



# Fotogrametrik Sayısal Halihazır Harita Yapımının Doğruluk Analizi

Gökhan Kara<sup>1,\*</sup>, Hüseyin Kemaldere<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İller Bankası Genel Müdürlüğü, Mekansal Planlama Dairesi Başkanlığı, 06110, Ankara.

<sup>2</sup>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak.

## Özet

*Halihazır harita üretiminde, klasik yersel yöntemler, fotogrametrik yöntem ve LIDAR teknolojisi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en hassas olanı klasik yersel yöntemler olmasına karşın uzun çalışma süresi ve oldukça fazla iş gücü gerektirdiği için geniş alanların haritalarının yapımında fotogrametrik yöntemin kullanımı daha uygun olmaktadır. Ancak bu yöntemin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu araştırmanın amacı, fotogrametrik yöntemin doğruluğunun, yersel yöntemlerle yapılan ölçülerle karşılaştırılarak araştırılmasıdır. Bu doğrultuda, fotogrametrik yöntem ile üretilen 1/1000 ölçekli sayısal halihazır haritanın sınırları içerisinde yersel yöntemlerle kontrol ölçümü yapılarak, fotogrametrik yöntemin, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin (BÖHHBÜY) kontrol standartlarına göre uygunluğu analiz edilmiştir. Proje alanı Erzincan ili Çağlayan belediyesine bağlı toplam beş mahalledir. Cessna 207A uçağı ile üç ayrı blok olarak uçuşu yapılan proje alanında, her bloktan ayrı ayrı olmak üzere üç mahallede yersel (klasik) yöntemlerle ölçüm yapılmıştır. Ölçümler GZK GNSS tekniği ile yapılmıştır. Yatay koordinatların kontrolü için detay noktası olarak bina çatı köşeleri ve duvarlar ölçülüp çizimle kıyaslanmıştır. Yükseklik kontrolü için ise; ölçülen arazi noktalarının, yerel geoid dayanak noktaları ağından enterpole edilerek hesaplanan ortometrik yükseklikleri, çizimden oluşturulan üçgen modelden alınan yükseklik değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kıyaslanma sonucunda, yatay koordinatta ortalama olarak 6 cm, yükseklikte ise ortalama olarak 10 cm fark çıkmıştır. Sonuç olarak üç farklı blokta yapılan ölçümlerin çizimle karşılaştırılmasından elde edilen farklar, BÖHHBÜY'nün kontrol maddelerine göre uygun çıkmıştır. Bu da, fotogrametrik yöntemle yapılan sayısal halihazır haritaların kullanılabilir nitelikte olduğunu göstermektedir.*

## Anahtar Sözcükler

Fotogrametri, Havai Nirengi, Stereo Değerlendirme, Halihazır Harita

## 1. Giriş

Yeryüzü topoğrafyasının ölçümü, ölçekli olarak çizimi ve muhtelif ölçekli topoğrafik haritalarının üretimi, insanoğlunun önemli ilgi, merak ve uğraş alanlarından birisi olmuştur. Topoğrafik harita üretimi başlangıçta tamamen “yersel yöntemler” ya da “klasik yöntemler” olarak isimlendirilen topoğrafik, takeometrik ve jeodezik yöntemlerle gerçekleştirilmiş; müteakiben fotogrametri alanında meydana gelen önemli teknolojik gelişmelere paralel olarak, havadan alınan görüntülerle uygulanmaya başlanmış, son zamanlarda “fotogrametrik yöntem” topoğrafik vektör haritalarının üretiminde en çok başvurulan bir yöntem haline gelmiştir. Fotogrametri; yersel kameralarla yerden, uçağa yerleştirilen kameralarla havadan çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan ölçümlerle yeryüzü topoğrafyasının şekli ve biçimini belirlemeye, arazi yüzeyindeki detayları ve öznelilikleri teşhis ederek muhtelif ölçeklerde topoğrafik haritasını üretmeye yarayan bir teknik veya bilim dalıdır. Fotogrametri tekniğinin matematiksel temelleri yaklaşık yüz yıl önce belirlenmiş olup ilk yıllarda yerden alınan resimlerle uygulanmış, 1930'lu yıllardan itibaren hava kameraları ve uçakların geliştirilmesiyle birlikte, hava fotogrametrisi tekniği haritacılık uygulamalarında yersel çalışmaların yerini almaya başlamıştır (Özbalımcı 2007).

Topoğrafik vektör harita; her bir noktası üç boyutlu koordinatlarıyla tespit edilmiş, ölçeğin gerektirdiği oranda seçilmiş nokta, çizgi ve alan detaylar, detaylara ait öznelilikler, bunlara ilave olarak eğim, şev, tarama, dolgu ve yazı gibi yardımcı elemanlardan oluşan bir haritadır. Fotogrametrik yöntemle bu haritaların üretiminde, planlama aşamasından başlayarak baskı aşamasına kadar geçen süreçte, ilgili yönetmelik ve teknik dokümanlara bire bir uyulmasının gerekliliği yanında, her aşamada dikkat edilmesi gereken bazı kurallar ve teknik esaslar mevcuttur. Fotogrametrik yöntemle harita üretimi ve proje yönetimi; planlama, jeodezi, uçuş, foto-laboratuvar, fotogrametri, topoğrafya, kartografya, coğrafi bilgi sistemi, veri tabanı ve basım hizmetleri gibi farklı tür ve özellikteki uygulamaların bir araya gelmesinden oluşan, oldukça karmaşık ve aynı zamanda birbirine sıkıca bağlı işlemlerden oluşur (Özbalımcı 2007).

Bu çalışmanın amacı, fotogrametrik yöntemin güvenilirliğini irdelemektir. Bu doğrultuda, fotogrametrik yöntem ile üretilen 1/1000 ölçekli sayısal halihazır haritanın meskun ve gayrimeskun alanlarında, klasik yersel yöntemlerle ölçümler (detay ve arazi noktası) yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen yükseklik ve konum bilgileri, fotogrametrik haritadan elde edilen yükseklik ve konum bilgileri ile karşılaştırılmıştır.

\* Sorumlu Yazar: Tel: (0312)3033661 Faks: (0312)3033599

E-posta: gokhank@ilbank.gov.tr (Kara G.), kemaldere@hotmail.com (Kemaldere H.)

## 2. Çalışma Bölgesi

Çalışma alanı, Erzincan ili Çağlayan Belediyesi ve bu Belediye'ye bağlı olan Mertekli, Yamaçlı, Erdene, Derebağ mahallelerinin bulunduğu bölgedir ve 95 Ha. Meskun, 232 Hektar Gayrimeskun olmak üzere toplam 327 Hektarlık bir alandır. Çağlayan, Erzincan il merkezinin 29 km güneydoğusunda Munzur dağının eteğinde bulunmaktadır.

