

---

SERİ

**B**

CİLT

**56**

SAYI

**2**

**2006**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

## DERGİSİ



F.1

## UYDU VERİLERİNDE TOPOĞRAFİK ETKİNİN GİDERİLMESİ YÖNTEMLERİ

Doç.Dr. Ayhan KOÇ<sup>1)</sup>  
Y.Doç.Dr. Hakan YENER<sup>1)</sup>  
Ar. Gör. H.Oğuz ÇOBAN<sup>1)</sup>

### Kısa Özet

Topoğrafya, uydu algılayıcılarına ulaşan enerjiyi önemli ölçüde etkileyerek, uydu verilerinde radyometrik bozulmaya neden olmaktadır. Farklı topoğrafik koşullar altında algılanmış uydu verilerinde, aynı objeler farklı yansıma değerleri göstermektedir. Bu durum özellikle dağlık alanlarda uydu verileri kullanılarak yapılan sınıflandırma çalışmalarında, sınıflandırma doğruluğunu olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada, topoğrafik farklılıklar ve alım zamanındaki güneşin pozisyonu nedeniyle uydu verilerinde ortaya çıkan etkiler ele alınmıştır. Ayrıca bu etkilerin giderilmesinde en çok kullanılan topoğrafik düzeltme yöntemleri de açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Radyometrik düzeltme, uydu verilerinde topoğrafik etki, topoğrafik düzeltme yöntemleri

### METHODS FOR CORRECTING TOPOGRAPHICAL EFFECTS IN SATELLITE DATA

#### Abstract

Topography affects magnitude of energy reflected from the terrain to the sensor, which causes radiometric distortion in satellite data. Because of different topographic conditions, same objects show different brightness values in the image. For this reason, especially in mountainous regions, accuracy result of image classifications is affected negatively.

In this study, effects that appear on satellite data due to topographical differences and position of the sun during the data collection were investigated. Furthermore, common topographic correction methods were also explained.

**Key words:** Radiometric correction, topographical effect in satellite data, topographic correction methods

<sup>1)</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı

## 1. GİRİŞ

Uydu verileri, özellikle doğal kaynakların saptanması ve izlenmesi çalışmalarında olduğu gibi, yeryüzüne ait çok çeşitli bilgilerin elde edilmesine yönelik çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır. 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 uygulamalarına 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. Daha sonra, kullanıcıya ulaşan bu veriler, çalışma amaçlarına yönelik olarak, kullanıcının teknik bilgi ve tecrübeleri yardımıyla işlenirler. Bu işlemlerden sonra uydu görüntülerinden yeryüzü hakkında doğru ve güvenilir bilgiler elde edilebilir.

Görüntü analizlerinde kullanılan görüntü işleme fonksiyonları, genelde aşağıdaki 4 kategori içerisinde toplanmaktadır (CCRS 2005).

- Ön İşleme (Preprocessing)
- Görüntü Zenginleştirme (Image Enhancement)
- Görüntü Dönüşümü (Image Transformation)
- Görüntü Sınıflandırma ve Analizi (Image Classification and Analysis)

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 algılayıcıdan kaynaklanan geometrik bozulmaların giderilmesi ve görüntünün istenilen dünya koordinatlarına dönüştürülmesi işlemidir. Radyometrik düzeltme, 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; LU ve ark. 2002)

Pasif uzaktan algılama sistemlerinin temel ışınım kaynağı güneştir (ERDİN 1986). Atmosferde ya da uzayda bulunan algılayıcılar (sensors) yeryüzünden yansıma ve yayılma yoluyla kendilerine ulaşan enerjiyi kaydederler (SESÖREN 1999). Daha sonra bu kayıtlar, sayısal değerler 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 yansıma özelliği göstermektedir. Bu durum, bir görüntü içerisindeki aynı objelerin, sınıflandırılma 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 olarak doğru sonuçlar alabilmek için, özellikle dağlık alanlarda topoğrafik etkinin giderilmesi gerekmektedir.



Bu çalışmada, uydu verilerinde topoğrafik etki ve bu etkinin giderilmesinde kullanılan yöntemlerden Kosinüs, Minnaert ve C düzeltme yöntemleri açıklanmaktadır.

