

## **FOTOGRAMETRİK MOBİL HARİTA YAPIM SİSTEMİ ÇALIŞMASI**

İ. Asri<sup>a</sup>, Ö. Çorumluoğlu<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Böl. Gümüşhane, ibrahimasri@gmail.com

<sup>b</sup>İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak. Harita Mühendisliği Böl. İzmir,

ocorumlu@hotmail.com

### **TUFUAB 2013**

**KEY WORDS:** Mobile Mapping, GPS, Photogrammetry, Low Cost, Image Matching,

#### **ABSTRACT:**

Impacts of advanced technology and rapidly increasing needs of today's societies to information change the vision of mapping technologies. We now see some integrated systems which combine several surveying receivers and sensors on a moving platform and provide spatial coordinates directly.

This kind of combined systems commonly uses photogrammetric and GPS techniques together. On the other hand, researchers tend to find most economical combinations since those previously developed systems are highly cost effected.

In this study, contrary to expensive system, a combined system which is cheap, utilizes GPS and terrestrial photogrammetry and it does not require being at site of details was developed and tested.

**ANAHTAR KELİMELER:** Mobile Harita Yapımı, GPS, Fotogrametri, Düşük Maliyet

#### **ÖZET**

Gelişen algılayıcı sistemler ve hızla artan konumsal bilgi ihtiyacı karşısında harita yapım sistemlerinin de vizyonu sürekli değişmektedir. Buna paralel olarak günümüz harita üretim sektörü için hareketli platformlar üzerinde birkaç farklı algılayıcının bir araya geldiği doğrudan konum bilgisini üreten sistemler geliştirilmektedir.

Bu sistemlerin en belirgin kombinasyonu ise GPS ve Fotogrametri tekniklerinin birlikte kullanılmasıdır. Bunun yanında bu teknolojilerin pahalı algılayıcılardan oluşması araştırmacıları düşük maliyetli sistem kullanımına yönetmektedir.

Bu tez çalışmasında pahalı sistemlere nazaran oldukça ucuz maliyetli konumu belirlenecek noktanın yanına varmadan doğrudan konum bilgisi üretecek GPS Destekli Mobil Yersel Fotogrametri Sistemi tasarlanmış, oluşturulmuş ve testleri yapılmıştır.

#### **1. GİRİŞ**

Teknolojik gelişmeler harita veya konum bilgisi üretim işlerine her geçen gün farklı bir nitelik kazandırmaktadır. Özellikle son zamanlarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin hızlı, az maliyetli ve nitelikli konum ve öznitelik veri ihtiyacını karşılamak amacıyla değişik veri toplama sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Algılayıcı sistemlerdeki ve uydu bazlı sistemlerdeki göz kamaştırıcı gelişmeler farklı ölçme ve görüntüleme sistemlerinin bir arada kullanılması durumunu ortaya çıkarmaktadır. Bu çoklu sistemler hava fotogrametrisindeki hareketli ölçme sistemini yersel fotogrametride de uygulama imkânını sağlamıştır. Yersel fotogrametrik sistemler hava fotogrametrisinden daha ziyade hedef objelere yakın olması nedeniyle bu sistemlere çok farklı algılama sistemleri entegre edilebilmektedir.

Fotogrametrinin ana amacı, uzaktaki cisimlerin geometrik şekil ve konumlarını fotoğraflar yardımıyla elde etmektir. Bu kapsamda fotogrametrik değerlendirme işleminde gerekli ön işlem olan yönetmelerin yapılabilmesi için kullanılacak parametrelerin tespiti de önem kazanmaktadır. Bu nedenle cisim üzerine kontrol noktaları tesis edilmekte ve bu kontrol

noktalarının jeodezik ölçümünde de jeodezik ağlardan yararlanılmaktadır. Çoğu zaman bu işlemler ekonomi ve sürat açısından fotogrametrik değerlendirme işlemini olumsuz yönde etkilemekte, en önemlisi de cisimlerin yanına varmadan ölçü elde etme prensibi tam olarak yerine getirilememektedir.

Bütün bu teknolojik gelişmeler ve fotogrametrinin ana amacına ulaşmak için yapılan çalışmalar zamanla Mobile Harita Yapım Sistemlerini ortaya çıkarmıştır. Mobile Harita Yapım Sistemlerinin iki temel bileşeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi konumlandırma algılayıcıları diğeri ise harita yapım algılayıcılarıdır. Konumlandırma algılayıcıları sistemin konumunu dolayısıyla harita yapım algılayıcısının konumunu bir koordinat sisteminde tespit etmek için, harita yapım algılayıcıları ise uzaktaki cisimlerin konumlarının tespitinde kullanılır. Günümüzde hem harita yapım sistemi hemde harita yapım sistemini konumlandırmak için kullanılan donanım oldukça pahalıdır. Bu nedenle daha ucuz sistemlerin geliştirilmesi mobil harita yapım teknolojisinin önemli bir problemi olarak önümüzde durmaktadır. Bunun yanı sıra diğer önemli bir problem ise, yine harita yapım sisteminin konumlandırılmasında karşımıza çıkan, sistemin referanslandığı

ve kullandığı koordinat sistemi eksenleri etrafındaki dönüklüklerin yüksek doğrulukla belirlenmesi problemi. Ayrıca, bu tür bir çalışmaya konu olan diğer bazı temel problemleri tanımlamak gerekirse;

- Fotogrametrinin uzaktantığının, yani cisimle başka bir deyişle hedef obje ile temassızlığının tam anlamıyla sağlanması için kontrol noktası olmadan fotogrametrik yöneltmenin yapılması gereksinimi
- Mobil Harita Yapım Sistemlerinin yaygın kullanımı için düşük maliyetli sistem geliştirme gereksinimi
- Mobil Harita Yapım Sistemlerinin anlık konum bilgisi üretme eğilimi olarak sıralanabilir.

