

Alt Yama Yöntemiyle Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerindeki Hareketli Hedeflerin Tespit Edilmesi

Moving Target Detection in SAR Images by Using Subpatch Method

Murat Hakan Yusufoglu¹, Mesut Kartal¹

¹Bilişim Enstitüsü

İstanbul Teknik Üniversitesi

hakan.yusufoglu@gmail.com, kartalme@itu.edu.tr

Özet

Radar sistemlerinde, yapay açıklıklı radar (YAR) görüntüleri içindeki hareketli hedeflerin tespit edilmesi son zamanlarda öne çıkan bir konudur. Bu çalışmada YAR görüntüleri içindeki hareketli hedeflerin tespit edilmesiyle ilgili yeni bir yöntem önerilmiştir. Hareketli hedeflerin tespiti için "alt yama" işleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yeni yöntem hem menzil hem de azimut yönlerinde hareket eden hedefleri başarılı bir şekilde tespit edebilmektedir. Algoritmada ana görüntüden dört alt yama elde edilmektedir. Bu alt yamalar sayesinde sistemdeki hareketli hedeflerin tespit edilme başarımları artırılmaktadır. Bilgisayar benzetimleri sonucunda önerilen bu yöntemle herhangi bir yönde hareket eden hedeflerin başarılı bir şekilde tespit edilebildiği gösterilmiştir.

Abstract

In radar systems, moving target detection within the synthetic aperture radar (SAR) images is an important topic. This paper presents a new algorithm for detection of moving targets in SAR images. Subpatch processing algorithm is used to detect moving targets. This new algorithm successfully detects targets moving in both range and azimuth directions. In the algorithm, four different subpatch images are formed from one whole scene image. By forming four different subpatch images probability of moving target detection is increased. Computer simulations show that the excellent detection results of targets moving in any direction is possible by the proposed method.

1. Giriş

Yapay açıklıklı radar teknolojisi günümüz dünyasına birçok yenilik getirmiştir. Bugün çok çeşitli uygulama alanlarında YAR teknolojisinden faydalanılır. Bu uygulamalara örnek olarak çevre araştırma, bilimsel, sivil ve askeri amaçlı uygulamalar gösterilebilir. YAR teknolojisinin yaygın uygulama alanı belirli yeryüzü bölgelerinin yüksek çözünürlüklü görüntülerinin elde edilmesidir. YAR görüntüleme ile herhangi bir yeryüzü bölgesinin detaylı görüntülerini elde etmek mümkündür. Elde edilen bu detaylı görüntüler sayesinde yeryüzü bölgesinin analizleri yapılabilmekte ve özellikleri daha iyi anlaşılmaktadır.

YAR teknolojisiyle elde edilen yeryüzü bölgelerinin görüntüleri kullanılarak, hedef bölge içinde hareketli nesnelerin bulunup bulunmadığı tespit edilebilir. Tespit edilen hareketli hedeflerin bilgileri farklı amaçlar için kullanılabilir. Örneğin trafik akışının incelenmesi [1], askeri bölgelerin incelenmesi, bölge içindeki belirli bir hedefin takip edilmesi ve hareketli hedeflerin hız, yön gibi hareket parametrelerinin tespit edilmesi gerçekleştirilebilir.

Hareketli hedeflerin tespit edilmesi için birçok yöntem önerilmiştir [2...9]. Bu algoritmalarda hareketi tespit edebilmek için yer değiştirmiş faz merkezli anten (Displaced phase centre antenna) [3 ve 4], hat boyunca interferometre (along track interferometry) [5], tek kanallı ve çok kanallı radar görüntüsü işleme [6...8] ve görüntü odaklama algoritmaları [9] gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

Yapay açıklıklı radar görüntüsü içindeki hareketli hedefler hareket ettikleri yöne bağlı olarak görüntü içinde bulanık veya olması gerektiğinden farklı yerde görünürler [2]. Hedef azimut yönünde hareket ediyorsa elde edilen görüntüde hareketten kaynaklanan azimut yönünde bir bulanıklık olur. Benzer şekilde, hedef menzil yönünde hareket ediyorsa hareketten kaynaklanan bulanıklığa ilave olarak hedef olması gereken yerden çok farklı bir yerde görüntülenir. Hatta çok yüksek menzil hızlarına sahip hedefler elde edilen görüntü içinden tamamen kaybolur [2 ve 9]. Görüntülerde oluşan bu özellikler birçok farklı algoritmanın temelini oluşturmuştur.