## 2. UYDU VERİLERİNDE TOPOĞRAFİK ETKİ

Uydu sistemleri tarafından algılanan ve kaydedilen enerji içerisinde topoğrafyanın etkisinin anlaşılabilmesi için, öncelikle ışınma ve hedef arasında oluşan etkileşimin açıklanması gerekir. Atmosferde saçılmayan ve yutulmayan enerji yer yüzeyine ulaşır ve yer yüzeyi ile etkileşim içerisine girer. Yeryüzü ile oluşan etkileşimin ise 3 şekli vardır. Bunlar;

- Yutulma (Absorption),
- İletilme, yapılarından geçirme (Transmission)
- Yansıtılma (Reflection)

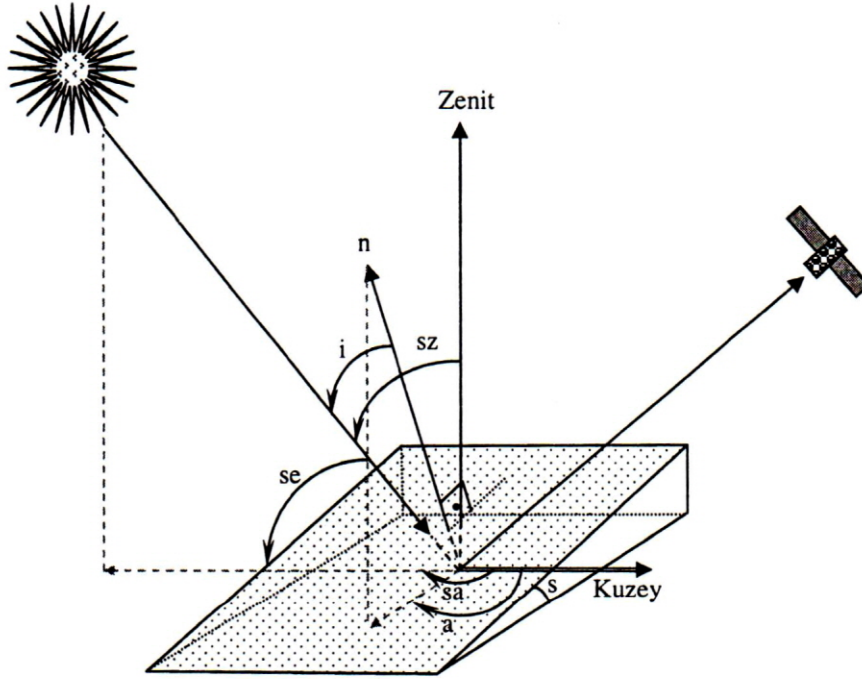
Yer yüzeyine ulaşan toplam enerji, enerjinin dalga boyu, materyal ve özel şartlara bağlı olarak farklı oranlarda olmak üzere, yeryüzü objeleri ile bu üç etkileşim şeklinden biri veya hepsiyle etkileşim içerisine girer (ERDİN 1986; CCRS 2005).



**Şekil 1:** Işın-obje etkileşimi; A:Yutma (Absorption), T: İletme (Transmission), R:Yansıtma (Reflection), I: Gelen ışın (Incident) (CCRS 2005)

Bir cisim elektromanyetik enerjiyi iletir, yutar veya yansıtır. İletme ya da yapılarından geçirme, ışınma (enerji)'nin bir hedef (obje)'in içinden geçmesi durumunda meydana gelir. Yutma ya da soğurma, ışınmanın bir hedef içerisinde absorbe edilmesi ile meydana gelir. Yansıtma ise gelen ışınmanın bir hedefe çarptıktan sonra doğrultusunun değişerek farklı yönlerde saçılması anlamına gelir. Bu etkileşimler sonucunda objeler, yapısal özelliklerine bağlı olarak, elektromanyetik spektrumun farklı kesimlerinde farklı reaksiyonlar gösterirler. Gelen enerjiye gösterdikleri reaksiyon onların spektral imzası olarak tanımlanır ve böylece birbirlerinden ayırt edilirler.

Yeryüzü, güneş ve algılayıcı arasında, algılama anında oluşan geometrik yapı da, kaydedilen yansımayı etkiler. Şekil 2'de güneş ve uydu algılayıcısının pozisyonuna ve yeryüzüne bağlı oluşan geometrik yapı ve açılar gösterilmektedir.