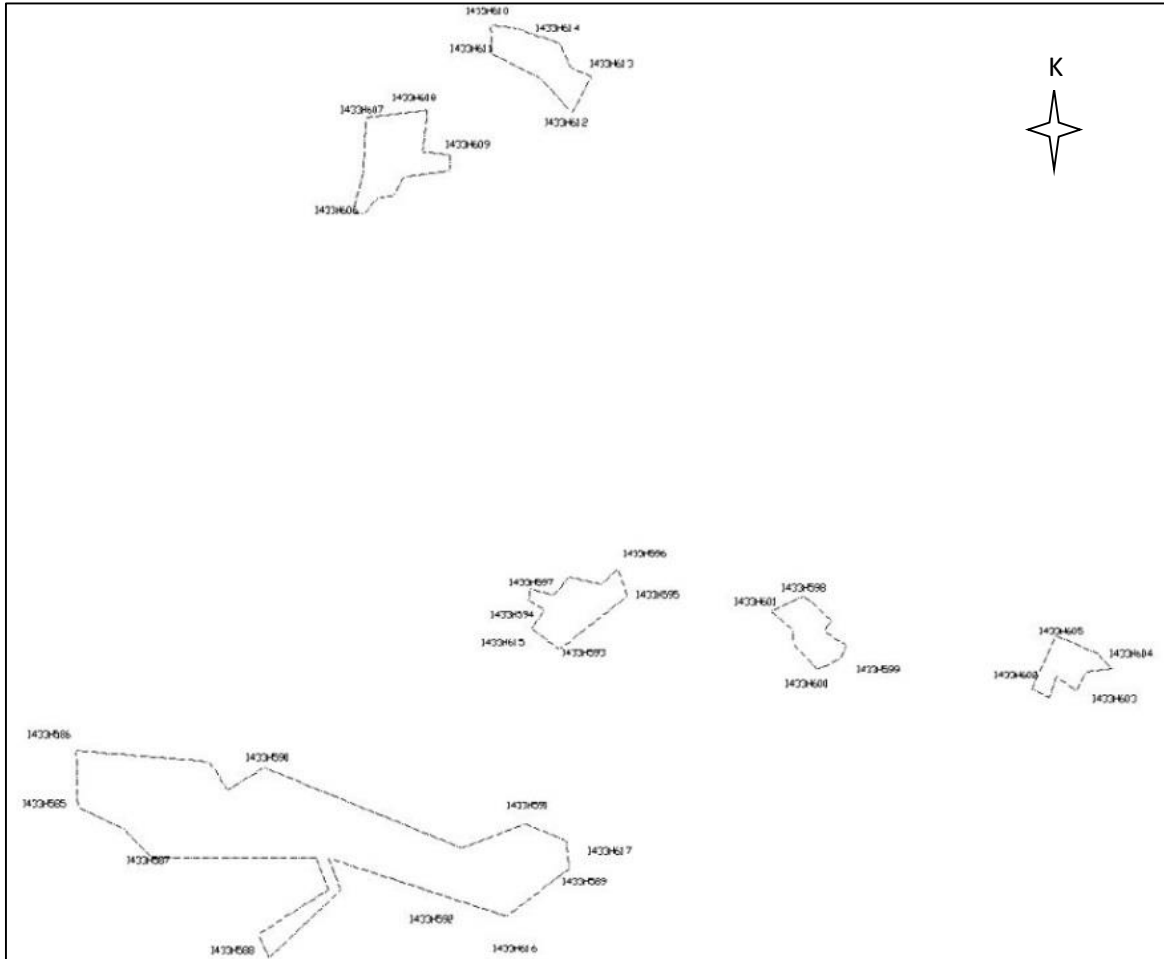
## 3. Jeodezik Çalışmalar

### 3.1. İstikşaf Çalışmaları ve Tesis

Proje tahdit alanı (Şekil 1' de belirtilen) Çağlayan belediyesi ve bu belediyeye bağlı toplam 4 mahalleden oluşmaktadır. Havai nirengi dengelemesi yapılacağı ve yerel jeoit dayanak noktaları ağı oluşturulacağı için tahdit alanının tamamını kapsaması ve uygun dağılımda olmasına dikkat edilerek nirengi noktalarının yerleri planlanmıştır.

Nirengi noktaları, açık alanda fotoğraflardan rahat görünecek şekilde, kolay ulaşılabilir, yakınlarında GNSS sinyallerini bozacak etken olmayan ve sağlam zeminlere tesis edilmiştir. Tesis işlemi ve Nirengi noktalarının boyama işlemi BÖHHBÜY'e uygun şekilde yapılmıştır.

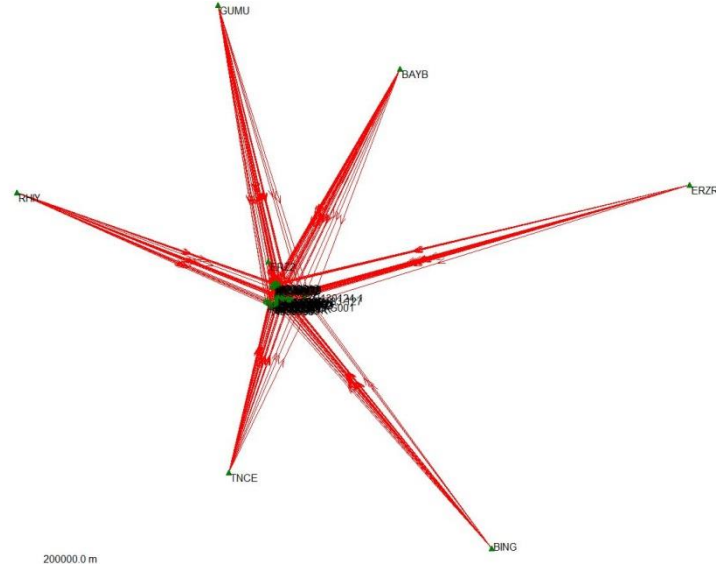
Proje de toplam 33 adet nirengi noktası ve 40 adet nivelman noktası kullanılmıştır. Nirengi noktalarının ortometrik yükseklikleri nivelman yapılarak ölçüldüğü için, nirengi noktaları aynı zamanda nivelman noktaları olarak kullanılmıştır. Bu noktaların dışında meskun alanlarda nivelman noktası olarak duvar noktaları da kullanılmıştır. Şekil 1' de nirengi kanavasını gösterilmiştir, kesikli çizgi ile gösterilen alanlar tahdit alanlarıdır.



