

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENELLEŞTİRİLMİŞ TERS YAPAY AÇIKLIK RADARI (ISAR) İLE
HAREKETLİ BİR GEMİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Murat ÜNAL**

Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Programı : Telekomünikasyon Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedef KENT

MAYIS 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENELLEŞTİRİLMİŞ TERS YAPAY AÇIKLIK RADARI (ISAR) İLE
HAREKETLİ BİR GEMİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Murat ÜNAL
(504061348)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Mayıs 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sedef KENT (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Mesut KARTAL (İTÜ)
Prof. Dr. Ayşen DEMİRÖREN (İTÜ)**

MAYIS 2010

Aileme,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda değerli zamanını esirgemeyen, bilgi ve önerilerini benimle her zaman paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. Sedef KENT'e ve Yrd. Doç. Dr. Mesut KARTAL'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yüksek lisans eğitimim süresince manevi destekleri ile bana yardımcı olan babam Abdil ÜNAL'a, annem Adile ÜNAL'a ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2010

Murat Ünal

Telekomünikasyon Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENELLEŞTİRİLMİŞ ISAR GEOMETRİSİ	3
3. HAREKET EDEN HEDEFİN ISAR İLE GÖRÜNTÜLENMESİ.....	7
4. HAREKETLİ HEDEFİ ISAR İLE TESPİT ETME YAZILIMI	13
4.1 MATLAB Simülasyon Sonuçları.....	13
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	17
KAYNAKLAR	19
EKLER.....	21

KISALTMALAR

FFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)
IFFT	: Ters Hızlı Fourier Dönüşümü (Inverse Fast Fourier Transform)
ISAR	: Ters Yapay Açıklık Radarı (Inverse Synthetic Aperture Radar)
SAR	: Yapay Açıklık Radarı (Synthetic Aperture Radar)
SF	: Step Frekans (Stepped Frequency)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Parametreler.....	13
---------------------------------	----

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Genelleştirilmiş ISAR senaryosu.	3
Şekil 2.2 : Yaw, Roll ve Pitch açıları.....	5
Şekil 3.1 : Hareket eden hedefin radarla görüntülenme geometrisi.....	7
Şekil 3.2 : Hedefin step görüntülenmesi.....	10
Şekil 4.1 : 15 saçıcı bir gemi	14
Şekil 4.2 : 15 saçıcı geminin MATLAB simülasyon sonucu.	14
Şekil 4.3 : Hareket telafisiz MATLAB simülasyon sonucu.	15
Şekil 4.4 : 30 saçıcı bir gemi	15
Şekil 4.5 : 30 saçıcı bir geminin MATLAB simülasyon sonucu.....	16

GENELLEŞTİRİLMİŞ TERS YAPAY AÇIKLIK RADARI (ISAR) İLE HAREKETLİ BİR GEMİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ

ÖZET

Menzil Doppler tekniği iki boyutlu ISAR görüntü elde etmek için kullanılan bir yöntemdir [1]. Menzil Doppler tekniğinin iyi sonuç vermesi için Doppler frekansının zamana göre sabit olması gerekir [2]. Bu koşul düz hareket eden hedefler için geçerli olsa da manevra yapan hedefler için geçerli değildir. Fourier dönüşümü ile menzil Doppler bilgisi elde edildiği zaman ve eğer Doppler frekansı da zamana göre sabit değilse elde edilecek radar görüntüsü bulanık olur [3]. Bunu önlemek için görüntüyü elde etmeden önce özel yöntemler uygulanır. Hareket telafisi adımlarından menzil izleme bu yöntemlerden biridir. Menzil izleme yöntemi kullanılmadan görüntü elde edildiği zaman görüntü kalitesi düşmektedir.

Bu çalışmada, denizde düz hareket eden bir geminin görüntülenmesiyle ilgili çalışmalardan ve manevra yapan bir hedefin görüntülenmesi ile ilgili çalışmalardan yararlanılarak denizde manevra yaparak hareket eden bir geminin ISAR görüntüsünün elde edilmesi amaçlanmıştır.

Bölüm 2’ de genelleştirilmiş ISAR geometrisi anlatılmaktadır. Gemi ve uçağın konumları, Yaw, Pitch ve Roll açılarının elde ediliő anlatılmaktadır.

Bölüm 3’ te hareket eden bir hedefin ISAR görüntüsünün elde edilmesi anlatılmaktadır. Geminin manevra bilgileri, gemiden dönen sinyallerden radar alıcısında görüntü elde etme adımları anlatılmaktadır.

Son olarak bölüm 4’ te de geminin görüntülenmesi amacıyla yapılan MATLAB çalışmasına yer verilmiştir. Burada değişik sayıda saçıcıların yerleştirildiği geminin görüntülenmesi yapılmıştır, menzil izleme yönteminin görüntülenme üzerindeki etkisi incelenmiştir.

IMAGING A MOVING SHIP WITH GENERALIZED INVERSE SYNTHETIC APERTURE RADAR (ISAR)

SUMMARY

Range Doppler method is used to obtain 2 dimensional ISAR images [1]. To obtain good results, Doppler frequency should be constant according to time [2]. This condition is valid for targets which have regular trajectories and not valid for targets which have complex motions such as maneuvering. When range Doppler information is obtained with Fourier transform, if Doppler frequency is not constant according to time, radar image will be blurred [3]. To prevent this, special techniques are used before obtaining radar image. Range tracking, which is the one of the steps of the motion compensation, is one of that techniques.

