

SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES		VOLUME	56	NUMBER	2	2006
SERIE	À	BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DEL 'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



LANDSAT ETM⁺ VERİLERİNDE TOPOĞRAFİK NORMALİZASYONUN SINIFLANDIRMA DOĞRULUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

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

Kısa Özet

Topoğrafik düzeltme, birçok uzaktan algılama uygulamasında önemli bir ön işlem adıdır. Farklı topoğrafik koşullar altında algılanmış uydu verilerinde, aynı objeler farklı yansıma değerleri göstermektedir. Ülkemiz orman varlığı da genelde dağlık alanlarda bulunmaktadır. Bu durum, uydu verileri ile orman alanlarına yönelik yapılan çalışmalarda sınıflandırma doğruluğunu olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada, Kosinüs ve Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen topoğrafik etkinin giderildiği görüntüler ve giderilmediği görüntü kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmaların sonuçları karşılaştırıldığında topoğrafik düzeltme işleminin sınıflandırma doğruluğunu artırdığı görülmüştür. En yüksek toplam doğruluk, Minnaert yöntemine göre düzeltilen görüntüden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyometrik düzeltme, Topoğrafik normalizasyon, Uydu verilerinde topoğrafik etki, Kosinüs düzeltme yöntemi, Minnaert düzeltme yöntemi.

1. GİRİŞ

Uydu verileri doğal kaynaklara yönelik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Landsat verileri ise, uygun geometrik ve radyometrik çözünürlükleri ve uygun görüntüleme alanı ile en çok kullanılan uydu verilerindedir. En önemli doğal kaynaklardan biri olan orman alanlarına yönelik çalışmalarda da bu verilerden yoğun olarak yararlanılmaktadır.

Uydu verilerindeki gelişme ve kullanım alanları açısından konuya bakıldığında, teknolojiye hızlı gelişmenin uydu verilerine de yansıdığı görülmektedir. Böylece sürekli daha yüksek çözünürlüklü veriler ile karşılaşmaktadır. Daha gelişmiş ve yeni tip uzaktan algılama verilerinin kullanımı ile uzaktan algılama yeni uygulama sahalarını da kapsamakta veya geleneksel uygulama alanları yeni boyutlar ve açılımlar kazanmaktadır. Şehir biyotop haritalarının yapılması veya yerleşim alanlarında ekolojik alan yönetimi, orman envanteri ve orman biyotop

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

haritalarının hazırlanması, dinamik peyzaj değişimlerinin modellenmesi gibi konular uzaktan algılamanın uygulama sahasına giren konular olarak belirtilebilir (KENNEWEG 2002).

Doğal kaynakların saptanması ve izlenmesi çalışmalarında olduğu gibi, yeryüzüne ait çok çeşitli bilgilerin elde edilmesine yönelik çalışmalarda yoğun olarak kullanılan uydu verilerinden elde edilen bilgilerin doğruluğu, bu verilerin ait olduğu yeryüzü parçasını çok iyi temsil etmesine bağlıdır. Ham (işlenmemiş) uydu görüntüleri üzerinden, görüntü alanında yer alan objeleri ayırt etmek ve bilgi sahibi olmak oldukça zordur. Bu nedenle, bu görüntüler bir dizi sayısal görüntü işleme uygulamasına tabi tutulmalıdır. Bu işlemlerin bir bölümü sadece uydu yer istasyonlarınca yapılan temel kalibrasyon aşamalarından oluşur. Ayrıca bu merkezlerde veriler, kullanıcı isteklerine göre farklı seviyelerde işlenmektedir. Bu şekilde kullanıcıya ulaşan veriler, çalışma amaçlarına yönelik olarak, kullanıcının teknik bilgi ve tecrübeleri yardımıyla işlenir. Bu işlemlerden sonra uydu görüntülerinden yeryüzü hakkında doğru ve güvenilir bilgiler elde edilebilir.

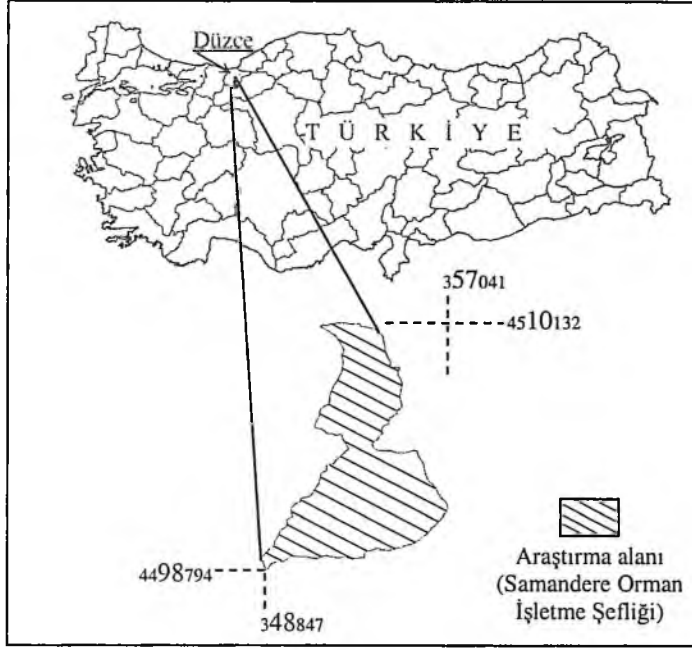
Ham görüntü verilerinden sağlıklı bir şekilde yararlanabilmek için bu verilerin ön işleme aşamasından geçirilmesi gerekir. Ön işleme fonksiyonları normalde bilgi elde etme ve temel veri analizleri öncesinde yapılması gerekli olan işlemlerden olup, genellikle radyometrik ve geometrik düzeltmeleri kapsar. Geometrik düzeltme, görüntüdeki yeryüzü ve algılayıcı platformdan kaynaklanan geometrik bozulmaların giderilmesi ve görüntünün istenilen dünya koordinatlarına dönüştürülmesi işlemidir. Radyometrik düzeltme ise, istenmeyen algılayıcı düzensizlikleri için verilerin düzeltilmesinin yanında, topoğrafik ve atmosferik etkilerden dolayı, algılanan görüntüde objeyi yanlış temsil eden yansımalara neden olan etkilerin giderilmesini amaçlayan düzeltmedir. Topoğrafik etkilerden kaynaklanan hataların düzeltilmesi de radyometrik düzeltme işlemlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (KRAUS/SCHNEIDER 1990; JENSEN 1996; LILLESAND/KIEFER 1999; RICHARDS/JIA 1999; MARTIN ve ark. 2000)

Bu çalışmada, Landsat ETM⁺ verileri kullanılarak orman alanlarının belirlenmesine yönelik yapılan sınıflandırmalarda, topoğrafik düzeltme işlemi yapılmadan elde edilen sınıflandırmanın doğruluk sonuçları ile Kosinüs ve Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemleri kullanılarak normalize edilmiş görüntülerden elde edilen sınıflandırmanın doğruluk sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan topoğrafik etkinin giderilmesi yöntemleri açıklanmıştır.