Şekil 1: Proje tahdit alanı

### 3.2. Nirengi Noktalarının Ölçümleri ve Hesabı

Nirengi noktalarının ölçümlerinde Leica marka GNSS aletleri, dengeleme hesaplarında da Leica Geo Office programı kullanılmıştır. Ölçümlerde TUSAGA-Aktif istasyonları referans alınarak baz uzunluğuna bağlı olmaksızın statik ölçü yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2'de Nirengi ağı hesap grafiği gösterilmiştir.



Şekil 2: Nirengi ağı hesap grafiği

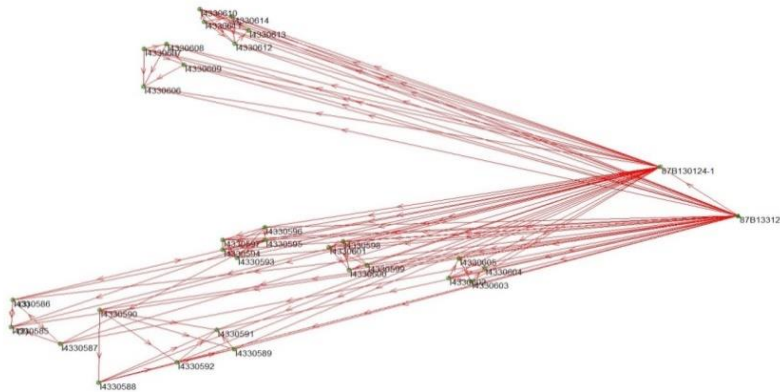
Ölçümler en az 2 saatlik oturumlar şeklinde yapılmıştır. Daha sonra Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nden, proje alanını kapsayan 7 adet TUSAGA-Aktif istasyonunun (BAYB, BING, ER22, ERZR, GUMU, RHIY, TNCE) 2005.0 epoğundaki Kartezyen koordinatları ve ölçü günlerine ait datalar temin edilmiştir. Bu noktaların koordinatları ortalama ölçü epoğu olan 2018.50'ye (02.07.2018) kaydırılmıştır. Nirengi ağı dengelemesi önce serbest sonra dayalı olarak yapılmıştır ve dayalı dengeleme sonucunda noktaların standart sapması 0.015 m'yi geçmemektedir. Daha sonra 3 boyutlu uyuşum testi uygulanmıştır ve test sonucunda ölçek faktörü (scale) -0.0409 ppm çıkmıştır, bu değerler yönetmeliğe (BÖHNBÜY 2005) uygun olduğundan ölçüm ve dengelemede bir hatanın olmadığı belirlenmiştir. C3 derece nirengi noktalarının dengeleme hesabı ölçü epoğundaki koordinatlarla yapılmıştır. C3 noktalarının kartezyen koordinatları ölçü epoğunda belirlendikten sonra, TUSAGA-Aktif noktalarının hızlarından enterpole edilerek hesaplanan hızları kullanılarak referans epoğu olan 2005.0 epoğuna kaydırılmıştır ve ülkemizde kullanılan 3 derece dilimli Transversal Mercator Projeksiyon koordinatlarına dönüştürülmüştür.

### 3.3. Nivelman Ölçümleri ve Hesabı

Nivelman ölçümleri Leica marka aletlerle yapılmıştır. Nivelman noktalarının bazılarında geometrik nivelman yöntemi bazılarında ise GNSS nivelmanı yöntemi kullanılarak yükseklikleri belirlenmiştir.

#### 3.3.1. GNSS Nivelmanı İle Ortometrik Yükseklik Belirleme

Çalışma alanı parça parça ve birbirine uzak mesafede olduğundan dolayı, mahallelere ve Çağlayan'ın merkezindeki bazı ulaşımı zor eğimli noktalara GNSS ile yükseklik belirleme işlemi yapılarak ortometrik yükseklikleri belirlenmiştir. Proje alanına en yakın 2 adet HGM noktası tespit edilip bu noktaların ortometrik yükseklikleri Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Helmert ortometrik yüksekliği bilinen 2 noktadan (127 ve 124), yükseklikleri belirlenecek noktalara Şekil 3'de belirtildiği gibi eş zamanlı GNSS oturumu yapılmıştır.

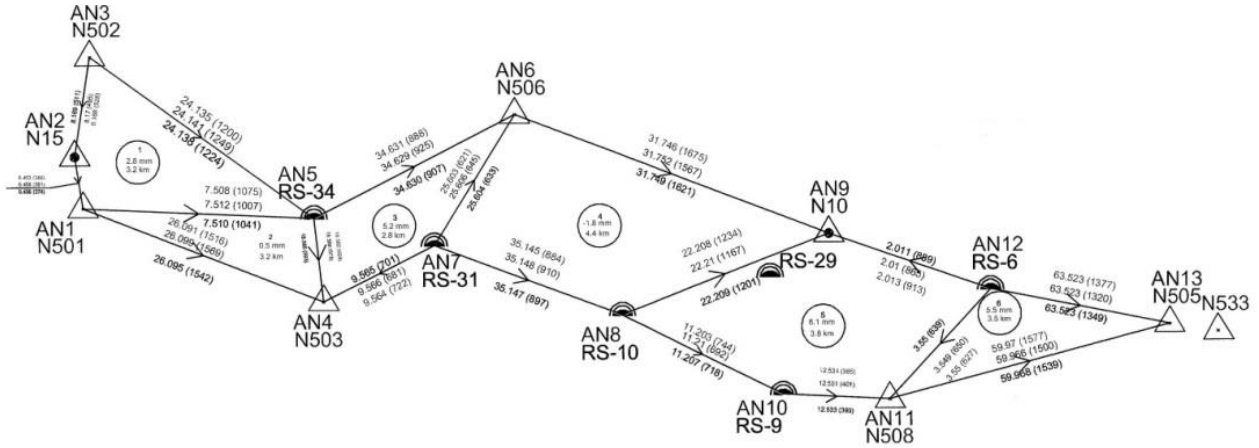


Şekil 3: GNSS ile yükseklik belirleme oturumu

GNSS çözümü yönetmeliğe uygun olarak tek nokta (127 noktası) bilinen kabul edilerek serbest dengeleme ile yapılmıştır. HGM'den, yüksekliği bilinen (127 ve 124 noktaları) ve yüksekliği belirlenecek noktaların jeoit ondülasyonu (N) değerleri temin edilmiştir. GNSS çözümünden elde edilen elipsoit yükseklikler ve HGM den temin edilen jeoit ondülasyonu değerleri yardımıyla ortometrik yüksekliği bilinen 2 nokta sabit alınarak, dengeleme yapılmıştır ve diğer noktaların da ortometrik yüksekleri elde edilmiştir. Dengeleme sonucunda karesel ortalama hata 5 mm çıkmıştır ve lup kapanmaları da tecvizi geçmemektedir.

### 3.3.2. Geometrik Nivelman İle Ortometrik Yükseklik Belirleme

Çağlayan'ın merkezindeki nirengi noktalarına geometrik nivelman yapılarak ortometrik yükseklikleri belirlenmiştir. Geometrik nivelman ağının ölçümü, 5 kenarı geçmeyecek lular şeklinde ve hatların uzunluğu da yönetmeliğe göre uygun şekilde yapılmıştır. İlk önce tek noktadan serbest dengeleme yapılarak ağın uyumuna bakılmıştır ve daha sonra dayalı dengeleme yapılmıştır. Dayalı dengeleme hesabında, daha önceden GNSS ile yüksekliği belirlenen ve nivelman ağının içinde bulunan 3 nokta sabit alınarak nivelman noktalarının ortometrik yüksekliği belirlenmiştir, karesel ortalama hatası 20 mm çıkmıştır ve lup kapanmaları da tecvizi geçmemektedir. Şekil 4'de nivelman lup kanavasını gösterilmektedir.



Şekil 4: Nivelman ağı lup kanavasını

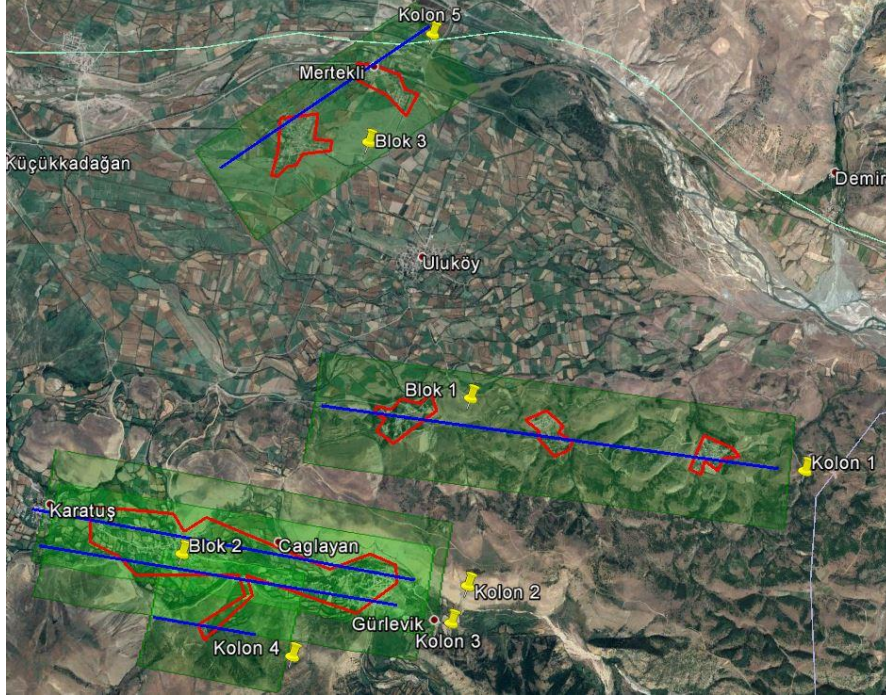
### 3.4. Yerel Jeoit Dayanak Noktaları Ağı

Nirengi noktalarının elipsoit ve ortometrik yükseklikleri yardımıyla yerel jeoit dayanak noktaları ağı oluşturulmuştur. Böylelikle, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, ağın içinde GNSS ile yersel ölçüm yapıldığında, oluşturulan jeoit dayanak noktaları ağı yardımıyla ölçümlerin ortometrik yüksekliklerinin hesaplanabilmesi amaçlanmaktadır. Ağın, uygun dağılımda olmasına ve tahdit alanının kapsamına dikkat edilmiştir. Jeoit dayanak noktalarının tamamı uyumlu ve karesel ortalama hatası 0.028 m çıkmıştır.

## 4. Fotogrametrik Çalışmalar

### 4.1. Uçuşun Planlanması ve Yapılması

Fotogrametrik çalışmalara başlamadan önce uçuşun nasıl, kaç blok halinde, hangi kamerayla yapılacağını planlanması, daha sonra uçuşu tekrarlamak zorunda kalmamak için çok önemlidir. Uçuş, 1/1000 ölçekli haritaya uygun yer örnekleme aralığı 10 cm' i geçmeyecek şekilde, hava fotoğraflarının çekimi %80 ileri ve %60 enine bindirme olacak şekilde ve 3 ayrı blok olarak Şekil 5'de belirtildiği gibi planlanmıştır.



Şekil 5: Çaçlayan uçuş planı Google Earth görüntüsü

Uçuş, yaklaşık 1000 m yüksekliğinde CESSNA 207A uçağı ile, fotoğraf alımı ise Zeiss/Intergraph DMC01-0173 sayısal kamera kullanılarak 26 Temmuz 2018 tarihinde bulutsuz bir havada ve öğle vaktinde gerçekleştirilmiştir. Birinci blok, Yamaçlı, Erdene ve Derebağ mahallelerini kapsamaktadır ve 1 kolon olarak uçulup, 44 adet hava fotoğrafı ve bu fotoğrafların GNSS/IMU bilgileri elde edilmiştir. İkinci blok, Çaçlayan merkezini kapsamaktadır ve 3 kolon olarak uçulup, 83 adet hava fotoğrafı ve bu fotoğrafların GNSS/IMU bilgileri elde edilmiştir. Üçüncü blok ise, Mertekli mahallesini kapsamaktadır ve 1 kolon olarak uçulup, 17 adet hava fotoğrafı ve bu fotoğrafların GNSS/IMU bilgileri elde edilmiştir. GNSS/IMU bilgileri, fotoğrafların orta nokta koordinatlarını ve dönüklüklerini (omega, phi, kappa) belirtmektedir.

#### 4.2. Havai Nirengi Hesapları

Uçuşdan gelen veriler (kamera bilgileri, resimler, GNSS/IMU) ve yer kontrol noktaları kullanılarak havai nirengi dengelemesi yapılmıştır. Koordinatları ve ortometrik yükseklikleri belirlenen nirengi noktaları, havai nirengi hesabında yer kontrol noktaları olarak kullanılmıştır. Çalışma alanının dilim orta meridyeni  $45^{\circ}$  'dir. Bu nedenle fotogrametrik nirengi dengelemesi  $45^{\circ}$  boylamda, GRS80 elipsoidi kullanarak,  $3^{\circ}$  lik Transversal Mercator projeksiyonundaki ITRF koordinat sisteminde yapılmıştır.

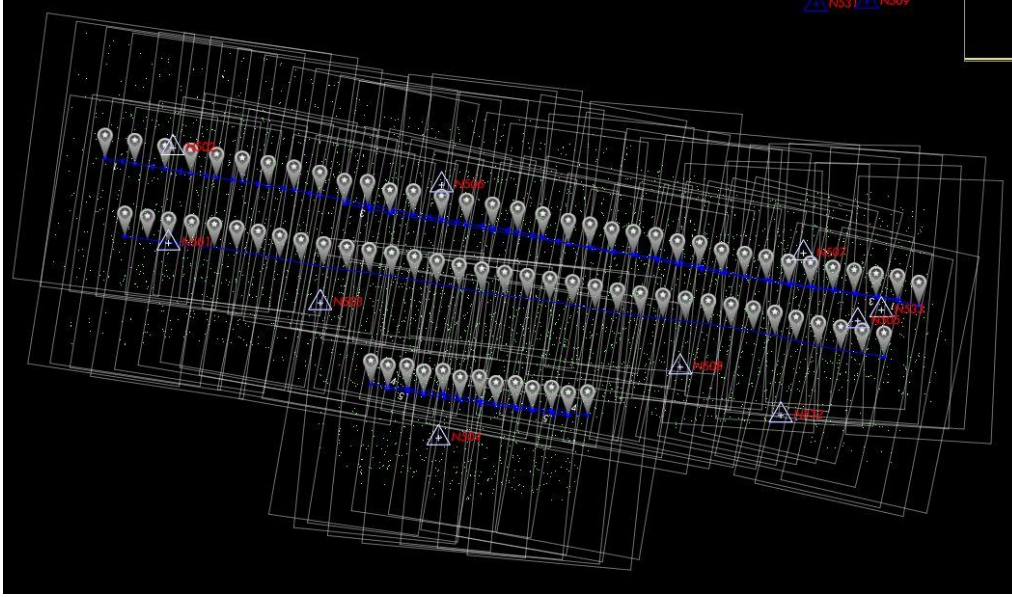
Fotogrametrik nirengi noktalarının ölçülmesi ve dengelenmesi işleminde, ışın demetleme yöntemi esaslarına ve iyileştirici ek parametrelere göre çalışan Trimble Inpho Match-AT programının "Multi Photo Measurement" ve "Aerial Frame Triangulation" modülleri kullanılmıştır, 3 ayrı blok halinde dengeleme yapılmıştır. İlk önce kamera bilgileri (Tablo 1'de belirtilmiştir), hava fotoğrafları (piramitlenmiş tif formatında), yer kontrol noktaları, GNSS/IMU bilgileri, kolonlar ve bloklar programa tanıtılmıştır, daha sonra GNSS/IMU ve yer kontrol noktalarının standart sapmaları tanıtılmıştır.

Tablo 1: Kamera kalibrasyon raporundan elde edilen kamera bilgileri

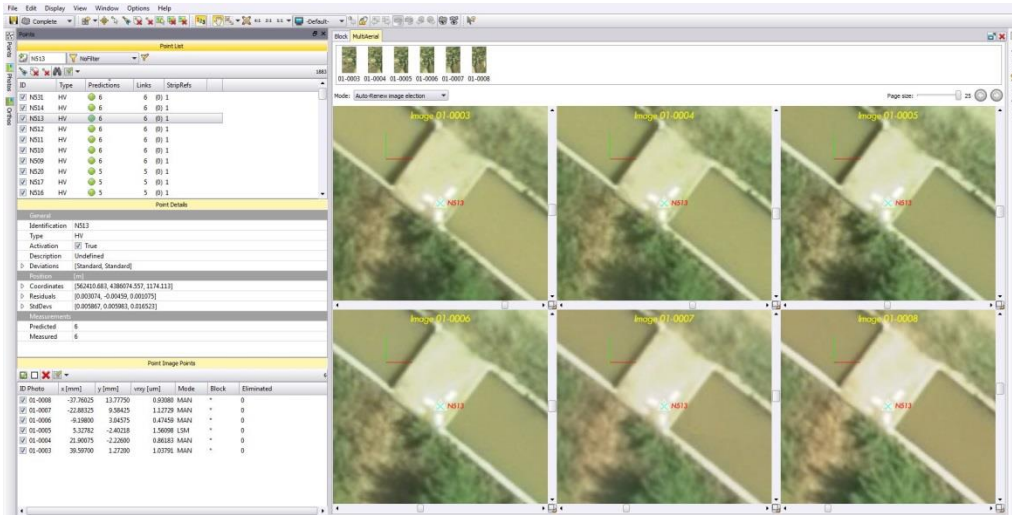
Virtual Focal Length [m]	0.12
Virtual Sensor Size [Pixel]	13824 x 7680
Virtual Pixel Size [ $\mu\text{m}$ ]	12
Virtual Principle Point [mm]	X = 0.0 Y = 0.0

Fotoğraf ve kolon bağlamaları için gerekli bağlantı noktalarının seçimi otomatik olarak yapılmıştır ve eksik kalan bölgelere manuel olarak tamamlamalar yapılmıştır. Şekil 6'da ikinci bloğun dengeleme için hazırlanan projesi ve bağlantı noktaları (yeşil noktalar) gösterilmektedir. Daha sonra, yer kontrol noktalarının ölçümü tek tek manuel olarak görüntüler üzerinde yapılmıştır. Şekil 7'de birinci bloktaki I4330597/N513 noktasının program üzerinde ölçümü ve görüntü koordinatları gösterilmektedir.





Şekil 6: İkinci bloğun dengeleme için hazırlanan projesi



Şekil 7: Birinci bloktaki I4330597/N513 noktasının program üzerinde ölçümü

Dengeleme işleminde, proje tanımı yapılırken belirlenen GNSS/IMU ve YKN koordinatları standart sapma değerlerinin yanı sıra GNSS-Mode, IMU-Mode, Self Calibration gibi ek parametreler de kullanılmıştır. İlk önce, programın “Use Blunder Detection” parametresini aktif ederek, elimineleli ön dengeleme yapılmıştır. Elimineleli dengeleme ile, ölçümlerde, bağlantı noktalarında veya yer kontrol noktalarının koordinatlarında herhangi bir hata bulunursa, bu hataları düzeltmek için programın uyarması amaçlanmaktadır. Daha sonra programın “Absolute Orientation of Block” parametresi aktif edilerek kesin dengeleme yapılmıştır. Kesin dengeleme sonucunda, görüntülerin, dengelenmiş kesin koordinatları ve dönüklükleri (omega, phi, kappa) yani dış yöneltme parametreleri elde edilmiştir.

Dengeleme sonucunda, blokların karesel ortalama hataları, 0.810 micron, 1.037 micron ve 0.807 micron çıkmıştır. Yer kontrol noktalarının maksimum artık hataları ise; blok 1 de 0.012 cm, blok 2 de 0.029 cm, blok 3 de 0.008 cm çıkmıştır. Bu sonuçlara göre havai nirengi dengelemesinin oldukça iyi çıktığı görülmüştür.

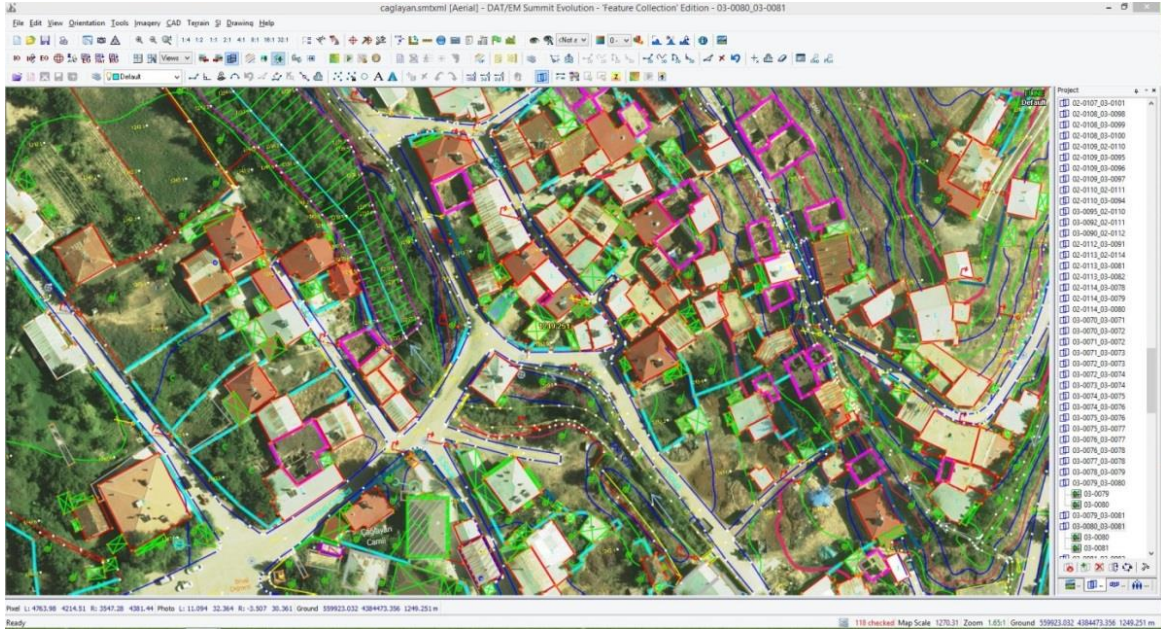
### 4.3. Stereo Değerlendirme ve Arazi Bütünlemesi

Uçuş ve havai nirengi dengelemesi sonucunda elde edilen görüntüler, dengelenmiş dış yöneltme parametreleri ve kamera bilgileri kullanılarak, programda stereo değerlendirme projesi oluşturulmuştur. Stereo değerlendirme işleminde Summit Evolution/Datem ve Microstation programları kullanılmıştır. Summit Evolution/Datem programı üç boyutu görmek için, Microstation programı ise çizim için kullanılmıştır, iki program birbiriyle senkronize çalışmaktadır.

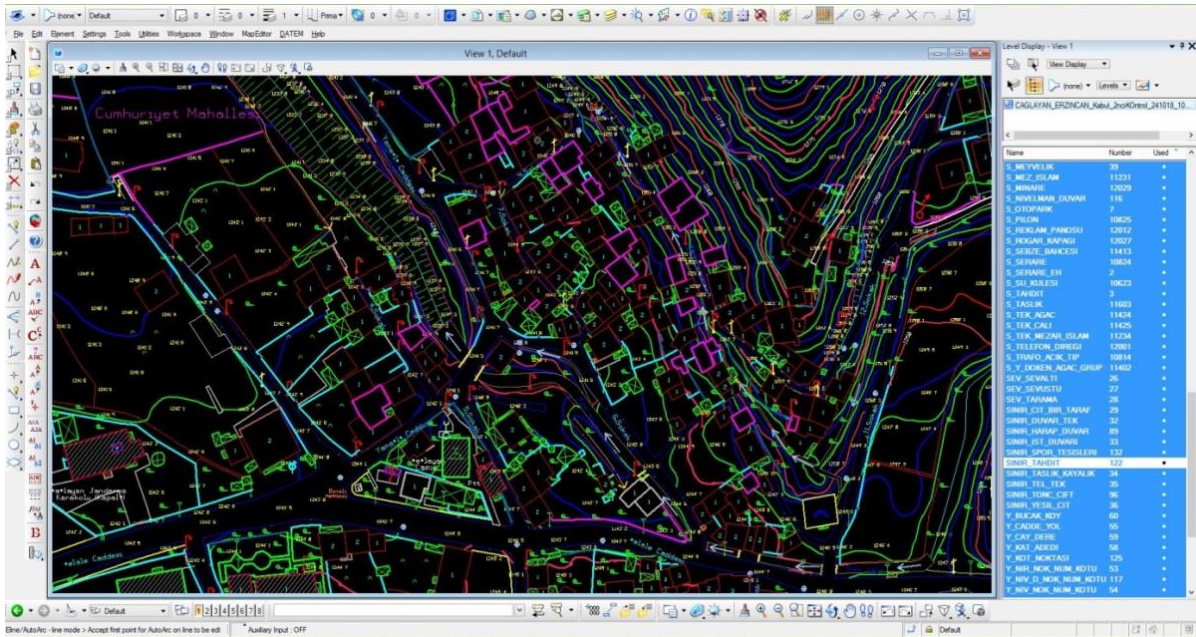
Stereo modeller, ardışık görüntü çiftlerinden oluşturulmuştur ve çizim işlemi bu modellerin faydalı alanlarından yani iki fotoğrafın ortak alanının orta bölgesinden yapılmıştır. Oluşturulan stereo modellerde sürekli üç boyutlu görüntüleme



yapılarak, proje alanına giren paftalara ait detay çizimleri, yükseklik eğrilerinin (münhaniler) çizimleri ve yükseklik (kot) noktalarının çizimleri, yönetmelikte (BÖHHBÜY 2005) belirtilen kriterlere, sembollere ve özel işaretlere uygun olarak üç boyutlu (Y,X,H) yapılmıştır. Şekil 8’de çizimin üç boyut gösterimini sağlayan Summit Evolution/Datem programının ekranı, Şekil 9’da ise çizimin 2 boyutlu halini gösteren Microstation programının ekranı gösterilmiştir.



Şekil 8: Çizim yapılırken kullanılan Summit Evolution/Datem programının ekranı



Şekil 9: Çizim yapılırken kullanılan Microstation programının ekranı

Binalar çatı köşelerinden, yükseklik noktaları ve yükseklik eğrileri de zemini teğet geçecek şekilde çizilmiştir, zemin görünmeyen yerler ölçülemeyen alan olarak bırakılmıştır. Çizimi biten paftalar, farklı bir operatör tarafından tekrar kontrol edilip gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Stereo değerlendirme sırasında görülemeyen veya yorumlanamayan bölgelerdeki eksik detaylar, arazi bütünlemesi yapılarak yersel yöntemlerle ölçülmüştür. Detayların cinsi ve özellikleri, sözel bilgiler (cadde, sokak, okul, camii, resmi kurum isimleri) yine arazi bütünlemesinde tamamlanmıştır. Ağaç altında kaldığı için görülemeyen bina köşeleri çatı kotundan ölçülmüştür ve fotoğraf çekim tarihinden sonra yapılan yeni yapılar da yine yersel yöntemlerle ölçülüp haritaya dahil edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Çağlayan Merkez, Mertekli, Yamaçlı, Erdene ve Derebağ mahallelerinin 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik halihazır haritası elde edilmiştir ve toplam 38 adet paftadan oluşmaktadır.

## 5. Karşılaştırma

Çalışma alanının fotogrametrik havai nirengi dengelemesi 3 blok olarak yapılmıştır. Bu yüzden haritanın doğruluğunu analiz etmek amacıyla her blokdan ayrı ayrı, yersel yöntemlerle detay ve yükseklik noktası ölçümü yapılmıştır ve yapılan ölçümler çizim ile karşılaştırılmıştır. Şekil 10'da, detay ölçümü yapılmış yerler gri renkte, yükseklik noktası ölçümü yapılan yerler beyaz renkte gösterilmiştir.

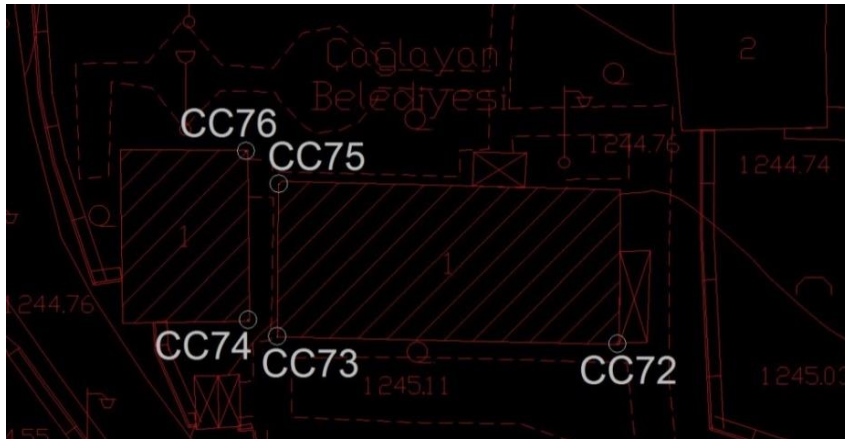


Şekil 10: Yersel ölçü yapılarak kontrol edilen bölgeler

### 5.1. Detay Noktalarının Karşılaştırılması

Sayısal fotogrametrik haritanın yatay konum doğruluğunu analiz etmek amacıyla yersel yöntemlerle ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılacak detay noktaları olarak, bina (çatıdan) ve duvar köşeleri seçilmiştir. Ölçümler Leica GNSS aletleriyle ve bir sabit nokta kullanılarak GZK GNSS ölçüm yöntemiyle yapılmıştır.

Blok 2' de, I4330590 numaralı nirengi noktası sabit alınarak Çağlayan Merkez mahallesinde ölçümler yapılmıştır. Şekil 11'de, ölçüm yapılan (CC72, CC73, CC74, CC75, CC76 noktaları) bir binanın (belediye binası) yakın planı gösterilmiştir. Karşılaştırma yapılırken görünüm daha rahat olması amacıyla tüm harita kırmızı renkte, ölçüm yapılan detay noktaları ise gri renkte gösterilmiştir.



Şekil 11: Ölçüm yapılan bir binanın (belediye binası) yakın planı

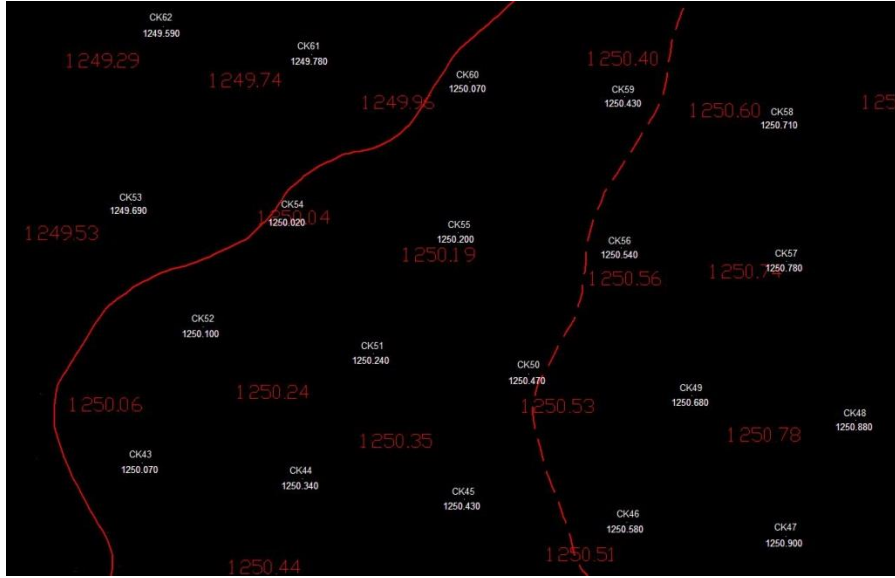
Karşılaştırma, çizimden alınan detay noktalarının yatay konumları (detaylara nokta üretimi yapılarak koordinatları elde edilmiştir) ile yersel ölçü yapılan noktaların yatay konumları arasında yapılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 144 adet detay noktası ölçülmüştür. Karşılaştırma sonucunda, yatay konum farkı ortalama 6 cm, maksimum değerler ise Y koordinatında 15 cm X koordinatında 14 cm çıkmıştır.



## 5.2. Yükseklik Noktalarının Karşılaştırılması

Sayısal fotogrametrik haritanın düşey konum doğruluğunu analiz etmek amacıyla, arazi yüzeyinden, yersel ölçme yöntemleriyle nokta alımı yapılmıştır. Ölçümler Leica GNSS aletleriyle ve bir sabit nokta kullanılarak GZK GNSS ölçüm yöntemiyle yapılmıştır. GZK GNSS yöntemiyle yapılan ölçümler sonucunda noktaların elipsoit yükseklikleri elde edilmiştir. Daha sonra, jeodezik çalışmalar sırasında oluşturulan “yerel jeoit dayanak noktaları ağı” ve enterpolasyon yöntemi kullanılarak hesaplanan “jeoit ondülasyonu” değerleri sayesinde, noktaların ortometrik yükseklikleri elde edilmiştir.

Blok 2’ de, I4330590 numaralı nirengi noktası sabit alınarak Çağlayan Merkez mahallesinde ölçümler yapılmıştır. Şekil 12’de ölçüm yapılan noktaların, ortometrik yükseklik değerleri ve haritanın eş yükseklik eğrileri arasındaki konumu gösterilmiştir. Karşılaştırma yapılırken görünüm daha rahat olması amacıyla tüm harita kırmızı renkte, ölçüm yapılan yükseklik noktaları ise beyaz renkte gösterilmiştir. Halihazır haritada düz çizgi ile gösterilen eğriler ana (1 m’ lik) eğrileri, kesik çizgi ile gösterilen eğriler yardımcı (0,5 m’ lik) eğrileri göstermektedir.



Şekil 12: Ölçüm yapılan noktaların, ortometrik yükseklik değerleri ve haritanın eş yükseklik eğrileri arasındaki konumu

Karşılaştırma, ölçüm yapılan noktaların elde edilen ortometrik yükseklikleri ile, aynı noktaların çizimden oluşturulan üçgen modelden alınan yükseklik değerleri arasında yapılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 255 adet arazi noktası ölçülmüştür. Karşılaştırma sonucunda, yükseklik noktaları arasındaki fark ortalama 10 cm, maksimum ise 29 cm çıkmıştır ve ölçüm yapılan noktalar eş yükseklik eğrileri arasına doğru bir şekilde konumlanmıştır.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Teknolojinin gelişmesiyle beraber haritacılık alanında da önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Halihazır harita yapımına, klasik yersel yöntemlerin yanı sıra fotogrametri gibi çeşitli yöntemler de eklenmiştir ve bu yeni yöntemler sayesinde halihazır harita yapımının süresi oldukça düşürülmüştür. Dolayısıyla, dünyada ve ülkemizde fotogrametri yöntemi sıkça kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, fotogrametri yönteminin doğruluğunu, yönetmeliğin (BÖHHBÜY) kontrol standartlarına göre incelemektir. Bu doğrultuda, fotogrametri yöntemi ile haritası yapılan Çağlayan (Erzincan) Belediyesinin çeşitli mahallelerinde, klasik yersel yöntemlerle ölçümler yapılmıştır ve bu ölçümlerden elde edilen konum ve yükseklik bilgileri, çizimden elde edilen konum ve yükseklik bilgileri ile karşılaştırılmıştır. Yatay konum doğruluğunun kontrolü için 144 adet detay noktası (bina ve duvar köşeleri), düşey konum doğruluğunun kontrolü için ise 255 adet arazi noktası ölçülmüştür. Karşılaştırma sonucunda, ortalama farklar yatay konumda 6cm, düşey konumda ise 10 cm çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, yönetmeliğin kontrol standartlarına göre, kullanılabilir doğrulukta çıkmıştır.

Fotogrametri yönteminde, detay ve yükseklik noktalarının ölçümü arazide değil de büroda çizim operatörü tarafından gerçekleştirildiği için zamandan ve maliyetten oldukça tasarruf edilebildiği bilinmektedir. Ancak bu yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Öncelikle uçuşun yapılacağı saat ve hava durumu çok önemlidir. Uçuş sırasında yoğun bulut olması ya da yanlış zamanda uçmaktan kaynaklı gölge olması durumunda görüntüler karanlık olacağından dolayı çizimi yapmak oldukça zorlaşacak ve bu da çizimlerin doğruluğunu olumsuz etkileyecektir. Ayrıca yüksek ağaçların altında kalan detaylar ve yoğun ağaçlık olan bölgelerde de arazi yüzeyi görüntülerde görünmeyeceğinden dolayı haritanın yersel yöntemlerle tamamlanması gerekmektedir. Diğer bir dezavantajı ise binaların çatı köşelerinden çizilmesidir. Eğer

haritanın kullanım amacında bina oturumu gerekli ise yine yersel ölçümler yapılarak çatı paylarının düşülmesi gerekmektedir.

Sayısal fotogrametrik halihazır harita yapımının en önemli aşamaları, uçuş planı, jeodezik ölçmeler, havai nirengi dengelemesi ve stereo değerlendirme aşamalarıdır ve bu alanların hepsi birbirine bağlıdır. Herhangi bir aşamada yapılan yanlışlık projenin tamamını etkilemektedir, bu sebeple, fotogrametrik haritanın doğruluğu ve güvenilirliği açısından, her aşamada çok disiplinli ve alanlarında uzman ekiple çalışılması gerekmektedir. Özellikle stereo değerlendirme aşamasında yapılan hatalar doğrudan sonucu etkilediği için sürekli kontrol edilerek ilerlenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, fotogrametrik yöntem ile üretilen sayısal halihazır haritalar için, bazı dezavantajlarına rağmen, doğru planlama ve işinde uzman bir ekiple üretildiğinde her zaman kullanılabilir nitelikte diyebiliriz.

## **Teşekkür**

Çalışmaya katkılarından dolayı Özerler Mühendislik, Geogis Mühendislik ve İlbank' daki mesai arkadaşlarım Burcu Yılmaz Demirtaş, Cengizhan Bakırcı, Rıfat Kapçı, Mustafa Kürşat Çetiner'e teşekkür ederim.

## **Kaynaklar**

- BÖHMBÜY, (2005), “Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgieri Üretim Yönetmeliği”, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), Ankara.
- Özbalmumcu M., (2007), *Fotogrametrik.*, Tufuab 4. Teknik Sempozyumu, 5-7 Haziran 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.