2].

Özel bir form işleme türü olan oy işleme yöntemi seçimlerde oy sayımı için kullanılmaktadır. Bu yöntemde belirli yerlerde işaretlerin varlığının veya yokluğunun tespit edilmesini prensibine göre çalışmaktadır. Temel görevler, her bir işaretin bir adayla ilişkilendirilmesi ve oy pusulasını geçersiz kılacak yabancı işaretlerin tespit edilmesine göre çalışmaktadır. Bu sistemde karakter seçimine nadiren ihtiyaç duyulmaktadır; çünkü çoğu oylamada oy hakkının sayısı önemsizdir [3].

Kâğıt tabanlı seçim oylarının analizi, oylamaya eklenen tüm işaretlerin bulunmasını gerektirmektedir. Bu işaretlerin konumu, boyutu, şekli, dönüşümü ve gölgesi önceden bilinmemektedir. Taranan oy pusulası görüntülerinde tarayıcı görüntüsü nedeniyle temel oy pusulasından farklılıkları bulunmaktadır. Farklı görüntü işleme teknikleri, hangi koşullar altında hangi tür işaretleri tespit edebildiklerini görmek için değerlendirilmektedir. Bu yöntemde oy tespiti oy pusulası görüntülerinin ham görüntüden farkı prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde oy işaretlerinin koyuluğuna çok daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Ham görüntüleri ön plana ve arka plana dönüştürmenin ve ardından formu kaldırmanın daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır [4].

Kamera teknolojisi ve manuel beslemeli kâğıt kullanan oy pusula sayaçları, tarayıcı tabanlı sistemlere göre

daha güvenilir ve daha ucuzdur. Kameralarının örnekleme oranı, geometrik doğrusalılığı, nokta dağılımı ve fotometrik transfer fonksiyonu özellikleri oy pusulası görüntüleme daha kabul edilebilirdir. Geliştirilen kamera tabanlı oy sayım cihazı diğer tekniklere göre daha şeffaf, daha az maliyetli, taşınabilir, hızlı ve daha az sorunludur [5].

Optik tarama oylama sistemlerinde tarayıcıdan kaynaklı sorunlar oluşabilmekte ve bu sorunların tespit edilmesi ve çözülmesi güç olmaktadır. Bu sisteme alternatif olarak OpenScan olarak adlandırılan dijital video kayıtlarının bilgisayar görme teknikleriyle işlenmesiyle çalışan oy sayım sistemi geliştirilmiştir [6].

Bilgisayarla görme teknolojileri birçok alanda olduğu gibi oy sayımında da kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarla görme teknolojileri günümüzde görüntüleri hızlı işlemekte, hızlı eşleştirmekte ve belleği verimli şekilde kullanmaktadır [7]. Nesne tanıma, robot teknolojisinde, görsel izleme ve insan algılama gibi geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir [8]. Nesne tanıma teknolojileri temel olarak özellik noktaları tanımlayıcıları ve görüntü eşleştirme metotlarından oluşmaktadır. Özellik noktaları tanımlayıcıları nesne tanıma ve 3 boyutlu görüntüleri yeniden yapılandırma gibi birçok bilgisayarla görme teknolojisinin merkezinde yer almaktadır [7].

Nesne tanıma teknolojisinde metot olarak Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB), Scale Invariant Feature Transform (SIFT) ve Speeded Up Robust Features (SURF) yaygın olarak kullanılan metotlardır. Her bir metodun kullanımına bağlı olarak kendine özgün avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. SIFT anahtar nokta algılayıcısı ve tanımlayıcısı 2004 yılında David G. Lowe tarafından geliştirilmiştir [9]. SIFT algoritması nesne tanıma, görüntü birleştirme, görsel haritalama dahil olmak üzere görsel özellikleri kullanan bir dizi uygulamada başarılı bir şekilde kullanılmıştır [9-12]. Bununla birlikte, SIFT metodu özellikle zaman içerisinde konum değişikliğini tahmin etmek gibi gerçek zamanlı sistemler veya cep telefonları gibi düşük güçlü cihazlar için büyük bir hesaplama yükü getirmektedir [10]. SURF metodu herhangi özel bir optimizasyon kullanılmadan ve performans kaybı olmadan gerçek zamanlı bir hesaplama imkânı sunmaktadır. Bu da birçok çevrimiçi bilgisayar görme uygulaması için önemli bir avantaj sağlamaktadır [13].

