

Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2020, 57 (4):
591-602 DOI: 10.20289/zfdergi.695768

M. Tolga ESETLİLİ^{1a*}

Yusuf KURUCU^{1b}

Nejat ÖZDEN^{2a}

Füsun BALIK ŞANLI^{3a}

Fulsen ÖZEN^{1c}

Mustafa BOLCA^{1d}

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova-İzmir

²Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Menemen-İzmir

³Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler İstanbul

^{1a}ORCID: 0000-0002-8095-4247

^{1b}ORCID: 0000-0002-8267-4847

^{2a}ORCID: 0000-0002-5508-8877

^{3a}ORCID: 0000-0003-1243-8299

^{1c}ORCID: 0000-0001-5219-4503

^{1d}ORCID: 0000-0001-8682-7663

*sorumlu yazar: tolga.esetlili@ege.edu.tr

Anahtar Sözcükler:

Toprak etüd, hava fotoğrafları, uzaktan algılama, WV-2, görüntü birleştirme.

Keywords:

Soil survey, aerial photo, remote sensing, WV-2, image fusion.

Stereo Foto Yorumlama Teknikleri İle Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarında Multispektral Verilerin Katkısı

The Contribution of Multispectral Data in Soil Survey and Mapping Studies with Stereo Photo Interpretation Techniques

Alınış (Received): 05.03.2020

Kabul Tarihi (Accepted): 14.04.2020

ÖZ

Amaç: Araştırmada stereo foto yorum yöntemiyle yapılan toprak etüd ve haritalama çalışmaları sürecinde, çok bantlı uydu görüntülerinden de yararlanma olanağının sağlanması ve bu kazanımın toprak etüd ve haritalama çalışmalarına yapacağı katkı düzeyinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot: Çalışma, iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, geleneksel toprak etüd ve haritalama çalışmaları, ikinci bölümde ise gerçekleştirilen seri bazındaki etüd çalışmalarına birleştirilmiş uydu görüntülerinin katkısının araştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Bu araştırma ile çalışma alanı içerisinde kalan topraklar seri bazında tanımlanmış, haritalanmış ve toprak sınıflandırma sistemlerine göre taksonomik sınıfının da belirlenmesiyle birlikte toprak etüd ve haritalama çalışmaları tamamlanmıştır. Bu amaçla, toprakların morfolojik özellikleri yanı sıra laboratuvarında belirlenen ve toprak sınıflandırmada kriter olarak kullanılan fiziksel ve kimyasal analizleri de yapılmıştır. Toprakların sınıflandırması, uluslararası platformlarda kabul görmüş ve günümüzde ülkemizde de kullanılmakta olan Toprak Taksonomisi sınıflandırma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturulan uydu görüntülerinin hava fotoğraflarıyla birleştirilmesinden sonra spektral açıdan zenginleştirilmiş görüntü ve bunun toprak etüd ve haritalama çalışmalarına olan katkıları araştırılmıştır. Spektral açıdan zayıf kalan hava fotoğraflarının, birleştirme tekniği (fusion) uygulaması sonucunda uydu görüntülerinden kazanılan spektral zenginlik ile foto yorumlama aşamasında sınır belirleme doğruluk oranını artıracak önemli özellikler kazandığı saptanmıştır.

Sonuç: Bu araştırma ile stereo ortamda toprak haritası amaçlı yorum yapma çalışmalarında çok bantlı görüntüleme tekniğinin sağladığı verilerin katkısı araştırılmıştır. Araştırmada stereo hava fotoğrafları ile WV2 uydu görüntülerinden sağlanan kızılötesi başta olmak üzere çok bantlı veriler "Fuse" tekniği ile birleştirilmiş, oluşturulan yeni stereo görüntü ile toprak haritası oluşturma amaçlı yorumlama örneklenmiştir.

ABSTRACT

Objective: In the research, it was aimed to investigate the possibility of utilizing multi-band satellite images and the contribution level of this acquisition to soil survey and mapping studies during the soil survey and mapping studies carried out by stereo-photo interpretation method.

Material and Method: The study consists of two main parts. In the first part, the traditional soil survey and mapping studies were carried out, and in the second part, the investigation of the contribution of satellite images combined to the series-based soil survey studies.

Results: With this research, the soil remaining in the study area was identified, mapped and soil survey and mapping studies were completed with the determination of the taxonomic class according to the soil classification systems. For this purpose, besides the morphological features of the soils, physical and chemical analyzes determined in the laboratory and used as criteria in soil classification were also concluded. The soils were classified according to the Soil Taxonomy system that has been accepted on international platforms and also we use in our country.

After fusion the satellite images created in the second part of the study with aerial photographs, they were enriched spectrally and their contribution to soil survey and mapping studies were investigated. It determined that spectrally weak aerial photographs gain important features that could increase the accuracy of border-drawing after fusion process with spectrally enhanced satellite images

Conclusion: In this study, the contribution of the data provided by the multi-band imaging technique was investigated in the studies for stereo aerial photo interpretation for soil map. In the research, multispectral data, especially infrared, obtained from the stereo aerial photographs and WV-2 satellite images, were combined within the "Fuse" technique, and the interpretation for soil mapping was exemplified with the new stereo image created.

GİRİŞ

Topraklar yaşamın temelini oluşturan ve onun devamlılığını sağlayan en önemli doğal varlıklardan birisidir. Bu durum toprakların akılcı bir şekilde kullanımı zorunlu kılmaktadır. Toprakların kullanım planlamaları ise ancak sahip olmuş olduğu özelliklerin tam olarak ortaya konulması ile mümkün olabilmektedir. Sürdürülebilir bir toprak yönetimi ancak toprakların sahip oldukları bu özelliklere göre gruplandırılıp, bu bağlamda uygun kullanımların belirlenmesi ile sağlanabilecektir.

Toprakların sınıflandırılmalarında modern bilimde toprakların ölçülebilir ve gözlenebilir özellikleri (morfolojik) göz önüne alınarak gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde ortaya konmuş sınıflandırma sistemi, morfometrik-genetik sistem olarak bilinmektedir (Dinç ve ark., 2001). Dünyada birçok ülke modern ve uluslararası sınıflandırma sistemlerinden biri olan Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 1999) sınıflandırma sistemini kullanmaktadır. Bu bağlamda, toprakların özelliklerinin belirlenmesi ve düzenlenmesi amacıyla yapılan en temel çalışmalar etüd ve haritalama çalışmaları olarak tanımlanmaktadır. Böylece arazi kaynaklarının doğru ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacak olan farklı özelliklere sahip toprakların yayılımlarını gösteren toprak haritaları oluşturulabilmektedir (Dengiz ve ark., 2012).

Detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarında, arazide sınırların belirlenmesi ve kartografik materyaller üzerinde doğru bir şekilde çizilmesi yoğun bir zaman ve deneyim gerektiren bu bağlamda da maliyeti yükselten faktörlerdir (Şenol ve ark., 2009). Oysaki günümüzde gelişen yeni teknolojilere paralel olarak, toprak haritalarının oluşturulmasında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin yoğun olarak kullanılmaya başlanması bu tür çalışmalarda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Hava fotoğrafları ile toprak haritası üretme çalışmaları giderek yaygınlaşmıştır. Dengiz ve Yüksel (1998), Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü İkizce Araştırma Çiftliğinin, Gökmen ve Yüksel (1993), ise A.Ü.Z.F. Kenan Evren Araştırma Uygulama Çiftliğinin detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmalarını hava fotoğrafı ile topografik haritaların birlikte kullanılması ile gerçekleştirmişlerdir. Her iki çalışmada da seriler ve bu serilere ait fazlar, topografik harita üzerine aktararak temel toprak haritası oluşturmuştur.

Toprak haritalama çalışmalarında uzaktan algılama ve bu bağlamda kullanılan uydular elektromanyetik tayfın farklı aralıklarında, farklı zaman, mekân ve spektral çözünürlüklere sahip

görüntüler sağlamaktadırlar. Farklı kaynaklardan elde edilen bu görüntülerden daha çok bilgi sağlayabilmek amacıyla analog ve dijital görüntü birleştirme (image fusion) teknikleri geliştirilmektedir. Uydulardan farklı zamanlarda, farklı çözünürlüklerde ve farklı frekanslarda elde edilen sayısal verilerin birleştirilerek yeni görüntü üretilmesi, uzaktan algılama tekniği kullanılarak obje belirlenmesi konusunda önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle son 15 yıl içerisinde uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları beraber kullanılarak gerçekleştirilen toprak haritalama çalışmalarına ağırlık verilmiştir (Nichol et al., 2006; Zhenhua et al., 2005; Kosaka et al. 2005; Basayigit ve ark. 2004).

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma özdeğini, Bakırçay Havzası batı bölümünde bulunan, Bergama ve Dikili arasında yer alan Aşağıkırıklar ovasındaki yaklaşık olarak 150 km²'lik bir alanı kaplayan araziler oluşturmaktadır (Şekil 1). Ayrıca, çalışma alanına ait WorldView-2 uydu görüntüsü, stereo hava fotoğrafları, 1/5.000 ölçekli kadastral paftalar ile 1/25.000 ölçekli topografik, toprak ve jeoloji haritaları temel kartografik materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 2, 3).

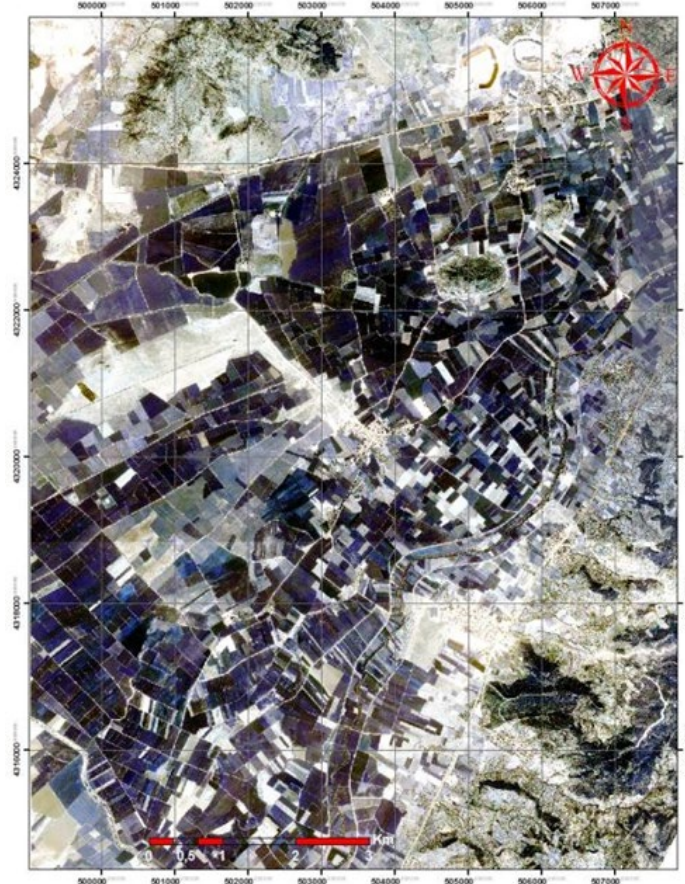
Araştırmada hava fotoğraflarının yorumu için stereo görüntü sağlayan yazılım ve donanımlardan (iş istasyonu) yararlanılmıştır. Bu amaçla çift monitörlü ve gelişmiş konfigürasyonlu iş istasyonlarında Workstation (Intergraph) ve Microstation (Bentley) yazılımları kullanılmıştır.

Toprağa ve araziye ait eğim, arazi şekli, fizyografya, rölyef, bitki örtüsü, şimdiki arazi kullanımı, taşlılık, kayalık, jeolojik ve jeomorfolojik vb. özellikler arazi etüdü sürecinde saptanmıştır. Çalışma alanında toplam 17 noktada toprak profil açılmış ve her bir profilde toprakların morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Araştırmada; toprak analizleri ve arazi çalışmaları Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi (UTAEM) ile beraber yürütülmüştür (Özden ve ark., 2016).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1. Location map



Şekil 2. Çalışma alanına ait WorldView-2 Uydu Görüntüsü
Figure 2. WorldView-2 satellite image of the study area



Şekil 3. Çalışma alanının stereo hava fotoğrafları mozaiği
Figure 3. Stereo aerial photos mosaic of the study area

Araştırmada stereo foto yorum yöntemiyle yapılan toprak etüd ve haritalama çalışmaları sürecinde, çok bantlı uydu görüntülerinden de yararlanma olanağının sağlanması ve bu kazanımın toprak etüd ve haritalama çalışmalarına yapacağı katkı düzeyinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ortorektifikasyonları yapılmış hava fotoğrafları, yüksek spektral ve mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve bunların birleştirilerek yorumlama sürecinde sadece fizyografik şekillenmelere değil, toprağı oluşturan mineral dokunun yansıma karakteristiklerinden de yararlanılması ve toprak gruplarının daha doğru bir şekilde tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma, iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, geleneksel toprak etüd ve haritalama çalışmaları, ikinci bölümde ise seri bazındaki etüd çalışmalarına birleştirilmiş uydu görüntülerinin katkısının araştırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Birinci bölümde, öncelikle uydu görüntülerinin işlenmesi ve veri tabanının coğrafi bir temele dayalı olarak oluşturulabilmesi için ihtiyaç duyulan sayısal altlık harita üretilmiştir. Bu amaçla, Quickbird uydu görüntüsü

ve bölgenin TAKBİS verilerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, farklı kurum/kuruluşlardan çalışma alanına ait temin edilen jeolojik haritaları ile bölgeye ait sayısal yükseklik verilerinin yanında yardımcı veri olarak 1/25.000 ölçekli toprak haritaları kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan diğer kartografik materyaller olan sayısal hava-fotoları ile yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri de (WorldView-2) orto-rektifikasyon vb. düzeltme işlemleri tamamlanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Kartografik materyallerin seçilmesi ve yoruma hazır hale getirilmesinden sonra, ön arazi çalışmaları ile çalışma alanına ait yeryüzü şekilleri ve fizyografik birimler, toprak ana materyalleri, arazi kullanımı gibi özellikler belirlenerek araştırma alanın temel fizyografik birimleri ile taslak toprak sınırları birlikte belirlenmiştir. Bundan sonra, toprak serilerinin tanımlama yerlerinin belirlenebilmesi için yorum haritası üzerinde, her bir farklı fizyografik ünite veya her farklı toprak ana materyalini içeren alanlar için profil çukuru açılacak yerler saptanmıştır.

İkinci arazi çalışmasında ise, stereo ortamda foto

yorum ile üretilen toprak haritaları üzerinde yerleri belirlenen profil çukurlarının açılması, seri tanımı yapılabilmesi için horizon tanımlamaları ve toprak örneklerinin alınması işlemleri genetik horizon esasına göre gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Arazide toprakların morfolojik özelliklerinin incelenmesi amacıyla dikkate alınacak kriterler, örnekleme ve sınıflandırma için Soil Survey Staff (1993 ve 1999) kullanılmıştır. Alınan örneklerde topraklara ait temel fiziksel ve kimyasal

özellikleri ortaya koyabilmek amacıyla, bünye Bouyoucos (1951), % kireç (CaCO_3), % organik madde, pH ve elektriksel iletkenlik (Methods of Soil Analysis, 1982), hacim ağırlığı; Blake ve Hartge (1986), katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyonlar (Kelley, 1951), toplam azot, yarıyıllı fosfor, yarıyıllı potasyum (Methods of Soil Analysis, 1986) yöntemlerine göre bütün analizler UTAEM laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Toprak profili tanımlama çalışmaları
Figure 4. Soil profile description in fieldworks

Üçüncü arazi çalışmasında ise, farklı özelliklere sahip toprakların analiz sonuçları da dikkate alınarak gerekli düzeltmeler yapılmış ve toprak seri sınırlarının ek profil ve burgu kontrolü ile sınırları kesinleştirilmiştir. Etüd ve haritalama çalışmalarında, temel haritalama ünitesi olarak toprak serileri ve bunların önemli fazları kullanılmıştır. Çalışmada toprak taksonomik haritası; toprağın yapısal özelliklerini, fizyografik şekillerini, eğim derecelerini, Soil Taxonomy sınıflandırma dizgesine göre toprak sınıfını, arazi kullanım yetenek sınıflarını ve alt sınıfları içerecek şekilde oluşturulmuştur.

Projenin ikinci bölümünde ise görüntüleme ait temel işlemler ve foto yorumlama aşamaları ile ortorektifikasyonları yapılmış hava fotoğraflarına, uydu görüntülerindeki yüksek spektral özelliğın kazandırılması ve bu özelliğın toprakların haritalanmasındaki katkılarının araştırılması şeklinde ele alınmıştır.

Uzaktan algılama ve foto yorumlama işlemleri için

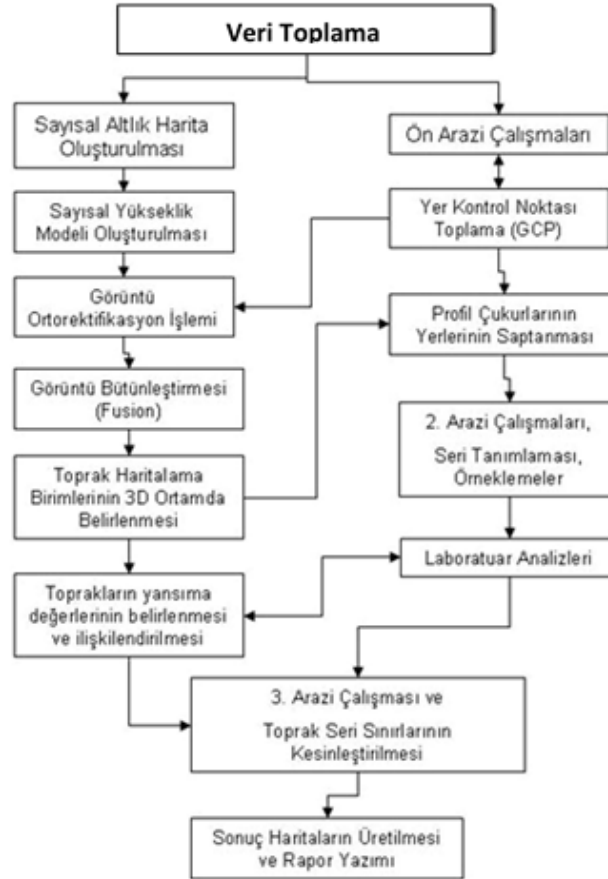
laboratuvar ortamında sırasıyla gerçekleştirilen işlemler aşağıdaki gibidir;

WV-2 uydu görüntüleri, ilk arazi çalışmasından elde edilen yer kontrol noktaları (YKN) kullanılarak ortorektifikasyon işlemleri PCI Geomatica yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortorektifikasyonu yapılmış WV-2 uydu görüntüsünün MSS bantları ile stereo hava fotoğraflarının, bütünleştirme (Fuse) işlemi PCI, ENVI ve ERDAS yazılımlarının ilgili modülleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toprak haritalama çalışmalarında spektral görüntülerden kazanımın hedeflendiğı bu projenin, bütünleştirme işlemi uygulanması sürecinde spektral değerlerde orijinaline göre sapmanın olmaması bu projenin başarısı için çok önemlidir. Spektral kazanımı en az sapmayı sağlayan yöntemin başarısı, orijinal MSS görüntüsünün piksel sayısal değerleri ile istatistiki olarak karşılaştırılarak belirlenmiştir.

Güncel uydu görüntülerinden, farklı toprak

özellikleri ile farklı spektral aralıklardaki yansımalar karakteristikleri arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için, görüntü alım tarihi ile uyumlu olarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda örnek noktalarının bant yansıma değerleri ile toprakların yansımayı etkilediği düşünülen toprak nemi, organik madde, kireç, kum, kil, mil içerikleri, yüzey taşlılığı vb özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Görüntülerin birleştirilme

işleminde sonra yine laboratuvar ortamında stereo görüntüleme sistemi ile toprak haritalama birimleri yorumlanarak taslak toprak seri sınırları çizilmiştir. Bu aşamada, fizyografya ve spektral yansımalar birlikte değerlendirilmiş ve her bir seri için en uygun toprak profil inceleme noktaları belirlenerek arazi çalışmaları tamamlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma iş akış şeması
Figure 5. Flowchart

Çalışmada öncelikle araştırma alanına ait sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Bu model, uydu görüntülerinin orto-rektifikasyon işleminin sağlıklı gerçekleşmesine olanak sağlamıştır. Araştırmada, İzmir-Bergama ilçesi arazilerinin batı bölümünü içeren yüksek çözünürlüklü WorldView-2 uydusuna ait görüntüler ile stereo hava fotoğrafları kullanılmıştır. WorldView-2 uydusuna ait bu görüntülerde öncelikle ön işlem içerisinde radyometrik ve atmosferik düzeltmeler yapılmış ve uydu görüntülerinin algılanması esnasında oluşan atmosferik etkiler Image Analyst ve PCI Geomatics gibi yazılımlar kullanılarak giderilmiştir.

Toprakların önemli bazı özelliklerinin ortaya

konulabilmesi için uydu verisinin görünür bölgede mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantları dikkate alınarak uygun bant kompozitleri üretilmiştir. Bu bağlamda, çalışma alanı için oluşturulan fizyografik birimler içerisinde yer alan topraklar detaylı olarak incelenmiştir. Stereo özellikli çekilen hava fotoğrafları üç boyutlu iş istasyonlarında işlenmiştir. Uydu görüntüleri ile stereo hava fotoğrafları eşleştirme işlemleri tamamlanmıştır. Bu aşamadan sonra farklı uzaktan algılama yazılımları (PCI Geomatics, ENVI, ERDAS Imagine) kullanılarak en uygun görüntü birleştirme yöntemi seçilmiş ve uydu görüntüleri ile hava fotoğrafları bütünleştirilerek tek bir görüntü üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Böylece hava fotoğraflarına, uydu görüntülerindeki spektral özellikler aktararak zenginleştirilmesi sağlanmıştır.

Foto yorumlama aşamasında ise uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve ikisinin birleştirilmesi sonucu üretilen yeni fotoğraflar ayrı ayrı incelenmiş ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarına katkıları araştırılmıştır.

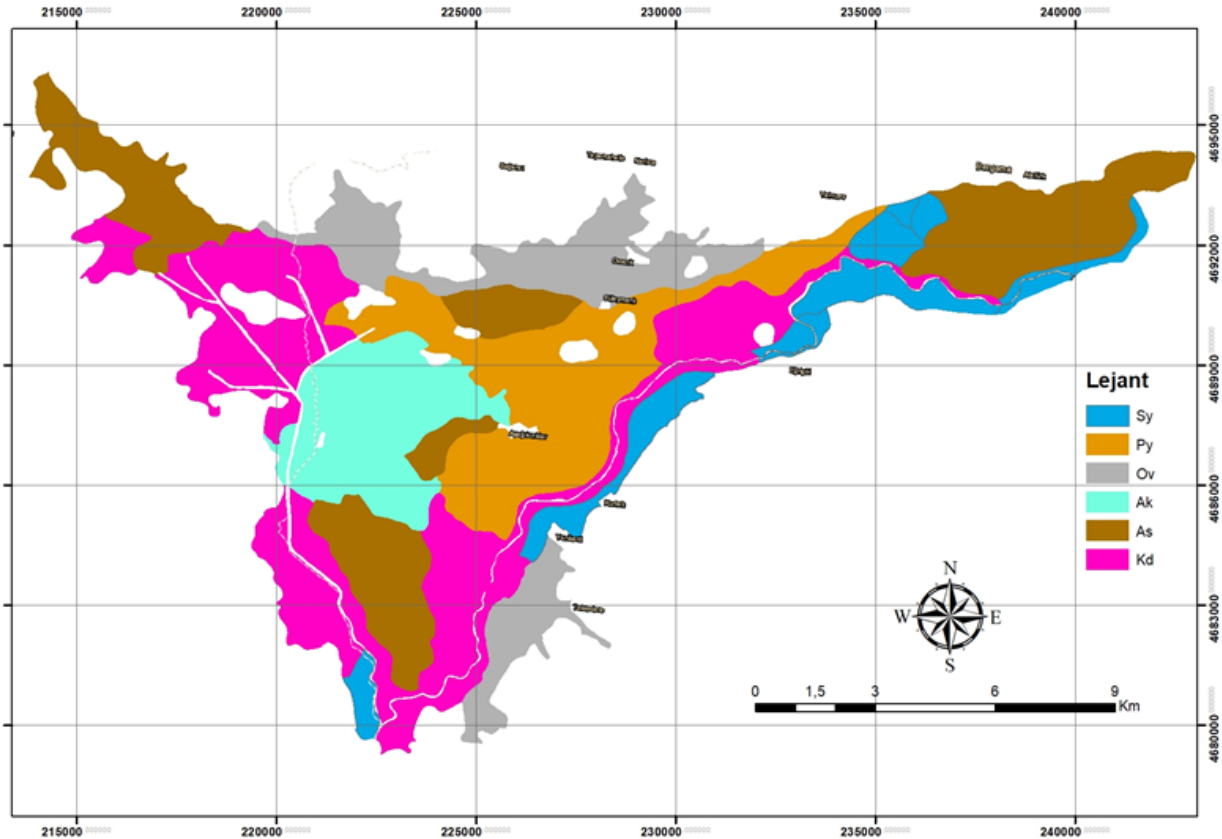
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu araştırma ile çalışma alanı içerisinde kalan topraklar seri bazında tanımlanmış, haritalanmış ve toprak sınıflandırma sistemlerine göre taksonomik sınıfının da belirlenmesiyle birlikte toprak etüd ve haritalama çalışmaları tamamlanmıştır. Bu amaçla, toprakların morfolojik özellikleri yanı sıra laboratuvarında belirlenen ve toprak sınıflandırmada kriter olarak kullanılan fiziksel ve kimyasal analizleri de sonuçlandırılmıştır. Toprakların sınıflandırması, uluslararası platformlarda kabul görmüş ve günümüzde ülkemizde de kullanılmakta olan Soil Taxonomy

sınıflandırma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci temel bölümünü oluşturulan uydu görüntülerinin hava fotoğraflarıyla birleştirilmesinden sonra spektral açıdan zenginleştirilmesi sağlanmış ve bunun toprak etüd ve haritalama çalışmalarına olan katkıları araştırılmıştır. Özellikle spektral açıdan zayıf kalan hava fotoğrafları bu teknik (fusion) sayesinde yeni bir boyut kazanarak foto yorumlamada toprak sınırlarının keskinleştirilmesi çalışmalarında doğruluk oranını artırabilecek bir özellik olduğu saptanmıştır.

Çalışmada, Bakırçay Havzası batı bölümünde yer alan Aşağıkırıklar Ovasını içeren tarımsal arazilerin yeniden etüdü gerçekleştirilerek değişimleri belirlenmiştir. Özellikle drenaj projelerinden sonra ıslah edilen bölgelerdeki değişimler dikkate alınarak çalışma sonucunda toprakların yeni toprak sınıflandırma dizgesindeki taksonomik birimleri belirlenmiştir. Araştırmanın birinci bölümü diyebileceğimiz bu kısımda; önceden yapılan temel toprak etüdü çalışmaları revize edilerek, araştırma alanı toprak haritası yeniden oluşturulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Araştırma alanı toprak haritası
Figure 6. Soil map of the study area

Örnekleme süreçlerinde, arazi ve topraklara ait eğim, erozyon, arazi şekli, rölyef, arazi tipi, bitki örtüsü, şimdiki arazi kullanımı, taşlılık, kayalık, taban

suyu seviyesi gibi özellikler arazi etüdü sürecinde belirlenmiş ve detaylı olarak incelenmiştir (Çizelge 1, 2).

Çizelge 1. Çalışma alanı toprak serileri
Table 1. Soil series of the study area

Seri adı	Seri simgesi
Ayaskent	(As)
Poyracık	(Py)
Süleymanlı	(Sy)
Karadere	(Kd)
Aşağıkırıklar	(Ak)
Ovacık	(Ov)

Çizelge 2. Çalışma alanı arazilerinin fizyografik birimleri, ana özdek ve toprak taksonomik birimleri
Table 2. Physiographic units, parent material and soil taxonomic units of study area

Arazi Tipi	Arazi Şekli	Ana Özdek	Alt Grup	Seri	Haritalama Birimi	Faz
Vadi	Taşkın düzlüğü	Alüvial	Typic Xerofluvent	Ayaskent	As2.Ad1	-
				Poyracık	Py4.Ad1	1 (bünye)
				Süleymanlı	Sy3.Ad1	2 (bünye)
				Karadere	Kd4.Ad1	-
Etek	Etek düzlüğü	Kolüvial	Typic Haploxerert	Aşağıkırıklar	Ak4.Ad1	-
				Ovacık	Ov3.Bd2t2	1 (bünye)

İrmak yatağından taşan su ve içeriğinde sürüklenerek, dispers veya çözünmüş şekilde taşınan ögeler öncelikle ırmak yatağı çevresindeki terasları oluştururken, taşkın ovalarda ise kum ve mil iriliğindeki taneler şeklinde birikim göstermişlerdir. İrmak yatağından uzaklaştıkça depresyonik-çukur (basin) alanlarda kil iriliğindeki taneler ile suda çözünebilir tuzların oldukça yoğun bir dağılım gösterdikleri belirlenmiştir.

Ayaskent, Poyracık, Süleymanlı ve Karadere serisi toprakları vadi arazi tipi, taşkın ovası fizyografik biriminde, düz-düze yakın eğim içeren arazi şekli üzerinde, toprak oluşumu için yeterli zaman süreci içermediğinden A/C horizon sıralaması gösteren genç topraklar olarak şekillenirken Entisol ordosu altında sınıflandırılmışlardır. Bu topraklar özellikle Bakırçay ırmağının taşıdığı materyallerle şekillenirken tabakalı bir yapı içermektedirler. Xeric toprak nem rejimine sahip olmalarından dolayı Soil Taxonomy sınıflandırma sistemine göre Typic Xerofluvent alt grubunda yer aldıkları saptanmıştır. Bu grup altındayeralan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri yüzey toprağından derinlere doğru benzer dağılım göstermektedir. Ancak bazı horizonlarda belirlenen düzensiz dağılımların

jeolojik oluşumuyla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Pedogenetik işlevler zaman sürecinin az olmasından dolayı henüz etkisini göstermemiştir. Aynı alt grupta yer alan bu topraklar bünye farklılıklarından dolayı farklı toprak serilerinde yer almışlardır (Çizelge 3).

Etek arazi tipi, etek düzlüğü arazi şekli ve hafif-orta eğimli arazilerde, eğim ve gravitasyon etkisiyle kısa mesafelerden taşınmış kolüvyum ana özdekleri üzerinde oluşum gösteren, toprakları A/C horizon yapısı içeren genç topraklar olarak tanımlanmışlardır. Ovacık serisi topraklar, horizon oluşum özelliklerine bağlı olarak Entisol sırasına, eğimli arazi şekli ve yukarı arazilerden taşınmış özdekler üzerinde oluştuklarından ve Xeric toprak nem rejimi içerdiklerinden Typic Xerorthent alt grubu içerisinde sınıflandırılmışlardır.

Aşağıkırıklar serisi toprakları bünyelerindeki yüksek kil içeriğinden dolayı Vertisol ordosuna, bölgenin toprak nem rejimi özelliğinden dolayı Xerert alt grubu ve Haploxerert büyük toprak grubuna, yaz mevsiminde yüzeyden derinlere doğru geniş çatlakların (20 cm'den fazla) olması, ayrıca profil içerisinde kayma yüzeylerinin bulunması nedeniyle Typic Haploxerert alt grubuna yerleştirilmiştir.

Çizelge 3. Ayaskent toprak serisi toprakların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları
Table 3. Chemical and physical analysis results of Ayaskent soil series

Horizon	Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	pH	EC (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Org.M. (%)	Azot (%)
P14-Ap	0-15	64,24	15,76	20,00	SL	7,43	1,094	3,49	1,2	0,121
P14A2	15-35	64,24	15,76	20,00	SL	7,52	0,781	3,49	1,1	0,102
P14-C1	35-96	44,24	17,04	38,72	L	7,65	0,828	5,82	0,4	0,085
P14-C2	96-125	32,24	23,04	44,72	L	7,65	1,344	5,04	0,9	0,092
P15-Ap	0-15	68,24	15,04	16,72	SL	6,96	0,734	0,39	0,6	0,094
P15-A2	15-50	66,24	17,04	16,72	SL	7,16	0,719	0,01	0,6	0,082
P15-C1	50-101	60,24	19,04	20,72	SL	7,69	1,016	13,19	0,6	0,060
P15-C2	101-130	64,24	11,04	24,72	SL	7,78	1,016	6,21	0,3	0,051

Horizon	Derinlik (cm)	P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)	Değişebilir Katyonlar (me/100g)				KDK me/100g	ESP
				Na	K	Ca	Mg		
P14-Ap	0-15	16,20	162,50	0,23	1,11	20,72	3,32	25,38	0,91
P14A2	15-35	10,80	105,40	0,29	0,70	21,74	3,39	26,12	1,11
P14-C1	35-96	7,70	61,70	0,35	0,38	29,61	4,70	35,04	1,00
P14-C2	96-125	4,90	52,70	0,60	0,35	30,94	6,31	38,20	1,57
P15-Ap	0-15	9,50	108,40	0,29	0,74	9,61	3,01	13,65	2,12
P15-A2	15-50	6,20	96,30	0,36	0,65	12,08	3,56	16,65	2,16
P15-C1	50-101	3,60	51,20	0,49	0,32	29,94	5,45	36,20	1,35
P15-C2	101-130	3,00	39,10	0,61	0,24	22,69	7,47	31,01	1,97

Araştırmada, altı seri belirlenirken bunlar için toplamda 17 toprak profili açılmış ve her bir profilde toprakların morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Grup sınırları toprak burgusu ile kontrol edilerek kesinleştirilmiştir.

Stereo hava fotoğrafları uzun yıllardan beri toprak etüd ve haritalama çalışmalarında kullanılmaktadır. Gelişen uydu teknolojileri ile birlikte uydu görüntüleri de bu alanda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu iki ayrı görüntünün birleştirilmesiyle oluşturulan yeni görüntülerle bugüne kadar hiç çalışılmamıştır.

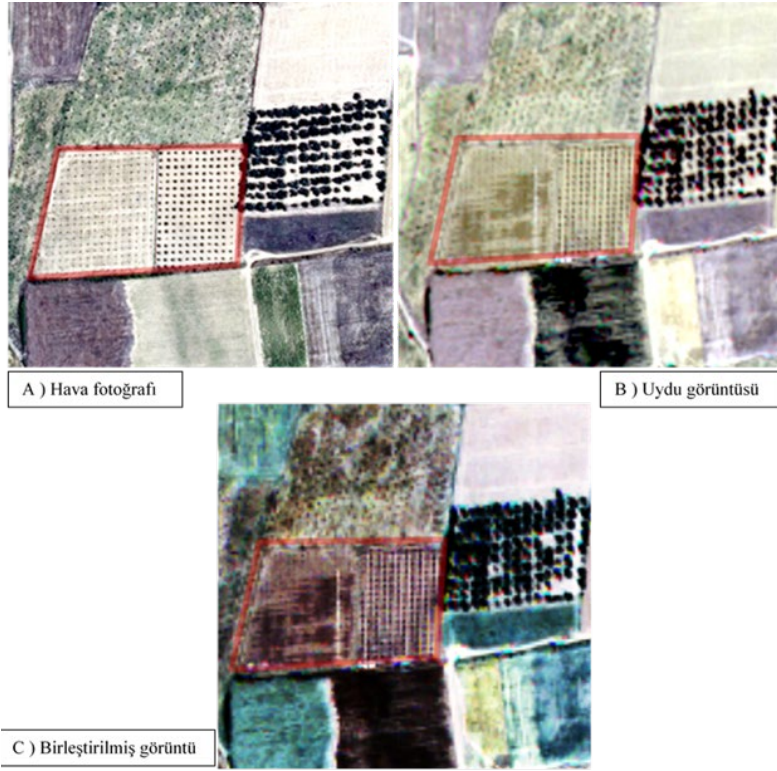
Araştırmada, yüksek spektral çözünürlüğe sahip WorldView-2 uydusunun kamera yetenekleri içerisinde 0.40-0.45 su bandı ile 0.45-0.51, 0.51-0.58 ve 0.585-0.625 mikrometre aralığında toprak özelliklerini ilgilendiren spektral aralıklarında kaydedildiği bantlar yer almaktadır. Bu özelliği ile WV-2 uydu görüntülerinin toprak etüd ve haritalama çalışmalarında işlerle kullanılabileceği düşünülmüştür. Bu bantların kullanıldığı komposit görüntüler üretilerek çalışma alanındaki toprakların yansıtma karakteristikleri belirlenmiş ve bu yansıma değerlerini içeren bir katalog oluşturulmuştur.

Gelişen uydu teknolojisinin sağladığı görüntülerden objelerin doğru olarak ayırt edilmesi için çok önemli ve stratejik değere sahip bu verilerin elde edilmesi, sadece toprak için değil ürün desenleri içinde bir model olabilecektir. Araştırmada, orto-rektifikasyonları yapılmış yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile

hava fotoğraflarının bütünleştirilmesi ile birlikte, stereo ortamda fizyografya-yansıtma karakteristiklerinin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlanmış ve toprak sınırlarının doğruluk oranı artırılmıştır.

Çalışmada, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve bütünleştirilmiş görüntüler karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve toprak sınırlarının belirlenmesindeki katkıları araştırılmıştır. Bu katkıların araştırılması için seçilen bölgelerde doğal nem düzeyinin bulunmasına (sulama faaliyetlerinin olmamasına), toprağı tamamen örten bitki örtüsünün olmamasına ve farklı fizyografik birimler içerisinde olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 7; 8 ve 9'da üç farklı görüntü üzerinde karşılaştırmalı olarak incelenen toprak özelliklerinde, birleştirme (fusion) işlemi uygulanan görüntülerin uydu görüntüsünden kaynaklanan spektral kazanımların toprak sınırlarını belirlemede başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Özellikle hava fotoğraflarında toprak sınırlarının ayrımının yapılamadığı durumlarda birleştirilmiş görüntülerin katkısının yüksek olduğu belirlenmiştir.

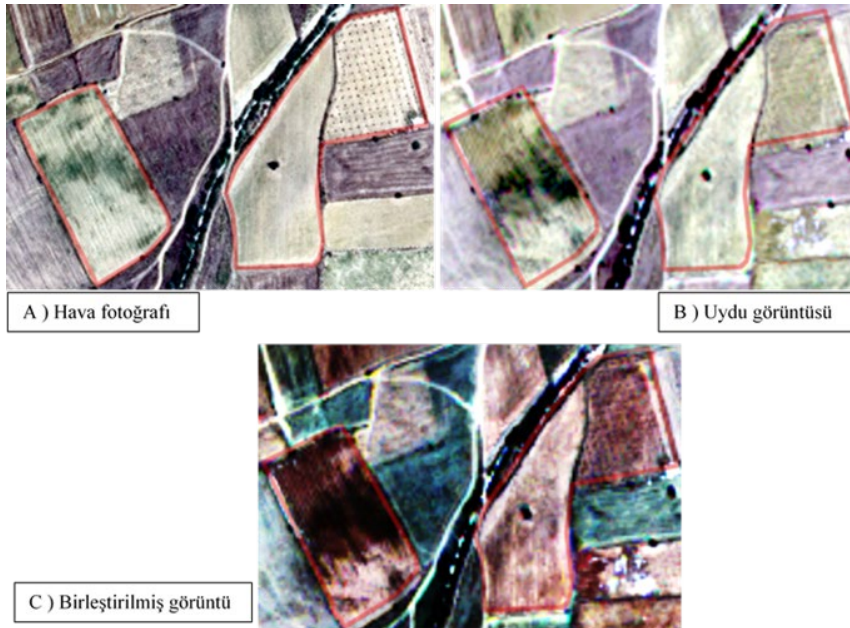
Şekil 7'de, seçilen arazi kapsamında bu üç görüntünün yetenekleri incelendiğinde, hava fotoğrafı üzerinde belirtilen bölgede iki parsel arasında herhangi bir ayırım yapılabilecek farklılık görülemezken, uydu görüntüsünde kısmen belirlenebilmektedir. Birleştirilmiş görüntü ile hem sınır ayrımları belirlenebilirken hem de stereo ortamda üç boyutlu yorumlamaların yapılabiliyor kabiliyette olması büyük önem taşımaktadır.



Şekil 7. Üç farklı görüntünün toprak sınırlarını belirlemedeki katkısı
Figure 7. Contribution of three different images in determining soil boundaries

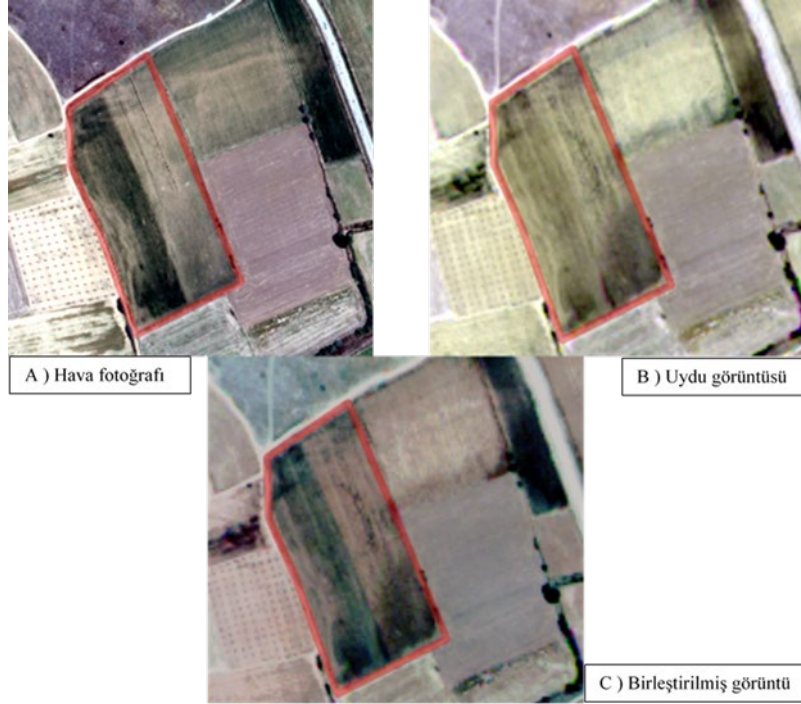
Şekil 8'de seçilen alanda hem hava fotoğrafında hem de uydu görüntüsünde topraklardaki farklılıklar kısmen belirlenebilse de birleştirilmiş görüntüde yükseltilmiş

olan spektral çözünürlük kazanımları sonucunda daha doğru bir foto yorumlama ve bu bağlamda daha başarılı bir sınır çizimi yapılabilir.



Şekil 8. Foto yorumlamada birleştirilmiş görüntülerin katkısı
Figure 8. Contribution of fused images in photo interpretation

Şekil 9'da, hava fotoğrafında ve uydu görüntüsünde birleştirilmiş fotoğrafta yüksek doğruluk oranı ile foto yorumlama yapılabilmektedir.



Şekil 9. Toprak özelliklerinin farklı görüntülerde belirlenmesi
Figure 9. Determination of soil properties in different images

SONUÇ

Bu araştırma ile stereo ortamda toprak haritası amaçlı yorum yapma çalışmalarında çok bantlı görüntüleme tekniğinin sağladığı verilerin katkısı araştırılmıştır. Araştırmada stereo hava fotoğrafları ile WW-2 uydu görüntülerinden sağlanan kızılötesi başta olmak üzere çok bantlı veriler "Fusion" tekniği ile birleştirilmiş, oluşturulan yeni stereo görüntü ile toprak haritası amaçlı yorumlama örneklenmiştir. Araştırmada pilot alan olarak karışık bünyeli toprak yapısına sahip Bergama ilçesinin batısında bulunan Aşağıkırıklar ovası ve çevresindeki araziler seçilmiştir. Arazilerde toprak etüd ve haritalama çalışmaları gerçekleştirilerek toplamda altı seri tanımlaması yapılmış ve mevcut toprak haritalarının detaylı olarak güncellenmesi sağlanmıştır. Üretilen yeni görüntülerle stereo ortamda fizyografya-yansıtma karakteristiklerinin birlikte değerlendirilerek seri düzeyinde toprak haritalarının daha yüksek bir doğruluk oranı ile yapılmasında başarılı olacağı belirlenmiştir.

Araştırma sonucu elde edilen veriler, farklı bölgelerde yapılabilecek benzer çalışmalarda da kaynak olarak işlerlikle kullanılabilir. Gelişen uydu teknolojisinin sağladığı görüntülerden objelerin doğru olarak ayırt edilmesi için çok önemli ve stratejik değere sahip bu verilerin üretilmesi, sadece toprak için değil ürün desenleri içinde bir model olabilecektir.

Detaylı ve doğruluk oranı yüksek toprak haritaları, başta parsel düzeyinde arazi kullanım planlamaları, tarla içi geliştirme projeleri, alt ölçekli imar planlarına altlık oluşturulması, tarım dışı etüdler vb. işlerlikle kullanılabilir. Belirtilen bu çalışmalarda temel altlık olması nedeniyle toprak haritalarının hassasiyetinin yükseltilmesi için çok önemli ve gerekli bir işlemdir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 14-ZRF-032.

KAYNAKLAR

- Basayigit, L., M.E. Öztekin, M. Dingil, S. Senol, U. Dinç. 2004. Land use plan on the basis of existing plots of the Konuklar state farm by using GIS. International Soil Congress on Natural Resource Management for Sustainable Development, Erzurum, Turkey.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. In: Klute, A., Ed., Methods of Soil Analysis, Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy Soil Science Society of America, Madison, 363-382.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agron. J.* 43: 434-438.
- Dengiz, O. ve M. Yüksel, 1998. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü İkizci Araştırma Çiftliği topraklarının detaylı etüd ve haritalanması. International Symposium on Arid Region Soil, Menemen-İzmir, p. 581-586.
- Dengiz, O., A. Erel, A. Erkoçak, M. Durmuş. 2012. Kuşkonagi Havzası temel toprak özellikleri, sınıflandırılması ve haritalanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49 (1), 71-82.
- Dinç, U., S. Kapur, H. Özbek, S. Şenol. 2001. Toprak Genesisi ve Sınıflandırma. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Adana.
- Gökmen, S. ve M. Yüksel. 1993. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kenan Evren Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının detaylı etüd ve haritalanması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, cilt 43, no: 1-2, Ankara
- Kelley, W.P. 1951. Alkali Soils, Their Formation. Properties and Reclamation, Reinhold Publishing Corporation, New York, USA.
- Kosaka N., T. Akiyama, B. Tsai, T. Kojima 2005. Forest type classification using data fusion of multispectral and panchromatic high resolution satellite imageries. *Proceeding book IGARSS*, Vol. 4, pp. 2980-2983.
- Methods of soil analysis-Part I. 1986. Physical and Mineralogical Properties. 2nd ed. ASA-SSSA, Agronomy Nomograph No:9, Madison, WI.
- Methods of soil analysis-Part II. 1982. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA-SSSA, Agronomy Nomograph No:9, Madison, WI.
- Nichol, J.E., A. Shaker, M.S. Wong. 2006. Application of high-resolution stereo satellite images to detailed landslide hazard assessment. *Geomorphology*, Vol. 76, pp. 68-75.
- Özden N., N. Rahmanoğlu, L. Aruğaslan, Y. Kurucu, M.T. Esetlili, M. Bolca, F.Özen, E. Altunel, S. Özen. 2016. Bakırçay Havzası batı bölümü arazilerinin coğrafi bilgi sistemi tekniği ile tarımsal arazi kullanım planlaması. GTHB, Proje Sonuç Raporu.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
- Soil Survey Staff. 1999. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agricultural Handbook, 436, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington DC, USA, pp. 869.
- Şenol, S., E. Aksoy, M. A. Çullu, İ. Bayramin, Ş. Kılıç, M. Dingil, K. Koca. 2009. Türkiye’ de toprak koruma ve arazi kullanım kanunu gereği yapılması zorunlu toprak etüdleri ve önemi. *Ziraat Mühendisleri Odası Bilimsel Toplantısı*, 28.12.2009.
- Zhenhua L., Z. Jing, X. Yang, S. Sun. 2005. Color transfer based remote sensing image fusion using non-separable wavelet frame transform. *Journal of Pattern Recognition Letters* 26, pp.2006-2014.