



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLLARI ETÜT VE RROJE ÇALIŞMALARINDA MOBİL HARİTALAMA SİSTEMLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

Harun ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2011
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Harun ÇELİK tarafından hazırlanan "Karayolları Etüt Ve Rroje Çalışmalarında Mobil Haritalama Sistemlerinin Kullanılabilirliği" adlı tez çalışması 24/06/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Gönül TOZ	.....
Danışman Doç. Dr. Murat YAKAR	.....
Üye Prof. Dr. Ferruh YILDIZ	.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Bayram SADE
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Harun ÇELİK

24.06.2011

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KARAYOLLARI ETÜT VE RROJE ÇALIŞMALARINDA MOBİL HARİTALAMA SİSTEMLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

Harun ÇELİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat YAKAR

2011, 61 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Gönül TOZ
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Doç. Dr. Murat YAKAR

Günümüz teknikleri ile üretilen şeritvari haritaların üretim aşamasında yol açtığı zaman ve para kaybı, gelişmekte olan lazer teknolojisine ilgiyi artırmıştır. Bu çalışmada klasik ölçme sistemleri ile mobil lazer ölçme sistemlerinin kıyaslaması ve mobil lazer ölçme sistemlerinin karayolu etüt proje çalışmalarında kullanılması halinde elde edilecek avantajları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri , harita , lazer, lidar, mobil, ölçüm.

ABSTRACT

MS

MOBILE MAPPING SYSTEM AVAILABILITY OF HIGHWAYS SURVEY AND PROJECT WORK

Harun ÇELİK

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN GEODEZI AND PHOTOGRAMMETRY ENGINEERING

Advisor: Assoc.Prof.Dr. Murat YAKAR

2011, 61 Pages

Jury
Prof. Dr. Gönül TOZ
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Doç. Dr. Murat YAKAR

The use of developing laser technologies in spatial data collection had gained currency among surveyors since cost of data production processes of stripped maps is relatively higher by current technologies. In this paper, the classical surveying methods and mobile lasermeasuring systems had been compared and the advantages of using mobile laser technologies in the field of road etude project had been discussed.

Keywords: Mobile,surveying, map, laser, lidar, photogrammetry

ÖNSÖZ

Özellikle Karayolları Genel Müdürlüğü açısından büyük kolaylık sağlayacak olan bu çalışmada desteklerini esirgemeyen değerleri hocalarım Prof Dr. Gönül TOZ'a , Prof. Dr. Ferruh YILDIZ'a , Doç. Dr. Murat YAKAR'a , Doç. Dr. Hakan KARABÖRK'e ve Harita Mühendisliği Bölümünün değerli akademisyenlerine teşekkür ederim.

Harun ÇELİK
KONYA-2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

2.1. Sistem doğruluğu 2
2.1.2. Bağıl doğruluk 3
2.1.3. Mutlak doğruluk 3
2.2. Doğruluk testi 4
2.2.1. Test 1 4
2.2.2. Test 2 5
2.2. Anormal Bölünemez Yük Noktaları 6
2.3. Otoyol Ölçmeleri ve Veri İşleme Üzerine Bir Çalışma 7
2.4. Sahil Kıyılarının Mobil Lazer Ölçüm Sistemiyle İncelemesi ve Değerlendirilmesi 13

4. 3D MOBİL LAZER TARAMA SİSTEMİ (MOBİLE MAPPİNG LASER SYSTEM) **17**

4.1.Uygulama ve Kullanım Alanları 17
4.2. Sistem Bileşenleri 19
4.2.1. Görüntüleme cihazları 20
4.2.2. Lazer mesafe ölçümü ve tarama aletleri 23
4.2.3. Coğrafi referanslama cihazları 26
4.2.4. Sistem yerleşimi 27

5. MOBİL HARİTALAMA SİSTEMLERİNDEN BAZILARI **28**

5.1.Riegl vmx-250 28
5.2. Lynx Mobile Mapper 30
5.3.Topcon IPS2 31
5.4. Trimble 33
5.5. Mitsubishi 33
5.6. 3D Laser Mapping 34

