

Kızılberisi Yeğİnlik Sinyalleri Kullanılarak Hedeflerin Geometrik ve Yüzey Özelliklerinin Eşzamanlı Olarak Çıkarımı

Simultaneous Extraction of Geometry and Surface Properties of Targets using Infrared Intensity Signals

Tayfun Aytac ve Billur Barshan

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent Üniversitesi 06800, Bilkent, Ankara
{taytac, billur}@ee.bilkent.edu.tr

Özetçe

Düşük maliyetli kızılberisi algılayıcılardan elde edilen açısız yeğİnlik sinyallerini kullanarak iç mekanlarda sıkça karşılaşılan hedeflerin geometrik ve yüzey özelliklerini eşzamanlı olarak çıkaran bir yöntem ileri sürüyoruz. Yöntem deneysel olarak alüminyum, beyaz kumaş ve beyaz köpük ambalaj malzemesiyle kaplı düzlem, 90° köşe ve 90° kenar hedefleriyle doğrulanmıştır. Tüm hedefler için geometri ve yüzey için %80 ortalama doğru ayırtma oranı elde edilmiş ve hedefler sırasıyla 1,5 cm and 1,1° ortalama mutlak erim ve açısız konum hatalarıyla konumlandırılmışlardır. Aynı olarak ele alındığında, hedeflerin geometrileri ve yüzey tipleri %99 ve %81 oranlarıyla doğru ayırdedilmişlerdir. Bu sonuç, hedeflerin geometrik özelliklerinin yüzey özelliklerine göre daha baskın olduğunu ve yüzey tipinin sınırlayıcı etken olduğunu göstermektedir. Uygulanan yöntem, basit kızılberisi algılayıcıların, uygun sinyal işleme yöntemleri kullanıldığı takdirde, bilinen uygulamalarının ötesinde daha fazla bilgi çıkarımında kullanılabilceğini göstermektedir.

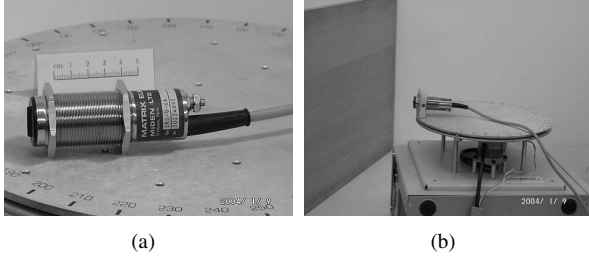
Abstract

We propose the use of angular intensity signals obtained with low-cost infrared sensors and present an algorithm to simultaneously extract the geometry and surface properties of commonly encountered targets in indoor environments. The method is verified experimentally with planes, 90° corners, and 90° edges covered with aluminum, white cloth, and Styrofoam packaging material. An average correct classification rate of 80% of both geometry and surface over all target types is achieved and targets are localized within absolute range and azimuth errors of 1.5 cm and 1.1°, respectively. Taken separately, the geometry and surface type of targets can be correctly classified with rates of 99% and 81%, respectively, indicating that the geometrical properties of the targets are more distinctive than their surface properties, and surface determination is the limiting factor. The method demonstrated shows that simple infrared sensors, when coupled with appropriate signal processing, can be used to extract substantially more information than such devices are commonly employed for.

1. Giriş

Hedef ayırtma ve konumlandırma, otonom işlemler için hedeflerin tanınmasının ve ayırdedilmesinin gerektiği akıllı sistemlerde oldukça önem taşır. Ayırtma, farklı malzemelerin ayırdedilmesinin gerektiği endüstriyel uygulamalarda da önemlidir. Bu çalışmada, ayırtma ve konumlandırma için bir alıcı ve vericiden oluşan basit bir kızılberisi algılayıcı sistemi kullanıyoruz. Bu algılayıcılar ucuz, erişimi ve kullanımı kolay aygıtlardır. Fakat, yeğİnlik sinyalleri yansıtıcı hedefin geometrisine ve yüzey özelliklerine bağlı olduğundan, basit yeğİnlik ölçümleri kullanılarak güvenilir erim kestiriminde bulunmak mümkün değildir. Aynı zamanda, hedeflerin özellikleri, hedefin erimi ve açısız konumu bilinmeden basit yeğİnlik ölçümlerinden çıkarılamamaktadır. Bu bildiride, hedeflerin geometrik ve yüzey özelliklerini, açısız yeğİnlik taramalarını kullanarak eşzamanlı ve konumdan bağımsız olarak belirleyen bir yöntem ileri sürüyoruz.

