

## **RADAR İNTERFEROMETRİ TEKNİĞİ İLE SYM ÜRETİMİ VE DOĞRULUK DEĞERLENDİRMELERİ**

**U. G. SEFERCİK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak  
[ugsefercik@hotmail.com](mailto:ugsefercik@hotmail.com)

### **ÖZET**

Bilindiği üzere günümüzde Harita Mühendisliğinin ana kollarından biri olan uzaktan algılama yüksek ivmeli bir ilerleme göstermekte ve her geçen gün gelişmektedir. Her yıl uzaya yeni uydular gönderilmekte ve bu uydular farklı türlerdeki çalışma prensipleri ve görüntü alım konfigürasyonlarıyla dünyamıza ait en güncel görüntü bilgilerini sağlayarak çeşitli meslek guruplarından kullanıcıların hizmetine sunmaktadır. Uyduların kullandığı görüntü alım tekniklerinden biride Radar İnterferometri tekniğidir. Bu teknikle günümüze dek bir çok uydu çalışmıştır ve bu uydulardan en önde geleni bu tekniğini kullanarak dünyaya ait üç boyutlu topoğrafik veri üretmek amacıyla 2000 yılı şubat ayında yörüngeye yerleştirilip 11 günlük misyonunu başarıyla tamamlamış SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) uydusudur.

Bu çalışma kapsamında Radar İnterferometri Tekniği ile bir Sayısal Yükseklik Modelinin (SYM) nasıl üretildiği gösterilmiş ve SRTM uydusu tarafından Zonguldak test alanı için bu teknikle üretilmiş iki ayrı banddaki SYM'lerin ne doğrulukta olduğu araştırılmıştır. Araştırma sonucunda radar interferometri tekniğiyle üretilmiş SYM'lerin aynı test alanında fotogrametrik yöntemle elde edilmiş SYM'ye göre 4-6 m civarında bir doğruluğa sahip olduğu açık şekilde görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Radar, İnterferometri, Sayısal Yükseklik Modeli, Doğruluk, SRTM

### **ABSTRACT**

As known, presently, Remote Sensing, a branch of Surveying has an improvement with a big acceleration. Every year, the new satellites are launched to space and these satellites provide the most current image information about the earth with different working principles and different image taking configurations and offer these information to users from a large variety of diciplines. Radar Interferometry technique is one of image taking technique of satellites. A lot of satellite has worked with this technique up to now and SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) is the most common of these had been launched in February 2000 and accomplished its mission which took 11 days has obtained three dimensional topographic data of the Earth.

In this study, generation of a Digital Elevation Model (DEM) with Radar Interferometry technique has been showed and the accuracy of DEMs generated with this technique by SRTM in two bands for Zonguldak test field have been evaluated. At the result of research, it has been clearly seen that the DEMs generated with Radar Interferometry technique have 4-6m accuracy against the reference DEM produced by photogrammetry at the same test field.

