

Diane L. EVANS

Çeviren = M. Şener TEOMAN

MTA Genel Müdürlüğü, Uzaktan Algılama Merkezi, 06520 Ankara

Jeolojik olayların yapay ayıklıklı Radar (SAR) verileri kullanılarak çalışılması"

İklim, olaylarının sayısal modelleri küresel değişimlerin tahminine yardımcı olur. Ancak, iklim değişimlerinin gerçek etkilerini değerlendirmeden önce bu değişimlerin bölgesel göstergelerinin anlaşılması çok önemlidir. Küresel iklim değişimlerinin artan bir oranda ilgi çekmesi aynı şekilde uzaktan algılamayada, yüzeydeki değişimlerin incelenmesi ve haritalama vasıtası olduğu için ilgiyi artırmıştır. Toprak erozyonu, taşınma, depolanma, bozuşma gibi jeolojik olaylar yalnızca işlenebilir toprakların azalmasına yol açmaz, aynı zamanda delta, haliç ve diğer kıyı bölgelerindeki depolanmayı da etkiler. Tektonizma ve volkanizma gibi diğer jeolojik olayların ise insan yaşamı üzerinde çok derin etkileri vardır. Bu ilave jeolojik olaylar yalnızca sismik olaylar gibi yıkıcı olmayıp, volkanların okyanus ve atmosfer kimyasına etkileri ile gaz ve partikül çıkışlarının atmosfere etkileri şeklinde küresel iklim değişimlerine yol açarlar. Yapay Açıklıklı Radar (SAR), yeryüzü haritalamasında ve yapısal yorumlamalarında önemli rol oynar, aynı düşük güneş-açık hava fotoğraflarında kullanıldığı gibi değişik arazi tipleri için bakış geometrisi oluşturulabilir. Bunlara ilave olarak SAR verileri jeolojik çalışmalarda da önemlidir; yeryüzü engebesi, biiki örtüsünün varlığı, toprak nemliliği, topografya ve topoğrafik değişimler gibi çok önemli miktarda veri, işlenmiş veri gruplarından elde edilebilir.

Giriş

SAR görüntülerinin parlak olması, piksel seviyesinde radar yansımaları ile ilgili olup, eğim, yeryüzü topografyası» di-elektrik sabiti ve yeraltı uyumsuzluğunun bir fonksiyonudur. Bu yüzden elektro magnetik spektrumun bir parçası olan. görünür, kırsadalga infrared ve termal iofredde çalışan algılayıcılar tarafından ölçülebilen yeryüzüne ait. kesin fiziksel ve hacimsel bilgiler saparlar..

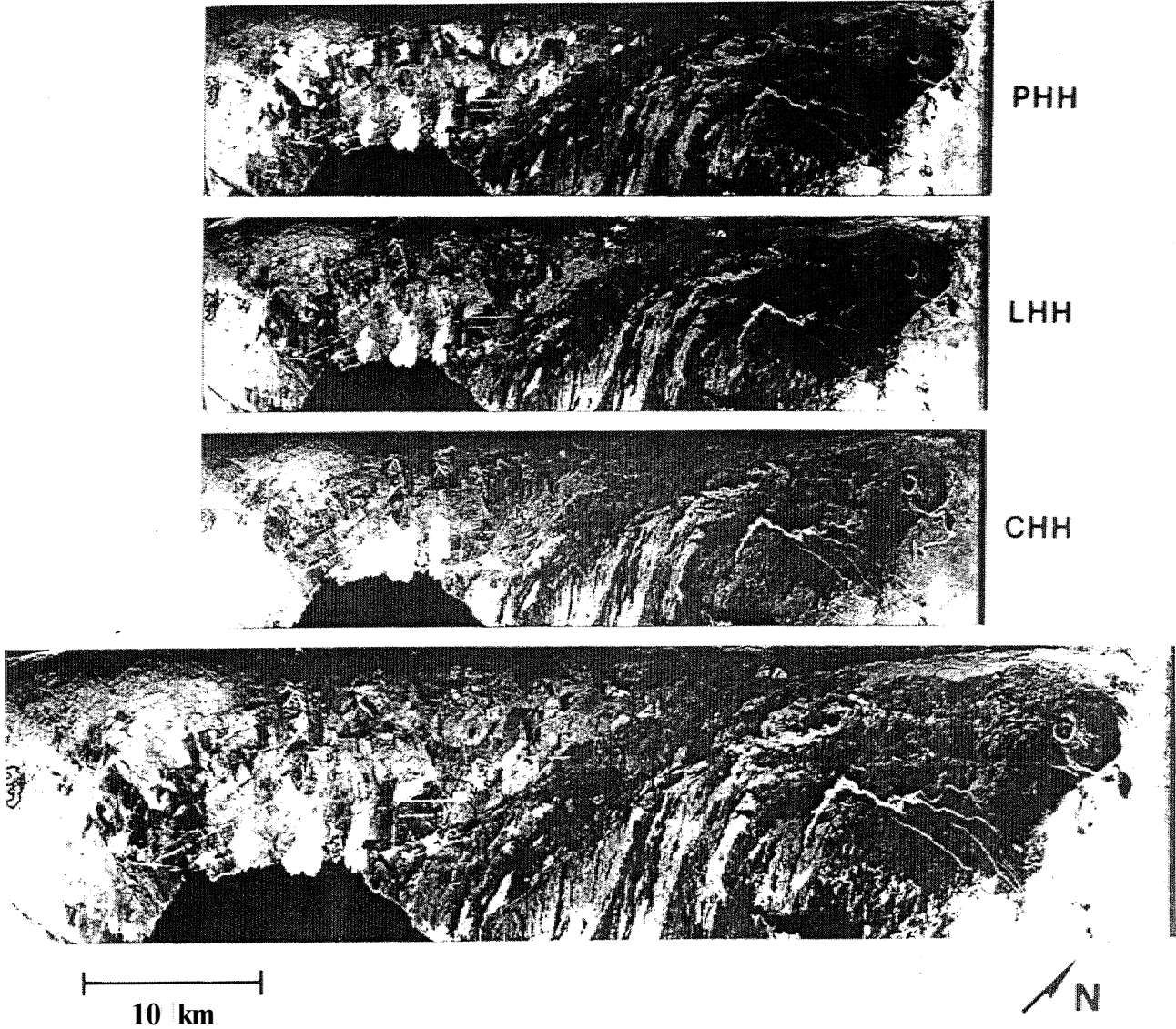
'Radar algılayıcılar kendi ışık kaynaklarını kendileri sağlarlar. Bu yüzden her yükseklikte ve tüm mevsimler boyunca, hava ve güneş şartlarına bağlı, kalmadan güvenilir, çok amaçlı, veri sağlayabilirler. Radar dalgaları, bulutlardan ve bazı şartlarda da bitki gölgelerinden ve ince alüvyon örtülerden, geçebilirler.. Bu özelliği, sayesinde diğer 'uzaktan algılama teknikleri ile ulaşılamayan yeryüzeyinin açığa çıkmasını olanaklı kılarlar«

Jeolojik olaylar,, kısmen. SAR. verileri, ile çalışılabilecek olaylardır. Bunlar volkanizma, toprak, erozyonu, bozulma ve tekrar dağılma,, kıyı. hareketleri ve su basması, buzul hareketleri,, donmuş toprak ve kıtasal hareketlerdir. Bu olayların üzerinde çalışılması, güncel tektonik aktivite ve iklim değişimlerini açıklamayı kolaylaştırdığı gibi, yenilenemez doğal kaynakların araştırılması ve doğal afetlerin zararlarının azaltılması için önemlidir..