Kızılberisi algılayıcılar robotbilim ve otomasyonda, süreç kontrolünde, uzaktan algılamada ve güvenlik uygulamalarında kullanılmaktadır. Özellikle, bu tip algılayıcılar, yakın hedeflerin saptanmasında [1], sayma işleminde, erim ve derinlik gözetiminde, zemin algılamada, konum kontrolünde ve engel saptamada kullanılmaktadır. Kızılberisi algılayıcılar gezgin robot yöngüdümlüde kapı aralıklarında kenarların yerinin belirlenmesinde [2], bina ve araçlarda kapı ve pencere gözetiminde kullanılmaktadır. Kaynak [3]'de bilinen bir uzaklıkta konumlanmış düzlemsel hedeflerin yüzey özellikleri Phong aydınlatma modeli kullanılarak belirlenmiş, böylece kızılberisi algılayıcılar yakın mesafeler için erim ölçer olarak kullanılmıştır. Kızılberisi algılayıcıların kullanımına ilişkin ayrıntılı bir literatür özeti Kaynak [4]'de verilmiştir. Kaynak [5]'de, farklı geometrik özelliklere sahip fakat aynı malzemeden (tahta) yapılmış hedefler ayırdedilmiştir. Kaynak [6]'da, aynı düzlem geometriye fakat farklı yüzey özelliklerine sahip hedefler ayırdedilmiştir. Bu bildiride, [5] ve [6]'daki çalışmaların genişletilmiş ve tümleştirilmiş bir hali olarak, hem geometrik hem de yüzey özellikleri değişen hedeflerin ayırdedilmesi ve konumlarının saptanmasıyla ilgili sonuçları sunuyoruz.



Şekil 1: (a) Kızılberisi algılayıcı ve (b) deney düzeneği.

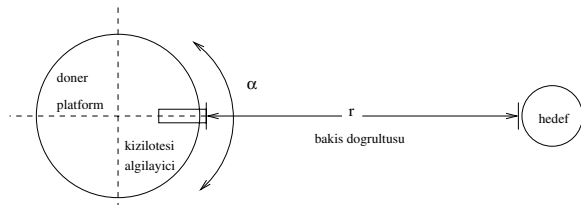
2. Hedef Ayırdetme ve Konumlandırma

Çalışmada kullanılan kızılberisi algılayıcı [7] [Şekil 1(a)] bir alıcı-verici çiftinden oluşmakta ve hedeften yansıyan sinyalin yeğinliğiyle orantılı analog gerilim çıktısı sağlamaktadır. Alıcı penceresi ortam aydınlatmasının yeğinlik ölçümlerine olan etkisini en aza indirmek için kızılberisi süzgeç ile kaplıdır.

