NESNE TABANLI ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİM ANALİZİ: İSTANBUL 3. HAVALİMANI

Z. Damla UÇA AVCI¹, Filiz SUNAR²

¹Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uzay Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, ucaavci@itu.edu.tr

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

ÖZET

Büyükliğüne göre değişmekle birlikte bir havalimanı, pistler, terminaler, bağlantı yolları vs. gibi birçok birimden oluşan bir komplekstir ve geniş bir yeryüzü alanını kaplar. Bu nedenle bir havalimanı inşası, bulunduğu bölgede arazi örtüsü/arazi kullanımının önemli oranda değişmesine neden olmaktadır.

Türkiye'nin en önemli ekonomik, siyasi ve toplumsal merkezi olan İstanbul aynı zamanda Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan özel bir coğrafi konuma sahip olup dünyanın en önemli havayolları kesişim noktalarından birisidir. İstanbul'da hâlen kullanılmakta olan iki havalimanı vardır, ancak artan ihtiyaçlar sebebi ile şehrin Avrupa kıtası tarafında ve Karadeniz kıyısında, şehir merkezine 35km mesafede, 3. Havalimanı inşa edilmektedir. Mayıs 2015'te başlayan çalışma, 76,5 milyon metrekare alan üzerine dört etapta yapılmak üzere tasarlanmış olup hâlen sürmektedir. Dünyanın en büyük ve en yoğun havalimanı olması planlanan 3. Havalimanı'nın ilk etabını oluşturan bir terminal ile üç pistin yapımı Ekim 2018'de bitirildiğinde, toplam projenin %78'i tamamlanmış olacaktır.

İstanbul'un 3. Havalimanı bölgede büyük miktarda arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimine sebep olmanın yanı sıra çok geniş bir orman arazisi üzerine inşa edilmesi dolayısıyla çevresel anlamda da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, projenin ilk etabının bittiği 2018 sonu itibarı ile bölgedeki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin değerlendirilmesi önemlidir.

Günümüzde yeryüzündeki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerini belirlemek üzere çok-zamanlı uydu verileri etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada bölgedeki değişim Sentinel 2A uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok-zamanlı görüntü seti 2015 ve 2017 tarihli, elektromanyetik spektrumun görünür-kızılötesi (VNIR) bölgesinde algılanmış 4 spektral banda ve 10m mekânsal çözünürlüğe sahip verilerden oluşmaktadır.

Bu çalışmada, havalimanı inşasının başlamasını takip eden 3 yıllık süreçteki arazi değişimini belirlemek için nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları görsel yorumlama ve sınıflandırma doğruluk analizi ile değerlendirilmiş ve kullanılan yöntemin avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul 3. Havalimanı, Sentinel 2A, arazi örtüsü/arazi kullanımı, değişim saptama analizi

ABSTRACT

USE OF OBJECT-BASED LANDCOVER/LAND USE CHANGE DETECTION ANALYSIS: ISTANBUL'S 3RD AIRPORT

An airport with its runways, terminals, connecting roads etc. is a complex of many units and even its size may vary, still it occupies a large area of the earth's surface. For this reason, the construction of an airport causes a significant change of land cover / land use in the area in which it is located.

Istanbul, most important economic, political and social centre of Turkey, has a special geographical position linking the Asian and the European continents, which makes it one of the most important point of world airlines traffic. There are two airports which are still in use in Istanbul, but due to increasing needs, the 3rd Airport is being constructed on the European side of the city and on the Black Sea coast, at 35km from the city centre. The work, which began in May 2015, is designed to be carried out on four stages over an area of 76.5 million square meters and is still ongoing. 78% of the total project will be completed when the construction of the three runways and a terminal that forms the first stage of 3rd Airport, and it is planned to be the world's largest and busiest airport, when it is completed in October 2018.

Being constructed on a very wide forest land, the land cover / land use change caused by the 3rd Airport construction is of great importance in terms of environmental change. In this context, it is important to evaluate the land cover / land use change in the region by the end of 2018, when the first phase of the project is over.

