

SAR GÖRÜNTÜLERİ İÇİN BÖLGE TABANLI BİR HEDEF TESPİT YÖNTEMİ

A REGION BASED TARGET DETECTION METHOD FOR SAR IMAGES

Fatih Nar¹, Can Demirkese¹, Osman Erman Okman¹, Müjdat Çetin²

1. Uzay ve Savunma Teknolojileri (SDT)
Galyum Blok, ODTÜ Teknokent, Ankara
{fnar, cdemirkese, eokman}@sdt.com.tr

2. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Sabancı Üniversitesi, Tuzla, İstanbul
mccetin@sabanciuniv.edu

ÖZETÇE

Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntülerinde otomatik hedef tespit yöntemleri görüntünün çözünürlüğüne, tespit edilmesi istenen hedefin boyutuna, parazit yankı karmaşıklığına ve benek gürültü seviyesine duyarlıdır. Gürbüz bir otomatik tespit yönteminin ise yukarıda sayılan etkenlere daha az duyarlı olması istenir. Bu çalışmada hedef ve hedefin karmaşık arka plan bölgesini görüntünün çözünürlüğünden, hedefin büyüklüğünden bağımsız olarak bulan sabit yanlış alarm oranı tabanlı bir otomatik hedef tespit yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen yöntem etkin hafıza tüketimi ve düşük hesaplama karmaşıklığı sağlamaktadır.

ABSTRACT

Automatic target detection methods for synthetic aperture radar (SAR) images are sensitive to image resolution, size of the target to be detected, clutter complexity, and speckle noise level. A robust automatic target detection method needs to be less sensitive to the above factors. In this study, a constant false alarm rate (CFAR) based automatic target detection method which can find a target and its heterogeneous clutter independent of the image resolution and the target size has been developed. The proposed method provides efficient memory usage and low computational complexity.

1. GİRİŞ

Havadan ve uydudan alınan sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntülerinin kalitesi ve miktarının giderek artması sebebiyle, bu görüntüleri otomatik biçimde işleme ve yorumlama ihtiyacı da hızla artmakta, dolayısıyla bu konuda yapılan çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmaların odak noktasında SAR görüntülerinden otomatik hedef tanıma sürecinin ilk adımı olan otomatik hedef tespiti yer almaktadır. Bu nedenle uçak, gemi, tank gibi noktasal hedeflerin çok hızlı tespit edilmesi beklentisi mevcuttur.

Literatürde sabit yanlış alarm oranı (CFAR) tabanlı yöntemler hesaplama basitliği, uyarlanabilir eşik değeri ve benek gürültü içeren arka plandan hızlı otomatik hedef tespitini yapabilmesinden dolayı yoğun olarak kullanılmış ve bu yöntemlerin başarımları incelenmiştir [1, 3-5]. Uyarlanabilir eşik değerli teknikler, arka plandaki gürültü seviyesinin bilinmediği radar ile tespit problemlerinde yanlış alarm oranını sabitlemek için çok sık kullanılmaktadırlar. CFAR yöntemi hedef tespitini, radar yansıtırlıklarını geri dönüşlerini uyarlamalı bir eşik değeri ile karşılaştırarak yapar. Eşik değerinin değişken olması yanlış alarm olasılığını sabit tutmak amacıyla gütmemektedir [1].

Öte yandan, bu yöntemler hem hedef hem de arka plan bölgesinin düzgün ve önceden tanımlanabilen bir şekilde sahip olduğunu varsaymaktadır. Ayrıca, arka plan içerisinde kalan kısımların da homojen bir yapısı olduğu varsayılmaktadır. Bu çalışmada ise bölge büyüme yaklaşımı kullanarak ve arka plan için varsayılan hipotezleri test ederek bu varsayımların gerçekçi olmadığı durumlarda da çalışabilen, CFAR tabanlı bir hedef tespit yöntemi önerilmektedir.

2. OTOMATİK HEDEF TESPİTİ YÖNTEMLERİ

SAR görüntülerindeki hedeflerin tespit edilebilirlik düzeyini belirleyen ilk temel öge hedef ile arka plan (çevre yankısı ve gürültü) pikselleri arasındaki yansıtırlık farkı, ikinci temel öge ise parazit yankıların standart sapmasıdır.