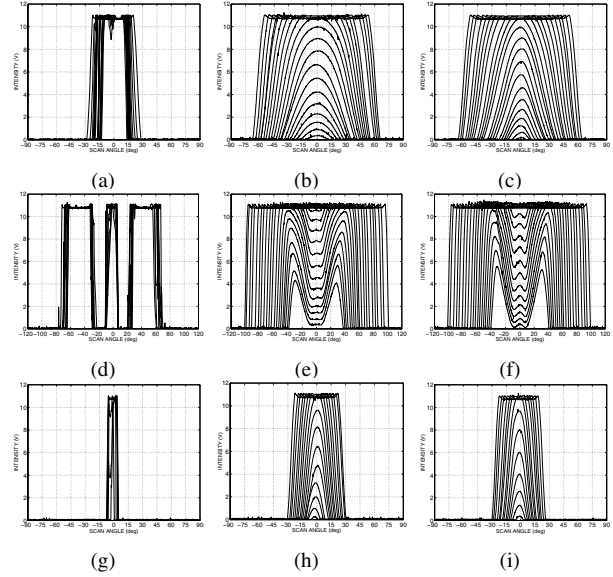
Kullanılan hedefler 120 cm yüksekliğinde düzlem, 90° köşe ve 90° kenardır. Bu hedefler alüminyum, beyaz kumaş ve beyaz köpük ambalaj malzemesiyle kaplanmıştır. Yöntemimiz, her hedefin belli bir açı aralığında taranmasına dayalıdır. Kızılberisi algılayıcı 15,2 cm yarıçapında döner bir platform [8] üzerine yerleştirilmiş ve hedeflerden açısız yeğinlik taramaları elde edilmiştir. Deney düzeneğinin fotoğrafı ve şeması Şekil 1(b) ve 2'de verilmiştir. Yeğinlik referans taramaları her hedef türü için hedefleri 2,5 cm aralıklarla, en yakın erimden gözlenebilir en uzak erime $\theta = 0^\circ$ 'de yerleştirilerek elde edilmiştir. Bu referans taramaları farklı yüzeylerle kaplı düzlem, köşe ve kenar için Şekil 3'de verilmektedir. Yeğinlik taramaları θ 'dan bağımsız fakat r 'ye bağlıdır; yani r 'deki değişimler hem büyüklükte hem de yeğinlik taramalarının taban genişliğinde etkili olmaktadır. Beyaz kumaş ve beyaz köpük ambalaj malzemesiyle kaplı köşe hedefleri, orta tümsek daha küçük olmak üzere, köşeyi oluşturan dik düzlemlere ve onların kesişimini oluşturan üçlü tümsek yapıya sahiptir. Alüminyum ile kaplı köşelerin yeğinlik taramaları doyuma ulaşmış üç farklı tümseğe sahiptir [Şekil 3(d)].

Deneme aşamasında, yeğinlik taraması $I(\alpha)$ kaydedilmiş bir hedef için, ilk önce gözlenen taramanın ağırlık merkezindeki değerinin doyuma ulaşıp ulaşmadığı kontrol edilmektedir. Bölüm 2.3'de daha sonra anlatıldığı gibi bu durum ayrıca incelenecektir. Köşe hedefleri için, tümseklerin doyuma ulaşması değil de, ağırlık merkezindeki değerinin doyuma ulaşması dikkate alınmaktadır.

Deneme taramalarının referans yeğinlik taramalarıyla yapılan karşılaştırmasında kullanılan iki farklı yaklaşım aşağıda tartışılmaktadır.



Şekil 2: Deney düzeneğinin üstten görünüşü. Tarama açısı α ve konum açısı θ yatay eksenin saatin tersi yönünde ölçülmektedir.



Şekil 3: Farklı erimlerdeki hedefler için yeğinlik taramaları. Sırasıyla alüminyum, beyaz kumaş ve köpük kaplı (a)-(c): düzlem, (d)-(f): köşe ve (g)-(i): kenar.

2.1. En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi

İlk önce hedefin açısız konumu kestirilmektedir. Gözlenen örüntünün doyuma ulaşmadığı varsayılarak, örüntünün iki ana tümseğe sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer iki tümsek varsa, hedef köşedir ve hedefin açısız konum kestirimi iki tümseğin meydana geldiği tepe değerlerinin açısız ortalamaları alınarak bulunmaktadır. Eğer iki tümsek yoksa, tek tümseğin en büyük değerinin açısız konumu bulunur. Alternatif olarak, yeğinlik taramalarının ağırlık merkezi (AGM) şu şekilde bulunur:

$$\theta_{AGM} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i I(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^n I(\alpha_i)} \quad (1)$$

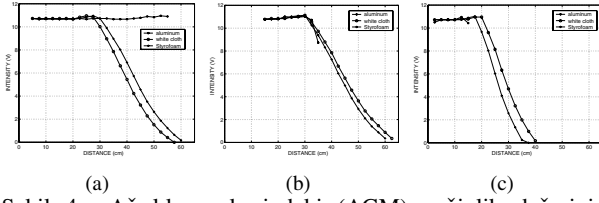
İdeal olarak en büyük değere ve ağırlık merkezine karşılık gelen bu iki açısız konum kestirimleri eşit olmalıdır, fakat pratikte küçük farklar vardır. Biz sonuçlarımızda her iki durumu da dikkate alacağız. Bu noktadan itibaren, her iki kestirime de merkez açısı diyeceğiz.