Şekil 2: Güneş-yeryüzü ve algılayıcı arasındaki geometri ve oluşan açılar (RIAÑO ve ark. 2003'ten düzenlenmiştir).

Burada oluşan açılar;

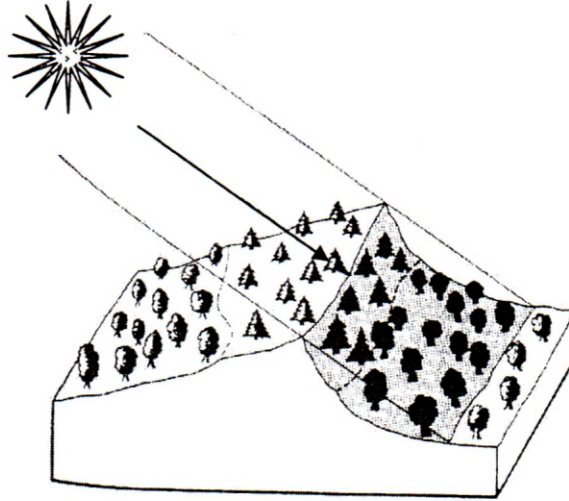
- s : Arazinin eğimi
- a : Arazinin bakışı
- n : Yüzey normali
- sa : Güneşin azimut açısı
- se : Güneşin yükseklik açısı
- sz : Güneşin zenit açısı
- i : Yüzey normalini (dikeyi) ile güneş ışını arasındaki açı (geliş açısı)

sembolleri ile gösterilmiştir.

Yeryüzünden algılayıcıya ulaşan elektromanyetik enerji, algılayıcı tarafından, sistemin radyometrik çözünürlüğüne bağlı olarak sayısal bir değer ile kaydedilir. Bu sayısal değer, örneğin radyometrik çözünürlüğü 8 bit ( $2^8$ ) olan Landsat ETM<sup>+</sup> algılayıcısında 0-255 aralığında iken, radyometrik çözünürlüğü 11 bit ( $2^{11}$ ) olan Ikonos, Quickbird gibi uydu görüntülerinde 0-2047 aralığında olabilir.

Topoğrafik normalizasyon, arazinin düzensiz şekli yüzünden oluşan aydınlanma farklılıklarının giderilmesine yönelik bir işlemdir. Bu etki, aynı vejetasyon tiplerinin yansıma değerlerinde büyük değişikliklere sebep olur. Gölge alanlar beklenenden daha az, güneşli alanlar beklenenden daha fazla yansıma gösterirler (Şekil 3)(JENSEN 1996; LILLISAND/KIEFER 1999; RIAÑO ve ark. 2003). Bu etkinin uzaklaştırılması için literatürde çoğunlukla sadece sayısal arazi modellerini kullanarak topoğrafik etkinin giderilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve topoğrafik düzeltme yöntemleri ortaya konmuştur (JANSA 1998; TOKOLA 2001). Bununla birlikte en uygun (optimal) bir düzeltme modeli için dağınık ve direkt ışın miktarlarının da dikkate alınması zorunludur. Dağınık ışınların bileşenleri ancak alım anındaki atmosferik bilgiler ile birlikte elde edilebilir. Bu nedenle farklı yazarlar topoğrafik normalizasyon modellerinin atmosferik düzeltme ile kombine edilmesini denemişlerdir (BUHK 2000; KAHABKA 2000; RICHTER/SCHLÄPFER 2002; MITRI/GITAS 2004).

Diğer taraftan, topoğrafik etkinin giderilmesine yönelik literatürde başkaca yöntemlerle de karşılaşılmaktadır. Bu yöntemlerden en basit olanı, farklı bantlardaki piksellerin sahip olduğu yansıma değerlerinin oranlandığı, görüntü oranlama yöntemidir (LILLISAND/KIEFER 1999; KAHABKA 2000; RIAÑO ve ark. 2003). Ayrıca, orman alanlarında topoğrafik etkinin giderilmesi için meşcerelerin kapalılığını dikkate alan, güneş-meşcere tepe çatısı-algılayıcı (sun-canopy-sensor) modeli geliştirilmiştir (GU/GILLESPIE 1998; SOENEN 2005).



Şekil 3: Topoğrafyanın aydınlanmaya etkisi (LILLESAND/KIEFER 1999).