Bu temel problemlere çözüm olarak yapılan çalışmanın başlıca amaçları ise;

- En yaygın konumlandırma algılayıcılarından GPS kullanılması ile Fotogrametrik değerlendirme için gerekli dış yöneltme parametrelerinin tespit edilerek fotogrametrik çözümün obje ile temassızlığının tamamen sağlanması
- Düşük maliyetli algılayıcılar kullanılarak düşük maliyetli Mobil Harita Yapım Sistemi geliştirmek. Bunun paralelinde düşük maliyetli algılayıcıların getireceği doğruluk kaybını ise farklı hesaplama teknikleri ile ortadan kaldırmak veya en aza indirmek
- Bütün algılayıcılardan (GPS, Dijital Kamera) bilgisayar kontrolü sayesinde anlık veri almak ve dolayısıyla anlık konum bilgisi üretmek şeklinde özetlenebilir.

Bu problem ve amaçlar ışığında hareketli bir platform üzerinde en yaygın konumlandırma algılayıcılarından GPS ile yine günümüzdeki en önemli harita yapım algılayıcılarından olan dijital kameralar birlikte kullanılarak bir ölçme sistemi tasarlanmış, oluşturulmuş ve testleri yapılmıştır.

## 2. MOBİL HARİTA YAPIM SİSTEMLERİ

Harita yapım biliminin dijital harita yapım alanında sürekli olarak ilerlediği bilinen bir gerçektir. Son on, on beş yıllık süreçte özellikle dijital teknolojilerin etkisiyle Fotogrametri, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaysal konum belirleme teknolojilerinin entegrasyonu mümkün olmuş ve bu da harita yapım sektörünün hızla gelişmesi ve muazzam bir şekilde büyümesiyle sonuçlanmıştır. Modern dijital harita yapım teknolojisi birçok disiplinin birleşimi, çoklu platform düzeltmeleri, çoklu algılayıcı entegrasyonu, çoklu veri bütünleşmesi ile karakterize olmuştur.

Çoklu platform ve çoklu algılayıcı entegreli harita yapım teknolojisi hızlı konumsal veri toplama yönünde açık bir eğilim ortaya koymuştur. Algılayıcılar; uydular, uçaklar, helikopterler, kara araçları, deniz veya su araçları, hatta arazi personeli tarafından elde taşınabilen araçlar gibi farklı platformlar üzerine monte edilebilmektedir. İnternet ve kablosuz iletişim ağlarının kullanımının artması ve algılayıcı ağlardaki son gelişmeler verimli bir şekilde veri transferi ve veri işleme için önemli olanaklar sağlamıştır. Bunun sonucu olarak ta harita yapımı *mobil* ve *dinamik* bir hal almıştır.

Mobil harita yapımı; bir konumsal veri toplama aracı olarak kullanılan platform üzerine monte edilen harita yapım algılayıcıları ile tanımlanır. Mobil harita yapımı üzerine alıştırmalar 1980'lerin sonlarına kadar uzanır. İlk çalışmalar kara yolu alt yapı haritalarının hızlı olarak üretilmesi ve ulaşım hatlarının envanterine duyulan ihtiyaç nedeniyle sürdürüldü. Bu süreçte, kameralar, yön bulma ve konum belirleme algılayıcıları

(örneğin Küresel Konum Belirleme-Global Positioning System: GPS) ve ataletsel ölçme birimi (Inertial Measurement Unit: IMU) gibi araçlar birbirine entegre ve harita yapım amacı doğrultusunda bir mobil araç üzerine monte edildi. Objelerin yön bulma ve konum belirleme algılayıcıları kullanılarak konumlandırılan resimlerden ölçümü ve haritalarının yapımı gerçekleştirilebildi. İlk zamanlarda, araştırmacılar tarafından bu heyecan verici araştırma alanını tanımlamak için değişik terimler kullandı. Kinematik ölçme, dinamik harita yapımı, araç bazlı harita yapımı vs. gibi terimler bilimsel literatürde yer aldı. 1997 de Mobil Harita Yapım Teknolojisi (Mobile Mapping Technology) üzerine ilk uluslar arası sempozyum ABD'nin Ohio eyaletinin Columbus şehrindeki The Ohio State Üniversitesinin Harita Yapımı Merkezinde yapıldı. Daha sonra "Mobile Mapping-Mobil Harita Yapımı" terimi kabul gördü ve çoğunlukla bu terim kullanıldı.

### 2.1. Mobil Harita Yapım Sistemlerinin Gelişimi

Genel olarak mobil harita yapım teknolojisinin gelişimi aşağıdaki üç aşamaya ayrılabilir.