Yeğinlik taramalarının elde edildiği erimlerin merkez açısındaki yeğinliğe göre değişimi (Şekil 3) yöntemimizde önemli rol oynamaktadır. Şekil 4'de yeğinlik değerinin uzaklığa göre değişimi, söz konusu üç yüzey tipi ve üç geometri için verilmektedir.

Bu yaklaşımda, gözlenen hedefin yeğinlik örüntüsünü, ağırlık merkezi kaydırdıktan sonra, dokuz referans taramasıyla EKK farklarını bularak karşılaştırıyoruz. Gözlenen örüntüyle dokuz referans taraması arasındaki ortalama kareler farkı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\mathcal{E}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [I(\alpha_i - \alpha_{kayma}) - I_j(\alpha_i)]^2 \quad (2)$$

Burada, I_j , $j = 1, \dots, 9$, dokuz referans taramasını, α_{kayma} ise her iki örüntüyü de aynı doğrultuya getirmek için kullanılan açısız kayma değerini göstermektedir. En küçük \mathcal{E} değerine



Şekil 4: Ağırılık merkezindeki (AGM) yeğinlik değerinin uzaklığa göre değişimi: (a) düzlem, (b) köşe, (c) kenar.

karşılık gelen geometri-yüze kombinasyonu gözlenen hedef türü olarak seçilmektedir. Hedefin geometrik ve yüze özellikleri belirlendikten sonra, Şekil 4'de doğrusal aradeğerleme yapılarak hedefin erimi kestirilmektedir.

2.2. Uyumlu Süzgeç (US) Yöntemi

İkinci bir alternatif olarak, gözlenen örüntüyle ve referans taramalarını karşılaştırmak için US kullanılmıştır. US'nin çıktısı, gözlenen örüntüyle j 'inci referans tarama arasındaki çapraz ilintinin, referans taramasının toplam enerjisinin kareköküyle normalleştirilmesidir:

$$y_j(l) = \frac{\sum_k I(\alpha_k) I_j(\alpha_{k-l})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [I_j(\alpha_i)]^2}} \quad (3)$$

Burada, $l = 1, \dots, 2n - 1$ ve $j = 1, \dots, 9$ 'dur.

En büyük çapraz ilinti değerine karşı gelen örüntünün türü gözlenen hedefin geometrisi ve yüze türü olarak alınmakta, ve bu en büyük değer gerçekleştiği açı, hedefin konum açısı olarak kabul edilmektedir. Hedefin erimi Şekil 4'de açı kestiriminin yapıldığı yeğinlik değerinde doğrusal aradeğerleme yapılarak bulunmaktadır.

2.3. Doyuma Ulaşmış Taramalar

Gözlenen örüntünün doyuma ulaştığı durumda, karşılaştırmalar gözlenen örüntüyle tüm doyuma ulaşmış taramalar arasında yapılır. Hedeflerin erimi EKK yönteminde en küçük kareler farkına neden olan örüntünün erimi, US yönteminde ise en iyi eşleşen örüntünün erimi olarak kestirilir.

3. Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde, hedefleri rasgele uzaklık ve açılal konumlara (r, θ) yerleştirip, 194 deneme taraması toplayarak ileri sürdüğümüz yöntemi deneysel olarak değerlendiriyoruz. Hedefler -45° 'den 45° 'ye, en yakın uzaklıktan her hedefin gözlenebileceği en büyük uzaklığa kadar [Şekil 3] rasgele yerleştirilmiştir.

EKK yöntemine dayalı ayırdetme sonuçları Tablo 1'de EKK yönteminin en büyük yeğinlik (köşe için iki en büyük yeğinlik değerinin ortası) ve AGM yaklaşımlarına göre (sırasıyla, parantezden önceki ve parantezdeki sayılar) hedef ayırdetme dizeyi olarak verilmiştir. Bütün hedef türleri için ortalama doğruluk, hedef ayırdetme tablosunun köşegen üzerindeki doğru kararların toplamını toplam deneme sayısına (194) bölerek bulunmaktadır. En büyük yeğinlik ve AGM yaklaşımlarında aynı doğru ayırdetme oranı (%77) elde edildi.