**Keywords:** Radar, Interferometry, Digital Elevation Model, Accuracy, SRTM

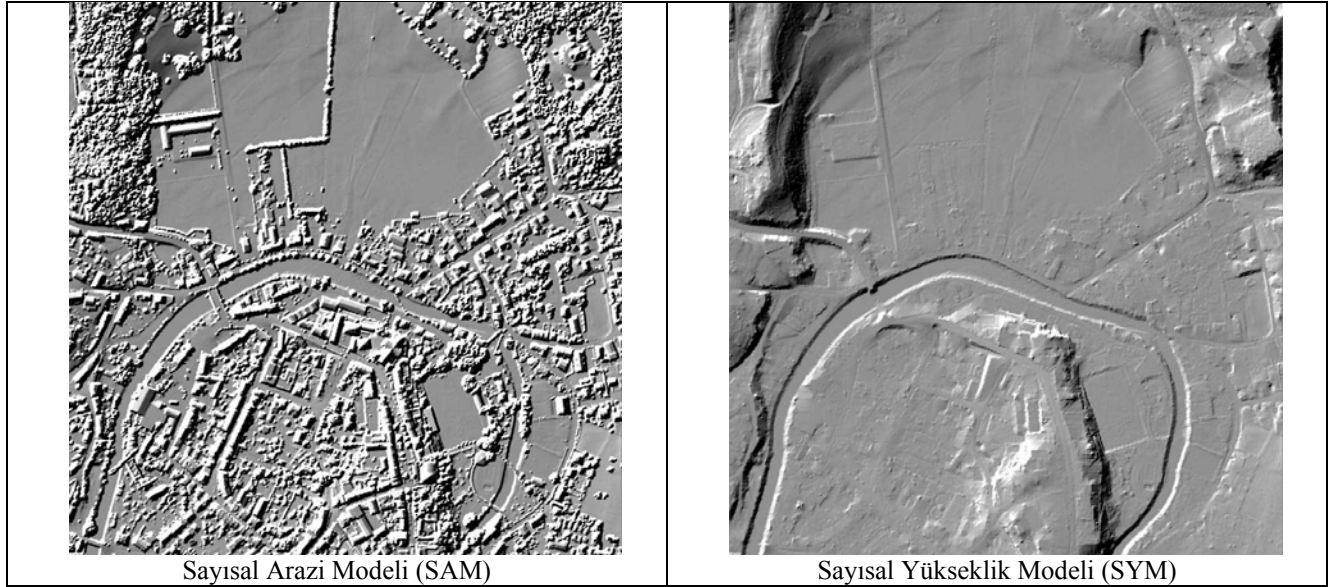
## 1. GİRİŞ

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliğinin ana kollarından biri olan uzaktan algılama günümüzde hızlı bir ivmeyle yükseliş göstermektedir. Bilindiği gibi bu bilim dalı, herbiri farklı amaçla uzaya gönderilmiş ve gönderilmeyi bekleyen uzay araçlarını ve bu araçların yeryüzüne ilişkin elde ettikleri verileri incelemektedir. Bu veriler, yalnız haritacılık değil bir çok farklı disiplinde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Disiplinlerin amaçlarına göre uzay araçlarının misyonu belirlenmekte, bu misyon doğrultusunda aracın hangi teknikle ölçüm yapacağı, ne kadar çözünürlükte görüntü alacağı, kaç ayrı bantta çalışacağı v.b. gibi teknik özelliklere ve bu doğrultuda içermesi gereken donanımlara göre aracın nitelikleri belirlenmektedir. Uzay araçlarının en önemlileri olan uydular çok farklı ölçüm teknikleri kullanmakta ve bu tekniklere göre çeşitli niteliklerde veri toplamaktadırlar. Ve toplanan bu veriler değerlendirilerek ölçüm yapılan bölgeye ilişkin konum ve yükseklik bilgilerinden modeller üretilebilmektedir. Bunlar Sayısal Arazi Modelleri (SAM) ve Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)'dir .

Bu çalışma kapsamında ilk olarak sayısal arazi ve sayısal yükseklik modellerine değinilecek, daha sonra sırasıyla, bu modelleri elde etme yöntemlerinden biri olan Radar ölçme tekniği, bu tekniği kullanan uydular ve bu uyduların en önemlilerinden biri olan SRTM uydusunun elde ettiği verilerden üretilen yükseklik modellerinin doğruluğu analiz edilecektir.

## 2. SAYISAL ARAZİ MODELİ (SAM) ve SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ (SYM) NEDİR?

Sayısal Arazi Modeli (SAM), yeryüzüyü topoğrafyasının her hangi bir bölümüne ilişkin konum ve yükseklik bilgisiyle oluşturulmuş, o bölgeyi tüm arazi detaylarıyla yansıtan 3 boyutlu sayısal bir modeldir. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ise yeryüzü topoğrafyasını modellerken SAM'dan farklı olarak orman, bina, bitki örtüsü v.b. detayları içermeksizin yalnızca çıplak yeryüzü topoğrafyasını yansıtan sayısal modeldir. Şekil 1'de SAM ile SYM arasındaki fark açıkça görülebilmektedir.



Şekil 1: SAM ve SYM farkı

Uzaktan algılama disiplininde SYM üretimi bir kaç farklı teknikle yapılmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanları stereo görüntü çiftlerinden SYM üretimi, Lazer tarama tekniğiyle (LIDAR) SYM üretimi ve Radar İnterferometri (InSAR) tekniğiyle SYM üretimidir.

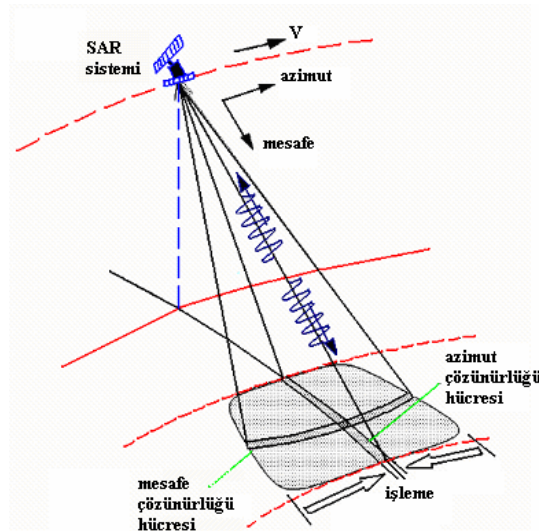
### 3. RADAR ÖLÇME TEKNİĞİ VE BU TEKNİĞİ KULLANAN UYDULAR

RADAR (RADio Detecting And Ranging), hava şartlarından bağımsız olarak gece-gündüz, sis-pus farketmeksizin radyo sinyalleriyle cisimlere ilişkin mesafeye bağımlı konum ve yükseklik bilgisi toplayan bir sistemdir. Bu sisteme ilişkin ilk kuramlar 19. yy'ın ortalarında ortaya atılmıştır. Gözleri görmeyen yarasaların insanların duymayacağı bir ses yayınlayıp bu seslerin cisimlere çarpıp geri yansımalarına göre uçuşlarını, yönlerini ve avlarını bulabilmeleri sistemin ana fikrini oluşturmuştur. Radar, o dönemden günümüze kadar özellikle 2. dünya savaşı ve sonrasında büyük ilerlemeler göstermiş ve uzaktan algılama amaçlı bir çok uzay aracının kullandığı bir sistem haline gelmiştir. 2. dünya savaşı zamanında ülkelerin düşman uçaklarının yerlerini tespit etmek ve kendilerini savunmak için kullandıkları bu teknik sonraları uzaktan algılamada çok önemli bir yere gelmiş ve bu güne dek Radar ölçme tekniğiyle çalışan bir çok uzay aracı yeryüzüne ilişkin bilgi toplamıştır. Bu uzay araçlarının başlıcaları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Uzay Aracı	Ülke	Fırlatılış Tarihi	Yörünge Yüksekliği
SRTM	Amerika,Almanya ,İtalya	11 Şubat 2000	233 km
JERS-1	Japonya	11 Şubat 1992	568 km
RADARSAT-1	Kanada	4 Kasım 1995	798 km
ENVISAT	ESA'nın 13 üyesi + Kanada,Fransa,İngiltere	1 Mart 2002	800 km
ALOS	Japonya	24 Ocak 2006	692 km