6.TAZER TARAMA VERİLERİNİ İŞLEYEN BAZI YAZILIMLAR **36**

6.1. Faro Laser Scanner Yazılımı 36

4.2.Zmap....38
6.3.Riegl Yazılımları....40
6.4 Pointcloud....41
6.5. Point Tools....44
4.6. Polyworks....45

7. UYGULAMA....46

7.1. Güzergah Seçimi....47
7.1.1. Uygulama Alanının Klasik Yöntemlerle Yapılması:....47
7.1.2. Uygulama alanının mobil ölçüm sistemi ile yapılması....48
7.1.2.1. Ölçüm işlemleri....48
7.1.2.3. Doğruluk analizi....48

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER....56

KAYNAKLAR....58

ÖZGEÇMİŞ....61

1. GİRİŞ

Üç boyutlu lazer tarama sistemleri, kullanılabilirliği ve performansı açısından kilometrelerce yolu ve araziyi bir anda haritalayabilecek veya metropol şehirleri bile çok kısa sürede modelleyebilecek bir sistem olduğunu göstermeye başladı. Hava bazlı ölçme sistemleri böylesi bir verinin elde edilmesini sağlayabilir ancak hava aracının maliyeti ve yerden olan uzaklığı nedeniyle detayları eksik alması göz önüne alındığında avantajlı olmadığı görülmektedir.

Günümüzde karayolu ve bina ölçmelerinde yersel 3D lazer tarayıcılar kullanılmaktadır , fakat geniş mekanların ölçümü söz konusu olduğunda bu aletler yavaş, dolayısı ile pahalı olmaktadır. Bir 3D tarayıcıyı bir aracın üzerine oturtmak belki hızı ve üretkenliği arttırabilir ancak her tarama için ayrı ayrı harcanan coğrafi referanslama zamanı ve tekil nokta dağılımı gibi dezavantajları vardır. Büyük ölçümler söz konusu olduğunda yüzlerce taranmış görüntünün coğrafi referanslanması göz ardı edilemez yönetim problemleri oluşturmaktadır. Bu aşamada araziyi teker teker tarama yerine tek bir koordinat sisteminde ve tek seferde tarayan bir sistem geliştirmek daha makul olmaktadır.

Bu çalışmada klasik ölçme sistemleri ile mobil lazer ölçme sistemlerinin kıyaslaması ve mobil lazer ölçme sistemlerinin karayolu etüt proje çalışmalarında kullanılması halinde elde edilecek avantajları değerlendireceğiz.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mobile mapping (mobil haritalama) sistemlerinin gelişimi yaklaşık 2005 yıllarından itibaren başlamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte yersel tarayıcıların ortaya çıkması lokal bölgelerde (kavşak gibi) harita üretebilme ve ufak çapta kent modelleme imkanı sunmuştur. Ancak büyük arazi parçalarının , kilometrelerce uzunluktaki yol güzergahlarının, sulama kanallarının, demiryollarının haritalanması ve büyükşehirlerin modellenmesi konusunda yetersiz olması bilim dünyasını ve arge çalışması yapabilen teknoloji firmaların araştırmalarını hızlandırmaya sevketmiştir.

Burada Riegl ve Optech firmalarının üretmiş olduğu teknolojiyi kullanarak araştırmalarına yön veren bazı bilim insanlarının çalışmalarından yararlanılmıştır.

Hunter (2007) mobil lazer tarama sistemlerinin doğruluğu üzerine yaptığı çalışmasında uygun GPS koşullarında 30 mm. ‘ nin altında konum doğruluğu elde etmiştir. Haal ve Peter (2007) ise Stuttgart şehrinin merkezinde yaptığı testte alınan verileri post prosessing yaparak 5 cm. doğlulukta bir nokta bulutu elde etmiştir. Sevcik ve Studnicka (2006) ise Kent modellemesinde lazer tarama sistemlerinin uygulanabilirliğini yapmış oldukları modellerle göstermiştir. Xinogalos (2008) ILRIS vs LYNX sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla Tripoli-Korinthos-Elefsina şehirleri arasındaki otoyolu ölçmeleri yapmış ve her iki sistemin avantaj ve dezavantajlarını test etmiştir. M. Bitenc (2010) Hollandanın hinterlandın ve su basman seviyesinin dikkate alınarak kurulmuş bir yerleşim alanı olması sebebiyle sahil kıyısında yıllık olarak yapılan erozyon ölçümlerinin mobil lazer ölçüm sistemi ile yapılıp yapılamayacağına dair bir çalışma yapmıştır. Cox (2007) Ulusal elektirik tesisinin Ellesmere limanından Staffordshire ‘deki Cellarhead istasyonuna büyük bir taşıyıcı tarafından taşınması sırasında streetmapper (Riegl) kullanılması ile en uygun yol güzergahının bulunmasına dair bir çalışma yapmıştır. Kremer ise bina modellemesi, yükseklik ölçmeleri gibi farklı alanlarda uygulamalar yaparak sistemin değişik uygulamalarının kullanılabileceğini göstermiştir.

İçeriğe yönelik daha fazla detaylı bilgi ilgili başlıklar altında anlatılmıştır.

.

2.1. Sistem doğruluğu

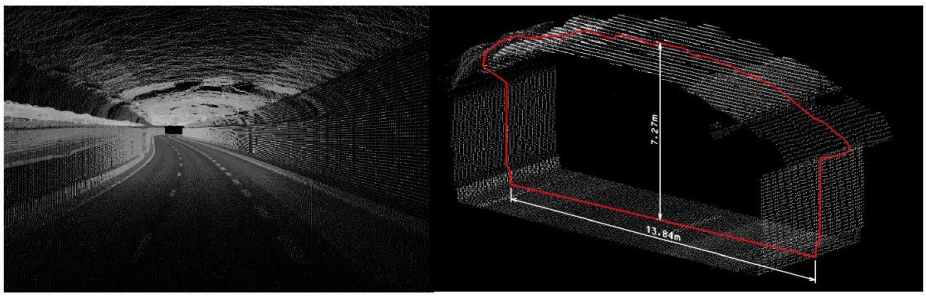
Doğruluk tanımlamasını bu sitemlerde Bağıl doğruluk ve Mutlak doğruluk olmak üzere iki farklı şekilde ele almak gerekir.

2.1.2. Bağıl doğruluk

Bağıl doğruluk kısa bir zaman diliminde alınmış aynı andaki 2 nokta arasındaki yayılmayı tanımlar. Bu hataya tek lazer tarayıcı aletinin noise hatası egemendir. Mobile mapping sistemleri için bağıl doğruluk yaklaşık 2,5 cm'dir. İki arazi yapısının ölçümü arasındaki mesafe bu bağıl hataya eşit değildir. Bu doğruluk nokta bulutu içerisindeki pozisyonlarının tespit edilmesi ile güçlü bir şekilde belirlenebilir. Nokta yoğunluğunun ve arazi özelliğinin şekline bağlı olarak bu bağıl doğruluk mutlak hatadan daha da iyi olabilir, daha da kötü olabilir. Mobile mapping ölçümü sırasında bağıl hata ve iki arazi ölçümü sırasındaki hata kısa zamanlı GNSS şartlarında neredeyse bağımsızdır. GNSS sinyallerinin bozuk olduğu veya olmadığı durumlarda sadece mutlak doğruluk düşer. (Kremer 2007)

2.1.3. Mutlak doğruluk

Mutlak doğruluk lazer tarama aletinin lokal koordinat sistemindeki doğruluğudur. Mutlak doğrulukta GNSS doğruluğu egemendir. İyi şartlar altında bu doğruluk yaklaşık 3 cm. zor koşullar altında ise 0,5 m.'ye kadar yükselebilmektedir. Bu durumdan bağıl doğruluğun ön planda olduğu harita koordinat sistemindeki mutlak doğruluğun önemli olmadığı uygulamalarda yararlanılabilir. Bu uygulamalar ise tünel içindeki mesafe ölçümleri veya büyük ve geniş yüklerin taşınması işlerinde kullanılan sürüş rotaları gibi uygulamalardır. (Şekil 2.1.5.2.1)



Şekil 2.1.3.1. Bir Tünele Ait Nokta Bulutu ve Kesiti

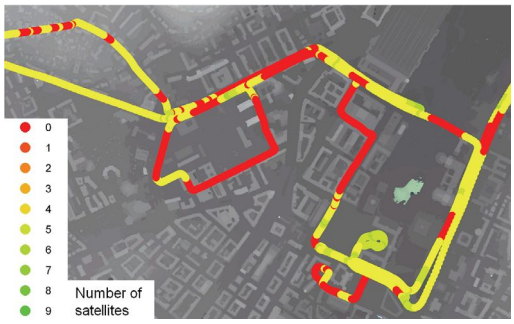
2.2. Doğruluk testi

2.2.1. Test 1

18.11.2007'de Norbert Haala, Michael Peter, Jens Kremer, Graham Hunter tarafından yapılan testte 13 km.lik alan , 35 dakikada , Stuttgart şehrinin ortasında 1.5 km. 'ye 2 km.'lik alanda yapıldı.