US yöntemi kullanılarak elde edilen ayırdetme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tüm yüzeyler için, EKK'den

Tablo 1: Ayırdetme dizeyi: en küçük kareler yaklaşımı (AL: alüminyum, BK: Beyaz Kumaş, KA: köpük ambalaj, D: düzlem, KÖ: köşe, K: kenar).

		ayırdedilen								
		D			KÖ			K		
		AL	BK	KA	AL	BK	KA	AL	BK	KA
g	AL	24(24)	-	-	-	-	-	-	-	-
	D BK	-	25(25)	4(4)	-	-	-	-	-	-
	KA	-	9(9)	20(20)	-	-	-	-	-	-
r	AL	-	-	-	22(22)	-	-	-	-	-
	KÖ BK	-	-	-	-	10(13)	12(9)	-	-	-
	KA	-	-	-	-	(2)	20(18)	-	-	-
k	AL	-	-	(1)	-	-	-	9(7)	-	1(2)
	BK	-	-	-	-	-	-	-	11(14)	9(6)
	KA	-	(1)	1(1)	-	-	-	-	8(10)	9(6)

Tablo 2: Ayırdetme dizeyi: uyumlu süzgeç yaklaşımı.

		ayırdedilen								
		D			KÖ			K		
		AL	BK	KA	AL	BK	KA	AL	BK	KA
g	AL	24	-	-	-	-	-	-	-	-
	D BK	-	27	2	-	-	-	-	-	-
	KA	-	5	24	-	-	-	-	-	-
r	AL	-	-	-	22	-	-	-	-	-
	KÖ BK	-	-	-	-	14	8	-	-	-
	KA	-	-	-	-	4	16	-	-	-
k	AL	-	-	-	-	-	-	9	1	-
	BK	-	-	-	-	-	-	-	11	9
	KA	-	-	2	-	-	-	-	8	8

daha iyi olarak, ortalama %80 doğru ayırdetme oranı elde edilmiştir.

Alüminyum kaplı düzlem ve köşeler her yaklaşımda ayırdedici özelliklerinden dolayı doğru olarak ayırdedilmişlerdir. Farklı yüzeylere sahip hedefler en iyi US yöntemiyle %91 oranında doğru ayırdedilmektedir. Köşe hedefleri için en yüksek ayırdetme oranı EKK yönteminin AGM yaklaşımında %83'tür. En büyük zorluk benzer örüntüye sahip kenar hedeflerinin ayırdedilmesinde ortaya çıkmıştır. EKK yönteminin en büyük yeğinlik değeri yaklaşımında kenar hedefleri için en iyi %60 doğru ayırdetme oranı elde edilmiştir. Aynı olarak düşündüğümüzde, hedeflerin geometrileri ve yüze türleri sırasıyla %99 ve %81 oranlarında doğru ayırdedilmektedir. Bu sonuç hedeflerin geometrik özelliklerinin yüze özelliklerine göre daha baskın olduğunu ve yüze tipinin sınırlayıcı etken olduğunu göstermektedir.

Tüm yüzeyler için ortalama mutlak erim ve açılal konum hataları Tablo 3'de gösterilmiştir. EKK yönteminin en büyük yeğinlik değeri ve AGM yaklaşımlarında hedefler sırasıyla 1,8 ve 1,7 cm mutlak erim hatalarıyla yerleştirilmiştir. US yöntemi erim kestiriminde EKK yöntemine göre daha iyi sonuç vermektedir (1,5 cm). Erim hatasına en büyük katkı, yanlış ayırdedilen ve/veya doyuma ulaşmış taramalardan kaynaklanmaktadır. Eğer örüntülerin doyuma ulaşmış ulaşmadığını dikkate alınarak sadece doğru ayırdedilenler üzerinden ortalama alırsak, ortalama mutlak erim hataları EKK yönteminin en büyük yeğin-

Tablo 3: Tüm deneme hedefleri için mutlak erim ve açılal konum hataları.