### 3. TOPOĞRAFİK DÜZELTME YÖNTEMLERİ

#### 3.1. Kosinüs Düzeltme Yöntemi

Bu yöntemde, yüzey yansıtmasının Lambertian olduğu varsayılmıştır. Bu varsayıma göre, bir yüzey üzerine düşen ışınımın her yönde eşit şekilde yansıdığı kabul edilmektedir. Bu nedenle söz konusu bu yöntem sadece yüzey oryantasyonundan kaynaklanan ışım farklılıklarının giderilmesini sağlar. Özellikle dağlık bölgelerde oluşan yansıtma farklılıklarını ve atmosferde saçılan ışınımın 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 formülde belirtilen simgeler:

$L_H$  = Yatay yüzeye indirgenmiş (düzeltilmiş) yansıma değeri

$L_T$  = Eğimli yüzeye ait ve algılayıcı tarafından kaydedilmiş yansıma değeri

$sz$  = Güneş'in zenit açısı

$i$  = Yüzey normali (dikeyi) ile güneş ışını arasındaki açı

şeklinde sıralanabilir. Yukarıda belirtilen formülde kullanılan "cos(i)" değerinin 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 formülde geçen diğer simgeler ise;

$s$  = Arazinin eğimi

$a$  = Arazinin bakışı

$sa$  = Güneş'in azimut açısı

olarak belirtilmiştir.

Kosinüs Düzeltme Yöntemi (Cosine correction method)'nde esas alınan Lambertian yansıtma özelliği birçok durumda gerçekleşmez. Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınım, hem atmosferik koşullar, hem de yüzey topoğrafyası ile yüzey örtü tiplerinden etkilenerek, değişik yönlerde ve değişik miktarlarda yansımaya uğrar. Bu etkileri dikkate almayan bu yöntemin, güneş gören yamaçlardaki yansımaya değerinin altında, güneş görmeyen yamaçlardaki yansımaya ise değerinin üstünde düzeltme uyguladığı görülmüştür. Böylece güneş görmeyen yamaçlardaki cisimlerin çok parlak, güneş gören yamaçlardakilerin ise normalden daha az parlak hale geldiği görülür. Dolayısıyla bu yöntem uydu görüntülerinde aşırı düzeltmeye (overcorrection) neden olur. Bu nedenle, Lambertian kabulün genel geçerli olmadığı ve bu yöntem kullanılarak yapılan

topoğrafik düzeltme işleminin sonucunda, elde edilen görüntüde aşırı düzeltmenin yapıldığı belirtilmektedir (RIAÑO ve ark. 2003; ARSGISIP 2005).

### 3.2. Minnaert Düzeltme Yöntemi

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

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

Minnaert katsayısı "k", uydu verisinden elde edilen yansıma değeri ile, ilgili pikselin karşılık geldiği yeryüzü parçasına ait açılal değerler arasındaki regresyon doğrusunun eğimi olacak şekilde ampirik olarak üretilir. Yansıma özellikleri dalga boyuna bağlı olduğundan, bu katsayının her spektral bant için ayrı ayrı hesaplanması gereklidir.

Ayrıca, COLBY (1991)'de belirtilen, Lambertian olmayan yaklaşım ile Minnaert ilişkileri kullanılarak elde edilen ve topoğrafik düzeltme işleminde uygulanan formül de aşağıda verilmiştir. Bu formülde de "k" katsayısı yukarıda belirtilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$L_H = L_r \frac{\cos(s)}{\cos^k(i) \cos^k(s)}$$

COLBY (1991), Landsat TM görüntüsünü kullandığı çalışmasında, Minnaert katsayısını her bantta görüntünün tamamı için ve görüntü içerisinde belirlenen örnek alanlar için ayrı ayrı hesaplamıştır. Böylece farklı yüzey örtü tipleri için hesaplanan "k" katsayısının kullanıldığı düzeltmelerin analizinde daha iyi sonuçlara ulaşıldığını belirtmiştir. Benzer şekilde MARTIN ve ark. (2000) Landsat TM görüntülerini kullanarak yaptıkları çalışmalarında, her bir bant için bütün görüntü bazında Minnaert katsayılarını (k) hesaplamışlardır. Buna ek olarak oluşturulan vejetasyon indeksleri ile görüntü alanındaki vejetasyon olan ve olmayan alanları belirlemişlerdir. Bu alanlardan yararlanarak yeryüzünün farklı yansıtma davranışlarını dikkate almak için daha önce elde edilen "k" katsayılarını düzeltmişlerdir. Bu şekilde topoğrafik düzeltmenin yapıldığı görüntüler ve topoğrafik düzeltme uygulanmayan görüntüler sınıflandırılmıştır. Elde edilen sınıflandırmaların doğrulukları karşılaştırılmış ve topoğrafik düzeltmenin yapıldığı görüntülerden elde edilen sonuçların doğruluğunun düzeltilmemiş görüntülerden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının doğruluğundan %10'a varan oranda daha iyi olduğunu bulmuşlardır.



