ÇOK ZAMANLI UYDU VERİLERİYLE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ ANALİZİ: DİKİLİ İLÇESİ - ÇUKURALAN ALTIN MADENİ

Anali AZABDAFTARI ¹, Filiz SUNAR ²

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İletişim Sistemleri Anabilim Dalı Maslak Kampüsü, 34469 İstanbul, azabdaftari@itu.edu.tr

² Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü Maslak Kampüsü, 34469 İstanbul, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Yeryüzünün doğal arazi örtüsü insan faaliyetlerine ve farklı kullanım yöntemlerine bağlı olarak uzun yıllar içinde büyük değişikliklere maruz kalmaktadır. Arazi örtüsü değişikliği arazi kullanımının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi kullanımının en önemli örneklerinden birisi de madenciliktir. Madencilik, yer kabuğunun farklı derinliklerinden ekonomik değer taşıyan mineral ve elementlerin çıkarılmasıdır. Günümüzde yapılan yer altı ve yer üstü madencilik faaliyetleri, maden alanları ile çevresinin ekolojik dengesini büyük ölçüde etkilemektedir; örneğin, toprak profilinin önemli ölçüde değişmesi neticesinde su akışının değişmesi, toprak erozyonu ve bitki örtüsünün bozulması gibi negatif birçok çevresel etkiler gözlenmekte, hatta maden işletmelerinden çıkarılan zehirli maden atıkları kontrol edilmediği takdirde kalıcı zararlar da oluşmaktadır. Uzay teknolojileri içinde yer alan uzaktan algılama ve etkin görüntü işleme yöntemleri ile günümüzde arazi kullanımındaki değişim hızlı, doğruluklu ve ekonomik bir şekilde saptanabilmektedir. Çevresel etkinin belirlenmesine yönelik olarak bu tür veriler, madencilik faaliyetlerinin (altyapı, maden ocağı, sedimantasyon vb.) fiziksel etkisinin belirlenmesinin yanı sıra, özellikle diğer ilgili veri kaynakları ile birlikte kullanıldığında, göç ve yerleşim dinamikleri ve etkilerinin belirlenmesinde de hızlı ve ekonomik çözümler sağlarlar. Bu çalışmanın amacı, İzmir ilinin kuzeyinde, Ayvalık ve Dikili ilçeleri arasında yer alan Çukuralan bölgesinde yürütülen altın madenciliği faaliyetlerinin neticesinde oluşan arazi örtüsü değişimini ve çevresel etkileri analiz etmektir. Bu amaca yönelik olarak 2009-2017 yılları arasındaki değişim süreci, çok-zamanlı uydu görüntüleri analiz edilerek değerlendirilmiştir. Landsat 5 TM (2009), Landsat 8 OLI (2017) ve Sentinel 2A (2017) verilerinin kullanıldığı çalışmada, ilk olarak ön işleme adımı uygulanmış ve daha sonra, 2 farklı sınıflandırma yöntemi (Maksimum Olabilirlik ve Destek Vektör Makinesi) uygulanarak üretilen zamansal tematik haritalar ile değişim analizi yapılmıştır. Son bölümde kullanılan iki farklı uydu verisinin tematik haritalamadaki etkinliği ile çevresel etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: madencilik, uzaktan algılama, değişim saptama, Landsat ve Sentinel verisi

