

DEĞİŞİM BELİRLEMEDE GÖRÜNTÜ FARKI VE GÖRÜNTÜ ORANLAMA YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. Ayhan KOÇ¹⁾
Ar. Gör. H. Oğuz ÇOBAN¹⁾
Y. Doç. Dr. Hakan YENER¹⁾

Kısa Özet

Farklı zamanlarda gözlemlenen olay ya da objelerin durumlarındaki farklılıkların tanımlanması işlemi olarak ifade edilen değişim belirlemede yersel ölçmeler, hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri yalnız veya kombine olarak kullanılabilir. Son yıllarda bu tür çalışmalarda kısa aralıklarla ve sayısal olarak elde edilebilen uydu verileri sıklıkla kullanılmaktadır.

İki veya daha çok zamanlı uydu verilerinin analizi ile yapılan değişim belirleme işlemi için literatürde birçok teknik bulunmaktadır. Uydu verilerindeki gelişmeye paralel olarak yeni teknikler geliştirilmektedir. Bu makalede değişim belirleme çalışmasının planlanması, uydu verilerinin seçimi ve değişim belirleme öncesi işlem adımları açıklanmıştır. Ayrıca uydu verileriyle yapılan değişim belirleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan görüntü farkı ve görüntü oranlama yöntemleri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Değişim belirleme, Görüntü farkı, Görüntü oranlama

IMAGE DIFFERENCING AND IMAGE RATIONING METHODS FOR CHANGE DETECTION

Abstract

In change detection mentioned as the process of identifying differences in the state of an object or phenomenon by observing it at different times, satellite data, aerial photographs or ground measurements can be used alone or jointly. Recently, satellite data obtained digitally and short intervals have been used very often.

There are many techniques in the literature for change detection process which is performed with analyzing two or multiple temporal satellite datasets. In this paper, planning of change detection study, choosing of satellite data and preprocessing of change detection were explained. Furthermore, image differencing and image rationing methods that used in change detection were also explained.

Keywords: Change detection, Image differencing, Image rationing

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı

1. GİRİŞ

Değişim belirleme farklı zamanlarda gözlemlenen olay ya da objelerin durumlarındaki farklılıkların tanımlanması işlemidir (SINGH 1989). İnsan nüfusunun hızla artması dünyadaki doğal dengelerin değişmesine sebep olmuştur. Özellikle 17. yüzyılın sonlarında başlayan sanayi devrimi iklimsel ve çevresel kirlenmeyi de beraberinde getirmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısında bilgisayar ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler bizlere dünyaya küresel bir bakış açısı ile bakabilme yeteneğini kazandırmıştır. Özellikle uydu platformlarından elde edilen uzaktan algılama verileri ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması, geçmişten günümüze yeryüzü doğal kaynakları hakkında karşılaştırılabilir ve güncellenebilir bilgiler edinmemizi kolaylaştırmıştır. Böylece yapılan inceleme ve değerlendirmelerle hem çevresel hem de sosyo-ekonomik açıdan yaşanan değişimler dünya ölçeğinde izlenebilmektedir. Örneğin, ülkelerin sera gazı emisyonlarındaki artışa paralel olarak küresel sıcaklık artışının etkileri, orman ve tarım alanlarındaki değişimler, endemik türlerin ve biyolojik çeşitliliğin azalması, doğal afet (sel, deprem, yangın, tayfun vb.) zararları, yetersiz beslenen insan sayısının artması gibi olaylar yerel veya küresel bazda belirlenmektedir.

Kısa aralıklarla ve sayısal olarak elde edilebilen, aynı zamanda maliyeti düşük olan MSS, TM, SPOT, AVHRR, ASTER gibi uzaktan algılama verileri özellikle bölgesel ve küresel bazda oluşan değişimlerin belirlenmesi çalışmalarında tercih edilmektedir. Ayrıca aktif uzaktan algılama yapan radarlardan elde edilen veriler de kullanılmaktadır. Doğrudan bilgisayar platformlarına aktarılan bu sayısal veriler geliştirilmiş yazılımların desteği ile işlenmekte ve istenen bilgilere ulaşılmaktadır. Uzaktan algılama verilerinin yardımıyla yeryüzünde varlığını düşündüğümüz değişimlerin tanımlanabilmesi için sayısal değişim belirleme yöntemleri kullanılmaktadır.

