

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YANMIŞ ORMAN ALANLARININ BELİRLENMESİNDE TOPOGRAFİK DÜZELTMENİN ETKİSİ

Gül Nur KARAL NESİL^{1*}, Nebiye MUSAOĞLU¹

^{1*}Arş. Gör., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, karalg@itu.edu.tr
¹Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, musaoglune@itu.edu.tr

ÖZET

Orman yangınları tüm Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde özellikle yoğun olarak Akdeniz Bölgesi ve çevresinde olmak üzere birçok yangın meydana gelmekte ve bu yangınlar sonucunda can ve mal kayıpları oluşmaktadır. 1997-2018 yılları arasında meydana gelen orman yangınlarında yıllık ortalama 10305 ha alan yanmıştır. 2021 yaz aylarında ise orman yangınları artmış 299 orman yangını meydana gelmiş 150 bin hektardan fazla orman kaybı olmuştur. Yanan orman alanlarının sınırlarının, yangının etkisinin ve boyutlarının belirlenmesi sonuçların sayısal olarak ortaya konması geniş orman alanlarında yersel çalışmalarla oldukça zor ve zaman alıcıdır. Bu bağlamda uydu görüntüleri önemli bir veri kaynağıdır.

Uydu görüntülerinden alan hesaplamalarında özellikle değişken topografik yapıya sahip bölgelerde alanın topografyası göz önünde bulundurulmadığında yanıltıcı sonuçlar üretilebilir. Bu nedenle uydu görüntülerinden sonuç üretilmeden topografik düzeltme görüntü ön işleme adımı önem taşır. Bu çalışmada 2021 yılında Manavgat'ta meydana gelen orman yangını sonrasına ait Pleiades görüntüsüne uygulanan farklı topografik düzeltme yöntemlerinin sonuçlarının alan hesabına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla literatürde sıklıkla kullanılan Cosine ve Minnaert topografik düzeltme yöntemleri ile Pixel Based Minnaert (PBM) ve Path Length Correction (PLC) yöntemleri görüntüye uygulanarak sonuçları görsel ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizlerde görüntüdeki standart sapma (SD) ve varyasyon katsayıları (CV) irdelenmiştir. Daha sonra topografik düzeltme uygulanmış görüntülerden yanmış orman alanları belirlenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda en yüksek doğruluğu Minnaert ve PBM yöntemlerinin sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Görüntü ön işleme, Minnaert Yöntemi, Pleiades, topografik düzeltme

ABSTRACT

EFFECT OF TOPOGRAPHIC CORRECTION ON DETERMINATION OF BURNED FOREST AREAS FROM HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

Forest fires are an important problem in our country as well as in the whole world. Many fires occur in our country, especially in and around the Mediterranean Region, and as a result of these fires, loss of life and property occurs. In the forest fires that occurred between 1997-2018, an average of 10305 ha area was burned annually. In the summer of 2021, forest fires increased, 299 forest fires occurred, and more than 150 thousand hectares of forest were lost. It is very difficult and time-consuming to determine the boundaries of the burned forest areas, the effect of the fire and its aspects, and to present the results numerically with terrestrial studies in large forest areas. In this context, satellite images are an important data source.

Misleading results can be produced when the topography of the area is not taken into account, especially in regions with variable topography, in area calculations from satellite images. For this reason, the topographic correction image preprocessing step is important before producing results from satellite images. In this study, the effects of the results of different topographic correction methods applied to the Pleiades image after the forest fire in Manavgat in 2021 were investigated. For this purpose, Cosine and Minnaert topographic correction methods, which are frequently used in the literature, and Pixel Based Minnaert (PBM) and Path Length Correction (PLC) methods were applied to the image and the results were compared visually and statistically. In statistical analysis, standard deviation (SD) and coefficients of variation (CV) in the image were examined. Then, the burned forest areas were determined from the topographically corrected images and the results were compared. As a result of the evaluations, Minnaert and PBM methods provided the highest accuracy.

Key Words: Image preprocessing, Minnaert Method, Pleiades, topographic correction

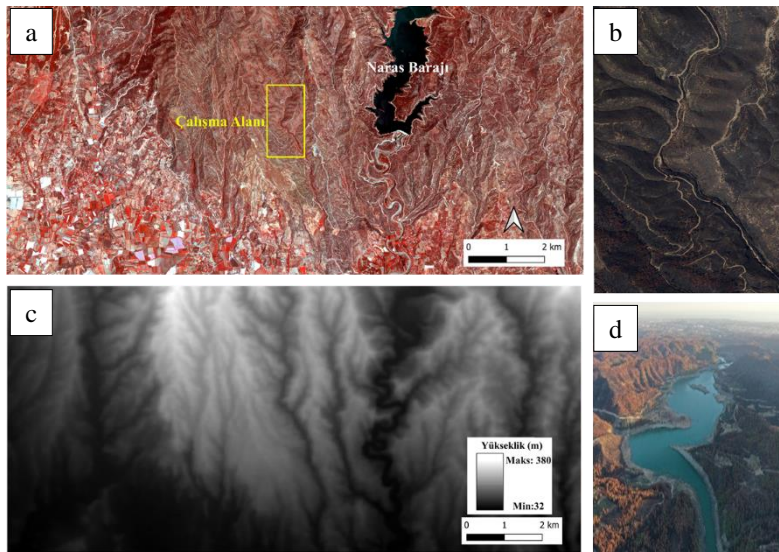
1. GİRİŞ

Ülkemizde geniş alanlara yayılan ormanlar genel olarak engebeli arazilerde bulunmaktadır. Topografyanın engebeli olmasından dolayı Güneş'in geliş açısına bağlı olarak aydınlanma düzeyinde farklılıklar oluşmaktadır. Topografik koşulların değişken olması uydu görüntüsü üzerinden yapılan alan hesaplarına ve arazi örtüsü türü dağılımının belirlenmesine etki etmektedir. Aynı özellikte ancak farklı eğim ve bakılara sahip bölgelerde farklı yansımaya değerleri oluşmaktadır. Bu yüzden engebeli arazilerde aynı örtü tipine sahip olsa da yansıtım değerleri arasındaki farklılıklar fazladır. Bu farklılıklar aynı arazi örtüsü sınıfı için gölgede daha düşük güneşte daha yüksek yansımaya değerlerine neden olur (Füreder, 2010). Farklı topografik koşullar benzer arazi örtüsü sınıflarının farklı yansıtım değerleri göstermesine sebep olabileceği için bu durum uydu görüntülerinden bilgi çıkarmada yanıltıcı sonuçlar elde edilmesine yol açabilir. Bu nedenle özellikle değişken topografik yapıya sahip orman alanlarında uydu görüntülerinden bilgi çıkartılmasında topografik düzeltme önemli bir görüntü ön işleme adımındır. Topografik düzeltme yöntemleri, topografik değişkenliklerden kaynaklanan aydınlanma farklılıklarını giderip, aynı örtü tipleri için yansıtım değerleri arasındaki farklılıkları azaltır. Bu sayede düz bir yüzey üzerinde kaydedilecek yansıtım değerlerine yakın değerler elde edilmektedir (Hurni vd., 2019). Chen vd. (2020) dağlık alanlar üzerinde topografik düzeltme yöntemlerinin uygulanmasının bu alanlar üzerindeki bitki örtülerinin izlenmesine fayda sağladığını belirtmişlerdir. Jiang vd. (2022) engebeli orman alanlarında bitki örtüsü haritalaması için sıkça kullanılan kırmızı-yeşil-mavi ve yakın kızılötesi dalga boyuna sahip bantlarda gölge etkisini topografik düzeltme yöntemleri ile gidermenin önemli bir husus olduğunu belirtmişlerdir. Buchner vd. (2020) topografik değişkenliğin, dağlık ve ormanlık alanlarda arazi örtüsü değişimi, sınıflandırma gibi analizleri olumsuz etkilediğini belirterek topografik düzeltme sonucu elde edilen görüntülerle daha yüksek doğruluklu sonuçlar elde etmişlerdir.

2021 yılı temmuz ve ağustos aylarında ülkemizde özellikle Akdeniz Bölgesi'nde geniş alanlara yayılan orman yangınları meydana gelmiştir. Yangına maruz kalan ormanların alansal büyüklüğünün ve mekânsal dağılımının belirlenmesi önem taşımaktadır. Uydu görüntüleri orman yangınlarının etkilerinin araştırılmasında önemli bir veri kaynağıdır (Musaoğlu vd., 2021). Uydu görüntülerinden sonuç üretilmesinde görüntüdeki topografik değişkenliklerin etkilerinin en aza indirilmesi üretilen sonuçların doğruluğunu arttıracaktır. Bu çalışma kapsamında 2021 yılında Manavgat'ta meydana gelen orman yangını sonrası elde edilen Pleiades uydu görüntüsüne farklı topografik düzeltme yöntemleri uygulanarak sonuçlar görsel ve istatistik olarak karşılaştırılmıştır.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında 28 Temmuz 2021 tarihinde başlayan, Manavgat ve çevresini büyük ölçüde etkileyen orman yangını sonrasına ait 14 Temmuz 2022 tarihli Pleiades uydu görüntüsü kullanılmıştır. Uydu görüntüsünün yanı sıra Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) 5 m mekansal çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) temin edilerek topografik düzeltme işleminde girdi olarak kullanılmıştır. Yanmış alanların kontrolünde HGM'den temin edilen yangın sonrasına ait 1 Ağustos 2021 tarihli ortofotolar ve arazi çalışmasında kaydedilen 9 Ekim 2021 tarihli hava fotoğraflarından yararlanılmıştır. Şekil 1'de çalışma alanına ait veriler gösterilmektedir.



Şekil 1. (a): Yangın sonrası Manavgat Naras Barajı çevresine ait Pleiades uydu görüntüsü, (b): Yangın sonrası çalışma alanına ait ortofoto, (c): Topografik düzeltmede kullanılan SYM, (d): Yangından sonra çekilmiş Manavgat Naras Barajı çevresine ait hava fotoğrafı

17 Aralık 2011 ve 2 Aralık 2012 uzaya fırlatılan Pleiades 1A ve 1B uyduları Fransa ve İtalya'ya ait ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation) Programı'nın yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemidir (URL-1). Pleiades uydusundan pankromatik bantta 480-820 nm spektral aralıkta, 70 cm mekânsal çözünürlükte; mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarda sırasıyla, 450-530 nm, 510-590 nm, 620-700 ve 775-915 nm spektral aralıkta 2 m mekânsal çözünürlükte ve 12 bit radyometrik çözünürlükte 20 km çerçeve genişliğinde görüntüler sağlanmaktadır (URL-2).

Topografik düzeltme yöntemleri Şekil 1a'da gösterilen görüntünün tamamına uygulanmış, alansal karşılaştırma ise sadece çalışma alanı olarak işaretlenen bölgede gerçekleştirilmiştir.

2.1. Topografik Düzeltme Yöntemleri

Değişken topografyaya sahip alanlarda gölge etkisi ve aydınlanma farklılıkları gibi topografik etkiler topografik düzeltme yöntemleri ile giderilebilmektedir. Topografik düzeltme yöntemlerinin bazıları uygulanırken aydınlanma modelinden (Illumination Model-IL) faydalanılmaktadır (Umarhadi ve Danoedoro, 2019). Aydınlanma farklılıkları ve gölge etkisi gibi topografik etkilerin giderildiği bu modelde Güneş'in konumuna ve her pikselin SYM'den üretilen eğimine ve yönüne dayalı olarak Güneş geliş (aydınlanma) açısının kosinüsü hesaplanmaktadır (Smith vd., 1980). Bu çalışmada Cosine, Minnaert, Piksel Tabanlı Minnaert (PBM) ve Path Length Correction (PLC) topografik düzeltme yöntemleri kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelge 1'de çalışmada kullanılan topografik düzeltme yöntemleri ve aydınlanma modeline ait denklemler gösterilmektedir.

Çizelge 1. Topografik düzeltme yöntemleri ve IL modeli

IL Modeli	IL = $\cos i = \cos \theta_z * \cos \alpha + \sin \theta_z * \sin \alpha * \cos(\varphi_s - \beta)$	Smith vd. (1980)
Cosine	$\rho_h = \rho * \cos \theta_z / \cos i$	Teillet vd. (1982)
Minnaert	$\rho_h = \rho * (\cos \theta_z / \cos i)^k \rightarrow \ln(\rho * \cos \alpha) = \ln \rho_h + k * \ln(\cos i * \cos \alpha)$	Smith vd. (1980)
PBM	$\rho_h = \rho * \cos \alpha / (\cos \alpha * \cos i)^k$	Lu vd. (2008)
PLC	$\rho_h = \rho * \frac{\left(\frac{1}{\cos \theta_z}\right) + \left(\frac{1}{\cos \theta_z}\right) * (1 - \tan \alpha * \cos(\varphi_s - \beta) * \tan \theta_z)}{\left(\frac{1}{\cos \theta_v}\right) + \left(\frac{1}{\cos \theta_v}\right) * (1 - \tan \alpha * \cos(\varphi_v - \beta) * \tan \theta_v)}$	Maria Luisa vd. (2008)

Bu formüllerde (i) Güneş geliş açısı, (θ_z) Güneş zenit açısı, (φ_s) g-Güneş azimut açısı, (α) eğim değeri, (β) bakı değeri, (ρ_h) topografik düzeltme sonrası yansıtım değeri, (ρ) topografik düzeltme öncesi yansıtım değeri, (k) Minnaert Katsayısı, (θ_v) algılayıcı zenit açısı ve (φ_v) algılayıcı azimut açısıdır.

Çalışmada kullanılan Pleiades uydu görüntüsüne ait meta veri dosyası incelenerek Güneş azimut açısı ve Güneş yükseklik açısı değerleri tespit edilmiştir. Güneş zenit açısı 90°'den güneş yükseklik açısı çıkarılarak elde edilmektedir (90-Güneş Yükseklik Açısı).

Görüntüye topografik düzeltme uygulamadan önce her bir banttaki piksel değerleri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 kullanılarak atmosfer üstü (TOA-Top of atmosphere) yansıtım değerlerine dönüştürülmüştür.

$$L_b(p) = \frac{X(p)}{\text{KAZANÇ}(b)} + \text{SAPMA}(b) \quad (1)$$

$$\rho_b(p) = \frac{\pi * L_b(p)}{E_0(b) * d * \cos(\theta_s)} \quad (2)$$

Eşitlik (1), X(p) piksel değerlerini atmosfer üstü radyans (ışınım-radiance) değerlerine ($L_b(p)$) dönüştürmeyi sağlar. Formülasyonda KAZANÇ (gain) ve SAPMA (bias) katsayıları görüntünün meta verisinden alınmıştır. Her bant için atmosfer üstü radyans değerleri ($L_b(p)$) hesaplandıktan sonra atmosfer üstü yansıtım değerleri hesaplanır. Eşitlik (2) atmosfer üstü radyans değerlerini ($L_b(p)$), atmosfer üstü spektral yansıma (reflektans) değerlerine ($\rho_b(p)$) dönüştürür. $E_0(b)$, her bir bant için Güneş spektral ışınmasıdır. θ_s Güneş zenit açısı ve d, ortalama Dünya- Güneş mesafesine göre bir düzeltme katsayısıdır.

Ampirik karakterlerinden dolayı, topografik düzeltme yöntemleri atmosfer üstü ışınımına, atmosfer üstü yansımasına veya yüzey yansımasına dönüştürülmüş görüntülere uygulanabilir (Vogtli vd., 2021). Bu çalışmaya ait görüntü temiz atmosferik koşullarda elde edildiği için topografik düzeltme yöntemlerinde girdi olarak atmosfer üstü yansıtım değerleri kullanılmıştır. Topografik düzeltme öncesi ve sonrasına ait görüntüler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

2.2. Topografik Düzeltme Yöntemlerinin Görsel ve İstatistiksel Analizlerle Değerlendirilmesi

Başarılı bir topografik düzeltme sonrası benzer arazi örtüsü sınıflarında, uydu görüntüsüne ait bantlardaki benzer yansıtım değerlerinin standart sapma (SD) değerleri azalmalıdır. Bu durum aynı arazi örtüsü tipi için aydınlanma farklılıklarının azaldığı anlamına gelir. Ayrıca düzeltme başarılı olursa, gölgeli alanlardaki her arazi örtüsünün ortalama yansıtım değerleri artmalı, Güneş'in aydınlattığı arazi örtüsünün ortalama değerleri ise azalmalıdır. Benzer şekilde aynı arazi örtüsü sınıfının yansıtım değerlerinin varyasyon katsayısı da (CV) başarılı bir topografik düzeltmeden sonra azalmalıdır (Vanonckelen vd., 2014). Topografik düzeltme yöntemleri uydu görüntüsüne ait bantlara ayrı ayrı uygulandığı için SD ve CV değerleri her bant için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerler eşitlik (3) ve (4)'den hesaplanmaktadır.

$$SD = \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} * \sum_{p=1}^N (\rho_p - \mu)^2} \quad (3)$$

$$CV = 100 * \frac{\sigma}{\mu} \quad (4)$$

Eşitliklerde ρ_p görüntüdeki her bir pikselin atmosfer üstü yansıtım değeri, N toplam piksel sayısı, σ bantlara ait standart sapma değeri ve μ bantlara ait ortalama yansıtım değeridir. İstatistiksel değerlendirmeler için tamamı yanmış, topografik değişkenliğin fazla olduğu bir orman alanı seçilerek bu alandaki SD ve CV değerlerindeki değişimler incelenmiştir (Çizelge 2). Topografik düzeltme uygulanmamış görüntünün her bir bandına ait SD ve CV değerlerinin, topografik düzeltme uygulanmış görüntülere ait SD ve CV değerlerinden çıkarılması ile her bir banttaki değişim ve bu değerlerin toplanmasıyla da toplam değişim belirlenmiştir.

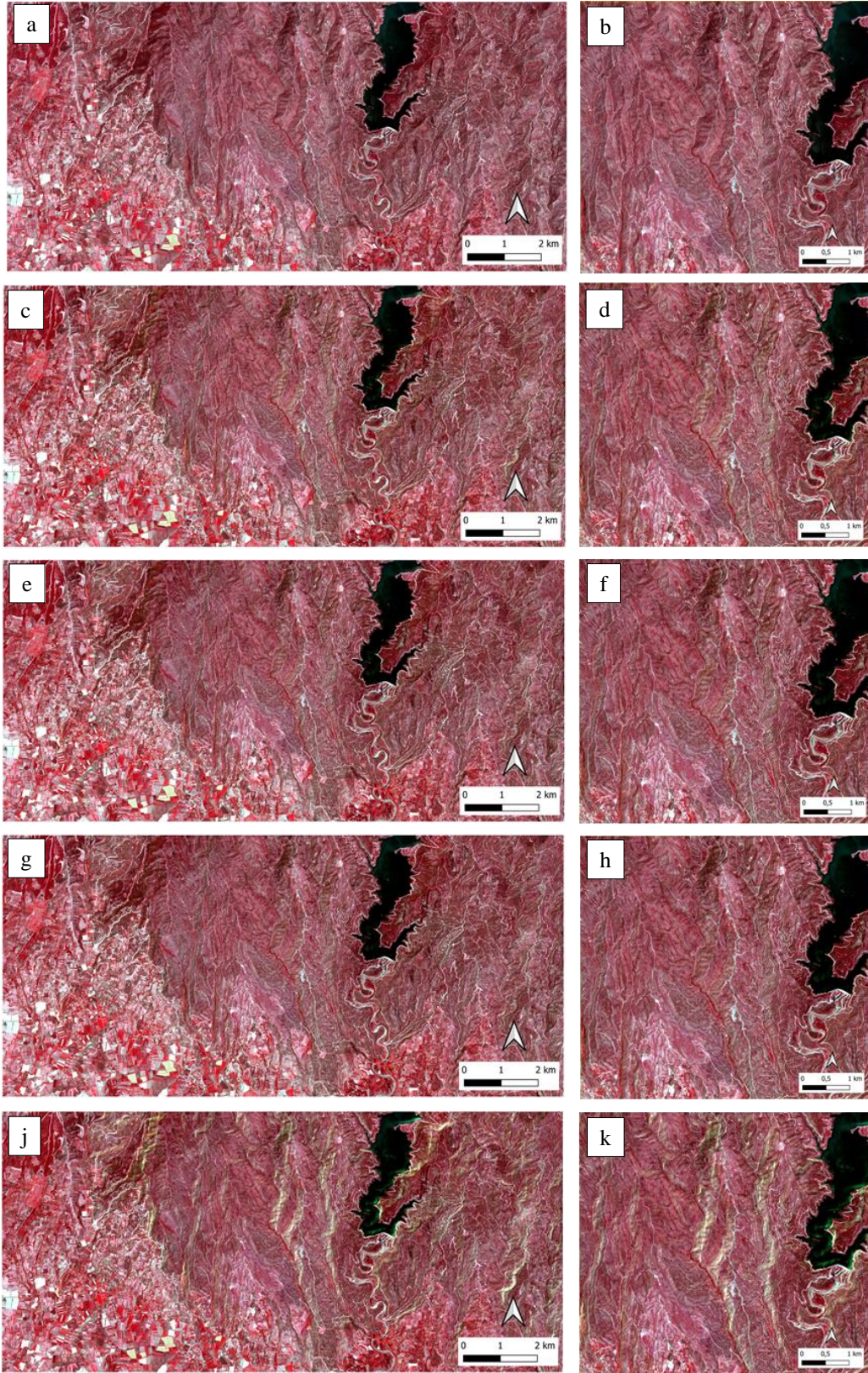
Çizelge 2. Çalışma alanında topografik düzeltme uygulanmış ve uygulanmamış görüntülerde bantlar arasındaki SD ve CV değerleri farkı