In this work, it is purposed that to obtain ISAR image of a target which has a complex motion such as maneuvering in sea with the help of works about a target moving smoothly in sea and a target which is maneuvering.

In section 2, generalized ISAR geometry is explained. Locations of the target and the aircraft are explained and obtaining Roll, Yaw and Pitch angles are explained.

In section 3, obtaining ISAR image of a maneuvering target is explained. The maneuvering information of the ship and obtaining image from returned signals from the target is explained.

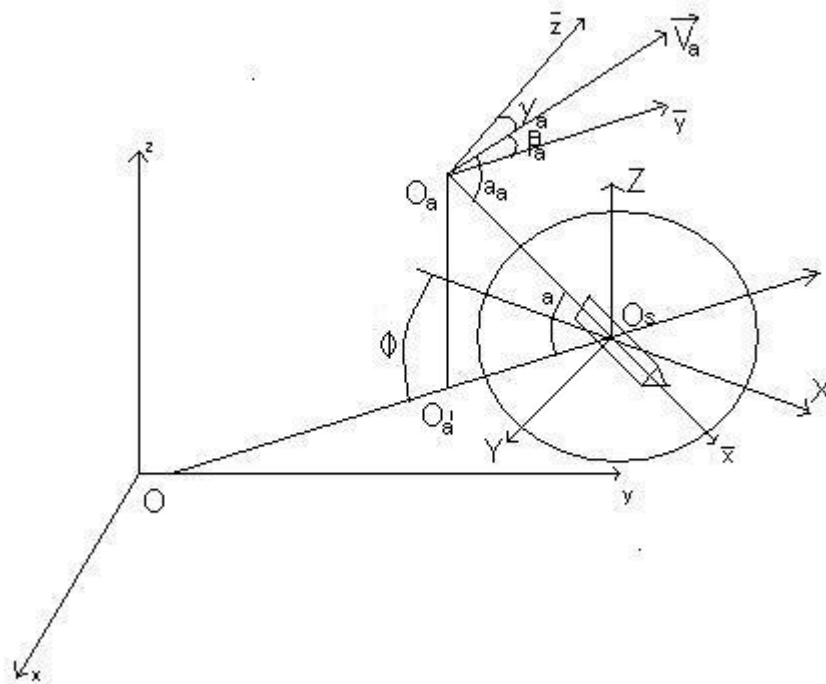
Finally, in section 4, a MATLAB work about imaging of the maneuvering ship in sea is explained. Here, the images of the ship are obtained with different scatterer numbers, the effect of range tracking on imaging is analyzed.

1. GİRİŞ

Radar hedefe elektromanyetik dalgalar gönderir ve hedeften yansıyan dalgaları geri alır. Bir radar görüntüsü genellikle menzil ve Doppler düzlemi üzerinde elde edilir [1]. Bu görüntüyü elde ederken Doppler frekansının sabit olduğu varsayılır [2]. Fiziksel olarak büyük anten açıklığı kullanmadan yüksek Doppler çözünürlüğü elde etmek için sentetik dizi yöntemi kullanılabilir [3]. Bu yöntem hedefleri görüntülemek için kullanılan genel bir yöntemdir. SAR (sentetik açıklık radarı) ve ISAR (ters sentetik açıklık radarı) bu yöntemi kullanır. SAR görüntülemeye radar hareketli, hedef ise sabittir. Radarın sabit, hedefin ise hareketli olduğu sistemlere ISAR görüntüleme sistemleri denir. Eğer hem radar hem de hedef her ikisi birden hareketli ise buna genelleştirilmiş ISAR yaklaşımı denir [1, 2]. ISAR radar Doppler çözünürlüğü elde edebilmek için Doppler bilgisini kullanır [3]. Hedef saçıcıların Doppler frekansı radar alıcısında elde edilebilir yani hedefin yansıtıcılığı Doppler spektrumu ile ifade edilebilir. ISAR radar menzil Doppler görüntü çerçeveleri üretir [4]. ISAR görüntülemeye Doppler bilgisi elde etmek için genel olarak Fourier dönüşümü kullanılır [5]. Fourier dönüşümü kullanmanın dezavantajı ise Doppler frekansı zamana göre değişiyor ise Doppler spektrum tam doğru elde edilmez ve hedefin radar görüntüsü bulanık oluşur.

2. GENELLEŞTİRİLMİŞ ISAR GEOMETRİSİ

Sentetik dizi radarı hem SAR'ı hem de ISAR'ı kapsar [6]. ISAR sistemlerde hedef hareketli radar sabitken genelleştirilmiş ISAR geometrisinde hem radar hem hedef hareketlidir [1, 2]. Genelleştirilmiş ISAR sistemler her hava koşulunda iyi sonuç verdiği için özellikle denizdeki hedef gemileri belirlemede kullanılır [7, 8]. Şekil 2.1' de şematize edildiği gibi bir SAR taşıyan uçak ile geminin hareketleri Oxyz referans koordinat sisteminde tanımlanmıştır [1, 2]. Bu sistemde O_a noktası merkezli bir uçak bulunmakta ve O_s noktası merkezli gemiyi tespit etmeye çalışmaktadır. Gemi O_sXYZ koordinat sistemine yerleştirilmiştir. $O_a\bar{x}$ doğrusu geminin kütle merkezinden geçmektedir. Uçağın kütle merkezi koordinatları $O_a(x_a, y_a, z_a)$ koordinatlarıdır. $O_a(x_a, y_a, 0)$ koordinatları ise uçak koordinatlarının Oxy düzlemine izdüşümüdür.



