
	<b>SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ</b> <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	<b>e-ISSN: 2147-835X</b> <b>Dergi sayfası: <a href="http://dergipark.gov.tr/saufenbilder">http://dergipark.gov.tr/saufenbilder</a></b>		
	<u>Gelis/Received</u> 08-05-2017 <u>Kabul/Accepted</u> 01-02-2018	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.310954	

## Hareketli hedef takip sisteminde genelleştirilmiş Hough dönüşümü (GHT) ve normalleştirilmiş çapraz ilinti (NCC) yöntemlerini ardışıl kullanarak eşleşme doğruluğunun artırılması

Mustafa Yağimli<sup>\*1</sup>, Hayriye Korkmaz<sup>2</sup>, M. Oğuzhan Ün<sup>3</sup>

### ÖZ

Bu çalışmada; hedefin daha iyi tahmin edilmesinde, hedefin ve şablon piksellerinin yoğunlukları arasında ilinti puanı hesaplanmıştır. Görünüm değişikliklerini ele almak için yapılan işlemde, hedefin şablonları 12 değişik görünüşten alınmıştır. Resmin merkez noktası ile sınırlayıcı kutunun merkez noktası arasındaki mesafe hesaplanmış ve bir hata sinyali olarak dönüştürülmüştür. Hata sinyalini kullanarak servo motorlar hedefin merkezleştirilmesi için kameranın görüş açısını değiştirmeye yönlendirilmiştir. Böylece hedef, değişen bir geçmişe sahip gerçek zamanlı olarak tanınmış ve izlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** görüntü işleme, kenar algılama, genelleştirilmiş Hough dönüşümü, normalleştirilmiş çapraz ilinti

## Improving accuracy matching in a mobile target tracking system by using consecutively generalized Hough transform (GHT) and normalized cross correlation (NCC) methods

### ABSTRACT

In this study; together with this to make a better estimation of the target, correlation score is also computed between the intensities of the target and the template pixels. In the application in order to handle the appearance changes, the templates of the target are taken from 12 different appearances. The matches taking a score over defined level are considered as real matches and bounded by a bounding box. Using the error signal, servomotors are controlled to change the point of view of the camera to centralize the target. In this way the target recognized and tracked near real time with a changing background.

**Keywords:** image processing, edge detection, generalized Hough transform, normalized cross correlation

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

<sup>1</sup> Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

<sup>2</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

<sup>3</sup> Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri ve Müh. Enstitüsü, Elektronik Sistemler Müh. Yüksek Lisans Programı

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hedef takip algoritmaları çok çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu amaçların başında güvenlik maksatlı gözetleme faaliyetleri, otomasyon üretim sistemleri, kara, deniz, hava araçlarının görüş sistemleri, harita çıkarımı yapan robot görüş sistemleri veya hedef takibi yapan robot görüş sistemleri gibi sistemler yer alır. Bunun yanında bazı hedef takip sistemlerinde insan yüzü hedef olarak alınırken bazı sistemlerde insan hareketi veya herhangi bir aracın takibi ya da akla gelebilecek herhangi bir nesne hedef olarak alınabilmektedir. Fakat bütün takip sistemlerinde amaç hedef olarak alınan nesnenin bir video dizisi içinde imgeden imgeye yer değiştirmesini öngörmek veya tekrar konum bilgisini güncellemektir. Burada önemli olan takibin kesintisiz olarak devam edebilmesidir. Önceden öğrenme işlemi olmayan ve özellikle tahmin yöntemleri üzerine çalışan takip algoritmalarında hedefin bir defa belirlenen çerçeve dışına çıkması tamamen kaybı anlamına gelmektedir [1]. Ancak, önceden öğrenme işlemi içeren algoritmalar ise hedefin bir sonraki imgede bulunabilmesi için tüm imgeyi veya bir ilgi sahasını devamlı olarak imge işleme tekniğine bağlı olarak incelenmekte ve hedefi bulmaya çalışılmaktadır [2]. Bu da, ortaya konacak uygulama için, daha karmaşık işlemler, gerektirmekte ve sistemin, gerçek zamanlı işlem yapmasını, zorlamaktadır. Gerçek zamanlı işlemler, özellikle harita çıkarımı, güvenlik sistemleri, askeri maksatlar için, atış kontrol sistemleri veya mobil robotlar için, çatışmadan kaçınma gibi uygulamalarda, önem kazanmaktadır [3,4]. Diğer taraftan belirlenen hedefin kameraya yaklaştığında veya uzaklaştığında farklı ölçeklerde de tanınabiliyor olması takip algoritmasının güvenilirliğini ve sağlamlığını artırmaktadır [5,6]. Bir diğer önemli husus ise takip edilen nesnenin rotasyonu değişse veya bir başka nesne tarafından kısmen örtülmeye maruz kalsa bile, algoritma tarafından tespit edilebiliyor olmasıdır [7,8]. Ancak bahse konu özellikler birçok algoritmanın çalışma zamanını etkileyen ve normalden daha karmaşık imge işleme tekniklerini içermekte olduğundan bazı algoritmalar tarafından kullanılmamakta veya kısıtlı olarak kullanılmaktadır. Gerçek dünyada üç boyutlu ortamdaki alınan iki boyutlu görüntü ile çalışılması özellikle mobil robotlar tarafından yapılan yol bulma ve harita çizme gibi [9, 10] uygulamalarda çeşitli güçlükler meydana getirmektedir.

Problemin üstesinden gelebilmek için ise insan gözünde de olduğu gibi iki adet görüntüleme sistemi [11] yardımı ile veya [9]'da olduğu gibi bir takım belirleyici işaretler (landmark) kullanılarak nesnelerin derinliği ve konumlarının doğru bir şekilde algılanması sağlanmaktadır. Literatürde hedef takibi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde;

Chao ve ark., engellerden sakınan ve hedef nesneye belirli bir mesafe yaklaştığında hedef önünde duran iki kameralı (stereo vision) bir sistem geliştirilmiştir [11]. Bu sistemde hedef her açıdan aynı görüntüyü verecek nitelikte bir maket piramittir. Uygulamada hedef için ölçeklendirme mevcuttur. Uzak mesafeden hedefin tanınmasıyla mobil robot hedef yakınında belirli bir mesafede mevki alacak şekilde hareket eder. Hedef bulma algoritması hedefin renk bilgisinin imgede aranması ile bulunmaktadır. Diğer taraftan engeller kenar bulma algoritması ile belirlenir ve sağ ve solda iki kenar algılandığında orta nokta hesabı yapılarak engellerin arasından orta noktadan geçilmeye çalışılır. Lamberti ve ark., termal kamera videoları üzerinden arka plandan ayırt edilebilecek şekilde yüksek ışık şiddetine sahip hedefler şablon eşleştirme algoritmasına alınmıştır. Bu çalışmada şablon eşleştirme alanı olasılık tabanlı bir yöntemle daraltılmış ve normalden daha küçük bir ilgi sahası meydana getirilerek algoritmanın çalışma hızı artırılmıştır. Uygulamanın belirli bir oranda örtmeye cevap verilebildiği ifade edilmektedir [12]. Babenko ve ark., çoklu anlık öğrenim (Multiple Instance Learning) yolu ile sınıflandırılan ve önceden öğrenme yöntemine ihtiyaç duymayan bir takip yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde örtmeye cevap verme, rotasyon veya ölçekten bağımsızlık mevcuttur. Çalışmada sınıflandırma işlemine tabi tutulan hedeften anlık olarak nesne hareket ettikçe ve hedef çerçevesi güncellendikçe bir sınıflandırma grubu oluşturulur. Sınıflandırma sonunda şablon eşleştirme algoritması ile yeni şablonların konumu tespit edilir. Dolayısıyla sınıflandırma grubu da bu şekilde güncellenmektedir. Önceden öğrenmeye ihtiyaç duymayan bu yöntemin en büyük problemi diğer benzer uygulamalarda da olduğu gibi tamamen örtmeye maruz kalmanın ardından tekrar hedefin yakalanamamasıdır. Bunun yanında uygulama gerçek zamanlı sonuçlar vermektedir [13].

Bu çalışmada; hareket kabiliyetine sahip bir kamera düzeneği vasıtasıyla hareketli bir hedefin öncelikle tanınması ve sonra takip işlemi gerçekleştirilmiştir. Önceden öğrenme işleminin

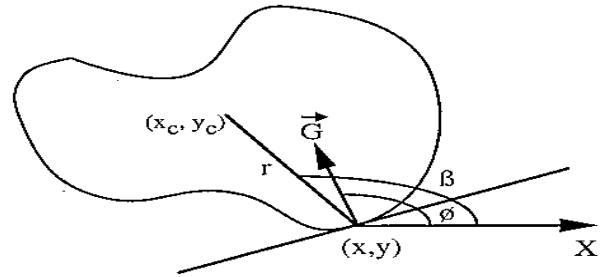
yapılabilmesi için hedef nesnelerin çeşitli açılardan fotoğrafları çekilerek hedefler hakkında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Geliştirilen yazılım tarafından istenen hedefin veri tabanındaki fotoğrafları kullanılan imge işleme algoritması sayesinde tanınmış ve gerçek zamana yakın imge dizilerinde aranması sağlanmıştır. Her bir imge karesinde tanınan hedefin bulunması sureti ile de takip işleminin devamlılığı sağlanmıştır. Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü ise yukarıda bahsedilen tüm özellikleri karşılayabilecek yapıda parametrik olmayan şekil tabanlı bir dönüşüm yöntemidir. Matematiksel hesaplamalar her ne kadar yoğun seviyede olsa bile günümüz işlemci hızları ile gerçek zamanlı çalışmalara müsaade edebilmektedir. Ancak yine de sadece şekil tabanlı bir çalışma olması ve ölçek, rotasyon ve örtme gibi özelliklerin de kullanılması ile zaman zaman yanlış sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu nedenle şekil bilgisinin yanında renk bilgisinin de hedef eşleştirme işlemine dâhil edilerek eşleştirmelerin doğruluğunun artırılması gerekmektedir. Bu maksatla şablon ile hedef olduğu düşünülen eğri alanı arasında bir normalize çapraz ilinti hesabı yapılmış, nihai olarak eşleşmelerin doğruluğuna böylelikle daha sağlıklı olarak karar verilebilmiştir.

### 1.1. Analitik Olmayan Şekiller İçin Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü (Generalized Hough Transform for Arbitrary Shape)

Analitik olmayan şekillerin tanınmasında kullanılan Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü hedef nesne için konumdan bağımsız parametrik olmayan bir dönüşüm şeklidir. Dönüşüm, kenar bulma işlemi neticesinde hedef nesne üzerinde bulunan her bir kenar noktasındaki gradyen, kenar noktanın nesne için belirlenen referans noktaya uzaklığı ve bu iki nokta arasındaki doğru ile yatay eksen arasındaki açı hesap edilerek yapılmaktadır.

İlk olarak dönüşümün yapılacağı şablon üzerinde kenar bulma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla değişik algoritmalar kullanılabilir. Canny kenar operatörü [14], diferansiyel operatörler (örneğin Sobel, Prewitt ve Roberts Operatörü), zero crossing operatörü, Marr/Hildreth operatörü [15], Haralick operatörü gibi operatörler kenar bulma operatörlerine örneklerdir. Kenar bulma işleminin ardından bulunan her bir kenarın gradyeninin x eksenine yaptığı  $\Phi$  açısına, kenar noktasının referans nokta ile arasındaki r uzaklığı ve r doğrusunun x eksenine yaptığı  $\beta$  açısı aynı satırda yer alacak şekilde ilintilendirilerek R

tablosu oluşturulur [16].  $r, \beta, \Phi$  parametreleri Şekil 1'de, R tablosu ise Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Şekil üzerindeki tüm noktalarda bu ilintilendirme işlemi yapıldığında hedef nesnenin o anki ölçek ve rotasyonu için R tablosu oluşturulmuştur. Farklı ölçek ve rotasyonlarda da hedefin tanınabilmesi için hedef şablonun istenen aralıkta ölçeklenmesi ve döndürülmesinin ardından tekrar R tablosunun oluşturulması gerekmektedir. Burada daha geniş bir ölçekleme aralığı ve daha doğru sonuçlar verebilecek ölçeklemeler için daha yüksek çözünürlükte şablonların kullanılması gerekmektedir. Ancak yüksek çözünürlüklü imgelerin işlenmesi daha fazla işlem hacmine sebep olduğundan bazı uygulamalarda zaman etkin sonuçlar elde edilemeyebilir. Dolayısıyla ölçek, çözünürlük ve zaman etkinliği arasında en uygun seçimler yapılmalıdır.



Şekil 1. GHT parametreleri (Parameters of GHT) [17]

Tablo 1. R tablosu (Tables of R)

$\phi_1=0$	$(r, \beta)_{1_1}$	$(r, \beta)_{1_2}$	...	$(r, \beta)_{1_n}$
...	...	...	...	...
$\phi_j$	$(r, \beta)_{j_1}$	$(r, \beta)_{j_2}$	...	$(r, \beta)_{j_n}$
...	...	...	...	...
$\phi_k=\pi$	$(r, \beta)_{k_1}$	$(r, \beta)_{k_2}$	...	$(r, \beta)_{k_n}$

Hedef nesnenin imge içinde bulunması ise hedef tanıma işleminde olduğu gibi yine kenar bulma işlemi ile başlar. Ancak bundan sonraki adımlar tanıma işleminde izlenen basamaklar tersten kat edilerek gerçekleştirilir. Aranılan imgede bulunan kenarların gradyeninin yatay eksen ile yaptığı açı ( $\Phi$ ) R tablosuna girilir ve buradan muhtemel r ve  $\beta$ 'lar bulunur. Bulunan değerler, eşitlik (1) ve (2)'de yerine konularak tespit edilen eğrilere bağlı olarak bir referans noktaya ulaşılır. İmgede bulunan kenarların tümüne bu işlem uygulanırken referans noktalar bir akümülatör vasıtasıyla sayılır

ve neticede ne kadar yüksek bir sayıya ulaşıldı ise o oranda hedef nesne eğrilerine yakın eğriler bulunmuş olur. Dolayısıyla akümülatör çıktılarına bağlı olarak en yüksek değere sahip referans nokta aranan nesnenin var olduğu değerlendirilen konumdur.

$$xc = x - r \cos(\beta) \quad (1)$$

$$yc = y - r \sin(\beta) \quad (2)$$

## 1.2. Normalize Çapraz İlinti (Normalized Cross Correlation)

Normalize çapraz ilinti iki farklı imgenin veya sinyalin birbiri ile benzerliğini ya da farklılığını ölçmeye yarayan bir hesaplama tekniğidir. Çapraz ilintiden farklı olarak normalize çapraz ilinti aydınlatma değişimlerinden etkilenmemektedir. Eşitlik (3)'te de görülebileceği gibi hücre değerlerinin ortalamadan farkı alınarak aydınlatma değişimlerinin benzerlik oranını etkilemesine izin verilmemiştir. Çünkü aydınlatma değerleri değişse bile hücre değerlerinin ortalama hücre değeri ile arasındaki fark değişmemektedir. Ayrıca normalize çapraz ilinti katsayısının -1.0 ve 1.0 aralığında değer alması da karşılaştırılan imgelerin benzerliğinin kolayca anlaşılmasını sağlamaktadır. Burada 1.0 katsayısı ile iki imgenin tamamen uyduğu, -1.0 katsayısı ile de bir imgenin diğerinin tersi olduğu anlaşılmaktadır [18].

$t(x,y)$  şablonunun  $f(x,y)$  imgesi ile normalize çapraz ilintisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$NCC = \frac{1}{n} \sum_{x,y} \left( \frac{(f(x,y) - \bar{f}) - (t(x,y) - \bar{t})}{\sigma_f \sigma_t} \right) \quad (3)$$

Burada  $n$ ,  $t(x,y)$  ve  $f(x,y)$  deki hücre sayısı,  $\bar{f}$ ,  $\bar{t}$ 'in ortalama değeri ve  $\sigma_f$ ,  $\sigma_t$ 'in standart sapmasıdır [19].

Normalize çapraz ilinti eşitliği ile Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü vasıtasıyla tespit edilen eşleşme alanlarının şablonlara olan benzerliği hesaplanmaktadır. Şekil olarak belirlenen benzerlik oranını aşan eşleşmeler eğer hesap edilen normalize çapraz ilinti oranını da aşarlarsa ancak bir hedef olarak kabul edilirler. Bu sayede şekil benzerliğinden doğan yanlış eşleşmeler engellenmiş olmaktadır.

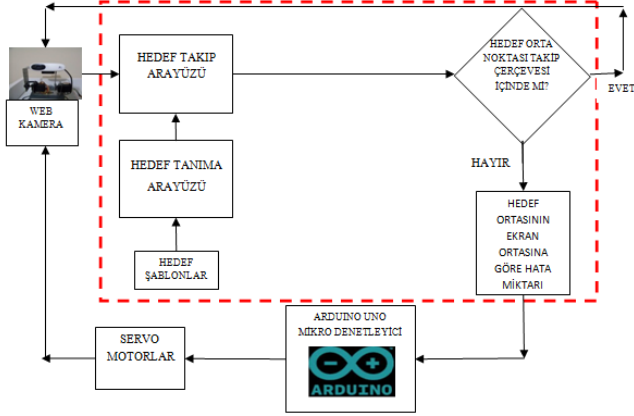
## 2. LABVIEW TABANLI HEDEF TANIMA (LABVIEW BASE TARGET RECOGNITION)

Web kamera vasıtasıyla çekilen hedef fotoğrafları 24 bit RGB formatındadır. Kenar tabanlı geometrik eşleştirme nesnelere sadece 8 bitlik gri skala imgeyi işleyebilmesi nedeniyle 24 bit formatında çekilen hedef fotoğraflarının 8 bit formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun yanında şablonlar oluşturulurken ortamdaki aydınlatmanın veya güneş ışığının nereden geldiğine de dikkat edilmelidir. Işığın geliş açısına bağlı olarak hedef nesnenin bulunduğu platformda gölge veya yansıma oluşmasına izin verilmemelidir. Çünkü gölge ve yansıma hedef şablonlarının kenar bulma işlemi sonucunda gerçekte olduğundan daha farklı eğrilerle ifade edilmesine sebep olmaktadır. Oluşturulan hedef şablonlar tanıma safhasında öncelikle kenar bulma işlemine tabi tutulur. Bir hücrenin kenar olarak algılanabilmesi için;

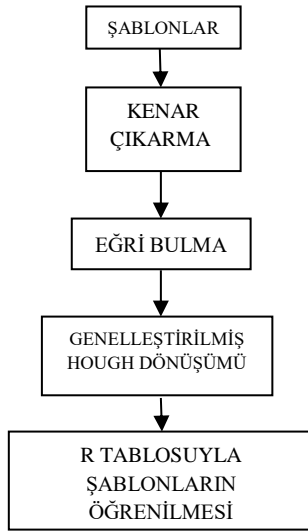
$$\sqrt{(P_{(i-1,j)} - P_{(i+1,j)})^2 + (P_{(i,j-1)} - P_{(i,j+1)})^2} \quad (4)$$

formülü ile ifade edilen eşik değerinin üstünde değer alması gerekmektedir. Eşik aralığı 0 ile 360 arasında bir değer alabilmektedir [20]. Eğer eşitliğin sonucu bir eşik değerinin üstünde ise işlemin yapıldığı hücre bir kenar noktası teşkil etmektedir. Kenar bulma işleminde tüm hücrelerin baştan sona ele alınması gerekmemektedir.  $x$  ve  $y$  ekseninde aşırı sayıda olmayan hücre atlamaları eğrilerin genel bir halini ortaya çıkarmak için yeterlidir. Bundan sonra eğrilerin oluşturulması için noktaların gradyeni ve en yakın hücre bilgisi gibi parametreler etkindir. Son olarak bulunan eğrilerden GHT dönüşümü vasıtasıyla R tablosunun oluşturulması, hedef şablonların konumdan bağımsız ve parametrik olmayan bir şekilde ifade edilmesini sağlamaktadır. Hedef tanıma ve takip sistemi Şekil 2'de, hedef tanıma akış diyagramı ise Şekil 3'te sunulmuştur.

M.Ya. rımlı ve di . /Hareketli hedef takip sisteminde genelle tirilmi Hough dön ümü (GHT) ve normalle tirilmi çapraz ilinti (NCC) yöntemlerini ardı il kullanarak e le me do rulu unun artırılması



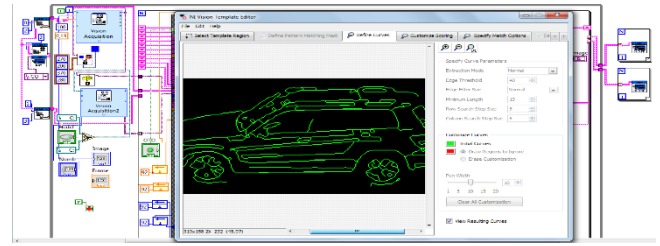
Şekil 2. Hedef tanıma ve takip sistemi (Target recognition and tracking system)



Şekil 3. Hedef tanıma akış diyagramı (Target recognition flow chart diagram)

Hedef şablonların öğrenilmesi işlemleri geometrik şablon öğrenme nesnelere tarafından gerçekleştirilmektedir. Learn Geometric Pattern2 nesnesinin nasıl bir öğrenme yöntemi izleyeceğini Setup Learn Geometric Pattern2 ve Advanced Setup Learn Geometric Pattern2 nesnelere belirlemektedir. Bu nesnelere ile yapılan parametre seçimlerinde kenar bulma işlemi için x ve y ekseninde atlanacak hücre sayısı, kenar bulma eşiği, kapalı veya açık eğrilerin hesap edilmesi, özellikle düşük çözünürlüklü görüntü sistemleri için althücre doğruluğunun kullanılması, ölçek, örtme ve rotasyon aralığı gibi değişkenler belirlenmektedir. Eşitlik (4)'teki parametrelerin kenar bulmaya olan etkisi Template Editör Programı vasıtasıyla görülebilmektedir. Bu sayede hangi parametrenin nesne üzerinde hangi eğrileri ortaya çıkardığı da fark edilebilir. Dolayısıyla doğru parametre seçimleri yaparak gerçekte var

olandan daha çok veya daha az eğri oluşumuna izin verilmeyebilir. Template editör programı arayüzü Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Template editör programı arayüzü (Template editor programme interface)

Geliştirilen sistemde program çalışırken farklı hedeflerin tanınıp takip edilmesi istendiğinde yeni hedefe ait şablonların olduğu adres bilgisinin programa gösterilmesiyle seçilen hedefin tanınması ve takip edilmesi de gerçekleştirilebilir. Ayrıca aranan hedefin duruş açısı biliniyorsa daha hızlı işlem zamanı elde etmek için daha az sayıda hedef şablonunun çağırılması da kullanıcının tercihine bırakılmıştır. Farklı açılardan oluşturulan hedef şablonları Şekil 5'te gösterilmektedir.



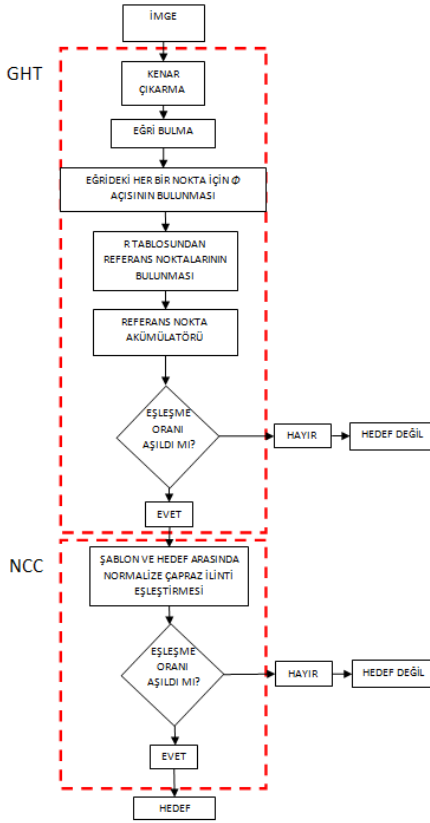
Şekil 5. Hedef şablonlar (Target templates)

### 3. HEDEF TANIMA (TARGET TRACKING)

Kameradan alınan ortam görüntüsü başlangıçta 24 bit RGB formatına sahip olduğundan hedef takip işlemi öncesinde 8 bit gri skala dönüşümü yapılarak geometrik şablon eşleştirme nesnelere için kullanılabilir hale getirilmelidir. Daha sonra hedef eğrilerinin aranacağı imge dizilerinde Şekil 6'da gösterilen Hedef Takip Akış Diyagramında belirtilen adımlar ile her bir imge karesinde bulunan eğrilerin hedef şablonlara olan benzerliği araştırılmaktadır. Hedef tanımda da kullanılan kenar bulma ve eğri çıkarma işleminin ardından bulunan eğriler üzerindeki her bir noktanın gradyeni ile R tablosundaki  $r$ ,  $\beta$  çiftleri elde edilir ve bu değerler ile referans noktaya ulaşılır. Bu arada referans nokta için akümülatörde bir sayı kaydedilir. Tüm noktalar için aynı işlem

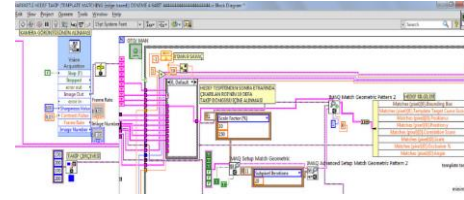


yapıldığında belirli bir referans nokta üzerinde kümelenme olacak ve akümülatörde kaydedilen sayı toplam nokta sayısına yakın bir değer olacaktır. Eğer akümülatörde kaydedilen sayıya bağlı olarak elde edilen eşleşme oranı belirlenen yüzdenin üstünde ise hedefin bulunmuş olabileceği değerlendirilir ve hedef konumunu oluşturan hücre bloğu ile hedef şablonu NCC algoritmasına alınır. Bu aşamada da istenen benzerlik oranı sağlanırsa hedefin konumu tespit edilmiş olacaktır.



Şekil 6. Hedef takip akış diyagramı (Target tracking flow chart)

İmge dizilerinin işleme tekniği Match Geometric Pattern2 nesnesinin öncesinde Setup Match Geometric Pattern2 nesnesi ve Advanced Setup Match Geometric Pattern2 nesnesi tarafından belirlenmektedir. Bu nesnelere ile yapılan parametre seçimlerinde korelasyon puanının hesaplanması, hedef imge için althücre doğruluğunun kullanılması, hedef konumunu daha kısa bir sürede bulmada kullanılan kabaca eşleştirme, arama zamanını etkinleştirmek için kullanılan arama stratejisi, althücre doğruluğunun hesaplanmasında kullanılan althücre iterasyon sayısı gibi değişkenler belirlenmektedir. Hedef Takip Blok Şeması ise Şekil 6'da, hedef takip nesnelere oluşturduğu blok diyagramı Şekil 7'de sunulmuştur.



Şekil 7. Hedef takip nesne blok diyagramı (Target tracking object block diagram)

#### 4. ROBOT KOL KONTROLÜ (ROBOT ARM CONTROL)

Robot kol kontrolü için iki mod tasarlanmıştır: otomatik ve manuel mod. Otomatik modda hedeften alınan konum bilgisi takip işleminin temelini oluşturmaktadır. Konum bilgisi hedefin orta noktasının koordinatları ile ifade edilir. Algoritma tarafından eşleşme araması neticesinde bulunan eğrilerin şekli, Genelleştirilmiş Hough Dönüşümünde üretilen R tabloları ile belirlenen oranda uyumlu ise ve istenen değerde korelasyon puanı elde edilmiş ise bahse konu eğrilerin bulunduğu alan bir sınırlayıcı çerçeve içine alınır. Hedef orta noktası bu çerçevenin geometrik ortasıdır. Orta nokta hücre bilgisi x ve y koordinatlarına ayrıldıktan sonra bu koordinatların 640x480 çözünürlükteki ekranın 320x240 orta noktasından farkı alınarak açı bilgisine dönüşümü yapılır. Fark açısı kullanılan kameranın görüş açısına istinaden hesap edilmektedir. Bu uygulamada kullanılan web kameranın yatayda görüş açısı 50 derece ve dikeyde 40 derece olarak hesaplanmıştır. Kamera yataydaki görüş açısını 640 hücre ile dikeydeki görüş açısını ise 480 hücre ile ifade etmektedir. Dolayısıyla bir derece içerisinde yatayda 12,8 hücre, dikeyde ise 12 hücre bulunmaktadır. Buradan hareketle hedefin konumuna bağlı olarak hata açısı tespit edilir ve servonun anlık açı değeri üzerine hata açısı eklenerek veya çıkarılarak Arduino Uno Mikro denetleyici kartına gönderilir. Ancak hedef, ekran ortasını merkeze alan 100 hücreye 80 hücre boyutlarındaki takip çerçevesi içinde ise hata sinyali üretilmemektedir. Aksi takdirde servonun aşırı hızlı hareketi ve algoritmanın en küçük açı değişimine dahi hassasiyet göstermesi robot kol hareketinin kararsızlaşmasına sebebiyet vermektedir. Bunun yanında hedefi daha uzun süre takip edebilmek ve algoritma hızını artırmak amacıyla doğru bir eşleşme olarak kabul edilen hedefin etrafında kenarlardan 50 hücre daha geniş olacak şekilde bir ilgi sahası oluşturulmuştur. Bu sayede hedefin bir kez bulunmasını müteakip tüm

şablonların tekrar bu ilgi sahasında aranmasına imkan tanınmıştır.

Robot kolun manuel kontrolü ise anlık olarak servo motorların konumunun Servo Read Angle nesnesi vasıtasıyla okunmasıyla başlamaktadır. Okunan değerde x ekseninde yapılacak bir düzeltme için klavyenin sağ sol tuşu ile y ekseninde yapılacak bir düzeltme için ise klavyenin yukarı aşağı tuşları ile her bir tuşa basma 3 derece artırma veya azaltma yönünde olacak şekilde “Servo Write Angle” nesnesi ile Arduino Uno Mikro denetleyici kartına gönderilmektedir. Devamlı olarak bahse konu tuşlara basılması ile servo motor istenen konuma hızlı bir şekilde getirilebilir.

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada LABVIEW Grafiksel Arayüz Programının 2011 sp1 sürümü kullanılarak Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü Normalize Çapraz İlinti hesabına bağlı şekil ve renk tabanlı bir hedef tanıma ve takip sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde hareketli bir kamera ile hareketli hedefler takip edilmiştir. Takip edilen hedeflerin çeşitli açılardan alınan görünümüleri şablon olarak kullanılmış ve bir saniye içerisinde kamera tarafından yakalanan imge dizileri arasında eşleşme aramasına tabi tutulmuştur. Bu sayede hedefin hareketi sonucu farklı açılardan alınan hedef görünümüleri ile de hedefin takibi sağlanmıştır. Şablonlar oluşturulurken yeterli detayın elde edilebilmesi maksadıyla kullanılan web kamerasından 50 cm mesafede fotoğraflar alınmıştır. Farklı mesafedeki hedeflerin de tanınabilmesi amacıyla 18cm x 7cm ebadındaki bir hedeften oluşturulan tek şablon için %20 oranına kadar ölçeklendirme yapılmış ve 300 cm’ye kadar hedefin tanınması başarılmıştır. Ayrıca ölçeklendirme değerinin hassasiyetini azaltmamak maksadıyla %50 örtme oranına kadar örtme oranı verilebilmekle birlikte sadece %10 örtme oranı kıstası ile aramalar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında farklı rotasyonlara cevap verebilecek bir algoritma oluşturmak amacıyla zemine konan hedef için  $\pm 8$  derecelik rotasyon aralığı verilmiş, bu şekilde kararlaştırılan parametre seçimlerinin programın gerçek zamana yakın bir şekilde çalışmasına müsaade ettiği gözlemlenmiştir. Eşleşme hücreleri ile şablonlar arasında ilinti hesabı yapılmasının sadece şekle dayalı olmayan ve gri skala renk değerlerine de bağlı bir eşleşme

denetlemesi imkânı sunduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu sayede daha güvenilir ve doğru bir hedefleme yapılmıştır. Ancak eşleşmelerin ölçeği düştükçe ilinti hesabı sonucunun da doğrusal bir şeklide düşmesi nedeniyle ölçeğe bağlı bir kontrol mekanizması kullanılmıştır.

Kamera çözünürlüğünün artırılması, Genelleştirilmiş Hough Dönüşümünün yoğun matematiksel işlemleri, rotasyon, ölçek ve alt hücre doğruluğunun kullanılmasının programın çalışma hızını yavaşlatan etkenler olduğu gözlemlenmiştir.

Menzil ve doğruluk açısından daha iyi sonuçlar elde etmek için iyi bir çözünürlük, daha hızlı görüntü işleme yapmak için ise iyi bir işlemci hızına sahip donanımın kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle daha üstün özellikli bir kamera ile daha hızlı bir ararım ve daha hızlı bir işlemci daha fazla sayıda şablonun aranmasına imkân tanıyabilir. Örneğin saniyede 30 imge yakalayabilen bir web kamera yerine 200 imge yakalayabilen bir kamera ve 60MB/sn. yerine 600MB/sn. veri aktarım hızına sahip bir ararım ve daha iyi bir işlemci kapasitesine sahip bir bilgisayar ile daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Bunun yanında özellikle askeri amaçlarla düşük ışık seviyeli uzaktan görüş sistemleri (LLTV) veya termal kameranın sisteme entegre edilmesinin ışık şartlarının iyi olmadığı durumlarda da etkin çalışma imkânı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

LABVIEW ile Arduino Uno mikro denetleyici kartının kullanımının basit ve iletişim hızının yeterli olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca Arduino Uno mikro denetleyici kartı üzerinden iki adet servo motorun rahatlıkla sürülebildiği görülmüştür. Ancak servo motorların aşırı hızlı çalışması nedeniyle sistemin kararsızlaştığı görülmüş, bu nedenle hem iki adımda hedef orta noktaya getirilmiş hem de orta nokta yakınında takip çerçevesi içinde servo motorlara kumanda verilmemiştir.

Sistemin özellikle hedefe doğru hareket eden bir platformda iken mevcut hali ile iyi sonuçlar vereceği değerlendirilmektedir. Ancak yaklaşan hedeflere karşı savunma amacıyla daha yüksek çözünürlük ve yetersiz aydınlatma durumlarında termal kamera ve LLTV gibi sistemler ile birlikte kullanılmasının etkinliğini artıracak değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Boris Babenko, M-H Yang, Serge Belongie, "Robust Object Tracking with Online Multiple Instance Learning", IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 33, No. 8, pp. 1619-1632, August 2011.
- [2] Yung-Chi Lo, Po-Yen Lee, and Shyi-Chyi Cheng, "Space-Time Template Matching For Human Action Detection Using Volume-Based Generalized Hough Transform", 18th IEEE International Conference on Image Processing, 2011.
- [3] Yonghui Hu, Wei Zhoo, Long Wang, "Vision-Based Target Tracking and Collision Avoidance for Two Autonomous Robotic Fish", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 56, No. 5, pp. 1401-1410, May 2009.
- [4] Jay Hyuk Choi, Wonsuk Lee, Hyochoong Bang, "Helicopter Guidance for Vision-based Tracking and Landing on a Moving Ground Target", 2011 11th International Conference on Control, Automation and Systems, Oct. 26-29, 2011 in KINTEX, Gyeonggi-do, Korea
- [5] Michael D. Breitenstein, "Robust Tracking-by-Detection using a Detector Confidence Particle Filter", 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision (ICCV).
- [6] Mustafa ÖZDEN and Ediz POLAT, "Mean-Shift ve Kernel Yoğunluk Tahmini Ile Görüntülerde Nesne Takibi", ASYU-INISTA 2004 Ak.İl. Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamalar Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi.
- [7] Alper Yılmaz, "Object Tracking by Asymmetric Kernel Mean Shift with Automatic Scale and Orientation Selection", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2007.
- [8] Alan J. Lipton, Hironobu Fujiyoski, Raju S. Patil, "Moving Target Classification and Tracking from Real-time Video", 0-8186-8606-5/98/, IEEE.
- [9] Stephen Se, "Vision-Based Global Localization and Mapping for Mobile Robots", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 21, No. 3, pp. 364-375, June 2005.
- [10] Christian Lundquist and Umut Orguner, "Extended Target Tracking Using Polynomials with Applications to Road-Map Estimation", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 59, No. 1, January 2011.
- [11] Chan-Hong Chao, Bo-Yan Hsueh, Ming-Ying Hsiao, Shun-Hung Tsai, and Tzoo-Hseng S. Li, "Fuzzy Target Tracking and Obstacle Avoidance of Mobile Robots with a Stereo Vision System", International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 11, No.3, pp. 183-191, September 2009.
- [12] Fabrizio Lamberti, Andrea Sanna and Gianluca Paravati, "Improving Robustness of Infrared Target Tracking Algorithms Based on Template Matching", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 47, No. 2, pp. 1467-1480, April 2011.
- [13] Boris Babenko, Ming-Hsuan Yang and Serge Belongie, "Robust Object Tracking with Online Multiple Instance Learning", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 33, No. 8, pp. 983-990, 2011.
- [14] John Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, No. 6, November 1986.
- [15] D. Marr ve E. Hildreth, "Theory of Edge Detection", Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, Vol. 207, No. 1167.(Feb. 29, 1980).
- [16] D. H. Ballard, "Generalizing The Hough Transform To Detect Arbitrary Shapes", Pattern Recognition, Vol. 11, No.2, 1981.
- [17] <http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/hough/node6.html>, Nisan 2013.
- [18] D. M. Tsai and C. T. Lin, "Fast Normalized Cross Correlation For Defect Detection", Pattern Recognition, Volume 24, No. 15, November 2003.
- [19] Wikipedia internet sitesi, <http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-correlation>, Nisan 2013.
- [20] Vision Concepts Dokümanı, National Instruments Corporation.