**Foto-Kayıt (Photo-Logging):** 1970'li yıllarda foto-kayıt sistemleri birçok karayolu taşımacılığı departmanı tarafından üst yapı performansını izleme, işletme, bakım işleri, tecavüzler vb. alanlarda kullanıldı. Bu tür hizmetlere genellikle 2 veya 3 yıllık aralıklarla gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçlarla araçlara monte edilen çoğu film kameraları minibüs tipi araçların ön camları yönünde araca takılarak fotoğraf çekimi için kullanıldılar. Kameralara ek olarak ayrıca, bir atalet cihazı (jiroskop ve ivmeölçer vb.) ve bir tekerlek hareket sayacı (km sayacı gibi) da çekilen fotoğrafların anlık konumlarını belirlemek amacıyla kullanıldılar. Bu sayede, her bir fotoğraf, çekim zamanı ve coğrafi konum bilgisi ile beraber tespit edilmiş oldu. Bu fotoğraflar otoyol performansının başlıca resimsel kaydı olarak depolandı (Birge, 1985).

Bu sistemlerde araç konumunun kaba doğruluğu ve sadece bir kamera konfigürasyonu kullanması nedeniyle 3B obje ölçümü fonksiyonel olarak kullanılabilir değildi. Foto-kayıt'ın en büyük dezavantajı depolama ve işlemenin film tabanlı olmasıdır. Filmlerin kırılma ve film işlemenin maliyetli olmasından dolayı mühendislik, planlama, yasal veya güvenlik faaliyetleri için erişimi zaman almaktaydı.

**Video-Kayıt (Video-Logging):** GPS ve dijital video görüntüleme teknolojilerinin ortaya çıkması ile kullanışsız foto-kayıt sistemlerinin yerini GPS bazlı video-kayıt sistemleri aldı. GPS tabanlı video-kayıt sistemlerinin otoyol envanteri için hızlı ve düşük maliyet yaklaşımı sunduğu birçok proje ile ispatlanmıştır. Toplanan video görüntüleri sürekli olarak GPS yön bulma ve konum bulma bilgileri kullanılarak küresel koordinat sistemine göre konumlandırılmaktadır. Film işleme içermediğinden veri işleme için geçen zaman önemli ölçüde düşmüştür. Ayrıca dijital ve konumlandırılmış video verileri hızlı erişime ve etkin bir yöneltmeye imkân verir. Otoyol video verilerinin yorumlanabilme yeteneği görüntü işleme yazılımı kullanarak da güçlendirilmiştir. Bu yöntem çoğu ulaşım departmanı tarafından kabul görmüştür. Görsel envanter ve yol güzergâhı boyunca özellik dokümantasyonu bu tür sistemlerin ana amacı olarak ifade edilebilir (Tao ve Li, 2007).

**Mobil Harita Yapımı (Mobile Mapping):** Karasal mobile harita yapım sistemlerinin gelişmesi Kuzey Amerika'daki iki araştırma gurubu tarafından başlatıldı. Bunlar ABD'deki The Ohio State Üniversitesinin Harita Yapım Merkezi ve Kanada'daki Calgary Üniversitesi Geomatik Mühendisliğidir.

Video kayıt sistemleri diğerlerinin aksine mobil harita yapım sistemleri olarak geliştirilmiş entegre çoklu algılayıcı veri toplama ve işleme teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen tamamen 3B harita yapım olanakları sunmaktadır.

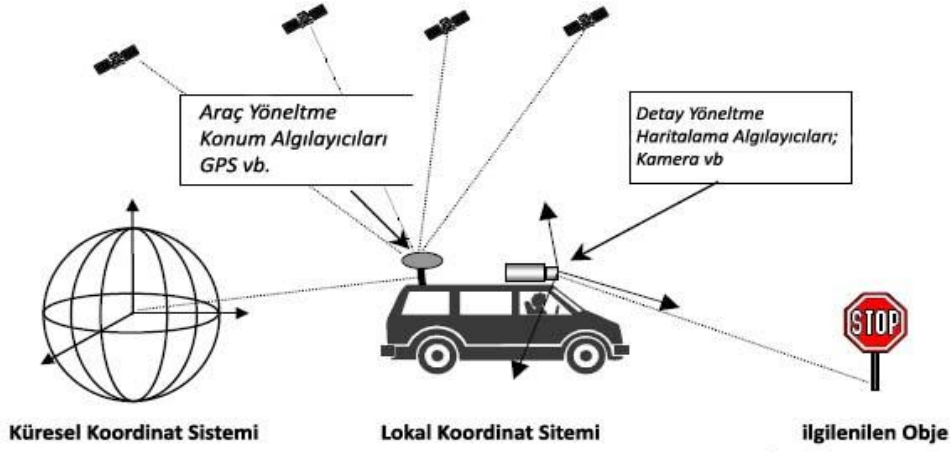
Mobil Harita Yapım Sistemlerinin yaygın bir özelliği, stereo görüntüleme ve 3B ölçüm sağlamak için mobil bir platform üzerine birden fazla kamera monte edilmesidir. Ardışık dijital görüntülerin doğrudan konumlandırması yön bulma ve konumlandırma teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. Çoklu konum algılayıcılarında GPS, IMU ve pusula veri işlemede konumlandırmanın doğruluğunu ve kuvvetini arttırmak için birlikte kullanılmışlardır. Klasik harita yapımındaki yer kontrol noktası gereksinimi bu şekilde ortadan kaldırılabilir.