ORB, Ethan Rublee tarafından 2011'de ortaya konan nesnelere özelliklerini çıkarma ve tanımlama için kullanılan bir hesaplama algoritmasıdır [10]. ORB, FAST anahtar nokta algılayıcısı ve BRIEF tanımlayıcısını kullanmaktadır. Hem FAST anahtar noktası algılayıcı hem de BRIEF tanımlayıcı daha iyi performans ve düşük maliyete sahip oldukları için oldukça

kullanışlıdır [14]. Herhangi bir donanım gereksinimi olmadan hız üstünlüğünden dolayı ortamda hareketli nesnelere algılamak içinde kullanışlıdır [15, 16]. Birçok nesne tanıma metodu yerel özellik çıkarma ve eşleştirme işleminde gerekli olan ağır iş yükü nedeniyle hesaplama açısından kullanımı zordur. ORB, bilgisayarla görme uygulamalar için yüksek performans ve düşük karmaşıklık gerektiren bir çözüm sunmaktadır [14]. Ayrıca ORB algoritması görüntü üzerindeki gürültüye karşıda dayanıklıdır [17]. ORB birçok endüstri uygulamasında kullanılmaktadır. YEH ve arkadaşları insansız hava aracı (İHA) görüntülerinden nesne tespiti için diğer metotlara göre daha hızlı ve doğru sonuçlar ürettiği için ORB yöntemini kullanmışlardır [18]. Bir başka uygulamada bitkilerin tanımlanmasını ve sınıflandırmasını için yüksek doğruluk oranı ve mobil (Android işletim sistemi) uygulamalarda gerçek zamanlı ölçüm başarısından dolayı ORB algoritması tercih edilmiştir [19]. Kolomenkin ve arkadaşları kamera ile çekilmiş bir görüntüdeki yıldızları yıldız kataloğundaki yıldızlarla eşleştirmek için ORB yöntemini kullanmışlardır [20].

Çalışmanın yazılım bölümü Python programlama dilinde hazırlanmış olup ve OpenCV kütüphanesinden faydalanılmıştır. Oy pusulalarındaki oyların sayımı işlemini gerçekleştirmek için görüntü eşleştirme aşamasında görüntü işleme yöntemlerinden ORB metodu ve Brute-Force Matching algoritması kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucu %100 başarı ile oy tespiti ve sayımı gerçekleşmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışma donanım ve yazılım olmak üzere iki temel sistemden oluşmaktadır. Donanım bölümünde görüntünün alınmasını, aktarılması sağlayan aynı zamanda yazılımın yüklü olduğu elektronik devre bulunmaktadır. Yazılım aşamasında ise alınan görüntüler işlenmekte ve görüntülerde bulunan öznelik eşleştirilmesi yapılmaktadır.

2.1. Donanımsal sistem

Sistemin donanımsal çalışma mekanizması kamera ve Raspberry Pi 3'ten oluşmaktadır. Sistemde kullanılan kamerayla oy pusulasının belirlenen standartlarda görüntüsünü alınmaktadır. Kamera Raspberry Pi 3 ile uyumlu ve yüksek çözünürlüğe (1920x1080) sahiptir.

Raspberry Pi 3, çalışmada görüntünün işlenmesi ve yazılım işlemlerin gerçekleştirilmesi için kullanılmaktadır. Python programlama dili ile programlama ve PIN kontrolleri gerçekleştirilmektedir. Yazılımda görüntü işleme teknikleri için güçlü komutlarından dolayı OpenCV kütüphanesinden faydalanılmaktadır.

2.2. Yazılımsal sistem

Bu çalışmada önemli noktaların tespit edilmesinde ORB (Yönlendirilmiş FAST ve Döndürülmüş) metodu kullanılmaktadır. Tespit edilen önemli noktaların karşılaştırılmasında ise Brute-Force Eşleştirmesi (BF Matching) yönteminden faydalanılmıştır.

