

GEOmatik

The background of the cover features a stylized Earth with a golden, sunburst-like glow. A satellite is shown in orbit over the Earth's surface. The overall color palette is warm, dominated by gold, orange, and brown tones. The text 'GEOmatik' is prominently displayed at the top, with the 'O' containing a globe icon.

ISSN:2564-6761

Airborne Lidar Ve Dted2 Verilerinde Yükseklik (H) Karşılaştırması

Muzaffer NAVRUZ^{1*}

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara
(muzaffer.navruz@mta.gov.tr) ORCID ID 0000-0002-6345-9260

Öz

Uzaktan algılamada Airborne (havadan) lidar yöntemi ile nokta bulutu üretimi yeni bir ivme kazanmıştır. Airborne (Havadan) Lidar ile üretilen sınıflandırılmış nokta bulutu verilerinden üretilen sayısal Arazi Modeli (SAM) çok disiplinli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Zaman verisi ile 4D (X,Y,H,T) veri toplama yöntemi olan LiDAR (Light Detection and Ranging) klasik yöntemlere göre hızlı bir yöntemdir. Erişilemeyen noktalarda veri elde edilmesi bir üstünlük olarak görülmektedir. Harita Genel Komutanlığı'nın Bergama test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 LİDAR sistemlerinin özel yazılımları ile sınıflandırılmış nokta bulutları elde edilmiştir. Bu veri seti ve DTED2 veri setlerinden Global Mapper 17 yazılımı kullanılarak 5m grid aralıklı yükseklik(H) verileri elde edilmiş ve iki veri setinin karşılaştırılması yapılmıştır. Veri seti yersel ölçüler ile arazi uygulamasında karşılaştırılmıştır. Bu veri setinin ülkemize kazandırılması ile Mühendislik projelerinde kullanım talebi artacak ve uzun süreli uygulama projelerinde zaman ve maliyet azaltıcı bir yöntem olarak önemli katkıları olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Lidar, Optech, Riegl, Nokta Bulutu

Airborne Lidar And Dted2 Data Height (H) comparison

Abstract

In remote sensing, point cloud production has gained a new impetus with the Airborne lidar method. Airborne is used in Digital Terrain Model (SAM) multidisciplinary engineering applications produced from classified point cloud data generated by Lidar. LiDAR (Light Detection and Ranging), which is a 4D (X, Y, H, T) data collection method with time data, is a faster method than classical methods. It is seen as an advantage to obtain data at unreachable points. Point clouds classified by Optech's Pegasus HA-500 and Riegl's LMS-Q1560 LIDAR systems were obtained at two different altitudes (1200m and 2600m) in the Bergama test area of the Map General Command. Using the Global Mapper 17 software from this data set and DTED2 data sets, height (H) data with 5 m grid spacings were obtained and two data sets were compared. The dataset was compared with terrestrial measurements with terrestrial measurements. By bringing this dataset to my country, the usage demands in engineering projects will increase and it will be an important contribution as a time and cost reduction method in long time application projects.

Keywords: Lidar, Optech, Riegl, Point Cloud,

1. GİRİŞ

Sayısal Arazi Modeli (SAM), yeryüzünün belirli aralıklarla gridlenerek tanımlı bir datuma indirgenmesini içeren ve bünyesinde

yükseklikleri barındıran sayısal bir gösterim şeklidir. Sayısal arazi modeli oluşturmak için arazi üzerinde uygun aralıklarla dağıtılmış 3 boyutlu kontrol noktaları gerekmektedir. Kontrol noktalarından faydalanılarak enterpolasyon yöntemlerinden

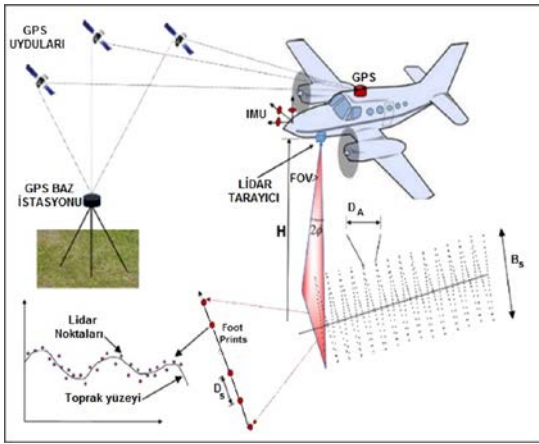
* Sorumlu Yazar

Bu çalışma yayınlanmamıştır. IX. Tufab Teknik Sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur

uygun olan bir yöntem tercihi ile yeni noktalar elde edilir. Elde edilen yeni noktalar ve kontrol noktaları ile birlikte topografya sayısal olarak görüntülenir. Çalışma alanına ait verilerin fazla olması, uygun enterpolasyon yönteminin tercihi ve belirlenen grid aralığı Sayısal arazi modeline etki eder. Yöntemin ekonomik olması, kısa sürede geniş alanlarda istenilen hassasiyette 4 boyutlu çok veri elde etmeye uygun olması Lidar yöntemi tercih nedenidir.

2. HAVADAN LIDAR SİSTEMİ

Lidar yönteminin (Şekil 1) sayısal arazi modeli üretiminde uygulanabileceğine yönelik çalışmalar 1990 lı yıllarda başlamıştır. (Petzold vd.1999). Lidar, Havadan (airborne), Yerden (terrestrial) ve Gezici (mobile) olarak 3 grupta sınıflandırılmaktadır. Havadan lidar da Şekil 1 sistemle bütünleşik yapıda lazer tarayıcı, global konum belirleme sistemi (GNSS), cihazın veya aracın hızını dönme açısını ve dönüklük miktarlarını belirleyen ve ana işlemciye gönderen IMU (Inertial Measurement Unit) birimlerinden oluşmaktadır.



Şekil 1: Airborne Lidar

Bir hava taşıta monte edilen sistem ile tarayıcının gönderdiği ışın demetinin zemine, bitki veya binalara çarptıktan sonra gidiş ve geliş sürelerini hesap eden algılayıcılar yardımı ile mesafe hesaplanır. (Meng vd.,2010). Hesap edilen mesafe ile anlık konum tespit edilir ve kayıt altına alınır.

IMU ile de hava taşıtının konumu belirlenir. Hesaplanan mesafe ve hava taşıtının konum bilgisi yardımı ile zemindeki objelerin koordinat bilgileri elde edilir. Arazi yüzeyine saniyede oldukça fazla ışın demeti göndererek GPS ve IMU sayesinde zaman verisi ile birlikte 4 boyutlu veri üretilir. Lidar sistemi ile ,koordinat ve yükseklik ve zaman bilgilerini içeren çok fazla nokta üretilmektedir. Uygulamada topografik haritalama, madencilik faaliyetleri, yer bilim araştırmaları, ormancılık, tarımsal uygulamalar, yol projeleri, kent modelleme, kıyı çizgisi değişiminin izlenmesi, demir yolu projelerinin uygulanması çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Araştırmanın Amacı

Havadan Lidar verileri güncel teknoloji ile üretilen zaman boyutunu da içeren geometrik özellikli büyük boyutlu verilerdir. DTED2 verileri ise üretildiği zamanki teknoloji ile NATO STANAG MIL-PDF-89020B de belirtilen standartlarda mevcut 1/25.000 ölçekli topografik haritalarda yer alan eş yüksek eğrileri, kot noktaları, göl ve deniz alanları kullanılarak üretilmiştir. Jeofizik yöntemlerin içerisinde Gravite yöntemi vardır. Bu yöntemin uygulamadaki en önemli sorunlarından biri Topografyadan gelen yükseklik hataları doğrudan ham gravite verileri ile Topografik düzeltme (Terrain Correction) hesabında ilişkilendirildiğinden jeofizik ölçü sonucu elde edilen verilere olumsuz etki yapmaktadır. Ülkemizde yapılan Jeofizik araştırmaların sonucunda (Kamu-Özel sektör) Topografik düzeltmeler için kullanılan veri seti Harita Genel Komutanlığı (HGK) nın üretmiş olduğu Digital Terrain Elevation Data (DTED 2) vektör veri setidir. 1 saniye (yaklaşık 30 m) aralıklı üretilen bu verilerin 900 m² lik (30m*30m) alanında 4 adet nokta değeri varken aynı alanda 7200 Lidar nokta (m² de 8 nokta) verisi mevcuttur. Uygulamada test alanına ait DTED2 veri seti ile Lidar veri setleri karşılaştırılıp gereken yükseklik indirgemesi (Lidar veri kümesinin yükseklikleri elipsoidaldir.) yapıldıktan sonra ortaya çalışmaları etkileyecek düzeyde kot farklarının çıkacağı beklenmektedir. Yükseklik verilerinin karşılaştırılmasından yorumu etkileyecek düzeyde hata gelmesi öngörülmektedir.

3. YÖNTEM

Karar verilen test alanı orman , yerleşim, su, tarımsal alan gibi detayların bulunduğu özellikleri dikkate alınarak puanlamaya tabi tutulmuştur. (Harita Dergisi Ocak 2015 Sayı 153) (Tablo 1)Detay puanlama kriterleri.,(Tablo 2) Detaylara göre puanlanması.

Tablo 1: Detay Puanlama Kriterleri

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

Tablo 2: Detaylara Göre Puanlanma.

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

Her bölge kurumlar tarafından orman, yerleşim, su gibi içerdiği detaylara göre puanlanmıştır.(Harita Dergisi Ocak 2015 Sayı 153)

Puanlama sonucu test alanının belirlenmesine karar verilmiş ve (Şekil 2) de belirtilen Bergama test alanı Airborne Lidar için uygun bulunmuştur.

Veri Toplama Araçları

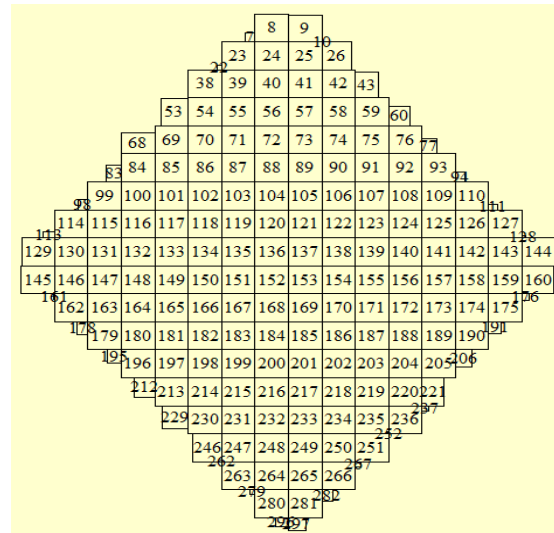
Araştırmada kullanılan veriler HARİTA GENEL KOMUTANLIĞI (HGK) tarafından Bergama test alanında toplanan Havadan Lidar verileri ile HGK tarafından üretilen aynı bölgeye ait DTED2 veri setleri kullanılmıştır.



Şekil 2: Bergama Lidar Test Alanı

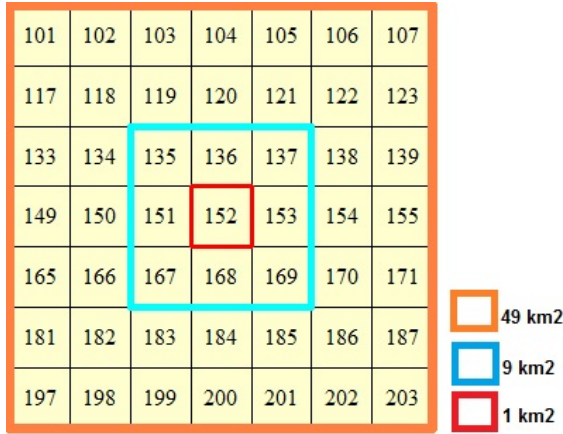
Verilerin Analizi

Bergama test alanında toplanan LİDAR verilerinden 1,9,49km² olmak üzere 3 farklı alan belirlenmiş ve 5 m gridli 3 vektör veri seti elde edilmiştir.Sınıflandırma parametreleri kullanılarak OPTECH Pegasus HA-500 ile 1200 m'den toplanan Lidar veri seti kullanılmıştır. Veri boyutunun büyüklüğü nedeniyle sadece 9km² lik alan verileri karşılaştırılmıştır.İşlem kolaylığı açısından saha test alanı verileri 1*1 km² lik piksellere bölünmüştür. (Şekil 3) Parçalanmış Pikseller ,(Şekil 4) Çalışma alanı veri sınırları



Şekil 3: Parçalanmış Pikseller

olmak üzere 3 alan seçilmiş ve bu alanlar için 5*5 m gridli veri setleri oluşturulmuştur.



Şekil 4: Lidar - DTED2 veri sınırları.

Uygulamada Test alanına ait DTED2 veri seti kullanılarak belirlenen alanlar için 5m grid aralıklı vektör veri setleri üretilmiştir. Lidar veri kümesinin yükseklikleri elipsoidaldır. Çalışma alanına ait HGK tarafından üretilen 1/25000 ölçekli pafta için Geoid 38.37m dir. (Tablo-3) Yükseklik düzeltmesi.

Yükseklik verilerinin karşılaştırılmasından yorumu etkileyecek düzeyde yükseklik farkı olması beklenmektedir.

Tablo 3: Yükseklik Düzeltmesi

BALIKESİR J18-d3 Paftasına Ait Düzeltme Değerleri					
Pafta Adı					
BALIKESİR					
J18-d3	3.69	1.73	186.3	41.6	38.37

Airborne (Havadan) Lidar veri setinden elde edilen sınıflandırılmış nokta bulutu ile sadece zeminden gelen geri dönüş noktalarından hatalı noktalar ayıklanarak üretilen 5m grid aralıklı Lidar vektör veri seti ile DTED2 verilerinin karşılaştırmaları ile elde edilen farklar (Tablo 4) de gösterilmiştir.

Tablo 4: LİDAR-DTED2 Vektör Veri Seti Farklar

Lidar (Y)	Lidar (X)	DTED2 Kot	DTED2 (Y)	DTED2 (X)	DTED2 Kot	Kot Farkı
517970	4325325	162.18	517970	4325325	156.164	6.015
517970	4325330	160.36	517970	4325330	154.233	6.126
517970	4325335	159.03	517970	4325335	152.303	6.729
517970	4325340	157.33	517970	4325340	151.576	5.755
517970	4325345	155.87	517970	4325345	151.074	4.794
517970	4325350	154.55	517970	4325350	150.572	3.974
517970	4325355	153.08	517970	4325355	150.07	3.007
517970	4325360	151.88	517970	4325360	149.568	2.316
517970	4325365	150.66	517970	4325365	149.067	1.591
517970	4325370	149.04	517970	4325370	147.837	1.207
517970	4325375	147.49	517970	4325375	146.261	1.224
517970	4325380	146.15	517970	4325380	144.685	1.461
517970	4325385	144.73	517970	4325385	143.108	1.621
517970	4325390	143.38	517970	4325390	141.53	1.845
517970	4325395	142.1	517970	4325395	139.953	2.148

Arazide Topcon GR5 GNSS alıcısı kullanılarak TUSAGA-AKTİF ağ RTK yöntemiyle test alanında düz ve eğimli alanlarda olmak üzere iki farklı arazi tipinde ölçüler alınmıştır. Çalışma alanına ait 5*5 m grid aralıklı LİDAR veri seti aynı limit değerler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ölçü noktalarına en yakın komşu Lidar piksel değerleri alınarak Tablo 8 deki kot farkları elde edilmiştir. Elde edilen ölçü sonuçları ile LİDAR veri setleri arasındaki kot farklarının karşılaştırması sonucu Lidar verilerinin GNSS verileri ile ~10 cm nin altında bir uyum sağladığı görülmektedir. (Tablo: 6,7,8,9,10,11)

Tablo 6 :Düz arazide yersel ölçüler

NN	GNSS (Y)	GNSS (X)	GNSS (H)cm
BL1	518057.01	4328242.00	35.30
BL2	518394.15	4328212.51	34.14
BL3	518887.77	4328165.73	32.45
BL4	519014.45	4327969.29	31.60
BL5	519264.25	4328051.89	30.84
BL6	519306.99	4327778.13	31.05
BL7	519275.93	4327439.37	29.25

BL8	519093.21	4327092.42	30.62
BL9	518896.40	4327416.29	31.10
BL10	518588.01	4327485.64	31.57
BL11	518346.58	4327542.11	32.08
BL12	518050.25	4327701.78	32.37

Tablo 7:Düz arazi 5*5 Gridli Lidar verileri

NN	LİDAR (Y)	LİDAR (X)	LİDAR (H)cm
BL1	518055.00	4328240.00	35.35
BL2	518395.00	4328210.00	34.15
BL3	518885.00	4328165.00	32.47
BL4	519015.00	4327970.00	31.69
BL5	519260.00	4328050.00	30.88
BL6	519305.00	4327780.00	30.90
BL7	519275.00	4327440.00	29.54
BL8	519090.00	4327090.00	30.63
BL9	518895.00	4327415.00	31.15
BL10	518590.00	4327490.00	31.64
BL11	518345.00	4327545.00	32.13
BL12	518050.00	4327700.00	32.36

Tablo 8: Düz arazide GNSS-Lidar kot farkları

NN	GNSS(H)	LİDAR(H)	Kot Farkı(cm)
BL1	35.30	35.35	-0.05
BL2	34.14	34.15	-0.02
BL3	32.45	32.47	-0.02
BL4	31.60	31.69	-0.09
BL5	30.84	30.88	-0.04
BL6	31.05	30.90	0.15
BL7	29.25	29.54	-0.29
BL8	30.62	30.63	-0.01
BL9	31.10	31.15	-0.06
BL10	31.57	31.64	-0.07
BL11	32.08	32.13	-0.05
BL12	32.37	32.36	0.01

Tablo 9: Eğimli arazi yersel ölçüler

NN	GNSS (Y)	GNSS (X)	GNSS (H)cm
BL21	517966.47	4326194.79	27.968
BL22	518306.70	4326198.51	28.421
BL23	518653.30	4326235.30	28.859
BL24	518836.80	4326234.91	29.067
BL25	518755.98	4325956.99	61.283

BL26	518548.85	4325616.91	112.18
BL27	518391.78	4325335.87	159.84
BL28	518677.00	4325326.67	166.04
BL29	518077.11	4325350.55	129.55
BL30	518019.99	4325608.96	97.322
BL31	518201.12	4325741.73	45.425
BL32	518441.95	4325985.44	29.804
BL33	518058.68	4325951.78	27.937

Tablo 10: Eğimli arazide Lidar verileri

NN	Lidar (Y)	Lidar (X)	Lidar (H)cm
BL21	517970.00	4326195.00	27.843
BL22	518305.00	4326200.00	28.481
BL23	518655.00	4326235.00	28.848
BL24	518835.00	4326235.00	29.181
BL25	518755.00	4325955.00	61.474
BL26	518550.00	4325615.00	112.442
BL27	518390.00	4325335.00	159.687
BL28	518675.00	4325325.00	165.962
BL29	518080.00	4325350.00	129.606
BL30	518015.00	4325610.00	97.364
BL31	518200.00	4325740.00	45.3
BL32	518445.00	4325985.00	29.89
BL33	518060.00	4325950.00	27.919

Tablo 11:Eğimli arazi GNSS-Lidar kot farkı

NN	GNSS (H)	Lidar (H)	Kot Farkı(cm)
BL21	27.968	27.843	0.13
BL22	28.421	28.481	-0.06
BL23	28.859	28.848	0.01
BL24	29.067	29.181	-0.11
BL25	61.283	61.474	-0.19
BL26	112.182	112.442	-0.26
BL27	159.838	159.687	0.15
BL28	166.044	165.962	0.08
BL29	129.554	129.606	-0.05
BL30	97.322	97.364	-0.04
BL31	45.425	45.3	0.13
BL32	29.804	29.89	-0.09
BL33	27.937	27.919	0.02

4. BULGULAR

Elde edilen veri setlerinin yüksekliklerinin karşılaştırılması sonucu Havadan lidar verileri ile DTED2 verilerinin aynı limit değerleri ve aynı grid aralıklarında çalışma alanında 6m ye kadar varan yükseklik farklarının olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Yersel ölçülerin Lidar verileri ile karşılaştırılması sonucu Lidar verilerinin GNSS verileri ile ~10cm nin altında bir uyum sağladığı görülmektedir. Topografyanın bozuk yükseltinin fazla olduğu bölgelerde DTED2-LİDAR veri test alanının tamamı dikkate alındığında ± 12 m ye kadar varan kot farkları olurken seçilen 3 alanda kot farkları 6 m'yi bulmaktadır (Tablo 4). Bu farklar Jeofizik Mikrogravite yöntemi ile yapılacak çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır. Mikrogravite yöntemi ile yapılan topografik tashih (Terrain Correction) hesaplamalarında ham jeofizik verileri ile ilişkilendirilen bu yükseklik farkının oluşturacağı 1-2 mgal büyüklüğündeki değer detay maden arama, zemin etütleri, obruk araştırmaları, arkeojeofizik etütlerde çok önem kazanmaktadır. Erişilmesi zor alanlarda yapılacak çalışmalar için önemli bir kolaylık sağlayan yöntemin kullanımı ile özellikle büyük ve geniş alanlarda, şeritvari harita üretimi, koridor, elektrik hatları iletimi ve her türlü haritacılık faaliyetlerinde kısa zamanda çok iş üretimine erişildiği için tercih edileceği düşünülmektedir. Test alanı yaklaşık 150 km² dir. Bu alanın klasik yöntemlerle harita üretim amaçlı ölçümü uzun zaman alacaktır.

TEŞEKKÜR

Havadan Lidar verilerini Üniversitelerimiz , kamu kurum ve kuruluşlarımız için Ülkemize kazandırılmasının test edilmesi amacıyla üretimini sağlayan HARİTA GENEL KOMUTANLIĞIMIZA, NİK İnşaat Ticaret Ltd.Şti (Optech Pegasus HA-500 LİDAR sistemi) ve SEZA Teknik Cihazlar Ltd.Şti (Riegl LMS-Q1560 Lidar Sistemi) ne, Arazi çalışmasına destek veren M.T.A. GENEL MÜDÜRLÜĞÜNE, Karşılaştırmalı yükseklik verilerinin Jeofizik Gravite yönteminde kullanılabilirliğini yorumlayan Maden Tetkik

ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı elemanlarından Dr. Muzaffer Özgü Arısoy, Jeofizik Yük. Müh. Atakan ALACA'ya, Gravita-Manyetik Birim Yöneticisi Jeofizik Müh. Aytekin AYVA 'ya, Arazi çalışmalarında katkı koyan Harita Mühendisi Aydın Ayrancı, İzzettin Alan ve Hasan İlden'e teşekkür ederim.

NOT: Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27- 29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunula ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

KAYNAKÇA

Abdullah KAYI , Mustafa ERDOĞAN, Oktay EKER Harita Genel Komutanlığı 06240 Dikimevi, Ankara,
abdullah.kayi@hgk.msb.gov.tr
Harita Dergisi Ocak 2015 Sayı 153

A.Yılmaz, O.Alp, A.OKUL, O.Eker, M.Erdoğan Harita Genel Komutanlığı, Tıp Fakültesi Caddesi 06590 Cebeci/ANKARA
altan.yilmaz, osman.alp, abduallah.okul, oktay.eker,
mustafa.erdogan@hgk.msb.gov.tr
TÜRKİYE İÇİN HASSAS YÜKSEKLİK MODELİ ÜRETİMİ

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

Meng X., Currit N., Zhao, K., (2010), Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues, Remote Sensing, 2 (3), 833-860

Petzold B., Reiss P., Stossel W., (1999), Laser scanning-surveying and mapping agencies are using a new technique for the derivation of digital terrain models, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 95-104.

Url(1)
http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2011_11/bulten11.pdf

Url(2)
<https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2016-1-08/52a5bc4aace403cd220fa86cb0334cbf408fb455/3-Figure1-1.png>

Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı İle Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar

Murat YAKAR^{*}, Ömer Mırdan¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin
(myakar, omirdan@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2664-6251, ORCID ID 0000-0002-2456-1270

Öz

Tarih boyunca, Türkiye farklı kültürlerle ve inanışlara sahip medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Bundan dolayı ülkenin birçok yerinde bu medeniyetlerden kalan kültürel mirasları görmek mümkündür. Geçmişten günümüze ışık tutan bu eserler insani veya doğal nedenlerden dolayı ya yok olmakta ya da çok büyük hasarlara uğramaktadır. Birçok tarihi yapı ve kültürel miras doğal olaylar ve insan aktiviteleri nedeniyle zarar görmüştür. Bu eserlerin dokümantasyonu, korunması ve tanıtılması amacıyla üç boyutlu modellerinin üretilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Fotogrametri, tarihi yapıların ve kültürel mirasın dokümantasyonu ve üç boyutlu modellerinin üretimi için kullanılmaktadır. İHA'lar (İnsansız Hava Araçları) üzerinde insan bulunmadan uçabilen ve uzaktan kontrol edilen sistemler olarak tanımlanır. Gelişen teknoloji ile birlikte İHA'lar Fotogrametri Teknikleri ile birlikte kullanılmaya başlanmış ve 3B modellemeye yeni bir ivme kazandırmıştır. Günümüzde üç boyutlu modeller eğitimden turizme kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu nedenle eserlerin korunması, gerektiğinde yeniden inşa edilmesi ve gelecek nesillere aktarılması için hızlı bir şekilde belgelenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Yersel Fotogrametri, Kültürel Miras, İnsansız Hava Aracı.

Compared Problems At Modeling Of Cultural Heritages With Unmanned Aerial Vehicles

Abstract

Throughout the history, Turkey has hosted several civilizations which have different cultures and beliefs. Therefore, it is possible to see cultural heritages that were inherited from these civilizations at several places in the country. These artifacts, which shed light from past to present, are destroyed or substantially damaged because of human activity and natural disasters. Most of the historical buildings and cultural heritages are damaged according to human activities or natural events. Different methods are used in order to be documented, protected and introduced of these monuments. Photogrammetry is used, to 3D modeling of historical monuments and cultural heritages and for their documentation. UAVs (Unmanned air vehicle) are vehicles which can fly without a pilot and can be remote controlled with the innovations and developments in technologies, UAV's start to be used in 3D modeling on photogrammetric techniques. In today life, 3D models are widely ranges from tourism to education; it can be almost one very field. These precious artifacts are required to be documented as soon as possible for protection and reconstruction projects in order to transmit the artifact to future generations. Because the traditional methods are slow and having low acquisition, advanced technologies are necessary for documentation of cultural heritages. Terrestrial laser scanning technology, is one of these advanced technologies, allows measuring of cultural heritages rapidly, accurately and in detail. Also, these technologies enable users to document, digitally achieve and construct 3D model of cultural heritage.

Keywords: Terrestrial Photogrammetry, Cultural Heritage, Unmanned Aerial Vehicle, Terrestrial Laser Scanning.

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Günümüzde klasik bilgisayar tabanlı 3B modelleme tekniklerinin yanı sıra fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı teknikler 3B modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı ölçme sistemleri gerçek obje geometrisinin belirlenmesinin yanında objenin coğrafi referansı ile birlikte modellenmesi imkânı sağlamaktadır. Ayrıca bu teknolojiler özellikle objenin gerçek görüntüsü ile beraber alım yaptıkları için gerçek görüntünün doku olarak modellere geçirilmesi konusunda artı olanaklar sağlamaktadır.

Bu bağlamda fotogrametri özellikle yeni gelişen görüntü işleme teknikleri ile hem Yersel hem de İnsansız Hava Aracı (İHA) bazlı uygulamaları ile Mimari, Arkeolojik ve Tarihi eserler 3B modelleme çalışmalarının gözdesi haline gelmiştir. Son yıllarda yersel Fotogrametri ve Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucu binaların 3 boyutlu olarak tekrar oluşturulması güncel araştırma konuları içinde yer almıştır. (ASRİ 2014)

Bu çalışma ile Kalender Baba ve Kesik Baş Türbesi fotogrametrik olarak ölçülmesi, 3B modellenmesi ve gerçek dokuları ile kaplanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada ölçümler, 4 adet poligon noktası yardımıyla yapıyı içine alacak şekilde kapalı poligon geçkisi tesis etmek suretiyle Topcon GPT – 3007 Reflektörsüz Total Station cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Doku kaplaması ve Çizim işlemlerinde, Yapının Yüksek olmasının yarattığı dezavantajı giderebilmek için Fotoğraf çekimleri için İHA'ya entegre Canon A810 Dijital Fotoğraf Makinası ile çatı ve cephe çekimleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Photomodeler Programı yardımıyla yapının üç boyutlu modeli elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. İnsansız Hava Araçları (İHA)

Günümüzde insansız hava araçlarının (İHA) gelişen teknoloji ile birlikte hızla gelişmesi beraberinde bu araçların kullanım yelpazesini oldukça genişletmiş ve çok farklı meslek

disiplinlerinde yerini almıştır. Bu meslek disiplinleri arasında başta askeri uygulamalar olmak üzere, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, doğal afet yönetimi, uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, deformasyon analizi, yeryüzünün haritalanması ve 3 boyutlu şehir veya arazi modelleme gibi kullanım alanları yer almaktadır. Bu tür araçların kullanımı harita mühendisliği dalında da önemli ölçüde yer etmiştir. İHA'lar yerleştirilen Dijital kamera ve diğer navigasyon sistemleri sayesinde insanların erişmekte zorlandığı ya da imkânsız olduğu yerlerde ölçüm yapabiliyor olması ve sağladığı verilerin ölçüm hassasiyeti bakımından klasik yöntemlere yaklaşmasından dolayı bu ölçme sisteminin yersel ölçme yöntemi ile Klasik Hava Fotogrametrisi arasını doldurmaya aday olduğu görülmektedir.



Şekil 1. İnsansız hava aracı

İnsansız Hava Araçları'ları Kullanmanın Avantajları

İHA'ların klasik sistemlerden avantajlı yönlerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- İHA'ların hayati tehlike ve diğer risk potansiyeli olan uygulama alanlarında kullanılabilmesidir. Bu tür riskli durumlara örnek olarak nükleer santraller, kimya depolama alanları yanardağ bölgeleri, deprem bölgeleri, sel vb. felaketler olmuş bölgeler gibi uygulama alanları sayılabilir.
- İHA'ların kullanımının oldukça pratik olmasıdır.

- Bulutlu havalarda klasik fotogrametri ve uzaktan algılama sistemlerinden daha sağlıklı sonuçlar verebilmektedir.

- Klasik hava fotogrametrisinde ya da uzaktan algılama sistemlerinde istenilen verilerin büro çalışmasından sonra elde edilirken bu durum İHA'lar için daha hızlı bir biçimde hatta eşzamanlı olarak veriler elde edilebilmektedir.

- Klasik yöntemlere göre genel olarak daha düşük bir maliyetle işlerin yapılabilmesi, ancak daha önceden de bahsedildiği gibi uygulamanın türüne ve kullanılan teknolojinin çeşitliliğine ve türüne bağlı olarak maliyet değişebilmektedir.

- 3Boyutlu model ve sayısal yüzey modelleri için yüksek çözünürlüklü doku haritaları içinde kullanılabilir. Özellikle kopterler (geleneksel helikopter, quadro, hexa veya octakopter) dikey olarak havalanabildikleri ve havada asılı durabildikleri için taşıdıkları kameraları dikey ve yatay olarak hareket ettirebildiklerinden havada sabit noktadan resim alabilmektedirler. Bu özelliği ile 3Boyutlu model oluşturma ya da özel incelemelerde rahatlıkla kullanılabilir.

- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından İHA'lar için belirlediği limitlerin altında ki araçlar için izin alma zorunluluğunun olmaması. Bu limitler şu şekildedir, izinsiz uçuş için:

- İHA'nın 4 kg'ın altında ağırlığa sahip olması
- Hızının 50 km/Saat'in altında olması
- Manüel kullanımında olması
- 100m'nin altında bir yükseklikte uçurulması

İnsansız Hava Araçlarının kullanım alanları
İHA tehlikeli ya da geçici olarak ulaşılmaz yerlerde çalışabilir. İHA da bir durumun hem hızlı bir bakış hem de ayrıntılı alan belgeler sağlayabilir. Ancak, önce başarılı bir İHA operasyonu, geniş bir görev planlama gereklidir.

Arazi, orto görüntülerinin ve İHA görüntü veya diğer algılayıcı verilerinden dokulu 3D model çıkarma, tehlikeler ya da çevre felaketleri, bina çökmesi, uçak kazaları, arama ve kurtarma operasyonları, yangın ile mücadele, bitki zarar, heyelan ve volkan patlaması ve acil müdahale yöntemleri gibi sıkıntılı durumlarda olayları koordine etmek amacıyla kullanılabilir. Diğer uygulama alanları kültürel mirası, enerji hatları, boru

hattı denetim, baraj izleme ve kadaströ verilerinin kayıt ölçme çalışmaları gibi uygulamaları içerir.

Genel olarak, günümüzde İnsansız Hava Araçları sistemleri aşağıda belirtilen konularda kullanılmaktadır

- Havadan haritalama hizmetleri
- Havadan arama ve kurtarma
- Hava gözetim hizmetleri
- Hava güvenlik hizmetleri
- Havadan Araştırma Hizmetleri
- Hava fotoğrafçılığı
- Havadan video çekimi
- Bilimsel araştırma uygulamaları

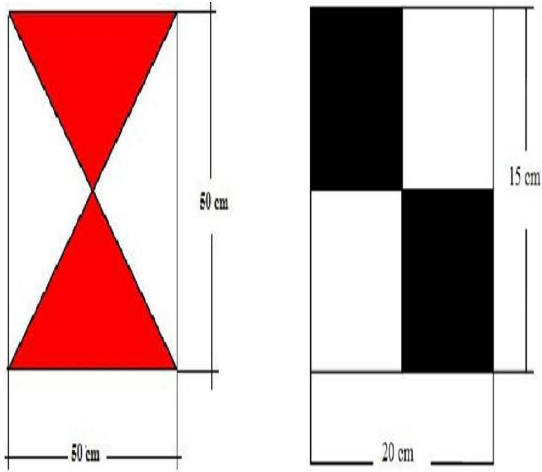
2.2. UYGULAMA

Kalender baba, Kesikbaş Türbesinin 3B modellenmeleri için İnsansız Hava Aracı yöntemi kullanılmıştır.

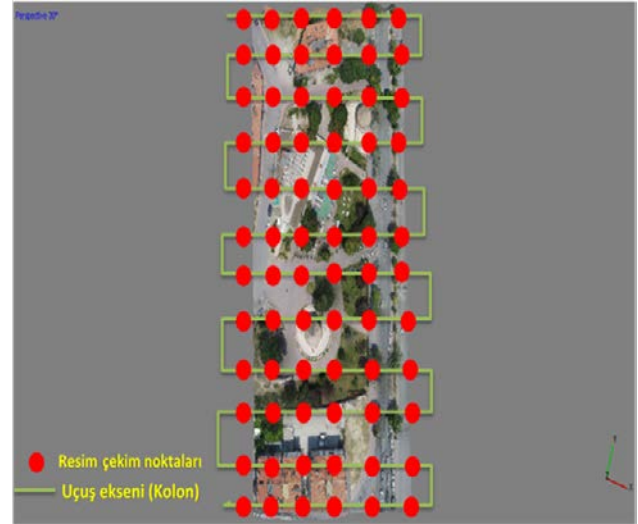
Bu uygulamada, çalışma öncesi hazırlık ve arazi çalışması ve ofis çalışması olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Arazi çalışması bir gün sürmüştür ve ofis çalışması ise 3 gün sürmüştür.

2.2.1. Çalışma öncesi hazırlık

Bu kısım çalışmada havadan fotoğraf çekmek için İnsansız Hava Aracı (İHA) temin edilmiştir. Daha sonra resim çekimleri için dijital kamera temin edilmiştir. Ayrıca temin edilmiş fotoğraf makinesi İnsansız Hava Aracına entegre edilmiştir. Daha sonra yer ve yapı kontrol levhaları da plakalar şeklinde hazırlanmıştır.



Şekil 2. Havadan çekilen fotoğraflarda kullanılan yer (sol) ve yapı (sağ) kontrol noktalarının yakından görünümü



Şekil 3. Uçuş planı Resim çekim noktaları ve Uçuş eksenini



Şekil 4. Yer Kontrol noktalarının farklı fotoğraflarda işaretlenmesi (Referanslama)

Bu çalışmadan sonra insansız hava aracı işlemine geçilmiştir. Uçuşa başlamadan önce İHA kontrol edilmiştir ve ayrıca entegre edilen dijital kamera da kontrol edilmiştir. Daha sonra uçuş işlemine başlanmıştır. Taka'nın çatısı için fotoğraf çekilmiştir. Daha sonra Taka'nın çatı bölümü fotoğraf işlemi tamamlandıktan sonra yan cephe fotoğraf çekimi işlemine başlanmıştır.

P.1	1000	1012.751	99.890
P.2	969.352	973.829	103.339
P.3	1030.523	911.686	100.201
P.4	984.802	876.763	104.284
P.5	1010.882	929.737	99.662
P.6	1017.489	910.424	99.702

Tablo 1. Yer Kontrol Noktalarının Koordinat Tablosu

Num.	X	Y	Z



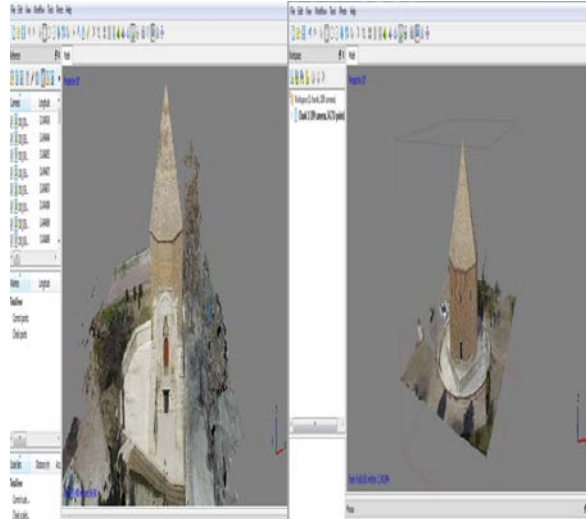
Şekil 5. Kalender Babanın ve Kesik Baş Türbesinin ortofotosu ve Yer kontrol notaları

2.2.2. Ofis çalışması

Arazi çalışmasından elde edilen yer kontrol noktalarının koordinatlarını ve İnsansız Hava Aracı yardım ile çekilen fotoğraflar bilgisayara aktarılmıştır. Daha sonra koordinatlar "txt" formatı şekline kaydedilmiştir. Ayrıca kullanılacak fotoğraflar özel bir dosya şeklinde kaydedilmiştir. Ofis çalışmasında, Taka'nın 3 boyutlu modellenmesi için iki farklı program kullanılmıştır. "PIX4D ve AGISOFT" programı kullanılmıştır.

2.2.2.1. Agisoft programı

Agisoft Photoscan Pro. Yüksek çözünürlükte ortofoto ve son derece detaylı DEM oluşturmasına olanak sağlar. Tam otomatik iş akışı, profesyonel fotogrametrik veri üretmek için bilgisayar ile havadan binlerce görüntüyü işleyebilir. Yazılım JPEG, TIFF, PNG gibi bir dizi giriş formatlarını destekler. Bu kısım ofis çalışmasında Agisoft yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra arazi çalışmasından elde edilen fotoğraflar birkaç fotoğraf seçilmiştir. Seçilen fotoğraflar özel dosya şeklinde kaydedilmiştir. Agisoft program yardım ile Kalender Baba ve Kesik Baş ayrı ayrı nokta bulutları üretilmiştir. Daha sonra ayrı ayrı kaplanmış katı modeli, kaplanmış 3B modelli ve ortofotoları da elde edilmiştir. Ayrıca İHA yardım ile çekilen fotoğraflar ve yerden dijital kamera yardım ile çekilen fotoğraflar birleştirilerek Taka'nın 3B modeli ve ortofoto elde edilmiştir.



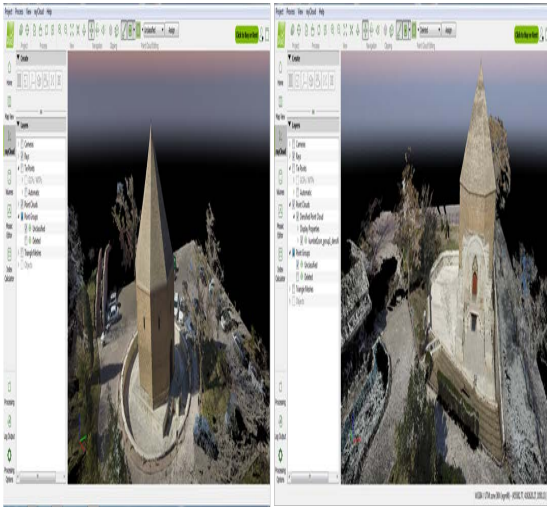
Şekil 6. Agisoft ile Kalender baba ve Kesik baş 3B modelinin son hali elde edilmiş görüntüsü

2.2.2.1. PIX4D programı

Yenilikçiliğiyle ve entegre CAD ve GIS düzenleme araçları ile tam bir haritalama ve modelleme çözümüdür. Yalnızca birkaç tıklama ile tam otomatik olarak yüksek doğrulukla ortomozaik, DSM ve nokta bulutu oluşturur. Sonuçlarınızı değerlendirebilir, düzenleyebilir ve yorumlayabilirsiniz. Mozaik Editor ile ortofotonuzu ve birleşim hatlarını düzenleme olanağı sunar. İstedığınız kamera

ve lensi kullanarak, hatta multi-spektral algılayıcılarla, hava fotoğraflarından veya eğik görüntülerden ortomozaik, DSM ve nokta bulutu oluşturur.

Bu kısım ofis çalışmasında PIX4D yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra arazi çalışmasından elde edilen fotoğraflar birkaç fotoğraf seçilmiştir. Ve seçilen fotoğraflar özel dosya şeklinde kaydedilmiştir. PIX4D programı yardım ile Kalender baba-Kesik baş çatısının 3B modeli hem de Takanın yan kısmınının 3B modeli elde edilmiştir.



Şekil 7. Pix4D ile Kalender baba ve Kesik baş 3B modelinin son hali elde edilmiş görüntüsü

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarihi eserleri ile zengin olan ülkemizde rölöve çalışmaları mimarlar tarafından klasik yönetime göre yapılmaktadır. Fotogrametrik yöntem klasik yönetime göre önemli derecede bir avantaj sağlamaktadır. Tarihi ve kültürel eserlerin belgelenmesinde kullanıcıya hem hız hem maliyet hem hassasiyet hem teknolojik olarak üstünlük sağlamaktadır.

Kalender baba-Kesik baş modellenmesi için İHA yöntemi kullanılmıştır. Yersel Fotogrametri yöntemi Kültürel mirasın korunması için ve üç boyutlu modellenmesi için çok uzun zamandır kullanılmaktadır. Fotogrametrik yöntemle tarihi eserler için model oluşturmada önemli aşamalar katedilmiş ve oldukça verimli sonuçlar elde edilmiştir. Kültürel miraslarımızın gerek çizgisel değerleri gerek doku kaplanmış

şekilleri gerekse de video olarak animasyon halinde eseri her yönüyle incelemek mümkün olmaktadır.

Fakat 3B modelleme yapılacak tarihi eserlerin ve kültürel mirasın çatı gibi erişilemeyen noktalarının da fotoğraflanıp ölçülmesi gerekmektedir. Bu noktada yersel fotogrametri yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada son yıllarda birçok alanda kullanılmaya başlanan İHA 'ya başvurulmuştur. Çatının farklı açılardan fotoğrafları çekilip, yerden çekilen fotoğraflarla ortak koordinat sisteminde dengelenip birleştirilerek çatı çizimleri gerçekleştirilmiştir. Ulaşılamayan yerlere ait fotoğrafların elde edilmesi çalışmalarını başarıyla tamamlayan İHA'nın bu açığı kapattığı gözlemlenmiştir. Fakat yersel fotogrametri iç mekanlarda çalışması zor olabilmektedir.

Tarihi ve kültürel mirasın korunması ve sonraki nesillere aktarılması için yapılan dokümantasyonunda İHA'ları ile Yersel Fotogrametri tekniklerinin birlikte kullanılması, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız ve maliyet anlamında yeni bir soluk getirdiği görülmüştür. İHA ile Fotogrametrik teknikler kullanılarak üretilen 3 boyutlu modellerin, restorasyon projelerinde altlık olabilecek nitelikleri taşıdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu modellerin İHA'lar yardımıyla fotogrametrik teknikler kullanılarak yapılması, fotoğraf çekme olanaklarını artması ve dolayısı ile dokümantasyonun daha kapsamlı ve gerçekçi olmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır;

- Bu çalışmada tarihi olarak çok önemli olan Kalender baba-Kesik baş için gerek fotogrametrik ölçüm tekniği gerekse de İHA kullanılmış ve sonuçta bu yöntem alternatif değil destekleyici birer yöntem olduğu ortaya koyulmuştur.
- Tarihi ve kültürel mirasın korunması ve sonraki nesillere aktarılması için yapılan çalışmada İHA ile Yersel Fotogrametri tekniklerinin birlikte kullanılması, bu alanda yapılan işlere

- doğruluk, hız ve maliyet anlamında yeni bir soluk getirdiği görülmüştür
- Bu anlamda Fotogrametrik tekniklerin İHA'lar yardımıyla farklı disiplinlere de hizmet edebileceği görülmüştür.
 - Elde edilen nokta bulutu verileri birleştirilerek yapılara ait detaylı 3 boyutlu nokta bulutları oluşturulabilmektedir.
 - Dış mekanların 3B modellenmesi için yersel fotogrametri yöntemi daha fazla tercih edilmektedir.
 - Tarihi eserlerin çatılarını modellenmesi için İHA'lar daha uygun görülmüştür.
 - Eğer İHA'ile eserin tam tepesinden düşey olarak çekilirse yan yüzeylerin modellenmesi yapılamamaktadır. Dolayısıyla eğer ki tarihi eserin yan yüzleri de modelleneneye yersel çekimlere ihtiyaç vardır.
 - Çekimler eğer uygun pozisyonda yapılmaz ise özellikle de GPS'si olmayan İHA'ile yapıldığı zaman resim sırasında resimler ardışık (arka arkaya) değilse modelleme yapılamamaktadır.
 - İHA'ile çekim yaptığımız saat önemlidir, hafif bulutlu havalarda ya da Güneş tepedeyken çekilmeli çünkü gölge modelin görülmesini engeller.
 - Çekim esnasında çalışılacak objenin etrafında İnsan ve diğer objelerin olmaması lazım, ıssız zamanlarda çekilmesi daha uygundur.
 - Eğer ortofoto üretilecek ise tam yatay (paralel) çekim yapılmalı eğik çekim yapılmamalıdır, eğik çekim yapıldığı zaman modellere bozukluk yapar. Ama tarihi eserlerde yan yüzeylerde çekilecek ise tavsiyemiz şudur önce yerden eserin etrafına dönerek çekilmeli sonra uçuş planında yukarıdan paralel çekime geçirmeli ikisi birlikte daha güzel modellenir.
 - Kullanılan programlara göre İHA'ların bir sorunu proses dengeleme işlemi çok uzun sürmektedir.

- Bazı yazılımlar da çizim kabiliyeti yoktur, diğer yazılımlar ise standart çizim menülerinin işlemleri yapılmamaktadır. Bu nedenle dengeleme işlemi yapıldıktan sonra Üç Boyutlu çizim kabiliyeti olan programlarda çizim yapılması öneridir.
- Sadece ortofoto üretilecek ise bu yazılımlar yeterlidir, ama çizim yapılacaksa yazılımların yeterli olmadığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- AKTAŞ, İ. (2007). Türkiye İnsansız Hava Aracı Yol Haritası, Sanayii Müsteşarlığı. Uzmanlık Tezi, Ankara. .
- ALTINTAŞ, P., ÇAK, T. , YASTIKLI, N. (2014). Yersel Fotogrametrinin Tersine Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı Harita Mühendisliği Bölümü Yıldız Teknik Üniversitesi
- ASRİ, I., ÇORUMLUOĞLU, Ö. (2014). Tarihi Yerleşim Alanlarının Yersel Fotogrametri Yöntemi İle 3b Modellenmesi: Santa-Harabeleri Örneği 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2014), . İstanbul. .
- KARSLI, F. ((2015-2016)). Fotogrametriye Giriş Harita Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi KTÜ
- KÖK, M., YAKAR, M. (2015). Tarihi Sultanhanı Kervansarayının Dijital Fotogrametrik Yöntemle Röleve Ölçülerinin Hazırlanması , Bitirme Ödevi Harita Mühendisliği Bölümü Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- KÖK, T. (2012). "İnsansız Hava Araçlarının Güvenli Kullanım için Spektrum ihtiyaçlarının belirlenmesi ile ilgili öneriler , Teknik Uzmanlık Tezi, İstanbul."
- PAKKAN, B., ERMİŞ, M. , (2010). "İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması, ." Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 4.

-
- ŞANOĞLU İ., Z. M., KARAUĞUZ G. (2013).
"Photogrammetric Survey and 3D
Modeling of Ivriiz Rock Relief in Late
Hittite Era " Mediterranean Archaeology
and Archaeometry, 13 (2):147-157.
- TANRITANIR, E. (2013). "), FOTOGRAMETRİ
NEDİR " www.geomatikmuhendisligi.co
info@geomatikmuhendisligi.com.
- ULVİ, A., YAKAR, M. (2015). Metrik Olmayan
Dijital Kameraların Hava
Fotogrametrisinde Yakın Resim
Çalışmalarında(Yere Yakın Yüksekliklerde)
Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma ,
Doktora Tezi Harita Mühendisliği Bölümü
Selçuk Üniversitesi
- Yılmaz, H. M., Karabörk, H. , Yakar, M.
(2000). "), Yersel Fotogrametrinin
Kullanım Alanları " Niğde
Üniversitesi Mühendislik Bilimleri
Dergisi, Cilt 4 Sayı 1.

En Uygun Arazi Kullanım Planlarının CBS ile İncelenmesi: Sivas İli Dikmencik Köyü Örneği

İlknur SAYKILI¹, Anıl Can BİRDAL¹, Tarık TÜRK^{1*}

¹Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sivas
(ilknursaykili35, anilcanbirdal, tarikturk@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-4459-7967,
ORCID ID 0000-0002-2416-2296, ORCID ID 0000-0002-2671-7590

Öz

Arazi uygunluk analizi, en uygun arazi kullanımı amacına yönelik arazi kullanımının esaslarını belirleyen bileşenlerden biridir. En uygun arazi kullanımı, bölgeye ait topografik etmenler ve tarımsal veriler ışığında, çiftçi alışkanlıkları ile bölgenin doğal ve kültürel potansiyeli dikkate alınıp ekolojik esaslar gözetilerek hazırlanan bir arazi kullanımının tercih edilmesi ile sağlanır.

Bu çalışmada en uygun arazi kullanım planlanmasının CBS ile belirlenmesine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Sivas İli Merkez İlçe Dikmencik köyüne ait kadastral sınırlar içerisinde yer alan tarımsal alanlar ile mera ve orman arazileri olmak üzere üç ana sınıflandırmaya tabii tutulan arazilerin arazi kullanım biçimleri dikkate alınmıştır. Daha sonra, en uygun arazi kullanım haritaları üretilmiş ve sonuçlar günümüzdeki mevcut arazi kullanım özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanındaki arazilerin büyük bir bölümünün en uygun arazi planlamasına uygun bir şekilde kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi uygunluk analizi, CBS, En uygun arazi kullanımı

Investigation of the Optimum Land Use Plans by GIS: A Case Study in Sivas City

Abstract

Land suitability analysis is one of the components that determines the principles of land use for the purpose of optimal land use. Optimum land use is achieved by considering the natural and cultural potential of the region and by preferring the suitable land use for the ecological structure with topographical factors and agricultural data.

In this study, an implementation was performed to determine the most suitable land use plan with GIS. Land use patterns of the three main categories of agricultural land, pasture and forest within the cadastral borders belonging to the Dikmencik village of the Sivas province Central District were taken into consideration. Subsequently, the most appropriate land use maps were produced and the results were compared with the current land use characteristics. According to the results obtained, it has been determined that a large part of the land in the study area is not appropriately used for optimal land planning.

Keywords: Land suitability analysis, GIS; Optimal land use

1. GİRİŞ

Arazi Kullanım Planları; Toprak ve arazi etütlerine dayanılarak yapılan yerel, bölgesel ve ülkesel ölçekte tarım, orman ve mera arazileri, özel kanun vasıtası ile

sınırlanmış araziler, sanayi konut ve turizm alanları, ekonomik ve sosyal amaçlı altyapı alanlarında, farklı arazi kullanım biçimleri ile mevcut kullanım türlerini ve sürdürülebilir arazi yönetim biçimlerini gösteren harita ve raporlardan oluşturulan

* Sorumlu Yazar

Bu çalışma IX. TUFUAB 2017 Teknik sempozyumunda sunulmuş olup başka bir yerde yayınlanmamıştır.

planlardır (Akten 2008). Arazi kullanım planlaması ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde arazilerin yanlış kullanımının yanı sıra doğal ve kültürel kaynakların yanlış kullanımından oluşan sorunlara çözüm aranıp sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla birtakım çalışmalar yapılmıştır. Cengiz vd. (2013), Gökçeada'da ki arazilerin etkin ve sürdürülebilir kullanılabilmesi amacıyla en uygun arazi kullanımı uygunluk analizi gerçekleştirmiş ve analiz sonucunda orman, çayır-mera ve tarımsal faaliyetler için önerilen alanları sırasıyla % 35.06, % 21.21 ve % 17.17 olarak tespit etmişlerdir. Akbulak (2010), Yukarı Kara Mendere Havzası'nda arazi kullanımı uygunluk analizi yapmıştır. Çalışmada tarım, çayır-mera ve orman olmak üzere üç farklı arazi kullanım türünü dikkate almıştır. Önerilen en uygun arazi kullanımı ile mevcut arazi kullanım durumu karşılaştırıldığında ise mevcut arazi kullanımındaki tarım alanlarının önerilen tarım arazilerinden fazla olduğunu, orman ve çayır-mera alanlarının ise daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Cengiz (2009), Kuzeybatı Türkiye Dümrek köyü için arazi kullanım uygunluğu analizini Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak değerlendirmiş tarım, çayır-mera ve orman alanları için uygunluklarını belirlemiştir. Dümrek'in kırsal kalkınması için arazi kullanımı tercihleri sırasıyla tarım, orman ve çayırdır. Zengin ve Yılmaz (2007), Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresinde ekolojik yapıya uygun Optimal Alan Kullanımlarını belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonucunda doğal ve kültürel kaynakların hızla tükenmekte olduğunu ve mevcut kaynakların da yanlış alan kullanımları nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmakta olduğunu vurgulamıştır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla tarım, çayır, mera, orman, yerleşim, turizm ve rekreasyon ile koruma alanlarından oluşan yedi farklı alan kullanım türünü hesaba katarak ekolojik uygunluk haritaları oluşturmuştur.

Ülkemizde çoğu zaman tarımsal arazi kullanımları rasyonel bir plan doğrultusunda kullanılmamaktadır. Bunun sonucu olarak toprak ve topografik özelliklerine göre en verimli araziler imar alanı ya da endüstri ve sanayi bölgeleri için yatırım yeri olarak

kullanılmakta, öte yandan da orman ve mera arazileri ise tecavüzlerle tarım alanı olarak kullanılmaya çalışılmaktadır. Gerek ülkemizde gerekse gelişmekte olan ülkelerde bulunan tarımsal niteliğe sahip araziler, plansız arazi kullanımı, yoğun toprak işleme sonucu toprak erozyonu, sanayi ve imar sektöründeki gelişmelere paralel olarak tarım dışı taleplerin artması ile gün geçtikçe oransal olarak azalmaktadır. Yine toprağı kullanım hakkını elinde bulunduran kırsal bölgelerdeki eğitim sorunu, dünya üzerinde yaşanan hızlı nüfus artışı, sektörel kurumsal desteklerin yetersizliği veya olmayışı vb. nedenler ile tarımsal niteliğe sahip araziler baskı altında bulunmaktadır.

Arazilerin yanlış kullanım planlaması ile yönetilmesi sonucu, birbirlerine ekonomik anlamda bağlı olan sektörler arasında uyumsuzluk görülmektedir. Yine plansız arazi kullanımı uygulamalarının yanlış tarımsal teknik ve mekanizasyon uygulamaları ile birleşerek neden olduğu sonuçlardan erozyonun olumsuz etkisi de yadsınamaz. Plansız arazi kullanımı altında bulunan toprakların rüzgâr ve su kuvveti nedeni ile taşınması, bu durumun oluşabilecek sel, toprak kayması ve taşkın gibi doğal afetlere davetiye çıkarmaktadır. Yine taşınan üst verimli tabakaya ait toprak, tarımsal alanlardan kaybolarak yerleşim yerlerini, baraj ve liman gibi tarım dışı alanlara taşınmakta ve bu bölgeleri doldurmaktadır. Bitki örtüsü kaybolmuş hatalı toprak işleme yapılmış ve arazi kullanım planlarından yoksun özellikle eğim oranı yüksek arazilerde bu taşınmanın neticesi olarak çoğu bölgede ana kaya yapısının ortaya çıktığı, tarım toprağının tamamen kaybolduğu görülmektedir. Bu durum toprağın su ve organik madde tutma kapasitesinin kaybolmasına, çoraklaşmaya ve nihayetinde tarımsal üretime uygun olmayan, çölleşmiş ve kurak alanlar oluşmasına neden olmaktadır. Bu tablo nihayetinde tarımsal üretim kaybı, kırsal kalkınmanın yavaşlaması ya da durması, kırsaldan kente göçün artması, tarım arazilerinin nitelik ve nicelik olarak azalması ve değerlerinin düşmesi vb. gibi birçok ekolojik, ekonomik, sosyal, ve kültürel sorunları da beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak doğal kaynaklarımız bozulmakta ve sürdürülebilir kırsal kalkınmanın ana

lokomotifi olan tarım sektörü tehlikeye girmektedir.

Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için, temeli araziye dayalı sektörler olan tarım, orman, ulaşım, sanayi vb. sektörlerin mevcut çalışma alanlarının ekonomik, kültürel, sosyal ve çevresel etmenler dikkate alınarak kesin bir şekilde belirlenmesi ve bu doğrultuda en uygun arazi kullanım planı ve haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Bilimsel veriler ışığında hazırlanacak bu planlamaların, hızla artan nüfusun beklentilerine cevap vermesi, ekosistemlerin ve hızla azalan tarımsal arazilerin bugünkü ve gelecekteki verimliliğinin korunması arasında denge mekanizması olması, bu sayede mevcut ve optimum arazi kullanım biçimlerinin ortaya konarak sürdürülebilir arazi kullanımını gerçekleştirmesi gerekmektedir.

Konuya kırsal yörelerin mevcut durumu açısından bakıldığında, çalışma alanı olan köylerde yaşayan halkın tarım ve hayvancılık ile uğraştığı ve bu arazilerinden elde edilen ürünlerle geçimini sağladığı görülmektedir. Bu nedenle kırsal yerleşim yerlerindeki tarım, orman ve mera arazilerinin tanımlarına uygun bir şekilde mekânsal tahsisini gerçekleştiren planların yapılması ve bu planlar doğrultusunda yönetilmesinin sağlanması önemli bir konudur. Ancak bu şekilde arazi kaynakları daha etkin ve verimli bir biçimde kullanılacak ve sürdürülebilir kırsal kalkınma hamlesinin başlaması mümkün olacaktır (URL1, 2017).

Bu çalışmada tarım, orman ve mera alanlarının, çalışma alanını kapsayan arazideki adres ve yerleşkelerinin (konumlarının) CBS yardımıyla nasıl belirlenebileceği konusunda arazi kullanımı planlaması gerçekleştirilmiştir. Belirli bir arazi parçasına yönelik arazi kullanım kararları, bu arazinin arazi kullanım şekli için uygunluğuna bağlıdır. Bu nedenle bu adımda öncelikle arazi uygunluk değerlendirmeleri gerçekleştirilmiş ve bu amaç doğrultusunda ağırlıklı çakıştırma tekniği kullanılmıştır.

Böylece çalışma alanındaki mevcut arazi üzerinde bulunan tarım, orman ve mera alanları için potansiyel uygunluk durumu ortaya konmuş ve arazi uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu değerlendirmelere bağlı olarak, arazilerin alternatif sektörlerle ya da

tarım dışı tahsisi yönünde karar verme problemi dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda öncelikle her bir sektöre yönelik arazi uygunluk haritaları kullanılarak arazi uygunluklarına dayalı arazi kullanım tahsisi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, ilgili sektörlerle tahsis edilmesi gereken alanlar dikkate alınarak en uygun arazi kullanım tahsisine yönelik çözümler gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma bölgesi olan Sivas ili, coğrafi konum olarak $35^{\circ} 50'$ ve $38^{\circ} 14'$ doğu boylamları ile $38^{\circ} 32'$ ve $40^{\circ} 16'$ kuzey enlemleri içerisinde yer almaktadır. Sivas ili 28.488 km²'lik yüzölçümüyle, Türkiye'nin toprak bakımından ikinci büyük ilidir. İl topraklarının Kızılırmak havzasına giren bölümünde Karadeniz iklimi, Fırat Havzasına giren bölümde ise, Doğu Anadolu iklimi egemendir.

Çalışma alanına konu Dikmencik Köyü ise Sivas İl Merkezine yaklaşık 17,5 km uzaklıkta yer alan, 25 hane ve 75 nüfuslu bir yerleşim yeridir. Köyün iklimi karasal özellik gösteren bir yapıda olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Köyün geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır.



Şekil 1. Çalışma alanı

3. YÖNTEM

Bu çalışmada ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılarak Sivas İli Merkez İlçe Dikmencik Köyü için en uygun arazi kullanım planlarını oluşturulmuştur. Bu planlar oluşturulurken

kamu kurum ve kuruluşlarında çalışan uzmanlarla da (Ziraat ve Harita Mühendisleri) görüşmeler yapılmıştır. En uygun arazi kullanım planlamasının verilerinin oluşturulması amacıyla çalışmada:

- Sivas Kadastro Müdürlüğü'nden elde edilen 1/5.000 lik Sayısal Kadastro Paftaları,

- Sivas İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nde bulunan toprağın kimyasal ve morfolojik özelliklerine ait 1/10000 ölçekli toprak envanteri haritaları,

-Verilerin işlenmesi ve haritalama işlemleri için ArcGIS 10.1 CBS yazılımı kullanılmıştır.

Ayrıca, ilgili resmi kurumların hazırladığı araştırma raporları da kullanılan yöntem içerisinde dikkate alınmıştır.

3.1. Verilerin CBS Ortamına Aktarılması ve Analizi

Çalışma bölgesine ait sayısal kadastro ve toprak envanteri haritaları CBS ortamına aktarılmıştır. Kamu kurum ve kuruluşlarında çalışan uzmanlarla da (Ziraat Mühendisi) görüşmeler yapılarak, en uygun arazi kullanım planlamasının oluşturulmasında hangi verilerinin kullanılması gerektiği ve konu ile ilgili ayrıntılı bilgiler elde edilmiştir. Bu doğrultu da 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında tarım alanlarının tanımı, sınıfı ve bu sınıflara ait özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen toprak verilerinden çalışma amacına uygun eğim, derinlik, erozyon, Büyük Toprak Grubu (BTG), kullanım durumu, Arazi Kullanım Planlaması (AKP) uygunluk sınıfları verileri mekânsal analiz yapılarak alan geometrisi ve sözel verilerden oluşan vektör veri formatında tanımlanmıştır. Vektörel veri formatında değeri olmayan sınıflara da değer atamak için çalışma alanı içerisindeki araziler için belirlenen derinlik, erozyon, BTG, mevcut arazi kullanım durumu, AKP vektör verileri gibi verileri raster verilere dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Toprak etüdü ve toprak

haritalarına ilişkin sayısal veri tabanının oluşturulmasında hukuki dayanak olarak 3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine dair Tarım Reformu Kanunu, 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ile bu kanunlara ait yönetmelik ve talimat hükümleri baz alınmıştır. Çalışmaya konu olan Dikmencik Köyü 3083 Sayılı Kanun Kapsamında uygulama alanı ilan edilen yerler arasında olup bölgede Arazi Toplulaştırma ve Tarla içi Geliştirme Hizmetleri projesi devam etmektedir. Bu proje kapsamında bölgede proje çalışmalarından önce arazi etütleri yapılmış ve derecelendirme haritalarına göre toprak indeks ve dağıtımına esas derecelendirme haritaları oluşturulmuştur. Bu standartlar 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Ek 5'te yer almaktadır. Çalışmamızda altlık oluşturacak toprak indeks haritalarında ise şu andaki arazi kullanım durumu verileri kullanılarak "mevcut arazi kullanım" haritaları oluşturulmuştur. CBS ortamında oluşturulan verilerden yapılan analiz sonucunda en uygun arazi kullanım planı haritası oluşturularak karşılaştırılması yapılmıştır.

3.2. Ölçütlerin Uygunluk Puanlarının Belirlenmesi

Çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yönteminde kullanılacak vektör girdilerin normalize edilebilmesi için, ağırlıklı çakıştırma öncesi, eşit piksel büyüklüklerinde raster yapıya dönüştürülmeleri gerekmektedir. Normalize edilen katmanlar 'Map Algebra' yöntemi ile tanımlanan fonksiyonlarla bir arada değerlendirilen bir yöntemdir. Eşit piksel büyüklüklerinde raster yapıya dönüştürülen veriler yeniden sınıflandırılma işlemine tabii tutulmuştur. Yeniden sınıflandırma işleminde uzman görüşleriyle görüşülüp edinilen bilgiler doğrultusunda tarım, mera ve orman alanları için uygunluk puanları belirlenmiştir.

Tablo 1. Tarım, mera ve orman alanları için belirlenen sınıflandırma değerleri

Tarım		Mera		Orman	
Hiç /hafif erozyon	5	Hiç /hafif erozyon	1	Hiç /hafif erozyon	1
Orta erozyon	3	Orta erozyon	2	Orta erozyon	2
Şiddetli erozyon	2	Şiddetli erozyon	3	Şiddetli erozyon	4
Çok şiddetli erozyon	1	Çok şiddetli erozyon	5	Çok şiddetli erozyon	5
110 cm olan ve üzeri derinlik	5	110 cm olan ve üzeri derinlik	1	110 cm olan ve üzeri derinlik	1
75-109 cm olan derinlik	3	75-109 cm olan derinlik	2	75-109 cm olan derinlik	2
20-75 cm olan derinlik	2	20-75 cm olan derinlik	3	20-75 cm olan derinlik	4
0-20 cm olan derinlik	1	0-20 cm olan derinlik	4	0-20 cm olan derinlik	5
Düz düze yakın (A)	6	Düz düze yakın (A)	1	Düz düze yakın (A)	1
Hafif eğimli (B)	5	Hafif eğimli (B)	2	Hafif eğimli (B)	2
Orta eğimli (C)	4	Orta eğimli (C)	3	Orta eğimli (C)	3
Dik eğimli (D)	3	Dik eğimli (D)	4	Dik eğimli (D)	4
Çok dik eğimli	2	Çok dik eğimli	5	Çok dik eğimli	5
Sarp eğimli	1	Sarp eğimli	6	Sarp eğimli	6
Aluvial	2	Aluvial	3	Aluvial	1
Kahverengi	3	Kahverengi	2	Kahverengi	2
Kırmızımsı Kahverengi	3	Kırmızımsı Kahverengi	2	Kırmızımsı Kahverengi	3

Kullanılan Ölçütlerin Ağırlık Puanlarının Belirlenmesi

Değerlendirmeye alınan ölçütlerin uygunluk puanlarının verilmesinin ardından, ağırlıklı çakıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ölçütlerin birbirlerine göre önemi dikkate alınarak, uzman görüşünden edinilen

bilgiler doğrultusunda en yüksek puan en uygun ölçüte atanırken, en düşük puan ise uygunlukta son sırada gelen ölçütlere atanmıştır. İşlem sonunda, tüm ölçütlerin ağırlıklı etkisine bağlı genel uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

Tablo 2. Tarım, mera ve orman alanlarının ağırlıklı çakıştırma oranları

Tarım		Mera		Orman	
Derinlik	%30	Derinlik	%25	Derinlik	%25
Eğim	%30	Eğim	%15	Eğim	%20
Erozyon	%10	Erozyon	%25	Erozyon	%25
BTG	%10	BTG	%10	BTG	%15
AKP uygunluk	%20	AKP uygunluk	%25	AKP uygunluk	%15

* Sorumlu Yazar

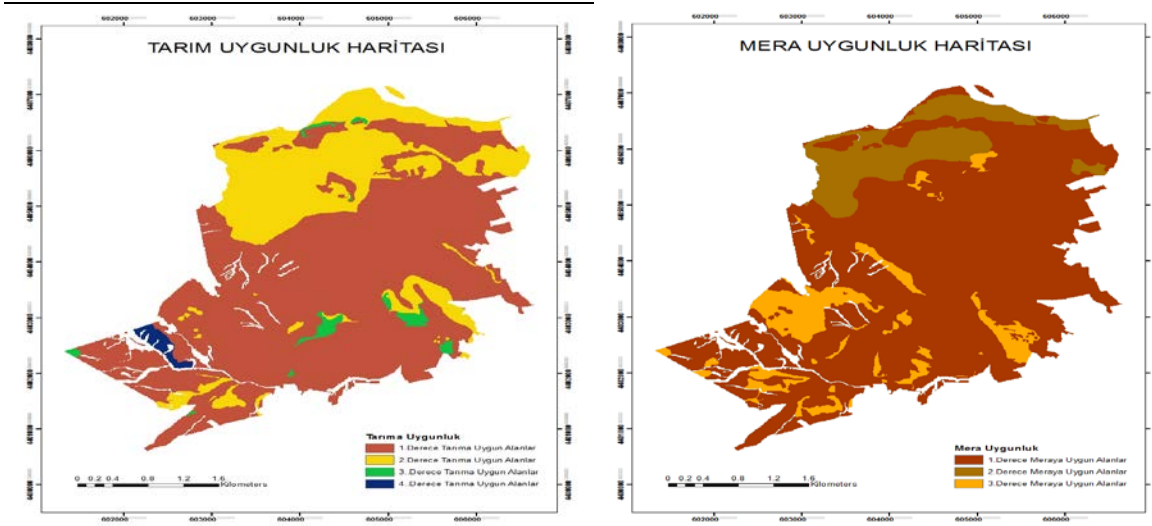
Bu çalışma IX. TUFUAB 2017 Teknik sempozyumunda sunulmuş olup başka bir yerde yayınlanmamıştır.

Geliş Tarihi: 21.06.2017

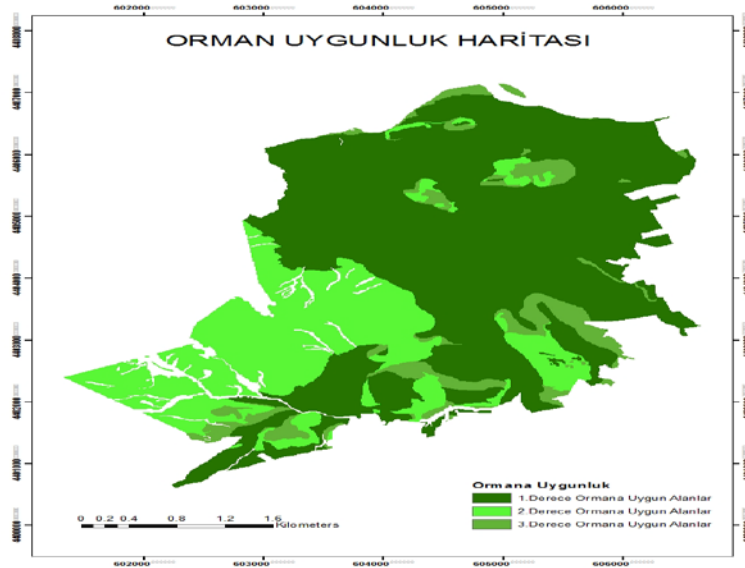
Kabul Tarihi: 01.08.2017

Geomatik Dergisi

Journal of Geomatics



Şekil 2. Tarıma uygunluk ve Mera uygunluk Haritaları



Şekil 3. Orman uygunluk Haritası

4. BULGULAR

Arazi kullanımları için arazi uygunluk çözümlerinde belirleyici olabilecek üst ve alt ölçütler seçilirken, çalışma alanı için mevcut haritalar dikkate alınmıştır. Bu ölçütler ile her bir ölçüte ait alt ölçütlere yönelik gerekli açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

Eğimin Etkisi: Arazinin eğimi birçok bakımdan önemli olup arazinin engebelilik derecesini ifade etmektedir. Eğim derecesinin fazla olması bir taraftan erozyon tehlikesini artırırken diğer taraftan infiltrasyon, bitki seçimi ve sulama yöntemini etkilemektedir. Arazi etüt ölçütlerinde % 0-2, % 2-4, % 4-6,

% 6-12 eğimli alanlar tarımsal nitelik alanları içerisinde belirlenmiştir. Tarımsal arazilerin genelde % 0-6 eğim aralığında olduğu buna karşın % 12 ve daha yüksek eğimli alanların mera ya da orman arazilerini kapsadığı ve arazi kullanım durumunda eğim özelliklerinin bu yönü ile belirleyici bir faktör olduğu görülmektedir. Diğer taraftan eğimin olmaması veya çok az olması drenaj üzerinde olumsuz etki yapabilir (5403 Sayılı Kanun). Tarımsal uygunlukta eğimi az olan yerler genel anlamda tarım için daha elverişlidir.

Erozyon Etkisi: Erozyon, ana hatları ile üst toprak yapısının rüzgâr ve su yardımıyla kütleler halinde taşınmasıdır. Taşınmayı gerçekleştiren faktörlerin başında su, rüzgâr

ve buzullar gelmektedir. Erozyon, toprağın dokusal yapısını kökleri vasıtası ile tutan bitkisel örtünün ortadan kaldırılması, yoğun yağışlar, aşırı otlama, uygun olmayan tarımsal teknik ve yoğun toprak işleme ile bilgisiz arazi kullanması sonucunda şiddetlenmektedir. Eğim derecesi yükseldikçe erozyon zararı da artmaktadır (5403 sayılı kanun). Tarımsal uygunlukta erozyon toprağın kalite ve sınıflandırılmasına etki etmektedir. Tarımsal uygunlukta erozyonu düşük alanlar tarım için elverişlidir.

Toprak Derinliğin Etkisi: Etkili toprak derinliği; Bitkilerin kökleri vasıtası ile su ve besin maddelerinden yararlanabildiği derinlik anlamına gelmektedir. Toprak derinliği oluştuğu ana kayanın özelliklerine, bitki örtüsüne, yeryüzü şekline, iklim özelliklerine ve canlıların fiziksel etkilerine bağlı olarak değişmektedir (5403 Sayılı Kanun). Toprak derinliği tarım için belirleyici bir faktördür. Toprak derinliği ile tarımsal verim doğru orantılı olup toprak derinliği arttıkça tarımsal üretim ve potansiyel de buna bağlı olarak artmaktadır.

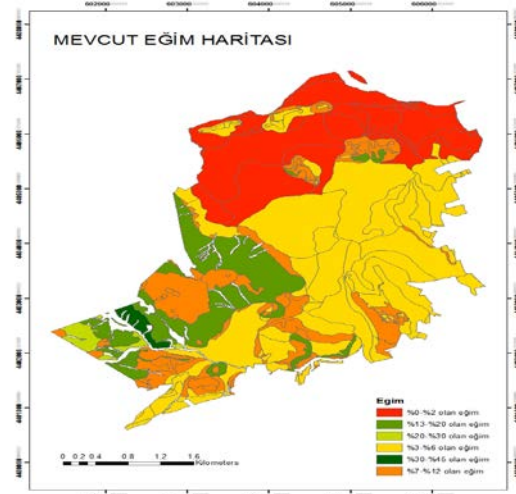
Büyük Toprak Grupları (BTG)

Alüvyal Topraklar: Bu topraklar aşırı toprak rutubeti ile karakterize edilir. Orman alanlarının bittiği yerde, çeşitli ana maddelerden, bozuk drenaja sahip alanlarda ve soğuk iklim şartlarında oluşmuştur. Üstte koyu renkli bir katman, altında daha gri renkli toprak bulunmaktadır. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü genellikle otsu ve çiçekli bitkiler ile sazlık alanlardır. Soğuk iklimden dolayı verimleri sınırlıdır. Çoğunlukla yazın otlamada kullanılırlar. (5403 sayılı kanun toprak sınıflandırması teknik talimatı)

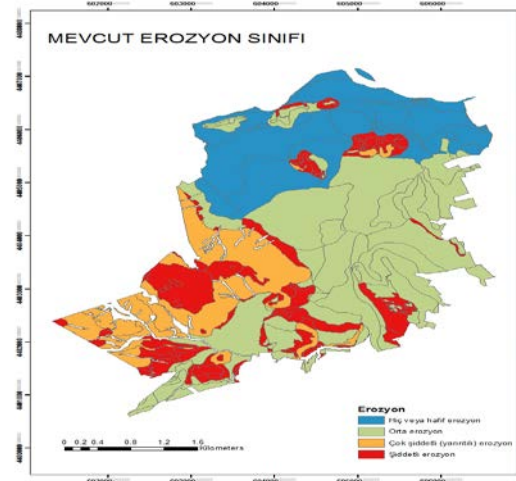
Kahverengi Topraklar: Bu topraklar daha çok kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunmakta olup üzerlerindeki doğal bitki örtüsü genelde kısa ot ve çalılardan ibarettir. Kalsiyum ve bitki besin elementleri bakımından zengindirler. Doğal drenajları iyidir (5403 sayılı kanun toprak sınıflandırması teknik talimatı).

Kırmızimsı Kahverengi Topraklar: Renk hariç, hemen hemen bütün özellikleri Kahverengi toprakların birebir aynı veya benzer grubunda yer almaktadırlar. Bu topraklar kurak ve yarı kurak iklimlerde bulunurlar. Doğal bitki örtüsü ot ve çalılar olup drenaj durumları iyidir. Bu topraklarda biyolojik etkinlik düşük olup doğal verimleri nispeten yüksektir (5403 sayılı kanun toprak sınıflandırması teknik talimatı).

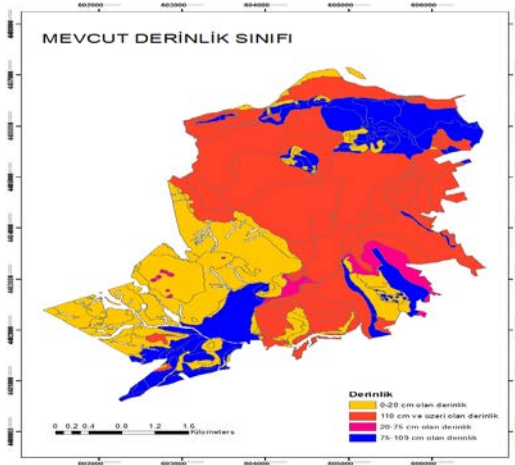
Yukarıda belirtilen açıklamalar dikkate alınarak tüm parametrelere ilişkin haritalar üretilmiştir.



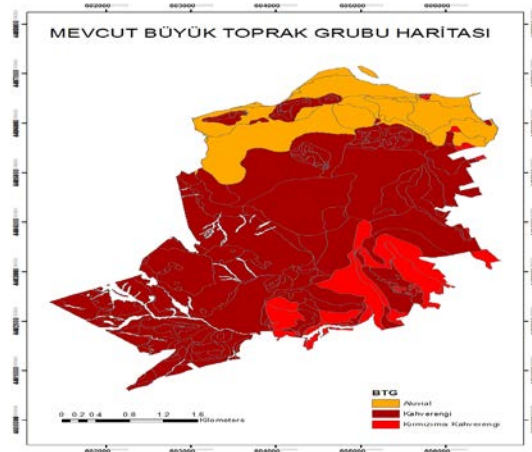
Şekil 5. Mevcut Eğim Haritası



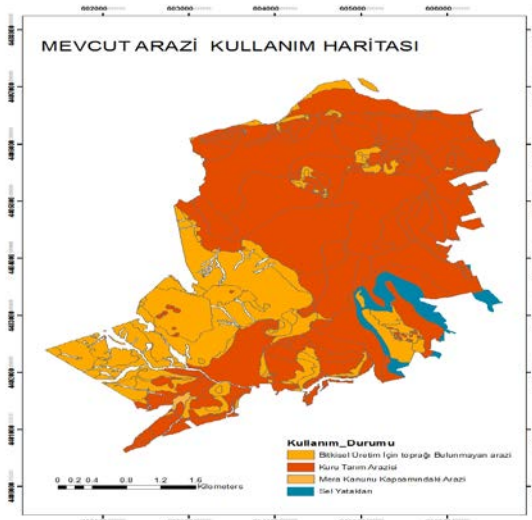
Şekil 6. Mevcut Erozyon Haritası



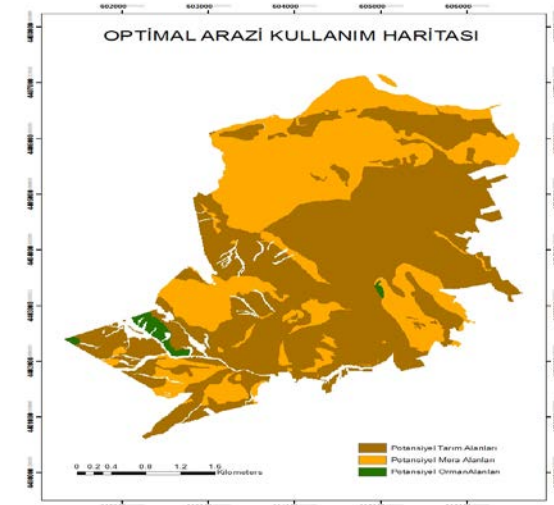
Şekil 6. Mevcut Derinlik Haritası



Şekil 7. Mevcut BTG Haritası



Şekil 8. Mevcut Arazi Kullanım Haritası



Şekil 9. En uygun Arazi Kullanım Haritası

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Çalışma alanında yapılan analizler neticesinde arazinin doğal yetenek ve kabiliyetlerine göre değerlendirilmesi yapılmış ve en uygun arazi kullanım planı oluşturulmuştur. Bu amaçla arazinin doğal yetenek ve kabiliyet kullandırılması esas alınmıştır.

Mevcut tarım arazileri kullanımı 12,30 ha iken en uygun arazi kullanım planlaması sonucu 10,62 ha olarak belirlenmiştir. Mevcut mera arazileri kullanımı 13,46 ha iken en uygun arazi kullanım planlaması sonucu 6,5 ha olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan mevcut orman arazileri kullanımı 1,1 ha iken en uygun arazi kullanım planlaması sonucu 0,18 ha olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mevcut arazi kullanımında bulunan tarım, mera ve orman alanlarının en uygun arazi kullanım planlarında bulunan

tarım, mera ve orman alanlarından daha fazla olduğu ortaya konulmuştur. Buna göre analizi yapılan Sivas İli Merkez İlçe Dikmencik köyündeki arazilerin büyük bir bölümünün en uygun arazi planlamasına uygun bir şekilde kullanılmadığı belirlenmiştir.

Arazilerin belirlenen en uygun arazi kullanım planlarına uygun olarak kullanımı doğal kaynakların, toprağın ve suyun korunması, tarımsal üretimde verimlilik ve kalitenin artırılması, üretim planlaması ile bitkisel üretim deseninin ortaya çıkarılması için gereklidir. Bu planlamaların yapılması ve yaygınlaştırılması ile kırsal kalkınmanın başlatılarak kırsaldan göçün önüne geçilmesi sağlanabilecektir.

NOT: Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27- 29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunula ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

KAYNAKÇA

- Akten M., 2008. Isparta ovasının optimal alan kullanım planlaması üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, Isparta.
- Cengiz T., Akbulak C., Özcan H., Beytekin H., 2013. Gökçeada'da Optimal Arazi Kullanımının Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi: 149-162
- Akbulak C., 2010. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın Arazi Kullanımı Uygunluk Analizi. Uluslararası İnsan Bilimleri dergisi :558-576
- Cengiz T & Akbulak C (2009). Application of analytical hierarchy process and geographic information systems in land-use suitability evaluation: a case study of Dümrek village (Çanakkale, Turkey). International Journal of Sustainable Development & World Ecology 16(4): 286-294
- Zengin M (2007). Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresi alan kullanımının belirlenmesi ve optimal alan kullanım önerileri. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı (Basılmamış), Erzurum.
- 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu. 19 Temmuz 2005 Tarihli, 25880 Sayılı Resmi Gazete.
- URL1, 2017. T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü internet sayfası. <http://doa.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMDefault.aspx>
- URL2, 2017. Çanakkale İl Tarım Gıda ve Hayvancılık İl Müdürlüğü internet sayfası. <http://canakkale.tarim.gov.tr/>

İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması

Ozan Öztürk^{1*}, Burhan Baha Bilgilioğlu¹, Mehmet Furkan Çelik¹, Süleyman Sefa Bilgilioğlu², Raşit Uluğ¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul
(oozturk16, bilgilioğlu16, celikmeh, ulug15)@itu.edu.tr ORCID ID 0000-0002-5979-6360, ORCID ID 0000-0001-6950-4336, ORCID ID 0000-0001-8564-9340, ORCID ID 0000-0002-9237-2025
² Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray
(sefa.bilgilioğlu@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-0881-0396

Öz

İnsansız Hava Araçları (İHA) otomatik veya yarı otomatik uçuş prensibine sahip başlangıçta askeri amaçlar için kullanılan motorlu veya motorsuz hava araçlarıdır. Son yıllarda meydana gelen gelişmelerle birlikte İHA'lar, afet yönetimi ve planlama, ormancılık, fotogrametrik değerlendirme, yol ve nehir gözlemleri, arazilerin üç boyutlu (3B) modellerinin üretilmesi gibi birçok ticari ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA'lara dijital kameralarının entegre edilmesi yüksek çözünürlükte görüntülerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesi zor ve zaman alıcı olmasına rağmen dijital fotogrametri ile birlikte bu sorun ortadan kalkmakta ve objenin veya arazinin 3 boyutlu(3B) yoğun nokta bulutu, sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortogörüntüleri üretilmektedir. Bu çalışmada İTÜ Ayazağa Kampüsünde, 60m, 80m ve 100m yüksekliklerinde uçuşlar gerçekleştirilerek 60m ve 80m yükseklikte 90°, 100m yükseklikte 45°, 60° ve 90° kamera açıları ile yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilerek alanın ortogörüntüleri üretilmiştir. Daha sonra çalışma alanında jeodezik yöntemler kullanılarak önceden tesis edilmiş 5 adet yer kontrol noktası ile ortogörüntülerin doğrulukları test edilmiştir. Ayrıca, farklı yüksekliklerin ve aynı yükseklikte farklı kamera açılarından üretilen ortogörüntünün doğruluk irdelemesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı (İHA), OrtoGörüntü, Eğik Fotogrametri, Dijital Fotogrametri

The Investigation of The Height and The Camera Angle in The Production of Orthoimage with Images of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are motorized or non-motorized aerial vehicle with an automatic or semi-automatic flight principle. Firstly, UAV's were used for military purposes. Along with the developments in recent years, UAV's have been widely used in many commercial and scientific studies such as disaster management and planning, forestry, photogrammetric assessment, road and river observations and the production of 3D models of land or object. High-resolution images can be obtained with the integration of digital cameras into UAV's. Although image processing is difficult and time-consuming, digital photogrammetry alleviates this problem and can produce 3D dense point cloud, Digital Surface Model (DSM) and orthoimages. In this study, orthoimage was obtained from high resolution digital images which taken using 90° camera angles at 60 and 80-meter altitude and 45°, 60° and 90° camera angles at 100-meter altitude in Istanbul Technical University Ayazağa campus. Subsequently, using geodetic methods, accuracy of orthoimages were tested via 5 ground control points which established before study. Also, effect of different altitude and camera angles at same altitude on accuracy of orthoimages were investigated.

* Sorumlu Yazar

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto Image, Oblique Photogrammetry, Digital Photogrammetry*

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dijital fotogrametri çalışmalarında dijital kameraların entegre edildiği İHA'lar tarafından elde edilen görüntülerden üretilen verilerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. İHA'lar hız, maliyet, doğruluk gibi sağladıkları birçok avantajlardan dolayı farklı çalışma gruplarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. İHA yardımıyla gerçekleştirilen çalışmalar yersel fotogrametrideki hassasiyete yaklaşmakta ve çalışmaları kısa sürede tamamlayabilmesi açısından birçok farklı alanda uygulanma olanağı bulmaktadır (Eisenbeis, 2009).

Niethammer vd., (2010), yüksek çözünürlüklü heyelan görüntülerinin elde edilmesi ve heyelanların izlenmesi, Wing vd., (2014), orman alanlarda yüzeylerin çıkarılması, Döner vd., (2014), İHA görüntülerinin haritalama çalışmalarında kullanılması, Mases vd., (2015), İHA'ların geniş ölçekli afet çalışmalarında iletişim sağlaması, Akgül vd., (2016), yüksek hassasiyetli sayısal yükseklik modeli üretilmesi ve ormancılık alanlarında kullanılması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İHA'lar, klasik hava fotogrametrisinde kullanılan uçakların tersine objeye yakın ve düşük yüksekliklerde uçuş imkânı sunmaktadır. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı hava araçlarının kullanılmayacağı bazı durumlarda İHA'lar alternatif bir yöntem olarak önerilmektedir. Ayrıca, küçük çaplı klasik hava fotogrametrisi uygulamalarında karşılaşılan yüksek orandaki veri hacmi ve maliyete karşılık İHA'ların kullanılmasıyla büyük oranda ekonomi sağlanabilmektedir. İHA görüntüleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturma ve objelerin 3 boyutlu modellenmesi çalışmalarında kullanılabilir.

Fotogrametrik işlemler yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesiyle birlikte ortogörüntüler üretilebilmekte, bu görüntüler üzerinden çizim ve görüntü yorumlama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında hem farklı yüksekliklerin, hem de aynı yükseklikte farklı kamera açıları

kullanılarak elde edilen görüntüler yardımıyla üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu irdelenmiştir.

2. YÖNTEM

İHA'lardan elde edilen görüntüler klasik fotogrametrik yazılımlar veya bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilebilir. Bu yöntemlerin fotogrametrik temelini aynı olmasına karşı bilgisayar destekli görüntü işleme tekniklerinde farklı algoritmalar kullanılması, verilerin değerlendirilmesinde yeni bir bakış açısının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

İHA yardımıyla elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin değerlendirilmesinin klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmesi oldukça zor ve zaman alıcı bir iştir. Bu amaçla, yoğun veri kümelerinin işlenmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlı görme teknolojilerinin sağladıkları yüksek hız ve doğruluğun yanı sıra getirdikleri minimum operatör katkısı, ana ve zor aşama olan ortak alanların belirlenip stereo modelin oluşturulması için gereken ve operatörün görsel aktivitelerine dayanan elle yapılan işlemler yarı otomatik veya otomatik hale getirilmektedir (Yaşayan, 2011).

Bu yöntemle, stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri ya da görüntülerdeki tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar, ormanlık alanlar ve kentsel alanlarda da görüntü eşleme işlemi başarı ile gerçekleştirilebilmektedir (Haala, 2013).

Bilgisayarlı görme uygulamalarında görüntülerdeki bağlantı noktalarının çıkarılmasında nesne tanıma algoritmalarına sıklıkla yer verilir. Nesne tanıma, medikal görüntü işlemede tanı koyma, savunma sanayinde, güvenlik veya hedef tanıma gibi amaçlarla birçok farklı alanda kullanılmaktadır

(Jain, 1989; Zhou vd., 2009). Kullanılacak nesne tanıma yöntemini, kullanım amacı belirleyecektir. Nesne tanıma görünüş tabanlı veya öznitelik tabanlı olarak yapılabilmektedir.

Öznitelik tabanlı nesne tanıma yöntemleri ise, nesnenin global veya bölgesel özniteliklerinin kullanımına göre kendi içinde ayrılır (Ma, Y. vd., 2004). Değişken koşulların varlığı ve en önemli zorlayıcı faktör olan nesnenin başka nesnelere tarafından engellenmiş olma durumu sebepleriyle, bölgesel özniteliklerden faydalanarak tanıma işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Böylece nesnelere bütününden bağımsız olarak aranabilir olmuştur (Çetin, 2011).

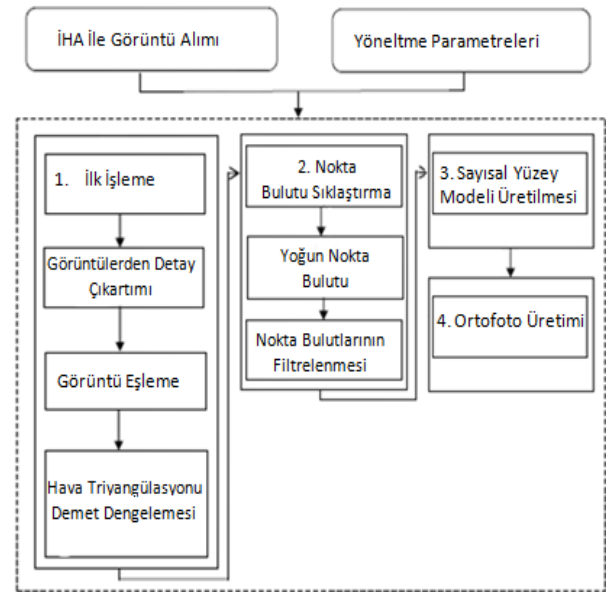
Lowe ve arkadaşlarının 2004 yılında ortaya koydukları algoritma, nesnelere bölgesel özniteliklerinin ölçekten bağımsız olarak çıkarılmasında kullanılan bir yöntem olarak ortaya konulmuştur. Çıkarılan bu öznitelikler nesnenin ölçeği ve yöneliminden bağımsız olduğundan gerçek görüntülerde farklı açılardan görünen nesne veya ortamları eşleştirme amacıyla kullanılabilir.

Görüntü eşleme işlemi sonrasında, görüntü alımında kullanılan kameranın iç ve dış yönelme elemanları kullanılarak eşlenen pikselin 3B koordinatları hesaplanmaktadır. Buradaki temel sorun problemin karmaşık olması, eşleme işleminin başarısının birçok faktöre bağlı olmasıdır. Yaşanan sorunların çözümü için gerek fotogrametri gerekse bilgisayarlı görme (computer vision) alanında birçok yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda kullanılan en bilinen yaklaşım SGM (Semi Global Matching)'dir. Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak yoğun nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme aralığına (YÖA/GSD) eşit olabilmektedir (Yastıklı, 2012).

Oluşturulan SYM üzerinden ortogörüntüler üretilebilmesi için görüntülere ortorektifikasyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ortorektifikasyon işlemi

gerçekleştirilerek görüntü verisi doğru mesafe, pozisyon, açı, alan ölçümü yapmak mümkündür (Düzgün, 2010).

Günümüzde, geliştirilen ticari amaçlı yazılımlar iç yönelme ve dış yönelme aşamalarını gerçekleştirme için kendilerine özgü algoritmalara sahiptir ve böylece İHA görüntüleri büyük bir başarı ile geometrik olarak düzeltilerek yöneltilmektedir (Bhandari, 2015). Bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar kullanılarak görüntülerin değerlendirilmesindeki iş akışı Şekil 1' de gösterilmektedir.

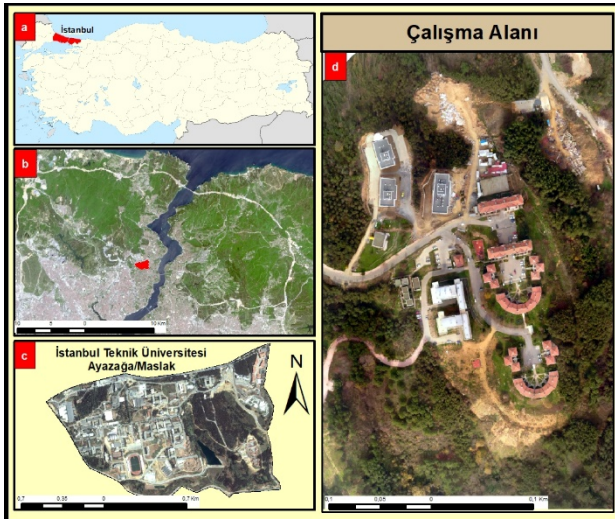


Şekil 1: Bilgisayarlı Görme Tabanlı Görüntülerin Değerlendirilmesi (Bhandari, 2015)

3. UYGULAMA

3.1. Çalışma Alanı

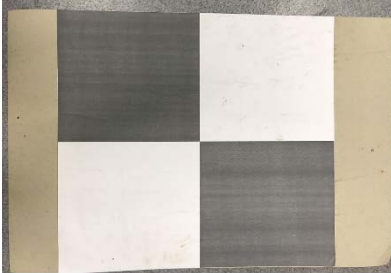
İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesinde yer alan ve yaklaşık 8 ha alana sahip kamu konutları çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanı (a. Türkiye İller Haritası, b. İstanbul Landsat Uydu Görüntüsü, c. İTÜ İKONOS Uydu Görüntüsü, d. Çalışma Alanı (Ortogörüntü))

3.2. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

İHA'ya entegre edilmiş GPS/IMU alıcısı ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş fotoğrafların dengelenebilmesi için çalışma alanını kapsayacak biçimde 20 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir. YKN fotogrametrik değerlendirme aşamasında net görüntülenebilmesi için 50cm x 50cm boyutlarında tasarlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yer Kontrol Noktası

Nokta konumlarının belirlenmesinde Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHÜY) kriterleri incelenmiştir. Nokta seçiminde görüşün açık olmasına, yansıtıcı etki (multipath) oluşmasına neden olabilecek herhangi bir cisimden uzak olmasına ve çalışma bölgesinin karakteristik özelliklerini en iyi şekilde belirlenebileceği homojen bir dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Nokta koordinatları çift frekanslı GNSS alıcıları kullanılarak hızlı statik ölçme

teknigi ile 30 dakika ölçme süreleri gözetilerek belirlenmiştir. Hızlı statik ölçme yöntemi tamsayı belirsizliğinin çözümüne olanak sağlayan ve kısa bazların (< 20 km) 5-10 mm + 1ppm hassasiyeti ile belirlenebildiği ölçme tekniğidir. Baz çözümlenmesi IGS (International GNSS Station) noktası ISTA ve İSKİ UKBS (İSKİ Uzaydan Konum Belirleme Sistemi) PALA noktasına ait 1 saniyelik gözlem verileri kullanılarak Leica Geo Office yardımıyla belirlenmiştir. ISTA noktasının çalışma bölgesine olan uzaklığı yaklaşık 1.5 km, PALA noktasının ise yaklaşık 7 km'dir. Minimum uydu yükseklik açısı 150 ve troposfer modeli olarak GMF (Global Mapping Function) seçilerek baz çözümü gerçekleştirilmiştir. Dengeleme sonrası nokta konumlarının karesel ortalama hatası $\pm 1.1 - 2.4$ cm olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanına tesis edilmiş YKN 'lerin dağılımı şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yer Kontrol Noktaları Dağılımı

3.3. Görüntülerin Elde Edilmesi

İHA'lerden elde edilen görüntülerin değerlendirilebilmesi için görüntülerin belirli örtü oranıyla çekilmesi gerekmektedir. Klasik hava fotogrametrisinde görüntüler %60 boyuna ve %20 enine örtü oranıyla çekilmektedir. Ancak, bilgisayarlı görme tabanlı sayısal fotogrametrik yazılımlarda kullanılan algoritmalar %80 boyuna ve %60 enine örtü oranıyla daha doğru görüntü eşleştirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanında yapılan tüm uçuşlar söz konusu örtü oranı göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki tüm uçuşlar aynı gün içinde ve en kısa sürede tamamlanarak güneş ışını etkisi en aza indirilmiştir. Aynı alana ait farklı açı ve yükseklikten çekilen ham görüntüler şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Çekilen Resimler ve Özellikleri

3.4. Kullanılan Araç ve Yazılımlar

Bu çalışma kapsamında otomatik ve yarı otomatik uçuş yeteneğine sahip DJI firmasının

ürettiği PHANTOM-4 modeli insansız hava aracı kullanılmıştır (Şekil 6). PHANTOM 4 İHA entegre GoPro kamera ile görüntü kaydı yapmaktadır. Kullanılan GoPro kameranın teknik özellikleri;

- Görüntü boyutu 4000*3000
- 1/2.3" CMOS sensör
- 35 mm odak uzaklığı
- Piksel boyutu 6 mm * 4 mm



Şekil 6. DJI PHANTOM-4

İHA'dan elde edilen görüntülerin değerlendirmesi AgiSoft Photoscan yazılımında gerçekleştirilmiştir. AgiSoft Photoscan, hem çok sayıda yüksek çözünürlüklü görüntülerin eşlenmesi hem de bu görüntüler kullanılarak 3 boyutlu modeller ve ortogörüntülerin üretilmesine olanak sağlamaktadır.

3.4.1. İHA Görüntülerinin Fotogrametrik Değerlendirilmesi,

İHA'lerden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin fotogrametrik değerlendirilmesi için birçok yazılım mevcuttur. Ancak, İHA'lerden çok sayıda yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmektedir. Bu görüntülerin klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlarla değerlendirilmesi zaman alıcı ve zor bir işidir. Bu amaçla sayısal fotogrametrisinin dâhil edildiği bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, çalışma alanından İHA ile elde edilmiş görüntüler değerlendirilmeye alınmadan önce DJI Phantom 4' e entegre GoPro kameranın kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonradan İHA' da bulunan GPS/IMU sistemi verileri kullanılarak hava trayangülasyonu sonucu dış yöneltme

parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler yazılımda girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bilgisayarlı görme tabanlı yazılım olan AgiSoft Photoscan ile çalışma alanından elde edilmiş İHA görüntülerine sırasıyla, görüntülerden detay çıkarılması (bağlantı noktaları), görüntü eşleme, hava triyagülasyonu, sayısal yüzey modeli üretilmesi ve ortogörüntülerin üretilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yazılımda, görüntülerin değerlendirilmesi YKN'lerin konumlandırılması dışında tam otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Çalışmada öncelikle 20 adet YKN tesis edilmiştir. Ancak, çalışma esnasında gerçekleşen bazı olumsuz durumlardan dolayı YKN'lerde deformasyonlar meydana gelmiş ve deforme olan bu 5 adet YKN çalışmaya dahil edilmemiştir. Test kontrol noktaları olarak hataların yüksek çıkma ihtimali olan yüksekliğin ani değişim gösterdiği 5 nokta seçilmiştir. Çalışma alanına homojen olarak dağıtılan farklı 10 YKN ise ortogörüntülerin üretilmesi için kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan fotogrametrik değerlendirme iş akışı yöntem bölümünde Şekil 1' de net bir biçimde açıklanmıştır.

4. BULGULAR

Yapılan çalışma sonrasında GNSS ölçmeleri ile koordinat değerleri hesaplanmış noktalar ile 3 farklı kamera açısı ile aynı yükseklikten elde edilen 3 farklı ortogörüntü ve 3 farklı yükseklikten elde edilen 3 farklı ortogörüntü üzerinde yapılan koordinat okumaları karşılaştırılarak elde edilen doğruluk analizlerinin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Doğruluk analizinin yapılacağı noktalar belirlenmek için yüksekliklerin değiştiği alanlardaki noktaların kullanılması tercih edilmiştir. Tablo incelendiğinde; 450 lik açı ile çekilen fotoğraflardan üretilen ortogörüntü diğerlerine göre daha yüksek doğrulukta olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak resim çekim açısıyla güneş ışınlarının uygun olması olarak değerlendirilmiştir. Üç farklı açı ile üretilen ortogörüntüler Şekil 7'da verilmiştir.



Şekil 7. 100 m yükseklikte 450, 600, 900 resim çekim açılı görüntüler kullanılarak üretilen ortogörüntüler

Kamera açıları kendi içinde dikkate alındığında, 450 kamera açısı ile elde edilen kullanılarak üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu en yüksek çıkmıştır. Görüntü çekim yükseklikleri kendi içinde dikkate alındığında, 60m yükseklik 900 kamera açısı kullanılarak üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu en yüksek çıkmıştır.

Tablo 1. Üç farklı yükseklik ve üç kamera açısı ile üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu

Kontrol Noktası	100m 90°		100m 60°		100m 45°		80m 90°		60m 90°	
	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)
101	0.026	0.074	0.035	0.056	0.029	0.034	0.015	0.017	0.018	0.016
102	0.064	0.065	0.049	0.065	0.025	0.027	0.028	0.023	0.028	0.011
109	0.074	0.053	0.034	0.033	0.028	0.029	0.018	0.029	0.016	0.021
114	0.042	0.052	0.033	0.04	0.033	0.027	0.031	0.021	0.02	0.041
120	0.028	0.049	0.025	0.037	0.019	0.014	0.015	0.025	0.017	0.013
KOH(m)	0.047	0.0586	0.0352	0.0462	0.0268	0.0262	0.0214	0.023	0.0198	0.0204

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İTÜ Ayazağa Yerleşkesinde yapılan bu çalışma ile İHA'ların ortogörüntü üretiminde başarı ile kullanılabilceği bir kez daha gösterilmiştir. Farklı yüksekliklerde ve farklı resim açılarıyla üretilen ortogörüntüler doğruluk açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç ürünler irdelendiğinde görüntü elde edilmesi için görüntü çekim açının doğru belirlenmesinin yanında resim çekimi için en uygun zamanında belirlenmesinin önemli olduğu ortaya konulmuştur. Bu açıdan bakıldığında klasik fotogrametrik çalışmalardan elde edilen bilgi ve birikimin İHA destekli fotogrametri çalışmalarında da önemli olduğu değerlendirilmiştir. Eğik görüntü çekim açısı kullanılarak elde edilen görüntüler yardımıyla üretilen ortogörüntülerde, dik(nadir) görüntü çekim açısına nazaran daha az boşluklu(veri alınamamış) bölgeler rastlanmaktadır. Ancak bu avantaj beraberinde daha fazla veri hacmi gibi dezavantajlar doğurmaktadır. Bilindiği üzere bilgisayarlı görme tabanlı dijital fotogrametrik yazılımlarda, yüzlerce görüntünün aynı değerlendirilebilmesi için normal seviyenin üstünde donanım yapısı gerekmektedir. Eğik fotogrametri ile birlikte eklenen veri hacmi, yüksek donanım seviyesi ve bununla birlikte maliyet gerektirebilir.

NOT: Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27- 29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunula ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

KAYNAKÇA

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülcü, S., Öztürk, T., 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları, Journal of the Faculty

of Forestry Istanbul University 66(1): 104-118. DOI: 10.17099/jffiu.23976

- Bhandari, B., Oli, U., Pudasaini, U. ve Panta, N., 2015. Generation Of High Resolution DSM Using UAV Images, FIG Working Week 2015 From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World, 17-21 May 2015, Sofia, Bulgaria.
- Çetin, F. H., 2011. Bir görüntüdeki nesnenin bir başka görüntüde bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Döner, F., Özdemir, S. ve Ceylan, M., İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı., 2014. 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Düzgün, Ş., 2010. Uzaktan algılamaya giriş ders notları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Eisenbeis, H., 2009. UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland:: ETH.
- Haala, N., 2013. The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.
- Jain, A. K., 1989. Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall.
- Lowe, D. G., 2004. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International journal of computer vision, 60(2), 91-110.
- Ma, Y., Soatto, S., Košecká, J., & Sastry, S. S. (2004). Step-by-Step Building of a 3-D Model from Images. An Invitation to 3-D Vision, 375-411.
- Mesas-Carrascosa, F. J., Notario-García, M. D., de Larriva, J. E. M., de la Orden, M. S., & Porras, A. G. F. (2014). Validation of measurements of land plot area using UAV imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 33, 270-279.
- Niethammer, U., Rothmund, S. and Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: Landslide processes, Ed.: CERG Editions, Strasbourg, 69-74.

-
- Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve Sessions, J., 2014. A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 4(3), 113-120.
- Yastıklı, N. ve Bayraktar, H., 2014. Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları İle Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295
- Zhou, H., Yuan, Y. ve Shi, C., 2009. Object tracking using SIFT features and mean shift, *Computer Vision and Image Understanding (CVIU)*, Vol.113, No.3, pp.345-352.