ABSTRACT

LAND COVER CHANGE DETECTION WITH MULTI TEMPORAL SATELLITE DATA: DİKİLİ DISTRICT - ÇUKURALAN GOLD MINE

The earth is exposed to a great variety of natural disasters over many years depending on human activities and different methods of use. Land cover change emerges as a consequence of land use. One of the most important examples of land use is mining. Mining is the extraction of minerals and elements of economic value from different depths of the earth's crust. Today's underground and aboveground mining activities greatly influence the ecological balance of mining areas and their surroundings; For example, significant changes in the soil profile result in many negative environmental effects such as water flow change, soil erosion, and plant cover change, and even permanent damage is caused if toxic mineral wastes are not controlled from mining operations. With remote sensing and effective image processing methods in space technology, the change in land use today can be detected quickly, accurately and economically. In order to determine the environmental impact, such data provide fast and economical solutions for the determination of the physical effects of mining activities (infrastructure, mining, sedimentation etc.), as well as for determining migration and settlement dynamics and impacts, especially when used in conjunction with other relevant data sources. The aim of this study is to analyze the change of land cover and the environmental effects of the gold mining activities carried out in the Çukuralan district located between the districts of Ayvalık and Dikili in the north of İzmir Province. For this purpose, the change detection process between 2009 and 2017 years has been evaluated by analyzing multi-temporal satellite images. In this study by using Landsat 5 TM (2009), Landsat 8 OLI (2017) and Sentinel 2A (2017) data, the preprocessing step was applied to all dataset. Then, two different classification methods (Maximum Likelihood and Support Vector Machine) was employed and the changes were analyzed with the produced temporal thematic maps. Finally, the effectiveness of the two satellite data used in the thematic mapping and the environmental impacts were evaluated.

Keywords: mining, remote sensing, change detection, Landsat and Sentinel data

1. GİRİŞ

Doğal çevrenin önemli bir bölümünü teşkil eden yeryüzü, insanlar tarafından değişik şekillerde değerlendirilmekte ve buna bağlı olarak ekonomik faaliyetler çeşitlilik kazanmaktadır (Özçağlar, 1994). Yeryüzünün doğal arazi örtüsü, insan faaliyetlerine ve farklı kullanım yöntemlerine bağlı olarak uzun yıllar içerisinde büyük değişikliklere maruz kalmaktadır. Arazi örtüsü değişimi, ekosistemlerin yapısında ve işlevinde çarpıcı değişikliklere neden olduğundan, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi, doğru ve etkin bir planlama için karar vericilere yardımcı olmaktadır (Meyer ve Turner, 1994). Arazi kullanımına dair en önemli örneklerinden birisi de madenciliktir. Madencilik, çevrenin kalitesini olumsuz etki edebilecek insan faaliyetlerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin büyük ekonomik faydalarına rağmen, temiz hava ve su, verimli toprak ve dünyanın zengin biyotik çeşitliliği gibi temel yaşam destek sistemleri üzerinde negatif etkileri vardır. Örneğin; maden ocakları, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek, bitki örtüsünde ve toprak yüzeyinde kaçınılmaz ve genellikle kalıcı tarım arazisi kaybına yol açarlar (Woldai, 2001).

Türkiye gerek yeraltı gerekse yerüstü kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Yeraltı kaynakları söz konusu olduğunda, öncelikle madenler akla gelmektedir (Bilgihanesi, 2015). Türkiye, dünyada maden yatakları bakımından şanslı ülkeler arasında olup, dünyada çıkarılan 50'den fazla maden çeşidinin 29'u Türkiye'de bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile Türkiye bu sektörde dünyada ilk on ülke arasında yer almaktadır (Kara, 2018).