Yöntemler		B1	B2	B3	B4	Σ Değişim
Cosine	SD	0,0001	0,0012	0,0029	0,0015	0,0057
	CV	-0,6913	0,1938	1,5499	0,1203	1,1727
Minnaert	SD	-0,0009	-0,0006	-0,0002	-0,0013	-0,0030
	CV	-0,8993	-0,6841	-0,3565	-0,7846	-2,7244
PBM	SD	0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0008	-0,0008
	CV	-0,6463	-0,5678	-0,3901	-0,7723	-2,3764
PLC	SD	0,0381	0,0265	0,0180	0,0374	0,1200
	CV	-0,5951	-0,5277	-0,3616	-0,7401	-2,2244

Çizelge 2'de B1 kırmızı bandı, B2 yeşil bandı, B3 mavi bandı ve B4 yakın kızılötesi bandı ifade etmektedir. İyi performans gösteren bir topografik düzeltme yöntemi sonrasında uydu görüntüsündeki her bir banttaki yansıtım değerlerinin azalması bekleneneği için değişimin (-) işaretli olması gerekmektedir. Bu sayede sonuç görüntüye ait hangi bantta topografik düzeltme yönteminin daha iyi performansa sahip olduğu belirlenir. 4 yöntem incelendiğinde beklenen performansı Minnaert ve PBM yöntemlerinin gösterdiği belirlenmiştir. Bu yöntemlerde, görüntüye ait tüm bantlardaki yansıtım değerlerinin SD ve CV değerleri azalmış, toplam değişim (-) işaretli olmuştur. SD ve CV' deki toplam değişim, bu iki yöntemde birbirine çok yakın değerler göstermiştir. Ayrıca yöntemlerden en çok etkilenen bantların kırmızı ve yakın kızılötesi bant olduğu görülmektedir. Cosine ve PLC yöntemlerinde ise SD değerleri tüm bantlarda artma eğilimindedir. CV değeri PLC Yöntemi'nde tüm bantlarda, Cosine Yöntemi'nde ise kırmızı bantta artış göstermiştir. Bu artışlar Cosine ve PLC yönteminin görüntüyü aşırı düzelttiğini ve beklenen performansı göstermediğini belirtmektedir.

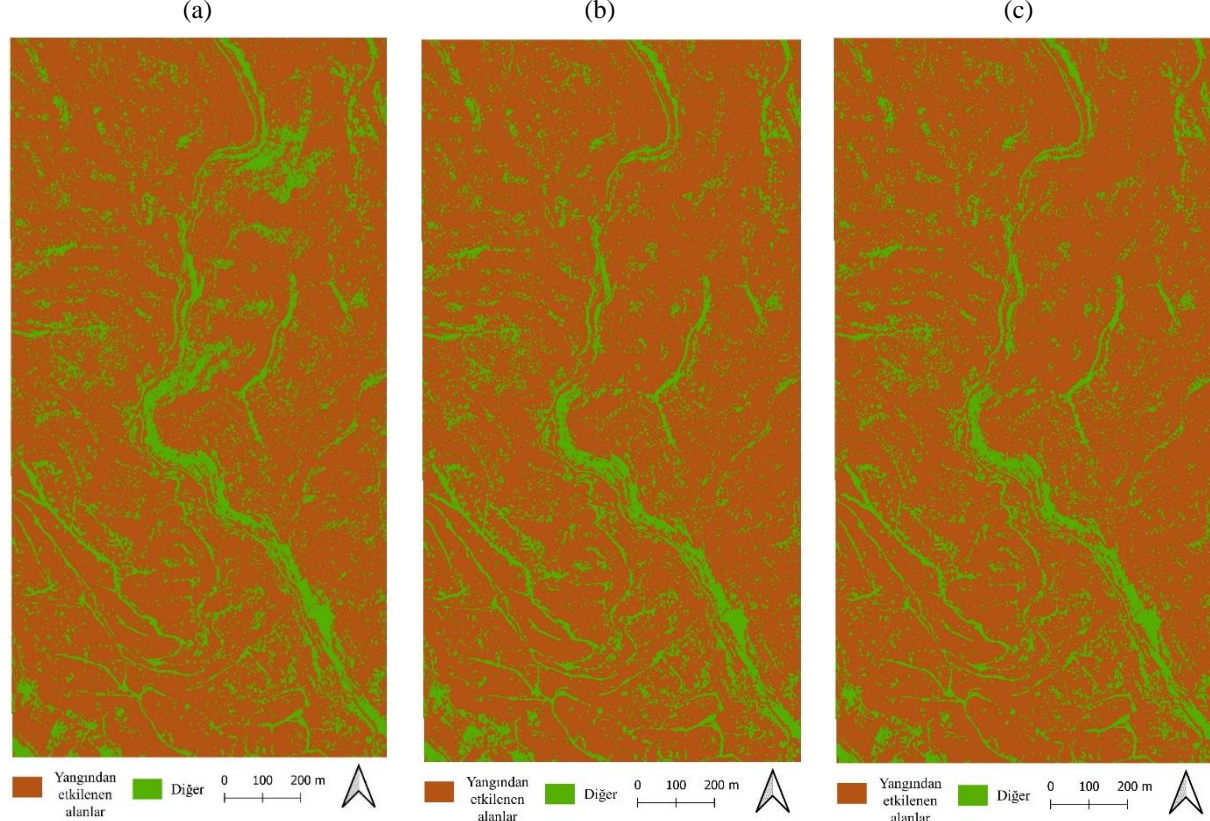
Topografik düzeltme uygulanmış ve uygulanmamış Pleiades görüntüleri görsel açıdan da değerlendirildiğinde, istatistiksel sonuçların görsel sonuçları doğrular nitelikte olduğu görülmüştür. PBM ve Minnaert düzeltmesi sonucunda görüntüde topografyadaki değişkenliklerden kaynaklanan aydınlanma farklılıklarının giderilerek görüntülerin daha homojen bir görünüme sahip olduğu görülmektedir. Görüntüler detaylı incelendiğinde topografik değişkenliğin fazla olduğu dağlık alanlarda topografik düzeltmenin etkisi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu bölgelerde ortalama yansıtım değerlerinin değiştiği, daha düz görüntülerin oluştuğu tespit edilmiştir. Örneğin orijinal görüntüye ve PBM' den elde edilen görüntüye yakından bakıldığında orijinal görüntüde gölge etkisinin olduğu, PBM Yöntemi sonucunda gölge etkisinin giderildiği görülmektedir. Cosine Yöntemi'nde görüntü aşırı düzeltilmiş ve görüntüde çok parlak pikseller ortaya çıkmıştır. Aşırı düzeltilen alanların topografyanın engebeli olduğu yerlerde olduğu görülmüştür. Bu yöntem uygulanan görüntüde görüntüdeki gölgeli alanların yansıtım değerlerinin güneşli alanlardan

daha fazla olması aşırı düzeltmenin olduğunu göstermektedir. PLC Yöntemi sonucunda ise Minnaert ve PBM yöntemlerine benzer şekilde aydınlanma farklılıklarının giderildiği homojen bir görüntü oluşmuştur (Şekil 2).



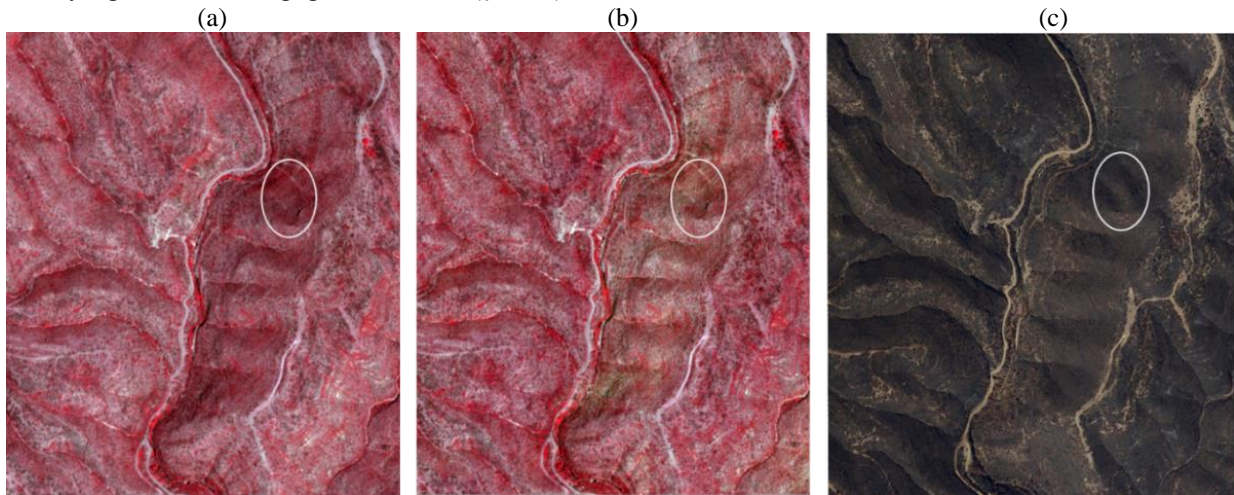
Şekil 2. (a),(c),(e),(g),(i) sırasıyla : Topografik düzeltme uygulanmamış görüntü, Minnaert, PBM, PLC, Cosine Yöntemi sonuçları; (b),(d),(f),(h),(k) sırasıyla : Topografik düzeltme uygulanmamış görüntü, Minnaert, PBM, PLC, Cosine yöntemlerinin sonuçlarının yakınlaştırılmış görünümü

Topografik düzeltme yöntemleri görsel ve istatistiksel olarak birlikte değerlendirildiğinde en iyi performansı Minnaert ve PBM yöntemleri verdiği için, bu yöntemler sonucu elde edilen görüntülerden yanmış alanlar analiz edilmiştir. Yangından etkilenen alanları tespit etmek için Minnaert ve PBM yöntemi sonucu elde edilmiş görüntülere Maksimum Olabilirlik kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır (Lillesand vd., 2018). Sınıflandırma sonucunda yanmış alan ve diğer olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Şekil 3'te sınıflandırma sonucu elde edilen görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 3. Sınıflandırma sonuçları; (a): Topografik düzeltme uygulanmamış görüntü, (b): PBM Yöntemi uygulanmış görüntü, (c): Minnaert Yöntemi uygulanmış görüntü

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde topografik düzeltme uygulanmamış görüntüde yangından etkilenen alanların, Minnaert ve PBM görüntüsündeki yangından etkilenen alanlara göre daha az olduğu görülmektedir. Topografyanın değişken olduğu çalışma alanında, topografik düzeltme uygulanmamış görüntüde yanan bazı alanlar, yangından etkilenmeyen sınıfa dahil olmuştur. Çember ile gösterilen alanda topografik düzeltme uygulanmamış görüntüde yangından etkilenmemiş olarak görünürken, PBM Yöntemi sonucu elde edilen görüntüde ve hava fotoğrafında bu alanın yangından etkilendiği görülmektedir. (Şekil 4).



Şekil 4. (a): Topografik düzeltme uygulanmamış görüntü, (b): PBM düzeltmesi sonucu, (c): Hava fotoğrafı

Sonuçlar incelendiğinde Minnaert ve PBM topografik düzeltme yöntemlerinin benzer arazi örtüsü sınıflarının yansıtım değerlerinin topografik değişkenliklerden etkilenerek farklı sınıf olarak algılanması sorununun önüne geçtiği görülmektedir. Yangından etkilenen alanlar topografik düzeltme sonrası hem görsel incelemede hem de sınıflandırma sonucunda daha belirgin bir şekilde gözlemlenmiş ve bu durum gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Genel sınıflandırma doğruluğu topografik düzeltme yapılmamış görüntüde %91 iken Minnaert ve PBM yöntemleri uygulanmış görüntüde %93'dür. Genel doğrulukta topografik düzeltme sonrası %2 oranında iyileştirme söz konusudur. Sınıflandırma sonuçlarına göre topografik düzeltme yapılmamış görüntüde yanan alan 168.7 hektar, Minnaert Yöntemi uygulanmış görüntüde 170.2 hektar ve PBM Yöntemi uygulanmış görüntüde 170.3 hektar olarak belirlenmiştir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada öncelikle Manavgat'ta meydana gelen orman yangını sonrasına ait Pleiades görüntüsünün tamamına farklı topografik düzeltme yöntemleri uygulanarak sonuçların performansları karşılaştırılmıştır. Daha sonra da topografik düzeltmelerin etkisini test etmek için görüntü üzerinde, topografik değişkenliğin fazla olduğu güneşli ve gölgeli alanların yer aldığı bir bölge test alanı olarak seçilmiş ve bu bölgede alansal karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma sonuçları görsel ve istatistiksel olarak incelendiğinde Minnaert ve PBM düzeltmeleri sonucunda aynı örtü tipine sahip gölgeli ve güneşli alanlar arasındaki yansıtım değerlerindeki farklılıkların önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Cosine Yöntemi'nde aydınlanmanın düşük olduğu bölgelerde aşırı düzeltme söz konusu olmuştur. Etkili bir topografik düzeltmede CV ve SD değerlerinin azalması ve homojen görünüme sahip görüntülerin oluşması beklenmektedir ve bu koşulları Minnaert ve PBM yöntemlerinin sağladığı belirlenmiştir. Tüm yöntemler incelendiğinde, topografik düzeltmeden olumlu olarak en çok etkilenen bantlar kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar olmuştur. Orman alanlarında çalışıldığı için klorofil içeriğine ve bitki örtüsü yoğunluğuna bağlı olan, özellikle bitki örtülerinin analizinde kullanılan bu bantlar, topografik düzeltme yöntemleri sonucunda istatistiksel olarak beklenen performansı en iyi gösteren bantlardır. Ayrıca sınıflandırma sonuçları da Minnaert ve PBM yöntemleri uygulanan görüntülerde daha yüksek doğruluk göstermiştir. Topografyanın değişken olduğu bölgelerde görüntülere topografik düzeltme uygulanması çalışmanın doğruluğunu arttıracaktır. Bundan sonraki çalışmalarda farklı topografik özellikteki bölgelerde sonuçların test edilmesi, girdi olarak kullanılacak SYM' nin kalitesinin sonuçlara etkisinin araştırılması yararlı olacaktır.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma İTÜ Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenen "Orman Yangınlarında Uydu Tabanlı Duyarlılık/Etkilenebilirlik ve Risk Analizi: Antalya Örneği (MGA-2021-43241)" projesi kapsamında hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Buchner, J., Yin, H., Frantz, D., Kuemmerle, T., Askerov, E., Bakuradze, T., Bleyhl, B., Elizbarashvili, N., Komarova, A., Lewińska, K. E., Rizayeva, A., Sayadyan, H., Tan, B., Tepanosyan, G., Zazanashvili, N. ve Radeloff, V. C., 2020.** Land-cover Change in the Caucasus Mountains Since 1987 Based on the Topographic Correction of Multi-Temporal Landsat Composites. *Remote Sensing of Environment*, 248, 111967.
- Chen, R., Yin, G., Liu, G., Li, J. ve Verger, A., 2020.** Evaluation and Normalization of Topographic Effects on Vegetation Indices. *Remote Sensing*, 12(14), 2290.
- Füreder, P., 2010.** Topographic Correction of Satellite Images for Improved LULC Classification in Alpine Areas. *10th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography*, Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, 45, 187-194.
- Hurni, K., Van Den Hoek, J. ve Fox, J., 2019.** Assessing the Spatial, Spectral, and Temporal Consistency of Topographically Corrected Landsat Time Series Composites Across the Mountainous Forests of Nepal. *Remote Sensing of Environment*, 231, 111225.
- Jiang, H., Chen, A., Wu, Y., Zhang, C., Chi, Z., Li, M. ve Wang, X. 2022.** Vegetation Monitoring for Mountainous Regions Using a New Integrated Topographic Correction (ITC) of the SCS + C Correction and the Shadow-Eliminated Vegetation Index. *Remote Sensing*, 14(13), 3073.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J.W., 2018. *Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama*, (7. Baskıdan Çeviri), Palme Yayınevi, Ankara, 2018.

Lu, D., Ge, H., He, S., Xu, A., Zhou, G. ve Du, H., 2008. Pixel-Based Minnaert Correction Method for Reducing Topographic Effects on a Landsat 7 ETM+ Image. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74(11), 1343–1350.

María Luisa, E., Frédéric, B. ve Marie, W., 2008. Slope Correction for LAI Estimation from Gap Fraction Measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(10), 1553–1562.

Musaoğlu, N., Yanalak, M., Güngöroğlu, C. ve Özcan, O., 2021. Orman Yangınlarının Yönetiminde Bilgi Teknolojilerinin Katkıları, Orman Yangınları Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri, 1. Basım, TÜBA Yayınları, Ankara, syf:165-200 .

Smith, J., Tzeu, L. ve Ranson, K., 1980. The Lambertian Assumption and Landsat Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 46(10), 1183–1189.

Teillet, P. M., Guindon, B. ve Goodenough, D. G., 1982. On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8(2), 84–106.

Umarhadi, D. A. ve Danoedoro, P., 2019. Correcting Topographic Effect on Landsat-8 Images: An Evaluation of Using Different DEMs in Indonesia. *Sixth Geoinformation Science Symposium*, Yogyakarta, Indonesia.

URL-1: Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Pleiades_\(satellite\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pleiades_(satellite)) [Erişim Tarihi: 21.10.2022].

URL-2: The European Space Agency. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/pleiades> [Erişim Tarihi: 21.10.2022].

Vanonckelen S., Lhermitte S., Balthazar V. ve Rompaey A.V., 2014. Performance of Atmospheric and Topographic Correction Methods on Landsat Imagery in Mountain Areas. *International Journal of Remote Sensing*, 35(13), 4952–4972.

Vogtli, M., Schlapfer, D., Richter, R., Hueni, A., Schaepman, M. E. ve Kneubuhler, M., 2021. About the Transferability of Topographic Correction Methods from Spaceborne to Airborne Optical Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 1348–1362.