2.2.1. Yönlendirilmiş FAST ve Döndürülmüş BRIEF (Oriented FAST and Rotated BRIEF -ORB)

Yönlendirilmiş FAST ve döndürülmüş BRIEF (ORB), Ethan Rublee ve arkadaşları tarafından 2011 yılında geliştirilmiştir. Öznelik çıkarmada hızlı ve etkili olan ORB, gelişmiş performans göstermesi için bazı değişiklikler yapılan FAST anahtar nokta algılayıcı ve BRIEF anahtar nokta tanımlayıcı birleşiminden oluşmaktadır. FAST algoritmasına yönlendirme özelliği ve BRIEF algoritmasına ise döndürme özelliği eklenmesi yapılan en önemli ayarlamalardandır.

Görüntülerde, öznelikler (anahtar nokta) olarak adlandırılan belirgin ve ayırt edici olan yerler bulunmaktadır. Bu yerlerin piksel değerlerinde ani ve keskin değişim meydana gelmektedir. Bir nesnenin köşe noktaları buna örnek olarak verilebilir.

ORB algoritmasında görüntüde ilk olarak piramit yöntemi uygulanmaktadır. Piramit yöntemi sayesinde görüntünün farklı ölçekleri elde edilmektedir. Ölçeklenen görüntülere FAST algoritması uygulanarak görüntülerdeki anahtar noktalar tespit edilmektedir. Bulunan anahtar noktalara Harris köşe bulma algoritması uygulanmakta ve böylece anahtar noktalar sıralanmaktadır. Bunlardan en belirgin öznelikleri temsil eden N tane anahtar nokta seçilmektedir.

Seçilen anahtar noktalara, yoğunluk (parlaklık) ağırlık merkezi algoritması uygulanmakta; böylece anahtar noktaların dönmeden etkilenmesinin önüne geçilmektedir. Dönmeden bağımsız olması için görüntüden çeşitli parçalar alınmakta ve bu parçalarda yer alan anahtar noktaların momentleri bulunmaktadır. Bu işlem Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x, y) \quad 1$$

Eşitlik 1'de x ve y parametreleri piksel koordinatları için, I(x, y) ise görüntünün (x, y) koordinatındaki piksel değerini göstermek için kullanılmıştır. Eşitlikte p kuvveti x değerini ve q kuvveti ise y değerini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Kütlelerin merkezini bulmak için Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$C = \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \quad 2$$

Eşitlikte m_{10} x yönündeki yoğunluk (parlaklık) değeri, m_{01} y yönündeki yoğunluk değeri ve m_{00} ise toplam yoğunluk değeri için kullanılmaktadır.

Köşe noktasından kütle merkezine bir vektör oluşturulmaktadır. Oluşturulan vektörün yönü ise Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\theta = \text{atan2}(m_{01}/m_{10}) \quad 3$$

Eşitlikte θ vektör yönünün (yönlendirme açısının) hesaplanması için arctanjant2 (atan2) işlemi uygulanmaktadır. Atan2 hesaplamasında açının bulunduğu bölge de işleme dahil edilmektedir.

Eşitlik 1, 2 ve 3'ün kullanılması ile parçadaki anahtar noktaların dönmeden etkilenmemesi sağlanmıştır. θ değeri hesaplandıktan sonra döndürülen parçada bulunan tanımlayıcılar hesaplanmaktadır. Bu işlem için anahtar nokta tanımlayıcısı olan BRIEF algoritması kullanılmaktadır.

BRIEF algoritması kullanılarak anahtar noktaların tanımlayıcıları hesaplanmaktadır. Bundan dolayı BRIEF algoritması, anahtar noktaları tespit etmeye yarayan FAST gibi algoritmalar ile kullanılması gerekmektedir.

BRIEF algoritmasında SxS boyutlarında görüntüden bir parça almaktadır. Alınan parçaya filtreleme uygulanarak parçadaki piksellerin yumuşatılması sağlanır. Yumuşatılan piksel değerleri birbiriyle karşılaştırılmaktadır. Daha sonra binary test τ gerçekleştirilir. Bu işlem Eşitlik 4'te gösterilmiştir.

$$\tau(p; x, y) = \begin{cases} 1 & : p(x) < p(y) \\ 0 & : p(x) \geq p(y) \end{cases} \quad 4$$

Eşitlikte parça p, parçanın x noktasındaki yoğunluğu $p(x)$, parçanın y noktasındaki yoğunluğu $p(y)$ ve binary test ise τ ile ifade edilmiştir. Eşitlikte x noktasının parlaklığı, y noktasının parlaklığından az ise binary test sonucu 1, diğer durumlarda ise binary test sonucu olarak 0 kabul edilir.