1990'Tarda planlandığı gibi algılayıcılar şimdi uçaklardadır. Bu. sayede büyük, ölçekli haritalama, jeofiziksel çatışmalar ile ilgili yüksek-çözümleyici digital modeller' ve test metodları geliştirilmektedir. Bu, çalışmalar SAR verileri kullanılarak yer kürenin araştırılması çalışmalarını rutin hale getirecektir. Jet Propulsion Laboratuvarlarında geliştirilen AIRS AR gibi algılayıcıardan elde edilen veriler küçük test. alanlarının araştırılmasında kullanılmaktadır (Şekil 1-3). Uydu radar görüntüleri elde edilecek olan SIR-C ve X-SAR'm uçuşları 1993,1994 ve 1996'da planlanmaktadır. Bu. sayede çalışmalar daha bölgesel olacaktır.. Dünya gözlem sistemi (EOS) SAR ise daha. leri yıllarda, planlanmıştır. Bununla, global çalışmalar' ve. izleme kapasitesine sahip olunabilecektir.

Bu sistemlerden elde edilecek veriler diğer' verilerle örneğin ESA (Avrupa Uzay Ajansı), ERS 1,ERS 2,,JERS 1 ve Kanada Radarsat verileri ile birleştirildiğinde dünya üzerinde çeşitli bölgeler için zaman aralıklı mevsimsel değişimlere ait bilgiler elde edilebilecektir',. SAR sistemleri kullanma parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.. Tablo 2'de ise jeolojik çalışmaların da desteği ile elde. edilen anahtar jeofizik ürünler verilmiştir.

"Geologic process studies using Synthetic Aperture Radar (SAR) data" by Diane L. Evans. Episodes (International Geoscience News magazine) March 1992» Vol. 15» No. 1,Pa.g. 21-31.'den Alınmıştır..

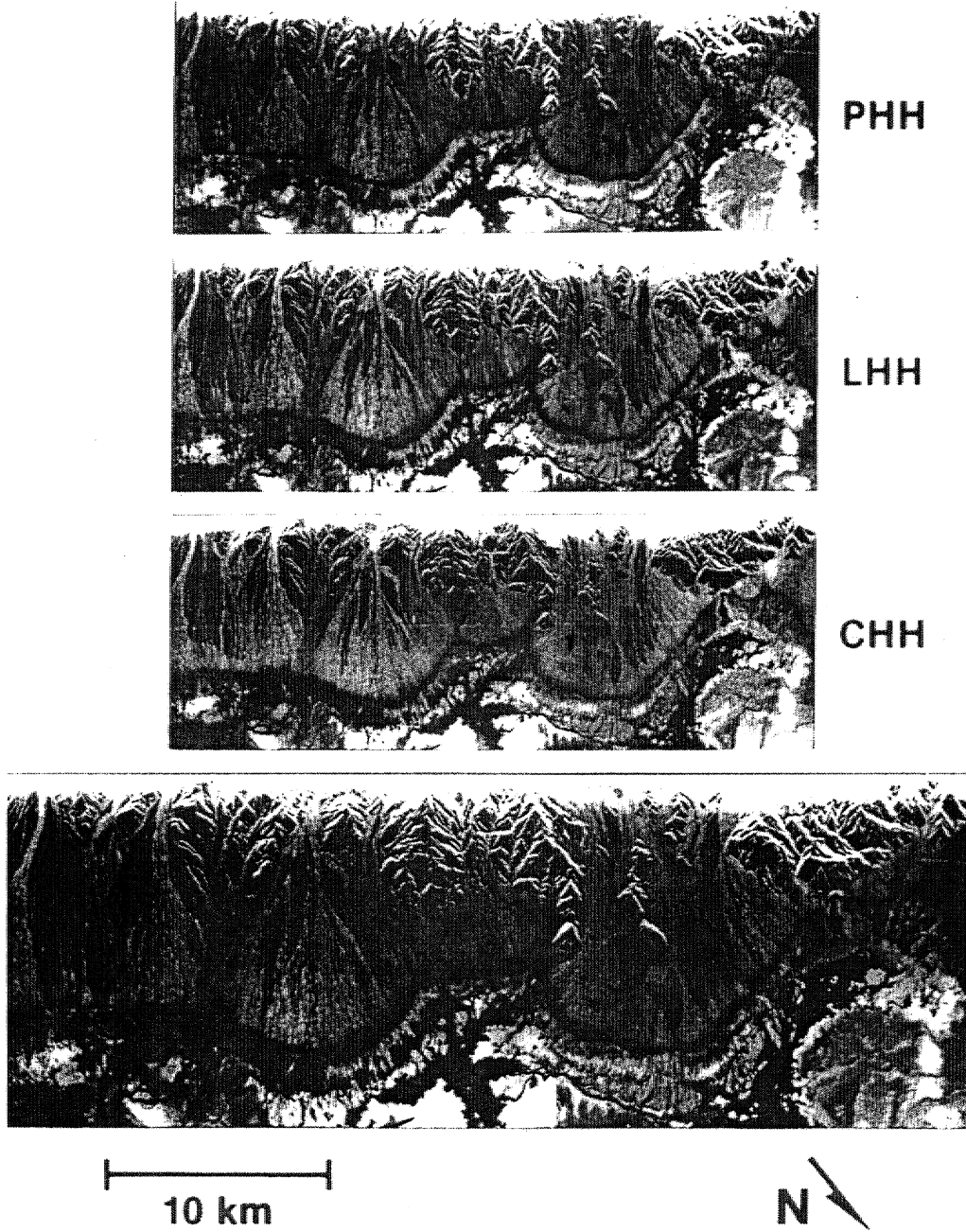


Sekili. Kikuea kraterinin (Hawaii, USA) **mulrifrekans AISAR** görüntüleri Çeşitli yaşlarda ve yüzey pürüzlülüklerinde lav **aksları** görülmektedir. Bu tip görüntüler Dünya gözlem sisteminin (EOS) **vo&anolofi araştırma**larına büyük destek olacaktır. (Örneğin Bkz. Mouginis ve diğerleri 1991) Kısaltmalar için Tablo Ve bakınız.

Yeryüzü haritalaması

Jeolojik çalışmalarda radar $\lambda \approx 1611$ kullamlarak yeryüzeyi haritalaması işleminde: büyük gelişmeler sağlanmıştır. Çeşitli sahalarda yapıam. değişik çalışmalar SAR görüntükrim yapılan haritalama işlemindeM önemini ortaya, koymuştur.. Ayrıca volkanik ve sedimanter sahalarda {Greeley ve: Martel, 1988; Campbell ve diğerleri, 1989; Gaddis ve diğerleri, 1989; Sabins, 1983; Wadge ve Duran, 1984; Lyime ve Taylor, 1986) erozyon, günlenme ve depolama konularında çeşitli araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Blom ve Daily, 1982; Evans, 1988; Arvidson ve diğerleri baskıda),.