Şekil 2.1 : Genelleştirilmiş ISAR senaryosu.

Uçağın koordinatları zamana göre aşağıdaki gibi değişir.

$$\begin{aligned}x_a &= x_a(p) = x_{a0} + V_{ax} p T_p \\y_a &= y_a(p) = y_{a0} + V_{ay} p T_p \\z_a &= z_a(p) = z_{a0} + V_{az} p T_p\end{aligned}\tag{2.1}$$

Burada V_{ax} , V_{ay} ve V_{az} hız bileşenleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}V_{ax} &= V_a \cos \alpha_a \\V_{ay} &= V_a \cos \beta_a \\V_{az} &= V_a \cos \gamma_a\end{aligned}\tag{2.2}$$

$\cos \alpha$, $\cos \beta$ ve $\cos \gamma$ uçağın hızının kosinüs yönleridir. p darbe sayısı olmak üzere T_p darbe yansıma periyodudur. x_{a0} , y_{a0} ve z_{a0} SAR taşıyıcı uçağın ilk koordinatlarıdır.

Geminin kütle merkezi koordinatları şu şekilde değişir:

$$\begin{aligned}x_s &= x_s(p) = x_{s0} + V_{xs} p T_p \\y_s &= y_s(p) = y_{s0} + V_{ys} p T_p \\z_s &= z_s(p) = \sin \Omega_z p T_p\end{aligned}\tag{2.3}$$

Burada geminin lineer vektörel hız bileşenleri V_{xs} ve V_{ys} şu şekilde ifade edilebilir:

$$\begin{aligned}V_{xs} &= V_s \cos \alpha_s \\V_{ys} &= V_s \sin \alpha_s\end{aligned}\tag{2.4}$$

Ω_z geminin kütle merkezinin dikey yer değiştirmesinin açısal hızıdır. Bu hız deniz dalgaları tarafından oluşturulur. α_s geminin vektörel hızı ile Ox eksenini arasındaki açıdır. V_s ise gemi hız vektörünün genliğidir.

Gemi ve SAR taşıyıcı arasındaki bağıl uzamsal doğrultu aşağıdaki geometrik parametreler ile tanımlanır:

Uçak yörüngesinin Oxy düzlemine izdüşümü ile Ox eksenini arasındaki açı,

$$\phi_a = \arctg \frac{-a_1}{b_1} = \arctg \frac{y_s - y_a}{x_s - x_a} \quad (2.5)$$

$O_s X$ ile $O_a'O_s$ doğruları arasındaki Yaw açısı,

$$\Phi = \arctg \frac{V_{ys}(x_s - x_a) + V_{xs}(y_a - y_s)}{V_{ys}(y_a - y_s) + V_{xs}(x_a - x_s)} \quad (2.6)$$

$O_a O_s$ ile $O_a'O_s$ doğruları arasındaki Roll açısı,

$$\alpha = \arccos \sqrt{\frac{(x_s - x_a)^2 + (y_s - y_a)^2}{(x_s - x_a)^2 + (y_s - y_a)^2 + (z_s - z_a)^2}} \quad (2.7)$$

Uçak ve gemi kütle merkezi arasındaki uzaklık - $O_a O_s$,

$$R_{as} = \sqrt{(x_a - x_s)^2 + (y_a - y_s)^2 + (z_s - z_a)^2} \quad (2.8)$$

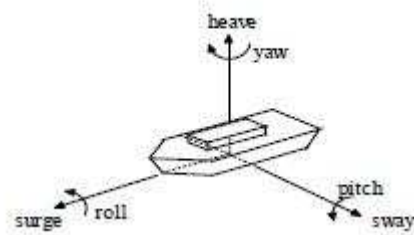
$O_a \bar{z}$ ile $O_s z$ eksenleri arasındaki Pitch açısı,

$$\Theta = \arccos \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (2.9)$$

Buradaki A, B ve C şu şekilde ifade edilirler,

$$\begin{aligned} A &= V_{az}(y_a - y_s) - V_{ay}(z_a - z_s) \\ B &= V_{ax}(z_a - z_s) - V_{az}(x_a - x_s) \\ C &= V_{ay}(x_a - x_s) - V_{ax}(y_a - y_s) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Yaw, Roll ve Pitch açıları aşağıdaki gibi gösterilebilir,



Şekil 2.2 : Yaw, Roll ve Pitch açıları.

Gemideki ijk . nokta saçıcı gözlem noktası $O_a \overline{\overline{\overline{xyz}}}$ de

$$\begin{bmatrix} \overline{\overline{\overline{x}}}_{ijk}(p) \\ \overline{\overline{\overline{y}}}_{ijk}(p) \\ \overline{\overline{\overline{z}}}_{ijk}(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{as}(p) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + A \begin{bmatrix} X_{ijk} \\ Y_{ijk} \\ Z_{ijk} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

şeklinde tanımlanır. Buradaki $R_{as}(p)$ uçak ve gemi kütle merkezleri arasındaki uzaklıktır ve darbe sayısına göre değişmektedir.

$$R_{as}(p) = \sqrt{(x_a - x_s)^2 + (y_a - y_s)^2 + (z_s - z_a)^2} \quad (2.13)$$

Koordinat dönüşüm matrisi A ise şu şekilde tanımlanır,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