Değişim belirleme iki veya daha çok zamanlı veri setlerinin analizi ile yapılır. Bu veri setlerinin özellikleri ve uyumu önemlidir. Uzaktan algılama verileri farklı zamansal, konumsal, spektral ve radyometrik çözünürlüklere sahiptir (ERDAS 2002). Değişim belirleme çalışmalarında kullanılacak verilerin çözünürlüklerinin aynı olması idealdir. Bununla birlikte atmosferik koşullar, topraktaki nem durumu ve vejetasyon fenolojisi gibi çevresel etkiler de önemlidir (JENSEN 1996). Ancak aynı çözünürlüğe ve aynı çevresel koşullara sahip olmayan veriler de kullanılmaktadır. Farklı çözünürlüklere sahip veya özellikle farklı çevresel koşullar altında algılanmış uydu verileri bazı ön işlemlerden geçirilerek değişim belirleme çalışmalarında kullanılabilir.

Uzaktan algılama tekniklerini kullanarak yapılan değişim belirleme çalışmaları esas olarak arazi örtüsü (land-cover) tipi ve arazi kullanımı (land-use) değişimlerine yöneliktir. Bu bağlamda özellikle orman alanlarında ve çevresel ortamlardaki değişimlerin yanında doğal afetler sonucu oluşan değişimler, nüfusa paralel olarak artan yerleşim alanları ve doğal kaynaklardaki değişimler araştırılmaktadır.

Bu makalede uydu verileri ile yapılan değişim belirleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan görüntü farkı (image differencing) ve görüntü oranlama (image rationing) değişim belirleme yöntemleri tanıtılmıştır. Aynı zamanda çalışmanın planlanması, uydu verilerinin seçimi ve değişim belirleme öncesi işlem adımları da kısaca açıklanmıştır.

2. PLANLAMA, UYDU VERİSİ SEÇİMİ VE ÖN İŞLEMLER

Uydu algılayıcılarından elde edilen verilerin büyük bölümü yer istasyonlarındaki veri tabanlarında korunmaktadır. Geriye dönük kayıtların tutuluyor olması eski ve güncel verilerin karşılaştırılmasını, sonuçta da değişimlerin belirlenebilmesini olanaklı kılmaktadır. Planlama yapılırken çalışmanın amacı belirlenmeli ve bu amaca yönelik verilere ulaşılabilmelidir.

Belirlemek istediğimiz değişimden önce ve sonra algılanmış veriler bulunmalıdır. Uzaktan algılamada görsel yorumlama oldukça önemlidir. Yorumlayıcının uzaktan algılama tekniklerinde tecrübeli ve hedef obje veya olay hakkında bilgili olması iyi bir değişim belirleme çalışması için gereklidir.

Değişim belirlemede kullanılacak uydu verilerinin geometrik doğruluğu yüksek olmalıdır. Geometrik olarak düzeltilen uydu verisinde ulaşılması beklenen hata miktarı (RMSE: Root Mean Square Error) $\frac{1}{4}$ ile $\frac{1}{2}$ piksel arasındadır. Verilerin birbirine mekansal uyumunu sağlayan kayıt (registration) işleminde de bu hatanın 0.5 pikselden küçük olması gereklidir (LILLESAND/KIEFER 1999). Uydu verisinin alım açısı yeryüzü objelerinden algılanan ışınımı etkilediğinden buna bağlı olarak yansıma değerleri de beklenen değerlerde olmayacaktır. Bu nedenle, SPOT gibi düşey olmayan algılama yapma yeteneğine sahip uyduların görüntüleri değişim analizinde kullanılacaksa, bu görüntüler arasındaki bakış açıları (alım açıları) farklılıklarının fazla olmaması gerekmektedir.

Uydu görüntüleri spektral açıdan ele alındığında, elektromanyetik spektrumun farklı kesimlerinde yer alan farklı dalga boylarındaki elektromanyetik ışımaya duyarlı bantları bulunduğu görülür (LILLESAND/KIEFER 1999; RICHARDS/JIA 1999). Değişim belirleme çalışmalarında aynı dalga boyuna sahip spektral bantlar seçilerek farklı uydu algılayıcılarından elde edilen veriler birlikte kullanılabilir. Örneğin Landsat TM (LANDSAT 2005) ve Terra ASTER (ASTER 2005) algılayıcılarının bazı bantları spektral ve radyometrik olarak birbirinin aynısıdır.