2. Materyal ve Metod

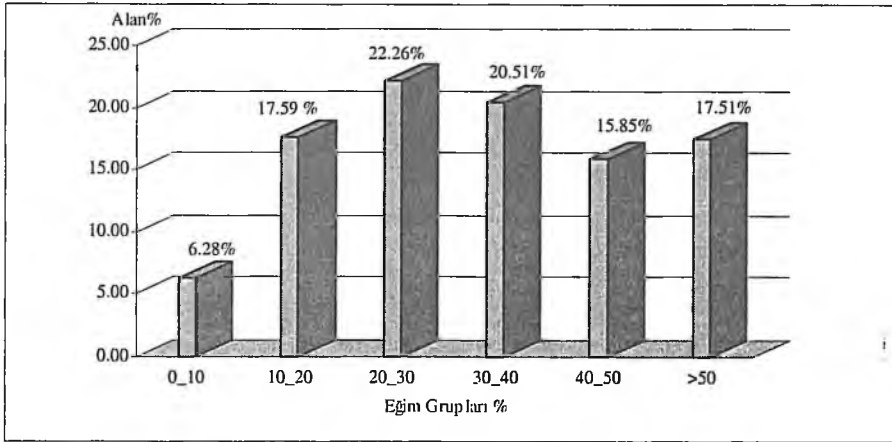
2.1. Araştırma Alanı, Kullanılan Yazılım, Donanım ve Veriler

Araştırma alanı Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Samandere Orman İşletme Şefliği' ne ait 4084.2 ha alanı kapsamaktadır (Şekil 1). Denizden yüksekliği 390–1715 m rakımlar arasında değişmektedir. Batı Karadeniz Bölgesinin iç kısmında yer almakta olup, Karadeniz iklim tipinin özelliklerini taşımaktadır. Bölgedeki ormanlar, genelde Kayın ve Göknaar ağaç türlerinin değişik yaşlı ve tabakalı formlarından oluşan karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Ayrıca, sahada değişik oranlarda Sarıçam, Meşe, Gürgen, Kestane, İhlamur gibi ağaç türleri, fındık, orman gülü, söğüt gibi ağaççıklar ve eğrelti, böğürtlen, ısırgan, sıgırkuyruğu gibi otsu bitkiler bulunmaktadır (ANONİM 2000).

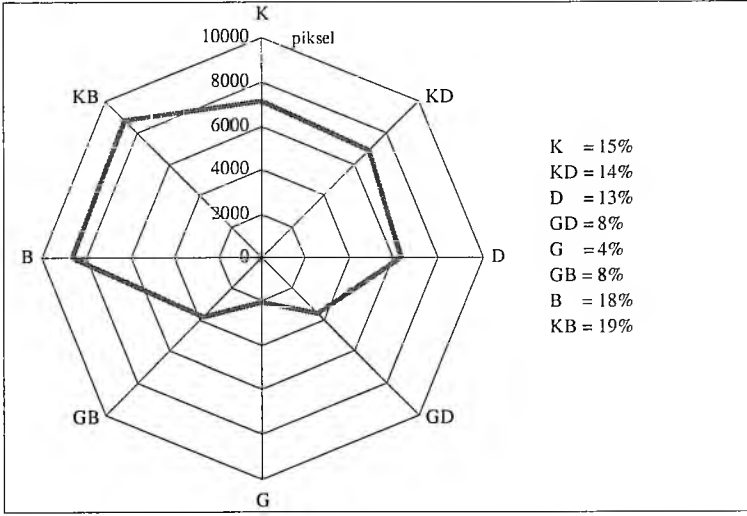


Şekil 1: Araştırma Alanının Konumu
Figure 1: Location of the Study Area

Bölgenin topoğrafik yapısını incelemek amacıyla sayısal arazi modeli verilerinden yararlanılarak eğim ve bakı analizleri yapılmış ve ortaya çıkan sonuçlar Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 2: Araştırma Alanındaki Eğim Gruplarının Dağılımı
Figure 2: Distribution of Slope Groups in the Study Area



Şekil 3: Araştırma Alanındaki Bakı Gruplarının Dağılımı
Figure 3: Distribution of Aspect Groups in the Study Area

Araştırmada kullanılan veriler, 4 Temmuz 2000 yılına ait Landsat7 ETM⁺ görüntüsü, 1/25000 ölçekli Adapazarı G26-c1 ve G26-d2 sayısal yükseklik paftaları ve raster haritaları, yer gerçeği verilerinin elde edilmesi için kullanılan ve yersel ölçmeleri 1999 yılında yapılmış, 2000–2009 yıllarını kapsayan Samandere Orman İşletmesi Orman Amenajman planı ve haritasıdır.

Topoğrafik etkinin araştırılması için kullanılan Landsat uydu verilerinin bugüne kadar en çok kullanılan ve bilineni TM (Thematic Mapper) verisidir. Yeryüzündeki doğal kaynakların araştırılmasında yoğun bir şekilde kullanılan TM algılayıcısı yeryüzünü 705 km yükseklikten ve 185 km süpürme genişliğinde tarar. TM algılayıcı, elektromanyetik spektrumun görünen, yakın kızıl ötesi, kızıl ötesi ve ısı kızıl ötesi kesimlerinde yansıtılan, yayılan elektromanyetik enerjiyi kaydeder. 7 bantlı algılama yapan TM'in 6. bandı hariç geometrik çözünürlüğü 30 m dir. Isıl bant olan 6. bantta ise 120 m dir. Fakat o da diğer bantlar ile eşleşmek için 30 x 30 m olarak yeniden modellenebilir. Radyometrik çözünürlüğü ise 8 bit'tir. Yani her piksel 0'dan 255'e kadar veri değerine sahip olabilir. Özellikle değişim izleme (monitoring) çalışmalarında önemli bir faktör olan zamansal çözünürlük ise 16 gündür. Yani Landsat uydusu dünya üzerindeki aynı alanı her 16 günde bir görüntüler (ERDAS 1997).

Bu çalışmada, Landsat uydu serisinin sonucusu olan Landsat7 uydusunun ETM⁺ (Enhanced Thematic Mapper Plus) algılayıcısına ait veri kullanılmıştır. Bu algılayıcı, 1999 yılında faaliyete geçmiştir. Bir önceki faal uydu olan Landsat5_TM' den farklı olarak 15 m geometrik çözünürlüklü bir pankromatik bant içermektedir. Ayrıca Landsat5_TM'de 120 m geometrik çözünürlüğe sahip olan ısı kızıl ötesi kesimi algılayan 6. bandın geometrik çözünürlüğü 60 metreye yükseltilmiştir. Tablo 1, Landsat7-ETM⁺'in her bir bandının spektral çözünürlüğünü ve temel uygulama alanlarını göstermektedir.

