

Hiperspektral Verilerdeki Gölge Alanların Gökyüzü Açıklığı ile İlintisinin İncelenmesi

Analyzing the Correlation of Sky-View Factor and Shadow Regions in Hyperspectral Data

Emrah Oduncu^{1,2}, Seniha Esen Yüksel²

¹Tübitak Bilgem İleri Teknolojiler Araştırma Enstitüsü, Ankara

²Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara
emrah.oduncu@tubitak.gov.tr, eyuksel@ee.hacettepe.edu.tr

Özetçe—Bu bildiriye hiperspektral veride gölgede kalan alanların ışımaya ve yansımaya değerlerinin, bu alanlardaki gökyüzü açıklığı ile ilişkisi incelenmektedir. Bunun için, öncelikle hiperspektral veride gölgede kalan alanlar LiDAR verilerinin yardımıyla tespit edilmiştir. Daha sonra, yine LiDAR verileri kullanılarak, gölgedeki piksellerin gökyüzü açıklığı hesaplanmıştır. İlgili alanların ışınım ve yayınım verileri incelendiğinde ve fiziksel model ile karşılaştırıldığında, gökyüzü açıklığının yeterince baskın bir eleman olmadığı, buna karşın, gölge alan çevresinde bulunan nesnelere saçılarak yansıyanlar fotonların daha çok etkinlik gösterdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — LiDAR, hiperspektral, ışımaya, gökyüzü açıklığı, gölge.

Abstract—In this paper, we investigate the radiance and reflectance values of the shadow regions in hyperspectral data, and their relation to the sky-view factors. For this purpose, first, we find the shadow regions using LiDAR data. Then, we compute the sky-view factors from LiDAR data. Upon investigating the reflectance and radiance values in comparison to the physical radiance model, we found that the sky-view factors are not as dominant as the photons reflected from the objects surrounding the shadow region.

Keywords — Lidar, hyperspectral, radiance, sky-view, shadow.

I. GİRİŞ

Hiperspektral görüntüleme, spektral bilgi içeren materyallerin incelenmesinde önemli rol oynamaktadır. Pasif bir uzaktan algılama teknoloji olan hiperspektral sensörler yardımıyla verilerin toplanması ve elde edilen verilerin analizi özellikle askeri, madencilik, astronomi, kimya ve çevresel konularda kullanılmaktadır. Hiperspektral görüntüleme birbirine çok yakın dalgaboyundan elde edilen spektral bilgiler maddelerin tespit edilmesinde büyük önem taşımaktadır [1].

Fakat, kısa ve orta dalga boylarından ölçülen hiperspektral görüntülerde, gölge alanlar hedef tesbitinde problem oluşturmaktadır. Bu alanlara yeterince güneş ışığı gelmediğinden, hedefin imzası zayıf kalmakta ve hedef tesbiti yapılamamaktadır. Dolayısıyla, gölge alanların belirlenmesi ve materyallerin bu alanlardaki ışımalarının anlaşılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bildiriye, gölgelerin tesbiti için aktif bir uzaktan algılama teknolojisi olan LiDAR sistemleri kullanılmıştır. LiDAR sistemleri, yükseklik bilgisi vermekte ve kendi enerji kaynaklarına sahip olduklarından, güneşin konumundan ve güneş ışığının eksikliğinden etkilenmemektedirler [2].

Bu özelliklerinden faydalanarak, bu çalışmada, LiDAR verilerinden gölgelik alanlar bulunmuş ve gökyüzü açıklık haritaları çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra, gölgelik alandaki hiperspektral ışımaya ve yansımaya verileri çizdirilmiş ve bu verilerdeki değişiminin fiziksel ışımaya modeliyle olan ilişkisi incelenmiştir. II. bölümde kullanılan veri kümesinin özelliklerine, III. bölümde gölge bulunması ve gökyüzü açıklığının bulunmasına, IV. bölümde hiperspektral verilerde ışımaya modeline, I. bölümde elde edilen haritaların ve bu haritada seçilmiş gölge alana ait ışımaya ve yansımaya değerlerinin incelenmesine yer verilmiştir. VI. bölümde ise yapılan incelemenin sonucu aktarılmıştır.

II. KULLANILAN VERİLER

Bildiri kapsamında incelenen LiDAR ve hiperspektral veriler DIRS (Digital Imaging and Remote Sensing) ekibi tarafından RIT (Rochester Institute Technology) desteğiyle toplanmıştır [3]. Sensörler PA-31 uçak sistemine entegre edilmiş ve aynı alanların üzerinden uçuş yapılmıştır. Verilerin detayları aşağıda verilmektedir.

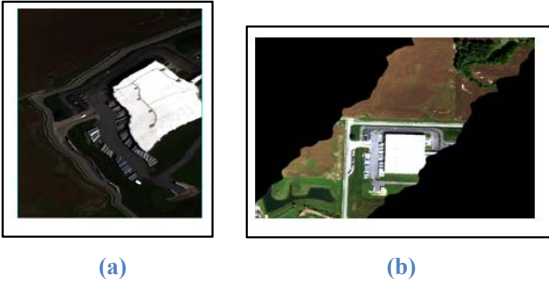
A. LiDAR Verileri

Dahili GPS sistemine sahip, 1064nm dalgaboyunda lazer ışınları yayan ALS60 sensör sistemi kullanılmıştır. 20 Eylül 2012 tarihinde kayıt edilen veriler koordinat bilgilerini, her nokta için yükseklik bilgilerini, yansıyan lazer sinyalinin yoğunluğunu ve geliş açısı gibi verileri içermektedir. Lidar veri kümesi 0.5m çözünürlüktedir.

B. Hiperspektral Veriler

Hiperspektral görüntüler Pro SpecTIR-VS sensör sistemi kullanılarak, 400-2450 nm dalga boyları arasından 5 nm spektral çözünürlükte, toplam 356 adet spektral bantta toplanmıştır. Veriler 1m uzamsal çözünürlüktedir ve dahili GPS sisteminden alınmış koordinat bilgilerini de içermektedir [4].

Hiperspektral veriler taramalı bir sistem tarafından alındığı için inceleme yapmadan önce alınan verilerin coğrafi tarama tablosu (Geographic Lookup Table) ve uzam ölçüm geometrisi (Input Geometry) dosyası incelenmiştir. Coğrafi tarama tablosu her piksele ait taramalı sistemde alınmış olan verinin örnek numarası ve satır numarası bilgisini içermektedir. Uzam ölçüm geometri dosyası ise enlem, boylam, kuzeye yönelme ve doğuya yönelme bilgilerini içermektedir. Bu bilgiler ışığında ham veri değerleri coğrafi tarama tablosu yardımıyla düzenlenmiştir (georectification). Verinin ham ve coğrafi olarak düzenlenmiş halleri Şekil 1(a) ve (b)'de gösterilmektedir.



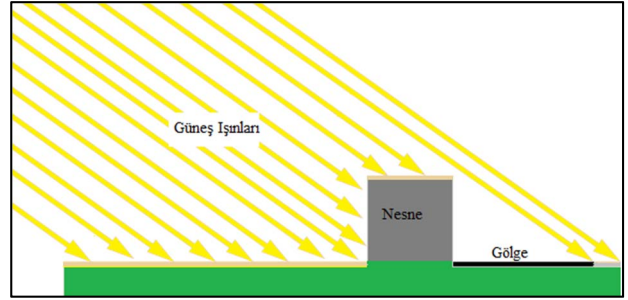
Şekil 1: (a) Ham hiperspektral veri (b) Hiperspektral verinin coğrafi olarak düzenlenmiş görüntüsü

III. GÖLGELİK ALANLARIN TESPİTİ

Gölgelik alanların incelenmesinde iki önemli kavram vardır. Bunlardan ilki, bir noktaya kaynaktan ışık gelip gelmediğinin test edilmesi, yani o noktanın gölgede olup olmadığının bulunmasıdır. İkincisi ise, noktanın çevresinin ne kadar açık olduğu, yani noktanın gökyüzünü ne kadar görebildiğidir (sky-view factor). Gölge, ışığın yönüne ve açısına bağlı olarak oluşmaktadır. Noktanın üzerindeki açıklık ise ışığın geldiği yönden ve zamandan bağımsızdır.

A. Gölge Bulunması

Noktasal bir ışık kaynağından çıkan ışınlar doğrusal bir yol izler. Kaynağın önüne ışık geçirmeyen bir cisim konulduğunda, kaynaktan çıkan ışınların bir kısmı bu nesnenin arkasına ulaşamaz. Şekil 2'de gösterildiği üzere, cismin arkasında kalan ve ışık kaynağından çıkan ışınların ulaşamadığı bölge gölge olarak adlandırılır [1]. Bir noktanın gölgede olup olmadığına karar vermek için, o noktadan kaynağa doğru sanal bir ışın gönderilir. Bu sanal ışın bir cisme çarparsa, güneşi direkt olarak göremiyor demektir, yani gölgededir. Bu algoritmaya görüş hattı algoritması denilmektedir.

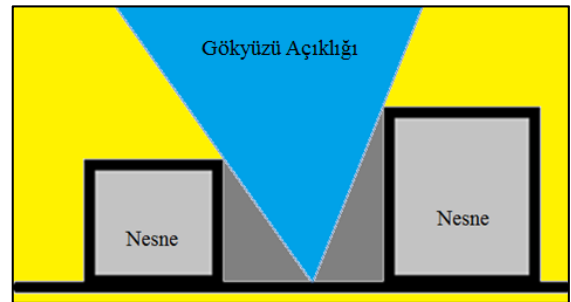


Şekil 2 Gölge Oluşumu

Bu çalışmada, Lidar verileri üzerinde görüş hattı algoritması koşturularak gölge alanlar bulunmuştur. Fakat asıl amacımız hiperspektral görüntülerdeki gölgelik alanları bulmaktan olduğundan, görüş hattı algoritması koşturulurken hiperspektral verilerin alındığı tarih ve saat baz alınmıştır. Tarih ve saate bağlı olarak güneşin yüzeye geliş açıları değiştiği için, güneşin zenit ve yanca açıları hiperspektral verinin bilgi bölümünden alınmıştır. Burada [2]'de geliştirilen kod kullanılmıştır.

B. Gökyüzü Açıklığı Bulunması

Şekil 3'te gösterildiği üzere, bir pikselden gökyüzünün ne kadar görülebildiği bilgisine o pikselin gökyüzü açıklığı denir (sky-view factor).



Şekil 3 Gökyüzü Açıklığı

Gökyüzü açıklığını bulmak için, gölge bulmakta kullanılan görüş hattı algoritması bu sefer farklı açı değerlerinde tüm yönlerde koşturulur, ve farklı yönlerdeki

ışınların yüzey ile arasındaki açı değerlerinin ortalaması alınarak bulunur [7]. Gökyüzü açıklık değeri F, Denklem (1)'deki gibi hesaplanır.

$$F = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{a_k}{\frac{\pi}{2}}\right) \quad (1)$$

Denklem (1)'de a_k , bir noktadan gönderilen K adet ışının en büyük açıklık açılarını a_k ifade etmektedir. Farklı yönlere gönderilen ışınlar katı açı yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada gökyüzü açıklığını hesaplamak için Relief Visualization Toolbox, Ver 1.1 kullanılmıştır [5]. Gökyüzü açıklığı, hiperspektral görüntülerin fiziksel ışınma modelinde yer almaktadır. IV. Bölümde ışınma modeli anlatılacak, V. bölümde de gökyüzü açıklığının etkilerinin verideki ışınma değerleri üzerindeki etkisi gösterilecektir.

IV. IŞINMA MODELİ

Hiperspektral görüntüleme uzaktan algılama sensörüne temel olarak 4 çeşit foton ulaşır. Bunlar (i) güneşten direkt olarak hedefe çarpıp hedeften yansıyan fotonlar, (ii) atmosferden dağılıp hedeften yansıyan fotonlar, (iii) etrafta bulunan nesnelere saçılarak hedeften yansıyan fotonlar ve (iv) yüzeye temas etmeden atmosferde dağılıp doğrudan sensöre gelen fotonlardır [1]. Bu etkenler Denklem (2)'de verilen ışınma modeli ile açıklanır.

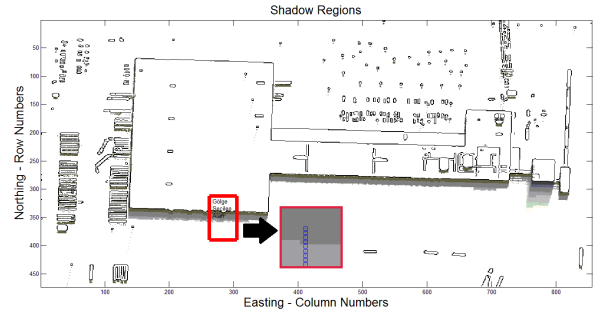
$$L(\lambda) = k * E_s(\lambda) * \cos \sigma * \tau_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + F * E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda) + L_u(\lambda) + E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi} \quad (2)$$

Bu denklemde λ dalga boyunu, L bu dalga boyundaki spektral ışınmayı, k doğrudan aydınlatma faktörünü ifade etmektedir. Güneş ışınları gölge alanlara ulaşmadığı, gölge alanlarda k değeri 0'dır. Doğrudan aydınlanan yerlerde ise k değeri 1'dir. $E_s(\lambda)$ güneşin σ zenit açısında spektral ışınmasını, $\tau_d(\lambda)$ hedef güneş yolundaki atmosferik iletimini, $\rho_t(\lambda)$ ışığın iki yönlü yansıtma dağılım fonksiyonunu, $\tau_u(\lambda)$ hedef sensör arasındaki spektral iletimi, F gökyüzü açıklığı değerini, $E_d(\lambda)$ gökyüzü ışınmasını ifade etmektedir. Denklemde $E_d(\lambda) * \frac{\rho_t(\lambda)}{\pi} * \tau_u(\lambda)$ materyalin yansımaları, $\tau_d(\lambda) * \frac{E_s(\lambda)}{E_d(\lambda)}$ ise güneş, gökyüzü ve atmosferden parametrelerini içermektedir. $L_u(\lambda)$ spektral yukarıya doğru giden ışınma ifadesidir (upwelling radiance) ve hedefle etkileşimi yoktur. $E_{adj}(\lambda) * \frac{\rho_b(\lambda)}{\pi}$ ifadesi ise yakında bulunan nesnelere saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonunu (BRDF) ifade etmektedir [1].

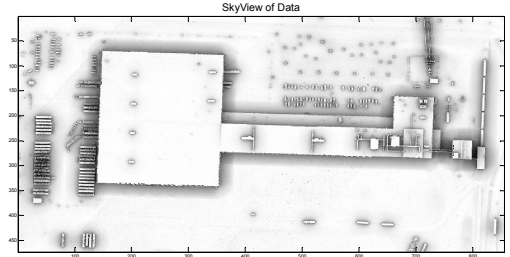
Bu çalışmada, modeldeki yukarı yönlü ışınma tüm veride homojen kabul edilmektedir. Bildirinin ilerleyen kısımlarında, Denklem (2)'deki fiziksel modele gerçek verilerin uygunluğu incelenmektedir.

V. IŞINMA DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Görüş hattı algoritması kullanılarak, Şekil 3'te gösterilen binanın çevresindeki gölgelik alanlar bulunmuş ve Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekildeki kırmızı karenin içinden alınan 9 nokta bildirinin geri kalanında daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Benzer şekilde her bir pikselin gökyüzü açıklığı hesaplanmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4 Gölge haritası ve ayrıntılı olarak incelenen noktalar

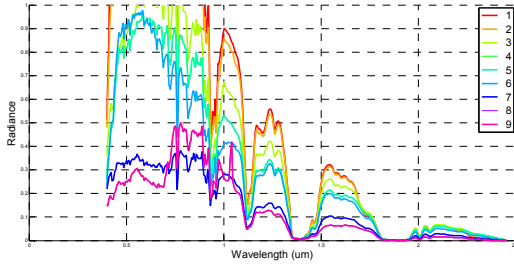


Şekil 5 Gökyüzü Açıklığı Haritası

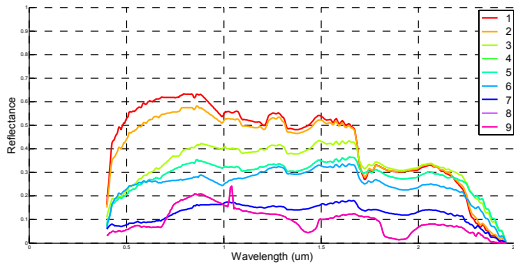
Şekil 4 ve Şekil 5 kıyaslandığında, gölge haritasında güneşin konumuna göre güneş ışığını kesen bölgelerde gölge oluşumu görülürken, gökyüzü ışınmasında gökyüzünün görülmesini kesen ışınların bulunduğu bölgelerde açıklık değerleri değişmektedir. İncelenmek üzere Şekil 4'te gösterildiği gibi duvar kenarında bulunan bir gölgelik alandan 9 farklı nokta seçilmiştir. Seçilen piksellerin tam gölgeye yakın bölgelerden seçilmemesine dikkat edilmiştir. Binaya en yakın nokta 1 numaralı olmak üzere, seçilen noktaların ışınma değerleri Şekil 6'da, yansımaları Şekil 7'de, ve bu noktaların gökyüzü açıklık değerleri de Şekil 8'de gösterilmiştir.

Seçilen gölge noktalarının ışınma değerlerine bakıldığında, atmosferik iletim bantlarının etkisi açıkça görülmektedir. Bunun sebebi ise atmosferik etkilerin ışınma değeri veri setinden ayrıştırılmamasıdır. Atmosferik

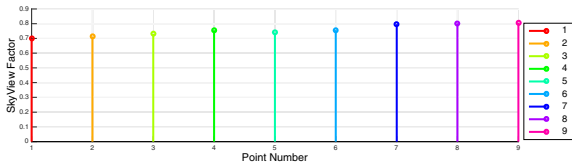
düzeltilmenin yapıldığı yansıma değerlerine bakıldığında ise duvara yakın olan verilerdeki yansıma değerlerinin daha yüksek olduğu ve duvardan uzaklaştıkça yansıma değerinde bir düşüş olduğu görülmektedir. Duvardan uzaklaştıkça gökyüzü açıklığı değerinin arttığı halde yansıma ve ışma değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Burada gölge alanın yakınında bulunan nesnelere saçılarak yansıyan fotonların etkisi açıkça görülmektedir. Gölge alanda duvardan uzaklaştıkça sadece tek yönden yansıma yapan bir nesne olduğu için hedef üzerinde duvardan yansıyan fotonların azaldığı fakat gökyüzü açıklığı faktörünün arttığı görülmektedir. Gökyüzü açıklığı faktörünün arttığı halde yansıma ve ışma değerlerindeki düşüşün modelde bulunan yakında bulunan nesnelere saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Gökyüzü açıklığının etkisi yakında bulunan nesnelere saçılarak hedeften yansıyan fotonları ve ışığın iki yönlü yansıtma dağılımı fonksiyonundan daha azdır. Bu nedenle gölgelik alan modellemesi ve düzeltilmesi işlemlerinde bu durumun düşünülmesi gerekmektedir.



Şekil 6 Seçilen Noktaların Işıma Değerleri



Şekil 7 Seçilen Noktaların Yansıma Değerleri



Şekil 8 Seçilen Noktaların Gökyüzü Açıklığı Değerleri

VI. SONUÇ

Bu bildiriye, hiperspektral gölgelik alan verilerinde yansıma ve ışma değerleri incelenerek lidar verilerinden elde edilen gökyüzü açıklığı değerleri ile yakında bulunan nesnelere saçılan fotonların gölgelik alan değerlerindeki etkisi analiz edilmiştir. Yapılan incelemelerde aynı materyal bulunan gölge yüzey üzerinde birden fazla gölge alanı seçilerek ışma ve yansıma değerleri ve bu seçilen noktalarda bulunan gökyüzü açıklığı değerleri karşılaştırılmıştır. Gökyüzü açıklığı değerinin arttıkça ışma ve yansıma verilerindeki azalma, yakında bulunan nesnelere saçılarak hedeften yansıyan fotonların ışma modelinde gökyüzü açıklığından daha baskın olduğunu göstermektedir.

VII. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 115E318 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] M.T. Eismann, Hyperspectral remote sensing, *SPIE Press Bellingham*, 2012.
- [2] Mustafa Boyacı, Seniha Esen Yuksel, "Locating the shadow regions in LiDAR data: results on the SHARE 2012 dataset", *SPIE Defense and Security: Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XXI*, 94720K, May 2015.
- [3] SHARE2012 LIDAR 2012 <http://www.rit.edu/cos/share2012/lidar.php>, Mart, 2015.
- [4] SHARE2012, SpecTIR 2012 <http://www.rit.edu/cos/share2012/spectir.php>, Mart, 2015.
- [5] Kocalj, Žiga, Klemen Zakšek and Kristof Oštir, "Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique", *Remote Sensing ISSN 2072-4292* 2011
- [6] Q. Zhang, et al., "Detecting objects under shadows by fusion of hyperspectral and lidar data: A physical model approach", *Proc. 5th Workshop Hyperspectral Image Signal Process.: Evol. Remote Sens.*, 2013.
- [7] O. Friman, G. Tolt, ve J. Ahlberg., "Illumination and shadow compensation of hyperspectral images using a digital surface model and non-linear least squares estimation", *SPIE Remote Sensing, International Society for Optics and Photonics*, 2011.
- [8] E.J. Tentilucci, "Leveraging lidar data to aid in hyperspectral image target detection in the radiance domain", *SPIE Defense, Security, and Sensing. 2012, International Society for Optics and Photonics*, 2012.