Today, multitemporal satellites are actively used to determine land cover / land use change. In this study, the change in the region was assessed using Sentinel 2A satellite data. The multi-temporal image dataset used in the study are acquired in 2015 and 2017, consists of 4 spectral bands in the visible-infrared (VNIR) region of the electromagnetic spectrum and has 10 m spatial resolution.

An object-based classification method was used to determine the land change over the three-year period following the beginning of the airport construction. The results of the study were evaluated by visual interpretation and classification accuracy assessment and the advantages and disadvantages of the method used were examined.

Keywords: Istanbul 3rd Airport, Sentinel 2A, land cover/land use, change detection analysis

1. GİRİŞ

Yeryüzü ve çevresel değişimin geniş ölçekte ve yaygın bir uygulaması, arazi örtüsü/razi kullanımı değişiminin belirlenmesidir ve değişim analizi yeryüzü ile ilişkili pek çok bilimsel araştırma için önemli bir prosestir. Değişimin türünün ve hızının belirlenmesi, nedenlerinin ve sonuçlarının çok-zamanlı verilerin analizi ile ilişkilendirilmesi, mevcut değişimi anlamak, değerlendirmek ve yönetmek bakımından kaçınılmazdır (Lu vd., 2004). Büyüklüğüne göre değişmekle birlikte bir havalimanı, pistler, terminaller, bağlantı yolları vs. gibi birçok birimden oluşan bir komplekstir ve geniş bir yeryüzü alanını kaplar. Bu nedenle bir havalimanı inşası, bölgede insan etkisine bağlı olarak arazi örtüsü/razi kullanımı önemli oranda değiştiren bir olaydır (Xiong vd., 2013).

Türkiye'nin en önemli ekonomik, siyasi ve toplumsal merkezi olan İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan özel bir coğrafi konuma sahip olup, dünyanın en önemli hava yolları kesişim noktalarından birisidir. İstanbul'da hâlen kullanılmakta olan iki havalimanı vardır, ancak artan ihtiyaçlar sebebi ile şehrin Avrupa kıtası tarafında ve Karadeniz kıyısında, şehir merkezine 35 km mesafede, dünyanın en büyük ve en yoğun havalimanı olması planlanan 3. Havalimanı inşa edilmektedir (Georgieva vd., 2015). Mayıs 2015'te başlayan çalışma, dört etapta yapılmak üzere tasarlanmış olup, ilk etabını oluşturan bir terminal ile üç pistin yapımı Ekim 2018'de bitirildiğinde, toplam projenin %78'i tamamlanmış olacaktır. Havalimanı inşaa alanının % 80,5'inin ormanlık alan ve bitki örtüsü olması ve bazı irili ufaklı su havzaları bulundurması nedeniyle, bölgede oluşacak arazi örtüsü/razi kullanımı değişiminin değerlendirilmesi çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. (Akyürek vd., 2018).

Günümüzde arazi örtüsü/razi kullanımı değişim analizi uydu ve bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişime bağlı olarak uzaktan algılama yöntemleri ile etkin bir şekilde yapılabilmektedir (Chen vd., 2012). Bir ekosistemin coğrafi ve zamansal değişim paternini belirlemek ve süreç hakkında bilgi edinmek için uzaktan algılama yöntemlerinin hem hızlı hem de doğruluklu sonuçlar verdiği literatürde pek çok örnek ile gösterilmiştir (Hussain vd., 2013). Çevrede oluşan doğal değişimlerin yanı sıra insan etkisi ile oluşan değişimlerin gözlenmesi, ortaya çıkartılması, düzenlenmesi ve karar mekanizmalarında kullanılmasında, uzaktan algılama sistemleri özellikle önemli bir araç olarak kabul edilmekte ve yersel yöntemlere göre maliyet ve zaman bakımından birçok avantajlar sağlamaktadır (Chen vd., 2012).

Uzaktan algılama ile değişim analizi, herhangi bir temas olmaksızın algılayıcılar tarafından cisimlerin/nesnelerin farklı zamanlardaki durumlarının algılanması ve işlenerek bu durumlar arasındaki farka ilişkin olarak değişimin tanımlanması esasına dayanır (Singh, 1989). Literatür incelendiğinde düşük mekânsal çözünürlüklü (>100m) ve orta mekânsal çözünürlüklü (10m–100m) uydu görüntüleri ile yapılan değişim analizi çalışmalarında, piksel-tabanlı yöntemler uygulanarak tatmin edici doğruluklar sağlanabilmektedir (Ma vd., 2016). Ancak yüksek mekânsal çözünürlüklü (<10m) görüntüler ile çalışıldığında doğruluklar daha düşük olarak elde edildiğinden (Huiping vd., 2003) yüksek mekânsal çözünürlüklü veriler ile yapılan değişim analizi çalışmalarında, son yıllarda çoğunlukla daha başarılı sonuçlar alınan ve daha fazla tercih edilen nesne-tabanlı yöntemler denenmektedir (Zerrouki ve Bouchaffra, 2014; Gholoobi vd., 2010). Literatürde nesne-tabanlı yöntemler kullanılarak, arazi örtüsü/razi kullanımı değişimin yüksek doğrulukla belirlendiği çalışmalar mevcuttur (Ma vd., 2017). Buna rağmen, 2000'lerden itibaren kullanılan nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemlerinin kendine özgü bazı sorunları da tam anlamı ile çözülmemiş olup hâlen konu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir (Ma vd., 2017; Blaschke T., 2010).

Nesne-tabanlı değişim analizi yöntemleri çoğunlukla yüksek mekânsal çözünürlüklü verilere uygulanmakta olup, karşılaşılan sorunlardan bir kısmı aslında verinin mekânsal çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Başlıca sorunlardan biri olan ve değişim analizini olumsuz etkileyen durum, çok-zamanlı bir analizde farklı açılardan alınmış veriler kullanılıyor ise, görüntü kayıt işlemi yüksek-doğruluklu olarak yapılmış olsa dahi her görüntüde farklı açıda ve farklı boyutta gölge etkisinin görülmesidir (Jensen, 2005; Chen vd., 2012). Yüksek mekânsal çözünürlük ile ilişkili olan diğer bir sorun, yüzey yansıtımı elde edilen bir birim alanın yani bir pikselin yeryüzünde temsil ettiği alanın küçük olmasıdır. Bu duruma bağlı olarak, gerçekten yüzey değişimi olmayan bazı yerlerde küçük etkenler sebebiyle bile değişim saptanabilmekte ve hatalı bir analiz yapılmaktadır (McDermid vd., 2008). Nesne-tabanlı değişim analizlerinde yöntemle bağlı olarak değerlendirme yapıldığında ise, dezavantajın büyük kısmının nesne-tabanlı yaklaşımların ilk aşaması olan segmentasyondan kaynaklandığı görülmektedir (Neubert vd., 2008). Değişim analizinin bir yerin önceki ve sonraki durumu arasındaki karşılaştırma olduğu düşünülürse, nesne tabanlı bir değişim analizinde nesnelerin karşılaştırılması esastır (Jovanović vd., 2015). Görüntünün nesnelere ayrılması adımı olan segmentasyon işleminin, farklı zamanlarda alınmış aynı bölge görüntüsü için birebir örtüşen bir nesne çıkartımı ile sonuçlandırılması neredeyse imkansızdır. Bu nedenle değişim analizi için gerekli olan nesneler arası karşılaştırmanın sağlanabilmesi için bazı farklı yöntemlerin uygulandığı görülmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul 3. Havalimanı inşasının bölgede neden olduğu arazi örtüsü/razi kullanımı değişimi belirlemek için 2015 ve 2017 tarihli Sentinel uydu görüntülerine nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve oluşan çevresel değişimler sınıflandırma sonrası gerçekleştirilen karşılaştırma yöntemlerinden biri ile değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

İstanbul 3. Havalimanı, İstanbul'un Avrupa Yakası'nda, Karadeniz kıyısındaki Tayakadın ile Akpınar köyleri arasındaki 76,5 milyon metrekare alan üzerinde inşa edilmektedir (Şekil 1). Havalimanı inşaa alanının %80,5'inin ormanlık alan ve bitki örtüsü olduğu, ayrıca Kulakçayırı Gölü, Duru Gölü gibi irili ufaklı su havzalarını içerdiği düşünüldüğünde, çevresel anlamda da önem taşıyan bir değişime neden olduğu açıktır (Akyürek vd., 2018).

Şekil 1. Çalışma bölgesinin konumu ve uydu görüntüsü (© Google Earth).

Bu çalışmada bölgedeki değişim Sentinel 2A uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok-zamanlı görüntü seti 12/08/2015 ve 12/07/2017 tarihli, elektromanyetik spektrumun görünür-kızılötesi (VNIR) bölgesinde algılanmış 4 spektral banda ve 10m mekânsal çözünürlüğe sahip uydu verileridir.

3. YÖNTEM

Uzaktan algılama ile değişim analizi bir bölgenin bir olaydan önceki ve sonraki görüntülerinin karşılaştırılması esasına dayalı olduğundan, bu karşılaştırmanın mümkün olabilmesi için karşılaştırılan görüntü biriminin (ister piksel ister nesne olsun) birbirlerine doğru bir şekilde kayıt edilmiş olması gereklidir. Bu bağlamda geometrik kayıt işlemi, değişim analizi doğruluğu ile prosesin devamındaki tüm aşamalarda başarıyı etkileyecek temel unsurdur.

Nesne tabanlı analizde öncelikle segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelere ayrılır. Bir segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelerinin çıkartılması sırasında i) aşırı segmente olma hatası ii) yetersiz segmente olma hatası iii) sınır konumu indeksi hatası ve iv) şekil hatası oluşabilir (Uca Avcı vd., 2017). Değişim analizi için birden fazla görüntü ile çalışılır ve bahsedilen segmentasyon hatalarına ek olarak segmentasyon uyumu sorunu ortaya çıkar. Bir başka deyişle farklı zamanlarda alınmış aynı bölge görüntülerinin birebir örtüşen bir segmentasyon sonucu vermeleri neredeyse imkansızdır. Gerçekte bir nesne zaman içinde i) varlık ii) boyut ve şekil iii) konum veya iv) bunların bir kombinasyonu olarak değişim göstermiş olabilir (Blaschke, T., 2005). Değişim analizi için gerekli olan nesneler arası karşılaştırmanın sağlanabilmesi için öncelikle karşılaştırılacak nesnelerin birebir örtüşmesi veya bir uyum kriteri kullanılarak birbirleri ile ilişkilendirilmeleri gerekir (Abdesseitar ve Zhong, 2017). Bu çalışmada, nesneler arası birebir örtüşme üzerinden karşılaştırma yapabilmek için uygulanan tek görüntüye bağlı segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşım nesnelerin tek bir görüntü baz alınarak belirlenmesi ve bu segmentasyon sonucunun tüm tarihlerdeki nesne çıkartımı için kullanılması esasına dayanır.

4. UYGULAMA

4.1. Ön İşleme

Üç farklı tarihte alınmış Sentinel 2A görüntülerinin ± 0.5 en küçük kareler hatası ile geometrik kayıt işlemleri gerçekleştirilmiş, işlem sırasında örnekleme yöntemi olarak en yakın komşuluk algoritması uygulanmıştır.

4.2. Segmentasyon

Bu çalışmada değişim analizi uygulaması için nesnelerin tek bir görüntü baz alınarak belirlenmesi yöntemi tercih edilmiştir. 12/07/2017 tarihli görüntü, baz görüntüsü olarak seçilerek çoklu çözünürlüklü segmentasyon adımı uygulanmıştır. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon, literatürde en sık kullanılan ve popüler olan segmentasyon yöntemidir (Sabuncu, 2018). Bu yöntemde her bir piksel bir görüntü nesnesi için başlangıç noktası olarak göz önüne alınır ve iteratif bir yaklaşımla pikseller bir homojenlik kriterine göre kümelenerek, nesneler elde edilir. Homojenlik kriteri ise ölçek, şekil, renk, yoğunluk ve pürüzsüzlük olarak verilen beş değişken ile belirlenir. Bu çalışmada hiyerarşik bir sınıflandırmaya hazırlık olarak iki farklı segmentasyon katmanı oluşturulmuş ve her iki katman için kullanılan değerler Çizelge 1’de verilmiştir. Şekil 2’de çalışma alanının bir kısmı için her iki katmandaki segmentasyon sonucu 2017 görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.

Çizelge 1. Segmentasyon homojenlik kriter değerleri

	Katman 1	Katman 2
Ölçek	500	100
Şekil	0	0.5
Renk	1	0.5
Yoğunluk	0.5	0.5
Pürüzsüzlük	0.5	0.5

(a) Katman 1

(b) Katman 2

Şekil 2. Segmentasyon sonucu.

4.3. Nesne Tabanlı Sınıflandırma

2015 ve 2017 yıllarında alınan her iki görüntü iki katman olarak segmente edilmiş olup, sınıflandırma işlemleri iki seviyede yapılmıştır. Yapı alanları, doğal alanlar, yol ve su alanları olmak üzere dört ana sınıfta yapılan sınıflandırma işleminde hiyerarşi, her iki katmanda birbiri ile sınıf – alt sınıf ilişkisi bulunan nesneler üzerinde yapılmıştır. Sınıflar ve sınıf tanımlarında kullanılan parametreler Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Sınıflar ve sınıf tanımlarında kullanılan parametreler.

Sınıflar	Seviye 1	Seviye 2
Yapı alanları	Band 2	
Doğal alanlar	Band 4	
Yol		Kompaktlık Şekil indeksi Standart sapma (band2)
Su alanları		Band 4

Elde edilen sınıflandırılmış görüntüler Şekil 3’te verilmiştir.

2015 ile 2017 tarihli görüntülerde elde edilen nesne sayısı ve piksel sayısı Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Sınıfların nesne ve piksel sayıları.

	2015		2017	
Sınıflar	Nesne sayısı	Piksel sayısı	Nesne sayısı	Piksel sayısı
Su alanları	316949	494879131	327288	460494216
Yapı alanları	1912189	861301561	2429484	936750706
Yol	165821	105489443	432188	393538644
Doğal alanlar	2010842	1057129865	1212644	726782866

4.4. Değişim Analizi

4.4.1 Sınıflandırmaya Dayalı Değişim Analizi

İlk yöntem olarak yapılan sınıflandırma sonuçlarına dayalı bir değişim analizi yapılmıştır. Değişimi yorumlamak üzere iki farklı tarih görüntüsü ayrı ayrı sınıflandırıldıktan sonra, alansal sınıf dağılım oranları elde edilmiştir (Şekil 4).

2015 yılında çoğunluğu ormanlık alan olan ve tüm bölgenin %42'sini oluşturan 'Doğal alanlar' sınıfı 2017 yılında tüm bölgenin %13'ü oranında azalmıştır. İnşaat başlangıcı olan 2015 yılından 2017 yılına kadar olan inşaat süresinde alansal olarak artış gösteren sınıflar ise toplamda alanın %15'i kadar artış gösteren 'Yapı alanları' ve 'Yol' sınıflarıdır. Bölgede 2 yıllık inşaat süresinde 'Su alanları'nda azalma görülmesinin nedeni ise alandaki küçük göletlerin kurutularak kapatılmış olmasıdır.

4.4.2 Spektral ve Sınıfsal Farka Dayalı Değişim Analizi

Bir diğer yaklaşım olarak fark yönteminin iki farklı uygulaması yapılmıştır. İlk olarak segmentasyon sonrası görüntüler 2015 ve 2017'deki yansıtımlarının belli bir oranın üzerinde farklı olmasına göre 'değişim olan' ve 'değişim olmayan' olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5a). İkinci olarak, iki farklı tarih için ayrı ayrı sınıflandırma sonuçları (Şekil 3) alındıktan sonra, sınıf değerlerinin değişmesine bağlı olarak nesneler 'değişim olan' ve 'değişim olmayan' olarak yeniden sınıflandırılmışlardır (Şekil 5b).

Her iki yöntem ile elde edilen alansal sınıf dağılım oranları Şekil 6'da gösterilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin en önemli metropolü olan İstanbul'da, hem ülke ve bölge için hem de dünya havayolları trafiği için önemli bir merkez ve bağlantı noktası olması planlanan İstanbul'un 3. Havalimanı'nın 2015'ten beri süren ve 2018'de çoğunluğu tamamlanacak olan inşasının çevrede yapmış olduğu değişim incelenmiştir.

Uygulamada, tek tarihe bağlı segmentasyon yapılması tercih edilmiş olup, bunun bir avantajı olarak her iki tarih için farklı segmentasyon yapıldığında ortaya çıkan farklı görüntülerdeki nesneleri ilişkilendirme prosesinin zorlukları ile karşılaşılmamıştır. Ancak bir dezavantaj olarak, segmentasyonun baz alınmadığı tarihteki görüntü için nesnelerin sadece şekline bağlı olan sınıf tanımlarında hatalı değerlendirmeler ortaya çıkmıştır. Örneğin; segmentasyonda baz alınan 2017 görüntüsünde 'yol' sınıfı sadece 'kompaktlık' ve 'şekil indeksi' parametreleri ile tatmin edici derecede belirlenebilir iken 2015 görüntüsü için bu parametrelere 'standart sapma değeri' de eklenmiştir.

Öncelikle iki farklı tarihte alınan görüntülerin nesne tabanlı sınıflandırması yapılarak her sınıfın 2015 ve 2017 yılındaki alansal büyüklükleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Kantitatif olarak tüm sınıflardaki değişim miktarının %30 olduğu saptanmıştır.

Diğer yandan bölgedeki değişim, sınıflandırma öncesi ve sonrası olmak üzere iki farklı yöntemle daha irdelenmiştir. İlk yaklaşım olarak, bir görüntü nesnesinin 2015 ve 2017 tarihlerinde aynı banttaki ortalama spektral değeri birbiri ile karşılaştırılarak, değişim olan ve olmayan alanlar belirlenmiş ve değişim %24 olarak bulunmuştur. İkinci bir yaklaşım olarak, iki farklı tarihte yapılan sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak, iki tarihte de aynı sınıfa atanmış olan veya sınıfı değişmiş olan nesneler belirlenmiş ve değişim %29 olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemdeki sonuçlar birbirine yakın olmakla birlikte, orijinal görüntü üzerinde sınıflar üst üste getirilerek incelendiğinde, sınıfsal fark yöntemi sonucunun daha gerçekçi olduğu görülmüştür.

Havalimanı inşası gibi çok büyük alanları etkileyen büyük projelerde, bölgede oluşan arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimini belirlemek son derece önemlidir. Bu tür çalışmaların sonuçları baz alınarak orman alanlarındaki azalma, hava kalitesindeki değişim, değişen su havzalarının çevreye etkisi gibi bölgenin çevresel sorunlarına yönelik bir altlık oluşturulabilir. Ayrıca değişim analizi bölgede yapılacak rehabilitasyon çalışmalarında da kullanılabilir.

Ön çalışma olarak yapılan bu uygulamanın ileride nesne tabanlı değişim analizi yöntemlerinde uygulanan yeni yaklaşımlarla daha detaylandırılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdesseitar, M., Zhong, Y., 2017. Buildings Change Detection Based on Shape Matching for Multi-Resolution Remote Sensing Imagery, *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-2/W7, 2017 ISPRS Geospatial Week 2017, 18–22 September 2017, Wuhan, China.

Akyürek, D., Koç, Ö., Akbaba, E.M., Sunar, F., 2018. Land Use/Land Cover Change Detection Using Multi-Temporal Satellite Dataset: A Case Study in Istanbul New Airport, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM), 18–21 March 2018, Istanbul, Turkey, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-17-2018.

Blaschke, T., 2005. Towards a Framework for Change Detection Based on Image Objects. *Göttinger Geographische Abhandlungen*, 113: 1–9.

Blaschke, T., 2010. Object Based Image Analysis for Remote Sensing, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 65 2010, pp. 2-16, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004.

Chen, G., Hay, G.J., Carvalho L. M. T., Wulder, M. A., 2012. Object-Based Change Detection, *International Journal of Remote Sensing*, 33:14, 4434-4457, DOI: 10.1080/01431161.2011.648285.

- Georgieva, A.D., Düzgün, M., Tanyaş, M.,** 2015. The importance of Istanbul Grand Airport (IGA) for Turkey and Its Influence on Widely Regional Air Traffic Around. *Research in Logistics & Production*, 5(3), pp. 239-254.
- Gholoobi, M., Tayyebi, A., Taleyi, M., Tayyebi, A. H.,** 2010. Comparing Pixel Based and Object Based Approaches in Land Use Classification in Mountainous Areas *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010 789, DOI: 10.3390/s90301980.
- Huiping, H., Bingfang, W., Jinlong, F.,** 2003. Analysis to the Relationship of Classification Accuracy, Segmentation Scale, Image Resolution," (IGARSS) *IEEE International Geoscience & Remotesensing Symposium*, pp.3671-3673, 2003, DOI: 10.1109/IGARSS.2003.1295233.
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., Stanley, D.,** 2013. Change Detection from Remotely Sensed Images: From Pixel-Based to Object-Based Approaches, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 80, June 2013, Pages 91-106, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2013.03.006.
- Jensen, J.R.,** 2005. Introductory Digital Image Processing, 3rd ed. (Upper Saddle River, NJ:Pearson Prentice Hall); Gang Chen, Geoffrey J Hay, Luis Marcelo Tavares de Carvalho, Michael Wulder, Object-Based Change Detection July 2012 *International Journal of Remote Sensing* 33(14):4434-4457, DOI: 10.1080/01431161.2011.648285.
- Jovanović, D., Govedarica, M., Sabo, F, Bugarinović, Z., Novović, O., Beker, T., Lauter, M.,** 2015. Land Cover Change Detection by Using Remote Sensing – A Case Study of Zlatibor (Serbia), *Geographica Pannonica* Volume 19, Issue 4, 162-173 (December 2015), DOI: 10.18421/GP19.04-02.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E.,** 2004. Change Detection Techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2407, DOI: 10.1080/0143116031000139863.
- Ma, L., Li, M., Blaschke, T., Ma, X., Tiede, D., Cheng, L., Chen, Z., Chen D.,** 2016. Remote Sens. 2016, 8, 761; Object-Based Change Detection in Urban Areas: The Effects of Segmentation Strategy, Scale, and Feature Space on Unsupervised Methods, DOI: 10.3390/rs8090761.
- Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P, Liu, Y.,** 2017. A Review of Supervised Object-Based Land-Cover Image Classification, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130 (2017) 277–293, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001.
- McDermid, G.J., Linke, J., Pape, A.D., Laskin, D.N., McLane, A.J., Franklin, S.E.,** 2008. Object-Based Approaches to Change Analysis and Thematic Map Update: Challenges and limitations. *Can. J. Remote Sens.* 2008, 34, 462–466.
- Neubert, M., Herold, H., Meinel, G.,** 2008. Assessing Image Segmentation Quality — Concepts, Methods and Application. In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.), Object-Based Image Analysis, Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 769–784.
- Singh, A.,** 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, *International Journal of Remote Sensing*, 10:6, 989-1003, DOI: 10.1080/01431168908903939.
- Sabuncu, A.,** 2018. Yüksek Mekânsal Çözünürlüklü Uydu/Uçak Platformlu Görüntüler ve CBS Teknolojisi Kullanılarak Van-Erciş Depremi Sonrası Bina Hasar Tespiti, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği Doktora Programı, İTÜ, Şubat 2018.
- Uca Avcı Z. D., Ok, A. O., Berberoğlu S.,** 2017. Bölüm 6, Dijital Görüntü İşleme, Editor: F. Sunar, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3658 Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2486 Dijital Görüntü İşleme Isbn: 978-975-06-2265-6, Eskişehir, Aralık 2017.
- Xiong, C., Beckmann, V., Tan, R.,** 2013. Effects of Infrastructure on Land Use and Land Cover Change (LUCC): The Case of Hangzhou International Airport, China, *Sustainability* 2018, (10) 2013; DOI: 10.3390/su10062013.
- Zerrouki, N., Bouchaffra, D.,** 2014. "Pixel-Based or Object-Based: Which Approach is More Appropriate for Remote Sensing Image Classification", *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, pp. 864-869, 2014.