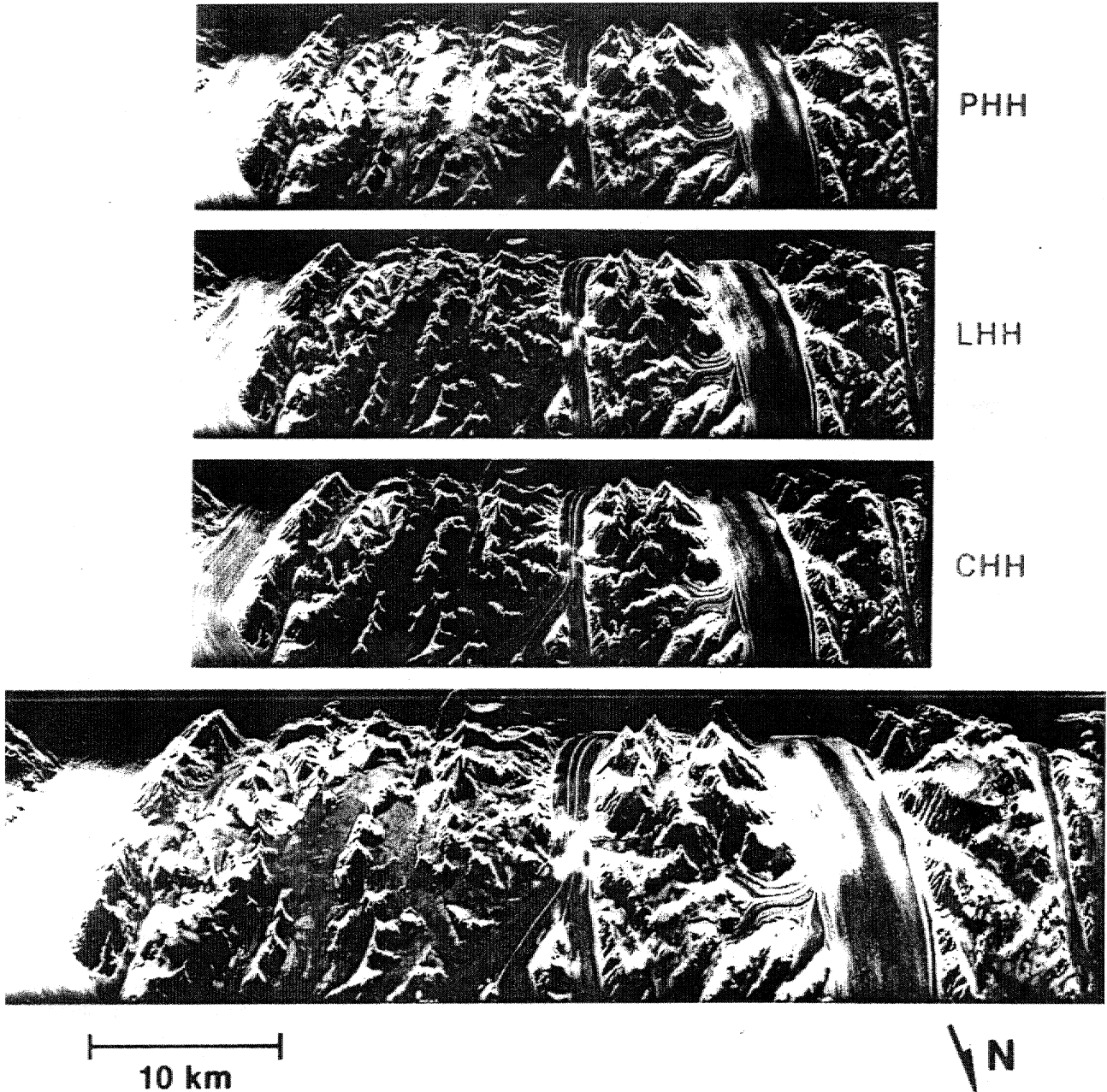
SIR-A ve SIR-B uyduları tarafından Kuzey Afrika'da Büyük Sahra'nın doğusundan alınan görüntüler Spaceborne radarların kapasitesini ortaya koymuştur. Burada ince kum tabakaları altoda gömülü jeolojik kayıtlar spektrumun görünür kısmında çalışan, algılayıcılar tarafından maskelenmiştir. (McCauley ve diğerleri, 1982 McCauley ve diğerleri., 1986; Schaber ve diğerleri, 1986) 1978 yılında SEAS AT uydusundan ve 1988 yılında AIRS AR. uydusundan elde edilen verilerin tekrar incelenmesi ile Kaliforniya Mojave Çölü'nde de aynı olayların oluştuğu görülmüştür. Bu da yankurak bölgelerde radar görüntülerinden yeraltındaki potansiyel tektonik özelliklerin görülebileceğini ortaya koymuştur. (Blom. ve diğerleri 1984) (Şekil 4).



Şekil 2. Kaliforniya, USA- Death Valley *deki m uhifrekans AIRSAR g örüntüelön. Çeşidi yaş ve yüzey pürüzlülüklerinde alüvyon yelpazelerini göstermektedir. Bu tip görüntüler jeomorfik yüzeylerin relatif yaş tayinleri, aktüel erozyon hızlarının çalışılması için gerekli o-hn bilgiler için geçmişdeki iklim- değişimleri ve genç fayların yaşlandırılması için kıd-kmlacaktır..

Otomatik yeryüzü haritalama işlemi oluşturacak birçok teknik geliştirilmiştir, örneğin Biam ve Daily (1982) tarafından tarif edilen ve Stromberg ve Fan* (198e) tarafından kullanılan, bir 'teknik ile yapısal, değişimlerin haritalanması mümkün olmaktadır. Bu teknik yalnız belirli ölçekteki yapıkm. temsil eden görüntü, 'ürünlerini, içerir. Bu iş önce arazinin çeşitli alan-

sal frekans batanlarına Fourier transform filitrelenmesi üe yapılır., sonra bu bantların her birinden görüntü elde edilir. Bu görüntüler daha sonra harita üretmek üzere standart, eğitimsiz (unsupervised) sınıflama için sayısallaştırılır. Burada herbir ünite kendine has yapısal özelliği temsil eder. Bu görüntüler bazende pixellerin yerel, değişimler veya. diğer istatıksel küme-



Şekil 3. Greenland güney batısı yakınlarındaki buzulların multifrekans AIRSAR görüntüleri. Yüze ve yüzeyaltı yapı varyasyonlarını göstermektedir. Bu tip görüntüler buzul kütle dengesindeki değişikliklerin çalışılması amacıyla kullanılacaktır. (Root 1990, Jezek ve diğerleri, 1991).

leri temsil ettiği, sayısal sınıflama içinde değişik ölçülerdeki kutularda da kullanılabilir. Bu teknikler yalnızca yapısal kökenli ünitelerin ayolabildiği işlemler olmayıp, ayrıca herbir ünite için alansal, frekans belirtilerimde ortaya koyarlar. Bu belirtiler sayesinde haritadaki üniteler karşılaştırılabilirler veya eğer o bölge için iklim, tektonik tarihçesi ve değişik kaya tiplerinin bu faktörle« göstereceği tepkiler hakkında yeterli bilgiler varsa oradaki kaya tiplerinin tamamı da yapılabilir.

Yüzey pürüzlülüğü

Günlenme ve sedimantasyon olayları zaman içinde yeryüzünün düzleşmesine yol açarlar. Bunun yansıması erozyon olayları ise yeryüzünün pürüzlümesini sağlarlar. Bu olayların, ölçükleri, çok değişiktir ve jeolojik yapı» kaya tipi,, M:imin etkisi ile oluşum hızında değişik olur. İklim değişimleri ve tektonik tarihçe, çalışmaları ile de çalışma alanına yaş verilebilir. Hatta sayısal yaş verileri de mevcut ise zaman içinde ortalama işlem hızında bulunabilir.

Tablo 1. Şimdiki ve gelecekteki SAR sistemleri örneklerine ait işletme parametreleri,

	AIRSAR	ERS4	SIR-C/X SAR	JERS4	RADARSAT	EOSSAR
Spektral örtü ¹	FJUC	C		L	C	Lf*X
Polarizasyon ²	Quad	W	Quad (C,L) (W(X))	HH	HH	Quad(L) Dual (C,X)
Bakış açısı (Berece)	15-60	23	1S60	35	20*50	15*40
Resolüzyon (m)	10	30	25	30	10-100	20-250
Gölge Örtüsü (km)	12	100	10450	80	50,500	30-500
Uydüyükseldiflc(km)iO		SOO	215	568	792	620
Uydu eğüdüğü (<fcrece)N/A		98	57	98	98,6	98
Konuş zamanı	N/A	1991	1993	1992	1994	1999
N/A: Uygulanamaz			1994			
1 x Bantı dalga uzunluğu	* 3cm		W, düşey taşınan, düşey alınan dalga			
C- Bantı dalga uzunluğu	~ 5,6 on		Quad= Dönen dalganın kayıtdilmiş amplitüd ve			
L- Bantı dalga uzunluğu	* 24 cm		faa. Bu sayede taşınan ve alınan polarizasyonun			
P- Bantı dalga uzunluğu	-		çeşitli kombinasyonları yer prosesi ile bMeşür-			
2 jiji, yatay tefman, yway alman dalga			lebilinir,			

Mikrotopografya veya yüzey pürüzlülüğü, günlenme ve depolanma işlemleri ile radar uzaktan algılama verileri arasında bir bağlantıdır, van Zyl ve diğerleri (1991) yaptığı bir çalışma ile radar backscatter modelinin inversiyonu ile multifrekans SAR verileri kullanılarak yüzey mikrotopografyasının çıkarılabileceği gösterilmiştir. Bu çalışmada arazide 10 x 10 m ebatında üç ayrı yerde ölçülen fiziksel özellikler ortalama yükseklik kare kökü 1 ila 01 m'den daha az olan yüzeyleri temsil eder, Yeryüzü ölçümleri, toprak nemliliği, dielektrik sabiti ve mikrotopografik profilleri içermektedir, R*ofiller çift metrik çerçeve kameraları kullanılarak helikopterden çekilen fotoğraflardan çıkarılır. Daha sonra yüzey uzunluk korelasyonu, ortalama yükseklik kare kökü ve güç spektrumu tahmini yapılmak üzere 10-30 m, 1 cm aralığı kapsayacak şekilde küçültülür, (WaU ve diğerleri 1991), ADISAR verileri Üçyüzlü köşe yansıtıcıları kullanılarak kalibre edilen test alanı üzerinde, üç değişik etki açısından ve üç dalga boyundan elde edilir. Bu daha sonra ekranda herbir çözümüleme elemanı için radar geri yayılım (backscatter) değerleri (0°) elde etmek üzere tüm alana yayılır (van Zyl, 1990), Radar backscatter model daha sonra her üç yüzey için yüzey mikrotopografyasının güç spektrasını sonuçlandırmak için kullanılmıştır ve güç tayfı arazi ölçümleri ile karşılaştırılmıştır, van Zyl ve diğerleri (1991)*nm bulunduğu sonuçlara göre tahmin edilen ve ölçülen mikrotopografya birbirine çok yakın çıkmıştır,

Evans ve diğerleri (baskıda) bu çalışmayı Kaliforniya'daki Cima volkanik sahasında ve Nevada'daki Lunar volkanik sahasında uygulayarak geliştirdiler, Bunlar ölçülen ve tahmin edilen değerlerin birbirine yakınlığının yanı sıra yaptıkları bir çalışma ile yüzey pürüzlülüğü değişiminin yaş üe ilgili olduğunu bularak Farr (baskıda) m çalışmasını kanıtlamışlardır.

Radar geri yayılım modeli mevcut bir alan görüntüsünün melenmesi için van Zyl (1989) bir eğitimsiz sınıflama tekniği tarif etmiştir. Bu teknikte değişik tip yayılmalar gösteren sı-

Tablo 2. Aşağıdaki EOS SAR verileri gerekli yeryüzü ürünleri örnekleri:

Ürünler	Birimler	Duyarlılık	Yatay Resolüzyon	Temporal Resolüzyon
Jeolojik yapı				
dağılım	m	30	30m	3 ayda bir
Yüzey pürüzlülüğü				
yüksek resolü ^{on}	cm	%5*10	30m	Yüdüblr
Yüzey pürüzlülüğü				
düşük fesölüzyoü	cm	10	25 km	1-2 haftada bir
Bitki nükten				
yüksek resolüzyon		%10	30m	1 mevsim, 1 yıl
Yüzey topografyası				
yüksek resolüzyon	m	N104üfey	30m	Bir defa
Topografik deęilim	cm	10, düşey	30m	olaydan sonra
T ^ m k nemliliği		10-25	60-100 m	1 Hafta

- ! Uygulanamaz.

nıflara ayrılabilen görüntüler sağlanır, Algoritma sınıflaması, yayılmaları, taşınan ve kayıtd edilen dalgaların polarizasyon karakterleri esas olmak üzere üç tipten biri olarak sınıflar. Bu üç yayılma sınıfları tek yansıma, çift sıçratma ve rastgele dağılımdır. Az çok pürüzlü dielektrik yüzeyden meydana gelen tek yansıma da ani dalga küçük multiple yayılmalara yol açacaktır. Çift yüzlü yansıma çift sıçrama geometrisi oluşturur. Bunun sonucunda yatay iletilen-yatay alınan (HH) dalgaları ile düşey iletilen-düşey alınan (VV) dalgaları arasında 180° aralığında bir dönüşüm oluşur. Taşınan dalgalarda, gözlenen tek yansıma olayında ortalama yayılım dalga izlerinin oryantasyon açıları bakımından benzerlik vardır, Hernekadar yayılan dalga rotasyonunun anlamı taşınan dalga polarizasyonu ile aynı olmasa **ramen** çift sıçrama düzeneğinde bu olay çok daha uyumludur, van Zyl (1989) ve Evans ve diğerleri (1988) makalelerinde bu özelliği üç tabaka bitki örtüsü model sınıfı olarak genelleştirmişlerdir, Yine Zyl (1985) Richards ve diğerleri (1987) ve Durden ve diğerleri (1989)*de makalelerinde bu konuyu tartışmışlardır, Bu sınıflama Evans ve diğerleri tarafından (1988) Maine, USA eyaletinin düzgün kısımlarının haritalanmasında kullanılmıştır. Burada ormanlar L bantı HH ve W görüntülerinde **görülememektedir**. Evans ve van Zyl (1990) yme bu tekniği» yine yanmış bir bölge olan Mt, Shasta* Kaliforniya'da ayırtlamak için kullanmışlardır. Yine Evans ve diğerleri (1988) ve Evans ve Smith (1991) tarafından Wyoming, USA'daki yan arid bölgelerdeki % 10'dan daha az bitki örtüsüne sahip alanların ayırtlanması için yine bu teknik kullanılmıştır. Şekil 5'te Kuauea-Hawaii teater alanında bu iki örnek ve sınıflama haritası görülmektedir. Bu iki örneğin her birinde radar backscatter modeli pürüzlülük ölçeğinde mevcuttur. Bu ölçek üç frekansta tek yansımaları sınıflanmış arazilerde radar dalga boyunun yarısıdır.

Toprak nemliliği

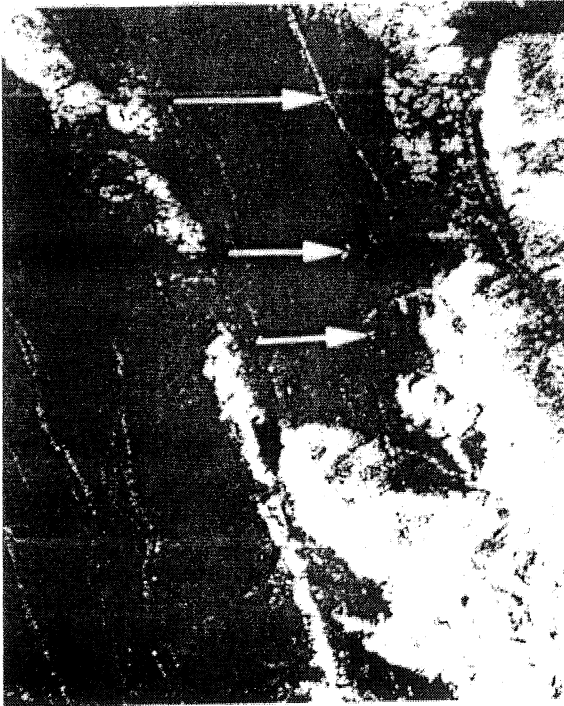
Toprak nemliliği hidrolojik depolanma çeşitliliğidir. Aynı zamanda nem akışının bir göstergesidir. Bu yüzden birçok yer bilimleri araştırmalarında önemli bir parametredir, SAR gö-



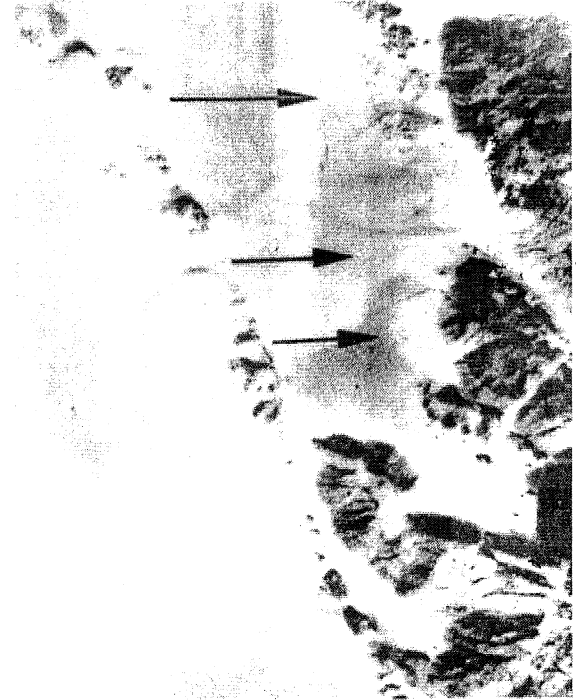
C-BAND



L-BAND



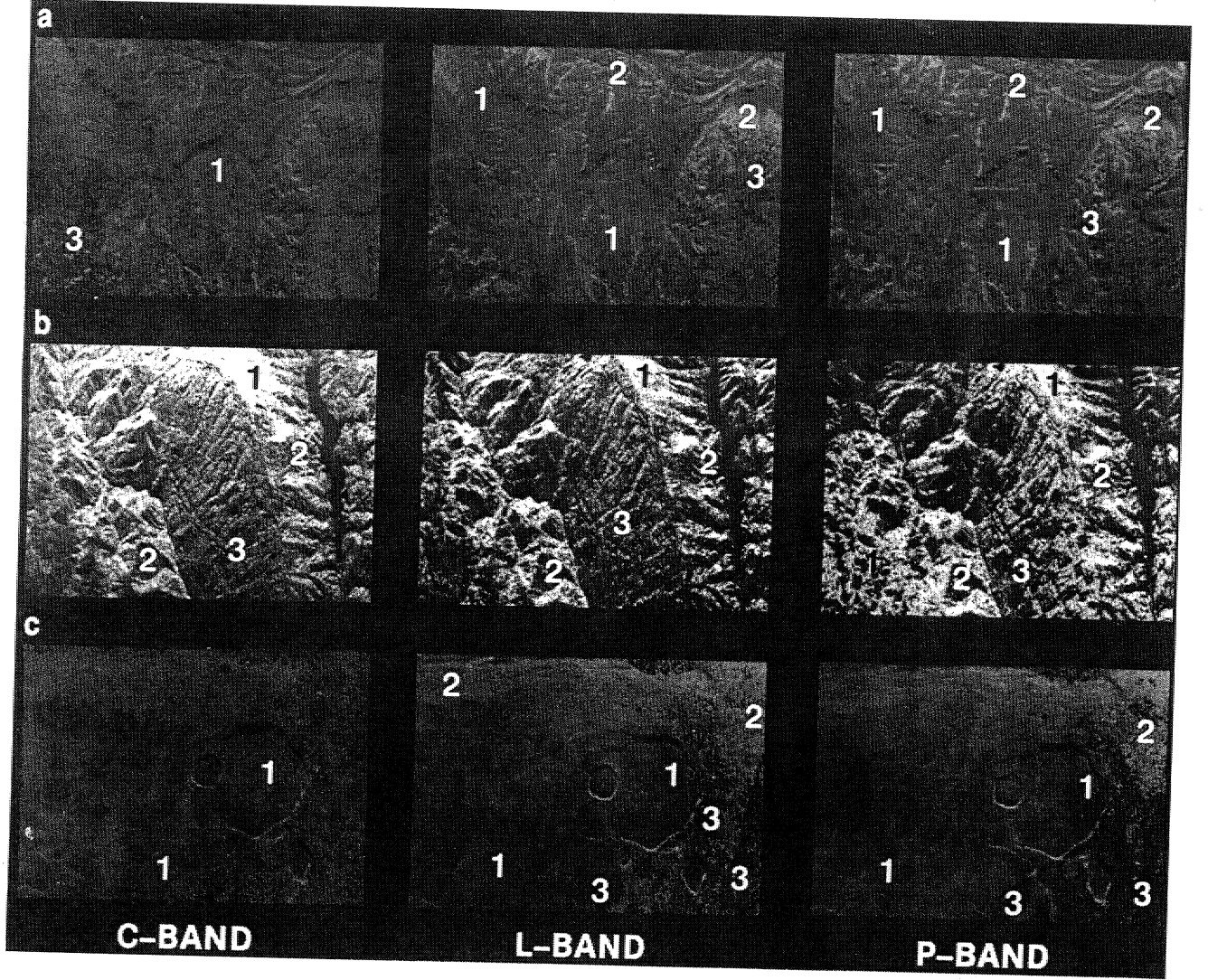
P-BAND



AIR PHOTO

1 km

Şekil 4. Kaliforniya, USA, Mojave çölündeki Means vadisinin multifrekans AIRSAR görüntülerinin karşılaştırılması. Kısım L-Bandında görülen ve P-Bandı görüntüsündeki okla işaretli yapılar sıg yeralı formasyonları ve bir dayktır.

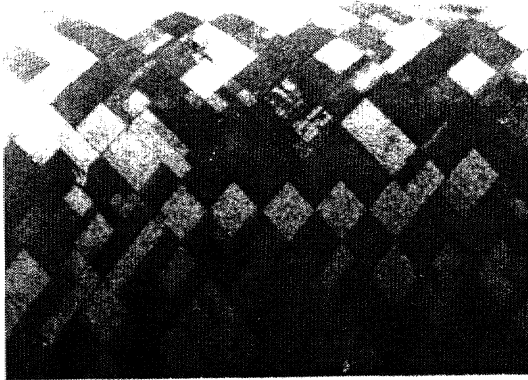


Şekil 5. C, L ve P bandı polarimetrik AIRSAR verilerine göre sınıflama sonuçları: a) Wyoming'deki Wind nehir havzası, b) Kaliforniya, Mt. Shasta c) Hawaii, USA, Kilauea krateri. 1 rakamı ile sınıflanmış pixeller çift sıçrama (Double bounce), 2 rakamı ile sınıflanmış pixeller tek yansıma (Single reflection) ve 3 sınıflanmış pixeller rakamı ile dağınık yayılmadan (Diffuse scattering) oluşmuşlardır. Evans ve diğerleri (1988) ve Evans ve Smith (1991)'e göre Wind nehri örneğinde % 10'dan daha az bitki örtüsüne sahip alanlar tek yansıma olarak sınıflandırılmıştır. Mt. Shasta örneğinde Evans ve van Zyl (1990) çalışmalarına sonucuna göre yeni yarımsız alanlardaki gölgelikler ek penetrasyona yol açar. Bu da P-Bandı görüntünün alt sol köşesinde çift sıçramanın yükselmesini sağlar. Kilauea örneğinde görüntünün sağ kenarında orman gölgeği o kadar yoğun ki, bitki örtüsü altındaki tabandan çok az geri dönüş olur.

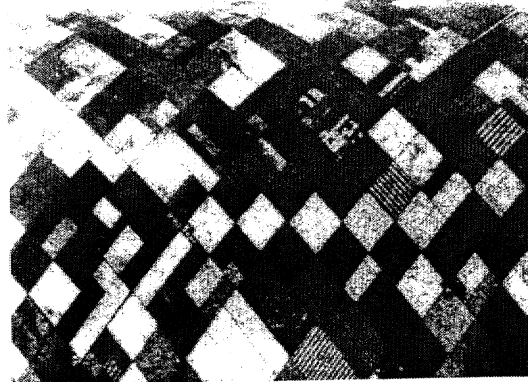
lünftteii liman bölgelerde suyla dolgun topraktan naitalanması işinde basan ile uygulanmıştır., (Walte ve dilerleri, 1981). Bu uygulamanın başarılı olması daha. âyade radaim buluâacdân .geçebilme özeUiğinin ve Mid örtüsü altındaki su tablasının zenginleşmiş geri yayılma yapmasının bir sonucudur. Bu geri yayılma zenginleşmesi Engheta ve ElacM, (1982) tarafından, modellenmiş olup suyla doygun yüzeyden çif sıçrama ve dalgaların dalardan veya gövdeden ön yayılması ile oluşur. Tropik bölgelerde L Bandı geri yaydım .genişlemesi suyla doy-

gun. yüzeylerde bazı yazarlar tarafından çalışılmıştır. Bunlar Lnhoff ve diğerleri tarafından Beogaldeşte 12.5 m yükseklikte m.angrovlar, K.O Pope (yazılı görüşme 1987) tarafından Guatemala'da 10-12 in yükseklikte bataklıklar, Ford ve Casey (1988) tarafından Bomeo'da 7-10' m yükseklikteki bataklık ormanlarında yapılan çalışmalardır.

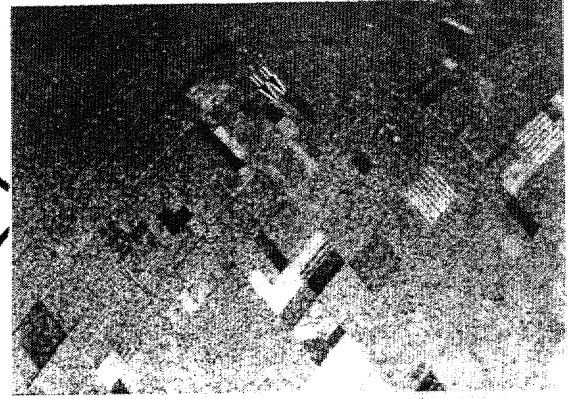
Değişim arastama tebrikleri daha çok göritatH alanları kullanılarak az, nemli ortamdaki toprak: nemliliği değişimlerinin araştırılabilme uygulamalarını ortaya koymak için. gelişt-



SEPTEMBER 14, 1989



SEPTEMBER 8, 1989



RATIO $\frac{\text{SEPTEMBER 14, 1989}}{\text{SEPTEMBER 8, 1989}}$

Şekil 6. 'Kaliforniya., USA-Fresno yakınlarındaki çalışma alanında toprak nemliliği için multitemporal görüntülerin oranına-ait bir örnek. Gri alanda (Sol ok) CW görüntüsünde 2 gün arasında nemlilik bakımından bir farkla görülmemektedir.. Koyu alanda (Sag Ok) İkinci günde kurudur. (Evans tarafı-ndan fi. Engman ve /.. van Zyl'in çalışmasından faydalanmıştır, baskıda).

irilmektedir.. Çok. değişken bir örtüye sahip bir alanda, toprak nemliliğinin değişmesine bir örnek Evans (Şekil 6, baskıda) tarafından açıklanmıştır.

Multitemporal SAR verileri bir çok çalışmada toprak nemliliği çalışmalarına, destek olacak şekilde elde edilmiştir. Bu çalışmalar Eogman ve diğerleri (1991) tarafından Pennsylvania Mahantango Creek'de Dubois, ve diğerleri. (1991) tarafından. Arizona, Walnut Gukh'ta 1990 yaz. aylarında yapılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar 1991 yılında Avrupada yapılan. SAR toprak, nemliliği, çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Multitemporal uçak. verileri ve karşılaştırmalı arazi ölçümleri Slapton Wood» İngiltere; Orgeval, Fransa, Mõntespertoli, İtalya ve Castilla La Mancha, İspanya'daki çalışmalar ile pekiştirilmiştir..

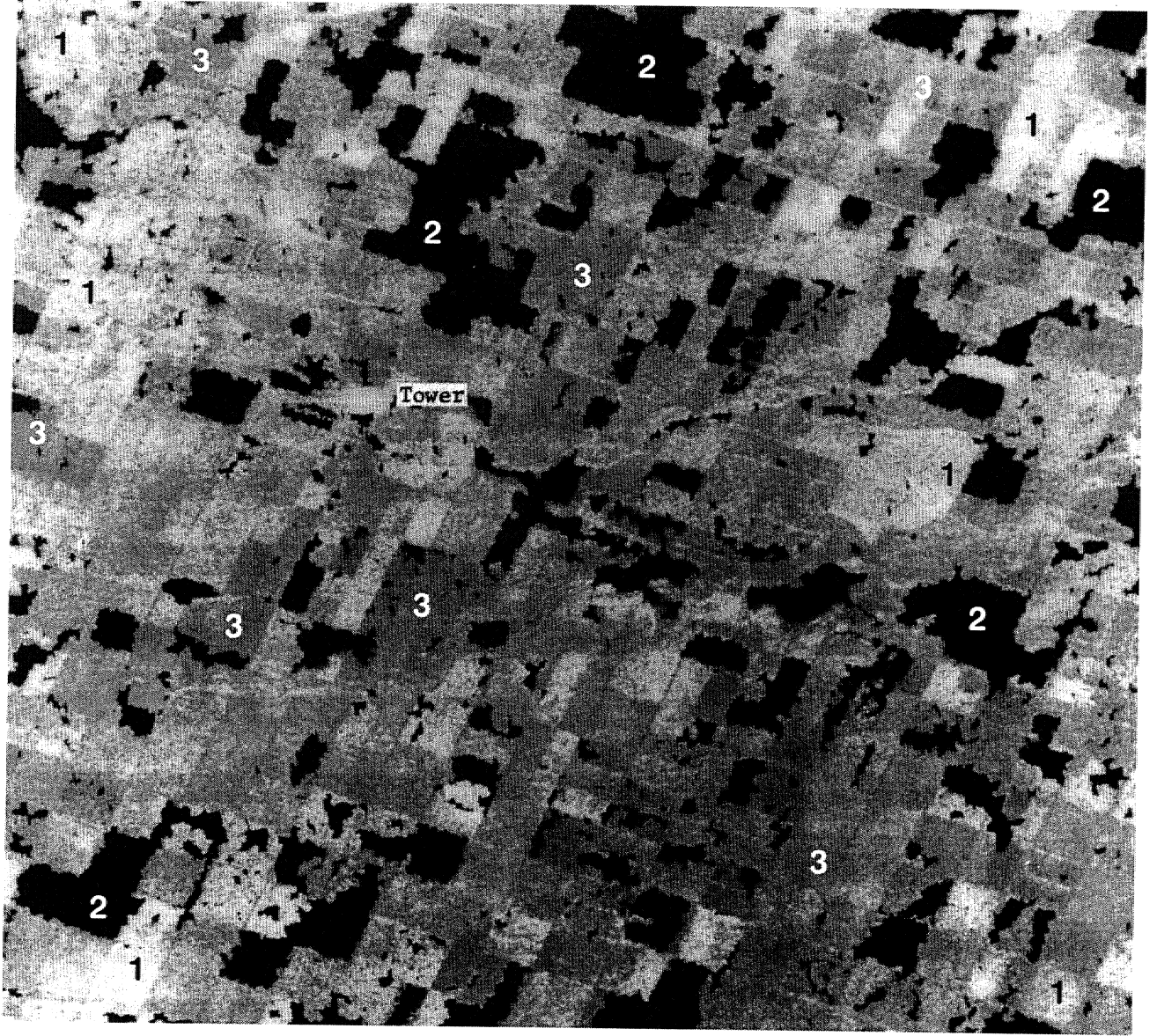
Topoğrafya ve topoğrafik değişim

Yüzey delerlerinin üç boyutlu görüntüsü için ve. SAR. görüntülerinin bir vasfı olan bozulmanın düzeltilmesi için topoğrafyanın bilinmesi gereklidir, Interferometride kullanılan aktif

mikrodalga teknikleri ile bu verilerin elde edildiği -verimli metodlar sağlanabilir» Zebker ve Goldstein (1986) çalışmasında radar interferometri verileri kullanılarak topoğrafik. veri tabanları oluşturma verimliliği gösterilmiştir, öncü çalışmalarda ve uçak nu>6Hleimim'geliştirilmesinde uzaydan global topoğrafik veri tabanları elde etmek için çeşitli, metodların araştırılması amaçlanmaktadır (Cumming ve diğerleri (1990; Goldstein ve diğerleri, 1988).

NASA'nın Jet propulsion laboratuvarlarında (JPL) geliştirilen bir uçak interferometrisi Zebker ve Goldstein (1986) * da tammlanana benzemektedir.. JPL- sisteminde iki kompleks veri setinin birleştirilmesi ile oluşan faz farkı görüntüleri kullanılarak topoğrafik veriler oluşturulur.. Burada 10 x. 10 m pixel.de rms hatası genelme 2-5 m arasında değişir. (Zebker ve diğerleri» baskıda).. Bu veriler C bandında tek polarizasyon durumunda ve standart L ve P band polarimetre verileri ile birlikte sırası ile elde edilir. Dolayısı ile veriler otomatik olarak kayıt edilir.

Problemlerin global ölçekte çözümlenebilmesi için tartışmalar daha çok yerkürenin yüksek çözömlenel digital eleva-



ŞM7. *^rüntü Kaliforniya-USA Imperial vadiden alınan Seasat SAR verilerinden faydalanılarak topografik değişimleri göstermektedir. 1 rakamı He sınıflanmış püerler değişimin olmadığını, 2 rakamı ile sınıflanmış pelher veri setleri arasında safa uygunluğunun olmadığını, 1 rakamı de sınıflanmış püerler ise tapanu/yada sırası ile 2-3 cm değişmeyi gaaerir. Bu değişmeler sulamaya bağk olarak toprağın şişmesi sekin, de açjkkamıştır (Gabriel ve .diğerleri, 1989%*

tian modelinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşılacaktır*. By. fim. uzaktan algılayıcılar için topografik veri tabanı olarak hizmet görebilecektir. Spaoebome interferometre için mevcut çözümler şıralardır: EOSSAR'ın devamlı, .geçişlerini kullanmak, tek yapı (structure) üzerinde aynı anten kullanmak veya özel bir uzay .aracı üzerindeki bir halat, vasıtası ile. Bir kere yüzey topografyası tanımlandıktan sonra üçüncü, interferometrik geçiş kullanılarak eğer varsa. SAR. geçiş zaman aralığındaki oluşmuş topografik değişiklikler tanımlanır. (Gabriel ve diğerleri, 1989). Borada az bir sistematik yanlışlık: mümkündür.. To-

pografik değişim duyarlılığı onda bk cm. civarındadır,. (Fig. 7).. Bu. tekniğin, yükseklik değişimindeki yüksek duyarlılığı tekniğin yüksek alansal çözünürlüğe (genelide 10-30 m) ve geniş tarama alanına sahip olması dolayısı ile erozyonun, kum ilerlemesi, ve toprak şişmesi, büzülmesi gibi olayların izlenebâmesidir. {Gabriel ve diğerleri., 1989).. BE teknik ayrıca büyük jeofizik olayların kesin Ölçümlerinde de bdlanabilir. Bunların arasında plaka hareketleri, fay .zonlarındaki çarpıklaşma ve kabarmalar, sismik olaylarla kalıntı yerteğiştimeleleri sayılabilir.

SAR ieterferomeMsi ERS-1 de jeolojik çalışmaların bir parçası olarak yoğun 'bir şekilde test edecektir., Şu, andaki, planlar: Püskürme veya lav akışları sonucu, yüzey topografyanın değişimini izlemek, magmanın sığ derinliklerde intriizyonu ile volkan yamaçlarının kabarması, devamlı veya devamsız permafrost bölgelerdeki do:nma kabarması yer değiştirmeleri ve buzulların topografya» hareket ve dağılımlarıdır.

Geleceğe bir bakış

Gelecekteki rekabet stratejilerin geliştirilmesi ile bölgesel çalışmalar global ölçüğe dönüştürülecektir, (örneğin jeofizik ürünlerin onaylanması, radar geri ay ılım. modelleri ölçüğü ile atmosferik genel dolaşım modellerinin ölçüğünün uzlaştırılması) ve ilave algılayıcı kapasiteleri oluşturacak yeni teknolojilerin geliştirilmesi (örneğin. 35 ve 90 GHz, sistemler ve daha hafif elektronik malzemeler). Bu avantajlarının yanında aktif mikiDwave uzaktan algılamanın yeni uygulamaları ortaya çıkacaktır (örneğin yağış haritaları ve yeraltı haritaları), bu durum veri analiz ve işlemlerinde yeni. tekniklerin, gelişmesine yol açacaktır.

Bunlara, ek olarak SAR verilerinden elde edilen jeofiziksel bilgiler ve diğer' veri setlerinin sentezi için yeni stratejiler' oluşturulacaktır. örneğin çoklu algılayıcı, sınıflamalar ki bunlar uygun baud geçişli optik veya infrared algılayıcı sistemler ile radar görüntüleri ihtiva edeceklerdir. (Blom ve Daily, 1982; Rebülaid ve Evans» 1983; Evans, 1988). Bunların yalnız görünür ve. infrared veriler tzerine geliştirilmiş sınıflamaların duyarlılığı rapor edilmiştir. Ancak şimdilik. SAR algılayıcılarında mevcut tüm çeşitliliklerden çalışmalarda faydalanılmaktadır (örneğin Evans ve diğerleri 1990).. Araştırılan diğer bir yaklaşımda algılayıcı sistemlerden jeofizik verileri bağımsız olarak elde etmek ve daha sonra bunları elde edilen jeofizik ürünler ile birleştirerek tanımlamaktır (Srinivasan ve Richards 1990, Evans, baskıda).

Sonuç olarak önümüzdeki yıllarda çok fazla artan SAR verilerini Allanaabilmek için yeni veri elde etmek ve analiz aletlerinin geliştirilmesi .gerekecektir. Magellan ekibi ile Venüs yolculuğu ile SAR kollarılarak ilk defa gezegen ölçüğünde veri tabanı sağlanmıştır. Gelecekte Dünya-uydu misyonu ile aynı miktarda doğru veri rutin olarak elde edilebilecektir ve bu sayede- değişimler gözlenebilecek ve tahminler yapılabilecektir..

Katkı Belirtme

Bu. çalışma, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü, Jel Propolsiyon Laboratovannda gerçekleştirildi ve NASA tarafından desteklendi.

Değınilen Belgeler

Arridsan, R.E., Evans» D.L., Fan, T.G., and others., in press, Characterization of lava flow degradation in the Pisgati and Cima. volcanic fields» California, using remote sensing data: Geological Society of America Bulletin.

- Bioin, R.G., Grippen, R.J., and HacM, 'Charles, 1984, Detection of subsurface features in Seasat radar images, of Means Valley» Mojave Desert, California: Geology, v. 12, no. 6, p. 346-349.
- Blom, R.G., and Daily, Michael, 1982., Radar image processing for rack-type discrimination: IEEE (Institute of Electrical, and Electronics Engineers) Transactions on. Geoscience and Remote Sensing, v. GE-20, no. 3, p. 343-351.
- Campbell, BA.» Zisk., S.H., and Mouginis-Mark, PX.,. 1989, A quad-pole! radar scattering, model for use in remote sensing, of lava flow morphology: Remote Sensing of Environment..., v. 30., p. 227-237.
- Camming, Ian., Hawkins, David, and. Gray., Laurence, 1990, All-weather mapping with interferometric radar; International Symposium, on Remote Sensing of Environment» 23 rd, Bangkok, 1990..
- Dubois» P., Kustas, B., Sorooshian, S., Guerra, A.» and van Zyl, JX., 1991, Mosnoom '90 SAR results: JPL Airborne: Geoscience Workshop» 2 nd, Pasadena» California, USA, 1991.
- Dürfen, SX., van Zyl, J.J., and Zebker, H.A., 1989, Modelling and observation of the radar polarization signature of forested areas: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 27, no. 3, p. 290-301.
- Engheta, N., and ELachi, C., 1982, Radar scattering from a difluse vegetation layer over a smooth surface: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-20, p., 212-216,
- Engman, E., Saatchi, S.» and van Zyl» JX, 1991, MACHYDRO *9G results: JPL. Aiifoocne Geoscience Workshop, 2nd» Pasadena, California, USA, 1991.
- Evans., DX.,. 1988, Mnltsensor classification of sedimentary rocks: Remote Sensing of Environment, v., 25» no. 2, p. 129-144. in press» durent status and future developments in radar remote sensing: ISPRS (International Society for Photogrammetry and. Remote Sensing) Journal of Photogrammetiy and. Remote Sensing.
- Evans, DX., Fair., T.G., Fbcd» J.P., Thompson, T.W., and Werner, CX., 1986* Multipolarization radar images for geologic mapping and vegetation discrimination: IEEE. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, no. 2, p. 246-257.
- Evans, DX., Fan., T JG., and van. Zyl, JX, in press, Estimates, of surface roughness derived from Synthetic Aperture Radar data: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing..
- Evans, D.L., Faff» T.G., van Zyl, J J., and Zebker, HA.» 1988, Radar •polarimerty:: Analysis, tools and applications: IEEE Transactions on. Geoscience and. Remote Sensing, v. 26, no. 6, p. 774-789.
- Evans, DX., and Smith, MO., 1991 .Separation of vegetation and rock signatures in Thematic Mapper and polarimetric SAR images: Remote Sensing of Environment, v., 37» p., 63-7.5,
- Evans, DX., and van. Zyl, J'i.» 1990, Polarimetric imaging radar; Analysis tools and applications., in Kong» JLA., ed., Radar polarimetry.» v. 3 of Progress, in electromagnetic research: New York, Elsevier Science Publishers, p. 371-389.
- Evans, DX., van Zyl, J.J.» and Burnette, CF.» 1990, Incorporation of •polarimetic radar images into multisensor 'date sets: IEEE-

- Transactions OH. Geoscience and Remote Sensing, v. 28, no. 5, p. 932-939.
- Fair, T.G., in press., Microtopographic evolution of lava flows, at Cima volcanic: field, Mojave Desert California: Journal of Geophysical Research.
- Foid, I.P., and Casey, D.J., 1988, Shuttle radar mapping with diverse incidence angles, in the rainforests of Benjeo: International Journal of Remote Sensing, v. 9, p. 927-943.
- Gabriel, A.X., Goldstein, R.M., and Zebker, H.A., 1999, Mapping small elevation changes over large areas: Differential radar interferometry: Journal of Geophysical Research, v. 94 no. B7, p. 9183-9191.
- Gaddis, L., Mougini-Marfc, P.J., Singer, R.B., and Kaupp, V., 1989., Geologic analysis of Shuttle- Imaging Radar (SIR-B) data of Kilauea Volcano, Hawaii: Geological Society of America. Bulletin, v. 101, no. 3, p. 317-332.
- Goldstein, R.M., Zebker, H.A. and Werner, C.L., 1988, Stellte radar interferometry: Two dimensional phase unwrapping: Radio Science, v. 23, no. 4, p. 7133-720.
- Greeley, R., and Martel L., 1988, Radar observations, of basaltic lava flows: International Journal of Remote Sensing, v. 9, no. 6, p. 1071-1085.
- Imhoff, M., Story M., Vennflion, C, Kban, F., and Polcyn, F., 1986, Forest canopy characterization and vegetation penetration assessment with spaceborne radar: IEEE- Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, p. 535-542.
- Imhoff, M.L., Vennflion, C., Story, M., Choodhury, A.M., Gafoor, A. and Polcyn, F., 1987., Monsoon flood boundary delineation and damage assessment with spaceborne radar: IEEE Transactions- on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-25, p. 405-413.
- Jezek, K., Crawford J.P., Bindschadter, R., Drinkwater, M.R. and Kwok, R. 1991, Synthetic aperture radar observations, of the Greenland ice sheets., in Airborne Synthetic Aperture Radar (AURSAR) Workshop, 2- nd, Pasadena, California, USA., Proceedings: JPL Publication 90-56, 57 p.
- Krohn, M.D., Milton, M.M., and Segal, D.B., 1983., SEASAT synthetic aperture radar (SAR) response to lowland vegetation types, in eastern Maryland and Virginia: Journal of Geophysical Research, v. 88, no. C3, p. 1937-1952.
- Lynne, G.I., and Taylor, G.R., 1986, Geological assessment of SIR-B imagery of the Amadeus Basin, N.T., Australia: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, no. 41, p. 575-581.
- McCaughey, J.F., Breed, C.S., Schaber, G.G., McHugh, W.P., Issawi, B., Haynes, C.V., Gralier, M.X, and Kilani, A., 1986, Paleodrainages of the eastern Sahara-The radar rivers, revisited (SIR-A/B implications of a mid-Tertiary trans-African drainage system): IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, no. 4, p. 624-648.
- McCaughey, J.E., Schaber, G.G., Breed, C.S., Gralier, M.X., Hayes, C.V., Issawi, B., Elachi, C., and Blom, R., 1982, Subsurface valleys and geomorphology of the eastern Sahara revealed by Shuttle Radar: Science, v. 218, no. 4576, p. 1004-1020.
- Mouginis-Maxk, P.J., Rowland, S., Francis, P., and others., 1991, Analysis of active volcanoes, from the Earth Observing System: Remote Sensing, of Environment, v. 36, p. 1-12.
- Ormbp J.P., Blanchard, B.J., and Blanchard, A.J., 1985, Detection of lowland flooding using active microwave systems: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 51, no. 3 p. SIT-BIS.
- Rebillard, P. and Evans, D.L., 1983, Analysis of coregistered Landsat, Seasat and SIR-A images, of varied terrain types: Geophysical Research Letters, v. 10, no. 4, p. 277-280.
- Richards, I.A., Sen, G. and Simone, D., 1987, L-band radar backscatter modeling of forest stands; IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-25, p. 487-498.
- Rott, H., 1990, Snow and land, ice in the climate system: Research problems and possibilities of remote sensing; Remote Sensing, and the Earth's Environment, EAS (European Space Agency) SP-301, p.61-75.
- Safonis, F., 1983, Geologic interpretation of space shuttle radar images of Indonesia: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 67, p. 2076-2099.
- Schaber, G.G., McCaughey, J.P., Breed, C.S., and Olhoeft, R.J.L, 1986, Physical controls on signal penetration and subsurface scattering, in the Eastern Sahara: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, no. 4, p. 603-623.
- Srinivasan, A., and Richards, J.A., 1990, Knowledge-based techniques for multi-source classification: International Journal of Remote Sensing, v. 11, no. 3, p. 505-525.
- Stromberg, W.B., and Fan, T.G., 1986, A Fourier-based textural feature extraction procedure: IEEE Transactions, on Geoscience and Remote Sensing, v. GE-24, no. 5, p. 722-731.
- van Zyl, J.J., 1985, On the importance of polarization in radar scattering problems: Pasadena, California, USA., Ph.D. thesis, California Institute of Technology Antenna Lab Report no. 120, p. 32-33.
- 1989, Unsupervised classification of scattering behavior using radar polarimetry data: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 27, no. 1, p. 36-45.
- 1990, Calibration of polarimetric radar images using only image parameters and trihedral corner reflector responses: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 28, no. 3, p. 337-348.
- van Zyl, J.J., Burnette, C.F., and Farr, T.G., 1991, Inference of surface power spectra from inversion of multifrequency polarimetric radar data: Geophysical Research Letters, v. 18, no. 9, p. 1787-1790.
- Wadge, G., and Dixon, T.H., 1984, A geological interpretation of Seasat SAR imagery of Jamaica: Journal of Geology, v. 92, p. 561-581.
- Waits, W.P., MacDonald, H.C., Kaupp, V.R., and Dematte, J.S., 1981, Wetland mapping with imaging radar: IGARSS (International Geoscience and Remote Sensing Symposium) Digest 2, p. 794-799.
- Walls, S.D., Fan, T.G., Muiet, J.P., Lewis, P., and Leberly, F.W., 1991, Measurement of surface microtopography: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v. 57, no. 8, p. 1075-1078.
- Zebker, H.A., and Goldstein, R.M., 1986, Topographic mapping from interferometric synthetic aperture radar observations: Journal of Geophysical Research, v. 91, no. B5, p. 49993-49999.
- Zebker, H.A., Madsen, S.N., Martin, J., Wheeler, K.B., Miller, T., Lou, Y., Albers, G., Vetrilla, S., and Cued, A., in press, The TOPSAR interferometric radar topographic mapping, instrument: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.