Doğal ve suni gençleştirme çalışmaları, bakım ve aralama faaliyetleri, orman yollarının yapımı gibi ormancılık faaliyetleri ve doğal afetler ya da usulsüz yararlanmalar orman örtüsünde değişimlere neden olur. Vejetasyon değişimlerinin belirlenmesi çalışmalarında bitkilerin fenolojik döngüleri ve spektral özellikleri etkili bir rol oynar (JENSEN 1996). Örneğin, ormanda ağaç türleri, tepe yapısı, dal ve yaprak özellikleri, kapalılık, vejetasyon periyodu uydu algılayıcısı tarafından kaydedilen yansıma değerlerinde farklılıklara neden olur. Vejetasyonun tanımlanabilmesi ve değişimlerin belirlenebilmesi için farklı vejetasyon örtü tiplerinin hangi bantlarda nasıl spektral yansıma değerleri verdiği bilinmelidir. Alım anındaki iklim koşulları, yağmur ve kar yağışları, topraktaki nem durumu yer örtüsünün yansıma değerlerini etkileyen ve dikkat edilmesi gereken diğer faktörlerdir (LILLESAND/KIEFER 1999; COPPIN ve ark. 2004).

Geometrik olarak düzeltilen mekansal, radyometrik ve spektral çözünürlükleri uygun olan ve değişim belirleme açısından zamanında alınmış verilere radyometrik düzeltme uygulanır. Burada görüntülerdeki atmosferik etkinin en az düzeye indirilmesi için alım anında alım yapılan yere ait detaylı atmosferik bilgilerin gerektiği karmaşık atmosferik modellemeler kullanıldığı gibi bu yersel veriler olmadığında kullanılan basit doğrusal yöntemler de uygulanır (TEILLET 1986; MEYER ve ark. 1993; JENSEN 1996; LILLESAND/KIEFER 1999; RICHARDS/JIA 1999; SONG ve ark. 2001; MAUSEL 2002). Ayrıca çalışma alanı ve kullanılan değişim belirleme yöntemine bağlı olarak görüntülerdeki topoğrafik etkinin azaltılmasını amaçlayan topoğrafik normalizasyon yöntemleri de uygulanır (CIVCO 1989; COLBY 1991; JENSEN 1996).

Değişim belirleme öncesinde görüntülere kesme, maskeleyme, mozaik görüntü oluşturma, görüntü zenginleştirme gibi işlemler de uygulanabilir (JENSEN 1996; RICHARDS/JIA 1999; LILLESAND/KIEFER 1999; ERDAS 2002). Bu işlemler görüntülerin değiştirilmesi, düzenlenmesi ve en verimli hale getirilmesi için kullanılır. Böylece görüntüler görsel ve sayısal açıdan iyileştirilmiş olurlar.

Değişim belirleme çalışmaları incelendiğinde genel olarak değişimin nerede ve ne zaman olduğu, değişimin nasıl ve ne yönde olduğu, değişimin ne kadar gerçekleştiği ve bulunan sonuçların değerlendirildiği görülmektedir. Çalışmanın başarıya ulaşması yazılım ve donanım gereksinimlerinin yanında seçilen yöntemlerin doğru uygulanmasına, uzaktan algılama bilgi ve

tecrübesine, yorumlayıcının yeteneklerine ve uzmanlık alanı bilgisine bağlıdır. LU ve ark. (2004) değişim belirleme çalışmalarının sonuçlarının doğruluğunun aşağıdaki faktörlere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bunlar;

- 1) Çok zamanlı görüntülerin geometrik doğruluğu
- 2) Çok zamanlı görüntülerin normalizasyonu veya kalibrasyonu
- 3) Yersel verilerin doğruluğu
- 4) Çalışma alanındaki yeryüzü örtüsünün çeşitliliği
- 5) Kullanılacak değişim belirleme yöntemi
- 6) Sınıflandırma ve değişim belirleme şeması
- 7) Yorumlayıcının tecrübesi ve özelliği
- 8) Çalışma alanına ait bilgiler
- 9) Zaman ve maliyet

3. DEĞİŞİM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Çok sayıda değişim belirleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler tek başına ya da kombine bir şekilde kullanılabilirler. Değişik yazarlar tarafından değişik kategorilere ayrılmışlardır. SINGH (1989) değişim belirleme yöntemlerini iki ana gruba ayırmıştır. Bunlardan ilki farklı zamanlara ait görüntülerin bağımsız olarak sınıflandırılması ve bu sınıflandırma sonuçlarının analizi, diğeri de çok zamanlı görüntülere uygulanan anlık analizler. LU ve ark. (2004)'de ise 7 değişik kategori görülmektedir. Bunlar; 1) Görüntülere uygulanan cebirsel işlemler (fark, oran, değişim vektör analizleri gibi), 2) Dönüşümler (temel bileşen analizi, tasseled cap gibi), 3) Sınıflandırmalar (sınıflandırma sonrası karşılaştırma, kontrolsüz değişim belirleme gibi), 4) Gelişmiş modeller (spektral karışım modeli, Li-Strahler yansıtma modeli gibi), 5) GIS uygulamaları, 6) Görsel analizler, 7) Diğer yaklaşımlar şeklindedir.

Değişim belirleme çalışmalarında başlıca işlem adımları, uydu görüntüleri ve referans verilerin (yersel çalışma verileri, haritalar) sağlanması, bu verilerin ön işlemlerden geçirilerek hazırlanması, uygun değişim belirleme yönteminin seçilmesi ve uygulanması, elde edilen sonuç değişim görüntüsünün doğruluk değerlendirilmesidir. Görüntü farkı (image differencing), görüntü oranlama (image rationing), vejetasyon indeksleri (indices), temel bileşen analizi (principal component analysis), sınıflandırma sonrası karşılaştırma (post-classification change detection) gibi değişim belirleme yöntemleri uydu verileri ile yapılan değişim belirlemede sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmada ele alınacak görüntü farkı ve görüntü oranlama değişim belirleme yöntemleri tanıtılırken 2. bölümde söz edilen görüntü ön işlemleri tekrar açıklanmayacaktır.

3.1. Görüntü Farkı Yöntemi:

Bu yöntem iki farklı zamana ait, geometrik olarak doğrultulmuş görüntülerin piksel değerlerinin birbirinden çıkarılması sonucu değişimin belirlenmesi işlemidir. Matematiksel olarak

$$D_{ijk} = BV_{ijk}(1) - BV_{ijk}(2) + c \quad (\text{JENSEN 1996})$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu ifadede D_{ijk} değişen piksel değerlerini, $BV_{ijk}(1)$ 1. zamana ait piksel değerlerini, $BV_{ijk}(2)$ 2. zamana ait piksel değerlerini, i satır numarasını, j sütun numarasını, k bant değerini, c de çıkarma işlemi sonucunda negatif sayıların yok edilmesi için kullanılan katsayı değerini simgeler.

Oluşan sonuç görüntü histogramına bakıldığında değişimin olmadığı piksellerin ortalamaya yakın olarak toplandığı değişimlerin ise dağılımın iki ucuna doğru yayıldığı gözlenmektedir. Elde edilen fark görüntüsünde değişimin olmadığı pikseller "0" değeri alırken

değişimin olduğu pikseller artı ya da eksi yönde değerlere sahip olurlar (SINGH 1989; JENSEN 1996; COPPIN ve ark. 2004; LU ve ark. 2004). Burada belirlenmesi gereken önemli nokta değişimin nerede başladığı, kısaca eşik değerinin ne olması gerektiğidir. Bu konuda yorumlayıcı standart sapma değerini ya da dencysel olarak bulduğu bir eşik değerini kullanabilir. Dikkat edilmesi gereken nokta kullanılan eşik değeri ile değişimlerin olabildiğince doğru belirlenebilmesidir. Sonuçta elde edilen fark görüntüsüne seviye dilimleme (level slicing) veya sınıflandırma (unsupervised/supervised classification) yöntemleri uygulanabilir.

PRICE ve ark. (1992) ve GUIRGUIS ve ark. (1996) görüntü farkı yöntemini Landsat MSS görüntülerinde yakın kızılötesi bantlara başarıyla uygulamışlardır. JHA/UNNI (1994) Hindistan'da kurak tropikal orman kesimlerinde orman örtüsündeki değişimleri bulmak için Landsat uydu görüntülerinin MSS bantlarına bu yöntemi uygulamışlar ve daha sonra elde edilen dört ayrı fark görüntüsünün temel bileşen analizini yaparak toplam %74.8 doğruluğa ulaşmışlardır. MAS (1999) Meksika'da yaptığı çalışmasında standart temel bileşen analizi, çok zamanlı kontrolsüz sınıflandırma, sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma sonrası karşılaştırmanın kombinasyonu yöntemlerinin yanı sıra görüntü farkı yöntemini Landsat MSS 2. ve 4. bantlara uygulamış ayrıca vejetasyon indekslerinin (NDVI) farkını da kullanmıştır. Sonuçta sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile %86.87 oranıyla en yüksek doğruluğa ulaştıysa da kullanılan fark yöntemleri ile sırasıyla %80.4, %73.9 ve %81.84 oranlarında yüksek genel doğruluklar elde etmiştir. FUNG/SIU (2000) SPOT HRV verilerinden normalleştirilmiş fark vejetasyon indekslerini (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) oluşturduktan sonra bunlara görüntü farkı yöntemini uygulamışlar ve hızlı gelişen Hong Kong'ta çevresel değişimleri belirlemiştir.

Görülmektedir ki görüntü farkı yöntemi tek banda uygulanabildiği gibi, bileşik görüntülere de uygulanabilmekte ya da diğer değişim belirleme yöntemleri ile kombine edilebilmektedir. Fazla işlem adımı gerektirmemesi ve hızla değişimin gözlemlenebilmesi açısından avantajlı olan bu yöntemin dezavantajları ise değişimin yönü hakkında bilgi vermemesi ve eşik değerinin belirlenmesinin zorluğudur (JENSEN 1996; LU ve ark. 2004). Görüntülere uygulanan cebirsel bir işlem olan bu yöntem basit olmasının yanında iyi sonuçlar verdiğinden değişim belirleme ve izleme çalışmalarında sıkça kullanılmıştır (MUCHONEY/HAACK 1994; DWIVEDI/SREENIVAS 1998; SUNAR 1998; PETIT ve ark. 2001; SAKSA ve ark. 2003).

3.2. Görüntü Oranlama Yöntemi:

Bu yöntem de görüntü farkı yöntemine benzerdir. Burada geometrik olarak doğrultulmuş görüntülerin piksel değerlerinin birbirine oranlanması sonucu değişim belirlenmesi yapılır. Oluşan sonuç görüntü histogramına bakıldığında değişimin olmadığı piksellerin ortalamaya yakın olarak toplandığı değişimlerin ise dağılımın iki ucuna doğru yayıldığı gözlenmektedir (SINGH 1989; JENSEN 1996; LU ve ark. 2004). Elde edilen oran görüntüsünde değişimin olmadığı pikseller "1" değeri alırken değişimin olduğu pikseller 0-1 aralığında ya da 1'den büyük değerlere sahip olurlar. Elde edilen oran görüntüsünde değişimlerin nerede başladığı kısaca eşik değerinin ne olması gerektiğinin belirlenmesi önemlidir. Bu konu önceki yöntemde ele alındığından tekrarlanmamıştır.

EKSTRAND (1994) Landsat TM görüntüleri kullanarak değişik orman meşcere özelliklerinde (yaş, kapalılık, ağaç türü karışımı) orman zararlarının değerlendirilmesini incelemiştir. Yersel çalışmalar ve hava fotoğrafları ile desteklenen çalışmada oran görüntüleri ve NDVI görüntüleri elde edilmiş ve regresyon analizi yapılmıştır. Kullanılan oran görüntülerinin sararma ve yaprak dökümlerinin birlikte görüldüğü alanlar için uygun olabileceğini, yalnızca yaprak dökümlerinin yaşandığı alanlarda ise TM 4. bantın tek başına değerlendirilmesinin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir. GUIRGUIS ve ark. (1996) görüntü oranlama yöntemini kullanarak

Brullus (Mısır) gölündeki değişimleri Landsat MSS görüntüleri ile incelemiştir. Oran görüntülerini elde etmek için MSS 4. bant ve eşik değeri olarak da 1 standart sapma değeri kullanılmıştır. Görüntü farkı ve oranlama yöntemlerinin uygun eşik değeri ile keskin değişimleri yansıttığını bildirmişlerdir.