Özellik (öznitelik) f, n adet binary testten oluşan bir vektör olarak tanımlanmaktadır. Öznitelik vektörünün bulunması için Gauss dağılımı yöntemi parçanın merkezi etrafında uygulanmaktadır ve Eşitlik 5'te gösterilmiştir.

$$f_n(p) = \sum_{1 \leq i \leq n} 2^{i-1} \tau(p; x_i, y_i) \quad 5$$

Vektör uzunluğu olarak $n = 256$ seçilmiştir. Eşitlik 4 ve 5'in kullanılmasıyla binary test yapılarak öznitelik vektörü bulunmaktadır.

BRIEF algoritması, döndürme düzleminden bağımsız olması yani etkilenmemesi istenmektedir. Çünkü BRIEF algoritmasında birkaç dereceden fazla döndürme gerçekleşirse, algoritma iyi sonuç vermeyecektir. Bunu önlemek için anahtar nokta yönlendirmesine göre BRIEF algoritmasının da yönlendirilmesi gerekmektedir.

(x_i, y_i) noktalarında yer alan herhangi bir öznitelik vektöründeki binary test için, $2 \times n$ matrisi tanımlanmaktadır. Tanımlanan matris, Eşitlik 6'da gösterilmiştir.

$$S = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_i \\ y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_i \end{pmatrix} \quad 6$$

Eşitlik 7'de parça yönlendirme açısı θ kullanılarak döndürme matrisi olan R_θ 'nin bulunması gösterilmiştir.

$$R_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad 7$$

R_θ döndürme matrisi ve S binary test matrisi kullanılarak S_θ yönlendirme matrisi Eşitlik 8'de gösterildiği gibi bulunur.

$$S_\theta = R_\theta S \quad 8$$

Yönlendirme açısı θ değişmediği sürece anahtar nokta tanımlayıcı hesaplanmasında S_θ matrisi kullanılmaktadır. Bu sayede görüntüde bulunan öznitelik tanımlayıcıları elde edilmektedir. Bu tanımlayıcılar, BF eşleştirme metodunda kullanılarak eşleşen anahtar noktalar tespit edilmektedir.

2.2.2. Brute-Force Eşleştirmesi (BF Matching)

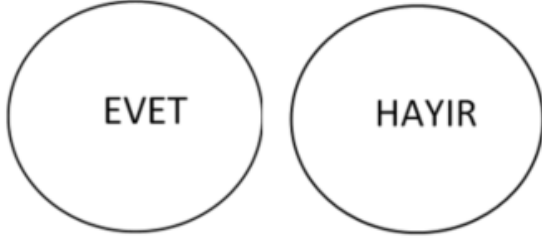
Brute-Force Eşleştirmesi (BF Matching) iki görüntüde bulunan tanımlayıcı temel verileri kullanarak eşleştirmeyi gerçekleştirmektedir. Eşleştirme uygulamasından önce, bir dizi segment ve etiketli değer elde edilmelidir [21]. Birinci görüntüden gelen tanımlayıcı noktalar ile ikinci görüntüden gelen tanımlayıcı noktalar işleme alınır. Bu tanımlayıcı noktalar arasındaki istenilen uzaklık ayarlanarak hesaplama yapılmakta ve böylece tanımlayıcı noktaların eşleştirilmesi gerçekleştirilmektedir.

Bu tekniğin gücü, yeterince veri verildiğinde yüksek olasılıkla en yakın komşuları alma yeteneğinin olmasıdır [10]. Bu algoritmayı ayarlamak için gereken parametrelerin diğer algoritmalara göre daha az olması nedeniyle çeşitli avantajlara sahiptir. Bir kümeleme algoritmasına ve bunların parametrelerinin seçilmesine ihtiyaç yoktur ve yine çok az parametre ile eşleştirme yapılabilir [22]. Kaba kuvvet eşleşmesi, genellikle sadece en yakın komşuları veren çok daha

verimli yaklaşımların aksine, bir sorgu için en yakın komşuyu bulmayı da garanti etmektedir [23].