Tablo 1: Landsat7_ETM⁺ Algılayıcısının Özellikleri (CCRS 2001 ve USGS 2005'den derlenmiştir)**Table 1: Characteristics of Landsat7_ETM⁺ Sensor (Compiled from CCRS 2001 and USGS 2005)**

Bant (Band)	Spektral Aralığı (μm) (Wavelength range (μm))	Mekansal Çöz. (m) (Spatial Resolution (m))	Uygulama Alanı (Principal Applications)
TM-1	0.45 – 0.52 (mavi)	30	Toprak/vejetasyon ayrımı, deniz (su) derinliği ölçme/kıyı haritalama, kültürel/kent özelliği belirleme
TM-2	0.52 – 0.60 (yeşil)	30	Yeşil vejetasyon haritalama/ yansıma pikini ölçme), kültürel / kent özelliği belirleme
TM-3	0.63 – 0.69 (kırmızı)	30	Vejetasyonlu, vejetasyonsuz ve bitki türlerinin ayrımı (bitki-klorofil soğurma), kültürel/kent özelliği belirleme
TM-4	0.76 – 0.90 (yakın kızıl ötesi)	30	Bitki ve vejetasyon tiplerinin, sağlık ve biyokütle içeriğinin belirlenmesi, su yüzeyinin tasviri, toprak nemliliği
TM-5	1.55 – 1.75 (kısa dalga kızıl ötesi)	30	Toprak ve vejetasyon nemine duyarlılık, kar ve bulut kaplı alanların ayrımı
TM-6	10.4 – 12.5 (termal kızıl ötesi)	60	Termal ışımayla ilişkili olarak vejetasyon stresi ve toprak nemi ayrımı, termal (ısı) haritalama (kent, su) yerleşim
TM-7	2.08 – 2.35 (kısa dalga kızıl ötesi)	30	Mineral ve kaya tipi ayrımı, vejetasyon nem içeriğine duyarlılık
TM-8 (PAN)	0.52-0.90 (görünen kesim+yakın kızıl ötesi)	15	Toprak/Vejetasyon ayrımı, kültürel / kent özelliği belirleme vs.

1/25000 ölçekli sayısal yükseklik verileri, Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiş olup, topoğrafik düzeltme işleminde gerekli sayısal arazi modelinin üretilmesinde kullanılmıştır. Çalışmada Erdas Imagine 8.6 görüntü işleme ve coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılmıştır. Uygulamalar pentium 4 kişisel bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir.

2.2. Görüntü İşleme

2.2.1. Geometrik ve Atmosferik Düzeltme

Araştırmada kullanılan uydu verisinin öncelikle geometrik düzeltme işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Geometrik düzeltme ile amaçlanan, algılayıcı sistem tarafından algılanan görüntü elemanlarının, ülke koordinat sistemi içerisinde düzenlenmiş görüntü elemanlarına dönüştürülmesidir. Bu şekilde görüntü elemanları yeryüzü üzerinde konumlandırılmış olmaktadır (KRAUS/SCHNEIDER 1990). Bu amaçla öncelikle Landsat ETM⁺ görüntüsüne (ısı bant hariç) geometrik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde 18 adet yer kontrol noktası ve 1. derece polinom kullanılmıştır. Gerekli olan referans veriler, bölgeye ait UTM koordinatlarına sahip raster topoğrafik haritalardan alınmıştır. Geometrik düzeltme işlemi sonucunda elde edilen RMS hatası 0.5 pikselin altında bulunmuştur. Geometrik düzeltme işlemine tabi tutulan Landsat ETM⁺ görüntüsü 30m piksel boyutuna yeniden örneklenmiş ve bu işlemde en

yakın komşu yöntemi kullanılmıştır. Böylece değerlendirilen görüntü ile sayısal arazi modeli aynı koordinat sistemine (UTM) ve de aynı piksel boyutuna sahip hale getirilmiştir. Çalışmada kullanılan topoğrafik düzeltme yöntemlerinde sayısal arazi modeli verilerinden yararlanıldığından, uydu görüntüsüne ait her bir raster hücresinin, sayısal arazi modeline ait doğru raster hücreleri ile temsil edilmesi önemli bir işlemdir. Çünkü pikselin yansıma değerleri, sayısal arazi modeli ve dolayısıyla bu modelden elde edilen eğim ve bakı bilgilerine dayalı açısız değerlere göre düzeltilmektedir. Bu nedenlerle uydu verilerinin geometrik düzeltme işleminde azami dikkat gösterilmiştir.

Uzaktan algılanmış veri üzerindeki atmosferin etkisi hata olarak düşünülmemelidir. Çünkü onlar, algılayıcı cihaz tarafından algılanan sinyalin bir parçasıdır. Bununla birlikte, özellikle değişim izleme analizi ve görünüm eşleme çalışmalarında genellikle atmosferik etkilerin kaldırılması önemlidir (ERDAS 1995). Atmosferik etkileri en aza indirebilmek amacıyla değişik yaklaşımlar ortaya konmuştur (JENSEN 1996). Çalışmada, histogram dengeleme ile tek görüntü normalizasyonu yaklaşımı uygulanarak kullanılan uydu görüntüsündeki atmosferik etkinin en az düzeye indirilmesi sağlanmıştır. Bu işlemde her bandın histogramı incelenmiş ve Erdas Imagine Model Maker modülünden yararlanılarak histogram değerleri "0" değerine ötelenmiştir.

2.2.2. Uydu Verilerinde Topoğrafik Etkinin Giderilmesi Yöntemleri

Pasif uzaktan algılama sistemlerinin temel ışınım kaynağı güneş'tir (ERDİN 1986). Atmosferde ya da uzayda bulunan algılayıcılar (sensörler) yeryüzünden yansıma ve yayılma yoluyla kendilerine ulaşan enerjiyi kaydederler (SESÖREN 1999). Daha sonra bu kayıtlar, sayısal rakamlar haline dönüştürülür. Objeler, bu sayısal değerlerden hareket edilerek uydu görüntülerinde belirlenir, tanımlanır ve sınıflandırılır. Yeryüzündeki objelerin güneşe göre olan konumları, sözü edilen yansıma üzerinde oldukça etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle topoğrafya, aynı objelerin uydu verilerinde farklı yansıma değerleriyle kaydedilmesine neden olabilmektedir. Aynı obje, güneşe bakan tarafta gelen ışını daha fazla yansıtmakta, güneşe bakmayan gölgeli alanlarda ise daha az yansıtmaya özelliği göstermektedir. Bu durum, bir görüntü içerisindeki aynı objelerin, sınıflandırma aşamasında farklı sınıflar olarak değerlendirilmesine neden olmakta ve uydu verileri kullanılarak yapılan çalışmaların doğruluğunu olumsuz etkilemektedir. Bilimsel çalışmalar için kullanılan uydu verilerinden, çalışmanın amacına yönelik doğru sonuçlar alabilmek için, özellikle dağlık alanlarda topoğrafik etkinin giderilmesi gerekmektedir.

Yeryüzü, güneş ve algılayıcı arasında, algılama anında oluşan geometrik yapı, kaydedilen yansımayı etkiler. Şekil 4'de güneş ve uydu algılayıcısının pozisyonuna ve yeryüzüne bağlı olarak oluşan geometrik yapı ve açıları gösterilmektedir.