A matrisinin elemanları şu şekildedir,

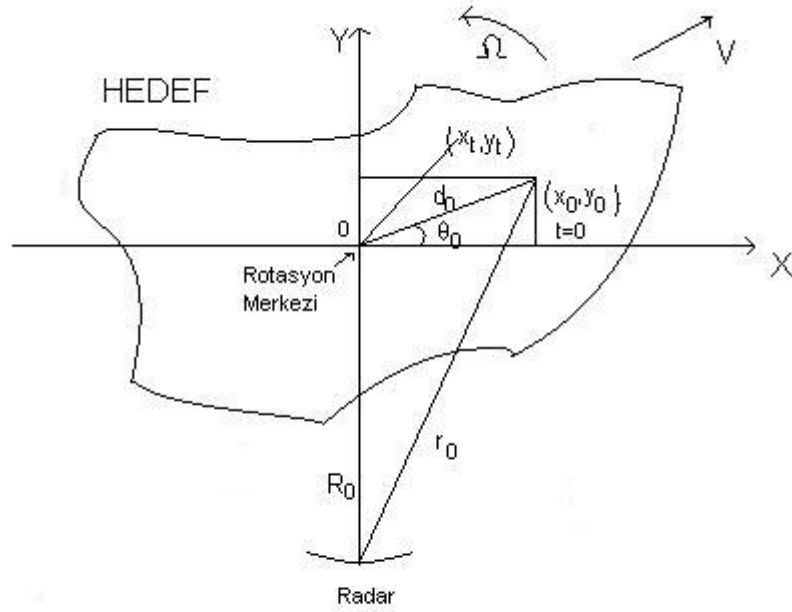
$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos \Phi \cos \alpha - \sin \Phi \cos \Theta \sin \alpha \\ a_{12} &= -\cos \Phi \sin \alpha - \sin \Phi \cos \Theta \cos \alpha \\ a_{13} &= \sin \Phi \sin \Theta \\ a_{21} &= \sin \Phi \cos \alpha + \cos \Phi \cos \Theta \sin \alpha \\ a_{22} &= -\sin \Phi \sin \alpha + \cos \Phi \cos \Theta \cos \alpha \\ a_{23} &= -\cos \Phi \sin \Theta \\ a_{31} &= \sin \Theta \sin \alpha \\ a_{32} &= \sin \Theta \cos \alpha \\ a_{33} &= \cos \Theta \end{aligned} \quad (2.14)$$

Uçaktan hedefin ijk . nokta saçıcısına olan uzaklık şu şekilde olur,

$$\overline{\overline{\overline{R}}}_{ijk}(p) = \sqrt{\overline{\overline{\overline{x}}}_{ijk}^2(p) + \overline{\overline{\overline{y}}}_{ijk}^2(p) + \overline{\overline{\overline{z}}}_{ijk}^2(p)} \quad (2.15)$$

3. HAREKET EDEN HEDEFİN ISAR İLE GÖRÜNTÜLENMESİ

Hareket eden bir hedefin radarla görüntülenmesine ait geometri aşağıdaki şekildeki gibi gösterilebilir [3].



Şekil 3.1 : Hareket eden hedefin radarla görüntülenme geometrisi.

Hedef Şekil 3.1 'de görüldüğü gibi merkezi geometrik merkezde olacak şekilde kartezyen koordinatlarda gösterilmiştir. $t = 0$ anında radardan hedefin geometrik merkezine olan uzaklık R_0 olmak üzere radardan (x_0, y_0) saçıcısına olan r_0 uzaklığı aşağıdaki gibi gösterilebilir,

$$r_0 = \sqrt{R_0^2 + d_0^2 + 2d_0R_0 \sin \theta_0} \quad (3.1)$$

Eşitlikteki saçıcıdan hedefin merkezine olan d_0 uzaklığı,

$$d_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \quad (3.2)$$

Eşitlikteki ilgili saçıcının başlangıç rotasyon açısı,

$$\theta_0 = \arctan(y_0 / x_0) \quad (3.3)$$

Eğer hedefin V_R radyal hızıyla düz bir hareketi varsa ve açısal dönme oranı (açısal hız) Ω ile merkezi etrafında dönme hareketi yapıyorsa t anında saçıcıdan dönen sinyal şöyle olur,

$$s_r(f, r_t) = \rho(x_0, y_0) \exp\left\{j2\pi f \frac{2r(t)}{c}\right\} \quad (3.4)$$

Eşitlikteki $\rho(x_0, y_0)$ saçıcının yansıma fonksiyonudur. Saıcının radara uzaklığı $r(t)$,

$$r(t) = r_0 + v_R t + x_0 \sin \Omega t + y_0 \cos \Omega t \quad (3.5)$$

Gönderilen sinyalin fazı ise şu şekildedir,

$$\Phi_r(r_t) = 2\pi f \frac{2r(t)}{c} \quad (3.6)$$

Buradaki c dalga propagasyon hızıdır.