Bunun paralelinde ise geniş format dijital kameralar, lazer tarayıcılar (LIDAR) ve İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar (İfSAR veya İnSAR) harita yapım sistemleri gibi hava algılayıcılarında da etkileyici gelişmeler yaşandı. Son 10 yıldır uydu algılayıcıları özellikle yüksek çözünürlüklü ticari

görüntüleme uyduları (örn., İKONOS, QuickBird, OrbView-3) harita yapımında önemli rol oynamıştır. Birde algılayıcı yönünden ucuz ve küçük algılayıcıların hem profesyonel ve hem de genel kullanıcılar için artan kullanımı ile kablosuz, mobil ve gezici ağ erişimi mobil harita yapımını geniş bir kullanıma ulaştırmış ve yaygın hale getirmiştir.

## 2.2. Doğrudan Konumlandırma

Mobil Harita Yapımının en önemli konsepti *doğrudan konumlandırma*dır. Doğrudan konumlandırmanın kavramsal şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Doğrudan konumlandırma yer kontrol noktası olmadan harita yapım algılayıcısının dış yöneltmesinin belirlenmesi ve fotogrametrik blok triyngülasyonu ile ilgilidir. Örneğin bir kamera algılayıcısı kullanılması durumunda çekilen her görüntü, konumlandırma parametreleri yani üç konum parametresi ve 3 durum parametresi ile tespit edilebilir. Sonuç olarak 3B obje ölçümü fotogrametrik önden kestirme kullanılarak doğrudan yapılabilir.



Şekil 1. Doğrudan konumlandırma konsepti (Tao, 2000)

## Konum Belirleme ve Harita Yapım Algılayıcıları

Mobil harita yapım sistemlerinde genel olarak başlıca iki algılayıcı tipi vardır. Bunlar; konum belirleme ve harita yapım algılayıcılarıdır. Konum belirleme algılayıcıları aracın dolayısıyla platformun konumunu ve referans koordinat sistemine göre durumunu, harita yapım algılayıcıları ilgilenilen objenin platforma göre konumunu belirlemek için kullanılır. Ayrıca harita yapım algılayıcıları objelerin öznitelik verileri hakkında bilgi elde etmeye de imkan verirler

### Konum belirleme algılayıcıları:

- Çevre-bağımlı harici konumlandırma algılayıcıları: GPS, Radyo navigasyon sistemleri, Loran-C, hücresel konum belirleme araçları vb.
- Bağımsız atalet konum belirleme algılayıcıları: İNS veya İMU, kaba pusula sistemleri, jiroskop, ivmeölçer, kumpaslar, kilometre sayaçları, barometreler vb.

### Harita Yapım Algılayıcıları;

- Pasif görüntüleme algılayıcıları: video veya dijital kameralar, multi-spektrum veya hiper-spektrum tarayıcılar
- Aktif görüntüleme algılayıcıları: Lazer mesafe ölçerler veya tarayıcılar, sentetik açıklıklı radar (SAR) vb.

Ses kaydedici ve konuşma tanıyan araçlar, dokunmatik ekranlar, ısı ve hava basın ölçerler, gravite ölçerler vb. gibi diğer algılayıcılar da entegrasyon için kullanılabilir (Tao 2000).

Büyük firmalar yukarıda bahsedilen, özellikle de lazer entegreli çoklu algılayıcı sistemleri üretip satma ve hizmet verme yönünde bir eğilim göstermektedirler. Ancak bu sistemlerin kadastral amaçlı kullanımlara imkân sağlayacak doğrulukta olanları yüksek maliyetli algılayıcılardan oluşmakta bu da sistemlerin fiyatını oldukça arttırmaktadır. Bu sistemlerin maliyeti genelde 100 000 €'yu bulmaktadır. Bu nedenle bu sistemler daha çok özel kullanıcılar için bir çözüm olmaktadır. Yaygın kullanımlar için araştırmacılar düşük maliyetli (30 000 € altında) sistemler tasarlamaktadırlar (Bendea ve ark. 2009).

Düşük maliyetli sistemler için düşük maliyetli ve düşük hassasiyetli algılayıcılar kullanılmakta ve bunlar genelde fazla hassasiyet gerektirmeyen CBS uygulamalarında kullanılmaktadır (Madeira ve ark. 2008, Gontran ve ark. 2003, Jaakkola ve ark 2010). Fazla hassasiyet gerektiren kadastral vb. uygulamalarda ise özel yazılımlarla veya farklı tekniklerin beraber kullanılması ile hassasiyet arttırılmaktadır.

## 3. FOTOGRAMETRİK MOBİL HARİTA YAPIM SİSTEMİ ÇALIŞMASI

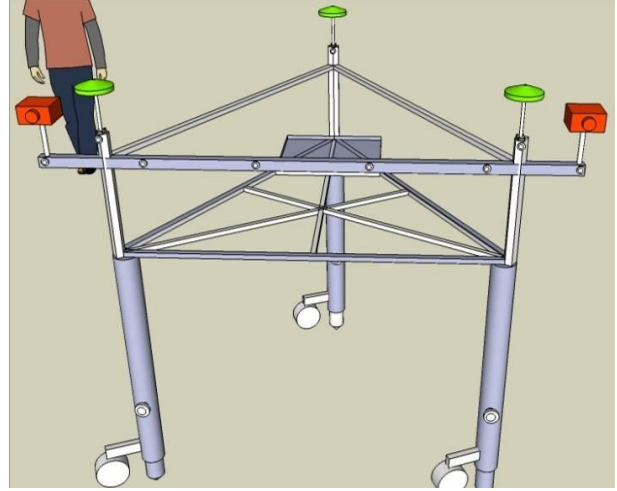
### 3.1. Sistem

Fotogrametik Mobil Harita Yapım Sistemi (FMHYS); mobil harita yapım sistemlerinin temel özelliği olan iki grup algılama sisteminden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi konumlandırma algılayıcısı olarak tanımlanan GPS alıcıları, diğeri ise harita yapım algılayıcısı olan dijital fotoğraf kameralarından oluşmaktadır.

Sitemin temel çalışma mantığı GPS alıcılarından faydalanılarak fotogrametrik ölçmenin iki temel prensibinden biri olan dış yöneltme elamanlarının belirlenmesine ve kameralarla elde edilen görüntülerden de fotogrametrik olarak doğrudan obje koordinatlarının tesbitine dayanır. Bu işlem sırasında bir kalibrasyon alanında sistemin, yani platformun geometrik yapısı belirlenerek oluşturulan platform koordinat sisteminde çözüm yapılır. Objeye koordinatları ise araç üzerine monte edilen GPS alıcılarının GPS gözlemleri sonucunda elde edilen koordinatları ve çekilen dijital görüntülerden üretilir.

#### 3.1.1. Sistem Tasarımı

FMHYS için oluşturulacak platformun bir aracın üzerine monte edilmesi nihai hedef olsa da, öncelikle geliştirilen sistemin çalışabilirliği ve yine geliştirilen yazılımların testi için insan gücü ile hareket ettirilen bir sistem tasarlandı. Bunun yanında sistem platformu alternatif kamera, GPS vb. araçların farklı kombinasyonlarını test etmeye de elverişli olacak şekilde tasarlandı. Bunlara ek olarak ayrıca, bir aracın üzerine çıkartılacağı da göz önünde bulundurmanın yanı sıra insan gücü ile hareket ettirmeye ve gerektiğinde sabitlemeye yarayan ayakları portatif bir şekilde planlandı. Bütün bu özellikler dikkate alınarak Google SketchUp programında 3B olarak çizimleri yapıldı (Şekil 2.)



Şekil 2. Google SketchUp programında 3B olarak çizilen platform

#### 3.1.2. Sistem oluşturulması

3B çizimleri yapılan platform Trabzon sanayisinde paslanma probleminin önüne geçmek için krom profilden imal ettirildi. Platforma 0.75 m, 1.25 m ve 2.00 m bazlarda stereo görüntü alınmasına imkan verecek şekilde bağlantılar yapıldı. 3 adet GPS alıcısı ve 2 adet kamera olacak şekilde sistem planlandı da bunun sağlanamadığı durumlar için tek GPS alıcısı ve tek kameraların portatif şekilde değiştirilerek kullanılabilmesine olanak verecek bağlantılar yapıldı (Şekil 3.).



Şekil 3. FMHYS platformu

#### 3.1.3. Kamera Kalibrasyonu

Çalışmada kullanılan bütün kameraların iç yöneltme parametrelerinin tesbiti ve kalibrasyonları PhotoModeler programı yardımıyla gerçekleştirildi. İmkanlar dahilinde

PhotoModeler programında yapılan kamera kalibrasyonu genel manada yeterli olsada daha uygun şartlarda yapılan bir kamera kalibrasyonunun sonuçlara daha olumlu katkıda bulunacağı şüphesizdir.

### 3.2. İç ve Dış Yöneltilme Parametrelerinin Bilinmesi Durumunda Uzak Önden Kestirme Yazılımı ve Testi

Sistemin temel çalışma prensibi, stereo görüntü çiftlerinin teker teker iç ve dış yöneltilme elamanlarının tespit edilmesine ve sonrasında bu parametreleri kullanarak doğrudan obje koordinatlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Bu doğrultuda uzak önden kestirme (UÖK) için Matlab programında kod yazıldı. Bu koda mercek distorsiyon düzeltmeleri de eklendi

Yazılan bu programın çalışabilirlik testi laboratuvar ortamında test edildi. Bunun için Asri'nin 2005 yılında yüksek lisans tez çalışmasında geliştirdiği düzenek kullanıldı (Şekil 4.). Bu düzenek GPS veya totalstation ile kamera çekim merkezlerinin ölçülmesine olanak tanımaktadır. Bunun için laboratuvar ortamında bir test düzeneği hazırlandı. Aynı doğrultuda 3 nokta tesis edildi. Bu noktaların üzerine kurulan alet sehpaalarının üzerine monte edilen tribraklardan en sağdakine totalstation kuruldu. Diğer ikisine, üzerine reflektör takılmış kamera çekim merkezinin konumunu belirlemeye yarayan düzenek sırası ile monte edilerek resimler alındı (Şekil 5.).



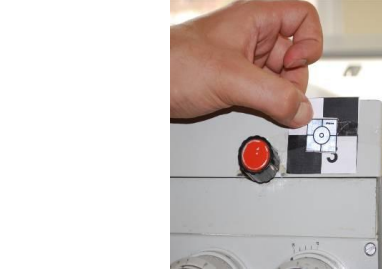
Şekil 4. Laboratuardaki UÖK düzeneği

Her iki resim alımı esnasında totalstation ile reflektörlere koordinat verilerek kamera çekim merkezleri ölçüldü. Bu ölçme işlemleri X eksenini, aynı doğrultuda belirlenen bu 3 noktadan geçen lokal koordinat sistemine göre yapıldı. Alım sırasında kameraların bu eksenlere göre dönüklüklerinin neredeyse hiç olmaması için özen gösterildi (Şekil 5.).

Aynı koordinat sisteminde bu düzeneğin y eksenini yönde bulunan duvar ve laboratuvar ortamında mevcut olan ve detay olarak kullanılan aletlerin üzerine tesis edilen kontrol noktalarına totalstation ile kağıt reflektör kullanılarak koordinat verildi (Şekil 6.).



Şekil 5. Laboratuardaki UÖK düzeneği ve koordinat eksenleri



Şekil 6. Laboratuvar duvar ve aletler üzerine yerleştirilen kontrol noktaları ve ölçümü

Yazılan UGK kodu laboratuvar ortamında elde edilen bu değerlerle test edilerek geliştirilen kodun çalıştığı tespit edildi (Tablo 1.).

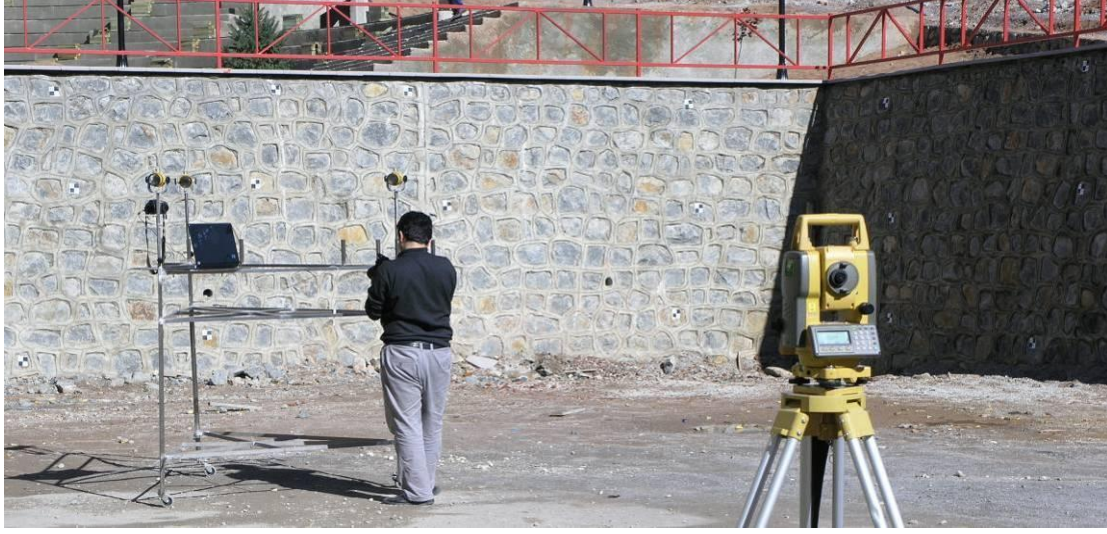
Tablo 1. Ölçülen ve hesaplanan koordinat değerleri ve farkları

N.No	Ölçülen koordinatlar			Hesaplanan koordinatlar			Farklar (m)		
	Y (m)	X (m)	Z (m)	Y (m)	X (m)	Z (m)	DY	DX	DZ
2	9.393	12.409	8.741	9.394	12.391	8.749	-0.001	0.018	-0.008
10	11.742	12.436	9.12	11.744	12.445	9.126	-0.002	-0.009	-0.006
12	12.226	13.895	9.799	12.23	13.902	9.806	-0.004	-0.007	-0.007
16	8.906	13.895	9.692	8.899	13.883	9.701	0.007	0.012	-0.009

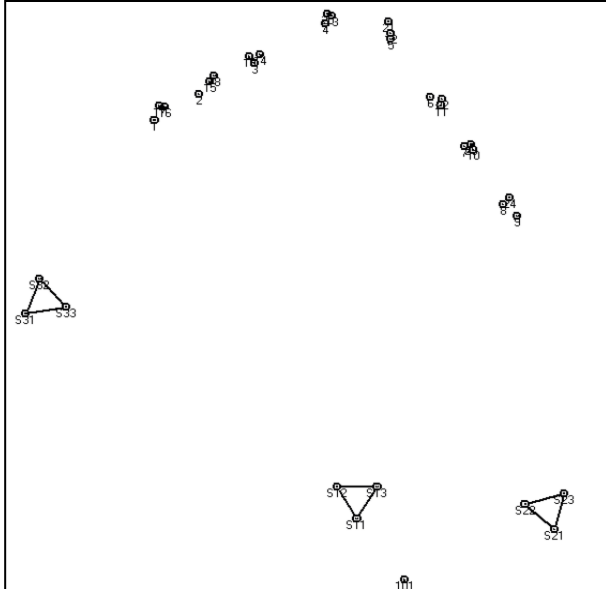
### 3.3. Sistem Geometrisinin Belirlenmesi

Laboratuar ortamında yazılımın test edilmesinden sonra sistemin GPS ile çalışması için gerekli olan geometrik yapısının belirlenmesi için yeterli büyüklükte laboratuar ortamının

olmaması nedeniyle Gümüşhane Üniversitesi Meslek Yüksekokulu yanında uygun bir alanda test alanı oluşturuldu (Şekil 7).



Şekil 7. MYO önünde oluşturulan test alanı



Şekil 8. Test alanındaki kontrol noktalarının ve alım istasyonlarının dağılımı

Bu test alanında duvar üzerine işaretlenen kontrol noktaları totalstation ile lokal olarak ölçüldü. Aynı koordinat sisteminde

platformun GPS takılacak 3 köşesinin koordinatları reflektör yardımı ile 3 ayrı istasyonda ölçüldü ve bu üç ayrı istasyonda fotoğraf çekimleri yapıldı (Şekil 8).

Kontrol noktaları 1. istasyonda platformun 1 nolu noktasına göre sifira indirildi (Tablo 2). Bu fotoğraflar matlab programında geliştirilen fotogrametrik uzay geriden kestirme (UGK) kod yazılımı ile kontrol noktaları kullanılarak değerlendirildi. Kamera çekim merkezleri ve dönüklükleri elde edildi. Bu şekilde tanımlanan platform koordinat sistemine göre de kamera çekim merkezleri ve kamera dönükleri elde edilmiş oldu (Tablo 3).

Tablo 2. Sifira indirgenmiş platform koordinatları

N.No	Y (m)	X (m)	Z (m)
S1	0.000	0.000	1.676
S2	-0.754	1.312	1.629
S3	0.770	1.312	1.649

Tablo 3. Platform koordinat sisteminde elde edilen kamera çekim merkezleri ve dönüklükleri.

K.No:	Kamera	Yo (m)	Xo (m)	Zo (m)	Omega (drc)	Phi (drc)	Kappa(drc)
1	NIKON D60	-0.998	1.306	1.558	92.28354	-0.49646	2.00283
2	NIKON D90	0.989	1.339	1.566	90.46952	-2.17983	2.10930

Belirlenen sistem geometrisi yine test alanında sistemin çalışabilirliği için kullanıldı. Bunun için ilk istasyonda platform koordinat sisteminde belirlenen kamera dönüklüklerinin ve kamera çekim merkezlerinin diğer istasyonlara da taşınması gerekiyordu. Bu sebeple bütün istasyonlarda UÖK çözümü platform koordinat sisteminde yapıldı. Elde edilen obje

koordinatları 3B benzerlik dönüşümü kullanılarak GPS koordinat sistemine dönüştürüldü. Bu dönüşüm için platformun 1. istasyondaki GPS takılan köşelerinin platform koordinatları eski koordinatlar, diğer istasyonlardaki koordinatları yeni koordinatlar olarak kullanıldı. Tablo 4'deki sonuçlar elde edildi.

**Tablo 4.** Belirlenen sistem geometrisi ile test alanındaki çalışabilirlik analizi

İst.	N.No	Ölçülen koord. (m)			Hesaplanan koord. (m)			Farklar (m)			
		Y	X	Z	Y	X	Z	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta Z$	$\Delta S$
2. istasyon	1	-7.548	16.472	0.017	-7.290	15.953	0.064	-0.258	0.519	-0.047	0.58
	20	-1.071	20.874	2.906	-1.062	20.761	2.885	-0.009	0.113	0.021	0.12
	5	1.293	19.825	0.386	1.284	19.762	0.386	0.009	0.063	0.000	0.06
	24	5.705	13.254	2.912	5.682	13.213	2.898	0.023	0.041	0.014	0.05
3. istasyon	1	-7.548	16.472	0.017	-7.673	16.428	0.049	0.125	0.044	-0.032	0.14
	20	-1.071	20.874	2.906	-1.178	20.900	2.904	0.107	-0.026	0.002	0.11
	5	1.293	19.825	0.386	1.187	19.876	0.386	0.106	-0.051	0.000	0.12
	24	5.705	13.254	2.912	5.652	13.341	2.876	0.053	-0.087	0.036	0.11

Tablo 4 deki sonuçlar sistemin çalıştığını göstermektedir. 1 nolu noktadaki farkların büyük çıkması özellikle 2. İstasyonun şekil 8'de de görüleceği üzere bu noktaya uzak olması ve resimlerin kenarına yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

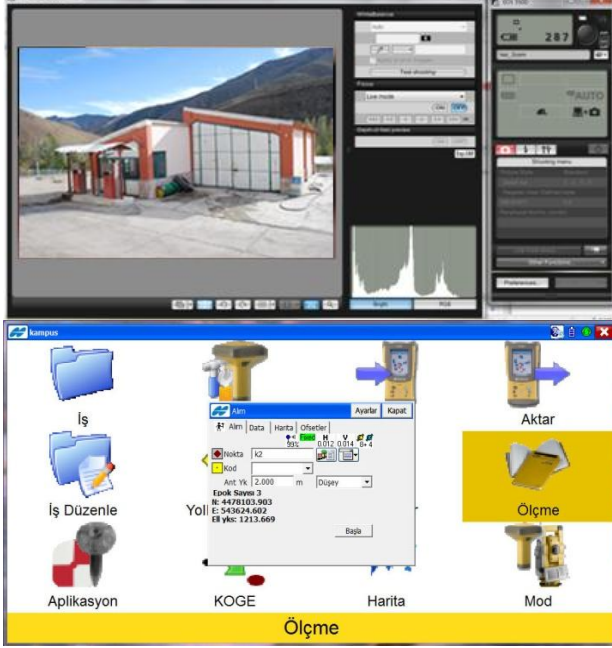
#### 3.4. Platformun Araç Üzerine Monte Edilmesi ve Genel Çalışma Prensibi

Platformun insan gücü ile hareket ettirilen haliyle geometrik yapısı belirlendikten ve test alanında çalışabilirliği test edildikten sonra pratikteki kullanımını test edebilme adına motorlu bir acın üzerine monte edilmesi işlemi gerçekleştirildi. Bunun için portatif ayakları söküldü ve aracın üzerindeki bagaj barlarına kelepçeler yardımı ile monte edildi (Şekil 9).



**Şekil 9.** Araç üzerindeki sistemle gerçekleştirilen bir alım istasyonu

Araç üzerine monte edilen sisteme takılan GPS alıcıları ve kameralar tamamen bilgisayar ile kontrol edilerek görüntüler ve konum bilgileri anlık olarak bilgisayarda toplanmaktadır (Şekil 10). Sistem Dur-Git esasına göre alım yapılacak istasyona gelindiğinde durmakta yaklaşık 3-5 dk aralığında gerekli verileri algılayıcılardan toplamakta ve diğer istasyona hareket etmemiş.



**Şekil 10.** Kameraların ve GPS alıcılarının bilgisayar ile kontrolü

Araç üzerindeki sistemle elde edilen veriler kullanılarak detayların koordinatları sistem geometrisinin belirlendiği test alanındaki gibi ilk önce platform koordinat sisteminde elde edilmektedir. Sonrasında 3 GPS antenin koordinatları kullanılarak 3B benzerlik dönüşümü ile GPS koordinat sistemine dönüştürülmektedir. İstenildiği takdirde arazide anlık konum bilgiside üretilebilmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile düşük maliyetli, araç üzerine monte edilebilir bir mobil harita yapım sistemi tasarlanıp sistemin testleri ve kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Sistemi taşıyan platformun konum ve durumu GPS antenleri yarımıyla belirlenirken detay konumlandırması iki dijital kamera ile gerçekleştirilmektedir. Bunun dışında sistem farklı koşullarda daha farklı tekniklerde kullanılarak test edilmiştir. Ancak burada sadece sistemin oluşturulması aşaması ve test alanında denemesi ile genel çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir. Diğer konular ilerideki çalışmalar da paylaşılacaktır. Sistemin genel olarak belirli bir hassasiyette çalıştığı ve doğrudan anlık konum bilgisi

üretebileceği görülmüştür. Sistem resim kenarlarına fazla yaklaşmamakla beraber objelere 20 m uzaklık sınırları içinde 1/2000 – 1/2500 ölçekli harita üretimine yönelik yeterli doğrulukta konum bilgileri üretmede bu aşaması ile yeterli olsa da ileriki aşamada sistemin doğruluğuna etki eden faktörler göz önüne alınarak iyileştirilmesi de ayrıca planlanmaktadır.

#### Kaynaklar

- Asri, İ., 2011, "GPS Destekli Mobil Yersel Fotogrametri Sistemi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Alhadad, A. A. A., 2005, Integrating Mobile Mapping, GPS and GIS Technologies, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83-91, 2005
- Bendea H. I., Cina A., De Agostino M., Pırasa M., 2009, "Low cost solution as an alternative to traditional mobile mapping system" RevCAD – Journal of Geodesy and Cadastre
- Birge, S. T., 1985, Highway Dimensions from Photolog. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51(10): 1609-1614.
- Breyer, J., ve Lalani, N., 2006, "Digital Image Based Photolog System", 12. California GIS Conference (Cal-GIS 2006), Santa Barbara, California
- Gontran H., Skaloud J., Gillieron P.-Y., 2003, A Mobile Mapping System For Road Data Capture via a Single Camera Optical 3D Measurement Techniques VI, Zurich, September 23-25, 2003
- Ishikawa, K., Takiguchi, J., Amano, Y. and Hashizume, T., 2006, "A Mobile Mapping System for road data capture based on 3D road model," IEEE International Conference on Control Applications, Munich, Germany,
- Jaakkola A., Hyypä J., Kukko A., Yu X., Kaartinen H., Lehtomäki M., Lin Y., 2010, "A low-cost multi-sensoral mobile mapping system and its feasibility for tree measurements" ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing doi:10.1016/j.isprsjprs.2010.08.002
- Madeira S., Gonçalves J. And Bastos L., 2008, "Low Cost Mobile Mapping System for Urban Surveys" 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis , 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering Lnc, Lisbon 2008 May 12-15
- Tao, C. V. ve Li, J., 2007, "Advances in Mobile Mapping Technology" Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-42723-4 xi-xiv
- Tao, C. V., 2000, "Mobile Mapping Technology for Road Network Data Acquisition", Proc. Journal of Geospatial Engineering, Vol.2, No.2, pp. 1-13, 2000.