Burada oluşan açılar;

s : Arazinin eğimi

a : Arazinin bakışı

n : Yüzey normali

sa : Güneşin azimut açısı

se : Güneşin yükseklik açısı

sz : Güneşin zenit açısı

i : Yüzey normali (dikeyi) ile güneş ışını arasındaki açı (geliş açısı)

sembolleri ile gösterilmiştir.

ışırma farklılıklarının giderilmesini sağlar. Özellikle dağlık bölgelerde oluşan yansırma farklılıklarını ve atmosferde saçılan ışırmanın etkisini dikkate almaz (JENSEN 1996; RIAÑO ve ark. 2003; ARSGISIP 2005).

$$L_H = L_T \frac{\cos(sz)}{\cos(i)} \quad (\text{JENSEN 1996})$$

Bu formüle belirtilen simgeler:

L_H = Yatay yüzeye indirgenmiş (düzeltilmiş) yansırma değeri

L_T = Eğimli yüzeye ait ve algılayıcı tarafından kaydedilmiş yansırma değeri

sz = Güneş'in zenit açısı

i = Yüzey normali (dikeyi) ile güneş ışırını arasındaki açı (geliş açısı)

şeklinde sıralanabilir. Yukarıda belirtilen formüle kullanılan "cos(i)" değeri de ayrıca hesaplanması gerekir. Bu hesap şu formülle gerçekleştirilir;

$$\cos(i) = \cos(sz)\cos(s) + \sin(sz)\sin(s)\cos(sa-a) \quad (\text{CIVCO 1989})$$

Bu formüle geçen diğer simgeler ise;

s = Arazinin eğimi

a = Arazinin bakısı

sa = Güneş'in azimut açısı

olarak belirtilmiştir.

2.2.2.2. Minnaert Düzelme Yöntemi

Belçikalı astrofizikçi G.J. Minnaert basit kosinüs düzelme yöntemini geliştirmiş ve formüle "k" katsayısını eklemiştir. "k" değeri, yeryüzünün Lambertian olmayan yansırma özelliklerini ve pürüzlülüğünü ifade etmek üzere formüle eklenmiş bir katsayıdır. Minnaert sabiti olarak adlandırılan bu "k" katsayısının değeri 0 ile 1 arasında değişebilir. Lambertian yansırma gösteren yüzey için Minnaert katsayısının değeri 1 olur. Lambertian yansırma çok büyük sapma görüldüğü durumlarda bu değeri 0'a yaklaşmaktadır (KAHABKA 2000; MARTIN ve ark. 2000; TOKOLA 2001; ARSGISIP 2005).

Minnaert katsayısı "k", uydu verisinden elde edilen yansırma değeri ile, ilgili pikselin karşılık geldiği yeryüzü parçasına ait açısıl değerler arasındaki regresyon doğrusunun eğimi olacak şekilde ampirik olarak üretilir (Bağımlı değerşken: $\log[L_T \times \cos(s)]$; Bağımsız değerşken: $\log[\cos(i) \times \cos(s)]$). Yansırma özellikleri dalga boyuna bağlı olduğundan, bu katsayının her spektral bant için ayrı ayrı hesaplanması gereklidir.

COLBY (1991)'de belirtilen, Lambertian olmayan yaklaşım ile Minnaert ilişiklerine dayalı olarak elde edilmiş ve bu çalışırmada topoğrafik düzelme işlemi için kullanılan Minnaert yöntemine ait formül aşığıda verilmiştir.

$$L_{II} = L_T \frac{\cos(s)}{\cos^k(i) \cos^k(s)}$$

2.2.3. Görüntülerin Sınıflandırılması

Araştırmanın amacına uygun olarak, araştırma alanına ait, topoğrafik düzeltme işlemi uygulanmamış Landsat ETM⁺ görüntüsü ile Kosinüs ve Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemlerinin uygulandığı görüntüler sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi en yüksek olasılık (maximum likelihood) algoritması ve kontrollü sınıflandırma (supervised classification) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemlerinde kullanılan eğitim alanlarına ait yer gerçeği verileri ise, daha önce sayısal hale getirilmiş olan meşcere tipleri haritası, amenajman planı verileri ve görsel yorumlamaya dayalı olarak elde edilmiştir.

Belirlenen eğitim alanları ile ilk aşamada topoğrafik normalizasyon yapılmamış görüntü sınıflandırılmıştır. Bu görüntünün sınıflandırılması için oluşturulan "signature" dosyasından yararlanılarak, sınıflandırmada kullanılacak bantların belirlenmesi "transformed divergence" yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda sınıflandırmada kullanılmak üzere 1,2,4,5 bantları seçilmiştir. Seçilen bu bantlar ve belirlenen eğitim alanları ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sınıflandırma işlemi, aynı eğitim alanları ve aynı bant kombinasyonu ile Kosinüs ve Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemleri ile oluşturulan diğer iki görüntü için de uygulanmıştır.

Spektral sınıfları temsil eden bu sınıflandırılmış görüntülerden bilgi sınıflarını temsil edecek yeni sınıflandırılmış görüntülerin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla eğitim alanları için belirlenen yer gerçeği verilerinden yararlanılarak araştırma alanında oluşabilecek bilgi sınıfları belirlenmiştir.

Diğer taraftan seçilen eğitim alanlarının her birinin bilgi sınıflarından hangisine ait olduğu saptanmıştır. Böylece, eğitim alanlarını temsil eden ve belirlenen spektral sınıflara göre oluşturulmuş görüntüler elde edilen bu bilgilere göre bilgi sınıflarını temsil edecek şekilde yeniden kodlanmıştır (recode). Bu işlem her üç görüntüde de aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Topoğrafik Normalizasyon Görüntülerinin Elde Edilmesi

Çalışma alanının sınırlarını belirlemek için daha önce sayısallaştırılmış olan Samandere Orman İşletme Şefliği amenajman planı haritasından yararlanılmıştır. Buradan elde edilen sınır katmanı AOI (Area of Interest) dosyası haline dönüştürülerek tam uydu görüntüsü üzerine aktarılmıştır. Bu sınır katmanına göre tam görüntü kesilmiştir. Böylece araştırma alanına ait yeni görüntü oluşturulmuştur. Aynı şekilde, topoğrafik düzeltme işlemlerinde kullanılacak olan ve daha önce oluşturulmuş sayısal arazi modeli de kesilmiş ve çalışma alanını kapsayan sayısal arazi modeli elde edilmiştir.

Araştırma alanına ait uydu görüntüsünde Kosinüs düzeltme işlemini uygulamak için 2.2.2.1. bölümünde verilen formül kullanılmıştır. Bu nedenle, Erdas Imagine programının Model Maker modülünde yeni bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model ile Landsat ETM⁺ görüntüsüne topoğrafik düzeltme işlemi uygulanmıştır. Bu işlemde, sayısal arazi modelinden elde edilen eğim ve baki verileri ile uydu verisinden elde edilen güneşin yükseklik ve azimut açıları kullanılmıştır.