Hedeften yansıyan sinyaller bütün saçıcılardan dönen sinyallerin entegrasyonu ile şöyle belirtilebilir,

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x, y) \exp\left\{-j2\pi f \frac{2r}{c}\right\} dx dy \quad (3.7)$$

Hem düz hareket eden hem de manevra yapan bir hedef için radardan hedefin merkezine olan $R(t)$ uzaklığı ve rotasyon açısı $\theta(t)$ zamana bağlı değişir. Bu ifadeler başlangıçtaki radar hedef merkezi uzaklığı R_0 ile (3.3)' teki başlangıç rotasyon açısı, V_R radyal hız, açısal hız Ω , başlangıç radyal ivme a_R ve açısal ivme a yardımıyla hesaplanabilir. $R(t)$ şu şekildedir,

$$R(t) = R_0 + v_R t + \frac{1}{2} a_R t^2 + \dots \quad (3.8)$$

Rotasyon açısı $\theta(t)$ de şu şekildedir,

$$\theta(t) = \theta_0 + \Omega t + \frac{1}{2} \alpha t^2 + \dots \quad (3.9)$$

(x,y) noktasındaki saçıcının lokal koordinat sistemindeki radardan uzaklığı,

$$r(t) = R(t) + x \cos \theta(t) - y \sin \theta(t) \quad (3.10)$$

(3.10)'daki ifadeyi (3.7)'deki r ifadesi yerine kullanırsak radar alıcısındaki işaret şu şekli alır,

$$S(f)_t = \exp(-j4\pi f R(t)/c) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \rho(x,y) \exp\{-j2\pi(xf_x(t) - yf_y(t))\} dx dy \quad (3.11)$$

Burada f_x frekans bileşeni aşağıdaki gibidir,

$$f_x = \frac{2f}{c} \cos \theta(t) \quad (3.12)$$

f_y frekans bileşeni de aşağıdaki gibidir,

$$f_y = \frac{2f}{c} \sin \theta(t) \quad (3.13)$$

(3.11) ifadesi $\exp(+j4\pi f R(t)/c)$ ile çarpıldığı zaman faz terimi yok edilir, bu yöntem menzil izleme denir ve bu yöntem hareket telafi adımlarından biridir. Bu işlemin amacı zamanla değişen Doppler frekansının görüntü üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaktır. Menzil izleme yönteminden sonra da Fourier işlemleriyle elde edilen görüntü hala bulanık olabilir.

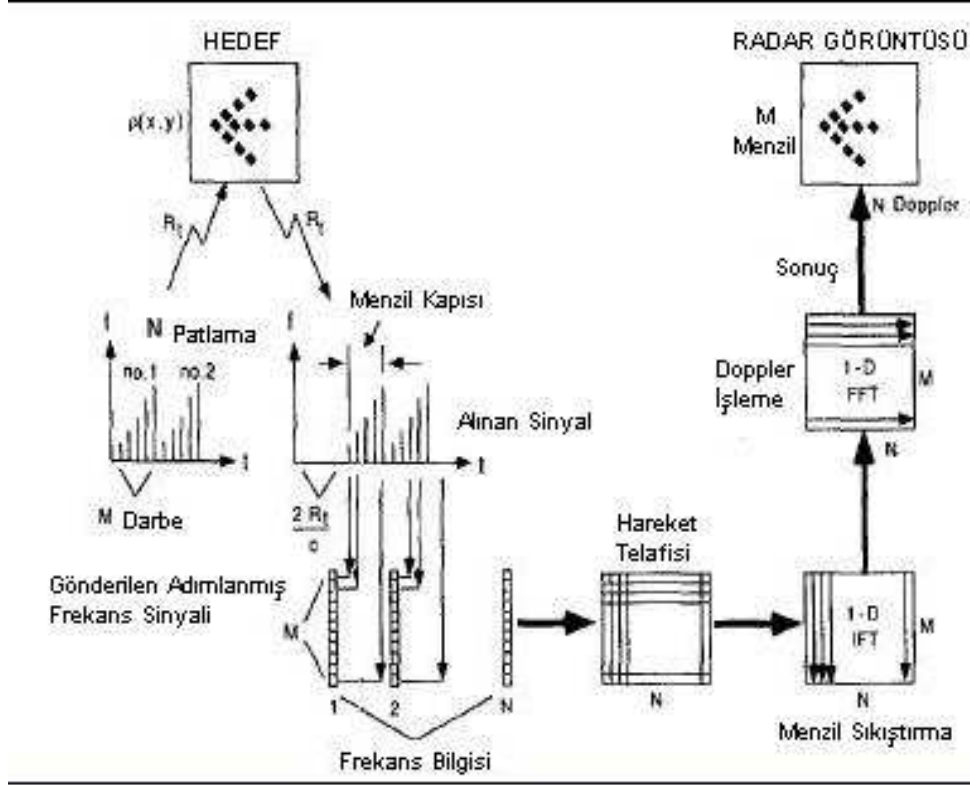
Doppler frekansının nasıl değiştiğine bakılacak olursa hedeften geri yansıyan sinyalin fazı şu şekildedir,

$$2\pi f \frac{2r(t)}{c} = 2\pi f \frac{2[R(t) + x \cos \theta(t) - y \sin \theta(t)]}{c} \quad (3.14)$$

$R(t)$ ve $\theta(t)$ ifadeleri yerine (3.8) ve (3.9)'daki karşılıkları yazılırsa ve elde edilen faz ifadesinin zamana göre türevi alınır düz hareketten ve rotasyondan dolayı olan zamana göre değişen Doppler frekansları aşağıdaki gibi elde edilir,

$$f_{Ddüz} = \frac{2f}{c} V_R \quad (3.15)$$

$$f_{Drot} = \frac{2f}{c} [x(-\Omega \sin \theta_0 - \Omega^2 t \cos \theta_0) - y(\Omega \cos \theta_0 - \Omega^2 t \sin \theta_0)] \quad (3.16)$$



Şekil 3.2 : Hedefin step görüntülenmesi.