Tablo 1: Radar tekniği kullanan uzay araçlarının başlıcaları

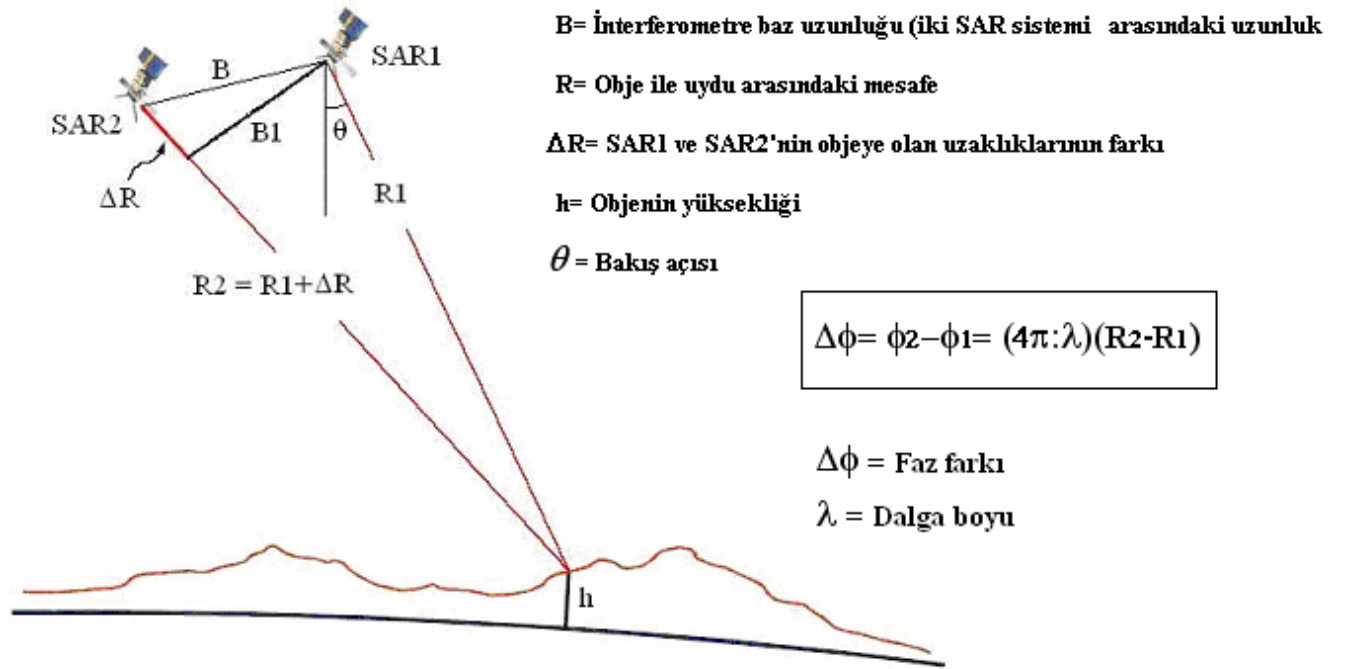
Tablo 1'deki tüm uzay araçları Radar ölçme yönteminin en gelişmiş tekniği olan SAR (Yapay Açıklıklı Radar) tekniğini kullanmışlardır. SAR, Yapay Açıklıklı Radar'ın İngilizce karşılığı olan "Synthetic Aperture Radar" teriminin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. SAR teknolojisi, mikrodalgaları yayıp bunların geri dönüş sinyallerini kaydederek kendi aydınlanmasını sağlayan bir sistemdir. Sistem, geri dönen sinyallerin gecikmelerini kullanarak sinyal işleme tekniğiyle bunları yüksek çözünürlüklü görüntülere dönüştürür. Şekil 2, SAR sistem geometrisini göstermektedir.



Şekil 2: SAR sistem geometrisi

İki adet SAR sisteminin 3 boyutlu veri elde etmek için kullanıldığı teknik ise InSAR'dır. InSAR, İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar'ın İngilizce karşılığı olan "İnterferometric Synthetic Aperture Radar" teriminin baş harflerinden oluşmuş bir akronimdir.

InSAR tekniği, iki şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, tek SAR sistemi kullanan bir uzay aracının bir yeryüzü topoğrafyası üzerinden farklı zamanlarda toplam iki kez geçmesiyle bu yeryüzü topoğrafyasına ilişkin 3 boyutlu veri sağlaması ilkesine dayanır. İkinci teknik ise, birbirine belirli bir mesafede konumlanmış iki adet SAR sisteminin üzerinden geçilen yeryüzü topoğrafyasına ilişkin farklı bakış açılarından eş zamanlı veri toplaması esasıyla çalışan tek geçişli İnterferometrik SAR tekniğidir. Bu teknikte uzay aracı, herhangi bir yeryüzü topoğrafyası üzerinden yalnız bir kez geçerek senkronize çalışan iki adet SAR sistemiyle 3 boyutlu veri sağlamaktadır. 3. boyut iki adet SAR sisteminin gönderip aldıkları mikrodalgalar arasındaki faz farklarının belirlenerek yüksekliğe dönüştürülmesi esasına göre belirlenmektedir. Şekil 3, tek geçişli InSAR tekniğinin geometrisini ve matematiksel bağıntısını göstermektedir.