Tipik iki parametrelili CFAR tespit yöntemlerinde arka planın Gauss dağılımlı olduğu varsayılarak aşağıda verilen denklemler ile her bir piksel için o noktada bir hedef olup olmadığı kararı verilir:

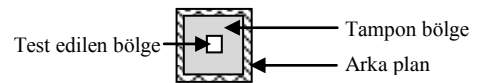
$$(x, y) : \begin{cases} \text{hedef} & , & \frac{(I_{x,y} - \mu_c)}{\sigma_c} > K_{CFAR} \\ \text{hedef değil} & , & \text{değilse} \end{cases} \quad (1)$$

Bu denklemde verilen $I_{x,y}$, imgenin (x,y) konumundaki pikselinin yansıtırlık değeri, μ_c arka planın ortalama değeri, σ_c ise arka planın standart sapmasını vermektedir. Bir hedefin mevcut olduğu durumda Denklem (1)'de verilen oranın olabildiği kadar büyük; hedef olmadığı durumda ise bu oranın küçük olması beklenmektedir. Bu durumda sabit hata oranı, P_{fa} , aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanabilir, [2]:

$$P_{fa} = \int_{K_{CFAR}}^{\infty} P(x|A) dx \quad (2)$$

Bu eşitlikte, x Denklem (1)'de verilen oran, A ise arkaplan hipotezini ifade etmektedir.

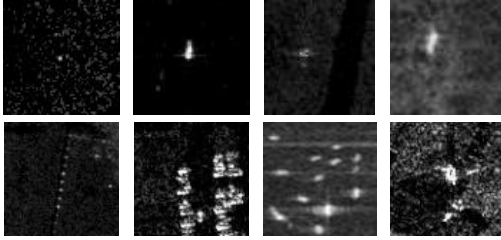
Literatürde önerilen CFAR tabanlı yöntemlerde öncelikle ilgilenilen hedef bölgesinin etrafında bir tampon bölge alınır. Bu tampon bölgenin hemen dışında belirlenen bölge ise arka plan olarak tanımlanır. Bir tampon bölgenin oluşturulması arka planda herhangi bir hedef niteliğinin bulunmadığını garanti etmek amaçlıdır ve bunu garanti edecek büyüklükte olmalıdır. Şekil 1' de bu bölgeler gösterilmektedir.



Şekil 1. Hedef ve arka planın istatistiklerinin hesaplandığı pencere ve ilgili bölgeler.

CFAR yöntemlerinde test edilen piksel hakkında karar verilirken hem arka plan istatistiğinin çıkarıldığı pencerenin hem de tampon bölgenin büyüklüğünün seçilmesi önemli bir husustur [3]. Bu aşamada görüntünün çözünürlüğü ve hedefin boyutu dikkate alınmalıdır. Pencere büyüklüğü ne olarak seçilirse seçilsin arka planda olması istenen bölgeler başka hedefleri içerebilmekte ve bu durum CFAR için hesaplanan istatistikleri ciddi oranda bozabilmektedir. Bir hedefin başka bir hedef grubunun yakınında veya bitişik olması bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir.

SAR görüntülerinde arka plana ait piksel yansıtırlıklarının belli bir istatistiksel dağılıma uygun olduğu varsayılmaktadır [4]. CFAR yöntemlerinin iki ana bileşeni kullanılan istatistiksel dağılım ve detektördür. Radarla tespit teorisinin en ilgi toplayan problemi sabit hata oranının korunmasıdır. Bu amaçla yüksek çözünürlüklü radar sistemlerinde kara, su ve benzeri arka planları modelleyecek birçok olasılık dağılımı önerilmiştir. Literatürde sıklıkla kullanılan olasılık dağılımları şunlardır: Gaussian, Rayleigh, Log-normal [5], Weibull [6], K [6], ve alfa-sabit [7]. Tespit yöntemi olasılık dağılımlarının parametrelerini önceden bilemeyeceği için parametreleri kestirebilir ve eşik değerini uyarlayabilir yapıda olmalıdır.



Şekil 2. Üst satır: Homojen arka plana sahip hedefler, Alt satır: Heterojen arka plana sahip hedefler

Denklem (1)'de gösterilen iki parametrelili CFAR olarak da anılan hücre ortalamalı CFAR (cell-averaging, CA-CFAR) Lincoln Laboratuvarı'nda geliştirilmiş olup hedefin dışında kalan arka planın bir Gaussian dağılımına uyduğunu varsayar [1]. **Şekil 2'**de gösterildiği gibi SAR görüntülerinde hedefler homojen ya da heterojen arka planların üzerinde görülebilmektedir. CA-CFAR yöntemi düzgün dağılmış (homojen) bir arka plan üzerinde tek başına duran bir hedefi otomatik olarak tespit etmekte son derece başarılı iken arka planın heterojen olduğu veya birden fazla hedefin yan yana olduğu durumlarda başarı düşmektedir [3]. Referans pencere büyüklüğü arttıkça hesaplanan istatistiksel değerlerin daha gerçekçi hale gelmesi ve CA-CFAR yönteminin başarısının artması beklenir. Fakat referans pencere boyutu büyüdükçe yakındaki başka bir hedefe ait veya hedefin arka planın ait olmayan pikseller de bu pencere içine girebilmekte ve dolayısıyla arka planın homojenliği azalmaktadır. Bu durum CA-CFAR yönteminin yanlış alarm oranını yükselterek yöntemin başarısının düşmesine sebep olmaktadır.

Sıralanmış İstatistikli CFAR (Ordered Statistics, OS-CFAR) birbirine çok yakın hedefler yüzünden heterojen hale gelen arka plan istatistiğinin iyi tahmin edilemediği durumlarda tespit performansının düşmesini önlemek için tasarlanmıştır. En Büyüğü CFAR (Greatest Of, GO-CFAR) yöntemi arka planda çokça kenar olması durumunda iyi tespit performansı sağlamakla beraber homojen arka plana sahip hedefler için CA-CFAR yöntemine göre daha düşük tespit başarısı sunabilmektedir. En Küçüğü CFAR (Smallest Of,

SO-CFAR) yöntemi ise tespit edilmek istenen hedef yakınında başka hedeflerin bulunduğu durumlarda başarılıyken, arka planın çok kenar içerdiği durumlarda tespit eşliğinin düşük olması sebebiyle yanlış alarm oranının yüksek olmasına sebep olmaktadır.

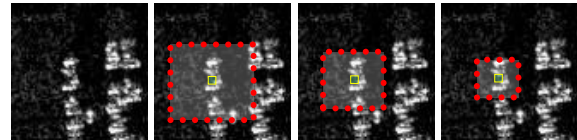
CFAR yöntemlerinin her birinin kendine özgü avantajları, dezavantajları ve olası uygulama alanları mevcuttur. Her şartta yüksek performans gösteren bir hedef tespit yöntemi mevcut değildir. Kullanılacak CFAR yöntemini, pencere boyutunu, tampon piksellerini, arka plan piksellerini, arka plan olasılık dağılımını otomatik olarak seçebilen uyarlamalı bir yöntem daha yüksek başarımları sağlayabilir. Güncel araştırmalar uyarlanabilir CFAR yöntemleri üzerine yoğunlaşmaktadır [9]. Smith ve Varshney [3], bu amaçla Değişken İndisli CFAR (Variability Index, VI-CFAR) yöntemini önermişlerdir. CA-CFAR yönteminin bir uzantısı olan bu yöntemde test edilen bölgenin arka plan istatistiği bu bölgenin etrafını çevreleyen referans bölgenin ortalaması hesaplanarak bulunur. CA-CFAR yönteminden farklı olarak referans bölgenin ortalaması ağırlıklandırılarak hesaplanır. Bu yöntem hem homojen hem de heterojen arka planlar için iyi performans sağlamaktadır. [9]'da ise karmaşık arka planlar için VI-CFAR yönteminden esinlenerek arka plan istatistiğini hesaplarırken diğer hedeflere ait olması olası pikselleri hesaba katmayan Otomatik Sansürleme CFAR (Automatic Censoring, AC-CFAR) yöntemi önerilmiştir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Tespit edilmek istenen hedefin arka planının homojen olmasını sağlamak için değişken pencere boyutu kullanılması kurgulanabilir. Fakat değişken pencere boyutu kullanılması durumunda gözetilmesi gereken iki husus ortaya çıkmaktadır:

- pencere boyutunun otomatik seçilme zorunluluğu,
- hesaplama yükünün ciddi oranda artması

Şekil 3'te görüldüğü üzere CFAR pencere boyutunun uyarlanabilir olması bile bazı durumlarda hedefin arka planı içerisine diğer hedeflerin karışmalarını engellemek için yetersiz kalmaktadır. Buradaki temel problem CFAR'da kullanılan sabit karesel pencere yapısının her türlü durumu kapsayacak esnekliği sunamamasından kaynaklanmaktadır. Özellikle farklı tiplerde ve değişik boyutta hedefler tespit edilmek isteniyor ise görüntünün her tipte hedefe uygun CFAR pencereleri ile ayrı ayrı işlenmesi gerekmektedir. Bu da yüksek hesaplama karmaşıklığına sebep olmaktadır. CFAR ile tespit edilmek istenen hedefin değişik yönelimlerde olabileceği bilgisi de pencere boyutunu belirlerken gözetilmelidir. Farklı yönelimlerdeki ve değişik en ve boya sahip bir hedef sınıfını (gemi, uçak, vs.) kapsayacak CFAR pencere boyutu hedef çapraz durduğunda hedefi kapsayacak büyüklükte olmalıdır. Bu kısıtlama da CFAR penceresinin büyük olmasını gerektirmekte; dolayısıyla farklı hedeflerden piksellerin karışması olasılığını ve yanlış alarm oranını arttırmaktadır.



Şekil 3. Değişik boyutta CFAR pencereleri.

Bu çalışmada değişik yönelim, değişik büyüklük ve değişik şekillerdeki hedefleri düşük hesaplama karmaşıklığı ve en az

yanlış alarm oranı ile bulabilen, heterojen arka planlardaki uygun homojen kısmı kullanarak, *bölge büyütme* otomatik bir hedef tespit yöntemi önerilmektedir. Önerilen yöntemde arka plandaki homojen kısımlar bulunmakta ve bu kısımların Gauss olasılık dağılımına uyduğu varsayılmaktadır. Önerilen yöntemde sırayla şu basamaklar uygulanmaktadır:

a. Görüntüdeki tüm aday başlangıç noktaları tespit edilir:

Hedef konumlarındaki pikseller yüksek yansıtıcılık değerine sahiptir. Bu sebeple, bölge büyütme yönteminin bu piksellerden başlayarak yapılması işlem yükünü büyük ölçüde düşürecektir. Bu amaçla görüntüdeki her bir pikselin 5x5 komşuluğundaki en büyük yansıtıcılık değeri bulunmakta ve bu değer ilgili pikselin yansıtıcılık değerine eşit ise bu piksel aday başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. Aday başlangıç noktaları eşitlik 3'te tanımlanan L listesi ile gösterilebilir.

$$L = \{(x, y) | F_{x,y} = \max_{I_{x+\Delta x, y+\Delta y}} \Delta x, \Delta y \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}\} \quad (3)$$

b. Aday başlangıç noktalarından bir tanesi seçilir:

Aday noktalar yansıtıcılık değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır ve en büyük değere sahip piksel seçilir. Hesaplama yükünü azaltmak için aday noktalar öncelik sırasında tutulur.