Streetmapperin referanslanması için 300 tane referans noktası real time ile ölçüldü. Bu sebeple yapılan çalışma 3D şehir modeli üzerine yoğunlaştı.(daha önceden şehir modeli zaten ellerinde var) Bu 3D şehir modeli Stuttgart şehir ölçmeleri biliminden alındı. Birbirine bağlı olan çatıların geometrilerin fotogrametrik stero ölçülerle modellenmiş duvarlar verilmiş olan bina verileri ile tekrar kaplama yapıldı. Bu çizgiler orjınal olarak 1/500 lük harita üretmek için yapılan ölçülerden alındı. Öyle ki düşeydeki doğruluk cm. mertebesindedir ve cephe geometrileri de düzlem ile sınırlıdır.

Hava lidarında olduğu gibi dinamik yersel lidarında doğruluğu lazer tarayıcının veri toplama sırasındaki pozisyonuna ve oryantasyonuna bağlıdır. Yinede hava aracına göre yer aracındaki şartlar GNSS için farklıdır. Yer aracındaki sıkıntılar daha çok multipath ve sinyallerin ağaç ve binalar tarafından engellenmesidir. Bu problemler şekil 4.2'de kaç uydu olduğu topoğrafik durum ile birlikte ölçü boyunca gösteriliyor. Görüldüğü gibi dar sokaklarda uydu görülememiştir (kırmızı olan). Bu bölgelerde ağaç ve bina yüzünden sinyal kesildi.



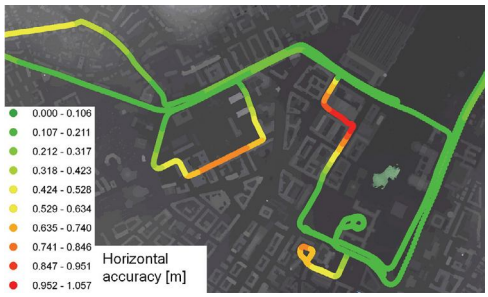
Şekil 2.2.1.1. Uydu Görünürlük Durumu

Bu testte Kanada Calgary'den Novatel OEMV-3 kartlı terracontrol sistemi kullanılıyor. GPS kullanılarak ölülen bu projede , sistem posstprosessing modu ile hataları düzeltilecek durumda kullanıldı.

Pozisyon ve yükseklik tahmini için terracontrol GNSS/IMU sistemi kullanıldı. Bu sistemin IGI IMU-2d fiberoptik tabanlı IMU kullanıldı. Jiroskop(merkezkaç kuvvetini ölçen alet) 'un açısal hatası 0,004 derecenin altındadır. Fakat yüksek doğruluk

ölçümlerin yapılmadığı alanlarda ölçmeyi destekledi. Bu tip zayıf GPS sinyalleri olduğunda hassasiyeti artırmak için streetmappere birde hız sensörü eklenmiştir. Diğer kazanımlarının yanında bu navigasyon verilerinin işlenebilmesi için GPS sinyallerinin zayıf olması durumunda hatanın büyümesini engellemiştir. Tünellerde ve ağaç altlarında bu hız sensörü işe yarıyor.

