

# ERS-1 UYDUSU VE VERİLERİNİN TOPOGRAFİK UYGULAMALAR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLME OLANAKLARI

Mustafa ÖNDER

## ÖZET

ERS-1 Uydusu, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından 17 Temmuz 1991 tarihinde uzaya gönderilmiştir. Bulut ve güneş ışığı koşullarından bağımsız ölçüm değerleri ve görüntü elde etmede, ileri mikrodalga tekniklerinden yararlanan uydu; okyanus, buzul ve karalara ait tüm meteorolojik koşulların görüntülenmesinden başka deniz durumu, deniz yüzeyi rüzgârları, okyanus akıntıları, deniz ve buz seviyelerini içeren kesin parametre ölçümlerini de sağlayan sistemlerle donatılmıştır.

Yüksek ayırma güçlü görüntüleme yeteneği ile kara ve kıyı bölgeleri üzerindeki hava durumu ve dolayısıyla yeryüzünün tamamının coğrafi ve yinelemeli görüntülemesini sağlayan global bir hizmete olanak vermesi, söz konusu görüntü ve diğer sistem verilerinden topografik amaçlı yararlanabilme düşüncesini gündeme getirmektedir. Bu düşünceden hareketle ülkemizde fazla bilinmeyen ERS-1 uydusunu tanıtmının yanında, sağladığı verilerden topografik uygulamalar açısından da yararlanabilme olanaklarını sergileme amaçlanmıştır.

## ABSTRACT

ERS-1 satellite has been launched at 17<sup>th</sup> June, 1991 by European Space Agency (ESA). During acquisition of measurement values and imagery independently from sun lights and clouds, it uses advanced microwave technics and, it has systems providing imagery for not only ocean, ice and land in every meteorologica conditions sea-level winds, ocean streams, sea and ice levels.

Imagery with high resolution of that satellite brings to mind using it in topographic purposes because of possibilities of providing earth geographic and repeatational imagery and weather conditions on land and shorelines. From that point of view, beside the introduction of that unknown satellite in Turkey, it has also purposed to examine it in topographic applications.

## 1. GİRİŞ

Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın 13 üye ülkesi, Kanada ile birlikte 1988 yılında, hizmet verdiği çeşitli kuruluş ve kullanıcıları arasında yapmış olduğu özenli bir araştırma sonrası, yakın gelecekte yer gözlemlerine yönelik amaçlarını ve stratejisini ortaya koyan bir program hazırlamıştır. Söz konusu program, dört ana konu üzerine oturtulmuştur. Bunlar;

- \* Yerel veya bölgeselden küresel yeryüzü ve çevresinin gözlenmesi,
- \* Yenilenir ve yenilenebilir yeryüzü kaynaklarının yönetimi ve görüntülenmesi,
- \* Yeryüzünde faaliyet gösteren meteoroloji kuruluşlarına sürekli ve gelişen bir hizmet sağlanması,
- \* Yer kabuğu ve içinin yapısı ve dinamiğinin anlaşılmasına katkıda bulunulması.

şeklinde özetlenebilir. Bu programdan yola çıkılarak, bugün için çevre gözleme uyduları arasında önemli bir yer tutan ilk Avrupa Uzaktan Algılama Uydusu (ERS-1) ile ilgili çalışmalara başlanmıştır /7/.

Yukarıda sözü edilen çalışmaların bir aşaması olarak ERS-1 uydusu, 17 Temmuz 1991'de Fransız Guyana'sındaki Kourou Üssünden Ariane 4 füzesi ile fırlatılmıştır. ERS-1, bulut ve güneş ışığı koşullarından bağımsız ölçüm değerleri ve görüntü elde etmede, ileri mikrodalga tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu gibi teknikler ilk kez 1978 yılında kısa ömürlü Seasat Uydusunda, daha sonraları Uzay Mekiği deneylerinde kullanılmıştır. Çağdaş uydu sistemleri ile kıyaslandığında; okyanus, buzul ve karalara ait tüm meteorolojik koşulların görüntülenmesinden başka deniz durumu, deniz yüzeyi rüzgarları, okyanus akıntıları, deniz ve buz seviyelerini de içeren kesin parametrelerin ölçümünde ERS-1'in benzersiz bir yere sahip olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, mevcut uzay sistemlerinden daha duyarlı deniz yüzey ısısı da ölçülebilmektedir /3/.

Uydu yörüngesinin doğası ve algılayıcılarının tümü, öncelikle okyanus ve buzulların gözlenmesinin yanısıra, yüksek ayırma güçlü görüntüleme yeteneği ile kara ve kıyı bölgeleri üzerindeki hava durumu ve dolayısıyla yeryüzünün tamamının coğrafi ve yinelemeli görüntülenmesini sağlayan global bir hizmete olanak vermektedir /5/.

ERS-1 programı; fırlatma, uydu izleme, veri toplama, veri işleme, arşivleme ve veri dağıtımı gibi çalışmaları ve bunların kontrolünü de içeren yer istasyonu işlevlerini içermektedir. Yaklaşık üç yıl ömürlü olacak şekilde tasarlanan uydunun görevlerini 1994 yılı içerisinde fırlatılacak ERS-2 uydusu üstlenecektir /2/.

Ülkemizde bugün için fazla bilinmeyen ve dolayısıyla verileri açısından yaygın bir kullanma alanı bulmayan ERS-1 uydusunu lanıtmanın yanında, sağladığı verilerden topografik uygulamalar açısından da yararlanabileceği olanaklarını sergileme amaçlanmıştır.

## 2. ERS-1 SİSTEMİ

ERS-1 Sistemi, çevre sorunlarının belirlenmesine ve çözümüne ışık tutacak verileri sağlama işlevini, aşağıdaki esaslar dahilinde yerine getirme görevini üstlenmiş bulunmaktadır.

- \* İklim modelleri içinde okyanus-atmosfer ilişkilerinin anlaşılabilirliğinin geliştirilmesi,

- \* Okyanus dolaşımı ve enerji transferinin bilinen önemli ilerlemeleri,
- \* Arktik ve Antartik buz tabakalarının kütle dengesinin daha gerçekçi kestirimleri,
- \* Dinamik kıyı hareketlerinin ve kirliliğin daha iyi izlenmesi,
- \* Toprak kullanım değişimi ve örtüsüne ait araştırma ve yönetimin geliştirilmesi.

Diğer taraftan ERS-1 Sistemi; birkaç saat içerisinde gözlem yapma gereği duyulan ve böylece meteorolojik tahminlere anlamlı katkılar yapmaya olanak tanıyan, deniz durumu tahmini ve deniz üstündeki buz tabakalarının dağılımı görüntülerini içeren verilere dayalı bazı istekleri karşılamak için de tasarlanmıştır /4/.

#### a. Uydu ve Yörüngesi

ERS-1 Uydusu, kendisinden beklenen görevleri yerine getirebilmek için taşıyıcı bölümünde yer alan aktif ve pasif mikrodalga algılayıcıları ve termal kızılötesi radyometresinden oluşan bir donanım seti ile birlikte, ortalama 785 km. yüksekliğindeki kutupsal bir yörüngeye yerleştirilmiştir. Güneş uyumlu eliptik yörünge,  $98.5^{\circ}$  eğim açısı ile yerel güneş zamanına göre 10.30'da ekvatoru kesen bir yapıdadır. Uydunun ağırlığı 2380 kg, boyutları ise 12m.X12m.X2,5m. olup, Avrupa'da şimdiye kadar yapımı gerçekleştirilmiş en büyük ve en gelişmiş uydu sistemi olarak göze çarpmaktadır (Şekil-1).

Uydu; yörüngesi üzerindeki bir turunu 100 dakikada tamamlamakta, böylece günde 14.3 kez yer küresi etrafında dönmektedir. Platformda; Hizmet Modülü, Seyk Modülü, Güneş Enerji Sistemi ve Taşıyıcı gibi ana parçalar yer almaktadır. Platform yapısı, Fransız SPOT uydu serileri için geliştirilen mevcut tasarımı esas almıştır /5/.

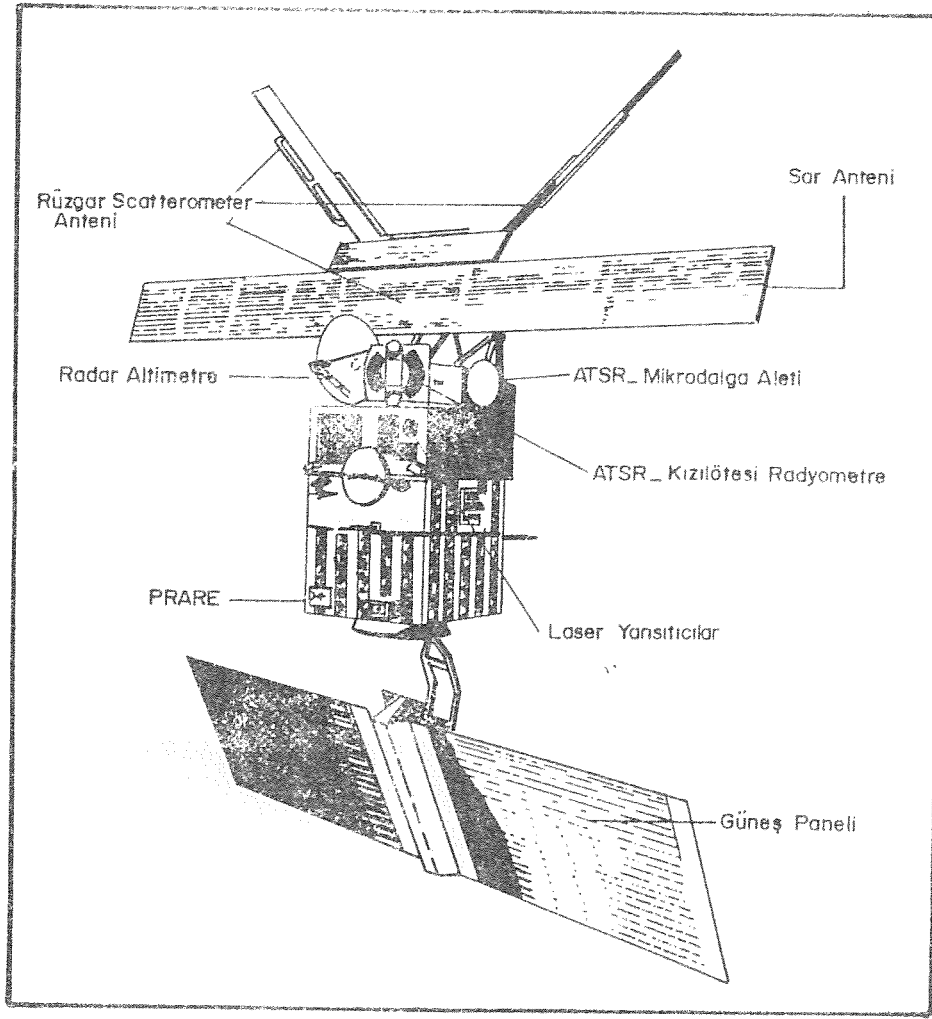
#### b. Algılayıcı Sistemler

ERS-1 uydusu, temelde aktif mikrodalga algılayıcılarının oluşturduğu çekirdek donanımın yanında eklenmiş veya tamamlayıcı nitelikteki bazı donanımlarla birlikte algılayıcı sistemler bütünüdür. Söz konusu sistemlere ilişkin kısa açıklamalar aşağıda verilmiştir /5/.

##### (1) Aktif Mikrodalga Aleti

Yapay Açıklıklı Radar (SAR; Syntethic Aparture Radar) ve Rüzgâr Scatterometresinin işlevlerinin birleştirildiği bir sistemdir. Ölçüm işlemlerini üç ayrı çalışma modunda gerçekleştirmekte olup bunlar; görüntü modu, dalga modu ve rüzgâr modudur.

Görüntü modunda SAR; okyanuslar, kutup bölgeleri, kıyıları ve karalar üzerindeki tüm hava hareketlerinin görüntülerini elde edecek şekilde çalışmaktadır. Boyuna taramada (along track) 6 veya 30m. çapraz taramada (across track) ise 26m. konumsal ayırma gücü ile iki boyutlu görüntü sağlar. Görüntü verileri yaklaşık 100km. tarama genişliğinde ve her

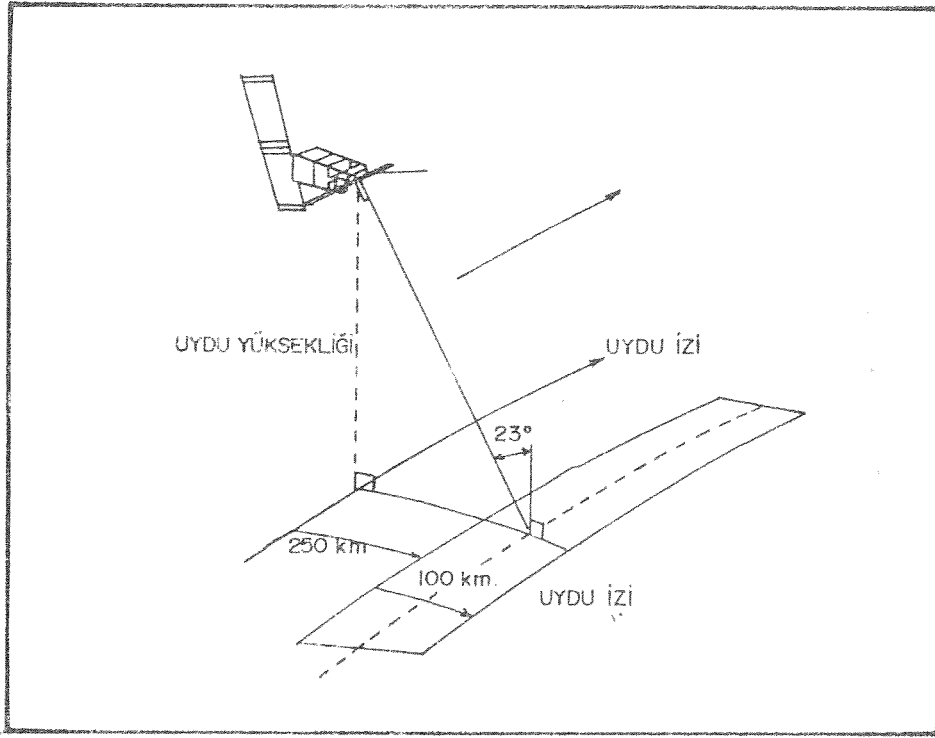


Şekil-1: ERS-1 Uydusunun genel görünümü

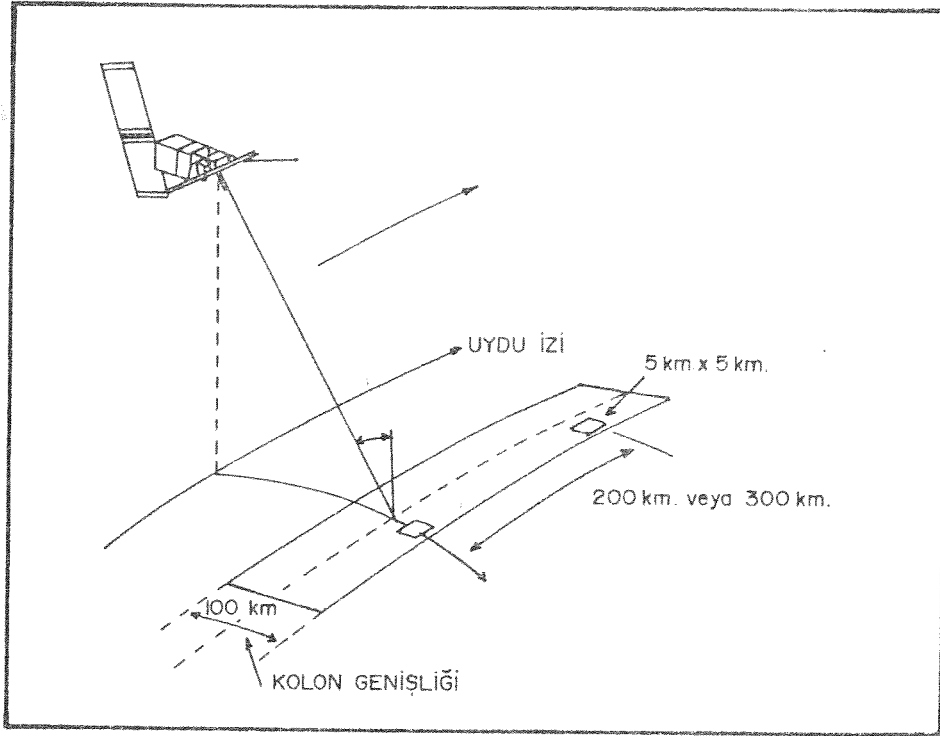
yörüngede en fazla 12 dakikalık (ortalama 10 dak.) sürede elde edilir. Veri oranının çok yüksek olması nedeniyle bunların platform üzerinde depolanamaması sonucu, sadece uygun donanımlı yer istasyonlarının alım bölgeleri içinde elde edilebilmektedirler (Şekil-2).

Dalga modundaki SAR, okyanus dalgalarının uzunluk ve yönünü belirlemek için 200km. veya 300km. arasında isteğe bağlı olarak değişen düzenli aralıklarla küçük görüntüler (5kmX5km.) üretir. Konumsal ayırma gücü görüntü modu ile aynıdır (Şekil-3).

Rüzgâr Scatterometresinin amacı ise, deniz yüzeyindeki rüzgâr hızı ve yönüne ait bilgi elde etmektir. Yüzeğe yakın rüzgârın oluşturduğu küçük dalgalanmaların etkisi (pertürbasyonu) sonucu, yüzeydeki radar yansımalarına ait değişimlerin kayıt edilmesi esasına göre çalışır.



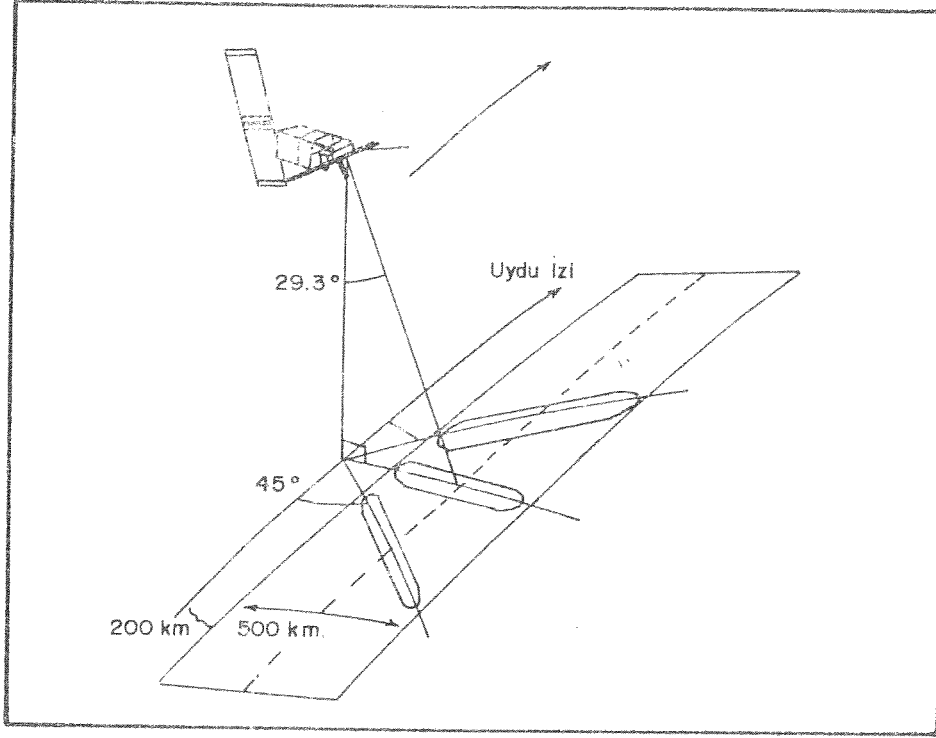
Şekil-2: SAR Görüntü Modu Geometrisi



Şekil-3: SAR Dalga Modu Geometrisi

Yörünge boyunca 500 km. genişliğindeki bir alana ait yaklaşık 45 km. lik konumsal ayırma gücündeki ölçüm verileri, platformdaki üç anten yardımıyla elde edilmektedir (Şekil-4).

Rüzgâr ve görüntüleme modunda SAR'ı aynı anda çalıştırmak olanaksızdır. Dalga ve rüzgâr ölçümünde ise sürekli çalıştırılabilir.



Şekil-4: Rüzgâr Scatterometresi Geometrisi

## (2) Radar Altimetre

Radar Altimetre, deniz ve buz yüzeylerinden yansımaları ölçmek amacıyla tasarlanmış bir nadir-bakışlı aktif mikrodalga algılayıcısıdır. Okyanus veya buz çalışma modundan birine ayarlanmış sistem, önemli dalga yükseklikleri; yüzey rüzgâr hızı; okyanus akıntısı, yüzey Jeoidi ve gel-git olaylarına bağlı deniz yüzey yüksekliği ve deniz buzu ya da buz tabakaları üzerindeki çeşitli parametrelere ait bilgiler sağlar.

Okyanus dalga yüksekliklerinin global ölçümleri, denizciler ve okyanusların dinamik hareketlerini anlama isteğindeki bilim adamları için son derece önemli olup sistem 82° Kuzey ve Güney enlemleri arasında kalan bölgelerde ölçüm sağlayacak ve özellikle güney okyanuslarında ana dalga oluşum bölgelerini kapsayacak bir gözlem alanına sahiptir.

Yerel ortalama deniz yüzeyinden itibaren uydu yüksekliğinin oldukça iyi bir hassasiyetle ölçülmesi (100 km.'de 1 cm.'ye eş değer), anlamlı ekonomik yararı beraberinde getirmesinin yanında, jeoid belirleme ve başlıca okyanus akıntılarının sınırlarını gözleme olanaklarını da yaratmaktadır.

Yeryüzü ikliminin önemli değişiklik gösterdiği anlarda, hayati düzeyde uyarı niteliği taşıyan buz tabakaları topografyasındaki değişimlerin gözlenmesi ve bunlar üzerinde yapılan ölçümler, Radar Altimetresinin sağladığı olanaklardan bir diğeri olarak göze çarpmaktadır /1/.

### (3) Boyuna İzleme Tarama Radyometresi

Deniz yüzeyi ısı, bulut üstü ısı, bulut örtüsü ve atmosferik su buharı içeriğini ölçmek amacıyla, bir mikrodalga aleti (MWS) ve bir kızıl ötesi radyometresi (IRR) birleşiminden oluşan sistemdir. % 80 bulut örtüsü ile kaplı 50 km. X 50 km.'lik bir alan üzerinde deniz yüzeyi ısısının mutlak kestirim duyarlılığı 0.5 K° dir. 500 km. genişliğindeki bir alanda tarama yapan sistem 1 km. ayırma gücüne sahip yüzey ısı görüntülemesi yapmakta olup göreceli duyarlılığı 0.1 K° dir.

### (4) Hassas Mesafe ve Mesafe-Oranlama Sistemi

Yer-bazlı iletişim (transponder) istasyonları kullanarak yüksek hassasiyetli ve karşılıklı mesafe (ranging) ve mesafe-oranlama ölçümleri elde etmek üzere tasarlanmış, her türlü hava koşulunda çalışan bir mikrodalga sistemidir. Bu ölçüler, yörünge tayini ve jeodezik uygulamalar için düşünülmüştür. Ancak hizmete girdiği ilk günlerde geçirdiği önemli bir radyasyon hasarı nedeniyle devre dışı kalmıştır.

### (5) Lâzer Geri Yansıtıcılar

Yer-bazlı lâzer mesafe ölçüm istasyonları tarafından bir hedef gibi kullanılarak uydu konumu ve yörüngesinin belirlenmesine olanak sağlayan donanımlardır. Bu donanımlar yardımıyla elde edilen ölçüler, ± 10 cm. duyarlıktaki Radar Altimetre yükseklik ölçülerinin kalibrasyonunun yanısıra 0.5 m.'den daha iyi global efemeris duyarlığında uydu yörüngesinin tayinini gerçekleştirmede kullanılır. Çalışma esası; uydu platformunda yer alan elektronik modülünün yeryüzüne bakan tarafına yerleştirilmiş bir dizi reflektörden yansıyan lâzer pulslarına ait gidiş-dönüş sürelerinin ölçümüne dayanmaktadır.

### (6) Global Ozon Kontrol Aleti

1994 yılında fırlatılması beklenen ERS-2 üzerinde yer alacak bu sistem, atmosfer veya yeryüzünden yansıyan veya saçılan güneş enerjisini gözleyecek nadir bakışlı bir spektrometredir. Sistem, yeryüzünün güneş gören bölümünden gelen ışığı toplayacak ve spektral bileşenlerine ayıracaktır. Kayıt edilen bu spektral değerler troposfer ve stratosferdeki ozon, nitrojen dioksit, su buharı, oksijen ve brom oksit içeriği belirlenmede kullanılacaktır.

### c. Yer İstasyonları ve Veri Dağıtım Hizmetleri

ERS-1 yer bölümü; algılayıcı ve diğer sistem verilerinin alınması, arşivlenmesi ve işlenmesi ile uydunun kontrolü ve çalışması için gerekli kolaylıklar ve ürünlere ait kullanıcı isteklerini karşılayacak hizmetleri içermekte olup, aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır /6/.

#### (1) Earthnet ERS-1 Merkezi Birimi

Frascati (İtalya)'de bulunmakta ve tüm kullanıcı arabirim işlevleri, kataloglama işlemleri, kullanıcı isteklerinin biraraya getirilmesi, platform üzerindeki çalışmaların plânlanması, veri işlenmesi ve yayınlanmasının takvime bağlanması, veri ürünlerinin kalite kontrolü ve sistem performansının gözlenmesi faaliyetlerini yerine getirmektedir.

#### (2) Görev Yönetim ve Kontrol Merkezi

Darmstadt (Almanya)'da bulunmakta ve tüm uydu çalışmalarının kontrolü ve yönetiminin yanısıra uydu ve taşıdığı sistemlerin programlanmasını sağlamakla görevlendirilmiştir.

#### (3) ESA Yer İstasyonları

Kiruna (İsveç), Fucino (İtalya), Maspolamas (Kanarya Adaları, İspanya), Gatineau ve Prince Albert (Kanada)'de yer almakta, ürünlerin hızlı dağıtımını, veri elde etme ve işleme/yayma çalışmalarını sağlayan ana ağı oluşturmaktadır.

#### (4) Ulusal Yer İstasyonları

Dünyanın çeşitli bölgelerine dağılmış, ESA ile yapılan anlaşma gereği yüksek oranlı ERS-1 verisi elde edecek ve SAR görüntüleme hizmetinin potansiyelini arttıracak biçimde donatılmışlardır.

#### (5) İşleme ve Arşivleme Olanakları

Almanya, Fransa, İtalya ve İngiltere'de yerleşik olup, çevrim-dışı hassas ürünlerin elde edilmesi, ERS-1 veri ve ürünlerinin arşivlenmesi ve dağıtımından sorumlu ana merkezlerdir.

#### (6) Kullanıcı Merkezleri ve Kullanıcılar

Ulusal ve uluslararası meteoroloji kuruluşları, osinografi enstitüleri, çeşitli araştırma merkezleri ve kişisel kullanıcıları içermektedir.

Uydu Kiruna'daki yer istasyonu aracılığı ile Görev Yönetim ve Kontrol Merkezi tarafından kontrol edilmektedir. Uydunun çalışma cetveli makro komuta setti vasıtasıyla 24 saatlik olarak platformdaki bilgisayara(OBC) yüklenmiştir. Bu makro komutların zamanında yerine getirilmesi OBC tarafından kontrol edilir. Platform, başarısızlık durumunda otomatik yeniden oluşturma yeteneğine sahiptir. Eğer yeniden oluşturmada da başarısızlık olursa uydu emniyet moduna girer. Bu durumda taşıyıcı



devreleri kapanır, güneş paneli normal konuma geçer ve uydu güneş bakan durumda kalıp yeryüzünden gelecek bir müdahaleyi bekler. Diğer taraftan OBC, Alet Kontrol Birimleri (ICUs) ve RA izleyicisi uçuş anında da programlanabilmektedir.

ERS-1 uydusu veri iletişimini sağlamak üzere iki telemetre sistemine sahip bulunmaktadır. Bunlardan S-bandı Telemetresi, ICU (Instrument Control Units) formatlarının bakım amaçları için Uzaktan Komuta ve Kontrol (TTC) sistemine iletimini sağlamaktadır. X-bandı ise, bilimsel verilere ait Alet Veri Toplama ve İletim (IDHT) Sistemi olup üç değişik veri akışının üzerinden geçirilmesi işlemini düzenlemektedir.

1992 yılında ESA; Eurimage, Radarsat International ve Spot Image şirketlerinin yer aldığı, ERS Consortium adı altında bir anlaşım imzalanmış ve buna göre ERS-1 verilerinin dünya üzerindeki ticari dağıtım hakları bu konsorsiyuma verilmiştir. Konsorsiyuma üye bu üç şirketin ticari pazarlama, dağıtım ve geliştirme çalışmalarına yönelik sorumluluk alanları aşağıda gösterilmiştir.

- \* Eurimage: Avrupa, Kuzey Afrika ve Ortadoğu
- \* Radarsat International: Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri
- \* Spot Image: Tüm diğer ülkeler

### 3. ERS-1 VERİLERİNİN KULLANILDIĞI ALANLAR VE TOPOGRAFİK UYGULAMALAR AÇISINDAN ÖNEMİ

#### a. ERS-1 Verilerinin Başlıca Kullanım Alanları

##### (1) Okyanus ve Buzbilimi

ERS-1 uydusunun geniş alanlara ait veri setlerini elde etmesinin yanısıra okyanus ve buzul hareketlerinin yerel olarak görüntülerini sağlamada gösterdiği yüksek performans, söz konusu alanlara yönelik okyanus akıntıları, gel-git olayları, dalga hareketlerinin doğuşu ve yayılışı, global rüzgâr/dalga ilişkileri, sıg su derinliği (batimetresi), kutuplardaki buz tabakaları ve deniz buzlarını gözleme ve ölçmeye dayalı çalışmalara, önemli bir bilimsel veri kaynağı oluşturmaktadır.

##### (2) İklimbilimi

ERS verileri, okyanus ve iklim olayları arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ve bunların küresel iklim değişiklikleri ve hava koşulları üzerine etkilerinin incelenmesine yönelik çalışmalarda önemli bir rol oynamaktadır.

##### (3) Yerbilimleri

ERS uydusu üzerindeki çeşitli tarayıcı ve algılayıcı sistemlere ait verilerin birlikte kullanımı ve hassas yörünge tayini sonucu, okyanus jeoidinin doğru belirlenmesi, okyanus litosferi ve kabuk (manto) hareketlerine ait jeofiziksel araştırmalar ve hassas göreceli jeodezik konumlama çalışmalarına olanak sağlamaktadır /8/.

#### (4) Hava Tahmini/Deniz-Durumu Tahmini/Buz Haritalaması

ERS verilerinin sağladığı bilgiler, hava ve deniz durumu tahminleri yapma ve buz koşullarını belirleme çalışmalarına koşul olarak, yakın kıyı araştırmaları, gemi rotalarının tayini, balık kaynaklarının yönetimi, gemi ve yakın kıyı donanımlarının tasarımı gibi konulara da ışık tutmaktadır.

#### (5) Denizcilik

Gemiler ve arkalarında bıraktıkları izler, radar görüntüleri kullanılarak kolayca belirlenebilmektedir. Bu nedenle ERS uydusu, geniş deniz alanları üzerindeki deniz taşımacılığının izlenmesinde önemli bir yere sahip bulunmaktadır.

#### (6) Çevre Kirliliği

Yağ tabakaları deniz dalgalarına kırıcı bir etki yapmakta ve bu durum radar ile kolayca gözlenebilmektedir. ERS uyduları, uçaklardaki radar sistemleri ile birlikte, petrol kirliliğinin geniş alanlarda gözlenmesini sağlayarak çevre kirliliğine yönelik araştırmalara önemli bir katkı yapmaktadır /4/.

#### b. Topografik Uygulamalar Açısından ERS-1 Verileri

SAR sisteminden elde edilen görüntülerin kalitesi ve duyarlılığı, tematik harita üretiminin yanısıra topografik harita içeriğindeki detayların belirlenmesinde de kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca radar interferometresi tekniği ile sayısal yükseklik modellerinin yüksek hassasiyetle elde edilmesi, ERS verilerin topografik harita üretiminde kullanılabilirliği konusunda önemli ip uçları vermektedir.

Yüzey kabarıntıları ile birlikte, toprak ve bitki nem içeriği konusunda da duyarlı veriler sağlayan ERS-SAR sistemi, bu parametreleri kullanarak konumsal ve zamana bağlı değişiklikleri haritalamada önemli bir fırsat olarak karşımıza çıkarmaktadır. Gerçekte periyodik SAR veri setleri; ürün belirleme, toprak kullanım haritalaması ve toprak nem izlenmesinde kullanılabilir. Özellikle, çoğu kez bulutla kaplı tropik bölgelere ait orman haritalama çalışmalarında ve bu bölgelerdeki orman tahribatını belirlemede, karla örtülü alanların ve sel baskınına uğrayan yörelerin izlenmesinde SAR verileri önemli bir yer tutmaktadır. Söz konusu verilerin optik sistemlere ait verilerle desteklenmesi durumunda, detay sınıflandırma çalışmalarındaki güvenilirlik yüzdesinin artacağı kuşku götürmez bir gerçektir.

Radar Interferometresi; aynı yörünge üzerinde, değişik zamanlarda ve çok küçük konum farklılıklarında (sadece bir kaç yüz metrelik) elde edilen iki veya daha fazla sayıdaki mono (single-look) veri setlerinin kombinasyonunu esas alır. Her piksele ait yükseklik değerinin hesaplanmasında, değişik zamanlı görüntü çiftleri arasındaki faz farkları kullanılır. Söz konusu veri setlerinin iki değişik zamandan daha fazla sayıda

olması durumunda bir detay ya da araziye ait konumsal değişiklikler santimetre ölçeğinde belirlenebilmektedir. Bu nedenle ERS-SAR verileri, bulutla kaplı dahi olsa yeryüzü alanlarının yüksek hassasiyetli sayısal yükseklik modellerinin elde edilmesinde kullanılabilmekte ve deprem ya da volkanik olaylar nedeniyle ortaya çıkan yer kabuğu hareketlerinin izlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, faz bilgisi içeren SAR görüntülerinden, yüzey topografyası ve nem içeriğinin yanısıra, ürün gelişimine bağlı yüzey değişikliklerinin incelenmesinde de yararlanılabilmektedir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında, SAR verilerinin topografik uygulamalarına yönelik olarak gerçekleştirilen iki ayrı çalışma ve sonuçları verilmeye çalışılacaktır.

### (1) SAR Verileriyle Yerkodlama ve Görüntü Haritası Elde Etme Çalışmaları

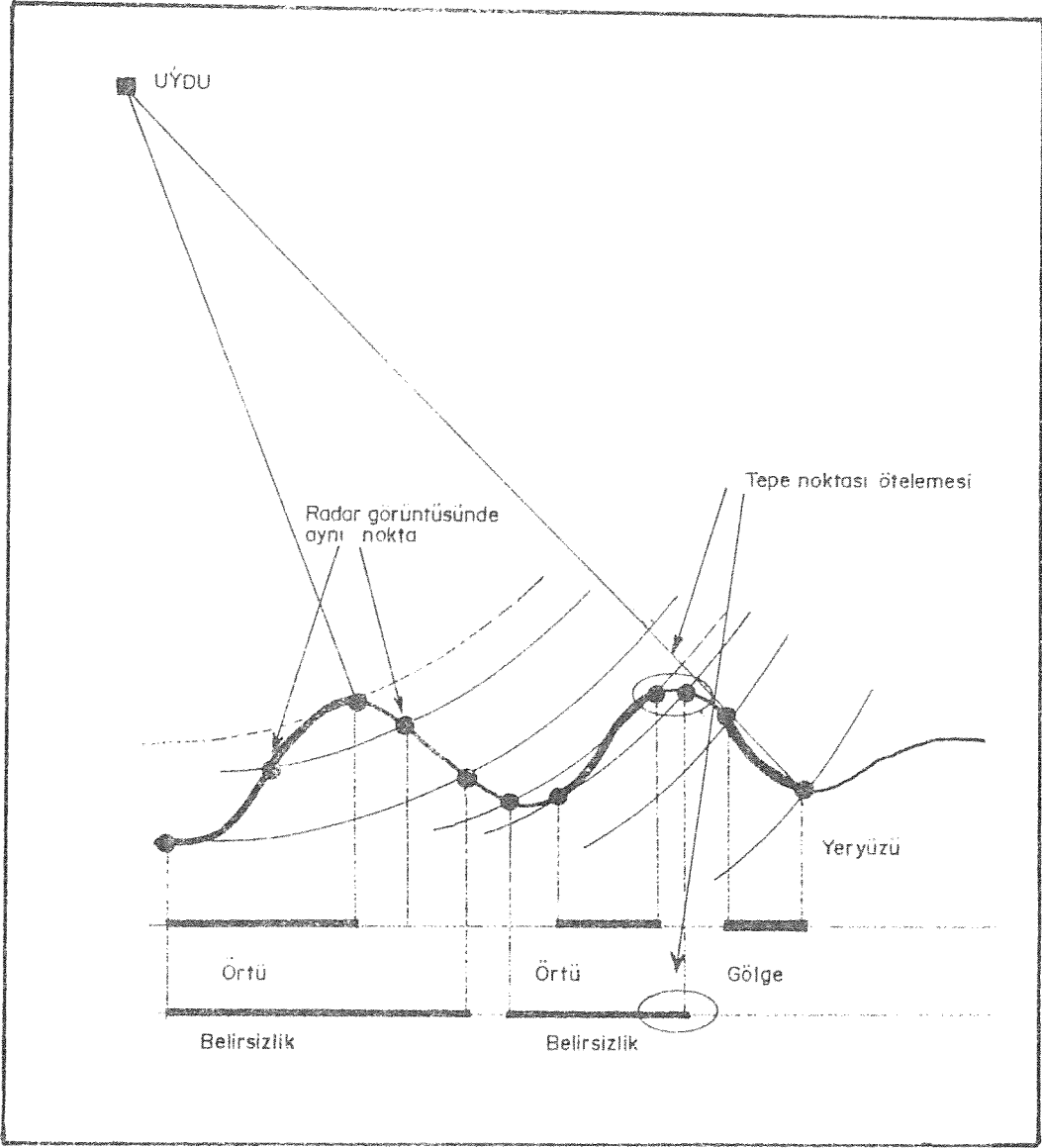
Fransa'nın Valbonne şehrinde yerleşik ISTAR kuruluşu tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, SPOT ve SAR görüntüleri zaman zaman birlikte, zaman zaman da ayrı ayrı kullanılarak yapılan yerkodlama ve görüntü haritası elde etme deneyleri kıyaslamalı olarak sergilenmektedir/10/.

SPOT üzerinde bulunan algılayıcısının (HRV) optik ve pasif bir sistem olması, elektromanyetik spektrumun görünen ve yakın kızıl ötesi bölgesinde çalışması, elde edilen görüntülerin ardışık satır dizilerinden oluşması ve görüntünün modellenirilebilmesi için uydunun konum/hız ve durum verilerine gereksinim duyulmasının yanında; gece, yüksek enlemler ve bulutlu ortamlarda görüntü algılaması yapamadığı bilinmektedir.

ERS-1 üzerindeki SAR algılayıcısının ise aktif bir sistem olması, yerden yansıyan elektromanyetik dalganın şiddetini ve polarizasyonunu algılaması, görüntünün eğik bakış geometrisinde (slant range geometry) mesafe-zaman dizisine karşılık gelmesi, görüntüyü modelendirebilmek için sadece uyduya ait konum/hız bilgisinin yeterli olmasının yanında; gece, yüksek enlemler ve bulutlu ortamlarda algılama yapabilmektedir.

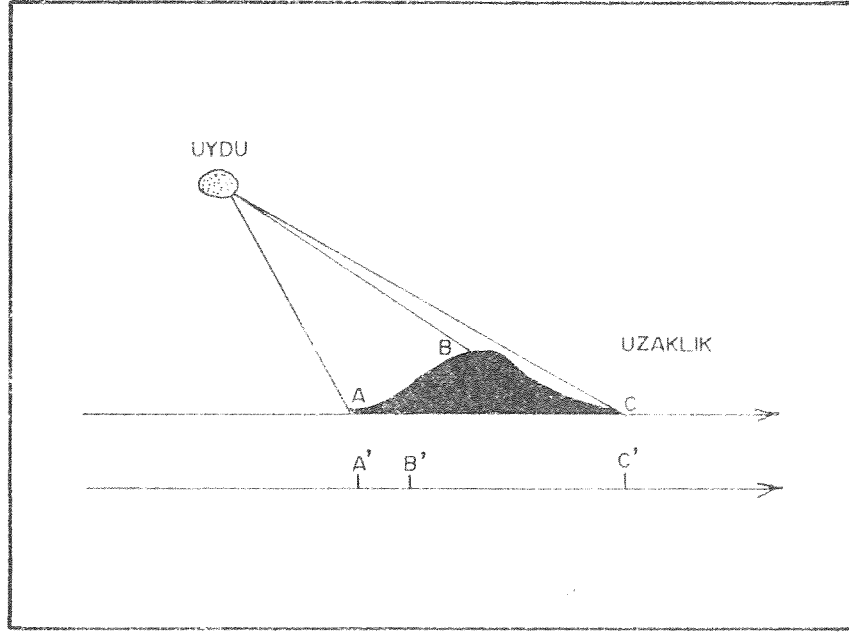
Diğer taraftan SAR görüntülerinin oldukça büyük veri hacmi içermesi, yorumlamalarda bazı zorluklarla karşılaşılması, radyometrik sorunlar ve görüntü geometrisinden kaynaklanan sınırlamalara sahip olması, sistemin taşıdığı olumsuzluklar olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca arazi kabarmasından kaynaklanan güçlü geometrik bozulmalar nedeniyle örtülü ve gölgeli alanlarla, geometrik basınç ve genişlemelerle karşılaşmaktadır(Şekil-5).

ISTAR tarafından gerçekleştirilen çalışmada, planimetrik detay içeriği açısından bazı yollar, köprüler ve metal objeler güçlü bir sinyal olarak görülebilirken göl, tarla veya yol gibi bazı yapılar görülememiştir. SPOT görüntülerinde seçilemeyen bazı yapılar ve yerleşim alanları SAR görüntülerinde açık bir şekilde görülürken sokak ve caddelerdeki aydınlatma lambaları bile rahatlıkla seçilebilmiştir.



Şekil-5: Radarın Geometrik Sorunları

SPOT ve ERS-1 görüntüleri, DTM verileri ve belirli bir geometri modelleme içinde birlikte kullanılarak, seçilen bir kartografik izdüşüm sistemine göre gerekli düzeltmeleri yapılmak suretiyle orto görüntüler şekline dönüştürülebilmişlerdir. Bu işlemlerde renkli, pankromatik, bulutlu gibi çeşitli kombinasyonlar denenmiştir. ERS-1'den elde edilen orto görüntülerin dağlık alanlara rastlayan yerlerinde, tepelerin üst ve alt noktaları kesin bir biçimde görülememiş ve verilerin karmaşık olmasından dolayı yorumlamalarda zorluklarla karşılaşmıştır (Şekil-6).



Şekil-6: Görüntüdeki Nokta Konumları

Arazi yer kodlama işleminin gereksinim duyduğu DTM verileri, SPOT görüntülerinin stereoskopik özelliğinden yola çıkılarak otomatik korelasyon tekniği ile üretilebildiği gibi, özellikle bulutla kaplı bölgelerde SAR görüntülerinden yararlanma yoluna gidilmiştir. SAR görüntülerinden DTM oluşturmada ise iki değişik yöntem denenmiştir. Bunlardan radar stereogrametri yöntemi klasik bir teknik olup potansiyel hassasiyeti düşüktür. Interferometre yöntemi ise, gerçekte radar görüntülerine özgü bir teknik olup yüksek potansiyel duyarlılığa sahip bulunmaktadır.

Yapılan araştırma çalışması sonucunda; farklı algılayıcı sistemlerden elde edilen verilerin kıyaslanması veya onların birbirlerini tamamlayıcı özelliklerinden yararlanmanın ön plana çıktığı durumlarda yer kodlama işleminin gerekliliği ortaya çıkmıştır. SAR görüntülerinden yararlanılarak ve çalışılan arazi yapısına bağlı olarak oluşturulan yer kodlu verilerde, her seferinde değişik sorunlarla karşılaşmıştır.

## (2) OEEPE Projesi

Türkiye'nin de üyesi olduğu ve Harita Genel Komutanlığı'nca temsil edildiği Avrupa Deneysel Fotogrametri Araştırma Birliği (OEEPE) ve GeoSAR grubu ile birlikte sürdürülen "Yer kodu ERS-1 SAR Verilerinin Test Edilmesi" konulu proje, ERS verileri ile yapılan diğer önemli bir çalışma olarak göze çarpmaktadır. Projenin amacı, ERS-1 SAR verilerinin yer kodlama yöntemlerini kıyaslamak ve bu gibi verilerin harita

Üretiminde, revizyonunda ve veri tabanlarının oluşturulmasında kullanılabilirliğini değerlendirmektedir. Projeyi; ESA veri sağlayarak, DLR ise verileri çoğaltıp dağıtarak desteklemektedir. Test alanı Frankfurt civarında, 4 ERS-1 görüntüsünden oluşan, yer kontrol bilgilerinin yanında DTM verileri de bulunan bir bölgeyi kapsamakta olup çalışma iki aşamalıdır.

Her iki aşamada da yer alan test verileri; ERS-1 görüntüleri, yörünge verileri, 40 m. gridli Gauss Krüger izdüşümünde test alanına 20 km.X20'km lik bir bölgenin sayısal yükseklik modeli (DTM), elipsoit parametreleri, ETOPO5 global yükseklik verileri, tüm görüntü alanını içine alan 1:200.000 ölçekli harita ve DTM'i bilinen alanın 1:50.000 ölçekli topografik haritasından oluşmaktadır.

Birinci aşama; proje çalışmasında yer almayı kabul eden, arazi yer kodlaması ya da elipsoit yer kodlamasını yapabilecek donanım ve yazılıma sahip 14 değişik ülke kuruluşunca yer kodlama işleminin gerçekleştirilmesini içermektedir. Şu anda tamamlanmış bulunan birinci aşama içerisinde yer alan 6 kuruluşa ait yer kodlama sonuçları çizelge-1' de gösterilmektedir /9/.

Testin ikinci aşaması yeni başlamış olup şu ana kadar 7 kuruluş projeye devam isteğini belirtmiştir. Testin bu aşamasında, yer kodlu SAR görüntülerinden yararlanarak söz konusu verilerin topografik harita üretimi, revizyonu, veri tabanı oluşturulması güncelleştirilmesinde içerik yönünden kullanılabilirliği değerlendirilecektir.

#### 4. SONUÇLAR

Ülkemizde fazla tanınmamasına karşın, özellikle meteoroloji ve oşinografi alanlarında önemli bir veri kaynağı niteliği taşıyan ERS-1 uydusunun, ikinci derecede olmakla birlikte topografik uygulamalar açısından da hiç de küçümsenmeyecek bir görüntü kalitesine sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bu bağlamda yapılabilecek sonuç değerlendirmeler özetle aşağıda sıralanmıştır.

a. Yakın gelecekte yersel ayırma gücünün 1 m.ye kadar düşeceği ticari amaçlı uzaktan algılama uyduları, hâlâ meteorolojik koşullara (bulut, sis vb.) son derece bağlı bir yapı göstermektedir. Diğer taraftan ayırma gücü az olmakla birlikte bu tür meteorolojik olaylarda SAR görüntülerinin etkilenmemesi, sürekli bulutla kaplı yöreler için önemli bir olanaktır.

b. Kutup bölgelerini gözlenmesinin yanısıra, gün ışığı koşullarına bağlı bir çalışma ortamı aramaması, ERS-1 uydusunun diğer önemli bir özelliği olarak ortaya çıkmaktadır.

c. Yüksek hassasiyete sahip sayısal yükseklik modeli oluşturulmasında sağladığı radar interferometre tekniği, bu alanda SAR verilerinin önemini büyük ölçüde arttırmaktadır.

KURULUŞ	Bağlama Noktaları			Kontrol Noktaları			Harita Noktaları		
	Sayısı	E(m)	N(m)	Sayısı	E(m)	N(m)	Sayısı	E(m)	N(m)
University College London	7	40	8.5						
TU Vienna	35	5						25	
DLR	35	123	103	9	9.2	4.8			
Thompson CSF	28	13.5	14.0						
ISTAR	31	8.7	8.0	27	11.4	8.0			
ICC	25	18.4	13.4	23	17.4	18.9	16	18.6	21.0

E: Doğu, N: Kuzey

Çizelge-1: Yer kodlama Sonuçları

d. Radar Altimetre verilerinin jeoid belirlenmesinde gösterdiği yüksek performans, şu sıralar Harita Genel Komutanlığı'nın üzerinde çalıştığı "Ulusal Jeoid Belirleme Projesi"ne, ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olduğu gerçeği de göz önüne alınırsa, yararlı katkılarda bulunacak düzeydedir.

e. Topografik uygulamalar dışında kalan tarım, toprak kullanımı gibi uygulama alanlarında da, sağladığı veriler yönünden dikkatleri üzerine çekecek derecede önemli bir veri kaynağı olduğu değerlendirilmektedir.

f. Stereo olmamakla birlikte geniş alanlara ait global ve hızlı veri sağlama özelliği, bu tür verilere gereksinim duyan kullanıcılara büyük yarar sağlayacak bir nitelik olarak düşünülmektedir.

g. ERS-1 uydu görüntüleri işlem modülüne sahip her türlü sayısal görüntü işleme sisteminde analiz edilebilme olanağını da beraberinde taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- /1/ : The Data Book of ERS-1 The European Remote Sensing Satellite, ESA BR-75, Nisan 1991.
- /2/ : ERS-1 From Launch to Commissioning Phase, Earth Observation Quarterly, No.35-36, Ocak 1992.
- /3/ : ERS-1, Landuse Mapping and Crop. Monitoring, A First Close Look to SAR Data, Earth Observation Quarterly, No.37-38, Mayıs-Haziran 1992.
- /4/ : ERS User Handbook, ESA SP-1148, Revision 1, Eylül 1993.
- /5/ : ERS-1 System, ESA SP-1146, Eylül 1992.
- /6/ : ESA ERS-1 Product Specification, ESA SP-1149, Haziran 1992.
- /7/ : ERS-1 Special Issue, ESA Bulletin, No. 65, Şubat 1991.
- /8/ : Information From the Swedish Space Corporation, Remote Sensing, No.24, Kasım 1993.
- /9/ Dowman, I. : The OEEPE GeoSAR Test of Geocoding ERS-1 SAR Data Background and Status, UCL, Çalışma Grubu Dönem Sonu Raporu, Ekim 1993.
- /10/ Perlant, F. : SAR Activities at ISTAR, ERS-1 Presentation, Ekim 1992.