3. Uygulama

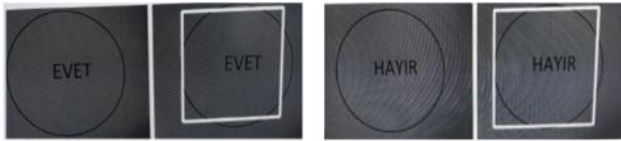
Sistemde iki çeşit oy tespiti yapabilmektedir: Birincisi evet ve hayır oylarının tespiti; diğeri oyun kime verildiğinin tespit edilmesi ve sayımının yapılmasıdır. Birinci kısım için sistemde kayıtlı olarak bulunan 'EVET' ve 'HAYIR' oyları mevcuttur. Evet ve hayır oyları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sistemde kayıtlı evet ve hayır oyları

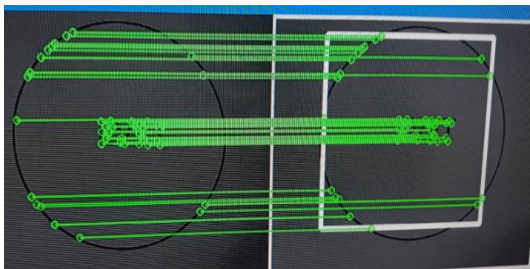
Oy pusulası kameranın önüne geldiğinde görüntü alma işlemi gerçekleşmektedir. Sistem kameranın yakaladığı görüntü ile sistemde kayıtlı görüntüleri karşılaştırmaktadır. Karşılaştırma yapmak için tüm görüntülerin tanımlayıcı noktaları tespit edilmektedir. Çekilen görüntünün, kayıtlı görüntülerden hangisi ile eşleşen nokta sayısı fazla ise sistem eşleşmeyi o görüntüye atmakta ve sayısını bir arttırmaktadır.

Şekil 2'de evet ve hayır oylarının sistemde kayıtlı oylar ile eşleşen noktalarının çizilmiş sınırları görülmektedir.

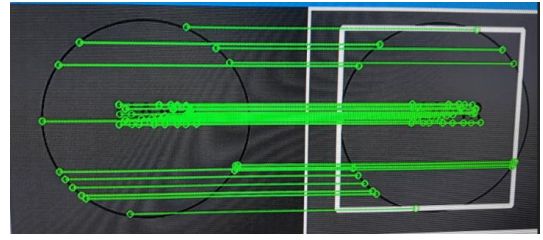


Şekil 2. Evet ve hayır oy sınırlarının belirlenmesi

Şekil 3'te sistemden kayıtlı evet oyu ile görüntüsü alınan evet oyunun karşılaştırılması ve eşleşen 73 noktası görülmektedir Şekil 4'te sistemden kayıtlı hayır oyu ile görüntüsü alınan hayır oyunun karşılaştırılması ve eşleşen 73 noktası gösterilmiştir.

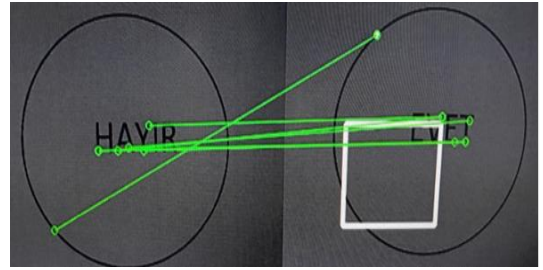


Şekil 3. Evet oylarının eşleşen tanımlayıcı noktaları



Şekil 4. Hayır oylarının eşleşen tanımlayıcı noktaları

Evet ile hayır oylarının eşleşen tanımlayıcı noktaları Şekil 5'te gösterilmiştir. İki görüntü arasında 7 eşleşme noktası bulunmaktadır. Temel eşleşen nokta sayısının az olmasından dolayı görüntülerin sınıflandırılması konusunda sorun teşkil etmemektedir.