### 3.3. C Düzeltme Yöntemi

Bu yöntemde Minnneart yönteminde olduğu gibi basit kosinüs düzeltmesinde ortaya çıkan aşırı düzeltimleri engellemek amaçlanmıştır. C düzeltme yöntemi yarı ampirik bir düzeltme yöntemidir. Basit kosinüs düzeltme formülüne eklenen C faktörü, yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanan dağınık ışığı modellemesinin yanı sıra, düşük geliş açılarında oluşan aşırı düzeltmeleri de engellemektedir (KAHABKA 2000; JENSEN 1996; BUHK 2000).

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

C faktörü,  $\cos(i)$  (bağımsız değişken) ve algılayıcıda ölçülen yansıtma değeri (bağımlı değişken) arasında oluşan regresyon doğrusunun ( $y=b+mx$ ) katsayılarının ( $m$  ve  $b$ ) oranı ile elde edilir.

$$c = \frac{b}{m} \quad (\text{JENSEN 1996})$$

## 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Topoğrafik düzeltmede kullanılan Lambertian varsayım, işlemleri sadeleştirmektedir. Ancak gerçekçi olduğu söylenemez. Çünkü yeryüzeyi genellikle Lambertian olmayan yansıtma özellikleri gösterir. Çok sayıda araştırma Lambertian kabullenişin genel geçerli olmadığını, ancak belirli şartlar altında kullanılabileceğini belirtmektedir (CIVCO 1989; RIAÑO ve ark. 2003). Yeryüzünün Lambertian olmayan yansıtma özelliklerini modelleyebilmek için çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, çift yönlü yansıtma dağılım fonksiyonu (BRDF: Bidirectional Reflectance Distribution Function) hem algılama geometrisinin, hem de yüzey şekli ve örtü tiplerinin neden olduğu yansımaları birlikte modelleyebilmek için oluşturulmaktadır (GAO ve ark. 2003; BEISL/WOODHOUSE 2004; PELTONIEMI ve ark. 2005). Ancak BRDF'nin belirlenmesi ise oldukça karmaşıktır. Çünkü burada olası bütün geliş açıları ve olası bütün yansıtma açılarının hesaba katılması gerekmektedir. Bu nedenle, yeryüzünün yansıtma özelliklerinin tamamının modellenmesi mümkün görülmemektedir. Bu yüzden bazen yüzeyin Lambertian olmayan özelliklerine karşın yüzeyi Lambertian olarak kabul etmek daha uygun olmaktadır.

CIVCO (1989) ve JENSEN (1996)'e göre topoğrafik düzeltme yöntemlerine yönelik çalışmalar aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir.

1. Kullanılacak uydu görüntüsü ile aynı yere ait sayısal arazi modelinin (SAM) geometrik çözünürlüklerinin aynı olması gereklidir.

2. Uzaktan algılama verilerinde topoğrafik etkinin giderilmesi amacıyla Lambertian yüzey yaklaşımının kullanılması çoğunlukla aşırı düzeltmeye neden olur. Bu düzeltme yöntemi uygulandığında, güneş görmeyen yamaçlarda (kuzey yarı küredeki kuzey bakılar), güneş gören yamaçlara göre (kuzey yarı küredeki güney bakılar), daha fazla yansıtma değeri ortaya çıkar. Bu durum, bu yöntemle ideal bir topoğrafik düzeltmenin gerçekleştirilemediğini göstermektedir.

3. Topoğrafik etkinin giderilmesinde kullanılan birçok teknik güneşten gelen direkt ışığı dikkate alır ve arazi topoğrafyasından kaynaklanan saçılma sonucu oluşan dağınık ışığı dikkate almaz.

