T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI GEMİ RADAR SİMÜLATÖRÜ

TANKUT OĞUZ TOPBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. AHMET KIZILAY

İSTANBUL, 2015

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERÇEK ZAMANLI GEMİ RADAR SİMÜLATÖRÜ

Tankut Oğuz Topbaş tarafından hazırlanan tez çalışması 25.02.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ahmet KIZILAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Salim Ahmet KIZILAY

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Salih DEMİREL

İstanbul Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Emre AYDEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Bu çalışma, Simsoft firmasının TÜBİTAK 1501 – Sanayi Ar-Ge Projeleri destekleme Programı 3120141 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Günümüzde simülatörlere duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu tez kapsamında yapılan gemi radar simülatörü gemi adamlarının eğitiminde kullanılacaktır. Bu eğitimlerin sahadan önce simülasyon ortamında yapılması iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda simülatörlerin etkisi büyük ölçüde artış göstermektedir. Ayrıca ülkenin dışarıya olan bağımlılığını azaltmakla birlikte, bundan sonra yapılabilecek simülatörlerinde önünü açmaktadır.

Bu tezin hazırlanma sürecinde desteklerini ve bilgi birikimini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ahmet KIZILAY'a en derin saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum. Tezimle paralel olarak, Simsoft firmasının yürütmüş olduğu TÜBİTAK destekli olan Deniz Sistemleri Altyapısı (DESSA) projesinde yer aldığım süre içerisinde bana her zaman destek olan Dr. Aydın OKUTANOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezin yapımında sağladıkları yazılım desteği için Simsoft firmasına teşekkür ederim.

Hayatım ve eğitimim süresince bana hep destek olan anneme, babama ve kardeşime sonsuz şükran ve minnettarlığımı sunarım.

Ocak, 2015

Tankut Oğuz TOPBAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ x

ÖZET xi

ABSTRACT xii

BÖLÜM 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 1

1.3 Hipotez 2

BÖLÜM 2

2.1 Işın İzleme Metodu (Ray - Tracing) 4

2.2 Yansıma 7

2.3 Fizik Optik Metodu 10

2.3.1 Saçılan Alan Hesabı 11

2.3.2 Koordinat Dönüşümleri 13

2.3.3 Akımın Hesaplanması 14

2.3.4 RKA Hesaplama ve Doğrulama 15

BÖLÜM 3

3.1 Yarıklı Anten Dizaynı (Slotted Array Antenna) 18

BÖLÜM 4

4.1 Arazinin Geri Yansıma ve Gögelendirme Modeli 23
4.2 Denizden Gelen Yansıların Modellenmesi (Sea Clutter) 25
4.3 Yağmur Etkisinin Modellenmesi (Rain Clutter) 27
4.3.1 Yağmurun Tespiti 27
4.3.2 Yağmurun Radar Kesit Alanı Hesabı 28
4.4 Sis Etkisinin Modellenmesi 29
4.4.1 Sisin Zayıflatma Katsayısı 29
4.4.2 Menzil Mesafesindeki Zayıflama Etkisi 30
BÖLÜM 5
BÖLÜM 6
KAYNAKLAR 36
ÖZGEÇMİŞ 37

SİMGE LİSTESİ

E	Elektrik alan şidde
H	Manyetik alan şiddeti
L	Anten boyu
A	Anten genişlik açısı
Θ	Anten ağız açıklığı açısı
Ω_A	Işıma alanı
λ	Dalgaboyu
V	Gerilim
I	Akım

KISALTMA LİSTESİ

CST	Computer Simulation Technology
FO	Fizik Optik
GO	Geometrik Optik
RKA	Radar Kesit Alanı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Küresel Koordinatlar 5
Şekil 2.2 Barisentrik Koordinatlar 6
Şekil 2.3 Işının Yansıması 8
Şekil 2.4 Işın Takibi Tekniğinden Sanal Işının İzlediği Yol 8
Şekil 2.5 Matlab Görünüm (ışın – Arazi 1) 9
Şekil 2.6 Matlab Görünüm (Işın – Arazi 2) 9
Şekil 2.7 Aydınlanmış Üçgen için Vektör Tanımı 10
Şekil 2.8 Global Koordinatlardan Küresel Koordinatlara Dönüşüm – 1 13
Şekil 2.9 Global Koordinatlardan Küresel Koordinatlara Dönüşüm -2 14
Şekil 2.10 RKA Hesaplama ve Doğrulama – 1 15
Şekil 2.11 RKA Hesaplama ve Doğrulama – 2 15
Şekil 2.12 Gerçek geminin 85^{o} ile 95^{o}arasındaki eko etkileri 16
Şekil 2.13 Sinyal Şiddeti 16
Şekil 2.14 Yan Lobların Radar Sistemine Etkisi 16
Şekil 2.15 Konum Açısı – Sinyal Şiddeti 17
Şekil 3.1 TE Modu Temel Bandı 19
Şekil 3.2 Dalga Kılavuzunun Kesiti 19
Şekil 3.3 Dalga Kılavuzunun Enine Kesiti 20
Şekil 3.4 Antenin Teknik Resmi 21
Şekil 3.5 Antenin S11 Parametresi Sonuçları 21
Şekil 4.1 Data Structure 24
Şekil 4.2 Arazinin Geri Yansıma ve Gölgelendirme Modeli 25
Şekil 4.3 Deniz Etkisi Modellemesi 26
Şekil 4.4 Deniz Etkisi Modellemesi 27
Şekil 4.5 Yağmur Etkisinin Modellenmesi 29
Şekil 4.6 Zayıflama Etkisi Menzil Düşüşüne Etkisi (S Bandı) 30
Şekil 4.7 Zayıflama Etkisinin Mezil Düşüşüne Etkisi (X Bandı) 31
Şekil 5.1 Açık Havada Arazi ve Gemiler 32
Şekil 5.2 Açık Hava Gemiler 33
Şekil 5.3 Yağmurlu Havada Arazi 33
Şekil 5.4 Yağmurlu Havada Gemiler 34
Şekil 5.5 Açık Havada Arazi 34

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Antenin Patern Sonuçlar..... 22
Çizelge 4.1 Yağmurun 1 Milde Algılanabilmesi için gerekli RKA 28
Çizelge 4.2 Bandlara Göre Görünürlük Değerleri 29

ÖZET

GERÇEK ZAMANLI GEMİ RADAR SİMÜLATÖRÜ

Tankut Oğuz TOPBAŞ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet KIZILAY

Tezin gerekli radar modellemesi ve dizaynını gerçek zamanlı olarak gerçeklemek amacıyla nümerik metotlar kullanılmıştır. Arazinin radar modellemesi için ışın izleme metodu, gemilerin radar modellemesi için fizik optik ve deniz etkisinin (sea clutter) radar modellemesi için zamana bağlı güç spektrum denkleminin nümerik modellemesi kullanılmaktadır. Bu şekilde yapmamızın temel sebebi büyük nesnelerden yansıyan veya saçılan elektromanyetik dalga hesabının getirdiği işlem fazlalığının bilgisayar yükünü artırmasıdır. Simülatörün çalışma prensibinde hedef olarak arazi ve hareketli nesneler olmak üzere iki kısımda analiz yapıldı. Arazi için geri yansıma ve gölgelendirme modeli kullanıldı, hareketli nesneler için ise fizik optik ile önceden simüle edilen nesnelerin hesaplanmış Radar Kesit Alanı (RKA) değerleri kullanıldı. Radar anteni dizaynı için ise yarıklı dizi anteni simülatör ortamında gerçeklendi. Bu gerçekleme için Computer Simülation Technology (CST) bilgisayar programı kullanıldı.

Anahtar Kelimeler: Radar Kesit Alanı, Işın İzleme, Geometrik Optik, Fizik Optik.

ABSTRACT

REAL TIME SHIP RADAR SIMULATOR

Tankut Oğuz TOPBAŞ

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Ahmet KIZILAY

For real time modelling and design of the RADAR in the thesis numerical methods had been used. For radar modeling of the site ray tracing method, for radar modeling of the ships physical optic method and for modeling the effect of the sea (sea clutter) numerical model of power spectrum equation depend on time are used. The reason for these models, calculation of reflected or scattered electromagnetic waves from big objects are a very high burden for solver systems.

In simulator model two types of model had been analyzed, terrain and moving targets. For site models, back reflection and shading models are used and for moving targets radar crosssection which is pre-calculated with physicaloptic method. For antenna design a slot array antenna had been designed and simulated in CST (Computer Simulation Technology) environment.

Keywords: Radar Cross Section, Ray Tracing, Geometrical Optic, Phycis Optic

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Gelişen günümüz teknolojisinde simülatörler oldukça önemli bir yer teşkil etmeye başlamıştır. Gemi Radar Simülatörleri kaptan yetişme açısından sahaya çıkmadan önce gemi ortamına adapte olmaları ve seyrüsefer güvenliği açısında önemli bir eğitim ortamı sağlamaktadır. Kaptanın gerek radar ekranına gerek eclips ekranına aşinalığını sağlamaktadır.

Simülatörün sadakat seviyesinin çok önemli bir faktör olduğunu düşündüğümüz zaman; ortamın çok iyi bir şekilde modellenmesi ve gerekli bileşen olduğu gibi çalışması gerekmektedir. Bu konuda ışının üçgen ile kesişim algoritmaları çok büyük önem teşkil etmektedir [1]. Karadan gelen geri yansımaların modellenmesi amacıyla geri yansıma ve gölgelendirme modeli kullanıldı [2].Denizden gelen gürültüyü modellemek amacıyla numerik olarak oluşturulan modeller kullanıldı [3]. Ortamdaki sis faktörünü modelleye bilmek için sisin etkisi bir dalga kılavuzu gibi modellendi [4]. Yağmur etkisinin modellenmesi amacıyla radarın görüş mesafesi kısıtlanmasında kullanıldı [5].

1.2 Tezin Amacı

Bu tezde hedeflenen gerçek zamanlı X-bant çalışan radar simülatörünü gerçeklemektir. Ayrıca bu tezde ortamın ve elektro-manyetik dalgaların modellemelerinin gerçeğe yakın olması hedeflenmektedir. Bunları yaparken önceden geliştirilmiş nümerik metotlar kullanılmıştır. Arazi modellemesinde, arazinin yapısına göre küçük üçgen hücrelerine (meshcells) bölünerekten hareket edilmiştir. Bu sayede gönderdiğimiz

ışınların geri yansımasını ve gölgelemesini modellememiz çok daha kolay olmakla birlikte hedeflenen gerçek radar ekran görüntüsüne çok yakın bir sonuç elde edildi.

Bu tez aynı zamanda bir TEYDEP projesi olması amacıyla milli ekonomiye katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu sayede gemi simülatörü alanında ülkemizin dışa bağımlılığımızı azaltacaktır.

1.3 Hipotez

Elektro-manyetik dalgaları ışın izleme metodu ile modellenebilir. Bu modelleme kapsamında fizik optik ve geometrik optik metotları kullanılabilir. Bu kapsamda simülatörümüz gerçek zamanlı çalışacağından dolayı bu modeli kullanmayı hedefliyorum.

BÖLÜM 2

GEMİ RADAR SİMÜLATÖRÜ

Radar, uzaktaki nesnelerin radyo dalgalarının yansıması yardımıyla tespit eden bir cihazdır. Radar, Radio Detecting And Ranging (radyo ile tespit etme ve menzil tayini) sözcüklerinin akronimidir.

Radarlar; kullanım alanlarına göre hava ve deniz radarları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Hava radarları; askeri (stratejik) meteorolojik astronomik, hava limanlarında ve uçaklarda kullanılır. Deniz radarları; askeri ve ticari gemilerde kullanılır. Radarlar çalıştığı frekans bandına göre de isimlendirilebilmektedir.

Alman mühendis Christian Hülsmeyer elektromanyetik dalgalar ile gemilerin yerini belirlemekte kullanılabilen icadını tescil ettirmek için 1904 yılında Almanya ve İngiltere'de patent başvurusunda bulundu. 30 Nisan 1904 tarihinde Kraliyet Patent Dairesi, Christian Hülsmeyer tarafından geliştirilen, "uzaktaki metal nesnelerin yerini bir gözlemciye bildiren" cihazı 165546 Nolu belge ile tescil etti.

Çalışma prensibi; radyo dalgaları ile taşınan enerji nesneye ulaşır ve tekrar nesneden yansıyarak geri döner. Enerjinin buradan küçük bir kısmı yansır ve radar geri alır. Dönen bu bölümde aynen ses terminolojisinde olduğu gibi "yankı" adı verilir. Radar seti yankıyı yansıtan nesnenin yön ve mesafesini tespit etmek için kullanır.

Işın izleme (Ray Tracing) metodu ile ilgili; gerçek dünyada ışığın ne şeklinde hareket ettiği göz önünde bulundurularak bir sahnenin görüntüsünü çizen bir grafik oluşturma yöntemidir. Ancak bu yöntemde işlemler gerçek yeryüzündeki yolun tersini izler. Gerçek dünyada ışık ışınları bir ışık kaynağından çıkar ve nesneleri aydınlatırlar. Işık, nesnelerden yansır ya da şeffaf nesnelerin içinden geçer. Yansıyan ışık gözümüze ya da

kamera merceğine çarpar. Yansıyan ışık ışınlarının çoğu bir gözlemciye erişemediği için bir sahnedeki ışınları sonsuza dek sürebilir.

Işın izleme yöntemi, ışık kaynağından çıkan ışınların fiziksel davranışlarını modellemek üzere kurulmuştur. Gerçek yeryüzündeki cisimleri görebilmemiz için ışık kaynağından çıkan ışınların, cisimlere çarparak yansıması ya da cisimlerin içinden geçerek kırılması ve sonuçta da gözümüze ulaşması gerekir. Bilgisayar ortamında ise, gerçekçi 3B görüntüler üretebilmek için boyama ve görünmeyen yüzeylerin kaldırılması işlemleri gerçekleştirilmelidir.

Boyama, 3B nesnelerin herhangi bir noktasındaki renk değerinin belirlenmesine denir. Bu renk belirleme işlemi ışıklandırma, gölgelendirme, geçirgenlik, yansıma ve kırılmaya bağlı olarak belirlenir.

Görünmeyen yüzeylerin kaldırılması ise, gözlemci tarafından 3B nesnelere bakıldığında, manzaradaki cisimleri oluşturan yüzeylerden görünmeyenlerin kaldırılması, dolayısı ile görünenlerin belirlenmesi işlemine verilen addır.

Işın izleme yöntemi hem görünmeyen yüzeylerin kaldırılması, hem de renk değerlerinin belirlenmesine ilişkin çözümler sunar.

Işın düzlem kesişim testinden elde edilen kesişim noktasının üçgenin içerisinde olup olmadığının kontrolü için kullanılan diğer bir yöntem de açı testidir. Yine ilk olarak ışın – yüzey kesişim testi yapılmalıdır. Daha sonra ışın ve yüzeyi oluşturan üçgenini köşe noktaları görüntü düzlemine perspektif olarak izdüşürülür. Kesişim noktası ile üçgenin ikişer noktası sıra ile alınarak üç tane üçgen elde edilir. Bu üçgenlerin I noktasını merkez nokta kabul eden açıları hesaplanarak toplanır. Elde edilen toplam açı 360° ise ışın üçgenin içindedir yani ışın ile üçgen kesişmektedir denir.

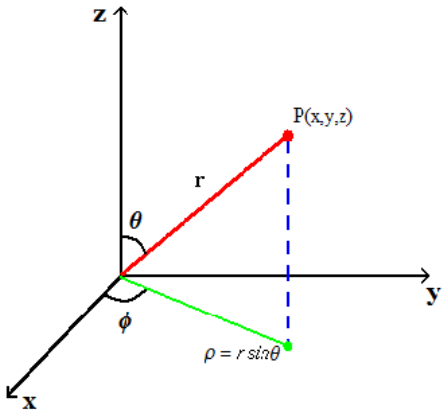
2.1 Işın İzleme Metodu (Ray - Tracing)

Işın takibi, geometrik optik alanından genel bir tekniktir. Bu teknikte ışığın aldığı yol, ışık ışınlarının optik yüzeylerle etkileşimlerinin takip edilmesiyle modellenir. Işın takibi tekniğinden, kamera merceği, teleskop, dürbün ve mikroskop gibi optik sistemlerinin tasarımında yararlanılır.

Bu modelleme, arzu edilen görüntü kalitesi ya da detayına bağlı olarak farklı yöntemlerle yapılabilir. Tarama hattı resmetmesi (scan line rendering), ışın taksimi (ray casting) ve ışın takibi (ray tracing) sık kullanılan örneklerdir.

Işın taksimi yöntemi ise ışın takibi tekniğinin kısaltılmış hali gibidir. Bu teknikteki farklılık, ışının bir engel ile etkileşiminden sonraki davranışının takip edilmemesidir. Bu nedenle ışın takibi ve ışın taksimi isimleri kullanılmaktadır. Bu teknik kullanıldığında, yansımaların, kırılmaların ve gölgelemelerin kusursuzca resmedilmesi ihtimali ortadan kalkar. Ancak bu tipteki detayları, doku kaplama gibi yöntemlerle bir dereceye kadar taklit etmek mümkün olabilmektedir. Ancak biz daha detaylı tarama yapmak amacıyla ışın takibi metodunu tercih edeceğiz. Bu metodun altında yatan prensip bir ışın ve üçgen yatmaktadır. Gönderdiğimiz ışının denklemini ve üçgenin denkleminden yola çıkarak hangi ışının hangi üçgeni kestiği tespit etmek oldu.

R(t) olarak ışının denklemi tanımlandı. Bu ışının başlangıç noktası olarakda "O" ve doğrultusu olarak ise "D" tanımladı. "O" noktasını [0 0 0] noktasına yerleştirdik. Doğrultumuzu belirlerken de küresel koordinatları kullanarak istediğimiz açıda ışın etme şansını elde ettik.



Şekil 2.1 Küresel Koordinatlar

$$x = (r.\sin(\theta).\cos(\theta)) \tag{2.1}$$

$$y = (r.\sin(\theta).\sin(\phi)) \tag{2.2}$$

$$z = r.\cos(\theta) \tag{2.3}$$

$$D = [x, y, z] \tag{2.4}$$

$$R(t) = O + t.D \tag{2.5}$$

Üçgen için ise;

$T(u,v)$'yi üçgenin içinde bulunan herhangi bir nokta olarak düşünürsek. Burada *u* ve *v* barisentrik koordinatlarda tanımlanmıştır. *V0, V1 ve V2* üçgenin köşe noktalarını belirtmektedir, "*t*" ise ışının başlangıç noktasının üçgene olan uzaklığını belirtmektedir. Üçgenlere ait köşe noktaları ve normalleri sanal ortama aktarılmış nesne arazi gibi geometriler çizim sonucunda elde edilen değerleri "stl" formatında okuyarak elde ettik.

$$T(u,v) = [1-u-v]V0 + uV1 + vV2 \tag{2.6}$$

Işın denklemi ile üçgen denklemi birbirlerine eşitlenecek olursa;

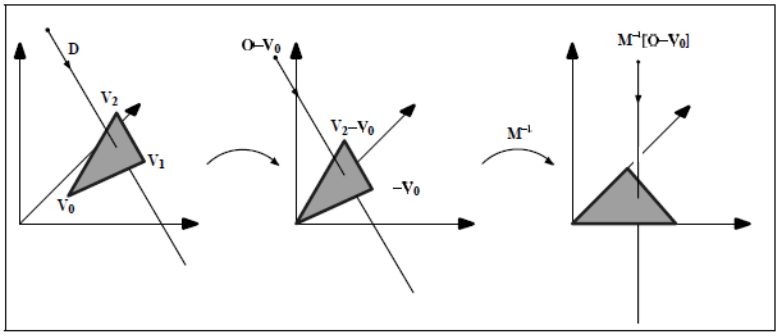
$$R(t) = T(u,v) \tag{2.7}$$

$$O + t \times D = [1-u-v]V0 + uV1 + vV2 \tag{2.8}$$

$$M = [-D, V1-V0, V2-V0] \tag{2.9}$$

$$[-D, V1-V0, V2-V0]\begin{bmatrix} t \\ u \\ v \end{bmatrix} = O - V0 \tag{2.10}$$

Amaç; fiziksel olarak üçgeni orijine taşımaktır. Ancak üçgenin köşelerini daha net kestirebilmek adına Mmatrisinin transpozesi alındı. (Herhangi bir eksene yaslama (taşıma) durumu).



Şekil 2.2 Barisentrik Koordinatlar

$$E1 = V1 - V0 \tag{2.11}$$

$$E2 = V2 - V0 \tag{2.12}$$

$$T = O - V0 \tag{2.13}$$

Vektör tanımlamalarımızı matrisel hale dönüştürmek için E1, E2 ve T vektörleri olarak tanımladık. Denklem 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 Cramer kuralını kullanarak;

$$\begin{bmatrix} t \\ u \\ v \end{bmatrix} = \frac{1}{|-D\ E1\ E2|} \times \begin{bmatrix} |T\ E1\ E2| \\ |-D\ T\ E2| \\ |-D\ E1\ T| \end{bmatrix} \tag{2.13}$$

Not: Vektör eşitliği;

$$|A, B, C| = -(A \times C).B = -(C \times B).A$$

Bu vektör eşitliğini kullanarak denklem (2.14)'de ki ifadenin tanımını oluşturarak denklem (2.15) oluşturuldu.

$$\begin{bmatrix} t \\ u \\ v \end{bmatrix} = \frac{1}{(D \times E2).E1} \times \begin{bmatrix} |(T \times E1).E2| \\ |(D \times E2).T| \\ |(T \times E1).D| \end{bmatrix} = \frac{1}{P.E1} \begin{bmatrix} Q.E2 \\ P.T \\ Q.D \end{bmatrix} \tag{2.15}$$

Bu denklemler neticesinde; *t,u ve v* değerleri elde edilir.

Sonuç olarak kesilen üçgen tayin edilmiş olur ve orijin ile hedef arasındaki uzaklığı ışını izleyerek tespit edilir. Bu sayede hedefimizin menzili tayin edilip radar ekranında hangi yere nokta konulacağı belirlenir.

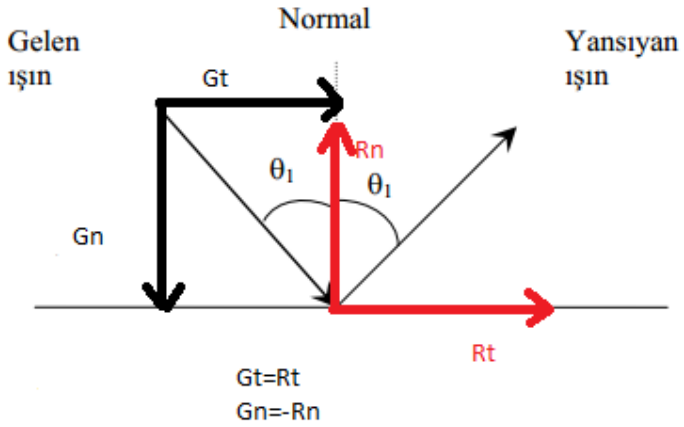
Ancak bu algoritmada, ışının aynı anda iki üçgenin ortak kenarından kestiği durumda her iki üçgeni de aydınlanacaktır.

2.2 Yansıma

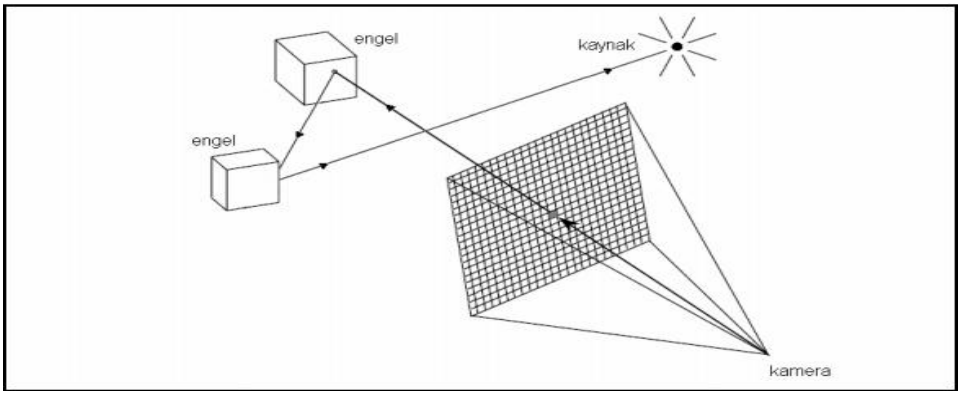
Gönderilen ışının hangi üçgene temas ettiğini bulduktan sonra bu ışının geriye nasıl yansıyacağını bulma metoduna gelmiş bulunduk. Bu uygulamada 1.yansıma ve dönen değerler elde edildi ve ardından dönmeyen ışınlar 2. yansımaya sokuldu ve tekrardan dönen değerler elde edildi. Dönen değerleri şimdilik basit bir anten modeli paterni kullandık (düşeyde 20° huzmede, yatayda 2° huzmede).

Yansıma işlemleri yapılırken Snell'in yansıma kurallarını kullandık. Ancak daha basit modelleme yapmak için gelen ışının açısını bulmaktan kaçındık. Bunun yerine gelen

ışının normalini ve teğetini bularak, üçgenin normali ile bağdaştırıp yansıyanın normali ve teğetini bulmuş olduk. Bunu yaparken gelenin teğetini değiştirmeden aynısını yansıyana ilave edip, normalini ise ters çevirip eklemiş olduk.Yansıyanın doğrultusu antenin paternine girmiş ise 2. yansıma ya tekrardan sokmadık.Paterne girmeyen değerleri ise tekrardan üçgeni kestiği noktayı orijin gösterip doğrultusunu ekleyerek aynı şeyleri tekrarlamış olduk.



Şekil 2.3 Işının Yansıması

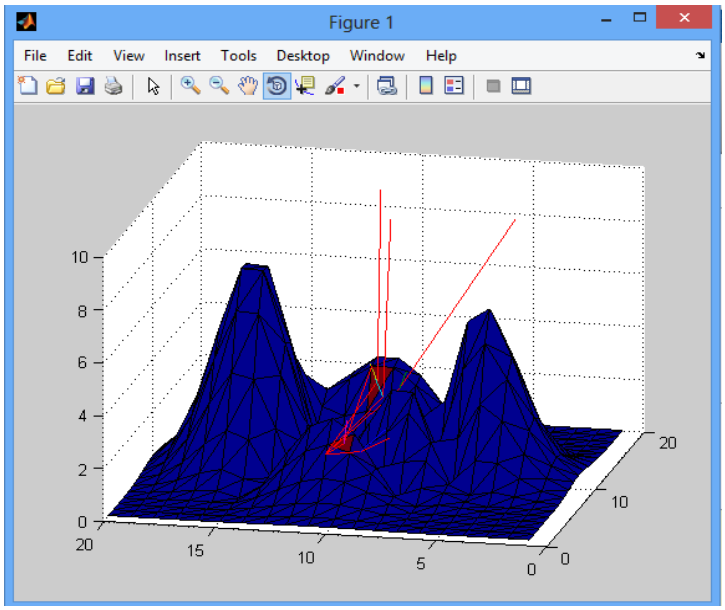


Şekil 2.4 Işın Takibi Tekniğinden Sanal Işının İzlediği Yol

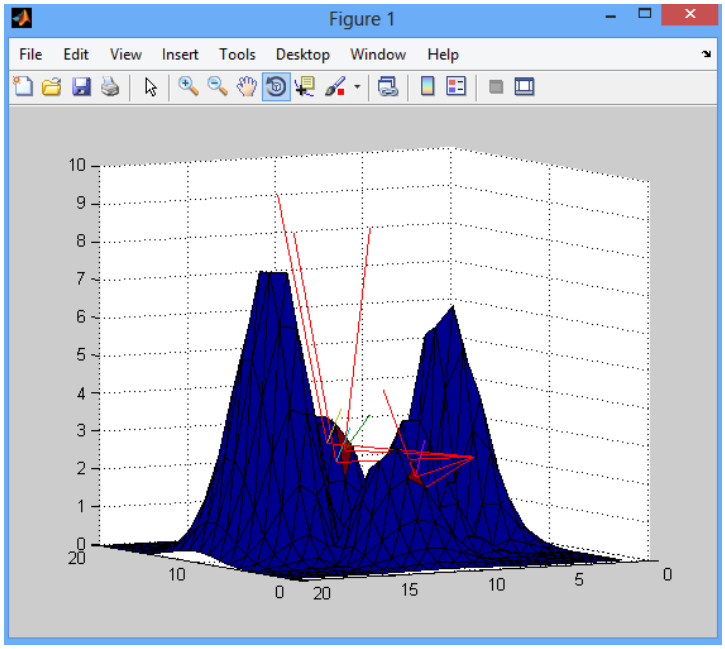
Radar ışınlarının verici, hedef ve alıcı arasında izlediği yolun bulunmasında ışın takibi algoritmasından faydalanılmıştır. Bu algoritmadan farklı olarak, tek bir sinyal kaynağı olması nedeniyle ışınlar olağan yönlerinde vericiden alıcıya doğru takip edilmişlerdir. Ayrıca amaç bir görüntü oluşturmaktan ziyade hedef cisim üzerindeki radar yansımalarını bulmak olduğundan, hedefteki tüm yüzeycikler hem piksel hem de engel gibi değerlendirilmiştir. Sırasıyla tüm yüzeycikler için radar vericisinden ışın gönderilmiş

ve ardından bu ışının tüm diğer yüzeycikler ile kesişimler test edilerek radar vericisine erişimi değerlendirilecektir.

Bunun uygulaması olarak Matlab'de gerçekleştirilen rastgele bir arazide uygulaması yapıldı. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 yukarıda anlatılanların tam manasıyla bir uygulaması olarak gerçeklendi.



Şekil 2.5 Matlab Görünüm (ışın – Arazi 1)



Şekil 2.6 Matlab Görünüm (Işın – Arazi 2)

Ancak bu geliştirilen algoritma gerçek zamanlı (real-time) için oldukça yavaş kaldı. Bu sebepten dolayı NVIDIA'nın physx algoritmasında ki ray-cast metodunu kullanarak daha hızlı bir hala getirmiş olduk. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra Matlab'den C++'a aktarıldı.

2.3 Fizik Optik Metodu

Küresel koordinatlarda gelen elektrik alan ifadesi:

$$\overrightarrow{E_i} = E_{i\theta}\theta + E_{i\phi}\phi \tag{2.16}$$

(θ_i, ϕ_i) açıları ile gelen düzlem dalga için yayılım vektörü:

$$k_i = -\hat{r} = -(x\sin(\theta_i)\cos(\phi_i) + y\sin(\theta_i)\sin(\phi_i) + \hat{z}\cos(\theta_i)) = -(xu_i + yv_i + \hat{z}w_i) \tag{2.17}$$

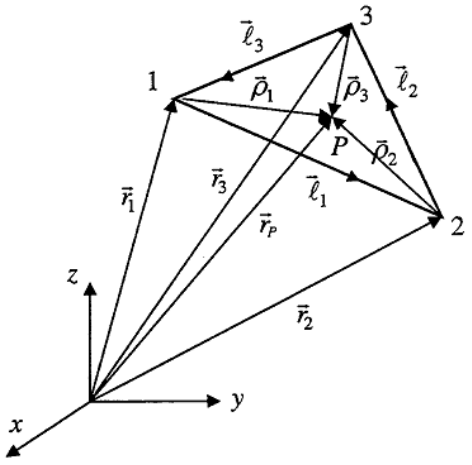
Burada *r* orijinden kaynağa doğru olan birim vektördür.

Aydınlanan bölgeleri bulmak için;

$-k_i.\vec{n} \geq 0$

Testi yapılır. Burada n yüzeyin normalidir.

Aydınlanmış bir üçgen için vektör tanımları aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.7 Aydınlanmış Üçgen için Vektör Tanımı

$$\vec{l}_1 = \overrightarrow{r_2} - \vec{r}_1 \tag{2.18}$$

$$\overrightarrow{l_2} = \overrightarrow{r_3} - \overrightarrow{r_2} \tag{2.19}$$

$$\overrightarrow{l_3} = \overrightarrow{r_1} - \overrightarrow{r_3} \tag{2.20}$$

$$n = \frac{\vec{l}_1 \times \vec{l}_3}{|\vec{l}_1||\vec{l}_3|} \equiv n_x x + n_y y + n_z \hat{z} \tag{2.21}$$

Fizik Optik yaklaşıklığı ile yüzey üzerindeki akım:

$$\overrightarrow{J_s} = 2n \times \overrightarrow{H_i} = \frac{2}{Z_0} n \times (E_{i\theta}\theta - E_{i\phi}\phi) e^{jkh} \tag{2.22}$$

$$h = \overrightarrow{r_p}.r_i = x_p u_i + y_p v_i + z_p w_i \tag{2.23}$$

Burada r_p ise yüzey üzerinde alınan noktadır.

2.3.1 Saçılan Alan Hesabı

Saçılan alan;

$$\overrightarrow{E_s} = \frac{jkZ_0}{4\pi r} e^{-jkr} \iint_A \overrightarrow{J_s} e^{jkg} ds \tag{2.24}$$

İntegrali ile bulunur.

Buradan;

$$g = \overrightarrow{r_P}.\hat{r} = x_p u + y_P v + z_p w \tag{2.25}$$

Monostatik durumdan *g =h*'dır.

Akım ifadesi saçılan alan denkleminde yerine konulursa:

Buradaki integral yani I_c hesabı Taylor serisine açılarak hesaplanır.

En genel halde;

$$I_c = \iint_A C_c(\eta, \xi) e^{jD_c(\eta,\xi)} d\eta d\xi \tag{2.26}$$

$$C_c(\eta, \xi) = C_p \eta + C_q \xi + C_0 \equiv |\overrightarrow{E_i}| \tag{2.27}$$

Birim genlikli dalga için;

$$|\overrightarrow{E_i}|=1 \rightarrow C_p = C_q = 0, C_0 = 1 \tag{2.28}$$

$$D_c(\eta,\xi) = D_p\eta + D_q\xi + D_0 \tag{2.29}$$

Burada;

$$D_p = k[(x_1 - x_3)u + (y_1 - y_3)v + (z_1 - z_3)w] \tag{2.30}$$

$$D_q = k[(x_2 - x_3)u + (y_2 - y_3)v + (z_2 - z_3)w] \tag{2.31}$$

$$D_0 = k[x_3u + y_3v + z_3w] \tag{2.32}$$

I_c ifadesi;

$$I_c = 2Ae^{jD_0}\left\{e^{jD_p}\left[\frac{C_0}{D_p(D_q - D_p)}\right] - e^{jD_q}\left[\frac{C_0}{D_q(D_q - D_p)}\right] - \frac{C_0}{D_qD_p}\right\} \tag{2.33}$$

Tekilliklerden kaynaklanacak nümerik hataları önlemek için kullanılacak eşitlikler:

Durum 1

$|D_p| < L_t$ ve $|D_q| \geq L_t$

$$I_c = \frac{2Ae^{jD_0}}{jD_q}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(jD_p)^n}{n!}\left\{\frac{-C_0}{n+1} + e^{jD_q}C_0G(n,-D_q)\right\} \tag{2.34}$$

Durum 2;

$|D_p| < L_t$ ve $|D_q| < L_t$

$$I_c = 2Ae^{jD_0}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{C_0(jD_p)^n(jD_q)^m}{(m+n+2)!} \tag{2.35}$$

Durum 3;

$|D_p| \geq L_t$ ve $|D_q| < L_t$

$$I_c = 2Ae^{jD_0}e^{jD_p}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(jD_p)^n}{n!}\left(\frac{C_0}{n+1}\right)G(n+1,-D_p) \tag{2.36}$$

Durum 4;

$|D_p| \geq L_t$ ve $|D_q| \geq L_t$ ve $|D_q - D_p| < L_t$

$$I_c = \frac{2Ae^{jD_0}}{jD_q}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(jD_p - jD_q)^n}{n!}\left\{-C_0 G(n, D_q) + \frac{e^{jD_q}C_0}{n+1}\right\} \quad (2.37)$$

Burada G fonksiyonu:

$$G(n,\gamma) = \frac{e^{j\gamma} - nG(n-1,\gamma)}{j\gamma}, n \geq 1 \quad (2.38)$$

$$G(0,\gamma) = \frac{e^{j\gamma} - 1}{j\gamma} \quad (2.39)$$

2.3.2 Koordinat Dönüşümleri

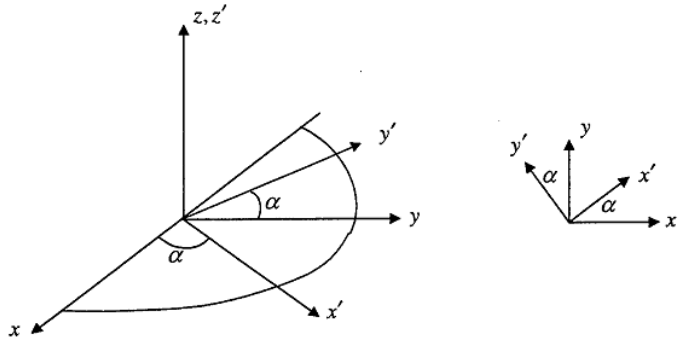
L_t ise ufak bir değer alınabilir ve genelde 0.05 tercih edilmektedir.

Global Koordinatlar (x, y, z)

Lokal Koordinatlar $(x", y", z")$

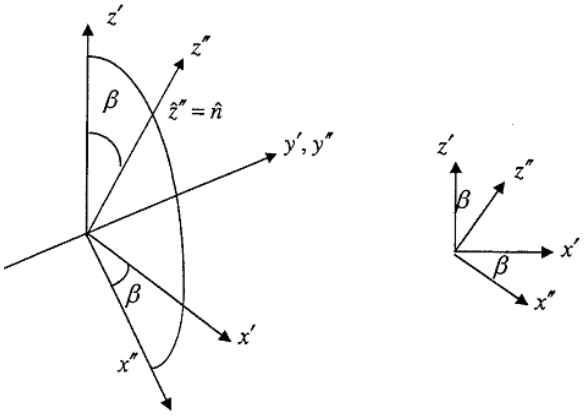
Global koordinatlardan yerel koordinatlara dönüşüm için kullanılan açılar;

$\alpha = a\tan(n_y, n_x)$



Şekil 2.8 Global Koordinatlardan Küresel Koordinatlara Dönüşüm – 1

$\beta = \cos^{-1}(\hat{z}.n)$



Şekil 2.9 Global Koordinatlardan Küresel Koordinatlara Dönüşüm -2

Dönüşüm matrisleri;

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \equiv T'$$

$$\begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} \equiv T''$$

Koordinat dönüşümü;

$$\begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ z'' \end{bmatrix} = T'T'' \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

şeklinde hesaplanır. Aynı hesaplama yerel koordinatlarda birim vektörlerin ve açıların hesaplanması için de kullanılır.

2.3.3 Akımın Hesaplanması

Yüzey akımının bileşenleri;

$$J_{x''} = \left[\frac{E_{i\theta''}\cos\theta''\cos\phi''}{2R_s + Z_0\cos\theta''} - \frac{E_{i\phi''}\cos\theta''\sin\phi''}{2R_s\cos\theta'' + Z_0} \right] \tag{2.40}$$

$$J_{y''} = \left[\frac{E_{i\theta''}\cos\theta''\sin\phi''}{2R_s + Z_0\cos\theta''} - \frac{E_{i\phi''}\cos\theta''\cos\phi''}{2R_s\cos\theta'' + Z_0} \right] \tag{2.41}$$

Yüzey PEC alındığında $R_s = 0$ alınmaktadır.

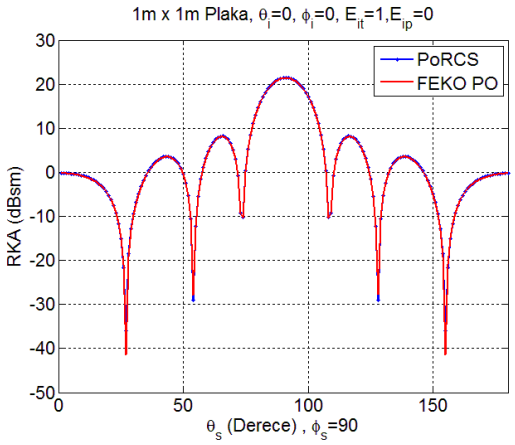
TM ve TE yansıma katsayıları;

$$\Gamma_{TM} = \Gamma_{\parallel} = \frac{-Z_0 \cos\theta''}{2R_s + Z_0 \cos\theta''} \tag{2.42}$$

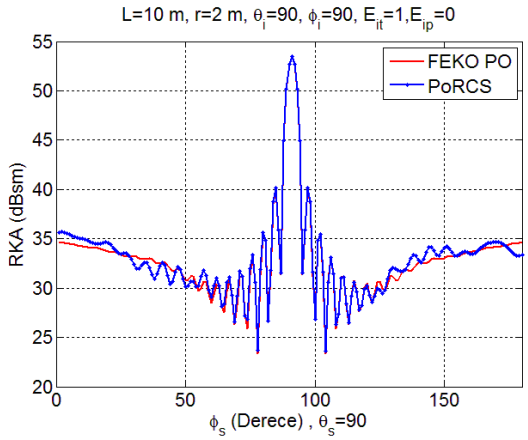
$$\Gamma_{TE} = \Gamma_{\perp} = \frac{-Z_0}{2R_s \cos\theta'' + Z_0} \tag{2.43}$$

2.3.4 RKA Hesaplama ve Doğrulama

$$\sigma = \lim_{R\to\infty} 4\pi R^2 \frac{\left|\overrightarrow{E_s}\right|^2}{\left|\overrightarrow{E_i}\right|^2} \tag{2.45}$$



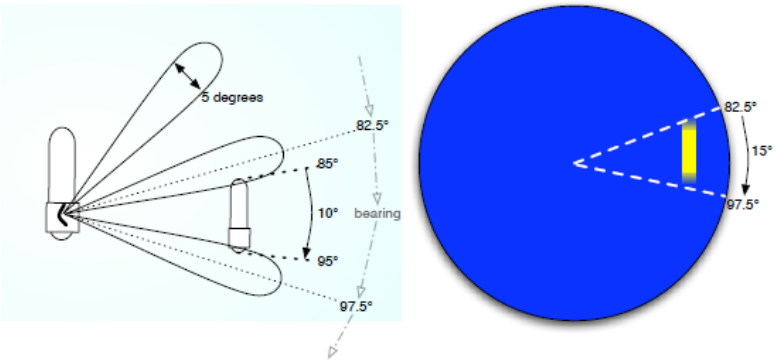
Şekil 2.10 RKA Hesaplama ve Doğrulama – 1



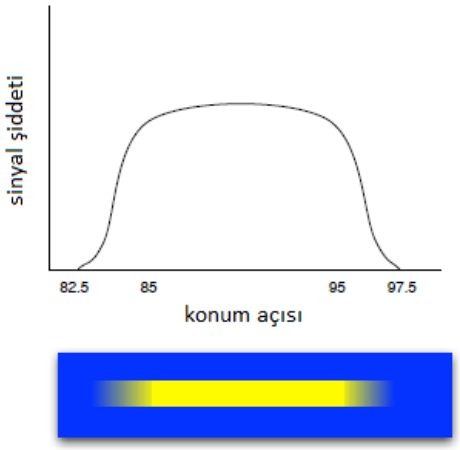
Şekil 2.11 RKA Hesaplama ve Doğrulama – 2

Her bir gemi için farklı açılarda hesaplanan RKA değeri nümerik olarak veri tabanında saklandı. Ancak antenin yan loblarına bağlı olarak tam karşısında olmamasına rağmen yan lobların kazancı oldukça düsük olması sebebi ile tam karşı pozisyonda silik olarak görülmesi ön görüldü.

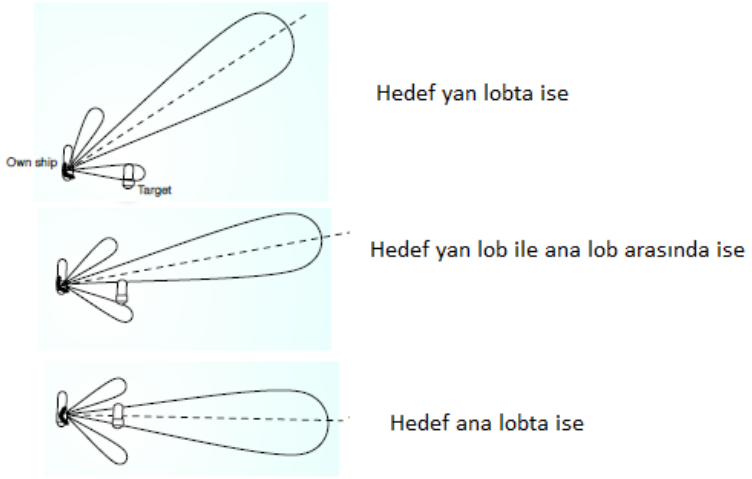
Bu sebeplerden doalyı;



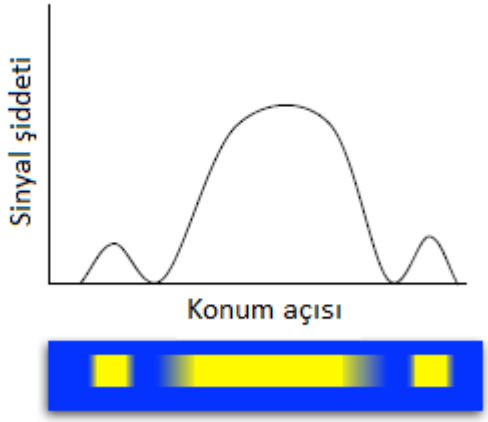
Şekil 2.12 Gerçek geminin 85^{o} ile 95^{o}arasındaki eko etkileri



Şekil 2.13 Sinyal Şiddeti



Şekil 2.14 Yan Lobların Radar Sistemine Etkisi



Şekil 2.15Konum Açısı – Sinyal Şiddeti

BÖLÜM 3

ANTEN MODELİ

Anten, elektrik sinyallerini (gerilim ve akım) elektromanyetik dalgalara ya da elektromanyetik dalgaları elektrik sinyallerine dönüştürmek için kullanılan araçtır.

Antenler, 1888 yılında Heinrich Hertz (1857-1894) James Clerk Maxwell tarafından öngörülen elektromanyetik dalgaların varlığını kanıtlamak için kullanılmıştır. Bu deneyi hertz parabolik reflektörün önüne bir dipol yerleştirerek gerçekleşmiştir.

Antenler genellikle bir veya birkaç iletkenden meydana gelir. Verici tarafında bir kaynak tarafından anten üzerine aktarılan alternatif akım antenin deplasman akımları vasıtasıyla ışıma yapmasını sağlayarak bir elektromanyetik alan oluşturur. Alıcı antenlerde ise bu işlemin tersi gerçekleşir. Bu elektromanyetik dalgalar anten yüzeyinde bir akım indükler ve böylelikle haberleşme sağlanmış olur. Horn veya parabolik benzeri antenler gelen dalgaları bir noktaya odaklayarak çalışır. Bu tip antenler yönlü antenler olarak adlandırılır. Elektromanyetik enerjiyi uzayda kendinden eşit uzaklardaki noktalara eşit olarak yayan ya da noktalardan eşit olarak alan antenlere yönsüz anten denir. Genelde kullanılan antenler yönlüdür ve elektromanyetik enerjiyi belirli bir yönde diğer yönlere göre daha etkin olarak yayar ya da alırlar.

3.1 Yarıklı Anten Dizaynı (Slotted Array Antenna)

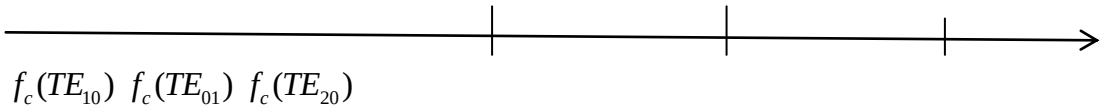
9 GHz de çalışan radar alıcı verici devresi için gerekli olan anten WR-90 standartların da ki dalga kılavuzunu referans aldık.

WR-90 M85/1-075 copper/bronzestandarları;

$a = 22.86\,mm$

$b = 10.16\,mm$

TE modunun temel bandı göz önüne alacak olursak;

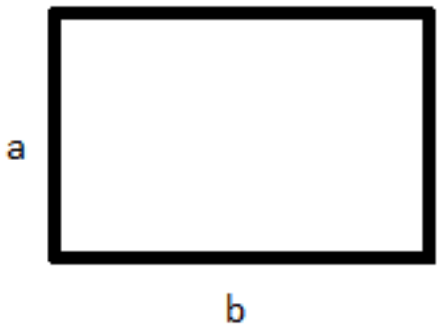


Şekil 3.1 TE Modu Temel Bandı

Yapacağımız tasarımda her iki ya da daha fazla modu kapsamamalıdır. Bunun sebebi farklı fazdaki dalgaların antene gelerek işaretin anlaşılmasında güçlükler doğuracaktır.

En nihayetinde bir dalga kılavuzunda yalnızca bir adet modu desteklemektedir.

Bu sebepten dolayı $f_c(TE_{10})$ ile $f_c(TE_{01})$ arasında kalması gerekmektedir. Tasarımlarımızı buna göre dizayn edeceğiz.[6]



Şekil 3.2 Dalga Kılavuzunun Kesiti

Antenin kesiti için gerekli olan en ve boy uzunlukları;

$a = 22.86\,mm$

$b = 10.16\,mm$

$c = \lambda f$

$$k_c = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \qquad (3.1)$$

TE_{10} modu için gerekli *m* ve *n* değerleri;

m=1, *n*=0

k_c =0.13785

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = 33mm$$

$$k = 0.1903$$

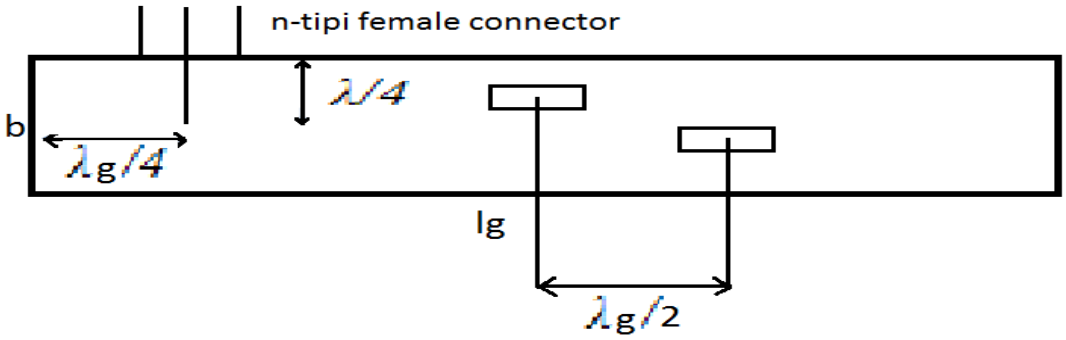
Dalga kılavuzunun dalga boyunu bulmak için;

$$\beta = \sqrt{k^2 - k_c^{\,2}} \qquad (3.2)$$

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g}$$

Buradan $\lambda_g = 47.69\,mm$ çıkar.

Dalga kılavuzunun enine kesitini alırsak;

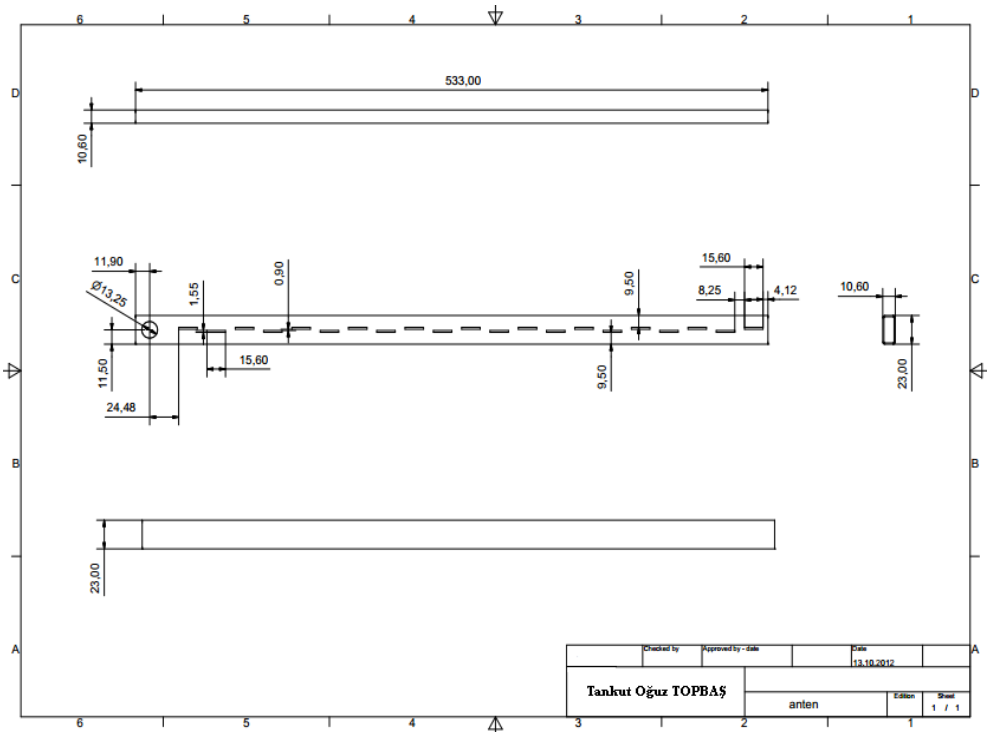


Şekil 3.3 Dalga Kılavuzunun Enine Kesiti

l_g: yapacağımız optimizasyonda kullanacağımız yarık sayısına göre l_g'nin değeri bulunacaktır.

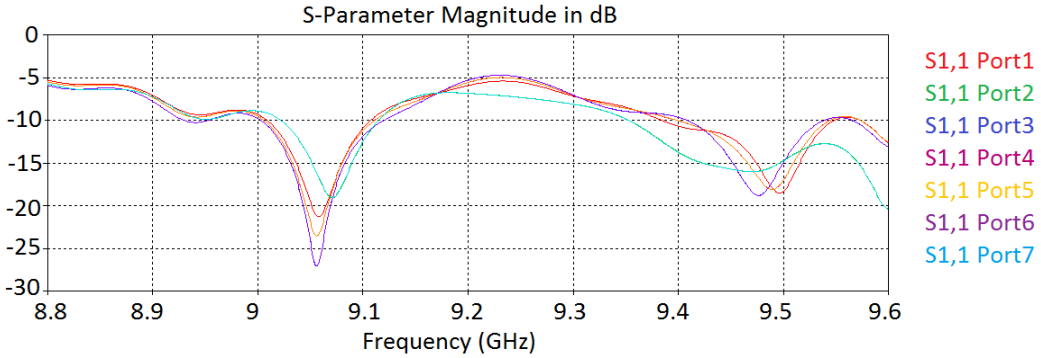
Bu bölümde dalga kılavuzunun farklı sayıdaki yarık açarak radar anteninin simülasyonunu yapacağız. Daha sonradan ise ışıma paternini inceleyeceğiz.

İlk yarık $\lambda_g / 4$ kadar uzağa açılır ve sonrasındakiler ise $\lambda_g / 2$ kadar uzağına açılır (merkezler arasındaki uzaklık).



Şekil 3.4 Antenin Teknik Resmi

Bu kısma kadar antenimizin yatay paternini daraltık (ϕ bileşeni) ancak bir radar anteni için gerek ve yeter koşul sadece yatay paterni değildir. Bu sebepten dolayı çok katmanlı yapı kullanarak aynı antenden 7 tane dizi oluşturduk. Sonuç olarak yatayda 3° düşeyde ise 12° elde ettik. Maximum kazancı ise 31.0dBi oldu.



Şekil 3.5 Antenin S11 Parametresi Sonuçları

Çizelge 3.1 Antenin Patern Sonuçlar

patern	**düşey**	**yatay**
Ana lob (dBi)	20.1	31.2
Analob yönlendiriciliği	180.0^0	90.5^0
Huzme Genişliği (3 dB)	11.9^0	2.0^0
Yan lob (dB)	-22.8	-12.8

BÖLÜM 4

RADAR GEREKSİNİMLERİNİN MODELLENMESİ

4.1 Arazinin Geri Yansıma ve Gögelendirme Modeli

Gerçek radarın çalışma prensibinde gönderilen dalganın çarptığı yüzeyden gelen dalgayı analiz ederek çalışıyor. Ancak yüzeydeki pürüzlülükler nedeni ile çarpan yüzeyde normalin dik olduğu kısımlardan dolayı direkt olarak aldığımız dalga algılamada kolaylık sağlıyordu. Ancak simülasyon ortamında bu dik yüzeyleri elde edemeyeceğimiz için daha farklı bir model olan Geri Yansıma ve Gölgeleme modelini kullanacağız. Bu model sayesinde gönderdiğimiz ışının, arazinin yüzey normali ile yaptığı açıyı bularak ona göre bir algoritma gerçekleştirdik.

$$Pt = \frac{Pt\ G^2 \lambda^2\ \sigma\ F^2\ A}{(4\pi)^3\ R^4\ \mathrm{L}} \tag{4.1}$$

Buradan constant-gamma modelini kullanarak her bir parçaya düşen RCS (σ) değeri elde edilir[2]. Bunun için;

$$\sigma = \frac{1}{\mathrm{n}} + \sum_{i=1}^{n}(\sigma_i) = \sum_{i=1}^{\mathrm{n}}(\gamma\ \sin(\psi_{\mathrm{i}})) \tag{4.2}$$

belirlemek için ise uygulama frekansımız olan fryi kullanarak hesaplamamız gerekecek.

$$\gamma = \gamma_r \left(\frac{f}{f_r} \right)^k \tag{4.3}$$

Uygulama arazimize göre;

$k = 0.5$

$\gamma_r = 0.17$

$f_r = 3\ \mathrm{GHz}$

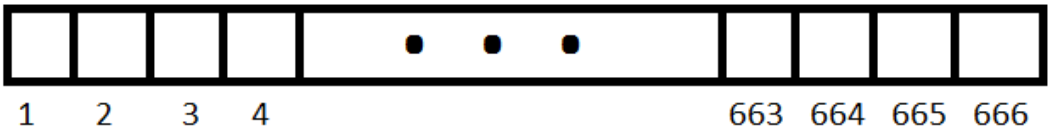
Bu değerler neticesinde;

γ=0.297 elde etmiş olduk.

Bu kısımın kodlama aşamasında;

Örnek bir radar uygulaması ele alınarak range resolution 30 m ve max menzil ise 20 000 m alındı. Bu sebepten dolayı data structure'da 666 tane ayrı ayrı datalar tutuldu. Bu dataların içinde ortalama uzaklık, ortalama güç değerleri tutuldu. Bu şekilde her bir alan için tek tek RCS değerleri hesaplanılmış oldu. Gerekli görüldüğünde range resolution değişken bir değer verilebilir pozisyona getirildi (zoom in-out durumları için). Gerekli olan RCS değeri hesaplandıktan sonra yukarda ki genel formülden her bir piksele düşen Pt kazancı elde edilmiş olundu.

Range resolution: hedef dâhilinde olan nesnelerin çözünürlüklerini veren parametre.



Şekil 4.1 Data Structure

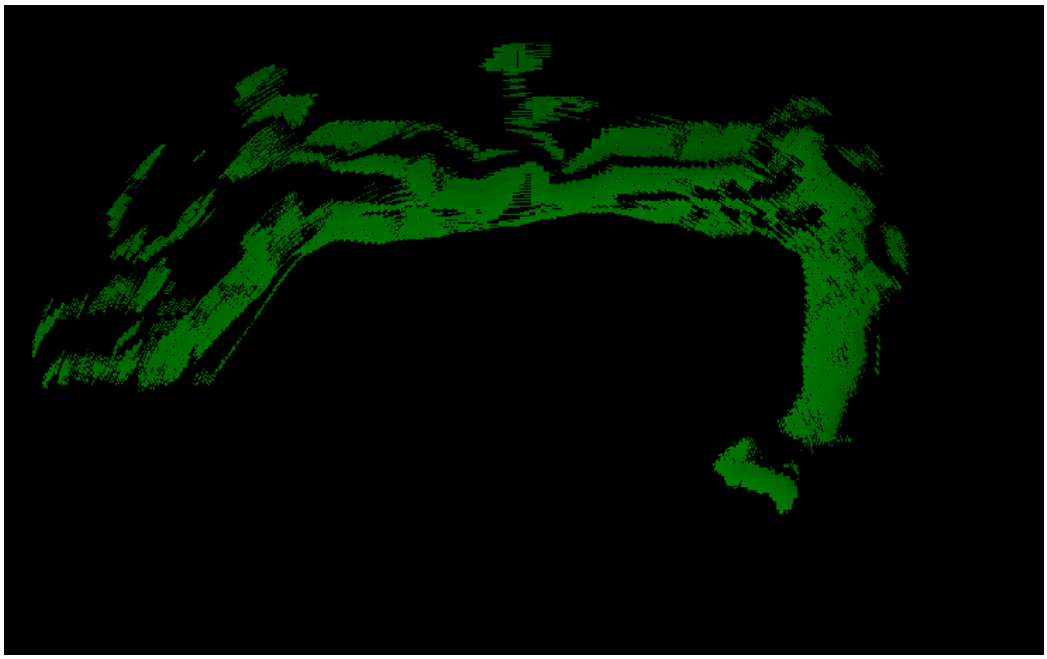
Şekil 'de her bir doğrultu için 20 000 m'yi 666 adet bölümden oluşturuldu.Yukarıda anlatılanları daha net algılaya bilme adına her biri için yapılan işlemler tanımladı.Bunun sonucunda arazide bulunan her 30 m için tek bir piksel ve her piksel için şiddeti atandı (Şiddetine göre RGB de renk tonu atandı).

Sonrasında gözlenen görüntüde ufak boşlukların bulunması nedeni ile basit bir görüntü işleme tekniği ile boşlukları doldurma metodu uygulandı.

Bunun için öncelikle doldurma açısı bulundu.

$$Doldurma\ Açısı = \frac{1200 \times OrtUzunluk \times \pi}{2000000} \qquad (4.4)$$

Buradaki 2.000.000 değeri denemeler sonucunda bulunmuştur. Bunun sebebi ise kodda yapılan düzenleme ve değerlendirme neticesinde optimum değerin bu değer olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.2 Arazinin Geri Yansıma ve Gölgelendirme Modeli

4.2 Denizden Gelen Yansıların Modellenmesi (Sea Clutter)

Deniz dalgalarının parametreleri gemi trafiği ve güvenliği açısından çok önemli rol teşkil etmektedir. Radar sinyalleri deniz yüzeyinden yansıyarak bir clutter etkisi yaratmaktadır. Bu oluşan etki radarda gürültüye sebebiyet vereceğinden dolayı modelimizi ona göre yapacağız.

Modelimizde ters fourier dönüşümü kullanarak, deniz dalgasının yükseltisi, konumu ve zamana bağlı olarak güç spektrumunu çıkarıldı. Bu işlemi yaparken sinüs dalgalarının üst üste toplamından faydalandık [3].

$$\eta(x,y,t) = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} A_{ij} \sin(w_i t - k_i x \cos\theta_j - k_i y \sin\theta + \delta_{ij}) \qquad (4.5)$$

A_{ij} herhangi bir yerdeki genlik değerini, w_i açısal frekansı , θ_i yönünü ve ki ise dalga sayısını temsil etmektedir. δ_{ij} rastgele fazı göstermektedir.

$$A_{ij} = \sqrt{2S(w_i,\theta_j)\,dw\,d\theta} \qquad (4.6)$$

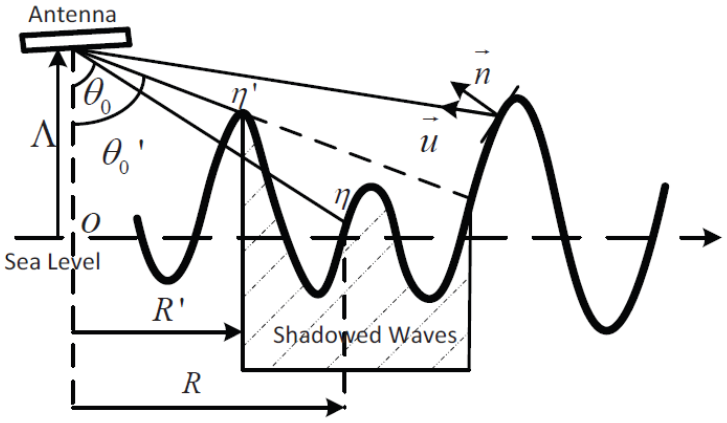
Deniz yüzeyindeki güç spektrumunu hesaplamak için;

$$S(w) = \frac{0.11}{2\pi} H_{1/3}^2 T_{01} \left(\frac{T_{01} w}{2\pi} \right)^{-5} e^{-0.44(\frac{T_{01} w}{2\pi})^{-4}} \tag{4.7}$$

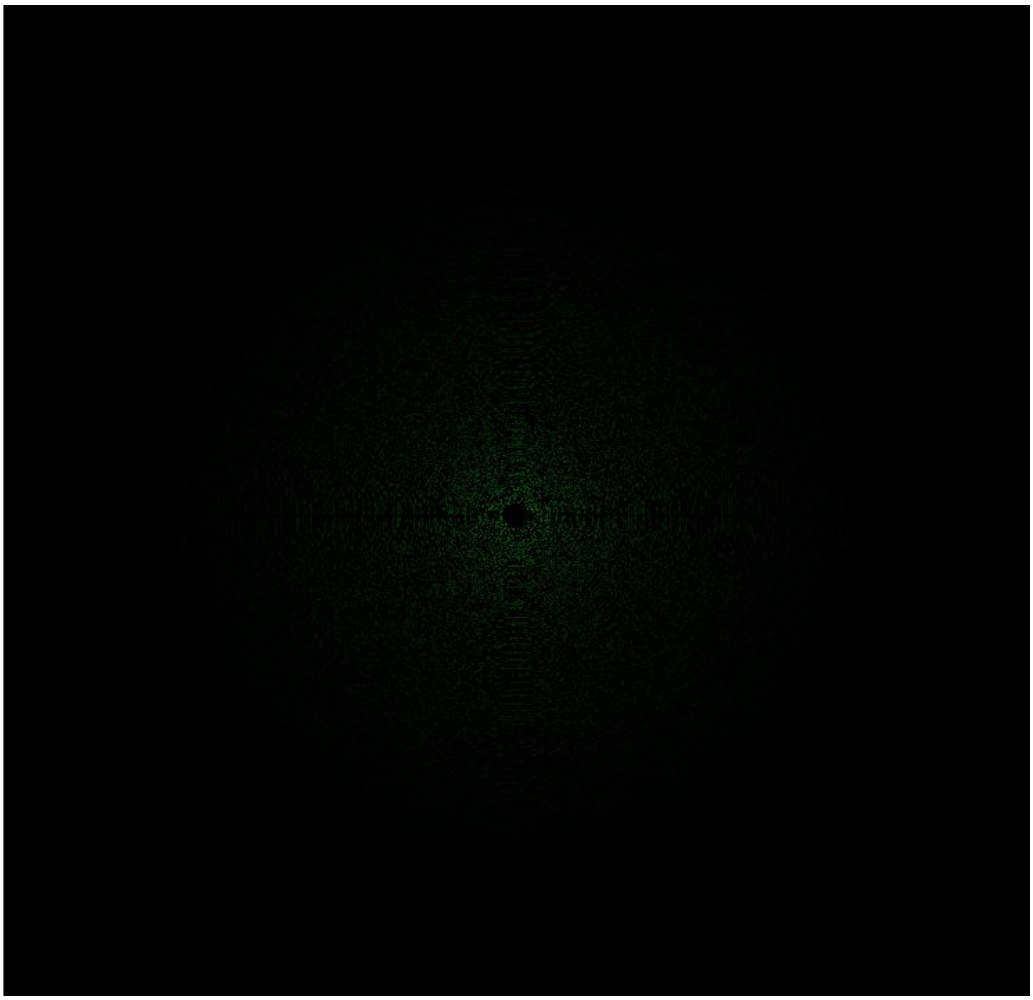
$$D(\theta) = \frac{2}{\pi} \cos^2(\theta - \theta_p) \tag{4.8}$$

$$\int_{\theta} D(\theta)\, d\theta = 1 \tag{4.9}$$

$$S(w,\theta) = S(w) D(\theta) = S(w) \frac{2}{\pi} \cos^2(\theta - \theta_p) \tag{4.10}$$



Şekil 4.3 Deniz Etkisi Modellemesi



Şekil 4.4 Deniz Etkisi Modellemesi

4.3 Yağmur Etkisinin Modellenmesi (Rain Clutter)

Gönderdiğimiz enerjinin herhangi bir hedeften yansıdıktan sonra kullanılabilir bir sinyal olabilmesi önemli bir faktördür. Hava şartlarının kötüleşmesi durumunda radarın kullanılabilir bir sinyal alması güçleşmektedir. Bu duruma sebep olan etki daha çok ortamdan kaynaklanan gürültü sinyalinin gerçek sinyalin üzerine binmesidir.

4.3.1 Yağmurun Tespiti

Yağmurun belirlenmesi için tespit edilecek gerçek hedefin yansıtıcılığınınyağmurun yansıtıcılığından iyi olması beklenmektedir.

Alıcı antene gelen gücün hesabı için;

$$S = \frac{P_t G_t^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \qquad (4.11)$$

σ: Radar kesit alanı (m^2)

P_t : Verici gücü (watt)

G_t : Antenin kazancı

λ : Dalga boyu

R : Hedef menzili

$$C = \frac{P_t G_t^2 \sigma_c \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad (4.12)$$

S : Hedef nesneden yansıyan güç,

C : Yağmurdan yansıyan güç

Bu denklemlerden yağmurun etkisinin gözlemlenebilmesi için S/C oranının min SNR oranından büyük olması gerekmektedir.

$\sigma_t / \sigma_c \geq SNR_{\min}$

4.3.2 Yağmurun Radar Kesit Alanı Hesabı

Yukarıda ki *C* denkleminde de görüleceği üzere σ_c 'nin hesaplanması gerekmektedir [5].

$\sigma_c = V_B D$

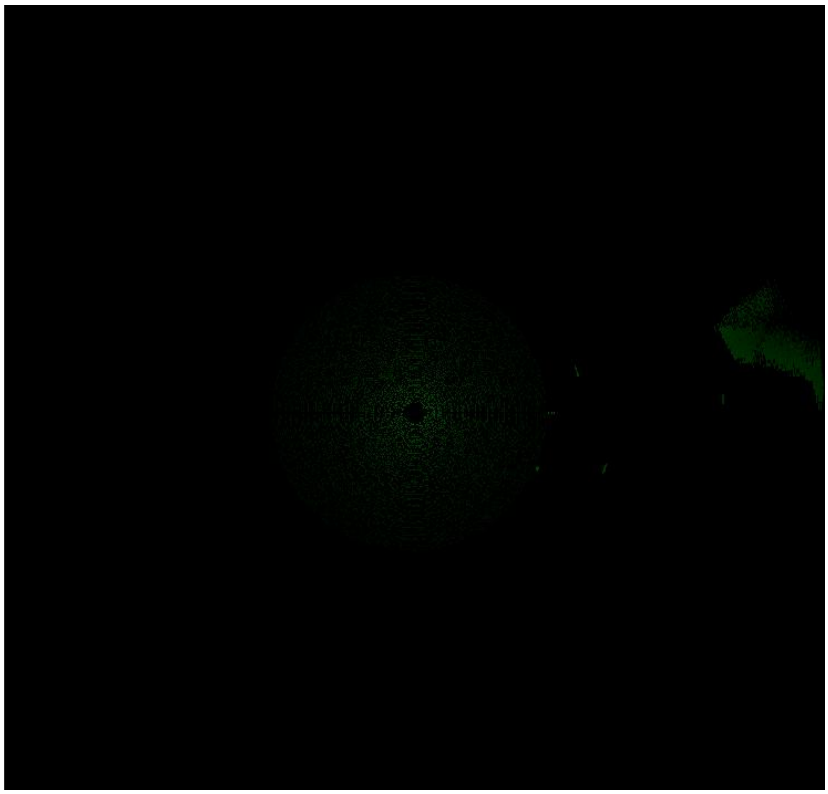
V_B : Tek bir darbe sinyali ile aydınlatılmış hacim.

D : Yağmurun konsantrasyonu.

$$R_{rc} = \left[305 \frac{G_t \lambda^4 \sigma_t}{r^{1.6} \tau} \right]^{1/2} \quad (4.12)$$

Çizelge 4.1 Yağmurun 1 Milde Algılanabilmesi için gerekli RKA

Yağış		**Nominal Radar Gücü**				
Durum	Oran(mm/hr)	2.2kW	4kW	12kW	25kW	50kW
1(Drizzle)	0.25	1	<1	<1	<1	<1
2(Light)	1	12	5	4	2	2
3(Moderate)	4	114	45	36	18	14
4(Heavy)	16	1048	417	331	166	132
5(Excessive)	40	4552	1808	1436	719	571



Şekil 4.5 Yağmur Etkisinin Modellenmesi

4.4 Sis Etkisinin Modellenmesi

Sis modellemesi için öncelikle zayıflama faktörünün hesaplanması gerekmetedir. Sonrasında ise dalganın bir dalga kılavuzu içinde seyrediyormuşçasına hesaba katılması gerekir.

4.4.1 Sisin Zayıflatma Katsayısı

$$\alpha = \frac{54.8}{V_m^{1.43}} \tag{4.12}$$

α : Çift yönlü zayıflama (X-Band), $\mathrm{dB/nmi}$, V_m : Görünürlük menzili, m

Çizelge 4.2 Bandlara Göre Görünürlük Değerleri

Görünürlük(m)	X-Band(dB/nmi)	S-Band(dB/(nmi)
100	0.08	0.01
60	0.16	0.01
30	0.4	0.04
10	2.0	0.18

4.4.2 Menzil Mesafesindeki Zayıflama Etkisi

Çizelge ve Çizelge ’deki değerlerin elde edilişi;

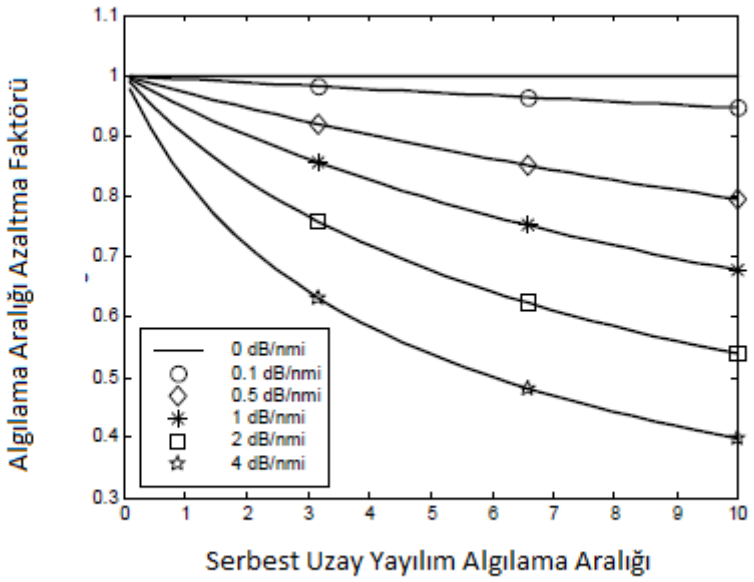
$$\eta_a = 10^{-0.1\alpha R} \tag{4.12}$$

η_a : zayıflatma faktörü

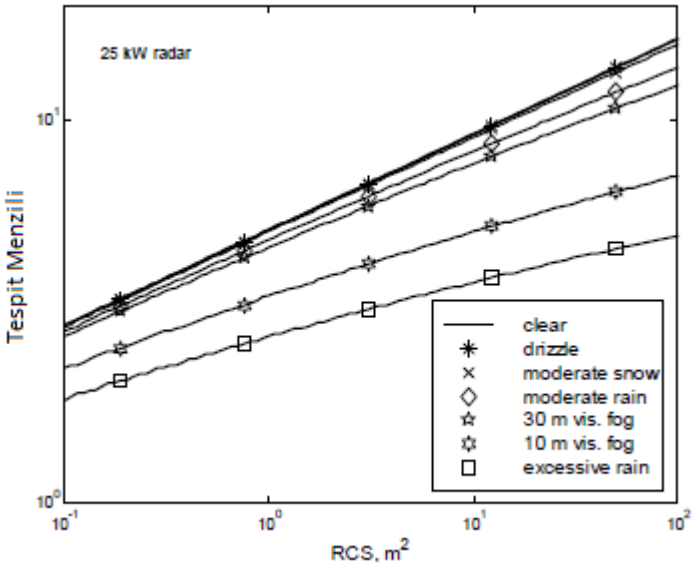
R : Hedef menzili(nmi)

α: Çift yön zayıflatma faktörü

İndirgenmiş tespit mezili için;



Şekil 4.6 Zayıflama Etkisi Menzil Düşüşüne Etkisi (S Bandı)



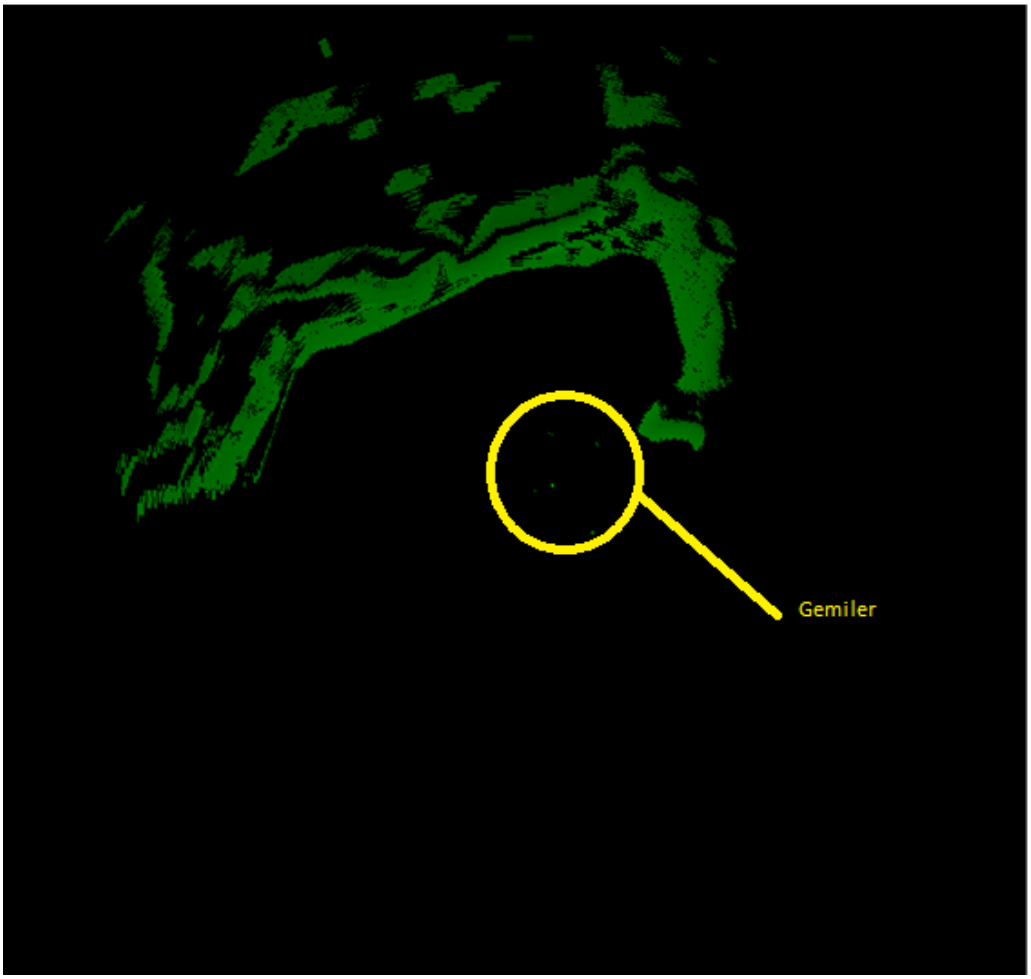
Şekil 4.7 Zayıflama Etkisinin Mezil Düşüşüne Etkisi (X Bandı)

BÖLÜM 5

SİMÜLASYON SONUÇLARI

Bu bölümde simülasyonun farklı senaryolar çerçevesinde test edilmiştir. Bunlar neticesinde gemimizin pozisyonuna bağlı olarak arazinin ve hedef gemilerin pozisyonları tayin edilmiştir. Hava şartlarına bağlı olarak (yağmur) arazinin ve hedef gemilerin görünümünde ki değişimler gösterilmiştir.

1.Seneryo: Havanın açık olduğu durumda arazinin ve hedef gemilerin görünümleri;



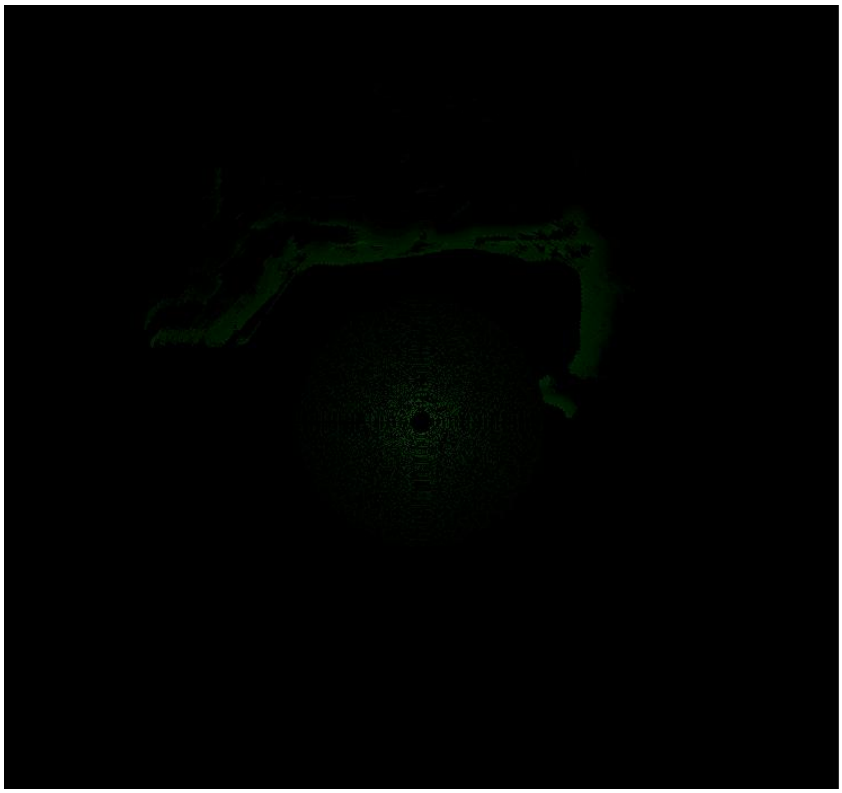
Şekil 5.1 Açık Havada Arazi ve Gemiler

2.Seneryo: Havanın açık olduğu durumda radar ekranın x10 yaklaşmış hali;



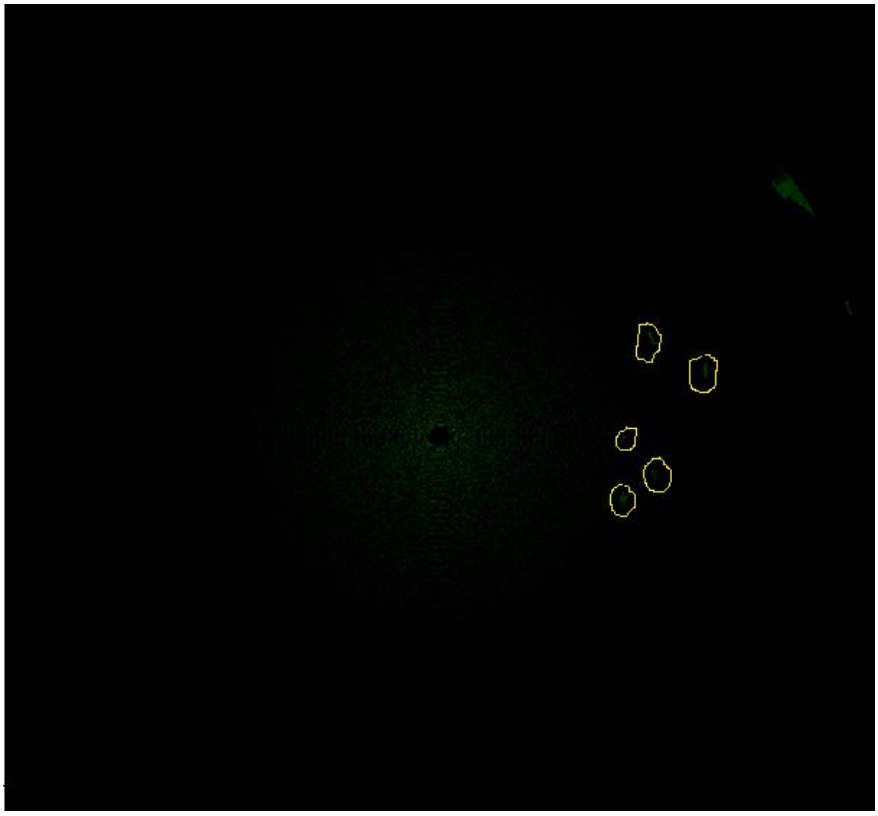
Şekil 5.2 Açık Hava Gemiler

3. Senaryo: Havanın kapalı olduğu durumda (yağmurlu) arazinin görünümleri;



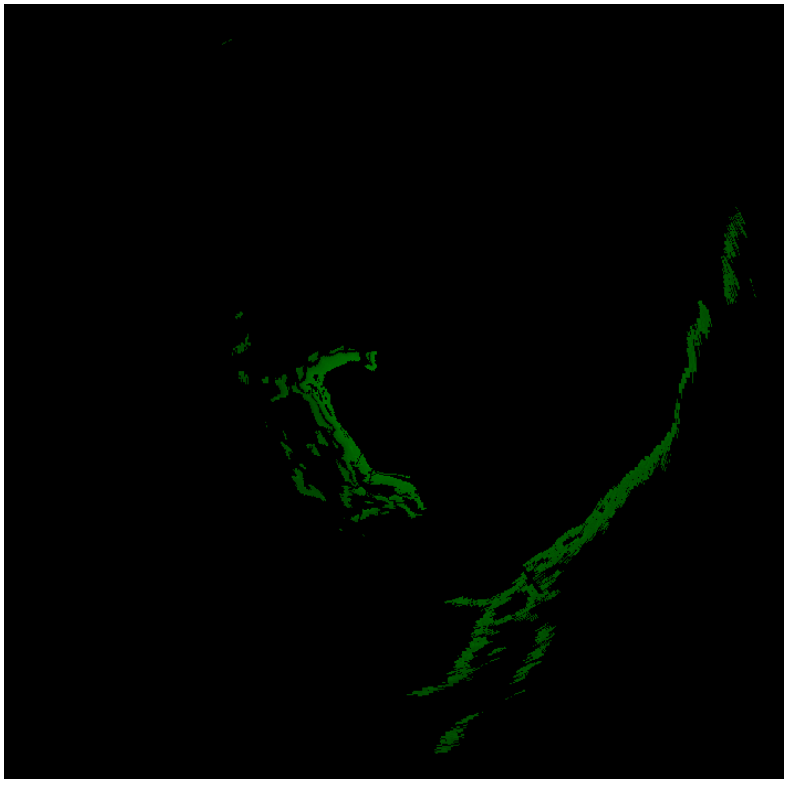
Şekil 5.3 Yağmurlu Havada Arazi

4. Senaryo: Havanın kapalı olduğu durumda (yağmurlu) gemilerin görünümleri;



Şekil 5.4 Yağmurlu Havada Gemiler

5. Senaryo: Havanın açık olduğu durumda radar ekranın x0 yaklaşmış hali;



Şekil 5.5 Açık Havada Arazi

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezin gerçek zamanlı çalışması ve sadakat seviyesinin oldukça yüksek olması eğitilecek olan gemi adamlarının sahaya daha çabuk adapte olmaları sağlanacak. Bu projenin bir TEYDEP projesi olması sebebiyle SİMSOFT firmasının ticarileştirme konusunda herhangi bir sıkıntı yaşamayacaktır. Ayrıca bu konuda ülkemizin dışa bağımlılığımızı azaltacak olması nedeniyle milli ekonomimize katkı sağlayacaktır.

Simülatörün performansını daha da artırabilmek adına NVIDIA physx in algoritmalarının üzerine daha fazla gidip bu konuda geliştirmeler yapılabilir.

Sonuç olarak simülatör mekanik ve radarın kısmının birleşmesiyle 6 eksenli hareketli platform olarak kurulmuştur. Doğa olayları, sadakat seviyesi ve görselleştirmeler göz önüne alınmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Badouel, D., (1990) “An Efficient Ray-Polygon Intersection, in Graphics Gems, edited by Andrew S. Glassner.” Academic Press Inc., 390-393.

[2] Lin, C.C., Reilly, J.P., (1997) “A Site-Specific Model of Radar Terrain Backscatter and Shadowing Professional Publishing.”, Johns Hopkins APL Technical Digest, 18(3).

[3] An, J., Huang, W., Gill, E., (2012) “Numerical Simulation of X-Band Marine Radar Imaging”, Electrical and Computer Engineering Faculty of Engineering and Applied Science Memorial Universty.

[4] Basbilen, K., Efe, M., Zorba, O., (2011) “Modelling Evaporation Duct Effect in Radar Simulation.”, Meteksan Defence Industry Inc, Ankara University Electronics Engineering Department.

[5] Dong, Y., (2007) “High Grazing Angle and High Resolution Sea Clutter: Correlation and Polarisation Analyses.”, Defense Science Technology Organization, Australia.

[6] Balanis, C.A., (2005) “AntennaTheory : Analysis and Design” , Third Edition, A John Wiley&Sonsinc., New Jersey.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Tankut Oğuz TOPBAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri	:23.06.1990
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:oguztopbas@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Y. Lisans		Yıldız Teknik Üniversitesi	
Lisans	Elektronik – Haberleşme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Denizli Anadolu Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2014	Gate Elektronik Tic AŞ	Kıdemli Donanım Mühendisi

2013-2014	Simsoft	RF Mühendisi
2013	Gessat Tic. AŞ	RF Mühendisi

ÖDÜLLERİ

1.	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölüm 3.lüğü
2.	Makine Mühendisliği Bölüm 1.liği
3.	Elektrik Elektronik Fakültesi Bitirme Tezi Yarışması 1.liği