Minnaert topoğrafik düzeltme işleminin gerçekleştirilmesi için 2.2.2.2. bölümünde verilen formüldeki k katsayısının her bant için ayrı ayrı hesaplanması gereklidir. Bu amaçla, öncelikle çalışma alanına ait $\cos(i)$ ve $\cos(e)$ görüntüleri Erdas Imagine programının Model Maker modülündeki topoğrafik normalizasyon modeli kullanılarak elde edilmiştir. Hesaplanacak olan

katsayılar, pikselin yansıma değeri ile bu pikselin karşılık geldiği yeryüzü parçasına ait açılal değerler arasındaki regresyon doğrusunun eğimidir. Burada regresyon denklemlerinde kullanılacak 6 bantlı $\log[L_T \times \cos(s)]$ ve tek bantlı $\log[\cos(i) \times \cos(s)]$ görüntüleri yeni oluşturulan bir model ile elde edilmiştir. Daha sonra bu görüntüler topoğrafik düzeltmenin yapılmadığı 6 bantlı Landsat ETM⁺ görüntüsü ile birleştirilerek 13 bantlı yeni bir görüntü oluşturulmuştur. Bu görüntü üzerine rasgele 250 adet nokta yerleştirilmiştir. Bu noktalar "signature editor" ortamına aktarılmış ve buldukları piksellerin sayısal değerleri elde edilmiştir. Bu noktalardan yararlanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Sonuçta bulunan katsayılar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Hesaplanan Minnaert Katsayıları

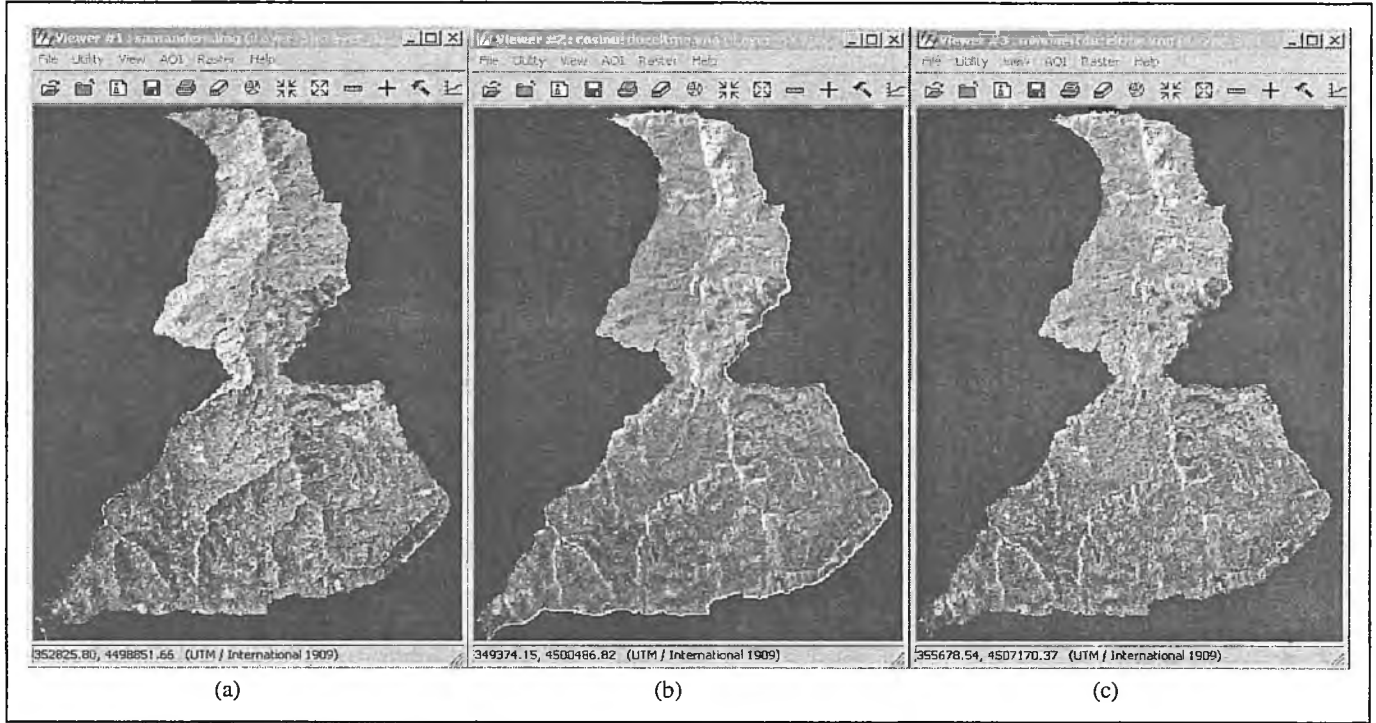
Table 2: Calculated Minnaert Coefficients

Bant (Band)	k katsayısı (Constant "k")
ETM ⁺ _1	0.4477
ETM ⁺ _2	0.6035
ETM ⁺ _3	0.5522
ETM ⁺ _4	0.7635
ETM ⁺ _5	0.7555
ETM ⁺ _7	0.7439

Minnaert katsayılarının hesaplanmasının ardından bu katsayılar, Erdas Imagine programının Model Maker modülündeki topoğrafik normalizasyon modeline yerleştirilmiş ve 2.2.2.2. bölümünde belirtilen formüle uygun olarak Landsat ETM⁺ görüntüsü topoğrafik normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemde de elde edilen k katsayıları ile birlikte sayısal arazi modelinden elde edilen açılal veriler ile uydu verisinden elde edilen güneşin yükseklik ve azimut açıları kullanılmıştır.

Topoğrafik düzeltme yapılmamış görüntü ile Kosinüs ve Minnaert topoğrafik düzeltme işlemleri uygulanmış görüntüler sırasıyla Şekil 5 a, b ve c'de verilmiştir.

LANDSAT ETM+ VERİLERİNDE TOPOĞRAFİK NORMALİZASYONUN...



Şekil 5: (a) Topoğrafik Düzeltme İşlemi Uygulanmamış Görüntü, (b) Kosinüs Düzeltme Yöntemi Uygulanmış Görüntü, (c) Minnaert Düzeltme Yöntemi Uygulanmış Görüntü. (5-4-3 bant kombinasyonu kullanılmıştır.)

