

[1295]

HİPERSPEKTRAL UYDU KAMERASININ YERDEN MUTLAK RADYOMETRİK KALİBRASYONU İÇİN ÖN ARAŞTIRMA SONUÇLARI

İsmail Hakkı DEMİRHAN, Ufuk SAKARYA

TÜBİTAK UZAY, ODTÜ Yerleşkesi, 06800, Ankara, (hakki.demirhan.ufuk.sakarya@tubitak.gov.tr)

ÖZET

Güneş, pasif bir elektro-optik hiperspektral görüntüleme için temel enerji kaynağıdır. Güneşten gelen enerjinin bir kısmı atmosferden yansarak algılayıcıya ulaşır. Bir kısmı ise atmosferi geçerek yeryüzüne çarpar, yeryüzünden yansır ve algılayıcıya ulaşır. Güneşten gelen enerjinin hedef ve atmosfer ile olan etkileşimi ve bunun sonucunda algılayıcıya ulaşması karmaşık bir süreçtir. Atmosferik düzeltme ile bu etkileşim modellenerek uzaktan algılanan veriden ölçülmek istenen fiziksel değerler hesaplanır. Özellikle uzay temelli kameraların kalibrasyonu için gerçekleştirilen yerden ölçüm temelli radyometrik kalibrasyon çalışmalarında atmosferik etkinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzaktan algılanan bir hedefin fiziksel özelliklerinin doğru bir şekilde ölçümü, ölçüm cihazlarının doğru bir şekilde kalibre edilmesinin yanı sıra hedef ve algılayıcı arasında bulunan atmosferik etkilerin değerlendirilmesine bağlıdır.

Bu bildiriye, uzay temelli bir pasif hiperspektral kameranın uzaya fırlatıldıktan sonra ihtiyacı olabilecek yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyonu konusundaki ön araştırma sonuçları sunulmaktadır. Bu çalışma için 2015 yılında Tuz Gölü'nde gerçekleştirilen kampanyada yerden spektrometre ile toplanan hiperspektral ölçümler kullanılmıştır. Yer koordinatları bilinen 10 noktadan alınan hiperspektral ölçümler atmosfer üstü hiperspektral veriye dönüştürülmüştür. Elde edilen atmosfer üstü hiperspektral verilerin, uzay temelli bir pasif hiperspektral kameranın yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyonu konusundaki doğrulaması için Göktürk-2 uydusunun kırmızı ve NIR bandı kullanılmıştır. Sonuçlar umut vericidir.

Anahtar Sözcükler: Hiperspektral uydu kamerası, mutlak radyometrik kalibrasyon, atmosferik düzeltme

ABSTRACT

PRELIMINARY RESEARCH RESULTS FOR GROUND BASED ABSOLUTE RADIOMETRIC CALIBRATION OF HYPERSPECTRAL SATELLITE CAMERA

The Sun is the primary source of energy for a passive electro-optical hyperspectral imaging. A portion of the energy coming from the Sun reaches to the sensor via reflecting from atmosphere. A part of the energy coming from the Sun passes through inside the atmosphere and then; it hits to ground surface and next; it reflects from the surface to the sensor by passing through inside the atmosphere. The interaction between atmosphere and target of energy coming from the Sun and the process of energy reaching sensor is a complex phenomenon. The purpose of atmospheric correction is to calculate desired physical measurements from remotely sensed data by modelling this interaction. Atmospheric effects should be considered in ground based radiometric calibration works making for calibration of space-based cameras particularly. Accurate measurement of the physical properties of a remotely sensed target directly depends on estimation of the atmospheric effects between sensor and target as well as measuring devices correctly calibrated.

In this paper, the first preliminary research results of a ground based absolute radiometric calibration of a space-based hyperspectral satellite camera, for which it can be needed after the launch, are presented. Hyperspectral measurements collected with spectro-radiometer in the campaign carried out in Tuz Gölü in 2015 were used for this study. Hyperspectral measurements taken from 10 points known location coordinates were converted into top of atmosphere hyperspectral data. Red and NIR bands of Göktürk-2 satellite were used for the verification of top of atmosphere hyperspectral data in ground based absolute radiometric calibration of hyperspectral satellite camera. The results are promising.

Keywords: Hyperspectral satellite camera, absolute radiometric calibration, atmospheric correction

1.GİRİŞ

Güneş, pasif bir elektro-optik hiperspektral görüntüleme için temel enerji kaynağıdır. Güneşten gelen enerjinin bir kısmı atmosferden yansarak algılayıcıya ulaşır. Bir kısmı ise atmosferi geçerek yeryüzüne çarpar, yeryüzünden yansır ve algılayıcıya ulaşır. Güneşten gelen enerjinin hedef ve atmosfer ile olan etkileşimi ve bunun sonucunda algılayıcıya ulaşması karmaşık bir süreçtir. Atmosferik düzeltme ile bu etkileşim modellenerek uzaktan algılanan veriden ölçülmek istenen fiziksel değerler hesaplanır. Özellikle uzay temelli kameraların kalibrasyonu için gerçekleştirilen yerden ölçüm temelli radyometrik kalibrasyon çalışmalarında atmosferik etkinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Uzaktan algılanan bir hedefin fiziksel özelliklerinin doğru bir şekilde

ölçümü, ölçüm cihazlarının doğru bir şekilde kalibre edilmesinin yanı sıra hedef ve algılayıcı arasında bulunan atmosferik etkilerin değerlendirilmesine bağlıdır.

Çok bantlı uzay temelli kameraların mutlak radyometrik kalibrasyonu konusunda birçok çalışma yer almaktadır. Slater et al. (Slater et al. 1987) çok bantlı sensörlerin radyans ve reflektans temelli mutlak radyometrik kalibrasyonunu sunmuştur. Ayrıca, Slater et al. (Slater et al. 1996) çok bantlı görüntüleme sensörlerinin uçuş esnasındaki çapraz ve radyometrik kalibrasyonu için dört metod sunmuştur. Bir başka çalışmada (Naughton et al. 2011), Railroad Valley Playa’da reflektans temelli yöntem kullanılarak RapidEye çok bantlı sensörün mutlak radyometrik kalibrasyonunu gerçekleştirmiştir. (Czapla-Myers et al. 2015) çalışmasında reflektans temelli yaklaşım kullanılarak Landsat 8 OLI’nin mutlak radyometrik kalibrasyonu sonuçlarını sunmuştur. Kim et al. (Kim et al. 2015) KOMPSAT-3 sensörünün radyometrik kalibrasyonunu sunmuştur. Chander et al. (Chander et al. 2013) çok bantlı sensörlerin benzer bantları arasındaki spektral tepki farklılıkları nedeni ile artan çapraz kalibrasyon belirsizliklerini azaltmak için önemli bir araç olan spektral bant ayarlama faktörünü (SBAF- spectral band adjustment factors) sunmuştur. Hedefin hiperspektral imzası SBAF hesabında kullanılmaktadır. (Ahn et al. 2016) ve (Shin et al. 2016) çalışmalarında ise KOMPSAT-3A’nın radyometrik kalibrasyon çalışmaları anlatılmaktadır. Teke et al. (Teke et al. 2016) Göktürk-2 uydusunun çapraz kalibrasyon tekniği ile yapılan mutlak radyometrik kalibrasyon sonuçlarını sunmaktadır. Sakarya et al. (Sakarya et al. 2016) Göktürk-2 uydusunun 2 bandının Tuz Gölü’nde gerçekleştirilen yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyon sonuçlarını sunmaktadır. Tuz Gölü (Gürol et al. 2010), CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) (CEOS 2016) tarafından belirlenen 8 adet LANDET kalibrasyon sahasından (LANDNET 2016) birisidir. Göktürk-2 uydusunun kameraları ile ilgili bilgi (Atak et al. 2015) yayınında yer almaktadır.

Hiperspektral kameraların yerden mutlak radyometrik kalibrasyonu konusunda da çalışmalar bulunmaktadır. EO1 uydusunun hiperspektral kamerası olan Hyperion’un yerden mutlak kalibrasyonu için çalışmalar mevcuttur (Biggar et al. 2003), (Green et al. 2003). Liu et al. (Liu et al. 2014) insansız hava aracı üzerindeki hiperspektral kameranın yerden mutlak kalibrasyonu konusunda bir yaklaşım sunmuştur.

Bu bildiride, uzay temelli bir pasif hiperspektral kameranın uzaya fırlatıldıktan sonra ihtiyacı olabilecek yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyonu konusundaki ön araştırma sonuçları sunulmaktadır. Bu çalışma için 2015 yılında Tuz Gölü’nde gerçekleştirilen kampanyada yerden spektrometre ile toplanan hiperspektral ölçümler kullanılmıştır. Yer koordinatları bilinen 10 noktadan alınan hiperspektral ölçümler atmosfer üstü hiperspektral veriye dönüştürülmüştür. Elde edilen atmosfer üstü hiperspektral verilerin, uzay temelli bir pasif hiperspektral kameranın yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyonu konusundaki doğrulaması için Göktürk-2 uydusunun kırmızı ve NIR bandı kullanılmıştır. Sonuçlar umut vericidir.

Bölüm 2’de bu araştırma kapsamında kullanılan yöntemden bahsedilmektedir. Bölüm 3’de uygulanan yöntem sonucunda elde edilen çıktılar sunulmaktadır. Bölüm 4’de sonuçlara yer verilmiştir.

2.UYGULANAN YÖNTEM

Uydu görüntülerinin işlenmesi sürecinin ilk adımlarından birisi radyometrik kalibrasyondur. Ham uydu verileri, sayısal değerlerden (DN) oluştuğu gibi sensör kalibrasyonunun yapılabilmesi için öncelikle sensörden alınan görüntü verisinin ortak ve anlamlı bir radyometrik değer aralığında olması gerekmektedir. Radyometrik kalibrasyon, bu anlamda atmosfer üstü radyans ve reflektans değeri elde etmek için gereklidir. Sensörün radyans kalibrasyonu için kullanılan genel formül aşağıda verilmiştir.

$$Radyans = DN * Kazanç + Öteleme \quad (1)$$

(Kalkan et al. 2015) ve (Teke et al. 2016) çalışmalarında Landsat 8 ve Göktürk-2 uydusu ile yapılan çapraz kalibrasyon sonucu elde edilen kırmızı ve NIR bandına ait kalibrasyon katsayıları ile (Sakarya et al, 2016) çalışmasında gerçekleştirilen mutlak radyometrik kalibrasyon sonucu ilgili bantlara ait elde edilen kalibrasyon katsayıları %2 lik bir fark içerisinde. Her iki çalışmanın sonuçları ortak ele alındığında yerden yapılan mutlak radyometrik kalibrasyon sonucu çapraz kalibrasyon ile doğrulanmıştır. Kırmızı ve NIR bantları için elde edilen bu değerler doğru kabul edilerek bir çalışma yapılmıştır.

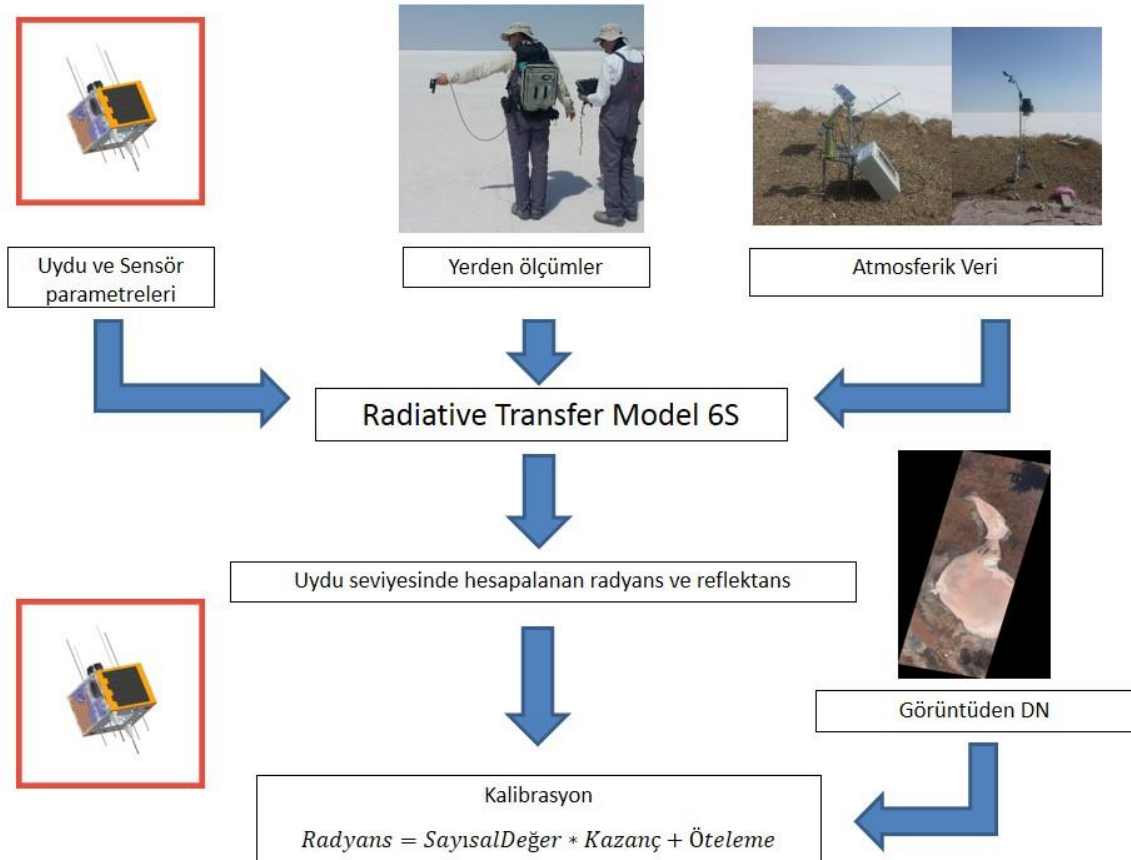
Göktürk-2 uydusunun kırmızı ve NIR bant sensörünün kalibrasyonuna yönelik gerçekleştirilen mutlak radyometrik kalibrasyon çalışması ile birlikte, hiperspektral kameralar ile yapılabilecek radyometrik kalibrasyon çalışmalarında bant sayısının fazlalığından ötürü mutlak radyometrik kalibrasyonun önemi artacaktır. Dolayısıyla gerçekleştirilen yöntem, farklı spektral aralıklar ile doğru atmosfer üstü (ToA, Top-of-Atmosphere) radyans eğrisi almak açısından önem arz etmektedir.

Çalışma, genel amacına göre kırmızı ve NIR bant aralığındaki tüm dalgaboyları için yer ölçümleri ile alınan 10

noktanın atmosferik etkilerini hesaplayan 6S yazılımı (6S Model), (Vermote et al. 1997) yardımıyla ToA spektral radyans değerlerinin elde edilmesi ve mutlak radyometrik kalibrasyonunun gerçekleştirilmesini amaçlar. Çalışmada izlenen yol Şekil 16. Mutlak Radyometrik Kalibrasyon Sistem Mimarisi ile görülmektedir.

Yersel ölçümler ASD Field Spec-3 spektrometresi kullanılarak toplanmıştır. CIMEL güneş fotometresi ve Davis Vantage Pro2 PLUS meteoroloji istasyonu mutlak radyometrik kalibrasyonu gerçekleştirmek için gerekli olan çevresel parametreleri ölçmek için kullanılmıştır. CIMEL güneş fotometresi aerosol optik derinlik ve su buharı ölçümlerini gerçekleştirirken Davis Vantage Pro2 PLUS meteoroloji istasyonu sıcaklık, basınç ve nem gibi 6S yazılımının ihtiyaç duyduğu atmosferik ölçümleri gerçekleştirebilmektedir. Tuz Gölü bölgesindeki ozon ölçümü NASA'nın web sitesinden (Ozoneaq 2015) temin edilmiştir. SATLAB SL600 GNSS alıcısı ise ölçüm koordinatlarının tespiti için kullanılmıştır.

Tüm girdi parametreleri 6S yazılımına; atmosferik model, spektral şartlar, ölçüm & sensör yüksekliği, yer reflektans ölçümleri adı altında sırasıyla verilmiştir.



Şekil 16. Mutlak Radyometrik Kalibrasyon Sistem Mimarisi

3.DENEYSEL ÇIKTILAR

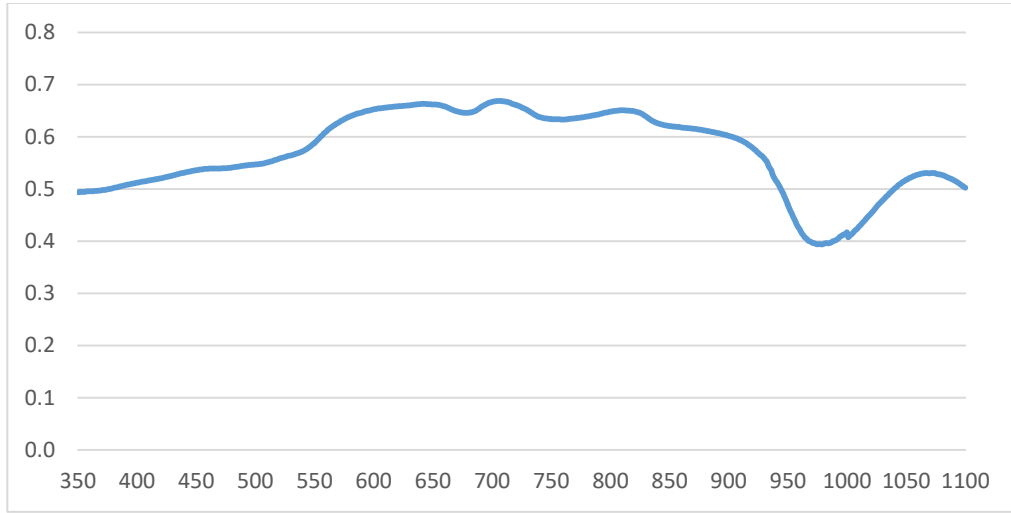
(Sakarya et al, 2016) çalışmasında Tuz Gölü'nden alınan 50 ölçümden 10'u değerlendirmeye alınmıştır. Göktürk-2 uydusunun kırmızı ve NIR bandının spektral aralığına göre her bandın her bir nm deki dalgaboyu spektrası, atmosferik etkileri hesaplayan 6S radyatif transfer simülasyonundan geçirilmiştir. Sensör seviyesinde elde edilen kırmızı ve NIR bandına ait her bir nm deki atmosfer üstü spektral radyans değeri, Göktürk-2 uydu sensörünün ilgili bandın interpolate edilmiş olan spektral eğrisi ile çarpılarak elde edilmiştir. Her bir nm de elde edilen tüm dalgaboylarındaki çarpım değerleri interpolate edilen her bir nm lik spektral cevapların toplamına bölünmüştür. 10 ölçümden elde edilen bulgulara göre her iki yaklaşımdaki atmosfer üstü spektral radyans değerleri birbirlerine oldukça yakın sonuçlar vermektedir.

Şekil 2 ile Tuz Gölü'nden alınan 350-1100 nm arasındaki 1 ölçümün atmosfer altı reflektans eğrisi görülmektedir.

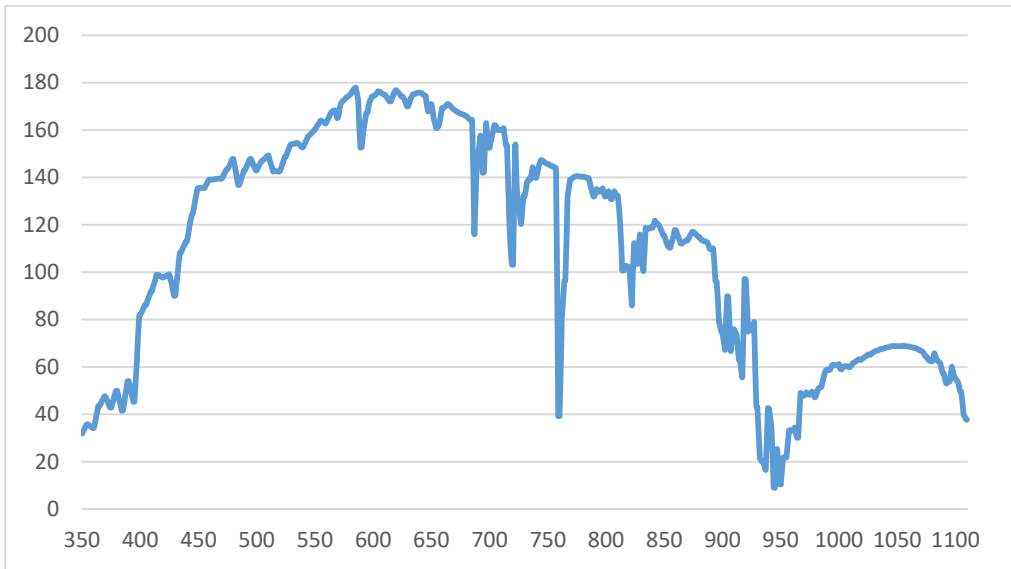
Radyans değerleri, kırmızı bant için ortalama %0.09 ve NIR bant için ortalama %0.05 lik bir spektral radyans farkı oluşturacak şekilde elde edilmiştir. Şekil 19. Tüm test noktaları için elde edilen kırmızı banda ait yüzdelik ToA

radyans farkları görülmektedir.
radyans farkları görülmektedir.

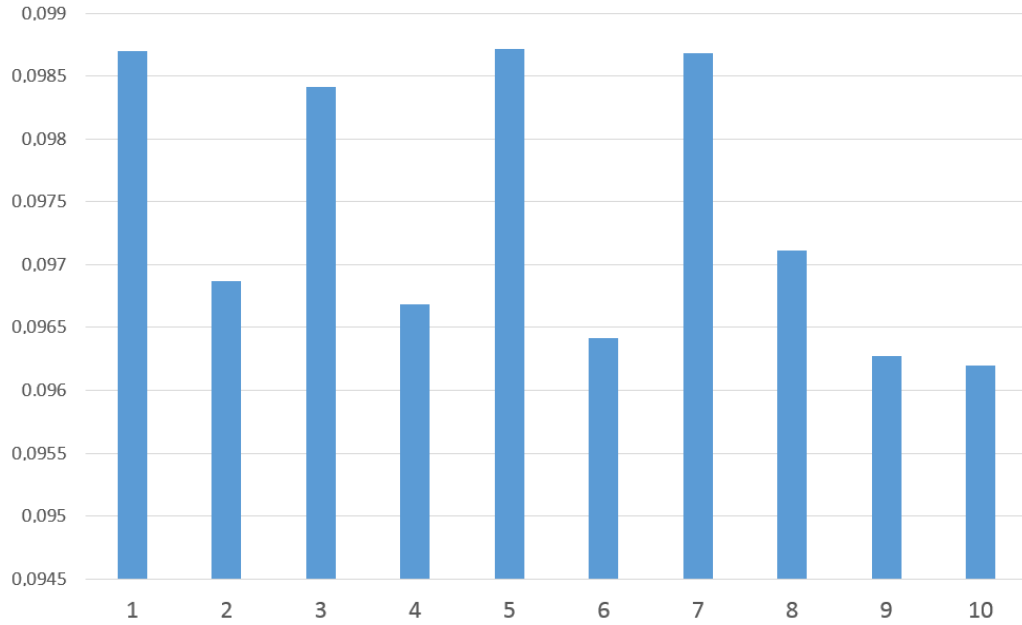
Şekil 20. Tüm test noktaları için elde edilen NIR bandına ait yüzdelik ToA



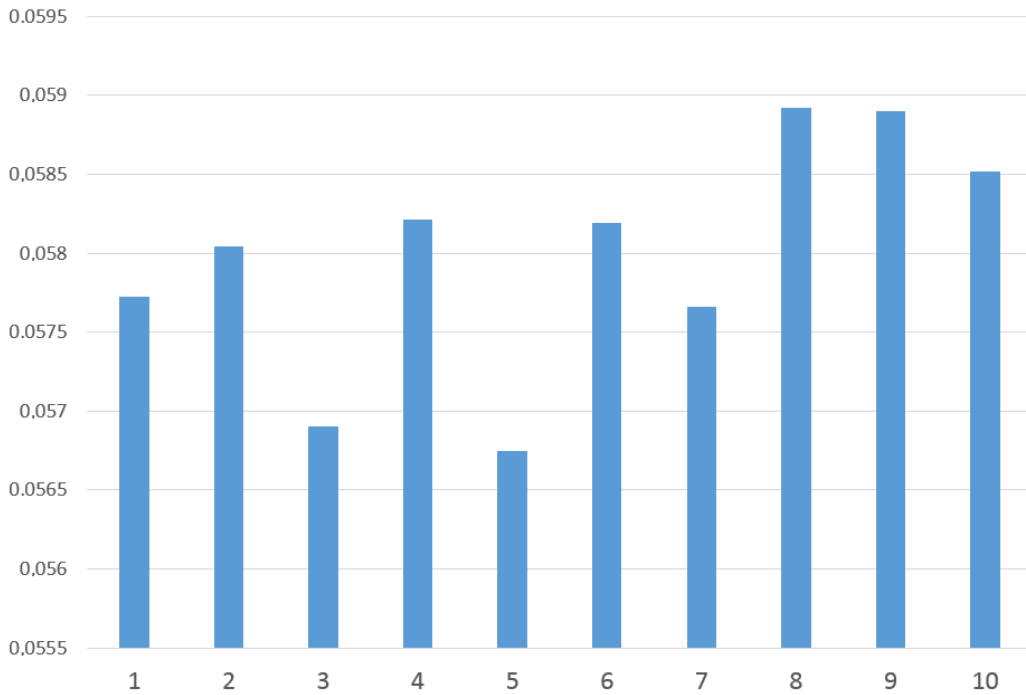
Şekil 17. 1 nm lik spektral aralıklar ile 350-1100 nm arasındaki atmosfer altı reflektans eğrisi



Şekil 18. 1 nm lik spektral aralıklar ile 350-1100 nm arası elde edilen atmosfer üstü radyans eğrisi



Şekil 19. Tüm test noktaları için elde edilen kırmızı banda ait yüzdelerik ToA radyans farkları



Şekil 20. Tüm test noktaları için elde edilen NIR bandına ait yüzdelerik ToA radyans farkları

4.SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Hiperspektral uzaktan algılama araştırmaları TÜBİTAK UZAY içerisinde 2 ana temelde devam etmektedir. Bunlardan birisi uzay temelli hiperspektral kameranın geliştirilmesidir (Yılmaz et al. 2015). Bir diğeri ise hiperspektral görüntü işleme araştırmalarıdır (Sakarya et al. 2015). Bu çalışma ile geliştirilmesi devam eden uzay temelli hiperspektral kameranın yerden ölçüm temelli mutlak radyometrik kalibrasyonu konusundaki ilk araştırma sonuçları elde edilmiştir. Bunun için Göktürk-2 uydusunun kırmızı ve kızılötesi bantları doğrulama için kullanılmıştır. Bu sonuçlar umut vericidir.

Bu çalışmanın önemli noktalarından birisi şudur: Bir çok uydu sensörünün mutlak kalibrasyonu için çapraz kalibrasyon tekniği (yakın zamanda aynı bölgeden geçen kalibre edilmiş başka bir uydunun verileri kullanılarak kalibrasyon yapılması) kullanılabilir. Bununla birlikte hiperspektral uydu kamerası gibi başka uydularda benzer dalga boylarına sahip bir sensör modelinin bulunması çok zor olacaktır. Ayrıca çözünürlük arttıkça ve band aralığı değiştikçe uygun bir çapraz uydu sensörü bulmak zorlaşacaktır. Bu nedenle yerden yapılacak ölçümler ile bu işin çözülmesi stratejik açıdan önem arz etmektedir.

Chander et al. (Chander et al. 2013) çok bantlı sensörlerin benzer bantları arasındaki spektral tepki farklılıkları nedeni ile artan çapraz kalibrasyon belirsizliklerini azaltmak için önemli bir araç olan spektral bant ayarlama faktörünü (SBAF- spectral band adjustment factors) sunmuştur. Hedefin hiperspektral imzası SBAF hesabında kullanılmaktadır. Bu bildiriye sunulan çalışma ile elde edilen ToA reflektans/radyans verileri SBAF yöntemi içerisinde yakın zamanlı Tuz Gölü üzerinde çapraz radyometrik kalibrasyon çalışmalarında da kullanılabilir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Uydu Görüntü İşleme ve Geoportal Oluşturma Projesi ve İMECE Hiperspektral Uydu Kamerası Altyapı Geliştirme Projesi kapsamlarında T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenmiştir. Yazarlar Türk Hava Kuvvetleri'ne Göktürk-2 uydu görüntüsünü sağladıkları için teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

6S Model, [Online] <http://6s.ltdri.org>, Erişim Tarihi: 04.03.2016.

Ahn, H. Y., Shin, D. Y., Kim, J. S., Seo, D. C., and Choi, C. U., 2016, "Absolute Radiometric Calibration of KOMPSAT-3A", XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 271-274, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-271-2016.

Atak, V. O., Erdoğan, M., & Yılmaz, A., 2015, "Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri", Harita Dergisi, 81(2), 18-33.

Biggar, S. F., Thome, K. J., & Wisniewski, W., 2003, "Vicarious radiometric calibration of EO-1 sensors by reference to high-reflectance ground targets", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6), pp. 1174-1179.

CEOS, [Online] <http://www.ceos.org>, Acces date: 04.03.2016.

Chander, G., Mishra, N., Helder, D.L., Aaron, D.B., Angal, A., Choi, T., Xiong, X., Doelling, D.R., 2013, "Applications of Spectral Band Adjustment Factors (SBAF) for Cross-Calibration", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(3), pp. 1267-1281.

Green, R. O., Pavri, B. E., & Chrien, T. G., 2003, "On-orbit radiometric and spectral calibration characteristics of EO-1 Hyperion derived with an underflight of AVIRIS and in situ measurements at Salar de Arizaro, Argentina", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(6), pp. 1194-1203.

Czapla-Myers, J., McCorkel, J., Anderson, N., Thome, K., Biggar, S., Helder, D., Aaron, D., Leigh, L., Mishra, N., 2015, "The Ground-Based Absolute Radiometric Calibration of Landsat 8 OLI", Remote Sens. 7(1), pp. 600-626.

Gürol, S., Behnert, I., Özen, H., Deadman, A., Fox, N., Leloğlu, U.M., 2010, "Tuz Gölü: new CEOS reference standard test site for infrared visible optical sensors", Canadian J. Rem. Sens., Vol. 36, No. 5, pp. 553-565.

Kalkan, K., Özer, O., Filiz, B.G., Teke, M., 2015, "Vegetation discrimination analysis from Göktürk-2 imagery", 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2015), pp.329-332, 16-19 June 2015.

Kim, J., Jin, C., Choi, C., Ahn, H., 2015, "Radiometric characterization and validation for the KOMPSAT-3 sensor", Remote Sensing Letters, 6:7, pp. 529-538.

LANDNET SITES (CEOS Reference Sites), [Online] <http://calvalportal.ceos.org/ceos-landnet-sites>, Erişim Tarihi: 04.03.2016.

Liu, Y., Wang, T., Ma, L., & Wang, N., 2014, "Spectral calibration of hyperspectral data observed from a hyperspectrometer loaded on an unmanned aerial vehicle platform", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 7(6), pp. 2630-2638.

Naughton, D., Brunn, A., Czapla-Myers, J., Douglass, S., Thiele, M., Weichelt, H., & Oxfort, M., 2011, "Absolute radiometric calibration of the RapidEye multispectral imager using the reflectance-based vicarious calibration method", *Journal of Applied Remote Sensing*, 5(1).

Ozoneaq, Ozone & Air Quality, [Online] <https://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/data/ozone/>, Erişim Tarihi: 17.12.2015.

Sakarya, U., Teke, M., Demirkesen, C., Haliloğlu, O., Kozal, A.Ö., Deveci, H.S., Öztoprak, A.F., Töreyn, B.U., Gürbüz, S.Z., 2015, "A short survey of hyperspectral remote sensing and hyperspectral remote sensing research at TÜBİTAK UZAY", 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2015), İstanbul, Türkiye, pp. 187-192.

Sakarya, U., Demirhan, İ.H., Deveci, H.S., Teke, M., Demirkesen, C., Küpçü, R., Öztoprak, A.F., Efendioğlu, M., Şimşek, F.F., Berke, E., Gürbüz, S.Z., 2016, "Absolute radiometric calibration of the Göktürk-2 satellite sensor using Tuz Gölü (landnet site) from NDVI perspective", XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic.

Shin, D. Y., Ahn, H. Y., Lee, S. G., Choi, C. U., and Kim, J. S., 2016 "Radiometric Cross-calibration of KOMPSAT-3A with Landsat-8", XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B1, 379-382, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-379-2016, 2016.

Slater, P. N., Biggar, S. F., Holm, R. G., Jackson, R. D., Mao, Y., Moran, M. S., Palmer, J. M., Yuan, B., 1987, "Reflectance- and radiance-based methods for the in-flight absolute calibration of multispectral sensors", *Remote Sensing of Environment*, Volume 22, Issue 1, pp. 11-37.

Slater, P. N., Biggar, S. F., Thome, K. J., Gellman, D. I., Spyak P. R., 1996, "Vicarious radiometric calibrations of eos sensors", *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 13, pp. 349-359.

Teke, M., Demirkesen, C., Haliloğlu, O., İmre, E., 2016, "Göktürk-2 Uydusunun Bağlı ve Mutlak Çapraz Radyometrik Kalibrasyonu (Relative and Absolute Cross Radiometric Calibration of Göktürk-2 Satellite)", *Harita Dergisi*, 155.

Vermote, E.F., Tanre, D., Deuze, J.L., Herman, M., and Morcrette, J.J., 1997, "Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview", *IEEE Trans. Geosc. and Remote Sens.* 35(3):675-686.

Yilmaz, O., Unses, E., Ucan, M., Buyuk, H., Celebi, M., Turk, F., Kirik, M., Haliloglu, O., Celik, V., Ekinci, M., Guven, E., Yilmaz, O., Acar, D., Aydogdu, M., Olca, M., Selimoglu, O., 2015, "Current situation on spaceborne hyperspectral imager of TÜBİTAK Uzay: HSK", 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2015).