Uygulanması basit olan bu yöntem görüntülerdeki güneş açısı ve topoğrafik koşullardaki farklılıklar ile gölgenin etkilerini azaltır. Bu avantajlarının yanında normal olmayan bir dağılım göstermesi, eşik değerinin belirlenmesinin zorluğu ve değişimin yönü hakkında bilgi vermemesi bakımından dezavantajlara sahiptir (JENSEN 1996; LILLESAND/KIEFER 1999; LU ve ark. 2004).

Oranlama yöntemi tek başına kullanılabilirdiği gibi diğer yöntemlerle kombine olarak da kullanılabilir (KOÇ 1997; DWIVEDI/SREENIVAS 1998; MOHAMMAD ve ark. 2001). Oranlanacak bantların seçimi uydu verisi ve çalışma koşullarına göre farklılıklar gösterdiğinden ve genel kabul görmüş bir belirleme yapılmadığından, literatürdeki çalışmalardan yararlanmakla birlikte, araştırmacılar en iyi sonuca ulaşabildikleri bantları deneme yanılma yoluyla seçmektedirler. Elde edilen sonuç görüntüsüne seviye dilimleme veya sınıflandırma yöntemleri uygulanabilir.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Dünya üzerindeki canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri doğal kaynakların korunmasına bağlıdır. İnsan yaşamını kolaylaştıran sanayi ve teknolojik gelişmelerin olumsuz çevresel etkileri göz ardı edilmemelidir. Küresel ısınma ve buna bağlı iklimsel değişimlerin yanı sıra doğal kaynakların aşırı tüketilmesi ve yanlış arazi kullanımı ekosistemlerin dengesinin bozulmasına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, orman ve tarım alanlarının hızla yok olmasına neden olmaktadır. İnsan müdahalesi sonucunda bozulan dengelere doğa, son yıllarda büyük doğal afetlerle cevap vermektedir. Bu çerçevede henüz kaybetmediğimiz kaynaklarımız için geleceğe yönelik planlama yapmak ve karar vermek için bilimsel olarak geçmişle günümüz arasındaki bağlar araştırılmaktadır. Özellikle orman ve tarım alanlarının sürdürülebilir olması için değişimler ortaya konulmalı, izlenmeli ve doğru kararlar verilmelidir.

Son yıllarda geliştirilen uydu sistemleri dünyayı küresel olarak algılamakta ve değişimlerin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu uzaktan algılama sistemleri ile kombine olarak kullanılan coğrafi bilgi sistemleri çok boyutlu çalışmalar yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Sayısal uydu verilerinin başlıca kaynak olarak kullanıldığı değişim belirleme çalışmalarında uygulanan ve makalede tanıtilen yöntemler sıklıkla kullanılan yöntemlerdir. Az sayıda işlem adımı ile hızla değişimi belirleyebildiğimiz bu yöntemler orman örtüsündeki değişimlerin belirlenmesinde de başarıyla uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar ışığında görüntü farkı yönteminin görüntü oranlama yöntemine göre daha yaygın kullanıldığını söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