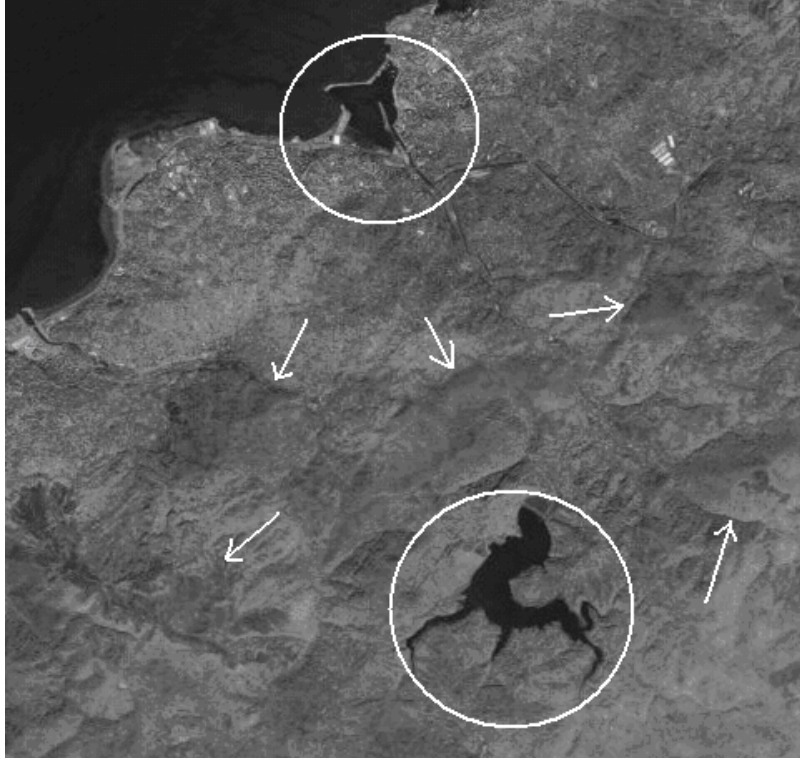
Şekil 3: Tek geçişli InSAR tekniği geometrisi ve matematiksel bağıntılar

Tek geçişli InSAR tekniğini kullanan uzay araçlarının en önemlilerinden biri Tablo 1'de ilk sırada gösterilmiş olan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)'dir. SRTM, yeryüzünün hemen hemen tamamına ilişkin 3 boyutlu topoğrafik veri toplaması amacıyla tasarlanmış ve 11 günlük bir görev süresi hesaplanmıştır. Mekik, 11 Şubat 2000 tarihinde yörüngesine gönderilmiş ve görev süresi sonunda misyonunu başarıyla tamamlayarak 22 Şubat 2000 tarihinde yeryüzüne dönmüştür. SRTM, Amerikan yapımı C-band ve Alman-İtalyan ortak yapımı X-band olmak üzere toplam 2 bandda çalışmıştır. Her bir band için 1 adet kargo bölümünde, Radar sinyali gönderici ve alıcı, 1 adette gövdesinden dışarı doğru uzanan 60m uzunluğundaki direğin ucunda yalnız alıcı nitelikte olmak üzere toplam 2 anten bulunan mekikte genel toplam olarak anten sayısı 4'tür. SRTM C-band, ScanSAR olarak adlandırılan bir moda çalışarak yeryüzünün tamamına yakınından veri toplarken X-band bu moda sahip olmadığından baklava dilimi şeklinde veri boşlukları içermektedir. C-band, 225 km tarama genişliği ile 3 arcsecond (yaklaşık 90m) aralıklı veri toplarken X-band 45km tarama genişliği ve 1 arcsecond (yaklaşık 30m) aralıklı veri toplamıştır.

SRTM C-band ve X-band'ın sağladığı verilerden üretilen yükseklik modelleri ve bu modellerin doğruluk analizleri çalışmanın uygulama ve sonuçlar kısmında gösterilecektir.

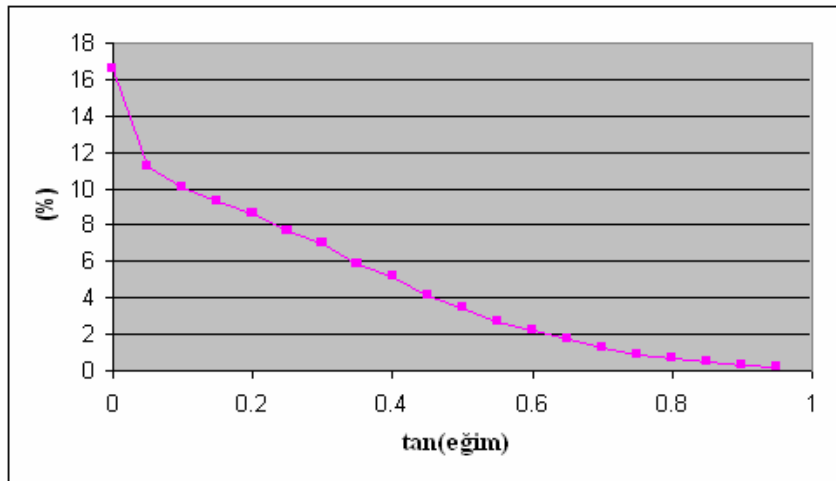
#### 4. TEST ALANI (Zonguldak)

Çalışmada test alanı olarak seçilen Zonguldak Türkiye'nin Batı Karadeniz bölgesinde yer alan bir sahil şehridir. Şehrin oldukça engebeli, dik ve dağlık bir topoğrafyası vardır. Şehirde yükseklikler 1640m'ye kadar ulaşmaktadır. Şehrin topoğrafyasının çok eğimli olması üretilen SYM'lerin doğruluğuna büyük etki etmektedir. Şekil 4'te Zonguldak ili topoğrafyasını açık şekilde yansıtan en güncel uydu görüntülerinden biri olan Orb-view 3 görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4: Zonguldak iline ait Orbview-3 görüntüsü

Şekilde, üst kısımda görülen daire şehrin limanını ve merkezini alt kısımdaki daire ise şehrin barajını göstermektedir. Şekildeki oklar ise şehrin topoğrafyasında çok yüksek olan dağlık bölgeleri göstermektedir. Şekil 5'te şehrin topoğrafyasındaki eğim dağılımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



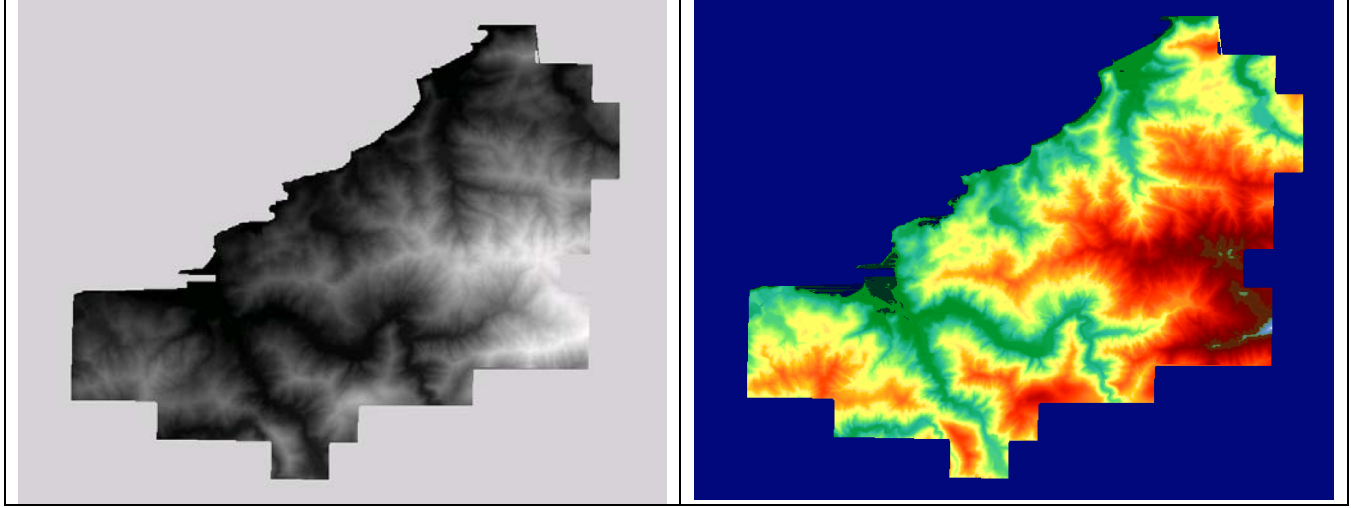
Şekil 5: Zonguldak topoğrafyası eğim dağılımı

Grafik'te de açık şekilde görülebileceği gibi test alanında eğim değeri yüksek nokta oldukça fazladır.

## 5. KULLANILAN VERİ SETLERİ

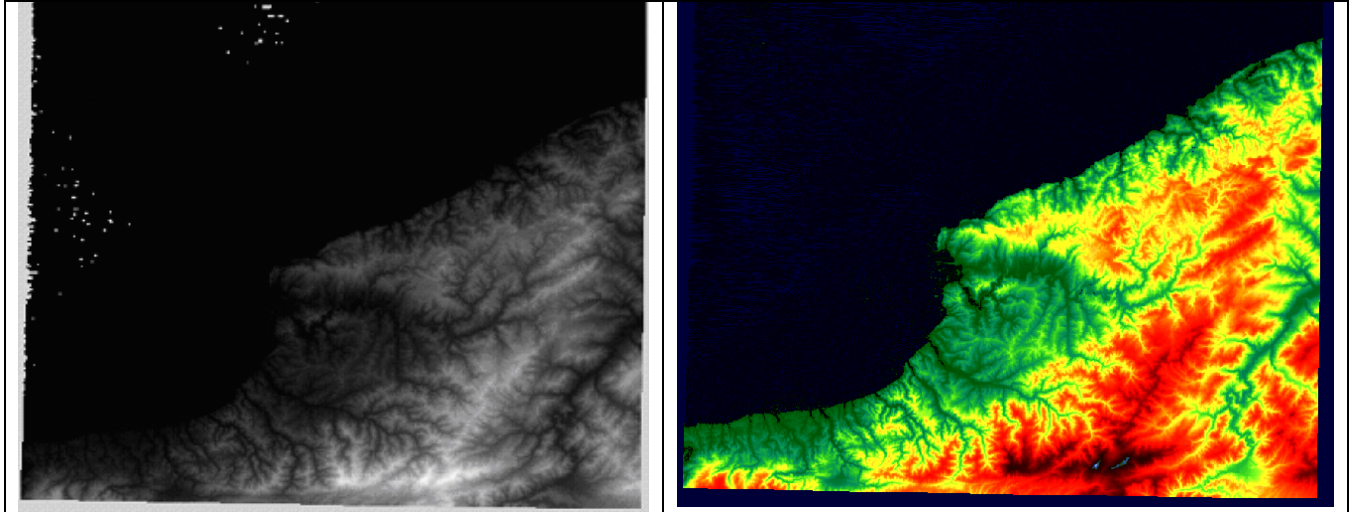
Yapılacak olan uygulamada, Zonguldak test alanı için tek geçişli InSAR tekniğiniyle 3 boyutlu topoğrafik veri sağlayarak, C-band ve X-band'da bölgeye ilişkin yükseklik modelleri üretmiş olan SRTM'in ürettiği bu modellerin doğrulukları analiz edilecektir. Bilindiği gibi doğruluk bağıl bir kavramdır ve bir şeyin doğruluğundan söz edebilmek için öncelikle bir referans belirlenmelidir. Doğruluk ancak bu referansa bağımlı olarak analiz edilebilir.

Bu çalışmada kullanılacak referans model, Zonguldak Belediyesi tarafından 2005 yılı içinde gerçekleştirilen fotogrametrik sayısal harita yapımı projesi kapsamında yapılan fotogrametrik uçştan elde edilen konum ve yükseklik bilgileriyle yaratılan 10m grid aralığına örneklenmiş test alanına ait en doğruluklu Sayısal Yükseklik Modelidir. Şekil 6, Fotogrametrik yöntemle elde edilmiş referans SYM'yi ve renkli bir prezantasyonunu göstermektedir. Bu SYM, çalışmada SYM2005 olarak ifade edilecektir.



Şekil 6: Fotogrametrik SYM (SYM2005)

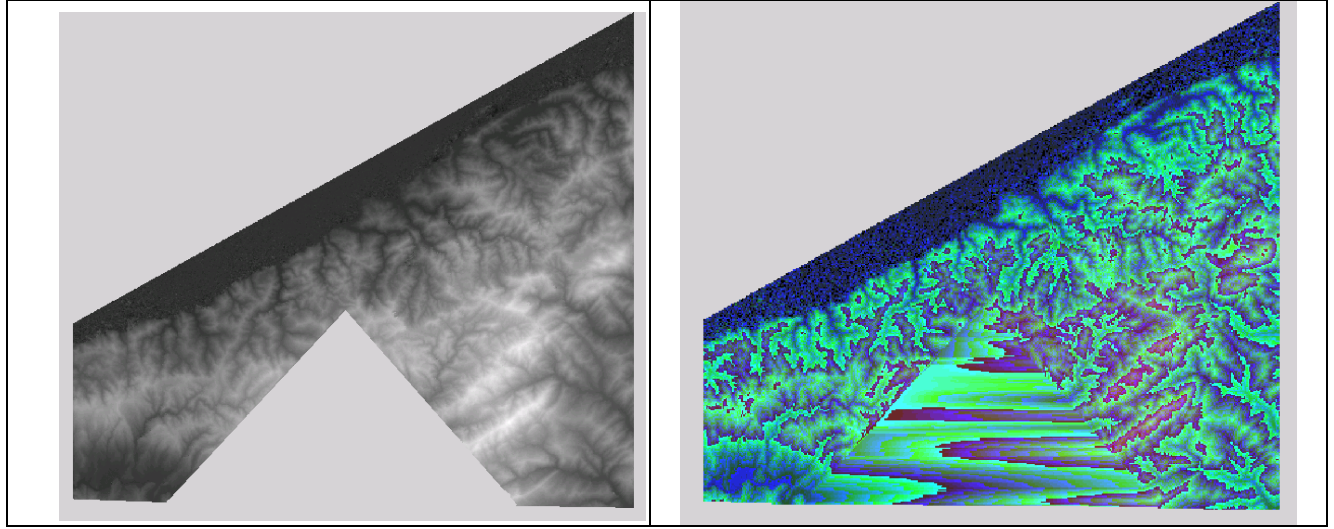
Doğruluğu bu SYM'ye göre analiz edilecek ilk yükseklik modeli SRTM C-band verilerinden elde edilmiş modeldir. Bu model 3 arcsecond (yaklaşık 90m) aralıklı olarak toplanmış yükseklik verilerinden yaratılmış bir modeldir. Şekil 7, SRTM C-band yükseklik modelini ve renkli bir prezantasyonunu göstermektedir.



Şekil 7: SRTM C-band Yükseklik Modeli

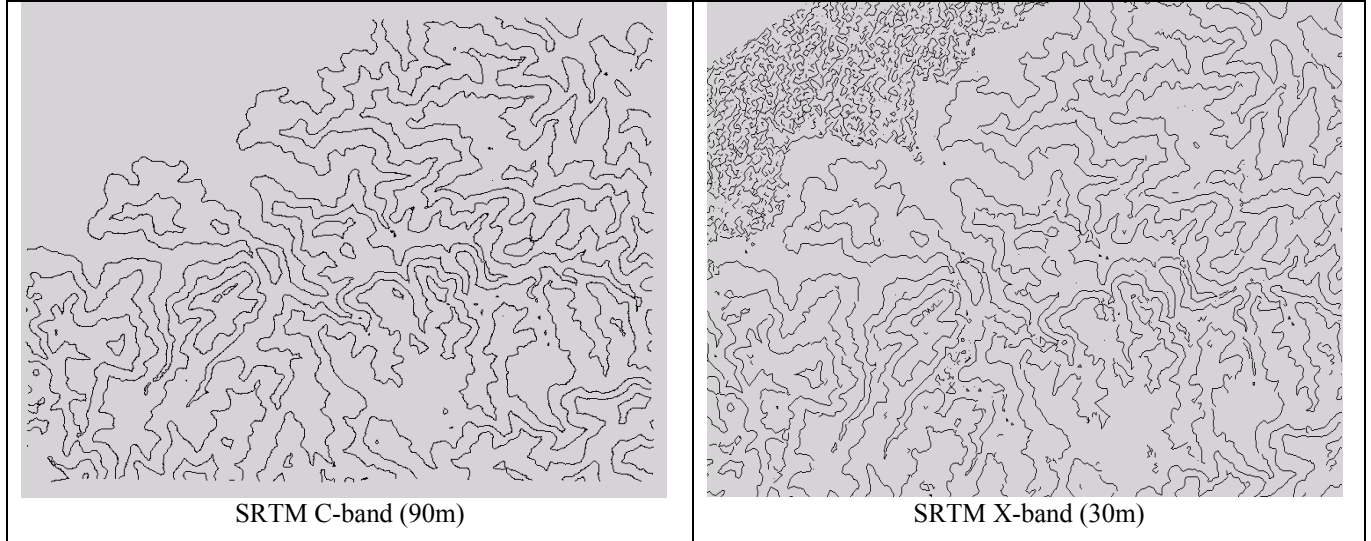
Doğruluğu referans SYM'ye göre analiz edilecek ikinci yükseklik modeli ise SRTM X-band verilerinden üretilmiş yükseklik modelidir. Bu model 1 arcsecond (yaklaşık 30m) aralıklı olarak toplanmış yükseklik verilerinden yaratılmıştır. Şekil 8, SRTM X-band yükseklik modelini ve renkli bir prezantasyonunu göstermektedir.





Şekil 8: SRTM X-band Yükseklik Modeli

Doğrulukları irdelenecek olan iki yükseklik modelinin tarama yaparken kullandıkları 1arcsecond (yaklaşık 30m) ve 3arcsecond (yaklaşık 90m) nokta aralıklarının detay yansıtmaya etkisini bir örnekle gösterebiliriz. Şekil 9, SRTM C-band ve X-band'ın morfolojik detay görünümü olarak farklarını ortaya koymaktadır.



Şekil 9: SRTM C-band ve X-band Morfolojik detay farklılığı

Şekil 9'da SRTM X-band yükseklik modelinin 1 arcsecond (30m) nokta aralığıyla çok daha detaylı bir görüntü sunduğu görülmektedir.

## 6. UYGULAMA VE SONUÇLAR

İki SYM'nin birbirlerine göre doğruluklarını kıyaslamak için ilk yapılması gereken bu SYM'lerin üst üste çakışmasını sağlamaktır. Çünkü üst üste çakışma sağlanmadan bir analiz yapmak mümkün olmayacaktır. Bunu noktasal bazda düşünürsek şu şekilde açıklayabiliriz. Bir nokta koordinat olarak doğrulukları kıyaslanacak ilk SYM'de hangi değerde ise ikinci SYM'de de o değerde olmalıdır. Bu noktanın yüksekliğiyle ilgili doğruluk analizi ancak planimetrik olarak iki SYM'de de aynı yerde olması halinde yapılabilir. Nokta iki SYM'de farklı yerlerde ise bir kayıklık söz konusudur ve bir doğruluk analizi kesinlikle yapılamaz.

Doğruluk analizi yapmadan önce bu kayıklık belirlenmeli ve giderilmelidir. Bu kayıklığın giderilmesi için öteleme (Shift) işlemi yapılmaktadır. Şekil 9, mevcut bir kayıklığı ve yapılması gereken Shift miktarını göstermektedir.



Şekil 10: Shift

Şekilde aynı tepenin birinci ve ikinci SYM'lerdeki yeri görünmektedir. Görüldüğü gibi aynı tepe ikinci SYM'de ilkinin göre " $\Delta D$ " kadar kayıktır. Ve bu kayıklık nedeniyle " $\Delta Z$ " kadar bir yükseklik farkı meydana gelmiştir. İşte örnekten de anlaşılan bu kayıklığı giderebilmek için çalışmanın uygulama aşamasında ilk olarak Almanya Hannover Üniversitesi Fotogrametri ve Geoinformasyon Enstitüsünde görev yapan Dr. Karsten Jacobsen tarafından yaratılmış SYM'lerle ilgili tüm işlem ve analizlerin yapılabildiği BLUH sistemi bünyesindeki DEMSHIFT programı kullanılmıştır.

Programla ilk olarak Zonguldak bölgesine ait referans SYM ile SRTM C-band yükseklik modelinin uyumları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu iki SYM'nin üst üste çakışmadığı anlaşılmış ve bu çakışmayı sağlamak amacıyla yine BLUH sisteminin bir üyesi olan MANI programı kullanılmıştır. Bu programın temel mantığı SYM'ler üzerinden aldığımız eş konumlu noktalar arasındaki koordinat farkını modellerden birine ters işaretli olarak ekleyerek aradaki kayıklığı gidermektir. Yapılan bu işleme manual shift denilmektedir. SYM'ler arasında manual shift öncesi ve sonrası ulaşılan kayıklık değerleri SRTM C-band ve referans SYM için Tablo 2'de görülmektedir.

Referans SYM	SRTM C-band SYM Shift Öncesi	SRTM C-band SYM Shift Sonrası
SYM2005	RMSZ= 53.088m	RMSZ= 6.078m

Tablo 2: Shift işlemi (SRTM C-band ve referans SYM için)

DEMSHIFT programında yapılan bu analizlerde uyumlu noktalar arasındaki maximum yükseklik farkı 100m olarak alınmıştır. Bu farkı aşan noktalar kaba hatalar yaratmamaları açısından program tarafından elemine edilmektedirler.

Tablo 2'den de açık şekilde görülebildiği gibi yapılan manual shift ile RMSZ değerinde 50m'ye yakın bir iyileşme elde edilmiş ve SYM'lerin çakışmaları sağlanmıştır.

Daha sonra aynı işlem SRTM X-band ve referans SYM için tekrarlanmıştır. Ulaşılan değerler Tablo 3'de sunulmuştur.

Referans SYM	SRTM X-band SYM Shift Öncesi	SRTM X-band SYM Shift Sonrası
SYM2005	RMSZ= 25.603m	RMSZ= 6.606m

Tablo 3: Shift işlemi (SRTM X-band ve referans SYM için)



SYM'lere ilişkin öteleme (shift) işlemleri DEMSHIFT programında yapıp kayıklıklar en aza indirildikten sonra Yükseklik Modellerinin doğruluk analizleri artık yapılabilmektedir. Bu analizler yine BLUH sisteminin bir üyesi olan DEMANAL (SYM Analiz) programı kullanılarak yapılmıştır.

Analizlerde referans olarak alınacak SYM programa tanıtılmış daha sonra doğruluğu belirlenmek istenen ötelenmiş SYM programa kıyaslama için verilmiştir. Programa ayrıca hangi yükseklik farkı değerlerinin değerlendirmede eşik değer seçileceği, maximum eğim değerinin tanjantı gibi tanıtlar yapılmıştır. Bu tanıtlar, eşik değeri aşan farkların ve eğim değerlerinin elemine edilip kaba hataların sonuçlara etkisinin en aza indirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Analizler referans SYM ile SRTM C-band ve X-band SYM'lerinin hem düzlük ve açık, hem de ormanlık alanlar için ayrı ayrı incelenmesi ile yapılmıştır. Kıyaslanan SYM'lerin açık ve ormanlık alanlardaki alan olarak eşleşme yüzdeleride belirlenmiştir.

DEMANAL programında referans SYM ile SRTM C-band SYM arasında yapılan doğruluk analizlerinin sonuçları açık ve ormanlık alanlar için ayrı ayrı olmak üzere uyuşum yüzdeleri ile birlikte Tablo 4'te verilmiştir.

Referans SYM	SRTM C-band
SYM2005 Açık Alanlar	$5.79+5.822*\tan(\text{slope})$ $4.25+6.617*\tan(\text{slope})$ %78.11
SYM2005 Ormanlık Alanlar	$6.39+6.46*\tan(\text{slope})$ $6.14+1.39*\tan(\text{slope})$ %21.98

**Tablo 4:** SYM doğruluk analizi sonuçları (SRTM C-band için)

Tablo 4'te ki ilk sayısal değerler sistematik hata (BIAS) ekli sonuçları, ikinci sayısal değerler ise sistematik hata etkisi elemine edilmiş sonuçları göstermektedir. Alt kısımlardaki yüzdeler ifadeler ise alan olarak SYM'lerin uyuşum yüzdeleridir.

Aynı işlem DEMANAL programında referans SYM ile SRTM X-band SYM arasında da yapılmış ve Tablo 5'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Referans SYM	SRTM X-band
SYM2005 Açık Alanlar	$4.53+9.93*\tan(\text{slope})$ $3.97+7.279*\tan(\text{slope})$ %74.76
SYM2005 Ormanlık Alanlar	$5.73+10.872*\tan(\text{slope})$ $4.49+8.408*\tan(\text{slope})$ %25.24

**Tablo 5:** SYM doğruluk analizi sonuçları (SRTM X-band için)

Sonuçta, tablolardan da açık şekilde görüldüğü gibi SRTM uydusundan elde edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin doğruluğu Fotogrametrik yöntemle üretilmiş referans modele göre açık alanlarda 4-4,5m, ormanlık alanlarda ise 5-6m daha düşüktür.

SRTM uydusunun C-band ve X-band SYM'leri kendi arasında kıyaslandığında ise X-band SYM'nin doğruluğunun 1 arcsecond (yaklaşık 30m) nokta aralığıyla veri toplamış olması nedeniyle daha yüksek olduğunu görmek mümkündür. X-band SYM C-band'a göre açık alanlarda 0,5-1m, ormanlık alanlarda ise 1,5-2m daha doğrulukludur.

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarından yola çıkarak Radar İnterferometri tekniğiyle üretilen SYM'lerin halen haritacılık amaçlı kullanılacak kadar hassasiyete ulaşmadığı ancak hassasiyet gerektirmeyen işlerde çok büyük alanların çok hızlı şekilde yükseklik modellerinin 4-6m doğrulukta oluşturulabilmesi nedeniyle zaman ve ekonomiklik açısından çok faydalı olacağı söylenebilir.

## KAYNAKLAR

**Hanssen R. F.**, 2000. *Radar Interferometry, Data Interpretation and Error Analysis*, Delft University of Technology, Delft 2000, ISBN 0-7923-6945-9.

**Li Z., Zhu Q., Gold C.**, 2005. *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*, ISBN 0-415-32462-9.

**Santitamnont P.**, 1998. *Interferometric SAR Processing for Topographic Mapping*, Hannover 1998, ISSN 0174-1454.

**Bamler R.**, 1999. *The SRTM Mission: A World Wide 30m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 Days*, Photogrammetric Week, Wichmann Verlag, Heidelberg 1999.

**Jacobsen K.**, 2005. *Analyses of SRTM Elevation Models*, EARSEL 3D- RS Workshop, Porto 2005.

**Jacobsen K.**, 2004. *Analyses of Digital elevation Models based on Space Information*: EARSEL Symposium, Dubrovnik, 2004.

**Koch A., Heipke C.**, 2001. *Quality Assessment of Digital Surface Models Derived From the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, University of New South Wales, Sydney (Australia).

**Sefercik U., Jacobsen K.**, 2006. *Analysis of SRTM Height Models*, Turkish-German Geodetic Days, Berlin 2006.

**Sefercik U.G.**, 2006. *Accuracy Assessment of Digital Elevation Models Derived From Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, Yüksek Lisans Tezi, Hannover Üniversitesi, Almanya.