Konumla değişen faz hatası geometrik bozulmaya ve görüntü alanı içindeki saçıcının konumuna bağlı olarak bulanıklığa sebep olur [10]. Bu özellikten faydalanarak YAR görüntüsü içindeki hareketli hedefler tespit edilebilir. Alt yama işleme yöntemi [11] ile ana görüntü küçük alt yamalara bölünür ve bu alt yamalar içindeki hedeflerin yer değiştirmeleri incelenerek hareket tespit edilir.

Bu çalışmada yapay açıklıklı radar görüntüleri içindeki hareketli hedeflerin tespit edilmesi için alt yama yöntemini kullanan yeni bir algoritma önerilmiştir. Alt yama yönteminde incelenen ana bölge daha küçük parçalara bölünerek yeni parça merkezlerine göre görüntüler oluşturularak görüntüye odaklanılır. Önerilen yeni yöntemde, alt yama yönteminde

kullanılan bu yapıdan faydalanılarak hareketli hedeflerin hem menzil, hem de azimut doğrultusundaki hareketleri tespit edilebilmektedir. Görüntü dört adet alt yamaya bölünerek hareketli hedeflerin yüksek başarımla tespit edilmesi sağlanmıştır.

2. Önerilen Yöntem

Önerilen algoritmada spotlight moduyla kaydedilmiş tek kanallı yapay açıklıklı radar verisi kullanılmaktadır. Algoritmaya başlamadan önce veri içinde kargaşa bastırması yapılarak hedef tespit işleminin doğruluğu artırılmıştır.

Alt yama işleme yönteminin esas kullanım alanı görüntü odaklamasıdır. Bu çalışmada, bu yöntemin odaklama işlemine ilave olarak hareketli hedeflerin tespit edilmesinde de kullanılabileceği gösterilmiştir. Ana görüntü Şekil 1'de gösterildiği biçimde daha küçük alt yamalara bölünür. Her bir alt yama görüntüsünün merkezi belirlenir ve işaretin bu noktaya olan gidip gelme zamanı hesaplanır.

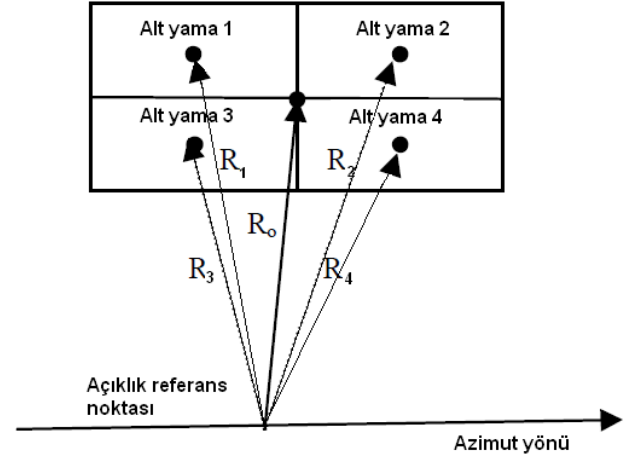
Bu işlemden sonra ana görüntü merkezi için elde edilen ara frekans (IF) işareti ile, hesaplanan gidip gelme gecikme zamanı kullanılarak oluşturulan referans işareti karıştırılarak her bir alt yama için demodüasyonlu işaret elde edilir. Bu işlem ile yeni bir koordinat noktası için bütün görüntünün yeni bir alt yaması oluşturulur. Bu işlem Şekil 1'de gösterilen dört alt yama merkezi kullanılarak tekrarlanır. Sonuçta dört farklı merkez koordinatı için ana görüntünün dört farklı alt yama görüntüsü oluşturulur. Bu alt yama görüntüleri aynı alana farklı açılardan bakılıyormuş gibi değerlendirilebilir. Bu alt yama görüntülerindeki farklar kullanılarak bölge içinde hareketli hedef olup olmadığı tespit edilmektedir.

