

TERRA-ASTER bantlarından olan yansımaya değerleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, toprak haritalarının üretilmesinde kullanılabilirliği

Levent BAŞAYIĞIT^{1*}, Mesut AKGÜL¹, Hüseyin ŞENOL¹.

¹ SDÜ Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 32210, Isparta.

Özet

Bu çalışma, çeşitli toprak özellikleri ile ASTER uydu verisinin VNIR, SWIR ve TIR bantlarından olan yansımaya değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve toprak haritalarının hazırlanmasında kullanılabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, farklı toprak tiplerinden 40 farklı noktadan toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde pH, organik madde, tuz, kireç içerikleri ve tekstür analizleri yapılmıştır. Örneklemeye noktalarına ait koordinat değerleri ASTER verisi kullanılarak oluşturulan görüntüler üzerine aktarılmış ve VNIR, SWIR ve TIR bölgede her bir koordinatın karşılık geldiği pikseli de içeren toplam 9 piksel için ortalama yansımaya değerleri belirlenmiştir. SAS paket yazılımı kullanılarak anılan toprak özellikleri ile yansımaya değerleri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Son olarak, spektral yansımaya değerleri ile yüksek ilişki bulunan toprak özellikleri için kontrollü sınıflama yöntemi ile toprak haritaları üretilmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, toprak tipi dağılımı ile spektral yansımaya değerlerinin uyum gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, organik madde ile VNIR bölgede 1.,2. ve 3.bantlar, TIR bölgede 1.,2.,3.,4. ve 5.bantlar arasında yüksek ilişki bulunmuştur. Benzer olarak silt içeriği ile VNIR bölgede 1.,2. bantlar ve SWIR bölgede 4.,5. bantlar arasında istatistik bir ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: TERRA-ASTER, toprak özellikleri, toprak etüd

The relationships between the reflection values of TERRA-ASTER bands and different soil properties for mapping

Abstract

The aim of this study was to determine the relationship between the soil properties and spectral reflectance values obtained from VNIR, SWIR and TIR bands of ASTER-TERRA. For this purpose, forty soil samples formed on different landscapes were collected. Soil parameters were analyzed for pH, organic matter, total salinity, lime contents and particle sizes. Coordinates of these samples were overlaid on ASTER data using ERDAS Imagine software. The spectral values of VNIR, SWIR and TIR bands of ASTER-TERRA for total 9 pixel point neighboring to each sample were estimated. To determine the relationship between spectral values and soil properties correlation analysis techniques were developed using statistical software program SAS. Finally, the correlations fitted to soil contents and their highly correlated spectral bands were used to produce maps using supervised classification method showing soil properties. The results showed that there was a good agreement between the spatial variability of soil types and soil properties. The highest correlation coefficient values were found between organic matter and VNIR-Band 1,2,3 and TIR-Band 1,2,3,4,5. Similarly there was a high correlation between silty particle and VNIR-Band 1,2 and SWIR Band 4,5

Keywords: TERRA-ASTER, soil properties, soil survey.

*Sorumlu yazar: Levent BAŞAYIĞIT. levent@ziraat.sdu.edu.tr; Tel: (246) 2114634-2114677.

Giriş

Uydu teknolojilerindeki gelişmeyle birlikte, uydulara yerleştirilen çeşitli algılayıcılar ile yeryüzü objelerinin özelliklerini ve karakteristiklerini belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde tarımsal uygulamalar da yerini almıştır. Yüzey yansımaları, tarım için gerekli bilgilerin üretiminde vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir (Aparicio et al.2000). Farklı bölgelerde farklı dalga boylarından olan bu yansımalar toprakların sahip olduğu özellikler hakkında bilgi vermekte ve yoğun olarak kullanılmaktadır (Lillesand and Kiefer 2000).

Toprak etüdü büro, arazi ve laboratuvar çalışmalarını kapsamaktadır. Geleneksel metotlarla yapılan etüd çalışmalarında çalışmayı en zor kılan unsur, arazide toprak sınırlarının ayırt edilmesidir. Uzaktan algılama teknikleri arazi çalışmalarının uzun ve pahalı olmasına neden olan toprak sınırlarının belirlenmesi işini hayli kolaylaştırmıştır (Dinç ve Şenol, 1997.) Toprakların spektral yansımaları farklı özelliklerine işaret etmektedir. Bu özellik uydu verileri ile toprak etüdü ve toprak haritalarının hazırlanmasında anahtar rol oynamaktadır. Uydu teknolojilerinin kullanım gelişme ile detaylı toprak haritalarının hazırlanmasındaki başarı daha da artmış, LANDSAT MSS verileri ile yapılan çalışma sonucu toprak seri sınırlarını % 93.3 doğrulukla saptanmıştır (Dinç ve ark., 1994). LANDSAT TM kullanılarak unsupervised sınıflama metodu ile yapılan çalışmada seri sınırları % 90 doğrulukla, eğim, taşlılık, tuzluluk, drenaj, üst toprak tekstürü ve drenaj gibi özelliklerin farklılığını ifade eden toprak fazları % 95 doğrulukla ayırt edilebildiği belirtilmiştir (Başayığıt ve ark., 1999). SPOT, LANDSAT ve IRS gibi orta çözünürlüklü (20-30 m) uydular tarımsal uygulamalarda çözümler için ideal uydular olarak tanımlanmıştır. Bu uydular kullanılarak yapılan toprak etüd ve haritalama çalışmalarında ise en yaygın kullanılan bantlar VNIR ve SWIR bölgede yer alanlar olmuştur. Ancak son dönemlerde spektrometrik ve spektroskopik çalışmalar toprakların birçok özelliğinin TIR bölgelerde de belirlenebileceğini göstermiştir (Brown ve ark. 2005).

Bu konuda yapılan çalışmalarda, organik madde içeriklerinin belirlenmesinde 1720, 2180 and 2309 nm dalga boylarının uygun olduğu (Sudduth and Hummel 1991, Shephered and Walsh 2002) belirtilmiş, bir çok çalışma organik maddenin belirlenmesinde en hassas bölgenin (SWIR) bölge olduğuna kanıt olmuştur (Daniel et al., 2004). Bu bölgede organik maddedeki artışla yansıma değerleri arasında ters ilişkinin ise koyu renkli organik maddenin toprak rengi üzerine etkisinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Akdeniz Bölgesi-Arid topraklarında kireç içeriği ile Landsat TM uydusu 3., 5. ve 7. bantları arasında lineer bir ilişki olduğu rapor edilmiştir (Öztekin et al., 1999).

Bununla birlikte termal bantların yüzey ısınmasına bağlı veri sağlaması, toprakta yüzey ısısını etkileyen özelliklerin tahmininde uygulanabilir olabileceğine işaret etmektedir. Yüzey ısının temelde toprağın içerdiği su ile ilişkili olmasına rağmen, toprakta nemin tutulmasında tekstür ve organik madde içeriğinin etkili olması TIR bantlarının bu özellikler yönüyle kullanılabilirliğini akla getirmektedir.

ASTER algılayıcısı, VNIR, SWIR ve TIR bölgelerde toplam 14 banttan veri alması, toprak özelliklerinin belirlenmesi ve tanımlanmasında kullanılabilir nitelikte olmasını sağlamaktadır. Bu çalışma ASTER uydu verileri ile toprak haritalarının oluşturulabilirliğine ışık tutmak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada çeşitli bantların spektral yansımaları ile farklı toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve toprak özelliklerine ait konulu haritaların oluşturulabilirliğine ışık tutmak amaçlanmıştır.

Materyal ve metot

Çalışmada ASTER uydu verisi, daha önce ASTER verisi VNIR bantları kullanılarak hazırlanmış detaylı temel toprak haritası (Akgül ve ark.,2002), 40 farklı noktadan alınmış yüzey toprakları ve bu topraklarda yapılan analiz sonuçları kullanılmıştır. Analiz sonuçları ile örnekleme yapılan noktaların ASTER verisinin tüm bantlarından olan yansımaları arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Çalışmada seçilen toprak özellikleri için istatistik olarak önemli bulunan bantlar kullanılarak kontrollü sınıflama yapılmış, sınıflandırılmış görüntüler 7x7 median filtre kullanılarak harita poligonu haline getirilmiş ve örnekleme noktaları, toprak haritası ve sınıflandırılmış görüntü üst üste çakılarak kontrol edilmiştir.

Uydu verisi

Çok bantlı ASTER algılayıcısı 1999 yılında TERRA platformuna kurulmuştur. Görünebilir kızıl ötesi, kısa dalga kızılötesi ve ısısal kızılötesi bölgede toplam 14 bantta veri toplayan bu algılayıcı 0.52 ile 11.65 µm spektral çözünürlüğe sahiptir.

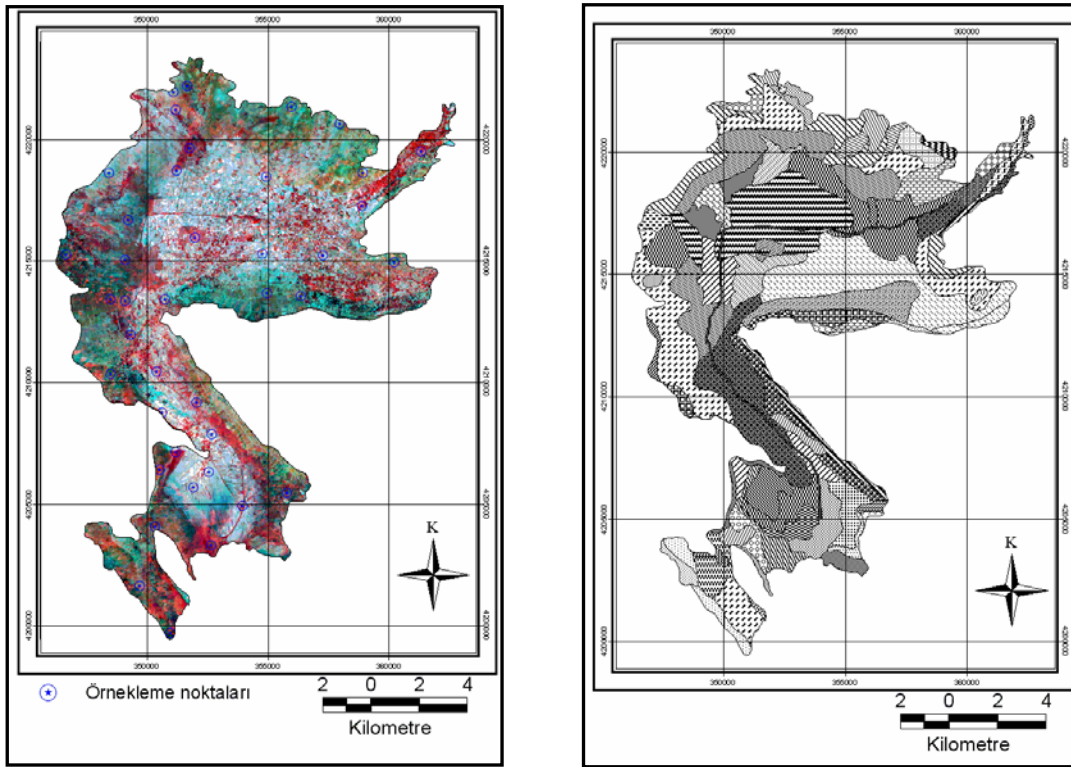
Çalışmada 20 Ekim 2001 tarihili ASTER 3 AO1 verisi kullanılmıştır. Verinin atmosferik düzeltilmesi veri sağlayıcı tarafından yapılmıştır. Kullanılan verinin coğrafi düzeltilmesi 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita ve arazide el GPS'i ile yapılan ölçümlerle gerçekleştirilmiştir. Coğrafi düzeltme, UTM sistemine göre yapılmış, WGS 84 kuzey projelmesi ve 36. zon kullanılmıştır. Dönüştürmede polinomial eşitlik kullanılmış, en yakın komşu metoduna göre piksellerin yeniden dizilmesi sağlanmıştır. Coğrafi düzeltmede standart hata 15 m'yi geçmeyecek şekilde yapılmıştır.

Çalışma alanı ve topraklar

Çalışma alanı, Isparta İli'nin 120 km doğusunda, Beyşehir Gölü'nün kuzeyinde 4.200.000-4.222000 kuzey ve 333.000-347.000 doğu (UTM) koordinatları arasında yer almaktadır. Çalışma alanında 11 farklı büyük toprak gurubu bulunmaktadır. Alanda yer alan topraklar içerisinde en fazla oranı % 55.7 ile Alüviyaller oluşturmaktadır. Alüviyal topraklar ovanın ortasında yer alan taban arazilerde bulunmaktadır. Aluviyal toprakları % 21.4'lük bir oran ile koluviyaller izlenmekte ve bu iki toprak gurubu çalışma alanının 3/4'ünü oluşturmaktadır. Koluviyal topraklar Aluviyal topraklara komşu, ovayı doğu-batı yönünde çevreleyen yükseltelerin eteklerinde yoğunlaşmıştır. Bu iki toprak gurubunun yanında kestane rengi, kahverengi, kireçli kahverengi, kireçsiz kahverengi orman topraklar, kireçsiz kırmızımsı kahverengi topraklar ve hidromorfik aluviyal topraklar çalışma alanında yer alan diğer toprak gruplarıdır. Şekil 1'de çalışma alanına ait ASTER görüntüsü ve detaylı temel toprak haritasına ait sınırlar verilmiştir.

Çalışmada toprak örnekleri 2002 yılı Ağustos ayında 40 farklı noktadan alınmış ve yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Bu örneklerde pH, organik madde (OM), tuz, kireç ve tekstür analizleri yapılmıştır. pH analizi 1:1 toprak su karışımında pH metre ile (Peech ve ark, 1947), organik madde modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna göre (Walkley, 1947), tuz içeriği 1N KCl Coleman prop kullanılarak okunan değer dönüştürülmesiyle, kireç içeriği Shiebler kalsimetresiyle (Allison ve Modie, 1965) belirlenmiştir. Tekstür analizi hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Bouycous, 1951).

Çalışma alanı toprakları pH değeri 7.9-8.6, organik madde içeriği % 1.0-8.9, tuz miktarı % 0.01-0.1, kireç içeriği % 1,0-33,0 arasında değişmektedir. Topraklar tekstür yönüyle ise % 17.4-65.0 arasında kil, % 23.7-60.6 arasında silt ve % 12.4-57.6 kum içermektedir.



Şekil 1: Çalışma alanı ASTER verisi VNIR bölge 4.,2. ve 1. bant kombinasyonundan oluşturulan görüntü üzerine çakılmış örnekleme noktaları ve alanın toprak sınırları

Yansımaların belirlenmesi ve uydu verisinin sınıflandırılması

Örnekleme noktalarına ait koordinat değerleri el GPS'i ile belirlenmiş, bu veriler ERDAS Imagine yazılımı kullanılarak uydu verilerinden oluşturulan görüntü üzerine aktarılmıştır. Örnekleme noktalarının koordinat değerlerine karşılık gelen piksel ve bu piksele komşu 8 pikselin (SWIR bölgede 4 piksel, TIR bölgede 1 piksel) aritmetik ortalamaları alınmış, VNIR bölgede 3 bant, SWIR bölgede 6 bant ve TIR bölgede 5 bant olmak üzere toplam 14 banttan oluşan yansıma değerleri belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada her bir örnekleme noktası için 14 farklı banttan belirlenen ortalama yansıma değerleri ile aynı noktadan örneklenen topraklarda yapılan pH, OM, tuz, kireç ve tekstür analiz sonuçları SAS istatistik programı kullanılarak korelasyon değerleri (r) belirlenmiştir. Son olarak çalışmada seçilen toprak özellikleri ile istatistik açıdan önemli olduğu belirlenen bantlar kullanılarak kontrollü sınıflama metodu ile uydu verileri sınıflandırılmış ve o özellik için toprak haritası oluşturulmuştur. Sınıflandırmada maximum likelihood metoduna kullanılmıştır. Sınıflandırılmış görüntüden oluşturulan harita, kontrol noktalarında belirlenen toprak özelliklerine ait analiz sonuçları ve detaylı temel toprak haritası ARC GIS yazılımı kullanılarak üst üste bindirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bulgular

Yansıma karakterleri ve toprak özellikleri

Çalışma sonucunda toprak özelliklerinden organik madde, pH, kireç içeriği ve silt içeriği ile ASTER bantları arasında bir ilişki bulunmuş, kil ve kum içeriği ile tuz içeriği arasında bir ilişki belirlenmemiştir (Tablo 1).

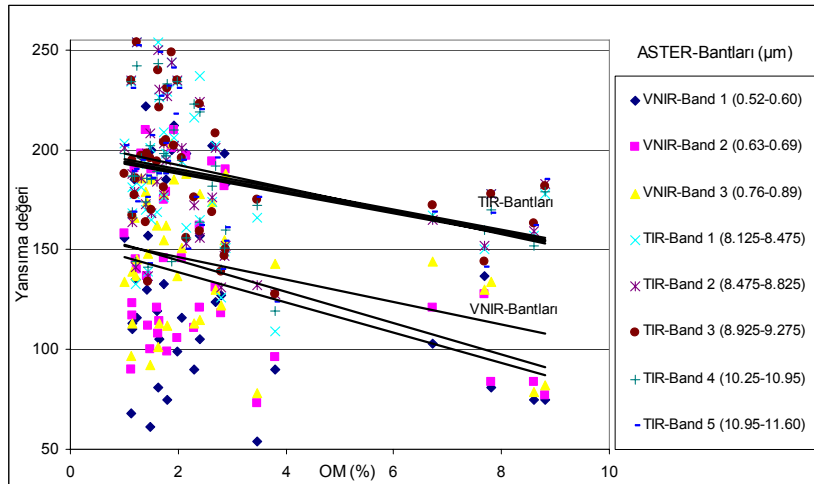
Tablo 1. Bantlar ve toprak özellikleri arasındaki korelasyon değerleri

	Bant	μm	Organik madde	pH	Tuz	CaCO ₃	Kil	Silt	Kum
VNIR	1	0.52-0.60	-0.33*	-0.27	-0.11	0.03	-0.23	0.37*	0.01
	2	0.63-0.69	-0.41**	-0.28	-0.17	0.04	-0.27	0.31*	0.08
	3	0.76-0.89	-0.35*	-0.23	-0.16	0.01	-0.22	0.23	0.07
SWIR	1	1.60-1.70	-0.12	-0.31*	0.19	0.31*	-0.10	0.18	0.0002
	2	2.145-2.185	-0.18	-0.29	0.07	0.24	-0.08	0.26	-0.05
	3	2.185-2.225	-0.11	-0.25	0.13	0.28	-0.07	0.26	-0.06
	4	2.235-2.295	-0.16	-0.29	0.06	0.10	-0.11	0.39*	-0.09
	5	2.295-2.365	-0.17	-0.31*	0.06	0.06	-0.12	0.37*	-0.07
	6	2.365-2.430	-0.24	-0.39*	0.04	0.26	-0.07	0.24	-0.05
TIR	1	8.125-8.475	-0.30*	-0.02	-0.27	0.25	-0.01	-0.31*	0.16
	2	8.475-8.825	-0.30*	-0.09	-0.26	0.22	0.02	-0.38*	0.16
	3	8.925-9.275	-0.33*	-0.09	-0.26	0.25	-0.06	-0.42**	0.26
	4	10.25-10.95	-0.34*	0.06	-0.24	0.06	-0.13	-0.30*	0.25
	5	10.95-11.60	-0.39*	-0.12	-0.30	0.17	-0.08	-0.39*	0.25

* bantla özellikler arasında önemli;

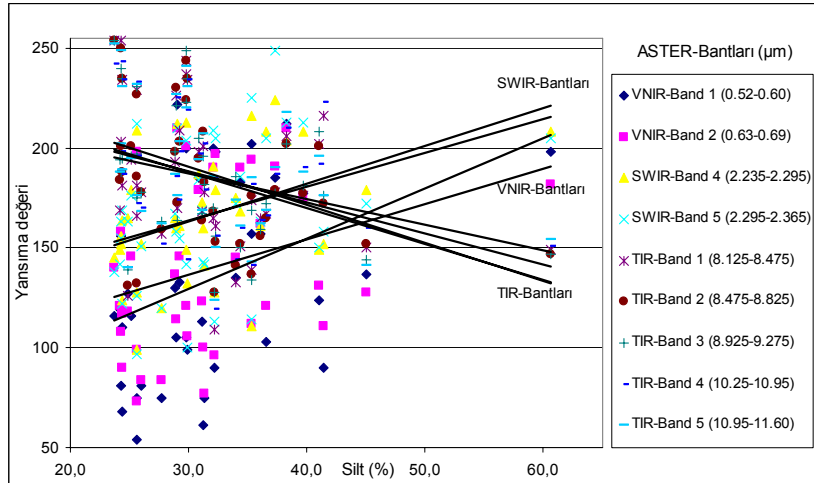
** bantla özellikler arasında çok önemli;

Toprakların organik madde içeriği ile VNIR bölgede 1., 2. ve 3. bantlar ve TIR bölgede 1., 2., 3., 4. ve 5. bantlar arasında negative bir ilişki belirlenmiştir (Şekil-2). Buna göre, VNIR bölgede 1., 2. ve 3. bantlar için belirlenen korelasyon değerleri sırasıyla; $r=-0.33$, -0.41 ve -0.35 bulunmuştur. TIR bölgede ise; 1., 2., 3., 4. ve 5. bantlar için belirlenen korelasyon değerleri $r=-0.30$, -0.30 , -0.33 , -0.34 ve -0.39 olarak bulunmuştur. Organik madde içeriği ve istatistik olarak ilişkinin önemli/çok önemli olarak bulunduğu bantlardan olan yansıma değerlerine ait grafik şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Organik madde içerikleri ve bantlardan olan yansıma değerleri

Silt içeriği ile VNIR bölgede 1. ve 2. bantlar, SWIR bölgede 5., 6. bantlar ve TIR bölgede 1., 2., 3., 4., 5. bantlar arasında bir ilişki belirlenmiştir (Şekil-3). Bu bantlar için belirlenen korelasyon değerleri VNIR bölgede sırasıyla; $r=0.37$ ve 0.31 , SWIR bölgede; $r=0.39$ ve 0.37 , TIR bölgede ise; $r=-0.31$, -0.38 , -0.42 , -0.30 ve -0.39 olarak belirlenmiştir. Silt içeriği ve istatistik olarak ilişkinin önemli/çok önemli olarak bulunduğu bantlardan olan yansıma değerlerine ait grafik şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Silt içeriği ve bantlardan olan yansıma değerleri

Çalışma sonucunda toprak pH'sı ile SWIR bölgede 1., 5. ve 6. bantlar arasında, kireç içeriği ile SWIR bölgede 1. bant arasında bir ilişki belirlenmiştir.

Toprak haritası üretimi

Çalışmada TIR bölgede gösterdiği yansımanın dikkate değer bulunan OM ve silt içeriği için haritalar üretilmiştir. Harita üretiminde, istatistik olarak ilişkinin önemli olduğu bantlardan r değerleri en yüksek olanlar kullanılmıştır. Buna göre OM haritası için TIR bölgede 3., 4. ve 5. bantlar kullanılarak kontrollü sınıflama yapılmış ve 6 farklı sınıf ayırt edilmiştir. Sınıflandırmada OM içeriği % 1-2, 2-4, 4-6, 6-7, 7-8 ve 8-9 olarak gruplanmıştır. Kontrollü sınıflandırma yapmak için referans olarak seçilen pikseller, OM içeriği yönüyle temsil edeceği grup için ortalama değere en yakın olan örnekleme noktası seçilmiştir. Sınıflandırılmış görüntüye göre OM dağılımı, örnek noktalarındaki OM içeriği ve toprak sınırları şekil 4'de verilmiştir.

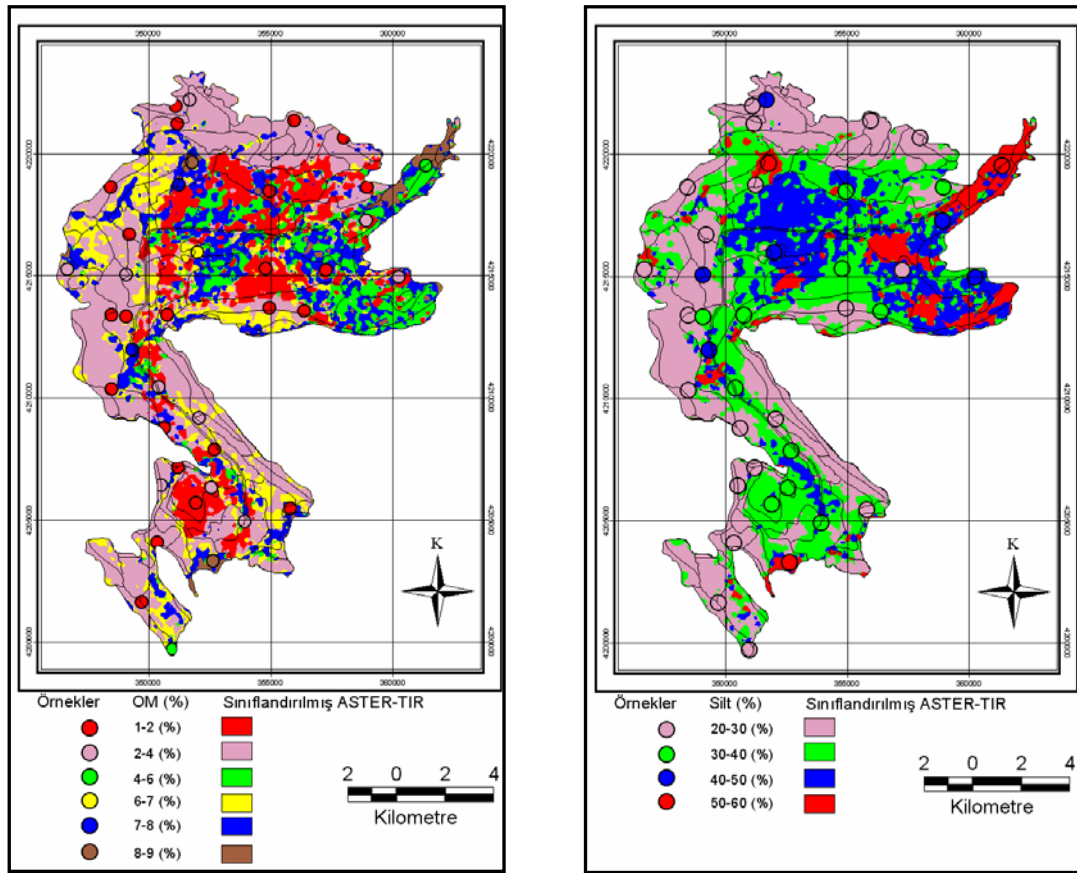
Buna göre sınıflandırılmış görüntüde OM içeriğine göre ilk 3 sınıf kimi noktalarda birbiriyle karışmakta, son üç sınıf ise daha belirgin olarak ayırt edilebilmektedir. Başka bir ifadeyle, uygulanan metot ile topraklar OM % 6'dan fazla ve az şeklinde ayırt edilebilmiştir. Silt içeriğine ait harita üretmek için TIR bölgede 2., 3. ve 5. bantlar kullanılmıştır. Sınıflandırmada % 20-30, %30-40, %40-50 ve %50-60 olmak üzere 4 gurup oluşturulmuştur. Sınıflandırılmış görüntü, örnekleme noktalarındaki silt içeriği ve toprak sınırları şekil 4'de verilmiştir. Sınıflandırılmış görüntüde silt içeriğinin 4 guruba ayırt edilmesi mümkün olmuştur. Özellikle düşük silt (%20-30) ve yüksek silt (% 50-60) silt içeren topraklar belirgin olarak ayırt edilebildiği belirlenebilmiştir.

Sonuç

Toprak ısısı iç faktörlerden toprak rengi, toprak tekstürü ve su içeriği ile doğrudan ilişkili bulunmaktadır. Toprakta suyun tutulması ise OM ve kil içeriği ile ilişkilidir.

ASTER-TIR bantlardan olan yansıma bu faktörlerin bir bileşeninden kaynaklanmaktadır. Ancak bu çalışmada OM ve silt içeriği önemli bulunmuştur. OM için bulunan sonuç, hem OM'nin toprak rengi üzerine etkisi hem de toprakta suyun tutulmasıyla ilişkili görünmektedir.

TERRA-ASTER bantlarından olan yansıma değerleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, toprak haritalarının üretilmesinde kullanılabilirliği



Şekil 4. Sınıflandırılmış görüntülerden oluşturulan organik madde ve silt haritalarının örnekleme noktaları ve toprak haritası ile karşılaştırılması

Bu sonuçlar literatürlere uygunluk göstermiştir. Silt içeriğinin önemli çıkması ise doğrulayıcı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Önceki çalışmalardan farklı olarak, toprakların içerdiği kil içeriği ve kireç oranının ASTER VNIR bantlarında önemli çıkmaması, yansıma üzerine etkili bir faktör olan toprak renginin istatistik ilişkilendirmede göz önünde bulundurulmamasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, organik maddedeki ilişkinin ASTER SWIR bantlarında da önemli çıkmaması her uydu verisinin teknik özellikleri ve alınma zamanına bağlı olarak değerlendirilmesi gerekliliğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, toprakların sahip oldukları özellikleri nedeniyle dinamik bir yapıda olması, hidrosferle komşu olması nedeniyle nem ve ısıdaki değişimden sürekli etkilenmesi, gösterdiği yansımaların mevsimlere ve hatta günün saatlerine göre farklılık göstermesi uydu verileri ile toprak özelliklerinin tek başına belirlenmesinde standart bir lejant/kütüphane oluşumunu zor kılmaktadır.

Her ne kadar birçok toprak özelliğinin ortak etkisi sonucu oluşan farklı toprak tiplerinin ayırt edilmesi ve sınırlarının belirlenmesinde ASTER-VNIR verilerinin kullanımı mümkün olmakta ve başarıyla uygulanabilmekte ise de toprak özelliklerinin tek başına belirlenmesinde ve haritalanmasında verilerin her bir frame'nin, çalışılacak bölge ve toprak özelliği için bağımsız değerlendirilmesi ve arazi kontrolleri ile doğrulanması zorunlu olmaktadır.

Kaynaklar

- Akgül, M., Başayığıt, L., Işıldar, A. A., Uçar, Y., Şenol, H., (2002), Şarkikaraağaç sulama şebekesi arazilerinin tarımsal üretim potansiyelinin belirlenmesi, SDÜ Zir Fak., Yay. no. **23**, Araştırma serisi yay. No. 2, Isparta
- Allison, L.E. and Moodie, C.D. (1965). Carbonate. In: C.A. Black et al (ed) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1379-1400. *Am.Soc. of Argon., Inc.*, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Aparicio, N., Villegas, D., Casadesus, J. L., Royo, C., (2000). Spectral vegetation indices as non-destructive tools for determining durum wheat yield. *Agronomy Journal*, **92**, 83-91.
- Başayığıt, L., Öztekin, E., Dingil, M., Şenol, S., Dinç. U., 1999. Detail Soil Mapping of the Adıyaman-Kahta Irrigation Project Area Using Digital Satellite Data, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.
- Bouyoucus, G. J., (1951). A Recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils, *Argon. Jour.* Vol **3**. 434-438.
- Brown, D. J., Shepherd, K. D., Walsh, M. G., Mays, M. D., Reinsch, T. G., (2005). Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy, *Geoderma*, April, (in pres).
- Daniel, K. W., Tripathi, N. K., Honda, K., Apisit, E. (2004). Analysis of VNIR (400-1100 nm) spectral signatures for estimation of soil organic matter in tropical soils of Thailand, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.25, No. **3**, 643-652.
- Dinç, U., Yeğingil, İ., Peştemalcı, V., 1994. Uzaktan Algılama Ders Notu, Adana.
- Dinç, U., Şenol, S., 1997. Toprak Etüd ve Haritalama Ders Kitabı No: **50**, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 161, Adana.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation 4 th ed., ISBN 0-471-25515-7 John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Öztekin, E., Başayığıt, L., Dingil, M., Şenol, S., Dinç. U., 1999. The Relationships Between the Reflection Values and Soil Properties of the Some Selected Soils in the Southern East Anatolia Turkey, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.
- Peech, M., Alexander L.T., Dean, L.A. and Reed, J.F. (1947). Methods of soil analysis for soil fertility investigations. *U.S.Dept.Agr.Circ.* 757.
- Shepherd, K. D., Walsh, M. G., (2002). Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. *Soil science Society of America Journal*, **66**, 988-998.
- Sudduth, K. A., Hummel, J. W., (1991). Evaluation of reflectance methods for soil and organic matter sensing. *Transaction of the ASAE*, **34**, 1900-1909.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Sci.* **63**:251-263.