Şekil 3.2 SF sinyal kullanılarak SAR görüntüleme yapmayı tasvir etmektedir [3]. Burada, radar N patlama yollamaktadır. Her bir patlama M darbeye sahiptir. Her bir patlamada merkez frekans f_m sabit bir frekans aralığı Δf ile artmaktadır. $S(f_{m,n})$ frekans bilgisi $m = 0, 1, \dots, M - 1$, $n = 0, 1, \dots, N - 1$ olmak üzere M satır N sütunluk iki boyutlu matristen oluşur. Radar bu frekans bilgisini ham data olarak kullanarak menzil sıkıştırma işleminde kullanır. SF sinyaller için menzil sıkıştırma alınan her N frekans bilgisi için aşağıdaki gibi m'ye göre IFT uygulanarak elde edilir,

$$G(r_{m,n}) = IFT\{S(f_{m,n})\} \quad (3.17)$$

Bu işlemden sonra N menzil profili ve M menzil menzil hücresi elde edilebilir. Daha sonra hareket kompanze edilmiş menzil profilleri $m = 0, 1, \dots, M - 1$, $n = 0, 1, \dots, N - 1$ olmak üzere $G'(r_{m,n})$ şeklini alır.

$G'(r_{m,n})$ üzerinde n'ye göre FFT uygulanarak Range Doppler düzleminde M*N boyutunda görüntü oluşur,

$$I(r_m, f_n) = FFT_n \{G'(r_{m,n})\} \quad (3.18)$$

4. HAREKETLİ HEDEFİ ISAR İLE TESPİT ETME YAZILIMI

Bu bölümde ISAR radar ile hareketli bir gemiyi tespit eden simülasyon çalışması gösterilecek.

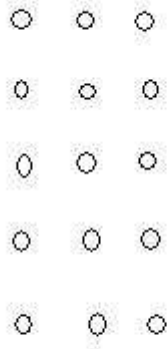
Simülasyonda kullanılan bazı parametreler aşağıdaki gibidir,

Çizelge 4.1 : Parametreler

Parametreler	Değerleri
Radar frekansı	8 GHz
Adım frekans sayısı	64
Uçağın hızı	300 m/sn
Uçağın x koordinatı	2000 m
Uçağın y koordinatı	3000 m
Uçağın z koordinatı	5000 m
Geminin hızı	22 m/sn
Geminin x koordinatı	4000 m
Geminin y koordinatı	1000 m
Geminin z koordinatı	0 m

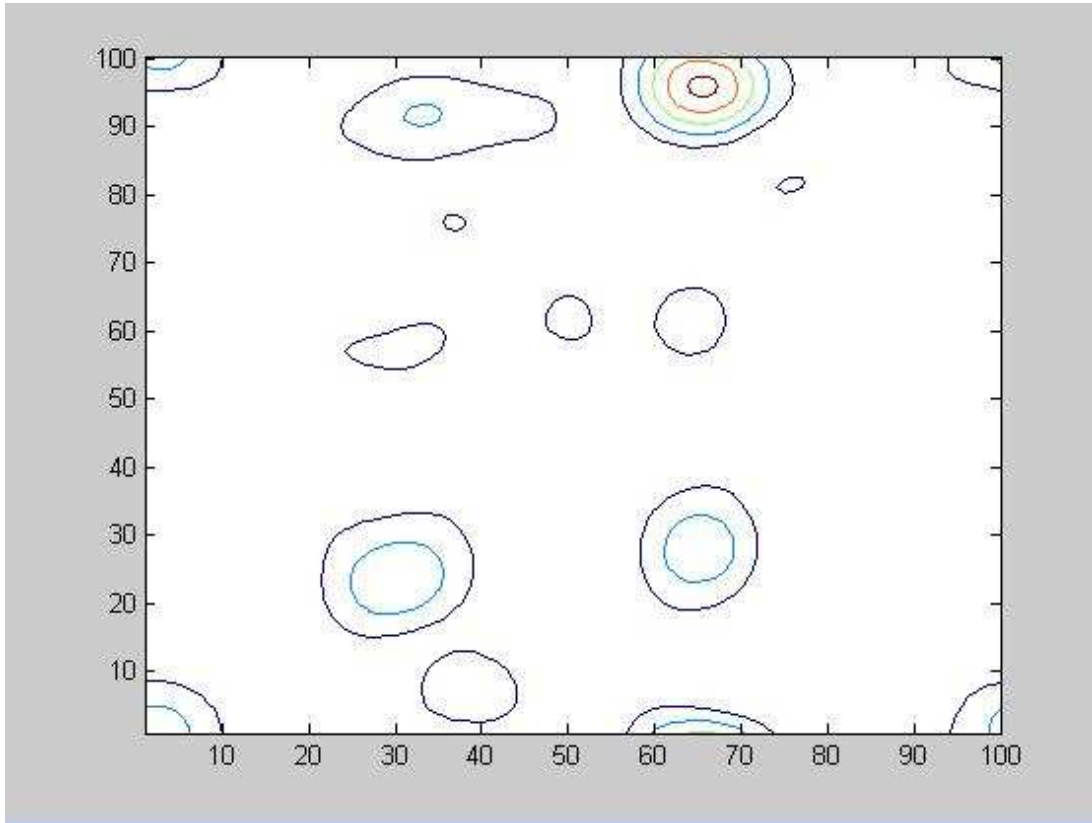
4.1 MATLAB Simülasyon Sonuçları

MATLAB kodunda ilk olarak 15 saçıcıdan oluşan aşağıdaki gibi bir gemi düşünülmüştür,



