BURSA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ BUSKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ M3 VE M4 PROJELERİ VE KAZANIMLARI

Şenol KUŞCU[1], M. Sait AYIK[2], Umut G. SEFERCİK[1], Murat ORUÇ[1], Murat KARAOĞLU[2], Fatih ALİYAZICIOĞLU[1]

[1] : Prof.Dr.,Yrd.Doç.Dr, Uzman, Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Zonguldak, senolkuscu@yahoo.com, ugsefercik@hotmail.com, orucm@hotmail.com, fatih@aliyazicioglu.com
[2] : BUSKİ Genel Müdürlüğü, Emlak ve İstimlak Daire Başkanlığı, mayik@buski.gov.tr, mkaraoglu@buki.gov.tr

ÖZET

3500 km^2 dolayında bir alana sahip olan Bursa Metropolitan Alanı (BMA) üç milyona yakın bir nüfusa ve yıllık olarak yaklaşık %4 nüfus artışına sahiptir. Bu alan, Güney Marmara sahilleri ve ortalama 100m yüksekliğindeki Bursa Ovası ile 2500m' yi aşan yükseklikler sahip Uludağ-dağ silsilesi arasında, hızlı değişen arızalı bir topoğrafik yapıya sahiptir. Ülkemizin önemli bir endüstri, tarım ve turizm bölgesi olması nedeniyle Ülke ekonomisine sağladığı katma değer açısından 4. sırada bulunan kent ayrıca, ülkenin en aktif deprem kuşağını oluşturan Kuzey Anadolu Fay Hattının güney batı bölümünün etki alanındadır ve I. derece deprem bölgesidir.

BMA' nın yukarıda belirtilen özellikleri nedeniyle coğrafi verilerdeki değişim hızlı ve fazla olmaktadır. Bölgenin ekonomik ve sosyal gelişmesine, nüfus artışına paralel olarak, coğrafi tabanlı planlama, proje üretme ve uygulama faaliyetlerine duyulan ihtiyaçlar da aynı oranda artmaktadır. Dolayısıyla, arazi içerikli planlama, projelendirme ve uygulamalar için de güncel ve güvenilir coğrafi tabanlı veriler ve bilgiler en başta gelen temel gereksinimler olmaktadır. Genişleyen ve gelişen BMA için en fazla ihtiyaç duyulan coğrafi bilgi ve belgelerin başında da bölgenin güncel ve güvenilir büyük ölçekli temel planları (büyük ölçekli haritaları), mülkiyet ve imar bilgileri gelmektedir.

Başta Bursa Büyükşehir Belediyesi ve Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Genel Müdürlüğü omak üzere bölgede, coğrafi tabanlı proje ve planlama hizmet ve uygulamaları gerçekleştiren tüm kurumların bu tür faaliyetlerine temel oluşturmak üzere, BUSKİ Genel Müdürlüğü tarafından yaklaşık 3500 km^2' lik bir alanın ulusal standartlarda 1/1000 ve 1/5000 ölçekli dijital fotogrametrik temel planlarının yapılması projesi uygulamaya konulmuştur.

Dijital fotogrametri konusunda ülkemizin en kapsamlı uygulaması olan projenin ilk etabı, 2008 Kasım-2011 Mayıs tarihleri arasında 27 aylık süre zarfında M3 adı ile Mescioğlu Mühendislik A. Ş. firması tarafından gerçekleştirilmiştir. 2. etaba ise 2011 Eylül ayında M4 adı ile başlanmış ve halen aynı firma tarafından devam edilmektedir. Proje kapsamında, uçuş, görüntü kayıt ve görüntü işleme ile ilgili en gelişmiş yazılım ve donanımlar kullanılmaktadır. Projede, Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünden Kontrollük ve Müşavirlik hizmetleri alınmaktadır.

Bu çalışmada, bu teknoloji yoğun uygulama projesi ve proje ile ulaşılan grafik ve sözel kazanımlar ile ilgili teknik bilgiler verilmiş ve geleceğe yönelik bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dijital Fotogrametri, Dijital hava kamerası, Temel plan, Coğrafi veri

ABSTRACT

BURSA METROPOLITAN MUNICIPALITY GENERAL DIRECTORATE of BUSKİ M3, M4 PROJECTS and THEIR GAINS

Bursa Metropolitan Area with an area of 3500 km^2 has almost three million population and annual population growth of the area is about 4%. This area has a fast-changing topography located between Southern Marmara Coast, Bursa Plain that has average 100m elevation and 2500m exceeding heights of Uludag mountain range. Since it is an important industry, agriculture and tourism region of Turkey, it is ranked as 4th in terms of added-value to economy of country. Moreover, this area is located in the impact area of southern west part of North Anatolian Fault and it is on 1st degree earthquake zone.

General Directorate of BUSKİ (Bursa Water and Sewerage Administration) has put into practice the project of production of digital photogrammetric 1/1000 and 1/5000 scaled maps of 3500 km^2 Bursa Metropolitan Area in order to provide as a basis for all the institutions that perform geographic-based planning and projects particularly to Bursa Metropolitan Municipality and Bursa Water and Sewerage Administration (BUSKİ)

The first stage of the project called as M3 is the most comprehensive photogrammetric application of Turkey and has been completed by Mescioğlu Engineering and Consultancy Inc. between October 2008 and May 2011 in 27 months. Second stage of the project has begun with the name of M4 in September 2011 and is being carried out by the same company. Within the scope of

the project, most advanced software and hardware is being used for flight, image acquisition and image processing. In the project, supervision and consultancy services are provided by Bulent Ecevit University Faculty of Engineering Geodesy and Photogrammetry Engineering Department.

In this study, technical information about this technology-intensive project, graphic and verbal achievements reached by the project and some suggestions for the future are exhibited.

Keywords: Digital Photogrammetry, Digital Aerial Camera, Master Plan, Geographic Data

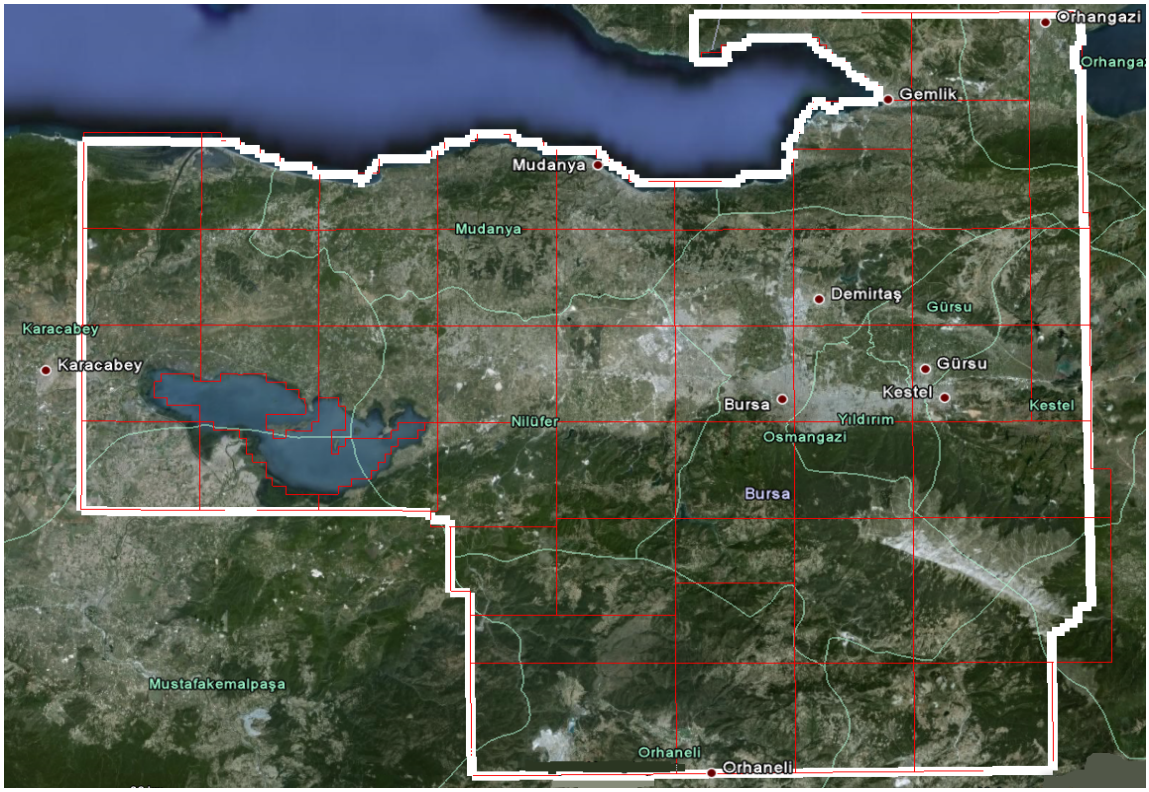
1. GİRİŞ

Bildiri ile 3500 km^2 alanlı ve 3 milyona yakın nüfusa sahip Bursa Metropoliten Alanı (BMA)' nın, 10 cm yer örnekleme aralıklı (YÖA) digital hava fotoğraflarından 1/1000 ve 1/5000 ölçekli Ulusal standartlarda vektör ve ortofoto temel haritalarının yapılması ile ilgili uygulamaların ve ulaşılan sonuçların sunulması amaçlanmaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Sınırları, 39^0.09$'$ – 40^0.50$'$ Kuzey enlemleri ve 28^0.35$'$ – 29^0.45$'$ Doğu boylamları arasında bulunan BMA, Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesinde ve İstanbul Metropolünün etkisindedir. Arazi yapısı, ortalama 100m yüksekliğindeki Bursa Ovası ile 2540m yüksekliğindeki Uludağ arasında değişim gösteren arızalı bir topoğrafyadır. Yaklaşık 4 milyon nüfusa sahip olan alanda, yıllık yaklaşık %5 nüfus artışı gerçekleşmektedir.