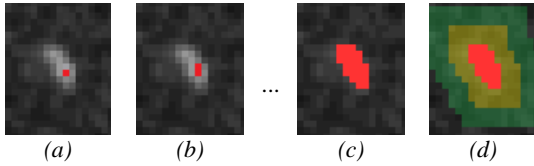
c. Seçilen aday başlangıç noktası bölge büyütme yöntemi ile büyütülerek olası T hedef bölgesi bulunur:

Bölge büyütme görüntünün gelişmiş Frost [10] yöntemi ile filtrelenerek benek görüntüsü azaltılmış hali üzerinden yapılır. Bölge büyütme seçilen aday noktadan başlar ve bölgenin sınırındaki piksellere en yakın parlaklık değerindeki pikselin bölgeye eklenmesi ile devam eder (bkz. *Şekil 4*). Bölgeye eklenecek her yeni pikselin, bu bölgeye belli bir tolerans dâhilinde benziyor olması gerekmektedir. Yöntemin belli bir adımında hedef bölgesindeki pikseller T listesinde iken yeni bir piksel için benzerlik değeri ψ aşağıda verilen denklem ile hesaplanmaktadır:

$$\psi = \frac{|F_{x+\Delta x, y+\Delta y} - \mu_N|}{\beta}, \quad (\Delta x, \Delta y) \in \{(-1, 0), (1, 0), (0, -1), (0, 1)\} \quad (4)$$

Eşitlik 4'te verilen F görüntünün gelişmiş Frost ile filtrelenmiş halini, μ_N T listesine ilk eklenmiş olan N adet $F_{x,y}$ yansıtıcılık değerinin ortalamasını, β değeri ise T bölgesindeki en büyük yansıtıcılık değerini göstermektedir.

Bölge komşuluğunda istenen benzerlik kistasına uyan piksel bulunamayınca bölge büyütme sonlandırılır. Bölge büyütmenin en etkin şekilde yapılması için öncelik kuyruğu kullanılır.



Şekil 4. (a-c) bölge büyütme adımları, (d) hedef, muhafız ve arka plan bölgeleri

d. T bölgesinin yansıtıcılık ortalaması (μ_T) hesaplanır:

T bölgesindeki pikseller kullanılarak bölgenin ortalama yansıtıcılık değeri hesaplanır.

e. T bölgesinin etrafında K koruma alanı oluşturulur:

Bölge büyütme yönteminin T potansiyel hedef bölgesinin dış sınırını hassas bulamaması veya T

potansiyel hedef bölge sınırının yakın komşuluğunda, hedeften kaynaklanan ve parlak olarak algılanan noktaların oluşması durumunda, hesaplanacak arka plan istatistiğinin doğruluğunun sağlanması amacıyla literatürdeki CFAR yöntemleri, hedef piksel etrafında kare şeklinde bir muhafız alan kullanımı önermektedir (bkz.

Şekil 1). Önerilen yöntemde hedef bir pikselden ibaret olmayıp bölgesel olduğu için muhafız alan da *Şekil 4* (d)'de görüldüğü gibi bu bölgenin etrafında R_G birim genişliğinde oluşturulur. R_G değeri görüntünün çözünürlüğü ve saçılmadan kaynaklı yapay parlaklıkların hedef sınırına olan ortalama uzaklıkları gözetenilerek seçilmelidir.

f. K koruma alanının etrafında C arka plan alanı oluşturulur:

Koruma alanının hemen etrafında R_C genişliğinde bir arka plan bölgesi oluşturulur (*Şekil 4* (d)). Bu sayede potansiyel hedef bölgesi tek bir pikselden oluşuyor olsa bile hem muhafız alanda hem de arka planda yeterli sayıda piksel olması sağlanır. Potansiyel hedef bölgesinde birden fazla piksel olması durumunda arka plandaki piksel sayısı daha da artmaktadır. *Şekil 4*'te de görüldüğü üzere arka plan homojen ise yani arka plana başka bir hedef karışmamış ise arka plan olarak seçilmiş bölgede Gauss olasılık dağılımının parametrelerini hassas bir şekilde tahmin edecek bir bölgenin seçilmesi garantilenmiş olur.

g. C arka planından arka plan olmayan pikseller çıkarılır:

Arka plan olarak atanmış pikseller alçak geçiren süzgeçten geçirilir ve T olası hedef bölgesinin ortalama yansıtıcılık değeri, olan μ_T 'den küçük değil ise C bölgesinden çıkartılır. Buna ek olarak daha önce hedef olarak işaretlenmiş pikseller de C arka plan bölgesinden çıkartılır. Bu sayede arka plana başka hedeflerin karışması ve arka plan istatistiğinin bozulması engellenmiş olur. C bölgesinden arka plana ait olmayan pikseller çıkartıldıktan sonra C bölgesi yeterince büyük değil ise istatistiksel olarak karar vermeye yetecek kadar veri olmadığı için T bölgesinin hedef olamayacağına karar verilir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında 1 metre çözünürlük için bir hedefin arka planının en az 15 pikselden ($15m^2$) oluşacağı varsayılmaktadır. İki parametrelili CFAR yönteminde arka plandan farklı parlak ve koyu pikseller tespit edilirken önerilen yöntemde sadece arka plandan daha parlak olan pikseller tespit edilmektedir.

h. C arka planındaki pikseller kullanılarak Gauss olasılık dağılımının ortalama (μ_C) ve standart sapması (σ_C) bulunur:

C arka plan bölgesinde 15 pikselden daha fazla piksel var ise C arka plan bölgesi için görüntünün filtrelenmemiş hali üzerinden ortalama ve standart sapma hesaplanır. Aksi takdirde bölgede hedef olmadığına karar verilir.

i. İki parametrelili CFAR yöntemi uygulanır:

Denklem (1)'deki $I_{x,y}$ değeri yerine μ_T konularak bölgenin hedef olup olmadığı kararı verilir.

j. İşlenecek başka aday nokta var ise (b) basamağına gidilir.

4. SONUÇLAR

Geliştirilen yöntem halka açık uydu SAR görüntülerinde (Aselsan ve SDT önderiliğinde oluşturulan bir konsorsiyumu tarafından geliştirilmekte olan SAR sistemi ile elde edilen örnekler, Infoterra arşiv örnekleri, Northrop Grumman SABR

örnekleri, MSTAR verileri) denenmiş ve başarılı otomatik hedef tespit sonuçları elde edilmiştir. **Şekil 5**'te sırasıyla verilen şehir, liman, köprü, park alanı ve toprak arazi görüntülerinde, önerilen yöntem ile literatürde önerilen bazı CFAR yöntemleri kullanılarak değişik görüntüler için elde edilen sonuçlar verilmektedir. Bu görüntülerin hepsi için önerilen yöntemde $\tau=0.3$, $N=4$, $R_G=3$, $R_C=3$, $K_{CFAR}=0.25$ değerleri kullanılmıştır. Diğer CFAR yöntemlerinde ise kullanılan parametreler, her bir görüntü için en iyi sonuçları üretecek şekilde ayarlanmıştır.

Elde edilen sonuçlardan da görülebildiği gibi literatürden seçilen CFAR algoritmaları kendi pencere boyutlarından büyük hedefleri bir bütün halinde tespit edememektedir. Çalışma kapsamında önerilen yöntem ise klasik CFAR algoritmalarının karşılaştığı bu zorluğu bölge büyütme yaklaşımı ile aşmaktadır. Bu husus özellikle insan yapımı alanların tespitinde etkili bir şekilde görülmektedir.

Gelecek çalışmalarda, daha geniş bir veri kümesinde oluşturulmuş yersel doğruluk bilgileri de kullanılarak önerilen yöntemin diğer yöntemler ile başarımlarını kıyaslaması yapılabilir. Ayrıca, yöntemler aynı ortamda gerçekleştirilerek hafıza tüketimi, işleme karmaşıklığı ve paralel uygulama verimlilikleri kıyaslanabilir.