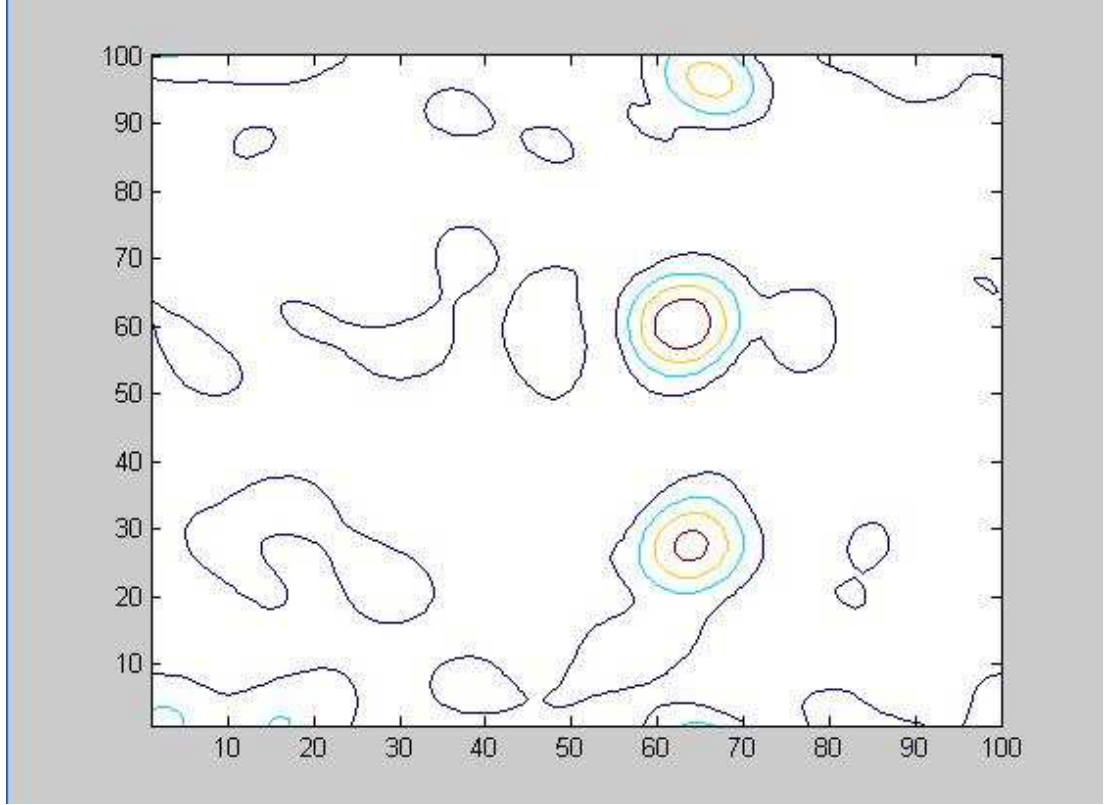
Şekil 4.1 : 15 saçıcı bir gemi.

MATLAB çalışmamızda aşağıdaki gibi bir sonuç elde edildi,



Şekil 4.2 : 15 saçıcı geminin MATLAB simülasyon sonucu.

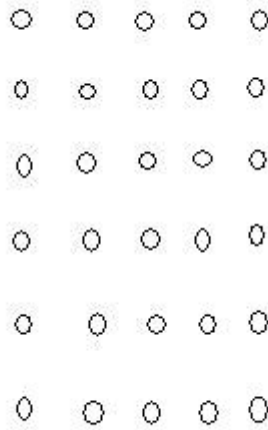
Aynı gemi üzerinde hareket telafisi yani menzil izleme yöntemi uygulanmadığı zaman aşağıdaki gibi bir sonuç elde edildi,



Şekil 4.3 : Hareket telafisiz MATLAB simülasyon sonucu.

