

**LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE 17 AĞUSTOS 1999 GÖLCÜK
DEPREMİNDEN ZARAR GÖREN ALANLARIN OTOMATİK OLARAK
TESPİTİNDE KULLANIMI***

(LANDSAT SATELLITE IMAGES AND THE USAGE OF THEM IN THE
AUTOMATIC DETECTION OF THE AREAS DESTROYED IN 17TH AUGUST 1999
GÖLCÜK EARTH QUAKE)

**Oktay AKSU
Mustafa ERDOĞAN
Altan YILMAZ**

ÖZET

17 Ağustos 1999’da meydana gelen deprem Türkiye’nin kuzeybatısını etkilemiş olup, bölgede çok büyük hasarlara yol açmıştır. Bölgeye giden kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyduğu en önemli eksikliklerden birisi de, hızlı ve güvenilir bilgi temini olmuştur. Depremde meydana gelen hasarın yeri ve büyüklüğü hakkında hızlı ve doğru bilgi temini, bütün kurtarma işlemleri için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmada; deprem bölgesi içerisinde en büyük hasarın meydana geldiği Gölcük’te, LANDSAT uydu görüntüleri kullanılarak yapılan değişiklik tespiti (change detection) yönteminin kullanımı ve doğruluğu ile ilgili bir araştırma sunulmaktadır.

ABSTRACT

The Earthquake on August 17th 1999 affected the northwestern part of Turkey and made a very great destruction. The main need for the rescue groups in the earthquake area was the rapid and reliable information. Obtaining rapid and accurate information to evaluate the level and the location of the destruction would be very helpful for all the rescue activities and management of them. Automatic Change Detection can be very useful to locate the destruction in such conditions. A case study was made to find the accuracy and usage of change detection in that area by using LANDSAT images.

1. GİRİŞ

Merkezi üssü Gölcük olan 7.4 büyüklüğündeki 17 Ağustos 1999 depremi, Marmara Bölgesinde çok büyük hasarlara yol açmıştır. Bölgede bir çok bina yıkılmış ya da kullanılamaz hale gelmiş, yeryüzünün bazı kısımları deniz suları altında kalmış ve bazı kesimlerde çökmeler meydana gelmiştir. Bölgede meydana gelen değişiklikleri tespit etmek, çok fazla zaman, para ve insan kaynaklarının kullanımını gerektirmiştir. Bunun gibi doğal afetlerde, ilk bir kaç gün içerisinde hasarın büyüklüğünün araştırılması oldukça büyük önem arz etmektedir. Böylesi büyük alanlardaki hasarları hızlı ve güvenilir bir biçimde tespit etmenin bir yolu da, uzaktan algılama tekniklerini kullanmaktır.

Bu çalışmada afet bölgesini içeren ve depremin hemen ardından, 8 Eylül 1999’da çekilen 1/16.000 ölçekli siyah/beyaz hava fotoğrafları, bölgeye ait depremden önce ve sonra alınan LANDSAT 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik

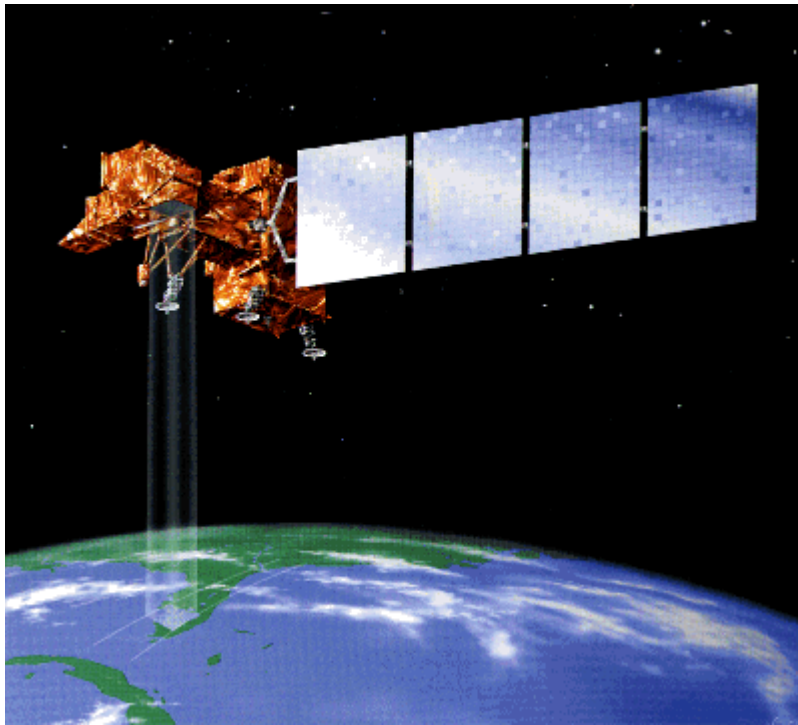
* Makale, “Turkish-German Joint Geodetic Days, Berlin 2001” de İngilizce olarak yayınlanmıştır.

modeli gibi farklı veriler bu çalışmada kullanılmıştır. Söz konusu çalışma ile, bölgesel hasarların ve deniz altında kalan alanların LANDSAT 7 ETM uydu görüntüleri kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. LANDSAT7 UYDU GÖRÜNTÜLERİ

a. LANDSAT 7 Uydusu

LANDSAT 7 uydusu, 15 Nisan 1999'da Amerika'da Vandenburg Hava Kuvvetleri Üssü'ndeki Batı Test Alanından, Delta II taşıyıcısıyla yörüngeye yerleştirilmiştir. Yörüngeye yerleşme sırasındaki ağırlığı 2200 kg'dır. Uzay aracı 4.3 m. uzunluğunda ve 2.8 m. çapındadır. Sistem; Lockheed Martin Missiles and Space tarafından yapılmış bir taşıyıcı uzay aracı ve Raytheon Santa Barbara Uzaktan Algılama Enstitüsü tarafından yapılmış, Geliştirilmiş Tematik Görüntüleyici (Enhanced Thematic Mapper) algılayıcılarından oluşmaktadır (Şekil-1).



Şekil-1: LANDSAT 7 Uydusu

ETM+ sistemi, Dünya yüzeyine ilişkin yüksek çözünürlüklü veri sağlayabilme yeteneğinde, sekiz bandlı, radyometrik bir multispektral tarayıcıdır. Güneşin Dünyaya gönderdiği ışınlardan kaynaklanan spektral olarak filtrelenmiş yansımayı; sahip olduğu görünür, yakın, orta ve termal kızılötesindeki bandlarda elde etmektedir. Nominal yer örnekleme aralığı ya da piksel boyutları; pankromatik modda 15 metre, görünür, yakın ve orta dalga kızılötesi olmak üzere 6 bandda 30 metre ve termal kızılötesi bandlarda 60 metredir.

Uydu, Dünya etrafında, ortalama 705 kilometre yükseklikte, güneş uyumlu, 98° eğim açısıyla, alçalma sırasında ekvatoru yerel saatle 10'da geçen bir yörüngede döner. LANDSAT Dünya Referans Sistemi görevin yürütülmesi için periyodik düzeltmeler verir. Üç ekseninde yörünge kontrol alt sistemi, uyduyu sabit olarak ve dünyaya doğru 0.05 dereceyle yönlendirilmiş olarak tutar. LANDSAT Dünya Referans Sistemi Kataloğu, dünya yüzeyini

183 km x 170 km.lik 57784 adet görüntüyle kapatır. ETM+, herhangi bir görüntü için 29 ciltten oluşan 15 adet ansiklopedi setine eşit, 3.8 gigabitlik veriler üretir (Tablo-1 ve 2).

Tablo-1 : LANDSAT 7 Uydusunun Spektral ve Konumsal Çözünürlüğü

Band Numarası	Spektral Aralık (mikron)	Yer Çözünürlüğü (m)
1	0.45 - 0.515	30
2	0.525 - 0.605	30
3	0.63 - 0.690	30
4	0.75 - 0.90	30
5	1.55 - 1.75	30
6	10.40 - 12.5	60
7	2.09 - 2.35	30
Pan	0.52 - 0.90	15

Tablo-2 : LANDSAT 7 Uydu ve Yörünge Özellikleri

Kolon Genişliği	185 kilometre
Görüntü Yan Bindirmesi	%7.3 (0° enlem) ile %83.9 (80° enlem)
Görüntü Tekrarlama Aralığı	16 gün (233 yörünge)
Yörünge Periyodu	98.8 dakika
Yükseklik	705 kilometre, dairesele yakın
Algılayıcı Çeşidi	Optik-mekanik tarayıcı
Kayıt Türü	9 bitin en iyi 8'i seçilerek
Veri Depolama Yeteneği	~375 Gbyte
Yörünge	Kutupsala yakın, güneş uyumlu
Eğim Açısı	98.2 derece
Ekvator Geçiş	Alçalma durumunda: öö 10:00 +/- 15 dakika
Bakış	Nadir
Yörüngeye Yerleştirme Aracı	Delta II
Yörüngeye Yerleştirme Tarihi	15 Nisan 1999

b. LANDSAT 7 ETM+ Görüntüsü

Bu görüntü, LANDSAT 4 ve 5 verilerine göre; 15 metrelik pankromatik bandı, iki yeni görüntüleme aralığı, geliştirilmiş 60 metre çözünürlüklü termal bandı, geliştirilmiş radyometrik kalibrasyon doğruluğunu sağlayan iki güneş kalibre edicisinin eklenmesiyle oldukça farklıdır (Şekil-2, Şekil-3). EROS Veri Merkezinden, 0R Düzeyi (ham görüntü), 1R (radyometrik olarak düzeltilmiş 0R) ve 1G (radyometrik ve sistematik olarak düzeltilmiş 0R) işlem düzeyinde veriler sağlamak mümkündür. Görüntülerin işlenmesi sırasında, 0R görüntüler çıktı harita projeksiyonunu, dönüklük açısını, piksel boyutunu ve yeniden örnekleme yöntemini içeren kullanıcı tanımlı parametrelere göre iki boyutlu olarak yeniden örneklenir. Standart veriler, CD'ler, 8 mm.lik teypler veya FTP aracılığıyla elektronik olarak kullanıcılara ulaştırılır/4/.

c. Görüntü Geometrisi ve Coğrafi Konumlandırma

Düzy 1G ETM+ veri ürünleri, Düzy 1R görüntülerinin radyometrik olarak düzeltilmiş piksellerinin yeniden örneklenmesi ile oluşturulur. Bu ürün ile, zamana bağı uygulamalarda, hassas görüntüden görüntüye konumlandırmaya olanak tanıyan, bandları birbirine uyumlu ve harita yapımı için kullanıcıya istenilen kartografik projeksiyona getirilmiş görüntülerin temini amaçlanmaktadır. Düzy 1 Ürün Oluşturma Sistemi geometrik düzeltmeler için yer kontrol noktaları kullanmamaktadır. Sistem sadece Landsat 7 taşıyıcı düzeltme veri dosyalarında yer alan efemeris ve konum verilerini ve kalibrasyon parametre dosyalarında yer alan algılayıcı, odak düzlemi ve dedektör düzeltme parametrelerini kullanmaktadır. Düzeltme parametreleri, görüntü toplama sistemi görevlileri tarafından iyi bilinen geometrik kalibrasyon sahalarından seçilen görüntüler kullanılarak, uydunun yörüngeye oturtulmasından beri güncelleştirilmektedir. Yer kontrol noktaları kullanılmaksızın yapılan konumlandırma işlemi, sistematik düzeltme olarak bilinmektedir.

Düzy 1G ürünleri, sürekli olarak konumlandırma doğruluğunu elde etmek için işlenirler. Yörüngedeki band banda konumlandırmanın geometrik karakteri, 60 metre ayırma güçlü termal band 6 hariç, bütün bandların konumlandırması için 30 metrelik pikselin $\pm 6\%$ 'sından daha iyi bir rölatif (göreceli) karesel ortalama hata (KOH) sağlar. Bu band banda konumlandırmanın karesel ortalama hataları, geometrik düzeltme yazılımından sistematik ofsetler alındığı takdirde sıfır civarında olan rastgele hatalardır. Taşıyıcı düzeltme verisinden elde edilmiş olan sürekli efemeris bilgileri kullanmak suretiyle sistematik olarak düzeltilmiş görüntülerin jeodezik doğruluğu, genellikle ± 50 metreden daha iyi elde edilebilir. Eğer sistematik hata etkileri giderilmiş olan farklı tarihli iki ETM+ görüntüsü bir harita referansına karşılaştırılırsa, ± 5 metre doğruluğu ile uyumlandırılmış olması beklenebilir/4/.

d. LANDSAT 7 Görüntülerinin Uygulama Alanları

Amaca bağı olarak LANDSAT 7 görüntüleri pek çok farklı alanda kullanılabilmektedir.

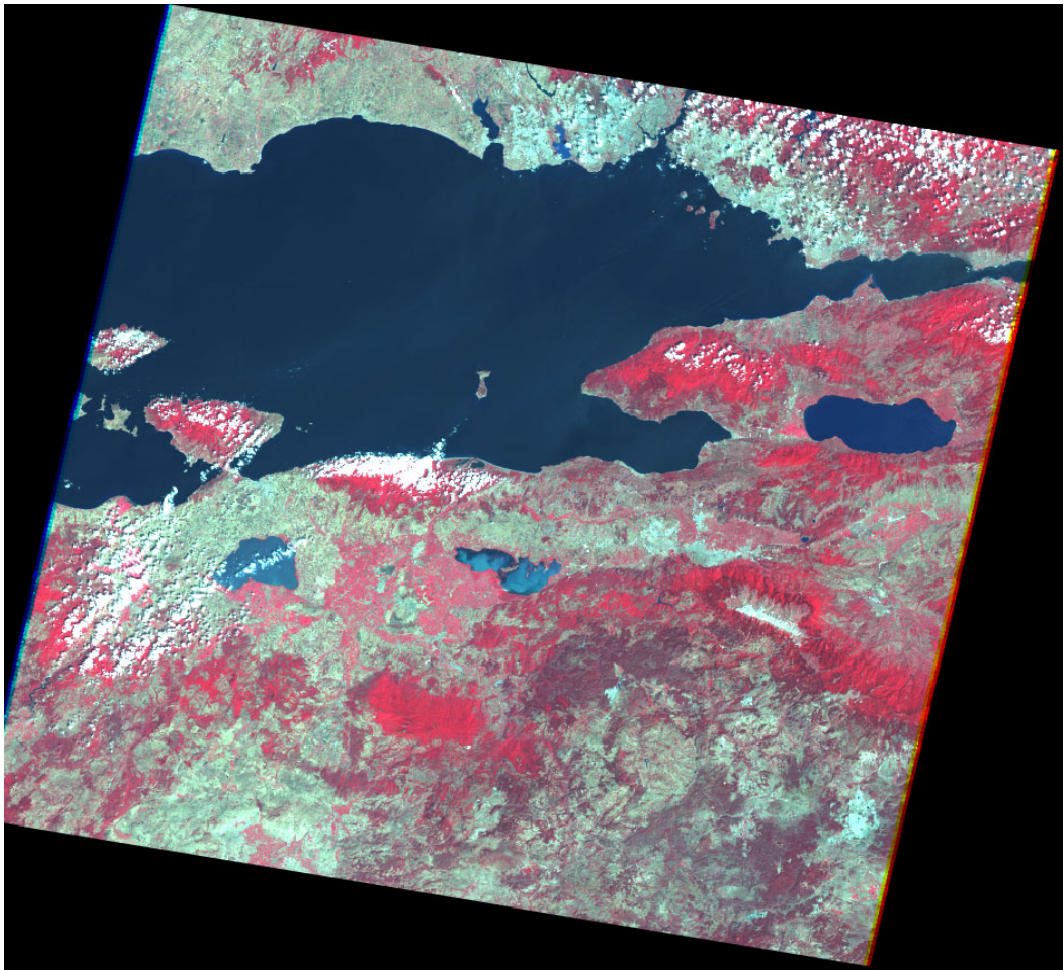
Ziraat ve Ormancılık

- Bitki örtüsünün, tahıl ve ağaç türlerinin ayrımı ,
- Tahıl ve ormanla kaplı alanların tespiti ,

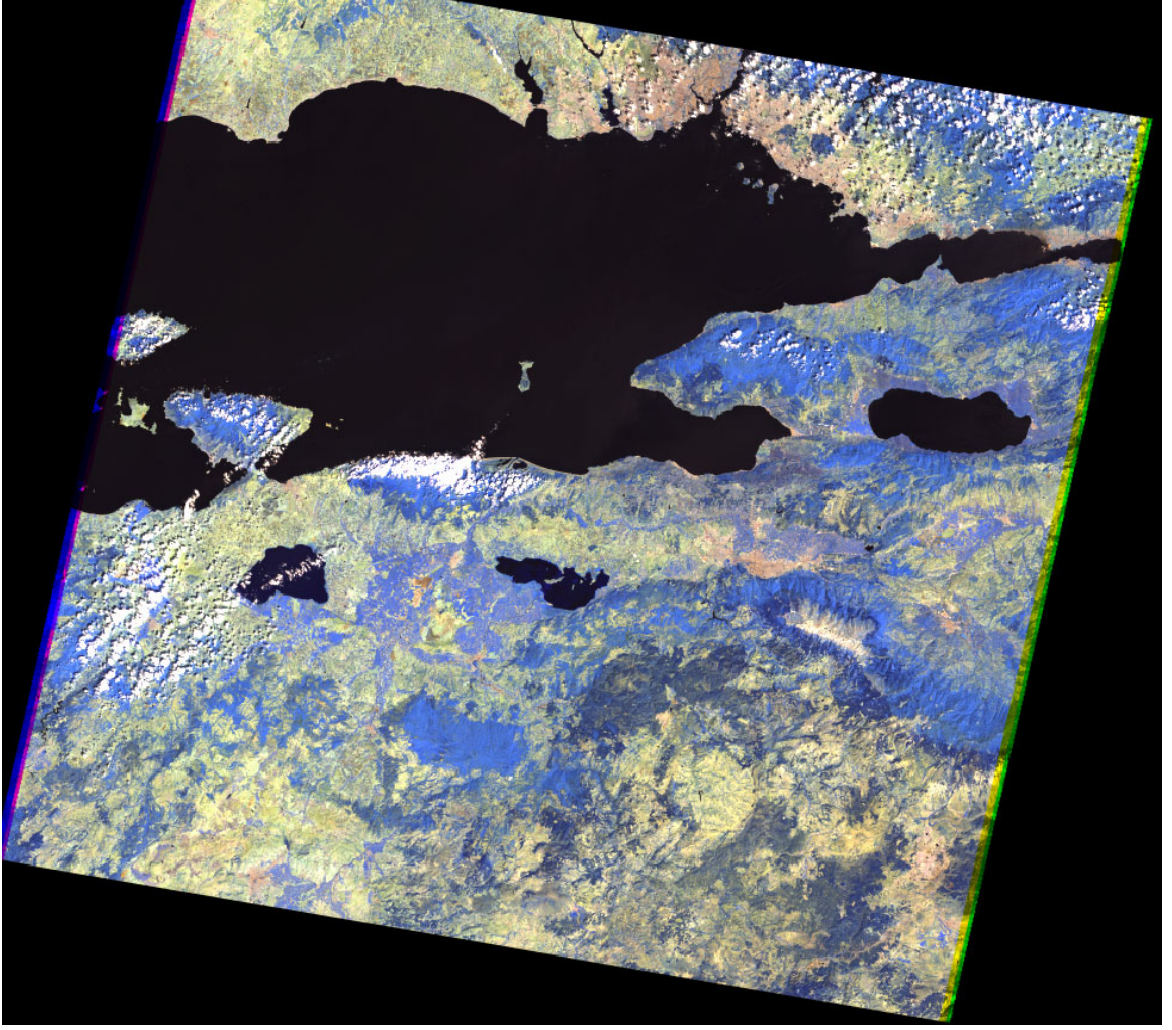
- Tahıl rekoltesinin tespiti,
- Orman kesimlerinin izlenmesi,
- Bitki ve ormanlık alanlarda çıkan yangın hasarlarının tespiti,
- Vahşi hayatı koruma çalışmaları.

Arazi Kullanımı ve Haritacılık

- Arazi kullanımına ilişkin sınıflandırmalar,
- Kartografik harita üretimi ve bütünlemesi,
- Şehirsel alanların gelişmesinin izlenmesi,
- Bölgesel planlama,
- Ulaşım haritacılığı,
- Arazi ve su kaynaklarının sınıflandırması,
- Ulaşım ve iletişim rotalarının belirlenmesi,
- Sel baskın alanlarının tespiti.



Şekil-2 : Marmara Bölgesine Ait Bir LANDSAT 7 ETM+ Görüntüsü (Band:4,3,2)



Şekil-3 : Marmara Bölgesine Ait Bir LANDSAT 7 ETM+ Görüntüsü (Band:6,5,4)

Jeoloji

- Bazı jeolojik birimlerin haritasının yapılması,
- Jeolojik haritaların revizyonu,
- Belirgin kaya çeşitlerinin tanınması,
- Volkanik yüzeylerin tespiti,
- Arazi yüzeyindeki maden kaynaklarının araştırılması,
- Bölgesel yapıların tespiti.

Su Kaynakları

- Su sınırlarının ve yüzey sularının belirlenmesi,
- Sellerin ve sel baskın alanlarının haritalarının yapılması,
- Karla ve buzla kaplı alanların sınırlarının belirlenmesi,
- Buzulların ölçümü,
- Çökeltili ve çamurlu alanların belirlenmesi,

- Sulama alanlarının tespiti,
- Göllerin envanterinin çıkarılması,
- Kar eriyiklerinin akacağı alanların belirlenmesi.

Deniz Kıyısı Kaynakları

- Çamurluluk durumunun tespiti,
- Sahil şeridi değişikliklerinin haritalarının yapılması,
- Sığ alanların haritalarının çıkarılması,
- Deniz ulaşımı için buzulların izlenmesi,
- Sahil erozyonunun izlenmesi,
- Petrol döküm alanları ve kirliliğinin araştırılması.

Çevre

- Su kirliliği haritalarının yapılması ve izlenmesi,
- Doğal afetlerin etkilerinin belirlenmesi
- Yüzey madenciliğinin izlenmesi,
- Atıkların sebep olduğu etkilerin belirlenmesi,
- Katı atık alanları araştırılması,
- Güç kaynakları ve diğer endüstriler için alan araştırması
- İnsanların neden olduğu çevresel faaliyetlerin izlenmesi/4/.

3. LANDSAT 7 UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN 17 AĞUSTOS 1999 GÖLCÜK DEPREMİNDE ZARAR GÖREN ALANLARIN OTOMATİK TESPİTİNDE KULLANIMI

a. Hava Fotoğraflarının Ortorektifikasyonu

19 Ağustos ve 7 Eylül 1999 tarihleri arasında, deprem bölgesinin tamamını kapsayacak şekilde kireçleme çalışması yapılarak yeni yer kontrol noktaları tesis edilmiş ve bu noktalarda GPS gözlemleri yapılarak üç boyutlu nokta koordinatları (X,Y,Z) belirlenmiştir. Bir sonraki adımda, 8 Eylül'de bölgenin 1/16.000 ölçekli siyah/beyaz hava fotoğrafları çekilmiştir. Hava fotoğrafları Zeiss Scai Hassas Fotoğraf Tarayıcıda 21 mikron piksel boyutuyla taranmıştır. Yer kontrol noktaları ve kolon-model bağlama noktalarının resim koordinatları Zeiss Phodis AT digital aletinde ölçülmüştür. Kinematik GPS gözlemleri SKIP yazılımı ile işlenmiş ve gerçekleştirilen fotogrametrik nirengi ölçümleri PATB-GPS yazılımı kullanılarak dengelenmiştir.

Fotogrametrik nirengi blok dengelenmesi sonucunda hesaplanmış olan hava fotoğraflarına ait dış yöneltme parametreleri ve sayısallaştırılmış hava fotoğrafları, sayısal fotogrametrik çalışma istasyonlarına aktarılmıştır. Burada, Vision Softplotter yazılımı kullanılarak, görüntülerin iç ve dış yöneltmeleri otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. İlgilenilen alan, yerleşim yerleri ve ormanlarla kaplı olduğundan, yükseklik verileri otomatik olarak toplanmamıştır. Görüntü çiftlerinden stereo modeller oluşturulmuş ve operatörler tarafından 5

metre aralıklı eş yükseklik eğrileri çizilmiştir. Bunu takiben TIN (triangulated irregular network) oluşturulmuş ve TIN verileri, görüntülerin ortorektifikasyonunda kullanılmıştır. Ortorektifiye edilmiş görüntülerin konumsal çözünürlüğü ve doğruluğu 0.5 metre civarındadır (Şekil-4) /3/.



Şekil-4 : Ortorektifiye Edilmiş Hava Fotoğrafi

LANDSAT görüntülerini ortorektifiye etmek ve LANDSAT görüntülerinden elde edilen değişiklik tespitini kontrol etmek için, öncelikle söz konusu fotoğraflar kullanılmıştır.

b. LANDSAT Uydu Görüntülerinin Rektifikasyonu

Çalışmada aynı bölgeyi kapsayan, depremden bir hafta önce ve bir kaç saat sonra alınmış LANDSAT uydu görüntüleri (Şekil-5 ve 6) kullanılmıştır. Bu görüntüler hakkındaki bilgiler Tablo-3’ de verilmiştir.

Tablo-3 : LANDSAT Görüntüleri Hakkında Bilgi

	Algılayıcı	Path/Row	Tarih
1	LANDSAT7 ETM	179/32	10.08.1999
2	LANDSAT7 ETM	180/32	17.08.1999



Şekil-5 : 10 Ağustos 1999 Tarihli LANDSAT 7 ETM+ Görüntüsü

LANDSAT görüntülerinin ortorektifikasyonunda, Erdas Imagine 8.4 yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle LANDSAT görüntüleri Erdas Imagine formatına dönüştürülmüştür. Ortofoto harita üzerinden birinci görüntüde 8 adet, ikinci görüntüde 10 adet homojen olarak dağılmış yer kontrol noktası seçilmiştir. Bir sonraki işlem adımı, iki farklı yaklaşım kullanılarak değişiklik tespiti yapılmıştır/1/.

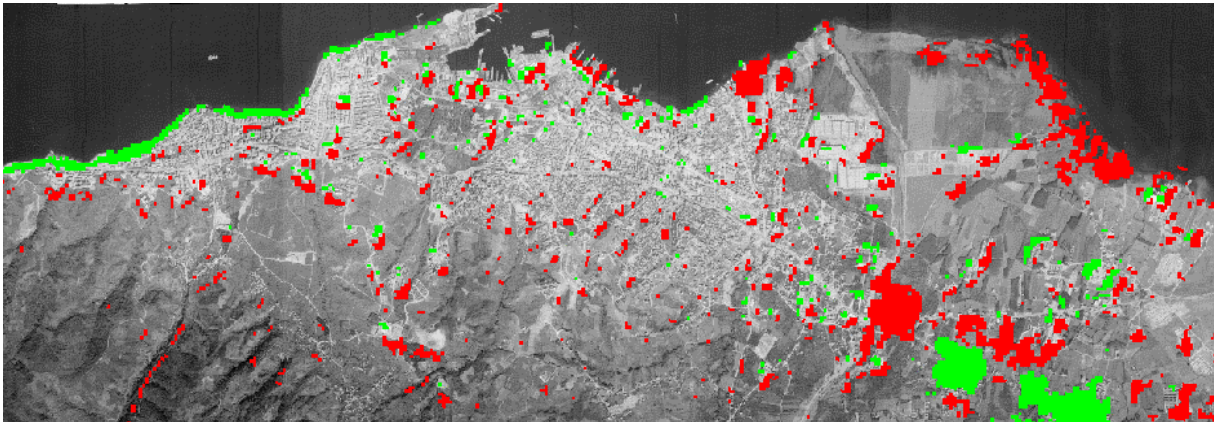


Şekil-6 : 17 Ağustos 1999 Tarihli LANDSAT 7 ETM+ Görüntüsü

c. Altı Spektral Band Kullanılarak Değişiklik Tespiti (Change Detection)

LANDSAT'ın altı spektral bandı, 30 metre çözünürlüklü olup, elektromanyetik spektrumda oldukça geniş bir aralığa sahiptir. Bu bandlarla, geniş spektrum aralığı sayesinde değişiklik tespiti yapılabilmektedir. İlk olarak, bu altı band üzerinde asal bileşen analizi (principal component analysis) yapılmış ve tek bir asal bileşene dönüştürülmüştür. Asal bileşen analizi uzaktan algılamada çeşitli işlemlerde yaygın olarak kullanılan matematiksel bir işlemidir. Bu analiz işlemiyle, çok bantlı görüntülerde, bantların sahip olduğu birbirinden farklı bilgiler matematiksel bir yöntemle hesaplanarak, tek bantlı bir görüntüye dönüştürülmektedir. Sonuç ürün, bütün bantların bilgilerinin büyük kısmını içermektedir. Böylelikle iki görüntü, deprem öncesi ve sonrasına ait olmak üzere iki adet görüntü verisi üretilmiş olup, otomatik değişiklik tespitinde kullanılmıştır/1/.

Otomatik değişiklik tespiti, farklı parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler; bir noktanın, iki farklı tarihli görüntüde sahip olduğu gri değerleri arasındaki farkın oranı olup yüzde olarak ifade edilmiştir. Bu parametrenin küçük tutulması (%5, %10 gibi), düşük doğrulukta çok detaylı değişiklik bilgisi için uygundur. Küçük yüzdeli değişimler; iki görüntünün farklı zamanlardaki atmosferik koşulları ve güneş ışınlarının yer yüzeyine değişik açılardan gelmesi gibi nedenlerden dolayı oluşabilmektedir. Yüksek oranlar (%25, %35 gibi), yüksek doğrulukta bilgiler vermesine rağmen, arazide oluşan çoğu değişiklik tespit edilememektedir. En uygun değerın tespit edilebilmesi için farklı değerler kullanılarak, sonuç olarak %15 oranı kullanılmıştır /2/.



Şekil-7 : İlgilenilen Alanda Tespit Edilen Değişiklikler

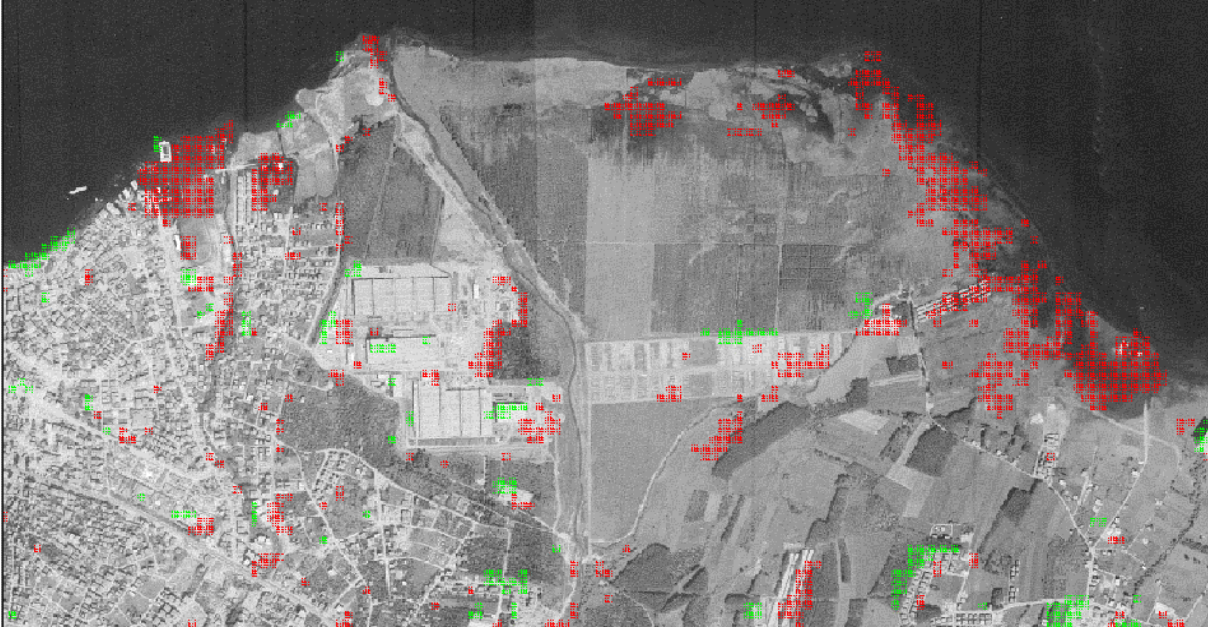
Elde edilen sonuçlar ortofoto görüntülerle karşılaştırıldığında, hasarlı alanların, otomatik olarak değişiklik tespit edilen yerlerle aynı yerler olduğu görülmüştür. Özellikle deniz altında kalan bölgeler ile yoğun bina hasarlarının bulunduğu alanlar doğru olarak tespit edilmiştir (Şekil- : 7, 8, 9).

d. Pankromatik Band Kullanılarak Değişiklik Tespiti

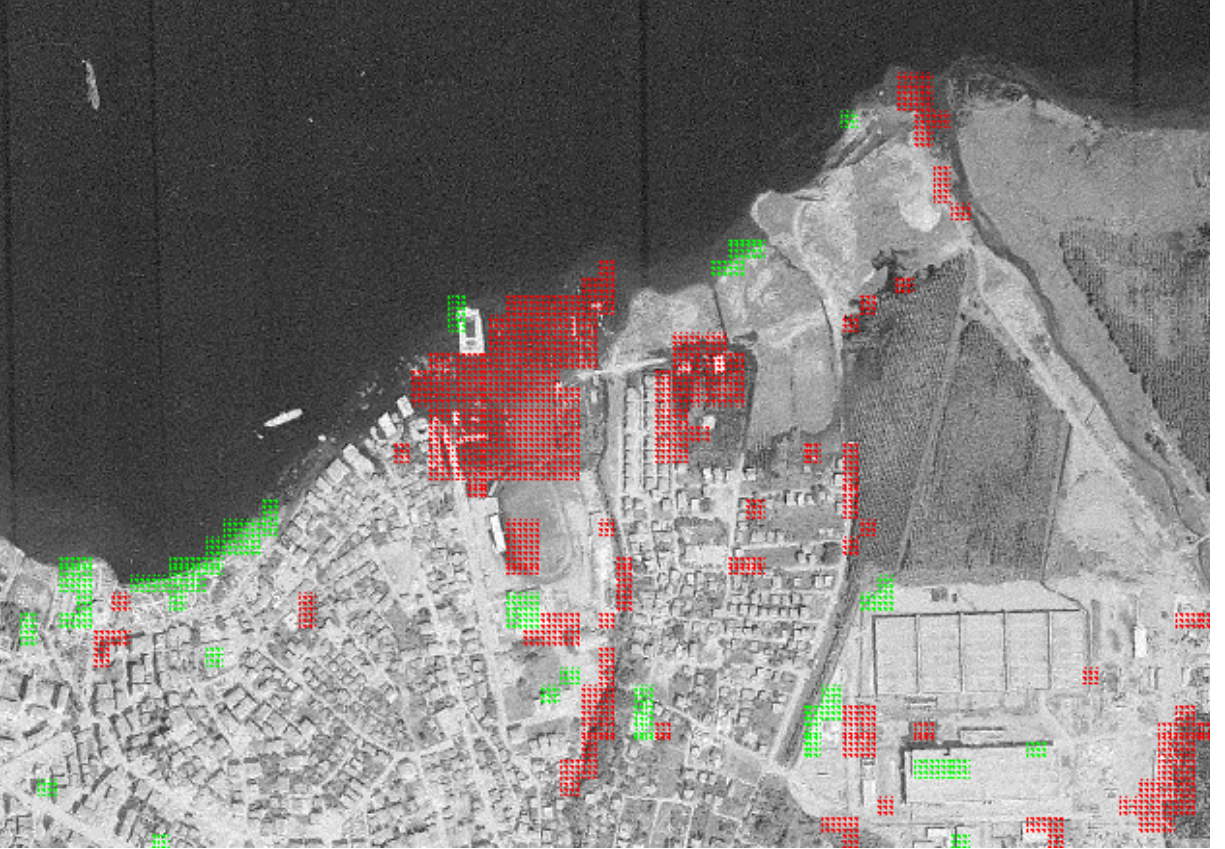
Bu band 15 metre konumsal çözünürlüğe sahip olup, çözünürlüğü 30 metre olan bandlara oranla daha fazla ayrıntı ve daha yüksek doğruluk sağlamaktadır.

Otomatik değişiklik tespiti, farklı değişim parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bandın konumsal çözünürlüğü, diğer bandların çözünürlüğünden iki kat daha iyi olduğu için küçük yüzdeli değerler (%5, %10 gibi), düşük doğrulukta çok detaylı bilgiler vermektedir. İlk yaklaşıma benzer olarak, yüksek yüzdeli değerlerle (%25, %35 gibi) yüksek doğrulukta ancak

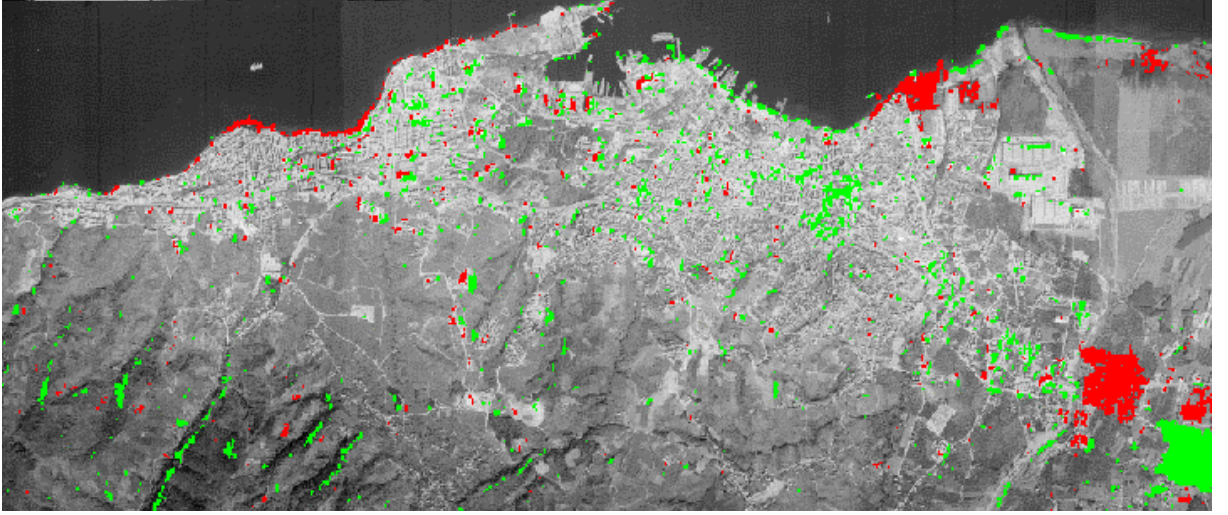
çok az miktarda değişiklik tespit edilmiştir. Bu band için de, ortalama bir değer olarak %10 değerinin kullanılması kararlaştırılmıştır/2/.



Şekil-8 : Deniz Altında Kalan Alanlar

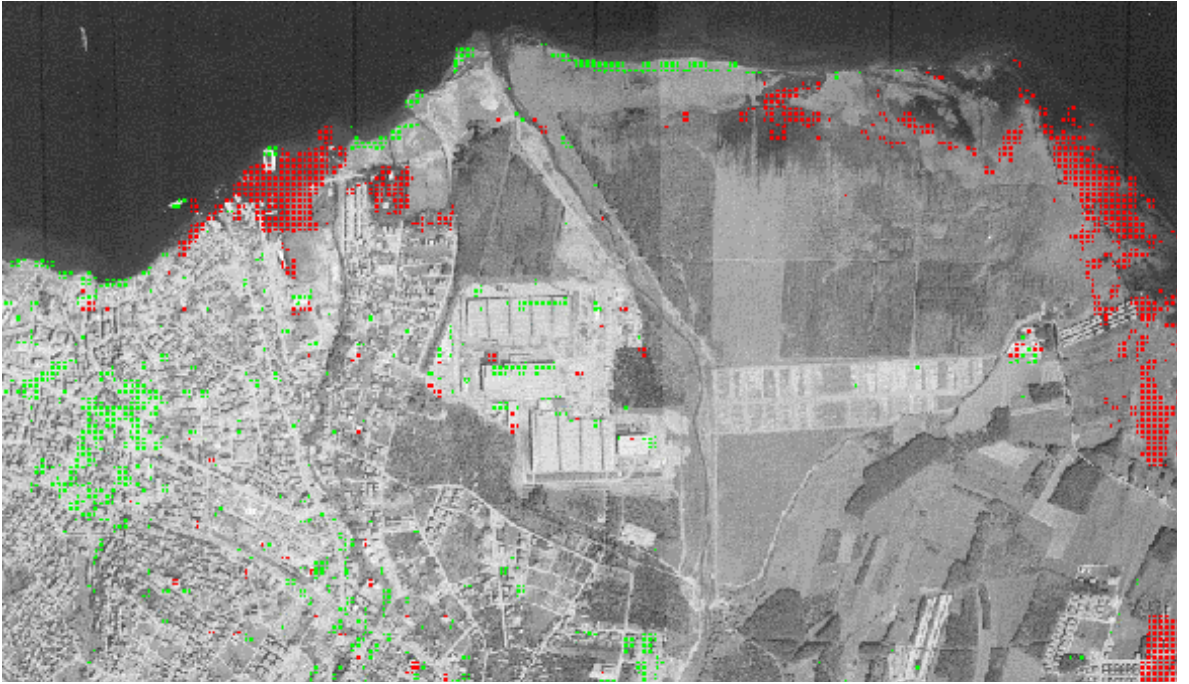


Şekil-9 : Deniz Altında Kalan Alanlar



Şekil-10 : İlgilenilen Alanda Pankromatik Band Kullanılarak Hasar Tespiti

Sonuçlar ilk yaklaşımla karşılaştırıldığında, tespit edilen değişiklikler hemen hemen birbirinin aynı olduğu görülmektedir. Fakat, ikinci yaklaşımda elde edilen sonuçlar %10 değeriyle elde edilmiş olup, yanlış tespitler ihmal edilebilir düzeydedir (Şekil-10, 11, 12).



Şekil-11 : Deniz Altında Kalan Alanlar

Konumsal çözünürlük yüksek olduğundan, bu yaklaşımda hasarlı bölgelerin sınırları ve konumları daha doğrudur.



Şekil-12 : Deniz Altında Kalan Alanlar

4. SONUÇLAR

Bir doğal afeti kestirmemiz olanaksızdır. Bu nedenle, afet sonrasında yapılacak çalışmalara ait planlamalar ve araştırmalar önceden yapılarak, gerekli bilgi kaynakları hazır bulundurulmalıdır.

Bir afet sonrası yardımların doğru yerlere yönlendirilebilmesi için gerekli olan öncelikli bilgi; nerede ve hangi büyüklükte hasar oluştuğudur. Bu araştırma, bir doğal afet sonucunda meydana gelen büyük hasarların kolay ve hızlı bir şekilde uzaktan algılama teknikleri kullanılarak da tespit edilebileceğini göstermektedir. LANDSAT uydu görüntülerinin geniş alanları kapsamaları, multispektral özellikleri ve yeterli çözünürlük seviyeleri ile bu tür çalışmalar için uygun olduğu değerlendirilmektedir. Böyle çalışmalar, dünyada en önemli konu olan insan hayatının kurtarılmasını sağlayabilir. Uzaktan algılama konusunda faaliyet gösteren kişi ve kurumlar, doğal afetlerde insan hayatını kurtarma amacını güden bu tür çalışmalara da yönelmeli, gerekli teknolojik ve bilimsel zemin oluşturulmalıdırlar.

KAYNAKLAR

- /1/ : ERDAS 8.4 Field Guide
- /2/ Estrada, M., Masashi, : “Use of Optical Satellite Images for Recognition of Areas
M., Yamazaki, F. Damaged by Earthquakes, 2000
- /3/ Novak, K. : “Rectification of Digital Imagery”, Photogrammetric
Engineering and Remote Sensing, Vol. 58, No. 3, March
1992, pp. 339-344
- /4/ : Landsat 7 Imagery, www.landsat7.usgs.gov