Türkiye'de yüzey madenciliği, bitki örtüsündeki değişikliklere, arazi dönüşümlerine ve orman ekosisteminde bozulmalara yol açmaktadır. Yeryüzündeki mevcut arazi kullanımının tespiti, hızlı arazi örtüsü değişimlerinin izlenmesi ve bu değişimlerin kayıt ve analiz edilmesi insanoğlunun ilk çağlardan beri ilgilendiği bir konudur. Arazi örtüsü değişiminin tespit edilebilmesi için düzenli aralıklarla kayıt edilen zamansal veriye ihtiyaç duyulmaktadır (Bayar ve Karabacak, 2017). Bu amaca yönelik farklı kaynaklardan bilgi toplamak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Musaoğlu vd., 2005). Bu bağlamda günümüzde değişiklikleri izlemek ve saptamak için farklı tarihlerde alınmış uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri maden arama çalışmalarında özellikle maliyet açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Arazi örtüsü değişiminin belirlenmesinde uzaktan algılama verileri ve yöntemlerinin kullanıldığı pek çok akademik çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Balıkesir Bigadic ve Eskişehir Kırka bölgelerinde uzaktan algılama teknikleri ile açık maden ocaklarında bor minerallerinin tespiti ve arazi kullanımındaki değişim ortaya koyulmuştur (Uysal vd., 2017). 2010 yılına ait Landsat 5 TM uydu görüntüsünde bor mineralleri referans alınarak, nesne tabanlı referans spektra yöntemi olan Spektral Açık Haritalayıcı (SAM) yöntemi ve Bant oranlama kullanılarak, zengin bor minerallerine sahip bölgeler tespit edilmiştir. Belirlenen bölgelerin, çalışma alanı içerisinde hâlihazırda açık maden sahası olarak kullanılan alanlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, çok-zamanlı uydu görüntüleri ile madencilik faaliyetleri nedeniyle oluşan arazi örtüsü değişimi analizi yapılmış ve kullanılan iki farklı uydu verisinin tematik haritalamadaki etkinliği ile çevresel etkiler değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Dikili, Ege Bölgesindeki bir sahil kasabası olup, İzmir'in bir ilçesidir. Dikili'nin merkezi, İzmir'in yaklaşık 120 km kuzeyindedir. Bir Dikili köyü olan Çukuralan, dağlık bölgenin batı yamaçlarında yer almaktadır (Şekil 1). Çukuralan, 39.1858° Kuzey enlemleri ve 26.9402° Doğu boylamları arasında bulunur ve yaklaşık 541 km²'lik bir alanı ve deniz seviyesinden 1-200 metre arasında değişen yüksekliklere sahiptir. Bölge, kışları yağmurlu, yazları sıcak ve kuru olan tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir. Ortalama yağış miktarı, çoğu kış aylarında olmak üzere 686 mm'dir. Dünyanın en iyi çam fıstığı bu bölgede üretildiğinden çam fıstığı ile ünlüdür ancak, altın madenciliği faaliyetleri bu bölgeleri tehdit etmektedir.

Şekil 1. Çalışma alanının haritası ve uydu görüntüsü.

Bu çalışmada 30m mekânsal çözünürlüklü Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI ile 10m mekânsal çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 1). Uydu görüntülerinde mevsimsel değişikliklerden kaynaklanabilecek farklılıkları azaltmak için görüntüler mümkün olduğunca birbirine yakın tarihlerde ve bulutsuz olarak seçilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan uydu verilerinin özellikleri ve tarihleri.

Uydu	Görüntü alım tarihi
Landsat 5	27-08-2009
Landsat 8	30-06-2017
Sentinel 2A	11-08-2017

3. YÖNTEM

3.1. Ön İşleme

Uydu görüntülerinden harita üretilebilmesi için bazı görüntü işleme adımlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ilk olarak, uydu görüntülerine ön işleme tekniklerinden biri olan geometrik dönüşüm uygulanmıştır. Geometrik düzeltme işleminde 2009 Landsat, 2017 Landsat ve 2017 Sentinel görüntüleri UTM koordinat sistemine sırasıyla $\pm 0.37m$, $\pm 0.40m$ ve $\pm 0.34m$ rms hatası ile en yakın komşuluk örnekleme algoritması kullanılarak referanslandırılmıştır. En yakın komşuluk yönteminde geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir. Daha sonra bölgenin sınırları belirlenerek çalışma alanı orijinal görüntüden kesilmiştir.

3.2. Sınıflandırma

Uzaktan algılamada sınıflandırma, cisimlerin farklı spektral yansıtma değerlerine bağlı olarak görüntüdeki her görüntü elemanını (piksel) ait olduğu özellik grubuna ayırarak tematik harita üretme işlemidir. Ayırt etme problemi her görüntü

elemanının algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren dijital değerler kümesinden yararlanılarak yapılmaktadır (İban ve Aksu, 2014).

Sınıflandırma işleminde genel olarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak bilinen iki yaklaşım vardır. Kontrollü sınıflandırma yöntemleri arasında doğruluğu ve güvenilirliği açısından en çok tercih edilen yöntem Maksimum Olabilirlik metodudur. Maksimum Olabilirlik karar kuralında, verilerin normal dağılımlı olduğu varsayılarak bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığı ortalama vektör ve kovaryans matrisi ile tanımlanır (Ayhan ve Kansu, 2017). Destek Vektör Makineleri (DVM) istatistiksel öğrenme teorisine dayalı diğer kontrollü bir sınıflandırma algoritmasıdır. DVM'nin çalışma prensibi iki sınıfı birbirinden ayırabilen en uygun karar fonksiyonun tahmin edilmesi, başka bir ifadeyle iki sınıfı birbirinden en uygun şekilde ayırabilen hiper-düzlemin tanımlanması esasına dayanmaktadır (Vapnik, 1995; Vapnik, 2000). Birçok alanda başarıyla kullanılan DVM'lerin uzaktan algılama alanında da son yıllarda kullanımı oldukça artmıştır.

Bu çalışmada arazi kullanımı/razi örtüsü sınıflandırması Maksimum Olabilirlik yöntemi ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu amaçla, görüntüdeki cisimleri/nesneleri en iyi temsil eden homojen örnekleme alanları (kontrol bölgeleri) belirlenerek kontrolsüz sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve altı temel arazi örtüsü sınıfı (Orman 1, Orman 2, Toprak 1, Toprak 2, Maden inşaat alanı ve Yerleşim alanı) seçilmiştir.

Şekil 2. Maksimum Olabilirlik yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntüler.

Şekil 3. Destek Vektör Makineleri yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntüler.

	Toprak 1		Orman 1		Maden inşaat alanı
	Toprak 2		Orman 2		Yerleşim alanı

Sınıflandırma adımından sonra uygulanması gerekli olan doğruluk değerlendirmesi, sınıflandırılmış görüntüyü, doğru veya temel gerçek veriler olarak kabul edilen başka bir veri kaynağı ile karşılaştırma işlemi olarak bilinir. Bu çalışma da elde edilen sonuç görüntülerinin doğruluk analizi, hata matrisi ile yardımcı veriler (Google Earth platformundan elde edilen görüntüler ve referans haritalar) kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sınıflandırma sonrası doğruluk analizi.

Uydu	Tarih	Maksimum Olabilirlik yöntemi		Destek Vektör Makineleri yöntemi	
		Genel doğruluk (%)	Kappa katsayısı	Genel doğruluk (%)	Kappa katsayısı
Landsat 5 TM	27-08-2009	98.95	0.98	97.47	0.96
Landsat 8 OLI	30-06-2017	98.80	0.98	94.00	0.92
Sentinel 2A	11-08-2017	98.93	0.98	98.39	0.97

Çizelge 2’den görülebileceği gibi, doğruluk oranları tüm tarihler için% 90’ın üzerindedir ve Maksimum Olabilirlik yöntemi ile yapılan sınıflandırmanın nispeten daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

3.3. Değişim Analizi

Madencilik faaliyetleri sonucunda arazi örtüsü/arazi kullanımında meydana gelen zamansal ve mekânsal değişimlerinin irdelenmesi için değişim analizi gerçekleştirilir. Değişim analizi yapılırken, aynı bölgede yer alan cisimlerin farklı görünmesine neden olabilecek tüm faktörlerin, örneğin farklı algılayıcılar, görüntülerin mekânsal çözünürlüğündeki farklılıklar vb., göz önüne alınması gerekir. Bu çalışmada kullanılan Sentinel ve Landsat görüntüleri arasındaki yukarıda belirtilen farklılıklar nedeniyle değişim analizi iyi sonuç vermediğinden, arazi örtüsündeki değişim analizi 2009 ve 2017 Landsat görüntüleri ile yapılmıştır. Şekil 4’te “Orman 1” sınıfında 8 yıllık zaman sürecinde oluşan değişim gösterilmektedir.

Şekil 4. 2009- 2017 arasında orman alanlarındaki değişim.

Şekil 4’ten görülebileceği üzere 2009 - 2017 yılları arasında orman alanının bir kısmı maden alanı olarak değişmiştir ve kantitatif olarak değişim miktarı 3 ana sınıf (“Orman1”, “Toprak” ve “Maden alanı”) için zamansal olarak Şekil 5’te gösterilmiştir.

Şekil 5. 2009 - 2017 yılları arasında 3 ana sınıf (Orman, Toprak ve Maden alanı) için zamansal değişim.

Şekil 5 de görüldüğü gibi 2009-2017 periyodunda bölgede artan maden faaliyetlerinin etkisi ile 2009 yılında Orman sınıfının alansal miktarı 1571.85 hektar iken 2017 de 1490.31 hektar olmuştur. Toprak sınıfının ise 2009 yılında 404.10 hektar dan 581.31 hektara ulaştığı görülmektedir. Bölgede 2010 yılında başlayan maden çalışmaları nedeniyle oluşan maden alanı 195.93 hektar olarak saptanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada 2009 - 2017 yılları arasında, İzmir ilinin Dikili ilçesinde yer alan Çukuralan bölgesinde yürütülen altın madenciliği faaliyetlerinin neticesinde oluşan arazi örtüsü değişimi ve çevresel etkileri analiz edilmiştir. Zamansal çevre değişimlerinin izlenmesinde uzaktan algılama teknolojilerinin büyük avantajlar ortaya koyduğu bir gerçektir. Görüntü analizinde Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI ve Sentinel 2A uydularından alınan görüntüler kullanılmıştır. Maden inşaat alanını kapsayan çok zamanlı uydu veri setleri, Maksimum Olabilirlik ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizinde tüm tarihler için sınıflandırma doğruluğu % 90'ın üzerinde hesaplanmıştır.

2009 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri baz alınarak yapılan değişim saptama analizlerinde Çukuralan bölgesinde 2009 yılında 1571.85 hektar olan orman alanı 2017 yılında %5'lık bir azalma ile 1490.31 hektar olarak bulunmuştur. Toprak sınıfı ise %43' lık bir artış ile 404.10 hektardan 581.31 hektara ulaşmıştır. Diğer bir ifade ile bölgede madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan arazi örtüsü değişiminden etkilenen ana sınıflar, orman ve toprak sınıfları olmuştur ve yaklaşık 258.75 hektar ormansızlaşma görülmektedir.

Bu çalışmada 8 yıllık zaman sürecinde madencilik çalışmaları nedeniyle yeşil alanların olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Sonuç olarak madencilik ekonomik bir faaliyet olmasına karşılık, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını geliştirmek ve olumsuz çevresel etkileri kontrol etmek için gerekli denetimlerin yapılarak önlemlerin alınmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ayhan, E., Kansu, O., 2017. Uzaktan Algılamada Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB). Teknik Sempozyum*, Ankara, Türkiye, s.137.

Bayar, R., Karabacak, K., 2017. Ankara İli Arazi Örtüsü Değişimi (2000-2012). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15 (1), 59- 76.

Bilgihanesi, 2015. <https://www.bilgihanesi.com/turkiyede-madenler-ozellikleri-ve-baslica-maden-cesitleri-p4323/> [Erişim tarihi: 08.08.2018].

Iban, M., Aksu, O., 2014. Uzaktan Algılama İle Büyükşehir Belediye Alanlarında Arazi Sınıflarının Belirlenmesi. 4. *Arazi Yönetimi Çalıştayı*, 12-13 Mayıs.

Kara, F., 2018. <https://malzemebilimi.net/maden-nedir-madenlerin-ozellikleri-nelerdir-turkiyede-madencilik.html>, [Erişim tarihi: 08.08.2018].

Karabulut, M., Küçükönder, M., Gürbüz, M., Sandal, E. K., 2006. Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve CBS kullanılarak İncelenmesi. 4. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*. 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Meyer, W. B., Turner, B. L., 1994. Changes In Land Use and Land Cover: A Global Perspective. *Cambridge: Cambridge University Press*.

Musaoğlu, N., Göksel, Ç., Kaya, Ş., Saroğlu, E., Bektaş, F., 2005. İstanbul Anadolu Yakası 2B Alanlarının Uydu Görüntüleri ile Analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Özçağlar, A., 1994. Çarşamba Ovası ve Yakın Çevresinde Araziden Yararlanma. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 3, 93-128.

Vapnik, V.N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory, *Springer-Verlag, New York*.

Vapnik, V.N., 2000. The Nature of Statistical Learning Theory, 2. Baskı, *Springer-Verlag, New York*.

Woldai, T., 2001. Application of Remotely Sensed Data and GIS in Assessing the Impact of Mining Activities on the Environment. 17th *International Mining Congress and Exhibition of Turkey- IMCET2001*, ISBN 975-39S-417-4.