Figure 5: (a) Uncorrected Image, (b) Cosine Corrected Image, (c) Minnaert Corrected Image (Composite of Bands 5-4-3)

3.2. Görüntülerin Sınıflandırılması ve Doğruluk Analizi

Görüntülerin sınıflandırılması işlemi, bölüm 2.2.3'de belirtildiği şekilde, üç görüntü için de gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için 94 adet eğitim alanı kullanılmıştır. Sınıflandırmalar sonucunda ulaşılabilecek sınıflandırma doğruluklarının karşılaştırılabilmesi için, sınıflandırma işleminde örnekleme hatasından kaçınılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla sınıflandırma işlemlerinde kullanılan eğitim alanlarının aynı olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca, bölüm 2.2.3'de açıklandığı şekilde, spektral sınıfları temsil eden sınıflandırılmış görüntülerden bilgi sınıflarını temsil edecek yeni sınıflandırılmış görüntülerin oluşturulması için belirlenen bilgi sınıfları aşağıdaki gibidir;

- İbrelili Orman
- Yapraklı Orman
- Karışık Orman
- Ziraat ve Açık alan

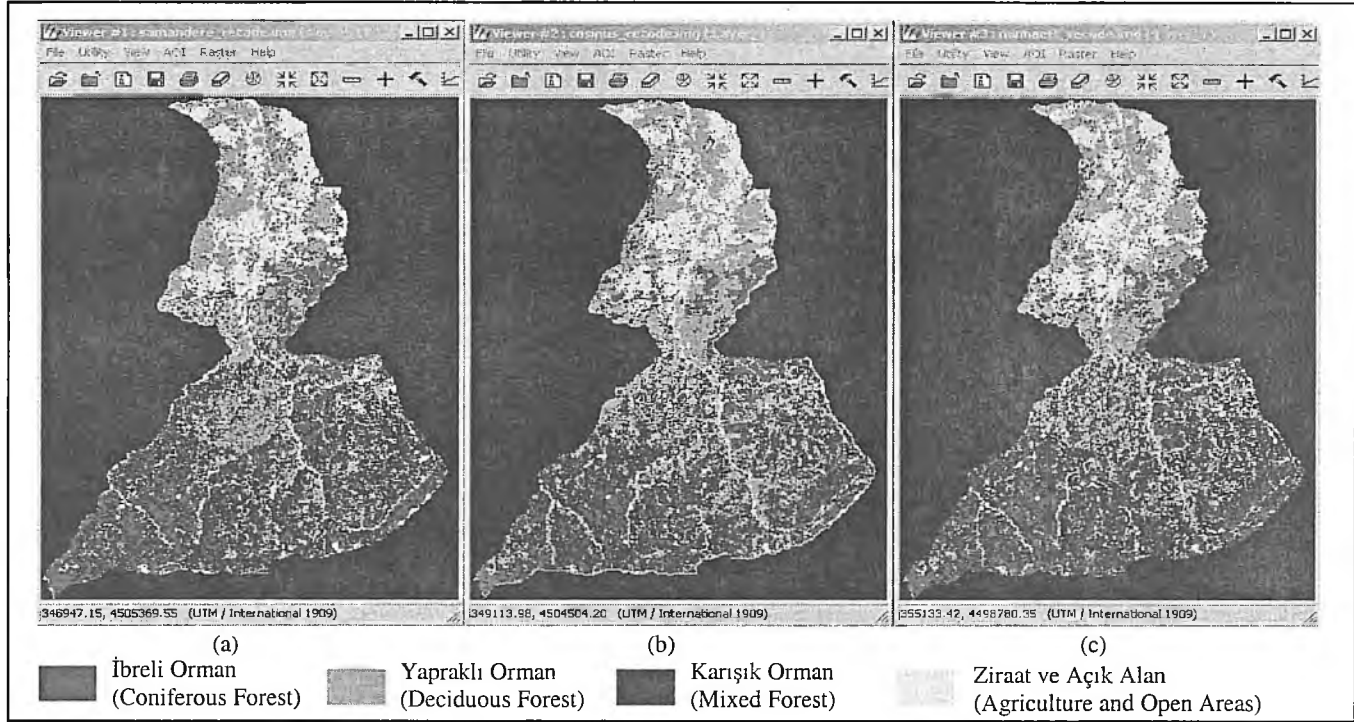
Sınıflandırılmış bu görüntüler bu ana bilgi sınıflarına göre yeniden kodlanmıştır. Böylece elde edilen ve doğruluk analizi işlemi uygulanan sonuç görüntüler Şekil 6'da verilmiştir.

Doğruluk analizi (accuracy assesment), doğru olduğu farz edilen coğrafi veri ile sınıflandırmayı kıyaslamada kullanılan genel bir terimdir (ERDAS 1991). Doğruluk, uzaktan algılanmış verilerin güvenilirliğini, işlevselliğini ve bilimsel olarak geçerliliğini etkiler. Bu nedenle, sınıflandırma doğruluklarının analizi, uzaktan algılama verilerinin kullanımı için önemli bir unsurdur (CAMPBELL 1996). Bir sınıflandırma uygulamasının tamamlanabilmesi için, elde edilen sonuçların doğruluğunun belirlenmesi gereklidir (RICHARDS/JIA 1999). Uzaktan algılamada elde edilebilecek tahmin doğruluğu % 80 ve bu oranın üzerinde ise, sınıflandırma doğru ve güvenilir kabul edilmektedir (SWAIN/DAVIS 1978). Bu çalışmada da kullanılan topoğrafik düzeltme yöntemlerinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisinin belirlenmesi için görüntüler sınıflandırılmış ve elde edilen sınıflandırma sonuçları doğruluk analizi işlemine tabi tutulmuştur.

Sınıflandırılmış sonuç görüntülerde doğruluk analizleri yapılabilmesi için referans noktalarının belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla görüntü üzerine rasgele dağıtılmış 200 yer kontrol noktası belirlenmiştir. Bu yer kontrol noktalarına ait yer gerçeği bilgileri amenajman planı verileri ve görsel yorumlama ile belirlenmiştir. Her üç görüntünün doğruluk analizinde örnekleme hatasından kaçınmak amacıyla aynı referans noktaları kullanılmıştır. Elde edilen doğruluk analizi sonuçları Tablo 3, 4 ve 5'de verilmiştir.

Doğruluk analizi sonucunda bulunan toplam sınıflandırma doğruluğu değerlerine bakıldığında her üç görüntü için de yeterli kabul edilen doğruluk seviyesine ulaşıldığı görülmüştür. Sınıflandırma doğrulukları sınıf bazında değerlendirildiğinde, görüntülerde farklı doğruluk seviyeleri ile karşılaşılmıştır. Ancak, görüntülerin sınıflandırılmasından elde edilen genel doğruluk seviyeleri incelendiğinde, sırasıyla topoğrafik düzeltmenin uygulanmadığı görüntüde %89, kosinüs düzeltmenin uygulandığı görüntüde %93.50 ve Minnaert düzeltmenin uygulandığı görüntüde ise %96 değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında, en yüksek toplam doğruluğun Minnaert topoğrafik düzeltmenin uygulandığı görüntünün sınıflandırılması sonucunda bulunduğu görülmüştür.

LANDSAT ETM+ VERİLERİNDE TOPOĞRAFİK NORMALİZASYONUN...



Şekil 6: (a) Topoğrafik Düzeltme İşlemi Yapılmadan Sınıflandırılmış Görüntü, (b) Kosinüs Düzeltme Yöntemi Uygulandıktan Sonra Sınıflandırılmış Görüntü, (c) Minnaert Düzeltme Yöntemi Uygulandıktan Sonra Sınıflandırılmış Görüntü

Figure 6: Classified and Recoded Images, (a) Uncorrected Image, (b) Cosine Corrected Image, (c) Minnaert Corrected Image

Tablo 3: Topoğrafik Düzeltme Uygulanmayan Landsat ETM⁺ Görüntüsü Sınıflandırma Doğruluğu SonuçlarıTable 3 : Results of Classification Accuracy (Uncorrected Landsat ETM⁺)

Sınıf İsmi (Class Name)	Referans Toplamı (Reference Totals)	Sınıflandırılmış Toplam (Classified Totals)	Doğru Sayısı (Number of Corrects)	Üretici Doğruluğu (Producers Accuracy) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Users Accuracy) (%)
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	33	35	32	96.97	91.43
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	45	41	35	77.78	85.37
Karışık Orman (Mixed Forest)	75	75	65	86.67	86.67
Ziraat ve Açık Alan (Agriculture and Open Areas)	47	49	46	97.87	93.88
Toplam (Totals)	200	200	178		

Toplam Sınıflandırma Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) = 89.00 %

Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics): 0.8487

Tablo 4: Kosinüs Düzeltmesi Uygulanan Landsat ETM⁺ Görüntüsü Sınıflandırma Doğruluğu SonuçlarıTable 4 : Results of Classification Accuracy (Cosine Corrected Landsat ETM⁺)

Sınıf İsmi (Class Name)	Referans Toplamı (Reference Totals)	Sınıflandırılmış Toplam (Classified Totals)	Doğru Sayısı (Number of Corrects)	Üretici Doğruluğu (Producers Accuracy) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Users Accuracy) (%)
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	33	31	30	90.91	96.77
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	45	45	41	91.11	91.11
Karışık Orman (Mixed Forest)	75	76	69	92.00	90.79
Ziraat ve Açık Alan (Agriculture and Open Areas)	47	48	47	100.00	97.92
Toplam (Totals)	200	200	187		

Toplam Sınıflandırma Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) = 93.50 %

Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics): 0.9103

Tablo 5: Minnaert Düzeltmesi Uygulanan Landsat ETM⁺ Görüntüsü Sınıflandırma Doğruluğu SonuçlarıTable-5 : Results of Classification Accuracy (Minnaert Corrected Landsat ETM⁺)

Sınıf İsmi (Class Name)	Referans Toplamı (Reference Totals)	Sınıflandırılmış Toplam (Classified Totals)	Doğru Sayısı (Number of Corrects)	Üretici Doğruluğu (Producers Accuracy) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Users Accuracy) (%)
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	33	31	31	93.94	100.00
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	45	39	39	86.67	100.00
Karışık Orman (Mixed Forest)	75	82	75	100.00	91.46
Ziraat ve Açık Alan (Agriculture and Open Areas)	47	48	47	100.00	97.92
Toplam (Totals)	200	200	192		

Toplam Sınıflandırma Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) = 96.00 %

Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics): 0.9445

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda topoğrafik etkinin giderilmesi işleminin sınıflandırma doğruluğunu artırıcı bir unsur olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan topoğrafik düzeltme yöntemlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkileri incelendiğinde, topoğrafik düzeltme yapılmamış görüntüden elde edilen toplam sınıflandırma doğruluğuna göre Kosinüs düzeltme yönteminin %4, Minnaert düzeltme yönteminin ise %7 daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan ve en yüksek sınıflandırma doğruluğu sonuçlarını veren Minnaert topoğrafik düzeltme yönteminde k katsayılarının belirlenmesi işlemi önemlidir. Minnaert sabiti olarak adlandırılan bu k sabiti, birçok çalışmada görüntünün tamamı için belirlenirken bir kısım çalışmada da vejetasyon olan ve olmayan alanlar için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Ayrıca, literatürde Minnaert yönteminin geliştirilmiş modelleri de bulunmaktadır. Sunulan bu makalede, k katsayısı araştırma alanı içerisinde rasgele belirlenen noktalardan yararlanılarak her bant için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Topoğrafik düzeltmenin uygulanması, görüntüdeki piksellerin aydınlanma farklılıklarından kaynaklanan yanlış yansıma değerlerinin düzeltilmesini sağlamaktadır. Ülkemiz orman alanlarının genelde dağlık bölgelerde bulunduğu düşünüldüğünde, bu alanlarda uydu görüntüleri ile yapılacak çalışmalarda topoğrafik düzeltme işleminin uygulanması, görüntülerde topoğrafik etkilerden kaynaklanan radyometrik hataları en az düzeye indirgeyecektir. Bu çalışmada da görüldüğü gibi, topoğrafik etkinin giderildiği görüntülerin sınıflandırılmasıyla daha yüksek doğruluk seviyeleri elde edilebilmektedir.

EFFECT OF TOPOGRAPHIC NORMALIZATION ON CLASSIFICATION ACCURACY IN LANDSAT ETM⁺ DATA

Doç. Dr. Ayhan KOÇ
Y. Doç. Dr. Hakan YENER
Ar. Gör. H. Oğuz ÇOBAN

Abstract

Topographic correction is an important preprocessing step required in many remote sensing applications. Because of different topographic conditions, same objects show different brightness values in the image. Forest areas of our country are commonly found in mountainous areas. Therefore, in such areas, classification accuracy obtained from classified image is negatively affected.

In this study, Cosine and Minnaert topographic correction methods were used in Landsat ETM⁺ data. Corrected images and uncorrected image were classified according to supervised classification method. When the results of classifications were compared with each other it was determined that the topographic correction approaches yielded an improvement of the classification accuracy. The best overall classification accuracy was achieved from Minnaert method.

Key words: Radiometric correction, Topographic normalization, Topographical effect in satellite data, Cosine correction method, Minnaert correction method.

SUMMARY

Position of earth objects according to sun has an important role on illumination. Therefore, topography can cause same objects recorded with different brightness values in satellite data. To obtain correct and reliable results from satellite data used for scientific studies, topographic effects, especially in mountainous areas, have to be removed.

Aim of this study was to investigate the effect of Cosine and Minnaert topographic correction methods on classification accuracy in Landsat ETM⁺ data. Data used in this study were Landsat7 ETM⁺ scene (p178-r32) of 4 July, 2000, scale of 1/25000 topographic maps of Adapazari G26-c1, G26-c2 and forest management plan of Samandere Forest District belonging to years between 2000 and 2009.

The study area covers an area of 4084.3 ha (Figure 1). Altitude varies between 390 and 1715 meters. This area has typical characteristics of Blacksea climate. Forests in the area are dominated with deciduous and coniferous tree species (Anonymous 2000). Slope and aspect were analyzed and results were presented in Figure 2 and Figure 3.