yöntem		D			KÖ			K			ort. hata
		AL	BK	KA	AL	BK	KA	AL	BK	KA	
EKK	r (cm)	2.2	2.3	1.0	2.1	0.8	0.5	2.4	1.9	2.7	1.8
	θ (deg)	0.9	2.3	0.8	2.4	1.7	1.3	1.1	2.0	1.7	1.6
EKK	r (cm)	2.2	0.6	1.0	2.1	0.6	0.6	3.8	1.4	3.2	1.7
	θ (deg)	0.9	1.0	0.8	2.4	1.4	1.1	1.2	2.2	2.3	1.5
US	r (cm)	1.7	0.5	0.7	1.5	0.6	0.6	2.2	1.7	4.2	1.5
	θ (deg)	0.8	0.9	0.7	1.0	1.1	1.0	1.1	2.6	0.9	1.1

lik ve AGM yaklaşımları için ve US yöntemi için sırasıyla 1,2, 1,0 ve 0,7 cm olmaktadır. Açısal konum kestirimleri EKK yönteminin en büyük yeğinlik ve AGM yaklaşımı için ve US yöntemi için sırasıyla 1,6°, 1,5° ve 1,1°'dir. Sadece doğru ayırddilenler üzerinden ortalama alındığında bu hatalar 1,5°, 1,2° ve 0,9°'ye düşmektedir.

Sistemin başarımını deneme setinde olmayan farklı geometri ve/veya yüzeylerle değerlendirdik. Bu hedefler sisteme tamamen yenidir. İlk önce kahverengi, mor, siyah ve beyaz kağıt kaplı ve tahtadan düzlem, köşe ve kenar hedefleriyle deneme yapıldı. Düzlem hedefler EKK yönteminin her iki yaklaşımında da %100, US yönteminde ise %93,3 olarak doğru ayırddilmişlerdir. Köşe hedefleri her durumda %100 doğru ayırddilmişlerdir. Kenarlar EKK yönteminde en büyük yeğinlik değeri yaklaşımında %89,1, AGM yaklaşımında %88,2 ve US yönteminde ise %87,3 doğru ayırddilmişlerdir. Bu denemelerde hiçbir hedef köşe hedeflerinin ayırddedici özelliklerinden dolayı köşe olarak ayırddedilmemiştir. Benzer şekilde, beş yüzeyle kaplı köşe hedefleri düzlem ya da kenar olarak sınıflandırılmamıştır. Konum hataları öncekilere yakın ya da çok az daha büyüktür. Sistemi orijinal deneme setinde bulunmayan aynı ve farklı yüzey türlerinden oluşan silindir hedefleriyle de denedik (ayrıntılı sonuçlar Kaynak [4]'de bulunabilir). Silindir hedefleri çoğunlukla kenar olarak ayırddedilmektedirler. Ortalama erim kestirim hataları yaklaşık 9–11 cm'ye yükselmektedir, ama açısal konum kestirim hataları hedef türünden bağımsız olduğundan öncekilerle aynı düzeydedir.

Çalışmamızda tüm hedeflerin deney düzeneğini tam karşıdan gördüğünü kabul ettik ve deneylerimizi buna göre yaptık. Son olarak, hedeflerin farklı yönelimlere sahip olmasının yöntemimize olan etkisini tartışacağız. Hedef geometrisi köşe ya da kenar olduğunda, düzlem ya da silindirin aksine, hedefin yönelim değişimi referans taramalarında bulunmayan asimetrik örüntüler neden olmaktadır. Eğer gözlenen örüntü simetrik ise, hedef düzlem ya da silindir, ya da 0° konumunda köşe ya da kenardır. İleri sürdüğümüz yaklaşım, bu durumun üstesinden gelmektedir. Eğer gözlenen örüntü asimetrik ise, hedef sıfırdan farklı açısal yönelime sahip köşe ya da kenardır. Asimetrik örüntülerin köşe ya da kenar hedeflerinden gelip gelmediğini örüntünün iki tümseğe sahip olup olmadığıyla kontrol edebiliriz. Böylece, farklı yönelimlere sahip hedeflerin geometrileri bulunabilir. Bunun ötesinde, asimetrik örüntülerin merkezi yeğinlik değerlerinin yönelim değişiminden çok az etkilendikleri görülmektedir [4]. Bu durum öncekilerde olduğu gibi merkezi yeğinlik değerinin erim kestiriminde kullanılabilceğini göstermektedir. Yukarıda tartışılan durumu denemek için, köşe ve kenar hedeflerini rasgele farklı yönelim açalarına ve erimlere yerleştirerek toplam 100 adet deneme taraması elde ettik. Daha önce bahsettiğimiz açısal konumdan bağımsız hedef ayırddetme yöntemini uygulayarak %100 doğru ayırddetme oranı, köşe ve kenar hedefleri için 1,02 ve 1,47 cm ortalama mutlak erim hataları elde ettik. Bu yöntemde hedefin yönelim açısını bulmak mümkün değildir.