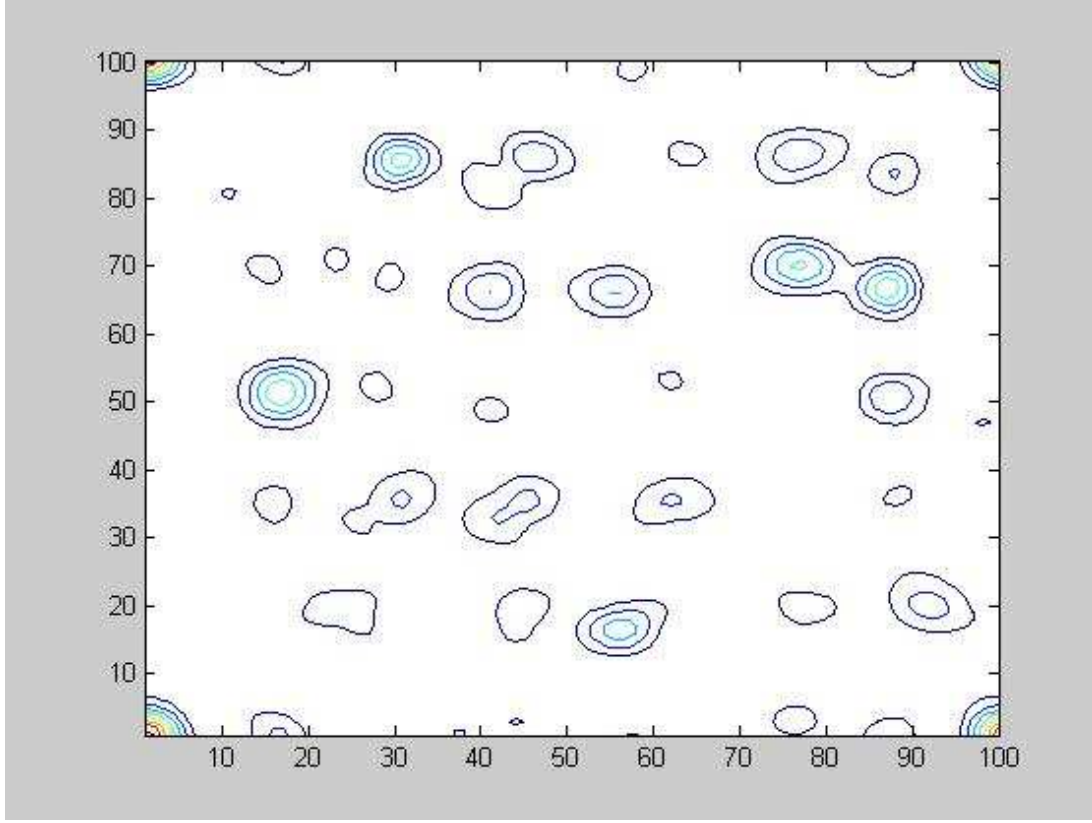
Şekilden görüldüğü gibi hareket telafisi yapılmadığı zaman görüntü kalitesi bozulmaktadır, saçıcılar iyi bir şekilde elde edilememektedir.

Gemideki saçıcı sayısını 30 yapıp aşağıdaki gibi bir gemi olduğunu düşünelim,



Şekil 4.4 : 30 saçıcılı bir gemi.

MATLAB çalışmamızda aşağıdaki gibi bir sonuç elde edildi,



Şekil 4.5 : 30 saçıcı bir geminin MATLAB simülasyon sonucu.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Denizde düz hareket eden bir geminin görüntülenmesine ait çalışmalar ve manevra yapan bir hedefin görüntülenmesine ait çalışmalardan yararlanılarak denizde manevra yapan bir geminin görüntülenmesi amaçlanmaktadır. Sadece radarın hareketli olduğu sistemler SAR sistemler, sadece hedefin hareketli olduğu sistemler ISAR sistemler idi. SAR taşıyan bir uçakla denizdeki bir geminin tespitine yönelik simülasyon çalışması yapılmıştır. Hem gemi hem radar hareketli olduğu için genelleştirilmiş ISAR çalışması olmaktadır. Buradaki ISAR radar Doppler bilgisi kullanmaktadır. Doppler bilgisi elde edebilmek için Fourier dönüşümlerinden yararlanılmıştır. Fourier dönüşümüyle Doppler bilgisi elde ederken Doppler frekansı zamana göre değişiyor ise Doppler spektrum tam doğru elde edilmez ve bulanık hedef görüntüsü oluşur. Çalışmamızda ISAR geminin rotasyon açısı zamana bağlı olduğu için Doppler frekansı zamana bağlı olur ve MATLAB yazılım sonucunda Fourier dönüşümleriyle menzil Doppler düzleminde elde edilecek gemi görüntüsünün bulanık olması beklenir.

KAYNAKLAR

- [1] **Lazarov Andon, Chavdar Minchev**, 2005. *ISAR imaging of the ship target at sea. The 24.th Digital Avionics Systems Conference, October 30*
- [2] **Lazarov Andon, Chavdar Minchev**, 2007. *SAR ship target imaging by induced complementary movement. IEEE*, pp. 441 - 446
- [3] **Chen C. Victor, Qian Shie**, 1998. *Joint time-frequency transform for radar range Doppler imaging. IEEE, Transactions on AES*, volume: 34, no: 2, pp. 486 - 498.
- [4] **Musman S., Kerr D., Bachmann C.**, 1996. *Automatic recognition of ISAR ship images. IEEE, Transactions on AES*, volume: 32, no: 4, pp. 1392 - 1404.
- [5] **Jun Peng, Dan Liu, Guang-ming Wang, Haotian Yuan**, 2007. *Reconstruction of ISAR imaging using time – frequency distribution series method. IEEE*, pp. 351 - 354
- [6] **Wehner, D. R.**, 1994. *High resolution radar*. Boston: Artech House, 2nd edn..
- [7] **Lacomme P., J-P. Hardange, J-C. Marchias, E. Normant**, 2001. *Air spaceborn radar systems*. New York: William Andrew Publishing.
- [8] **Maki A., Fukui K., Kawawada Y., Kiya M.**, 2002. *Automatic ship identification in ISAR imagery: an online system using CMSM. Proceedings of the 2002 IEEE Radar Conference, Picataway, NJ*, pp. 206 - 211.

EKLER

EK A.1: Hazırlanan yazılım kaynak kodları ve tezin bilgisayar ortamındaki halini içeren CD verilecektir.

ÖZGEÇMİŞ

**VESİKALIK
FOTO**

Ad Soyad: Murat ÜNAL

Doğum Yeri ve Tarihi: Isparta, 1984

Adres: Yolu İzmir Sok. Ulaş sitesi No: 15, Ümraniye/İSTANBUL

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi