

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE
UZAKTAKİ CİSİMLERİN ŞEKİLLERİNİN TESPİTİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülçin YARIMAY

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE
UZAKTAKİ CİSİMLERİN ŞEKİLLERİNİN TESPİTİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gülçin YARIMAY
(705161029)**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN

HAZİRAN 2019

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 705161029 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Gülçin YARIMAY, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE UZAKTAKİ CİSİMLERİN ŞEKİLLERİNİN ALGILANMASI ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mehmet ÇAYÖREN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Evrim TETİK
İstanbul Aydın Üniversitesi

Teslim Tarihi : **24 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **11 Haziran 2019**



ÖNSÖZ

Desteđini esirgemeyen aileme, hep yanımda olan arkadaşlarıma, beni buraya getiren hocalarıma, tez danışmanım Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN'a ve katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Mehmet Nuri AKINCI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2019

Gülçin YARIMAY
(Mühendis)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÖZET	xiii
SUMMARY.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
1.2 Literatür Araştırması	2
1.3 Hipotez.....	3
2. MİKRODALGA.....	5
2.1 Mikrodalga Nedir	5
2.2 Mikrodalga Görüntüleme.....	6
2.3 GPR	9
3. KALİTATİF MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME	11
3.1 Saçılma Parametreleri Şartlarında LSM ve FM'nin Kurulması	14
4. LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ	15
5. SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	39
EKLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	47



KISALTMALAR

EM	: Electromagnetic
FM	: Factorization Method
GPR	: Ground Penetrating Radar
IWI	: Intrawall Imaging
LSM	: Linear Sampling Method
SAR	: Synthetic Aperature Radar
TE	: Transvers Elektrik
TWI	: Through-Wall Imaging
VNA	: Vector Network Analyzer



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Elektromanyetik Spektrum	6
Şekil 3.1 : Problem Geometrisi.....	12
Şekil 4.1 : Dieletrik Katsayısı 1 Durumunda Görülen Değişim	15
Şekil 4.2 : Dieletrik Katsayısı 1.1 Durumunda Görülen Değişim.....	16
Şekil 4.3 : Dieletrik Katsayısı 1.2 Durumunda Görülen Değişim	16
Şekil 4.4 :Dieletrik Katsayısı 1.3 Durumunda Görülen Değişim	17
Şekil 4.5 :Dieletrik Katsayısı 1.4 Durumunda Görülen Değişim	17
Şekil 4.6 :Dieletrik Katsayısı 1.5 Durumunda Görülen Değişim	18
Şekil 4.7 : Dieletrik Katsayısı 1.6 Durumunda Görülen Değişim	18
Şekil 4.8 : Dieletrik Katsayısı 1.7 Durumunda Görülen Değişim	19
Şekil 4.9 :Dieletrik Katsayısı 1.8 Durumunda Görülen Değişim	19
Şekil 4.10: Dieletrik Katsayısı 1.9 Durumunda Görülen Değişim.....	20
Şekil 4.11:Frekans 1 GHz Durumunda Görülen Değişim.....	21
Şekil 4.12: Frekans 2 GHz Durumunda Görülen Değişim	21
Şekil 4.13 :Frekans 3 GHz Durumunda Görülen Değişim ...	22
Şekil 4.14 :Frekans 4 GHz Durumunda Görülen Değişim ...	22
Şekil 4.15 : Frekans 5 GHz Durumunda Görülen Değişim.....	23
Şekil 4.16 : Frekans 6 GHz Durumunda Görülen Değişim.....	23
Şekil 4.17 :Frekans 7 GHz Durumunda Görülen Değişim ...	24
Şekil 4.18 :Frekans 8 GHz Durumunda Görülen Değişim ...	24
Şekil 4.19 : Frekans 9 GHz Durumunda Görülen Değişim.....	25
Şekil 4.20 : $r=0.01$ Durumunda Görülen Değişim.....	26
Şekil 4.21 : $r=0.02$ Durumunda Görülen Değişim ...	26
Şekil 4.22 : $r=0.03$ Durumunda Görülen Değişim.....	27
Şekil 4.23 : $r=0.04$ Durumunda Görülen Değişim ...	27
Şekil 4.24 : $r=0.05$ Durumunda Görülen Değişim.....	28
Şekil 4.25 : $r=0.1$ Durumunda Görülen Değişim ...	28
Şekil 4.26 : $r=0.15$ Durumunda Görülen Değişim.....	29
Şekil 4.27 : $r=0.2$ Durumunda Görülen Değişim ...	29
Şekil 4.28 : $N=20$ Durumunda Görülen Değişim	30
Şekil 4.29 : $N=40$ Durumunda Görülen Değişim	31
Şekil 4.30 : $N=60$ Durumunda Görülen Değişim	31
Şekil 4.31 : $N=80$ Durumunda Görülen Değişim	32
Şekil 4.32 : $N=100$ Durumunda Görülen Değişim	32
Şekil 4.33 : $N=120$ Durumunda Görülen Değişim	33
Şekil 4.34 : $N=140$ Durumunda Görülen Değişim	33
Şekil 4.35 : $N=160$ Durumunda Görülen Değişim	34
Şekil 4.36 : $N=180$ Durumunda Görülen Değişim	34
Şekil 4.37 : $N=200$ Durumunda Görülen Değişim.....	35



LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE UZAKTAKİ CİSİMLERİN ŞEKİLLERİNİN TESPİTİ

ÖZET

Uzaktan algılama, yeryüzünden belli uzaklıkta, atmosferde veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve nesnelere hakkında bilgi alma ve bunları analiz etme tekniği, ya da nesnelere fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle nesnelere hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı olarak ifade edilir. Cisimler hakkında bilgi verebilen bu bilim dalı ilerleyen zamanla beraber bir çok soru işaretine cevap bulmuştur. Geçen bu zaman diliminde, sorulara bulunan cevaplar her ne kadar bilim ve insanlık adına çok yararlı olsalar da, bu cevaplar kendi içlerinde çıkardıkları, kendi soru işaretlerini de gün yüzüne çıkarmaktadırlar. Böylesi gelişen teknoloji ve telekom, uzay, radyo astronomi, navigasyon, konumlandırma ve ölçme, gıda, savunma, tıp ve jeofizik gibi alanlardaki büyük devrimler, bir çok yol ayrımını kendileriyle beraber açığa çıkarmıştır.

Ulaşılamayan bölgelerdeki cisimler hakkında bilgi edinmek, gerek yukardaki alanları, gerekse daha farklı bir çok alanı kapsayan farklı konularda olan etkisini büyük bir başlık altında topluyor. Kendi içinde bir çok devrim ve gelişime şahit olan bilim, bu konuda da bir çok yöntemi öne sunuyor.

Doğrusal örnekleme yöntemi, zaman harmonik ters saçılmadaki bir engelin şeklini, fiziksel özelliklerin veya saçılan maddenin kopuk bileşenlerinin sayısı hakkında önceden bir bilgi olmadan önceden yapılandırmak için bir yöntemdir. Her halükarda hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak sayısal olarak kanıtlanmış olmasına rağmen, bunun neden böyle olduğunu kanıtlayacak bir matematiksel tartışma bulunamamıştır.

Biz bu tezde, Lineer Örnekleme Yöntemini kullanarak uzaktaki cisimlerin şekillerini tespit ettik. Bu amaçla çok sayıda antenli bir görüntüleme sisteminin önüne çeşitli cisimlerin yerleştirilip bu saçıcılardan saçılan alanı Moment Yöntemi ile hesapladık. Saçılan alana Lineer Örnekleme Yöntemi uygulayarak saçıcıların şekillerini tespit edildi. Elde edilen sonuçlar gösterdi ki Lineer Örnekleme Yöntemi ile saçıcıların şekillerinin uzaktan tespiti gerçekçi koşullar altında dahi başarılabilir.



RECONSTRUCTING THE SHAPES OF THE OBJECTS BASED ON LINEAR SAMPLING METHOD

SUMMARY

Remote sensing is defined as the science and art of acquiring information about objects by measurements made from any distance without physical contact with the objects or by means of measuring instruments and information on the earth and its objects by means of measuring instruments located at platforms, at a certain distance from the earth, in the atmosphere or space. This science, which can give information about the objects, has found answers to many question marks in the course of time. Although the answers to the questions are very useful for science and humanity, these answers bring out their own question marks. The major breakthroughs in such advanced technologies and areas as telecom, space, radio astronomy, navigation, positioning and measurement, food, defense, medicine and geophysics have led to many breaks.

Information on the objects in the unreachable regions, the above areas, or different areas covering a different subject covers the effect of a great title. Science, which witnessed many revolutions and developments in itself, offers many methods in this regard.

The linear sampling method is a method for preconfiguring the shape of an obstacle in the time harmonic inverse scatter without prior knowledge about the physical properties or the number of detached components of the scattered matter. In any case, although it has been numerically proven as a fast and reliable method, no mathematical argument has been found to prove why this is so.

When the literature review is considered, it is seen that various studies have been carried out under the headings of underground detection application, medical applications, military and civil applications with microwave frequency measurements. From this perspective, it was found that qualitative sampling methods used in microwave imaging had the ability to provide reconstruction of the scatter shape by observing the behavior of an indicator function, Linear Sampling method as an example. In many places, the name of the microwave is very consumable in terms of the basis of wavelength in the form of electromagnetic radiation ranging from one millimeter to one meter in the context of frequency; It covers frequencies in the range of 300 Mhz (100 cm) and 300 GHz (0.1 cm).

The microwave is suitable for wireless transmission of signals with larger bandwidth. Microwave addressing wavelengths shorter than 1 meter is widely used in radar, telephone, satellite communication and navigation applications. Widely used in such fields, microwave dag has come to wide limits and is also used in applications such as food preparation, medical treatments and medical supplies. Suitable for signs with larger bandwidth, Microwaves are in the range of 1 GHz and 40 GHz and are also suitable for wireless data transmission.

Within the scope of microwave field boundaries, ie 300 MHz to 300 GHz, microwave imaging is primarily considered, using electromagnetic (EM) waves in the environment or so-called objects embedded or hidden in the structure for the purpose of evaluation, the literature, radar is an object derived from detection / placement applications. Microwave imaging, which is intended for application and engineering for the purpose of inspection without any disturbance or degradation, is referred to as microwave testing.

Microwave imaging for said application and engineering can be divided into two major classes; these classes are quantitative and qualitative imaging techniques. Quantitative imaging techniques, also known as açılma inverse opening method laştır, solve a nonlinear inverse problem and give the geometrical properties of an imaged object that can be defined as electrical properties such as shape, size and position. This non-linear inverse problem can be transformed into a linear inverse problem by the effect of using Born or skewed Born approaches. In order to clarify the situation, it can convert to an equation of type $Mx = y$ where M and y are known, where x symbolized as the image is unknown. As is well known in the literature, the matrix inversion method can be applied directly in such a case, but the case of said inversion method will be much more difficult, as can be seen if a situation in which the M matrix can be large and dense is considered.

In another context, qualitative microwave imaging methods calculate the qualitative profile, which is also referred to as the reflection function or qualitative image, which represents the object that is stored or hidden in other words. The above-mentioned techniques use approaches to simplify the imaging problem and, after the process of using this approach, use the back propagation, also called back migration, phase compensation, or time reversal, to reconstruct the unknown image profile. Some of the qualitative microwave imaging methods are frequency wave count migration algorithm, SAR (Synthetic Aperature Radar) and GPR (Ground Penetration Radar). A microwave imaging system consists of hardware and software components on a generalized basis. The hardware in these two classes on a generalized basis is the part of data collection from the model being tested. In view of the human body model, which is a model under medical imaging, the main event begins with an emitting antenna transmitting electromagnetic (EM) waves towards the model being tested. Based on the logic of the electromagnetic wave (EM) in the literature, the electromagnetic wave (EM) cannot reflect any wave back if the model is made of homogeneous material or is of infinite dimension. When compared to the surrounding homogeneous environment, the presence of any abnormality with different characteristics such as electric or magnetic may reflect a certain part of the electromagnetic wave (EM). The difference between the characteristics of the mentioned abnormality and the surrounding environment is large and the power of the reflected wave is its own. is directly proportional. This reflection, which has a direct proportion to the medium, can be collected by the same antenna in a monstatically designed system or by a different receiving antenna in bistatic configurations.

The work should be distributed to a lesser hollow area, also called a sampling area, in order to increase the cross-spaced resolution of the imaging system. With this step taken to increase the cross-spaced resolution, the interconnection between the antennas located close to one another may reveal the falsity of the signals that are intended to collect.

Together with this, this will create confusion of the receiver and transmitter systems. In order to overcome such problems that may open the door to big problems, multiple antennas planned to be used may be replaced by a single scanning antenna. A single scanning antenna will help to solve the problem. In configuring the use of a scanning antenna that closes the problem of multiple antennas, the single scanning antenna scans the entire sampling area, and the data collected by the scanning antenna is mapped to the antenna location coordinates. Essentially, if the antenna is moved with a purpose similar to the principle of SAR (Synthetic Aperature Radar), a synthetic aperture is produced for you. In this case, based on the principle of SAR (Synthetic Aperature Radar), aggregated data, sometimes also referred to as safe input, is sent to the software for processing purposes. Depending on the process algorithm applied, microwave imaging techniques can be classified as quantitative and qualitative.

Qualitative inverse scattering methods attempt to reconstruct the shapes of targets that cannot be reached from scattered areas without any assumptions about the number of targets or the electrical properties of the targets. These methods have been successfully applied in many subjects such as NDT (Nondestructive Testing), medical imaging or underground imaging.

In this thesis, Linear Sampling Method is used to determine the shape of distant objects. For this purpose, we have calculated the area scattered from these scatterers with Moment Method. Noise was added to the scattered area and linear sampling method was applied to the area. The results showed that the linear sampling method can be achieved even under realistic conditions.



1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir[1]. Bu bilim dalı hakkında kısa bir tanım yapılması gerekirse, fiziksel bir temas olmaksızın cisimler hakkında bilgi almaktır. Diğer bir çok olay gibi, bu bilim dalı da kendi içinde en temelde enerjiyi barındırıyor[2-4]. Nitekim temellendirilmiş bu ortak olayın aynı enerjinin olmaması durumu algılama yetisini imkansız kılmaktadır. Doğadaki tüm olayların bir enerji vasıtasıyla gerçekleşmesi durumu kendini uzaktan algılama gibi bir çok alanda önem arz eden bir konuda da kendini ön plana koymaktadır[5-8].

Böylesi bir konunun daha iyi anlaşılabilmesi adına, ufak bir benzetme yapılması gerekliliği öne sürüldüğü takdirde, gelişen bilimin temel örneklerle yola çıktığı insan yapısı itibarıyla bu benzetmeyi tamamlayabilmektedir. Kulağın çevreden gelen ses dalgalarını bir mikroişlemci görevi üstlenerek tanımlayıp beyine göndermesi, mikroişlemci görevi gören beyinin bunları değerlendirip algılaması, yada gözlerin, görüş alanı içine düşen tüm cisimleri alıp tıpkı kulak gibi mikroişlemci görevi görerek bunları değerlendirmesi, uzaktan algılamanın tasvirlenebileceği bir kaç örnekten biridir. Tüm bu algılama işlemlerinin gerçekleşebilmesinde enerji kullanılır. Nitekim doğadaki tüm olaylar da bu algılama işlemi gibi enerjiye dayalıdır. Enerjiye dayalı bu işlemlerin uzaktan algılama temelinde düşünülebilmesinde de enerji kaynağı olarak güneş ya da yapay bir güç kaynağı kullanılır.

İnsan üzerinden tasvirlenebilen ve büyük bir önem arz eden bu olgunun gerçekleşebilmesi için şart çerçevesi kapsamında bir kaç gereklilik vardır[9]. Bunlar;

- Enerji kaynağı ya da ışınım
- Işınım veya radyasyon ve atmosfer
- Hedef ve interaksyon
- Sensör tarafından kaydedilen enerji

- Transmisyon, alma ve işleme
- Yorumlama ve analiz
- Uygulama

Konunun tarihçe kapsamında değerlendirmek gerekirse; 1909 yılında Wilbur Wright tarafından bir uçak kullanılarak ilk defa sıralar halinde Hava Fotoğrafi çekim ile başlayan uzaktan algılama, 1957 yılında SPUTNIK-1 ile başlayan Uzay Çağı , 1972 yılında LANDSAT uydusunun fırlatılması ile devam etmiş ve günümüze kadar gelmiştir[10]. Büyüyen teknoloji ile devam eden bu gelişim doğrultusunda, uzaktaki cismin şeklinin algılanması önem arz eden devasa konular arasında yerini korumaktadır. Son yıllarda erişilemeyen hedefler hakkında uzaktan ve istilacı olmayan bilgiler sağlamak amacıyla elektromanyetik dalgalardan yararlanabilecek teknolojilere olan talep artmıştır[11-12]. Nitekim, geleneksel mühendislik ve jeofizik arama uygulamalarına ek olarak, iç güvenlikten kolluk kuvvetlerine kadar, halk arasında güvenlik konusundaki endişelerin artışı, duvardan (TWI) ve duvar içinden (IWI) algılamaya izin verebilecek görüntü algılanma teknik taleplerinde önemli bir artışa sebebiyet vermiştir[13]. Bu durum, beraberinde bir çok farklı tekniği gün ışığına çıkarmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Hedeflerin, yer, şekil ve boyut olarak geometrik özelliklerinin belirlenmesi ve yeniden yapılandırılması, konu adına bulunan bir çok teknik ile beraber sağlanabilirken, bu tez, yeterli önemi arz ettiren bu konunun matematiksel formüllere dayatılabilecek bir yol ile konu için yeni bir yeşil ışık yakmayı amaç ediniyor.

1.2 Literatür Araştırması

Konu üzerinde literatürde yapılan araştırmalar neticesinde, konuya en genel anlamıyla iki yol üzerinden yaklaşıldığı görülmüştür. SAR (Synthetic Aperature Radar) ya da Sentetik Açıklıklı Radar olarak ta bilinen yöntemden yararlanılan ilk yolda, SAR duvarı hesaba katmak için uygun şekilde değiştirilmiş, fakat bu değişim uygun biçimde ele alınmadığı takdirde, bulanık veya odaklanmamış görüntülere yol açıyor ve bu sebeple hedeflerin geometrik özellikleri yanlış bir biçimde belirtiliyor[14].

Yanlış anlaşılmaya mahal verecek bu yöntem, konunun tamamlanması adı altında çözümü yeterince hırslı ve imkan içi görülebilen ve ters saçılma mantığını temel alan diğer bir yola bırakıyor[15].

1.3 Hipotez

Yapılan literatür taraması ele alındığında, mikrodalga frekansındaki ölçümlerle, yeraltı algılama uygulaması, tıbbi uygulamalar, askeri ve sivil uygulamalar başlıkları altında çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmüştür[16]. Bu çerçeveden bakıldığında mikrodalga görüntüleme de kullanılan nitel örnekleme yöntemlerinin, bir örnek olarak Lineer Örnekleme yöntemi, bir gösterge fonksiyonunun davranışını gözlemleyerek saçıcı şeklinin rekonstrüksiyonunu sağlama yeteneği olduğu görülmüştür[17]. Buradan yola çıkarak, uzaktaki cisimlerin şekillerinin tespitinde lineer örnekleme yönteminin kullanılması bu tezin hipotezini oluşturuyor. Bu doğrultuda çok sayıda antenli bir görüntüleme sisteminin önüne çeşitli cisimlerin yerleştirilip bu saçıcılardan saçılan alanı Moment Yöntemi ile hesaplayacağız. Saçılan alana Lineer Örnekleme Yöntemi uygulayarak saçıcıların şekillerini tespit edeceğiz. Özel olarak cisimlerin boyutlarını, görüntüleme domainindeki nokta sayısını, antenlerin ortamı uyardığı dalga frekansını, arka planın göreceli dielektrik sabitini değiştirerek bu durumlara ait incelemeler yapıp genel itibari ile önerilen yöntemin başarısını göstereceğiz.



2. MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME

2.1 Mikrodalga nedir

Birçok yerde adını çokça sarfettiren Mikrodalga temeli itibariyle, dalga boyu kapsamında bir milimetre ile bir metre arasında değişen elektromanyetik radyasyon formunu yani frekans bağlamında düşünüldüğünde; 300 Mhz (100 cm) ve 300 GHz (0.1 cm) aralığında bulunan frekansları kapsamaktadır[12]. Mikrodalga konusuna kelime anlamı olarak yaklaşıldığında, yaygın bir konu olan Mikrodalga'nın kelime itibariyle 1 metreden daha kısa olan frekansları tanımladığı görülür. 1 metre dalga boyundan daha kısa olan frekansları tanımlayan bu konu kendi içinde, 1 cm'den daha kısa dalga boyuna sahip olan frekanslara "milimetrik" dalga ismini verirken, 1 mm'den daha kısa dalga boyuna sahip olan frekanslara "sublimetrik" ismini uygun görmüştür. Sublimetrik dalga boyları 300 ile 3000 GHz aralığındaki frekanslarda bulunurken, milimetrik dalga boyları 30 ile 300 GHz aralığındaki frekanslarda bulunmaktadır[12-17].

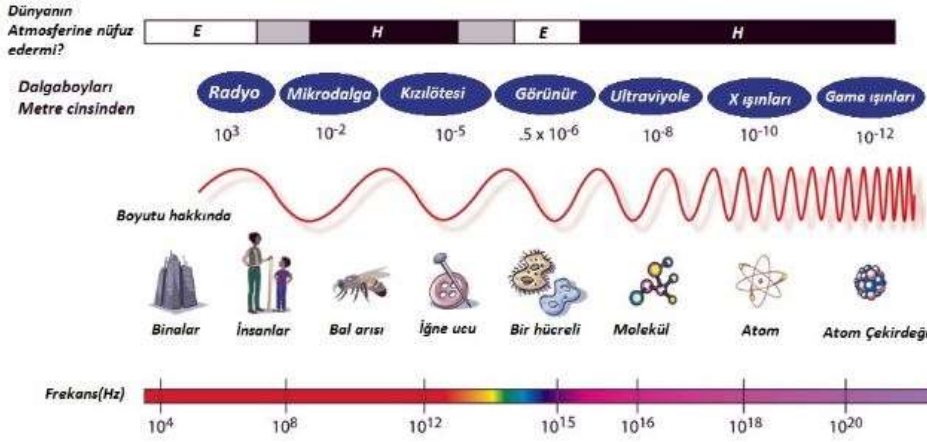
Mikrodalga, daha büyük bant genişliğine sahip işaretlerin kablosuz iletimi için uygundur. 1 metreden kısa dalga boylarına hitap eden Mikrodalga, geniş çaplı olarak, radar, telefon, uydu haberleşmesi ve navigasyon uygulamalarında kullanılır[18]. Yaygın olarak bu tür alanlarda kullanılan mikrodalga daha geniş sınırlara da gelip, gıda hazırlanması, tıbbi tedaviler ve tıbbi malzemeler gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır. Daha büyük bant genişliğine sahip işaretler için uygun olan Mikrodalgalar, 1 GHz ve 40 GHz aralığında ve kablosuz veri iletimi için de uygundur[19].

Genel anlamıyla;

- Navigasyon, Konumlandırma ve ölçme (GPS)
- Telekom
- Savunma Radar

- Radyo Astronomi
- Noktadan noktaya haberleşme
- Uydu, Hücresel erişim teknolojileri
- Algılama/Spektroskopi
- Kalıplama
- İletişim
- Teşhis, görüntüleme ve tedavi uygulamaları
- Trafik gözetleme, Hava trafik güvenlik kamerası
- Uzay

gibi birçok alanda kullanılır.



Şekil 2.1: Elektromanyetik spektrum [1]

2.2 Mikrodalga Görüntüleme

Mikrodalga alan sınırları çerçevesinde, yani 300 MHz ile 300 GHz aralığı, mikrodalga görüntüleme asıl olarak düşünüldüğünde, elektromanyetik (EM) dalgaları kullanarak ortam ya da diğer bir tabiriyle yapı içerisinde gömülü ya da gizli halde bulunan nesnelere değerlendirme amacı içerisinde, literatür içerisinde bulunan, radar'ın bir örnek olarak gösterilebileceği, tespit/yerleştirme uygulamalarından türetilmiş bir konudur[20].

Herhangi bir bozma ya da yıkıma uğratma durumu olmaksızın denetleme amacı adına uygulama ve mühendisliğe yönelik olan mikrodalga görüntüleme, adlandırılması açısından mikrodalga testi ismini üzerine almaktadır.

Bahsi geçen uygulamaya ve mühendisliğe yönelik olan Mikrodalga görüntüleme içinde bulunan teknikleri kapsamında iki büyük sınıfa ayrılabilir; bu sınıflar kantitatif ve kalitatif görüntüleme teknikleridir. “Ters açılma yöntemi” olarak diğer bir isimle tanımlanmış kantitatif görüntüleme teknikleri doğrusal olmayan ters bir problemi çözüme ulaştırarak görüntülenmiş durumda bulunan bir nesnenin, manyetik özellik olarak da toparlanabilecek elektriksel ve şekil, boyut ve konum gibi parametrelerce tanımlanabilecek geometrik özelliklerini verir[21]. Bahsi geçen ve doğrusal olmayan bu ters problem, Born veya çarpık Born yaklaşımlarının kullanılmalarının etkisiyle, doğrusal olan bir ters probleme dönüştürülebilir. Durumun açıklık kazanması için, M ve y 'nin bilindiği, görüntü olarak sembolize edilmiş x 'in bilinmediği, $Mx = y$ türünde bir eşitliğe dönüştürülebilir. Literatür üzerinden de bilindiği üzere, böylesi bir durumda matris inversiyon yöntemi doğrudan uygulanabilir, fakat M matrisinin büyük ve yoğun olabileceği bir durum göz önünde bulundurulması halinde görülebileceği üzere, bahsi geçen inversiyon yönteminin durumu çok daha zor olacaktır.

Karşılaşılabilecek böylesi bir problemin üstesinden gelebilmek uğruna, doğrudan uygulanabilecek olan inversiyon yenilemeli çözümler ile değiştirilebilir. Başka bir sınıf olarak tabir edilebilecek yenilemeli çözümler içerisinde bulunan teknikler, adlandırma amacıyla genel itibarıyla zaman alan ileri yenilemeli yöntemler olarak isimlendirilir.

Diğer bir bağlamda, kalitatif mikrodalga görüntüleme yöntemleri, saklanmış olan ya da diğer bir tabirle gizli durumda bulunan objeyi temsil etmekte olan ve yansıtma işlevi yada kalitatif görüntü olarak da adlandırılmış kalitatif profili hesaplar[21]. Yukarıda aktarılmış bu teknikler, görüntüleme problemini basitleştirmek amacı doğrultusunda yaklaşımlar kullanır ve bu yaklaşım kullanımı sürecinin ardından, geri göç, faz telafisi veya zamanın tersine çevrilmesi olarak da adlandırılmış olan geri yayılımı, bilinmeyen görüntü profilini yeniden oluşturmak doğrultusunda kullanırlar.

Kalitatif mikrodalga görüntüleme yöntemlerinden bazıları frekans dalga sayısı göç algoritması, SAR (Sentetik Aperature Radar – Sentetik Aralıklı Radar) ve GPR'dır (Ground Penetration Radar – Yer Delici Radar)[22].

Bir mikrodalga görüntüleme sistemi geliştirilmiş bazda donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. Geliştirilmiş bazda bulunan bu iki sınıf içindeki donanım test edilen modelden veri toplama kısmıdır.

Tıbbi görüntüleme konusu altında model olan insan vücudu örneği temel olarak düşünüldüğünde, esas olay verici bir antenin test edilen modele doğru elektromanyetik (EM) dalgaları göndermesiyle başlar. Elektro manyetik dalganın (EM) literatür içerisinde bulunan mantığı temel alındığında, modelin homojen malzemeden yapılmış olması veya sonsuz boyutta olması durumunda elektromanyetik dalga (EM) herhangi bir dalgayı geri yansıtamaz.

Etrafını sarmış halde bulunan homojen ortama kıyaslandığında, elektrik veya manyetik gibi farklı özelliklere sahip herhangi bir anormalliğin bulunması durumu elektromanyetik dalganın (EM) belli bir kısmını yansıtabilir. Bahsi geçen anormalliğin bulunan özellikleri ile içinde bulunduğu çevresindeki ortam arasındaki farkın büyük olması durumu ile yansıyan dalganın gücü kendi içerisinde doğru orantılıdır. Ortam ile doğru orantıya sahip olan bu yansıma, monostatik olarak tasarlanmış bir sistemde aynı anten veya bistatik yapılandırmalarda farklı bir alıcı anten tarafından toplanabilir.

Çalışma, görüntüleme sisteminin çapraz aralıklı çözünürlüğünü artırma amacı içerisinde, örnekleme alanı olarak da isimlendirilmiş, daha az boşluklu bir alana dağıtılmalıdır. Çapraz aralıklı çözünürlüğü arttırmak adına atılan bu adımla beraber, birbirine yakın yerleştirilmiş olan antenler arasındaki karşılıklı bağlantı, toplama hedefi güdülen sinyallerin yanlışlığını ortaya çıkarabilir.

Bu durum kendiyle beraberinde, alıcı ve verici sistemlerinin karışıklığını meydana getirecektir. Büyük problemlere kapı açabilecek böylesi sorunları gidermek çerçevesinde, kullanılması planlanan birden fazla anten yerini tek bir tarama antenin kullanılmasına bırakabilir.

Kullanılacak tek bir tarama anteni problemin giderilmesine yardımcı olacaktır. Birden fazla kullanılacak antenin çıkaracağı sorunu kapatan bir adet tarama antenin kullanılmasının yapılandırılmasında, tek adet kullanılacak olan tarama anteni tüm örnekleme alanını tarar ve tarama anteni tarafınca toplanan veriler anten konum koordinatlarıyla birlikte eşlenir. Esas olarak olaya bakıldığı takdirde, antenin SAR (Synthetic Aperature Radar – Sentetik Aralıklı Radar) ilkesine benzerlik gösterir bir amaçla hareket ettirilmesi durumunda, sana olan yani sentetik bir açıklık üretilir. SAR (Synthetic Aperature Radar – Sentetik Aralıklı Radar) ilkesinin baz alındığı bu durumun ardından, bazen safe girdi olarak da nitelendirilmiş toplanmış veriler, işleme amacı çerçevesinde yazılıma gönderilir[22].

Uygulanan işlem algoritmasına bağlı olarak, mikrodalga görüntüleme teknikleri nicel ve nitel olarak sınıflandırılabilir. Mikrodalga görüntüleme, tıp, askeri, duvar arkası, yer altı vb. bir çok alanda kullanılır.

2.3 GPR

Yeraltı radarı ya da genel adıyla GPR (Ground Penetrating Radar), yeraltının sığ tabakalarının araştırılmasında kullanılan jeofizik bilimi tabanlı bir ölçüm cihazıdır. Son zamanlarda elektronik endüstrisinde gerçekleşen büyük gelişmeler, bir zamanlar uğraştırıcı bir iş olan ışık hızı ölçümlerini son derece kolay ve duyarlı bir şekilde dönüştürmüştür. 1970’li yıllarda milisaniye (10^{-3} s) duyarlıkla yapılan zaman ölçümleri, 1980’li yıllarda mikro saniye (10^{-6} s), 1990’lı yıllarda ise nano saniye (10^{-9} s) duyarlığa kadar inmiştir.

Elektronikteki bu gelişmelere paralel olarak, yer altında ışık hızına yakın bir süratle hareket eden elektromanyetik dalgaların yolculuk sürelerinin nano saniye mertebesinde ölçülebilmesi, sığ jeofizik görüntüleme yöntemlerine önemli katkılarda bulunmuştur.

Yer radarı söz edilen bu gelişmelerin somut bir sonucudur. Yöntem, yatay doğrultuda elektrik alan vektörü olan (TE: Transvers Elektrik) bir verici anten aracılığı ile yer içine gönderilen çok yüksek frekanslı EM dalgalarının (radyo dalgaları) ara yüzeylerden yansımalarının gözlemlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Yeraltında, her iki tarafı dielektrik özellikte kayalardan oluşan bir ara yüzey varsa, elektromanyetik dalga bu ara yüzeyde yansıma ve iletme uğrayacaktır. Dalga şekli olarak sürekli veya chirp adı da verilen bir kaç nano saniye süreli elektromanyetik imler kullanılır. Kaynak dalgası için seçilen bir merkezi frekansın %50 altı ve üstü aralığındaki frekanslar kullanılır. Örnek olarak 100 MHz merkez frekanslı kaynaktan 50 MHz'den 150 MHz'e kadar bir aralık kullanılır. Yeraltı radarı (Ground Penetrating Radar-GPR) ilk önce buz kalınlığının ölçülebilmesi için geliştirilmiştir. Normal yer ortamında yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin sismik yöntemlerde kullanılan veri işlem teknikleri işe işlenmesi sonucunda 10-20 m gibi araştırma derinliğine ulaşıldığı görülmüştür. Günümüzde ise GPR yöntemi sığ yer araştırmaları ile arkeometri çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım yerleri;

- Yerleşim alanı yer araştırmaları
- Maden galerisi araştırmaları
- Restorasyon amaçlı araştırmalar
- Arkeojeofizik araştırmaları
- Çöp boşaltım alanlarının yer araştırılmaları
- Eski kanal veya kaydı bulunmayan şehir altyapılarının araştırılması
- Ceset ve toplu mezarların yerlerinin bulunması
- Yeryüzü ve galerilerde maden araştırmaları

Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda; GPR ve mikrodalga görüntüleme arasında belli başlı bir kaç fark görülebilir. GPR uzak ve detaysızdır, ancak mikrodalga görüntüleme yakın mesafe ve detaylıdır[18].

3. KALİTATİF MİKRODALGA GÖRÜNTÜLEME

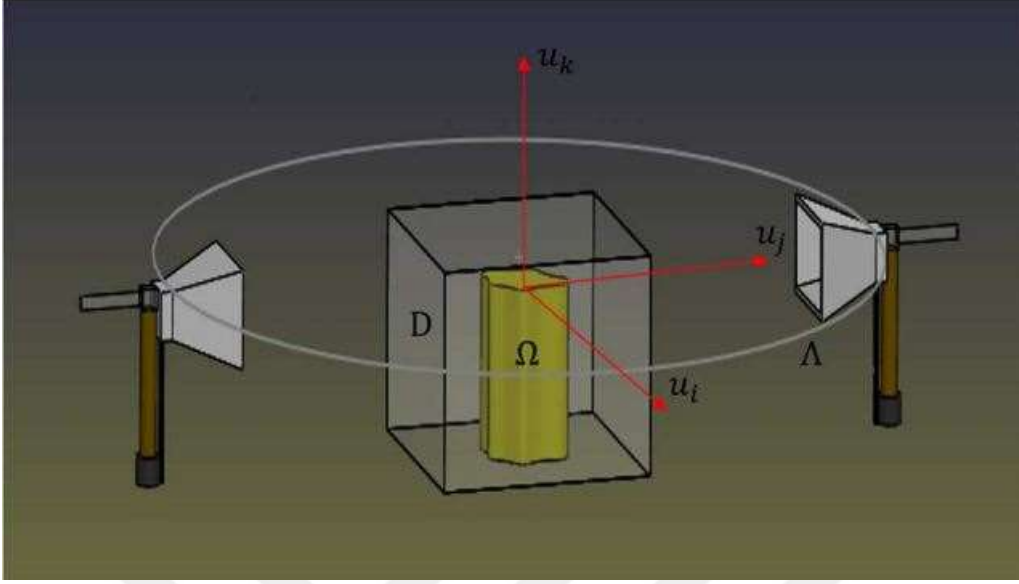
Kalitatif ters saçılma yöntemleri dağınık alanlardan erişilemeyen hedeflerin şekillerini hedeflerin sayısı ya da hedeflerin elektriksel özellikleri hakkında herhangi bir varsayım bulunmadan yeniden oluşturmaya çalışır. Bu yöntemler NDT (Nondestructive Testing- Tahribatsız Muayene), tıbbi görüntüleme yada yeraltı görüntüleme gibi bir çok konuda başarılı bir şekilde uygulanmıştır [4-8]. Bu tür formülasyonların yakından ilişkili ili temsilcisi LSM (Linear Sampling Method – Lineer Örneklem Yöntemi) ve FM'dir (Factorization Method) [1-12]. Burada ilk olarak S-parametrelerine dayalı formülasyonları geliştirmek için LSM (Linear Sampling Method – Lineer Örneklem Yöntemi) ve FM'i (Factorization Method) kısaca açıkladık.

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi, boş alanda rastgele yalıtkanlardan seçilmiş elektromanyetik saçılma mekanizması düşünelim. Bu durumdan, saçılmış elektrik alan yani E^{sct} aşağıdaki formül ile bulunacaktır [1]:

$$E^{sct} = \int_{\Omega} G(r, r') X(r') E(r') d\Omega(r') \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklem üzerinden Ω karşılık gelen tüm nesnelerin toplam hacimini sembolize eder. (3.1) numaralı denklemde $G(r, r')$ Green fonksiyonudur ve gösterim şeklide;

$$G(r, r') = \left[I + \frac{1}{k_0^2} \delta\delta \right] \frac{e^{ik_0|r-r'|}}{4\pi|r-r'|} \quad (3.2)$$



Şekil 3.1 : Problem geometrisi (D: Örneklenen ortam, Ω: tüm saçılımların desteği, A: aydınlatma ölçüm alanı, u_i u_j u_k : sağ el kordinat sistemi) [2]

(3.2) numaralı denklem üzerinden, k_0 ortamın karmaşık durumdaki dalga sayısıdır. $X(r')$ ise nesne işlevi olarak tanımlanır.

Elektrik alan $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ ise (3.3) numaralı denklem uyarınca tanımlanır.

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}^{inc}(\mathbf{r}) + \int_{\Omega} G(\mathbf{r}, \mathbf{r}') X(\mathbf{r}') \mathbf{E}(\mathbf{r}') d\Omega(\mathbf{r}') \quad (3.3)$$

(3.3) numaralı denklem uyarınca $\mathbf{E}^{inc}(\mathbf{r})$ olay elektrik alan olarak tanımlanır. $F(\cdot)$ olarak sembolize edilmiş bir yakın alan operatörü tanımlarsak, yakın alan denklemimiz tam olarak (3.4) numaralı denklem uyarınca olur.

$$(F\Phi\mathbf{z})(\mathbf{x}) := \int_{\Lambda} V(\mathbf{x}) \times \mathbf{E}^{sct}(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \Phi\mathbf{z}(\mathbf{y})) d\Lambda(\mathbf{y}) = \mathbf{v}(\mathbf{x}) \times \mathbf{G}(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \mathbf{q} \quad (3.4)$$

(3.4) numaralı denklem uyarınca rastgele olacak kutuplaşma için \mathbf{q} , \mathbf{x} , ve \mathbf{y} ise kaynak ve gözlem pozisyonlarını gösterir. Bu durumda, \mathbf{z} , D domeni için bir noktayı sembolize eder. (4) numaralı denklem üzerinden, \mathbf{v} , Λ gözlem yüzeyinden tanımlanmış birim normal vektörüdür. $\Phi_{\mathbf{z}}$ ise F'in operatörlüğünü yaptığı test fonksiyonudur.

Bu durum şu şekilde tanımlanabilir; örnekleme noktası z 'nin Ω nesnesinin içine düşmesi şartı çerçevesinde, (3.4) numaralı yakın alan denkleminin uyan bir Φ_z fonksiyonu vardır, öyle ki; $W(z) := \|\Phi_z\|^{-1}_{L_2(\Lambda)}$ sıfırdan büyük olur.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda, Tüm saçılımcılar, örnekleme alanı D 'nin tümünün işaretleme fonksiyonunu $W(z)$ çizerek yeniden yapılandırılabilir. Bu amaç uğrunda, (3.4) numaralı denklem uyarınca yer alan ters konumlandırılmış yakın alan denkleminin Tikhonov düzenlenmesi ile ters çevrilmesi gerekmektedir. Düzenleme parametresinin seçimi, elde edilen görüntülerin kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir ve her örnekleme noktası için en uygun parametreyi seçmek, gerçek ölçüm sistemlerinde bulunamayan bir gürültü gücü tahmini gerektirir. Bunun dışında, her örnekleme noktası için en uygun parametrenin hesaplanması, LSM'nin (Linear Sampling Method – Lineer Örnekleme Yöntemi) en fazla zaman alan kısmıdır.

FM'nin (Factorization Method) ana koşulu;

$$z \notin \Omega \Leftrightarrow \mathbf{v} \times G(\cdot, z) \notin R((F^*F)^{1/4}) \quad (3.5)$$

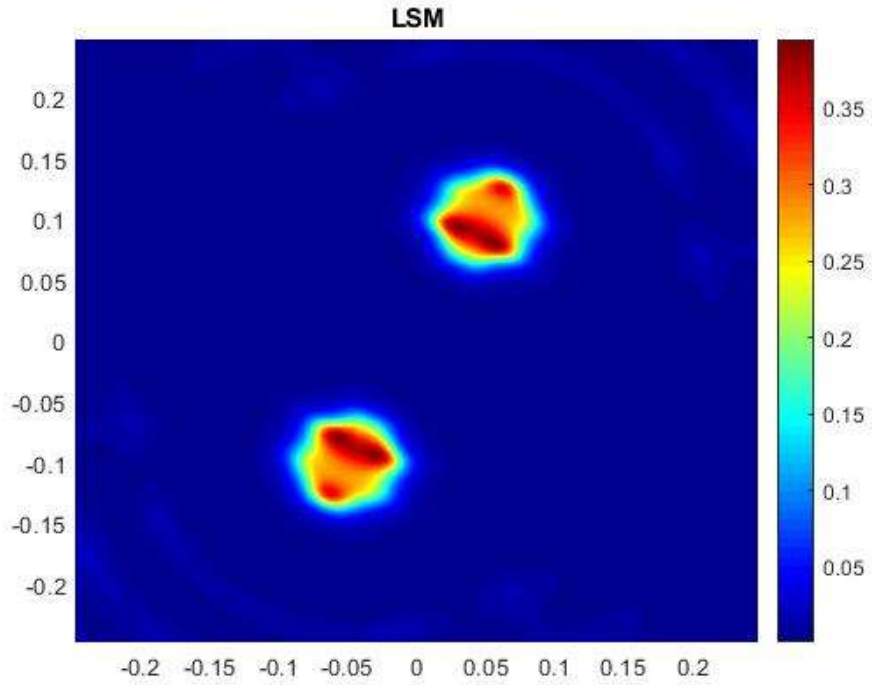
Sonunda, bir örnekleme noktası olan z ne zaman bir nesnenin içine düşerse ve $\mathbf{v} \times G(\cdot, z)$ durumu $(F^*F)^{1/4}$ operatörünün menziline ise, gösterge işlevi sıfırdan büyük olur. Gösterge fonksiyonun tüm örnekleme alanı üzerine çizilmesi, nesnelere benzer bir şekilde ortaya koymaktadır. LSM'nin (Linear Sampling Method- Lineer Örnekleme Yöntemi) tersine, FM'nin (Factorization Method) örnekleme noktalarını tamamen nitelendirdiğini unutulmamalıdır. Bununla birlikte, LSM'nin (Linear Sampling Method- Lineer Örnekleme Yöntemi) çok çeşitli yöntemlere uygulanabilir olduğu gösterilmiştir, oysa FM'nin (Factorization Method) geliştirilmesi daha zor bir konudur[8-13]. Bölüm boyunca aktarılmış tüm formülasyonlar tek renkli bir durum için olmasına rağmen, daha iyi görüntü rekonstrüksiyonu elde etmek için çoklu frekans ölçümleri yapılmalıdır. Hem LSM (Linear Sampling Method- Lineer Örnekleme Yöntemi) hem de FM (Factorization Method), çoklu frekans kasasına kolayca uyarlanabilir, çünkü yalnızca hedefin frekansa bağlı dielektrik parametreleri yerine şekli kurtarmayı amaçlar[14].

3.1 Saçılma Parametreleri Şartlarında LSM ve FM'nin Kurulması

Deneysel bir yapılandırılma düşünülürse, önceki kısımdaki teorik modelde bazı pratik konular vardır. Öncelikle, dağınık elektrik alan vektörü E^{sc} ve olay elektrik alan vektörü E^{inc} , tüm teğet polarizasyonlar için ölçüm alanı Λ üzerinden ölçülmelidir[17-19]. (3.4) numaralı denklem uyarınca, elektrik alanının sadece genliğinin ölçülmesinin yeterli olmadığı ve fazın da doğru bir şekilde ölçülmesi gerektiği açıktır. Ayrıca, hem heyecan verici hem de algılayıcı elektromanyetik alanlar için mikrodalga ölçüm kurulumlarında çok sayıda anten kullanılır, böylece radyasyon özellikleri ölçüm sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olur[6-15]. Uygulama açısından bakıldığında antenler genel olarak çizgi/nokta kaynakları veya Gaussian ışınları gibi analitik kaynaklar olarak yaklaşırken, bu aslında asıl durumun aşırı basitleştirilmesidir[18-22]. Bu nedenle, genel bir anten karakterizasyonu yöntemi yeniden yapılanma prosedürlerine dahil edilmelidir. Tüm pratik düşünceler arasında, gerçek ölçüm cihazı en önemli faktördür. Gerçek hayattaki mikrodalga ölçüm sistemleri, hassasiyetleri ve ticari kullanılabilirliklerinden dolayı yalnızca laboratuvar sınıfı VNA'ları (Vector Network Analyzer- Vektör Ağ Analizörü) kullanılır. Bu durum, sabit bir polarizasyon için elektrik alan değerleri yerine S-parametrelerinin ölçülmesine yol açar. Bu bağlamda, pratikte LSM (Linear Sampling Method- Lineer Örnekleme Yöntemi) veya FM (Factorization Method) kullanmayı düşünürsek, ölçülen S parametrelerinin dağınık elektrik alanı E^{sc} ile eşlememiz gerekir. Geleneksel teknikler, simüle elektrik alanlarını ve küreler veya uzun silindirler gibi kanonik nesnelere için ölçülen S-parametrelerini karşılaştırarak basitçe katsayıları bulan kalibrasyonları uygulamaktır[23].

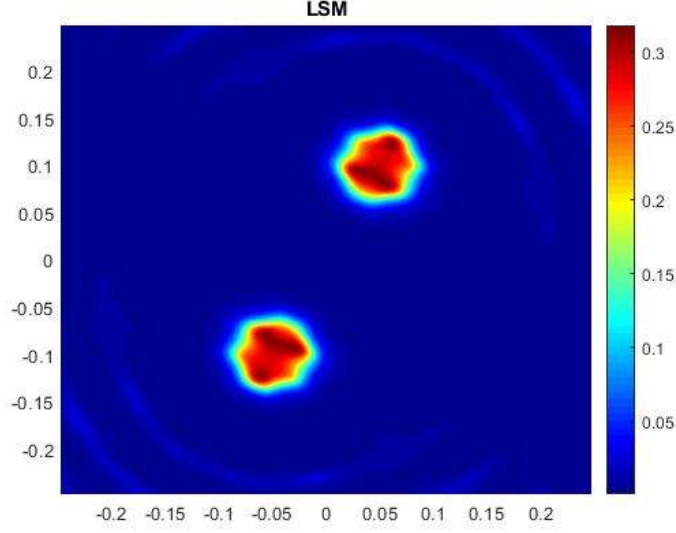
4. LİNEER ÖRNEKLEME YÖNTEMİ

Bu bölümde Lineer Örnekleme Yöntemi ile çeşitli konfigürasyonlara ait saçılan alanlardan elde edilen görüntüleme sonuçları sunulmuştur. Burada örnek konfigürasyon olarak merkezi (-0.05 m, -0.1 m) ve (0.05 m, 0.1 m) olan iki dairesel saçıcı durum ele alınmış olup her halde 36 tane noktasal akım kaynağı yarıçapı 0.6 m olan orijin merkezli bir çember üzerinde düzgün dağıtılmıştır.



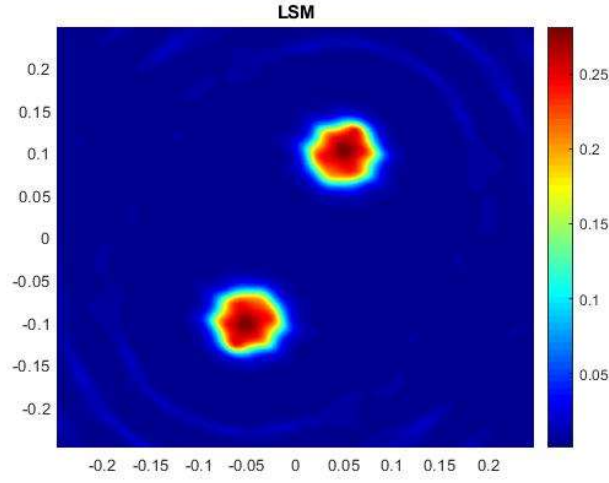
Şekil 4.1: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.1’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1 olarak alınmıştır.



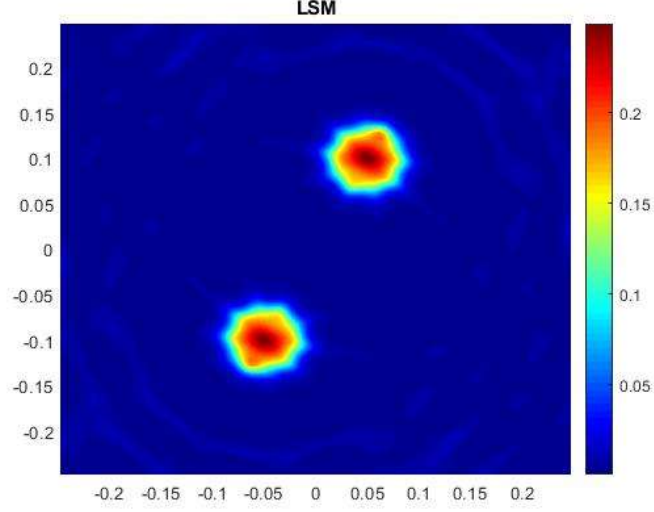
Şekil 4.2: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.2’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.1 olarak alınmıştır.



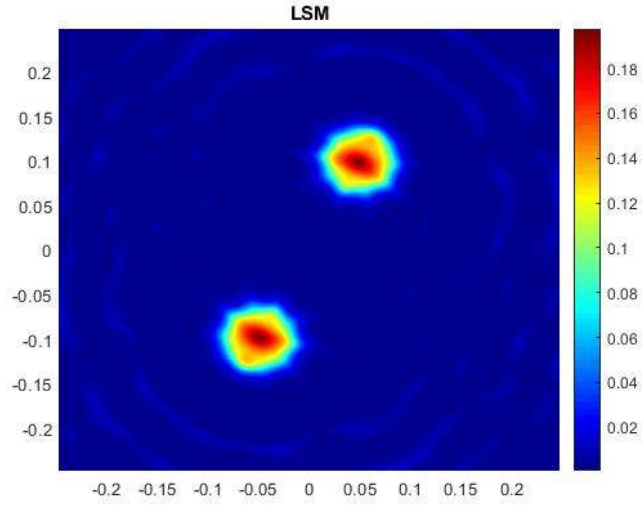
Şekil 4.3: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.2, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.3’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.2 olarak alınmıştır.



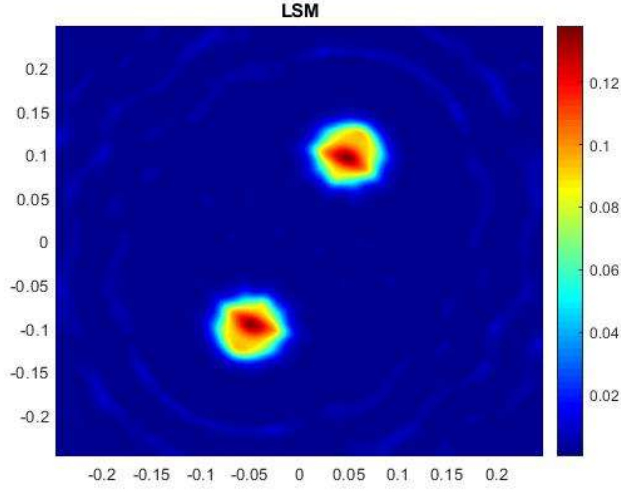
Şekil 4.4: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.3, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.4’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.3 olarak alınmıştır.



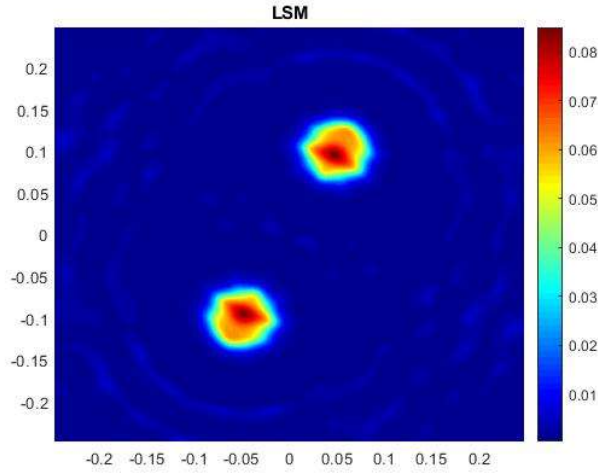
Şekil 4.5: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.4, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.5’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.4 olarak alınmıştır.



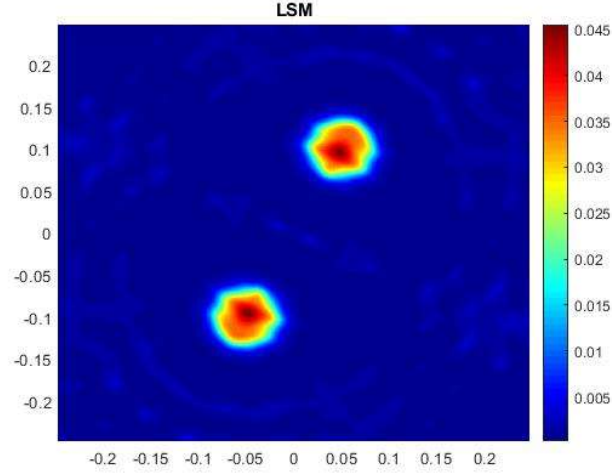
Şekil 4.6: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.5, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.6’da 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.5 olarak alınmıştır.



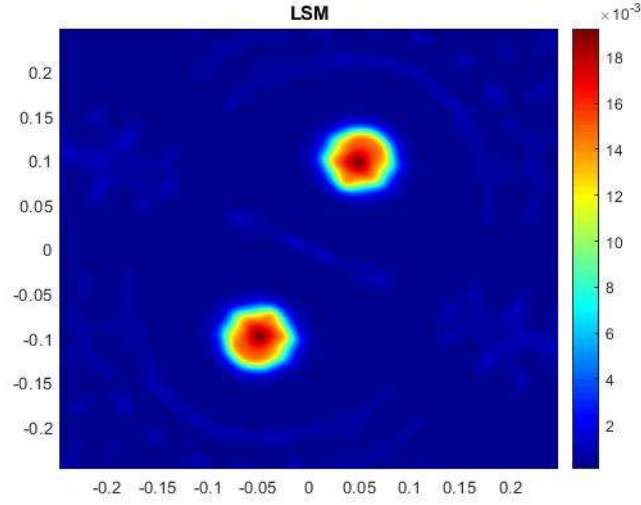
Şekil 4.7: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.6, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.7’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.6 olarak alınmıştır.



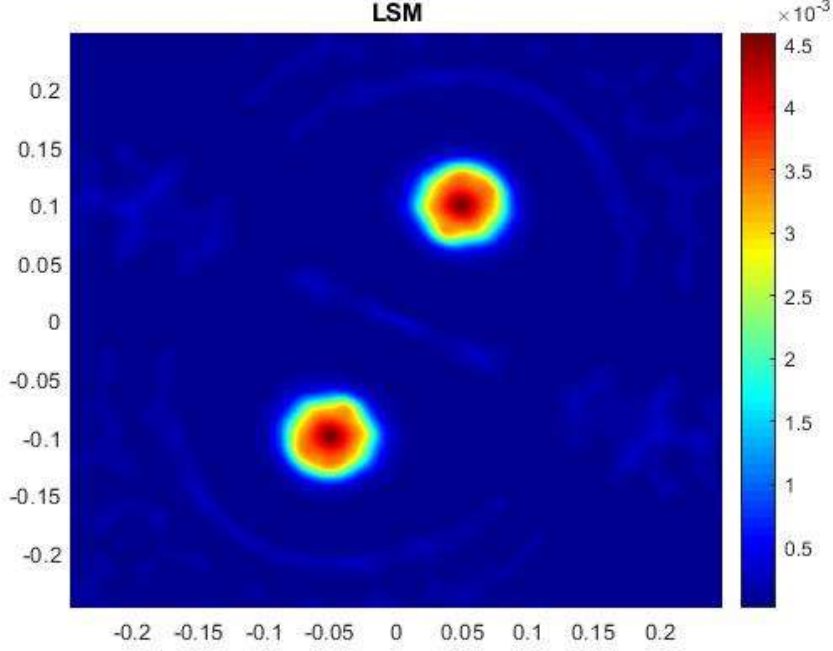
Şekil 4.8: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.7, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.8’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.7 olarak alınmıştır.



Şekil 4.9: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.8, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

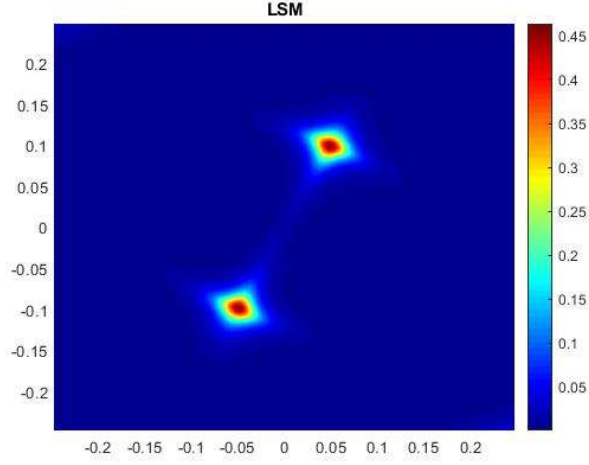
Şekil 4.9’de 3 GHz’lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.8 olarak alınmıştır.



Şekil 4.10: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1.9, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

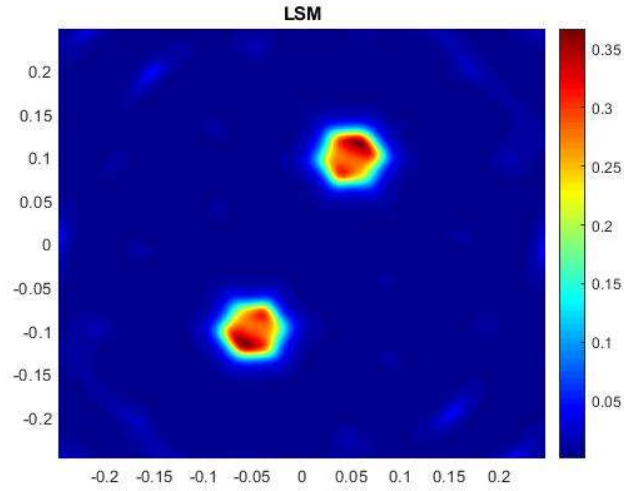
Şekil 4.10'da 3 GHz'lik frekansta, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, ortam dielektrik sabiti 1.9 olarak alınmıştır.

İlk olarak iki saçıcının dielektrik katsayısı $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$ olarak alınmış olup arka planın görel dielektrik sabiti 1'den 1.9'a kadar 0.1'lik adımlarla taranmış ve elde edilen verilere ait sonuçlar Şekil 4.1 - 4.10 arasında sunulmuştur. Bu sonuçlar için cisimlerin içinde bulunduğu örnekleme bölgesi $[-0.25m - 0.25m] \times [-0.25m - 0.25m]$ olarak alınmış olup bu bölge $N \times N = 200 \times 200$ düzgün hücrelere ayrılmıştır. Antenlerin ortamı aydınlatma frekansı 3 GHz iken cisimlerin yarıçapları $r=0.05$ m olarak alınmıştır. Şekil 4.1 - 4.10 arasında verilen sonuçlara bakılırsa arka planın görel dielektrik sabitini değişimi sonuçların kalitesini etkilememiştir.



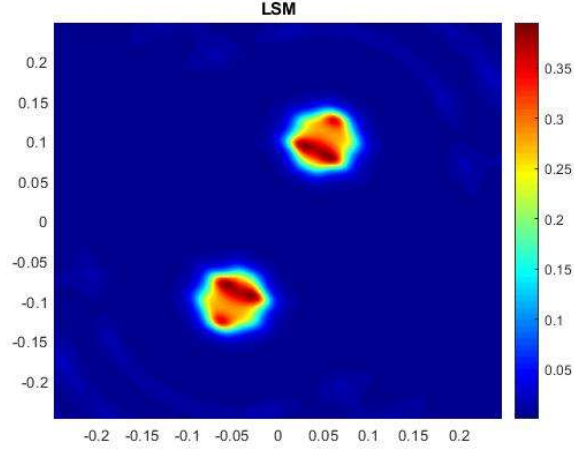
Şekil 4.11: Frekans: 1 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.11’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 1 GHz alınmıştır.



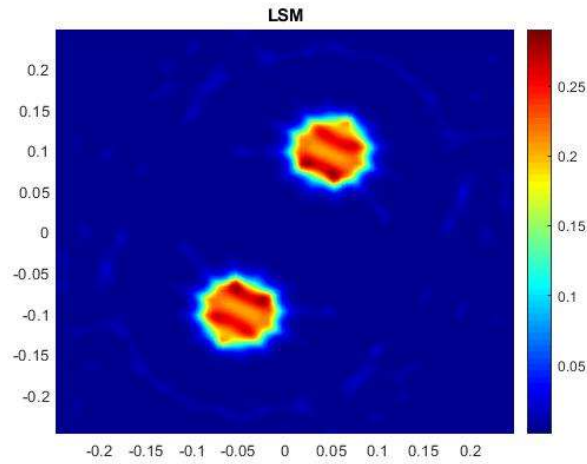
Şekil 4.12: Frekans: 2 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.12’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 2 GHz alınmıştır.



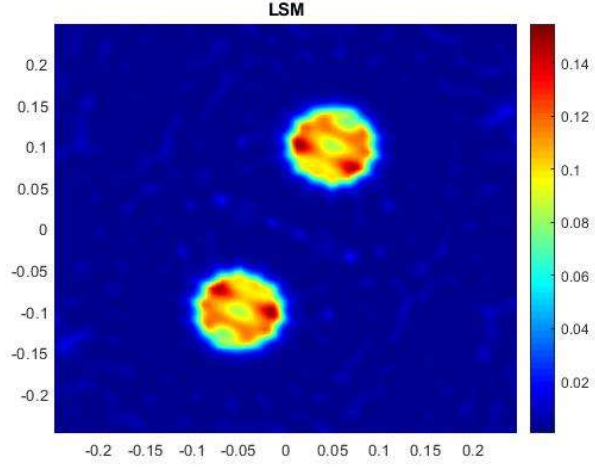
Şekil 4.13: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.13’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 3 GHz alınmıştır.



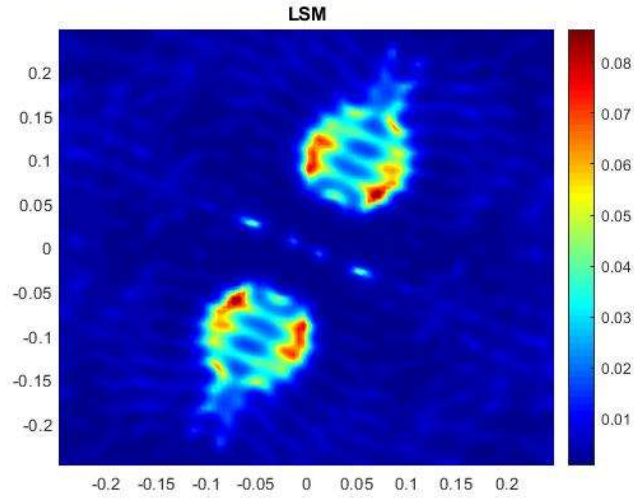
Şekil 4.14: Frekans: 4 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.14’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 4 GHz alınmıştır.



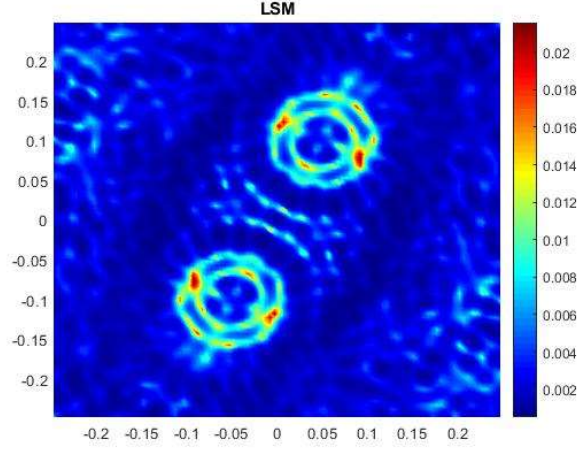
Şekil 4.15: Frekans: 5 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.15’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 5 GHz alınmıştır.



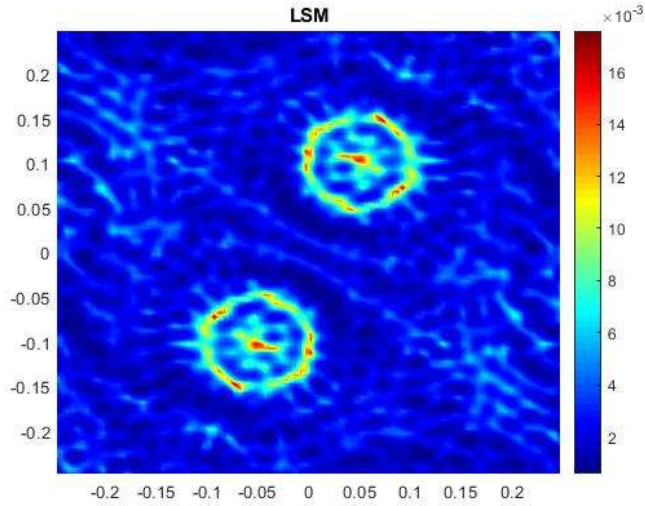
Şekil 4.16: Frekans: 6 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.16’da ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 6 GHz alınmıştır.



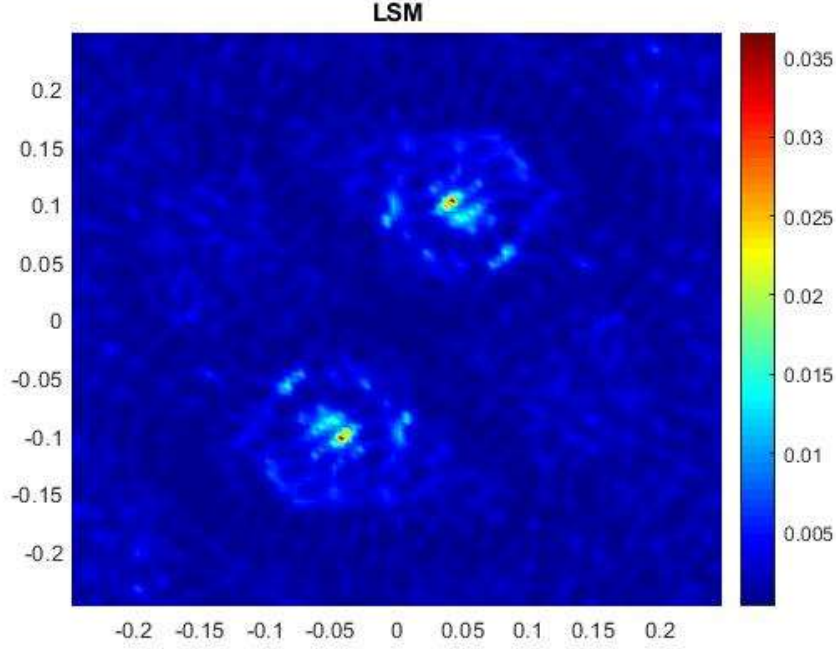
Şekil 4.17: Frekans: 7 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.17'de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 7 GHz alınmıştır.



Şekil 4.18: Frekans: 8 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

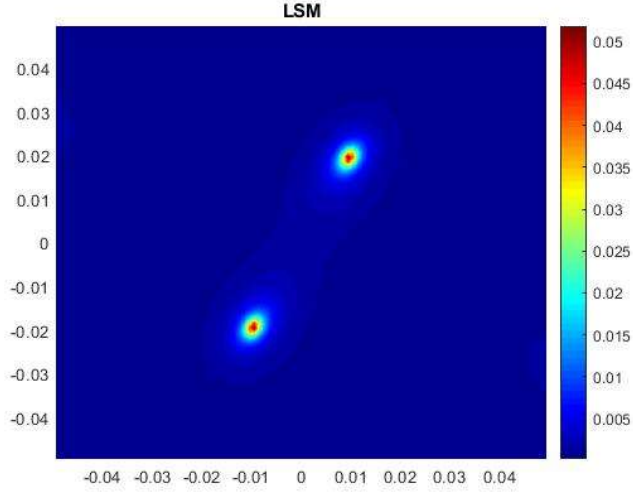
Şekil 4.18'de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 8 GHz alınmıştır.



Şekil 4.19: Frekans: 9 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

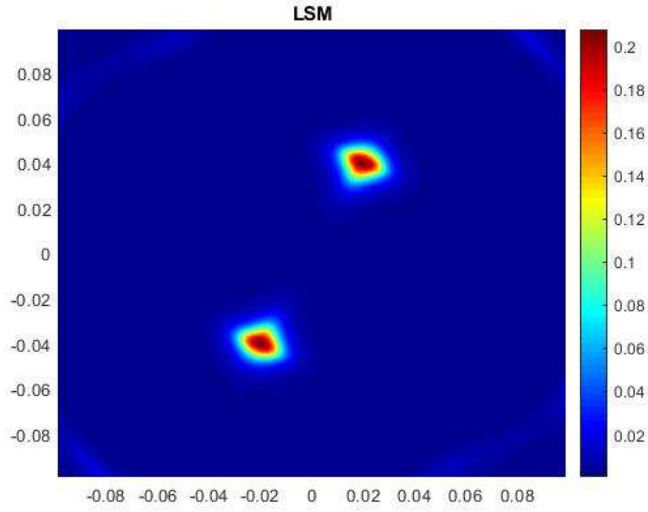
Şekil 4.19’da ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, cisim yarıçapının 0.05 olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, frekans 10 GHz alınmıştır.

Arka plan sabitinin etkisi üzerinden yapılan bu tarama sonuçlarının ardından, cisimler $[-0.25m - 0.25m] \times [-0.25m - 0.25m]$ örnekleme bölgesi üzerinden, arka plan katyasının 1 olarak alındığı ve iki saçıcının dielektrik katsayılarının $\epsilon_{r1}=2$ ve $\epsilon_{r2}=2$ ’de sabit tutulduğu süreçte frekans 1 GHz ile 9 GHz arasında 1 GHz adımlarla arttırılmış ve gözlem örnekleme bölgesinin $N \times N = 200 \times 200$ düzgün hücrelere ayrılmış olduğu durumda devam ettirilmiştir. Amaçlanan değişim gözlemi şekil 4.11 – 4.19’de gösterilmiştir. Düzgün aralıklarla arttırılan frekans gözleminden de görüleceği üzere, Lineer örnekleme yöntemi en iyi şekilde 3 GHz’de çalışmakta olup frekans arttıkça şeklin daha keskin hatlara sahip olup görüntünün giderek dağıldığı gözlenmektedir.



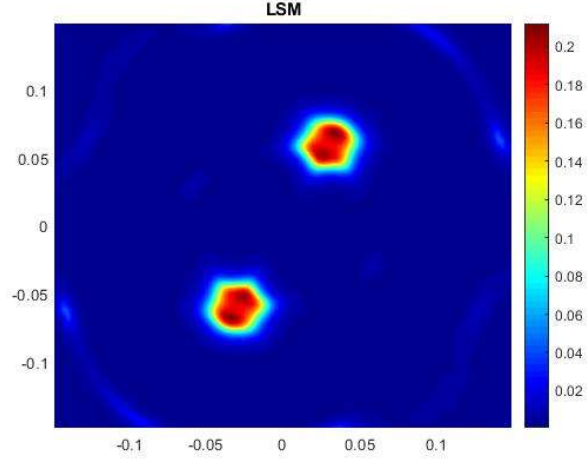
Şekil 4.20: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.01$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.20’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.01 alınmıştır.



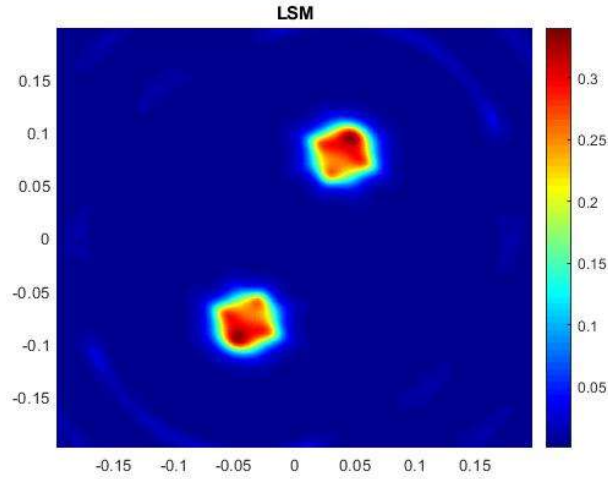
Şekil 4.21: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.02$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.21’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.02 alınmıştır.



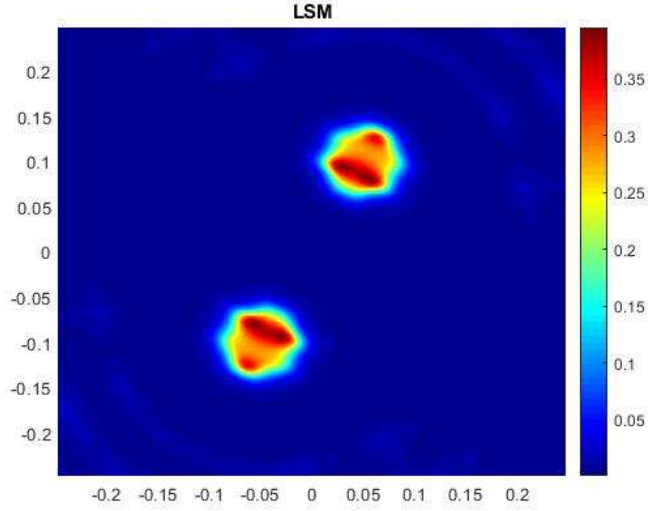
Şekil 4.22: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.03$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.22’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.03 alınmıştır.



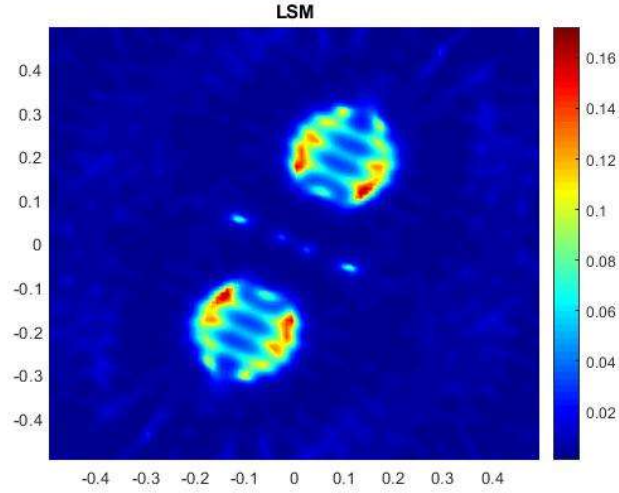
Şekil 4.23: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.04$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.23’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.04 alınmıştır.



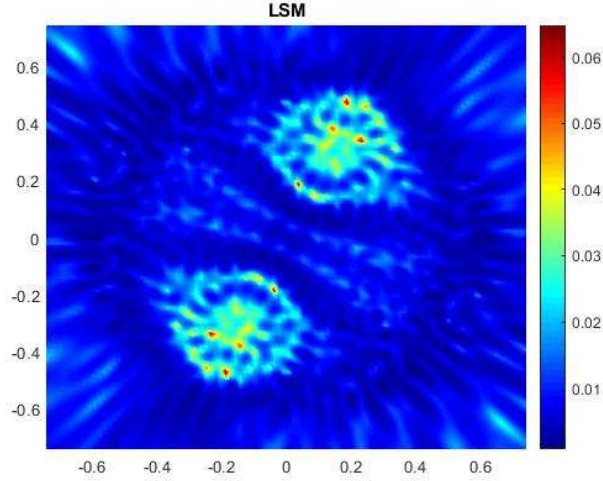
Şekil 4.24: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.24’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.05 alınmıştır.



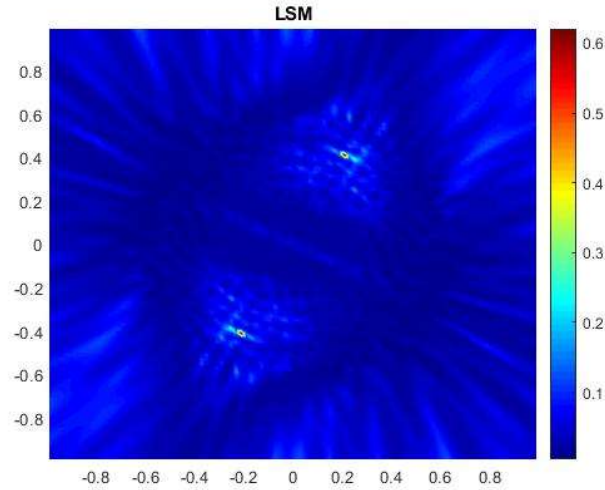
Şekil 4.25: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.1$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.25’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200 x 200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.1 alınmıştır.



Şekil 4.26: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.15$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

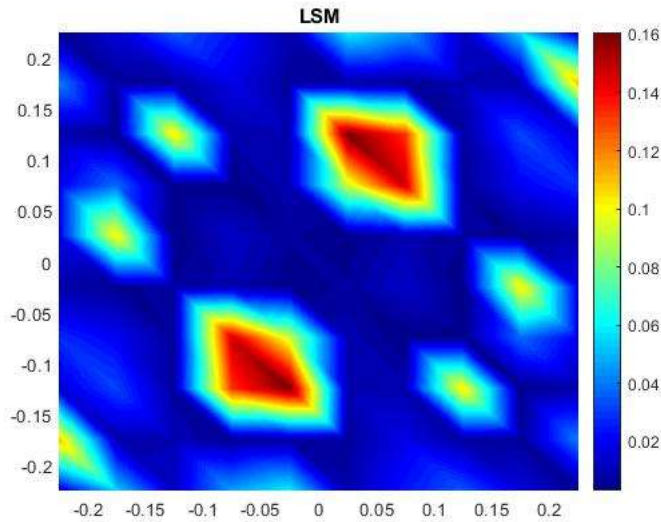
Şekil 4.26’da ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.15 alınmıştır.



Şekil 4.27: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.2$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

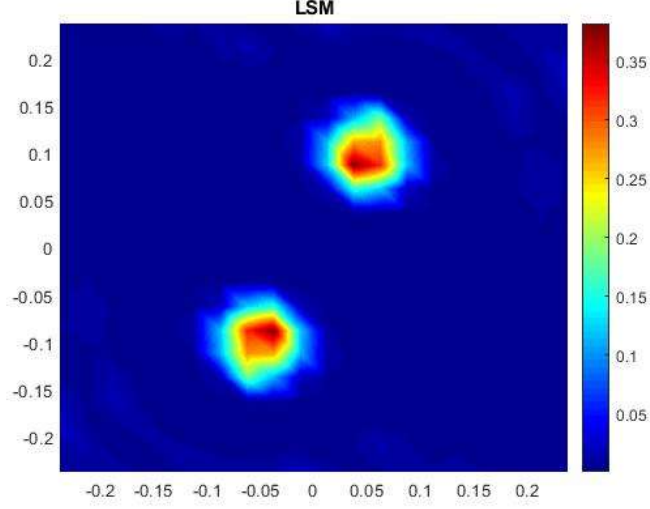
Şekil 4.27’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve 200×200 düzgün hücreye bölünmüş durumda, cisim yarıçapı 0.2 alınmıştır.

Bu gözlem adımının ardından, saçıcı dielektrik katsayısının $\epsilon_{r1}=2$ ve $\epsilon_{r2}=2$ için, 3 GHz frekansında, arka plan dielektrik katsayısının 1 olarak sabitlendiği $N \times N = 200 \times 200$ düzgün hücreleme durumunda cisimlerin artan boyutları için Lineer Örnekleme Yöntemi test edilmiştir. Burada örnekleme alanı her defasında uygun şekilde arttırılarak, cisim yarı çapları, şekil 4.20 - 4.24'de 0.01 ile 0.05 aralığında 0.01 adımlarıyla arttırılmış, aynı değer ve katsayılara sahip cisimlerin yarıçapları şekil 4.25 – 4.27'de 0.05 ile 0.2 aralığında 0.05'lik adımlarla arttırılmıştır. Şekil 4.20 – 4.27'de de görülebildiği üzere, yarıçapın 0.05'in üzerine çıkması durumunda cisim görüntülerinde bozukluklar yaşanmıştır. Burada cismin artan boyutunun problemin non-lineerliğini arttırarak sonuçları kötü etkilemesiyle beraber, artan cisim boyutuna rağmen aynı kalan örnekleme sayısının da sonuçları ayırıklaştırmada görece başarısız kalması sonuçların bu şekilde çıkmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak yarıçap üzerinden yapılan bu gözlem aşamasının sonucunda, cisim yarıçaplarının 0.05 m (yani 3 GHz'de cismin içinde yaklaşık 1 dalga boyu) olması durumunda Lineer Örnekleme Yönteminin daha iyi kalite verdiği gözlemlenmiştir.



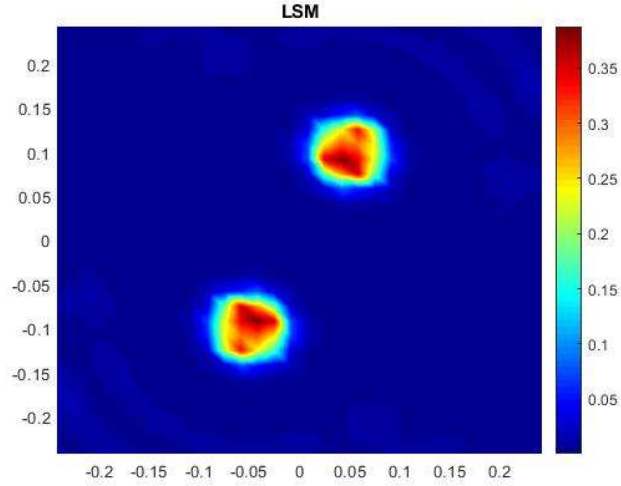
Şekil 4.28: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 20$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.28'de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 20 x 20 düzgün hücreye bölünmüştür.



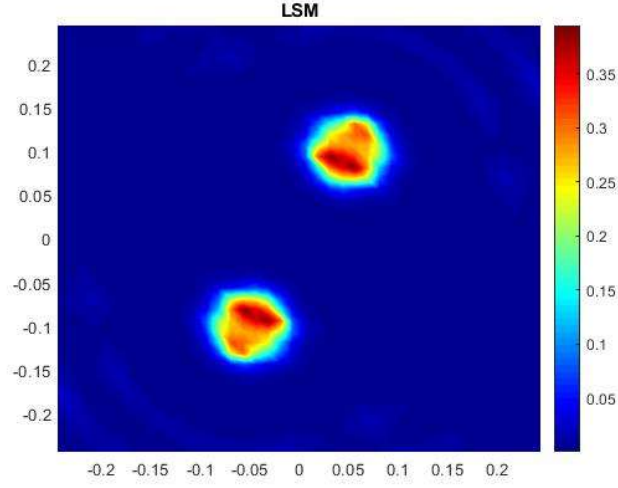
Şekil 4.29: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 40$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.29’da ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 40 x 40 düzgün hücreye bölünmüştür.



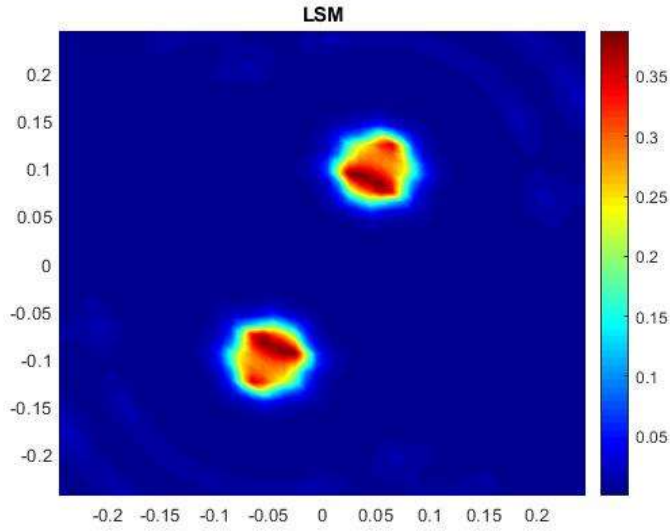
Şekil 4.30: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 60$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.30’da ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 60 x 60 düzgün hücreye bölünmüştür.



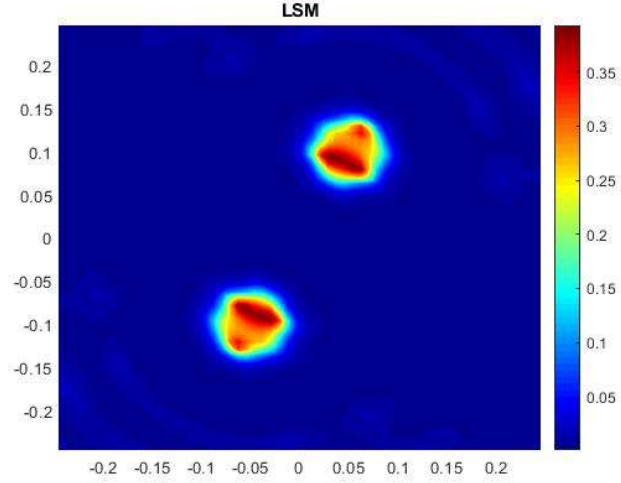
Şekil 4.31: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 80$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.31’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 80 x 80 düzgün hücreye bölünmüştür.



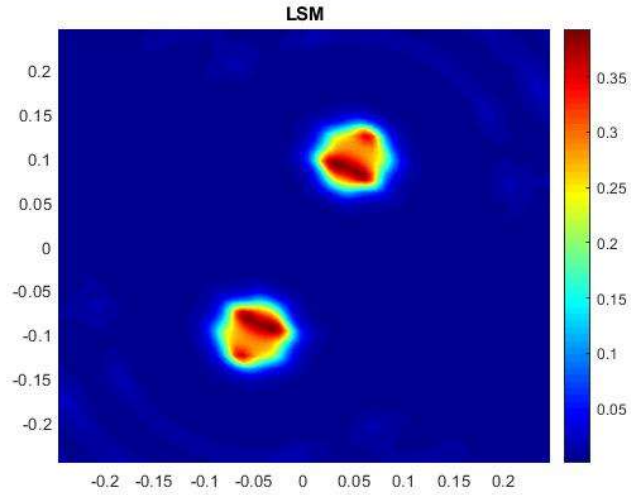
Şekil 4.32: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 100$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.32’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 100 x 100 düzgün hücreye bölünmüştür.



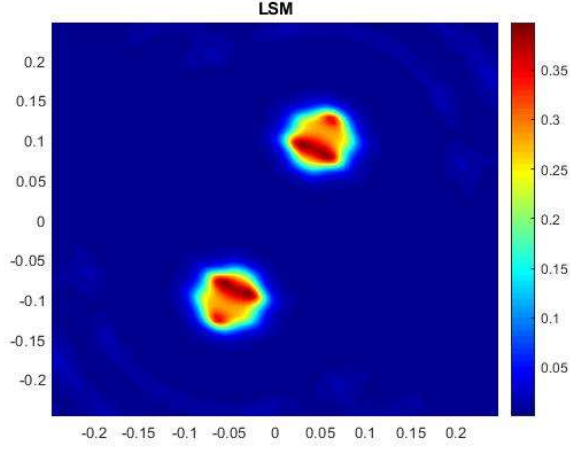
Şekil 4.33: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 120$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.33’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 120 x 120 düzgün hücreye bölünmüştür.



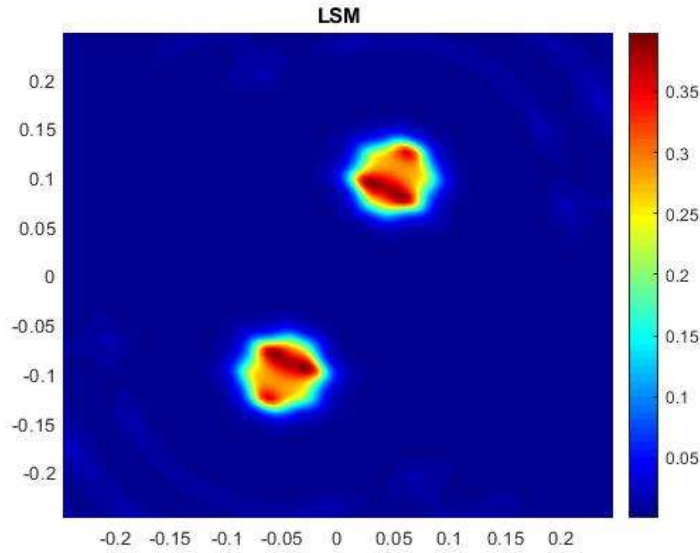
Şekil 4.34: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 140$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.34’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 140 x 140 düzgün hücreye bölünmüştür.



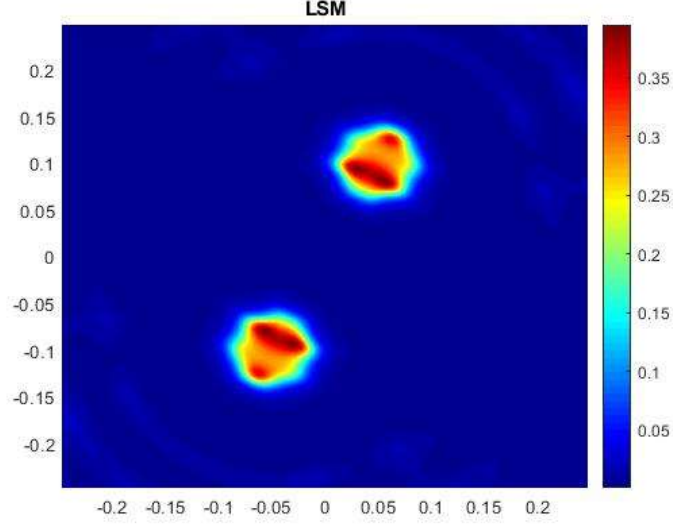
Şekil 4.35: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 160$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.35’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 160 x 160 düzgün hücreye bölünmüştür.



Şekil 4.36: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 180$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.36’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 180 x 180 düzgün hücreye bölünmüştür.



Şekil 4.37: Frekans: 3 GHz, Dielektrik sabiti: 1, $N = 200$, $r = 0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$

Şekil 4.37’de ortam dielektrik sabitinin 1 olarak alındığı, saçıcıların dielektrik katsayılarının 2 olarak alındığı, frekansın 3 GHz olduğu ve cisim yarıçapının 0.05 olarak alındığı durum 200×200 düzgün hücreye bölünmüştür.

Bir sonraki durumda, örnekleme alanındaki nokta sayısının değişiminin gözlemi için, arka alan dielektrik katsayısının 1’de sabit tutulduğu, saçıcı cisim dielektrik katsayılarının tekrardan $\epsilon_{r1}=2$ ve $\epsilon_{r2}=2$ olarak sabit kılındığı ve frekansın yeniden 3 GHz’e ayarlandığı durumda, örnekleme alanındaki nokta sayısı $N \times N = 20 \times 20$ ’den başlayarak $N \times N = 200 \times 200$ ’e kadar artırılıp sonuçlar Şekil 4.28 – 4.37’de gösterilmiştir. Yapılan düzgün hücreleme durumunun düzgün aralıklarla arttırılışından da görülebildiği üzere, $N \times N = 20 \times 20$ durumunda düşen kalitenin $N \times N = 40 \times 40$ durumunda geri artarak kabul edilebilir hale geldiği ve $N \times N = 200 \times 200$ durumunda da en düzgün sonuca ulaşıldığı görülmektedir.



5. SONUÇ

Bu tezde, Lineer Örnekleme Yöntemi kullanılarak uzaktaki cisimlerin şekilleri tespit edildi. Bu amaçla çok sayıda antenli bir görüntüleme sisteminin önüne çeşitli cisimler yerleştirilip bu saçıcılardan saçılan alan Moment Yöntemi ile hesaplandı. Saçılan alana Lineer Örnekleme Yöntemi uygulayarak saçıcıların şekilleri tespit edildi. Özel olarak cisimlerin boyutları, görüntüleme domeinindeki nokta sayısı, antenlerin ortamı uyardığı dalga frekansı, arka planın görelî dielektrik sabiti değiştirilerek bu durumlara ait incelemeler yapılmış olup genel itibari ile önerilen yöntemin başarılı bir şekilde çalıştığı gösterilmiştir.



KAYNAKLAR

- [1] **Hakan BUZOĞLU**, (2017). Elektromanyetik spektrum ışık radya frekans ultrason lazer
- [2] **Mehmet Nuri AKINCI**, **Tuğhan Çağlayan**, **Selçuk Özgür**, **Uğur Alkaşı**, **Habibullah Ahmadzay**, **Mehmet Abbak**, **Mehmet Çayören**, and **İbrahim Akduman**, (2015). Qualitative Microwave Imaging With Scattering Parameters Measurements
- [3] **Colton, D., Haddar, H., & Piana, M.** (2003). The linear sampling method in inverse electromagnetic scattering theory. *Inverse problems*, 19(6), S105.
- [4] **Cakoni, F., & Colton, D.** (2003). On the mathematical basis of the linear sampling method. *Georgian Mathematical Journal*, 10(3), 411-425.
- [5] **Cakoni, F., Colton, D., & Monk, P.** (2011). *The linear sampling method in inverse electromagnetic scattering* (Vol. 80). SIAM.
- [6] **Arens, T.** (2003). Why linear sampling works. *Inverse Problems*, 20(1), 163.
- [7] **Bourgeois, L., & Lunéville, E.** (2008). The linear sampling method in a waveguide: a modal formulation. *Inverse problems*, 24(1), 015018.
- [8] **Aramini, R., Brignone, M., & Piana, M.** (2006). The linear sampling method without sampling. *Inverse Problems*, 22(6), 2237.
- [9] **Guo, Y., Monk, P., & Colton, D.** (2013). Toward a time domain approach to the linear sampling method. *Inverse Problems*, 29(9), 095016.

- [10] **Akinci, M. N., Çağlayan, T., Özgür, S., Alkaşı, U., Abbak, M., & Çayören, M.** (2015). Experimental assessment of linear sampling and factorization methods for microwave imaging of concealed targets. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2015.
- [11] **Doğu, S., & Akinci, M. N.** (2018). Assessment of Linear Sampling Method and Factorization Method for Through the Wall Imaging. In *2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR)* (pp. 420-425). IEEE.
- [12] **X. Wang and Z. Lin,** (2016). “Microwave surveillance based on ghost imaging and distributed antennas,” *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 15, pp. 1831–1834.
- [13] **M. N. Akinci and M. Çayören,** (2014). “Microwave subsurface imaging of buried objects under a rough air–soil interface,” *Remote Sens. Lett.*, vol. 5, no. 8, pp. 703–712
- [14] **I. Catapano, L. Crocco, and T. Isernia,** (2008). “Improved sampling methods for shape reconstruction of 3-D buried targets,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 46, no. 10, pp. 3265–3273
- [15] **X. Yang, Y. R. Zheng, M. T. Ghasr, and K. M. Donnell,** (2017). “Microwave imaging from sparse measurements for near-field synthetic aperture radar,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 66, no. 10, pp. 2680–2692
- [16] **I. Catapano, A. Randazzo, E. Slob, and R. Solimene,** (2015). “GPR imaging via qualitative and quantitative approaches,” in *Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 239–280.
- [17] **G. Gennarelli, G. Vivone, P. Braca, F. Soldovieri, and M. G. Amin,** (2015). “Multiple extended target tracking for through-wall radars,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 53, no. 12, pp. 6482–6494

- [18] **M. Fallahpour and R. Zoughi**, (2015). “Fast 3-D qualitative method for throughwall imaging and structural health monitoring,” *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 12, no. 12, pp. 2463–2467
- [19] **M. D. Hossain, A. S. Mohan, and M. J. Abedin**, (2013). “Beamspace timereversal microwave imaging for breast cancer detection,” *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 12, pp. 241–244
- [20] **R. Scapaticci, G. Bellizzi, I. Catapano, L. Crocco, and O. M. Bucci**, (2014). An effective procedure for MNP-enhanced breast cancer microwave imaging *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 1071–1079.
- [21] **T. U. Gürbüz, B. Aslanyürek, A. Yapar, H. Sahintürk, and I. Akduman**, (2014). A nonlinear microwave breast cancer imaging approach through realistic body–breast modeling *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, no. 5, pp. 2596–2605.
- [22] **A. M. Abbosh, B. Mohammed, and K. S. Bialkowski**, (2016). Differential microwave imaging of the breast pair *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 15, pp. 1434–1437.
- [23] **L. M. Neira, B. D. Van Veen, and S. C. Hagness**, (2017). High-resolution microwave breast imaging using a 3-D inverse scattering algorithm with a variable-strength spatial prior constraint *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 11, pp. 6002–6014.



EKLER

Kullanılan MATLAB kodları

A)

```
clc,clearvars
f=3e9; % freq
epsrb=1; %domain's dielectric constant
N=200;
r=0.05;
epsr1 =1; epsr2=2; %number of cylind

mu0=4*pi*1e-7;
eps0=1e-9/(36 * pi);
sigma0 = 0;
w0 = 2*pi*f;
k0 = sqrt(((w0^2) * mu0 * eps0) + 1i * w0 * mu0 * sigma0);
k=k0*sqrt(epsrb);

d_antenna=0.6; % postionradyalyondekiuzunluk
N_antenna=36; % number antenna

theta=-pi:(2*pi)/(N_antenna):pi*0.99;

Co_antenna(:,1)=d_antenna*cos(theta);
Co_antenna(:,2)=d_antenna*sin(theta);

[an,an_i,Nt,Mtx,Xf,div,co_x_f] = Mesh(N,r,epsr1,epsr2,epsrb);

%Incident Field for Forward Problem
Gd = zeros(length(Co_antenna(:,1)),length(Nt(:,1)));
Ei_f = zeros(length(Co_antenna(:,1)),length(Nt(:,1)));
fori=1:length(Co_antenna(:,1))
    q=1:length(Nt(:,1));
    Gd(i,q)=sqrt((Co_antenna(i,1)-Nt(q,1)).^2+(Co_antenna(i,2)-
Nt(q,2)).^2);
    Ei_f(i,q)=(1i/4)*besselh(0,1,k*Gd(i,q));
end

%Forward Problem
Gd1 =sqrt(bsxfun(@minus,Co_antenna(:,1),Nt(:,1).').^2 +
bsxfun(@minus,Co_antenna(:,2),Nt(:,2).').^2) ;
GS=((1i*pi*an*k)/2)*besselj(1,k*an)*besselh(0,1,k.*Gd1);
Gd11 =sqrt(bsxfun(@minus,Nt(:,1),Nt(:,1).').^2 +
bsxfun(@minus,Nt(:,2),Nt(:,2).').^2) ;
GD=1i*pi*an*k*0.5*besselj(1,k*an)*besselh(0,1,k.*Gd11);
GD(Gd11 == 0) = 0.5i*(pi*k*an*besselh(1,1,k*an)+2i);
```

```

Et = (eye(size(GD)) - bsxfun(@times,GD,Xf.')) \ Ei_f.';
Es = GS * bsxfun(@times,Et,Xf);
% Es=awgn(Es,30,'measured');

%Incident Field for Inverse Problem
Gd = zeros(length(Co_antenna(:,1)),length(Mtx(:,1)));
GS_i = zeros(length(Co_antenna(:,1)),length(Mtx(:,1)));
fori=1:length(Co_antenna(:,1))
    q=1:length(Mtx(:,1));
    Gd(i,q)=sqrt((Co_antenna(i,1)-Mtx(q,1)).^2+(Co_antenna(i,2)-
Mtx(q,2)).^2);
    GS_i(i,q)=(1i/4)*besselh(0,1,k*Gd(i,q));
end

%Inverse Problem
Q = Es'*Es;
alpha = eigs(Q,1)/10000;
g = (Q+alpha*eye(size(Q))) \ (Es'*(GS_i));
g = (sum(abs(g).^2,1).');
g_LSM=1./g;

figure
x_l=length(div);
pcolor(div,div,(reshape(g_LSM,x_l,x_l)))
shading interp
colorbar
title('LSM')
colormapjet

```

B)

```

function [an,an_i,Nt,Mtx,Xf,co_x_i,co_x_f] = Mesh(200,0.05,2,2,1)
range_x = r*10;
range_y = r*10;
a=range_x/N;
an = a/sqrt(pi);
step_f=a;%step_f = range_x / 100;
step_i = step_f*2;%step_i = range_x / 50;
an_i = an * (step_i/step_f);
co_x_f = -range_x/2 + step_f/2 :step_f : range_x/2 - step_f/2 ;
co_y_f = -range_y/2 + step_f/2 :step_f : range_y/2 - step_f/2 ;
co_x_i = -range_x/2 + step_i/2 :step_i : range_x/2 - step_i/2 ;
co_y_i = -range_y/2 + step_i/2 :step_i : range_y/2 - step_i/2 ;

fori =1:length(co_x_f)
    coor_x_f(i,:) = co_x_f ;
    coor_y_f(:,i) = co_y_f';
end
Nt(:,1) = reshape(coor_x_f,[length(co_x_f)^2 1]);
Nt(:,2) = reshape(coor_y_f,[length(co_y_f)^2 1]);

fori =1:length(co_x_i)
    coor_x_i(i,:) = co_x_i ;
    coor_y_i(:,i) = co_y_i';
end
Mtx(:,1) = reshape(coor_x_i,[length(co_x_i)^2 1]);
Mtx(:,2) = reshape(coor_y_i,[length(co_y_i)^2 1]);

fori=1:length(Nt)

```



```
if (sqrt((Nt(i,1)-r)^2+(Nt(i,2)-2*r)^2)) <= r
Nt(i,3) = epsr/epsrb-1;
end
if (sqrt((Nt(i,1)+r)^2+(Nt(i,2)+2*r)^2)) <= r
Nt(i,3) = epsr2/epsrb-1;
end
end
```

```
Nt((Nt(:,3) == 0),:,:) = [];
```

```
% figure
% plot(Nt(:,1),Nt(:,2),'.')
% title('Mesh Points')
% xlabel('x-axis')
% ylabel('y-axis')
%print('Mesh Points','-deps')
```

```
Xf=Nt(:,3);
Nt(:,3)=[];
```



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:Gülçin YARIMAY

Doğum Yeri ve Tarihi:20/03/1985

Adres: Maslak İstanbul

E-Posta: yarimay@itu.edu.tr

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi- Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi – Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama