

Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Ayrımlı Toprak Taksonomik Birimlerinin Yansıma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırma

Nejat ÖZDEN¹ Ünal ALTINBAŞ²

Summary

Research on Determining of Reflection Characters of Different Soil Taxonomic Units By Utilizing Remote Sensing Technique

This study was carried out in order to determine reflection values of different soil taxonomic units, which demonstrate distribution on earth, by using their satellite images. In this context, correlation analysis were conducted by using the following tools; remote sensing technique (satellite images); reflection values and some soil properties to great soil groups such as Rhodoxeralf, Haprendoll and Xerofluvent, which were determined by means of spectroradiometric measurements; and SPSS, which is statistical data analysis method. Soil were determined as Haprendoll > Xerofluvent > Rhodoxeralf according to spectroradiometric reflection values under the wet and moist conditions. It was determined that there was a relationship between spectroradiometric reflection values of soil taxonomic units and the color of the soil, which is one of the natural characteristics of a soil, its lime content, its texture, percentage of moisture content and organic matter.

Keywords: Remote sensing, spectroradiometer, soil taxonomic unit, SPSS

Giriş

Yeryüzü doğal ve kültürel kaynaklarının araştırılmasında uzaktan algılama verileri coğrafi bilgi sistemi ile yorumlanır. Uzaktan algılamada çok bantlı görüntülerin kullanımının bir sonucu olarak, ayrımlı öğelerin ortaya çıkarılması yanında, bu bağlamda benzer alana ait kimi verilerin de ortaya çıkarılması ve yorumlanmasında yardımcı

¹ Zir.Yük.Müh., Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Menemen Araş. Enst., Menemen-İzmir
nozden@gmail.com

² Prof. Dr., Ege Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Bornova-İzmir

olur. Temelde sayısal uydu verileri yeryüzü kaynaklarının araştırılmasında bir araç olarak kullanılır. Bunlar; yeryüzü doğal kaynaklarının en önemlilerinden birisi olan toprakların nitel ve nicel olarak ortaya çıkarılmasında, sınırlarının belirlenmesinde, haritalanmasında ve birbirleri ile olan ilişkilerinin saptanmasında çok yönlü bir konum sergilerler. Bu veriler genelde güncel olduklarından yöre ile ilgili bilgilerin üretilmesinde ve yaşama geçirilmesinde önemli işlevleri vardır.

Yeryüzü kara parçasını ince bir tabaka şeklinde örten topraklar, temelde kendilerini oluşturan doğal koşulları, özgün morfolojik konumlarında sergiler. Toprak özelliklerinin ayrımlılığı, çeşitli toprak olgusunu ortaya koyarken, toprakların amaç ve istek doğrultusunda kullanımı nedeniyle bunların gruplandırılması, toprak birimlerinin özelliklerine bağımlı olarak gerek kendi aralarında ve gerekse çevre ile olan ilişkilerinin özümleme ve sentezinde yardımcı olur (Altınbaş, 2000).

Temel doğal öğelerden birisi olan topraklar, toprak nemi, organik madde, mineral bileşim, demir oksitler, tuz ve karbonat içerikleri ile toprak dokusu, toprak yapısı, toprak rengi vb. özellikleri yanında jeolojik yapı ile coğrafi konuma bağımlı olarak ayrımlı yansıma, absorbe, iletme ve dağıtma özellikleri gösterirler. Yakın kızılötesi ışınların bitkilerce yansıtılmalarına karşılık, toprak, kaya vb. diğer öğelerce bu ışınlar değişik oranlarda absorbe edilirler (Altınbaş ve ark. 2001).

Toprağa ait güneş ışınlarının yansıtma verileri, elektromanyetik spektrumun dört ayrımlı bant aralığında ve Landsat TM uydu algılama düzenekleri yanında, benzer sınır verilerine sahip mercekle ve filtre takılı bir spektrometre kullanılarak da belirlenirler. GPS (Global Position System-Yer Konumlandırma Sistemi) yardımıyla yeryüzünde mevcut öğelerin nokta koordinatları saptanır ve uydu görüntüleri üzerinde bu noktaların ayrımlı yansımalarının sayısal verileri belirlenir.

Yukarıdaki anlatımlar doğrultusunda yapılan bu çalışma, Ege bölgesi doğal ekosisteminin üretkenliği yanında, meteorolojik öğelerin de uygunluğu sonucu ekonomik olarak birçok tarımsal ürünün üretimine olanak veren kimi ayrımlı toprak taksonomik birimlerinin uzaktan algılama tekniği (uydu görüntüleri) ve spektrometrik ölçümlerle belirlenmesi temeline dayanır.

Materyal ve Yöntem

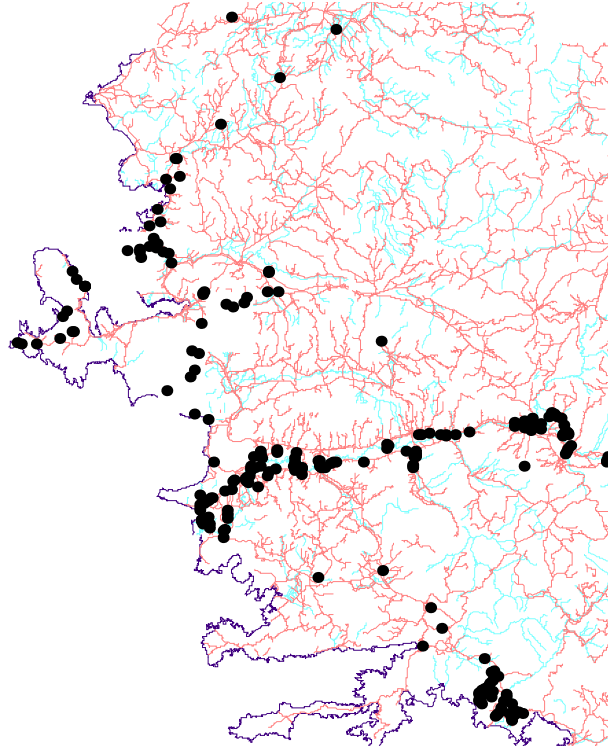
Araştırma materyalini; kuzeyde Balıkesir ilinden, güneyde Akdeniz ile sınır oluşturan Dalaman (Muğla) ilçesine kadar devam eden kıyı şeridi boyunca dağılım gösteren Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak grupları ile bu alana ait Landsat-5, Landsat-7 uydu görüntüleri oluşturmaktadır (Çizelge 1). Toprağa ait güneş ışınlarının yansıma verileri, elektromanyetik spektrumun dört ayrımlı bant aralığında ve Landsat-5 TM uydusu algılama düzenekleri ile aynı sınır verilerine sahip mercek ve filtre takılı bir el spektrometresi (Exotech Model 100BX) kullanılarak belirlenmiştir. El spektrometresi okuma değerlerinin kalibrasyonu için BaSO₄ ile kaplanmış bir levha kullanılırken, test alanlarının uydu görüntüsü üzerinde nokta koordinatlarını saptamak amacıyla GPS (Global Position System-Yer Konumlandırma Sistemi) ve toprak renginin ortaya konulmasında Munsell renk kartı kullanılmıştır.

Çizelge 1. Arazide kullanım amacıyla satın alınan uyduların görüntü özellikleri

Path / Row	Çekim Tarihleri	Uydu
180/33	23/05/2000	Landsat 5 TM
	03/08/2000	Landsat 7 ETM
	18/05/2001	Landsat 7 ETM
	06/08/2001	Landsat 7 ETM
	24/07/2002	Landsat 7 ETM
180/34	23/05/2000	Landsat 5 TM
	03/08/2000	Landsat 7 ETM
	18/05/2001	Landsat 7 ETM
	06/08/2001	Landsat 7 ETM
	24/07/2002	Landsat 7 ETM
181/33	22/05/2000	Landsat 7 ETM
	10/08/2000	Landsat 7 ETM
	01/05/2001	Landsat 5 TM
	05/08/2001	Landsat 5 TM
	16/08/2002	Landsat 7 ETM

Toprak taksonomik gruplarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan bu araştırma yöntem bağlamında 4 aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşama; 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritalardan koordinat bilgileri, yükseklik, yol, yerleşim alanı, akarsu, göl ve barajlar ile Ege denizine kıyısı olan illerin kıyı çizgileri, ilçe sınırları, ayrıntılı yol ve köy yerleşim alanları “vb. öğeler sayısallaştırılarak altlık harita oluşturuldu. Ayrımlı jeolojik yapılanma ve süreçlerine bağımlı olarak,

ana özdek, taşınım ve birikim koşulları yanında iklim, arazinin topoğrafik konumu, biyolojik çeşitlilik, zaman vb. diğer toprak oluşum öğelerine de bağımlı olarak Ege yöresinde dağılım gösteren Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak grupları belirlenerek 104 adet test alanı seçildi (Şekil 1) ve spektrometre okuma değerlerinin kalibrasyonu için BaSO₄ ile kaplanmış bir levha kullanıldı.



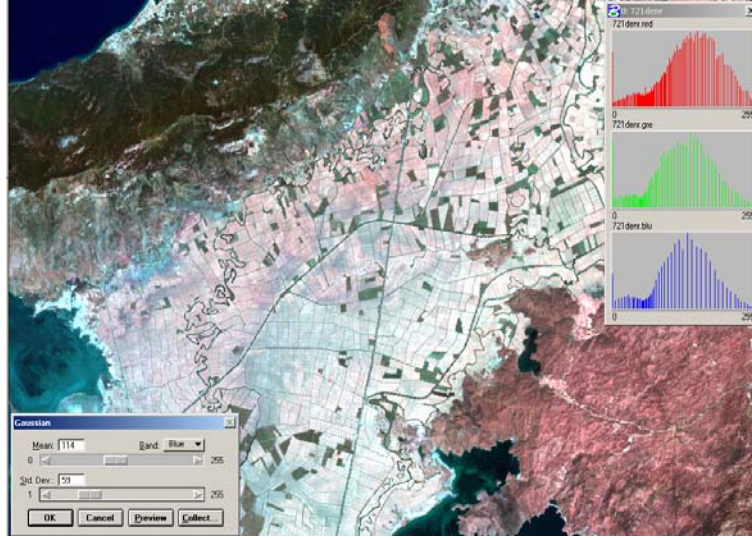
Şekil 1. Coğrafi bilgi sistemi kurallarına göre oluşturulan sayısal altlık harita üzerinde belirlenen test alanlarının dağılımı

İkinci aşama; 2000 yılı Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, 2001 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ile 2002 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında araziye gidilerek belirlenen 104 test noktasında toprakların ve BaSO₄ ile kaplanmış kalibrasyon levhasının yansımaları Landsat uydularının 1., 2., 3. ve 4. bandlarına eşdeğer 450-520, 520-600, 630-690, 760-900 nm dalga boylarında, yerden 1 m yükseklikte ve 15° 'lik açıyla spektrometre kullanılarak ölçüldü ve GPS yardımıyla ölçümlerin yapıldığı noktaların koordinatları derece, dakika,

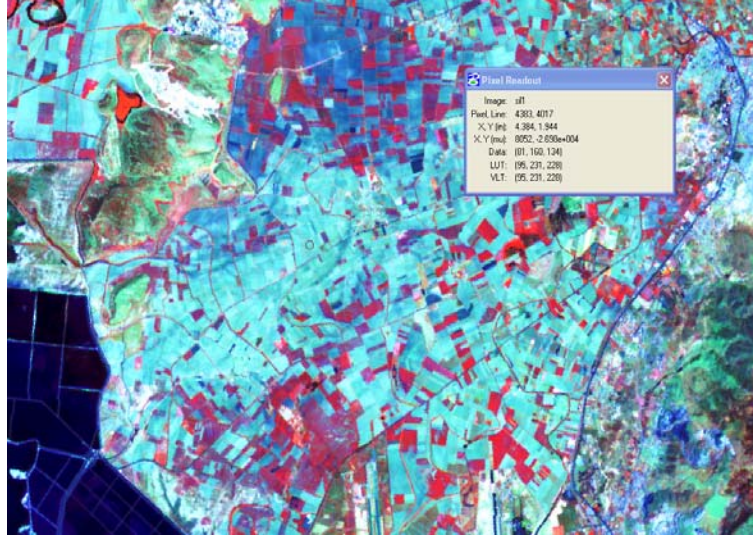
saniye olarak belirlendi. Ayrıca toprakların kimi fiziksel- kimyasal özelliklerini ortaya koymak amacıyla ölçüm yapılan noktalardan toprak örnekleri alındı ve nemli-ıslak koşullarda toprakların rengi Munsell renk kartı kullanılarak belirlendi.

Üçüncü aşamada; yeryüzü öğelerinin uydularca algılanmaları sürecinde ortaya çıkan görüntü uzaması, sürüklenmesi vb. bağlı olarak her köşesinde tekdüze bir ölçeğe sahip olmaması ve kuzey yönünün gerçek kuzeyden uzaklaşmış olarak algılanması nedeniyle bir düzeltme işlemi (rektifikasyon) yapıldı.

Araştırmada, toprak baz alınarak "Gaussian" zenginleştirme yöntemi ile bütün test alanlarında her bir test alanı için, test alanı içindeki pikseller bilgisayara tanıtılarak histogramlar oluşturuldu. Zenginleştirme işlemi sonucunda ayrımlı toprak taksonomik grupları uydu görüntüsü üzerinde daha belirgin şekle dönüştürüldü (Şekil 2. GPS kullanılarak saptanan ölçüm noktalarının yerleri uydu görüntüsü üzerine yerleştirildi ve uydu görüntüsündeki Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak gruplarına ait piksel yansımaları sayısal olarak belirlendi (Şekil 3).



Şekil 2. Söke ilçesi güneybatı yöresinin zenginleştirilmiş uydu görüntüsü (2001 yılı Landsat-7 ETM)



Şekil 3. Menemen ovası Xerofluvent büyük toprak grubuna ait bir pikselin yansıma değerleri (2001 yılı Landsat-7 ETM)

Dördüncü aşamada ise Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak gruplarına ait spektrometrik yansıma verileri laboratuvar analiz verileri ile, istatistiksel veri analizi amacına yönelik gelişmiş bir paket program olan SPSS (Statistical Package for Social Sciences) kullanılarak korelasyon analizi yapıldı.

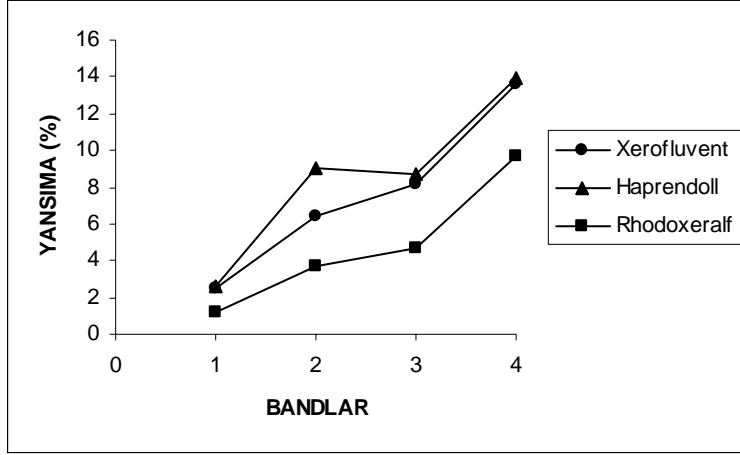
Araştırma Bulguları ve Tartışma

Uzaktan algılama tekniği kullanılarak ayrımlı toprak taksonomik birimlerinin yansıma karakteristiklerinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen bu çalışmada, toprakların arazi etüd ve çözümlene verilerine göre, Rhodoxeralf büyük toprak grubunda; toprak rengi, nemli toprakta 2.5 YR 6/5-5/5, ıslak toprakta 3/4-2/4, kum kümesinde %22.56-60.00, mil kümesinde %12.72-41.00, kil kümesinde %11.44-37.28; toprak dokusu, kumlu tın, kumlu killi tın, tın, killi tın; toprak tepkimesi (pH), 7.02-7.87 ve nötr-hafif alkali; kireç (CaCO₃) %0.77-2.93 ve az kireçli; suda çözünebilir toplam tuz < %0.030-0.128 ve sınıf:0, ve bu sonuçlara göre tuzsuz toprak; organik madde %1.05-4.37 sınırları ile az-kuvvetli derecede humuslu, Haprendoll büyük toprak grubunda, toprak rengi, nemli toprakta 10 YR 8/1-4/2, ıslak toprakta 6/3-2/2, kum kümesinde %33.56-66.40, mil kümesinde %19.00-43.00, kil kümesinde %11.44-42.44; toprak dokusu, kumlu tın,

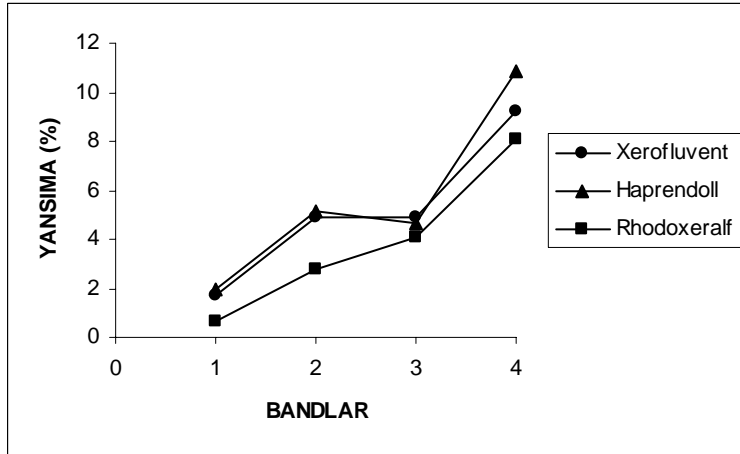
kumlu killi tın, tın, kil; toprak tepkimesi (pH), 7.03-7.73 sınırlarında ve nötr-hafif alkali; kireç (CaCO₃) %7.31-28.10 içeriğinde kireçli-çok kireçli; suda çözünebilir toplam tuz < %0.030-0.150 ve sınıf:0 yani tuzsuz toprak; organik madde %1.13-4.31 arasında ve sonuç olarak humusça fakir-kuvvetli derecede humus sınırlarında, Xerofluvent büyük toprak grubunda ise, toprak rengi, nemli toprakta 10 YR 6/4-4/1, ıslak toprakta 6/1-3/1, kum kümesinde %12.56-65.56, mil kümesinde %16.00-59.16, kil kümesinde %7.44-44.44; ve bu bağlamda toprak dokusu, kumlu tın, kumlu killi tın, tın milli tın; toprak tepkimesi (pH), 6.80-7.97 sınırlarında ve nötr-orta alkali; kireç (CaCO₃) %1.07-9.78 ve az kireçli-kireçli; suda çözünebilir toplam tuz < %0.030-0.197 ve sınıf:0, sınıf:1 yani tuzsuz-orta tuzlu toprak; organik madde %0.51-5.87 ve humusça fakir-kuvvetli derecede humus sınır verileri arasında dağılım göstermektedir.

Toprak dokusu her bir ayrımlı büyük toprak grubu içerisinde kum dokudan-kil dokuya, benzer şekilde toprak rengi de açık renkten koyu renge doğru numaralandırılarak gerçekleştirilen istatistiksel analizlerde, her bir ayrımlı büyük toprak grubu kendi içerisinde dokuları duragan kalmak koşulu ile toprak kireç içeriği ile spektrometrenin 1., 2., 3. ve 4. spektral bandlarında %95-99 önem seviyesinde ve pozitif; organik madde ile spektrometrenin 1., 2., 3. ve 4. bandlarında %95-99 önem seviyesinde ve fakat negatif; nemli iken saptanan toprak rengi ile spektrometrenin 1., 2., 3. ve 4. bandlarında %95-99 önem seviyesinde ve negatif; ıslak iken saptanan toprak rengi ile spektrometrenin 1., 2., 3. ve 4. bandlarında %95-99 önem seviyelerinde negatif ilişkiler saptanmıştır.

Her bir büyük toprak grubunun kendi içerisindeki nemli (Şekil 4) ve ıslak (Şekil 5) olarak ölçülen spektrometrik yansıma verilerinin ortalamaları alındı ve en yüksek yansımanın Haprendoll büyük toprak grubunda olduğu saptanmıştır. Yüksek yansıma verileri, Haprendollerin marn (miosen) ana özdekleri üzerinde oluşum göstermesi, ana özdek parçalarının tüm pedonda yüzeyüstü ve yüzeyaltı toprak horizonlarında bulunması ve kireç taneciklerinin yansımayı yükselten bir etkiye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda diğer toprak gruplarına göre daha yüksek organik madde içermesine rağmen, açık renkli marn ana özdeğinden dolayı yansıma verileri Xerofluvent ve Rhodoxeralf büyük toprak gruplarına göre daha yüksek verilerde belirlenmiştir.



Şekil 4. Nemli toprakta Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak gruplarına ait ortalama spektrodymetrik yansımaya verileri



Şekil 5. Islak toprakta Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluvent büyük toprak gruplarına ait ortalama spektrodymetrik yansımaya verileri

Toprak rengi, toprakların kimyasal özellikleri ve mineral bileşimleri yanında özellikle organik madde çeşitliliği ve niceliği tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir. Topraklardaki yansımalar üzerine, yüzey toprağının rengi yanında, kimi diğer toprak özellikleri arasında da bir ilişki bulunmuş ve bu ilişki spektral olarak saptanmıştır. Kondratyev ve ark. (1978), yaptıkları çalışmada toprak renginin, toprağın kimyasal ve mineral bileşimi ile organik madde içeriğince belirlendiğini, benzer renge sahip topraklarda bile rengin koyuluğu-

açıklığı ve tondaki değişimlerinin spektral olarak ayırt edilebildiğini ve bu bağlamda renk koyulaştıkça yansımanın azaldığını saptamışlardır.

Toprakların yüzey horizonlarındaki kireç içeriği yansımayı etkilemektedir. Toprakların içerdiği kireçli mineraller nicel olarak yoğunlaştıkça topraklarda beyaz renk yoğunlaşması söz konusu olacağından topraklar tarafından elektromanyetik enerjiye ait radyometrik yansıma da doğal olarak yoğunlaşacaktır. Temelde karbonatlı mineraller açık ve beyaz renklidirler ve sonuçta da bu tip mineraller, güneş ışınlarını yoğun olarak yansıtırlar. Toprakların kimyasal bileşiminin, topraktan yansıyan ışık niceliğini etkileyen, önemli bir özellik olduğu belirlenirken (Stoner ve ark. 1980), Fitzgerald (1972), toprakların serbest demir oksitler ile kalsit minerallerini baskın olarak içermelerinin bir sonucu olarak, ayrımlı yansıma sayısal verilerine neden olduğunu, demirli mineralleri içeren toprakların da yoğun kalsit minerallerini içeren topraklara göre ışığı daha fazla absorbe edebildiğini saptamıştır.

Toprağın yapısı, dokusu ve nem içeriği yansımayı önemli ölçüde etkilemektedir. Yapısı iyi gelişmiş topraklarda, yapısı gelişmemiş topraklara göre ışınları daha fazla dağıtırlar. Stoner ve ark. (1980), yapısı iyi gelişmemiş veya yapısız topraklarda yansıyan ışığın, iyi yapılı topraklardan % 15-20 daha fazla olduğunu saptamışlar ve bunun nedeni olarak da, yapısı gelişmiş topraklarda, doğal toprak kümeleri arasındaki boşluklarda ışığın dağıtılması yanında bunun alt toprak tabakalarına olan hareketi ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, kil dokulu toprakların su tutma sığaları ve organik madde içerikleri daha fazladır ve sonuçta elektromanyetik enerjiyi yoğun olarak soğururlar ve sonuçta yansıyan enerji daha düşük nicelikte şekillenir.

Toprakların kum içeriği arttıkça, elektromanyetik yansıma da artmaktadır. Kumların tane çapının büyüklüğü yanında genelde de açık renkli olduğu için güneşten gelen elektromanyetik dalganın büyük bölümünü yansıtırlar. Bu nedenle, kum dokulu toprakların parlaklıkları diğer doku çeşitlerine göre daha yüksektir. Orueta ve Ustin (1998), Santa Monika Dağları (Kaliforniya) üzerinde oluşan topraklarda yaptıkları çalışmalarda, toprakta bulunan kum niceliğinin, spektral yansımayı önemli ölçüde etkilediğini, toplam demir ve organik madde içeriğinin ise temel olarak spektral yansımayı etkilemediğini belirtmişlerdir.

Toprakların içerdiği nem niceliği, hemen hemen tüm dalga boylarındaki elektromanyetik yansımaların azalmasına neden olur.

Bunun nedeni, toprakta bağılı suyun gelen ışığı dağıtarak yansıyan ışık niceliğini azaltmasıdır. Muller ve Decamps (2001), Fransa’ da 1993 yılından beri, Spot uydu görüntülerini kullanarak arazi koşullarında toprak nemi-yansıma ilişkileri arasında bir model oluşturmuşlar ve sonuçta toprak nem içeriğinin artmasıyla, elektromanyetik yansımanın azaldığını saptamışlardır.

Organik madde, toprağın spektral özelliklerini etkileyen bir toprak bileşimidir. Organik madde, topraklara koyu bir renk verirken, topraklardaki içeriğinin yoğunlaşması ile toprağın su tutma kapasitesini artırır. Temelde topraklarda organik madde içeriği arttıkça, toprağın elektromanyetik yansıma özelliği buna koşut olarak azalmaktadır. Hoffer ve Johannsen (1969), mineral topraklarda organik maddenin ayrışma derecesi ve niceliğinin toprakların yansıma derecelerini önemli ölçüde etkilediğini; Baumgardner ve ark. (1970), organik madde içeriğinin %2’ den yoğun olduğu konumlarda, organik maddenin güneş ışınlarının yansıma verileri üzerinde baskın bir rol oynadığını; Girard (1989), topraklarda meydana gelen yansıma verilerinin organik madde niceliğinin artışına koşut olarak azaldığını ortaya koymuşlardır.

Spektroradyometre ile arazide doğrudan yapılan ölçümler sadece toprağın yansıma verilerini göstermektedir. Ancak uydu görüntülerinde en küçük görüntü birimi olan piksel boyutundaki algılama alanı üzerine toprak yanında, bitki çeşidi ve yoğunluğu, arazi eğimi, jeolojik yapı vb. arazi özellikleri de yansımaya katıldığından, toprağın yansıma verileri olumsuz olarak etkilenmektedir.

Topraklar, üzerlerinde bitki örtüsü bulunmadığı veya çıplak olduğu konumlarda, elektromanyetik dalgaların doğrudan yansıma özelliklerini açık olarak gösterirler. Her ne kadar topraklarda, bitkiler kadar belirgin yansıma özellikleri yok ise de yukarıda sözü edilen toprak özelliklerinin arazi özellikleri ile birlikte yorumlanması sonucunda kimi sonuç bilgilerinin üretilmesi olasıdır.

Sonuç

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu belirlenen ortalama spektroradyometrik yansıma verilerinin en yüksekten en düşüğe doğru Haprendoll > Xerofluvent > Rhodoxeralf şeklinde saptandı ve sonuçta elektromanyetik enerjinin yeryüzü doğal toprak taksonomik birimleri tarafından yansıtılmaları toprakların doğal özelliklerinden olan toprağın rengi, kireç içeriği, dokusu, % nem ve organik madde içeriği ile ilişkili olduğu belirlendi.

Yukarıdaki sonuçlar doğrultusunda, doğal kaynakların en önemlilerinden birisi olan toprakların sağlıklı ve sürdürülebilir şekilde tasarımı ve kullanımı, bu doğal kaynağın sistemli bir şekilde uzaktan algılama tekniği veya sayısal uydu verileri ile gözlenmesi, mevcut verilerin yorumlanması ve sonuçta da güncel modellerin oluşturulması ile mümkün olacağı yargısına varıldı.

Özet

Bu çalışma, yeryüzünde dağılım gösteren ayrımlı toprak taksonomik birimlerinin yansıma değerlerine ait sayısal verilerin uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmesi amacıyla planlanmıştır. Bu bağlamda uzaktan algılama tekniği (uydu görüntüleri) ve spektrodijometrik ölçümlerle belirlenmiş Rhodoxeralf, Haprendoll ve Xerofluent büyük toprak gruplarına ait yansıma verileri ile kimi toprak özellikleri, istatistiksel veri analiz yöntemi olan SPSS kullanılarak, korelasyon analizleri yapılmıştır. Nemli ve ıslak koşullardaki spektrodijometrik yansıma verilerine göre topraklar Haprendoll > Xerofluent > Rhodoxeralf şeklinde belirlenmiştir. Toprak taksonomik birimlerinin, spektrodijometrik yansıma verilerinin toprakların doğal özelliklerinden olan toprağın rengi, kireç içeriği, dokusu, % nem niceliği, organik madde ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan algılama, spektrodijometre, toprak taksonomik birimi, SPSS.

Kaynaklar

- Altınbaş, Ü. 2000. Toprak Genetiği ve Sınıflaması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 540. Bornova-İzmir.
- Altınbaş, Ü., Y. Kurucu, M. Bolca. 2001. Ege Bölgesi ve Çevresinin 2000 Yılına Ait Pamuk Ekili Alanları ve Pamuk Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği - Uydu Verileri ile Saptanması Üzerine Araştırmalar. 2000 BİL 030 No' lu Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi. Bornova-İzmir.
- Baumgardner, M. F., S. J. Kristof, C. J. Jahanssen, A. L. Zachary. 1970. Effect of Organic Matter on The Multispectral Properties of Soils, Proceedings of Indian Academy of Science, 79; 413-422.
- Fitzgerald, E. 1972. Multispectral Scanning Systems and Their Potential Application to Earth Resource Organization. ESRD, 2 (1973).
- Girard, M. C. 1989. Caractéristiques Spectrales Des Sols En Fonction De Leurs Propriétés. 3 Ieme Coll. Int. Pédologie Et Télédétection Aiss Varsovic.
- Hoffer, R. M., C. J. Johansen. 1969. Remote Sensing in Ecology. Geoforum, Univ. of Georgia Pres. Athens, 8 (1971).
- Kondratyev, K. Y., B. Vasilev, P. Penchenko. 1978. Experimental Identification of Soils From Their Reflection Spectra. Soviet Soil Science 10 (2).
- Muller E., H. Dacamps. 2001. Modeling Soil Moisture-Reflectance. Remote Sensing of the Environment. Elsevier, Remote Sensing of Environment 76 (2000).
- Orueta, A. P., S. L. Ustin. 1998. Remote Sensing of Soil Properties in the Santa Monica Mountains I. Spectral Analysis. Volume 65, Issue 2, Pages 170-183.
- Stoner, E. R., M. F. Baumgardner, L. L. Biehl, B. F. Robinson. 1980. Atlas of Soil Reflectance Properties. Agriculture Experiment Studies. Research Bulletin 962, pp. 1-75. Purdue Univ.; West Lafayette-Indiana.