Şekil 4.3'de yatay pozisyon doğruluğunu gösteriyor. GPS den alınan verileri terraoffice yazılımı ile postprocess yapılmış GPS verilerinin yatay konum doğruluğunu veriyor. Görüldüğü gibi iyi şartlar altındaki GPS'den 3cm. civarında bir doğruluk elde ediliyor. GPS sinyallerinin zorlandığı yerlerde birkaç dm.ye kadar çıkabiliyor. (Haala ve ark.'na (2007) göre)



Şekil 2.2.1.1. Yatay Pozisyon Doğruluğu

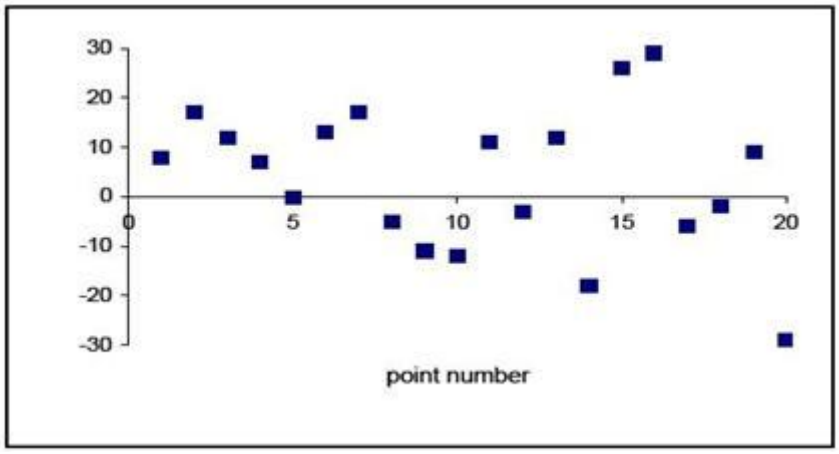
2.2.2. Test 2

Ocak 2006'da İsveç Borlangede sokak bölümlerinin mutlak yüksekliklerinin ölçülüp streetmapperin doğruluğunun test edildiği bir uygulama yapıldı. 24 referans noktasının yüksek doğrulukta ölçüldüğü bir proje alanına sahipti. Modellenen yüzeyle ölçülen yüzey arasındaki mesafe hesaplandı. Şekil 2.2.2.1.'deki sol taraf proje alanındaki referans noktalarının dağılımını göstermektedir. Bu resmin sol tarafında ise tüm verinin içinden işaretlenmiş bir parçası görülmektedir. İki büyük siyah daireler iki referans noktasını göstermektedir. Dört tane referans noktası ise karlı bir havada çekilmiş ve bu noktalar test için dikkate alınmamıştır.



Şekil 2.2.2.1. Referans Noktaların Dağılımı

Yatay ofsetlerin dağılımı Şekil 2.2.2.2. ’de görülmekte düşey mesafelerin standart sapması ise 15 mm.’dir.



Şekil 2.2.2.2. Düşey Mesafelerin Standart Sapması

2.2. Anormal Bölünemez Yük Noktaları

İngiltere’de anormal bölünemez yüklerin taşınması için yol ölçmeleri ve buna ek bir veri tabanı oluşturulması gerekmiştir. Söz konusu yollar büyük ve ağır yüklerin taşınması için lokal olarak hazırlanmıştır. Fakat buna rağmen bu tip yüklerin taşınmasının son ayağı ölçüme ihtiyaç duyulmuştur.

Ulusal elektirik tesisinin Ellesmere limanından Staffordshire ‘deki Cellarhead istasyonuna büyük bir taşıyıcı tarafından taşınması sırasında streetmapper (Riegl) kullanıldı. Ellesmere limanındaki yol (A34 yolu) uygun bulundu. Streetmapper sistemi ile istasyona kadar ölçüm yapıldı. (Şekil 2.2.1’de gösterilmekte).