5. KAYNAKÇA

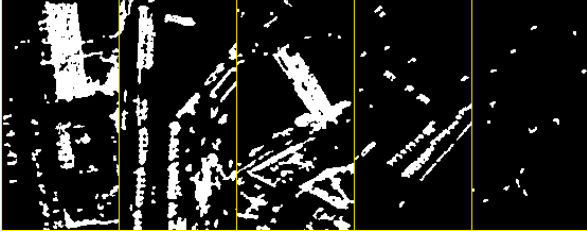
- [1] Di Bisceglie, M., and Galdi, C., "CFAR detection of extended objects in high-resolution SAR images", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43(4), 833-843, 2005.
- [2] Gao, G., Kuang, G., Zhang, Q., and Li, D., "Fast detecting and locating groups of targets in high-resolution SAR images," Pattern Recognition., 40(4), 1378-1384, 2007.
- [3] Smith, M. E., and Varshney, P. K., "VI-CFAR: A novel CFAR algorithm based on data variability", IEEE National Radar Conference, 263-268, 1997.
- [4] Varshney, B.C, Micaels, P.K., "Adaptive CFAR detection for clutter-edge heterogeneity using Bayesian inference", IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 39, Issue 4, pp. 1462-1470, 2004.
- [5] Farrouki, A., and Barkat, M., "Automatic censoring CFAR detector based on ordered data variability for nonhomogeneous environments", IEE Proceedings in Radar, Sonar and Navigation, 152(1), 43-51, 2005.
- [6] Erfanian, S., Vakili, V. T., "Introducing excision Switching-CFAR in K-distributed sea clutter", Signal Processing, 89(6), 1023-1031, 2009.
- [7] Wang, C., Liao, M., Li, X., "Ship detection in SAR image based on the alpha-stable distribution", Sensors, 8(8), 4948-4960, 2008.
- [8] Gandhi, P.P., Kassam, S.A., "Analysis of CFAR processors in homogenous background", IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 24, Issue 4, pp. 427-445, 2002
- [9] Gao, G., Liu, L., Zhao, L., Shi, G., Kuang, G., "An adaptive and fast CFAR algorithm based on automatic censoring for target detection in high resolution SAR images", IEEE Trans. Geosc. and Remote Sensing, Vol. 47, Issue 6, pp. 1685-1697, 2009
- [10] V.S. Frost, J.A. Stiles, K.S. Shanmugan, and J.C. Holtzman, "A model for radar images and its application

to adaptive digital filtering of multiplicative noise", IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 4(2), pp 157-166, 1982.

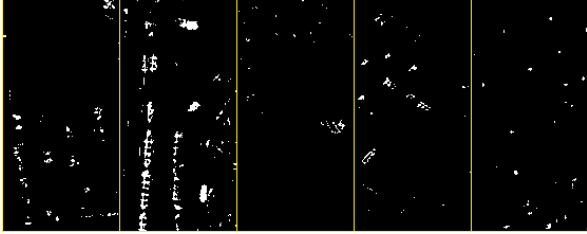
SAR Görüntüsü



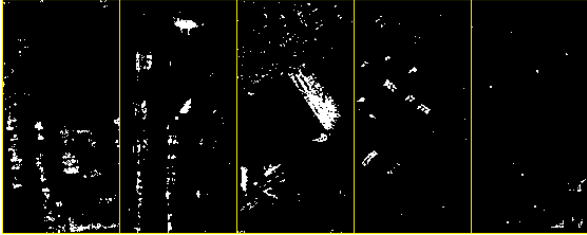
Önerilen Yöntem



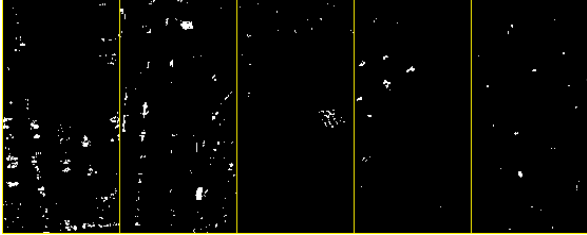
CA-CFAR



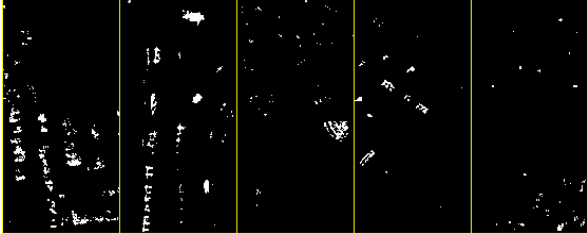
OC-CFAR



GO-CFAR



AC-CFAR



Şekil 5. Heterojen arka planlı hedefler için önerilen yöntem ile çeşitli CFAR yöntemlerinin sonuçları.