In the image preprocessing stage of this study, Landsat ETM⁺ image was resampled with a UTM grid having a 30-meter cell size. For this purpose, 18 ground control points and first polynomial order were used. RMSE (Root Mean Square Error) was acquired under 0.5 pixel in geometrically corrected image. Other data sets used in this study were also geocoded with the same coordinate system and pixel size. In addition, single image normalization using histogram adjustment approach was applied for minimizing atmospheric effects in satellite data.

To calculate Minnaert constant “k”, 250 points were randomly distributed on satellite image. Regression analyses were established using brightness values of pixels in these points. As a result, “k” coefficients were obtained and shown in Table 2. Then Cosine and Minnaert topographic correction methods were applied in uncorrected image. Consequently uncorrected image, Cosine and Minnaert corrected images obtained were presented in Figure 5 a, b, c, respectively.

After all, uncorrected image, Cosine and Minnaert corrected images were classified according to aim of the study. In classification stage, maximum likelihood algorithm and supervised classification method were used. Same training areas (94) were used for all classifications. Classified images were recoded as main information classes including deciduous forest, coniferous forest, mixed forest and agriculture and open areas (Figure 6).

Since accuracy assessment analysis, 200 reference points were randomly assigned on output classified images. The same reference points were used for other three images to abstain from sampling errors. Results of accuracy assessment were shown in Table 3, Table 4 and Table 5.

At the end of the accuracy analyses, overall accuracy was found to be 89% in uncorrected image, 93.50% in cosine corrected image and 96% in Minnaert corrected image. When the results were compared with each other it was determined that the topographic correction approaches improved classification accuracy. The best overall classification accuracy was achieved from Minnaert method.

KAYNAKLAR

ANONİM 2000: Orman Genel Müdürlüğü, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Düzce, Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Samandere Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı, Ankara.

ARSGISIP, 2005: Applied Remote Sensing and GIS Integration for Model Parameterization, <http://www.geoinf.uni-jena.de/4784.0.html?&L=2>, (Son erişim tarihi: 11.10.2005).

BUHK, R., 2000: Modellbasierte Schätzung von Kronendeckungsgrad und -transparenz aus Landsat TM5 Fernerkundungsdaten unter Berücksichtigung reliefbedingter Beleuchtungseffekte, Dissertation, Freiburg im Breisgau.

CAMPBELL 1996: : Introduction to Remote Sensing. Second Edition. Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guildford Pres, New York-London.

- CCRS, 2005: Canada Centre for Remote Sensing, http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam_e.html, (Son erişim tarihi: 10.10.2005).
- CIVCO, D.L., 1989: Topographic Normalization of Landsat Thematic Mapper Digital Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 55: pp. 1303-1309.
- COLBY, J. D., 1991: Topographic Normalization in Rugged Terrain, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 57:5, pp. 531-537.
- ERDAS 1991: VGA ERDAS Ver. 7.5 Field Guide. 2nd Edition. ERDAS Inc., ATLANTA, Georgia, USA. pp.394.
- ERDAS 1995: ERDAS Imagine Field Guide. 3rd Edition. ERDAS Inc., Atlanta, Georgia, USA. pp.332
- ERDAS 1997: ERDAS Imagine Field Guide. 4th Edition. ERDAS Inc., 2801 Buford Highway, NE Atlanta, Georgia, 30329-2137 USA. pp.656.
- ERDİN, K., 1986: Fotoyorumlama ve Uzaktan Algılama, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3404, O.F. Yayın No: 381, İstanbul, 183 s.
- GU, D.; GILLESPIE A., 1998: Topographic Normalization of Landsat TM Images of Forest Based on Subpixel Sun-Canopy-Sensor Geometry, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 64, pp. 166-175.
- JENSEN, J.R., 1996: Introductory Digital Image Processing, Prentice-Hall Series in Geographic Information Science, ISBN: 0-13-205840-5, USA, 316 p.
- KAHABKA, H., 2000: Erfassung von neuartigen Waldschäden mit Landsat TM Satellitenbilddaten auf Basis eines bestehenden Stichprobennetzes, Dissertation. Freiburg.
- KENNEWEG, H., 2002: Neue methodische zur Fernerkundung in den Bereichen Landschaft, Wald und räumliche Planung, S. Dech et al. (Hsg.), Tagungsband 19. DFO-Nutzerseminar, 15-16 Oktober, s 127-137.
- KRAUS, K.; SCHNEIDER, W., 1990: Fernerkundung, Bant 1, Physikalische Grundlagen und Aufnahmetechniken, ISBN 3-427-78661-7, Dümmler Verlag, Bonn.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W., 1999: Remote Sensing And Image Interpretation, Fourth edition, John Wiley & Sons, Inc., USA, 724 p.
- MARTIN, H.; BETTINA, M., ANDRE, M., MARTIN, K., KLAUS, S., 2000: Zur Radiometrischen Reliefkorrektur von Fernerkundungsdaten, *Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation*, Vol. 5, ISSN: 1432-8364, pp. 347-354.
- MEYER, P.; ITTEN, K.I.; KELLENBERGER, T.; SANDMEIER, S.; SANDMEIER, R., 1993: Radiometric Corrections of Topographically Induced Effects on Landsat TM Data in an Alpin Environment, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 48:4, pp.17-28.
- MITRI, G. H.; GITAS, I. Z., 2004: A performance evaluation of a burned area object-based classification model when applied to topographically and non-topographically corrected TM imagery, *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 25:14, pp. 2863-2870.

- RIAÑO, D.; CHUVIECO, E.; SALAS J.; AGUADO, I., 2003: Assessment of Different Topographic Corrections in Landsat-TM Data for Mapping Vegetation Types, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol: 41, No: 5, pp. 1056–1061.
- RICHARDS, J.A.; JIA, X., 1999: Remote Sensing Digital Image Analysis, An introduction third revised and enlarged edition, Springer-Verlag, Germany, 363 p.
- RICHTER, R.; SCHLÄPFER, D., 2002: Geo-atmospheric processing of airborne imaging spectrometry data. Part 2: atmospheric/topographic correction, Int. J. Remote Sensing, Vol. 23:13, pp. 2631-2649.
- SESÖREN, A., 1999: Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar, Baskı : Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti., İstanbul, 126 s.
- SOENEN, A.S.; PEDDLE, D. R.; COBURN C.A., 2005: SCS+C: A Modified Sun-Canopy-Sensor Topographic Correction in Forested Terrain, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 9, pp. 2148-2159.
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M., 1978: Remote Sensing; The Quantitative Approach, McGraw-Hill Inc (Çeviri:MAKTAV, D.; SUNAR, F., 1991).
- TEILLET, P.M., 1986: Image Correction for Radiometric Effects in Remote Sensing, Int. J. Remote Sensing, Vol. 7:12, pp. 1637-1651.
- TOKOLA, T.; SARKEALA, J.; VAN DER LINDEN, M., 2001: Use of topographic correction in Landsat TM-based forest interpretation in Nepal, Int. J. Remote Sensing, Vol. 43:9, pp. 551-563.
- USGS 2005: The United States of Geological Surveying, <http://edc.usgs.gov/products/satellite/landsat7.html>, (Son erişim tarihi: 14.11.2005)