4. Gözlemlenen yansıma genellikle dalga boyuna bağlı olarak çok yönlü ışımadan kaynaklanan özellikler göstermektedir. Bu nedenle topoğrafik düzeltme amacıyla yapılan modellemelerde güneş, yeryüzü ve algılayıcı sistem arasında oluşan geometri dikkate alınmalıdır.

5. Gerekli olan düzeltme miktarı dalga boyunun bir fonksiyonudur. Özellikle topoğrafik koşullardan daha fazla etkilenen orta kızıl ötesi (middle-infrared) bantlarda düzeltme katsayılarına daha fazla dikkat edilmelidir.

6. Topoğrafik düzeltme, örneğin derin vadilerin bulunduğu alanlarda ortaya çıkan gölgelenmelerde olduğu gibi aşırı gölgeli alanlardaki topoğrafik etkileri tamamıyla gideremez.

Yeryüzünün topoğrafik yapısının değişkenliği nedeniyle, özellikle ülkemiz gibi dağlık bölgelerin yoğunlukta olduğu yerlerde yapılacak çalışmalarda, görüntüye uygulanacak topoğrafik düzeltme Lambertian olmayan yaklaşımı gerektirir. Minnaert katsayısının görüntünün her bandı için ayrı ayrı hesaplanmasının yanında, her bir bant için görüntüdeki farklı eğim, bakı, yüzey örtü tipi gibi faktörler birlikte ele alınarak farklı katsayıların hesaplanması daha uygun olacaktır.

Son yıllarda doğal kaynaklara yönelik yapılan çalışmalarda uydu verilerinin kullanımı artmaktadır. Uydu verilerinden sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için ham verilere uygulanan ön işlemler, veriler üzerinde sonraki işlem aşamalarını etkileyen kalıcı değişikliklere neden olur. Topoğrafik etkinin giderilmesi de bu ön işlemlerden biri olduğundan, topoğrafik normalizasyonda kullanılacak yöntemler bilinçli olarak seçilmeli ve uygulanmalıdır. Ülkemizde değişik bölgelerde uydu verileri ile yapılacak çalışmalarda bu noktalara dikkat edilmesi yerinde olacaktır.

## KAYNAKLAR

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).

BEISL, U., WOODHOUSE N., 2004: Correction of Atmospheric and Bidirectional Effects in Multispectral ADS40 Images for Mapping Purposes, ISPRS, XX<sup>th</sup> Congress, Proceedings, Vol. XXXV, Part B7, Commission VII, Istanbul.

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

CCRS, 2005: Canada Centre for Remote Sensing, [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam_e.html), (Son erişim tarihi: 10.10.2005).

COLBY, J. D., 1991: Topographic Normalization in Rugged Terrain, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 57:5, pp. 531-537.

CIVCO, D.L., 1989: Topographic Normalization of Landsat Thematic Mapper Digital Imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55:9, pp. 1303-1309.



- 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.
- GAO, F., SCHAAF, C.B., STRAHLER, A.H., JIN, Y., LI, X., 2003: Detecting vegetation structure using a kernel-based BRDF model, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86, pp. 198–205.
- 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.
- JANSA, J., 1998: A Global Topographic Normalization Algorithm for Satellite Images, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary.
- 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.
- 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.
- LU, D., MAUSEL, P., BRONDIZIO E., MORAN, E., 2002: Assessment of Atmospheric Correction Methods for Landsat TM Data Applicable to Amazon Basin LBA Research, *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 23:13, pp. 2651-2671.
- MARTIN, H., BETTINA, M., ANDRE, M., MARTIN, K., KLAUS, S., 2000: Zur Radiometrischen Relieffkorrektur von Fernerkundungsdaten, *Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation*, Vol. 5, ISSN: 1432-8364, pp. 347-354.
- 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.
- PELTONIEMI, J.I., KAASALAINEN, S., NÄRÄNEN, J., RAUTIAINEN, M., STENBERG, P., SMOLANDER, H., SMOLANDER, S., VOIPIO, P., 2005: BRDF Measurement of Understorey Vegetation in Pine Forests: Dwarf Shrubs, Lichen and Moss, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 94, pp. 343–354.
- 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.

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.