Jeolojik açıdan bakıldığında BMA, ülkemizin en aktif deprem kuşağını oluşturan Kuzey Anadolu Fay Hattının batı bölümünün etki alanındadır. Buna bağlı olarak alan, I. derece deprem bölgesidir. Kent, otomotiv endüstrisinin merkezi olup, tarım, turizm ve tekstil sanayisi de oldukça gelişmiş durumdadır. Bu ekonomik özellikleri ile Bursa, ülke ekonomisine sağladığı katma değer açısından 4. sırada bulunmaktadır. Şekil 1, Proje alanının sınırlarını (beyaz hat) göstermektedir.



Şekil 1. Proje alanı

3. BMA İçin Coğrafi Verinin Önemi

BMA' nın, yukarıda belirtilen doğal ve kültürel özellikleri nedeniyle;Yeryüzünün doğal ve insan kaynaklı (manmade) özellikleri çok hızlı değişmektedir. Bu değişikliklere bağlı olarak' da, mevcut coğrafi bilgi ve belgelerin güncelliklerinin sağlanması; uygun yeni genişleme alanları ile ilgili güncel coğrafi verilerin üretilmesi zorunlu olmaktadır.

Bölgenin nüfus artışına ekonomik ve sosyal gelişmesine paralel olarak, yeryüzüne bağlı planlama, proje üretme ve uygulama faaliyetlerine duyulan ihtiyaçlar daha hızlı ve fazla olmaktadır. Bu tür planlama ve uygulamalar için de güncel ve güvenilir coğrafi verilere ve bilgilere temel gereksinimler duyulmaktadır. Gelişen ve genişleyen BMA için, bu temel gereksinimlerden ilki olan: "BMA' nın mevcut büyük ölçekli vektör ve ortofoto haritalarının güncellenmesi ve yenilerinin yapılması" na ihtiyaç duyulmuş ve gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

4. Projenin Temel Özellikleri ve Amacı

2008 yılı Kasım ayında ihale yolu ile başlanılan projenin yaklaşık 4 milyon $' lık bir bütçesi 24 ay' da gerçekleştirilmesi planlanmış ve BMA' nın 1/1000 ve 1/5000 Ölçekli fotogrametrik vektör ve renkli ortofoto temel planlarının yapılması amaçlanmıştır.

Üretilecek temel planların ve coğrafi verilerin:

- GRS 80 Elipsoidi ITRF–96 Datumunda,
- ±10 cm konum ve yükseklik doğruluğunda,
- Mevcut topoğrafik ve tematik planlarla uyumlu (entegre olabilir),
- Ulusal coğrafi veri altyapısı standartlarına ve her türlü coğrafi tabanlı bilgi sistemlerine; yerel ve genel yönetimlerin her türlü planlama, projelendirme ve arazi içerikli diğer uygulama faaliyetlerine altlık oluşturulacak nitelikte,

olması öngörülmüştür.

5. Projenin Gerçekleştirilmesindeki İş Akışı

Proje, aşağıda belirtilen iş adımlarında planlanmış ve uygulamaya konulmuştur. Bu aşamalara bağlı olarak proje,

- Jeodezik altyapının oluşturulması
- Uçuş ve görüntü kaydı,
- Görüntü işleme,
- Fotogrametrik Nirengi ve Dengeleme,
- Stereo kıymetlendirme,
- Ortofoto harita,
- Bütünleme ve kalite kontrol iş adımları,

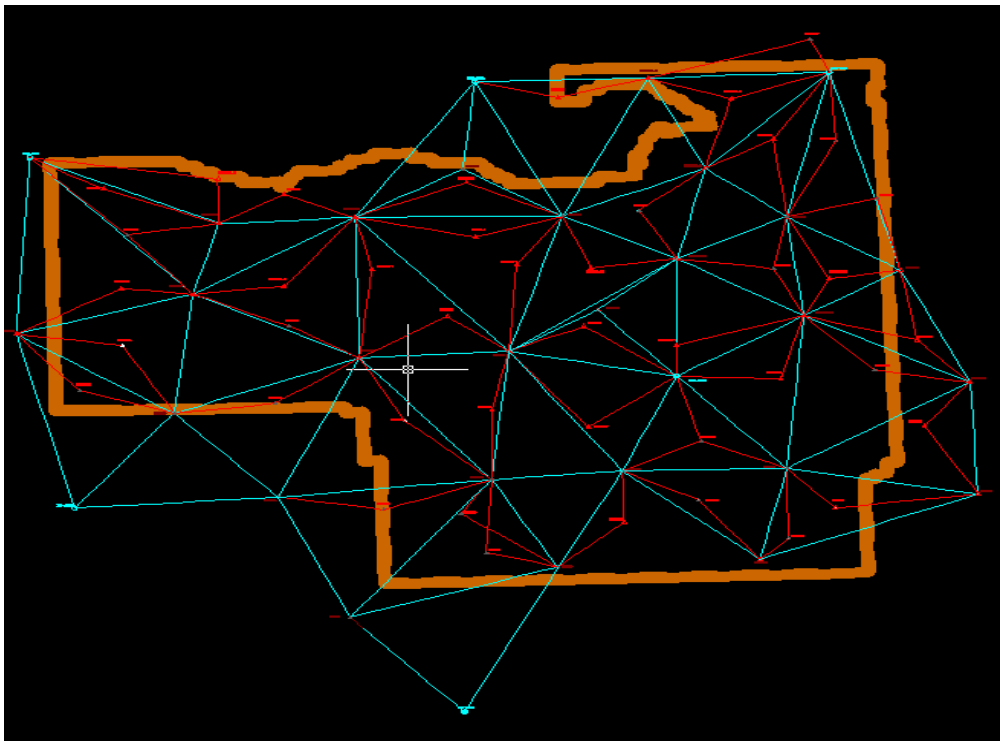
ile gerçekleştirilmektedir.

6. Jeodezik Çalışmalar

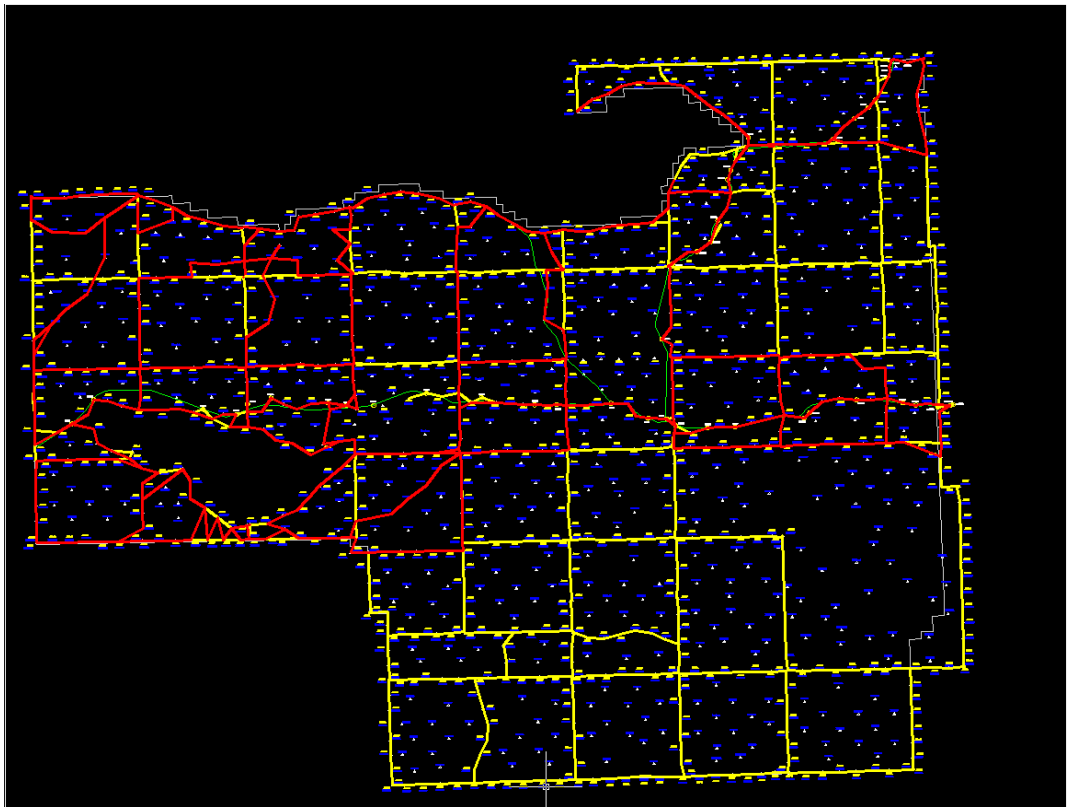
3500 km^2 proje alanında; Yapılan fotogrametrik projelendirme ve her türlü coğrafi tabanlı uygulama gereksinimleri için; proje teknik şartnamesine uygun olarak: Türkiye Ulusal Temel Jeodezik Ağ' a bağlı,
5-15 km ara mesafeli 73 adet 1. ve 2. derece nirengi noktasından oluşan (hızları hesaplanmış) ana jeodezik GPS ağı oluşturulmuştur. (Şekil 3).

Oluşturulan bu Jeodezik GPS ağında belirlenen doğruluk: $ó_{\Delta X}$, $ó_{\Delta Y}$, $ó_{\Delta Z}$ $\leq \pm$ (10mm + ppm), $ó_{\delta}$, $ó_{\lambda} \leq \pm$ 3 cm $ó_{h} \leq \pm$ 5 cm dolaylarında olmaktadır.

Ayrıca Ana jeodezik ağa bağlı, klasik ve aynı zamanda kinematik GPS destekli fotogrametrik uçuş ve işlemlere uygun: 0.800-1.5 km ara mesafeli 1200 adet 3. derece GPS noktaları tesis edilmiştir.



Şekil 3. 73 Noktalı Ana Jeodezik Ağın Yapısı



Şekil 4. C3 ve Geometrik Nivelman Ağı

Proje alanında, 1740 km hassas nivelman yapılarak 460 noktadan oluşan nivelman ağı oluşturulmuştur. Bu ağ için elde edilen Serbest dengeleme karesel ortalama hata değeri; $m_0 = \pm 3.83$ mm olmaktadır.

Ağda ayrıca geometrik nivelman yapılamayan 7 noktanın yüksekliği GPS nivelmanı yöntemi ile belirlenmiştir. Bunun için elde edilen karesel ortalama hata değeri ise $m_0 = \pm 4.37$ mm değerindedir.

Aşağıda, Tablo 1' de, bu ölçülere dayalı olarak üretilen yerel geoide ait sonuç bilgileri verilmektedir.

Tablo 1. Lokal Jeoid Hesabı Özet tablosu

Yararlanılan nokta sayısı	433
Serbestlik derecesi	414
Test sınır değeri	3.8278
Polinom derecesi	5. derece 19 terimli
Karesel ortalama hata	± 0.054 m
Minimum düzeltme	-0.159
Maksimum düzeltme	0.185
$N_{Min.}$	37.30 m
$N_{Max.}$	39.03 m

7. Fotogrametrik Uçuş ve Fotoğraf Alımı Çalışmaları

Türkiye'de, Büyük Ölçekli fotogrametrik harita yapımı ile ilgili 2005 tarihli Ulusal teknik şartnamede, fotoğraf alımının film bazlı (analog) kameralarla yapılması öngörülmekte; digital kamera kullanılması proje bazında özel izin ile olmaktadır.

BMA Bursa projesinde, (GPS/IMU destekli) digital hava kamerası kullanılmasının yararları, teknik ve ekonomik açılardan değerlendirilmiş ve yüklenicinin dijital kamera kullanmasına izin verilmiştir. Bu kullanımla, analog kamera ve yöntem kullanımına nazaran, projenin tamamında %15 (500. 000 $) dolayında bir ekonomik kazanç sağlanmıştır.

Yine Ulusal Teknik Şartnamede, büyük ölçekli harita yapımında kullanılacak hava kameralarının ve görüntülerin teknik nitelikleri (Görüntülerin yer örnekleme aralığı, fotogrametrik projelendirme parametreleri, konum doğrulukları v.b) ile üretilecek haritaların ölçekleri arasında olması gereken ilişkiler-kriterler tanımlanmamıştır. Bu projede, bu konudaki belirsizlikler de proje yönetimi tarafından aşılmıştır.

8. Projede Kullanılan Uçuş ve Görüntüleme Donanımları, Projelendirme Parametreleri

BMA Bursa projesinde, direk sensör yöneltme sistemi olan GPS/IMU destekli sistem ve digital hava kamerası kullanılmasının yararları, teknik ve ekonomik açılardan değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme kapsamında yüklenicinin dijital hava kamerası kullanmasına izin verilerek projenin en son teknolojik donanım ve sistemle gerçekleştirilmesine olanak sağlanmıştır.

BMA Bursa projesinde kullanılan uçuş ve görüntü donanımları ve bunların özellikleri aşağıdaki Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Uçuş ve görüntüleme donanımları ve özellikleri

Uçak	Cessna T207
Kamera	UltraCam-XP (Lange Format Digital Camera)
Yöntem	GPS /IMU destekli direk sensör yöneltmeli (Direct sensor orientation)

Projede kullanılan dijital hava kamerası Tablo2' de verildiği üzere Mikrosoft firmasının ürettiği geniş formatlı UltraCam dijital hava kamerasının en son versiyonu olan UltraCam XP modelidir. Bu dijital hava kamerasının farklı teknik özelliklere bağlı olarak X ve D modeli olmak üzere diğer modelleri de bulunmaktadır. Belirlenen XP modelinin en son versiyon olması nedeni ile belirtilen diğer modellerinden teknik olarak üstünlükleri bulunmaktadır. Projedeki geniş formatlı dijital hava kamerasının teknik özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Fotogrametrik çalışmalar için üretilmiş farklı teknik özelliklerde diğer dijital hava kameraları da bulunmaktadır. Kullanılan dijital hava kamerasının teknik özelliklerinin bazılarının üstünlüklerinden dolayı fotogrametrik çalışmalarda kullanımı diğerlerine göre çoğunlukla tercih edilen bir dijital hava kamerasıdır. Görüntü kaplama alanının geniş olması ve piksel boyutunun 6µm olması önemli teknik özelliklerinden olmaktadır.

Projede kullanılan Dijital hava kamerası ve Fotogrametrik projelendirme parametreleri aşağıda Tablo 3' de belirtilmiştir.

Tablo 3. UltraCam XP kamerasının özellikleri ve Fotogrametrik projelendirme parametreleri

Görüntü formatı	11310 piksel x 17310 piksel
Piksel boyutu (Ps)	6µm
Kolonlar arası mesafe	1100 m
Kamera Odak uzaklığı (f)	100.5 mm
Baz mesafesi	340 m
Uçuş yüksekliği (h)	~ 57000 ft = 1733 m
Fotoğraf Ölçeği	~ 1/17300 (100.5/1733000)
Yer örnekleme aralığı (GSD)	(Ps/f)h = 0.1034 m
Boyuna Bindirme oranı (Frontlap)	%70
Enine Bindirme oranı (Sidelap)	%30

Proje kapsamında büyük ölçekli fotogrametrik harita yapımı için önemli bir kriter olan yer örnekleme aralığı (GSD) değeri yaklaşık 10cm olarak belirlenmiştir. Kamera odak uzaklığı ve belirlenen yer örnekleme aralığı değerine bağlı olarak uçuş yüksekliği yaklaşık 1733m, fotoğraf (görüntü) ölçeği de yaklaşık 1/17000 değerinde olmuştur.

9. Fotogrametrik Nirengi Ölçme ve Dengeleme

Proje alanı her biri 500-1000 hektar alanlı olarak 30~70 modelden oluşan 49 fotogrametrik bloklara ayrılmıştır. Dengeleme modeli olarak "Işın demetleri ile blok dengeleme" yöntemi uygulanmıştır. Fotogrametrik noktaların dengeleme sonrası karesel ortalama hataları: ± 1-3 cm arasında olmuştur.

Fotogrametrik nirengi ölçümleri Z/I yazılımı olan ISAT (Image Station Automatic Triangulation) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Manuel olarak yapılan ölçümde GPS/INS değerlerinden elde edilen resim orta noktalarının yaklaşık koordinatları girildikten sonra görüntü piramitleri ve iç yöneltmeleri otomatik olarak hesaplanmış ve daha sonra resim ve kolon bağlama noktaları ölçülmüştür.

Kolon ve resim bağlama noktaları; Proje alanında her resmin orta düzeyinde, GRUBER noktalarına yakın, düz zeminlerde kolay tanınabilen ve iyi yorumlanabilen detay noktaları seçilmiştir. Bu noktalar komşu resim ve kolonlarla ortak alanda olup transferleri yapılmıştır. Ayrıca blokta bulunan C3 dereceli yer kontrol noktaları ölçülmüştür.

Fotogrametrik nirengi dengelemesinde ışın demetleri yöntemini destekleyen Match-AT programı kullanılmıştır. Resimlere ait kinematik GPS ile belirlenen izdüşüm merkezlerinin koordinatları dengelemeye dâhil edilmiştir.

Dengelemeler ISAT (Image Station Automatic Triangulation) ve Match-AT yazılımlarında ayrı ayrı yapılarak sonuçlar karşılaştırılmış ve uygunluğu tespit edildikten sonra stereo modelde görsel kontrol yapılmıştır.

Dijital hava kamerası ile alım yapıldığından ve GPS/INS sistemi kullanıldığı için blok kenarlarında dik ve çapraz kolon uçuşu yapılmamıştır.

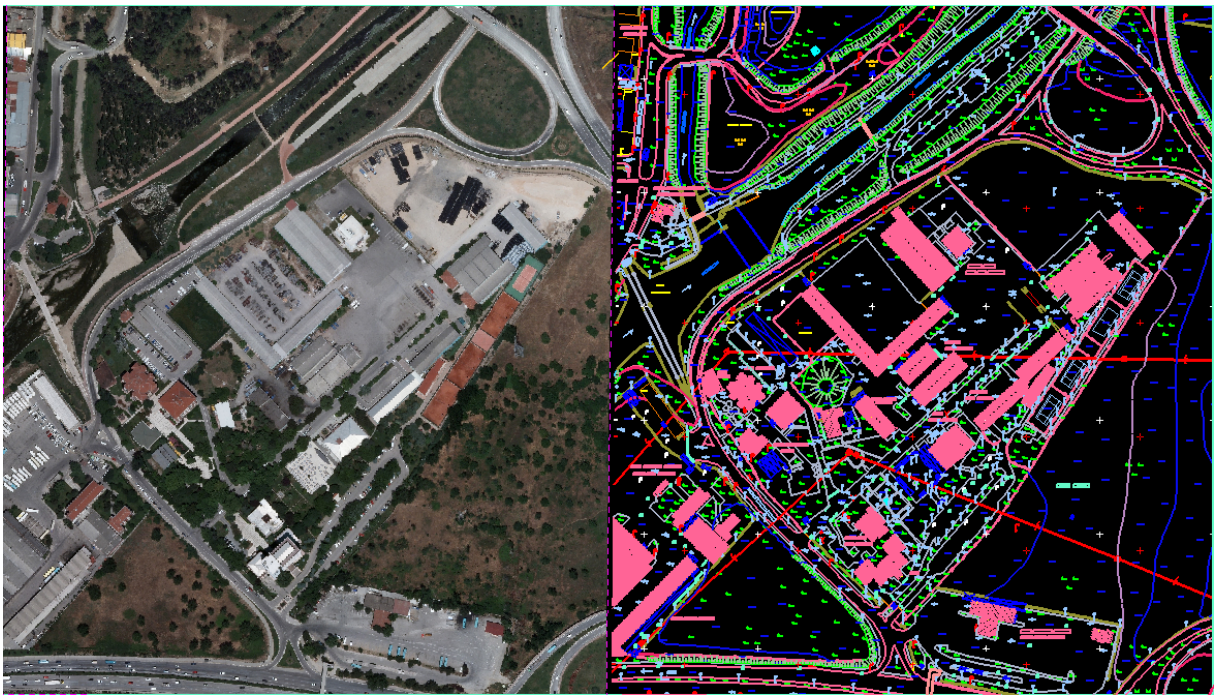
10. Stereo Değerlendirme ve Ortofoto Üretimi

Dijital iş istasyonlarında Fotogrametrik değerlendirme yazılımları ile oluşturulan modeller ve modeller üzerinden yapılan sayılaştırma ve düzeltme işlemleri ile ortofoto ve 1/1000 ölçekli vektör haritalara ait ilk çıktılar elde edilmektedir.

Bu çıktılar üzerinde gerekli editleme, arazi bütünleme ve kalite kontrol çalışmaları yapılarak, son şekli verilen 1/1000 ölçekli paftalar kontrol için (model bilgileri ile) proje kontrol birimine (Müşavir Üniversiteye) teslim edilmektedir.

Diğer iş aşamalarında olduğu gibi kontrol birimi, teslim edilen paftaların (genelde) %10' unda yaptığı büro ve arazi ortam kontroller sonucu belirlenen lokal ve genel eksiklik ve hataların düzeltilmesi için yükleniciye iade edilmektedir.

Bu hatalar ve eksiklikler giderildikten sonra 1/1000 ölçekli ve bu paftalardan genelleştirme ile elde edilen 1/5000 ölçekli paftalar işverene (İdareye) teslim edilmektedir. Projede üretilen ortofoto ve vektör harita örnekleri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.



Şekil 5. BMA Ortofoto Harita Örneği Şekil 6. BMA Vektör Harita Örneği

11. Sonuçlar

BMA gibi yeryüzüne bağlı özelliklerde ki değişimin; sosyal ve ekonomik gelişmelerin hızlı olduğu bölgelerde, coğrafi tabanlı planlama, proje ve hizmetlere duyulan ihtiyaçlar daha fazla olmaktadır.

Bunun için de güncel ve doğru coğrafi bilgiler gerekmektedir. Bu bilgilerin başında da büyük ölçekli temel planlar gelmektedir.

BMA' nın bu ihtiyacının karşılanması için gerçekleştirilen fotogrametrik harita yapım projesi; Ülkenin tam donanımlı, son teknolojiye sahip dijital hava kamerası ve uçuş donanımı ile alınmış ~ 10 cm yer örnekleme aralığı (GSD) değerli görüntülerden 1/1000 ölçekli Ulusal standartlarda vektör ve ortofoto haritaların üretildiği ilk büyük projedir. Bu nedenle, Ülke çapında sonuçları izlenen, bilgi ve deneyim kazanılan bir proje niteliğindedir.

Proje, proje alanında, pafta üretimi ve arazi bütünleme çalışmaları aşamasında devam etmektedir. Üretilen vektör ve ortofoto haritaların ihale ve ulusal teknik şartname koşullarını sağladığı görülmüştür.

Projenin gerçekleştirilmesinde, bu konularda yeterli deneyim ve kadroya sahip olan Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Danışmanlık ve Kontrollük Hizmeti vermektedir.

Proje ile ulaşılan jeodezik ve fotogrametrik uygulama sonuçlarından, Müşavir Üniversitenin, önümüzdeki zaman içinde gerçekleştireceği bir takım önemli bilimsel araştırma, yayın ve akademik faaliyetlerde de yararlanılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Linguaa, A., Nexa, F., (2008) ISPRS Commission IV, WG VI/9

BUSKI Genel Müdürlüğü, (2008) *M3 Projesi İhalesi Teknik Şartnamesi*, Bursa

Türkiye Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, (2005), HKMO, Ankara

EMİ Harita Şirketi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (2006) *1/5000 Ölçekli Harita Üretimi Jeodezik Çalışma Raporu,* İstanbul

İTÜ İnşaat Fakültesi, (2006) *30 cm Yer Örnekleme Aralığı ve Sayısal Kamera Kullanımı ile Gerçekleştirilen Sayısal Hava Fotoğrafı Alımı ve Hava Nirengi Dengelemesi Projesi Teknik Raporu*, İTÜ-İstanbul

Mescioğlu Mühendislik ve İnşaat, BUSKİ Genel Müdürlüğü(2009) *M3 Projesi Jeodezik Çalışmalar Raporu,* Ankara

Mescioğlu mühendislik ve İnşaat Şirketi, BUSKİ Genel Müdürlüğü *M3 Projesi Fotogrametrik Nirengi Ölçü ve Dengeleme Sonuç Raporu*, (2009), Ankara