- ASTER, 2005 : Aster instrument characteristics, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/characteristics.asp> (Son erişim tarihi : 22.09.2005).
- CIVCO, D.L., 1989: Topographic normalization of Landsat thematic mapper digital imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55:9, pp. 1303-1309.
- COLBY, J.D., 1991: Topographic Normalization in rugged terrain, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57:5, pp. 531-537.
- COPPIN, P.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B., 2004: Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, *Int. J. Remote Sensing*, 25:9, pp. 1565-1596.
- DWIVEDI, R.S.; SREENIVAS, K., 1998: Image transform as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics, *Int. J. Remote Sensing*, 19:4, pp. 605-619.
- EKLUNDH, L.; SINGH, A., 1993: A comparative analysis of standardized and unstandardized principal components analysis in remote sensing, *Int. J. Remote Sensing*, 14:7, pp. 1359-1370.
- EKSTRAND, S., 1994: Assessment of forest damage with Landsat TM: correction for varying forest stand characteristics, *Remote Sensing of Environment*, 47, pp. 291-302.
- ERDAS, 2002: Erdas Field Guide, Sixth edition, Leica Geosystems GIS&Map Division, USA.
- FUNG, T.; SIU, W., 2000: Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI, *Int. J. Remote Sensing*, 21:5, pp. 1011-1024.
- GUIRGUIS, S.K.; HASSAN, H.M.; EL-RAEY, M.E.; HUSSAIN, M.M.A., 1996: Multi-temporal change of Lake Brullus, Egypt, from 1983 to 1991, *Int. J. Remote Sensing*, 17:15, pp. 2915-2921.
- JENSEN, F.R.; RUTCHEY, K.; KOCH, M.S.; NARUMALANI, S., 1995: Inland wetland change detection in the everglades water conservation area 2A using a time series of normalized remotely sensed data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61:2, pp. 199-209.
- JENSEN, J.R., 1996: Introductory digital image processing, Prentice-Hall Series in Geographic Information Science, ISBN:0-13-205840-5, USA, 316 p.
- JHA, C.S.; UNNİ, N.V.M., 1994: Digital change detection of forest conversion of a dry tropical Indian forest region, *Int. J. Remote Sensing*, 15:13, pp. 2543-2552.
- KOÇ, A., 1997: Belgrad ormanındaki ağaç türü ve karışımlarının uydu verileri ve görüntü işleme teknikleri ile belirlenmesi, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 47, Sayı 1*, pp. 89-110.
- LANDSAT, 2005 : Landsat 7 Science Data Users Handbook, <http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook.html#chapter8/chapter8.html>, (Son erişim tarihi : 22.09.2005).
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W., 1999: Remote sensing and image interpretation, Fourth edition, John Wiley & Sons, Inc., USA, 724 p.
- LU D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E., 2004: Change detection techniques, *Int. J. Remote Sensing*, 25:12, pp. 2365-2407.
- MAS, J.F., 1999: Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques, *Int. J. Remote Sensing*, 20:1, pp. 139-152.
- MAUSEL, D.L.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E., 2002: Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research, *Int. J. Remote Sensing*, 23:13, pp. 2651-2671.

- MEYER, P.; ITTEN K.I.; KELLENBERG, T.; SANDMEIER, S., SANDMEIER R., 1993: Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine environment, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48:4, pp. 17-28.
- MOHAMMAD, M.R.; EL-SOBKY, H.; SEDEIK, K.; EL RAEY M., 2001: Application of band ratios identified by HHRR for recognition of surface units using TM data in Siwa depression, Western Desert, Egypt, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore.
- MUCHONEY, D.M.; HAACK, B.N., 1994: Change detection for monitoring forest defoliation, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60:10, pp. 1243-1251.
- PETIT, C.; SCUDDER, T.; LAMBIN, E., 2001: Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in South-eastern Zambia, *Int. J. Remote Sensing*, 22:17, pp. 3435-3456.
- PRICE, K.P., PYKE, D.A., MENDES, L., 1992: Shrub dieback in a semiarid ecosystem: the integration of remote sensing and geographic information systems for detecting vegetation change, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58:4, pp. 455-463.
- RICHARDS, J.A.; JIA, X., 1999: Remote sensing digital image analysis, An introduction third revised and enlarged edition, Springer-Verlag, Germany, 363 p.
- SADER, S.A.; HAYES, D.J.; HEPINSTALL, J.A.; COAN, M.; SOZA, C., 2001: Forest change monitoring of a remote biosphere reserve, *Int. J. Remote Sensing*, 22:10, pp. 1937-1950.
- SAKSA, T.; UUTTERA, J.; KOLSTRÖM, T.; LEHIKAINEN, M.; PEKKARINEN, A.; SARVI, V., 2003: Clear-cut detection in boreal forest aided by remote sensing, *Scand. J. For. Res.*, 18, pp. 537-546.
- SINGH, A., 1989: Digital change detection techniques using remotely-sensed data, *Int. J. Remote Sensing*, 10:6, pp. 989-1003.
- SONG, C.; WOODCOOK, C.E.; SETO, K.C.; LENNEY, M.P.; MACOMBER, S.A., 2001: Classification and change detection using Landsat TM data: When and How to correct atmospheric effect?, *Remote Sensing Environment*, 75, pp. 230-244.
- SUNAR, F., 1998: An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey, *Int. J. Remote Sensing*, 19:2, pp. 225-235.
- TEILLET, P.M., 1986: Image correction for radiometric effects in remote sensing, *Int. J. Remote Sensing*, 7:12, pp. 1637-1651.