Diğer bir seçenek de, farklı yönelim açılarında hedeflerden referans yeğinlik taramaları toplayarak, hedeflerin ayırddedilmesini sağlamaktır ki bu daha fazla yeğinlik taramasının kaydedilmesini gerektirmektedir. Toplam 489 referans yeğinlik taraması, her iki hedefi de 5 cm aralıklarla $\theta = 0^\circ$ açısal konumunda, açısal yönelimi -35° den 35° ye $2,5^\circ$ aralıklarla

yerleştirilerek toplandı. Her test örüntüsü için en iyi uyan örüntü US yaklaşımı kullanılarak bulundu. Bu yöntemde de %100 doğru ayırddetme oranı elde edildi. Ortalama mutlak erim ve yönelim hataları ise köşe ve kenar hedefleri için sırasıyla 1,13 ve 1,26 cm ve $4,48^\circ$ ve $5,53^\circ$ 'dir.

4. Sonuçlar

Çalışmada, farklı yüzey özelliklerine sahip düzlem, köşe ve kenar gibi iç mekanlarda sıkça karşılaşılan hedefler basit kızılberisi algılayıcı ile ayırddedilmiş ve konumları kestirilmiştir. Farklı yaklaşımlar ayırddetme ve konumlandırma açısından karşılaştırılmışlardır. US yaklaşımı genelde her iki amaç için de daha iyi sonuç vermektedir. Sistemin gürbüzlüğü farklı geometri ve yüzey tipleriyle denenmiştir.

Şu anki ve gelecekteki çalışmalarımız hedeflerden yansıyan yeğinlik sinyaline göre çalışma aralığının ayarlanabileceği daha akıllı bir sistemin tasarımını içermektedir. Böylece doyuma ulaşmış örüntülerden sakınılacak ve daha geniş çalışma aralığında hızlı ve doğru ayırddetme mümkün olacaktır. Yapay sinir ağları kullanarak ayırddetme oranını iyileştirmeyi düşünüyoruz. Ayrıca, farklı geometrilerin örüntülerini parametrik olarak modelleyerek, Kaynak [9]'daki yüzey ayırddetme yöntemine benzer şekilde, hedeflerin eşzamanlı olarak geometrik ve yüzey özelliklerini parametrik olarak çıkarma üzerinde çalışıyoruz.

5. Kaynakça

- [1] E. Cheung ve V. J. Lumelsky. Proximity sensing in robot manipulator motion planning: system and implementation issues. *IEEE Trans. Robot. Automat.*, 5:740–751, Aralık 1989.
- [2] A. M. Flynn. Combining sonar and infrared sensors for mobile robot navigation. *Int. J. Robot. Res.*, 7:5–14, Aralık 1988.
- [3] P. M. Novotny ve N. J. Ferrier. Using infrared sensors and the Phong illumination model to measure distances. *Proc. ICRA*, 1644–1649, Detroit, MI, Mayıs 1999.
- [4] T. Aytaç ve B. Barshan. Simultaneous extraction of geometry and surface properties of targets using simple infrared sensors. *Opt. Eng.*, 43:2437–2447, Ekim 2004.
- [5] T. Aytaç ve B. Barshan. Differentiation and localization of targets using infrared sensors. *Opt. Commun.*, 210:25–35, Eylül 2002.
- [6] B. Barshan ve T. Aytaç. Position-invariant surface recognition and localization using infrared sensors. *Opt. Eng.*, 42:3589–3594, Aralık 2003.
- [7] Matrix Elektronik, AG, Kirchweg 24 CH-5422 Oberehrendingen, İsviçre, *IRS-U-4A Proximity Switch Datasheet*, 1995.
- [8] Arrick Robotics, P.O. Box 1574, Hurst, Teksas, 76053 URL: www.robotics.com/rt12.html, *RT-12 Rotary Positioning Table*, 2002.
- [9] T. Aytaç ve B. Barshan. Surface differentiation by parametric modeling of infrared intensity scans. *Opt. Eng.*, 44:xxx-yyy, sayı: 6, Haziran 2005.