



HARİTA DERGİSİ

Ocak 2015

Yıl : 81 Sayı : 153

ALTI AYDA BİR YAYIMLANIR.
HAKEMLİ DERGİDİR.
YEREL SÜRELİ YAYINDIR.

Sahibi

Harita Genel Komutanlığı Adına
Tümgeneral Burhanettin AKTI

Sorumlu Müdür

Harita Yük.Tek.Ok.K.lığı Adına
Dr. Mühendis Albay Mustafa KURT

Editör

Mühendis Yarbay İ.Mert ELMAS
Öğretim ve Araştırma Sekreteri

Yönetim Kurulu

Dr.Müh.Alb. Osman ALP
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA
Dr.Müh.Alb.Mustafa KURT (Bşk.)
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ
Müh.Yb.İ.Mert ELMAS

Yönetim Yeri Adresi

Harita Genel Komutanlığı
Harita Yüksek Teknik Okulu
Harita Dergisi Yönetim Kurulu
Başkanlığı
06100 Cebeci / ANKARA

Tel : (312) 5952120

Faks: (312) 3201495

e-posta: haritadergisi@hgk.msb.gov.tr

Basım Yeri

Harita Genel Komutanlığı Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790

Bu dergide yayımlanan makaleler,
yazarlarının özel fikirlerini yansıtır.
Türk Silahlı Kuvvetlerinin resmi
görüşünü ifade etmez.

TÜBİTAK-ULAKBİM Mühendislik ve
Temel Bilimler Veri Tabanında
(TÜBİTAK MTBVT) taranmaktadır.

İ Ç İ N D E K İ L E R

Kıyı Etkilenebilirlik Göstergesi ile Türkiye Kıyıları Risk Alanlarının Tespiti

(Determining The Endangered Fields of Turkish Coasts with Coastal Vulnerability Index)

Özlem SİMAV
Dursun Zafer ŞEKER
Ayşegül TANIK
Cem GAZİOĞLU

1 - 8

Orman ve Tarım Alanlarının Kentsel Alanlarla İlişkisinin Tarihi Ortofotolarla İncelenmesi

(Examination of the Relationship Between Urban of Forest and Agricultural Areas With Historical Orthophotos)

Mustafa CANIBERK
Erdem Emin MARAŞ
Temel DURĞUT

9 - 17

Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri

(GOKTURK-2 Satellite Imagery Tests)

Veysel Okan ATAK
Mustafa ERDOĞAN
Altan YILMAZ

18 - 33

Arazi Örtüsü Tespitinde Bulanık Mantık Sınıflandırma: Ankara Bölgesinde Örnek Uygulama

(Fuzzy Classification for Land Cover Detection: a Case Study in Ankara)

Dijle BOYACI
Mustafa ERDOĞAN
Ferruh YILDIZ

34 - 41

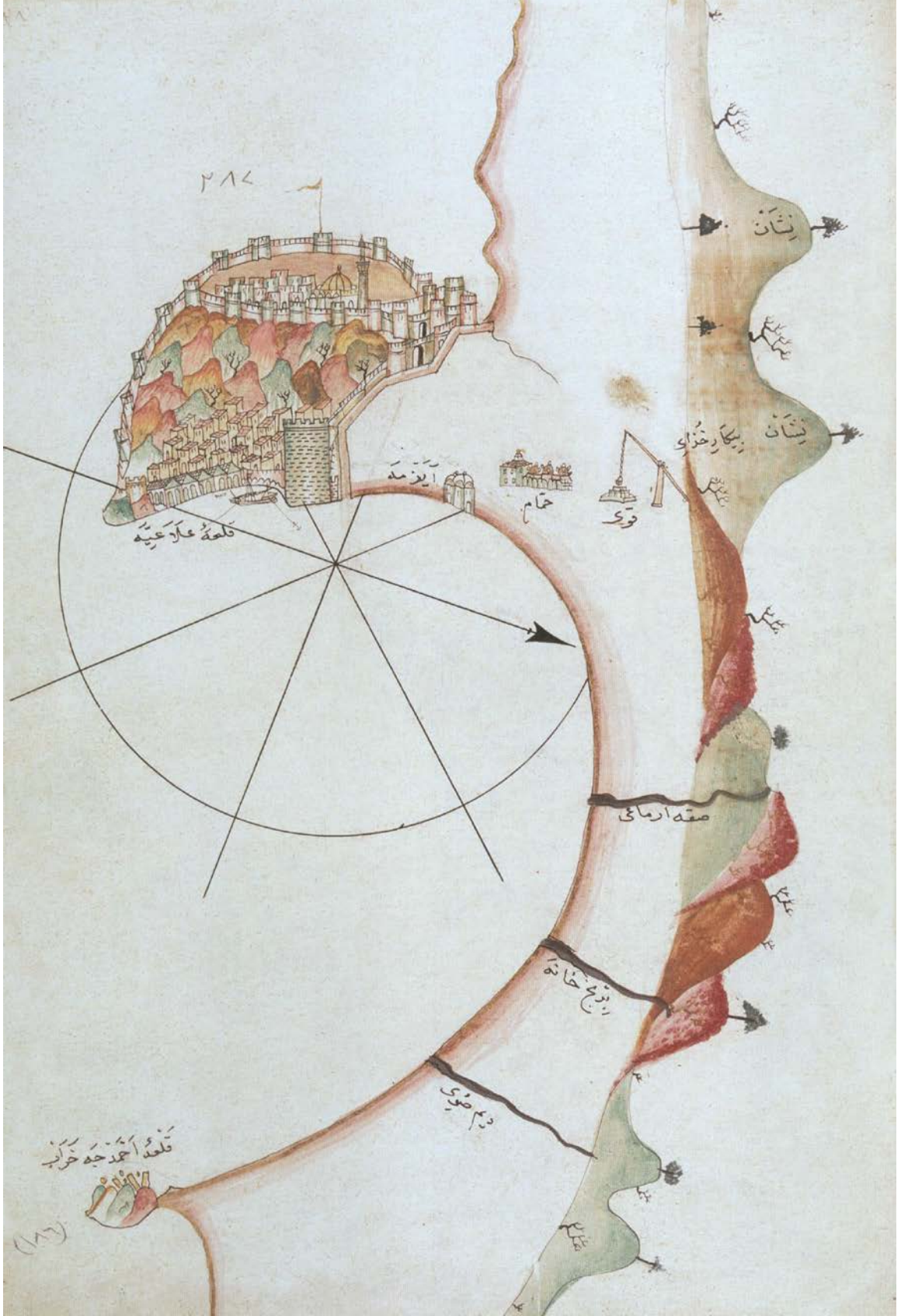
OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları

(Results of LİDAR Test Performed by OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560)

Abdullah KAYI
Mustafa ERDOĞAN
Oktay EKER

42 - 46

<u>Bilim Kurulu</u>	<u>Bu Sayıda Hakem Olarak Görev Alan Bilim Kurulu Üyeleri</u>
Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ) Prof.Dr.Ayhan ALKIŞ Prof.Dr.Zübeyde ALKIŞ (YTÜ) Prof.Dr.Orhan ALTAN Prof.Dr.Ahmet Tuğrul BAŞOKUR (AÜ) Prof.Dr.Öztuğ BİLDİRİCİ (SÜ) Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ) Prof.Dr.Rahmi Nurhan ÇELİK (İTÜ) Prof.Dr.Uğur DOĞAN (YTÜ) Prof.Dr.Semih ERGİNTAV (BÜ) Prof.Dr.Şerif HEKİMOĞLU Prof.Dr.Cevat İNAL (SÜ) Prof.Dr.M.Onur KARSLIOĞLU (ODTÜ) Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ) Prof.Dr.Ahmet KAYA (KTÜ) Prof.Dr.Fatmagül KILIÇ (YTÜ) Prof.Dr.Ali KOÇYİĞİT (ODTÜ) Prof.Dr.Hakan Şenol KUTOĞLU Prof.Dr.Sıtkı KÜLÜR (İTÜ) Prof.Dr.Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ) Prof.Dr.Cankut ÖRMECİ (İTÜ) Prof.Dr.Haluk ÖZENER (BÜ) Prof.Dr.Filiz SUNAR (İTÜ) Prof.Dr.Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ) Prof.Dr.Gönül TOZ (İTÜ) Prof.Dr.Mustafa TÜRKER (HÜ) Prof.Dr.Necla ULUĞTEKİN (İTÜ) Prof.Dr.Ferruh YILDIZ (SÜ) Doç.Dr.Melih BAŞARANER (YTÜ) Doç.Dr.Hande DEMİREL (İTÜ) Doç.Dr.Fevzi KARSLI (KTÜ) Doç.Dr.Ali KILIÇOĞLU Doç.Dr.Onur LENK Doç.Dr.Hakan MARAŞ (ÇÜ) Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ) Doç.Dr.Uğur ŞANLI (YTÜ) Doç.Dr.Naci YASTIKLI (YTÜ) Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ (HGK) Yrd.Doç.Dr.Hakan AKÇİN (BEÜ) Yrd.Doç.Dr.Ali ERDİ (SÜ) Yrd.Doç.Dr.Cemal Özer YİĞİT (GTÜ) Dr.Coşkun DEMİR Dr.Müh.Alb.Osman ALP (HGK) Dr.Müh.Alb.Mustafa KURT (HGK) Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA (HGK) Dr.Müh.Yb.Oktay EKER (HGK) Dr.Müh.Yb.Mustafa ERDOĞAN (HGK) Dr.Müh.Yb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGK) Dr.Müh.Yb.Altan YILMAZ (HGK)	Prof.Dr.Ayhan ALKIŞ Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ) Prof.Dr.Fatmagül KILIÇ (YTÜ) Prof.Dr.Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ) Prof.Dr.Mustafa TÜRKER (HÜ) Prof.Dr.Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ) Prof.Dr.Ferruh YILDIZ (SÜ) Doç.Dr.Fevzi KARSLI (KTÜ) Dr.Müh.Alb.Oktay EKER Dr.Müh.Yb.Mustafa ERDOĞAN Dr.Müh.Yb.Altan YILMAZ Dr.Müh.Yb.Yavuz Selim ŞENGÜN (HGK)



Pirî Reis, Kitab-ı Bahriye, Alaiye (Alanya) ¹

¹Kemal Özdemir, Osmanlı Haritaları, s.48

Piri Reis, Kitab-ı Bahriye^{1,2}, Alaiye (Alanya)¹

Piri Reis eşsiz bir kartograf ve deniz bilimleri üstadı olmasının yanı sıra Osmanlı deniz tarihinde izler bırakmış bir amiral ve Mısır kaptanıdır. Dünya haritaları ve denizcilik kitabıyla tanınmıştır. Doğum tarihi kesin olarak bilinmiyor. 1465-1470 arasında Gelibolu'da doğdu. 1554'de Kahire'de öldü. Asıl adı Muhiddin Piri'dir. Piri Reis'in babası Karamanlı Hacı Mehmet, amcası ünlü Osmanlı denizcisi Kemal Reistir.

Venedik üzerine sefer hazırlığına girişen II. Beyazıt Akdeniz'de bulunan denizcileri Osmanlı Donanması'na katılmaya çağırması üzerine 1494'te amcası ile birlikte donanmanın resmi hizmetine girdiler. Piri reis, Osmanlı donanmasında, gemi komutanı olarak, 1495-1510 yıllarında, Akdeniz'de yapılan birçok deniz seferlerinde görev almıştır. Piri Reis, 1511'de amcasının bir deniz kazasında ölümünden sonra Gelibolu'ya yerleşti. Barbaros Kardeşlerin idaresi altındaki donanmada halaoğlu Muhittin Reis ile Akdeniz'de bazı seferlere çıktıysa da daha çok Gelibolu'da kalıp haritaları ve kitabı üzerinde çalıştı. Bu haritalardan ve kendi gözlemlerinden yararlanarak 1513 tarihli ilk dünya haritasını çizdi. 1516-1517 yıllarında tekrar donanmada görev aldı. 1533'de Tümamiral olmuş, 1546'dan sonra Umman denizi, Kızıl deniz ve Basra Körfezi'nde Osmanlı Donanmasının Mısır Kaptanı olarak görev yapmıştır.

Kitab-ı Bahriye, Osmanlı amirali Piri Reis'in hazırladığı Akdeniz kıyılarına ait ayrıntılı bir harita-kılavuzdur. Kitap, denizcilere Akdeniz kıyıları, adaları, geçitleri, boğazları, körfezleri fırtına halinde nereye sığınılacağı, limanlara nasıl yaklaşılacağı hakkında bilgiler, ayrıca limanlar arasında gitmek için kesin rotalar verir.

Kitab-ı Bahriye'nin iki sürümü vardır. Birincisi 1521 tarihli ve denizcilerin kullanımı için yapılmıştır. İkincisi 1526'da Kanuni Sultan Süleyman için hazırlanmış daha ayrıntılı ve süslü bir eserdir. Birinci sürümde 135-140 ikinci sürümde 223 harita mevcuttur.

Kitab-ı Bahriye'nin kopyaları Avrupa'nın çeşitli kütüphanelerinde, İstanbul'da Topkapı Sarayı'nda, Nurosmaniye, Süleymaniye ve Köprülüzade Fazıl Ahmed Paşa Kütüphanelerinde bulunur.

Katip Çelebi "Tuhfetü'l Kibar fi Esfarül Bihâr" adlı eserinde (1656) Kitab-ı Bahriye'yi "Bu Piri Reis Bahriye adlı kitap yazıp Akdeniz'i anlatmıştır. İslamların bu konuda başka kitapları olmadığından denizde gezenler ona başvururlar." ifadesiyle anlatmaktadır.

¹Kemal Özdemir, Osmanlı Haritaları, s.48

²<http://tr.wikipedia.org>

Kıyı Etkilenebilirlik Göstergesi ile Türkiye Kıyıları Risk Alanlarının Tespiti (Determining The Endangered Fields of Turkish Coasts with Coastal Vulnerability Index)

Özlem SİMAV¹, Dursun Zafer ŞEKER², Ayşegül TANIK³, Cem GAZİOĞLU⁴

¹ Harita Genel Komutanlığı, Ankara

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul

⁴ İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul
ozlem.simav@hkg.msb.gov.tr

ÖZET

Kıyı alanlarının bugün karşı karşıya kaldığı en ciddi çevre problemlerinden biri küresel iklim değişimleri ile beraberinde artan deniz seviyesi yükselmeleri ve bunların fiziksel etkileridir. Dünya nüfusunun önemli bir kısmı deniz seviyesinden 10-15 metre yükseklikte düşük rakımlı kıyı alanlarında yaşamaktadır. Verimli tarım alanları, ticaret limanları, turizm tesisleri gibi ekonomik değere sahip varlıklar kıyı bölgelerinde yer almaktadır. İvmelenerek yükselen deniz seviyesinin, korumasız ve düşük yükseltili kıyılarda telafisi mümkün olmayan fiziksel ve sosyo-ekonomik sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizin de benzer tehditlere açık olduğu ortadadır. Bu nedenle; seviye yükselmelerinin zamana ve konuma bağlı değişimlerini izlemek, nedenlerini anlamak, yaratacağı potansiyel etkileri belirlemek ve zararları azaltmak için disiplinler arası çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu çalışmada, ulusal ölçekte denizle ilgili afetler karşısında kıyı bölgelerinin genel risk durumunun ortaya çıkarılması hedeflenmiş ve deniz seviyesi yükselmelerinin potansiyel etkileri değerlendirmek için literatürde kıyı etkilenebilirlik indeksi (CVI- Coastal Vulnerability Index) analizi olarak bilinen bir analiz gerçekleştirilmiştir. CVI analizinde; kıyı alanı, kıyı nüfusu, bitki örtüsü, tehlikeye maruz kalma durumu, topografyası, insan gelişmişlik durumu olmak üzere altı ana gösterge kullanılarak basit bir modelle etkilenebilirlik indeksleri hesaplanmıştır. Bu indekslerin büyüklüğüne göre kıyı illeri için en düşüktен en yükseğe olacak şekilde risk dereceleri saptanmıştır. Bu analiz sonucunda Çukurova Deltasına sahip Doğu Akdeniz'de yer alan Adana ili, Ege'de yer alan Aydın ve Çanakkale, Marmara'da yer alan Balıkesir ve Karadeniz'de yer alan Samsun illeri en riskli bölgeler olarak belirlenmiştir. Söz konusu bölgelerde uzaktan algılama teknikleri ve CBS araçları kullanılarak ayrıntılı etkilenebilirliğin araştırılmasının önemli olduğu ve kıyı alanı planlaması ve yönetimine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deniz seviyesi yükselmeleri, CVI, etkilenebilirlik değerlendirmesi

ABSTRACT

One of the most serious environmental problems that the coastal zones are now facing is the global climate change together with accelerated sea level rise and its resulting physical impacts. A large portion of the world's population lives in the low-lying coastal

zones less than 10-15 meters high. Economically valuable entities such as fertile agricultural areas, trading harbors, tourism facilities are all situated on coastal areas. It is considered that accelerated sea level rise will cause unrecoverable physical and socio-economic results on low-lying and unprotected coastal areas. It is also evident that our country surrounded by seas on three sides may face similar treats. Multi-disciplinary studies are carried out intensely to monitor the spatial and temporal changes in sea level, better understand the causes and determine the potential impacts and to mitigate the coastal hazards. In this study, it is aim to assess the vulnerability of our nation's coast to sea level related hazards by employing Coastal Vulnerability Index (CVI) analysis in a national extent. In CVI analysis, the vulnerability indexes are calculated with a simplistic model and the use of six main indicators of impacts such as coastal area, population, vegetation, the state of exposure to hazards, topography and human development and the vulnerability ranks for the coastal areas are fixed from lower to higher according to the indexes. The results of the analysis show that, coastal zones of the city of Adana including Çukurova Delta located in the Eastern Mediterranean, Aydın and Çanakkale in the Aegean, Balıkesir in the Marmara and Samsun in the Black Sea coasts are highly vulnerable to sea level related hazards. Remote sensing techniques and GIS tools may be used to better delineate vulnerability and can contribute to planning and management of coastal zones in this areas.

Keywords: Sea level rise, CVI, vulnerability assessment

1. GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişimleri etkilerini günden güne daha çok hissettiğimiz bu yüzyılda, bu değişimlere neden olan olguların belirlenmesi, gelecek için kestirimlerde bulunulabilmesi, başta insanoğlu olmak üzere ekosistem üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılabilmesi için disiplinler arası işbirlikleri olanca hızıyla devam etmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin en belirgin göstergelerinden biri olan deniz seviyelerindeki yükselmeler bu kapsamda üzerinde durulan ana konulardan biridir. Jeolojik bulgulara göre buzul çağında yani yaklaşık 18000 yıl önce küresel ortalama deniz seviyesinin bugünkü seviyesinden 120 m daha aşağıda

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye kıyıları genel risk durumunu ortaya koyabilmek için farklı yöntemler izlenebilmektedir. Bu yöntemlerden en yaygını sayısal yükseklik modeli (SYM) ile düşük kote sahip alanların tespitidir. Bu yöntem çok genel anlamda kıyı su baskınlarında yaşanması muhtemel toprak kayıplarının büyüklüğü hakkında karar vericilere bir fikir sunmaktadır.

Bu çalışmada 30 m. çözünürlüğe sahip ASTER verileri (NASA, 2010) kullanılarak oluşturulan SYM ile belirlenen yükseklik sınıfları Tablo 1’de gösterilmiştir. Buna göre düşük arazi yüksekliğine ve geniş delta alanlarına sahip Adana, Antalya, Çanakkale, Edirne, İzmir, İçel, Muğla ve Samsun illerinin toprak kaybı bakımından öne çıktığı görülmektedir.

Tablo.1 ASTER yükseklik verisine göre oluşturulan yükseklik sınıfları.

	Yükseklik Sınıfları (m)	Kapladığı Alan (km ²)	Oranı (%)
Kıyı Alanları	< 50	27684	4
Kıyı Alanları	50-100	18801	2
Alçak Alanlar	100-500	96368	12
Yüksek Alanlar	500-1000	200294	26
Dağlık Alanlar	1000-2000	362704	46
Yük.Dağlık Alanlar	2000-5126	84436	10
Toplam Alan		790289	100

Literatürde özellikle denize yakın kıyı alanlarının etkilenebilirliğini daha kapsamlı bir şekilde ortaya koymak için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de CVI (Coastal Vulnerability Index) analizi olarak adlandırılan yöntemdir. CVI analizinde; kıyı alanı, kıyı nüfus yoğunluğu, bitki örtüsü yüzdesi, topografyası, insan gelişmişlik durumu gibi parametreler kullanılarak kıyı etkilenebilirlik indeksleri hesaplanmakta ve bu indekslerin büyüklüğüne göre ilgili bölge için risk dereceleri saptanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye kıyılarının risk değerlendirmesi CVI kullanılarak yapılmış, CVI tanımı ve hesabı ayrıntılı olarak açıklanmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

3. KİYI ETKİLENEBİLİRLİK İNDEKSİ (CVI) TANIMI

Kıyı alanların etkilenebilirliğinin değerlendirilmesi kavramı 1991 yılında IPCC’nin alt gruplarından biri olan Kıyı Alanları Yönetimi (Coastal Zone Management-CZM) grubu tarafından ortaya atılmış ve ülkelerin deniz seviyesi yükselmesi sonuçları ile başa çıkabilme seviyesi olarak tanımlanmıştır. IPCC-CZM grubu tarafından yayımlanan rapora göre bu değerlendirme üç ana görüşü içermektedir. Bunlar;

- Deniz seviyesi yükselmeleriyle ortaya çıkan fiziksel değişimlerin kıyı alanlardaki hassasiyeti,
- Fiziksel değişimlerin sosyo-ekonomik ve kıyı ekosistemine etkisi,
- Bu etkileri birtakım önlemler olarak önlemek ya da azaltma olanağı.

CVI, gelecekte kıyılarda deniz seviyesi yükselmeleri ile oluşacak potansiyel etkilerin anlaşılmasını sağlayan bir göstergedir. Kıyı etkilenebilirliği (CV- Coastal Vulnerability) çevresel tehditlere maruz kalma, nüfus yoğunluğu ve tehditle başa çıkabilme kapasitesi olarak adlandırılan etkilenebilirlik göstergelerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (UNEP, 2005).

$$CV = f(\text{Çevresel tehditlere maruz kalma, Nüfus yoğunluğu, Tehditle başa çıkabilme kapasitesi}) \quad (1)$$

CVI üretilmesi için kavramsal çerçevenin oluşturulması gerekmektedir. Bu çerçeve; ölçülebilen etkilenebilirlik göstergelerinin tanımlanmasını ve bu göstergelerin birleştirilerek bir matematik model içerisinde geliştirmesini içermektedir.

4. ETKİLENEBİLİRLİK GÖSTERGELERİ

Etkilenebilirlik göstergeleri çalışmadan çalışmaya farklılık göstermektedir. Bu göstergelerin tanımlanmasında çalışma bölgesinin kapsamı ve ölçeği önem arz etmektedir. Genel anlamda dünya ölçeğinde bir çalışmada aşağıda tanımlanan temel göstergeler kullanılmaktadır. Bölgesel çalışmalarda temel göstergeler dışında birçok gösterge çalışma kapsamına göre CVI hesabına dâhil edilebilmekte ve matematik model bu göstergelere göre geliştirilebilmektedir. Aşağıda temel CVI hesabında kullanılan parametreler açıklanmıştır.

Kıyı Alanı - Kıyı alanı, denize dökülen nehirlerin kıyıda oluşturdukları havzaların üst sınırı ile denize doğru giden kara alanını kapsamaktadır. Ancak analiz, yönetim ve planlama amacına altlık olmak ve hesaplamalarda kullanmak maksadıyla bu tanıma bir mesafe kavramı eklemek gerekmektedir. Bu çalışmada kıyı alanı olarak 20km'ye kadar olan kara alanı kabul edilmiş ve hesaplamalar bu kabul ile yapılmıştır. (Şekil 2). Kıyı illerine ait toplam alan ise Albers alan koruyan projeksiyon kullanılarak 1/250.000 ölçekli verilerden elde edilmiştir.



Şekil 2. Çalışma kapsamında kabul edilen 20km'yi kaplayan Türkiye kıyı alanı.

Nüfus Yoğunluğu - Kıyı nüfusunun kıyı alanına oranıdır. Nüfus yoğunluğu, alt yapı, su ve toprağı içeren çeşitli kaynak ve hizmetler için istekleri göstermektedir. Bu çalışmada il bazlı nüfus ve nüfus yoğunluğu verisi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerinden doğrudan alınmış, il alanının kıyı alanına oranı kullanılarak kıyı nüfusu ve yoğunluğu hesaplanmıştır.

Doğal Afetlere Maruz Kalma Durumu - Dünyada son 100 yıl içerisinde kıyı bölgelerini ilgilendiren ve bu bölgeler için ciddi sonuçlar doğuran fırtına (siklon, tayfun vb.) ve büyük dalga hareketleri (tsunami ve büyük gelgitler) gibi doğal afet/afetler yaşamış ve afet eğilimi olan bölgelerde etkilenen insan sayısı CVI hesabında girdi veri olarak kullanılmaktadır. Dünya çapında yapılan bir araştırma için bu veriler Dünya Doğal Afet Veritabanından (World Natural Disaster database-CRED) elde edilebilmektedir. Türkiye kıyı illeri geneli için son 100 yılda kayda değer sonuçlar doğuran herhangi bir fırtına, tayfun ya da siklon verisine ulaşılamamış ancak kıyı illerinde meydana gelen tsunami sonucunda etkilenen iller belirlenmiştir (Altınok, 2005). Bununla birlikte gelgit değişimlerinin Akdeniz kıyılarında (~100cm) Karadeniz'e göre (~50cm) daha fazla olduğu bilinmektedir (Yıldız vd., 2003). Elde edilen bu bilgiler ışığında sadece illerin doğal afete maruz kalma durumları belirlenebilmekte fakat bu illerde söz konusu

doğal afetler sonucu etkilenen insan sayısı bilgisine ulaşılamamaktadır. Zira özellikle deprem sonucunda oluşan tsunami etkileri ülkemizde deprem etkileri içerisinde değerlendirilmektedir. Bu nedenle kıyı illeri için doğal afete maruz kalma, bu iller arasında herhangi bir ağırlık yaratmayacağından, hesaba dâhil edilememiştir.

Bitki Örtüsü Yüzdesi - Bitki örtüsü, kıyı alanlarını olası bir fırtınadan yerleşim yerleri ve kıyı çevresini korumakta, bunun yanında doğal su kaynaklarını da koruyarak, kıyı erozyonunu azaltmaktadır. Bitki örtüsü yüzdesi bitki örtüsünün kıyı alanlarına oranı ile bulunmaktadır. Bu yüzde ne kadar düşükse, verimlilik de o kadar düşük olmakta, bu da toprak yapısının bozulmasına ve hatta su kalitesinin kötüleşmesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada; il bazlı toplam bitki örtüsü (tarım ve ormanlık alan) verileri, Valiliklerine bağlı Tarım İl Müdürlüklerinin internet sitelerinden doğrudan alınmış ve bitki örtüsü yüzdesi kıyı alanı oranı kullanılarak tekrardan hesaplanmıştır.

Topoğrafik Karakteristik - Topografik karakteristik bir ülkedeki düşük kotlu alanların (50m'den az) yüzdesi ve toplam sınır uzunluğunun kıyı uzunluğuna oranı ile ilişkilendirilmektedir. Eğer bir ülke uzun bir kıyı hattına sahip ve alçak alanlardaki nüfus yoğunluğu fazla ise, burada yaşayan insanların ve ekosistemin doğal afete maruz kalma tehlikesi daha fazla olmaktadır.

İnsanların Gelişmişlik Durumu - Tüm bu etkilerin üstesinden gelebilme durumunu en iyi ifade eden gösterge insanların gelişmişlik seviyesidir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (United Nations Development Programme-UNDP) tarafından geliştirilen bu gösterge, ortalama ömür uzunluğu, eğitim seviyesi ve gelir seviyesi etkilerinin bileşkesini içermektedir. Bu etkilerin ortalaması ülkelerin durumlarını ortaya koymakta (UNDP, 2001) ve UNDP raporunda ülkeler için bu değerler yayımlanmaktadır. CVI hesaplarında bu göstergenin kıyı ve iç alanlarda aynı olduğu kabul edilmektedir. Türkiye kıyı illeri için bu değer, Devlet Planlama Teşkilatının 2010 yılında Türkiye geneli için yaptığı illere göre insani gelişmişlik durumunu gösteren çalışmadan alınmıştır (Yıldız vd., 2012).

5. CVI HESABI

Bir bölgenin kıyı etkilenebilirliği aşağıdaki eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmaktadır (UNEP, 2005):

$$E = f((NY) + (DAMKD) + (1 - BÖY) + (TK)) - (İGD)] \quad (2)$$

Yukarıdaki (2) numaralı denklemde ;

E : Etkilenebilirlik
 NY : Nüfus yoğunluğu
 DAMKD : Doğal afete maruz kalma durumu
 1-BÖY : Düşük bitki örtüsü
 TK : Topografik karakteristik
 İGD : İnsan gelişmişlik durumunu ifade etmektedir.

Etkilenebilirlik değeri hesaplanırken eşitliğe girdi olan verilerin birimlerinin aynı olması gerekmektedir. Bu nedenle bu göstergeler aşağıdaki formülde olduğu gibi ölçeklendirilmektedir (3). Böylece bir ülke için hesaplanan yeni gösterge değeri diğer ülkeler arasında göreceli olarak değerlendirilmekte ve bu değerlere göre de CVI üretilmektedir.

$$\text{Gösterge} = (X - \text{Min}) / (\text{Mak} - \text{Min}) \quad (3)$$

Burada X: X göstergesi için gerçek değerdir.

Tüm bölgelerin CVI hesabı yapıldıktan sonra, eşitlik sonucu çıkan değerlerin 0 ile 1 arasında olması beklenmektedir. Bunun için tekrardan yukarıdaki (3) eşitliğine benzer bir eşitlik ile CVI değeri çalışma bölgesi içinde standartlaştırılır (4) ve bu değer kullanılır.

$$\text{Standart CVI} = (x - \text{min}) / (\text{mak} - \text{min}) \quad (4)$$

6. DENİZE KIYISI OLAN ÜLKELER ARASINDA TÜRKİYE'NİN DURUMU

Birleşmiş Milletler Çevre Programının 2005 yılında yaptığı çalışmaya göre, tüm dünya kıyı ülkelerinin CVI değerleri hesaplanmış ve ülkeler gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler ve ada devletleri olarak sınıflandırılmıştır. Rapora göre gelişmiş ülkelerin hepsinin olası bir doğal afetin üstesinden gelebilme potansiyellerinin olduğu yine de Danimarka ve Hollanda'nın etkilenebilirlik seviyesinin diğerlerine kıyasla çok yüksek olduğu ve toprak büyüklüğü ve kıyı uzunluğu fazla olan ABD, Kanada, Rusya ve Çin gibi ülkelerin daha ayrıntılı ve hassas bir çalışma yapmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bununla birlikte Türkiye gelişmekte olan 78 ülke arasında, kıyı uzunluğu bakımından 9'uncu, kıyı nüfus yoğunluğu bakımından 17'nci sırada bulunmaktadır. Sadece kıyı nüfus yoğunluğu ve kıyı topografyası düşünüldüğünde bile Türkiye'nin diğer birçok gelişmekte olan kıyı ülkelerine nazaran daha çok tehlikeye maruz kalacağı görülmektedir (UNEP, 2005).

7. TÜRKİYE KIYI İLLERİ İÇİN CVI HESABI

Bütünleşik bir risk analizi sunan CVI göstergesinin hesaplanabilmesi kıyı illerine ait söz konusu güncel bilgilerin elde edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu kapsamda, Tablo 2'de sunulan CVI hesabı için gerekli girdi veriler başta Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) olmak üzere, Çevre ve Orman Bakanlığı, ilgili belediyeler ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) veri tabanından doğrudan alınarak ya da türetilerek kullanılmıştır. Eşitlik (2), (3) ve (4)'e göre hesaplanan yan gösterge değerleri, CVI ve standartlaştırılmış CVI değeri Tablo 3'te sunulmaktadır. Hesaplamalar ESRI ArcGIS ve Microsoft Excel imkânları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Standartlaştırılmış CVI değerlerine göre;

0	≤	CVI _{sdt}	<	0.2	Çok düşük,
0.2	≤	CVI _{sdt}	<	0.4	Düşük,
0.4	≤	CVI _{sdt}	<	0.6	Orta,
0.6	≤	CVI _{sdt}	<	0.8	Yüksek,
0.8	≤	CVI _{sdt}	<	1	Çok yüksek

etkilenebilirlik seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 3'e göre öne çıkan ve Şekil 3'te de gösterilen Adana, Çanakkale, Samsun, Balıkesir ve Aydın illerinin diğerlerine göre daha fazla risk altında olduğu değerlendirilmekte ve bu illerde daha ayrıntılı çalışma yapma gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deniz seviyesi yükselmelerinin kıyı alanlarında oluşan fiziksel ve sosyo-ekonomik etkilerini ortaya koymak, uzun dönemli kıyı alanı planlamalarında, kıyı yönetimi ve karar verme süreçlerinde önem arz etmektedir (Dasgupta vd, 2007; Gazioğlu vd., 2010). Ülkemizde ulusal ve lokal düzeyde deniz seviyesi yükselmelerinin etkileri konusunda bazı araştırmalar mevcuttur (Demirkesen vd., 2007, 2008; Karaca ve Nicholls, 2008; Kuleli, 2010; Alpar, 2009).

Türkiye geneli için; sadece SYM verileri ile yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında; CVI analizinin bu çalışmalarla çoğunlukla tutarlı olduğu ancak yer yer kullanılan göstergelerin sayısı ve kapsamı da göz önüne alındığında daha gerçekçi sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Bununla birlikte birçok fiziksel ve sosyal parametrenin birlikte değerlendirildiği ve herhangi bir deniz seviyesi yükselme değerine bağlı olmayan CVI analizi SYM verisinden elde edilen ilk sonuçları ile birebir örtüşmese de düşük kotlu bölgelerin Türkiye geneli için de yüksek riske sahip alanlar olduğunu ortaya koymuştur.

Bu tip çalışmalarda hesaba girecek parametrelerin sayıca çok olması ve göreceli olarak karşılaştırılacak girdi veriler arasında ölçeklendirilme yapılmasının çoğunlukla daha doğru sonuçlar üreteceği değerlendirilmektedir.

Ulusal ve uluslar arası ölçekte yapılan çalışmalar olası tehlikeleri sergilemekte, ancak mevcut doğru ulusal istatistiklere erişim zorlukları ve çözünürlüğü düşük global veri setleri bu tip çalışmalar için ciddi kısıtlar oluşturmaktadır. Bu nedenle Türkiye gibi gelişmekte olan ve kıyı bölgelerinde tehlike sinyalleri veren ülkeler bireysel olarak kendi yüksek çözünürlüklü sayısal haritaları ve uzaktan algılama tabanlı kaynakları

ile farklı birçok veri kaynağını kullanarak daha kapsamlı ve doğru çalışmalar yapmalı ve gerekli tedbirleri almalıdırlar. Kıyı bölgelerinin durumunun kapsamlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi ülkemiz için geç kalınmış bir konudur. Bu değerlendirmenin

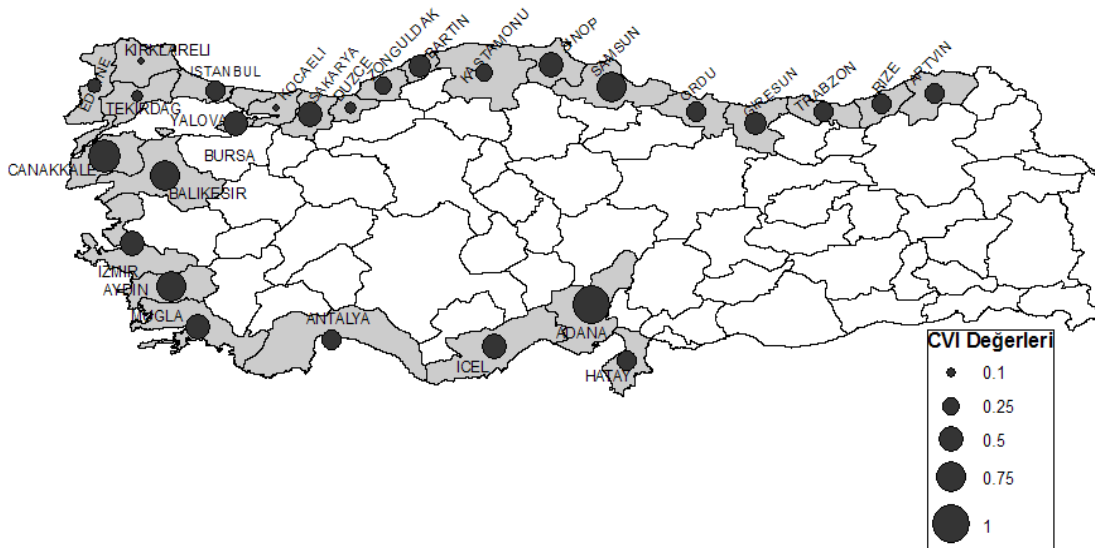
gerçekleştirilememesinin en büyük nedeni ulusal ölçekte veriye ulaşım zorlukları ile beraber doğru ve güncel verinin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Uydu uzaktan algılama ve CBS gibi konumsal veri toplama ve işleme konularında yaşanan gelişme ve yenilikler söz konusu zorlukların üstesinden gelmek adına araştırmacıları ve karar vericileri etkin kılmalıdır.

Tablo 2. Kıyı illerinin CVI hesabı için kullanılan girdi veriler

İl	Toplam alan (ha)	Kıyı uzunluğu (km)	Kıyı alan (20km) (ha)	Kıyı alan %	Toplam tarım alanı (ha)	Toplam orman alanı (ha)	Kıyı bitki örtüsü%	Kıyı topografyası (<50m) %	Toplam nüfus	Kıyı nüfusu	İnsan gelişmişlik endeksi (DPT, 2010)
Adana	1398033	188.6	230352.6	16	545233.1	405429.7	11	56	2062226	339791	2.6
Antalya	2046351.4	542.9	798563.7	39	450197.3	1227810.8	32	6	1919729	749151	5.1
Artvin	736664.6	137.1	240013.8	32	66299.8	419898.8	21	1	165580	53948	-0.2
Aydın	779069.1	190.9	136550.9	17	373953.1	311627.6	15	36	979155	171621	2.2
Balıkesir	1418817.5	299	315262.1	22	326328	425645.2	11	30	1140085	253328	2.1
Bursa	1088029.1	127.3	279877.1	25	478732.8	467852.5	22	5	2550645	656110	5.7
Çanakkale	939865.6	521.8	548749.2	58	319554.3	498128.8	50	22	477735	278930	2.6
Edirne	593154.4	75.5	120959.3	20	338098	148288.6	16	15	395463	80645	2.9
Giresun	679865.4	104.2	195224.3	28	47590.5	258348.8	12	4	421860	121138	-1.6
Hatay	562256.8	158.4	310203.6	55	247392.9	213657.5	45	7	1448418	799109	0.2
İçel	1534873.3	330.3	535475.5	34	383718.3	844180.3	27	14	1640888	572461	2.1
İstanbul	532948.6	393.9	511143.8	95	90601.2	319769.1	73	25	12915158	1238754	17.1
İzmir	1176964.2	796.4	636115.6	54	388398.2	588482.1	44	26	3868308	2090710	9.2
Kastamonu	1316001.2	136.9	255503.2	19	381640.3	881720.8	18	4	359823	69860	-0.3
Kırklareli	653699.4	61.2	107575.5	16	228794.8	372608.7	15	7	333179	54829	3.0
Kocaeli	359913.2	164.2	313801.5	87	107973.9	215947.9	78	10	1522408	1327359	8.5
Muğla	1240638.5	1255.6	737590.4	59	198502.1	930478.9	54	7	802381	477035	3.6
Ordu	590703.6	109.2	198601.3	33	283537.7	283537.7	32	5	723507	243251	-2.4
Rize	393616.8	94.1	178021.7	45	82659.5	188936.1	31	2	319569	144532	0.1
Sakarya	489658.7	54.8	125322.2	25	230139.5	220346.4	23	30	861570	220508	1.7
Samsun	944198.4	199.4	364126.6	38	443773.2	453215.2	36	35	1250076	482087	0.5
Sinop	583686.8	178.5	254429.6	43	192616.6	361885.8	41	10	201134	87674	-1.1
Tekirdağ	639360.5	122.4	270182.9	42	492307.6	108691.2	39	8	783310	331014	3.5
Trabzon	463222.3	112.9	236924.9	51	152863.3	208450	39	3	765127	391341	0.1
Zonguldak	333122.1	97.9	177293.1	53	106599.1	216529.4	51	5	619812	329874	1.4
Bartın	210207.1	81.2	124800.9	59	73572.4	96695.2	48	5	188449	111883	-1.4
Yalova	80306.7	103.7	80311.5	100	20879.7	44168.7	81	4	202531	202543	2.6
Düzce	257281.5	27.1	75476.6	29	87475.7	105485.4	22	3	335156	98322	-0.1

Tablo 3. Kıyı illerinin CVI değerleri

İl	Tsunami, gelgit tehlikelerinden etkilenebilirlik göstergesi	Düşük birtki örtüsü göstergesi	Topografik gösterge	Kıyı uzunluğu oranı	Topografik Karakteristik	Kıyı nüfus yoğunluğu göstergesi	İnsan gelişmişlik göstergesi	CVI	Standartlaştırılmış CVI	Etkilenebilirlik seviyesi
Adana	0.000	1.000	1.000	0.254	1.254	0.001	0.261	1.994	1.000	Çok yüksek
Antalya	0.000	0.702	0.091	0.528	0.619	0.270	0.388	1.203	0.317	Düşük
Artvin	0.000	0.852	0.000	0.325	0.325	0.193	0.115	1.255	0.362	Düşük
Aydın	0.000	0.939	0.636	0.335	0.972	0.012	0.243	1.681	0.730	Yüksek
Balıkesir	0.000	0.992	0.527	0.342	0.869	0.069	0.236	1.693	0.740	Yüksek
Bursa	0.000	0.840	0.073	0.236	0.308	0.110	0.423	0.836	0.000	Çok düşük
Çanakkale	0.000	0.433	0.382	0.713	1.095	0.502	0.263	1.767	0.804	Çok yüksek
Edirne	0.000	0.921	0.255	0.141	0.395	0.047	0.277	1.086	0.216	Düşük
Giresun	0.000	0.975	0.055	0.236	0.291	0.146	0.045	1.367	0.459	Orta
Hatay	0.000	0.512	0.109	0.322	0.431	0.463	0.142	1.264	0.370	Düşük
İçel	0.000	0.761	0.236	0.417	0.653	0.220	0.237	1.397	0.485	Orta
İstanbul	0.000	0.102	0.436	0.738	1.174	0.951	1.000	1.227	0.338	Düşük
İzmir	0.000	0.518	0.455	0.636	1.091	0.450	0.598	1.460	0.539	Orta
Kastamonu	0.000	0.893	0.055	0.237	0.291	0.035	0.107	1.112	0.239	Düşük
Kırklareli	0.000	0.944	0.109	0.140	0.250	0.000	0.282	0.911	0.065	Çok düşük
Kocaeli	0.000	0.036	0.164	0.414	0.578	0.847	0.562	0.899	0.054	Çok düşük
Muğla	0.000	0.385	0.109	0.759	0.868	0.514	0.315	1.453	0.533	Orta
Ordu	0.000	0.698	0.073	0.267	0.339	0.205	0.000	1.242	0.351	Düşük
Rize	0.000	0.713	0.018	0.319	0.337	0.344	0.134	1.260	0.366	Düşük
Sakarya	0.000	0.823	0.527	0.161	0.688	0.109	0.214	1.406	0.493	Orta
Samsun	0.000	0.636	0.618	0.356	0.975	0.264	0.155	1.720	0.763	Yüksek
Sinop	0.000	0.567	0.164	0.417	0.581	0.324	0.070	1.402	0.489	Orta
Tekirdağ	0.000	0.591	0.127	0.271	0.399	0.308	0.308	0.990	0.133	Çok düşük
Trabzon	0.000	0.589	0.036	0.312	0.348	0.415	0.134	1.217	0.329	Düşük
Zonguldak	0.000	0.421	0.073	0.382	0.455	0.440	0.199	1.116	0.242	Düşük
Bartın	0.000	0.471	0.073	0.358	0.431	0.513	0.052	1.363	0.455	Orta
Yalova	0.000	0.000	0.055	0.621	0.675	1.000	0.262	1.413	0.499	Orta
Düzce	0.000	0.845	0.036	0.116	0.152	0.154	0.120	1.031	0.168	Çok düşük



Şekil 3. CVI analizi kapsamında kıyı illerinin risk durumu

KAYNAKLAR

- Alpar B. (2009). **Vulnerability of Turkish coasts to accelerated sea-level rise. *Geomorphology* 107, 58–63.**
- Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N., Gazioğlu C. (2005). **1881-1949 Earthquakes at the Chios-Cesme strait (Aegean Sea) and their relation to tsunamis. *Natural Hazards and Eart System Sciences*, 5, 717-725.**
- Church, J.A., Gregory, J.M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M.T., Qin, D. Ve Woodworth, P.L. (2001). **Changes in Sea Level. Cambridge University Press, Cambridge, 639-693.**
- Dasgupta, S. vd., (2007). **The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. World Bank Policy Research Working Paper 4136**
- Demirkesen, A.C., Evrendilek F., Berberoğlu S., Kılıç S. (2007). **Coastal flood risk analysis using landsat-7 ETM+ imagery and SRTM DEM: A case study of Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3), 293-300.**
- Demirkesen, A.C., Evrendilek F., Berberoğlu S. (2008). **Quantifying coastal inundation vulnerability of Turkey to sea-level rise. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138(1-3), 101-106.**
- Douglas B.C. (1991). **Global sea level rise, *Journal of Geophysical Research*, 96, C4, 6981-6992.**
- Gazioğlu, C., Burak, S., Alpar, B., Türker, A., Barut, İ.F. (2010). **Foreseeable Impacts of Sea Level Rise on the Southern Coast of the Marmara Sea (Turkey). *Water Policy*, 12, 932-943.**
- IPCC (2007). **Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.**
- Kuleli T. (2010). **City-Based Risk Assessment of Sea Level Rise Using Topographic and Census Data for the Turkish Coastal Zone. *Estuaries and Coasts*. 33, 640-651.**
- Karaca M. ve Nicholls R.J. (2008). **Potential Implications of Accelerated Sea-Level Rise for Turkey. *Journal of Coastal Research*, 24, 2, 288-298**
- Overpeck, J. T., Otto-Bliesner, B. L., Miller, G. H., Muhs, D. R., Alley, R. B., ve Kiehl, J. T. (2006). **Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability and rapid sealevel rise. *Science*, 311, 1747–1750.**
- Priority Actions Programme Regional Activity Centre (PAP/RAC), (2005). **Coastal area management in Turkey. Priority Actions Programme Regional Activity Centre, Split.**
- Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHODB), (2008). **Kıyı etüd bilgileri.**
- Simav M., Yıldız H., Arslan E. (2008). **Doğu Akdeniz’de Uydu Altimetre Verileri ile Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması. *Harita Dergisi*, 139, 1-31**
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2010). **Güncel nüfus ve GSMH bilgileri. (<http://www.TÜİK.gov.tr>)**
- United Nations Development Programme (UNDP), (2001). **Partnerships to fight poverty. United Nations Development Programme Annual Report.**
- United Nations Environment Programme (UNEP), (2005). **Assessing Coastal Vulnerability: Developing a Global Index for Measuring Risk. United Nations Environment Programme Final Report.**
- Yıldız, B.E., Sivri, U., Berber, M. (2012). **Türkiye’de illerin sosyoekonomik gelişmişlik sıralaması. *ERUJFEAS*, 39, 147–167.**
- Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M. A., Akabalı, O. A., Demirkol, E. O., Ayhan, M. E. (2003). **Antalya-II, Bodrum-II, Erdek ve Menteş Mareograf İstasyonlarına Ait 1984-2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi. *Harita Dergisi, Özel Sayı 17*, 1–75.**

Orman ve Tarım Alanlarının Kentsel Alanlarla İlişkisinin Tarihi Ortofotolarla İncelenmesi

(Examination of the Relationship Between Urban and Agricultural Areas With Historical Orthophotos)

Mustafa CANIBERK¹, Erdem Emin MARAŞ², Temel DURĞUT³

¹Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, Ankara

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

³Kara Harp Okulu, Harita Mühendisliği ABD, Ankara
mustafa.caniberk@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

İstanbul ormanları, yerleşim alanlarının çevresine yayılan ağaçlık alanlardan oluşmaktadır. İstanbul ili, coğrafi konumu, topoğrafik yapısı, toprak ve iklim özelliklerinin etkisiyle doğal orman oluşumuna elverişli bir konumda bulunmaktadır.

Bu araştırmada, kentleşme paralelinde orman ve tarım alanlarının azalmasının ve bu alanlardaki yapılaşmanın net biçimde görülebilmesi için zamansal değişim incelenmiştir. Zamansal değişimin ortaya çıkartılması için farklı yıllara ait ortofotolar altlık olarak kullanılmıştır. Böylelikle aynı bölgeye ait farklı zamanlardaki arazi kullanımı belirlenmiştir. Çalışmanın sınırları İstanbul/Beykoz ilçesinin Çavuşbaşı bölgesidir. Çalışma bölgesi, İstanbul'un il merkezinin doğu yakasına 15 km. uzaklıkta olup; Üsküdar, Beykoz ve Kartal ilçe sınırları içerisinde kalmaktadır. Doğusunda Ömerli, batısında Ümraniye, Güneyinde Küçükbakkalköy ve kuzeyinde Beykoz'a bağlı köyler yer almaktadır.

Geçmişe ait verilerden elde edilecek sonuçlarla geleceğe yönelik planlamanın daha anlamlı olacağı düşüncesinden hareketle 1993-2013 yıllarını kapsayan bir çalışma yapılmıştır. Araştırma sonucu elde edilen veriler ışığında uygulamaya yönelik hareket tarzları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentleşme, Tarihi Ortofoto, Zamansal Değişim

ABSTRACT

Istanbul forests consist of woodland spread around residential area. City of İstanbul is in a favorable suitable area for natural forest formation with the effects of its geographical location, topographic structure, soil and climate property.

In this research, temporal change is examined in order to clearly detect the decrease of forest and agricultural areas and construction progress on these areas with a parallel aspect to urbanization. Orthophotos belong to various years are used in order to detect the temporal change. Thus land use of the same area in various years is determined. Çavuşbaşı region of İstanbul/Beykoz district is selected as study area. It is 15 km. away from east side of city center and inside the Üsküdar, Beykoz and Kartal district border. Çavuşbaşı is surrounded by Ömerli on the

east, Ümraniye on the west, Küçükbakkalköy on the south and Beykoz's villages on the north.

A study covering 1993-2013 period has been performed with the opinion that the future planning will be more meaningful by the results acquired from historical data. Course of actions for implementation are tried to be determined with the help of results obtained from this research.

Keywords: Urbanization, Historical Orthophotos, Temporal Change Detection

1. GİRİŞ

"Tarihi hava fotoğrafları bir ülkenin kadastral ve topoğrafik hafızasını oluşturmaktadır. Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivinde, Türkiye'nin 1939 yılından günümüze kadar çeşitli özelliklerde çekilmiş yaklaşık 1.500.000 adet hava fotoğrafı saklanmaktadır. Günümüz coğrafi bilgi sistemlerinde artan coğrafi altlık ihtiyacına cevap vermek, aynı yere ait farklı tarihlerdeki görüntüyü aynı anda görebilmek maksadıyla eski tarihli hava fotoğraflarından ortofotolarının üretilmesi gerekmektedir." (Yılmaz A., 2013)

Arazi kullanımının zaman içerisindeki değişimlerinin analiz edilmesi ve geleceğe dair planlara ışık tutması açısından aynı bölgeye ait farklı zaman dilimlerinde toplanmış verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut arazi kullanım durumunun incelenmesi için pek çok yöntem ile veri toplanabilirken zamansal değişim söz konusu olduğunda sadece arşiv verilerinden yararlanılabilmektedir. Harita Genel Komutanlığı hava fotoğrafı arşivi bu noktada araştırmacılar için çok önemli bir veri kaynağı olmaktadır.

Göç ve endüstrileşme ile nüfus hızlı bir şekilde artış göstermekte ve hızlı nüfus artışı beraberinde çok sayıda sosyo-ekonomik sorunları da ortaya çıkarmaktadır. Büyük kentlerde nüfusun hızla artmasına paralel olarak da kent içindeki açık ve yeşil alanlar gittikçe azalmaktadır. Nüfus hızla artışı kent insanının doğadan ve doğal ortamlardan uzak kalması bir başka deyimle "taş yığınları" arasında yaşaması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. (Aksoy Y.,2009)

1950 yılında başlayan kentleşmenin hemen ardından, 1955 yılında İstanbul nüfusunun bir milyonu geçmesiyle, nüfus ölçütüne göre Türkiye'nin ilk metropoliten kenti ortaya çıkmıştır. (Demir K., Çabuk S., 2010) Sadece sayı temelinde bakarsak son yarım yüzyılda İstanbul'un nüfusunun 1.000.000'dan 10.000.000'a alanının 20.000 hektardan 200.000 hektara çıkışına hızlı kentleşme diyoruz. Bir başka deyişle insanlar gelmişler, adı kent olan bir alanın içine ve çevresine yığılmış, büyük bir kentleşme (!) olgusu yaşanmıştır. (Kuban D.,2001)

Nüfusu hızla artmakta olan İstanbul kentinde yaşayanlar için rekreasyonel amaçlı kent dışı yeşil alanlara ihtiyaç duyulması nedeniyle, çevre dengesi zincirinin bir bütün olarak muhafazası ve her türlü ekosistemin korunması için ekonomi-ekoloji dengesinin sağlanması yönünde plan kararları üretilmiştir. (İBB Şehir Planlama Müdürlüğü, 2009)

Kentleşme, bir bakıma kentin merkezinden dışa doğru büyümesi, merkezde de mevcut dokunun yenilenmesi ve çağdaş gereksinimlere uygun bir şekilde yeniden biçimlendirilmesi demektir. Çarpık kentleşme ise, bu sürecin plansız, programsız ve projersiz bir şekilde, gelişigüzel, düzensiz, hızlı ve kontrolsüz bir biçimde oluşması demektir. Her türlü estetik kaygıdan uzak, insan ve çevre uyumunu dikkate almayan altyapı, su, yol, kanalizasyon sorunlarını çözmeyen, kentleşmenin çarpık ve düzensiz oluşumu, iyi, güzel ve anlamlı bir yaşamı olanaklı kılmamaktadır. Çarpık kentleşme, ulaşım ve haberleşmede kargaşaya, gürültüye ve tıkanıklığa yol açtığı gibi, sağlık, eğitim ve kültürel hizmetlerin yaygın bir biçimde, merkezi olarak ve rasyonel bir biçimde örgütlenip yerine getirilmesini de olanaksız kılmaktadır. (Tabanlıoğlu H.,1991)

"İstanbul kenti, özellikle son 50 yıl içinde hızlı bir büyüme sürecine girmiş ve büyük oranda plansız ve denetimsiz yapılaşmalarla sağlıksız bir gelişme göstermiştir." (Anonim-3, 2009) Netice itibarıyla; İstanbul'un ormanları ve nitelikli tarım toprakları amaç dışı kullanılmış, su havzaları tehlikeli biçimde işgal ve tahrip edilmiş, jeolojik açıdan sakıncalı alanlara yerleştirilmiştir.

a. Kentsel Alanların Orman ve Tarım Alanlarına Etkileri

Kentlere olan hızlı ve düzensiz göç olayları, kentlerimizin plansız, altyapısız ve donatısız gelişmelerine yol açarken, tarım arazileri de hızla

yok olmaktadır. Kent alanlarının kenarlarındaki verimli alanlar yerlerini sanayi ve yerleşim merkezlerine terk etmektedirler. Kentlerimizin çeşitli nedenlerle yoğunlaşması, arsa rantlarını artırarak, yeşil alan gibi kamusal alanlara ayrılması gereken bölgeleri sınırlamaktadır. Sonuçta büyük kentlerimiz yeşil ve rekreatif alanlardan yoksun kalmaktadır.

"Kent içindeki yeşil alanların varlıkları spekülatif baskılarla sürekli tehdit edilmekte, mevcut yeşil alanların başka amaçlı kullanımları yaygınlaşmaktadır. Yeşil alan ihtiyacı hiçbir zaman ekonomik bir nedene dayanmadığından daha fazla yeşil alanlara ait istekler politik bakımdan destek görmemektedir." Kalkınma planlarında ve yerel idarelerin imar çalışmalarında yeşil alanlara ilişkin planlar yapılmasına karşın yetersiz kalmaktadır. (Ocaklı M.,1995)

"Yeşil alanlara olan ihtiyaç kentler büyüdükçe artmaktadır. Genel eğilim bu sahaların kent arasında yer almasıdır. Büyük kentlerde korunmuş olan parklar ise eskiye ait kalıntılardan başka bir şey değildir. Özellikle, kentlerde bu gibi şeylerin muhafazası, çok kez bir engel teşkil ettiklerinden ve büyük kentlerin başka ihtiyaçları ön plana geldiğinden bir problem olarak kabul edilmektedir. Kent içindeki yeşil alanlar böylece çok defa iktisadi, sosyal ve insani menfaatler yönünden tartışma konusu olmaktadır." (Ocaklı M.,1995)

E-5 otoyolunun ve Boğaz Köprüsü'nün yapılması, İstanbul'un kentsel genişlemesinde belirleyici rol oynamıştır. Genişleme süreçleri aynı zamanda kentsel arazinin baskısı altındaki tarımsal alanları da etkilemiştir. (Tekeli İ., 2009)

"Kentleşme, aynı zamanda orman degradasyonu ve arazi kullanımının değişmesinde de kayda değer bir rol üstlenmektedir." (Sivrikaya F.,2011) İstanbul'un ormanlık alanları, çarpık kentleşme nedeniyle zarar görmüştür. (Tekeli İ., 2009)

"Plansız ve düzensiz bir biçimde, kentin, herhangi bir yerine geliş güzel yerleştirilmiş, serpiştirilmiş küçük parkların, bahçelerin, oyun alanlarının ve yeşil alanların insan ile doğa arasındaki sağlıklı, canlı ve doğal uyumu olanaklı kılacağı söylenemez. Bu tür bir yerleşim modeli içinde ne yeterli düzeyde ışığa, havaya ve suya ne de dinlenme, gezme ve oyun oynama için gerekli olan yeşil alanlara sahip olunur." (Aksoy Y.,2009)

Türkiye’de nüfus artışı, büyük kentlere göç, yoğun bir yapılaşma ve şehirleşme sonucunda orman alanlarıyla yerleşim yeri sınırlarını iç içe bir konuma gelmiştir. Türkiye’de özellikle orman alanları ile komşu olan tarım alanlarındaki anız yakma sonucu, pek çok yangın çıkmış ve bu yangınlar uygun hava ve topoğrafik şartlar altında daha büyük yangınlara dönüşmüştür. (Ertuğrul M., 2010)

Bu araştırmada; kentleşme ve yeşil alan sorunu çerçevesinde, genel olarak İstanbul kentinde, özel olarak da Beykoz ilçesinin Çavuşbaşı bölgesinde düzensiz kentleşmenin ortaya çıkardığı olumsuz sonuçların, yeşil alan ve tarım alanlarını tehdit etmesi sorununa dair bir değerlendirmenin yapılması hedeflenmiştir.

b. Çalışmanın Hedefi

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütüne (OECD) göre arazi kullanımı; çeşitli insancıl gerekçe veya ekonomik faaliyetlere ilişkin arazinin işlevsel boyutuna dayanmaktadır. Arazi kullanımına özgü kategoriler konut, endüstriyel kullanım, ulaşım, rekreasyonel kullanım ve doğa koruma alanları olarak sınıflandırılabilir. Arazi kullanımının artmasının çevre düzenine etkisi ekosistemin ve su kaynaklarının bozulması yönünde olmaktadır. (ABD Çevre Koruma Örgütü, 2001).

Gerçekleştirilen çalışmayla Beykoz İlçesi Çavuşbaşı Bölgesinin 1993 yılından günümüze kadar olan süreçte değişiminin incelenmesi ve sonuçların ortaya koyulması amaçlanmıştır. Elde edilecek sonuçların orman ve tarım alanlarının korunması ve gelecek nesillere aktarılması adına yerel yönetim ve planlama makamlarına ışık tutacağı değerlendirilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini İstanbul iline ait 1993, 2003 ve 2013 yıllarına ait ortofotolar oluşturmaktadır.

“Harita Genel Komutanlığı arşivinde bulunan tarihi hava fotoğraflarından; 2000 yılı öncesine ait olanların büyük kısmının dış yöneltme parametreleri ve 1970’li yıllar öncesindeki hava fotoğraflarının ise iç yöneltme parametreleri mevcut değildir. Bunun nedeni, 2000 yılı öncesinde delgi noktası kullanmak suretiyle klasik fotogrametrik nirengi yöntemi uygulanması ve 1970’li yıllar öncesindeki hava fotoğraflarının kamera kalibrasyon raporlarının bulunmamasıdır.” Kamera kalibrasyon

parametreleri bulunmamasından dolayı arşiv hava fotoğraflarının iç yöneltme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. (Yılmaz A., 2013)

Fotoğraf koordinatları ile arazi koordinatları arasındaki dönüşümün gerçekleştirilebilmesi için dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için her bir fotoğrafta yeterli miktarda Yer Kontrol Noktasının (YKN) ve Fotoğraf Bağlama Noktasının (BN) ölçülmesi gerekmektedir.

İç ve dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesinden sonraki işlem adımları, güncel hava fotoğraflarından ortofoto üretilmesi işlem adımları ile aynıdır. (Yılmaz A., 2013)

“Arşiv fotoğraflarından üretilen ortofotoların referans ortofotoya göre doğruluklarının %90 güven aralığında ± 5 m ile ± 8 m arasında değiştiği tespit edilmiştir.” (Yılmaz A., 2013)

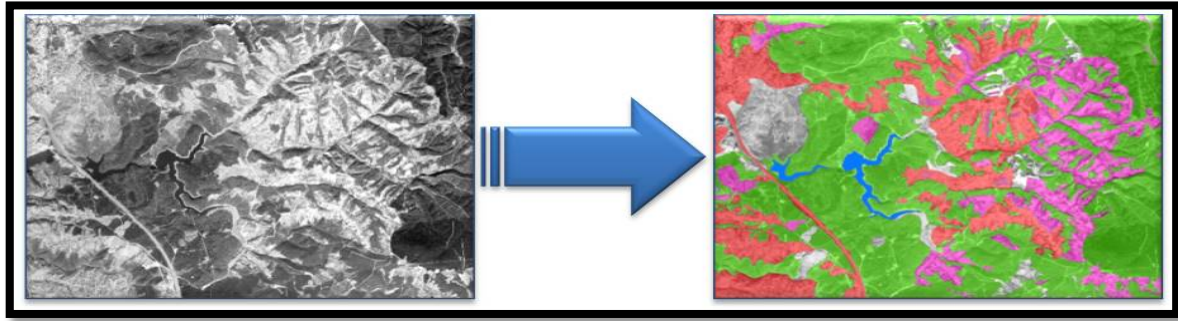
On yıl aralıklı ve üç farklı yıla ait ortofotolardan Çavuşbaşı bölgesine giren kısmı kesilerek yaklaşık 55 km²’lik alan çalışma alanı olarak alınmıştır. Ortofotolar üzerinden sayısallaştırma yapılarak değerlendirmede kullanılacak vektör veriler elde edilmiştir. Vektör veriler Personel Geodatabase (*.mdb) formatındadır.

3. GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR

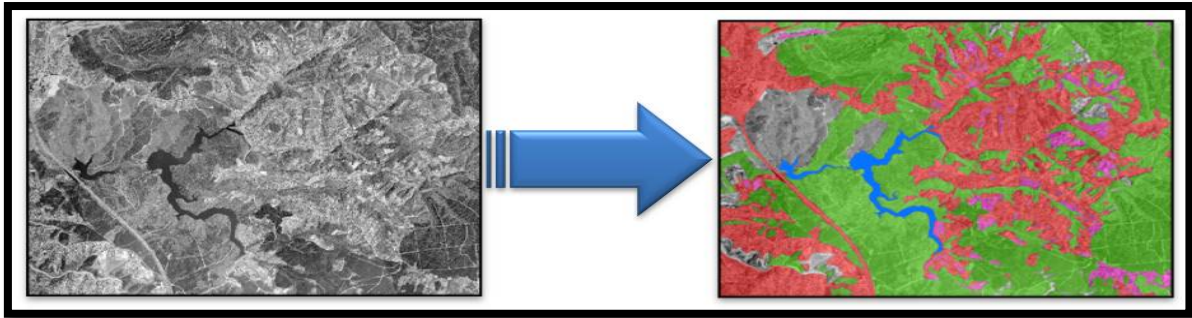
Çalışma bölgesinin ortofotolarının kesilerek hazırlanmasının ardından sayısallaştırma neticesinde elde edilecek vektör verilerin tutulacağı Personel Geodatabase (*.mdb) formatındaki boş kişisel veritabanı dosyaları oluşturulmuştur.

Veritabanında “Kentsel Alanlar”, “Orman Alanları” ve “Tarım Alanları” detayları tanımlanmıştır. Detay açıklamaları Tablo.2’de sunulmuştur. Ortofotoların örnek görüntüleri yıllara göre Tablo.1’de sunulmuştur. Hazırlanan tüm veriler UTM projeksiyonu ve WGS-84 Datumunda olacak şekilde yapılandırılmıştır.

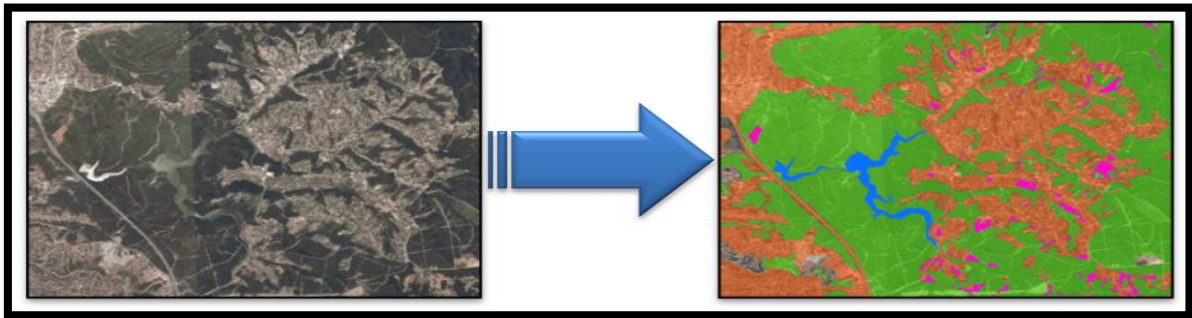
Gerçekleştirilen ön çalışmaların ardından ortofotolar altlık olacak şekilde ilgili yıllara ait verilerin sayısallaştırılması yapılmıştır.



Şekil.1 1993 yılı ortofotodan yapılan sayısallaştırma



Şekil.2 2003 yılı ortofotodan yapılan sayısallaştırma



Şekil.3 2013 yılı ortofotodan yapılan sayısallaştırma

Tablo.2 Detay açıklamaları

Detay No	Detay Adı	Açıklama
1	Kentsel Alanlar	Kent yaşamı için ayrılmış, binalar, yollar, parklar, tesisler gibi detayların bulunduğu alanlardır.
2	Orman Alanları	Orman, çalılık vb. alanlardır. ve ağaçları tahrip edilse de kısa zamanda orman vasfı kazanabilecek arazilerdir.
3	Tarım Alanları	Çeşitli tarım faaliyetlerinin yapıldığı arazilerdir.

Sayısallaştırma çalışmasında topolojik kurallara uygun olarak alan detaylar toplanmıştır.

Tablo.2'deki detay açıklamaları dikkate alınarak yapılan sayısallaştırma neticesinde araştırmanın analiz kısmına hizmet edecek vektör veriler elde edilmiştir. (Şekil.1-3)

Alan detaylarla ilgili; Must Not Overlap (aynı iki detayı üst üste binmemelidir), Must be covered by boundry of (detayının sınırlarında detayı bulunmalıdır), Must Not Overlap With (detayı üst üste binmemeli), Must Not Overlap With (detayının içinde detayı bulunamaz) topolojik kuralları uygulanarak sayısallaştırma yapılmıştır.

4. SONUÇLAR VE İNCELEME

Yıllara göre sayısallaştırılan verilerden, “Kentsel Alan”, “Orman” ve “Tarım Alanı” detaylarına ilişkin alan bilgileri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo.3 ve Tablo.4’de sunulmuştur.

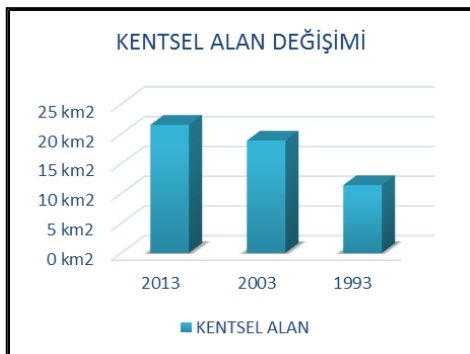
Tablo.3 Çalışma bölgesi için yıllara göre arazi kullanım durumu (km²)

	KENTSEL ALAN	ORMAN	TARIM ALANI	DİĞER
2013	21.50	30.29	1.12	1.98
2003	18.86	27.97	2.31	5.75
1993	11.37	31.37	7.27	4.89

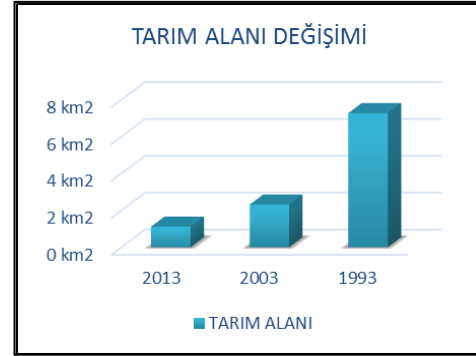
Tablo.4 Çalışma bölgesi için yıllara göre arazi kullanım durumu (%)

	KENTSEL ALAN	ORMAN	TARIM ALANI	DİĞER
2013	39.17%	55.18%	2.04%	3.61%
2003	34.35%	50.95%	4.22%	10.48%
1993	20.71%	57.13%	13.25%	8.91%

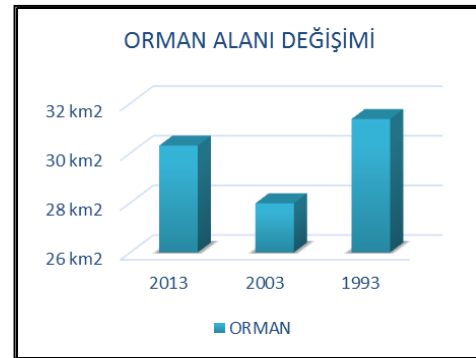
Tablolarda alan ve yüzde cinsinden verilen arazi kullanım durumları incelendiğinde 1990’lı yıllardan itibaren kentsel alanlardaki artış göze çarpmaktadır. Bununla paralel olarak orman ve tarım alanlarında aynı tarihten itibaren gözlenen bir azalma vardır.



Şekil.4 Yıllara göre kentsel alan değişimi



Şekil.5 Yıllara göre tarım alanı değişimi



Şekil.6 Yıllara göre orman alanı değişimi

Şekil.1-3’de sunulan sayısallaştırılmış verilere de incelendiğinde çalışma bölgesinin ortalarındaki Çavuşbaşı bölgesi ve civarındaki tarım alanlarının 1990’lı yıllardan itibaren hızlı biçimde kentsel alana dönüştüğü görülmektedir. Şekil.4-6’daki arazi kullanım grafiği de bu değişimi gözler önüne sermektedir.

Elmalı-1 Barajı ve yapımı 1955 yılında tamamlanan Elmalı-2 Barajının kapladığı alan yıllara göre çok büyük bir değişim sergilememiştir. Tablo.5’de sunulan verilerin ışığında bölgedeki su kaynaklarının kentselleşmenin etkilerine rağmen su verimliliği açısından zarar görmediği sonucu çıkarılabilir. Baraj alanındaki küçük değişikliklerin mevsimsel değişimler olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo.5 Çalışma bölgesindeki baraj alanları (km²)

	ELMALI-1 Barajı	ELMALI-2 Barajı
2013	0.15	0.71
2003	0.15	0.71
1993	0.15	0.75

1980'li yıllardan itibaren bölgenin yoğun biçimde göç alması kentsel alanların hızlı artışını tetiklemiştir. Türkiye İstatistik Kurumu verileri incelendiğinde 1990-2000 yılları arasında Çavuşbaşı bölgesinin nüfusundaki hızlı artış açıkça görülmektedir. (URL-1, 2014)

1993 yılında çalışma bölgesinin yaklaşık %70'i orman ve tarım alanı iken günümüze kadar olan değişimde orman ve özellikle tarım alanlarının hızlı biçimde azaldığı görülmektedir.

Orman alanları kentsel alanlara dönüşse de 2013 yılı itibariyle bölgedeki orman varlığı 2003 yılına oranla artış göstermiştir. 3-4 Eylül 1998 yılında bölgede büyük çaplı orman yangınları meydana gelmiştir. (Anonim-1,1998) Bu yangınlarda tahrip olan orman alanları 2003 yılındaki orman alanlarındaki azalmayı açıklamaktadır. Günümüze kadar gelen süreçte tahrip olan ormanların bir kısmının tekrar orman vasfı kazanması ile 2013 yılındaki orman alanlarının 2003 yılına kıyasla arttığı görülmüştür.

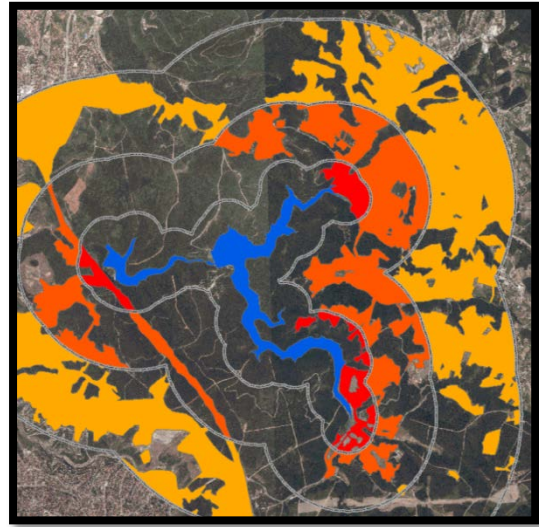
Tablo.6 İçme Suyu Havzaları Yönetmeliğine göre koruma alanları (Anonim-2, 2006)

KORUMA ALANI	AÇIKLAMA
Mutlak Koruma Alanı	İçme ve kullanma suyu temin edilen ve edilecek olan suni ve tabii göller etrafında en yüksek su seviyesinde su ile karanın meydana getirdiği çizgiden itibaren yatay 300 m. genişliğindeki kara alanıdır. Bahis konusu alanın havza sınırını aşması halinde mutlak koruma alanı havza sınırında son bulur.
Kısa Mesafeli Koruma Alanı	Mutlak koruma alanı üst sınırından itibaren yatay 700 m. genişliğindeki kara alanıdır. Bahis konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde kısa mesafeli koruma alanı havza sınırında son bulur.
Orta Mesafeli Koruma Alanı	Kısa mesafeli koruma alanı üst sınırından itibaren yatay 1000 m. genişliğindeki kara alanıdır. Bahis konusu alan sınırının su toplama havzası sınırını aşması halinde orta mesafeli koruma alanı havza sınırında son bulur.
Uzun Mesafeli Koruma Alanı	Orta mesafeli koruma alanının üst sınırından başlamak üzere su toplama havzasının nihayetine kadar uzanan bütün kara alanıdır.

2006 yılında resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "İSKİ İçme Suyu Havzaları Yönetmeliği" ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde ihtiyaç duyulan içme ve kullanma sularının temin edildiği ve edileceği İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları dâhilinde ve haricinde bulunan yüzey ve yeraltı su kaynaklarının çeşitli yollarla kirlenmesini önlemek amaçlanmıştır.

Bu yönetmeliğin dördüncü maddesinde koruma alanları tanımlanmıştır. Koruma alanları ile ilgili açıklamalar Tablo.6'de sunulmuştur.

2013 yılına ait ortofoto üzerinde yönetmelikle belirlenen koruma alanları işaretlenmiştir. Böylelikle koruma alanlarına giren yerleşim alanları tespit edilmiştir. (Şekil.7)



Şekil.7 Koruma alanlarına giren yerleşim yerleri

Koruma alanlarında uygulanacak kurallar İçme Suyu Havzaları Yönetmeliğinin 6. maddesinde açıklanmıştır. Bu maddelerde yer almayan hususlar için faaliyeti itibariyle kirlletici olup olmadığı konusunda, dairesince karar verilemeyen durumlarda ilgili Kanun ve yönetmelikler çerçevesinde karar almaya İSKİ Yönetim Kurulu yetkilidir. (Anonim-2, 2006)

Yukarıdaki açıklamalar ışığında 2013 yılına ait ortofoto üzerine işlenen koruma alanı sınırlarına giren yerleşim yerleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın neticesinde toplam 11,69 km²'lik yapılaşmış bölge koruma alanlarında kalmaktadır.

Tablo.7 Koruma sınırlarındaki yerleşim yeri alanları

	MUTLAK KORUMA ALANI	KISA MESAFELİ KORUMA ALANI	ORTA MESAFELİ KORUMA ALANI
YERLEŞİM YERLERİ ALANI	0.69 km ²	3.31 km ²	7.68 km ²
		TOPLAM	11.69 km²

Yönetmelik hükümleri gereğince mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarında hiçbir şekilde yapılaşma yapılamamaktadır. Ancak Şekil.7 ve Tablo.7 incelendiğinde 4.01 km² alanın koruma alanı içerisinde yapılaştığı görülmektedir.



Şekil.8 1:100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı

Şekil.8'de sunulan "Çevre Düzeni Planına" göre Elmalı Baraj Gölü ve çevresi "Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Kritik Öne Sahip Alan" olarak tanımlanmıştır. Ayrıca havza içerisinde kalan Çavuşbaşı bölgesi "Havza İçi Rehabilit Edilecek Alan" olarak belirlenmiştir. Havzanın koruma kuşağı (Mutlak, Kısa ve Orta) sınırları da planda belirtilmiştir. (Anonim-3, 2009)

Planlama sürecinin ilk 10 yıllık etabı, iki temel ilke üzerinde yoğunlaşmaktadır. Planlama ilkelerinden biri olarak 1/100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı'nda da tanımlanmış olan "sürdürülebilirlik" kapsamında, orman alanları ve içme suyu havzaları öncelikli müdahale alanları olarak tanımlanmıştır.

Bu kapsamda;

Öncelikle su havzasındakiler olmak üzere, İstanbul ilindeki potansiyel ağaçlandırma alanlarının geniş yapraklı ve yörenin doğal türleri ile ağaçlandırılmasına başlanması,

Özel öneme sahip orman alanlarının bölgenin bilimsel verileriyle ekolojik planlarının hazırlanmasına başlanması,

Su toplama havzalarının mutlak ve kısa mesafeli koruma alanları ile dere yataklarında; İSKİ tarafından yürütülmekte olan kamulaştırma işlemlerinin, planlama sürecinin ilk etabında devam etmesi. 10 yıllık etap sonunda havza içi mutlak ve kısa mesafeli koruma kuşaklarının sınırları hazırlanacak 1/5.000 ölçekli nazım imar planlarında belirlenecek olan köy yerleşik alanları hariç yapılaşmadan arındırılması,

Değişken mesafeli koruma kuşakları yöntemine göre koruma kuşaklarının belirlenmesine yönelik çalışmalara başlanması.

Su havzaları içerisinde kalan orman alanlarında sedimantasyonu engelleyecek ve su kaynaklarını besleyecek şekilde bitkilendirme çalışmalarına başlanması programlanmaktadır. (Anonim-3, 2009)

5. ÖNERİLER

Literatür taraması ve ortofotolar ile gerçekleştirilen zamansal değişim sonuçlarına göre Çavuşbaşı Bölgesinde, kentsel arazi kullanımının orman ve tarım alanlarını tehdit ettiğini görülmektedir. Zamansal değişimin de gösterdiği üzere bu tehdidin gerekli önlemler alınmazsa artarak devam edeceği değerlendirilmektedir.

Büyükçekmece, Küçükçekmece, Terkos, Elmalı, Ömerli, Darlık, Alibeyköy ve Melen havzaları; İSKİ'nin 2006 tarihli yönetmeliğine göre izin verilmeyen yerleşim alanları, sanayileşme, otoban ve tarımsal alan gibi arazi kullanımlarına sahne olmaktadır. Büyükçekmece, Elmalı, Ömerli ve Alibeyköy havzaları nüfus yoğunluğunun en yoğun olduğu ve sanayileşmeye en çok sahne olan yerlerdir. (Beler B., Erdem B., 2003) Böylelikle, su kalitesinin yanı sıra havza ekosisteminin sürdürülebilirliği de tehlikeye atılmaktadır.

Kentleşme sorunu çerçevesinde, insan ile doğa arasındaki ilişkinin niteliği belirlenirken, yakın ve uzak çevre gibi, iç ve dış çevrenin birliği temel alınmalıdır. İnsanlar, bir iç mekâna sahip olma arzusu kadar, bu iç mekânla uyumlu olan bir dış mekâna da gereksinim duymaktadırlar. "Kent boşluklarında ortaya çıkan büyük ve yüksek gökdelenler, betonarme binalar, kitle-boşluk dengesini bozar. Ortaya çıkan, giderek tüm kenti çeviren gecekondulaşma, iç mekânı

daralttığı gibi, dışsal mekânı, yani uzak mekânı da yok eder. Başka bir deyişle, kentin doğal uzantısı olan açık ve yeşil alanları yok ederek, kenti soluksuz, havasız, susuz ve ışıksız bırakmış olur.” (Aksoy Y.,1994)

Öncelikle mutlak koruma alanı ardından da kısa mesafeli koruma alanındaki tüm yapılaşmanın yönetmelikler çerçevesinde ortadan kaldırılmasının ve bu alanlara tekrar orman vasfı kazandırılmasının çalışma bölgesindeki Elmalı Havzasının korunması adına faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Nitekim Orman ve Su İşleri Bakanlığının “Baraj Havzaları Yeşil Kuşak Ağaçlandırma Eylem Planı” ile bu hususun önemi açıkça ortaya koyulmuştur. Temiz ve kaliteli su üretimini sağlayan en önemli kaynak ormanlardır. Ormanın en önemli fonksiyonlarından biri su rejiminin düzenlenmesi, suyun az olduğu dönemlerde su kaynaklarının beslenmesinin teminat altına alınması ve suyun temizlenerek kalitesinin artırılmasıdır. Bu konuda yapılmış araştırmalar ormanla kaplı havzaların daha fazla yağış aldığını ve daha fazla kullanılabilir su ürettiğini ortaya koymuştur.

2006 yılında yürürlüğe giren İSKİ İçme Suyu Havzaları Yönetmeliğince Çavuşbaşı bölgesindeki Elmalı Havzası koruma altına alınmıştır. Ancak “Çevre Düzeni Planları” hazırlanana kadar koruma alanlarındaki yapılaşmalara göl veya derelerin 100 m çevresinde müdahale edilebilmektedir. Bu sebeple yerel yönetimler tarafından Çevre Düzeni Planlarının hazırlanarak yürürlüğe sokulmasının havzaların korunması açısından önem arz ettiği değerlendirilmektedir.

“Düzensiz ve çarpık kentleşmeye kaynaklık eden, düzensiz, hızlı ve gelişigüzel biçimlenen ekonomik kalkınmanın yerine, insan ve çevre dayanışmasını temel alan, lüks ve yapay tüketimi körüklemeyen, temel ve zorunlu gereksinimlerin giderilmesini amaçlayan, dengeli, denetlenebilen, yeni bir ekonomik kalkınma modelinin geliştirilmesi gerekir. Yeşil kuşakların, ormanların ve kent içi yeşil alanların korunabilmesi, bu alanların insanların tatil günlerinde ilgisini çekecek mesire yerleri haline gelecek şekilde donatılmasıyla sağlanabilir.” (Ocaklı M., 1998)

Su toplama havzaları; yapı yasağı bulunan, mutlak koruma (0-300m) ve kısa mesafeli koruma (300-1000m) kuşağı olarak tanımlanan alanlar ile havzaları besleyen derelerin koruma kuşaklarını kapsayan alanların dışında kalan ve havza sınırına kadar uzanan bölgeyi kapsamaktadır. Bu alanlarda, öncelikle kamu yararı gözetilerek rekreasyonel tesisler, eğitim tesisleri, sosyal

tesisler vb. tesislerin yer almasının teşvik edilmesi faydalı olacaktır.

İstanbul Çevre Düzeni Planında “hangi kullanımların hangi koşullarda yer alacağı ve havza alanlarında yer alan eski köy yerleşik alanlarının gelişme alanları, 1/25 000 ölçekli Nazım Plan aşamasında sürdürülebilirlik ve koruma-kullanma ilkeleri çerçevesinde belirlenecektir” (Anonim-3, 2009) hükmü yer almaktadır. Bu hüküm ışığında sürdürülebilirlik, koruma-kullanma ilkelerine hizmet edecek Nazım planların hazırlanması ve uygulanmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

Son olarak da kullanımın daha etkin olabilmesi amacıyla yeşil alanların, kentin çevresindeki büyük yeşil alanlardan, yerleşim içinde günlük kullanılabilecek yeşil alanlara kadar belli bir hiyerarşi içinde ve ulaşım olanakları sağlanarak planlanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- ABD Çevre Koruma Örgütü, United States Environmental Protection Agency, (2001), **Our built and natural environment: A technical review of the interactions between land use, transportation, and environmental quality**, Washington: US EPA, 93p.
- Anonim-1, (1998), **Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurul Tutanağı**, 20.Dönem 4.Yasama Yılı 2.Birleşim, 06 Ekim 1998, S.32.
- Anonim-2, (2006), **İSKİ İçme Suyu Havzaları Yönetmeliği**, 12.05.2006 Tarih 933 Sayılı Genel Kurul Kararı ile Kabul Edilerek 25.05.2006 Tarihli Gazete 34 Gazetesinde Yayınlanmıştır.
- Anonim-3, (2009), **İstanbul Çevre Düzeni Planı**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü.
- Aksoy Y., (1994), **İstanbul’da Yeşil Alanlar ve Yeşil Alan kullanımı Üzerine Bir Araştırma Zuhuratbaba, Osmaniye Ve Ataköy 7-8.kısım Örneği**, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aksoy Y., Ergün N., (2009) **Kentleşme ve Yeşil Alan Sorunu Üzerine Bir Araştırma (İstanbul Kenti Bakırköy İlçesi Örneği)**, TÜBAV Bilim Dergisi, Cilt:2, Sayı:4, Sayfa:426-438.

- Belir B., Erdem B., (2003), **Land Use And Urban Activities as Key Factors for Integrated Resource Planning and Sustainability of Water Resources**, IWA Efficient 2003 Symposium, April 2-4, Tenerife Spain
- Demir K., Çabuk S., (2010), **Türkiye’de Metropoliten Kentlerin Nüfus Gelişimi**, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi”, Sayı:28, Sayfa:193-215.
- Ertuğrul M., (2010), **Orman Yangınlarının Yerleşim Alanlarına Etkisi ve Koruma Yöntemleri**, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:12, Sayı:17.
- İBB Şehir Planlama Müdürlüğü, (2009), **İstanbul Çevre Düzeni Planı Yönetici Özeti**.
- Kuban D., (2001), **İstanbul ve Kentleşme**, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:413
- Ocakçı M., (1998), **Urban,Identify the Case of Amasya in Turkey**, Spetual European Research and Policy.
- Sivrikaya F., Günay Ç., Akay A.E., (2011), **Factors of land use/cover change : A case study from Turkey**, Scientific research and essays. Vol. 6, p. 3684-3696.
- Tabanlıoğlu H., (1991), **Çarpık Kentleşme Sorunları, Nedenler, Çıkış Yolları**, İstanbul Haliç Rotary Klubü Çalıştayı, İstanbul
- Tekeli İ., Güvenç M., Merey Z., Kaptan H., Arkon C., (2009), **A Turkish triangle: Ankara, Istanbul and Izmir at the gates of Europe**, Harvard Universty Press, Editor: Hashim Sarkis
- URL-1, (2014), **Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus Sayım Bilgileri Sorgulama Sonuçları**,
www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059
<http://tuikapp.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul>
- Yılmaz A., Fırat O., Çam A., Özçalık M., (2013), **Tarihi Hava Fotoğraflarından Ortofoto Üretimi**, TUFUAB-2013 Bildiriler.

Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri (GOKTURK-2 Satellite Imagery Tests)

Veysel Okan ATAĞ¹, Mustafa ERDOĞAN², Altan YILMAZ²

¹ Hava Kuvvetleri Komutanlığı İstihbarat Başkanlığı, Bakanlıklar, Ankara

² Harita Genel Komutanlığı, Dikimevi, Ankara
voatak@hvkk.tsk.tr

ÖZET

18 Aralık 2012 tarihinde uzaya fırlatılan GÖKTÜRK-2 uydu sistemi ile, Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) ve diğer tüm kamu kurum ve kuruluşlarının uydu görüntü ihtiyaçlarının milli imkân/kabiliyetlerle karşılanması ve uydu teknolojisi konusundaki bilgi birikiminin artırılması hedeflenmiştir.

GÖKTÜRK-2 uydu sistemi yörünge testleri kapsamında, görüntü özelliklerine yönelik bazı temel gereksinimler doğrulanmaya çalışılmış ve farklı birimler tarafından detaylı teknik raporlar hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, GÖKTÜRK-2 uydu sisteminin yörünge testleri kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler özetlenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Testler kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin bir çok farklı haritacılık uygulaması ile ortofoto/sayısal yükseklik modeli (SYM) üretiminde kullanılabileceği, doğruluğu yüksek yer kontrol noktaları ve SYM kullanılarak iyi bir konumsal doğruluk (< 10 m) sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GÖKTÜRK-2, Test, Uydu Görüntüsü, Haritacılık, Konumsal Doğruluk.

ABSTRACT

GOKTURK-2 satellite system which is launched in December 18th, 2012, is aimed to meet the satellite imagey needs of the Turkish Armed Forces and Turkish government agencies and institutes with national capabilities as well as to raise the knowledge in satellite technology.

As part of GOKTURK-2 satellite system's orbit tests, it is studied to confirm some fundamental requirements for imagery specifications and several detailed technical reports were prepared by different units.

In this study, all the activities applied in orbit tests of GOKTURK-2 satellite system were summarized and obtained outcomes were submitted. As result of the test applications, it can be stated that GOKTURK-2 satellite imagey can be used in numerous mapping applications and in production of orthophoto and digital terrain elevation data (DTED). Besides that, from these imagey a good geospatial accuracy (< 10 m) can be provided in case of using proper ground control points and DTED.

Key Words: GOKTURK-2, Test, Satellite Imagery, Mapping, Geospatial Accuracy.

1. GİRİŞ

Uydu ve uzay teknolojileri konusunda bilgi birikimi ve tecrübe sahibi olmak, test ve üretim merkezleri kurmak, özgün tasarımlar gerçekleştirmek ve bunları hayata geçirebilmek dünyada çok az ülkenin sahip olduğu yeteneklerdir. Uydu ve uzay teknolojilerine son yıllarda büyük ağırlık veren ülkemiz; BİLSAT, RASAT, GÖKTÜRK-2 ve üretimi devam eden GÖKTÜRK-1 uyduları ile bu alanda büyük ve önemli adımlar atmıştır.

Bu kapsamda gerçekleştirilen GÖKTÜRK-2 uydu sistemi ile ilgili süreç, "2.5 m Çözünürlüklü Görüntüleme Amaçlı Bilimsel Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Projesi" destekleme sözleşmesinin, Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK Başkanlığı, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. (TUSAŞ) Genel Müdürlüğü arasında 17 Nisan 2007 tarihinde imzalanması ile başlamıştır.

BİLSAT ve RASAT uydu sistemleri ile kazanılan tecrübe sonucunda geliştirilen ve yüksek çözünürlüklü ilk milli yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2, herhangi bir kısıt olmadan dünyanın her yerinden görüntü alabilme ve bunları yer istasyonuna indirebilme yeteneğine sahiptir.

GÖKTÜRK-2 projesi kapsamında uzay ve uydu sistemlerine yönelik teknoloji, uzman insan gücü ve alt yapı geliştirilmesi ile başta TSK olmak üzere tüm kamu kurum ve kuruluşlarının gözlem ve araştırma ihtiyaçlarının milli imkân ve kabiliyetlerle karşılanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, ülkemizin gelecekteki uydu projelerinde görev alacak uzman insan gücü yetiştirilmiş, uydu ve ekipmanlarla ilgili tasarım, analiz, üretim, montaj, entegrasyon ve test faaliyetlerine yönelik altyapı ve kabiliyetler kazanılmıştır (GÖKTÜRK-2, 2014).

TSK ve kamu kurum ve kuruluşlarının uydu görüntü ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanan GÖKTÜRK-2 uydusundan elde edilen/edilecek veriler, hem askeri gözlem ve istihbarat hem de tarımsal ürün analizi, yıllık rekolte tahmini, zirai

mücadele, çevre kirliliği, doğal afet hasarları ile çevre kirliliğinin değerlendirilmesi, kentsel gelişimin izlenmesi ve kaçak yapılaşmanın tespiti gibi amaçlar için kullanılabilecektir (Işıkyüzlü, 2013).

Bu çalışmanın amacı, yüksek çözünürlüklü ilk milli yer gözlem uydusu olan GÖKTÜRK-2 uydu sisteminin görüntü testleri kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler hakkında bilgi sunmak ve elde edilen sonuçlar ile kazanılan tecrübeleri paylaşmaktır.

2. GÖKTÜRK-2 UYDUSUNUN ÖZELLİKLERİ

Türkiye'nin güneyinden kuzeyine uzanan 20 km x 640 km uzunluğunda bir alanı tek seferde şerit olarak görüntüleme ve sıkıştırarak depolama yeteneğine sahip olan GÖKTÜRK-2 uydu sisteminin teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur (Çınar, 2014).

Tablo 1. Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri

Yörünge	Güneş Eş Zamanlı ve 98,2° Eğimli Yörünge,
Yörünge Yüksekliği	~ 685 km
Periyodu	~ 98 dakika 20 saniye
Dünya Etrafındaki Günlük Tur Sayısı	14 - 15 Adet
Yükseliş Yerel Zamanı	10.30 (Yerel Zaman)
Günlük Yer İst Tamas Süresi	~ 60 dakika (gündüz+gece)
Uydu Kütlesi	< 409 kg.
Depolama Kapasitesi	8 GB
Mekansal Çözünürlük	Siyah – Beyaz : 2.5 m Renkli (RGB) : 5 m NIR : 5 m
Radyometrik Çözünürlük	11 Bit
Zamansal Çözünürlük	+/- 5 ⁰ çekim açısı 11 gün, +/- 30 ⁰ çekim açısı 2-3 gün,
Spektral Çözünürlük	Pan : 0,42-0,75 µm Red : 0,596-0,75 µm Green : 0,5-0,584 µm Blue : 0,422-0,512 µm NIR : 0,762-0,894 µm SWIR : 0,8-1,7 µm
Tasarlanan Görev Ömrü	5 yıl

GÖKTÜRK-2 uydu sisteminde her biri 2 GB kapasiteli üç adet veri depolama birimi mevcuttur. Bunlardan Bilge OBC ana uçuş bilgisayarı olarak, Bilge Router-0 ve Router-1 ise yedek uçuş bilgisayarı olarak kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, GÖKTÜRK-2 uydusunda toplam iki set doğrusal CCD (charge-coupled device) algılayıcı kullanılmakta olup, görüntü (şerit) genişliği 20.4 km'dir. Tek bir parça (scene) görüntü 5 x 20 km boyutunda çekilmekte olup 20 x 20 km.lik (4 parça) ham bir kare görüntünün boyutu yaklaşık olarak 192 MB'tır. Kamera üzerinde PAN bandının R/G/B bantlarının her biri ile yaklaşık 0.1 mm.lik, NIR bandı ile de yaklaşık 15 mm'lik bir mesafe olması nedeniyle, bantlar konumsal bir fark ile görüntüleme yapmaktadırlar.

GÖKTÜRK-2 uydu sisteminde yer alan deneysel kamera (Kuzgun) ise 20 m mekansal çözünürlüğe sahip olup, Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) bantta çekim yapmaktadır. Kuzgun, yerel hafızasında Türkiye'nin en güneyinden en kuzeyine kadar devam eden uzunlukta 15 km genişliğe sahip bir şerit görüntüyü depolayabilmektedir (Çınar, 2014).

GÖKTÜRK-2 sistemi ile göreve ilişkin tasarım, üretim/test süreçlerindeki tüm mühendislik faaliyetleri milli olarak gerçekleştirilmiş ve GÖKTÜRK-2 uydusu sevkiyat öncesi yer testleri TUSAŞ tesislerinde tamamlanmıştır. GÖKTÜRK-2 Uydusu 18 Aralık 2012 tarihinde Türkiye saati ile 18:13'te Çin'den uzaya fırlatılmış ve 12 dakika sonra görev yörüngesine yerleşen uydudan ilk sinyal TSİ 19:39'da Svalbard/Norveç Yer İstasyonu'ndan alınmıştır. Müteakiben uyduyu devreye alma süreci tamamlanmış ve GÖKTÜRK-2 uydusu tarafından çekilen görüntüler halen Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından işletilen ve Ankara'da bulunan yer istasyonuna indirilmeye başlanmıştır.

Birinci yılın sonunda uydu, dünya etrafındaki kutupsal yörüngede toplam 5.344 tur atmıştır. Bu süre içinde Ankara'da bulunan yer istasyonundan 2.850 defa iletişim kurulmuş ve dünyanın dört bir tarafından 2.400 adet görüntü çekilerek üç milyon kilometrekarelik bir alan kapsanmıştır (GÖKTÜRK-2 Uydusu, 2014).

3. UYDU YÖRÜNGE TESTLERİ

Bir uydunun fırlatılması ile operasyonel hale gelmesi arasında önemli bir zaman dilimi söz konusudur. Görev yükünün planlandığı ve komuta edildiği gibi çalıştığı ve yer testlerinde elde edilen performansın sorunsuz bir şekilde

karşılandığının teyit edildiği bu süreç (Gatti, vd., 2008, Tansock, 2003), her bir uydu sistemi için farklılıklar arz etmekte olup aylarca sürebilmektedir.

Yörünge testleri süreci; alt sistemler ve iletişimin kontrolü, cihazların başlatılması, veri işleme ile kalibrasyon ve yörüngeye yerleştirme faaliyetlerini kapsar (Rocchio, 2014). Tüm bu çalışmalar temel olarak Görev Operasyon, Yer Sistem ile Kalibrasyon ve Onay Timleri tarafından gerçekleştirilir (Kim ve Ahn, 2013).

Uydunun fırlatılması sonrasında yapılan ilk işlem, uydunun ömrü boyunca ihtiyaç duyacağı ve kullanacağı enerjinin kaynağı olan güneş panellerinin açılmasıdır. Güneş panellerinin açılmasından sonra; uydu sisteminin konumu, pil durumu vb. tüm uydu bilgilerini içeren bir rapor niteliği taşıması nedeniyle telemetri bağlantısı ve verilerinin kontrolü gerçekleştirilir (Rocchio, 2014).

Bu çalışmalarla birlikte, uydunun güneş ve ay gibi farklı boyutlardaki hedefleri görüntüleme ve farklı açılarda manevralar yapma kabiliyetleri de ayrıca kontrol edilir (Kim ve Ahn, 2013). Alt sistemler ve iletişimin kontrolü işlemleri en azından yaklaşık bir haftalık bir zaman içerisinde gerçekleştirilir (Rocchio, 2014).

Bu kontroller sonrasında uydu, ısıtıcı sistemler, destek iletişim sistemleri ve sayısız alt sistemin aktif hale getirilmesi için artık hazırdır. İtki gücü, bu aşamada uydunun en son aktif hale getirilen sistemidir. Uydu alt sistemlerinin başarılı bir şekilde aktive edilmesinden sonra görüntüleme cihazları ile soğutucular açılır.

Bu çalışmalar sonrasında uydunun görüntüleme işlemleri ile birlikte veri işleme çalışmalarına yönelik kontroller de başlar. Bu aşamada; komutların gönderilmesi ve telemetri bilgilerinin alınması S-Band, görüntü verilerinin alınması ise X-Band iletişimi vasıtası ile kontrol edilir. Elde edilen görüntüler veri işleme birimi tarafından incelenir, işlenir ve depolanır. Bu aşamada, uydunun ekvator, kutuplardan, ana meridyenden geçişini içeren özel durumlarda görüntü alması ve bu sayede enlem, boylam ve zaman boyutunda oluşabilecek kayıklıkların doğru olarak tespit edilmesi de sağlanır.

Görüntü işleme ve kalite kontrolü çalışmalarında sadece görüntü özellikleri değil, aynı zamanda sistem performans değerleri de kontrol edilir. Bu şekilde; konumlama bir kartoğrafik referans sistemi ile karşılaştırılır, her

bir dedektörden alınan sinyallerin benzerliği değerlendirilir, zamana bağlı olarak elde edilen geri dönüşlerin istikrarı ve her bir spektral modda elde edilen optimal programlama kazanımları incelenir (Spot-4, 2014).

Fırlatma öncesinde elde edilen kalibrasyon değerlerinin, uydunun depolanması ve yörüngesine oturtulması süreçlerindeki değişimler nedeniyle güncellenmesi gerekir (Fox, 2003). Bu kapsamda, kalibrasyon bilgilerinin revize edildiği bu bölümde uydu öncelikle optik algılama için güneşe, infrared algılama için derin ve karanlık uzaya, hedefleme doğruluğu için yıldızlara ve atmosferik etkilerden uzak bir arazi kaplaması için de ay gibi hali hazırda arazi yapısı çok iyi bir şekilde tanınan bazı ışık kaynaklarına yönlendirilir.

Kalibrasyon ölçülerinin artırılması amacıyla bu bölümde ayrıca; yapılan ölçülerle yansıma değerleri tespit edilmiş olan Fransa'daki La Crau ve Amerika'daki White Sands gibi çöl alanları ve önceden belirlenmiş/hazırlanmış yer kontrol noktaları (YKN) bulunan bölgelere ilişkin bir çok görüntü çekimi de gerçekleştirilir (Spot-4, 2014). Bu çalışmalar kapsamında uydunun son ve kalıcı yörüngesine yerleştirilmesi faaliyeti de, uydunun kendi itki sistemini kullanarak yaptığı manevralar ile gerçekleştirilir (Rocchio, 2014).

Kalibrasyon faaliyetlerinin uydunun ömrü boyunca tekrarlanması gereklidir ve bu işlemler arazi üzerinde ölçümlerin tekrarlanabilmesine imkan sağlayacak bazı ekipmana ihtiyaç duyarlar. Bu ekipmanlar; sabit / taşınabilir arazi ve uçak spektrometreleri, güneş fotometreleri ve okyanus şamandıralarıdır (Fox, 2003).

Uydu yörünge testlerinde son olarak, tüm bu işlemler sonunda elde edilen değerler, uydu uzaya fırlatılmadan önce gerçekleştirilen yer testlerinde gözlemlenen değerler ile karşılaştırılır ve uydu sisteminin fırlatma ile yörüngeye yerleştirme aşamalarından etkilenmediği teyit edilmeye çalışılır (Gatti, vd., 2008).

4. GÖKTÜRK-2 UYDU GÖRÜNTÜ TESTLERİ

GÖKTÜRK-2 uydusunun 18 Aralık 2012 tarihinde Çin Halk Cumhuriyeti'nden uzaya fırlatılmasından 30 Ocak 2014 tarihine kadar süren 13 aylık dönemde, uyduya ilişkin test ve kalibrasyon faaliyetleri ile nihai kabul çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Atak, 2014) (Tablo 2).

Tablo 2. Test/Kalibrasyon ve nihai kabul işlemleri

TARİH	FAALİYET
17.04.2013	Uydunun yörünge testi ve kalibrasyonu Nihai kabul faaliyetlerine başlanması
30.07.2013	Birinci aşamanın sonu ve TSK ihtiyaçları çerçevesinde kullanım
06.11.2013	İkinci aşama
20.01.2014	Şerit görüntüleme testi
30.01.2014	GÖKTÜRK-2 Uydu Sisteminin Kabulü ve Envantere Alma İşlemleri
19.02.2014	Kamu Kurum/Kuruluş Taleplerinin Karşılanamaya Başlanması

İlgili proje dokümanları ve sözleşmesel hususlar çerçevesinde yürütülen GÖKTÜRK-2 uydu sistemi yörünge testleri kapsamında, görüntü özelliklerine yönelik bazı temel gereksinimler doğrulanmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede temel olarak; tekli/çoklu nokta ile şerit/stereo/geniş alan çekimleri, deneysel kamera özellikleri, görüntü sıkıştırma, Modülasyon Transfer Fonksiyonu (MTF) ve yönelim kontrol hassasiyetine yönelik hususlar test edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Görüntü alımı testlerine ilişkin detaylar

TEST	GEREKSİNİMLER
Tekli Nokta Çekimi	+/- 30° yalpalama (roll) açısında görüntüleme, üç eksenle kontrol ve kayıplı 4 kat sıkıştırma
Çoklu Nokta Çekimi	+/- 5° yalpalama (roll) açısında görüntüleme, yer normali/güneş arası 40°'ye kadar olan açılarda parlak/gölgelenmiş bölgelerin görüntülenmesi
Şerit Çekimi	+/- 2° yalpalama (roll) açısında 600 km görüntüleme, görüntülerin işlenmesi (Seviye 0-1-2), metaveri dosyalarının üretilmesi, format dönüşümleri, çözünürlük değerlerinin incelenmesi
Stereo ve Geniş Alan Çekimi	+/- 30° yunuslama (pitch) açısında görüntüleme
Deneysel Kamera	+/- 2° yalpalama (roll) açısında görüntüleme ve çözünürlük değerlerinin incelenmesi

Test ve kabul faaliyetleri kapsamında her bir test konusuna yönelik TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından detaylı teknik raporlar hazırlanmış ve

Muayene ve Kabul Komisyonuna sunulmuştur. Bununla birlikte yörünge testleri içerisinde görüntüleme ile ilgili olarak yapılan incelemeler ve kontroller, Hava Kuvvetleri İstihbarat Başkanlığı ile MSB Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından birlikte gerçekleştirilmiş ve teknik raporlar hazırlanmıştır.

5. GÖRÜNTÜLERİN İNCELENMESİ

Yörünge testleri kapsamında elde edilen görüntüler TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından milli olarak geliştirilen yer yazılımı ile işlenmiştir. İşlenen veriler, uydu görüntüsü tedarik eden tüm kamu kurum/kuruluşları ile üniversitelerin beklentileri göz önünde bulundurularak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Erdas Imagine ve ENVI gibi farklı ticari yazılımların kullanıldığı bu inceleme çalışmalarında, dünya çapında kullanılan diğer ticari uyduların özellikleri de dikkate alınmış ve bu özellikler GÖKTÜRK-2 uydusu ile karşılaştırılmıştır.

Bu bölümde, görüntülerin incelendiği alanlar sırasıyla detaylı olarak açıklanacaktır.

a. Görüntülerin Sıkıştırılması

GÖKTÜRK-2 uydusu üzerindeki ana kamera tarafından üretilen görüntü verisi TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından milli olarak geliştirilen ve gerçek zamanlı çok bantlı görüntü sıkıştırma modülü olan GEZGİN-2 tarafından JPEG2000 algoritması kullanılarak sıkıştırılmaktadır. Görüntü sıkıştırma işlemi, temel olarak görüntünün içeriğinde kendini tekrarlayan bilgilerin (redundancy) azaltılması ile gerçekleştirilmektedir.

Kayıplı sıkıştırmalarda, sıkıştırma oranı ile görüntü kalitesi arasında ters orantı vardır. Sıkıştırma oranı arttıkça görüntüdeki bozunumlar artar ve görüntü kalitesi düşer. Bu nedenle görüntü sıkıştırma algoritmalarını gerçekleştirirken sıkıştırma oranı ile görüntü kalitesi arasında bir optimizasyon yapılması gerekmektedir. Kayıplı sıkıştırma için JPEG2000 algoritmasında iki farklı yöntem kullanılmaktadır: "Oran Bozunum Optimizasyonu (RD-Optimization)" ve "Nicemleme (Quantization)".

GEZGİN-2 modüllerinde 4 kat, 8 kat vb. sıkıştırma modları için kullanılan "Oran Bozunum Optimizasyonu" yönteminde, hedeflenen sıkıştırma oranına ulaşana kadar kodlama yapılır. Ancak kodlama yapılırken, görüntünün çok bilgi içeren kısımlarındaki (örneğin şehir görüntüleri)

detayları kaybetmemek için kodlama sırasında görüntüde oluşan kayıplar ölçülür. Oluşan kayıplara göre hedeflenen sıkıştırma oranı alandan alana değişir ve çok bilgi içeren kısımlar daha uzun kodlanırken asıl sıkıştırma az bilgi içeren kısımlarda yapılır. Yapılan incelemede, GEZGİN-2 tarafından “Oran Bozunum Optimizasyonu” ile sıkıştırılan _X4 ve _X8 uzantılı kayıplı görüntülerde beklentilere uygun şekilde deniz, bulut, boş arazi gibi kısımlarda daha çok bozunum olurken şehir detaylarının daha iyi korunduğu görülmüştür.

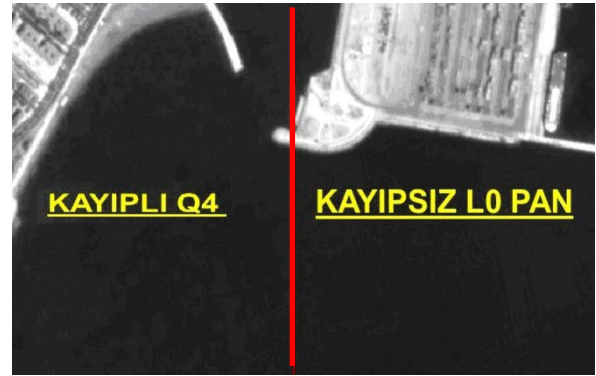
GEZGİN-2 modüllerinde _Q4, _Q5 vb. sıkıştırma modları için kullanılan “Nicemleme” yönteminde ise tüm görüntü karoları için aynı bit seviyesine ulaşmaya kadar kodlama yapılır. Bu yapılırken görüntünün çok veya az bilgi içeren kısımları arasında bir ayırım gözetilmez. Bu yöntemle sıkıştırılan görüntülerde bozunumlar görüntünün her tarafına eşit olarak dağıldığı için daha yüksek sıkıştırma oranlarına ulaşılır, ancak detay kaybı diğer yöntemlere göre daha fazla olur (İsmailoğlu, 2014).

Yörünge testleri kapsamında alınmış olan 10.06.2013 tarihli Malaga/İspanya görüntüsü farklı kayıplı sıkıştırma yöntemleri ile ve farklı oranlarda sıkıştırılmıştır (Tablo 4).

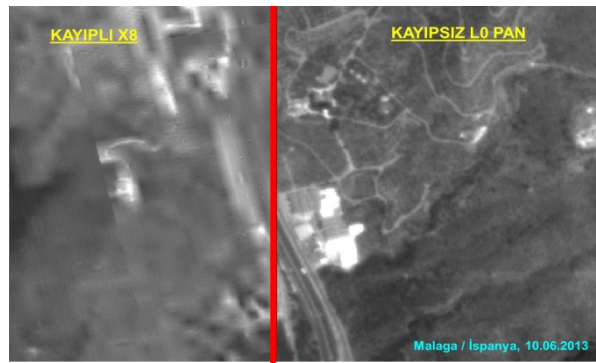
Tablo 4. Sıkıştırma yöntemleri ve oranları

Görüntü	Sıkıştırma Yöntemi	Sıkıştırma Oranı
Malaga_X4	Oran Bozunum Optimizasyonu	5.6 kat
Malaga_X8	Oran Bozunum Optimizasyonu	10,7 kat
Malaga_Q4	Nicemleme	8,3 kat
Malaga_Q5	Nicemleme	17 kat
Malaga_Q6	Nicemleme	38 kat

Sıkıştırma algoritmalarına ilişkin performansın değerlendirildiği bu çalışmalarda; kayıpsız veri ile “Nicemleme” algoritması kullanarak 8.3 kat kayıplı sıkıştırılmış veri karşılaştırılmış (Şekil 1), sıkışmış veride netliğin bozulduğu, görüntüde bulanıklık olduğu ve bazı karelajlar ile veri kayıplarının görüldüğü tespit edilmiştir. Aynı görüntünün “Oran Bozunum Optimizasyonu” algoritması kullanarak 5.6 kat kayıplı sıkıştırıldığı versiyonunda da bozulmaların daha az, 10.7 kat kayıplı sıkıştırıldığında ise (Şekil 2) netliğin çok daha fazla bozulduğu görülmüştür (Atak, 2014).



Şekil 1. Nicemleme algoritması

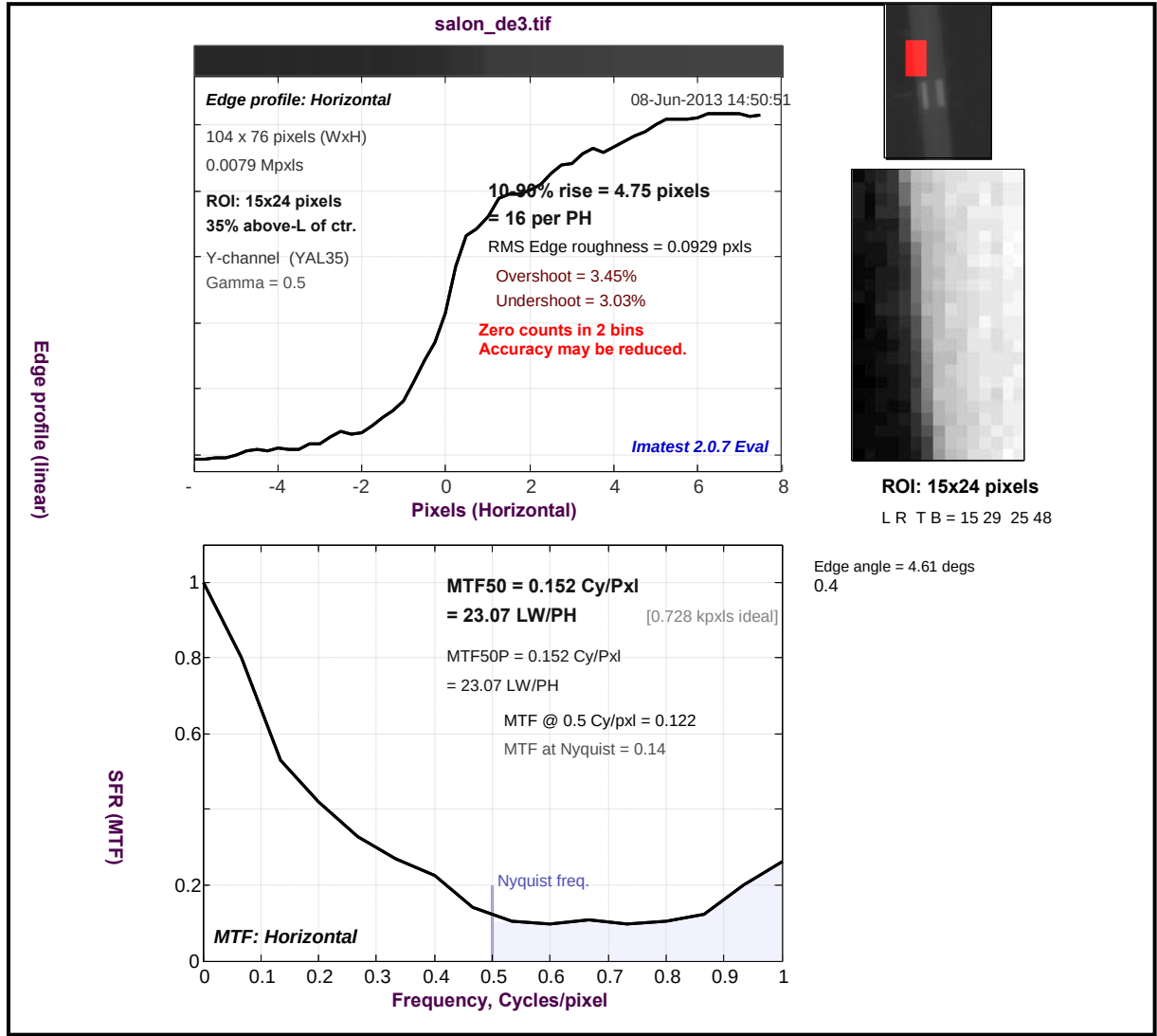


Şekil 2. Oran bozunum optimizasyonu algoritması

b. Modülasyon Transfer Fonksiyonu (MTF)

Görüntü kalitesi; “Gürültü Seviyesi” ile ifade edilen radyometrik çözünürlük ile “MTF” ile ifade edilen geometrik çözünürlük ve keskinlik parametreleri vasıtasıyla tanımlanır. Hedefin yansıması ile pikselin gri değeri arasındaki ilişki doğru ise görüntünün radyometrisi tatmin edicidir. MTF özellikleri çoğunlukla uydu fırlatılmadan önce ölçülür ancak bunlar sarsılma ve diğer bazı nedenlerle zaman içinde değişebilir. Bu nedenle yörünge testleri kapsamında MTF değeri yeniden incelenmelidir.

MTF değerinin belirlenmesi için MTF değeri bilinen diğer görüntüler ile karşılaştırma ve periyodik hedeflerin görüntülenmesi gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerin çoğunda, yeryüzündeki belirli hedefler kullanılarak Köşe ve Kenar Yayılma/Dağılma Fonksiyonu (Edge / Line Spread Function – ESF / LSF) ile MTF değeri belirlenmeye çalışılır (Crespi ve Vendictis, 2009). ESF yöntemi yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için en uygun yöntemdir ancak tüm yöntemlerin ortak özelliği özel bir test alanına ihtiyaç duymalarıdır (Léger, vd., 2003).



Şekil 3. MTF belirleme çalışmaları

Tablo 5. Görüntü işleme seviyeleri (Filiz, 2014)

Gör. İşleme Seviyesi	Elde edilecek görüntü türleri
Seviye 0 (L0)	Sıkıştırma ve radyometrik çözümleme yapılmış görüntü
Seviye 1 (L1)	Radyometrik düzeltilmiş görüntü (dedektör ve atmosferik hataları düzeltilmiş, gölge, gürültü ve bulanıklığı giderilmiş)
Seviye 2 (L2)	Geometrik olarak düzeltilmiş görüntü
Seviye 3 (L3)	Ortorektifiye edilmiş görüntü
Seviye 4 (L4)	Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)
Seviye 5 (L5)	Mozaik görüntü
Seviye 6 (L6)	Tematik Harita (Sınıflandırma/Analiz)

GÖKTÜRK-2 yörünge testleri kapsamında yapılan MTF belirleme çalışmalarında "Imatest" isimli yazılım kullanılmıştır. Bu amaçla keskin kenar özelliğine sahip bir havaalanı yolu ile bu yol yanındaki toprak bölge incelenmiş ve Nyquist frekansındaki (@0.5 cycles/pixel) MTF değeri %12.2 olarak elde edilmiştir (Şekil 3).

c. Görüntülerin İşlenmesi (Seviye 0-2)

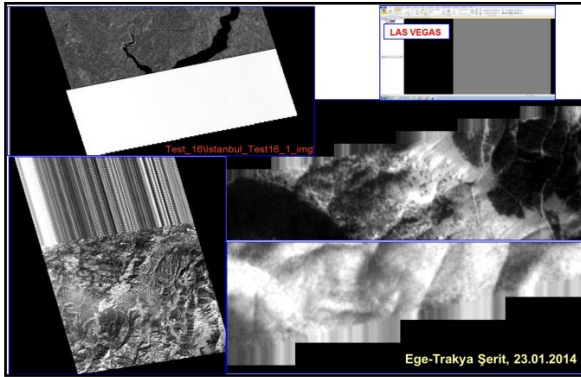
GÖKTÜRK-2 uydu sisteminde;

- Yer istasyonuna indirilen ham görüntüler, yer istasyonunda işlenen Seviye 0-2 (L0-L2) görüntüler ve bu görüntülere ilişkin metaveriler "**Temel Ürünler**",

- Seviye 2 (L2) üzerinde işlenerek elde edilen diğer ürünler ise "**Katma Değerli Ürünler**" olarak tanımlanmıştır (Tablo 5).

Test süreci içerisinde GÖKTÜRK-2 veri işleme yazılımı ile işlenen görüntüler üzerinde yapılan çalışmalarda, hem görüntünün nefaseti ile sahip olması beklenen görsel özellikler hem de veri işleme süreleri incelenmiştir. Bu inceleme çalışmalarında;

- Görüntü alımı başlangıcında boş alanlar ile veri kayıplarının olduğu ancak test süreci sonunda bu hataların giderildiği, görüntünün sağında ve solunda görüntü boyunca uzanan ve birer piksel genişliğindeki bozuk şerit alanlarının ise gözlenmeye devam edildiği (Şekil 4),

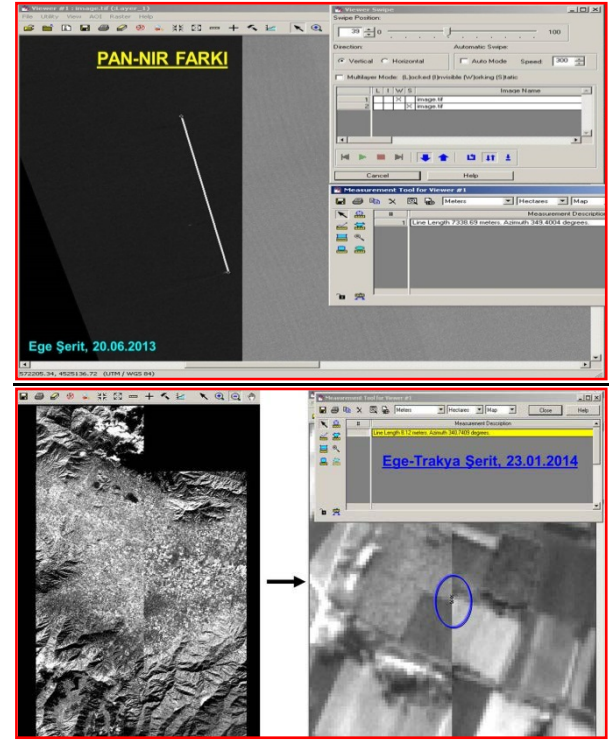


Şekil 4. Veri kayıpları

- L1 görüntülerin sahip olduğu konumsal bilgilerin uygun bir yapıda olmadıkları ve görüntülerin bölünmesi aşamasında bazı farklılıklar içerdikleri,

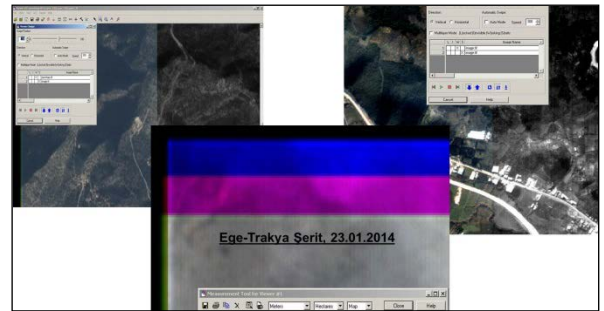
- Testlerin ilk aşamasında L2 Pan bandı ile diğer bantlar arasında görülen önemli miktardaki kayıklıkların (özellikle Pan-NIR bandı arasında 7-

10 km), yapılan düzenlemeler ile testlerin son aşamasında NIR bandı (< 20 m) dışında ihmal edilebilir seviyelere indiği (Şekil 5),



Şekil 5. Pan-NIR bandı arasındaki kayıklıklar
(Üstte İlk Aşama / Altta İkinci Aşama)

- L2 Pan ile L2 NIR bantlarının aynı alanı kapsayacak şekilde veri işleme yazılımı tarafından işlenmedikleri, bu nedenle birleştirilmiş görüntülerin kenarlarında her bir bant parçasının ayrı ayrı şeritler halinde görüldüğü, ancak bu farklılıkların konumsal bir kayıklığa yol açmadığı (Şekil 6),



Şekil 6. Birleştirilmiş görüntüler

- Testlerin ilk aşamasında görülen görüntü işleme sürelerinin, yapılan çalışmalar ile çok önemli oranda azaltıldığı (Tablo 6),

• Verilerin farklı formatlara (Tiff, Img, NITF vb.) ve projeksiyonlara / koordinat sistemlerine başarılı bir şekilde dönüştürülebildiği,

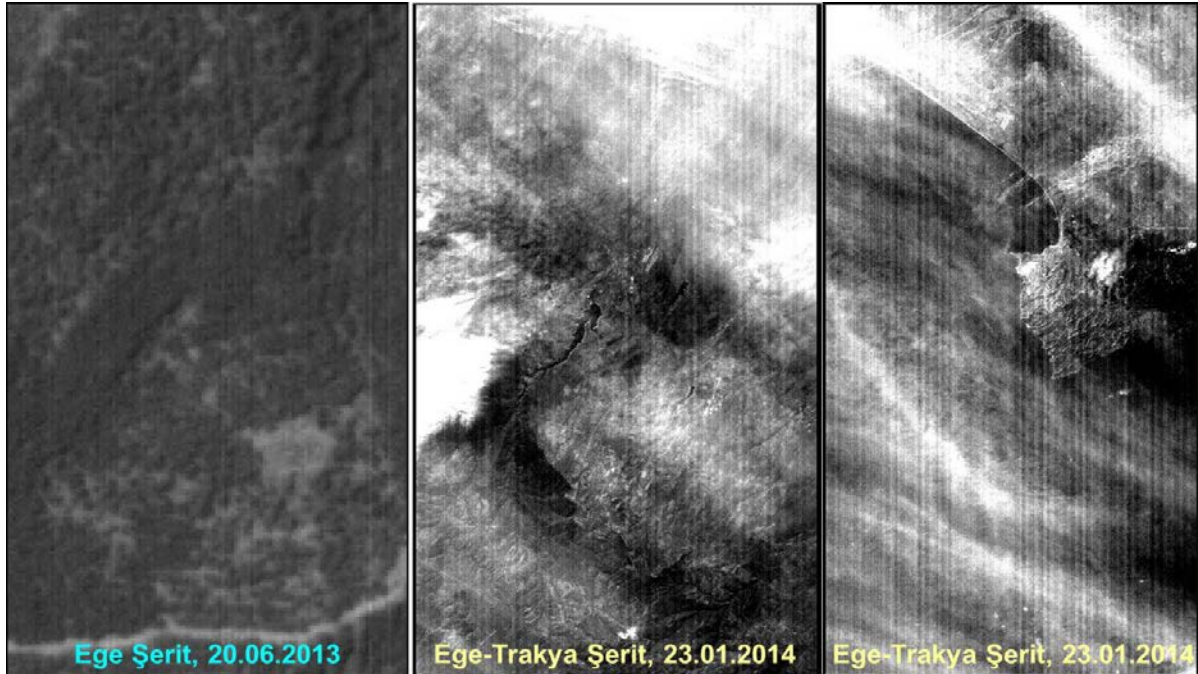
• Görüntüler üzerinde, arazi detaylarını ve ileri seviye görüntü işleme uygulamalarını engelleyebilecek tarzda dikey çizgiler oluştuğu, bu çizgilerin özellikle tarla vb. gibi düz alanlarda daha belirgin hale geldiği (Şekil 7), (CCD'lerin rölatif algılama farklılıklarından kaynaklanan bu çizgilerin radyometrik kalibrasyon ile giderilebileceği tespit edilmiş ve Eylül 2014

ayında Tuz Gölü/Türkiye bölgesinde bir kampanya gerçekleştirilmiştir)

• Dünyanın farklı bölgelerinden alınan bazı görüntülerin veri işleme yazılımında işlenirken özellikle NIR bandında büyük bozulmalara maruz kaldığı/format dönüşümlerine olumlu yanıt vermediği, ancak bu aksaklıkların test sürecinde yapılan ilave çalışmalar ile giderildiği tespit edilmiştir (Atak, 2014) (Şekil 8).

Tablo 6. Görüntü işleme süreleri (L0-L2)

İşlem	40 Scene için Süre (Şubat 14)	44 Scene için Süre (Haziran 14)
L0	23'	21'25"
L1	6'	2'59"
Görüntü Bölme	6' (6 parçaya bölme)	3'43" (4 scene'lik bindirmeli 14 parçaya bölme)
Bant Eşleme (L1R)	36'	13'18"
PanSharpen	36'	2'48"
Kontrast iyileştirme	234'	1'10"
Keskinleştirme		42"
L2		50'24"
Toplam	341 dk	96 dk 29 sn

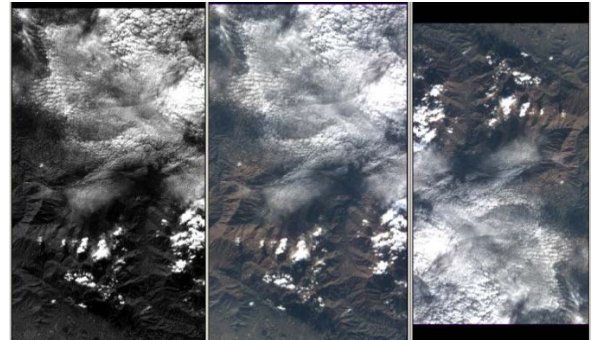


Şekil 7. Görüntüde yer alan dikey çizgiler

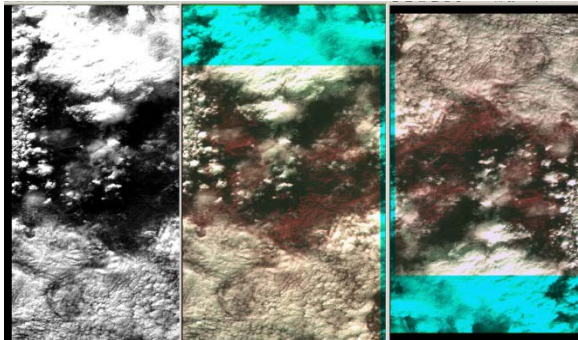
GÖRÜNTÜ İSMİ	LEVEL	HATA (Bantlar)				
		0	1	2	3	4
ADELAIDE	L1	Yok	Yok	Yok	Yok	S-1
BOSTON	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-2
DENVER	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-3
DOHA	L1	Yok	S-4	S-5	Yok	Yok
	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-6
DUBAI	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-7
IRKUTSK	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-8
KARACHI	L1	S-9	Yok	Yok	Yok	S-10
	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-11
LAS VEGAS	L1	Yok	S-12	S-13	S-14	S-15
	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-16
LYON	L1	Yok	S-17	S-18	S-19	S-20
	L2	S-21	Yok	Yok	Yok	S-22
ROMA	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-23
SAN ANTONIO	L1	Yok	Yok	Yok	Yok	S-24
	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-25
SAN FRANCISCO	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	S-27
SARAY BOSNA	L1	S-26	Yok	Yok	Yok	Yok
	L2	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

Şekil 8. Görüntülerin bant bazında incelenmesi (Yok; Hatasız, S; Hatalı)

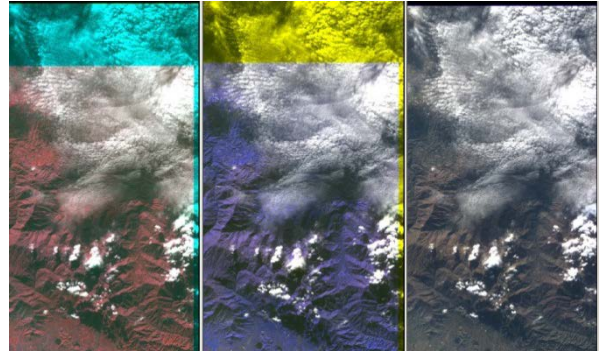
Bu aşamada, L1→L1R şeklinde işlenmiş görüntüler kullanılarak hem veri işleme yazılımı ile hem de Erdas Imagine yazılımı ile renklendirilmiş (PANS) görüntüler üretilmiş ve bu görüntüler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemelerde, bantların farklı kapsama alanlarına sahip olması nedeniyle 4-3-2 bant sıralamasında görüntüler arasında farklı renk bilgisine sahip bölümler olduğu ve L1 görüntülerin farklı konum bilgileri içerdiği görülmüştür. Gerçek arazi renklerinin kullanıldığı 1-2-3 bant sıralamasında ise renk farklılıklarının yok olduğu belirlenmiştir (Şekil 9, 10 ve 11).



Şekil 10. L1 görüntülerden PANS üretimi (1-2-3)



Şekil 9. L1 Görüntülerden PANS üretimi (4-3-2)

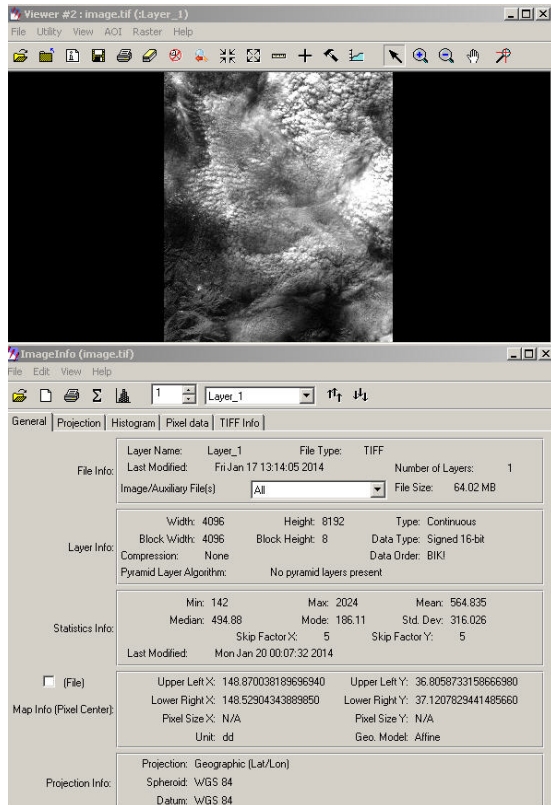


Şekil 11. Farklı bant kombinasyonlarında PANS üretimi (4-3-2, 1-2-4, 1-2-3)

ç. Çözünürlük Değeri ve Metaveri Bilgileri

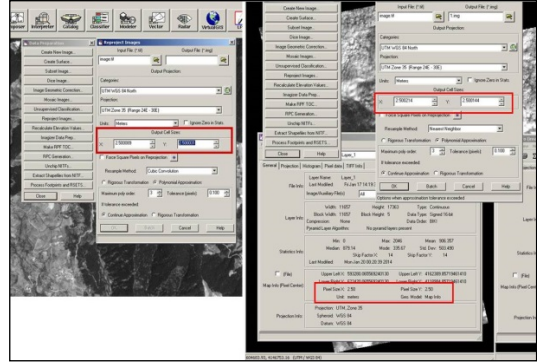
Testler kapsamında görüntülerin radyometrik çözünürlük değerleri hem metaveri bilgileri hem de piksellerin yansıma değerleri üzerinden incelenmiştir. Bu incelemelerde, L1 görüntülerin bilgilerinden veri tipi, bir satırdaki piksel sayısı ile istatistik değerleri kontrol edilmiştir.

Bu testte kontrol edilen örnek görüntüde veri tipi olarak "Signed 16 Bit" bilgisi, bir satırdaki piksel sayısı (width) olarak PAN bandı için "8192", diğer bantlar için de "4096" değeri, gri değeri (gray scale) olarak da "140-2000" aralığında yer alan değerler tespit edilmiştir. Bu değerler ayrıca histogram bölümünden de teyit edilmiştir. Öte yandan metaveri bilgilerinde Unsigned 11 bit için "0-2047", Unsigned 16 bit için de "0-65535" değerlerinin okunması gerektiği göz önüne alınarak, görüntünün 11 bit anlamlı 16 bitlik bir veri yapısına sahip olduğu değerlendirilmiştir. Görüntünün ortalama ve standart sapma değerleri de gözlenmiş (min: 142, max: 2014, ortalama: 564, standart sapma: 316) ve verinin radyometrik olarak zengin bir yapıda olduğu belirlenmiş, görüntü kapsama alanının metaveri bilgileri ile kesişmesi kontrol edilerek alanların aynı bölgeleri kapsadığı görülmüştür (Şekil 12).



Şekil 12. Görüntü bilgilerinin incelenmesi

Görüntülerin sahip olduğu 2.5 m.lik mekansal çözünürlük değeri de, piksel boyutunun hem görüntü üzerinde ölçülmesi hem de görüntünün (*reproject vb.*) farklı işlemlere tabi tutulduğunda sistem tarafından sunulan otomatik piksel boyutu incelenerek doğrulanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Mekansal çözünürlük değerinin incelenmesi

GÖKTÜRK-2 uydusu 700 km irtifada 2.5 m (PAN) / 5.0 m (RGB-NIR) çözünürlükte görüntü alacak şekilde tasarlanmış olup, bu husus göz önünde bulundurularak yapılan test çalışmalarında kullanılan Bandırma havaalanı bilgileri hem Wikipedia veri tabanında incelenmiş hem de HGK tarafından geliştirilen Coğrafi Analiz Sistemi – CAS veri tabanında ölçülmüştür. Buradan elde edilen 3007 m.lik uzunluk bilgisi, GÖKTÜRK-2 görüntüleri üzerinden hesaplanan piksel sayısına bölünerek GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin çözünürlüğü tespit edilmiştir. Bu hesaplama sonucunda PAN bandı için 2.45 m (3007 m/1225 piksel), renkli bantlar için ise 4.90 m (3007 m/612 piksel) değeri elde edilmiştir. Test görüntüsünde irtifaya bağlı olarak elde edilen söz konusu çözünürlük değerlerinin tatmin edici olduğu değerlendirilmiştir (Atak, 2014).

Görüntülerin metaveri dosyaları ve bilgileri incelendiğinde ise;

- L2 görüntülerin metaveri bilgileri içerisinde yer alan kapsama alanı sınırlarının sadece belirli bir çerçevede koordinat bilgisi içerdiği ve ekranın tamamında koordinat bilgisinin okunamadığı,
- Okunan koordinatların metaveri içinde yer alan köşe koordinatları ile uyumsuz olabildikleri,
- L2 görüntülerin UTM koordinat sisteminde üretildiği ve tüm dünya üzerinde görüntü alımı göz önüne alındığında bu durumun kullanıcıyı bazı hatalara sürükleyebileceği, Testlerin ilk aşamasında henüz üretilmemiş olan Rasyonel Polinomial Katsayılar (Rational Polynomial

Coefficients – RPC) dosyalarının yenilenen testlerde her bir bant için ayrı ayrı üretildiği (rpc.txt),

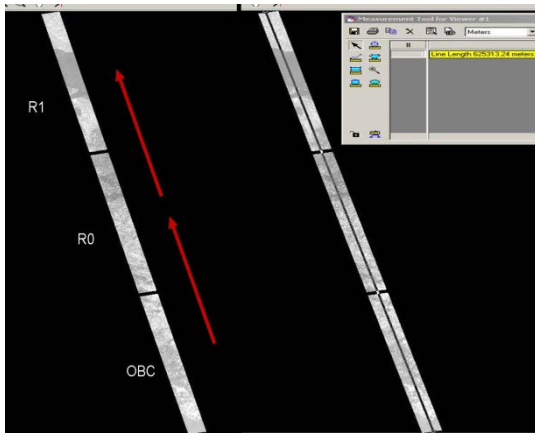
- Çözünürlük farklılığı nedeniyle PAN dışındaki diğer tüm bantların RPC dosyalarının aynı olduğu ancak konumlamaya yönelik yeterli bilgileri içeren (Spot DIMAP gibi) bir görüntü bilgi / efemeris dosyasının bulunmadığı,

- Kullanılan ticari yazılımların çoğunun (ENVI yazılımının 5.1 versiyonu hariç) henüz GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin metaveri bilgilerini tanımadığı ve bu verilere yönelik eklentileri oluşturamamış/yayınlanamamış oldukları tespit edilmiş, bu hususta yapılan girişimlerin ise kısa sürede sonuçlanmasının beklendiği bilgisi alınmıştır.

d. Nokta/Şerit/Alan/Stereo Görüntü Alımı

Test çalışmaları kapsamında GÖKTÜRK-2 uydusu ile nokta, şerit, geniş alan ve stereo görüntü çekimleri yapılmıştır. Bu görüntüler üzerinde yapılan inceleme çalışmalarında elde edilen bilgiler aşağıda sunulmuştur.

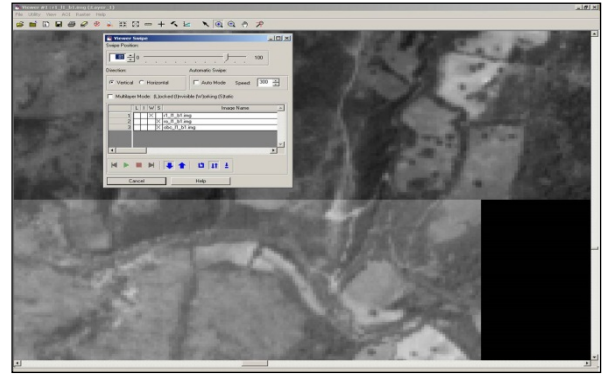
Nokta ve şerit modunda görüntülerin istenilen boyutta/uzunlukta olup olmadıkları ölçülmüş ve farklı veri depolama birimlerine kaydedilen görüntüler arasında herhangi bir açıklık kalıp kalmadığı araştırılmıştır. 20.06.2013 tarihinde saat 08.11'de (Coordinated Universal Time - UTC) 120 parça (scene) olarak elde edilen Ege bölgesi şerit çekiminde, görüntülerin üst üste binmediği, L2'de projeksiyona oturtulma sonucunda şerit parçalarını oluşturan görüntüler arasında 4500 m civarında açıklıklar olduğu ve farklı veri depolama birimlerine kaydedilen alanların kapsama bilgilerinin aynı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Görüntüler arasındaki açıklıklar

Kapsama alanı bilgilerinin aynı olması ve L1 görüntülerin doğru şekilde üst üste bindirilerek açılabilmesi nedeniyle, görüntülerin veri depolama birimlerine paylaştırılması sırasında herhangi bir veri kaybı olup olmadığını tespit etmek amacıyla, geometrik model ile projeksiyon bilgileri silinmiş ve piksel koordinat sisteminde yeniden konumlandırılmışlardır.

Piksel koordinat sisteminde yapılan konumlandırma sonrasında görüntüler üst üste aynı ekranda açılabilmiş ve kontrollerde herhangi bir veri kaybına rastlanmamıştır. Kapsama alanı bilgilerinin aynı olması hatası test sürecinde giderilmiş olup, 15.01.2014 tarihinde saat 08.12'de (UTC) 120 parça (scene) olarak elde edilen Muğla-Edirne bölgesi şerit çekiminde 613 km.lik görüntünün tek parça şeklinde kesintisiz ve sorunsuz olarak alınabildiği teyit edilmiştir (Şekil 15).

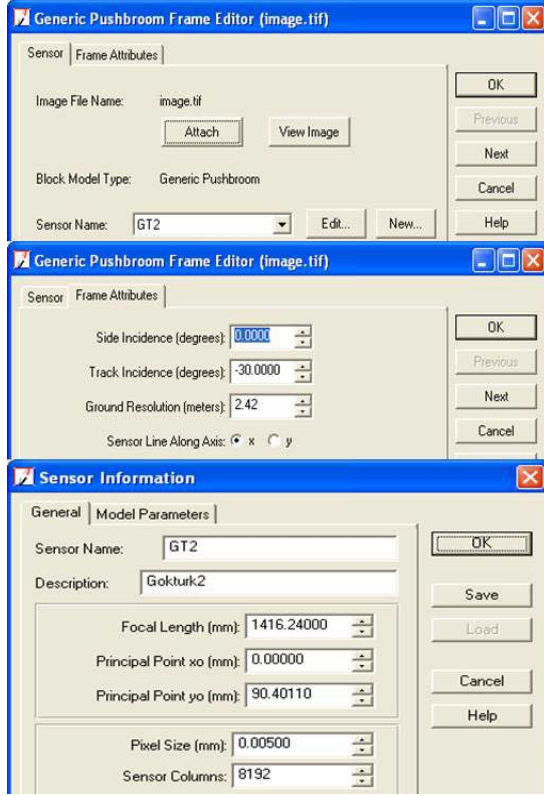


Şekil 15. Görüntülerin birleşimi

Stereo görüntü alımı çalışmalarında ise hem yurtdışı hem de yurtiçi alanlara yönelik görüntüler alınmış, bu verilerden Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretimleri gerçekleştirilmiş ve bu modeller HGK arşivlerinde mevcut SYM'ler ile karşılaştırılmışlardır.

Testlerin ilk aşamasında kullanılan veri işleme yazılımı, alınan veriler ile birlikte RPC dosyası oluşturmadığından RPC verileri ile bir çalışma yapılamamıştır. Bununla birlikte, daha önceden de ifade edildiği gibi, görüntülere yönelik işlemlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla testler esnasında TÜBİTAK Uzay Teknoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden elde edilen bazı bilgiler ile oluşturulan yaklaşık kamera modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, Erdoğan vd. (2013) tarafından RASAT uydu modeli için uygulanan yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemde uydu modeli olarak modelin elle tanımlanabildiği "generic pushbroom" modeli seçilmiş, GÖKTÜRK-2 uydusu için GT2 adında bir

algılayıcı tanımlanmış ve GÖKTÜRK-2 algılayıcısına ait odak uzaklığı, piksel boyutu gibi parametreler tanımlanmıştır. Bu model ile, tarayıcı sistemle çalışan sistemlerle elde edilen görüntülerin dış yöneltme elemanları polinomlar ile hesaplanabilmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. GÖKTÜRK-2 fiziksel kamera modeli

6. STEREO GÖRÜNTÜ VE SYM ÜRETİMİ

Stereo görüntü alımı çalışmaları kapsamında ilk olarak 10.06.2013 tarihinde saat 08.45'de (UTC) her biri 20 parça (scene) olarak Kalamata/Yunanistan bölgesine ilişkin stereo görüntü çifti alımı gerçekleştirilmiştir. Bu görüntüler L2 aşamasına kadar işlenmiş, ilgili kamera parametreleri ile Google Earth (GE) yazılımı kaynaklı 11 adet yer kontrol, 2 adet düşey kontrol ve 60 adet bağlama noktası kullanılarak stereo görüntü oluşumu sağlanmıştır. Erdas Imagine yazılımı ile bu stereo görüntüden 90 metre çözünürlüklü bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) otomatik olarak oluşturulmuş ve bu model ilgili SRTM1 Versiyon-2 (V2) verisi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda 10.51 m'lik bir ortalama hata ve 56.446 m'lik bir standart sapma değeri elde edilmiştir. Burada elde edilen 10 m civarındaki doğruluk değeri;

- Google Earth (GE) yazılımı kaynaklı yer kontrol noktalarının (YKN) iyi bir doğruluğa sahip olduğunu ve stereo görüntüde büyük bir hata kaynağı oluşturmadıklarını,

- Stereo görüntü elde etme amacıyla oluşturulan kamera modelinin tutarlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Elde edilen stereo görüntü incelendiğinde; görüntü üzerinde bazı noktalarda özellikle z yönünde konumsal kayıklıklar ile standart yapıda olmayan bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde bu bozulmaların;

- Görüntünün uzun bir şerit olarak çekilmesi nedeniyle dengeleme hassasiyetinin düşmesi,

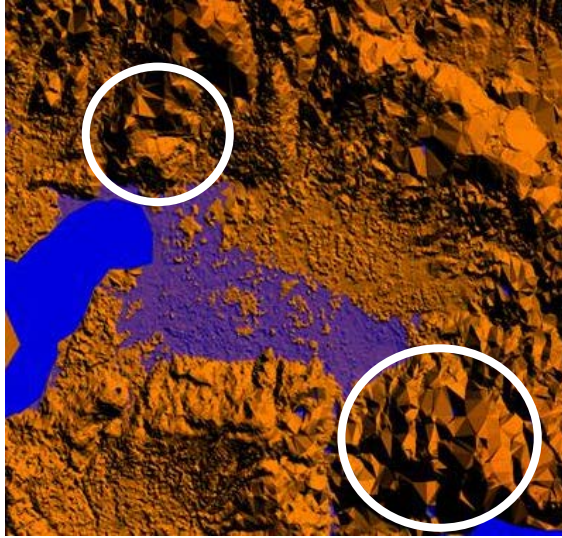
- Çalışmanın herhangi bir projeksiyon düzlemine oturtulmamış L1 veriler yerine L2 verilerle yapılmış olması,

- Çekim yapılan bölgede YKN'lerin çok iyi doğruluğa sahip olmaması,

- Kamera modelinin yeterli doğruluğu sağlayamaması kaynaklı olduğu öngörülmüştür.

Bu nedenlerle, çalışmanın kontrol noktası ve SYM doğruluğunun yüksek olduğu yurt içi bir bölgede, spot olarak alınmış ve L1 olarak işlenmiş yeni bir görüntü çifti üzerinde tekrarlanmasına karar verilmiştir. 23.06.2013 tarihinde yapılan İzmir bölgesi stereo görüntü çekiminde alınan görüntüler L1 aşamasına kadar işlenmiş ve Erdas Imagine yazılımı LPS modülü ile stereo model oluşturulmuştur. Bu aşamada, HGK tarafından hava fotoğraflarından üretilen 45 cm çözünürlüklü ortofoto görüntüler üzerinde 39 adet yer kontrol, 6 adet bağımsız kontrol ve 52 adet bağlama noktası ölçülmüştür. Yapılan dengeleme sonucunda yaklaşık 5 m'lik bir iç doğruluğa ulaşılmış, bağımsız denetleme (kontrol) noktalarında ise 11.31 m yatay, 5 m düşey konumsal doğruluk değeri elde edilmiştir.

Stereo çiftten farklı parametrelerle 2 adet SYM üretilmiş (SYM1 ve SYM2), üretilen SYM'lerde özellikle (tarla vb.) tekdüze bölgelerde görüntü eşlemenin iyi gerçekleştirilemediği ve büyük hatalar olduğu görülmüştür. Bu hataların, görüntü üzerinde yer alan çizgilerin görüntü eşleme esnasında yazılım tarafından arazi detayı gibi kabul edilerek yanlış eşleme yapılmasından veya eşleme yapılamamasından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. SYM oluşumu

Üretilen SYM'lerden 13 km x 16 km'lik bir alan HGK arşivlerinde mevcut SYM ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen farklar ile standart sapma değerlerinin beklentilerin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Üretilen SYM'lerde daha iyi görüntü eşleme yapılan ve kaba hataların bulunmadığı yaklaşık 7 km x 7 km'lik bir alan kesilerek bu bölge daha detaylı olarak ayrıca incelenmiştir. Bu küçük alanda yapılan incelemede maksimum farklar, ortalama farklar ve standart sapmanın makul seviyelerde gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7. Elde edilen farklar

	SYM	Min./Max. Değerler (m)	Ortalama Fark (m)	StandartS apma (m)
13x16 km.lik alan	SYM1	-1883/23599	1,996	116,192
	SYM2	-1545/7264	4,818	146,823
7x7 km.lik alan	SYM1	-309/131	16,589	22,673
	SYM2	-51/93	7,221	6,741

Son olarak, üretilen stereo modelde görsel olarak 3 boyutlu ölçüm ve kontroller de yapılmıştır. Bölgede yer alan 5 adet zirve noktasının yüksekliği stereo modelden okunmuş ve 1:25.000 ölçekli haritalardaki gerçek yükseklikler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan kontrolde farkların 1-5 m aralığında olduğu görülmüştür (Atak, 2014).

Elde edilen sonuçlar, uydunun geometrik olarak yüksek doğruluklu SYM üretimine uygun olduğunu ancak görüntüdeki radyometrik bozulmaların otomatik eşleme ile SYM üretiminde doğruluğu düşürdüğünü göstermektedir.

7. ORTOFOTO ÜRETİMİ VE ELDE EDİLEN KONUMSAL DOĞRULUKLAR

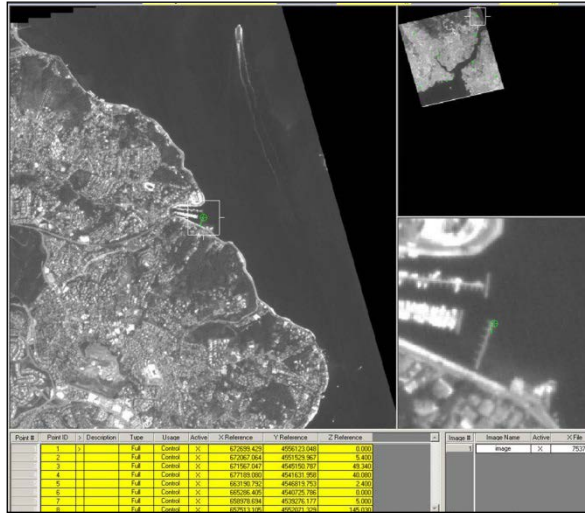
Konumsal doğruluk yetenekleri, test çalışmaları kapsamında çekilen ve şehirsel alanlara ait olan görüntülerde incelenmiştir. Bu çalışmalarda veri işleme yazılımı ile L2 olarak işlenen görüntüler Erdas Imagine yazılımı LPS (Leica Photogrammetric Suite) modülü kullanılarak ortofoto haline dönüştürülmüş ve doğruluğu araştırılmıştır.

L2 olarak işlenmiş görüntülerin konumsal doğruluğu temel olarak HGK tarafından geliştirilen Coğrafi Analiz Sistemi - CAS yazılımında yer alan 30 cm / 45 cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından üretilen ortofoto görüntülerden ölçülen rastgele noktalar vasıtası ile incelenmiştir. Testin ilk aşamasında gerçekleştirilen incelemelerde; görüntüler üzerinde yaklaşık 4000 m civarında kayıklıklar olduğu ve bu kayıklıkların görüntü alım istikametine ters yönde olmak üzere aşağıya doğru gidildikçe arttığı gözlenmiştir. İlk değerlendirmelerden sonra uydu yer yazılımında yapılan düzenlemelerle testin ikinci aşamasında söz konusu kayıklıkların 250 – 450 m civarına düştüğü gözlenmiştir. Ancak bu değerlerin farklı bölgelerde daha iyi veya daha kötü sonuçlar vermesi de beklenmelidir.

Ortofoto veri üretimi kapsamında ise ilk olarak 20.06.2013 tarihinde saat 04.57'de (UTC) 4 parça (scene) olarak elde edilen Almata/Kazakistan bölgesine ait görüntü kullanılmıştır. RPC dosyaları olmadığı için, görüntünün konumlandırılması amacıyla 9 adet YKN'ye ilişkin koordinat bilgileri GE uygulamasından elde edilmiştir. Sayısal yükseklik verisi olarak ise Aster DEM modeli kullanılmıştır.

Ortofoto üretimi çalışmalarında ikinci olarak, 17.06.2013 tarihinde saat 08.03'te (UTC) 4 parça (scene) olarak İstanbul bölgesine ait alınan görüntü kullanılmıştır. Koordinat farklarını bir başka kaynak ile karşılaştırmak amacıyla, 10 adet YKN'ye ilişkin koordinat okumaları yine GE uygulamasından gerçekleştirilmiştir. Sayısal yükseklik verisi olarak doğruluğu yüksek HGK DTED2 modeli kullanılmıştır (Şekil 18).

Dengelemeler sonucunda elde edilen iç doğruluklar (4-5 m) işlemlerin yeterli hassasiyette gerçekleştirilmiş olduğunu teyit eder niteliktedir (Tablo 8).



Şekil 18. İstanbul görüntüsü ortofoto üretimi

Tablo 8. Dengeleme iç doğrulukları

	GCP Sayısı	x (m)	y (m)	Toplam (m)
Almata	9	3.2865	2.2285	3.9709
İstanbul	10	2.2408	4.9791	5.4601

Ortofoto üretimi sonrasında elde edilen görüntüler, halihazır sistemlerde kullanılan arşiv görüntüleri ile karşılaştırılarak planimetrik konumsal doğruluk farkları tespit edilmiştir.

Yurt dışı görüntüde (Almata) bu işlemin çok sağlıklı olduğu söylenemez, çünkü elde doğruluğu yüksek bir referans veri mevcut değildir. Veriler GE ve Aster DEM verisi ile ortofoto haline getirilmiş, konumsal farklar YKN'lerden farklı olarak seçilen ancak yine GE veritabanında yer alan noktalar kullanılarak belirlenmiştir. Yurt içinde ise (İstanbul) elde doğruluğu yüksek bir referans veri mevcut olduğundan bu işlemin daha sağlıklı olduğu söylenebilir. Veriler GE ve HGK DTED2 verisi ile ortofoto haline getirilmiş, konumsal farklar HGK CAS veri tabanında yer alan noktalar kullanılarak belirlenmiştir (Atak, 2014).

Tablo 9. Göktürk-2 ortofoto üretimi ve doğruluk araştırmasında kullanılan kaynak veriler

Kaynak Veri	SYM	GE Kaynaklı YKN	Okunan Nokta (Check)	Kontrol Verisi
Almata Ortofoto	Aster DEM	9 Adet	29 Adet	GE
İstanbul Ortofoto	HGK DTED2	10 Adet	30 Adet	HGK CAS

Tablo 10. Ortofotoların ortalama hataları

Kaynak Veri	Ortofoto Üretiminde Kullanılan Veri	Kontrol Verisi	Ortalama Hata (m)		
			X	Y	Yatay
Almata Ortofoto	Aster DEM + GE YKN	GE	8,18	7,61	12,17
İstanbul Ortofoto	HGK DTED2 + GE YKN	HGK CAS	10,00	12,00	16,70

Tablo 11. Ortofotoların karesel ortalama hataları

Kaynak Veri	Ortofoto Üretiminde Kullanılan Veri	Kontrol Verisi	Karesel Ort. Hata (m)		
			X	Y	Yatay
Almata Ortofoto	Aster DEM + GE YKN	GE	10,38	10,03	14,43
İstanbul Ortofoto	HGK DTED2 + GE YKN	HGK CAS	12,91	14,06	19,09

Ortofoto üretimi ve doğruluk araştırmasında kullanılan kaynak veriler Tablo 9'da, üretilen ortofotoların ortalama hataları Tablo 10 ve karesel ortalama hataları Tablo 11'de sunulmuştur.

Son olarak, testin ikinci aşamasında veri işleme yazılımı tarafından oluşturulan RPC dosyaları kullanılarak ortofoto görüntüler üretilebilmiştir. Bu kapsamda, ENVI yazılımının 5.1 versiyonu ile NITF formatlı L1 görüntüler ve ilgili metaveri dosyaları (package.xml ve rpc.txt) kullanılarak YKN olmaksızın L3 ortofoto görüntüler elde edilmiştir. Ancak, günümüz itibarı ile bu imkan sadece ENVI yazılımında söz konusudur.

Yapılan konumsal doğruluk çalışmaları; GÖKTÜRK-2 uydu bilgilerini içeren yaklaşık kamera modeli ile doğruluğu çok yüksek olmayan 9-10 adet YKN kullanılarak yapılan ortofoto üretimleri sonucunda, YKN ağı içerisinde ve kaba hata ayıklaması yapılmaksızın 20 m'nin altında bir konumsal doğruluğa erişmenin mümkün olduğunu göstermiştir.

8. SONUÇ VE TEKLİFLER

17 Nisan 2007 tarihinde başlayan süreçte, GÖKTÜRK-2 uydusu 18 Aralık 2012 tarihinde uzaya fırlatılmış ve uyduya yönelik test ve kalibrasyon faaliyetleri 30 Ocak 2014 tarihinde başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

GÖKTÜRK-2 projesi ile uzay/uydu sistemlerine yönelik teknoloji ve uzman insan

gücü ile başta TSK olmak üzere tüm kamu kurum ve kuruluşlarının dışa bağımlı uydu görüntü ihtiyaçlarının milli imkân kabiliyetlerle karşılanması hedeflenmiştir.

İlgili proje dokümanları ve sözleşmesel hususlar çerçevesinde yürütülen GÖKTÜRK-2 uydu sistemi yörünge testleri kapsamında, görüntü özelliklerine yönelik bazı temel gereksinimler doğrulanmaya çalışılmış, her bir test konusuna yönelik hem TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü hem de Hava Kuvvetleri Komutanlığı ve MSB Harita Genel Komutanlığı tarafından detaylı teknik raporlar hazırlanmıştır.

Türk Silahlı Kuvvetleri envanterine giren GÖKTÜRK-2 uydusunun komuta ve kontrolü Hava Kuvvetleri Komutanlığı personeli tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştirilmekte, uydu görüntüleri talep sahipleri ile koordine edilerek uygun seviyelerde işlenmekte/sunulmakta ve geleceğe yönelik planlanan milli uydu sistemleri için bir uzay tarihçesi oluşturulmaktadır. Öte yandan, projenin ARGE niteliği dikkate alınarak, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından Hava Kuvvetleri Komutanlığı ile koordineli olarak yer yazılımlarının iyileştirmesi çalışmalarına devam edilmektedir.

Bu çalışma ile, GÖKTÜRK-2 uydu sisteminin yörünge testleri kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler hakkında bilgi sunmak ve elde edilen sonuçlar ile kazanılan tecrübelerin paylaşılması hedeflenmiştir. Testler sonucunda GÖKTÜRK-2 uydu görüntülerinin;

- Kamu kurum ve kuruluşlarının yüksek çözünürlüklü uydu görüntü ihtiyaçlarını önemli oranda karşılayabileceği,
- Kullanıcı destekli çalışmalar ile birçok farklı haritacılık uygulamasında ve uydu yörünge/yönelme bilgilerinin iyileştirilmesi sonrası ortofoto/SYM verilerinin üretiminde kullanılabileceği,
- Yaklaşık kamera modeli ile doğruluğu yüksek YKN ve SYM kullanılarak iyi bir konumsal doğruluk (< 10m) sağlayabileceği tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, test çalışmalarında elde edilen tecrübeler ışığında, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilecek iyileştirme faaliyetleri kapsamında;

- L1 ve L2 görüntülerin sahip olduğu koordinat bilgilerinin düzenlenmesinin,
 - Görüntülerdeki çizgisellik hatalarının ve veri kayıplarının giderilerek farklı bant kombinasyonlarına sahip görüntülerin iyileştirilmesinin,
 - Tuz Gölü bölgesinde gerçekleştirilen radyometrik kalibrasyon işlemlerinin sonuçlarının detaylı bir şekilde araştırılmasının,
 - L2 PAN ile L2 NIR bantları görüntüleri arasında var olan kayıklıkların tamamen giderilmesinin,
 - L2 RGB ve L2 PANS görüntülerin otomatik olarak üretilebilmesinin,
 - İleri seviye haritacılık ve görüntü işleme çalışmalarında kullanılmak üzere fiziksel kamera modelinin tüm kamera özelliklerini ve bilgilerini içerecek şekilde iyileştirilmesinin yararlı olacağı değerlendirilmiştir.
- Önümüzdeki yıllarda tamamlanması planlanan milli uydu sistemlerinin testlerinde daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla;
- Test çalışmaları öncesinde kalibrasyon işlemlerine yönelik çalışmaların planlanması ve bu çalışmaların uydunun ömrü boyunca tekrarlanabilmesi yönünde tedbirler alınması,
 - Test aşamasında yansıma değerleri/konum bilgileri önceden tespit edilmiş/ölçülmüş farklı amaçlara hizmet edebilecek test alanları ile YKN'lerin kullanılması,
 - Test alanlarının iyi hava koşullarına, farklı coğrafi detaylara ve yüksek kontrastlığı olan yeterli sayıda YKN'lere sahip olması,
 - İlgili uluslararası standartların takip edilmesi ve özellikle metaveri bilgi dosyalarının bu standartlara uygun biçimde oluşturulması,
 - Son kullanıcıların uydu görüntüleri ile etkin bir şekilde çalışabilmesi amacıyla, geliştirilen uydu sistemine ilişkin kamera/görüntü metaveri bilgilerinin yeterli süre öncesinden ilgili ticari yazılım firmalarına sağlanması uygun olacaktır.
- Sonuç olarak; GÖKTÜRK-2 projesi kapsamında elde edilen milli başarı ve kazanılan tecrübenin, ülkemizde yürütülen/yürütülecek olan tüm uydu ve uzay projelerine önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan GÖKTÜRK-2 uydu test görüntüleri ile görüntü işleme yazılım ve donanımları sağlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığına, MSB Harita Genel Komutanlığına ve TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Ayrıca, bu makalenin yazılmasına verdikleri destek nedeniyle; Hv.İsth.Bnb.Hüseyin KİREMİTÇİ, Hv.Uçk.Bkm.Yzb.Emrah ÇINAR ve Hv.Kont.Yzb.Ersan BATUR başta olmak üzere tüm Keşif Uydu Tabur Komutanlığı ile Hava ve Uzay Şube Müdürlüğü personeline, Hv.İsth.Bnb.Fatih Güven GÜLTEKİN'e ve De.Me.Yusuf Orhan'a da teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

Atak, V.O., **GÖKTÜRK-2 Uydu Sistemi Görüntü Testleri** (Sözlü Sunum), Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı, 19-20 Mart 2014, Ankara.

Crespi, M. ve Vendictis, L.D., **A Procedure for High Resolution Satellite Imagery Quality Assessment**, Sensors, 2009, 9, 3289-3313; doi:10.3390/s90503289, www.mdpi.com/journal/sensors, [Erişim 09 Nisan 2014].

Çınar, E., **GÖKTÜRK-2 Uydu Sisteminin Operasyonel Kabiliyetleri** (Sözlü Sunum), Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı, 19-20 Mart 2014, Ankara.

Erdoğan, M., Yılmaz, A., Eker, O., **RASAT Uydu Görüntülerinin Geometrik Doğruluğu**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.

Filiz, B.G., **GÖKTÜRK-2 Uydu Görüntülerinin Elde Edilmesi ve Dağıtımı** (Sözlü Sunum), Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı, 19-20 Mart 2014, Ankara.

Fox, N.P., **Validated Data and Removal of Bias Through Traceability to SI Units**, Proceedings of the International Workshop on Radiometric and Geometric Calibration, pp. 31-42, 2-5 December 2003, Gulfport, Mississippi, USA.

Gatti, G., Falcone, M., Alpe, W., Malik, M., Burger, T., Rapisarda, M., Rooney, E., **Giove-B Chibolton In-Orbit Test, Initial Results from the Second Galileo Satellite**, InsideGNSS, pp. 30-35, September/October 2008, www.insidegnss.com / [Erişim 09 Nisan 2014].

Işıküzlü, E., **Milli Askeri Gözlem Uydusu Geliştirme Projesi: GÖKTÜRK-2**, Günışığı, Sayı 57, Mart 2013, İstanbul.

İsmailoğlu, N., **Gezgin-2 Kayıplı Sıkıştırma Bilgi Notu**, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 25.06.2013, Ankara.

Kim, D., Ahn, M.H., **Introduction to the In Orbit Test And Its Performance of The First Meteorological Imager of the Communication, Ocean, and Meteorological Satellite**, Atmospheric Measurement Techniques Journal, 6, 10889-10920, doi:10.5194/amtd-6-10889-2013, 2013.

Léger, D., Viallefont, F., Déliot, P., **On-orbit MTF Assessment of Satellite Cameras**, Proceedings of the International Workshop on Radiometric and Geometric Calibration, pp. 67-76, 2-5 December 2003, Gulfport, Mississippi, USA.

Rocchio, L.E.P., **Commissioning the Landsat Continuity Mission**, http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=4844, [Erişim 11 Nisan 2014].

Tansock, J., Thurgood, A., Larsen, M., **System-Level Approach to Characterization and Radiometric Calibration of a Space-Based Electro-Optical Sensor**, Proceedings of the International Workshop on Radiometric and Geometric Calibration, pp. 59-65, 2-5 December 2003, Gulfport, Mississippi, USA.

URL-1: GÖKTÜRK-2, 2014, www.tai.com.tr/tr/proje/gokturk-2 [Erişim 03 Ağustos 2014].

URL-2: GÖKTÜRK-2 Uydusu, 2014, http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/haber/gokturk-2-uydusu-yorungede-1-yilini-tamamladi, [Erişim 18 Nisan 2014].

URL-3: Spot-4, 2014, http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/recette.htm [Erişim 03 Ağustos 2014].

Arazi Örtüsü Tespitinde Bulanık Mantık Sınıflandırma: Ankara Bölgesinde Örnek Uygulama

(Fuzzy Classification for Land Cover Detection: a Case Study in Ankara)

Dijle BOYACI¹, Mustafa ERDOĞAN¹, Ferruh YILDIZ²

¹Harita Genel Komutanlığı, Ankara

²Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya
dijle.baysal@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Görüntü sınıflandırması, yeryüzüne ilişkin arazi örtüsü/kullanımı tespiti için kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Belirlenen amaç ve kullanılacak olan veri doğrultusunda farklı matematiksel algoritmalarla çok farklı sınıflandırma analizleri yapmak mümkündür. Çalışmada kullanılan bulanık mantık sınıflandırma yöntemi, birden fazla sınıfa üyeliğe imkân sağlayan ve yapısal alanlar gibi karmaşık yapıya sahip olan çalışma bölgelerinde sıkça kullanılan yöntemlerden biridir.

Bu çalışmada, Landsat uydu görüntüsü için çok sayıda bant oranları tanımlanmış ve belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfı için bulanık mantık sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda genel doğruluk %56, kapa değeri ise 0.49 olarak tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin karakteristiği nedeni ile geniş yapraklı orman detay sınıfının tespitinde sıkıntılar tespit edilirken; su kütelleri, ekili tarım alanı ve iğne yapraklı orman detay sınıfı yüksek doğruluklarla tespit edilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bant Oranlama, Bulanık Mantık Sınıflandırma, Çok Çözünürlüklü Segmentasyon, İndis, Üyelik.

ABSTRACT

Image classification is one of the methods used for land use/cover detection. It is possible to make different analysis with different mathematical algorithms accordance with the goals and data. Fuzzy classification method used in this study is one of the commonly used method that allows more than one class of membership in different areas such as structural areas that have complex structure.

In this study, we identified a number of band ratios for the Landsat image and fuzzy logic classification is made for the 9 land cover classes. Classification results evaluated in 300 different locations which distributed stratified random (at least 10 points for each class). At the end, the overall accuracy of 56% (kappa 0.49) was determined. Due to the characteristics of study area, some problems were detected for deciduous forest but water area, planted cropland and coniferous forest classes could be detected with high accuracy.

Key Words: Band ratio, Fuzzy Classification, Multi Resolution Segmentation, Indices, Membership.

1. GİRİŞ

Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırması, görüntüdeki her bir pikselin ait olduğu sınıfın belirlenmesi işlemidir. Geleneksel görüntü sınıflandırma işleminde amaç, nesnelerin farklı spektral bantlardaki yansıma değerlerini kullanarak, belirlenen bir matematiksel esasa göre pikselin ait olduğu sınıfı bulmaktır. Böylece görüntüdeki bütün pikseller arazide karşılık geldikleri sınıflar içine otomatik olarak atanır (Ayhan ve ark., 2003).

Uygulamada, bu işlem çok kolay olmayabilir. Sınıflandırma yapılacak alanın şekli ve/veya yoğunluğu sınıflandırma işlemini negatif etkileyebilir. İkincisi, iç (arazi örtüsü çeşidi, yoğunluğu, dönüklük ve etkileşimleri, arazi üzerindeki yüzey nemi, arazinin şekli) ve dış (atmosferik durum, başucu açısı) faktörlere bağlı olarak alan içindeki farklı yeryüzü örtüleri yakın spektral imzaya ya da yakın yeryüzü örtüleri çok farklı spektral yansıma sahip olabilir (Yeşilnacar ve Süzen, 2006; Kam, 1995). Tüm bunlar sınıflandırmanın doğruluğunu direkt olarak etkiler. Bu durumda farklı yöntemler kullanılarak sınıflandırmanın iyileştirilmesi gerekebilir.

1990'ların ortasından itibaren bilgisayar donanımındaki ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilebilmesindeki gelişmeler, arazi örtüsü sınıflarının geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri ile tam olarak belirlenemediğini göstermiştir. Bu sonuç araştırmacıları görüntüdeki farklı bilgileri kullanarak daha iyi karakterize edilmiş sınıfların oluşturulmasına yöneltmiştir (Pu ve ark., 2011). Böylece sınıflandırma birimi olarak görüntüdeki pikselleri kabul eden geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin yerini şekil karakteristiklerini ve komşuluk ilişkilerini kullanarak görüntüdeki nesneleri sınıflandıran nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri almaya başlamıştır.

2. NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA

Nesneleri sınıflandırma fikri, görüntü verisinin geleneksel sınıflandırma yöntemlerinde olmayan karakteristik dokusal bilgiye sahip olduğu gerçeğinden ortaya çıkmıştır (Blaschke ve Strobl, 2001). Görüntü segmentasyonuna dayanarak yapılan nesne tabanlı görüntü analizi, spektral bilginin yanı sıra daha yüksek doğruluklu arazi örtüsüne sahip harita üretimini sağlayan dokusal ve yapısal bilginin de kullanılmasını sağlar (Yan ve ark., 2006). Zhou ve Robson (2001)'de eğer doğru bir sınıflandırma yapılmak isteniyorsa dokusal bilginin mutlaka kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri, sınıflandırma birimi olarak görüntüdeki pikselleri kabul eder. Bu durumda her bir piksel belirlenen matematiksel esas çerçevesinde ait olduğu sınıfa atanır. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri ise direk olarak bireysel pikseller üzerinde çalışmazlar. Bu yöntemler, görüntü segmentasyonu ile oluşturulmuş ve anlamlı bir şekilde gruplandırılmış, birçok pikselden oluşan homojen nesneler üzerinde çalışırlar. Sınıflandırma işlemi için sınıflandırma birimi olarak pikseller yerine bu nesneleri kullanırlar (Carleer ve Wolff, 2006; Blaschke, 2010).

Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi segmentasyon ve sınıflandırma olmak üzere iki temel işlem adımından oluşmaktadır. Segmentasyon işleminde, kullanıcı tarafından belirlenen parametreler doğrultusunda homojen nesnelerin oluşması sağlanır. Oluşan bu nesneler bir sonraki adım olan sınıflandırma aşaması için girdi olarak kullanılacaktır. Sınıflandırma işleminde ise nesneler yine kullanıcı tarafından seçilen yönteme göre sınıflara atanır. Nesne tabanlı yöntemler klasik piksel tabanlı yöntemlerden farklı olarak bulanık mantık sınıflandırmaya olanak sağlar. Böylece nesnelerin birden fazla sınıfa aidiyeti mümkün olur.

a. Bulanık Mantık (Fuzzy) Sınıflandırma Yöntemi

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmış, yaygın olarak kullanımı ise 1980'leri bulmuştur. Günümüzde birçok sistemin tanımlanmasında sıkça kullanılan bulanık mantık kavramı doğru/yanlış, evet/hayır, yüksek/alçak gibi değerler arasında tanım yapabilmek için geçiş değerlerine izin veren çok sayıda değere sahip olan bir mantıktır. Oldukça uzun ya da çok hızlı gibi sözel terimler matematiksel olarak formüle

edilebilir ve bilgisayarlar tarafından işlenebilir (Hellman, 2001).

Görüntü sınıflandırmada bulanık mantık kavramı, yeryüzündeki birçok detayın da bulanık olduğu gerçeğinden gelmektedir. Çünkü yeryüzünde çoğu zaman herhangi bir arazi örtüsünden başka bir arazi örtüsüne geçişte kesin sınırlar yoktur. Ayrıca birçok arazi örtüsü çeşidi spektral olarak yakın yansıma değerlerine sahiptir. Yakın spektral imzaya sahip olan farklı materyaller, nesneler arasındaki spektral ayrımı da zorlaştırmaktadır (Bouziani ve ark., 2010). Bu benzerliğin yanı sıra, uzaktan algılama görüntüleri sadece bir sınıfa ait olduğunun belirlenmesi zor olan karma pikseller içerir. Bulanık mantık (fuzzy) sınıflandırma teknikleri pikselin birden fazla sınıfa aidiyetliğine olanak sağlar. Böylece verinin yapısı daha iyi temsil edilebilir (Bardossy ve Samaniego, 2002). Bulanık görüntü sınıflandırmada arazi örtüsü sınıfları fuzzy setler, pikseller ise bu setlerin elemanları olarak tanımlanır. Her bir piksel, sınıflar için belirlenen ve 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahiptir. Böylece birden fazla sınıfa üyelik mümkündür (Gao, 2009).

$$f_{class} = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n] \quad (1)$$

Piksellerin üyelik değerleri her sınıf için farklılık gösterir. 0 ile 1 arasında değişen bu değer skalasında 1 değeri pikselin o sınıfa ait tam üyeliği temsil ederken, 0 değeri hiçbir üyeliğin olmadığı durumu temsil eder. Bu iki değer dışında kalan diğer değerler ise büyüklükleri oranında üyeliğin olacağını gösterir. Bu durumda piksel, hangi sınıf için en yüksek üyelik değerine sahipse o sınıfa dâhil edilebilir. Ancak uygulamada farklı durumlar söz konusu olabilir. Bunun için sınıf belirleme işlemi yapılırken bir eşik değeri belirlenerek bu değer üstünde olan üyelik durumlarında sınıflandırmanın yapılması, aksi durumda farklı değerlendirmelerin ele alınması sağlanabilir. Çünkü eşik değeri belirlenmemesi durumunda, piksel için çok küçük bir üyelik değeri dahi mevcutsa piksel o sınıfa dâhil edilecektir ki bu durum gerçeği yansıtmaz. Ayrıca bir piksel için iki üyelik değerinin birbirine eşit olduğu durumlarda söz konusu olabilir. Bu durumda sadece spektral bilgiler kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılamayacaktır. Sınıflandırmada kullanılan verinin ve yöntemin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

b. İndisler

Spektral indis kavramının mantığı, görüntünün farklı bantlarına uygulanan matematiksel

eşitliklerle yeniden ölçeklendirilmiş farklı bir çıktı görüntünün oluşturulmasıdır. Yöntemde daha çok bant oranlama teknikleri kullanılarak bantların birbirlerine olan oranları hesaplatılır.

Bant oranlama, görüntüdeki her piksel için bir banttaki numerik değerlerin başka bir banttaki değerlere bölünerek oran görüntünün oluşturulmasıdır. Yeryüzüne ait farklılıkların belirlenmesinde çok sık kullanılan bir yöntemdir. Farklı spektral bantlardan gelen verinin oranlanması ile elde edilen yeni görüntü, arazi örtüsünde değişimin olduğu yerleri daha belirgin hale getirir (Öztan ve Süzen, 2011).

Bant oranlama için bant seçimi işlemi çok önemlidir. Bu işlem öncelikle yüzey materyalinin spektral özelliklerine ve diğer yüzey örtü çeşitleri ile olan rölatif ilişkiye bağlıdır (Sabine, 1999). Uygun bant seçimi ayrıca, istatistiksel bir yaklaşım olan optimum indeks faktörüne de (OIF) bağlıdır. Optimum indeks faktörü, en az korelasyonlu ve en fazla değişimin olduğu bantlar dışındaki üç bantın kombinasyonunun seçimine dayanır (Chaves ve ark., 1980; Jensen, 1996). Genellikle, pay olan bant materyalin en yüksek yansımaya sahip olduğu bant içinden, payda ise materyalin soğurulma değerlerine bağlı olarak seçilir (Öztan ve Süzen, 2011).

Birçok uydu görüntüsü için bant oranlama yöntemi ile detay tespitine ilişkin araştırmalar yapılmıştır. Örneğin Landsat TM için bant 5:7, 3:1, 5:4 oranları volkanik kayaların dolayısıyla çökelti alanlarının tespitinde kullanılmaktadır (Fadda, 2003). Literatürde en sık kullanılan bant oranlama yöntemleri bitki, su ve yerleşim alanlarının tespiti amacı ile kullanılan indislerdir. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index-Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) yöntemi olup yöntem ilk kez 1969 yılında Kriegler tarafından kullanılmıştır. Bitki tarafından yansıtılan yakın kızılötesi ve görünür banttaki farkın bulunmasına dayanan yöntemle ilişkin matematiksel ifade (2)'de belirtilmiştir.

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \quad (2)$$

Su ve yerleşim yerlerinin tespiti için kullanılan matematiksel ifadeler (3) ve (4)'de belirtilmiştir.

NDWI (Normalized Difference Water Index-Normalize Edilmiş Su İndeksi) (Mcfeeters, 1996)

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (3)$$

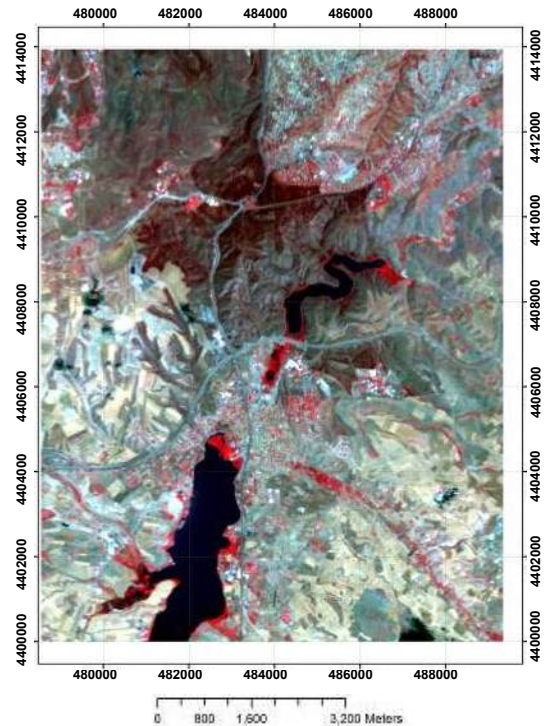
NDBI (Normalized Difference Built-up Index- Normalize Edilmiş Yerleşim Yeri İndeksi) (Liu ve Zhang, 2011)

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \quad (4)$$

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, çalışma alanının karakteristik yapısı dikkate alınarak belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfının bulanık mantık sınıflandırma ile tespit edilebilirliği araştırılmıştır. Çalışmada Landsat uydu görüntüsünün pankromatik bandı dışında tüm bantları kullanılmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

a. Çalışma Alanı



Şekil 1. Çalışma bölgesinin Landsat ETM+ uydu görüntüsü

Çalışma bölgesi olarak Ankara'nın güneyinde Gölbaşı bölgesinde (32° 45'-32° 52' 30" doğu boylamı ve 39° 45'-39° 52' 30" kuzey enlemi) yer alan bölge seçilmiştir. Yaklaşık 150 km² alanı kapsayan bölge, detay çeşitliliği açısından oldukça zengindir. Bölgede özellikle çok sayıda yerleşim alanları, tarım alanları ve iki adet göl detayı dikkati çekmektedir. Bölgede yükseklik 893 m ile 1292 m arasında değişmekte olup,

bölge için ortalama deniz seviyesi yüksekliği 1100 m'dir. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

b. Kullanılan Veri ve Programlar

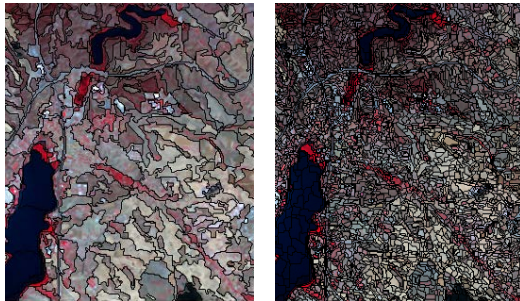
Çalışma için 15, 30 ve 60 m çözünürlüklü toplam 8 banttan oluşan Landsat ETM+ uydu görüntüsü geometrik düzeltmesi yapılmış olarak "www.glc.f.umi.acs.umd.edu" sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Uygulamada görüntünün 15 m çözünürlüklü pankromatik bandı dışındaki tüm bantları kullanılmıştır. 0.52 – 0.90 µm spektral yansıma aralığında veri içeren pankromatik bant elektromanyetik spektrumda geniş bir aralığı kaydetmektedir. Bu bandın sınıflandırma için direkt kullanımı anlamsız olacaktır. Daha doğru bir sınıflandırma yapabilmek için spektrumda daha küçük alanda yansıma kaydeden daha çok sayıdaki bant kullanılmalıdır. Bu amaçla özellikle ağaç cinslerinin sınıflandırılmasına veri sağlamak amacı ile görüntünün 10.4–12.5 µm spektral yansıma aralığında veri içeren termal bandı dâhil tüm bantları kullanılmıştır. Görüntü alım tarihi 27 Temmuz 2005'dir.

Doğruluk araştırması yapmak amacı ile 45 cm çözünürlüklü, renkli sayısal hava fotoğraflarından üretilen ortofotolar kullanılmıştır. Görüntü Harita Genel Komutanlığı'ndan ücretsiz temin edilmiş olup, görüntü alım tarihi 26 Haziran 2008'dir.

Sınıflandırma için literatürde en çok kullanılan nesne tabanlı sınıflandırma yazılımı olan eCognition Developer 8 Yazılımı kullanılmıştır.

c. Segmentasyon

Nesne tabanlı sınıflandırma için temel adım görüntü segmentasyonudur. Uygulamada segmentasyon için çok çözünürlüklü segmentasyon yöntemi (multiresolution



segmentation) seçilmiştir.

(25, 0.2, 0.5)

(5, 0.3, 0.5)

Şekil 2. Farklı parametreler ile segmentasyon sonuçları

Ağırlık parametreleri (ölçek, şekil, bütünlük) için farklı kombinasyonlar ile 15 farklı seviyede segmentasyon yapılmış ancak oluşan nesnelerin büyüklük ve araziye temsil etme dereceleri dikkate alınarak (5, 0.3, 0.5) kombinasyonunun en iyi parametre kombinasyonu olduğuna karar verilmiştir. Şekil 2'de farklı segmentasyon sonuçları için oluşan nesneler için iki farklı örnek görülmektedir.

ç. Kural Tanımlama ve Sınıflandırma

Sınıflandırma için temel adım çalışma alanı ve kullanılan uydu görüntüsünün özellikleri dikkate alınarak amaca uygun detay sınıflarının belirlenmesidir. Bu kapsamda, çalışma alanında yer alan alansal detaylar ve öz nitelikleri değerlendirilmiş ve 5 detayın farklı öz nitelik kombinasyonları ile toplam 9 sınıf belirlenmiştir. Sınıflar belirlenirken DGIWG DFDD (Digital Geospatial Information Working Group Feature Data Dictionary - Sayısal Konumsal Veri Çalışma Grubu Detay Veri Sözlüğü) veri sözlüğü referans alınmıştır. Örneğin orman detayı yoğunluk ve ağaç cinsi öz niteliğinin alacağı değerler ile dört detay sınıfında değerlendirilmiştir. Belirlenen sınıflara ilişkin değerler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Arazi örtüsü sınıfları

Sıra	Detay Kodu	Detay Adı	Öznitelik
1	AL020	Yerleşim Alanı	-
2	EA010	Tarım Alanı	Ekili Boş
3	EC030	Orman	İğne yapraklı Geniş yapraklı Yoğun Az yoğun
4	DA010	Açık Arazi	-
5	BH080, BH130,BH140	Su Alanı	-

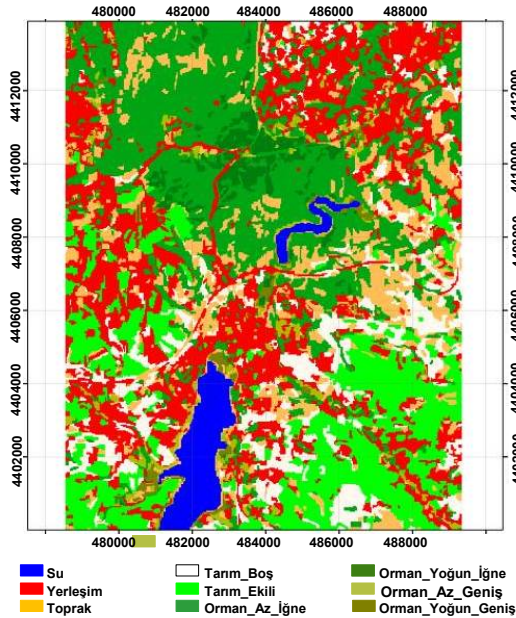
Uydu görüntüsü elde etmenin temeli, herhangi bir algılayıcı sistemden gönderilen enerjinin yeryüzündeki nesnelere ulaşarak büyük kısmının nesne tarafından yeniden yansıtılması ve bu yansıyan enerjinin algılayıcı tarafından kaydedilmesi mantığına dayanır. Bu işlem süresince enerji atmosferde iki kez yol almaktadır. Bu nedenle görüntü yansıma değerleri atmosferik koşullara bağlıdır ve sınıflandırma gibi bir işlem için direkt olarak kullanılması durumunda mutlaka atmosferik düzeltme yapılmalıdır. Ancak atmosferik koşullar tüm yansıma değerlerini aynı şekilde etkileyeceğinden oran değerlerinde bu durum elemine edilir. Bu nedenle fuzzy sınıflandırma için oluşturulan kurallarda sadece oran değerler tanımlanmıştır.

Kural tanımlama işlemi için çok sayıda bant oranlama kombinasyonları ve indisler denenmiş ve sınıflandırma için bunlardan en uygun olanları seçilmiştir. Tablo 2'de sınıfların tespiti için kullanılan bant oran tanımlamaları gösterilmektedir [1]. Sınıfların tespiti amacı ile ayrıca detayları ikinci bölümde anlatılan normalize edilmiş bitki, su ve yerleşim yeri indeksleri de kullanılmış, böylece toplamda 12 adet bant oranı oluşturularak sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 2. Kullanılan bant oran tanımları

Bant Oranı	Detay Tespiti
B2/B3	Tarım alanı, toprak ayrımında
B3/B2	Orman, tarım alanı ve orman türü ayrımında
B3/B4	Toprak, yerleşim alanı ayrımında
B3/B5	Yerleşim alanı tespitinde
B4/B3	Orman, su, tarım alanı, toprak ayrımında
B4/B5	Su, orman ayrımında
B5/B4	Su, orman, toprak ayrımında
B5/B7	Su toprak ayrımında
B7/B2	Orman, tarım alanı, yerleşim alanı ayrımında

Tablo 1'de tanımlanan her bir sınıf için uygun bant oran değerlendirmeleri fuzzy olarak tanımlanmıştır. İteratif olarak yapılan çok sayıda çözüm sonucunda Şekil 3'de gösterilen sınıflandırma sonucu elde edilmiştir.



Şekil 3. Bulanık mantık sınıflandırma sonucu.

e. Doğruluk Araştırması

30 m çözünürlüklü Landsat verisinden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunun

araştırılması için 45 cm çözünürlüklü hava fotoğrafları kullanılmıştır. Sınıflandırma sonuçları, her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada değerlendirilmiştir. Noktaların seçimi sırasında detayların arazi üzerindeki dağılımları ve büyüklükleri dikkate alınmıştır. Örneğin, arazi de daha küçük alan kaplayan geniş yapraklı orman detay 17 noktada değerlendirilirken, alansal olarak daha büyük olan iğne yapraklı orman detay sınıfı 46 nokta ile değerlendirilmiştir. Noktaların seçimi sırasında özellikle birkaç piksel büyüklüğündeki çok küçük alanlara bakılmamış, görüntüde daha büyük ve homojen alanlar aranmıştır. Elde edilen üretici ve kullanıcı doğruluklarına ilişkin sayısal değerler Tablo 3'de hata matrisi ise Tablo 4'de verilmiştir.

Buradaki kullanıcı doğruluğu (KD), herhangi bir sınıfa atanmış pikselin gerçekte o sınıfa ait olma olasılığını temsil eder. Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının o kategoride sınıflandırılan toplam piksel ya da nesne sayısına bölümü ile hesaplanır. Üretici Doğruluğu (ÜD) ise piksel ya da nesnenin gerçek değerinde sınıflandırılma olasılığını ifade eder. Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının, o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamına bölünmesiyle hesaplanır.

Elde edilen doğrulukların değerlendirilmesi amacı ile kullanılan diğer bir ölçüt ise hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ile köşegen üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanan kapa (k) değeridir. Kapa değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bu değer 1'e ne yakın yakınsa elde edilen sınıfın doğruluk değeri o kadar güvenilirdir (Lillesand ve ark., 2008).

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (5)$$

Bu eşitlikte;

r : hata matrisindeki toplam satır sayısı,

x_{ii} : i. satır ve sütundaki piksel sayısı,

x_{i+} : i. satırdaki toplam piksel sayısı,

x_{+i} : i. sütundaki toplam piksel sayısı,

N : matrisin tamamındaki piksel sayısı olarak tanımlanır.

Tablo-3. Sınıf doğruluk değerleri

Sınıflar	ÜD (%)	KD (%)	Kapa
Su	94.12	100	1.0
Yerleşim Alanı	64.41	55.07	0.44
Açık Arazi	22.45	70.97	0.56
Tarım Alanı (Boş)	52.38	35.48	0.30
Tarım Alanı (Ekili)	81.40	87.50	0.85
Orman Az Yoğ. İğne Yap.	100	31.76	0.25
Orman Yoğun İğne Yap.	73.68	100	1.0
Orman Az Yoğ. Geniş Yap.	16.67	11.11	0.09
Orman Yoğun Geniş Yap.	45.45	83.33	0.82
Genel Doğruluk Kapa	56.15 0.4917		

Tablo 4. Hata matrisi

	Su	Yerleşim Alanı	Açık Arazi	Tarım Alanı (Boş)	Tarım Alanı (Ekili)	Orman Az Yoğ. İğne	Orman Yoğun İğne	Orman Az Yoğ. Geniş	Orman Yoğun Geniş
Su	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Yerleşim Alanı	0	38	23	4	4	0	0	0	0
Açık Arazi	1	4	22	3	1	0	0	0	0
Tarım Alanı (Boş)	0	4	14	11	2	0	0	0	0
Tarım Alanı (Ekili)	0	0	3	2	35	0	0	0	0
Orman Az Yoğ. İğne	0	8	36	1	1	27	5	5	2
Orman Yoğun İğne	0	0	0	0	0	0	14	0	0
Orman Az Yoğ. Geniş	0	4	0	0	0	0	0	1	4
Orman Yoğun Geniş	0	1	0	0	0	0	0	0	5

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, genel doğruluğun %56, kapa değerinin ise 0.49 olarak tespit edildiği görülmektedir. 9 detay sınıfından ekili tarım alanı, iğne yapraklı yoğun orman ve su detay sınıfı %70'in üzerinde doğruluğa ulaşırken diğer detay sınıfları daha düşük doğruluklarda kalmıştır.

Su detayı yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantta diğer detaylara göre çok düşük yansıma verir. Bu nedenle su detay sınıfı diğer detay sınıflarına göre daha yüksek doğrulukla tespit edilebilmektedir.

Bölgenin genelindeki ormanlar iğne yapraklı ormanlardır. Geniş yapraklı orman detay sınıfı ise genellikle küçük ağaç toplulukları şeklindedir. Bu

nedenle özellikle az yoğun geniş yapraklı orman detay sınıfının 30 m ve 60 m çözünürlüklü bantlara sahip Landsat uydu görüntüsünde diğer detay sınıfları içinde kaybolduğu ve kullanılan yöntemlerle tespit edilemediği görülmektedir.

Ekili tarım alanı detayı boş tarım alanlarına göre daha yüksek doğrulukla tespit edilebilmiştir. Kullanılan görüntünün alım tarihi temmuzdur. Boş tarım alanı detayı bu mevsimde bölgenin yapısal özelliğinden dolayı açık arazi toprak detayı ile karışmaktadır.

Yerleşim alanı detayı %64 üretici doğruluğuna ve %55 kullanıcı doğruluğuna ulaşmıştır. Bölgenin genelinde yerleşim yerleri mevcuttur. Ancak kullanılan uydu görüntüsü 30 m

çözünürlüğe sahiptir. Daha yüksek çözünürlüklü bir uydu görüntüsü kullanılması durumunda yerleşim alanı detayının daha hassas olarak tespit edileceği değerlendirilmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, çalışma alanının karakteristik yapısı dikkate alınarak belirlenen 9 arazi örtüsü sınıfı için Landsat uydu görüntüsünden bulanık mantık sınıflandırma yöntemi ile detay tespiti yapılmıştır. Arazi örtüsü sınıflarının belirlenebilmesi için DGIWG DFDD veri sözlüğü referans alınmıştır. Atmosferik koşullardan bağımsız bir sınıflandırma yapmak amacı çok sayıda bant oranları tanımlanmış, elde edilen sınıflandırma sonuçları her sınıf için en az 10 nokta olacak şekilde çalışma bölgesine ağırlıklı rastgele (stratified random) dağılmış 300 farklı noktada doğruluk araştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, 9 detay sınıfından sadece ekili tarım alanı, iğne yapraklı yoğun orman ve su detay sınıfı %70'in üzerinde doğruluğa ulaşırken diğer detay sınıfları daha düşük doğruluklarda kalmıştır.

Kullanılan Landsat uydu görüntüsü 30 m çözünürlüğe sahiptir. Bu nedenle yerleşim alanı gibi daha küçük yapıların mozaik şeklindeki alanların tespiti için yüksek çözünürlüklü farklı bir uydu görüntüsü kullanılmasının daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Geniş yapraklı orman detay sınıfı için elde edilen doğruluk değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Bölgenin geneli iğne yapraklı ormanlardan oluşmaktadır. Geniş yapraklı orman olarak değerlendirilen orman detay sınıfı bölgenin genelinde küçük ağaç toplulukları şeklindedir. Detay genel olarak segmentasyon ile elde edilen nesneler için yeterli büyüklüğe ulaşamadığından tespit edilememiştir. Segmentasyon nesnelerinin küçültülmesi ise diğer detay sınıfları için uygun değildir. Bu nedenle, seçilen çalışma bölgesinin geniş yapraklı orman detayı için uygun olmadığı değerlendirilmektedir.

Tarım alanı detayı ekili ve boş olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilmiştir. Ancak, çalışma için kullanılan Landsat uydu görüntüsü Temmuz ayına aittir. Bölgede bulunan tarım alanlarının geneli ise buğday tarlalarıdır. Buğdaylar bu mevsimde sararmış durumda (hasata hazır) olduğundan boş olan tarım alanları açık arazi detayı ile karışmaktadır. Bu nedenle tarım alanı bölgelerinin tek sınıf olarak değerlendirilmesi ya

da farklı tarihte alınmış bir uydu görüntüsü kullanılması durumunda sınıflandırma doğruluğunun artacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayhan, E., Karslı, F., Tunç, E., 2003. **Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz**, Harita Dergisi, Sayı:130,32-46.
- Bardossy, A. and Samaniego, L., 2002. **Fuzzy Rule-based Classification of Remotely Sensed Imagery**, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 40, 362–374.
- Blaschke, T., 2010. **Object Based Image Analysis for Remote Sensing**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65, 2–16.
- Blaschke, T. and Strobl, J., 2001. **What's Wrong with Pixels? Some Recent Development Interfacing Remote Sensing and GIS**, GeoBIT/GIS 14 (6), 12–17.
- Bouziani, M., Goita, K., He, D., 2010. **Rule-Based Classification of a Very High Resolution Image in an Urban Environment Using Multispectral Segmentation Guided by Cartographic Data**, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, 48 (8), 3198-3211.
- Carleer, A.P. and Wolff, E., 2006. **Region-Based Classification Potential for Land-Cover Classification with Very High Spatial Resolution Satellite Data**, in Proceedings of 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Salzburg University, Austria, July 4-5, 2006. Vol. XXXVI, ISSN 1682-1777.
- Chavez, P.S., Berlin, G.L. and Sowers, L.B., 1980. **Statistical Methods for Selecting Landsat MSS Ratios**, Journal of Applied Photographic Engineering, 8, 30–32.
- Fadda, E.H.R., 2003. **Using Remote Sensing to Produce the Geological Map of Wadi Al Awsaji Area, Jordan**, In Geoinformation for European-Wide Integration, T. Benes (Ed.), 625–632 (Rotterdam, The Netherlands: Millpress).
- Gao, J., 2009., **Digital Analysis of Remotely Sensed Data**, School of Geography, Geology and Environmental Science, The University of Auckland, New Zealand.

- Hellman, M., 2001. **Fuzzy Logic Introduction**, Epsilon Nought Radar Remote Sensing Tutorials, Universite de Rennes, France.
- Jensen, J., 1996. **Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing** Prospective, 2nd edn (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).
- Kam, T.S., 1995. **Integrating GIS and RS Techniques for Urban Land-cover and Land-use Analysis**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57, 655–668.
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F. & Richardson, W., 1969. **Preprocessing Transformations and Their Effects on Multispectral Recognition**, Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, 97-131.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W., 2008. **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley & Sons, 6th Edition, New York.
- Lui, L., and Zhang, Y., 2011. **Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong**, Remote Sensing, 3, pp: 1535-1552.
- Mcfeeters, S.K., 1996. **The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Areas**, Int. J. Remote Sensing, 17 (7), 1425-1432.
- Öztan, N.S. ve Süzen, M.L., 2011. **Mapping Evaporate Minerals by ASTER**, International Journal of Remote Sensing, 32 (6), 1651–1673.
- Pu, R., Landry, S., Yu, Q., 2011. **Object-Based Urban Detailed Land Cover Classification with High Spatial Resolution Ikonos Imagery**, International Journal of Remote Sensing, 32 (12), 3285–3308.
- Sabine, C., 1999. **Remote Sensing Strategies for Mineral Exploration**, In Remote Sensing for the Earth Sciences – Manual of Remote Sensing, Vol. 3, 3rd edn, New York: Wiley, A. Rencz (Ed.), Chapter 8.
- Yan, G., Mas, J. F., Maathuis, B. H. P., Zhang, X., Van Dijk, P. M., 2006. **Comparison of Pixel-Based and Object-oriented Image Classification Approaches - a Case Study in a Coal Fire Area, Wuda, Inner Mongolia, China**, International Journal of Remote Sensing, 27 (18), 4039-4055.
- Yeşilnacar, E. and Süzen, M. L., 2006. **A Land-Cover Classification for Landslide Susceptibility Mapping by Using Feature Components**, International Journal of Remote Sensing, 27(2), 253–275.
- Zhou, Q. and Robson, M., 2001. **Automated Rangeland Vegetation Cover and Density Estimation Using Ground Digital Images and a Spectral-Contextual Classifier**, International Journal of Remote Sensing, 22 (17), 3457–3470.

İnternet Kaynakları:

URL-1:

<http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html> [Erişim Tarihi: 5 Ekim 2011].

OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları

(Results of LİDAR Test Performed by OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560)

Abdullah KAYI, Mustafa ERDOĞAN, Oktay EKER

Harita Genel Komutanlığı 06240 Dikimevi, Ankara,
abdullah.kayi@hgk.msb.gov.tr

ÖZET:

Harita ve harita bilgisi üretimlerinde kullanılan LİDAR sistemlerinin ülkeye kazandırılması amacıyla, Harita Genel Komutanlığı'nın başkanlığını yürüttüğü Bakanlıklarası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu'nun (BHİKPK) Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonuna (BARKOK) 2014-2015 yılı döneminde "LİDAR Test Uçuşunun Gerçekleştirilmesi" görevi verilmiştir. Bu kapsamda 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemlerinin Türkiye temsilcisi NİK İnşaat ve SEZA Elektronik LTD.Şti.'lerinin aracılığıyla havadan "LİDAR Test Uçuşları" gerçekleştirilmiştir. İki farklı yükseklikte ve yoğunlukta alınan LİDAR test verisi firmaların kendi geliştirdikleri ve sırasıyla isimleri LMS (LIDAR Mapping Suite) ve RiProcess (Riegl Process) olan yazılımlar kullanılarak işlenmiş ve test bölgesine ilişkin nokta bulutları elde edilmiştir. Bu makalenin amacı, LİDAR test sürecinde yaşanan tecrübeleri paylaşmak, elde edilen nokta bulutu şeklindeki test verilerinin özelliklerini tanıtmak ve araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanmak isteyen kamu kurum kuruluşları ile üniversitelerdeki araştırmacıların bilgisine sunmaktır.

Anahtar Kelimeler : LİDAR, Optech, Riegl, Nokta Bulutu

ABSTRACT:

In order to bring in a LIDAR system to our country, the task of a LIDAR Test Flight was given to Scientific Research and Coordination Commission (BARKOK) of The Inter-ministerial Planning Board for GeoInformation of Turkey (BHİKPK) which is headed by General Command of Mapping in 2014-2015 term. In this context, two test flight was accomplished at Bergama test area between 23rd October and 06th November 2014 with two different flying height (1200m ve 2600m). Two LIDAR systems which are Optech and Riegl and represented by NİK and SEZA Companies in Turkey were used for test. LIDAR data acquired from two different altitude with two different density were processed by the own software of companies which are respectively LMS (LIDAR Mapping Suite) and RiProcess. In this paper, the experiences from LIDAR test are shared, specifications of acquired test data are presented and submitted to researchers of the state institutions and organizations and universities that want to use data for research and development studies.

Key Words: LIDAR, Optech, Riegl, Point Cloud

1. GİRİŞ

BARKOK kapsamında LİDAR ile ilgili çalışmalara 2013-2014 döneminde başlanmış ve 2014-2015 döneminde de sürdürülmektedir. Bu çalışmalar, 2013-2014 ve 2014-2015 dönemlerinde BARKOK' ta görev yapan kamu kurum kuruluşları ile üniversitelerin temsilcileri ve testlerin gerçekleştirilmesi sırasında görev yapan Harita Genel Komutanlığı personeli ve yerli-yabancı firma personellerinin değerli çalışmaları sonucunda gerçekleştirilebilmiştir.

Test çalışmalarının; motivasyon ve hazırlık çalışmaları, test bölgelerinin belirlenmesi ve test uçuşlarının gerçekleştirilerek sonuç ürünlerin alınması safhaları şeklinde değerlendirilmesi uygundur.

Bu açıdan değerlendirilerek motivasyon ve hazırlık, çalışmaları ile test bölgelerinin belirlenmesi çalışmaları birinci bölümde, gerçekleştirilen test uçuşlarına ilişkin bilgiler ikinci bölümde ve elde edilen sonuçlar ise son bölümde sunulmuştur.

a. Motivasyon ve Hazırlık Çalışmaları

20 Haziran 2013 tarihinde düzenlenen BHİKPK toplantısında BARKOK'a; LİDAR donanımlarının, farklı uygulamalara cevap verecek nitelikte teknik özelliklerinin araştırılması, kurum ihtiyaçlarının ve kullanım sıklıklarının belirlenmesi ve ortak veri kullanımı ve paylaşımı esaslarının çıkartılması hususlarının, kurumlardan gelecek katkılar paralelinde incelenmesi, değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması görevi verilmiştir (BHİKPK,2014).

Bu görev çerçevesinde BARKOK tarafından 2013-2014 döneminde aşağıda sunulan çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

(1) Kamunun LİDAR ihtiyacının ve kullanım alanlarının belirlenmesi amacıyla bir anket düzenlenmiştir.

(2) LİDAR sistemlerinin kullanımı, veri işleme ve ürünlerine ilişkin BARKOK üyelerinin bilgilendirilmesi kapsamında, hali hazırda LİDAR sistemine sahip olan ve tüm İstanbul'un uçuş ve

veri işlemlerini gerçekleştiren İstanbul Büyükşehir Belediyesi BİMTAŞ, UVM Türkiye ve TUFUAB LİDAR Çalışma Grubu temsilcileri 12 Aralık 2013 tarihinde gerçekleştirilen BARKOK toplantısına davet edilmiştir. Toplantıda BİMTAŞ yetkilileri tarafından İstanbul'un LİDAR ile gerçekleştirilen uçuşu, veri işlemleri, ürünler ve ürünlerin kullanımı konusunda ve UVM Türkiye yetkilisi tarafından da 3B şehir modelleme uygulamaları konusunda bilgi verilmiştir.

(3) Piyasadaki mevcut LİDAR sistemleri ve teknik özellikleri incelenmiş ve komisyon üyelerine bilgi verilmiştir.

(4) LİDAR sistemlerinin kurum ihtiyaçlarını karşılamada yeterliliğini görmek ve farklı LİDAR sistemlerini karşılaştırmak amacıyla bir test yapılması planlanmış ve bu kapsamda hazırlık çalışmaları yapılmıştır. Teste piyasada yaygın olarak kullanılan ve havadan LİDAR uygulamaları gerçekleştirmeye elverişli sistemleri bulunan Leica, Optech, Riegl ve Trimble firmaları Türkiye temsilcileri vasıtasıyla davet edilmiş, Optech ve Riegl firmaları tarafından test daveti kabul edilmiştir.

(5) Test bölgesinde ne tür detayların bulunması gerektiği konusunda da bir anket yapılmış ve test bölgelerinin öncelikleri belirlenmiştir.

(6) İlk aşamada Mayıs-Haziran 2014 döneminde LİDAR testinin gerçekleştirilmesi ve verilerinin değerlendirilmesi planlanmıştır.

b. LİDAR Test Bölgelerinin Belirlenmesi

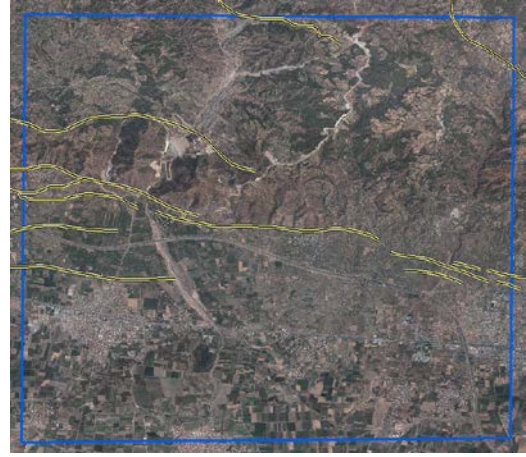
Hazırlık çalışmalarının tamamlanması sonucunda LİDAR sistemlerinin kurum ihtiyaçlarını karşılamada yeterliliğini görmeye ve farklı LİDAR sistemleriyle elde edilecek verilerin kurumların ihtiyaçları çerçevesinde karşılaştırılabilmesine olanak sağlayacak şekilde testin yapılabilmesi için test bölgelerinin belirlenmesi faaliyetleri başlatılmıştır.

Bu kapsamda öncelikle test bölgesinde ne tür detayların bulunması ve hangi özellikleri karşılaması gerektiği konusunda düzenlenen bir anket ile test bölgesi niteliklerinin belirlenebileceği bilgiler toplanmıştır.

Anket sonuçlarına göre belirlenen kriterlerin büyük çoğunluğunu içeren bölgeler araştırılmış, Bolu, Aydın ve Bergama'da yaklaşık 100 km² alanı kapsayan 3 adet alternatif test bölgesi belirlenmiştir (Şekil 1,2,3).



Şekil 1. Bolu LİDAR test alanı



Şekil 2. Aydın LİDAR test alanı



Şekil 3. Bergama LİDAR test alanı

Bu test bölgeleri Tablo 1'de gösterilen puanlama kriterlerine göre kurumlar tarafından değerlendirilmiş ve her bölge orman, yerleşim, su gibi içerdiği detayların test kriterlerini karşılama

oranına göre puanlanmıştır (Tablo 2). Bu puanlamaya göre test bölgeleri Bolu, Aydın, Bergama olarak önceliklendirilmiştir. Uçuş tarihindeki hava durumuna ve önceliklendirmeye göre testin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Tablo 1. Detay puanlama kriterleri

Not Değeri	Açıklama
3	"..." Test alanı ilgili ölçütü tam olarak içermektedir.
2	"..." Test alanı ilgili ölçütü büyük oranda içermektedir.
1	"..." Test alanı ilgili ölçütü az miktarda içermektedir.
0	"..." Test alanı ilgili ölçütü içermemektedir.

Tablo 2. Test bölgelerinin belirlenen kriterler ve detaylara göre puanlanması.

Test Alanı	Ener.Nakil Hat.	Orman	Yerleşim	Su	Tarım	Fay Hattı	Eğim ve yükseklik değişimi
Bolu	2	3	3	3	0	3	3
Aydın	2	3	3	3	3	3	3
Bergama	2	3	2	3	0	3	3

2. LİDAR TEST UÇUŞU

LİDAR test uçuşu, NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti.'nin Türkiye temsilciliğini yürüttüğü Optech firmasının Pegasus HA-500 LİDAR sistemi ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti.'nin temsilciliğini yürüttüğü Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemiyle 13 Ekim - 07 Kasım 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir (HGK, 2014). Bolu test bölgesinde meteorolojik koşullarının elverişsizliği, Aydın test bölgesinde ise hava trafiğinin uygun olmaması nedenleriyle uçuşlar Bergama test bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bergama ilçesini merkeze alacak şekilde, başta su, orman ve tarım alanları olmak üzere diğer detayları da kaplayan test bölgesinin alanı yaklaşık 156 km²'dir. Bölgede 51 adet yer kontrol noktası Tusaga-Aktif Uyumlu RTK GNSS alıcısı kullanılarak ölçülmüştür. Yer kontrol noktalarının seçiminde arazide her hangi bir işaretleme yapılmamış, sert ve eğimin az olduğu düz zeminlerde ölçüm yapılmıştır. Şekil 4'de görülen daire temsili olup arazide mevcut değildir. Yer kontrol noktasının ölçüm yapıldığı alanı ifade

etmektedir.



Şekil 4. Yer kontrol noktası örneği

a. Optech Pegasus HA-500

NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti.'nin Türkiye temsilciliğini yürüttüğü Optech firması LİDAR testine Pegasus HA-500 LİDAR sistemi ile katılmıştır. Pegasus HA-500 sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 3'de verilmiştir (Optech,2014).

Tablo 3. Optech Pegasus HA-500 teknik özellikleri.

Uçuş Yüksekliği	150-5000 m
Etkili lazer tekraralama hızı	100-500 kHz
Tarama Açısı	0-75° Ayarlanabilir
Doğruluk (KOH)	≤ 5-20 cm.
Tarama Mekanizması	Salınlımlı

LİDAR sistemi Harita Genel Komutanlığı ait Beechcraft B200 uçağına 13-14 Ekim 2014 tarihlerinde monte edilmiştir. Kamera deliğinin altında bulunan camdan yansıyan lazerin doğrudan LİDAR cihazına gelerek sisteme zarar vermemesi ve veride gürültüye sebep olmaması amacıyla montaj sırasında uçakta mevcut delik ve LİDAR sistemi arasında, firma tarafından özel olarak üretilen belirli bir eğime sahip bağdaştırıcı kullanılmıştır. GPS anteni ile algılayıcı sistemin perspektif merkezi arasındaki mesafeyi ifade eden Lever-Arm ölçümleri elektronik açı mesafe ölçer ile gerçekleştirilmiş ve kalibrasyon uçuşu sonrasında POSPac GNSS/IMU işleme yazılımı

ile hassas olarak belirlenmiştir. FMS Planner 4.7.3 uçuş planlama yazılımı kullanılarak 1200 m uçuş yüksekliğinde testte talep edilene uygun olarak metrekarede en az 8 nokta olacak şekilde, %25 bindirmeli 32 kolon planlanmıştır. Bu yükseklik için tarama açısı 35° olarak ayarlanmış ve tarama genişliği 580 m olmuştur. İkinci uçuş 2600 m yükseklikten testte talep edilen 2 nokta/m² yoğunluğun uygun olacak şekilde planlanmış, tek geçişte bu talebin karşılanamaması sebebiyle %50 bindirmeli 18 uçuş kolonu planlanarak istenilen yoğunluk karşılanmıştır.

15 Ekim 2014 tarihinde Ankara üzerinde sistem kalibrasyonu ve kamera deliğinin altında bulunan camın LİDAR verisi üzerindeki bozucu etkisini görmek amacıyla bir test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Test sonucunda belirli bir eğimle yerleştirilen sistemin sorunsuz çalıştığı ve veride sadece % 3'lük bir kaybın yaşandığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar uçaktaki camın LİDAR'ın performansına oldukça kısıtlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir. 20-21 Ekim 2014 tarihleri arasında Bergama bölgesinde planlandığı şekilde iki farklı yükseklikte test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Uçuşlara ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Optech Pegasus HA500 LİDAR sistemi test uçuşu.

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	20	150	≥2	18	%50
1200m	35	150	≥8	32	% 25

Uçak üzerindeki uçuş esnasında kaydedilen GNSS/IMU verileri, test bölgesine 65 km uzaklıkta bulunan AYYL ve 45 km uzaklıkta olan KİKA Tusaga-Aktif istasyonlarının 1 sn aralıklı RINEX formatındaki verilerine göre POSPac MMS yazılımı ile işlenmiştir. LİDAR verileri LMS yazılımı ile işlenmiş ve 51 adet kontrol noktasının 26 adet kontrol noktası, 25 adedi ise denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Denetleme noktalarına göre karesel ortalama hata ± 0.07 m olarak hesaplanmıştır (Optech, 2014-a).

b. Riegl LMS-Q1560

SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti.'nin temsilciliğini yürüttüğü Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemi ile teste katılmıştır. RIEGL LMS-Q1560

sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 5'de verilmiştir (Riegl,2004).

Tablo 5. Riegl LMS-Q1560 teknik özellikleri

Uçuş Yüksekliği	400-4700 m
Efektif Lazer Frekansı	200-800 kHz
Tarama Açısı	58/60 °
Doğruluk	2 cm (250 metrede)
Tarama Mekanizması	Döner

LİDAR sistemi Harita Genel Komutanlığı'na ait Beechcraft-200 uçağına 21-22 Ekim 2014 tarihlerinde monte edilmiştir. Bu sistem de Optech firması gibi, kamera deliğinin altında bulunan camdan yansıyan lazerin doğrudan LİDAR cihazına gelerek sisteme zarar vermemesi ve veride gürültüye sebep olmaması amacıyla firma tarafından geliştirilen belirli bir eğime sahip bağdaştırıcıyla monte edilmiştir. Lever-Arm ölçümleri elektronik açı mesafe ölçer (Total station) ile gerçekleştirilmiş ve kalibrasyon uçuşu sonrasında POSPac GNSS/IMU işleme yazılımı ile hassas olarak belirlenmiştir. TrackAir uçuş planlama yazılımı kullanılarak 1200 m uçuş yüksekliğinde metrekarede en az 8 nokta olacak şekilde % 50 bindirmeli, 35° tarama açısıyla 29 kolon planlanmıştır. 2600 m yükseklikte metrekarede en az 2 nokta gelecek şekilde %30 bindirmeli 11 uçuş kolonu planlanmıştır. Sistem kapasitesinin 1200m yükseklikten metrekarede 6 nokta elde etmesi nedeniyle istenilen ölçüt (m² de 8 nokta) bindirme oranı ile karşılanmıştır.

23 Ekim 2014 tarihinde Ankara üzerinde sistem kalibrasyonu ve kamera deliğinin altında bulunan camın LİDAR verisi üzerindeki bozucu etkisini görmek amacıyla test uçuşu gerçekleştirilmiş ve test sonucunda belirli bir eğimle yerleştirilen sistemin sorunsuz çalıştığı ve daha önce test edilen sisteme benzer şekilde veride % 3'lük bir kaybın yaşandığı tespit edilmiştir. 03-05 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama bölgesinde iki farklı yükseklikte test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Uçuşlara ilişkin ayrıntılı bilgi Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6. Riegl LMS-Q1560 LİDAR sistemi test uçuşu

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m ²)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	30	150	≥2	11	%30
1200m	30	150	≥8	29	% 50

GNSS\IMU verileri test bölgesine 65 km uzaklıkta bulunan AYYL ve 45 km uzaklıkta olan KİKA Tusaga-Aktif istasyonlarının 1 sn aralıklı rinex formatındaki verileriyle POSPac MMS yazılımı ile işlenmiştir. LİDAR verileri ise RiProcess yazılımı ile işlenmiştir. Ölçümü yapılan LİDAR yer kontrol noktaları alan detay olmadığından dolayı Riegl sisteminde etkin olarak kullanılamamış, arazide yükseklik değişimini olmadığı varsayılarak noktalar 2x2 boyutunda alan detaylara dönüştürülmüş fakat sağlıklı olarak test edilememiştir. Tüm verinin bağıl standart sapması 0.03m olarak hesaplanmıştır (RIEGL,2014-a).

3. SONUÇ

20 Haziran 2013 tarihinde düzenlenen Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİPKK) toplantısında BARKOK'a; LİDAR donanımlarının, farklı uygulamalara cevap verecek nitelikte teknik özelliklerinin araştırılması, kurum ihtiyaçlarının ve kullanım sıklıklarının belirlenmesi, ortak veri kullanımı ve paylaşımı esaslarının çıkartılması hususlarının, kurumlardan gelecek katkılar paralelinde incelenmesi, değerlendirilmesi ve sonuç raporunun hazırlanması görevi verilmiştir. Bu görevin devamı niteliğinde ve görevin tam olarak gerçekleştirilebilmesi amacıyla 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında, belirlenen 3 adet alternatif test bölgesinden biri olan Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikte (1200m ve 2600m) Optech Pegasus HA-500 ve Riegl LMS-Q1560 LİDAR sistemleri ile planlanan "LİDAR Test Uçuşları" başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Testler sonucunda 1200m yükseklikten uçuş ile 8 nokta/m² ve 2600m yükseklikten uçuş ile 2 nokta/m² yoğunluğunda nokta bulutları elde edilmiştir. Elde edilen tüm veriler BARKOK üyesi kurum, kuruluşlar ve üniversitelerle paylaşılacaktır. Verilerin kurumların ihtiyaçlarına yönelik ayrıntılı analizleri kurumların kendisince ve üniversitelerce gerçekleştirilecektir.

Verilerin daha iyi analiz edilebilmesi için LİDAR GNSS\IMU verilerinin PPP(Point Precise Position) çözümü ile tekrardan işlenmesi gerekmektedir. Test sonrası verilerin işlenmesi esnasında bu veri henüz servis edilmediğinden işlem yapılamamıştır.

LİDAR yer kontrol noktaları nokta detay olduğu için Riegl sisteminde kontrol amaçlı kullanılamamıştır. Bu kapsamda, arazide alan bazlı yer kontrol noktası ölçümünün yapılması, müteakibinde her iki sistemin aynı yer kontrol

noktaları ile tekrar işlenerek doğruluklarının karşılaştırılması gerekmektedir.

Yapılan test sayesinde son yıllarda çeşitli disiplinler tarafından değişik uygulamalarda yoğun olarak kullanılmaya başlanan LİDAR sistemlerine yönelik bir test verisi elde edilmiştir. Ülkemiz açısından değerli olan bu verinin tüm kamu kurumları ve üniversitelerle ücretsiz olarak paylaşılması ve verilerin analiz edilmesi sonucu, kurumların LİDAR ihtiyaçları daha açık olarak belirlenecek, LİDAR sistemleri ve kullanımı alanındaki bilinç ve deneyim artacaktır. Yapılan test uçuşu ile ayrıca üniversitelerin araştırma çalışmalarında kullanabilecekleri ve kontrol amaçlı başka birçok veriye daha kolaylıkla ulaşabilecekleri ülkemize ait bir LİDAR verisi elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu testin gerçekleştirilmesinde büyük emekleri ve katkıları olan NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti'ne, 2013-2015 yılları arasındaki tüm BARKOK üyelerine ve Harita Genel Komutanlığı personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

BHİPKK, (2014), **Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulunun Bilimsel Araştırma ve koordinasyon Komisyonu 2013-2014 Faaliyet Raporu**

HGK, (2014) **LİDAR Test Uçuş Programı**, <http://www.hgk.gov.tr> [Erişim: 14 Aralık 2014]

Optech,(2014),<http://www.Optech.Com/Specification> [Erişim: 14 Aralık 2014]

Optech, (2014-a), **LİDAR Test Report of TURKEY**

RIEGL, (2014), <http://www.Riegl.com/Specification> [Erişim: 14 Aralık 2014]

RIEGL, (2014-a), **LİDAR Test Report of TURKEY**

YAZIM ESASLARI

1. Harita Dergisinde Yayımlanabilecek Yazılar

a. Haritacılık bilim dalları (Jeodezi, fotogrametri, kartografya, astronomi, jeofizik, kamu ölçmeleri ve mühendislik ölçmeleri) ve haritacılık ile ilgili diğer disiplinlerde (yerbilimleri, uzay teknolojileri, temel bilimler vb.) alanlarda olmak üzere, bir araştırma çalışmasını bulgu ve sonuçlarıyla yansıtan orijinal bilimsel makaleler; yeterli sayıda bilimsel makaleyi tarayarak, konuyu bugünkü bilgi düzeyinde özetleyen, değerlendirme yapan, bulguları karşılaştırarak eleştiren bilimsel derleme yazılar; orijinalliği ve bilimsel değeri bakımından çok önemli yabancı dilden çeviri bilimsel makaleler Harita Dergisi'nde yayımlanabilir.

b. Harita Genel Komutanlığı tarafından yılda iki kez (Ocak-Temmuz) yayımlanan hakemli bir dergidir. Yayımlanan yazılardaki fikirler yazarlarına aittir. Harita Genel Komutanlığını ve dergiyi sorumlu kılmaz. Dergideki yazı ve resimlerin her hakkı saklıdır.

c. Harita Dergisinde yayımlanmak üzere gönderilen yazılar, değerlendirme ve seçme işlemine esas olmak üzere, konularında uzman en az üç Bilim Kurulu Üyesi tarafından incelenir. Bilim Kurulunca "yetersiz" bulunan yazılar, dergide yayımlanmaz.

2. Harita Dergisine Yazı Hazırlama Esasları

a. Sayfa büyüklüğü A4 (210x297 mm) standardında olmalı; her sayfanın sağ kenarından 2 cm diğer kenarlarından 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Yazı toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Yazı, bilgisayarda Microsoft Word formatında Arial Türkçe fontu bir satır aralığı ile yazılmalıdır.

b. Makale adı, Türkçe ve İngilizce olarak kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde 12 punto büyüklüğünde sayfanın üst ortasına gelecek şekilde yazılmalı ve iki satırı geçmemelidir. Makale adı, makale içeriğini en fazla ölçüde yansıtmalı; makale içeriğinde anlatılan konuların büyük çoğunluğu, makale adı ile doğrudan ilgili olmalıdır. Makale adından sonra bir satır boşluk bırakıp ortalayarak yazar adı ve soyadı koyu (bold) ve 10 punto harf büyüklüğünde yazılmalıdır (Soyadı büyük harflerle). Yazar adının altına ortalayarak adres ve elektronik posta adresi 9 punto harf büyüklüğünde yazılır.

c. Yazı; Özet, Anahtar Kelime, Abstract (İngilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler), Giriş, Bölümler, Sonuç ve Kaynaklar şeklindeki ana bölümlerden oluşur. Bu bölümlerin tamamı sayfada iki sütun olacak şekilde yazılır. Sütunlar arasında 0,5 cm boşluk bırakılır. Her ana bölüm ve alt bölüm başlığı öncesi ve sonrası bir satır boşluk bırakılır.

Özet bölümünde, yapılan çalışma tanıtarak kullanılan yöntemler ve sonuçlar kısaca belirtilmeli; abstract bölümü, özeti doğru ve eksiksiz tercümesini içermelidir. Giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve konuyla ilgili diğer çalışmalar anlatılmalıdır. Ara bölümlerde, kullanılan yöntemler ve veriler açıklanmalı; sonuç bölümünde, bulgular başka araştırmacıların bulguları ile karşılaştırılmalı, yazarın yorumu belirtilmeli ve ayrıca bulgulardan çıkan sonuçlar ve varsa öneriler yazılmalıdır. Özet, abstract, anahtar kelimeler ve key words, 9 punto büyüklüğünde italik harflerle yazılmalıdır. Diğer bölümler 10 punto harf büyüklüğünde normal yazılır.

Ana bölüm başlıkları büyük harflerle koyu (bold) olarak ve alt bölümlerin başlıkları kelimelerin ilk harfleri büyük diğerleri küçük ve sadece birinci düzey alt bölümlerin başlıkları koyu (bold) olarak yazılmalıdır. Yazının geri kalan kısmı normal baskıda yazılmalı, italik ya da altı çizgili karakterler kullanılmamalıdır. Özet, Anahtar Kelime, Abstract (İngilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler) ve kaynaklar ana bölümleri dışındaki ana bölüm başlıkları 1., 2., 3.; alt bölüm başlıkları a., b., c.; (1), (2), (3); (a), (b), (c); (i), (ii), (iii); (aa), (bb), (cc) şeklinde hiyerarşik düzeyde numaralandırılmalı; ardışık düzeylerin numaraları arasındaki dikey fark 0.5 cm olmalıdır. Numaralandırılan bölümlerin başlıkları, numaralarının başlangıç hizasından 0.5 cm içeriden; bir alt satıra devam eden bölüm başlıkları sayfa başından; tüm paragraflar sayfanın 0.5 cm içerisinden başlamalıdır.

Noktalama ve imlâ için Türk Dil Kurumu tarafından en son yayımlanan İmlâ Kılavuzu ve Türkçe sözlüğüne, Haritacılık ile ilgili Yönetmeliklerde kullanılan deyimlere uyulmalıdır. İfadelerde üçüncü şahıs kullanılmalı; her sembol ilk geçtiği yerde tanımlanmalı; her kısaltma ilk geçtiği yerde parantez içinde yazılmalı (örneğin, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)); kelime ikiye bölünmemelidir. Noktalama işaretlerinden sonra bir karakter boşluk bırakılmalı; sayfa numaralama yapılmamalıdır.

ç. Tablo isimleri, tablonun üstüne sol üst köşesinden itibaren yazılmalı (örneğin, Tablo 1. Karesel ortalama hatalar.); şekil isimleri, şeklin altına ortalananarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir.

d. Denklemlere verilen numaralar, kendi hizalarına ve sayfa sağ kenarına çıkışacak şekilde parantez içinde (1),(2),(3),... şeklinde yazılmalıdır. Metin içerisindeki denklemlerin kendi aralarında ve metin ile aralarında bir satır boşluk bırakılır.

e. Kaynaklardan yapılan alıntılar, metin içinde geçtikleri her yerde, kaynak hakkında () parantez içinde bilgi verilir. Parantez içine yazılacak bilgiler sırası ile kaynağı kaleme alan yazarın soyadı, yazarın ilk adı/adlarının baş harfleri ve kaynağın basım tarihidir (Yılmaz, 1997), birden fazla yazar için (Arpat, vd., 1975). Kaynaklar sıralanırken numaralandırma yapılmaz ve kaynaklar arası bir satır boşluk bulunur. Özet ve abstract bölümlerinde kaynak atfı yapılmamalıdır.

f. Kaynaklar ana bölümü başlığı birer aralıklı büyük harflerle koyu (bold) ve sayfa ortalananarak yazılmalıdır. Kaynaklar yazar soyadına göre alfabetik sırada sıralanır. Aynı yazarın birden fazla yayını varsa önce yeni tarihli kaynaktan başlanır. Kaynaklar sayfasında yazarın soyadı ve adı 0,5 cm. asılı olarak sol taraftan başlayarak yazılır. Basım tarihi, yazar isminden hemen sonra gelir, parantez içerisinde ve sadece yıl olarak yazılır. Kitap veya yayının ismi koyu harflerle yazılır. Yabancı yazarların isimleri belirtilirken Latin imlâ kurallarına uyulur. (Örneğin; MİTTAG yerine MITTAG). İnternette alınan kaynakların gösteriminde web adresinden sonra mutlaka kaynağın bu adresten alındığı tarih yazılır.

g. Makaleler, "MAKALE ÖRNEĞİ"nde sunulan boşluk ve yapılandırmalara uyularak; Şekil, Tablo ve Denklemler tek sütunda olacak ise metin aralarına konularak; iki sütuna yayılan bir bütün halindeki metin bloğundan sonra veya önce sayfanın alt veya üstünde olacak ve okuma akıcılığını bozmayacak şekilde yazılır.

3. Makalelerin Gönderilmesi

Makaleler, "haritadergisi @ hgk.msb.gov.tr" adresine e-posta ile gönderilir.

(MAKALE ÖRNEĞİ)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Makale Başlığı-Türkçe)

(XXXXXX XXXXXXXXXXX XXX) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

XXXX XXXX (Yazar ismi)

XXXXX XXXX XXXX, XXXXX XXXXX (Adres)

xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

ÖZET

0.5 cm

0.5 cm

0.5 cm

0.5 cm

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXX XXXXXX XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX; XXXXXX XXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

Anahtar Kelimeler: XXXXXXXXXXX XXXXXX XXXXXX XXXXXX

XXXXXXXX XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXX

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX. XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXX XXXX XXXX.

(1 satır boşluk)

Keywords: XXXXXXXXXXX XXXXXX XXXXXX XXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX.

(1 satır boşluk)

1. GİRİŞ

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX

XX XXXX XXXXXX /1/.

(1 satır boşluk)

a. XXXXXX XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX

XXXX XXXX XXXXXX XXXX XXXXXX XXXXX XXXX XXXX

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX

(1) XXXXXXX XXX XXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXX XXXX.

(2 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

2. XXXXX XXXXX XXXX (Ana bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

a. XXXXXXXXXXX XXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) XXXXX XXXXXX XXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXX XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXX.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) XXXXX XXXXXX XXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXX XXXXX XXXXXX XXXXX XXXXXX

XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX

XXXXXXXX XXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(b) XXXXX XXXXXX XXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

(MAKALE ÖRNEĞİ)

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1) XXXX XXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXX.

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXX

XXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXX.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) XXXX XXXXX XXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXX X XXXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(b) XXXX XXXXX XXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXX

XXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX X

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXX.

(1 satır boşluk)

(I) XXXX XXXXX XXXXX XXXX

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXX XXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXX.

(1 satır boşluk)

Tablo 1. XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

(1 satır boşluk)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX
 XXXXX XXX XXXX XXXXX XXXXX.

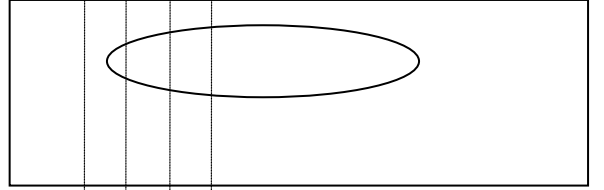
(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i - X_{i(RASAT)}}{n}} \quad (1)$$

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX
 XXXXX XXX XXXX XXXXX.

(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)

Şekil 1. XXXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXX

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX
 XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXX
 XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX
 XXXXXXX XXXXXXX XXXX XX XXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
 XXXX.

(1 satır boşluk)

3. SONUÇ

(1 satır boşluk)

XXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXX XXX
 XXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXX.

(1 satır boşluk)

KAYNAKLAR

(1 satır boşluk)

Soyad, A., Dergi Basım Yılı, Bildiri Adı, Dergi
 Adı, Cilt:16, Sayı: 116, Sayfa Aralığı.

(1 satır boşluk)

Soyad1, A., Soyad2, B., Kitap Basım Yılı, Kitap
 Adı, Yayımcı Adı, Yayıml Yeri, ISBN: xxxxxxx.

(1 satır boşluk)

URL-1 : <http://xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx.xxx>
 Erişim Tarihi.

**SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI KÂĞIT BASKI HARİTALARIN
2015 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ**

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cm x cm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (TL)	
						KDV HARİC	KDV DÂHİL
1	1:250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G) TOPOĞRAFİK	70 x 55	MUH.	PAFTA	13,56	16,00
2	1:250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A) TOPOĞRAFİK	70 x 55	MUH.	PAFTA	13,56	16,00
3	1:250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC)	70 x 55	MUH.	PAFTA	13,56	16,00
4	1:500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK ^{1*}	70 x 60	MUH.	PAFTA	14,41	17,00
5	1:500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI ^{1*}	70 x 60	MUH.	PAFTA	14,41	17,00
6	1:1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (81 İL)	172 x 90	2009	3 PARÇA	8,90	10,50
7	1:1.800.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ (81 İL)	96.5 x 50	2009	TEK PARÇA	6,36	7,50
8	1:1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	172 x 90	2009	3 PARÇA	8,90	10,50
9	1:1.800.000	TÜRKİYE FİZİKİ	96.5 x 50	2009	TEK PARÇA	6,36	7,50
10	1:3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ	192 x 132	2010	4 PARÇA	9,32	11,00
11	1:3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	192 x 132	2010	4 PARÇA	9,32	11,00
12	1:3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224 x 96	2009	4 PARÇA	10,59	12,50
13	1:1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	98 x 68	2009	1 PARÇA	11,86	14,00
14	1:1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	98 x 68	2009	1 PARÇA	11,86	14,00
15	1:1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ	111 x 77	2006	2 PARÇA	9,75	11,50
16	1:1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	111 x 77	2006	2 PARÇA	9,75	11,50
17	1:30.000.000	DÜNYA SİYASİ	136 x 91	2014	2 PARÇA	11,86	14,00
18	1:30.000.000	DÜNYA FİZİKİ ^{2*}	136 x 91	2012	2 PARÇA	11,86	14,00
19	1:42.500.000	DÜNYA SİYASİ	82 x 49	2011	TEK PARÇA	6,36	7,50
20	1:42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	82 x 49	2011	TEK PARÇA	6,36	7,50
21	1:3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	190 x 131	1993	4 PARÇA	7,20	8,50
22	1:12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	95 x 65	1993	TEK PARÇA	3,81	4,50
23	1:1.200.000	BALKANLAR SİYASİ	65,5 x 74	2009	TEK PARÇA	6,36	7,50
24	1:1.200.000	BALKANLAR FİZİKİ	65,5 x 74	2009	TEK PARÇA	6,36	7,50
25	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ	75 x 56	2013	TEK PARÇA	7,63	9,00
26	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	75 x 56	2013	TEK PARÇA	7,63	9,00
27	1/1.800.000	TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER HARİTASI (FİZİKİ)	96,5 x 50	2011	TEK PARÇA	5,51	6,50
28	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA SİYASİ HARİTASI	74 x 54	2012	TEK PARÇA	11,02	13,00
29	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA FİZİKİ HARİTASI	74 x 54	2012	TEK PARÇA	11,02	13,00
30	1 / 2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ HARİTASI	68 x 46	2012	TEK PARÇA	11,02	13,00
31	1 / 2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ HARİTASI	68 x 46	2012	TEK PARÇA	11,02	13,00
32	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ HARİTASI	87 x 60	2013	TEK PARÇA	7,20	8,50
33	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ HARİTASI	87 x 60	2013	TEK PARÇA	7,20	8,50
34	1:1.500.000	IRAK SİYASİ HARİTASI ^{3*}	66 x 71	2014	TEK PARÇA	6,36	7,50
35	1:1.500.000	IRAK FİZİKİ HARİTASI ^{3*}	66 x 71	2014	TEK PARÇA	6,36	7,50
36	1:2.750.000	IRAN SİYASİ HARİTASI ^{3*}	78 x 66	2014	TEK PARÇA	6,36	7,50
37	1:2.750.000	IRAN FİZİKİ HARİTASI ^{3*}	78x66	2014	TEK PARÇA	6,36	7,50
38	1:12.000.000	AVRUPA-AFRİKA-SİYASİ HARİTASI ^{3*}	64x96	2014	TEK PARÇA	9,32	11,00

^{1*} : Bu seri haritalar için henüz Türkiye'nin tamamı üretilmediğinden, üretimi tamamlananlar satılmaktadır.

^{2*} : Güncelleme çalışmaları devam etmektedir. Güncellemesini müteakip, 2015 yılı basımı satışa sunulacaktır.

^{3*} : Üretim çalışmaları devam etmektedir. Boyut yaklaşıktır, çalışmaların tamamlanmasına müteakip kesin boyut belirlenecek ve satışa sunulacaktır.

**SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI PLASTİK KABARTMA HARİTALARIN
2015 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ**

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cm x cm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (TL)	
						KDV HARİÇ	KDV DÂHİL
39	1:250.000	TÜRKİYE KARA (JOG SERİSİ) TOPOĞRAFIK	65 x 61	MUH.	PAFTA	50,85	60,00
40	1:1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	172 x 90	2009	3 PARÇA	157,63	186,00
41	1:1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	93 x 48	2007	TEK PARÇA	33,90	40,00
42	1:3.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	49 x 26	2004	TEK PARÇA	8,90	10,50
43	1:8.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	15 x 24	2014	TEK PARÇA	3,39	4,00
44	1:1.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	354 x 218	2007	16 PARÇA	817,80	965,00
45	1:3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224 x 96	2007	4 PARÇA	204,66	241,50
46	1:4.250.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	164 x 114	2007	4 PARÇA	204,66	241,50
47	1:1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	115 x 81	2007	2 PARÇA	102,54	121,00
48	1:24.000.000	DÜNYA FİZİKİ	164 x 83	2010	3 PARÇA	152,97	180,50
49	1:2.000.000	KAFKASLAR FİZİKİ	77 x 54	2010	TEK PARÇA	23,31	27,50
50	1:2.700.000	BALKANLAR FİZİKİ	57 x 63	2010	TEK PARÇA	23,31	27,50

(www.hgk.msb.gov.tr/urunler)