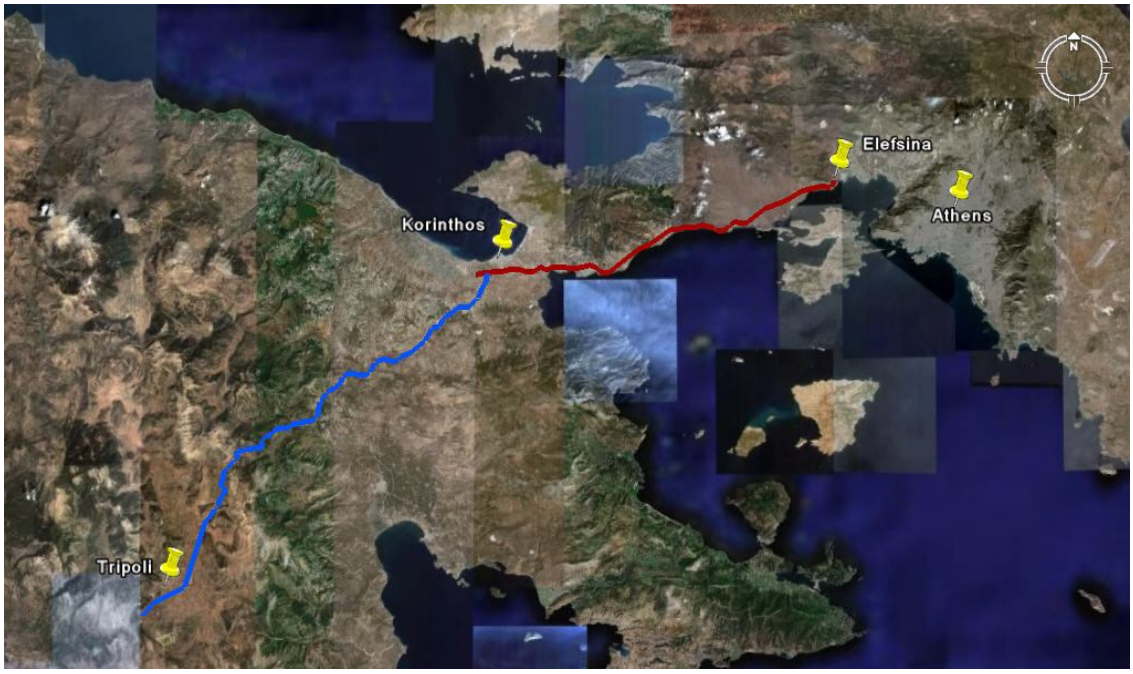


Şekil 2.2.1. Tarama Güzergahı ve İşaretli Engeller

Yolun toplam uzunluğu 19 km. ve ölçüm yaklaşık 1 saat içinde tamamlandı. Bu ölçümlerin sonunda 93 milyon noktalı bir nokta bulutu elde edildi. Bu ölçünün ortalama nokta yoğunluğu metrekareye 50 noktaydı. Analiz aşamasında 5m.X 5m. olan yol bölümlerinden yarım metre yukarıda olan engeller işaretlendi. Tipik bir kesiti Şekil 6.1'de sağda görülmektedir. Bu noktalar listelendi ve nokta bulutu verisi daha ileri analiz isteyebilecek başka bir müşteri için saklandı. (Cox 2007)

2.3. Otoyol Ölçmeleri ve Veri İşleme Üzerine Bir Çalışma

2007-2008 yılında ILRIS vs LYNX sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla Tripoli-Korinthos-Elefsina şehirleri arasındaki otoyolu ölçmeleri yapılmıştır.



Şekil 2.3.1. Tripoli-Korinthos-Elefsina Otoyolu

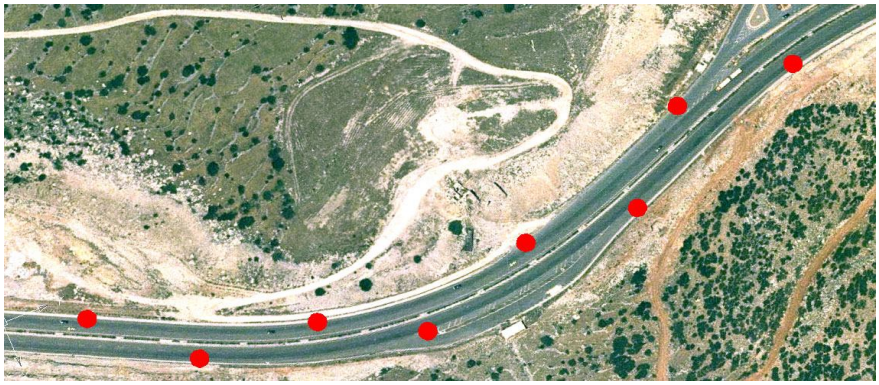
Otoyolu ölçmeleri için öncelikle belirlenen gereksinimler;

- Otoyol özelliklerinin halihazır ölçümü (kaldırım,yapı,eğim,işaretler,direkler vb.)
- Gelecekte referans olması için halihazır durumun etkili arşivlenmesi
- Konum doğruluğu: 2-3 cm
- Düşey doğruluğu: 1-2 cm
- Otoyol revizyonu için 3 boyutlu model
- Altlık haritalar (1:500)
- Kaydadeğer trafiğe kapama ya da kesintinin olmaması
- Etkili emniyet planı
- Yerel trafik yetkili kurumundan izin

tespit edildikten sonra Korinthos Tripoli Otoyolu ölçümlerine başlanmıştır.

