

TOPRAK ETÜDLERİNDE UZMAN GEREKSİNİMİNİ AZALTACAK YÖNTEMLERİN ADANA İLİ ÖRNEĞİNDE ARAŞTIRILMASI*

*Investigation For Decreasing The Need For Expert Knowledge For Soil Survey In
Adana Province*

Yakup Kenan KOCA
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Suat ŞENOL
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

ÖZET

Türkiye'nin önemli ihtiyaçlarından biri olan detaylı toprak etüdlerinin kalitesini arttıracak, uzman gereksinimini azaltacak, arazide harcanacak süreyi azaltabilecek, toprak etüd çalışmasının her aşamasında kullanılabilecek yeni teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi amacıyla Adana ili Yumurtalık ilçesi sınırları içerisinde kalan yaklaşık 100 km²'lik bir alanda yürütülen bu çalışmada, Stereo WorldView-2 sayısal uydu verileri temel kartoğrafik materyal olarak kullanılmıştır. Toprak serilerini tanımlama amacıyla profil çukuru açılacak yerlerin belirlenmesinde tüm kartoğrafik materyallerin birlikte kullanıldığı 4 aşamalı yeni bir yaklaşım test edilmiş ve başarılı olunmuştur. Böylece toprak etüdlерinde en fazla deneyim gerektiren serilerin tanımlanacağı yerlerin belirlenmesinde uzman inisiyatifi asgari düzeye indirilmiştir. Araştırma alanında 17 toprak serisi tanımlanmış ve bu seriler Toprak Taksonomisine göre Inceptisol, Vertisol ve Entisol olarak sınıflandırılmıştır. Pedometrik yaklaşımların ve jeostatistiksel modellemelerin detaylı toprak etüd haritalama çalışmalarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla, çalışma alanı içerisinde seçilen test alanında grid metodu ile toplanan veriler için en uygun semivaryogramlar belirlenmiş ve bu özelliklerin haritaları oluşturulmuştur. Ancak, her noktada 3 farklı derinlikte toprak özelliklerinin modellenmesi ile elde edilen harita, bir kargaşadan öteye gidememiştir. Bundan dolayı değişkenleri çok fazla olan ve doğada gerçek bireysel varlıklar olarak bulunan toprak serilerinin detaylı etüdü ve haritalanmasının jeostatistiksel modelleme ile mümkün olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3 Boyutlu Uydu Görüntüsü, WorldView-2, Jeostatistik, Sayısal Haritalama, Detaylı Toprak Etüd ve Haritalama, Yumurtalık

ABSTRACT

Detailed soil maps are one of the most important natural resources investigations for Turkey which should be carried out in the coming years. In order to improve the quality, minimize the need for expert knowledge and decrease the amount of time required for soil surveys; new techniques and methods are investigated for every stage of soil survey in this research. The study was carried out in an area of 100 km² in Yumurtalık province of Adana, Turkey. Stereo

* Aynı başlıklı Doktora tezinden üretilmiştir.

WorldView-2 digital stereoscopic satellite data was used as basic cartographic material, in order to identify the profile locations for the definition of the soil series that are present in the study area. A combined four stage new approach was developed using physiographic units, geological map, general soil map and slope map derived from the topographic map. 17 soil series that were determined and these series were classified as Inceptisol, Vertisols and Entisols according to Soil Taxonomy. Stereoscopic interpretation of the WorldView-2 data used for delineation of the soil boundaries and were verified checked in field to identify soil series and phases. At this stage of soil survey, possibility of minimizing expert knowledge, data collected with the grid method for the test area, geostatistical models were used. Data collected with the grid method provided the most suitable semivariograms identified for each feature map created. However, the map obtained from modeling of soil properties in three different depths at each point, proved to be not successful. Therefore, it is concluded that determination of soil mapping units by using existing geostatistical methods proved to be not successful due to the nature of soils which are affected by large number of variables.

Key Words : . 3-D Satellite Imagery, WorldView-2, Geostatistics, Digital Mapping, Detailed Soil Survey and Mapping, Adana- Yumurtalık

Giriş

Yenilenemeyen doğal kaynaklar içerisinde yer alan toprakların oluşumu on binlerce yıl gibi uzun bir süreç gerektirmekte ancak, özellikle antropojenik etkilerle çok kısa bir sürede yok olmaktadır. Çevresel etmenler içerisinde bozunuma uğraması en kolay kaynakların başında gelen toprakların mevcut yapılarının korunması ve sahip olduğu özelliklere göre kullanılması gerekmektedir (Şenol ve Aksoy, 2013). Bu durumdaki en önemli iş, toprakların mevcut potansiyellerinin belirlenmesi ve buna göre projeksiyonlar üretilmesi gerekmektedir. Bir alan içerisindeki toprakların karakteristiklerini tanımlama, standart bir sınıflama sistemine göre toprakları sınıflandırma, bir harita üzerinde toprak çeşitlerinin sınırlarını gösterme ve toprakların davranışları hakkında tahmin yapma (Dinç ve Şenol, 2009) olarak tanımlanan toprak etüd ve haritalama çalışmalarında, dönemsel olarak yapılan işlem ve uygulamaların temel felsefesi aynı kalmış, ancak kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişim göstermiştir.

Toprak haritalama çalışmaları 1980'li yılların başında bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak yeni bir döneme girmiş olup, bilgisayar destekli kartoğrafik materyaller ve CBS teknolojisinin kullanılması ile sayısal haritalama dönemi başlamıştır. Bu dönemde önceden yalnızca topoğrafik harita ve kısmen de hava fotoğrafı kullanılarak yapılan haritalama çalışmaları yerini ağırlıklı olarak uydu görüntülerine, Global Positioning System (GPS) ve CBS'ye bırakmıştır. 1980 yılından itibaren teknolojiye gelişimin ivmesine paralel olarak sayısal haritalama teknikleri de gelişmiş ve modeller kullanılmaya başlanmıştır. 2000'li yılların başında ise çözünürlüğü 1 m'nin altına inen uydu görüntülerinin elde edilmesi ile dönem farklı bir boyut kazanmış, araziye yönelik detaylı çalışmaların

hemen hemen tümünde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmaya başlanmıştır.

Türkiye’de toprak haritalama çalışmaları çok yeni olup, henüz ulaşılması gereken düzeyde değildir. 1890 yılında Dokuçayev tarafından bağımsız bir bilim dalı olarak kabul edilen Toprak bilimi ve haritalanması çalışmaları, yurdumuzda 1950’li yıllarda K.Ö. Çağlar ile başlamıştır. Tüm Türkiye için şematik toprak haritası ise bu yıllarda hazırlanmıştır (Çağlar, 1958). Aynı yıllarda Amerikalı uzman H. Oakes tarafından da Türkiye Genel Toprak haritası hazırlanmıştır (Oakes, 1957). Bu yıllarda Türkiye genelinde yapılacak toprak etüd haritalama çalışmalarının sorumluluğu ise Toprak-Su Genel Müdürlüğü’ne verilmiş ve 1966-1971 yılları arasında ülke genelinin yoklama türü detaylı toprak etüdü yapılmış ve haritaları oluşturulmuştur. 1984-2000 yılları arasında ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 1:100.000 ölçekli yoklama türünde İl Arazi Varlıkları haritaları oluşturulmuştur. Söz konusu bu toprak haritaları günümüzde de halen kullanılmaktadır. Ancak bu haritalar yeterli ve detaylı bilgiyi karşılayamadığından dolayı toprak haritası gerektiren her çalışmada altlık olarak kullanıma uygunluğu tartışılmalıdır (Şenol ve ark., 2010).

Bu çalışmada Türkiye’nin toprak serileri ve fazları düzeyinde hazırlanmış detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarına olan ihtiyacı ve bu çalışmaları yapacak kurum, kuruluş, alt yapı ve teknik eleman eksikliği göz önünde bulundurulmuştur. Bu amaçla uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerindeki son tekniklerden yararlanılarak toprak etüdülerinin kalitesini arttıracak, uzman gereksinimini azaltacak, arazide harcanacak süreyi azaltabilecek, toprak etüd çalışmasının her aşamasında kullanılacak yeni teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu ilkedan hareketle bu çalışmada özellikle detaylı toprak etüdülerinde uzman inisiyatifinin en aza indirilmesi, detaylı toprak etüd haritalama çalışmalarının kalitesinin artırılması ve 3 boyutlu uydu görüntülerinin detaylı toprak etüd çalışmalarında kullanılabilirliğinin araştırılması konularına ağırlık verilmiştir. Araştırmada, Türkiye’nin acil ihtiyacı olan detaylı toprak etüdü için jeostatistiksel modeller denenmiştir. Bunun yanı sıra, çalışma alanına ait seri düzeyinde detaylı toprak haritası yapılmış, toprakların çeşitli kullanımlara uygunlukları belirlenmiş ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanununa göre değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışma, Adana iline bağlı Yumurtalık ilçe merkezi ve yakın çevresini kapsamaktadır. Çalışmada altlık kartoğrafik materyal olarak teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilen WorldView-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, çalışma alanına ait Harita Genel Komutanlığından elde edilen 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik harita, Maden Tetkik Arama Enstitüsü’nden (MTA) elde edilen 1:25.000 ölçekli jeoloji haritası, Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü’nden alınan iklim verileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan Adana İli Arazi Varlığı Raporu ve haritası (Anonim, 1996) diğer yardımcı kartoğrafik

materyaller olarak kullanılmıştır. Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamına aktarılması, tanıtılması ve değerlendirilmesi amacıyla, Erdas IMAGINE 9.1, ArcGIS 10.0, Microstation V8 ve Leica Photogrammetry Suite (LPS) PRO600 yazılımları kullanılmıştır. Donanımsal olarak da 3 boyutlu görüşe imkan veren NVIDIA 3D ekran, yazılım ile uyumlu mouse ve gözlük kullanılmıştır. Arazi ve büro çalışmalarında ise kısmen tablet bilgisayar kullanılmıştır.

Çalışma alanı Yumurtalık ilçesinin uzun yıllar iklimsel verileri değerlendirildiğinde yıllık ortalama yağışın 792,2 mm ve yıllık ortalama sıcaklığın 19 °C olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanına ait iklimsel veriler yorumlandığında, çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi "thermic" ve toprak nem rejimi ise "xeric" olarak belirlenmiştir (Soil Survey Division Staff, 2010).

Tarım sektörü çalışma alanının en önemli ekonomik sektörlerinden birisidir. Çalışma alanında genellikle mısır, ayçiçeği, pamuk, soya ve narenciye tarımı yapılmakta olup, kuzey sınırındaki araziler hariç orman varlığı bulunmamaktadır. Kuzeydeki yoğun ormanlık alanda ise çeşitli orman ağaçları yer almaktadır. Çalışma alanı doğal bitki örtüsü olarak genellikle bodur, çalı cinsinden makiler oluşturur.

Çalışma alanının jeolojik yapısı incelendiğinde, Tersiyer ve alt-orta miyosen yaşlı Karataş Formasyonu (Tmk); Tersiyer ve Üst Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu (Tk) ve Kuvaterner yaşlı Alüvyonlardan (Qa) oluşan 3 farklı jeolojik birim bulunduğu belirlenmiştir.

Metot

Çalışma, (1) stereo uydu verisi ile klasik yöntemlerle çalışma alanının detaylı toprak etüd ve haritalaması, (2) pedometrik yöntemler için seçilen test alanında grid yöntemi ile örnekleme yapılması ve sonuçların jeostatistiksel yöntemlerle kontrolü ve (3) arazi değerlendirme çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür. En uygun dönem olan Ekim ayının ilk yarısına ait güncel WorldView-2 uydu verisi kullanılmıştır. En önemli özelliği stereo görüşe imkan vermesinden dolayı, elde edilen 3 boyutlu görüntünün yorumlanması ve yardımcı diğer kartoğrafik materyallerinde desteklenmesi ile alanda yer alan farklı toprakları temsil edebilecek profil çukur noktaları, her jeomorfolojik birimin her bir farklı eğim sınıfında en az 1 profil çukuru olacak şekilde bilgisayar ortamında belirlenmiştir. Buradaki en önemli yaklaşım, toprak etüdlerinde ileri düzeyde uzman gereksinimine ihtiyaç duyulan bu aşamada, uzmanlık gerektirmeden yalnızca kartoğrafik materyallerin kullanılması ile bu işlemin yapılabilirliğinin belirlenmesidir.

Arazi çalışması aşamasında, çalışma alanının toprak serilerini en iyi temsil ettiği belirlenen yerlerde beko ile 1.5-2 m derinliğinde açılan profil çukurları incelenerek, toprak serilerinin morfolojik özellikleri FAO (1977) ve Soil Survey Division Staff (1993)'e göre tanımlanmış ve horizon esasına göre bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Çalışmada oluşturulan yöntemle göre belirlenen profil çukuru yerlerinden 17'sinin farklı toprak serisi olduğu tespit edilmiş; örneklenerek tanımlanmıştır. Alınan örnekler laboratuara getirilmiş ve gerekli fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın sonraki aşamalarından olan ve uzman inisiyatifi minimuma indirilmesi ve jeoistatistiksel metodolojinin toprak etüd haritalama çalışmalarında uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada ise, çalışma için ayrılan süre ve arazi toplulaştırma çalışmaları için yapılan etüdüler baz alınarak çalışma alanı içerisinde farklı jeomorfolojik birimleri ve farklı eğim sınırlarını birlikte barındıran ve 2*1 km olarak belirlenmiş olan test alanı 125m*125m'lik gridlere bölünmüştür. Söz konusu bu grid bölünmesi neticesinde test alanında toplam 128 sonda noktasının konumu belirlenmiş ve bu konumsalıklar yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü üzerine aktarılmıştır. Bu kapsamda her sonda noktasının; X ve Y koordinatları, noktanın yüksekliği, arazinin eğimi ve yüzey taşlılığı ile birlikte her 30 cm'lik derinliklerden 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinlikler için burgu ile ayrı ayrı alınmış olan toprak örneklerinin tekstür, renk, taşlılık, kireç ceplerinin ve kireç misellerinin varlığı ve vertikal özelliğe sahip olup olmadığı belirlenerek, her bir farklı nokta için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Elde edilen sözkonusu bu noktasal veriler kullanılarak ArcGIS ortamında jeoistatistiksel modelleme (Kriging) yapılmıştır.

Üçüncü ve son aşamada ise; laboratuvar analizleri ve arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra, belirlenen haritalama ünitelerinin özelliklerine bağlı olarak Arazi Değerlendirme Çalışmaları yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışma alanında yeralan topraklar

Amaçlarından birinin toprak etüd ve haritalamada uzman gereksiniminin minimuma indirilmesi olan bu çalışmanın, en fazla uzmanlık gerektiren işlemlerinden biri olan toprak serilerinin tanımlanması amacıyla açılacak profil çukur yerlerinin belirlenmesi için, stereo uydu görüntüsü, jeolojik harita, il arazi varlığı haritası ve topoğrafik harita kullanılmış ve profil yerlerinin belirlenmesinde 4 farklı düzeyden oluşan bir yaklaşım uygulanmıştır. Bu aşamada kullanılan kartoğrafik materyallerden stereo uydu görüntüsünden makro düzeyde fizyografik üniteler belirlenmiştir. Jeoloji haritasından çalışma alanında bulunan jeolojik birimler belirlenmiştir. Adana ili arazi varlığı haritalarından çalışma alanında yeralan büyük toprak grupları tanımlanmıştır. Diğer bir kartoğrafik materyal olan topoğrafik haritadan ise, eğim sınıfları elde edilmiştir. Tüm bu verilerin sınırları ArcGIS ortamında sayısallaştırılmış, çakıştırılmış ve 4 düzeyden oluşan bir yaklaşım ile profil çukuru açılacak yerlerin belirlenmiştir. Daha sonra yapılacak arazi çalışmalarında farklı bir seri ile karşılaşılmaması, bu uygulamanın başarılı olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Olası toprak sınırlarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, stereo uydu görüntüsü, Microstation ve LPS yazılımları ile değerlendirilmiştir. Büro ortamında yapılan bu aşamada, aynen uçaktan bakar gibi görüntü bilgisayar ortamında görülebildiğinden dolayı, eğimin anlamlı olarak değiştiği yerler, poligon olarak sayısallaştırılmış ve olası toprak sınırları belirlenmiştir. Bu aşama, toprak etüd çalışmalarında en fazla zaman harcanan arazi çalışmalarında zamandan tasarruf edilmesi amacıyla yapılmıştır. Nitekim, arazide bu toprak sınırlarının

kesinleştirilmesi ve seri ve önemli fazları düzeyinde haritalamanın yapıldığı arazi çalışmalarında bu olası sınırların büyük bir doğrulukta kesin sınırlar ile örtüştüğü gözlemlenmiştir.

Arazi çalışmaları sonucunda farklı fizyografik ünitelerde yer alan ve farklı özelliklere sahip 17 adet toprak serisi tanımlanmıştır. Çalışma alanı toprak serileri, koluviyal ana materyal üzerinde oluşan topraklar, aluviyal ana materyal üzerinde oluşan topraklar, marn ana materyali üzerinde oluşan topraklar, kumtaşı ana materyali üzerinde oluşan topraklar, kiltası üzerinde oluşan topraklar ve stabil kıyı kumulları üzerinde oluşan topraklar olmak üzere 6 farklı birimde değerlendirilmiştir.

Koluviyal ana materyal üzerinde oluşan topraklar, kalemlî, Yelibelen, Ayvalık, İkisü Deresi, Herekli ve Söğütçe serileridir. Bu seri toprakları taşınmanın etkisinden dolayı farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Genellikle derin-orta derin olarak tanımlanmıştır. Yer yer sığ fazlarına da rastlanmaktadır.

Aluviyal ana materyal üzerinde oluşan topraklar ise, Yeniköy ve Çorak Deresi serileri olarak tanımlanmıştır. Bu seriler, çalışma alanında yer alan ve düz-düze yakın arazilerde, yan dereler tarafından taşınmış aluviyaller üzerinde yer almaktadır. Yeniköy serisinde yer alan çatlaklar ve parlak kayma yüzeyleri serinin tipik morfolojik özelliklerindedir. Her iki seride derin bir profil yapısına sahiptirler.

Marn ana materyali üzerinde oluşan topraklar ise, Tebeşirlik, Koyaklı ve Duranağa serileri olarak tanımlanmıştır. Her üç serinin de ana materyali marn olduğundan dolayı, profillerinde kireç miktarları oldukça yüksek olarak belirlenen seri topraklarında yer yer kireç miselleri ve kireç benekleri de serilerin ayrılmasında tipik morfolojik özellikler olarak tanımlanmıştır.

Kumtaşı ana materyali üzerinde oluşan Çeşme Deresi, Zeytinbeli ve Keltepe serileri ise genellikle orta ve orta-kaba tekstüre sahiptirler. Zeytinbeli serisi hariç A-C horizon dizilimine sahip genç topraklardır. Zeytinbeli serisi ise, A-B-C horizon dizilimine sahiptir.

Kiltası ana materyali üzerinde ise yalnızca Küçük Yumurtalık serisi tanımlanmıştır. A-c horizon dizilimine ve profil boyunca ince tekstüre sahip seri topraklarının alt horizonlarında ise yer yer seyrek kireç benekleri tanımlanmıştır.

Stabil kıyı kumulları üzerinde oluşan Yumurtalık ve Fettah Plajı serileri ise genellikle kaba ve orta-kaba bünyeye sahiptirler. Özellikle Yumurtalık serisi %90'lara varan kum içermektedir.

Çalışma alanında yer alan serilerden 13 tanesi Entisol, 2 tanesi Inceptisol ve 2 tanesi de Vertisol olarak sınıflandırılmıştır

Aarzi değerlendirme çalışmalarında ise, çalışma alanında yer alan tüm haritalama birimlerin ve sınıflamada ele alınan özellikleri ArcGIS ortamına girilmiştir. Attribute sorgulaması sonucu çalışma alanının genellikle III. ve IV. sınıf arazilerden oluştuğu belirlenmiştir. Arazi yetenek sınıflamasına göre, I. sınıf araziler 630 ha, II. sınıf araziler 219 ha, III. sınıf araziler 2715 ha, IV. sınıf araziler 2846 ha, VI. sınıf araziler 730 ha, VII. sınıf araziler 171 ha ve VIII. Sınıf araziler ise 13 ha alanda yayılım göstermektedir.

5403 sayılı yasa kapsamında değerlendirilen arazilerin 3207 ha'ı mutlak tarım arazileri, 3195 ha'ı marjinal tarım arazileri ve 923 ha'ı tarım dışı araziler olarak belirlenmiştir

Çizelge 1. Çalışma alanında yer alan serilerin Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılması

Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup	Seri Adı
Entisol	Orthent	Xerorthents	Typic Xerorthents	Fettah Plajı
				Keltepe
				Küçük Yumurtalık
				Çeşme Deresi
				Tebeşirlik
				Koyaklı
	Fluvent	Xerofluvent	Typic Xerofluvents	Ayvalık
				Yellibelen
			Mollic Xerofluvent	Söğütçe
				Çorak Deresi
				Herekli
				Kalemli
Psamments	Xeropsamments	Typic Xeropsamments	Yumurtalık	
Inceptisol	Xerepts	Calcixerepts	Petrocalcic Calcixerepts	Zeytinbeli
			Typic Calcixerepts	Duranağa
Vertisol	Xererts	Haploxererts	Chromic Haploxererts	Yeniköy
				İkisü Deresi

Jeoistatistiksel modellemeye yönelik bulgular

Çalışmada jeostatistik ve pedometrik yöntemler yardımıyla toprak serileri ve fazları bazında detaylı toprak etüd haritalama çalışmalarının yapılabilirliğini saptamak amacıyla, toplam 10.000 ha genişliğindeki proje alanı içerisinde, farklı jeomorfolojik birimleri ve farklı eğim sınırlarını barındıran 2*1 km'lik tipik bir test alanı belirlenmiştir. Burada amaç, arazide önceden belirlenen toprak özelliklerine ilişkin verilerin sistematik olarak standart aralıklarla toplanması ve bu verilerden yararlanılarak pedometrik yaklaşımlar ve jeostatistiksel modeller uygulanarak toprak sınırlarının doğru bir şekilde bulunup bulunmayacağını test edilmesidir. Seçilen test alanı, detaylı toprak etüd standartları ve arazi için ayrılacak süre de göz önünde bulundurularak 125 m aralıklarla gridlere bölünmüştür. Böylece test alanında gerekli tanımlamaların yapılması amacıyla 128 adet grid kesişme noktası belirlenmiştir.

Her sonda noktasında, birinci arazi çalışmaları aşamasında tanımlanmış olan 17 toprak serisinin ve fazlarının ayırtedilmesinde anahtar kriter olabilecek, ileri düzey uzman gerektirmeyen özellikler arazide tespit edilmiştir. Çalışma alanı için dikkate alınan sözkonusu özellikler ise arazinin eğimi, üst toprak tekstürü, toprak derinliği ve her 30 cm toprak katmanı için sistematik olarak belirlenen tekstür, renk, taşlılık, ikinci kireç birikimleri ve formları ve vertikal özelliklerdir.

Söz konusu yapılan çalışmalar da baz alınarak en uygun modellemenin Ordinary kriging ve en uygun semivaryogram modellerinin Spherical, Exponential ve Gaussian yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı jeostatistiksel modellemelerimizde ve sonuç haritalarında bu üç semivaryogram metodundan en uygun olanları değerlendirilmiş (Çizelge 2) ve haritalanmıştır.

ÖZELLİK	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	90-120 cm
Kireç cepleri	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian
Profil taşlılığı	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian
Kireç miselleri	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical
Toprak tekstürü	Spherical	Spherical	Spherical	Spherical
Toprak rengi	Spherical	Exponential	Exponential	Exponential
Vertikal özellik	Exponential	Exponential	Exponential	Spherical

Çalışmanın bu aşamasında belirlenen her özellik için en uygun semivaryogram modelleri oluşturulmuş, elde edilen veriler grid olarak çevrilmiş, veriler sadeleştirilmiş, değerlendirme amacıyla poligona çevrilmiş ve klasik etüd sonucu bulunan sınırlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada temel mantık olarak kullanılacak olan metoda göre, jeostatistiksel metod sonucu her bir farklı özellik için elde edilen sınırların yoğunlaşmış olduğu alanların toprak sınırı olma olasılığı değerlendirilmiş; ancak metodoloji sonucu elde edilen sınırların gerçek sınırlarla önemli düzeyde örtüşmediği görülmüştür. Jeostatistiksel modelleme yapılarak değişkenleri çok fazla olan ve doğada gerçek bireysel varlıklar olarak bulunan toprak serilerinin detaylı etüdü ve haritalanması, mevcut yazılımlar ve donanımlar ışığında oldukça güç olduğu belirlenmiştir.

Tartışma ve Sonuçlar

Çalışmada temel kartografik materyal olarak kullanılan Kasım 2012 tarihli güncel stereo WorldView-2 uydu görüntüsünün, teknik özellikler bakımından detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarında oldukça üst düzeyde kullanılabilme olanağı sağladığı belirlenmiştir. 0.46 m pankromatik ve 2.08 m multispektral çözünürlüğe sahip olması ve 0.46 m özellikte pansharpen görüntü elde edilebilmesinden dolayı yersel objeler çok net bir şekilde tanımlanabilmektedir. Keza bu özelliğinden dolayı, sözkonusu araştırmanın arazi çalışmaları sırasında yeryüzü objeleri ve olası toprak sınırları çok net bir şekilde görülebilmiş, sınırlar doğru ve kolay bir şekilde çizilebilmiştir. Yardımcı kartografik materyal olarak kullanılan topoğrafik harita, jeoloji haritası, il arazi varlığı haritaları uydu verileriyle birlikte toprak serilerini tanımlama amacıyla profil çukuru açılacak

yerlerin belirlenmesinde uzman gereksinimine ihtiyaç duyulmayan kartoğrafik materyaller yardımıyla fizyografik birimleri, jeolojik birimleri, büyük toprak gruplarını ve eğitim sınırlarını kapsayan 4 aşamalı yeni bir yaklaşım başarıyla kullanılmıştır.

Stereo uydu görüntülerinin yorumlanması aşamasında kullanılmış olan Erdas IMAGINE yazılımında yer alan Virtual GIS modülünün stereo görüntünün görselleştirilmesi açısından yeterli olduğu söylenebilir ancak söz konusu yazılımın bu versiyonunda uydu verileri üzerinde toprak sınırlarının çizilmesine olanak bulunmamaktadır. Çalışmada en fazla performans elde edilen Microstation ve LPS yazılımlarının ise hem görüntüyü stereo olarak görülmesine, yorumlanmasına hem de üzerinde topoğrafyanın yorumlanması ile elde edilen yorum sınırlarının çizilerek kaydedilmesine olanak sağlaması bakımından daha uygun bir yazılım olduğu sonucuna varılmıştır.

Toprak etüd haritalama çalışmalarında arazide harcanan zamandan tasarruf edilmesini sağlamak çalışmanın ana hedeflerinden birisidir. Bu amaca taşınabilir bilgisayar kullanımı ile kısmen ulaşılmıştır. Çalışmanın belirli aşamalarında dokunmatik ekran özelliği olan tablet bilgisayar ile çalışılmayı düşünüldüyse de bu yaklaşım özellikle arazi çalışmalarında pek mümkün olmamıştır. Bu donanımın daha etkin kullanımını sağlamak amacıyla, toprak serilerinin tanımlanması aşamasında profil verilerinin girildiği, klasik profil tanımlama kartının yerini alacak yeni bir yazılım hazırlanmalı, yazılımda veri girişi klavye kullanılmaksızın yapılacak şekilde dokunmatik ekran koşullarına uygun hale getirilmelidir.

Bunun yanı sıra, etüd çalışmalarında projenin süresinin azaltılmasında ve haritaların doğruluk ve kalitesinin artırılmasına yönelik olarak arazide mobil (seyyar) bir büro ortamı kurulması önerilebilir. Kapalı bir kabin içerisinde donanım ve yazılımları içeren araç içi mini bir laboratuvar ortamı yaratılması hemen hemen tüm çalışmanın arazide daha hızlı ve daha doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlayacaktır. Bu ortam oluşturulduğu takdirde araştırmacı, arazi öncesi belirlenen olası toprak sınırlarının kontrolünü ve tanımlamasını arazide tamamlayacak, elde ettiği verileri doğrudan doğruya arazide coğrafi bilgi sistemleri ortamına aktaracaktır. Sınırların kesinleştirilmesi ve olası sınırlarda yapılacak değişikliklerin tümü arazide tamamlanacağından dolayı, büro çalışmalarına gerek kalmayacaktır. Etüd uzmanı arazide bulunduğu yeni sınırları üç boyutlu görüş altında tamamlayıp çizebilecek, harita sembollerini doğrudan doğruya veritabanına girebilecektir. Bu durum, hem çalışmanın daha kısa sürede tamamlanmasını sağlayacak; hem de önceden arazide saptanan verilerin daha sonradan büro ortamında girilmesi aşamasında olası hataların önüne geçilmesi suretiyle, haritaların kalitesinin artmasına katkıda bulunacaktır.

Jeoistatistiksel modellemelerin detaylı toprak etüd haritalama çalışmalarında kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla, 125 m'lik grid aralıklarla tanımlama yapılmıştır. Arazide elde edilen veriler ile ArcGIS ortamında veritabanı oluşturulmuş ve jeoistatistiksel modellemeler yapılmıştır. Yapılan araştırma kapsamında elde edilmiş olan bulgular incelendiğinde en uygun semivaryogram metodunun ordinary kriging olduğu belirlenmiştir. Söz konusu semivaryogramda

Prediction Errors verilerinde Means 0 (sıfır)'a yakın; Root-Mean-Square Standardized 1'e yakın ve Average Standart Error'un Root-Mean-Square'e en yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Yine ArcGIS'de yer alan Spherical, exponential ve gaussian semivaryogramın ise böyle bir çalışma için en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada yalnızca Ordinary kriging ve spherical, exponential ve gaussian semivaryogramların kullanıldığı unutulmamalıdır.

Jeoistatistiksel modellemeye yönelik yapılan çok fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların hemen hemen tamamı bireysel toprak özelliklerinin dağılımının haritalanmasına yöneliktir. Bu çalışmalarda elde edilen bulgular, çalışma yapılan alana ait genel bilgiler vermektedir. Ancak detaylı toprak etüd haritalama çalışmalarında ise, jeoistatistiksel modelleme kullanılması oldukça yeni bir konudur. Bu çalışmada yalnızca Kriging metodu ve 3 farklı semivaryogram modelinin kullanıldığı unutulmamalıdır. Benzer konuda yapılacak farklı çalışmalarda, farklı jeoistatistiksel modellemeler kullanılarak elde edilecek sonuçların da araştırılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmada yaklaşık 7.905 ha'lık bir alanın etüdü tamamlanmıştır. Birinci arazi çalışmasında 29 profil çukuru açılmış; 17 farklı toprak serisi belirlenmiştir. Horizon esasına göre toprak örnekleme yapılmış, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş, Toprak Taksonomisi esas alınarak seri düzeyinde sınıflaması yapılmıştır.

Kaynaklar

- ANONİM, 1996. Adana İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları. İl Rapor No:1, Ankara.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1958. Toprak İlimi. A.Ü., Ziraat Fakültesi Yayınları: 10, Ders Kitabı: 2. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- DİNÇ, U. ve ŞENOL, S., 2009. Toprak Etüd ve Haritalama. (4. Basım). Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:161; Ders Kitapları Yayın No: A-50. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi.
- FAO, 1977. A Framework for Land Evaluation. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. Public no: 22, Wageningen, Netherlands.
- ŞENOL, S. and AKSOY, E., 2013. Importance of Detailed Soil Surveys and Soil Data Banks on Plant Nutrition and Application of Modern Agricultural Techniques. Soil-Water Journal, 2 (2), 2057-2062.
- ŞENOL, S., AKSOY, E., ÇULLU, M.A., BAYRAMIN, İ., KILIÇ, Ş., DİNGİL, M. ve KOCA, Y.K., 2010. Türkiye'de Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu Gereği Yapılması Zorunlu Toprak Etüdüleri ve Önemi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-1, p: 59-71, Ankara.
- OAKES, H., 1957. The Soils of Turkey. Republic of Turkey, Ministry of Agriculture, Soil Conservation and Farm Irrigation, Public No:1, Ankara.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF, 1993. Soil Survey Manual. USDA Handbook, Washington: U.S: Gov. Print.