

[959]

GÜNCEL VE PLANLANAN HİPERSPEKTRAL UYDU TEKNOLOJİLERİYLE TARIMSAL SİSTEMLERİN ANALİZ OLANAKLARINDAKİ DEĞİŞİMLER

Onur ŞATIR¹

¹Yrd.Doç.Dr. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 65080, Van, osatir@yyu.edu.tr

ÖZET

Çok bantlı uydu verileri günümüze kadarki süreçte birçok yer gözlem alanında etkin olarak kullanılmıştır. Tarımsal alanlarda da farklı ölçeklerdeki, tarım ürünleri ve habitatlarıyla ilgili bilgi çıkarımlarında her ne kadar etkin olarak kullanılmış olsalar da bazı konularda, özellikle hassas tarımla ilgili araştırmalarda, yansımaya çözünürlüklerinin yeterince iyi olmamasından dolayı eksik kalmaktadırlar. Günümüzde hiperspektral uydu teknolojisi henüz deneysel aşamalarda olsa da, gelecek 2-3 yıl içerisinde yeni algılayıcıların devreye girmesiyle, yer gözlem analizlerinde çok yönlü ve verimli kullanılacaktır. Bu çalışmada, günümüzde hali hazırda bir çok konuda kullanılan CHRIS PROBA ve Hyperion gibi hiperspektral uydu verileriyle gelecekte planlanan EnMAP ve HISUI gibi hiperspektral verilerin, kullanım imkanlarının, bitki gelişiminin izlenmesi ve toprak özelliklerinin belirlenmesi konularında, karşılaştırmalı olarak, değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, günümüze kadarki deneysel hiperspektral uyduların özellikle kapsama alanı büyüklüğü, zamansal çözünürlük ve görüntü kirliliği konularında eksikliklerinin olduğu, gelecek yeni nesil hiperspektral uydularla bu eksikliklerinin belirli ölçülerde giderildiği ve yansımaya çözünürlüklerinin de artırıldığı belirlenmiştir. Bu çerçevede, özellikle bitki ve topraktaki besin elementlerinin belirlenmesi, su miktarının belirlenmesi, toprak tuzluluğu ve mineral yapısının belirlenmesi, bitki hastalıklarının önceden tespit edilmesi gibi konularda hiperspektral verilerin çok daha etkin olarak kullanılacağı saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Tarımsal analizler, Hiperspektral uydu verileri, Yeni nesil hiperspektral uydular, Uzaktan algılama, Bitki ve toprak özellikleri.

ABSTRACT

CHANGES IN ANALYZE OPPURTUNITIES OF THE AGRICULTURAL SYSTEMS BY CURRENT AND PLANNED SPACEBORNE HYPERSPECTRAL MISSIONS

Multi-spectral satellite datasets have been used on many earth observation researches efficiently until today. Although they were used in agricultural studies in various scale to extract information about agricultural crops and its habitats, they are limited usage opportunities in some issues particularly studies on precision agriculture, due to they have limited spectral sensors. Nowadays, hyperspectral satellite technologies are in experimental stage, whereas this technology will be able to use in earth observation analyses efficiently and versatility in the future after launch the new missions in 2 or 3 years. In this study, Current CHRIS PROBA and Hyperion spaceborn hyperspectral sensors that were used in many research on earth observation, and planned EnMAP and HISUI hyperspectral spaceborn sensors were compared on plant growth and soil characteristics definition extents. Results were shown that experimental spaceborn hyperspectral sensors found to be limited, especially on swath width, temporal resolution and image noise effect. These limitations were resolved partially by new generation hyperspectral satellites and spectral resolution was improved. In this frame, hyperspectral satellites will be used on nutrient detection, water quantifying in plant and soil, soil salinity and mineral structure definition more efficient than before.

Keywords: Agricultural analyses, Hyperspectral satellite data, New generation hyperspectral spaceborn sensors, Remote sensing, Plant and soil specifications.

1.GİRİŞ

Hiperspektral uzaktan algılama, çok dar yansımaya aralıklarında ve sürekli veri alımına olanak sağlayan sistemlerin bütünü olarak kısaca tanımlanabilir. Tipik bir hiperspektral algılayıcı, ışığı 400 – 2500 nm arasında 20 nm'den küçük aralıklarla, görünür, yakın ve orta kızılötesi yansımaya aralıklarında kaydedebilmektedir. Oysa standart çok bantlı algılayıcılarda kayıt aralığı yaklaşık olarak 100 nm ve daha büyüktür (Thenkabail vd.. 2012). Hiperspektral uydu algılayıcıları somut olarak ilk kez 21 Ekim 2000 yılında EO -1 (Earth Observation-1) platformu üzerinde hizmete giren Hyperion algılayıcısı ile başlamıştır. Bu program NASA (ABD Ulusal havacılık ve uzay ajansı) tarafından başlatılmıştır (Pearlman vd. 2001; Ungar, 2001). Bir diğer hiperspektral uydu algılayıcısı ise, 22 Ekim 2001 yılında ESA (Avrupa Uzay Ajansı) bünyesinde başlatılan PROBA-1 uydusu üzerindeki CHRIS algılayıcısıdır (Satir vd. 2010). Her iki algılayıcıda deneysel hiperspektral uydu algılayıcısı programlarına örnektir.

Günümüz hiperspektral uydu algılayıcıları daha çok deneysel amaçlarla hizmet vermekte ve kendilerinden sonra yapılacak olan görevlere katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, yersel çalışmalarda, alansal tarama genişliği, algılayıcı merkezli elektro manyetik enerjinin kayıt edilmesi sırasından oluşan sinyal kayıpları, orta yersel çözünürlükte (17-30m) olması ve sürekli veri alınmaması gibi bazı kısıtlamalar mevcuttur.

Günümüze kadarki süreçte kullanılan hiperspektral uydu verileriyle tarımsal alanlarda birçok farklı amaca yönelik çalışmalar yapılmıştır. Genel olarak bakıldığında, hiperspektral verilerle yapılan bütün çalışmalar, standart çok bantlı verilere göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Örneğin; ürün deseninin haritalanması ve ürün verimliliğinin tahmini çalışmalarında, tek zamanlı hiperspektral verilerin tek zamanlı çok bantlı verilere göre yaklaşık olarak %10 daha başarılı sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir (Bannari vd. 2006). Özellikle, dar yansıma aralıklarında kayıt yapabilme yeteneğinin, belirli bitki besin elementlerinin, bitki su içeriğinin, pigment ve protein miktarlarının, klofil miktarının, ışık kullanım verimliliğinin (IKV), toprak nemi ve organik karbon miktarının, kuru ve yaş biyokütle belirlenmesinde etkin olarak hiperspektral verilerin kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, günümüz hiperspektral uydu algılayıcıları ve gelecekte planlanan hiperspektral uydu algılayıcılarını karşılaştırarak, gelecekteki tarımsal uzaktan algılama çalışmalarına olabilecek katkılarını ve günümüz çalışmalarından farklılıklarını, bitki ve toprak özelliklerinin belirlenmesi çerçevesinde ortaya koymaktır.

2. AKTİF VE PLANLANAN HİPERSPEKTRAL UYDU ALGILAYICILARI

Günümüze kadarki süreçte Hyperion ve CHRIS PROBA hiperspektral algılayıcıları, yer gözlemleri için özellikle karasal ve sulcu gözlemlerde kullanılmıştır. Bu iki algılayıcının dışında, kıtasal kıyı alanlarının gözlemlerinde kullanılan HICO ve atmosferik gözlemler için kullanılan OMI ve SCIAMACHI hiperspektral görevleri aktif olarak devam etmektedir.

Planlanan hiperspektral görevler ise 2020 yılına kadarki süreçte tamamlanması beklenen ve özellikle karasal ve sulcu gözlemlerdeki hiperspektral görüntüleme kapasitesini önemli ölçüde geliştirecek uydulardır. Bu kapsamda, HypsIRI (NASA-ABD), EnMap (Almanya), HISUI (Japonya) ve PRISMA (İtalya) hiperspektral uydu algılayıcıları başlamış görevler içerisinde gösterilebilir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Aktif ve planlanan hiperspektral uydu algılayıcıları ve genel özellikleri

Algılayıcı/Uydu/Ülke	Yersel Çözünürlük	Yansıma Çözünürlüğü	Yansıma Kayıt aralığı	Görüntüleme genişliği	Görev tarihi
Aktif Hiperspektral Uydu Algılayıcıları					
HICO/ISS/ABD	90 m	128	353 – 1080 nm	42 km	2009 - Günümüz
OMI/Aura/ABD	13X12 km	740	270 – 500 nm	145 km	2004 - Günümüz
SCIAMACHI/ENVIS AT/ESA	30X60 km	~2000	212 – 2384 nm	960 km	2002 - Günümüz
Hyperion/EO-1/ABD	30 m	220 (196*)	427 – 2395 nm	7.5 km	2000 - Günümüz
CHRIS/PROBA/ESA*	17 – 34 m	19 - 64	200 – 1050 nm	17.5 km	2001 - Günümüz
Planlanan Hiperspektral Uydu Görevleri					
HypsIRI/ABD	60 m	218	380 – 12000 nm	145 km	2019 - 2020
EnMap/Almanya	30 m	92	420 – 2450 nm	30 km	2017-2018
PRISMA/İtalya	30 m	250	400 – 2500 nm	30 km	2017-2019
HISUI/Japonya	30 m	186	400 – 2500 nm	30 km	2018-2019

* 196 yansıma bandı özel olarak kalibre edilmiş ve kullanıma hazırdır, ** Farklı MOD' lardaki verilerin çözünürlükleri de farklıdır.

3.GÜNÜMÜZE KADARKİ HİPERSPEKTRAL UYDU ALGILAYICILARIYLA YAPILMIŞ TARIMSAL ÇALIŞMALAR

Doğrudan tarımsal amaçla kullanılan alanlara yönelik yapılan ve hiperspektral uydu verileri kullanılan son 10 yıllık (2007 – 2016 Ekim ayı) yaklaşık olarak 131 farklı çalışma araştırma konularına göre sınıflandırılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, Scopus ve Web of Science (WOS) veri tabanları taranmıştır. Genel olarak bakıldığında, tarımsal ürün haritalama ve izleme çalışmaları %14 ile en yaygın çalışmalardır. Bu çalışmaları, %9 ile vejetasyon indisleri ve özelliklerinin tanımlanması takip etmektedir. En az çalışmalar ise toprak tuzluluğu, toprak nemi, toprakta ağır metal birikimi tespiti, bitki hastalıklarının belirlenmesi gibi konularda yapıldığı belirlenmiştir. Her bir konudaki oran %2'den az olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Hiperspektral uydu verileriyle yapılan son 10 yıldaki (2007 – 2016) tarımsal çalışmalar ve konulara göre dağılımı

Konu	Çalışma sayısı	Oran
Ürün deseni haritalama ve izleme	17	%14
Vejetasyon indisleri ve özellikleri	12	%9
Bitkide besin elementi tespiti	10	%8
Tarımsal konularda çeşitli derlemeler	10	%8
Bitkide su miktarı ve su stresi	9	%7
Bitki klorofil miktarının belirlenmesi	8	%7
Ürün verimliliği, hasat ve net birincil üretim çalışmaları	8	%7
Toprak kimyasal özelliklerinin belirlenmesi	7	%5
Yaprak alan indeksinin belirlenmesi	7	%5
Ürün biyokütlesinin belirlenmesi	7	%5
Hassas tarım uygulamaları	7	%5
Hiper-multi spektral karşılaştırmaları	7	%5
Toprak organik karbonunun belirlenmesi	4	%3
Kuraklık ve risk belirleme	3	%2
Bitki hastalıklarının belirlenmesi ve teşhisi	3	%2
Toprak tuzluluğunun belirlenmesi	3	%2
Toprakta Ağır metal birikimi	3	%2
Toprak Nemi	3	%2
Işık kullanım verimliliği	3	%2
Toplam	131	%100

Konu başlıkları ayrı olarak ele alındığında, ürün deseninin haritalanması ve izleme çalışmalarında, geleneksel çok bantlı verilere göre daha yüksek doğrulukta sonuç vermenin yanı sıra, tek zamanlı hiperspektral verilerle bitki türünün belirlenmesinde de etkili sonuçlar alınmıştır (Bannari vd. 2006; Laurin vd. 2016). Vejetasyon indisleri ve özelliklerinin kullanımı konusunda ise hiperspektral uydu verilerinin kullanımı sayesinde, dar aralıklardaki indisler de eşitli bitki değişkenlerinin elde edilmesinde kullanılmaya başlanmış ve geleneksel çok bantlı verilerde yapılamayan veya eksik kalan, bitki N,P,K içeriği, pigment yapısı, bitki hastalıkları gibi konularda da uydu tabanlı uzaktan algılama çalışmaları başlamıştır.

Dar yansıma aralıklarında yapılan kayıtlar, hangi yansıma aralıklarının tarımsal konularda daha aktif kullanılabilceğini bizlere daha net göstermiştir. Bu konularda, hiperspektral hava fotoğraflarıyla da çalışmalar olmasına rağmen, hava fotoğraflarının periyodik veri akışı konusunda ve kapsama alanı konularında yetersiz kalması, maliyetlerinin daha fazla olması gibi bazı kısıtlamalar içermektedir. Her ne kadar düşük maliyetli insansız hava aracı (İHA) teknolojileri günümüzde kullanılıyor olsa da, büyük alanlardaki çalışmalarda halen yeterli verim alınmamaktadır. Dar yansıma aralıkları ve tarımsal konulardaki kullanım olanakları, gerek laboratuvar ortamında, gerekse, detaylı saha ölçümleriyle doğrulanmış ve günümüze kadarki süreçte yansıma aralıklarına göre genel olarak çizelge 3'teki çalışmalar hiperspektral verilerle yapılmıştır.

Çizelge 3. Hiperspektral uydu verilerinin farklı yansıma aralıklarının tarımsal uygulama amaçlı kullanım olanakları (Thenkabail vd. 2016'dan geliştirilmiştir).

Yansıma bandı özelliği	Yansıma aralığı (λ)	Tarımsal alanlardaki uygulamalar
Ultraviole 1	373 - 377	fPAR tanımlama ve yaprak su içeriği belirleme.

Mavi aralığı 2 3	Yansıma	403 – 407 491 - 500	Yaprak N içeriği. Keratonoid pigmenti, IKV, Vejetasyon stresi, ürün verimliliği.
Yeşil aralığı 4 5 6 7	yansıma	513 – 517 530.5 – 531.5 546 – 555 566 – 575	Pigmentler (keratonoid, klorofil, antosiyaninler), N içeriği. IKV, Sarı pigmentler, Vejetasyon stresi, hastalık ve zararlıların tespiti, toprak yansıma etkisi. Toplam klorofil miktarı, pigment oranlamaları, bitki besin elementleri ve gübre seviyesinin ayarlanması, bitki sınıflandırma. Bitki su içeriği Ph miktarı, klorofil miktarı.
Kırmızı aralığı 8	yansıma	676 – 685	Yaprak alan indeksi (YAI), kuru ve yaş biyokütle, ürün verimliliği, ürün tipi.
Kırmızı eşik 9 10 11		703 – 707 718 – 722 700 – 740	Nitrojen stresi, ürün gelişim stresi, ürün gelişim dönemleri belirleme. Nitrojen stresi, ürün gelişim stresi, ürün gelişim dönemleri belirleme. Bitkide kuraklık stresi, bitki gelişim sorunlarının tahmini.
Yakın kızılötesi (1) 12 13		841 – 860 886 – 915	Hasat tahmini (ürün verimliliği), YAI, ürün gelişimi takibi, toplam klorofil. Ürün nem hassasiyeti indeksi, NDVI, kuru ve yaş biyokütle, YAI.
Yakın kızılötesi (2) 14		961 – 980	Bitki nem indeksi, biyokütle, yaprak su miktarı.
Geç yakın kızılötesi 15 16 17		1073 – 1077 1178 – 1182 1243 – 1247	Kırmızı ve mor pigmentler, toplam klorofil, YAI, ürün verimliliği, biyokütle, ürün gelişimi izleme, ürün haritalama. Su soğurma bandı (absorbsiyon). Su hassasiyeti pik noktası (1050 – 1300 nm).
Erken orta kızılötesi 18 19 20 21 22 23		1420 – 1440 1448 – 1532 1516 – 1520 1648 – 1652 1723 – 1727 1750 – 1770	Toprak tuzluluğu Ekotip sınıflaması, bitki su içeriği Bitki su içeriğine karşı çok hassas Ağır metal stresi, kuraklık stresi belirleme Ürün ve bitki türü belirleme, su miktarı tespiti, lignin pigmenti miktarının belirlenmesi Çeşitli yaprak özleri ve yağları
Geç orta kızılötesi 24 25 26 27 28 29 30 31 32		1948 – 1952 1950 – 1980 2019 – 2027 2193 – 2213 2131 – 2135 2203 – 2207 2258 – 2262 2293 – 2297 2357 – 2361	Su soğurma bandı, en yüksek nem soğurum. Toprak tuzluluğu pik noktası (NaCl) Toprak nemi, döküntü nem oranı, lignin miktarı. Toprak kil miktarı Döküntü-toprak ayrımı, selüloz miktarının tespiti, toprak nemi. Döküntü, lignin, protein miktarı, ağır metal stresi, şeker (glikoz) miktarı. Nem oranındaki değişimlerin saptanması, ürün tipi belirleme. Bitki stresi, toprak yapısı. Selüloz, protein ve nitrojen miktarı.

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada, güncel hiperspektral uydu verileriyle yapılan ve gelecekte de potansiyel olarak yapılmaya devam edilecek çalışmalar farklı literatürlerden faydalanılarak yapılan sentezler ışığında ele alınmıştır. Bu kapsamda, günümüze kadarki hiperspektral uyduların, her ne kadar yansıma ve yersel çözünürlük konularında yeterli olduğu görülse de, görüntü genişliği, görüntü kalibrasyonu ve kirliliği, düzenli görüntü alımı gibi konularda yetersiz olduğu saptanmıştır. Planlanan hiperspektral uydu algılayıcılarının, periyodik görüntü alımı, kalibrasyon ve düzeltmeler konusunda daha iyi olacağı ancak halen görüntü genişliği konusunda havza ölçeğinde tek seferde görüntü almanın HySPIRI verisi dışında mümkün olmayacağı saptanmıştır.

Tarımsal amaçlarla tasarlanacak bir hiperspektral uydu algılayıcısında mutlak olması gereken yansıma aralıkları belirlenmiş ve bu yansıma aralıklarının, ormancılık ve mera verimliliği gibi konularda da kullanılabilmesi belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan detaylı çalışmada, 32 farklı yansıma aralığı belirlenmiştir. Bu yansıma aralıklarına madencilik çalışmalarında da kullanılabilen yansıma aralıkları eklendiğinde en fazla 60 – 70 yansıma aralığını kaydeden bir hiperspektral uydu algılayıcısının çok amaçlı kullanımlar için yeterli olacağı saptanmıştır.

Bu çalışma, ülkemizde yapılması düşünülen hiperspektral uydu veya hava algılayıcılarının tarımsal amaçlarla kullanım olanakları ve hangi aralıklarda kayıt yapılması gerektiği konularında bir rehber çalışma olarak tasarlanmıştır. Böylece, kamera maliyetlerinin düşmesi, kalibrasyon sorularının azaltılması gibi bir çok avantaj sağlaması mümkündür.

Genel olarak geleneksel çok bantlı verilerin yerini hiperspektral verilerin alacağı günümüzden bellidir. Yapılan çalışmalarda, hiperspektral verilerin hemen hemen her alanda daha doğru sonuçlar ürettiği saptanmıştır. Bu nedenle, çok bantlı uydu görevlerinin tasarlanması yerine, hiperspektral uydu görevleri konusunda yapılacak AR-GE çalışmalarına yönelmek, teknolojik açıdan stratejik avantajlar sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Bannari, A., Pacheco, K., Staenz, H., McNairn, K. Omari.,** 2006. Estimating and mapping crop residues cover on agricultural lands using hyperspectral and IKONOS data, *Remote Sensing of Environment*, 104, 447-459.
- Laurin, G.V., Puletti, N., Hawthorne, W., Liesenberg, V., Corona et al.** 2016. Discrimination of tropical forest types, dominant species, and mapping of functional guilds by hyperspectral and simulated multispectral Sentinel-2 data, *Remote Sensing of Environment*, 176, 163 – 176.
- Pearlman, J., Carman, S., Segal, C., Jarecke, P., and Barry, P.,** 2001. Overview of the Hyperion imaging spectrometer for the NASA EO-1 mission,” in *Proc. IGARSS*, Sydney, Australia.
- Şatir, O., Berberoğlu, S., Kapur, S., Nagano, T., Erdoğan, M.A., Dönmez C., et al.,** 2010. Soil Salinity Mapping Using CHRIS PROBA Hyperspectral Data”, *ESA Hyperspectral workshop 2010*, Frascati, ITALY, CD.683.
- Thenkabail, P.S., Lyon, J.G., Huete A.** 2012. *Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation*, CRC Press.
- Thenkabail, P.S., Teluguntla, P., Gumma, M.K., Dheeravath, V.,** 2016. Hyperspectral remote sensing for terrestrial applications, in: *Land resources monitoring, modeling and mapping with remote sensing*, Thenkabail, P.S. (Ed.), Taylor & Francis Group LLC. Pp. 201 – 233.
- Ungar, S.G.,** 2001. Overview of EO-1, the first 120 days,” in *Proc. IGARSS*, Sydney, Australia,