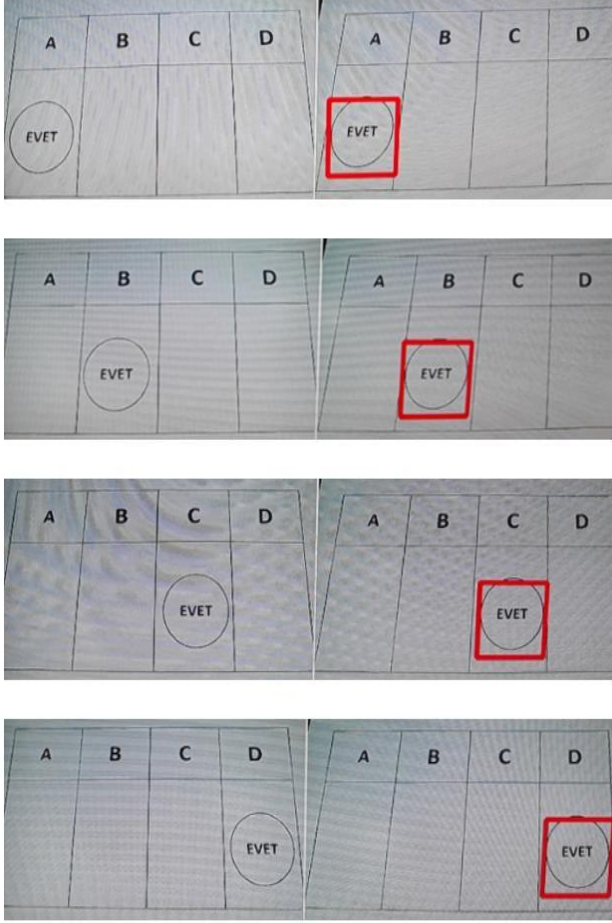
Şekil 5. Evet ile hayır oyu arasında eşleşen tanımlayıcı noktalar

Şekil 6'daki görüntüler ile sistemde kayıtlı olan görüntüler farklı yönlerde olsa bile oy tespitini etkilememektedir ve başarı ile sınıflandırma yapılmaktadır.



Şekil 6. Farklı boyut ve yönlerde oy pusula görüntüleri

İkinci aşamada ise sistemde kayıtlı evet ve hayır oyları kullanılarak oyun kime verildiğinin tespiti ve sayımını yapılmaktadır. Bu kısımda oyun kime verildiği oyun yatay yani x-eksenindeki konumundan faydalanılarak tespit edilmektedir. Şekil 7'de oyların tespiti görülmektedir.



Şekil 7. Oyların kime verildiğinin tespiti

Çalışmada yapılan testlerde %100 başarı oranı ile oylar tespit edilmiştir. Evet/Hayır oyları yatay eksenindeki konumundan faydalanılarak tespit edildiği için oy kağıdının yönü farklı konulduğunda ya da kağıt belli bir miktar kaydırıldığında hatalı tahmin etmektedir. Bu yüzden alınan görüntünün belli bir standartta olması analizlerin doğru yapılabilmesi için önemlidir.

4. Sonuç

Çalışma iki temel aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında, geliştirilen sistem ile evet ve hayır oyları başarı ile tespit edilmiş ve sayımı gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise tespit edilen oyun kime verildiğinin tespiti yapılmıştır.

Çalışmada, görüntü işleme tekniklerinden ORB (Yönlendirilmiş FAST ve Döndürülmüş) metodu kullanılarak görüntü eşleştirme işlemi

gerçekleştirilmiştir. ORB metodu ile görüntüde bulunan tanımlayıcı noktaların tespit edilmesini sağlanmaktadır. Brute-Force Matching (BF Eşleştirme) algoritması kullanılarak tespit edilen tanımlayıcı noktalar arasında istenilen uzaklık bilgisi verilerek eşleşmenin yapılması sağlanmaktadır. Eşleşme sayısından faydalanılarak oylar tespit edilmekte ve sayımı gerçekleştirilmektedir.

Yapılan testlerde sistem %100 başarılı ile oy tespitini ve oyun kime verdiğinin tespitini yapabilmektedir. Sistemde bazı eksiklerde bulunmaktadır. Oyun yönü değişirse veya oy kağıdı kaydırılırsa, oyun tespiti ve sayımında güçleşmektedir. Bunu düzeltmek için, bu sistemde mevcut olan üst kısımdaki harflerin yerine kelime kullanarak ya da şekiller kullanarak, bu değişkenleri ORB temel nokta eşleşmesi ile tespit edilebilecek ve konumlarına ulaşılabilir.

Geliştirilen bu sistem uzun zaman alan ve tartışmalara neden olan oy sayım işlemlerinden kullanılabilir. Böylece oy sayımları hızlı, güvenilir ve doğru olarak yapılabilir.