Hareketli hedef tespit algoritması aşağıdaki adımlarla ifade edilebilir:

- Ana görüntüyü Şekil 1'de gösterildiği gibi dört alt yama görüntüsüne böl.
- Her bir alt yama görüntüsünün merkezini bul ve buna karşılık gelen işaretin gidip gelme gecikmesini hesapla.
- Ana görüntü merkezi için elde edilen IF işareti ile, hesaplanan gidip gelme gecikme zamanı kullanılarak oluşturulan referans işaretini karıştırarak her bir alt yama için demodüasyonlu işareti elde et.
- Elde edilen bu görüntüler içindeki bütün hedefleri (hem hareketli hem de sabit) bul.
- Bu görüntüler içindeki hedeflerin yer değiştirme miktarını hesapla.
- Bir önceki adımda hesaplanan yer değiştirme miktarını kullanarak elde edilen görüntüleri üst üste bindir.
- Üst üste bindirilmiş görüntülerin farkını hesaplayarak görüntü içindeki hareketli hedefleri bul.

Alt yama merkezi ve ana görüntü merkezi arasındaki farktan dolayı oluşturulan bütün görüntülerin içindeki sabit ve hareketli hedefler bir miktar ötelenmiştir. Dört alt yama görüntüsündeki sabit hedeflerin ötelenme miktarları aynıdır. Öte yandan, incelenen alt yama görüntüsüne bağlı olarak hareketli hedefin yer değiştirme miktarı sabit değildir. Hareketli hedefler farklı alt yama görüntülerinde farklı

miktarlarda ötelenmektedir. Bu bilgi değerlendirilerek görüntü içinde hareketli hedef bulunduğu kolayca tespit edilir.



Şekil 1: Alt yama yerleşimi.

3. Benzetim Sonuçları

Önerilen yöntemin performansı Matlab benzetimleriyle ölçülmüştür. Benzetim senaryosunda hareketli ve sabit hedefler görüntü alanına yerleştirilmiştir. Benzetimlerde kullanılan görüntü Şekil 2'de gösterilmektedir. Ayrıca benzetimde kullanılan yapay açıklıklı radar sisteminin parametreleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Benzetimde oluşturulan görüntü içine dört adet hedef yerleştirilmiştir. Bu hedeflerden üç tanesi sabit, sadece en sağdaki hedef hareketlidir. Bu hareketli hedefte saniyede 2,34 metre yer değişecek şekilde bir hareket verilmiştir. Bu hareket sırasıyla sadece menzil ve sadece azimut yönünde uygulanmıştır. Elde edilen bu görüntüler önerilen yöntemle işlenerek görüntülerin içindeki hareketli hedef tespit edilmiştir. Sadece menzil yönünde hareket eden hedef Şekil 3'te, sadece azimut yönünde hareket eden hedef Şekil 4'te işaretlenmiş olarak gösterilmektedir.

Benzetim sonuçları Şekil 5'ten Şekil 8'e kadar gösterilmektedir. Bu şekillerde 2,34 m/s hızında sadece menzil yönünde ve 2,34 m/s hızında sadece azimut yönünde hareket eden hedefler için yapılan inceleme sonuçları gösterilmiştir. Bütün alt yamalar için iki hedef arasındaki yer değiştirme farkı hesaplanmış ve şekillerde gösterilmiştir. Aynı hedefin dört farklı alt yama verisi için elde edilen sonuçlar gruplanarak aynı görüntü içinde gösterilmiştir. Şekillerde belirtilen "Hedef a-b A#x" ifadesi, "a" ve "b" hedeflerinin "x" numaralı alt yama işleme sonucunu göstermektedir. Örneğin "Hedef 1-2 A#1" ifadesi "1" numaralı alt yama içindeki "hedef 1" ile "hedef 2" arasındaki yer değiştirme farkını göstermektedir. Şekil 7 ve Şekil 8'de bu gösterim içinde görülen "M" ise hareketli hedefi belirtmek için kullanılmıştır.

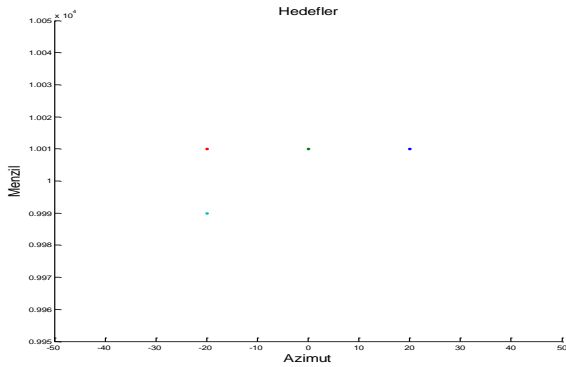
Şekil 5 ve Şekil 6'da görülebileceği üzere sabit hedeflerin bütün alt yamalar için menzil ve azimut yönü yer değiştirme miktarları çok dar bir alan içinde bulunmaktadır. Dolayısıyla sabit hedeflerin alt yamalar içindeki yer değiştirme miktarları sabit olarak düşünülebilir. Öte yandan Şekil 7 ve Şekil 8'de görülebileceği gibi alt yamalar içinde hareketli hedefin sabit

hedeflere göre yer değiştirme miktarı çok farklı değerler alabilmektedir. Böylelikle hareketli hedefin sabit hedeflerden ayrıştırılması kolaylıkla yapılabilir. Sonuç olarak sabit hedefler alt yamalar içinde belirli bir miktarda yer değiştirirken, hareketli hedefler alt yamalar içinde çok farklı miktarlarda yer değiştirir.

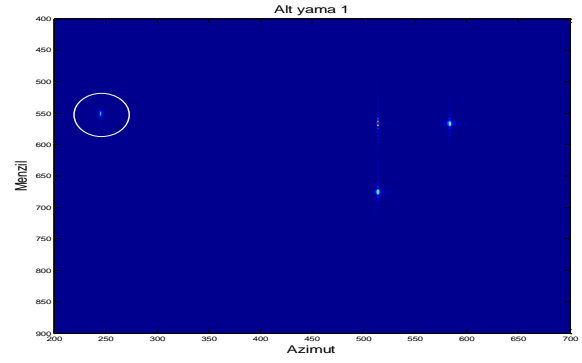
Benzetim senaryolarında hedefin sadece menzil ve sadece azimut yönündeki hareketi 0,39 m/s hızından başlayarak 15,6 m/s hızına kadar incelenmiştir. Bütün bu hız değerleri için elde edilen sonuçlarda Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterildiği gibi sabit hedeflerin alt yamalar içindeki yer değiştirme miktarının her zaman sabit kaldığı gözlenmiştir. Fakat hareketli hedefler ile sabit hedefler arasındaki yer değiştirme farkının değişken olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıktan faydalanılarak hareketli hedefler her zaman tespit edilebilmiştir. Örneğin menzil yönünde hareket eden bir hedef ile sabit hedef arasındaki yer değiştirme miktarı hedef hareketi 0,39 m/s iken 0,78 metre olmasına karşın, hedef hızı arttıkça fark artmış ve hedef hızı 15,6 m/s iken fark 10,1 metreye çıkmıştır. Bütün senaryolarda menzil ve azimut yönünde hareket eden hedefler başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Tablo 1: Benzetim sistemi parametreleri

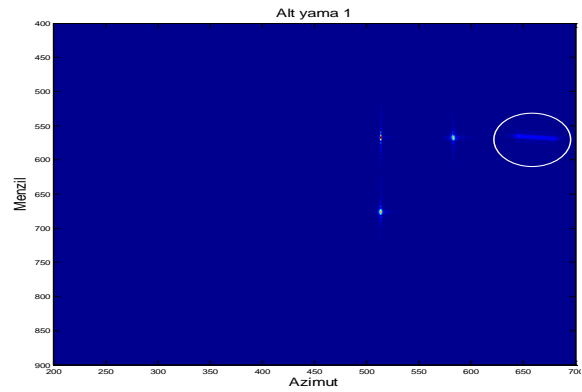
Merkez frekans	10 GHz
Darbe süresi	1 μ s
Radar PRF	200 Hz
Örnekleme frekansı	180 MHz
Chirp oranı	1.5×10^{14}
Platform hızı	200 m/s
Eğim menzil alan merkezi	10 km
Menzil çözünürlüğü	0.3 m
Azimut çözünürlüğü	0.3 m
Eğilim açısı	0°
Gözlem alanı boyutu	200 m x 200 m
YAR görüntüsü boyutu	1024 x 1024 piksel
Alt yama sayısı	4
Hareketli hedef hızı	0,39 m/s – 15,6 m/s



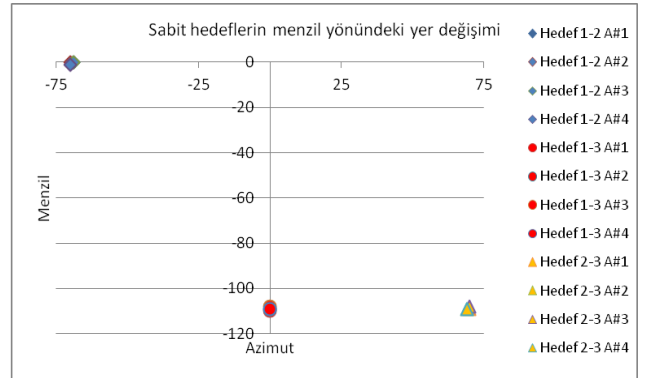
Şekil 2: Benzetimlerde kullanılan hedefler.



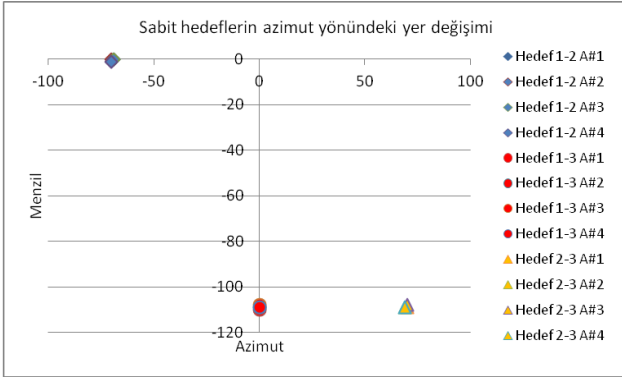
Şekil 3: Sadece menzil yönündeki hareketin alt yama 1 görüntüsü.



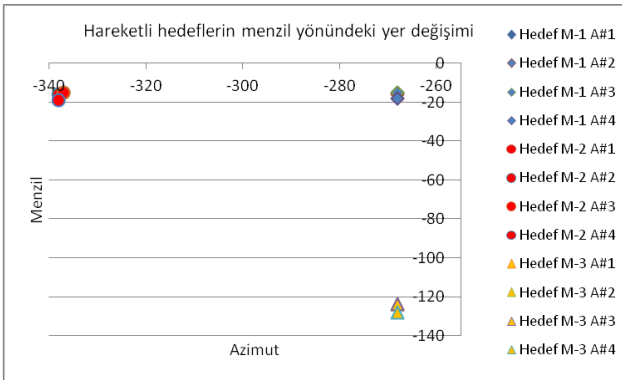
Şekil 4: Sadece azimut yönündeki hareketin alt yama 1 görüntüsü.



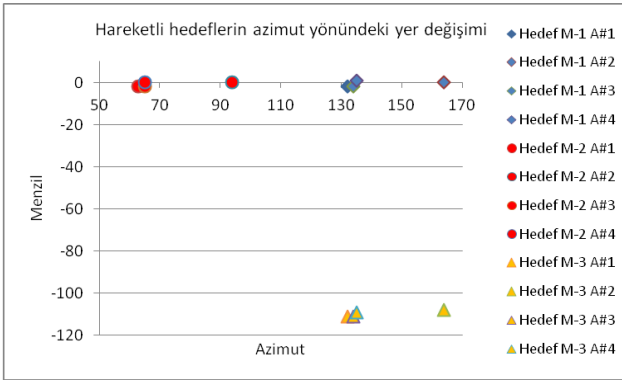
Şekil 5: Sabit hedeflerin menzil yönündeki yer değişimi.



Şekil 6: Sabit hedeflerin azimut yönündeki yer değişimi.



Şekil 7: Hareketli hedeflerin menzil yönündeki yer değişimi.



Şekil 8: Hareketli hedeflerin azimut yönündeki yer değişimi.

4. Sonuçlar

Yapay açıklıklı radar görüntüleri içindeki hem menzil hem de azimut yönünde hareket eden hedeflerin tespit edilmesi için yeni bir yöntem önerilmiştir. Alt yama işleme yöntemiyle herhangi bir yöndeki hedef hareketi tespit edilebilmektedir. Ana görüntüden dört farklı alt yama görüntüsü oluşturulmuştur. Bu alt yama görüntüleri içindeki sabit hedeflerin yer değiştirme miktarı hesaplanarak bu yer değişim miktarlarına göre belirgin şekilde farklı yer değiştirmeye sahip

hedeflerin hareketli olduğuna karar verilmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda alt yama sayısının artırılmasının algoritmanın hareketli hedefleri tespit etme performansındaki etkileri incelenebilir ve hareketli hedeflerin hız ve hareket parametrelerinin elde edilmesiyle ilgili analizler yapılabilir.

Kaynaklar

- [1] G. Palubinskas, and H. Runge, Detection of Traffic Congestion in SAR Imagery, *Proc. of 7th European Conference on SAR*, Fridrichshafen, Germany, 2008
- [2] M. Kirscht, Detection, Velocity Estimation and Imaging of Moving Targets with Single-Channel SAR, *Proc. of European Conference on Synthetic Aperture Radar, EUSAR '98* 1998
- [3] J.H. Jung, Ground Moving Target Displacement Compensation in the DPCA based SAR-GMTI System, *2009 IEEE Radar Conference*, 2009
- [4] F. Qin, X. Zhang, and M. Dong, A method of hybrid ATI and DPCA technique to detect moving target, *CIE '06, International Conference on Radar*, 2006.
- [5] R. Kohlleppe, and G. Gierull, Enhancement of along-track interferometry for ground moving target indication, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2008.
- [6] G. Li, J. Xu, Y. Peng, and X. Xia, Detection, Velocity Estimation and Imaging of Fast Moving Targets Using Single Antenna SAR, *International Conference on Radar*, 2006.
- [7] S. Liu, Y. Yuan, F. Gao, and S. Mao, Method of moving target detection based on sub-image cancellation for single-antenna airborne synthetic aperture radar, *Journal of Systems Engineering and Electronic*, 2007.
- [8] M. Kirscht, Detection and imaging of arbitrarily moving targets with single-channel SAR, *RADAR 2002*, 2002.
- [9] J.R. Fienup, Detecting Moving Targets in SAR imagery by focusing, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 2001
- [10] W.G. Carrara, R.S. Goodman, and R.M. Majewski, *Spotlight Synthetic Aperture Radar Signal Processing Algorithms* (Artech House, Norwood, MA, 1995).
- [11] M. Kartal, S. Paker, S. Kent, A New Subpatch Focusing Algorithm for Spotlight SAR Processing of Large Scenes, *EUSAR 2010*, 2010.