Harita Dergisi

Temmuz 2017
Sayı 158
ISSN 1300-5790

Anbaroğlu B: **Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım** (Volunteered Geographic Information: A New Approach to Spatial Information Science in the Web 2.0 Era)

Başaraner M, Çetinkaya S: **Uçuş Rotalarının ve En Kısa Yolların Karşılaştırmalı Mekânsal Analizi ve Görselleştirilmesi** (Comparative Spatial Analysis and Visualization of Flight Routes and Shortest Paths)

Duran Z, Atik M E, Çelik M F: **Yersel Fotogrametrik Yöntem İle Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması Ve Doğruluk Analizi** (Comparison of Terrestrial Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning and Accuracy Analysis)

Özdemir M: **Görüntü Keskinleştirme Yöntemlerinin Nesne-Yönelimli Sınıflandırma Açısından Değerlendirilmesi** (Evaluation of Image Pan-Sharpening Methods In Terms of Object-Oriented Classification)

İlvan A, Bostancı B: **Demir Çelik Haddehane Fabrika İnşaatında Hassas Jeodezik Ölçmelerle Makinaların Yerleştirilmesi** (Precise Geodetic Surveying for Machines' Locating in the Iron Steel Rolling Plant Construction)

HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI, ANKARA
www.hgk.msb.gov.tr

HARİTA DERGİSİ
Temmuz 2017
Yıl : 83 Sayı : 158

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

Sahibi
Harita Genel Komutanlığı Adına
Dr. Müh. Alb. Osman ALP

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

Editörler
Müh.Alb.Erdem PARMAKSIZ
Müh.Bnb.Selçuk CEYLAN

Yönetim Kurulu
Dr.Müh.Alb.Mustafa KURT (Bşk.)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ATA
Yük.Müh.Alb.Hüseyin ÇELİK
Müh.Alb.Erdem PARMAKSIZ
Doç.Dr.Müh.Alb.Hasan YILDIZ

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.

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

İ Ç İ N D E K İ L E R

Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım (Volunteered Geographic Information: A New Approach to Spatial Information Science in the Web 2.0 Era)

Berk ANBAROĞLU 1 - 9

Uçuş Rotalarının ve En Kısa Yolların Karşılaştırmalı Mekânsal Analizi ve Görselleştirilmesi (Comparative Spatial Analysis and Visualization of Flight Routes and Shortest Paths)

Melih BAŞARANER
Sinan ÇETİNKAYA 10 – 19

Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi (Comparison of Terrestrial Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning and Accuracy Analysis)

Zaide DURAN
Muhammed Enes ATİK
Mehmet Furkan ÇELİK 20 – 25

Görüntü Keskinleştirme Yöntemlerinin Nesne-Yönelimli Sınıflandırma Açısından Değerlendirilmesi (Evaluation of Image Pan-Sharpening Methods In Terms of Object-Oriented Classification)

Mehmet ÖZDEMİR 26 – 34

Demir Çelik Haddehane Fabrika İnşaatında Hassas Jeodezik Ölçmelerle Makinaların Yerleştirilmesi (Precise Geodetic Surveying for Machines' Locating in the Iron Steel Rolling Plant Construction)

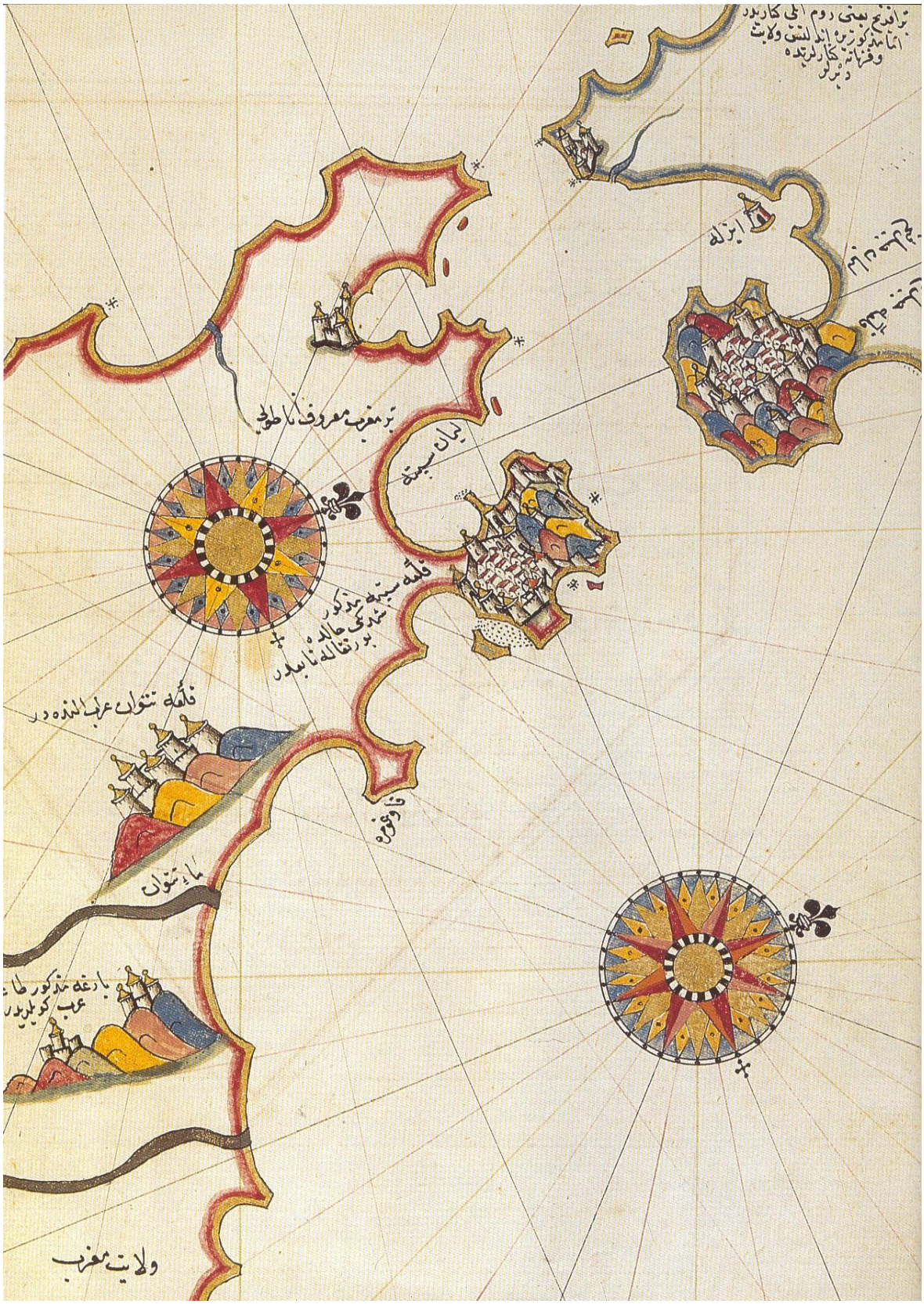
Ahmet İLVAN
Bülent BOSTANCI 35 – 44

Bilim Kurulu

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

2017 Yılında Görev Alan Hakemler

Prof.Dr.Fatmagül KILIÇ GÜL(YTÜ)
Prof.Dr.Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ)
Prof.Dr.Mustafa TÜRKER (HÜ)
Prof.Dr.Necla ULUĞTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr.Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ)
Prof.Dr. Fevzi KARSLI (KTÜ)
Prof.Dr.Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr.Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Doç.Dr.Aydın ÜSTÜN (KÜ)
Doç.Dr.Cemal Özer YİĞİT (GTÜ)
Doç.Dr.Hakan MARAŞ (ÇÜ)
Dr.Müh.Alb.Mustafa ERDOĞAN (HGK)
Dr.Müh.Alb.Altan YILMAZ (HGK)
Dr.Müh.Alb.Y.Selim ŞENGÜN (HGK)
Prof.Dr.Sıtkı KÜLÜR
Prof.Dr.Ahmet KAYA
Dr. Oktay EKER



Pirî Reis, Kitab-ı Bahriye, Septe (Cebelitarık) Boğazı

Pirî Reis, Kitab-ı Bahriye[1], Septe Boğazı (Cebelitarık Boğazı)[1]

Pirî 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 Pirî'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 tarihlidir 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 Bihar " 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.

[1]Kemal Özdemir, Osmanlı Haritaları, s.66, 67

Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım

(Volunteered Geographic Information: A New Approach to Spatial Information Science in the Web 2.0 Era)

Berk ANBAROĞLU
Geomatik Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, 06800, Beytepe, Ankara
banbar@hacettepe.edu.tr

ÖZ

Gelişen web ve mobil teknolojilerle birlikte, internet artık kullanıcılarının ortaklaşa yarattığı ve faydalandığı bir ortam olarak karşımıza çıkmaktadır. Web 2.0 olarak adlandırılan bu sürecin, mekânsal bilişim çalışmalarına da önemli katkıları olmuştur. Gönüllü Coğrafi Bilgi olarak adlandırılan bu olgu ile birlikte, insanlar artık mekânsal bilginin sadece tüketicisi değil, aynı zamanda üreticisi konumuna da gelmişlerdir. Bu süreçte, gönüllüler mekânsal içerikli çalışmalarını tüm dünya ile paylaşabilmekte ve aynı şekilde diğer gönüllülerin yaptığı çalışmalardan da faydalanabilmektedir. Bu makalenin amacı, Gönüllü Coğrafi Bilgi alanında yapılan çalışmaların sistematik bir özetini sunmak ve ülkemizde bu alanda yapılan çalışmaları değerlendirmektir.

***Anahtar Kelimeler**: Gönüllü Coğrafi Bilgi, Mekânsal Bilişim, Web 2.0.*

ABSTRACT

With the advancement of web and mobile technologies, internet is now the medium to create and share information. This Web 2.0 era also substantially contributed towards the progress of spatial information science. The phenomenon referred to as Volunteered Geographic Information has allowed people to be not only the customer of geospatial information, but also its producer. In this way, volunteers could disseminate their geospatial information on the internet, and benefit from what other volunteers had shared. The aim of this paper is to provide a systematic overview of the research conducted on Volunteered Geographic Information, and discuss its current state in Turkey.

***Keywords**: Volunteered Geographic Information, Spatial Information Science, Web 2.0.*

1. GİRİŞ

Volunteered Geographic Information (VGI) olarak bilinen, Türkçe'ye "Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB)" olarak tercüme edilen terim, mekânsal bilişim alanında günümüzde son derece önem kazananan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. İnternet'e erişimin kolaylaşması ve mobil teknolojilerin yaygınlaşmasıyla, günümüzde artık birçok kişi coğrafi olarak etiketlenmiş dosyalarını tüm dünya ile paylaşıp, diğer kişilerin paylaşımlarından da faydalanmaktadırlar. Böylece web, mekânsal verinin toplandığı, paylaşıldığı ve geliştirildiği bir ortam olarak karşımıza çıkmaktadır (Goodchild, 2007). Bu bağlamda, "Açık Bilim" ve "Açık Veri" gibi günümüzde büyük önem teşkil eden kavramlarla da uyumlu ve destekler nitelikte olan GCB; disiplinler arası bir araşırtırma alanıdır ve biyolojiden (Lawrence, 2006), eğitim bilimlerine (Bartoschek ve Keßler, 2013) ve sosyal bilime (Stephens, 2013) kadar birçok alanda üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Nitekim, birçok araştırma alanında "mekân" ortak özelliktir. Haritacılık alanında belki de en yaygın olarak bilinen GCB projesi ise, 2004 yılında dünyanın haritalanması hedefiyle hayatımıza giren OpenStreetMap (OSM)'tir. Yaklaşık üç milyon kayıtlı kullanıcısıyla, günlük on binlerce yeni yolun eklendiği OSM, hem sosyal hem de teknik birçok sorunun çözümüne katkı sağlamaktadır (Haklay ve Weber, 2008). Her ne kadar başarılı bütün GCB girişimlerini burada belirtmek mümkün olmasa da, Zooniverse (https://www.zooniverse.org/) ve Scistarter (http://scistarter.com/) gibi kapsayıcı projeler de vardır ve bu sitelerden gönüllüler kendi ilgi alanlarına giren projeleri kolayca bulabilmektedirler. Bu sitelerdeki GCB projeleri, galaksilerin sınıflandırılmasından, tarihsel belgelerin çözümlenmesine kadar birçok farklı alanda olabilmektedir. "Mekân"ın birçok farklı uygulama alanı için kapsayıcı özellik olması, GCB'nin yaygın kullanımını ve artan önemini göstermektedir.

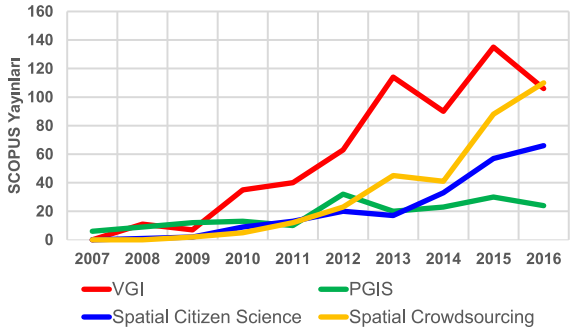
İnternet ortamında GCB ile geliştirilen projelerin yaygınlaşmasının ve buna olanak sağlayan teknolojik ve bilimsel altyapının geliştirilmesinin beraberinde getirdiği önemli avantajlar da vardır (Feick ve Roche, 2013). Genellikle uzmanlarca toplanan mekânsal veri büyük maliyetler karşılığında gerçekleşmekteyken, gönüllülerin katılımıyla bu maliyetler azaltılabilmektedir. Büyük şirketler çoktandır haritalarını GCB ile güncel tutmaktadırlar. Örnek olarak, Google Haritalarda "Eksik bir Yeri Ekleyin" veya Garmin'in "Report a Map Error" gibi servisleri, şirketlerin GCB'yi etkin bir şekilde kullandığının göstergesidir. Haritalama alanında çalışan kamu kurumları da, GCB ile

oluşturulmuş kaynakları kullanarak harita üretimini hızlandırabilmektedirler (Çabuk, vd., 2015).

Mekânsal bilişim çalışmalarında GCB kullanımının getirdiği ikinci avantaj ise, güncelliktir. Bu avantaj için verilecek belki de en belirgin örnek, A.B.D'nin haritalama kuruluşu United States Geological Survey (USGS)'in gönüllülerin katkılarıyla haritalarını güncel tutmasıdır (USGS, 2015). İngilizce "volunteer mapping" olarak adlandırılan bu kavramla, gönüllülerin harita üretim süreçlerine sosyal bir etkinlik olarak dahil olmaları hedeflenmektedir (Elwood, vd, 2012). Erken uyarı sistemlerinde kriz haritalarının oluşturulmasında kritik önemin güncellik olacağı ve bunun ancak GCB ile sağlanabileceği vurgulanmıştır (Haklay, vd., 2014, sf 55). Bir doğal afet durumunda, sivillerin katılımıyla o bölgeyle ilgili gerçek-zamana yakın veri toplanıp, yardıma gidecek ekiplere ihtiyaç duydukları hassas mekânsal veri zamanında sağlanabilmektedir. Böylece arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülmesi hedeflenmektedir (Middleton, vd., 2014). Benzer şekilde, sık değişebilen trafik düzenlemeleri de (kapatılan yollar, yayalaştırma çalışmaları, yeni açılan yollar vb.) yetkili kamu kurumları ve şirketler tarafından takip edilememiş olabilir. Bu gibi durumlarda da o olaya tanıklık etmiş gönüllüler en güncel mekânsal verinin sağlayıcısı olmaktadırlar (Ünen, vd., 2013). Nitekim Waze gibi anlık trafik durumunu belirten mobil uygulamalar, ancak gönüllülerin katkılarıyla güncel kalabilmektedir.

Böylece, kısıtlı iş gücü ile sınırlı bir coğrafyada ve zaman aralığında uzmanlarca toplanan veriye ek olarak; GCB ile coğrafi olarak daha geniş bir alanda ve daha sık zaman aralıklarında veri toplanması mümkün hale gelmiştir. Bu bağlamda, GCB başka araştırma alanlarıyla da ilişkilidir. Bunların başında katılımcı coğrafi bilgi sistemleri (Participatory GIS, PGIS) vardır (Budhathoki, vd., 2008; Gülnerman ve Karaman, 2015). Bunun yanında "sivil bilim" olarak Türkçe'ye çevirebileceğimiz "citizen science" araştırma alanında da vatandaşların bilimsel süreçlere katılımı hedeflenmektedir ve dolayısıyla GCB ile ilişkilidir (Haklay, 2013). Son olarak da, "kitle-kaynak" olarak Türkçe'ye çevrilen "crowdsourcing" araştırma alanında da, fikirlerin ve/veya ürünlerin internet üzerinden, çoğulcu bir yaklaşımla geliştirilmesi hedeflenmektedir (Ünen, vd., 2013).

Bu ilişkili alanlarda yapılan bilimsel çalışma sayısının belirlenmesi, bilimsel yazında hangi terimin daha yaygın kullanıldığı hakkında bir gösterge olacaktır. Bu bağlamda, mühendislik, fen bilimleri ve tıp alanında birçok saygın uluslararası dergi ve konferans yayınını indeksleyen SCOPUS veritabanında dört farklı sorgu yapılmıştır. Bunlar; "volunteered geographic information" (VGI), "participatory GIS" (PGIS), spatial "citizen science"' ve "spatial crowdsourcing" terimleridir. Bu sorgular için yıllara göre yapılan bilimsel yayın sayısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Görülmektedir ki, bu benzer araştırma alanlarında yapılan bilimsel çalışma yıllar içinde artmakla birlikte, GCB ve mekânsal kitle-kaynak ön plandadır. Nitekim, sadece yayın sayısına bakılarak elde edilen bu göstergeyi, güncel bilimsel çalışmalar da destekler niteliktedir (Verplanke, vd., 2016).



Şekil 1. VGI, PGIS ve mekânsal sivil bilim alanında yapılan yayın sayılarının yıllara göre değişimi

Bu makalenin amacı da GCB üzerine yapılmış çalışmaların sistematik bir yazın araştırmasını sunmak ve GCB ile ilgili güncel araştırma alanlarının tespitini yapmaktır. Bunun yanında, Türkiye'de bu alanda yapılmış çalışmalar da derlenerek, konunun ülkemizdeki durumu incelenecektir.

2. YAZIN ARAŞTIRMASI

GCB üzerine yapılan çalışmalarda iki temel araştırma alanı ön plana çıkmaktadır. İlk olarak, gönüllülerin katılımı ile sağlanan verinin kalitesi ve doğruluğunun araştırılmasıdır. Veri toplayan gönüllüler ilgili konunun uzmanı olmayabilirler veya mekânsal veri toplamak için kullandıkları donanım yetersiz olabilir. Bu ve benzeri durumlarda toplanan verinin kalitesi tartışmaya açık olacaktır (Flanagin ve Metzger, 2008). İkinci araştırma alanı da GCB içeren çalışmalara gönüllülerin motivasyon ve katılım düzeyleridir (Budhathoki, 2010). Kimler, ne zaman, nerede ve hangi şartlar altında bir GCB projesine katılırlar ve bu katılımın sürdürülebilir olmasının nelere

bağlı olduğunu tespit etmek önemli bir araştırma alanıdır.

a. Veri Kalitesi

Ucuzlayan sensörler ve internete erişimin kolaylaşmasıyla gönüllülerce sağlanan veri miktarındaki artışlar, toplanan verinin ne ölçüde güvenilir olduğunu tartışmaya açmaktadır. Bunun yanında sayıları azalan profesyonel denetim personeli ve ihmal edilen kalite kontrol standartları ile gönüllülerin katılımıyla toplanan veriye güven konusunda endişeler vardır. Bu fikri savunanların dayanaklarından ilki, gönüllülerin yaptıkları katkının öznel olmasıdır. Bir başka deyişle, GCB içeren çalışmalarda bir bölgeye ait ölçümler farklı kişiler tarafından, farklı zaman aralıklarında yapılabilir. Aynı soruna farklı bakış açıları / tanımlamalar, farklı örneklem boyutları ve örnekleme sıklıkları ile yaklaşıldığında, farklı sonuçlar elde edilebilir (Miller-Rushing ve Primack, 2008; Yanenko ve Schlieder, 2012). Dolayısıyla, GCB içeren çalışmalarda öznel değerlendirmelerin en aza nasıl indirilebileceği halen önemli bir araştırma konusudur. Bunun için düşünülen bir çözüm yolu standartların kabulü ve uygulanmasıdır.

Coğrafi veri kalitesi standardı "ISO 19157" altında tanımlanmıştır ve bu bağlamda altı kalite kriteri belirlenmiştir: tamlık, tutarlılık, mekânsal doğruluk, güncellik, tematik doğruluk ve kullanılabilirlik (ISO, 2013). Bu belirlenen kriterlerin ne ölçüde sağlandığının ölçülebilmesi için, doğruluğundan emin olduğumuz, genellikle uzmanlarca toplanan referans veri setiyle GCB ile elde edilen veri setinin karşılaştırılması gerekmektedir. Ancak, bu yöntem çoğu zaman mümkün olamamaktadır; çünkü referans veri setinin lisanslanması ve kullanımıyla ilgili sorunlar yaşanabilir veya yüksek maliyetler karşılığında olabilir (Antoniou ve Skopeliti, 2015). Dolayısıyla, referans veri seti olmadan, GCB'nin kalitesini/doğruluğunu belirlemek için yöntemler geliştirilmektedir (Goodchild ve Li, 2012). Bütün bu sürecin karmaşıklığından ötürü, GCB içeren çalışmaların yaklaşık %45'inde verinin kalitesinin tahmin edilmesi işleminin yapılamadığı belirtilmektedir (Hidalgo-Ruz ve Thiel, 2015). Dolayısıyla, araştırmacılar veri üretim süreçlerinin iyileştirilmesine dönük yöntemler geliştirerek, veri kalitesini arttırmayı hedeflemektedirler (Boyacı, vd., 2016).

b. Motivasyon ve Katılım

Gönüllülerin bir GCB projesine katılımının nasıl arttırılabileceği de önemli bir araştırma alanıdır (Coleman, vd., 2009; Eastman, vd., 2014). Gönüllerin motivasyonunun iç ve dış kaynaklı olmak üzere iki temel yaklaşımla arttırılabileceği belirtilmiştir (Budhathoki, 2010). İç kaynaklı yaklaşımda gönüllünün "içinden" gelmesiyle bir GCB projesine katkıda bulunur ve öğrenme, kişisel gelişim, keyifli vakit geçirme gibi farklı nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Dış kaynaklı yaklaşımda ise, gönüllünün bulunduğu sosyal çevresiyle ilişkisi ön plandadır ve bilinirliliğini arttırmak, benzer düşüncedeki insanlarla tanışmak, maddi beklenti gibi nedenler kişinin motivasyonunu arttırabilmektedir. Hem iç hem de dış kaynaklı motivasyon kaynağını birleştiren "oyunlaştırma (gamification)" kavramı ile gönüller hem bir çalışmaya katkı sağlarlar, hem de bu süreç onlar için eğitici ve eğlenceli olur (Darejeh ve Salim, 2016; Zichermann ve Cunningham, 2011). Oyunlaştırmanın GCB için kullanılması çok güncel bir araştırma alanıdır (Martella, vd., 2015) ve şu ana kadar sadece gürültü kirliliğinin izlenmesinde kullanılmıştır (Martí, vd., 2012).

GCB içeren bir projenin sürdürülebilir olması ve katılımcıların motivasyonun nasıl arttırılabileceğine dönük bir diğer fikir ise, gönüllülere küçük ve basit görevler vermektir. Gönüllüler de bu tür görevleri büyük ihtimalle başarıyla sonuçlandıracaklardır. Araştırmalar bu tür başarılı sonuçların katılımcıların kendilerine olan güvenlerini arttırdığını ve daha karmaşık sorunlarla uğraşma konusunda heveslendirdiğini göstermektedir (Connors, vd., 2012). Bunun yanında gerek GCB ortamıyla, gerekse profesyonel bilim insanlarıyla etkileşim ortamının sağlanması da, gönüllülerin motivasyonunu arttıran bir etmen olduğu belirtilmiştir (Tang ve Liu, 2016). Ancak, bir GCB projesine gönüllülerin olması için, en başta gönüllü desteğinin sağlanabileceği teknik ve sosyal altyapının da sağlanmış olması gerekmektedir.

'Sayısal ayrım' (digital divide) olarak adlandırılan kavram ile internete erişimdeki eşitsizlikler vurgulanmaktadır ve bu eşitsizliklerin hangi durumlarda ortaya çıkabileceği incelenmektedir. İnternetin ne sıklıkla ve ne amaçla kullanıldığından, internette aranılan kaynağın ne ölçüde bulunabildiğine, yabancı dil bilgisi ve edilen bilginin doğruluğunun teyit edilmesine kadar birçok farklı alanda kişiler arasında sayısal ayrımlar oluşabilmektedir (Sui, vd., 2013). Gönüllülerin katılımını esas alan GCB'de de bu sosyal olgu geçerlidir ve gönüllülerce üretilen veri genel olarak heterojen bir yapıda olmaktadır (Çabuk, vd., 2015). Örnek olarak, şehir-içi alanlarda, yaz aylarında ve

gündüz saatlerinde daha sık mekânsal veri toplandığı çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir (Hecht ve Stephens, 2014; Little, vd., 2015). Bunların yanında, cinsiyet farklılığının da GCB projelerine katılımda önemli bir husus olduğu vurgulanmıştır (Stephens, 2013). Son olarak da, GCB projelerine esas katkıyı sağlayanın küçük bir azınlık olduğu vurgulanmıştır (Yang, vd., 2016). Örnek olarak, OSM'e üye olanların sadece %5'i projeye anlamlı sayılabilecek bir katkıda bulunmuştur (Neis ve Zipf, 2012).

Bilimsel yaklaşımın paylaşıldığı konferans ve çalıştaylarda da, GCB teması önem kazanmaktadır. Bunlar içinde, International Conference on Spatial Information Theory (COSIT, 2017), Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE, 2016), International Conference on Geographic Information Science (GIScience, 2014), International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM, 2013) gibi önde gelen toplantılar yer almaktadır. Bu etkinliklerde doğrudan GCB bir araştırma teması olarak yer almaktadır. Bilimsel etkinliklerin yanında, mesleğimizin önde gelen kuruluşlarından olan ISPRS'de de bu konunun artan önemi tespit edilmiştir ve çeşitli çalışma gruplarında (IV/3 ve V/3 gibi) bu konu üzerine çalışmalar yapılmaktadır (ISPRS, 2016). Benzer şekilde FIG'de de GCB teması üzerine çalışmalar yapılmaktadır (FIG, 2016).

3. TÜRKİYE'DE YAPILAN ÇALIŞMALAR

a. Kamu Kurumu Bünyelerinde Yürütülen Çalışmalar

Harita Genel Komutanlığı tarafından yürütülen araştırmaya göre, OSM verisinin 1/50K ölçekli harita üretiminde kullanılmasının, üretim sürecini hızlandıracağı vurgulanmıştır (Çabuk, vd., 2015). Araştırmacıların incelediği alanda, 1/50K ölçekli harita üretiminde sağlanan %25'lik tasarrufun bölgeden bölgeye ve verilerin yoğunluğuna göre değişebileceği belirtilmektedir. Bunun yanında, çalışma bölgesindeki OSM verisinin konum doğruluğunun 1/50K ölçekli harita üretimi kriterlerini karşılaması da, aslında başarılı bir GCB örneği olan OSM'in, profesyonel amaçlar için de kullanılabileceğini göstermektedir.

Devlet Su İşleri (DSİ) mobil teknolojileri kullanarak "Taşkın, Arıza ve Müdahele Mekânsal Bilgi Sistemi (TAMBİS)" mobil uygulamasını geliştirmiştir (DSİ, 2016). Uygulamayı indirdikten sonra kullanılabilmesi için gönüllülerin T.C. Kimlik Numarası ve ad-soyad bilgilerini girmeleri gerekmektedir. Bu sayede uygulamayı sadece kimliğinden emin olunan kişiler kullanabilmektedir. Toplanan kayıtlar resmi nitelik taşıdığından ve ilgili gönüllü ile doğrudan eşleştirilebileceğinden, veri kalitesinin de normal bir GCB projesine oranla daha yüksek olacağı düşünülebilir. Bu yöntemin temel sıkıntısı, bir kişi tarafından girilen bir şikayetin diğer kişiler tarafından görüntülenememesidir. Dolayısıyla, birden çok kişi tarafından aynı olay, farklı adlandırmalar altında ihbar edilebilir ve bu durum da şikayetlerin uzmanlarca değerlendirildiği süreci uzatacaktır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü de GCB alanında çalışmalar yapmıştır. Geliştirilen proje ile, amatör gözlemcilerin çevrelerinde gördükleri meteorolojik olayları bir internet adresi üzerinden genel müdürlüğe bildirerek, yurt genelindeki hava olaylarının belirlenmesinde destek sağlamaları hedeflenmiştir (NTV, 2006). Bir aylık kısa bir süre içinde yaklaşık 2000 başvuru aldığı belirtilen sistem, GCB ile kısa sürede ne kadar çok kişiye ulaşabileceğinin önemli bir göstergesidir. Ancak, bu projeyeyle ilgili detaylı bilgiye şu anda ulaşabileceğimiz çevrimiçi bir kaynak yoktur. Bu örnek de GCB projelerinin sürdürülebilir olmasının zorluğunu ve önemini göstermektedir.

Türk Coğrafya Kurumu, çevrimiçi sayfasında "Etkinlikler" menüsünün altında bir "İhbar Hattı" oluşturmuştur (TCK, 2016), ve coğrafi olguların gönüllülerce tespit edilip, paylaşıldığı bir ortam sunmaktadır. Böylece, şu ana kadar bilinmeyen coğrafi olguların gönüllülerce tespitinin yapılabileceği bir ortam sunmasıyla önem arz etmektedir. Bu sayfaya coğrafi olgu ekleyen gönüllülerin coğrafya eğitimi almış uzman kişiler olduğu da görülmektedir. Ancak, bu projeye olan katılım seviyesi düşüktür ve an itibariyle sayfada sadece iki kayıt bulunmaktadır. Sayfa ile ilgili açıklayıcı bilgilerin eksikliği, standart bir platform sunulmaması (örnek olarak bir coğrafi olgunun enlem-boylam bilgisi ana sayfada sağlanmışken, diğer coğrafi olguda bu bilgi ek dosyaların içinde yer almıştır) gibi nedenlerden dolayı, gönüllüler ancak ek bir araştırma yaptıktan sonra kayıt ekleyebilirler.

b. Üniversitelerde, Sivil Toplum Kuruluşları ve Şirketlerce Yürütülen Çalışmalar

Üniversitelerimiz de GCB konusuna önem vermektedir ve kimi lisanüstü derslerde bu konu anlatılmaktadır. Örnek olarak İTÜ'de açılan "Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Bilimi ve Teknolojileri" adlı yüksek lisans dersinde GCB konusu, diğer

ilgili alanlarla birlikte (açık bilim, açık veri, açık standartlar vs.) işlenmektedir (İTÜ, 2016). Bunun yanında, sosyal medya ortamlarına yüklenen veri üzerinden de araştırmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, Türkiye'de, 18 – 20 Eylül 2015 tarihleri arasında toplanan 35000 tweet üzerine yapılan araştırma ile Twitter verisinin coğrafi dağılımı, anlamsallığı ve güzergah bulmada nasıl kullanılabileceği değerlendirilmiştir (Gulnerman, vd., 2016).

Twitter'a ek olarak, artık Whatsapp da birçok kişinin yaygın olarak kullandığı bir iletişim ağı olmuştur. Her ne kadar Whatsapp verisi kişiye özel olsa da, "Whatsapp İhbar Hatları" ile birçok medya kuruluşu insanların "gönüllü muhabir" olmalarını destekleyen girişimlerde bulunmaktadır. Böylece, medya kuruluşları hem vatandaşların ilgisini çekebilecek haber niteliğindeki olayları doğrudan kendilerinden edinmekte, hem de "haber üretme" maliyetlerini düşürmektedirler. Burada haber kanalları herhangi bir konu kısıtlaması getirmeksizin, insanları Whatsapp ihbar hatlarını kullanmaları yönünde teşvik etmektedirler. Her haber bir "yer"de gerçekleştiğinden, Whatsapp İhbar Hatları da GCB çatısı altında değerlendirilebilir.

Ülkemizde kimi özelleşmiş GCB platformları da mevcuttur. Örnek olarak ilk başta İstanbul için başlayan; ama ülkemizin diğer illeri için de kar tahminlerinin gönüllüler tarafından paylaşıldığı, "Kar Sevdalıları" adında bir forum sitesi 2011 yılında kurulmuş olup, halen kullanıcıların ilgisi devam etmektedir (WOW, 2011). Bu forum sitesinde, gönüllüler birçok ildeki hava durumunu ve kendi tecrübelerini bir forum ortamında paylaşmaktadırlar. Yaklaşık 58000 yorumun paylaşıldığı bu platformdaki veri temel olarak "yazı" tabanlı olduğundan, bir bilimsel çalışma için kullanılması zor görünmektedir; ancak sadece hava olaylarının paylaşıldığı bir sitenin ne kadar çok ilgi çekebileceğini göstermesi açısından da önemlidir. Gönüllü hava durumu gözlemleri konusunda bir diğer çalışmada ise gönüllülerin yaşadığı sıkıntılar belirtilmiştir. Bunların başında da bilgiyi yorumlama, verilere ve bilginin asli kaynağına ulaşma bulunmaktadır (Fahri Meteorolog, 2013).

Diğer bir sivil girişim ise, gönüllerin katılımıyla şehirlerdeki sorunların paylaşılabilmesine (tehlikeli yaya geçidi, gürültü kirliliği vb.) ve bu sorunların çözümüne dönük fikir alışverişi ortamını sağlayan "We are Next" girişimidir (Next, 2016). Ülkemizde sadece İstanbul'un bulunduğu bu girişimde; Hamburg, Zürih ve Lisbon gibi önde gelen Avrupa şehirleri bulunmaktadır. Şu aşamada İstanbul için aktif olmamakla birlikte, yapılan paylaşımların "Koruma ve Değişim Harita"sına aktarılmasıyla, GCB'nin bir şehrin gelişimine nasıl katkı sağlayabileceği açısından da faydalı bir örnek teşkil edecektir.

4. DEĞERLENDIRME

Günümüzde sivillerin katılımıyla gelişmekte olan birçok alan vardır ve bunlar kuş gözlemciliğinden, sosyal medya ihbar hatlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Mobil ve web teknolojilerinin gelişmesi, bu akımın itici gücü olmuştur. Mobil teknolojilerin önümüzdeki yıllarda daha da gelişeceği düşünüldüğünde, GCB'nin önemi yadsınamaz hale gelecektir.

Bunun yanında, bilimsel araştırma projelerinin çoğunlukla vatandaşların vergileriyle karşılandığı düşünüldüğünde, araştırma sonuçlarının kendi yaşamlarına ne gibi etkileri olacağını öğrenmek ve dolayısıyla da bilimsel süreçlere dahil olmak istemektedirler (Silvertown, 2009). Diğer bir yönden ise, geniş katılımlı çalışmaların proje hedeflerine ulaşmada kritik öneme sahip olduğu belirtilmektedir (Lottig, vd., 2014). Bu tür geniş katılımlı çalışmalar çeşitli kurumlarca yürütüldüğünden, daha kapsamlı ve kapsayıcı sonuçlar elde edilebilmektedir. Örnek olarak, 1969 yılında A.B.D.'nin Maryland eyaletindeki nehirlerin korunması ve iyileştirilmesine yönelik yerel bir proje olarak başlayan "Save our Waters" projesi, ülke çapında şöhret kazanarak nehirlerin iyileştirilmesine yönelik bir öncü model niteliği taşıyan bir proje haline gelmiştir (Firehock ve West, 1995). Bir diğer başarılı örnekte ise, göçmen kuşların göç yollarının gönüllülerin katkılarıyla belirlenebildiği bilinmektedir. Bu kapsamda eBird (http://ebird.org/) veritabanında gönüllülerce sağlanan milyonlarca kayıt analiz edilerek göçmen kuşların bahar ve güz göç yolları tespit edilebilmiştir(Sorte, vd., 2016).

Yaygın kullanımı ve artan önemiyle birlikte, GCB'nin beraberinde getirdiği bir diğer önemli husus ise işin yasal boyutudur. Telif haklarından, internet üzerinden yapılan karalamalara ve gizlilik hakkına kadar birçok hukuki süreçle ilişkili olan GCB'nin bu yönde değerlendirilmesi de gerekmektedir. Bu bağlamda, ilgili GCB projesini barındıran internet sayfası, gönüllü ve kullanıcıların yasal yükümlülüklerinin de olduğunun farkında olmaları önemlidir (Scassa, 2013). Kullanıcılar, bireysel olabileceği gibi, kurum veya şirket de olabilir. Örnek olarak, kasıtlı olarak yanlış girilen bir coğrafi bilginin (örnek olarak cadde adı veya bir şirketin konumu) veya lisans antlaşması bulunmayan bir GCB sitesi

yasal sorunlar doğurabilir. Dolayısıyla, GCB projesinin gönüllülerden toplanan verinin lisans antlaşmasını açık bir şekilde ifade etmesi; gönüllülerin ve kullanıcıların da bu antlaşmayı okuyup, GCB sitesini ona göre değerlendirmeleri önerilmektedir (Johnson, 2017).

Bütün bu bilgilerin ışığında, gönüllerin katkılarıyla sağlanan GCB'nin SWOT analizi (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. GCB'nin SWOT Analizi

Güçlü Yönler	**Zayıf Yönler**
• Mekân ve zamanda daha sık veri • Çok kişiye ulaşma • Farkındalık oluşturma	• Veri kalitesi • Bir GCB projesi başlatmak için teknik bilgi ve becerinin eksikliği
Fırsatlar	**Tehditler**
• Genç nüfus artışı • İnternete erişim kolaylığı • Ucuzlayan sensörler	• Veri doğrulanması için ek kaynak • Gönüllülerin motivasyon eksikliği

5. SONUÇ

Gelişen internet ve mobil teknolojileriyle birlikte artık herkes mekânsal verinin üreticisi konumuna gelmiştir. Böylece, haritacılık alanında eğitim almamış kişiler de mekânsal içerikli veri toplayabilmekte ve ancak bu sayede OpenStreetMap gibi çok fazla kişinin katılımını gerektiren projeler gerçekleşebilmektedir. Hem gelişen teknolojilerin katkısı hem de insanların bu tür projelere olan ilgisi neticesinde, önümüzdeki yıllarda GCB üzerine yapılan çalışmaların daha da artacağı düşünülmektedir (Connors, vd., 2012; Devictor, vd., 2010). Her ne kadar gelişen teknoloji GCB üzerine yapılan çalışma sayısının artmasına vesile olsa da, gönüllülerce toplanan verinin kalitesi ve gönüllülerin motivasyonun sürekliliğinin nasıl sağlanabileceği konusunda da endişeler vardır. Bir başka deyişle, sürdürülebilir bir GCB çalışmasının sahip olması gereken bileşenlerin tespit edilmesi, güncelliğini koruyan bir araştırma alanıdır. Ülkemizde de GCB üzerine çalışmalar yapılmakla birlikte, henüz bu çalışmalar emekleme safhasındadır. Artan genç nüfusumuz ve toplumun her kesiminin internete erişiminin sağlanmasıyla, GCB alanında hızlı bir şekilde ilerleme kaydedeceğimiz de aşikardır.

K A Y N A K L A R

ACM, (2013), **ACM SIGSPATIAL GIS 2013** - URL:http://sigspatial2013.sigspatial.org/workshops/ Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

AGILE, (2016), **AGILE Workshops** URL: https://agile-online.org/index.php/conference/workshops Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

Antoniou, V., Skopeliti, A., (2015), **Measures and and Indicators of VGI Qualıty: An Overview**. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. II-3/W5, 345–351.

Bartoschek, T., Keßler, C., (2013), **VGI in Education: From K-12 to Graduate Studies, Crowdsourcing** Geographic Knowledge. Springer, pp. 341–360.

Boyacı, D., Erdoğan, M., Torun, A., (2016), **Konumsal Veri Kalitesinde Süreç İyileştirme: Örnek Uygulama**. Harita Dergisi.

Budhathoki, N.R., (2010), **Participants' Motivations to Contribute Geographic Information in an Online Community**.Doktora Tezi

Budhathoki, N.R., vd., (2008). **Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure**. GeoJournal 72, 149–160.

Çabuk, S., Erdoğan, M., Önal, E., (2015), **Open Street Map Verilerinden Yararlanılarak 1/50K Ölçekli Harita Üretilebilirliğinin Araştırılması**. Harita Dergisi. 26–34.

Coleman, D., Georgiadou, Y., Labonte, J., (2009), **Volunteered Geographic Information: the nature and motivation of produsers**. Int. J. Spat. Data Infrastruct. Res. 4, 332–358.

Connors, J.P., Lei, S., Kelly, M., (2012), **Citizen Science in the Age of Neogeography: Utilizing Volunteered Geographic Information for Environmental Monitoring**. Annals Association American Geogreographers. 102, 1267–1289.

COSIT, (2017), **Conference On Spatial Information Theory**. URL: http://www.cosit2017.org/ Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

Darejeh, A., Salim, S.S., (2016), **Gamification Solutions to Enhance Software User Engagement—A Systematic Review**. Int. J. Hum.-Comput. Interact. 32, 1–30.

Devictor, V., Whittaker, R.J., Beltrame, C., (2010), **Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography**. Divers. Distrib. 16, 354–362.

DSİ, (2016), **DSİ TAMBİS**, URL: http://www.basarsoft.com.tr/dsi-tambis/ Erişim tarihi: 12 Aralık 2016.

Eastman, L., vd., (2014), **The potential for young citizen scientist projects: a case study of Chilean schoolchildren collecting data on marine litter**. Rev. Gest. Costeira Integrada 14, 569–579.

Elwood, S., Goodchild, M.F., Sui, D.Z., (2012), **Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice**. Ann. Assoc. Am. Geogr. 102, 571–590.

Fahri Meteorolog, (2013), **Meteoroloji Biliminde Son Yıllardaki Gelişmeler Ve Amatör (Gönüllü) Meteorologlarin Önem Kazanma Süreci**
URL: www.egetahmin.net
Erişim tarihi: 12 Aralık 2016

Feick, R., Roche, S., (2013), **Understanding the Value of VGI**, Crowdsourcing Geographic Knowledge. Springer, pp. 15–29.

FIG., (2016), **Workshop: From Volume to Quality:Bridging the Gap for Spatial Data Infrastructure**,
URL:http://com3fig.wixsite.com/fig-commission3-2016/news
Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016

Firehock, K., West, J., (1995), **A Brief History of Volunteer Biological Water Monitoring Using Macroinvertebrates**. J. North Am. Benthol. Soc. 14, 197–202.

Flanagin, A.J., Metzger, M.J., (2008), **The credibility of volunteered geographic information**. GeoJournal 72, 137–148.

GIScience, (2014), **GIScience Workshop** 2014 URL:http://www.giscience.org/workshops_tutorials.html Erişim tarihi: 12 Aralık 2016.

Goodchild, M.F., (2007), **Citizens as sensors: the world of volunteered geography**. GeoJournal 69, 211–221.

Goodchild, M.F., Li, L., (2012), **Assuring the quality of volunteered geographic information**. Spat. Stat. 1, 110–120.

Gulnerman, A.G., Gengec, N.E., Karaman, H., (2016), **Review of Public Tweets over Turkey within a Pre-Determined Time**, First International Conference on Smart Data and Smart Cities, pp. 153–159.

Gülnerman, A.G., Karaman, H., (2015), **PPGIS Case Studies Comparison and Future Questioning**,15th Int. Conf. on Computational Science and Its Applications. pp. 104–107.

Haklay, M., (2013), **Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation**, Crowdsourcing Geographic Knowledge. Springer, pp. 105–122.

Haklay, M., Weber, P., (2008), **OpenStreetMap: User-Generated Street Maps**. IEEE Pervasive Comput. 7, 12–18.

Haklay, M.E., vd., (2014), **Crowdsourced Geographic Information Use in Government** (Rapor). Global Facility for Disaster Reduction & Recovery (GFDRR), World Bank, London, UK.

Hecht, B., Stephens, M., (2014), **A tale of cities: Urban biases in volunteered geographic information**. Proceedings of the 8th Int. Conf. on Weblogs and Social Media, ICWSM pp. 197–205.

Hidalgo-Ruz, V., Thiel, M., (2015), **The Contribution of Citizen Scientists to the Monitoring of Marine Litter**, Marine Anthropogenic Litter. Springer International Publishing, pp. 429–447.

ISO, (2013), ISO 19157:2013 - **Geographic information -- Data quality**. URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32575 Erişim Tarihi: 21 Haziran 2016.

ISPRS, (2016), **Technical Commissions and Working Groups**. URL: http://www2.isprs.org/commissions.html Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

İTÜ, (2016), **Açık Kaynak Kodlu Coğrafi Bilgi Bilimi ve Teknolojileri**. URL: http://petek.fbe.itu.edu.tr/co.aspx?i=1081 Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

Johnson, P.A., (2017), **Models of direct editing of government spatial data: challenges and constraints to the acceptance of contributed data**. Cartogr. Geogr. Inf. Sci. 44, 128–138.

Lawrence, A., (2006), "**No Personal Motive?" Volunteers, Biodiversity, and the False Dichotomies of Participation**. Ethics Place Environ. 9, 279–298.

Little, K.E., Hayashi, M., Liang, S., (2015), **Community-Based Groundwater Monitoring Network Using a Citizen-Science Approach**. Groundwater. pp. 1-8

Lottig, N.R. vd., (2014), **Long-Term Citizen-Collected Data Reveal Geographical Patterns and Temporal Trends in Lake Water Clarity**. PLOS ONE 9:4, pp. 1-8

Martella, R., vd., (2015), **A Gamification Framework for Volunteered Geographic Information**, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, pp. 73–89.

Martí, I.G., vd., (2012), **Mobile Application for Noise Pollution Monitoring through Gamification Techniques**, Entertainment Computing - ICEC 2012, Lecture Notes in Computer Science. Springer, pp. 562–571.

Middleton, S.E., vd., (2014), **Real-Time Crisis Mapping of Natural Disasters Using Social Media**. IEEE Intell. Syst. 29, 9–17.

Miller-Rushing, A.J., Primack, R.B., (2008), **Global Warming and Flowering Times in Thoreau's Concord: A Community Perspective**. Ecology 89, 332–341.

Neis, P., Zipf, A., (2012), **Analyzing the Contributor Activity of a Volunteered Geographic Information Project — The Case of OpenStreetMap**. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 146–165.

Next, (2016), **The Next Network**. URL: http://www.wearenext.org/ Erişim Tarihi: 20 Aralık 2016.

NTV, (2006), **"Gönüllü meteorolojistler" iş başında** URL: http://arsiv.ntv.com.tr/news/359028.asp Erişim Tarihi: 28 Ekim 2016.

Scassa, T., (2013), **Legal issues with volunteered geographic information**. Can. Geogr. Géographe Can. 57, 1–10.

Silvertown, J., (2009), **A new dawn for citizen science**. Trends Ecol. Evol. 24, 467–471.

Sorte, F.A.L., vd., (2016), **Convergence of broad-scale migration strategies in terrestrial birds**. Proc R Soc B. DOI: 10.1098/rspb.2015.2588

Stephens, M., (2013), **Gender and the GeoWeb: divisions in the production of user-generated cartographic information**. GeoJournal 78, 981–996.

Sui, D., vd., (2013), **Volunteered Geographic Information, the Exaflood, and the Growing Digital Divide**, Crowdsourcing Geographic Knowledge. Springer, pp. 1–12.

Tang, Z., Liu, T., (2016), **Evaluating Internet-based public participation GIS (PPGIS) and volunteered geographic information (VGI) in environmental planning and management**. J. Environ. Plan. Manag. 59, 1073–1090.

TCK, (2016), **Türk Coğrafya Kurumu - İhbar Hattı**. URL: http://www.tck.org.tr/etkinlik/tr/tck-ihbar-hatti/ Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016.

Ünen, H.C., vd., (2013), **Özgür Harita: OpenStreetMap**. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi

USGS, (2015), **Citizen Science: For Citizens, Science, and the Planet | Science Features**.URL: https://www2.usgs.gov/blogs/features/usgs_top_story/citizen-science-for-citizens-science-and-the-planet/ Erişim Tarihi: 12 Aralık 2016

Verplanke, J., vd., (2016), **A Shared Perspective for PGIS and VGI**. Cartogr. J. 1–10.

WOW, 2011. **İstanbul için kar tahminleri-WOW Meteoroloji (Gönüllü Meteorologlar Kar Sevdalıları)** URL: http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=107231 Erişim Tarihi: 28 Ekim 2016.

Yanenko, O., Schlieder, C., (2012), **Enhancing the Quality of Volunteered Geographic Information: A Constraint-Based Approach**, Bridging the Geographic Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pp. 429–446.

Yang, A., vd., (2016), **Amateur or Professional: Assessing the Expertise of Major Contributors in OpenStreetMap Based on Contributing Behaviors**. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 5, 21.

Zichermann, G., Cunningham, C., (2011), **Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps**, O'Reilly.

Uçuş Rotalarının ve En Kısa Yolların Karşılaştırmalı Mekânsal Analizi ve Görselleştirilmesi

(Comparative Spatial Analysis and Visualization of Flight Routes and Shortest Paths)

Melih BAŞARANER, Sinan ÇETİNKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü Kartografya Anabilim Dalı 34220 Davutpaşa, İstanbul
mbasaran@yildiz.edu.tr

ÖZ

Uçaklar bir havalimanından diğerine belirli uçuş rotaları kullanarak ulaşırlar. Rotaların planlanmasında dikkate alınan en önemli ölçütlerden biri, mümkün olan en kısa yolun izlenmesidir. Fakat rotalar, çeşitli nedenlerle (meteorolojik koşullar, hava trafiği vb.) en kısa yollarla çakışmaz ve bir miktar saparlar. Bu çalışmada, sivil havacılıkta kullanılan bazı rotaların, jeodezi ve kartografya disiplinlerinin sunduğu farklı yaklaşımlar kullanılarak hesaplanan en kısa yollar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Uygulamada, uzunlukları (yer mesafesi cinsinden) yaklaşık 400 ile 4000 km arasında değişen 14 adet rota incelenmiştir. Uçuş güzergâhları ve en kısa yollar, referans yüzeyler üzerinde ve üç boyutlu (3B) uzayda hesaplanmıştır. Ayrıca havacılıkta kullanılan yer mesafesi ve hava mesafesi kavramları da kısaca irdelenmiştir. Ek olarak bir rota örneğinde iki ve üç boyutlu görselleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bulgular, otalik küre ve genel küre üzerinde hesaplanan kalkış ve varış noktaları arasındaki büyük daire yayı uzunluklarının jeodezik eğri uzunluğuna göre sırasıyla maksimum %0.06 ve %0.26 oranlarında değiştiğini göstermiştir. Uçuş güzergâhı ve jeodezik eğri karşılaştırıldığında, elipsoit yüzeyinde %0.3 ile %12.8 (medyan %6.1), 3B uzayda ise %0.3 ile %12.7 (medyan %6) oranları arasında değişen uzunluk artışları olduğu görülmüştür. Güzergâh boyunca sapmalar ise elipsoit yüzeyinde 11.4-185.4 km (medyan 42.7 km) ve 3B uzayda 11.4-185.7 km (medyan 42.8 km) aralığında olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Uçuş Rotaları, En Kısa Yollar, Referans Yüzeyler, Mesafeler, Mekânsal Analiz, Mekânsal Görselleştirme*

ABSTRACT

Airplanes arrive from one airport to another using specific flight routes. One of the most important criteria taken into account in the planning of the routes is to follow the shortest possible route. However, the routes do not coincide with the shortest paths for a variety of reasons (meteorological conditions, air traffic, etc.) and deviate a little. In this study, it was aimed to compare some of the routes used in civil aviation with the shortest paths calculated using different approaches offered by geodesy and cartography disciplines. In experimental study, 14 routes ranging from about 400 to 4000 km in length (in terms of ground distance) were investigated. Flight routes and shortest paths were calculated on reference surfaces, and in three-dimensional (3D) space. Besides, the concepts of ground distance and air distance used in aviation were also briefly discussed. Furthermore, a two- and three-dimensional visualization was performed on a route example. The findings showed that the lengths of the great circles between the departure and arrival points calculated on authalic sphere and general sphere varied by a maximum of 0.06% and 0.26%, respectively, against the geodetic curve length. Compared with the flight path and the geodetic curve, it was observed that the increases in lengths ranged from 0.3% to 12.8% (median 6.1%) on the ellipsoid surface and from 0.3% to 12.7% (median 6%) in 3D space. Deviations along the route were 11.4-185.4 km (median 42.7 km) on the ellipsoid surface and 11.4-185.7 km (median 42.8 km) in 3D space.

Keywords: *Flight Routes, Shortest Paths, Reference Surfaces, Distances, Spatial Analysis, Spatial Visualization*

1. GİRİŞ

Hava trafiğini sağlıklı biçimde yönetebilmek için hava sahalarında uçuş koridorları oluşturulmuştur. Uçaklar önceden belirlenmiş bu koridorları kullanırlar. Bu koridorlar boyunca, uçakların hava trafik kontrol birimiyle haberleştiği çeşitli güzergâh noktaları (waypoints) belirlenmiştir. Uçaklar, bu noktalardan geçerek varış noktasına ulaşırlar ve genellikle bu noktalarda yön, hız veya yükseklik değiştirirler. Bu noktalardan geçerken kullanılacak yükseklikler, öncelikle hava trafiğine bağlıdır ve hatta bazı ülkeler, sivil uçakların geçişi için belli irtifalar da belirlemişlerdir. Uçuş öncesi, uçakların izleyeceği rotalara ilişkin çeşitli bilgiler uçuş planlarında yer alır. Bu planlar, uçuş öncesi hava trafik kontrol birimine iletildikten sonra uçağın izlenmesine başlanır ve seyir hizmetleri verilir. Kalkış ve inişte ise farklı prosedürler uygulanır. Bu prosedürler önceden uçuş planı ile birlikte belirlense de, meteorolojik koşullar ve hava trafiğine bağlı olarak hava trafik kontrol birimi tarafından gerek görülürse değiştirilebilmektedir (FAA, 2011; 2015; 2016).

Uçuş rotaları; meteorolojik koşullar, yakıt harcaması, uçuş süresi, mevcut hava trafiği, arazi yükseltileri, hava sahası kısıtlamaları ve hava sahası kullanım ücretleri gibi çeşitli ölçütler dikkate alınarak belirlenir. Bu kapsamda, mümkün olan en az maliyetli yolun izlenmesi önemlidir. Geometrik açıdan bir noktadan diğerine en az maliyetle ulaşmak için en kısa yolun izlenmesi gerekir. En

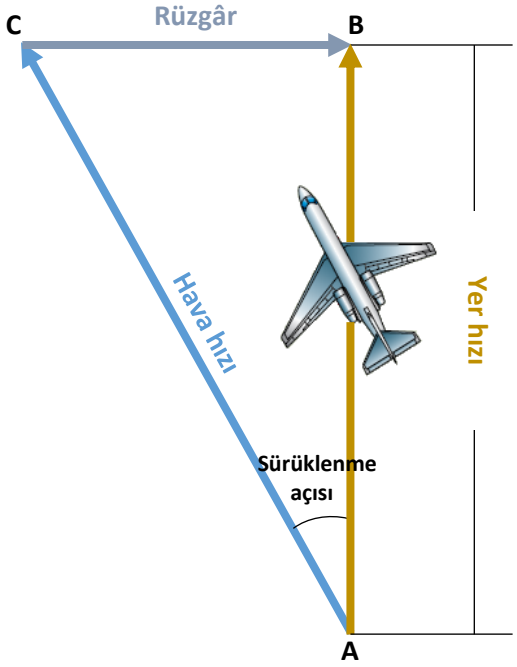
kısa yol, en klasik ve yaygın anlayışla küre üzerinde alınan en kısa yol yani ortodrom eğrisi (büyük daire yayı) olarak algılanmaktadır. Bununla birlikte, şekli geoide daha yakın olduğu için daha yüksek doğruluklu hesaplamalarda yeryüzü geometrik olarak dönel elipsoit (sferoit) kabul edilerek çözüme gidilir. Bu nedenle, elipsoit üzerinde iki nokta arasındaki en kısa mesafe olan jeodezik eğri uzunluğu daha hassas değerlendirmeler için kullanılır. Uçaklar, referans yüzeyi üzerinde değil belirli bir yükseklikte havada yol almaktadır. Dolayısıyla bir uçağın rotasının, referans yüzeylerinin üzerinde değerlendirilmesinin ötesinde üç boyutlu (konum ve yükseklik temelli) değerlendirilmesi, alacağı yolun çok daha gerçekçi bir biçimde belirlenmesi olanağını sağlar. Literatür incelendiğinde bu konuda pratik hesaplamaların daha ön planda olduğu ya da farklı yaklaşımlarla yapılabilecek hesaplamaların bir değerlendirmesinin olmadığı görülmektedir. Bu kapsamda, Walwyn (1996) bir saldırı uçağının mevcut konumu ve en yakın güzergâh noktası arasındaki mesafenin hassas biçimde elde edilmesi için çözümü daha pratik olan ve jeodezik eğriye oldukça yakın sonuç veren elipsoit üzerindeki büyük elips yaylarının hesaplanmasını ele almaktadır. Kralicek (2009) geniş bir alana ait havacılık verilerinin üç boyutlu (3B) görselleştirilmesi için OssimPlanet 3B yeryüzü görüntüleme yazılımı ve OpenSceneGraph kütüphanesiyle gerçekleştirdiği bir uygulama sunmaktadır. Nastro vd. (2010) büyük daire navigasyonuna ilişkin problemlerin çözümü için vektör analizini kullanmaktadır.

Literatürdeki eksiklikten hareketle, bu çalışmada uçuş rotalarının kullanılan referans yüzeyi üzerindeki en kısa yoldan ne kadar saptığının ve en kısa yol üzerinde gidildiği takdirde mesafelerin ne kadar değişeceğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu rotaların pratik olarak iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) görselleştirilmesi de ele alınmıştır.

Bu kapsamda, farklı yaklaşımlar ile referans yüzeyi üzerinde ve 3B uzayda mesafeler hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Bu yaklaşımlarda referans yüzeyleri olarak, WGS84 (World Geodetic System 1984) elipsoidine göre genel küre, WGS84 elipsoidine göre otalik küre ve WGS84 elipsoidi kullanılmıştır. Hesaplamalar, rotanın başlangıç ve bitiş koordinatlarına, rota boyunca yer alan tüm güzergâh noktalarının coğrafi koordinatlarına (enlem φ, boylam λ), güzergâh noktalarının jeodezik eğriye dik inilmesiyle elde edilen coğrafi koordinatlara ve bu noktaların elipsoidal kartezyen koordinatlarına dayalıdır.

2. HAVA MESAFESİ VE YER MESAFESİ

Hava mesafesi (air distance) ve yer mesafesi (ground distance) uçakların kat edecekleri yol ile ilgili olarak uçuş planlarında yer alan önemli bir bilgidir. Yer mesafesi hesaplanırken rüzgâr faktörü dikkate alınır. Rüzgâr, bir uçuşu olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir. Uçuş esnasında baş rüzgârı yerine kuyruk rüzgârının alınması, uçağın yer hızını artırırken, tersi durumda bu değer azalır. Şekil 1'de görüldüğü gibi A noktasından C noktasına gitmek isteyen bir uçak, rüzgâr nedeniyle B noktasına ulaşır. Bu bağlamda, rotasından sapmamak için rüzgârı dikkate alarak doğrultusunu ayarlayabilir. Hava mesafesi, uçağın hızı (hava hızı) ve uçuş süresi yardımıyla hesaplanırken, yer mesafesi, uçağın hızı, rüzgârın yönü ve şiddeti ve uçuş süresi dikkate alınarak hesaplanır. Yeryüzünde alınan yol bakımından yer mesafesi anlamlıdır (FAA, 2011; 2016).



Şekil 1. Hava hızı ve yer hızı
(FAA, 2011'den yararlanarak yeniden çizilmiştir)

Uçuş planlamada temel hedef, tahmin edilen rüzgâr-akış modeli dikkate alındığında en kısa hava mesafesinde ya da en kısa zamanda uçmayı sağlayacak rotayı belirlemektir. Rüzgârı dikkate almaksızın en kısa yer mesafesinin ya da mesafeyi dikkate almaksızın en güçlü rüzgâr yönünün en kısa süreli rotayı üretmesi nadiren rastlanacak bir durumdur. Rüzgâr ve yer mesafesinin en uygun kombinasyonu, en kısa hava mesafesini ya da en kısa süreyi verecektir (Simpson, vd., 1965).

3. YÖNTEM

Uçuş rotası uzunluklarının hesaplanmasında çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır. Coğrafi koordinatlar, WGS84 datumuna dayalıdır. Yaklaşımın türüne göre referans yüzeyi küre veya WGS84 elipsoidi olmaktadır. WG84 elipsoidinin aşağıdaki eşitliklerde geçen parametrelerinin değerleri şöyledir: Büyük yarı eksen $a = 6378137\ \mathrm{m}$, küçük yarı eksen $b = 6356752.314245\ \mathrm{m}$, basıklık $f = 1/298.257223563$ ve birincil eksantirisite $e = 0.0818191908426215$.

Küçük ölçekli harita yapımında (1:2 000 000 veya daha küçük) ya da sınırlı alanlarda hesaplama kolaylığı açısından aralarındaki farklar ihmal edilebilir olduğu için referans yüzeyi olarak elipsoit yerine küre kullanılabilir. Kürenin yarıçapı, referans elipsoidine ilişkin geometrik büyüklüklere dayalı olarak farklı şekillerde hesaplanabilir (Koçak, 1999; Özbenli, 2001; Uçar vd., 2011).

Jeodezik uygulamalarda, lokal yaklaşımlar için Gauss küresi kullanılabilir. Gauss küresinin yarıçapı R_G enleme göre değişkenlik gösterir ve (1) eşitliğiyle hesaplanır (Torge vd., 2012; Jekeli, 2012).

$$R_G = \frac{a(1-f)}{1-e^2 sin^2\varphi} \tag{1}$$

Global yaklaşımlarda kürenin yarıçapı, eksen uzunlukları ortalamasıyla R_m, elipsoit ve kürenin hacminin eşit alınmasıyla (hacim koruyan küre) R_v ya da elipsoit ve kürenin alanının eşit alınmasıyla (alan koruyan/otalik küre) R_s elde edilebilir (Sırasıyla eşitlik (2), (3) ve (4)). Bu üç yöntemle elde edilen yarıçap değerleri arasındaki farklar, birkaç metreyi geçmediği için WGS84 ve GRS80 elipsoitlerine karşılık genel küre yarıçapı için $R = 6371\ km$ ortalama global değer olarak kullanılır (Torge vd., 2012; Jekeli, 2012).

$$R_m = \frac{1}{3}(2a + b) \tag{2}$$

$$R_v = \sqrt[3]{a^2 b} \tag{3}$$

$$R_s = b\sqrt{\left(1 + \frac{2}{3}e^2 + \frac{3}{5}e^4 + \cdots\right)} \tag{4}$$

a. Genel küre üzerinde kalkış ve varış noktaları arasındaki ortodrom eğrisi uzunluğu

Kalkış i ve varış j noktalarının coğrafi koordinatları kullanılarak ortodrom eğrisi (büyük daire yayı) uzunluğu S, Kosinüs teoremini esas alan (5) eşitliği ile hesaplanmaktadır (Synder, 1987; Koçak, 1999; Uçar vd., 2011). Bu yaklaşımda, jeodezik (elipsoidal) enlem ve boylam değerleri, küre üzerindeymiş gibi kabul edilmekte ve kürenin yarıçapı $R = 6371\ km$ alınmaktadır.

$$S_{i,j} = R\frac{\pi}{180^o} cos^{-1}\left[sin\varphi_i sin\varphi_j + cos\varphi_i cos\varphi_j \cos(\lambda_j - \lambda_i)\right] \tag{5}$$

b. Otalik küre üzerinde kalkış ve varış noktaları arasındaki ortodrom eğrisi uzunluğu

Bir diğer yaklaşım, referans elipsoidi yerine otalik küre ve jeodezik enlem yerine otalik enlem kullanılmasıdır (Bildirici, 2016; Kimerling, vd., 2016). Boylam değeri ise değişmez. Otalik enlem β, jeodezik enlem φ ve elipsoidin birinci eksantrisitesi e kullanılarak (6) ve (7) eşitlikleriyle hesaplanır (Snyder, 1987).

$$\beta = sin^{-1}\left(\frac{q}{q_p}\right) \tag{6}$$

$$q = (1 - e^2)\left\{\frac{sin\varphi}{(1-e^2 sin^2\varphi)} - \left(\frac{1}{2e}\right) ln\left[\frac{(1-e\ sin\varphi)}{(1+e\ sin\varphi)}\right]\right\} \tag{7}$$

q_p ise $\varphi = 90^o$ alınarak (7) eşitliğiyle hesaplanır.

Otalik küre yarıçapı R_s, daha önce ifade edildiği gibi elipsoidin alanı kürenin alanına eşit alınarak elde edilir ve (4) ya da (8) eşitlikleriyle hesaplanabilir. WGS84 elipsoidine göre $R_s = 6371007.181\ \mathrm{m}$'dir (Snyder, 1987; Bildirici, 2016).

$$R_s = a\sqrt{\frac{q_p}{2}} \tag{8}$$

Sonrasında (5) eşitliğinde R yerine R_s ve φ yerine β kullanılarak uzunluk hesaplanır.

c. Kalkış ve varış noktaları arasındaki jeodezik eğri uzunluğu

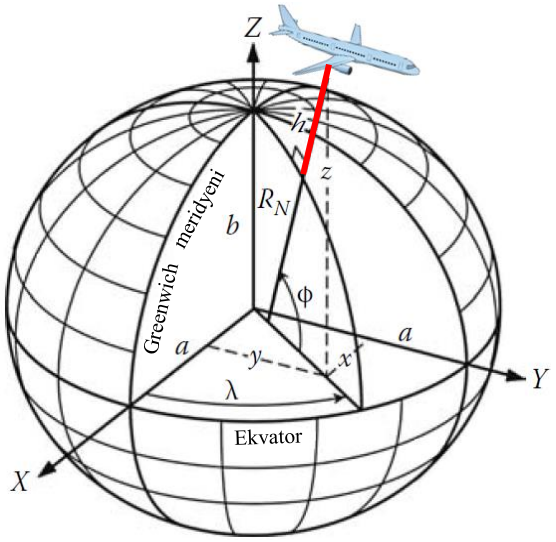
Elipsoit üzerinde kalkış ve varış noktaları arasındaki en kısa yol, jeodezik eğriye karşılık gelir. Helmert ve önceki araştırmacıların jeodezik eğriye ilişkin temel ödev çözümlerini bilgisayar ortamında gerçekleştirmek ve iyileştirmek için Kearney (2011, 2013) tarafından önerilen yaklaşımlar bu aşamada esas alınmaktadır. Eşitlikler için bu kaynaklara başvurulabilir.

ç. Güzergâh noktaları arasındaki jeodezik eğri segmentlerinin toplam uzunluğu

Bu yaklaşımda, güzergâh noktaları arasındaki jeodezik eğri segmentlerinin uzunlukları parça parça elde edilmekte ve bunların toplamından kalkış ve varış noktası arasında alınan yol, WGS84 elipsoidi üzerinde hesaplanmaktadır.

d. Güzergâh noktalarının elipsoidal kartezyen koordinatlarıyla 3B yol uzunluğu

Uçaklar yeryüzünden belirli bir yükseklikte uçtuğu için havada kat ettikleri yol, elipsoidal kartezyen koordinatlar yardımıyla hesaplanabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Elipsoidal kartezyen koordinatlar (Bossler, vd., 2010'dan kısmen değiştirilerek alınmıştır)

Bu yaklaşımda, (9) eşitliğiyle meridyene dik doğrultudaki normal kesit eğrilik yarıçapı R_N, (10), (11), (12) eşitlikleriyle güzergâh noktalarının 3B koordinatları (X, Y, Z) ve (13) eşitliğiyle 3B yol uzunluğu D elde edilmektedir. Burada n güzergâh noktası sayısını, i herhangi bir güzergâh noktasını ve Δ koordinat farklarını ifade etmektedir.

$$R_N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 sin^2\varphi}} \quad (9)$$

$$X = (R_N + h) cos\varphi cos\lambda \quad (10)$$

$$Y = (R_N + h) cos\varphi sin\lambda \quad (11)$$

$$Z = \left(\frac{b^2}{a^2} R_N + h\right) sin\varphi \quad (12)$$

$$D = \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{\Delta X_{i,i+1}^2 + \Delta Y_{i,i+1}^2 + \Delta Z_{i,i+1}^2} \quad (13)$$

Planda uçuş yüksekliği, ortalama deniz seviyesine göredir ve pratik anlamda ortometrik yüksekliğe karşılık gelir. Elipsoidal yüksekliği hesaplamak için (14) eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte h elipsoidal yüksekliği, H ortometrik yüksekliği ve N jeoit ondülasyonunu (jeoit yüksekliği) ifade etmektedir.

$$h = H + N \quad (14)$$

e. Jeodezik eğriye dik inilmiş güzergâh noktalarının elipsoidal kartezyen koordinatlarıyla 3B yol uzunluğu

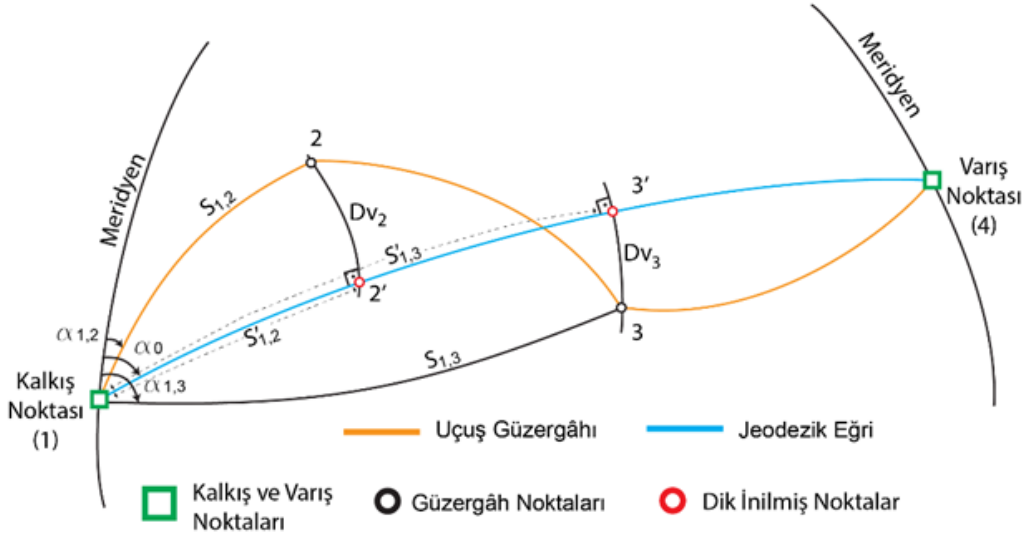
Bu yaklaşımda güzergâh noktaları, jeodezik eğriye dik olarak inilmiştir. Kalkış noktası ve herhangi bir güzergâh noktası arasındaki uzunluk değeri, Gauss küresi üzerinde dik üçgen çözümüyle elde edilmektedir (Şekil 3). Bu amaçla elipsoidal 2. temel ödev ile ilk olarak kalkış noktası ve güzergâh noktaları arasındaki azimutlar α, ikinci olarak kalkış ve varış noktaları arasındaki azimut α_0 ve ayrıca bunların farkı $\Delta\alpha$ hesaplanmaktadır (Eşitlik 15). Jeodezik eğri üzerine dik inilen bir nokta ile kalkış noktası arasındaki jeodezik eğri uzunluğu S'; bir güzergâh noktası ile kalkış noktası arasındaki jeodezik eğri uzunluğu S ve azimut farkı $\Delta\alpha$ parametreleri kullanılarak Neper formülünü esas alan (16) eşitliğiyle elde edilmektedir. R_G ilgili iki noktanın enlemlerinin ortalaması kullanılarak (1) eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Daha sonra kalkış noktasının coğrafi koordinatları, α_0 ve S' kullanılarak elipsoidal 1. temel ödev ile dik inilen noktanın coğrafi koordinatları elde edilmektedir.

$$\Delta\alpha_{1,k} = |\alpha_0 - \alpha_{1,k}| \quad (15)$$

$$S'_{1,k} = R_G \frac{\pi}{180^o} tan^{-1}\left[tan\left(\frac{S_{1,k}}{R_G} \times \frac{180^o}{\pi}\right) cos\Delta\alpha_{1,k}\right] \quad (16)$$

$$(k = \{2, 3, \dots, n-1\})$$

Bu yöntemle elde edilen noktaların ortometrik yükseklikleri karşılık geldikleri güzergâh noktalarının ortometrik yükseklikleriyle aynı kabul edilmektedir. Bu noktaların elipsoidal yükseklikleri eşitlik (14)'e göre elde edilmektedir. Elipsoidal kartezyen koordinatlar (10), (11), (12) ve 3B yol uzunluğu (13) eşitliğiyle hesaplanmaktadır.



Şekil 3. Güzergâh noktaları ve jeodezik eğriye dik inilmiş noktalar

f. Orijinal ve jeodezik eğriye dik inilen güzergâh noktaları arasındaki elipsoidal ve 3B sapma uzunlukları

Bu aşamada güzergâh noktaları ve bu noktaların jeodezik eğriye dik inilmesiyle elde edilen noktalar arasındaki ortalama sapma uzunlukları hesaplanmaktadır. İlk durumda elipsoit yüzeyindeki sapma Dv, Sinüs teoremini esas alan (17) eşitliğiyle Gauss küresinde ve ikinci durumda 3B sapma Dv_{3B}, daha önce hesaplanan elipsoidal kartezyen koordinatlar kullanılarak (18) eşitliğiyle hesaplanmaktadır. Burada k nokta numarasını ifade etmektedir.

$$Dv_k = R_G \frac{\pi}{180^o} \times$$

$$sin^{-1}\left[sin\left(\frac{S_{1,k}}{R_G} \times \frac{180^o}{\pi}\right) sin\Delta\alpha_{1,k}\right] \quad (17)$$

$$Dv_{3B,k} = \sqrt{(X_k - X_k')^2 + (Y_k - Y_k')^2 + (Z_k - Z_k')^2} \quad (18)$$

4. UYGULAMA

a. Veriler

Uçuş verileri, havacılık bilgi değişim modeli (AIXM) standardına göre hazırlanmış genişletilebilir işaretleme dili (XML) dosyalarında yer almaktadır (Şekil 4). Uygulamada 9'u iç hat, 5'i dış hat olmak üzere toplam 14 adet rota incelenmiştir.

b. Mekânsal analiz ve görselleştirme

Bu aşamada ilk olarak, farklı XML dosyalarında yer alan uçuş verileri, Excel tablolarına

```
<Waypoint sequenceId="3" waypointId="EDASA"
waypointName="EDASA"
waypointLongName="EDASA"
countryICAOCode="LT">
<Coordinates latitude="+142056"
longitude="+108448">N3927.6
E03007.5</Coordinates>
<Airway type="RNAV_SID">EDASA1J</Airway>
<Altitude>
<EstimatedAltitude>
<Value unit="ft/100">350</Value>
</EstimatedAltitude>
</Altitude>
<MinimumSafeAltitude>
<Value unit="ft/100">83</Value>
</MinimumSafeAltitude>
<SegmentWind>
<Direction>
<Value type="true" unit="deg">280</Value>
</Direction>
<Speed>
<Value unit="kt">16</Value>
</Speed>
</SegmentWind>
<SegmentShearRate>
<SegmentVerticalWindChange>
<Value unit="kt">1</Value>
</SegmentVerticalWindChange>
```

Şekil 4. XML formatlı uçuş verisi örneği

aktarılmıştır. Bu tablolardan güzergâh noktalarına ilişkin verileri içeren kısımlar çekilmiş ve ayrı dosyalar halinde kaydedilmiştir. Bu yeni Excel tabloları, CBS ortamına aktarılıp yapısal sorgulama dili (SQL) yardımıyla içerik ve birimler açısından yeniden düzenlenmiştir. Ardından tablolardaki coğrafi koordinatlar kullanılarak Geographic (WGS 84) (EPSG: 4326) koordinat sisteminde noktalar oluşturulmuştur. Noktaların

elipsoidal yüksekliklerini elde etmek için U.S. National Geospatial Intelligence Agency tarafından yayımlanan ve aynı koordinat sisteminde tanımlı 2′ 30″ × 2′ 30″ çözünürlüklü yer gravite modeli 2008 (EGM2008) raster grid verileri kullanılmıştır (URL-2). Buradaki jeoit ondülasyonu değerleri, otomatik olarak güzergâh noktaları tablosuna aktarılmış ve elipsoidal yükseklikler ilgili sütunların toplamıyla elde edilmiştir.

Mesafe ve uzunluk hesaplamaları, açık kaynaklı istatistik ve grafik yazılımı R üzerinde geliştirilen program parçacıkları ve R için oluşturulmuş "geosphere" paketinde yer alan, elipsoit ve küre üzerindeki hesaplamalara yönelik fonksiyonlar ile gerçekleştirilmiştir (URL-1). Bu paketteki fonksiyonlar, Karney (2013)'e göre hazırlanmış yazılım kütüphanesine dayalıdır (URL-3). Elipsoit üzerinde 1. ve 2. temel ödevler için sırasıyla "geodesic" ve "geodesic_inverse" fonksiyonları, ortodrom eğrisi uzunluğu için ise "distCosine" fonksiyonu kullanılmıştır.

Rotalar, 2B olarak QGIS ve 3B olarak Google Earth Pro yazılımlarıyla görselleştirilmiştir. 2B görselleştirme için, R yazılımında güzergâhlar boyunca sabit bir uzunluk seçilerek (örnek harita için 0.2 mm'ye karşılık olarak 2.9 km aralıkla) nokta sıklaştırması yapılmıştır. Bu amaçla, jeodezik eğri için "geodesic" fonksiyonu kullanılmıştır. Daha sonra bu nokta koordinatlarıyla rota çizgisi oluşturulmuştur.

3B görselleştirme için orijinal ve dik inilerek elde edilen güzergâh noktaları, ayrı dosyalar halinde CSV formatına dönüştürülüp Australian Transportation Safety Bureau tarafından yayımlanan ATSB KML Creator uygulamasına aktarılmıştır (URL-4). Bu uygulama ile noktaların coğrafi koordinatları ve ortometrik yükseklikleriyle KML formatlı 3B rota geometrileri oluşturulmuştur.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Güzergâhlara ilişkin hava ve yer mesafeleri Tablo 1'de verilmektedir. Aralarındaki farklar, daha önce açıklandığı gibi rüzgârın etkisinden kaynaklanmaktadır. Uçuş planlarında bulunan yer mesafeleri, güzergâh boyunca jeodezik eğri segment veya 3B segment uzunluğuyla karşılaştırıldığında, kalkış ve varış noktalarına bağlanan segmentler hariç diğerlerinin yakın değerlere (maksimum 1-2 km civarı farklılığa) sahip oldukları görülmüştür. Bu farklılık, yer mesafesinin hız ve zaman bileşenleriyle görece daha kaba hesaplanmasından ve bu mesafenin referans yüzey üzerindeki bir eğri uzunluğuna değil yaklaşık olarak ortalama yükseklikte yatay bir mesafeye karşılık gelmesinden kaynaklanmaktadır. Kalkış ve iniş segmentlerinde ise farklı prosedürlere göre uçağın izlediği dolambaçlı yol, farkı belirgin olarak artırmaktadır. 10 000 m'ye varan uçuş yükseklikleri dikkate alındığında ±100 m aralığında değişen jeoit ondülasyonunun, 3B koordinat ve dolayısıyla uzunluk hesaplamalarına etkisi oldukça az olacaktır. Bu nedenle, çok hassas hesaplamalar gerekmiyorsa, uçağın 3B konumu hesaplanırken ortalama deniz yüzeyinden olan yüksekliği, pratik anlamda elipsoidal yükseklik yerine kullanılabilir.

Tablo 1. Hava mesafeleri ve yer mesafeleri

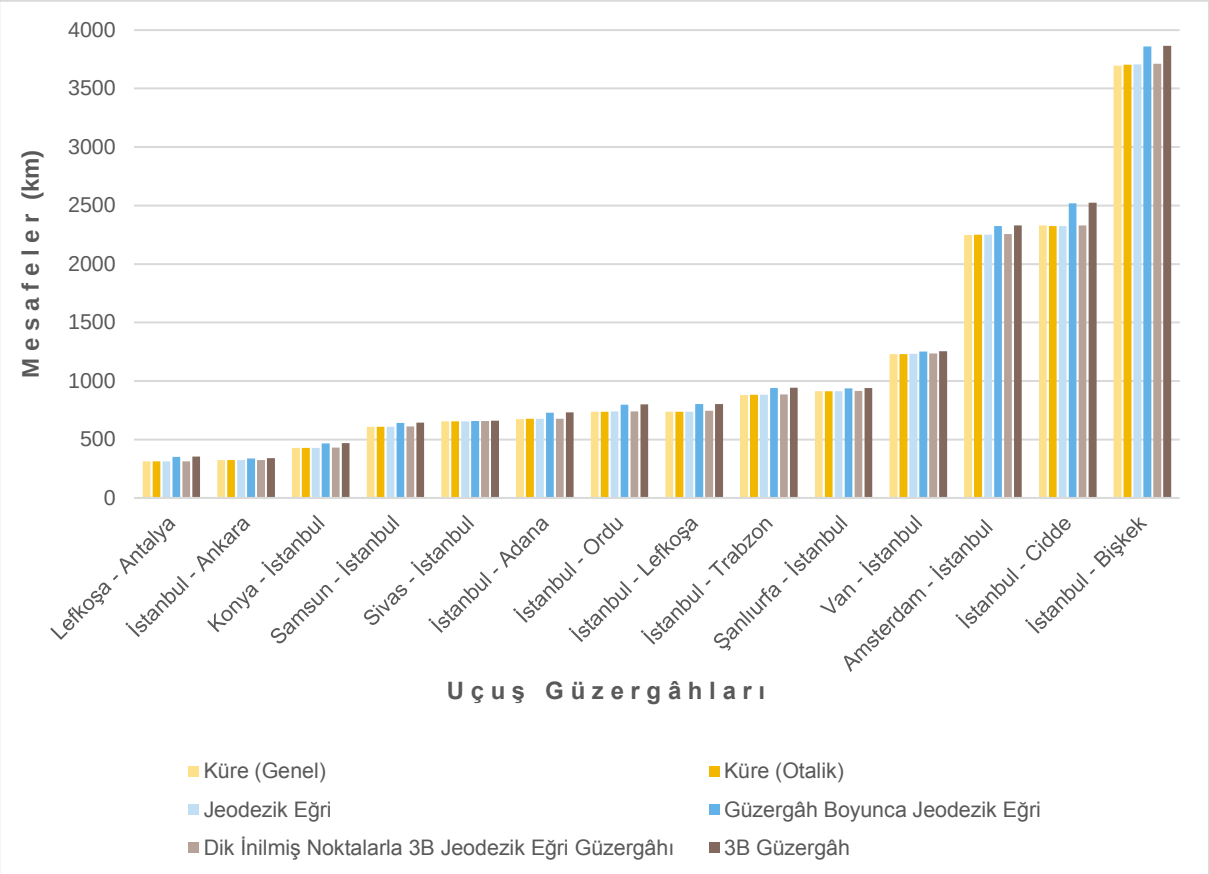
Kalkış (K)	Varış (V)	Hava mesafesi (km)	Yer mesafesi (km)
Lefkoşa	Antalya	429.664	433.368
İstanbul	Ankara	355.584	366.696
Konya	İstanbul	561.000	557.452
Samsun	İstanbul	779.692	759.32
Sivas	İstanbul	774.136	753.764
İstanbul	Adana	781.881	792.656
İstanbul	Ordu	861.180	887.108
İstanbul	Lefkoşa	975.646	820.436
İstanbul	Trabzon	929.704	964.892
Şanlıurfa	İstanbul	1088.352	1048.232
Van	İstanbul	1393.059	1300.104
Amsterdam	İstanbul	2400.192	2509.46
İstanbul	Cidde	2527.389	2559.464
İstanbul	Bişkek	4931.878	3889.200

Kalkış ve iniş pistlerinin yönleri, uçağın gideceği ya da geldiği yönden farklı olabileceği için uçakların yollarını bir miktar uzatarak dönüş yapmaları gerekebilmektedir. Bu kısma ilişkin koordinat verisi mevcut olmadığı için hesaplamalarda kalkış noktası ve ilk güzergâh noktası veya son güzergâh noktası ve varış noktası arasındaki elipsoidal 2. temel ödevden hesaplanan segmentler ve 3B segmentler daha kısa olmaktadır. Bunun sonucunda yer mesafesine kıyasla güzergâh uzunluğu daha kısa olmaktadır. Dolayısıyla güzergâh boyunca hesaplanan uzunluklara ilişkin aşağıda verilen istatistiksel değerlerde küçük bir artış olacağı dikkate alınmalıdır.

Rotalara ve en kısa yollara ilişkin elde edilen uzunluklar ve ortalama sapma uzunlukları, Tablo 2'de ve bu değerlerin grafik sunumu Şekil 5'te verilmektedir. Genel küre yerine otalik küre kabulü kullanıldığında beklendiği gibi ortodrom eğrisi uzunlukları, jeodezik eğri uzunluklarına daha

Tablo 2. Farklı yaklaşımlarla hesaplanan rota uzunlukları ve ortalama dik sapma mesafeleri

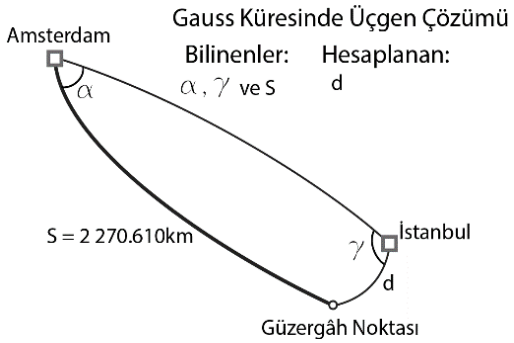
Uçuş Güzergâhı		Ortodrom Eğrisi Uzunluğu (km)		Jeodezik Eğri Uzunluğu (km)		3B Segment Toplam Uzunluğu (km)		Ort. Sapma Uzunlukları (km)	
Kalkış (K)	Varış (V)	Genel küre (K-V)	Otalik küre (K-V)	K-V	Uçuş güzergâhı segment toplamı	Uçuş güzergâhı	Jeodezik eğri güzergâhı	Elipsoit yüzeyi	3B
Lefkoşa	Antalya	311.724	311.850	311.900	351.760	352.774	313.001	32.343	32.379
İstanbul	Ankara	323.039	323.590	323.771	338.333	339.343	324.853	24.605	24.638
Konya	İstanbul	428.130	428.245	428.204	467.024	468.361	429.678	49.343	49.418
Samsun	İstanbul	607.878	609.047	609.430	642.603	644.531	611.368	45.056	45.134
Sivas	İstanbul	654.366	655.537	655.934	658.176	660.159	657.920	11.373	11.394
İstanbul	Adana	675.178	675.610	675.688	728.559	730.389	677.461	53.059	53.153
İstanbul	Ordu	736.601	738.017	738.487	798.561	800.577	740.647	44.815	44.894
İstanbul	Lefkoşa	736.989	736.698	736.440	802.001	803.827	744.544	26.937	26.978
İstanbul	Trabzon	879.301	880.993	881.554	940.593	942.722	883.830	41.240	41.313
Şanlıurfa	İstanbul	910.884	912.079	912.475	937.368	939.923	915.025	28.605	28.654
Van	İstanbul	1228.472	1230.562	1231.294	1250.815	1253.460	1233.917	24.307	24.349
Amsterdam	İstanbul	2248.479	2250.294	2250.684	2325.293	2330.414	2256.112	44.176	44.258
İstanbul	Cidde	2328.740	2325.219	2323.923	2520.005	2525.082	2328.747	185.358	185.696
İstanbul	Bişkek	3696.062	3703.636	3705.691	3859.589	3866.330	3712.356	96.412	96.255



Şekil 5. Farklı yaklaşımlarla hesaplanan rota uzunlukları

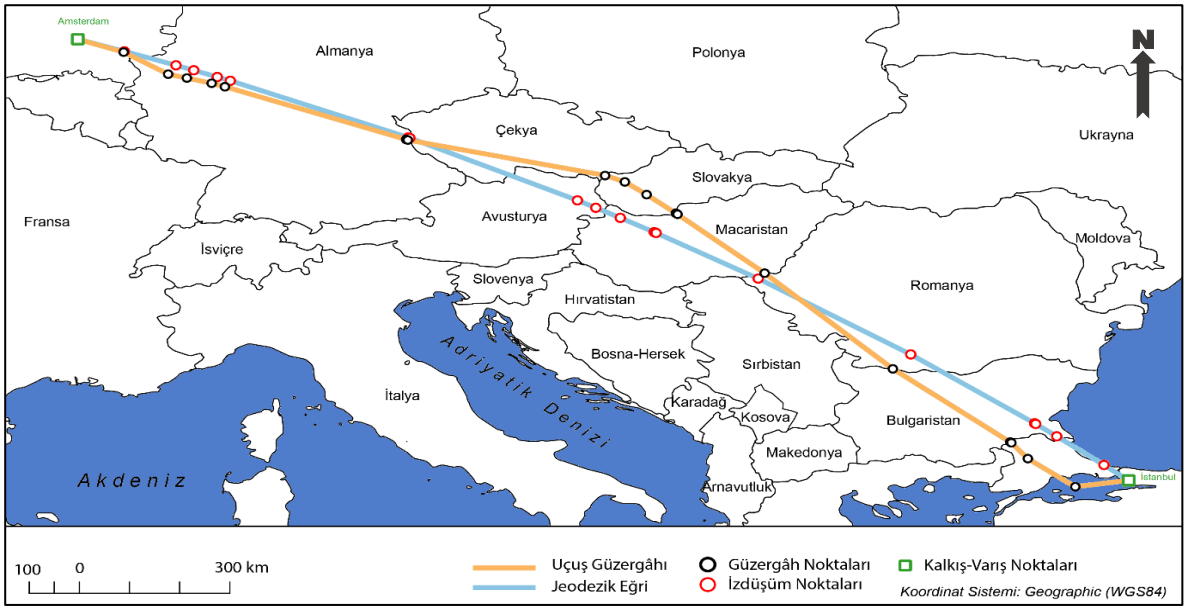
yakın bir değerde olmaktadır. Jeodezik eğriye göre uzunluk değişim oranı, otalik kürede maksimum binde 0.6, genel kürede ise maksimum binde 2.6 civarındadır. Referans yüzeyindeki (WGS84 elipsoidi) güzergâh uzunluğu ve 3B güzergâh uzunluğu kıyaslandığında maksimum binde 2.6 oranında bir fark meydana gelmiştir. Bu fark, daha çok yükseklik parametresinden ve kısmen ilk durumda elipsoit yüzeyi üzerinde eğri geometrisine ve ikinci durumda ise uzaydaki segmentler (doğru parçaları) şeklindeki geometriye dayalı hesaplama yapılmasından kaynaklanmaktadır. Kalkış ve varış noktaları arasındaki toplam güzergâh uzunluğunun, jeodezik eğri uzunluğuna göre artışının medyan değeri %5.7 olup, minimum %0.3 ile Sivas-İstanbul rotasında ve maksimum %11.3 ile Lefkoşa-Antalya rotasında gözlemlenmiştir. Mevcut rotaların, güzergâh noktalarına göre jeodezik eğriden ortalama dik sapma miktarları, genel olarak yaklaşık 11-53 km arasında değişkenlik gösterirken, İstanbul-Bişkek güzergâhında 96 km, İstanbul-Cidde güzergâhında ise 185 km civarında olmuştur. Medyan bazında sapma miktarı 42.8 km'dir.

Havacılıkla ilişkili en hassas navigasyon uygulamalarında birkaç metrelik konum doğruluğu fazlasıyla yeterlidir. Jeodezik eğri üzerindeki dik boylarını hesaplarken jeodezik üçgen, Gauss küresi üzerinde Neper formülü ve Sinüs teoremi ile çözülmüştür. Yapılan testlerde, üç köşesinin coğrafi koordinatı bilinen bir jeodezik üçgenin Gauss küresi üzerinde hesaplanan kısa kenarının uzunluğu, bu kenarın koordinatı bilinen iki noktası arasındaki jeodezik eğri uzunluğuyla karşılaştırıldığında, en uzun kenarı 2270.661 km olan bir üçgende sapma miktarının 52.6 cm'yi geçmediği görülmüş ve bu yaklaşım yeterli bulunmuştur (Şekil 6).

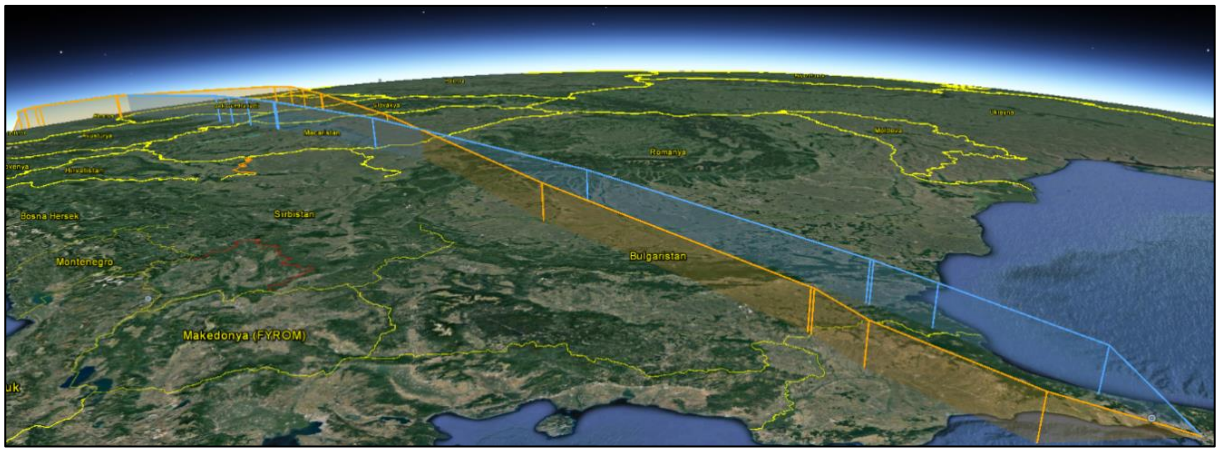


Şekil 6. Gauss küresinde uzun kenarlı üçgenler için doğruluk testi örneği

Bir rotaya ilişkin 2B ve 3B görselleştirme örneği Şekil 7 ve 8'de verilmiştir. En kısa yolların 2B görselleştirilmesi için hazır çevrimiçi araçlar da bulunmaktadır. İki nokta arasındaki jeodezik eğrinin görselleştirilmesi için URL-3 üzerinden ulaşılabilen Google Maps tabanlı hesaplama ve çizim arayüzü kullanılabilir. Ayrıca yaygın kullanımlı web haritacılığı uygulaması olan Google Maps, yeni bir özellik olarak harita üzerinde iki farklı konum işaretlendiğinde ortodrom eğrisi ve uzunluğunu görüntüleyebilmektedir. Google Earth uygulamasında ise 3B görünüm ve yükseklik profili (boykesit) oluşturulabilmektedir.



Şekil 7. Rotaların 2B görselleştirilmesi: Amsterdam (AMS) - İstanbul (SAW) örneği



Şekil 8. Rotaların 3B görselleştirilmesi: Amsterdam (AMS) - İstanbul (SAW) örneği

6. SONUÇ

Bu çalışmada uçuş planlarında yer alan rotaların uzunlukları, farklı yaklaşımlara göre kalkış ve varış noktaları veya güzergâh noktaları kullanılarak referans yüzeyler üzerinde ve 3B uzayda hesaplanmış ve en kısa yollarla karşılaştırılmıştır. Ek olarak, rotalar 2B ve 3B görselleştirilmiştir. Hesaplamalar, küre yüzeyinde, elipsoit yüzeyinde ve 3B uzayda olmak üzere üç farklı biçimde yapılmıştır. Mevcut rotalara ilaveten, referans yüzeyleri üzerindeki en kısa yollar da hesaplamalara dâhil edilmiş ve aralarındaki uzunluk farkları ve ortalama sapmalar elde edilmiştir. Havacılık uygulamalarında, jeodezik uygulamalarla karşılaştırıldığında gereksinim duyulan konum ve yükseklik doğruluğu daha düşüktür ve bu çalışmada jeodezik uygulamalarda kullanılan yardımcı küre yaklaşımına yönelik kısıtlamaların esnetilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca en kısa yol hesaplamalarında, otalik küre yaklaşımının jeodezik eğriye daha yakın uzunluk değerleri vermesi nedeniyle genel küreye alternatif olarak pratik hesaplamalarda dikkate alınabileceği değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalar, uçuşlar esnasında kaydedilmiş daha yüksek çözünürlüklü (daha sık noktalı) verilerle gerçekleştirilebilir. Böylece uçuş planında yer almayan, kalkış ve iniş boyunca alınan yollar (manevralar) da hesaplamalara dâhil edilebilir.

TEŞEKKÜR

Uçuş verilerinin temini ve bu konudaki bilgilendirmeleri için Pegasus Havayolları Navigasyon Birimi Müdür Yardımcısı Geomatik Yüksek Mühendisi Mete Ercan Pakdil'e teşekkür ederiz.

K A Y N A K L A R

Bildirici, İ.Ö. (2016). **Kartografya - Ders Notu**. Selçuk Üniversitesi, Konya.

Bossler, J.D., Snay, R. (2010). **Datums and Geospatial Reference Systems**. J.D. Bossler, J.B. Campbell, R.B. McMaster, C. Rizos (ed.) Manual of Geospatial Science and Technology, 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton.

FAA (2011). **Flight Navigator Handbook**. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-18.

FAA (2015). **Instrument Procedures Handbook**. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-16A.

FAA (2016). **Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge**. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-25A.

Jekeli, C. (2012). **Geometric Reference Systems in Geodesy**. Ohio State University, Ohio, USA.

Karney, C.F.F. (2011). **Geodesics on an Ellipsoid of Revolution**. Technical report, SRI International, E-print arXiv: 1102.1215v1.

Karney, C.F.F. (2013). **Algorithms for Geodesics**. Journal of Geodesy 87, 43-55.

Kimerling, A.J., Buckley, A.R., Muehrcke, P.C., Muehrcke, J.O. (2016). **Map Use: Reading, Analysis, Interpretation, 8th edition**. ESRI Press, Redlands.

Koçak, E. (1999). **Harita Projeksiyonları**. ZKÜ Yayınları, Zonguldak.

Kralicek, T. (2009). **Python Language Bindings for 3D Airspace Visualization**. Bachelor's Thesis, Institute of Informatics, Masaryk University, Brno.

Nastro, V., Tancredi, U. (2010). **Great Circle Navigation with Vectorial Methods**. Journal of Navigation 63(3), 557-563.

Özbenli, E. (2001). **Jeodezi-I: Elipsoid, Elipsoid Yerine Kullanılacak Küreler ve Küre Üzerinde Jeodezik Hesaplar, 2. Baskı**. K.T.Ü. Müh. Mim. Fak. Yay., Trabzon.

Simpson, L., Bashioum, D., Carr, E. (1965). **Computer Flight Planning in the North Atlantic**. Journal of Aircraft 2(4), 337-346.

Snyder, J.P. (1987). **Map Projections - Working Manual**. US Geological Survey, Professional paper 1395, Washington.

Torge, W., Müller, J. (2012). **Geodesy, 4th edition**. Walter de Gruyter, Berlin.

Uçar, D., İpbüker C., Bildirici, İ.Ö. (2011). **Matematiksel Kartografya: Harita Projeksiyonları Teorisi ve Uygulamaları**, **2. Baskı**, Atlas Yayın Dağıtım, Ankara.

Walwyn, P.R. (1999). **The Great Ellipse Solution for Distances and Headings to Steer between Waypoints**. Journal of Navigation 52 (3), 421-424.

URL-1: **https://cran.r-project.org/web/packages/geosphere/index.html** (Erişim tarihi: 7 Aralık 2016).

URL-2: **http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_gis.html** (Erişim tarihi: 12 Aralık 2016).

URL-3: **http://geographiclib.sourceforge.net/** (Erişim tarihi: 5 Aralık 2016).

URL-4: **https://www.atsb.gov.au/utilities/ atsb-kml-creator/** (Erişim tarihi: 19 Aralık 2016).

Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi

(Comparison of Terrestrial Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning and Accuracy Analysis)

Zaide DURAN, Muhammed Enes ATİK, Mehmet Furkan ÇELİK
İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul
duranza@itu.edu.tr, atikm@itu.edu.tr, celikmeh@itu.edu.tr

ÖZ

Günümüzde yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama teknikleri kullanılarak objelerin üç boyutlu (3B) modelleri elde edilebilmektedir. Özellikle endüstriyel alanlarda ürünlerin 3B modelleri kullanılarak çeşitli analizler yapılmaktadır. Analizlerin doğruluğu modellerin doğruluğuna bağlıdır. Kullanılan yöntemler de bu doğruluğu önemli derecede etkilemektedir. Yersel fotogrametrik yöntem ve lazer tarama yöntemi 3B modellemede yaygın kullanılan yöntemlerdir. Yersel fotogrametrik yöntemde objenin farklı açılardan çekilmiş ve hesaplanmış bir bindirme oranına sahip fotoğrafları kullanılarak 3B modeller oluşturulmaktadır. Lazer tarama yönteminde veriler nokta bulutu olarak elde edilmektedir. Nokta bulutları, farklı yöntemler kullanılarak birleştirilmekte ve gerekli temizlik yapılarak 3B modeller oluşturulmaktadır. Lazer tarama yöntemi, diğer yöntemlere nazaran 3B verilerin daha kolay ve daha hızlı elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemler mimarlık, inşaat mühendisliği, tarihi eserlerin bakımı ve onarımı, arkeoloji, araçların bilgisayar destekli navigasyonu gibi alanlarda kullanılabilir.

Çalışmada; yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılarak 3B model elde edilmesi ve doğruluk analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla 1974 model Volkswagen Beetle marka otomobil iki yöntemle modellenmiştir. Modellerden alınan kesitler kullanılarak, yöntemlerin boyut bazlı karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca araç üzerine yapıştırılan hedef noktalarının, yersel fotogrametrik yöntem ve lazer taramanın yanı sıra total station kullanılarak ileriden kestirme hesabıyla da koordinatları hesaplanmıştır. İleriden kestirme ile hesaplanan koordinatlar referans alınarak iki yöntemin nokta bazlı karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmada ulaşılan sonuçlar, nokta koordinatları açısından yersel fotogrametrik yöntemin lazer taramadan daha doğru sonuç verdiğini göstermiştir. Alınan kesitler üzerinden yapılan ölçmeler sonucunda ise araç boyutları açısından lazer taramanın daha doğru sonuç verdiği ve ayrıca 3B modelin lazer tarama ile daha detaylı ve düzgün elde edildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yersel Fotogrametri, Yersel Lazer Tarama, Üç Boyutlu Modelleme, Doğruluk Analizi.*

ABSTRACT

At the present time, three dimensional (3D) models of objects can be obtained by using terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning methods. Especially in industrial fields, various analyses are carried out using 3D models of objects. The accuracy of the analyses depends on the accuracy of the models. Furthermore, the methods used seriously affect the accuracy. Terrestrial photogrammetry and laser scanning methods are widely used in 3D modeling. In terrestrial photogrammetric methods, 3D models are created with photos of object which are taken from different angles and have a calculated cover ratio. The data is obtained as point clouds in laser scanning. The point clouds are combined using different methods and after the necessary cleaning, 3D models are created. Laser scanning method provides getting three-dimensional data more easily and more quickly than other methods. These methods can be used in areas such as architecture, civil engineering, repair and maintenance of historical monuments, archaeology and computer aided navigation of vehicles.

In this study; it is aimed that obtaining 3D model and analyzing the accuracy with the usage of terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning methods. For this purpose, a 1974 Volkswagen Beetle modelled with these two methods. Using profiles obtained from the model, dimension based comparison of the method is carried out. Besides terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning, coordinates of target points marked on the car are calculated with intersection method using Total Station. Using coordinates that are calculated with intersection, the two methods are compared as point based.

The conclusion achieved in this study show that terrestrial photogrammetry method gives more accurate results than laser scanning method in terms of point coordinates. In addition, as the outcomes of the measurements made via profiles, laser scanning yields more accurate results in terms of vehicle dimensions and it is determined that 3D models obtained by the laser scanning are more detailed and properly shaped.

Keywords: *Terrestrial Photogrammetry, Terrestrial Laser Scanning, 3D Modelling, Accuracy Analysis.*

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte 3B modeller farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çok geniş alanlardan çok küçük objelere kadar 3B model oluşturulabilmektedir. Oluşturulan modellerden sadece görsel veriler değil geometrik veriler de elde etmek mümkündür. Önceleri sadece resim çekme

yöntemiyle sınırlı olan bu işlemler, özellikle lazer taramanın geliştirilmesi ve yaygınlaşmasıyla her türlü alanda kolayca uygulanabilir hale gelmiştir.

Bilindiği üzere; fotogrametri, cisimler ve oluşturdukları çevreden yayılan ışınların şekillendirdiği fotoğrafik görüntülerin ve yaydıkları elektro manyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonunda bu cisimler ve çevre hakkında güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji ve bilim dalıdır (Duran ve Aydar, 2012). Hem yersel fotogrametri hem de lazer tarama yöntemi son yıllarda endüstride 3B modelleme için sıklıkla kullanılmaktadır. Fotogrametrik temellere sahip olan 3B modelleme işlemleri endüstriyel ölçmelerde ve kontrol işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürünlerin kalite-kontrolünde veya üretim-tasarım aşamasında 3B modeller önemli bir rol oynamaktadır.

Çalışmada; yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılarak 3B model elde edilmesi ve doğruluk analizi yapılması amaçlanmıştır. Bu çerçevede 1974 model Volkswagen Bettle marka bir otomobil iki yöntemle 3B olarak modellenmiştir. Modellerden alınan enkesit ve boykesitler kullanılarak araç boyutlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca araç üzerine yapıştırılan 72 adet hedef noktasının lazer tarama, yersel fotogrametrik ve ileriden kestirme yöntemleriyle koordinatları elde edilmiştir. İleriden kestirme ile hesaplanan koordinatlar gerçek değer olarak kabul edilerek diğer iki yöntem ile bulunan koordinatlar karşılaştırılmıştır. Yersel lazer tarama ile hızlı bir şekilde model oluşturulurken yersel fotogrametrik yöntem ile yüksek nokta konum doğruluğu elde edilmiştir.

2. 3B MODELLEME

3B modelleme, bir objeye ait geometrik verilerin vektörel formatta bilgisayar ortamında ifade edilmesidir. Fiziksel yeryüzünün ya da her hangi bir objenin 3B olarak modellenmesi, söz konusu obje ya da objeler üzerinde bilgisayar ortamında yüksek doğruluklu değerlendirmeler yapılabilmesini sağlamaktadır (Akyol, 2010).

Bilgisayar ve bilişim sistemlerinde son yıllarda meydana gelen gelişmelerle 3B modeller hayatın hemen her alanına girmiştir. Artan 3B model, modelleyici cihaz ya da yazılım talebi mühendisleri klasik yöntemlerden daha hızlı, kullanımı daha kolay ve son kullanıcıya yönelik yeni teknolojiler üretmeye zorlamaktadır. Hatta karşısındaki ortamın ya da objenin 3B modelini eş zamanlı olarak bilgisayara aktaran ek donanımlar çoktan teknoloji marketlerindeki yerini almıştır. Geomatik Mühendisliği'nin temel ödevi 3B konum verisi üretmektir. 3B modeller, 3B konum verisinin bir bütün halinde gösterimidir ve oldukça etkili bir gösterim aracıdır. 3B modeller yardımı ile tasarım, ölçme ya da belgeleme yapılabilmektedir. Günümüzde 3B modeller mimarlık, arkeoloji, tıp, film yapımı gibi pek çok alanda etkin olarak kullanılmaktadır (Akyol ve Duran, 2014). 3B model üretmenin birçok yöntemi vardır. Jeodezik ölçmeler, lazer tarama yöntemleri ve fotogrametrik yöntemler bunların başlıcalarıdır.

a. Fotogrametrik Yöntemle Modelleme

Yersel fotogrametri yakın ve uzak mesafelerden 3B çizimlerin yapılmasını sağlayan yöntemdir. Farklı odak uzaklığına sahip kameralardan elde edilen fotoğraflar ve özel yazılımlar sayesinde 3B modeller oluşturulabilir. Bu yöntem ile modelleri oluşturulan nesnelerin 3B konum bilgileri elde edilmektedir (Şanlıoğlu ve diğerleri, 2013). Yersel fotogrametri temel olarak bir objenin farklı açılardan çekilmiş fotoğraflarının oluşturduğu ağı kullanır (Arias ve diğerleri, 2009). Yersel fotogrametri de resim çekilen istasyon noktalarının koordinatları ve resim çekim doğrultusu jeodezik yöntemlerle belirlenebilir. Yersel fotogrametri de görüş alanı fotoğraf çekim noktasının imkânları dâhilindedir.

Yersel fotogrametri oldukça geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bu alanlar, mimarlık, arkeoloji, endüstri, madencilik ve deformasyon ölçmeleri, yol inşası, su yapıları, tıp, kriminoloji, trafik kazaları vb. olarak sayılabilir.

b. Yersel Lazer Tarama ile Modelleme

Son yıllarda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle kişisel bilgisayarların grafik işlemcileri güçlenmiş, buna bağlı olarak 3B modellerin gerek bilimsel gerekse son kullanıcıya yönelik kullanımı yaygınlaşmıştır. Artan 3B model talebi ile beraber; nokta bazlı lazer tarayıcıların yüksek maliyetleri ve bu cihazlarla elde edilen verilerin işleme güçlüğü, düşük maliyetli alternatif 3B tarama yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır.

Yersel lazer tarama, geleneksel ölçme tekniklerine nazaran 3B nokta konum bilgisinin daha yüksek hızla ve yüksek doğrulukla elde edildiği ölçme tekniğidir (Lichti ve Gordon, 2004). Yersel lazer tarayıcılarla elde edilen verilere nokta bulutu adı verilmekte ve bu nokta bulutlarının işlenmesiyle 3B modeller elde edilebilmektedir.

Yersel lazer taramada ölçülen temel büyüklük tarayıcı ve nokta arasındaki mesafedir. Mesafe ölçümü için değişik teknikler kullanılmaktadır. Bunlar: üçgenleme, faz farkı, ışığın gidiş-dönüş zamanı veya dalga metodudur. Yersel lazer tarayıcılarda kısa zaman aralıklarıyla lazer dalgalarının gönderilmesi ve ölçülmesi esasına dayanan dalga metodu kullanılmaktadır (Lichti ve Gordon, 2004).

Sensör teknolojisi ve bununla ilgili yazılım teknolojisinin gelişmesi: mühendislik çalışmaları, tarihi ve kültürel mirasın belgelenmesi, deformasyon ölçmeleri, planlama çalışmaları, kent alanlarının 3B modellenmesi, prototip üretimi, sinema endüstrisi gibi pek çok alanda lazer tarama yönteminin kullanılmasına olanak sağlamıştır (Waggot ve diğerleri, 2005). Lazer tarama işlemiyle elde edilen nokta bulutundan; temel ölçme verileri, ortofoto görüntüler, 2 veya 3 boyutlu çizimler, 3B animasyon, katı yüzey modelleri ya da doku giydirilmiş 3 boyutlu modeller elde edilebilir (Altuntaş ve Yıldız, 2008).

3. UYGULAMA

Çalışmada 1974 model Volkswagen Bettle marka otomobil (Şekil 1) yersel fotogrametrik ve yersel lazer tarama yöntemleriyle modellenmiştir. Arabanın üzerine yapıştırılan hedef noktalarının koordinatları yersel fotogrametrik yöntem, ileriden kestirme ve lazer tarama kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca aracın iki yöntemle oluşturulan modellerinden alınan enkesit ve boykesitler kullanılarak aracın boyutları belirlenmiştir. Elde edilen bu verilerle iki yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır.

Aracın üzerindeki nokta koordinatlarının belirlenmesi için ilk olarak kapalı poligon ağı tesis edilmiştir. Bu ağ toplam 6 adet poligon noktasına sahiptir. Poligon noktaları her bir hedef noktasının en az iki poligon noktasından görülebileceği şekilde tesis edilmiştir. İlk noktanın koordinatları keyfi olarak belirlenmiştir. Çünkü bu ağ lokal bir ağ olup iç tutarlılığı önemlidir. Gerekli ölçmeler yapılmış ve poligon hesaplarının neticesinde açı ve koordinatlara ait hata miktarları Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)'de belirlenen hata sınırlarının içinde kalmıştır. Nokta koordinatları bu şekilde belirlendikten sonra geometrik nivelman yapılarak poligon noktalarının yükseklikleri belirlenmiştir. Sistemin iç tutarlılığı daha önemli olduğu için başlangıç yüksekliği yine rastgele belirlenmiştir.

Şekil 1. 3B Modellenen araçtan görüntüler (1974 model VW Bettle)

Araç üzerine toplam 72 adet hedef noktası yapıştırılmıştır. Hedef noktalarının koordinatları poligon noktalarına dayalı olarak ilerinden kestirme yöntemiyle belirlenmiştir. Trigonometrik nivelman yöntemiyle de hedef noktalarının yükseklikleri belirlenmiştir.

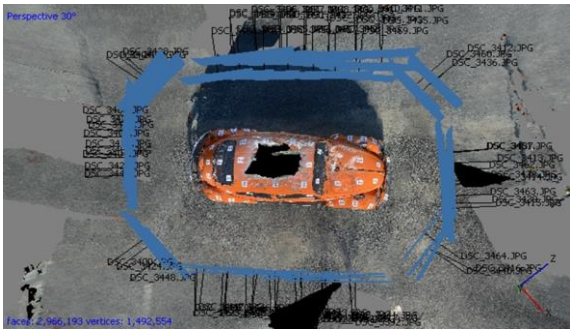
Çalışmada; aracın 3B modelini oluşturmak için kullanılan ilk yöntem yersel fotogrametrik yöntemdir. Fotoğraf çekimi için Nikon D800 marka fotoğraf makinesi ve 35 mm'lik lens kullanılmıştır. Modelleme için gerekli olan fotoğrafların çekimine başlamadan önce kamera kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon işlemi laboratuvarda test alanında yapılmıştır. Test alanı olarak yazılıma ait kodlanmış kontrol noktalarını içeren baskı kullanılmıştır. Kağıdın farklı açılardan 13 adet fotoğrafı çekilmiştir.

Fotoğraflar Photomodeller yazılımına aktarılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon neticesinde iç yöneltme bilinmeyenleri (Tablo 1) belirlenmiştir.

Tablo 1: Kalibrasyon değerleri

İç Yöneltme Bilinmeyenleri	Distorsiyon Parametreleri
c = 35.8743 mm	K_1 = 5.069e-005
X_0 = 17.9978 mm	K_2 = -1.505e-007
Y_0 = 11.7700 mm	P_1 = 4.883e-006
	P_2 = 1.261e-005

3B modelleme için gerekli olan fotoğraflar için enine ve boyuna örtü oranı %80 olarak belirlenmiştir. Örtü oranına bağlı olarak resim çekim mesafesi 2.8 m, baz uzunluğu 45 cm olarak hesaplanmıştır. Toplam 72 adet fotoğraf çekilmiştir. Fotoğraflar dikey olarak 3 sıra halinde her sırada 24 fotoğraf (Şekil 2) olacak şekilde çekilmiştir.



Şekil 2. Yazılım ile hesaplanan resim çekim noktaları

3B model oluşturmak için çekilen fotoğrafların değerlendirmesi Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çekilen resimler yazılıma aktarılmış ve gereksiz fotoğraflar işleme alınmamıştır. Fotoğraflar eşlenmiş ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Böylece 3B model nokta bulutu olarak elde edilmiştir. Model üzerindeki gereksiz bölgeler temizlenmiş, nokta bulutunun üzerine yüzey giydirilmiş sonuç olarak 3B model tam anlamıyla oluşturulmuştur (Şekil 3). Aracın üst kısmı için yeteri sayıda uygun fotoğraf olmadığından dolayı bu bölgeye ait nokta bulutu verisi yoktur.

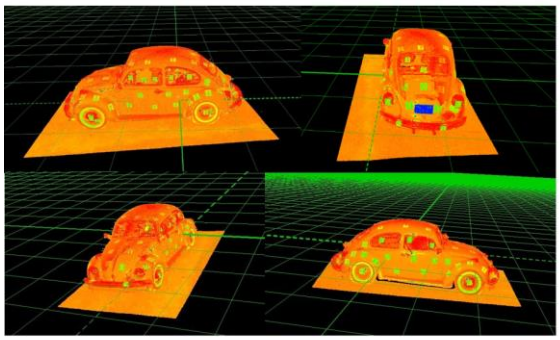
Doğruluk analizi için hedef noktalarının koordinatları gerekmektedir. Hedef noktaları model üzerinden elle işaretlenmiştir. Elde edilen 3B modeldeki hedef noktalarının koordinatları lazer taramadan çıkarılan koordinatlarla karşılaştırılmış ve nokta bazında ortalama hata miktarı 6,5 mm olarak bulunmuştur.

Şekil 3. Yersel fotogrametri ile elde edilen 3B modelden görünümler

Yersel lazer tarama ile aracın 3B modeli oluşturulmuştur. Tarama için Leica marka ScanStation C10 model lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı, lazer ışını gidiş-geliş zamanı ilkesine göre çalışmaktadır. Normal ışık ve yansıtma şartları altında 50 metre mesafede 4 mm hassasiyete sahip ve 300 metreye kadar ölçüm yapabilmektedir. Tarayıcı 270° düşey eksen ve 360° yatay eksen yönünde dönme kabiliyetine sahiptir. Cihazın açısal çözünürlüğü yatay ve düşeyde 12'' dir.

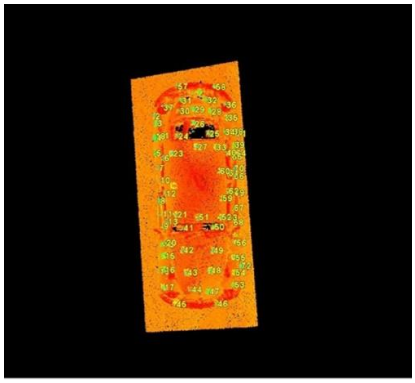
Çalışma kapsamında 6 farklı istasyon noktasından tarama yapılmıştır. İstasyon noktaları olarak tesis edilen kapalı poligon ağındaki poligon noktaları kullanılmıştır. İstasyon noktalarının yükseklikleri için geometrik nivelman yöntemi uygulanmıştır. Poligon noktalarının enine kapanma hatası 5 mm ve boyuna kapanma hatası 6 mm olarak elde edilmiştir. Nivelman neticesinde gidiş-dönüş nivelmanı arasındaki fark 1 mm olarak elde edilmiştir. Başlangıçta lazer tarayıcı lokal koordinat sisteminde konumlandırılmamıştır. Lazer tarayıcının en son konumlu olduğu koordinat sisteminde taramalar yapılmıştır. Yazılım olarak Leica'nın özel yazılımı olan Cyclone kullanılmıştır. Taramalar neticesinde 6 farklı nokta bulutu elde edilmiştir. Tarama verilerinin işlenmesi iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda farklı nokta bulutlarının birleştirilerek 3B model

oluşturulmuştur. Birleştirmek için kullanılan yöntem "İteratif En Yakın Nokta Yöntemi"dir. Bu yöntemde nokta bulutları arasındaki 3B dönüşüm parametreleri iteratif olarak bulunur (Altıntaş ve Yıldız, 2008). Bu şekilde tek bir nokta bulutu oluşturulmuştur. Ancak nokta bulutu kurulan lokal koordinat sisteminde değil lazer tarayıcının kendi koordinat sisteminde tanımlıdır. İkinci adımda 3B modeli lokal koordinat sisteminde konumlandırmak için "Dolaylı Konumlandırma" yöntemi uygulanmıştır. Dolaylı konumlandırma yönteminde nokta bulutundan seçilen koordinatları bilinen en az 3 nokta kullanılarak dönüşüm parametreleri hesaplanır. Çalışmada ileriden kestirme ile koordinatları belirlenen 3 adet hedef noktası kullanılarak dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak lokal koordinat sisteminde tanımlanmış 3B model oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Yersel lazer tarama yöntemi ile elde edilen 3B modelden görünümler

Doğruluk analizinde kullanılmak üzere lazer taramadan elde edilen modelden alınacak hedef noktalarına ait koordinatlar da gerekmektedir. Bunun için 3B model üzerinde kontrol noktaları elle işaretlenmiştir (Şekil 5). Nokta bulutu koordinatlı olduğu için noktaların koordinatları doğrudan yazılımdan alınmıştır.



Şekil 5. Yazılım üzerinden işaretlenen hedef noktaları

4. DOĞRULUK ANALİZİ

Verilerin elde edilmesinden sonra doğruluk analizi yapılmıştır. Yersel fotogrametrik yöntemin ve yersel lazer tarama yönteminin nokta bazlı ve boyut bazlı karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmada araç üzerine yapıştırılan 72 adet hedef noktasının ileriden kestirme, yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleriyle koordinatları hesaplanmıştır. Elektronik uzunluk ölçerden elde edilen verilerle ileriden kestirme hesabı yapılarak noktaların x ve y koordinatları, trigonometrik nivelman yöntemiyle de noktaların yükseklikleri hesaplanmıştır. Kullanılan elektronik uzunluk ölçerin mesafe ölçme doğruluğu 2 mm ± 2 ppm ve lazer tarayıcının mesafe ölçme doğruluğu 4 mm olduğundan dolayı karşılaştırma için ileriden kestirme verileri doğru kabul edilmiştir. Yersel fotogrametrik yöntemle karşılaştırma için yazılım üzerinden arazi verileri ile model verileri karşılaştırılmıştır. İleriden kestirme ile elde edilen koordinatlar gerçek değer olarak alınarak; yersel fotogrametrik yöntem ve lazer tarama ile elde edilen koordinatlar karesel ortalama hata hesaplanmak suretiyle karşılaştırılmıştır. Ulaşılan sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 2).

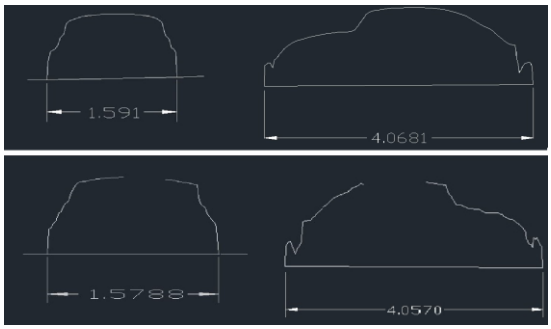
Tablo 2. Hedef noktalarının koordinatlarının karesel ortalama hataları

Ölçü Yöntemleri	Farklar	Max. (cm)	Min. (cm)	KOH (cm)
İleriden Kestirme–Yersel Fotogrametri	ε_x	1.11	-1.27	± 0.42
	ε_y	0.81	-0.75	± 0.33
	ε_z	0.42	-0.30	± 0.15
İleriden Kestirme–Lazer Tarama	ε_x	0.60	-1.00	± 0.52
	ε_y	2.20	-0.60	± 1.25
	ε_z	1.41	-2.05	± 0.38

3B modeller aracın boyutları da karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Aracın fabrika çıkış ebatları gerçek değer alınarak, iki yöntem karşılaştırılmıştır. Bu işlem için aracın 3B modellerinin Cyclone yazılımı üzerinden enkesit ve boykesitleri alınmıştır. Kesitler Autocad yazılımı ile çizilmiştir (Şekil 6). Ölçümler bu kesitler üzerinden yapılmıştır.

Tablo 3. Araç boyutlarının karşılaştırılması

	Orijinal	**Fotogrametri**	**Lazer Tarama**
Uzunluk (m)	4.080	4.057	4.068
Genişlik (m)	1.585	1.579	1.591
Yükseklik (m)	1.500	-	1.488



Şekil 6. Lazer tarama (üst) ve yersel fotogrametri (alt) ile oluşturulan modelden alınan enkesit ve boykesit

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lazer tarama ve yersel fotogrametrik yöntemler özellikle endüstriyel alanlarda obje modellemeleri için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yalnızca 3B modeli oluşturmak değil onu doğru bir şekilde ölçülendirmek gerekmektedir. Çalışmada yöntemlerin doğruluğunun karşılaştırılması amaçlanmıştır. Yapılan tüm işlemlerden sonra nokta konum doğruluğu açısından yersel fotogrametrik yöntemin daha doğru sonuç verdiği sonucuna varılmıştır.

Diğer yandan lazer tarayıcı ile 3B model daha doğru ve bütün olarak elde edilmiştir. Yersel fotogrametri ile oluşturulan 3B modelde çeşitli faktörlere bağlı bozulmalar belirlenmiştir. Aracın güneş vuran kısmında bozulmalar meydana gelmiştir. Yeterli sayıda uygun fotoğraf çekilmediği için aracın üst kısmının modellenmesi mümkün olmamıştır. Daha iyi bir iş planı oluşturularak bu giderilebilir. Maliyet ve zaman açısından düşünüldüğünde 72 adet hedef noktasının fazla olduğu, bu sayının daha az olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca hem donanım hem de yazılım ve veri işleme açısından lazer tarama daha yüksek maliyetli bir yöntemdir. Lazer tarama verisi dört kat büyük veri boyutuna sahiptir. Yersel lazer taramada 3B model daha hızlı oluşturulurken, yersel fotogrametrik yöntemle daha yüksek nokta konum doğruluğu elde edilebilmektedir. İki yöntemin bir arada kullanılması endüstriyel alanlarda 3B modelleme açısından değerlendirilmelidir.

K A Y N A K L A R

Akyol, O. (2011). **Düşük Maliyetli Lazer Tarayıcı Sistemi Tasarımı**, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akyol , O., Duran, Z. (2014). **Low-Cost Laser Scanning System Design**, Journal of Russian Laser Research, 35, 3, 244-251.

Altuntaş, C., Yıldız, F. (2008). **Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi**. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 98.

Arias, P., Armesto, J., Vallejo, J., & Lorenzo, H. (2009). **Close Range Digital Photogrammetry And Software Application Development For Planarpatterns Computation**.

Duran, Z., Aydar U., (2012). **Digital modeling of world's first known length reference unit: “the Nippur cubit rod"**. Journal of Cultural Heritage, 13, 3, 352-356.

Lichti, D. D. and Gordon, S. J. (2004). **Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording**, In Proceedings of FIG Working Week, Athens, Greece, May 22-27.

Şanlıoğlu, İ., Zeybek, M., & Karauğuz, G. (2013). **Photogrammetric Survey And 3d Modeling Of Ivriz Rock Relief In Late Hittite Era**. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, s. 147-157.

Waggot, S.M., Clegg, P., Jones, R.R. (2005). **Combining Terrestrial Laser Scanning, RTK GPS and 3D Visualisation: Application of Optical 3D Measurement in Geological Exploration**. 7th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques: Applications in GIS, Mapping, Manufacturing, Quality Control, Robotics, Navigation, Mobile Mapping, Medical Imaging, VR Generation and Animation. Vienna, Austria, October 3-5.

Görüntü Keskinleştirme Yöntemlerinin Nesne-Yönelimli Sınıflandırma Açısından Değerlendirilmesi

(Evaluation of Image Pan-Sharpening Methods In Terms of Object-Oriented Classification)

Mehmet ÖZDEMİR
Hava Kuvvetleri Komutanlığı, Bakanlıklar/Ankara
mozdemir17@hvkk.tsk.tr

ÖZ

Mevcut uzaktan algılama uyduları genellikle, daha düşük mekânsal çözünürlüklü multispektral ve daha yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik görüntü alabilen algılayıcılara sahiptir. Düşük ve yüksek çözünürlüklü görüntüler arasındaki bu oran genellikle 4 olmasına rağmen, Landsat, Göktürk-2 gibi bazı uydularda ikidir. Uydu görüntülerinin keskinleştirilmesi ile daha yüksek mekânsal çözünürlüklü multispektral görüntüler elde edilebilmektedir. Bu durumda daha ayrıntılı arazi kullanımı ve arazi örtüsü bu görüntülerden elde edilebilmektedir. Görüntülerin keskinleştirilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler farklı görüntülere uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Görüntülerin spektral ve mekânsal çözünürlükleri arazi kullanımı ve örtüsünün çıkarılmasını etkilerken, diğer taraftan görüntüleme uydularının çoğalmasıyla birlikte görüntülerden otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle yeterli doğrulukta bilgilerin çıkarılması gerekmektedir. Görüntülerden yeryüzüne ait bilgilerin çıkarılmasının otomatize edilmesi görüntü sınıflandırma yöntemleri ile sağlanmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden nesne-yönelimli sınıflandırmanın, piksel tabanlı yöntemleri domine ettiğini göstermiştir. Görüntü keskinleştirme yöntemleri istatistiksel olarak ve piksel tabanlı sınıflandırma kullanılarak değerlendirilmiş başarıları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada en başarılı olarak değerlendirilen keskinleştirme yöntemleri nesne-yönelimli sınıflandırma açısından kıymetlendirilmiştir. Spektral ve mekânsal anlamda zenginleştirilmiş görüntülerin, en başarılı sınıflandırma yöntemi olan nesne-yönelimli sınıflandırma ile görüntü keskinleştirmenin sonuçları sınıflandırma doğrulukları açısından incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Görüntü-keskinleştirme, nesne-yönelimli sınıflandırma, Gram Schmidt, IHS, PC Sharpening, Yun Zhang*

ABSTRACT

Current remote sensing satellites generally have multispectral bands have lesser spatial resolution and panchromatic band has higher spatial resolution. Between panchromatic and multispectral bands resolution ratio is generally 4. But this ratio for Landsat and Gokturk-2 is 2. Pansharpening these images (panchromatic and multispectral bands) imagery has higher spatial reolution can be obtained. So more detailed land use and land classification (LULC) can be produced with pan-sharpened images. In order top an-sharpen images different methods have been developed. With these methods a lot of images have been fused and fused images have been assessed in terms of spectral and spatial aspects. While pectral and spatial resolution of images effect extractiong of LULC, on the orher hand increasing of volume of satellite images necessitates automatic or semi-automatic methods to obtain LULC with enough accuracy. To extract information from images automatically or semi-automatically can be handled with image classification. Recent studies showed that object-oriented classification have been dominated classical methods (pixel based classification). Image pansharpening methods have been evaluated statistically and in terms of pixel based classification. In this study image pansharpening methods which is assessed successful have been evaluated in terms of object-oriented classification. Spectrally and spatially enhanced images have been analyzed in terms of classification accuracy.

Keywords: *Image pan-sharpening, object-oriented classification, Gram Schmidt, IHS, PC Sharpening, Yun Zhang*

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama uyduları mimarileri gereği genellikle, daha düşük mekansal çözünürlüklü multispektral algılayıcılar ile daha yüksek çözünürlüklü pankromatik algılayıcılardan oluşmaktadır. Multispektral ile pankromatik bandlar arasındaki mekânsal çözünürlük oranı ise genellikle 4'dür. Bazı uydularda ise bu farklılık göstermektedir. Örneğin Landsat uydusunun multispektral bandlarının çözünürlüğü 30 m. iken pankromatik bandının çözünürlüğü 15 m.'dir.

Doğru, istenilen zamanda ve sürekli güncellenen, küresel çapta mekânsal veriye ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Lang, 2008). İhtiyaç duyulan her alanda gereken zamanda ve doğrulukta mekânsal veri, uzaktan algılama verilerinden görüntü sınıflandırma yöntemleri kullanılarak elde edilebilir. Hızlı bilgi çıkarma ise tam veya yarı otomatik görüntü sınıflandırma ve detay çıkarma yöntemleri ile sağlanabilir. Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırmada, geleneksel yöntemler (supervised-eğitimli ve unsupervised-eğitimsiz) ve nesne-yönelimli sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır (Lillesand, vd., 2014).

Nesne yönelimli yöntemin başarısı piksel tabanlı yöntemlere göre epeyce ileridedir (Oruç, 2008; Yan vd., 2006). Nesne-yönelimli sınıflandırmada pikseller yerine görüntü nesneleri kullanılmaktadır. Ayrıca nesne-yönelimli sınıflandırmada analizcinin deneyimlerinin ve bilgilerinin sınıflandırmaya katılması sağlanmaktadır. Nesne yönelimli yaklaşım insanın görüntü işlemesinin birebir kopyalanmasıdır (Navulur, 2006). Bulanık setlerle birlikte renk, doku, şekil, boyut, komşuluk ilişkileri gibi görüntü nesneleri özelliklerinin kullanılması ile sınıflandırma başarısı oldukça artar (Özdemir, 2013). Gerekli doğrulukta ve zamanda ihtiyaç olan mekânsal verinin sağlanması için en iyi yöntemin nesne-yönelimli sınıflandırma olduğu görülmektedir. Dolayısı ile görüntü keskinleştirme yöntemlerinin nesne-yönelimli sınıflandırma açısından değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Uydu görüntülerinin multispektral bandları ile pankromatik bandlarının birleştirilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Makarau vd. çalışmalarında Landsat 7 ETM+, IKONOS ve WorldView-2 görüntülerini Brovey, yansıma şiddeti, renk tonu, doygunluk (IHS-Intensity Hue Saturation), temel bileşen analizi (PCA-Principal Component Analysis), Gram Schmidt (GS), de la résolution spatiale par injection de structures (ARSIS), General Framework for image Fusion (GFF) ve Ehlers yöntemleri ile keskinleştirerek ve Relative dimensionless global error in synthesis (ERGAS) spektral, Zero mean normalized cross-correlation (ZNCC, spectral), PC (spatial), SSIM PAN (spatial) tutarlılık ölçeklerini kullanarak görüntü keskinleştirme yöntemlerinin tutarlılıklarını incelemişlerdir (Makarau, vd., 2012).

Nikolakopoulos vd. en çok kullanıldığını değerlendirdikleri on görüntü keskinleştirme yöntemini Color Normalized (CN), Ehlers, GS, Yüksek Geçirgenli Filtreleme yöntemi (HPF-High Pass Filtering), Local Mean Matching (LMM), Local Mean and Variance Matching (LMVM), Modified IHS, PCA, dalgacık dönüşümü (wavelet transform) yöntemleri ile WorldView-2 görüntüsüne uygulamışlar ve sonuçları ERGAS ve Q ölçeklerini kullanarak karşılaştırmışlardır. Ehlers ve HPF algoritmalarının spektral anlamda en başarılı olduklarını, LMM, LMVM and Modified IHS tekniklerinin ikinci sırada kullanılmaları gerektiğini belirtmişlerdir (Nikolakopoulos ve Oikonomidis, 2015).

Jiang vd. farklı zamanlarda, farklı algılayıcılar ile alınmış görüntülerin keskinleştirilmelerini arazi örtüsü, arazi kullanımı haritalanması ve değişiklik izleme analizleri açısından değerlendirmişlerdir. En çok kullanılan keskinleştirme yöntemleri olan IHS, PCA, Brovey, dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağları (artificial neural networkds-ANN) yöntemlerini ve bunların birlikte kullanılabilirliklerini incelemişlerdir. Ayrıca görüntülerin keskinleştirilmesinin ardından bu görüntülerin arazi kullanımı ile örtüsünün çıkarılması ve değişiklik izleme açısından incelemişlerdir (Jiang ve ark., 2013).

Zhu vd. çalışmalarında SparseFI adlı yeni bir keskinleştirme yöntemi önermişler bu yöntemle birlikte IHS, Adaptive IHS, Brovey, PCA yöntemlerini UltraCAM görüntüleri kullanarak, karesel ortalama hata (RMSE), korelasyon katsayısı (ρ), spectral angle mapper (SAM), degree of distortion (D), universal image quality index (UIQI) ölçeklerini kullanarak değerlendirmişlerdir. SparseFI yönteminin görüntü keskinleştirme için kullanılabileceği, yöntemin aynı zamanda hiperspektral görüntülerle de kullanılabileceği ifade edilmiştir (Zhu, vd., 2013).

Galiano vd. Landsat 7 ETM+ görüntülerini PC, IHS; dalgacık dönüşüm temelli (WAT), Additive Wavelet Luminance Proportional (AWLP) ve Multidirection-Multiresolution (MDMR) yöntemlerini kullanarak ve bir geostatistik yöntem olan Downscaling Cokriging (DCK) ve son olarak Bayesian yöntemlerini kullanarak keskinleştirmişlerdir. Elde edilen görüntüleri korelasyon katsayısı (CC-Correlation Coefficient), RMSE, ERGAS indekslerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca keskinleştirilmiş görüntüleri ISODATA sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırmışlar ve niteliksel değerlendirmeye tabi tutmuşlardır (Rodriguez, vd., 2012).

Abdikan ve Balık, Ehler, IHS, HPF, iki boyutlu Discrete Wavelet Transformation, (DWT) ve PCA yöntemlerini kullanarak SAR ve optik görüntüleri birleştirmişlerdir. Birleştirilmiş görüntüleri nitel ve nicel olarak değerlendirmişlerdir. İstatistiksel olarak, bias, CC, varyans farkı, standart sapma farkı, UIQI indeksleri ile birleştirilmiş görüntüleri değerlendirmişlerdir. Değerlendirme çalışmaları, şehir ve kırsal alan olarak ikiye ayrılarak yapılmıştır. Bazı yöntemlerin spektral bilgiyi korurken bazılarının mekânsal bilgileri koruduğu görülmüştür. Ehlers yönteminin spektral bilgiyi en iyi koruduğu görülürken HPF yönteminin kırsal alanda en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir (Abdikan, vd., 2012).

Choodarathnakara vd. en çok kullanılan keskinleştirme yöntemlerinden Brovey, Multiplicative Transform (MT) ve DWT, IHS yöntemlerini Indian Remote Sensing Satellite (IRS) görüntülerine uygulamışlar, sonuçları spatial quality indeksini kullanarak ve görsel olarak değerlendirmişlerdir. Ardından yöntemler arasında bir sıralama yapmışlardır (Choodarathnakara, vd.,2012).

Matsuoka çalışmasında Additive Wavelet Intensity (AWI), Additive Wavelet PC (AWPC), Generalized Laplacian Pyramid with Spectral Distortion Minimization, genelleştirilmiş yansıma şiddeti, renk tonu, doygunluk (GIHS-Generalized Intensity-Hue-Saturation) dönüşümü, GIHS adaptive, GS spektral keskinleştirme ve block-based synthetic variable ratio yöntemlerini ALOS görüntülerini keskinleştirmek için kullanmıştır. Keskinleştirilen görüntüleri görsel olarak, ERGAS, Q indeks ve korelasyon katsayısı istatistiksel yöntemler kullanarak değerlendirmiştir. ERGAS ve Q indeksi GIHS'nin 2 ve 3. bantlardaki spektral bilgiyi oldukça iyi koruduğunu göstermiş, GS, AWI, ve AWPC bütün bantlardaki bilgiyi iyi koruduğunu göstermiştir (Matsuoka, 2012).

Han vd. çalışmalarında en çok kullanılan görüntü keskinleştirme yöntemlerinden Brovey, PCA ve SFIM yöntemlerini ZY03 ve SPOT-5 görüntülerine uygulayarak değerlendirmişlerdir. Gradyent sapması (Gradient deviation) ve CC istatistiksel yöntemlerini kullanarak keskinleştirilmiş görüntüleri değerlendirmişlerdir. Yöntemler içerisinde spektral ve mekânsal bilgileri en iyi koruyan yöntemin SFIM olduğunu belirtmişlerdir (Han, vd., 2013).

Yuhendra vd. çalışmalarında Quickbird görüntülerini IHS, Brovey, PCA, GS ve CN-Spectral yöntemlerini kullanarak keskinleştirmiş, elde edilen keskinleştirilmiş görüntüleri CC, standart sapma istatistiksel yöntemlerini kullanarak ve eğitimli kernel Destek Vektör Makineleri (SVM-support vector machine) sınıflandırma yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Sınıflandırmada elde edilen genel doğruluklar; GS 0.91, PCA 89.59, CNS 87.73, IHS 86.78 ve Brovey 83.74 şeklindedir (Yuhendra, vd., 2011).

Srimani vd. çok bilinen yöntemlerden PCA, Modified-IHS, Brovey, GS, Wavelet-PCA ve Wavelet-IHS yöntemleri ile IRS-ID, LISS IV, Cartostat-1 görüntülerini keskinleştirmişler, sonuçları görsel, istatistik ve ERDAS IMAGINE 9.2'de bulunan en büyük olabilirlik (Maximum likelihood) eğitimli sınıflandırması ile sınıflandırmışlar ve doğruluk değerlendirmesine tabi tutmuşlardır. Sınıflandırma doğrulukları sırası ile %70, %78, %75, %73, %85, %88'dir (Srimani ve Prasad, 2014).

Helmy vd., modified IHS, Brovey, PCA, MT, Wavelet resolution merge, HPF ve Ehlers yöntemlerini kullanarak Quickbird görüntülerini keskinleştirmişler ve Average CC, Bias in the Mean ve standard sapma, karesel ortalama hata, Average angle error, ERGAS, Quality index Q4 ölçekleri ile keskinleştirilen görüntüleri değerlendirmişlerdir. Kullanılan değerlendirme ölçekleri her bir keskinleştirme yöntemi için farklı sonuçlar üretmektedir aralarında bir tutarsızlık mevcut olduğunu ifade etmişlerdir (Helmy ve ark., 2010).

Gül vd., çalışmalarında WorldView-2 görüntülerini 16 yöntem kullanarak keskinleştirmişler ve görüntülerdeki farklı özellikteki alanlar ve farklı band kombinasyonları ile değerlendirmişler, puanlamışlar ve sıralamışlardır. HCS Kubik, IHS NN, IHS Bileneer, IHS Kubik, HPF yöntemleri en başarılı beş yöntem olarak değerlendirmişlerdir (Gül, vd., 2012).

Mevcut keskinleştirme yöntemlerinin (IHS, PCA, Wavelet) renk bozulması gibi kusurlarını gidermek üzere Yun Zhang yeni bir yöntem olan kendi ismi ile anılan yöntemi geliştirmiştir. Geliştirdiği yöntemi birçok Landsat ve IKONOS görüntüsü ile değerlendirmiş, çok iyi derecede sonuçlar elde etmiş, görüntülerde maksimum düzeyde detaylar korunmuştur. Bu yöntemle elde edilen görüntülerde diğer yöntemlerde karşılaşılan renk bozulmalarının en az seviyeye indirildiği belirtilmiştir (Zhang, 2002).

Bu çalışmada önceki çalışmalarda başarılı oldukları ifade edilen ve ticari olarak da bulunabilen PC, IHS, Gram-Schmidt, Ehlers ve Yun Zhang yöntemleri ile farklı görüntüler keskinleştirilmiş, görüntüler nesne yönelimli sınıflandırma açısından değerlendirilmişlerdir. Ayrıca elde edilen sınıflandırma sonuçları ile yer doğruluğu nesne-yönelimli değişiklik izleme yöntemi ile karşılaştırılmış bütün sınıflandırma yapılan alan için doğruluk hesaplanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI, MATERYAL VE YÖNTEM

a. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Ankara ili merkezi ile Gölbaşı ilçesi arasındaki bir bölge, Mamak ilçesinde bir bölge ve Eskişehir ili civarında bir bölgedir. Çalışma alanları Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı içerisinde yeşil alan, yerleşim yerleri, su alanlar ve toprak alanlar gibi farklı arazi örtüsü mevcuttur.

b. Veri

Çalışmalar için üç farklı uydu görüntüsü (Landsat-8, Kompsat-3, ve WorldView-2) kullanılmıştır.

Landsat-8 görüntüsü multispektral bantları 30 m mekânsal çözünürlüklü, pankromatik bandı ise 15 m çözünürlüklüdür. Landsat-8 görüntülerinin spektral çözünürlüğü ise oldukça yüksektir.

Kompsat-3 görüntülerinin multispektral bandları 3 m ve pankromatik bandı 70 cm mekânsal çözünürlüklüdür. Mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bandlara sahiptir.

WorldView-2 görüntülerinin multispektral bandları 2 m pankromatik bandı ise 50 cm çözünürlüklüdür. Ayrıca kıyı (coastal), mavi, yeşil, sarı, kırmızı, red edge, yakın kızılötesi 1 ile 2 ve kısa dalga kızılötesi bandlara sahiptir.

c. Yöntem

Landsat-8 görüntüsü öncelikle atmosferik ve geometrik düzeltmeye tabi tutulmuştur. Worldview-2 görüntüsü atmosferik ve geometrik olarak düzeltilmiş olarak temin edildiğinden herhangi bir atmosferik düzeltme yapılmamıştır. Kompsat-3 görüntüsü de atmosferik ve geometrik düzeltmeye tabi tutulmuştur

Önceki çalışmalarda görüntü keskinleştirme algoritmalarından en başarı olduğu belirtilenler ve ticari olarak temin edilebilen Ehlers, Gram-Schmidt, Zun Yhang, PC Sharpening ve IHS yöntemleri kullanılarak Landsat-8, Worldview-2 ve Kompsat-3 görüntüleri keskinleştirilmiştir.

Her bir keskinleştirme yöntemi ile elde edilen görüntü, nesne-yönelimli sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Elde edilen sınıflandırma sonuçları yer gerçekliği ile karşılaştırılarak kullanıcı, üretici, genel doğruluk ve Kappa değerleri elde edilmiştir.

Görüntülerin atmosferik ve geometrik olarak düzeltmesi, keskinleştirilmesi için PCI Geomatica 2015, ENVI 5.3 ve ERDAS 2015 yazılımları, sınıflandırma ve elde edilen sınıflarla yer gerçekliği arasındaki değişimin elde edilmesi için eCognition 9.1 ve QGIS yazılımları kullanılmıştır.

3. GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA

Görüntü sınıflandırma, nesne-yönelimli sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nesne yönelimli sınıflandırmada pikseller yerine nesneler kullanılmaktadır (Blaschke, 2010).

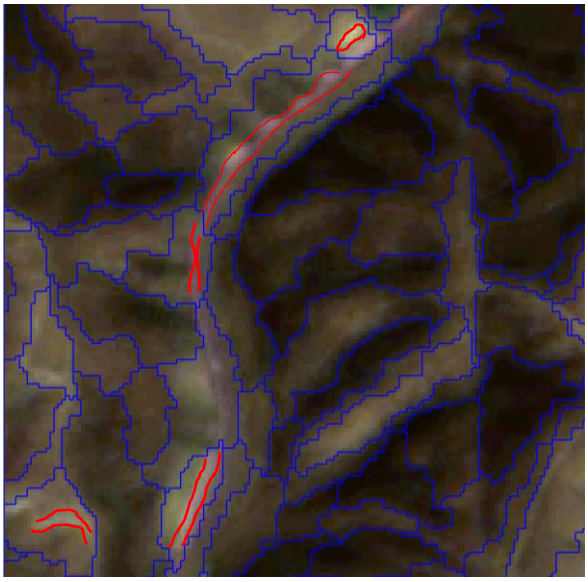
a. Görüntü Bölütleme

Nesne yönelimli sınıflandırmada ilk adım görüntü nesnelerinin oluşturulmasıdır. Görüntü nesnelerinin oluşturulması amacıyla, eCognition yazılımında bulunan çok çözünürlüklü bölütleme kullanılmıştır. Çok çözünürlüklü bölütleme uzaktan algılanmış görüntülerde oldukça iyi bir çözümdür (Baatz, vd., 2000).

Çok çözünürlüklü bölütleme neticesinde Ehlers yöntemi dışındaki bütün yöntemler tatmin edici sonuçlar vermiştir. Ehlers yönteminde bazı bölgelerde bölütleme Şekil-2'de görüldüğü gibi arazi örtüsünü tam anlamıyla yansıtamamıştır. (Şekil-2'de işaretli alanlarda uygun bölütleme sağlanamamıştır.)

b. Sınıflandırma

Bölütlemenin ardından her bir görüntü nesne yönelimli yöntemle bulanık setler kullanılarak sınıflandırılmıştır. Farklı yöntemlerle keskinleştirilmiş her bir görüntü için (örneğin Landsat-8 görüntüleri için) aynı kurallar ve aynı bulanık setler kullanılarak sınıflandırılmışlardır. Arazi örtüsü sınıflandırması için dört sınıf (bitki, su, çıplak toprak ve yerleşim alanları) kullanılmıştır.



Şekil 2. Ehlers bölütleme sonucuna ilişkin örnek

Sınıflandırmada Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI-Normalized Differenced Vegetation Index), Normalize Edilmiş Su İndeksi (NDWI-Normalized Differenced Water Index) gibi indeksler ile mavi band oranı (ratio blue band) gibi oranlar kullanılmıştır. Bu değerler bulanık kurallar ile kullanılmışlardır. Sınıflandırmaya ilişkin kurallardan bazıları Şekil-3'de görüldüğü gibidir.

Ehlers yöntemi ile elde edilen görüntüler ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilememiştir. Keskinleştirilmiş görüntülerde NDVI ve NDWI hesaplandığında bitki alanlar ile su alanların birbirine karıştığı görülmüştür.

c. Doğruluk Araştırması

Sınıflandırma doğruluğunun tespitinde hata matrisi kullanılarak birçok hata ölçüsü elde edilebilir. Bunlardan en çok kullanılanları; kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve genel doğruluktur (Yan, 2003).

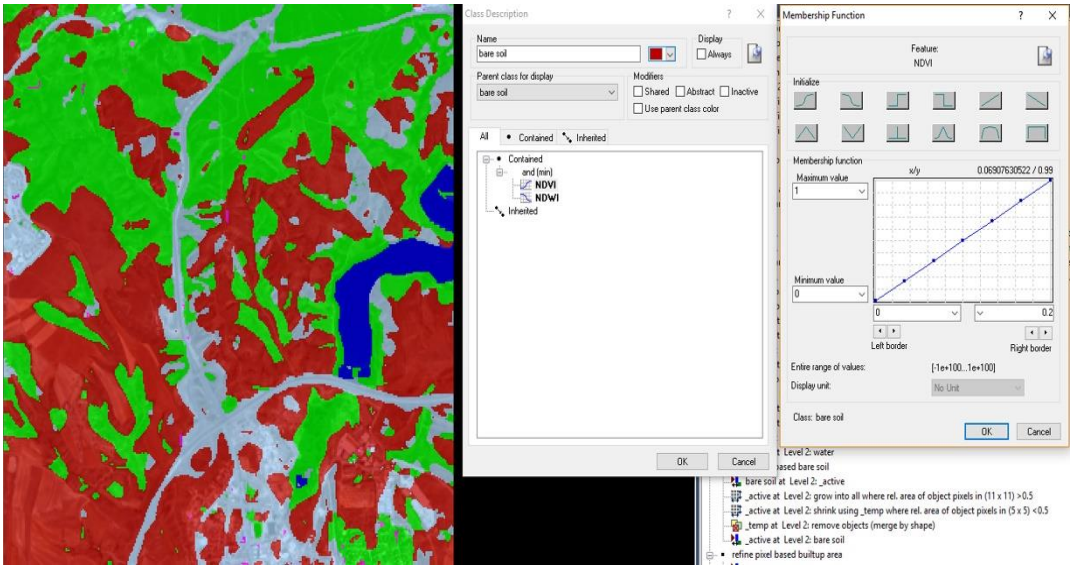
- **Kullanıcı doğruluğu (UA-User Accuracy),** herhangi bir sınıfa atanmış pikselin gerçekte o sınıfa ait olma olasılığını temsil eder. Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının o kategoride sınıflandırılan toplam piksel ya da nesne sayısına (satır toplamı) bölümü ile hesaplanır (Boyacı, 2012).

$$UA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ik}} \quad (1)$$

- **Üretici Doğruluğu (PA-Producer Accuracy),** 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 (sütun toplamı) bölünmesiyle hesaplanır (Boyacı, 2012).

$$UA = \frac{a_{ii}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ki}} \quad (2)$$

Uygulamada bu iki doğruluk değeri 100'e yakın ve birbirine ne kadar yakın ise sınıflandırma doğruluğunun o kadar iyi olduğu değerlendirilebilir. Aksi durumda yani bu iki değerden biri 100'e yakınken diğeri çok düşükse ya da iki değerde çok küçükse seçilen eğitim alanlarının ya da kullanılan algoritmanın yeniden değerlendirilmesi gerekebilir (Boyacı, 2012)



Şekil 3. Sınıflandırmaya ilişkin örnek kural

- **Genel Doğruluk (OA-Overall Accuracy),** Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının, toplam referans piksel sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Sınıfların doğruluğu hakkında genel bir değerlendirme sunar (Boyacı, 2012).

$$OA = \frac{\sum_{K=1}^{N} a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^{N} a_{ik}} = \frac{1}{n}\sum_{K=1}^{N} a_{kk} \qquad (3)$$

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

$$\kappa = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+} * x_{+i})} \qquad (4)$$

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;

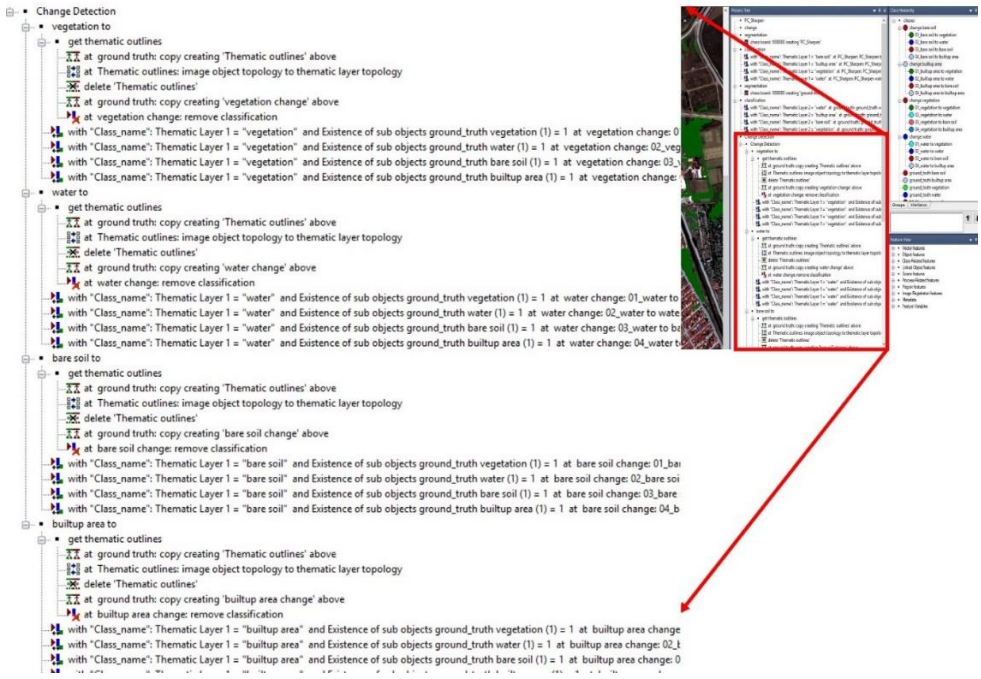
olarak tanımlanır. Hata matrisinden ve kappa istatistiğinden elde edilen sonuçlar birbirinden farklıdır. Çünkü her ikisinde farklı bilgiler kullanılır. Hata matrisinde sadece köşegen elemanları kullanılırken, kappa katsayısı için satır ve sütunların ağırlıklı toplamı kullanılır (Jensen, 1996).

Ayrıca kappa değerleri Tablo 1'de gösterildiği gibi yorumlanabilir (Landis vd., 1977).

Tablo 1. Kappa değerlerine ilişkin yorumlar

Kappa	Yorum
< 0	Hiç uyuşma olmaması
0.0-0.20	Önemsiz uyuşma olması
0.21-0.40	Orta derecede uyuşma olması
0.41-0.60	İyi derecede uyuşma olması
0.61-0.80	Önemli derecede uyuşma lması
0.81-1.00	Neredeyse mükemmel uyuşma olması

Keskinleştirilmiş Kompsat-3, WorldView-2 ve Landsat-8 görüntüleri kullanılarak nesne-yönelimli sınıflandırma neticesinde elde edilen sınıflar ile yer gerçekliği arasında yapılan değişiklik analizi sonucu elde edilmiştir. Değişiklik analizine ilişkin kurallar Şekil-4'de verilmiştir. Elde edilen kullanıcı, üretici doğrulukları ile genel doğruluk ve kappa indeksleri sırası ile Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Doğruluğun değişiklik tespiti ile belirlenmesine ilişkin sınıflar ve kurallar

Tablo 2. Kompsat-3 görüntüleri için elde edilen kullanıcı, üretici, genel doğruluk ve kappa değeri

	Sınıf			
	Bitki	Su	Çıplak Toprak	Yerleşim yeri
Yöntem	Gram Schmidt			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9578	0,5865	0,9920	0,8662
Üretici Doğruluğu	0,9781	0,8370	0,9248	0,9814
Genel Doğruluk	0,9510			
Kappa	0,4491			
Yöntem	IHS			
Kullanıcı Doğruluğu	0,8676	0,4914	0,9423	0,7101
Üretici Doğruluğu	0,9566	0,4498	0,7519	0,8982
Genel Doğruluk	0,8495			
Kappa	0,4536			
Yöntem	PC			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9375	0,5163	0,9750	0,8432
Üretici Doğruluğu	0,9594	0,7824	0,8756	0,9665
Genel Doğruluk	0,9234			
Kappa	0,4533			
Yöntem	Yun Zhang			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9119	0,7336	0,6650	0,7791
Üretici Doğruluğu	0,9431	0,6542	0,7956	0,6937
Genel Doğruluk	0,8171			
Kappa	0,4318			

Tablo 3. WorldView-2 görüntüsü için elde edilen kullanıcı, üretici, bütün doğruluk ve kappa değeri

	Sınıf			
	Bitki	Su	Çıplak toprak	Yerleşim yeri
Yöntem	Gram Schmidt			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9194	1	0,9977	0,6762
Üretici Doğruluğu	0,9983	0,9996	0,7364	0,9965
Genel Doğruluk	0,8574			
Kappa	0,4511			
Yöntem	IHS			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9992	1	0,9529	0,7114
Üretici Doğruluğu	0,9586	0,9984	0,9111	0,9846
Genel Doğruluk	0,9511			
Kappa	0,4267			
Yöntem	PC			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9896	1	0,9693	0,8396
Üretici Doğruluğu	0,8233	0,9490	0,9282	0,9889
Genel Doğruluk	0,9281			
Kappa	0,4440			
Yöntem	Yun Zhang			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9896	1	0,9694	0,8001
Üretici Doğruluğu	0,8233	0,9490	0,9351	0,8467
Genel Doğruluk	0,8929			
Kappa	0,4594			

Tablo 4. Landsat-8 görüntüleri için elde edilen kullanıcı, üretici, genel doğruluk ve kappa değeri

	Sınıf			
	Bitki	Su	Çıplak Toprak	Yerleşim yeri
Yöntem	Gram Schmidt			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9194	1	0,9977	0,6041
Üretici Doğruluğu	0,9162	0,9963	0,9125	0,7121
Genel Doğruluk	0,8882			
Kappa	0,4505			
Yöntem	IHS			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9951	0,9967	0,9533	0,6194
Üretici Doğruluğu	0,9290	0,9936	0,9404	0,8028
Genel Doğruluk	0,9228			
Kappa	0,4477			
Yöntem	PC			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9870	0,9971	0,8085	0,4792
Üretici Doğruluğu	0,9195	0,9935	0,8872	0,4429
Genel Doğruluk	0,8369			
Kappa	0,4501			
Yöntem	Yun Zhang			
Kullanıcı Doğruluğu	0,9872	0,9917	0,8907	0,4657
Üretici Doğruluğu	0,9076	0,9966	0,8930	0,6729
Genel Doğruluk	0,8792			
Kappa	0,4408			

4. SONUÇ

Landsat-8, Kompsat-3 ve WorldView-2 görüntülerinin keskinleştirilmesi sonucunda elde edilen yeni görüntüler ile nesne yönelimli sınıflandırmanın ilk aşaması olan bölütleme gerçekleştirilmiş, Ehlers dışındaki tüm yöntemlerin yeterli doğrulukta sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ehlers yöntemi kullanılarak keskinleştirilen görüntülerde NDVI ve NDWI indekslerinin birbirine karıştıkları gözlenmiştir. Diğer yöntemlerle keskinleştirilen görüntülerle elde edilen sınıfların kullanıcı ve üretici doğruluğu, genel doğruluğu ve Kappa indeksleri değerlendirildiğinde, Ehlers dışındaki bütün yöntemlerle nesne-yönelimli sınıflandırmanın gerçekleştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Bütün yöntem ve görüntülerle genel doğruluk %80 üzerinde elde edilmiş ve kappa değerleri incelendiğinde uyuşmaların iyi derecede olduğu görülmüştür. Sınıflandırma doğruluklarındaki farklılıkların görüntülerin spektral çözünürlüklerinin farklılığından kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir.

K A Y N A K L A R

Abdıkan, S., Şanlı, F. B., (2012), **Comparison of different fusion algorithms in urban and agricultural areas using sar (palsar and radarsat) and optical (spot) images**, Boletim de Ciencias Geodesicas, 18(4), 509-531.

Baatz, M., Schape, A., (2000), **Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**, Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, 58, 12-23.

Gül, B., Yıldırmış, Ç.,Değer, A., Erdoğan, M., (2013), **Görüntü Birleştirme Yöntemlerinin Spektral Değerleri Koruma Açısından Karşılaştırılması: WorldView-2 Uygulaması**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.

Blaschke, T., (2010), **Object based image analysis for remote sensing**, ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 65(1), 2-16.

Boyacı, D., (2012), **CBS-uzaktan algılama entegrasyonu ve örnek uygulama: Uydu görüntülerinden detay ve otomatik Öznitelik tespiti**, Ph.D. dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Choodarathnakara, A. L., Kumar, T. A., Koliwad, S., Patil, C. G., (2012), **Assessment of Different Fusion Methods Applied to Remote Sensing Imagery**, (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 3 (6), 2012,5447-5453

Ehlers, M., Klonus, S., Johan Astrand, P., Rosso, P., (2010), **Multi-sensor image fusion for pansharpening in remote sensing**, International Journal of Image and Data Fusion, 1(1), 25-45.

Han, Z., Tang, X., Gao, X., Hu, F., (2013), **Image Fusion and Image Quality Assessment of Fused Images**, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-7 W, 1, 33-36.

Helmy, A. K., Nasr, A. H., El-Taweel, G. H., (2010), **Assessment and evaluation of different data fusion techniques**, International Journal of Computers, 4(4), 107-115.

Ehlers, M., Klonus, S., Astrand, P. J., (2008), **Quality assessment for multi-sensor multi-date image fusion**, Proc. XXIth Int. Congr. ISPRS, 499-506.

Jelenek, J., Kopavckova, V., Koucka, L., (2015), **Testing a New Approach for ASTER Image Data Sharpening via Using Diverse Principle Components**.

Jensen, J. R., (1986), **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**.

Jiang, D., Zhuang, D., Huang, Y., (2013), **Investigation of image fusion for remote sensing application. Remote Sensing Applications**, Image Fusion and Its Applications, 978-953.

Landis, J. R., Koch, G. G., (1977), **The measurement of observer agreement for categorical data**, biometrics, 159-174.

Lang, S., (2008), **Object-based image analysis for remote sensing applications: modeling reality--dealing with complexity**, Object-based image analysis (s. 3-27), Springer.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., Chipman, J., (2014), **Remote sensing and image interp retation**, John Wiley \ Sons.

Ling, Y., Ehlers, M., Usery, E. L., Madden, M., (2008), **Effects of spatial resolution ratio in image fusion,** International Journal of Remote Sensing, 29(7), 2157-2167. doi:10.1080/01431160701408345

Makarau, A., Palubinskas, G., Reinartz, P., (2012), **Analysis and selection of pan-sharpening assessment measures**, Journal of Applied Remote Sensing, 6(1), 63548-1.

Matsuoka, M., (2012), **Comparison of the spectral properties of pansharpened images generated AVNIR-2 and PRISM Onboard ALOS. ISPRS Annals of the Photogrammetry**, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 7.

Navulur, K., (2006), **Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm**, CRC press.

Nikolakopoulos, K., Oikonomidis, D., (2015), **Quality assessment of ten fusion techniques applied on Worldview-2**, European Journal of Remote Sensing, 48, 141-167.

Oruc, M. M., (2008), **Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented Classification Approaches Using Landsat-7 ETM Spectral Bands.**

Özdemir, M., (2013), **Uydu görüntülerinden nesne yönelimli yöntemlerle özellik çıkarımı Ph.D. dissertation**, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Rodriguez-Galiano, V. F., PardoIguzquiza, E., Chica-Olmo, M., Mateos, J., Rigol-Sanchez, J. P., Vega, M., (2012), **A comparative assessment of different methods for Landsat 7/ETM+ pansharpening**, International journal of remote sensing, 33(20), 6574-6599.

Srimani, P. K., Prasad, N., (2014), **Analysis and Comparative Study of Image Fusion Techniques for Land Use and Land Cover Classification on Anthrasanthe Hobli,** Karnataka-Case Study, International Journal of Engineering Research and Technology, 3.

Yan, G., Mas, J.-F., Maathuis, B. H., Xiangmin, Z., 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.

Yuhendra, J., Kuze, H., (2011), **Performance Analyzing of High Resolution Pan-sharpening Techniques: Increasing Image Quality for Classification using Supervised Kernel Support Vector Machine**, Research Journal of Information Technology, 8(1), 12-28.

Zhang, Y., (2002), **Problems in the fusion of commercial high-resolution satelitte as well as Landsat 7 images and initial solutions**, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34(4), 587-592.

Zhu, X. X., Bamler, R., (2013), **A sparse image fusion algorithm with application to pan-sharpening**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 51(5), 2827-2836.

Demir Çelik Haddehane Fabrika İnşaatında Hassas Jeodezik Ölçmelerle Makinaların Yerleştirilmesi

(Precise Geodetic Surveying for Machines' Locating in the Iron Steel Rolling Plant Construction)

Ahmet İLVAN[1], Bülent BOSTANCI[2]
[1]Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Sarıçam, Adana
[2]Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Kayseri
ailvan@adanabtu.edu.tr, bbostanci@erciyes.edu.tr

ÖZ

Harita mühendisliğinin çalışma alanlarından birisi olan endüstriyel ölçmeler, ülkemizde sanayinin gelişimi ile birlikte gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu ölçmeler genellikle milimetre ve altında hassasiyetle ölçülmesi veya aplike edilmesi gereken detayları içermektedir. Çalışma alanlarının durumuna göre farklı ölçme yöntemleri ve farklı ölçme aletleri ile uygulama yapmak gerekmektedir.

Bu çalışmada, demir çelik haddehane fabrika inşaatının imalat ve mekanik montaj işlemlerinde harita mühendisliği çalışmaları anlatılmış ve burada yapılan endüstriyel ölçmeler konusunda detaya inilmiştir. Ölçü çalışmalarında uygulanabilecek ölçme yöntemleri, kullanılabilecek ölçme aletleri ve jeodezik altyapı hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışma sonucunda şu hususlara dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmıştır: Fabrika inşaatlarında yapılan ölçmelerde farklı mühendislik disiplinleri ile koordineli çalışılmalıdır. Jeodezik çalışmalarda mikro jeodezik ağ yapısı kullanılmalı ve ağın koordinat sisteminin eksenleri makine eksenlerine paralel seçilmelidir. Kullanılan ölçme aletlerinin kalibrasyonları yapılmış olmalı ve istenilen doğruluğun sağlanıp sağlanmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Endüstriyel ölçmeler, endüstriyel metroloji, hizalama, mikro jeodezik ağ*

ABSTRACT

Industrial Surveying, as one of the work fields of geomatics engineering, gains its importance per diem, with the advent of industrial development in our country. These measurements usually contain details that must be measured or applied in millimetres and below accuracy. It is necessary to apply different measuring methods and different measuring instruments according to the situation of work areas.

In this study, surveying engineering studies have been carried out in the manufacturing and mechanical assembly processes of the iron and steel rolling mill plant construction, and the industrial measurements made here were also examined in detail. It has been given some information about the measurement methods, tools and geodetic infrastructure that can be applied in the industrial measurement. The measurements made at plant constructions should be coordinated with different engineering disciplines. In geodetic studies, micro geodetic network structure should be used and coordinate system of the network axes should be selected as parallel to machine axes. Calibrations of the instruments used must be made and strictly controlled to ensure that the desired accuracy is achieved.

Keywords: *Industrial surveying, industrial metrology, alignment, micro geodetic network*

1. GİRİŞ

Endüstriyel ölçmeler, mühendislik ölçmelerinin uygulama alanlarından biri olarak ele alınmaktadır. Buradaki en önemli husus ölçme doğruluğunun, uygulama alanlarının türüne göre farklılık göstermesidir (Ogundare, 2016). Örneğin bina inşaatı, parsel aplikasyonları gibi uygulama alanlarında santimetre hassasiyeti yeterli olurken deformasyon ölçmeleri, çelik yapıların montajı gibi uygulama alanlarında ise milimetre hassasiyeti gerekmektedir. Endüstriyel makine montajı, nükleer araştırma laboratuvarları, büyük antenlerin kurulumu, gemi, hava araçları, otomobil imalatı gibi endüstriyel uygulama alanlarında, milimetrenin altında ölçme hassasiyeti gerekmektedir.

Endüstriyel ölçmelerde yapılabilecek hatalar veya yetersizlikler çok ciddi maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. Özellikle fabrika inşaat montajlarının ve sonucunda üretimin problemsiz gerçekleştirilebilmesi için ölçme işlemlerinin doğru ve çok hassas yapılması gerekmektedir. Bu durum ise yüksek hassasiyetli ölçme teknikleri ile gerçekleştirilmektedir (Gülal, 2003).

Endüstriyel ölçmelere konu olan alanlar; endüstriyel tesislerin kurulması, makine parçalarının montajı, endüstriyel ürünlerin tasarımı, üretim işlemleri sırasında ve sonrasında yapılan ölçmeler, çok parçalı sistemlerde parça birleştirme amaçlı ölçmeler, üretim sonrası kontrol ve ayar ölçmeleri, bilimsel araştırma ve geliştirme amaçlı ölçmeler, endüstriyel robotların ayar işlemleri, enerji santrallerinde türbin konumlandırma ölçmeleri, hava ve uzay araçları, gemi inşaat, otomobil üretim ve kontrol ölçmeleri, büyük antenlerin konumlandırılması, nükleer santral kurulumu ölçme çalışmaları endüstriyel ölçme alanları ve kalibrasyon olarak özetlenebilir (Ogundare, 2016).

Endüstriyel ölçmeler, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ve Uzak Doğu gibi dünyanın sanayi ve teknoloji alanında gelişmiş ülkelerinde bir meslek disiplini olarak tanımlanmaktadır. Bu disiplin, endüstriyel üretim tesislerinin montajında ve üretilen ürünlerin doğruluğunun kontrolünde kritik öneme sahiptir. Gelişmiş ülkelerde endüstriyel tesis üretiminde bulunan firmalar, diğer ülkelerdeki firmalar ile ortak iş yaptığında kendi standartlarının aynısını talep etmekte ve bu nedenle endüstriyel ürünlerin montajında ve ölçme çalışmalarında uzman kişilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dünyada endüstriyel ölçmelerle ilgili yapılan yayınlara bakıldığında nükleer araştırma laboratuvarları gibi alanlar ön plana çıkmaktadır. Örneğin Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi olan CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) ile ilgili yayınlara bakıldığında, 1954 lü yıllardan günümüze kadar jeodezik çalışmalardan da bahsedilmektedir. Bunlardan biri,1982 yılında inşaatı başlatılan ve 27 km uzunluğunda daire şeklinde tünelden oluşan bir yapıya sahip olan LEP (Large Electron-Positron) Laboratuvarı'dır. 80'li yıllarda tünel inşaatlarında teodolit, gyro-teodolitler, invar tel, gergin invar tel ve sensörlerden oluşan ölçme sistemi, lazer interferometre (kalibrasyon için), hassas nivo gibi aletler kullanılmıştır. Cihazların kurulumu sırasında hizalama çalışmalarında ise değişik sistemler geliştirilmiştir. Bunlar ise naylon tel hizalama sistemi, lazer hizalama sistemi ve hidrostatik ölçme sistemleridir (Mayoud, 1990). Ayrıca CERN'de uzun dönemli çalışmalarda kullanılabilecek ölçme ve hizalama (alignment) sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemler, tel konumlandırma sistemi, hidrostatik nivelman sistemi ve eğim ölçme sistemleridir; (Mayoud, 2004). 2000'li yıllarda CERN'de yapılan çalışmalarda total station, lazer tarayıcı, doğruluğu yüksek uzunluk ölçme telleri, ofset ölçme araçları ve yön belirleme aletleri etkin olarak kullanılmıştır (Mayoud, 2002).

Endüstriyel ölçmeler ile ilgili yayımlanan çalışmalardan birisi de Fransa da, ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) inşaatında yapılan ölçme çalışmalarıdır. Bu çalışma CERN gibi misyonu olan parçacık hızlandırıcı laboratuvar inşaatıdır. Hizalama toleransları < 1 mm. dir. 842 m boyunca mesafe ve açı standart sapmaları 0.1 mm ve 0.5 arc saniye, mutlak hata elipsleri 0.15 mm den küçüktür (% 95 güven aralığında). Çalışmada yüksek hassasiyetli robotik total station kullanılmış ve geliştirilen yazılımlar sayesinde ölçme otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu aletlerin ayar işlemleri ise lazer interferometre ile yapılmıştır (Martin, 2010).

Kanada'da "Chalk River Nuclear Laboratories of Atomic Energy of Canada" nın inşaat ve montajında endüstriyel ölçme teknikleri kullanılmıştır. Uygulamada 1988'den önce geleneksel ölçme yöntemleri kullanılmıştır. Daha sonra teknolojinin gelişimiyle ile birlikte elektronik teodolitler ve bilgisayarlı otomasyon sistemi olan P3DCS (Precise 3 Dimensional Coordinating System) olarak adlandırılan sisteme geçilmiştir. Nükleer hızlandırıcıların kurulumu sırasında geliştirilen P3DCS sistemi, elektronik teodolitlerin bilgisayara bağlanmasını ve elde edilen yapılan ölçü değerlerinin anlık olarak dengelemeye tabi tutulması sonucunda dengelenmiş koordinatların elde edilmesini sağlamaktadır. Ölçme çalışmalarının doğruluğu açısından elektronik teodolit kurulan noktaların konumları çok iyi hesaplanmalıdır. Bu durum geriden kestirme performansına ve verilerin dengelenmesine bağlıdır (Wilkins,1989).

Endüstriyel ölçmelerin konusuna giren gemi inşaat alanında boyutsal ölçmelerin kullanılmasının üretim kalitesi ve zaman açısından çok gerekli olduğuna dikkat çeken, bu bakımdan da harita mühendisliği disiplinin bu alandaki önemine vurgu yapan ulusal bir çalışma karşımıza çıkmaktadır (Güner ve Çelik, 2005). Ülkemizde endüstriyel ölçmeler ile ilgili akademik çalışmalar çok yetersizdir ve haritacılık mesleği açısından araştırılması ve sonuç ürünler ortaya konması gerekli alanlardan birisidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle fabrika inşaatı ve montaj işlemleri için yapılacak ölçmelerde kullanılan ölçme araç ve gereçleri ile bu araçların ayar işlemleri ve kontrolü anlatılmaktadır. Ayrıca, fabrika inşaatı ve makine montajları için oluşturulan mikro ağların yapısı, tesisi ve ölçme yöntemleri ile endüstriyel tesislerin inşaatında kullanılan hizalama yöntemleri de açıklanmaktadır.

a. Çalışma Kapsamında Yapılan Ölçmelerde Kullanılan Ekipmanlar

Endüstriyel ölçmelerde kullanılan alet ve cihazların klasik harita ölçmelerinde kullanılan cihazların doğruluğundan daha iyi olması ve yapılan işle ilgili olarak daha özel olması beklenir. Endüstriyel ölçmelerde kullanılan elektronik, mekanik ve optik özel cihazlardan en çok kullanılanlar aşağıda belirtilmiştir.

(1) Endüstriyel Total Station

Endüstriyel total stationlar klasik cihazlara göre açı ve uzaklık ölçme sistemleri daha yüksek doğruluğa sahip olan cihazlardır. Örneğin klasik total stationlar açı ölçmelerinde ortalama 5" doğruluk gösterirken, endüstriyel total station ise 1" veya 0.5" doğruluk göstermektedir. Mesafe ölçmelerinde de aynı durum söz konusudur, klasik total stationlar 1-2 mm/km iken endüstriyel cihazlar 0.5 mm/km ya da daha yüksek doğruluklar sunmaktadır. Endüstriyel cihazlarda doğruluk önemli olduğu için bu cihazlarla kullanılması gereken reflektörler de farklı olmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi endüstriyel alanlarda kullanılmak için ince yapısı ile daha hassas olarak kullanım sunan mini jalon ve reflektörler kullanılmaktadır.

Şekil 1. Endüstriyel total station

(2) Hassas Nivolar

Bu tür nivolar 1. ve 2. derece nivelman ağlarının ölçmelerinde, köprü baraj benzeri yapılardaki deformasyon ölçmelerinde ve endüstriyel ölçmelerde kullanılmaktadır (Şekil 2). Hassasiyeti ≤ 0.5 mm, dürbün büyütmeleri 35-40 ve düzeç duyarlıkları 5"-10" arasında olup milimetrenin onda biri doğrudan doğruya okunabilmekte ve mikrometre düzeneği yardımıyla milimetrenin yüzde biri de tahmin edilebilmektedir (Ogundare, 2016).

Şekil 2. Hassas nivo

b. Kullanılan Cihazların Kalibrasyon ve Kontrolü

Kalibrasyon, ölçme cihazının belirlenen standart ve kriterlere göre ölçme doğruluğunun tespitidir. Kalibrasyonda, cihazın doğruluğunun belirli bir referansa veya standarda göre kıyaslanarak kontrol edilmesi ve ayarlarının düzeltilmesi mümkün olmaktadır. Her ne kadar ölçme cihazının üretildiği fabrika tarafından kalibrasyon bilgileri verilse de, bu bilgiler ortalama çevre şartlarına göre belirlendiğinden dolayı daha doğru bir sonuç için cihazın kullanılacak ortama yakın çevre şartlarında kalibrasyon değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kalibrasyon işlemi kabul edilebilir istatistiki standartlar çerçevesinde yapılmalıdır. Standart veya referans ile kastedilen kıstas şu olmalıdır; referans veya standart alınan değerler veya ölçmeler, kalibrasyonu yapılacak cihazın ölçme doğruluğundan ve hassasiyetinden daha yüksek doğruluk ve hassasiyete sahip olmalıdır. Örneğin lazer interferometre, elektronik uzaklıkölçerlerden doğruluğu ve hassasiyeti çok daha yüksek bir sistemdir. Bundan dolayı bir lazer interferometre, elektronik uzaklıkölçerin kalibrasyonu için kullanılabilmektedir, ancak tersi mümkün olmamaktadır (Ogundare, 2016).

c. Mikro Ağlar

Endüstriyel ölçmelerde, iş sahasında yeteri kadar çalışma alanının bulunamaması gibi durumlardan dolayı klasik jeodezik kontrol ağı kullanmak genellikle mümkün olmamaktadır. Bu sebeple endüstriyel ölçmelerde klasik jeodezik ağların dışında farklı ve çalışma koşullarına uygun bir ağ olan ve bu çalışma kapsamında mikro ağ olarak anılan mikro jeodezik ağlar kullanılmaktadır.

Mikro ağlarda genellikle X ekseni kurulumu yapılacak olan endüstriyel bileşenlerin uzun olan ekseni ile paralel olmakta, Y ve Z ekseni de X eksenine dik düzlemler oluşturacak şekilde tasarlanmaktadır. X,Y ekseni en az 2 referans noktadan oluşmaktadır. Daha sonra bu eksene dik başka noktalar tesis edilebilmektedir. Bir mikro ağın orijine ve ölçeğe de sahip olması gerekmektedir. Orijin olarak çalışma alanındaki makine bileşenleri göz önüne alınarak uygun bir nokta seçilebilir. Ölçek ise mesafe ölçmelerinin yapılamadığı ve yalnızca açı ölçmelerinin yapılabildiği durumlarda söz konusudur. Ölçeğin hesaplanmasında invar ölçek barı olarak adlandırılan invardan imal edilen ve genellikle 2 veya 3 metre uzunluğunda olan çubuklar kullanılır. Bu invar çubuklar mikro jeodezik ağın

uygun yerlerine yerleştirilerek her iki ucuna da açı ölçmeleri yapılır ve buradan yola çıkılarak ağın diğer kenarlarının uzunlukları hesaplanmaktadır (Ogundare, 2016).

Mikro ağda ne kadar sayıda referans noktası tesis edileceği önceden net bir şekilde belli olmamaktadır. Bu durum kurulumu yapılacak endüstriyel bileşenlerin durumuna ve segment sayısına bağlı olarak değişmektedir. Her bir hedefin en az 2 farklı istasyondan total station ile gözlemlenmesi gerekir. Daha sonra birden fazla yapılan bu gözlemler, en küçük kareler yöntemi ile dengelenmektedir.

ç. Hizalama Yöntemleri

Endüstriyel ölçmelerde, makine bileşenlerinin eksenlerine göre doğrusallıkla kurulumu için yapılan konumlandırma işlemine hizalama (alignment) denilmektedir. Hizalama için kullanılan belli başlı teknikler aşağıda belirtilmiştir (Ogundare, 2016):

(1) Mekanik Hizalama Yöntemi

Çelik veya naylon teller kullanılarak referans hat oluşturulur. Bu yöntem pratik, ucuz ve çoğu çevre koşullarına uyum sağlayabildiğinden kullanıcılara cazip gelmiştir. Hassasiyeti 0.1 milimetreye kadar yaklaşabilmektedir.

(2) Kırınım Yöntemi

Bu yöntem de referans hattı olarak lazer gibi ışınım kırınımlarının desenlerinin projekte edilmesini kullanmaktadır. Optik yönteme nazaran atmosferik koşullardan çok az etkilenir.

(3) Doğrudan Lazer Hizalama Yöntemi

Bu yöntemde lazer ışığı referans hat olarak kullanılır. Bu teknik kolimasyonu sağlanmış lazer ışığı ve hareket edebilen optik yada foto elektrik merkezleme detektörü kullanır. Hızlı bir yöntem olmakla birlikte geleneksel optik yöntemlerin kullanılamayacağı, örneğin radyasyonlu bölgelerde kullanılabilir.

(4) Optik Yöntem

Bu yöntem referans hattının optik olarak gözlenmesi esasına dayanmaktadır. Yöntemin uygulanması teodolit ya da Jig Transit gibi klasik optik cihazlar ile gerçekleştirilmektedir.

(5) Lazer İnterferometre Yöntemi

Bu yöntemde lazer interferometre kullanılmaktadır. Açısal ya da doğrusal ölçme yapılarak uygulanmaktadır.

(6) Kutupsal Ölçme Tekniği Yöntemi

Lazer izleyici, endüstriyel total station, endüstriyel robotik total station gibi ölçme aletleri kullanılarak açı ve uzunluk ölçümleri ile koordinat belirleyen yöntemlerdir. Bu aletlerle birlikte özel küresel yansıtıcılar kullanılmaktadır.

3. UYGULAMA

Çalışmada, İzmir'de inşaatı tamamlanan demir çelik haddehane fabrikasının tüm jeodezik ölçme çalışmaları özetlenerek anlatılmış olup endüstriyel ölçmeler konusunda detaya inilmiştir. Saç haddehane fabrikası, slab olarak adlandırılan işlenmemiş ham demir bloklarından, gerekli ısıl işlem ve haddeleme işlemleri ile 1-2 mm ye kadar incelikte saç ürünler çıkartabilen bir endüstriyel tesistir. Fabrika, genel olarak 460 metre uzunluğunda doğrusal bir eksen ve bu eksene dik yaklaşık 300 m uzunluğunda diğer bir doğrusal eksen üzerine yerleştirilmiş makine gruplarından oluşan, çelik ve betonarme yapısı olan endüstriyel üretim tesisi olacak şekilde planlanmıştır.

a. Jeodezik Altyapının Tesisi ve Ölçülmesi

Fabrika inşaatı gibi endüstriyel tesislerin inşaatında poligon geometrisi, tesisi, ölçme ve hesaplama çalışmaları oldukça önemli bir hususdur. Bu çalışmalar poligon noktalarının konum doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Endüstriyel ölçmelerde doğruluk ve hassasiyet çok önemli olduğu için poligon noktalarının da konum bilgileri o denli hassas hesaplanmalıdır.

Çalışmada jeodezik ağ olarak "Mikro Ağ" kullanılmıştır. Mikro ağ fabrikanın uzun eksenli kısmına paralel olarak tasarlanmalı ve fabrika inşaatının gövdesinin dışında kapsayıcı olmalıdır (Pospíšilová ve ark., 2012).

Poligon tesislerinin yerlerinin seçimi de önemli bir hususdur. Bunun için poligonlar tesis edilmeden önce, fabrika inşaat projesinin incelenip hangi yerlerin inşaattan fazla etkilenmeyeceğini öngörüp poligonların uzun vadede zarar görmeyeceği yerlerin seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca Şekil 3' de görüldüğü gibi poligon tesislerinin zeminde herhangi bir deformasyona uğramayacak şekilde sağlam ve

güvenli yapılması, işaretlemenin oldukça hassas olması gerekmektedir.

Şekil 3. Poligon zemin tesisi

Jeodezik nokta altyapısını oluşturan nivelman noktalarının tesisleri de poligonlar kadar dikkatli yapılmalıdır. Özellikle makine montajı ölçmelerinde kullanılacak olan nivelman referans noktalarının tesisi ve kot değerinin ölçülüp hesaplanmasında çok hassas davranılması gerekmektedir. Makine montajında milimetre altı değerler kullanıldığı için nivelman referans noktalarının yükseklik değerleri aynı doğrulukta hesaplanmalıdır. Bundan dolayı nivelman tesislerinde Şekil 4'de görüldüğü gibi tek noktadan değer okumak için küçük çelik bilyeler kaynak ile monte edilmiştir.

Şekil 4. Nivelman nokta tesisi

Projeye göre hangi bölgelerde nivelman noktasına ihtiyaç duyulacağı üzerinde incelemeler yapılmış ve bu incelemelere göre sahaya nivelman noktaları tesis edilmiştir. Bu noktaların tesisi ise çelik ve küçük bir bilye demir üzerine kaynak yapılarak pik yapısında bir referans noktası imal edilmiştir. Böylelikle üzerine mira konulduğunda tek bir noktadan (tepe üst noktası) temas edeceği için sağlıklı bir ölçme olanağı sağlamaktadır.

Nivelman ağının tasarımı yapılırken öncelikle sahaya ana nivelman noktaları tesis edilerek kot değerleri üretilmiş ve daha sonra ana nivelman noktaları referans alınarak ara nivelman noktaları oluşturulmuştur. Bu projede 3 adet ana nivelman noktası tesis edilmiş ve orta nokta sabit alınarak hassas nivelman yapılmıştır. Bu 3 nokta sahaya homojen dağıtılarak fabrika sahasının kapsaması sağlanmıştır. Noktaların kotları ±100 mikron hassasiyetinde hesaplanmıştır.

(1) Poligon Noktalarının Ölçülmesi ve Hesaplanması

İnşaat sahasına tesis edilmiş poligonların ölçme işlerinin hassas bir biçimde yapılması gerekmektedir. Bu sebeple endüstriyel ölçmelerde arzu edilen hassasiyeti sağlamak için poligonların hata sınırlarının ve ölçme hassasiyetlerinin daha yüksek olması gerekmektedir. Bunun için GPS bu konuda yeterli doğruluğu ve hassasiyeti sağlayamamaktadır. Bu nedenle poligon gözlemlerinde endüstriyel total stationlar kullanılmıştır. Daha sonra bu poligonların kotları hassas nivelman yapılarak hesaplanmıştır. Ölçmelerde total station uygun bir poligona kurulmuş ve en uzaktaki poligona açı ile bağlanılmıştır.

İnşaatın belirli bir mertebesi yapıldıktan sonra, artık fabrikanın makine eksenlerinin işaretlenmesi işlemi başlamıştır ve ankrajların imalatının bitiminden sonra da mekanik montaj safhası başlamıştır.

Makine eksenleri, fabrikanın makine gruplarının montajının yapılmasında kullanılacak olan doğrultulardır. Makinelerin montajı veya diğer bir ifadeyle mekanik montajın hata toleransı mm. altındadır yani 100-200 mikron seviyelerindedir. Bu sebeple Makine eksenlerinin zemine işaretlenmesi de en az aynı hassasiyette yapılmıştır.

b. Fabrika İnşaat Safhaları

Fabrika inşaatlarını imalat ölçme hassasiyetleri durumlarına göre 3 gruba ayırmak mümkündür.

(1) Altyapı Safhası

Fabrika inşaatının bu safhası, inşaatın en temel aşaması olarak ele alınabilir. Bu safhada, saha zemininin iyileştirilmesi (Dolgu alanı veya denizden dolgusu ise) için gerekli olan kazık çakılması işleri, hafriyatların yapılması ve fabrika temelinin imalatı ve varsa yağmur, atık su gibi

hatların imalatı gibi işler yapılmaktadır. Bu safhada imalat doğruluğu cm. veya dm. mertebesindedir.

(2) Makine Ankraj ve Vinç Rayları İmalatı Safhası

İnşaatın bu bölümünde fabrikanın ana bileşen yapılarını oluşturan makine gruplarının montajının yapılabilmesi için gerekli olan ankrajları (makinelerin beton yapıya olan bağlantısını sağlayan cıvata sistemi), fabrikanın taşıyıcı unsurları olan çelik kolon ayaklarının montajının yapılacağı imalatları ve fabrikalarda olması gereken tavan veya yer vinçlerinin raylarının imalatlarını kapsamaktadır.

Bu aşamada ölçme hassasiyeti çelik kolonlar için ± 1.5 cm ve makine ankrajların ve vinç raylarının eksen hassasiyeti ise ± 3 mm olmaktadır. Ölçme hassasiyeti milimetre olduğu için ölçme işlerinde kullanılan ekipmanlar da özel olmalıdır. Bunun içinde endüstriyel total stationlar ve Şekil 5'de görülen daha hassas olan mini jalon reflektörler kullanılmıştır.

Şekil 5. Mini jalon reflektör

Ankraj aplikasyonu için, bilgisayar ortamında mikro ağın koordinat sistemine uyarlanmış olan proje üzerinden, imalatı gerçekleştirilecek olan ankrajlar ile ilgili eksenlerin koordinat bilgileri total stationa aktarılmıştır. Ölçme ekibi tarafından ankrajların yakınlarında olan poligona total station kurulumu yapılmış ve en uzaktaki diğer poligona açı ile bağlanılmıştır. Mini jalon-reflektör kullanılarak daha önceden hazırlanmış bulunulan Şekil 5'de görülen köşebent demirler üzerine ilgili ankrajların eksenleri elmas uçlu kalemle hassas ve ince bir şekilde işaretlenmiştir. Burada önemli olan husus aplikasyon veya kontrol ölçmelerinde kullanılan alet ve ekipmanların gerekli doğruluk koşullarını sağlamasıdır.

Eksenlerin aplikasyonundan sonra hassas nivo ile daha önceden tesis edilen kot referans noktalarından ± 3 mm hassasiyette olacak şekilde ankrajların kotları sahada verilmiştir.

Aplikasyon işleminden sonra ankraj ustaları ankrajların imalatını gerçekleştirmiştir. İmalat aşaması bitince ölçme ekibi tarafından her bir ankraj ölçme aparatları yardımıyla merkez noktalarının kontrol okumaları yapılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak projenin üzerine nokta dökümleri yapılıp inşaat projesinde istenilen ± 3 mm. doğruluğu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Hata sınırının aşıldığı durumlarda, gerekli uyarılar yapılarak hata durumuna göre ankrajların konumları düzelttirilmiştir. Düzeltilen ankrajların kontrol okumaları tekrar gerçekleştirilmekte ve hata sınırının içerisinde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Son olarak hata sınırı olan ± 3 mm içerisinde kalıyorsa beton dökülmesi aşamasına geçilebilmektedir (Şekil 6).

Şekil 6. Ankraj imalatı ve aplikasyonu

Vinç raylarının ölçme ve aplikasyon işlemlerinde ise, ilk olarak zeminden vinç raylarının monte edileceği kirişlere total station ile rayların eksenleri ± 3 mm doğrulukla aplike edilmiştir. Daha sonra aplikasyonu yapılan eksen noktalarına piyano teli gerilerek eksen üzerinde ara noktalar işaretlenmiştir. Rayların kotlarının verilmesinde zeminde nivelman noktalarından total station ile trigonometrik olarak kirişlere kot taşınmış ve daha sonra nivo ile kiriş üzerindeki raylara kotlar verilmiştir. Rayların aplikasyon doğruluğu ± 3 mm olmaktadır. Burada ilk etapta raylara trigonometrik nivelman ile verilen kot hassasiyeti ± 3 mm olması gerekmemektedir. Çünkü rayın kotlarının kendi içerisindeki hassasiyetinin ± 3 mm olması yeterlidir. Verilen eksenlere göre hizalanması ve geçici montajı yapılan raylar için total station ile kontrol

ölçmeleri yapılmıştır (Şekil 7). Kontrolden uygunluk alan rayların kalıcı olarak montajı tamamlanmaktadır.

Şekil 7. Vinç raylarının ölçülmesi ve montajı

(3) Mekanik Montaj Safhası

Mekanik montaj, imalatı biten ankrajlara, ilgili makine grubu parçalarının projesine uygun olarak milimetre altı ± 200 mikron (makinenin cinsine göre değişebilir) hata payında yerine sabitlenmesi ve montajı safhasıdır. Bunun için öncelikle fabrika inşaatındaki makineler ile ilgili tüm ankrajların imalatının bitmiş olması gerekmektedir.

Mekanik montaj için, makine gruplarının eksen tanımlamalarına ihtiyaç vardır. Örneğin çalışmanın yapıldığı fabrika inşaatında makinelerin MILL ekseni olarak belirtilen fabrikanın en uzun ekseni ana eksen olarak alınmıştır. MILL ekseninde tüm makine grupları bulunmakla beraber birçok irili ufaklı yardımcı eksenlerde bulunmaktadır. Bu eksenler birbirlerine dik açı oluşturacak şekilde birleşmektedir. İmalat sonrası da bu diklik gözlenmektedir (Şekil 8).

Şekil 8. Mekanik montaj aşaması

Mekanik montaj ile ilgili olarak makinelerin geldiği firmadan, fabrikanın makinelerinin kurulumu ile ilgili tüm teknik işlerden sorumlu olacak kurulum şefi (superviser) görevlendirilmektedir. Sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için kurulum şefi ile sahada görev yapan ölçme ekibi arasında sağlıklı bir iletişim kurulması gerekmektedir.

Mekanik montaj projesinde ilk olarak belirtilen makine eksenlerinin hassas bir biçimde aplikasyonunun yapılması gerekmektedir. Bunun için uzun süre kullanılabilir durumda olacak şekilde tesis edilmiştir. Eksenlerin santimetre hassasiyetinde aplikasyonları yapılarak noktaya demir bir çubuk çakılmak sureti ile betonun içine sabitlenmiştir (Şekil 9). Beton yüzeyine çakılan demir çubuğun üst kısmı taşlanarak beton ile aynı kota getirilmiştir. Daha sonra mm altı hassasiyet ile makine ekseninin aplikasyonu gerçekleştirilmiştir. Aplikasyon noktası, tesisi yapılmış demir çubuğun üzerine hassas olarak işaretlenmiştir.

Şekil 9. Makine ekseni referans noktası

Daha sonra aplikasyonu yapılan eksenler ve nivelman noktaları kullanılarak makine ankrajlarının tümünün ölçmeleri ve beton kotlarının ölçmeleri yapılmıştır. Elde edilen bu ölçüler ankrajların merkezinden olan ölçülerdir. Ölçmeler daha sonra değerlendirilmek üzere bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan bütün ankraj ölçme değerleri sonucunda her bir ankraj merkezinin, zemine aplikasyonu yapılmış olan makine eksenlerine olan mesafeleri hesaplanmıştır. Hata tecviz sınırını aşan ankrajlar varsa tespit edilmiştir. Eğer ankrajlarda sistematik bir hata varsa makine eksenleri revize edilerek düzeltilme yoluna gidilmiştir.

Diğer bir işlem olarak ankrajların merkez koordinat ölçmeleri haricinde beton kotlarının da ölçülmesi işlemi vardır. Beton kotu, olması gereken makine sehpa kotundan ne kadar farklı

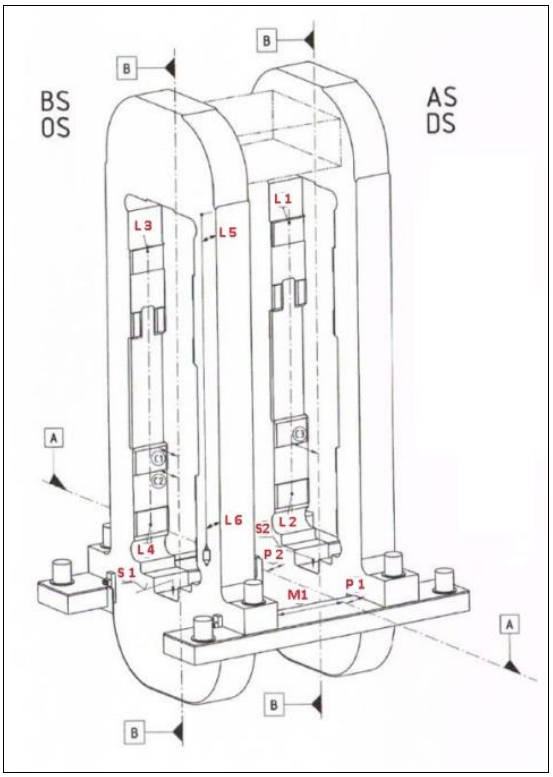
ise o kadar pedleme denilen şimleme yapılacak platform imal edilmektedir. İlk olarak kaba şimleme denilen metal plakaların eklenerek istenilen kota getirilmesi işlemi yapılmaktadır (Şekil.10).

Şekil 10. Kaba şimleme

Şimleme işleminden sonra, bedplate olarak adlandırılan ve üzerine makine bileşeninin sabitleneceği ortalama 30 cm kalınlığında demir bloğun kotları projesine uygun ayarlanmıştır (Şekil 11).

Şekil 11. Bedplate kotunun ayarlanması

Buraya kadar yapılan işlemler makine montajı ön çalışmaları olarak adlandırılmaktadır. Bundan sonra mekanik montaj işlemleri başlamaktadır. Bunun için montajı yapılacak makine parçalarının çizimleri ve makine projesi kurulum şefi tarafından harita ekibine teslim edilir. Makine parçaları projesinde, Şekil 12 ve Tablo 1'de görüldüğü gibi parçaların hangi yüzeylerinin hangi kotta olması gerektiği, noktaların eksenden ne kadar uzakta olacağı belirtilmektedir. Bu bilgiler ışığında sahada ölçme ekibi tarafından makine parçalarına kot ve eksen değerleri verilmektedir.



Şekil 12. Makine parçalarının referans noktaları

Tablo 1. Makine parçalarının referans noktalarının montaj toleransı.

Ölçme Noktası	Projede İstenilen Tolerans (mm)	Elde Edilen Ölçü Doğruluğu (mm)
L1-L2	L1 CL / ± 0.05	0.02
L3-L4	L3 CL / ± 0.05	0.05
L5-L6	L5 CL / ± 0.05	0.02
C1	CL / ± 0.2	0.08
C2	CL / ± 0.05	0.02
C3	CL / ± 0.05	0.00
M1	CL / ± 0.1	0.09
P1	CL / ± 0.05	0.03
P2	CL / ± 0.05	0.03
S1	CL / ± 0.1	0.05
S2	CL / ± 0.1	0.03

Makinenin konumuna uygun olarak 1. Total station, Şekil 13'de görüldüğü gibi kurulumu yapılacak olan makine bileşenin A-A ekseni üzerinde kurulumu yapılıp o makine ekseni için tesis edilen poligonlar kullanılarak yatay açı sıfırlanmalıdır. 2. Total station ise B-B ekseni

üzerinde kurulumu yapılıp o makine ekseni için tesis edilmiş poligonlar kullanılarak yatay açı sıfırlanmalıdır. Aynı zamanda nivo da uygun bir yere kurulup en yakın nivelman noktasından çıkış alacak şekilde kullanıma hazır hale getirilmelidir.

Şekil 13. Makine kurulumu için optik hizalama çalışmaları

Özetle makine kurulumunda şu adımlar izlenir:

- Kaba şimleme (cm)
- Eksenlerine getirme X-Y
- Hassas şimleme (mikron)
- Torklama (cıvata sıkıştırma)
- Grout beton dökümü

Total Station ile verilen doğrultular sayesinde makine eksenlere getirilir. Makinenin eksenler de kalmasını sağlayan 4 köşesinden destek aparatlar monte edilerek makinenin kotuna getirilmesi işlemi yapılmaktadır. Eksene getirilen makine parçası yukarı aşağıya hareket ettirilerek şimleme ile proje kotuna getirilmektedir. Kot ve eksenler kontrol edildikten sonra torklama denilen cıvataların sıkılması işlemleri yapılır. Torklama işlemi makinenin ayarını koruma adına çaprazlama sıkılarak dengeli bir biçimde yapılmalıdır. Torklama sonrası tekrar eksenler ve kotlar kontrol edilmelidir. Tüm bu eksen ve kotlardaki hata toleransı makine projelerinde belirtilmektedir (Tablo 1). Farklı makineler için farklı hata tolerans sınırları olabilmektedir.

Makine bileşeninin projedeki eksenine getirilmesi total station kullanılarak optik hizalama yöntemi ile gerçekleşmiştir. Optik hizalama yönteminde, total stationlar eksen üzerine kurulur ve referans noktaları kullanılarak total station aletinin yatay açısı proje ekseni doğrultusunda sıfırlanmaktadır ve operatör göz ile hedefin eksenden ne kadar uzakta olduğunu belirlemektedir. Çubuk mikrometre aleti, mikrometre çubuğu ucunda bulunan ve 5 santimetre uzayıp kısalabilen parçasındaki sıfır noktasının total station ile izlenmesi ve proje eksenine getirilmesi için yardımcı aparat olarak kullanılmaktadır (Şekil 13).

Kontrollerden uygunluk alan makine bileşeni için, ölçme ekibi ile montajı yaptıran kurum arasında ölçmelerin projeye uygun olarak gerçekleştirildiği konusunda anlaşmaya yönelik protokol imzalanmaktadır. Daha sonra makine ile beton arasında kalan kısma grout beton dökülerek montaj aşaması tamamlanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir fabrika inşaatındaki harita mühendisliği alanında yapılan uygulamalar ile fabrikanın makinelerinin kurulumu sırasındaki endüstriyel ölçmeler konusunda kullanılan teknik ekipman ve ölçme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Endüstriyel ölçmelerdeki yapılabilecek hatalar endüstriyel tesis veya nükleer tesis gibi yapılarda çok ciddi maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. Montaj ve kurulumların sorunsuz bir şekilde yerine getirilebilmesi için yüksek doğruluk ve hassasiyet gerektiren jeodezik ölçmeler ve ölçme teknikleri uygulanması gerekmektedir.

Endüstriyel alandaki ölçmeler oldukça yüksek doğruluk isteyen çalışma alanlarından birisidir. Bu konuda çalışacak harita mühendisi ya da uzmanları çalışma ile ilgili mekanik ve inşaat projelerinin yetkili makine mühendisi ve inşaat mühendisleri ile sürekli ortak çalışmalı ve bilgi almalıdır. Jeodezik alt yapının geometrik yapısı ve referans noktalarının hangi yerlere tesis edileceği ile ilgili olarak etüt çalışmalarının ayrıntılı yapılması gerekmektedir. Kurulacak mikro ağın geometrik yapısının, projedeki kurulumu yapılacak olan endüstriyel bileşenlerin eksenlerine paralel olarak tasarlanması da iyi sonuçlar verecektir. En önemli hususlardan birisi de kullanılacak ölçme cihazlarının seçimi ve kalibrasyonudur. Endüstriyel Total Station ve hassas nivo gibi cihazlar, mekanik montaj için istenilen ölçme doğruluğuna uygun seçilmelidir.

Endüstriyel ölçmeler, klasik jeodezik ölçmelere göre çok daha fazla koordinat hassasiyeti gerektirdiği için çalışma alanlarında jeodezik altyapı büyük öneme sahiptir. Endüstriyel üretim tesisleri çalışma alanlarında genellikle mikro jeodezik ağ yapısı

kullanılmaktadır. Çalışmada oluşturulan mikro ağın geometrik yapısı makine eksenlerine paralel olarak oluşturulmuştur. Bu nedenle ağın ölçme işlemlerinde açı ölçmeleri en aza indirgenmiş ve uzunluk ölçmeleri ağırlık kazanmıştır, Çalışmanın gerçekleştiği fabrikadaki makine eksenleri birbirine dik ve ana ekseni 460 metre uzunluğunda doğrusal bir hat oluşturmaktadır. Kullanılan mikro ağın geometrisi kendi arasında dik açı oluşturacak biçimde tasarlandığından dolayı açısal hatalar minimuma indirgenmiş ve makine ekseninin doğrusallığı başarılı bir şekilde aplike edilmiştir. Mikro ağ için uygulanan bu geometrik yöntem ölçme ve aplikasyon işlemleri için başarılı bir sonuç vermiştir. Fabrika inşaatlarının makine montajında genellikle yabancı uzmanlar çalışmakta ya da yabancı uzmanlarla birlikte çalışılmaktadır. Almış oldukları eğitim ile ülkemizde yetişmiş harita mühendisleri milimetre veya daha yüksek doğruluk istenen ölçmeleri rahatlıkla başarabilecek bilgi ve formasyona sahiptirler. Bununla beraber endüstriyel ölçmelerin ulusal düzeyde harita mühendisliğinin çalışma alanlarında yeterince yer almadığı düşünülmektedir. Bu konuyla ilgili olarak başta harita mühendislerine ve üniversitelerdeki harita mühendisliği bölümlerine büyük sorumluluklar düşmektedir.

KAYNAKLAR

Gülal, E., 2003, **Endüstriyel Tesislerde Jeodezik Ölçmeler Ders Notları**, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Programı.

Güner, B. Çelik, R. N. ,2005, **Harita ve Gemi İnşaat Sektörünün Ortak Uzayı: Endüstriyel Ölçmeler**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Martin, D., 2010, **Instrument Calibration at the ESRF**, FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney, Australia.

Mayoud, M., 1990, **Geodetic Metrology of Particle Accelerators and Physics Equipment**, 1st International Workshop on Accelerator Alignment, Stanford, CA,USA, 31 Temmuz-2 Ağustos 1989, ss.128-140.

Mayoud, M., 2002, **Metrology and Surveying At CERN: Recent News and Facts**, 7st International Workshop on Accelerator Alignment, Japan, ss. 91-95.

Mayoud, M., 2004, **Large Scale Metrology for Research and Industry Application to Particle Accelerators and Recent Developments**. FIG Working Week 2004, Athens, Greece.

Ogundare, J.O. , 2016, **Precision surveying: The principles and Geomatics Practice**, New Jersey: Wiley

Pospíšilová, L.,Pospíšil, J. &Staňková, H., 2012, **Micro-network creation in industrial surveying**, Geodesy and Cartography, 38:2, ss.70-74.

Wilkins, F. J. ,1989, **Integration of a Coordinating System with Conventional Metrology in the Setting Out of Magnetic Lenses of a Nuclear Accelerato**r, UNB Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report, No. 146.

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

Öz bölümünde, yapılan çalışma tanıtılarak kullanılan yöntemler ve sonuçlar kısaca belirtilmeli; abstract bölümü, özün 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. Öz, abstact, 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. Öz, Anahtar Kelime, Abstract (ingilizce 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); (ı), (ıı), (ııı); (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 ortalanarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalanmalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir.

d. Denklemlere verilen numaralar, kendi hizalarına ve sayfa sağ kenarına çakışacak 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. Öz ve abstract bölümlerinde kaynak atıfı yapılmamalıdır.

f. Kaynaklar ana bölümü başlığı birer aralıklı büyük harflerle koyu (bold) ve sayfa ortalanarak 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). İnternetten 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)

Xxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxx (Makale Başlığı-Türkçe)

(Xxxxxx Xxxxxxxxx Xxx) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

Xxxx XXXX (Yazar ismi)
Xxxxx Xxxx Xxxx, Xxxxx Xxxxx (Adres)
xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

0.5 cm
0.5 cm
0.5 cm
0.5 cm

ÖZ

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxxxx; xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxx.

(1 satır boşluk)

***Anahtar Kelimeler**: xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx*

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxxx xx xxxxxxxxxxxxx. Xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxx xxxx xxxx.

(1 satır boşluk)

***Keywords**: xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx.*

(1 satır boşluk)

3 cm

0.5 cm

1. GİRİŞ

(1 satır boşluk)

Xxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxx xx xxxx xxxxxx /1/.

(1 satır boşluk)

a. Xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxx xxxx xxxxxx xxxxx xxxx xxxx

(1 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx

(1) Xxxxxx Xxx Xxxx Xxxxxxxx Xxxxxx 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 Xxxxxxxx Xxxxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx Xxxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx 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)

Xxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(b) Xxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

(I) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx xxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx

(1 satır boşluk)

(aa) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxxxx

(5 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx.

(1 satır boşluk)

b. Xxxxxxxxxxx Xxxxxx

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

2 cm

3 cm

xx

1.25 cm

(MAKALE ÖRNEĞİ)

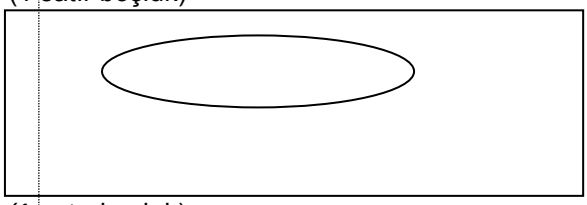
Xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.
(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)
(1) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxxxxxxxx.
(2 nci düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xXxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx.
(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)
(1 satır boşluk)
(a) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxx xxxx xxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxxxxxxxxx.
(1 satır boşluk)
(b) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxxxxx x xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxx.
(1 satır boşluk)
(I) Xxxxx Xxxxxx Xxxxxx Xxxx
(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
Xxxx xxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxx xxxxxxxx xxx xxxx.
(1 satır boşluk)

Tablo 1. Xxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxx
(1 satır boşluk)

Xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx xxxxxx.
(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i - x_{i(RASAT)}}{n}} \qquad (1)$$

(1 satır boşluk)
Xxxxxxx xxxxx xxxx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxx xxxxx xxx xxxxx xxxxx .
(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)
Şekil 1. Xxxxxx xxxx xxxxxxxx xxxxxx
(1 satır boşluk)
Xxxxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxx xx xxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxx.
(1 satır boşluk)

3. SONUÇ

(1 satır boşluk)
Xxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxx xxx xxxxxxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxx xxxxx.
(1 satır boşluk)

K A Y N A K L A R

(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, Yayım Yeri, ISBN: xxxxxxx.
(1 satır boşluk)
URL-1 : http://xxxxxxxxxxxxxxxxxxx.xxx
Erişim Tarihi.

SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI KÂĞIT BASKI HARİTALARIN
2017 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cmxcm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (₺)	
						KDV HARİÇ	KDV DÂHİL
1	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	14,96	17,50
2	1/250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	14,96	17,50
3	1/250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC) TOPOĞRAFİK	70x55	Muhtelif	PAFTA	14,96	17,50
4	1/500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK	70x60	Muhtelif	PAFTA	15,83	18,50
5	1/500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI	70x60	Muhtelif	PAFTA	15,83	18,50
6	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	177x91	2014	3 PARÇA	9,68	11,50
7	1/1.850.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	96x52	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
8	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	177x91	2014	3 PARÇA	9,68	11,50
9	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	96x52	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
10	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ	192x132	2010	4 PARÇA	10,12	12,00
11	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	192x132	2010	4 PARÇA	10,12	12,00
12	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224x96	2009	4 PARÇA	11,44	13,50
13	1/1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	98x68	2015	1 PARÇA	13,20	15,50
14	1/1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	98x68	2015	1 PARÇA	13,20	15,50
15	1/1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ	111x77	2015	2 PARÇA	10,56	12,50
16	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	111x77	2015	2 PARÇA	10,56	12,50
17	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ	137x90	2015	2 PARÇA	13,20	15,50
18	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ	140x75	2015	2 PARÇA	13,20	15,50
19	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ	82x49	2011	TEK PARÇA	7,04	8,50
20	1/42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	82x49	2011	TEK PARÇA	7,04	8,50
21	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	190x131	1993	4 PARÇA	7,92	9,50
22	1/12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU	95x65	1993	TEK PARÇA	3,96	4,50
23	1/2.200.000	BALKANLAR SİYASİ	70x85	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
24	1/2.200.000	BALKANLAR FİZİKİ	70x85	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
25	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ	75x56	2013	TEK PARÇA	8,36	10,00
26	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	75x56	2013	TEK PARÇA	8,36	10,00
27	1/1.800.000	TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER FİZİKİ	96,5x50	2011	TEK PARÇA	6,16	7,50
28	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA SİYASİ	74x54	2012	TEK PARÇA	11,88	14,00
29	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA FİZİKİ	74x54	2012	TEK PARÇA	11,88	14,00
30	1/2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ	68x46	2012	TEK PARÇA	11,88	14,00
31	1/2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ	68x46	2012	TEK PARÇA	11,88	14,00
32	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ	87x60	2013	TEK PARÇA	7,92	9,50
33	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ	87x60	2013	TEK PARÇA	7,92	9,50
34	1/1.500.000	IRAK SİYASİ	70x75	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
35	1/1.500.000	IRAK FİZİKİ	70x75	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
36	1/1.800.000	SURİYE-IRAK SİYASİ	78x58	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
37	1/1.800.000	SURİYE-IRAK FİZİKİ	78x58	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
38	1/2.750.000	İRAN SİYASİ	80x70	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
39	1/2.750.000	İRAN FİZİKİ	80x70	2015	TEK PARÇA	7,04	8,50
40	1/12.000.000	AVRUPA-AFRİKA SİYASİ	70x100	2015	TEK PARÇA	9,68	11,50
41	1/12.000.000	AVRUPA-AFRİKA FİZİKİ	70x100	2015	TEK PARÇA	9,68	11,50
42	1/50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	70x100	2016	TEK PARÇA	9,68	11,50
43	1/200.000	SARIKAMIŞ MUHAREBELERİ	92x58	2015	TEK PARÇA	9,68	11,50

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

SATIŞ BÜROSUNDAN SATIŞI YAPILAN TASNİF DIŞI PLASTİK KABARTMA HARİTALARIN
2017 YILI SATIŞ FİYAT LİSTESİ

S. NU.	ÖLÇEK	CİNSİ	BOYUT (cm x cm)	BASKI TARİHİ	ÖZELLİKLERİ	FİYATI (TL)	
						KDV HARİÇ	KDV DÂHİL
44	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG SERİSİ) TOPOĞRAFİK	65x61	Muhtelif	PAFTA	55,87	66,00
45	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	172x90	2014	3 PARÇA	172,91	204,00
46	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	96x52	2015	TEK PARÇA	36,95	43,50
47	1/3.500.000	TÜRKİYE FİZİKİ	56x30	2004	TEK PARÇA	12,71	15,00
48	1/8.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	15x24	2014	TEK PARÇA	4,40	5,00
49	1/1.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	354x218	2007	16 PARÇA	896,63	1058,00
50	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	224x96	2009	4 PARÇA	224,38	265,00
51	1/4.250.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	164x114	2011	4 PARÇA	224,38	265,00
52	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	115x81	2016	2 PARÇA	111,75	132,00
53	1/25.000.000	DÜNYA FİZİKİ	162x85	2015	3 PARÇA	167,19	197,50
54	1/2.000.000	KAFKASLAR FİZİKİ	77x54	2010	TEK PARÇA	25,52	30,00
55	1/2.700.000	BALKANLAR FİZİKİ	60x70	2015	TEK PARÇA	25,52	30,00
56	1/14.000.000	AVRUPA-AFRİKA FİZİKİ HARİTASI	60x85	2016	TEK PARÇA	52,80	62,50
57	1/50.000	ÇANAKKALE MUHAREBELERİ	70x100	2016	TEK PARÇA	30,80	36,50
58	1/850.000	ÇANAKKALE KARTPOSTALI	25x16	2015	TEK PARÇA	4,40	5,00
59	1/200.000	SARIKAMIŞ MUHAREBELERİ	92x58	2015	TEK PARÇA	30,80	36,50

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

HARİTA İNCELEME BEDELLERİ

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	SÜRE	FİYATI (₺/SAAT) KDV Dâhil
1	Muhtelif	a. Basılı ve sayısal her tür harita, b. Küre, c. İçerisinde Kent Planı, Harita ve Plan ihtiva eden Broşür, Atlas ve Dokümanlar.	1 Saat	43,50

(1) Açıklamalar:

(a) DVD, CD-ROM, disket vb. gibi sayısal ortamdaki incelemeler için, bu materyaller ile birlikte, incelenecek harita ve harita bilgisi ihtiva eden bölümlerinden, Harita Genel Komutanlığınca talep edilmesi halinde, istek sahibi tarafından üç suret renkli kâğıt çıktı gönderilir.

(b) Yurt içinde üretilecek veya yurt dışından ithal edilecek harita, atlas, küre ve benzeri doküman için, evsafına göre, içinde bulunulan yıl için geçerli olan Harita ve Harita Bilgileri Satış ve Kullanım Bedelleri Fiyat Listesi'nden yararlanarak hesaplanacak inceleme bedeli, ilgili kuruluştan talep edilir.

(c) Harita inceleme, ülke menfaatlerine aykırı olabilecek coğrafi isimler ve ülke sınırlarının kontrolü amacıyla yapılmakta/yaptırılmakta ve farklı uzmanlık alanları gerektirebilmektedir. Haritalarda, Harita Genel Komutanlığının uzmanlık alanı dışında yabancı kökenli isimler ve gösterimlerin kullanılması veya tarihi sınırların gösterilmesi vb. tematik haritalar söz konusu olduğunda, bu haritalar Harita Genel Komutanlığınca ve bedeli karşılığında ilgili kurum/kurumlara incelettirilir ve inceleyen kurum tarafından talep edilen bedel, inceleten kurum kuruluş veya gerçek ve tüzel kişiden talep edilir.

(ç) Basım ve ithal uygunluk onayı istenen her ürün için inceleme bedeli, inceleme memurunun ürünü inceleme için harcadığı saat esas alınarak hesaplanır. İnceleme 1 (bir) saatten az sürmesi halinde asgari 1 (bir) saat olarak alınır.

TASNİF DIŞI TOPOĞRAFİK RASTER VERİLER

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺) KDV DÂHİL
1	1/250.000	TÜRKİYE KARA (JOG-G)TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM(1) Coğrafi(2)	WGS-84	GEOTIFF	17,50
2	1/250.000	TÜRKİYE HAVA (JOG-A)TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM(1) Coğrafi(2)	WGS-84	GEOTIFF	17,50
3	1/250.000	TÜRKİYE ALÇAK İRTİFA ÖZEL HAVA (TFC) TOPOĞRAFİK	PAFTA	UTM(1) Coğrafi(2)	WGS-84	GEOTIFF	17,50
4	1/500.000	TÜRKİYE KARA (1404 SERİSİ) TOPOĞRAFİK	PAFTA	Lambert(1) Coğrafi(2)	WGS-84	GEOTIFF	18,50
5	1/500.000	TÜRKİYE ÖZEL HAVA HARİTASI	PAFTA	Lambert(1) Coğrafi(2)	WGS-84	GEOTIFF	18,50

(1)Pafta kenar bilgileri (lejant) bulunmaktadır.
(2)Pafta kenar bilgileri (lejant) bulunmamaktadır.

TASNİF DIŞI TEMATİK RASTER VERİLER

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺) KDV DÂHİL
1	1/1.000.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,50
2	1/1.850.000	TÜRKİYE MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
3	1/1.000.000	TÜRKİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,50
4	1/1.850.000	TÜRKİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
5	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
6	1/3.500.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,00
7	1/3.000.000	TÜRKİYE VE ÇEVRE ÜLKELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	13,50
8	1/1.500.000	KAFKASLAR SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	15,50
9	1/1.500.000	KAFKASLAR FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	15,50
10	1/1.800.000	ORTADOĞU SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,50
11	1/1.800.000	ORTADOĞU FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,50
12	1/30.000.000	DÜNYA SİYASİ	PAFTA	Robinson	WGS-84	GEOTIFF	15,50
13	1/30.000.000	DÜNYA FİZİKİ	PAFTA	Plate Carree	WGS-84	GEOTIFF	15,50
14	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ	PAFTA	Robinson	-	GEOTIFF	8,50
15	1/42.500.000	DÜNYA FİZİKİ	PAFTA	Robinson	-	GEOTIFF	8,50
16	1/3.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU(1)	PAFTA	-	-	TIFF	9,50
17	1/12.000.000	OSMANLI İMPARATORLUĞU(1)	PAFTA	-	-	TIFF	4,50
18	1/2.200.000	BALKANLAR SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
19	1/2.200.000	BALKANLAR FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
20	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
21	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
22	1/1.800.000	TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	7,50
23	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
24	1/800.000	BOSNA HERSEK-KOSOVA FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
25	1/2.500.000	AFGANİSTAN SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
26	1/2.500.000	AFGANİSTAN FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	14,00
27	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,50
28	1/1.000.000	LÜBNAN VE SURİYE FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	9,50
29	1/1.500.000	IRAK SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
30	1/1.500.000	IRAK FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺) KDV DÂHİL
31	1/1.800.000	SURİYE-IRAK SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
32	1/1.800.000	SURİYE-IRAK FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
33	1/2.750.000	İRAN SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
34	1/2.750.000	İRAN FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	8,50
35	1/12.000.000	AVRUPA-AFRİKA-SİYASİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,50
36	1/12.000.000	AVRUPA-AFRİKA FİZİKİ	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	11,50
37	1/6.000.000	TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,50
38	1/6.000.000	TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	12,50
39	1/300.000	KIBRIS ADASI SİYASİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	5,50
40	1/300.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	5,50
41	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI SİYASİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
42	1/5.000.000	ARAP YARIMADASI FİZİKİ(2)	PAFTA	Lambert/ Coğrafi	WGS-84	GEOTIFF	10,00
43	1/2.200.000	TÜRKİYE FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
44	1/4.300.000		A3	-	-	JPEG	3,00
45	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00
46	1/2.200.000	TÜRKİYE MÜLKÎ İDARÎ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
47	1/4.300.000		A3	-	-	JPEG	3,00
48	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00
49	1/1.800.000	KAFKASLAR FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
50	1/3.700.000		A3	-	-	JPEG	3,00
51	1/5.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00
52	1/1.800.000	KAFKASLAR SİYASİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
53	1/3.700.000		A3	-	-	JPEG	3,00
54	1/5.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00
55	1/2.500.000	BALKANLAR FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
56	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
57	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	2,00
58	1/2.500.000	BALKANLAR SİYASİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
59	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
60	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	2,00
61	1/2.500.000	ORTADOĞU FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
62	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
63	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	2,00
64	1/2.500.000	ORTADOĞU SİYASİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
65	1/5.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
66	1/7.500.000		A4	-	-	JPEG	2,00
67	1/1.100.000	LÜBNAN SURİYE FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
68	1/2.300.000		A3	-	-	JPEG	3,00
69	1/3.200.000		A4	-	-	JPEG	2,00
70	1/1.100.000	LÜBNAN SURİYE SİYASİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
71	1/2.300.000		A3	-	-	JPEG	3,00
72	1/3.200.000		A4	-	-	JPEG	2,00
73	1/1.800.000	IRAK FİZİKİ(3),(4)	A1	-	-	JPEG	5,50
74	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
75	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00

SIRA NO.	ÖLÇEK	CİNSİ	BİRİMİ	İZDÜŞÜM (PROJEKSİYON)	DATUM	FORMAT	FİYATI (₺) KDV DÂHİL
76	1/1.800.000	IRAK SİYASİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
77	1/4.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
78	1/6.250.000		A4	-	-	JPEG	2,00
79	1/3.250.000	İRAN FİZİKİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
80	1/7.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
81	1/11.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
82	1/3.250.000	İRAN SİYASİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
83	1/7.250.000		A3	-	-	JPEG	3,00
84	1/11.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
85	1/9.800.000	TÜRK CUMHURİYETLERİ FİZİKİ[2],[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
86	1/21.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
87	1/31.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
88	1/9.800.000	TÜRK CUMHURİYETLERİ SİYASİ[2],[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
89	1/21.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
90	1/31.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
91	1/9.000.000	AVRUPA FİZİKİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
92	1/18.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
93	1/26.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
94	1/9.000.000	AVRUPA SİYASİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
95	1/18.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
96	1/26.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
97	1/50.000.000	DÜNYA FİZİKİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
98	1/110.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
99	1/150.000.000		A4	-	-	JPEG	2,00
100	1/42.500.000	DÜNYA SİYASİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
101	1/87.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
102	1/125.000.00		A4	-	-	JPEG	2,00
103	1/14.000.000	AVRUPA AFRİKA FİZİKİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
104	1/30.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
105	1/14.000.000	AVRUPA AFRİKA SİYASİ[3],[4]	A1	-	-	JPEG	5,50
106	1/30.000.000		A3	-	-	JPEG	3,00
107	1/850.000	KIBRIS ADASI FİZİKİ[3],[4]	A3	-	-	JPEG	3,00
108	1/850.000		A4	-	-	JPEG	2,00
109	1/850.000	KIBRIS ADASI SİYASİ[3],[4]	A3	-	-	JPEG	3,00
110	1/850.000		A4	-	-	JPEG	2,00
111	1/4.400.000	AFGANİSTAN FİZİKİ[3],[4]	A3	-	-	JPEG	3,00

[1]Koordinatsızdır.
[2]Üretimini müteakip satışa sunulacaktır.
[3]Çeşitli ülkeler ve ticari firmalar tarafından internet sitelerinde ücretsiz kullanıma sunulan haritalarda, kasten veya bilinçsizce yapılan tanımlamalar nedeniyle, millî menfaatlere aykırı hususlarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bunun önüne geçilebilmesi için Harita Genel Komutanlığınca hazırlanmış olan çeşitli tür ve ölçekte haritalar (bu ürün dâhil), kullanımın yaygınlaştırılması amacıyla, yerli ve yabancı kullanıcıların kolayca erişebilecekleri şekilde sayfamızda ücretsiz olarak sunulmaktadır. Telif hakları Hrt.Gn.K.lığında saklı kalmak kaydıyla; haritaların isteyen her kullanıcı tarafından ticari faaliyetler dışında serbest kullanımı ve dağıtımı yapılabilir. Yukarıda belirtilen bedeller ürünlerin satış fiyatı olmayıp, ticarî kullanım söz konusu olduğunda telif ve iktibas bedelinin belirlenmesine esas olacak bedellerdir.
[4]Bu haritalardan yanında A1 yazanlar A1 kâğıt ebadında, A3 yazanlar A3 kâğıt ebadında, A4 yazılı olanlar A4 kâğıt ebadında çıktı alacak şekilde düzenlenmiştir.

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