Kaynaklar

- [1] Smith, E.H.B., Lopresti, D., Nagy, G. Ballot mark detection. *19th International Conference on Pattern Recognition*, Florida, United State, 8-11 December 2008.
- [2] Smith, E.H.B., Goyal, S., Scott, R., Lopresti, D. Evaluation of voting with form dropout techniques for ballot vote counting. *International Conference on Document Analysis and Recognition*, Beijing, China, 18-21 September 2011.
- [3] Nagy, G., Lopresti, D., Smith, E.H.B., Wu, Z. Characterizing challenged Minnesota ballots. *Document Recognition and Retrieval XVIII*, California, United State, 23-27 January 2011.
- [4] Barney-Smith, E.H., Nagy, G., Lopresti, D. Mark detection from scanned ballots. *Document Recognition and Retrieval XVI*, California, United State, 20-22 January 2009.
- [5] Nagy, G., Clifford, B., Berg, A., Saunders, G., Lopresti, D., Smith, E.B. Camera-based ballot counter. *10th International Conference on Document Analysis and Recognition*, Barcelona, Spain, 26-29 July 2009.
- [6] Wang, K., Rescorla, E., Shacham, H., Belongie, S.J. OpenScan: A Fully Transparent Optical Scan Voting System. *EVT/WOTE*, 10, 1-13, 2010.
- [7] Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., Fua, P. Brief: Binary robust independent elementary features. *European conference on computer vision*, 778-792, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [8] Zhang, H.Z., Lu, Y.F., Kang, T.K., Lim, M.T. B-HMAX: A fast binary biologically inspired model for object recognition. *Neurocomputing*, 218, 242-250, 2016.

- [9] Lowe, D.G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International journal of computer vision*, 60(2), 91-110, 2004.
- [10] Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. *International conference on computer vision*, Barcelona, Spain, 6-13 November 2011.
- [11] Se, S., Lowe, D., Little, J. Mobile robot localization and mapping with uncertainty using scale-invariant visual landmarks. *The International Journal of Robotics Research*, 21(8), 735-758, 2002.
- [12] Snavely, N., Seitz, S.M., Szeliski, R. Skeletal sets for efficient structure from motion. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Anchorage, Alaska, 23-28 June 2008.
- [13] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Van Gool, L. Speeded-up robust features (SURF). *Computer vision and image understanding*, 110(3), 346-359, 2008.
- [14] Aglave, P., Kolkure, V.S. Implementation Of High Performance Feature Extraction Method Using Oriented Fast And Rotated Brief Algorithm. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(2), 394-397, 2015.
- [15] Xu, J., Chang, H.W., Yang, S., Wang, M. Fast feature-based video stabilization without accumulative global motion estimation. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 58(3), 993-999, 2012.
- [16] Qin, Y., Xu, H., Chen, H. Image feature points matching via improved ORB. *IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing*, Shanghai, China, 2014.
- [17] Wang, M., Niu, S., Yang X. A novel panoramic image stitching algorithm based on ORB. *International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, Sapporo, Japan, 2017.
- [18] Yeh C.C., Chang, Y.L., Hsu, P.H., Hsien, C.H. GPU Acceleration of UAV Image Splicing Using Oriented Fast and Rotated Brief Combined with PCA. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Valencia, Spain, 22-27 July 2018.
- [19] Awaludin, M., Yasin, V. Application of Oriented Fast and Rotated Brief (ORB) and Brute force Hamming in Library Open CV for Classification of Plants. *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research*, 4(3), 51-59, 2020.
- [20] Kolomenkin, M., Pollak, S., Shimshoni, I., Lindenbaum, M. Geometric voting algorithm for star trackers. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 44(2), 441-456, 2008.
- [21] Antony, N., Devassy, B.R. Copy Move Image Forgery Detection Using Adaptive Over-Segmentation and Brute-Force Matching. *Image*, 5(4), 2018.
- [22] Khan, N., McCane, B., Mills, S. Better than SIFT. *Machine Vision and Applications*, 26(6), 819-836, 2015.
- [23] Muja, M., Lowe, D.G. Scalable nearest neighbor algorithms for high dimensional data. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 36(11), 2227-2240, 2014.