EO–1 HYPERİON GÖRÜNTÜLERİNDE SPEKTRAL KALİBRASYON VE ATMOSFERİK DÜZELTME

Müfit Çetin¹, Nebiye Musaoğlu²

¹Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, <u>mcetin@gyte.edu.tr</u> ²İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, <u>mmusaoglu@ins.itu.edu.tr</u>

ÖZET

Hiperspektral uydu görüntülerinden bilgi çıkarılmasına yönelik uzaktan algılama uygulamalarındaki en önemli görüntü işleme aşamalarından biri görüntü parlaklık değerlerinden yüzey yansıma değerlerinin elde edilmesidir. Uydu görüntülerinden elde edilen yüzey yansıma değerlerinin doğruluğu ise algılayıcının spektral/radyometrik performansına ve kullanılan görüntü kalibrasyon tekniklerine bağlıdır. Görüntü kalibrasyonu, algılayıcıdan kaynaklanan hataların yanında atmosferik ve topografik etkilere dayalı radyometrik, mekânsal ve spektral hataların en aza indirilmesi için yapılan düzeltmeleri kapsamaktadır.

Bu çalışmada, Hyperion verisine spektral yer ölçmelerine dayalı Ampirik Doğru (Empirical Line) yöntemi ve MODTRAN-4 atmosferik modeline dayalı ATCOR (ATmospheric CORrection) ve FLAASH (the Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) yöntemleri ile atmosferik düzeltmeler getirilmiş ve elde edilen kalibrasyon sonuçları incelenmiştir. Hyperion verisine ait elde edilen düzeltilmiş yüzey yansıma değerleri, algılayıcı ile eş zamanlı olarak ASD (Analytical Spectral Devices) spektroradyometre aleti ile elde edilen spektral yer ölçmeleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hiperspektral, uydu görüntüsü, spektroradyometre, kalibrasyon, yüzey yansıma değerleri.

ABSTRACT

SPECTRAL CALIBRATON AND ATMOSPHERIC CORRECTION OF EO-1 HYPERION IMAGERY

Hyperspectral satellite images present many valuable scientific data. The most important stage of the image processing is to obtain the surface reflectance values from the brightness values. The accuracy of the surface reflectance values defined from the satellite images can be approved by the sensor's spectral/radiometric performance and image calibration techniques. Image calibration consists of corrections to minimize sensor errors, and also radiometric, spatial and spectral errors depend on atmospheric and topographic effects.

In this research, atmospheric corrections initiated with series of methods like the Empirical Line Method using Hyperion data and spectral field measurements, MODTRAN-4 atmospheric model and ATCOR (ATmospheric CORrection) and FLAASH (the Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes). Later, the calibrated surface reflectance values, received from Hyperion data and the sensor's values both at the same time, compared with the spectral field measurements obtained from ASD (Analytical Spectral Devices) spectroradiometer instrument.

Keywords: Hyperspectral, satellite image, spectroradiometer, calibration, surface reflectance values.

1. GİRİŞ

Çok bantlı görüntülerle yapılan çalışmalardan farklı olarak, hiperspektral görüntü analizlerinde spektroradyometre ile elde edilen yer spektral ölçmeleri ve materyallere ait spektral kütüphaneler kullanılmaktadır. Dolayısıyla, yapılan spektral analizlerde doğru sonuçlara ulaşabilmek için hiperspektral görüntülerden elde edilen yeryüzündeki objelere ait bilgilerin doğal ve gerçek yüzey spektral yansıma değerleri olması gerekmektedir. Bu nedenle, hiperspektral görüntülerden doğal arazi yüzey yansıma değerlerinin elde edilmesi için öncelikle radyometrik, spektral ve atmosferik düzeltmelerin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir (Guanter vd.).

Bugüne kadar literatürde yapılan hiperspektral verilerle ilgili kalibrasyon çalışmalarına baktığımızda, MODTRAN ve LOWTRAN yayılıcı transfer kodlarından faydalanan ATREM (Gao vd.,1993), FLAASH (Matthew vd., 2000), ACORN (Miller, 2002), HATCH (Goetz vd., 2003) ve ATCOR (Richter, 1996) gibi bir çok atmosferik düzeltme yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Son yıllarda bir çok bilim adamı özellikle bu modele dayalı atmosferik düzeltme yöntemlerinin performansını ölçmek amacıyla başarılı araştırmalar yapmıştır (Moran vd., 1992; Farrand vd., 1994; Ferrier, 1995).

Bu çalışmamızda ise uzaktan algılama biliminde ilk hiperspektral algılayıcı olan EO-1 Hyperion görüntüsünde ampirik ve modele dayalı olmak üzere Ampirik Doğru (Empirical Line), ATCOR (Atmospheric CORrection) ve FLAASH (Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) atmosferik düzeltme yöntemleri kullanılarak Hyperion verisinin spektral kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu üç yöntemle elde edilen kalibre edilmiş hiperspektral veriler, uydu ile eş zamanlı olarak ASD (Analytical Spectral Devices) aleti ile yapılan yer spektral ölçmeleri karşılaştırılarak bu yöntemlerin performansları değerlendirilmiştir.

2. KULLANILAN VERİLER

2.15 Uydu Görüntüsü

Bu çalışmada İç Anadolu'nun Kuzeybatısı'ndaki Sündiken Dağlık Kütlesi'nde bir test alanı seçilmiştir. Test alanı için 17 Eylül 2004 tarihinde yerel saat olarak 10.30' a ait EO-1 Hyperion görüntüsü elde edilmiştir.

EO–1 platformunda ALI (Advanced Land Imager) ve Hyperion olmak üzere 2 farklı algılayıcı bulunmaktadır. Hyperion algılayıcısı şerit genişliği 7.7 km, uzunluğu ise 42 km'dir. Hyperion algılayıcısı 356 nm ile 2577 nm arasında 10 nm genişliğinde ve 30 m mekânsal çözünürlükte 242 adet spektral banda sahiptir (USGS, 2007).

2.16 Spektroradyometre ile Arazi Ölçmesi

350 nm ile 2500 nm aralığında algıma özelliğine sahip ASD aleti ile uydu ile eş zamanlı olarak yer spektral ölçmeleri 50 spektral verinin ortalaması şeklinde yapılmıştır. Örnek alanlar 100 m \times 100 m büyüklüğünde olup 30 m \times 30 m karelaj oluşturacak şekilde mera, su, anız tarlası gibi alanlarda ölçmeler yapılmıştır.

3. YÖNTEM

Veri önişleme uygulanmasındaki amaç algılayıcı (Şerit tarama hatası gibi) veya algılayıcı-yer geometrisinden kaynaklanan hatalar, atmosferik ve topografik etki gibi faktörlerin göz önüne alınarak uydu görüntülerinden elde edilen yansıtım veya yayılma değerlerindeki doğruluğun arttırılmasıdır. Veri incelendiğinde uydu verisinde bir takım spektral ve radyometrik bozuklukların olduğu belirlenmiştir. Uydu verisinin düzeltilmesinde Şekil 1'de gösterilen işlem adımları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: Yüzey yansıma değerlerinin elde edilmesinde izlenen yöntemin akış şeması

3.1 Bozuk Bantların Elimine Edilmesi

Bazı detektörlere yetersiz elektromanyetik dalga enerjisi ulaşması nedeniyle Hyperion Level 1R verisinde toplam 242 bant içinden 50 adet VNIR bant (8–57) ve 148 adet SWIR bant (77–224) olmak üzere 198 tanesi kalibre edilmiş olarak kullanıcıya ulaşmaktadır. Kalibre edilmiş bantlar arasından 4 tanesi VNIR ve SWIR detektörlerinin ortak spektruma sahip olup aynı spektral bölgedeki verileri içermektedir. Uygulamalarda veri tekrarının olmaması için genelde bu bantlardan ikisini elimine etmek olağan olup, çalışmada 8–57 ile 79–224 bantları olmak üzere 196 adet kalibre edilmiş bant seçilmiştir (Goodenough vd., 2003). Hyperion hiperspektral verisinden yüksek doğrulukta analiz sonuçları elde edebilmek için atmosferik etki ve düşük sinyal /gürültü oranı sebebiyle oluşan bozuk bantlar görsel olarak incelenip elimine edilerek 153 adet sağlıklı bant elde edilmiştir (Tablo 1).

Detektör	Bantlar	Dalga Boyu (nm)	Bant Sayısı
VNIR	8–57	426 – 926 nm	50
	79 – 118	933 – 1326 nm	40
SWIR	131 – 163	1457 – 1780 nm	33
	187 – 216	2022 – 2315 nm	30
Kullanılan Toplam Bant Sayısı			153
T	11 4 11 .		.1

Tablo 1: Hyperion veri setinde kullanılan bantlar

3.2. Şerit Tarama Hatalarının Düzeltilmesi

Görüntülerdeki şerit tarama hatalarını gidermek için birçok yöntem bulunmakla beraber bu çalışmada, Hyperion görüntüsündeki şerit tarama hataları tespit edilerek hatalı olan sütuna komşu piksellerin ortalaması alınarak düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.3. Spektral Bant Merkezlik (Gülümseme) Hatalarının Düzeltilmesi

Hyperion görüntüsünün her bandını oluşturan 256 adet detektör normal olarak aynı spektral bant merkezine bağlı olarak algılama yapması gerekirken, detektörler arasındaki kalibrasyon hataları nedeniyle bu şart sağlanamamaktadır. VNIR bölgede aynı spektral banda ait 256 detektörün algılama yaptıkları dalga boyları aynı olması gerekirken, 256 detektör arasında 1.7 nm ile 2.55 nm varan dalga boyu farklılıkları olması, görüntüde spektral bozulmalara neden olmaktadır. Detektörlere ait spektral dalga boyu merkezlikleri incelendiğinde 1.'den 256. detektöre doğru kavisli bir eğri şeklinde görülmekte olup şekil olarak tebessüm ima ettiği için aynı zamanda literatürde "gülümseme" etkisi adı da verilmiştir.

Görüntüde spektral bant merkez kayıklıklarının tespiti veri ile birlikte gönderilen tüm detektörlere ait spektral bant merkezliklerini içeren yardımcı bilgi ile ya da görüntü dönüşüm yöntemi Minumum Noise Fraction (MNF) ile tespit edilebilir. İncelenen yardımcı bilgi ve MNF görüntü kombinasyonları doğrultusunda Hyperion görüntüsünde spektral bant merkez kayıklıkları olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Hyperion görüntüsünün 41. bandında (VNIR) algılanan dalga boyu değişimleri

Cairns vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada atmosferik düzeltmede dalga boyu genişliğinin 1/100'i veya 0.1 nm civarındaki bir değişim ile görüntünün algılanmasının, verinin radyometrik kalitesi için çok önemli olduğu görülmüştür. Spektral dalga boyu merkez kayıklıkları atmosferik hatalara getirilecek olan düzeltmelerin olması gerekenden daha fazla olmasına neden olmaktadır. Jupp vd. (2002) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, spektral dalga boyu merkez kayıklıkların atmosferik etkilerden dolayı MNF dönüşümünde ilk bandında bu etkiyi yarattığı görülmüştür. Dolayısıyla atmosferik düzeltme öncesi dalga boylarının enterpolasyonu ile düzeltme getirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Toprak örnek alanı için Hyperion görüntüsünde gülümseme etkisinin düzeltilmesinden önce (siyah kalın çizgi) ve sonra (mavi kesikli çizgi) elde edilen 425 nm ile 925 nm arasındaki yüzey yansıma oran değerleri

3.4. Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme aşamasında, 1:25 000 ölçekli topografik haritalardan ve GPS ölçmelerinden faydalanılarak 19 yer kontrol ve 7 test noktası belirlenmiştir. Ayrıca 20 m mekansal çözünürlüğünde sayısal yükseklik verisi de kullanılarak karesel ortalama hata 0.5 pikselden az olacak şekilde en yakın komşuluk örnekleme yöntemi ile UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonunda görüntülerin ortorektifikasyonu gerçekleştirilmiştir.

3.5. Atmosferik Düzeltme

Atmosferik düzeltmede amaç, nesneye ait yansıma oranındaki atmosferik etkiyi en aza indirmektir. Bu amaçla yer spektral ölçmeleri yardımıyla belirlenen kalibrasyon parametrelerini kullanarak atmosferik düzeltme getiren Ampirik Doğrusal yöntemi ve modele dayalı yöntemler kullanılmıştır.

Yayılıcı transfer kodları (LOWTRAN ve MODTRAN) atmosferdeki yutulma ve saçılma etkilerini modelleyebilmektedir. Bu çalışmada da Hyperion verisinden yüzey yansıma değerleri elde etmek için MODTRAN4 yayılıcı transfer kodunu kullanan ATCOR ve FLAASH modelleri kullanılmıştır. Bunun için algılayıcıya (platform yüksekliği gibi) ve görüntüye ait parametreler (gün, zaman, mekânsal çözünürlük, dalga boyları gibi) ve araziye ait konum bilgisi (ortalama arazi yüksekliği gibi) kullanılmıştır (Kruse, 2003).

4. SONUÇLAR

Kalibre edilmiş görüntülerin doğruluk analizlerinin yapılmasında kullanılan en yaygın yöntem, farklı referans örneklere ait arazideki yer ölçmeleri ile elde edilen spektral verilerin kalibre edilmiş uydu verileri ile karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada da kalibre edilmiş Hyperion verilerinin doğruluğunun analizinde arazide uydu ile eş zamanlı olarak spektral ölçmeleri yapılmış tarım alanı ve mera alanı olmak üzere iki referans örnek alan kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. ASD aleti yer spektral ölçmeleri (siyah) EL (kırmızı), FLAASH (kahverengi) ve ATCOR (mavi) yöntemleri ile kalibrasyon işlemi yapılmış Hyperion verisinden elde edilen spektral veriler ile karşılaştırılması.

Grafiklere bakıldığında, farklı örneklere ait Atmosferik düzeltme getirilmiş spektral verilerin davranışlarının genel olarak yer spektral verisi ile aynı olduğu görülmektedir. Kalibre edilmiş görüntülerin spektral verileri incelendiğinde atmosferik pencereler haricinde en fazla % 5 oranında farklılıklar olduğu görülmektedir.

Öncelikle Hyperion ve yer spektral verisi arasındaki uyum, örnek alanın yapısına bağlı bulunmaktadır. Örneğin meralık alanın daha büyük bir homojen yapıya sahip olması nedeniyle tüm yöntemlerden elde edilen spektral verilerin, yer ölçmeleri ile daha iyi çakıştığı ve daha yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Diğer yandan tarım alanındaki hasat edilmiş ürünlerin kalıntılarının farklı bir şekilde dağılması ve pürüzlü bir yüzeye sahip olmasından dolayı yakın kızıl ötesi alanda spektral farklılıklar görülmektedir.

Referans yer spektral verisi ile atmosferik düzeltme getirilmiş Hyperion spektral verisi incelendiğinde ATCOR ve Ampirik Doğrusal yöntemleri ile elde edilen spektral eğrilerin daha kararlı olduğu görülmüştür. Diğer yandan, FLAASH yönteminin sonuçlarında özellikle 900 nm ve 1300 nm gibi atmosferik bantlara yakın bölgelerde O2, CO2 ve su buharı nedeniyle yansıma değerlerinde % 20'ye varan büyüklükte önemli sapmalar yaptığı görülmüştür. Ayrıca Hyperion görüntüsünün düşük gürültü oranına (1:40) sahip olması ve gülümseme etkisinin yeterince giderilememesi nedeniyle atmosferik etkiden dolayı oluşan spektral hataların belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

KAYNAKLAR

Cairns, B.; Carlson, B.E.; Ying, R.; Lacis, A.A.; Oinas, V. (2003), "Atmospheric correction and its application to an analysis of Hyperion data". *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, Vol. 41, (1232-1245).

Farrand W. H.; Singer, R. B.; Merényi, E. (1994), "Retrieval of Apparent Surface Reflectance from AVIRIS Data: A comparison of Empirical Line, Radiative Transfer, and Spectral Mixture Methods", *Remote Sensing of Environment*, Vol.47, (311-321).

Ferrier, G. (1995), "Evaluation of apparent surface reflectance estimation methodologies", *International Journal of Remote Sensing*, Vol.16, (2291–2297).

Gao, B.-C.; Heidebmcht, K.B.; Goetz, A.F.H. (1993), "Derivation of Scaled Surface Reflectance from AVIRIS Data", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 44, (165-178).

Goetz, A.F.H.; Kindel, B.C.; Ferri, M.; Qu, Z. (2003), "HATCH: Results from simulated radiances, AVIRIS and Hyperion", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, (1215–1222).

Goodenough, D.G.; Dyk, A.; Niemann, K.O.; Pealman, J.S.; Chen, H.; Han, T.; Murdoch, M.; West, C. (2003), "Preprocessing Hyperion and ALI for forest classification", *IEEE Trans. On Geosci. Rem. Sens.*, Vol. 41, (1321-1331).

Guanter, L.; Estellés, V.; Moreno, J. (2007), "Spectral calibration and atmospheric correction of ultra-fine spectral and spatial resolution remote sensing data. Application to CASI-1500 data", *Remote Sensing of Environment*, Vol.109, (54–65).

Jupp, D.L.B. (2002), "Discussion around Hyperion data: background notes for the Hyperion data users", Workshop, CSIRO EOC, Canberra, Australia.

Kruse, F. A.; Boardman, J. W.; Huntington, J. F. (2003), "Comparison of airborne hyperspectral data and EO-1 Hyperion for mineral mapping". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, (1388-1400).

Matthew, M.W., Adler-Golden, S.M.; Berk, A.; Richtsmeier, S.C.; Levine, R.Y.; Bernstein, L.S.; Acharya, P.K.; Anderson, G.P.; Felde, G.W.; Hoke, M.P.; Ratkowski, A.; Burke, H.-H.; Kaiser, R.D.; Miller, D.P. (2000), "Status of Atmospheric Correction Using a MODTRAN4-based Algorithm," *SPIE Proceeding, Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VI*, 4049, (199–207).

Miller, C. J. (2002), Performance assessment of ACORN atmospheric correction algorithm, *Proceedings SPIE* Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VIII, v. 4725, (438–449).

Moran, M. S.; Jackson, R. D.; Slater, P. N.; Teillet, P. M. (1992), "Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output", *Remote Sensing of Environment*, Vol.41, (169-184).

Richter, R. (1996), "Atmospheric correction of satellite data with haze removal including a haze/clear transition region", *Computers and Geosciences*, Vol.22(6), (675–681).

USGS, (2007). "EO-1 user's guide", http://eo1.usgs.gov/userGuide/index.php, (03.06.2007).