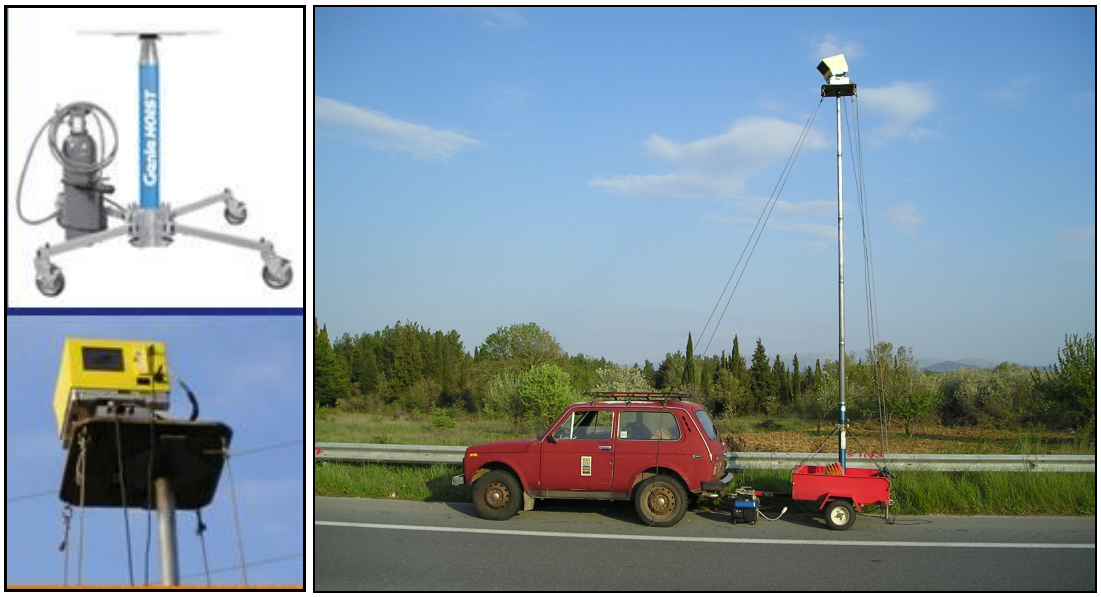
Korinthos – Tripoli Otoyolu;

Korinthos – Tripoli Otoyolu ölçümünde Jeodezik ağ altyapısının kurulmasının ardından Optek ILRIS3D ile statik (dur&tara) lazer taraması yapılmıştır. Tarama esnasında araç, banket şeridinden gitmiş ve başka bir araç (trafik düzenleyici) tarafından da kazalara karşı korunmuştur. Tarama istasyonları ortalama 50-80 m. olmak üzere yolun her iki tarafında yapılmıştır. 80 km. uzunluğu olan bu güzergakta 1100 tarama istasyonu kurulmuş ve toplam iş süresi 120 gün sürmüştür.



Şekil 2.3.2. Tarama İstasyonları

Yatay objelerin taranmasında görüş açısını genişleterek daha iyi sonuç elde etmek için tarayıcı 5,6 m. yükseltilmiştir. Aletin kaldırılması için römork entegrasyonu, daha uzun Ethernet ve güç kabloları, dengeleyiciler, yakıt üretici gibi ilave aparatlar kullanılmıştır.



Şekil 2.3.3. Optek ILRIS3D 'nin Araca Entegreli Görünüşü

Tarama çözünürlüğü yatayda 55mm., düşeyde 20 mm. olarak gerçekleştirildi. Koordinatlandırma konik hedeflerle (bilinen nokta) yapıldı. Her tarama noktası için 1 koni kullanıldı. İç yöneltme için polyworks yazılımı kullanıldı.

Elefsina - Korithos Otoyolu;

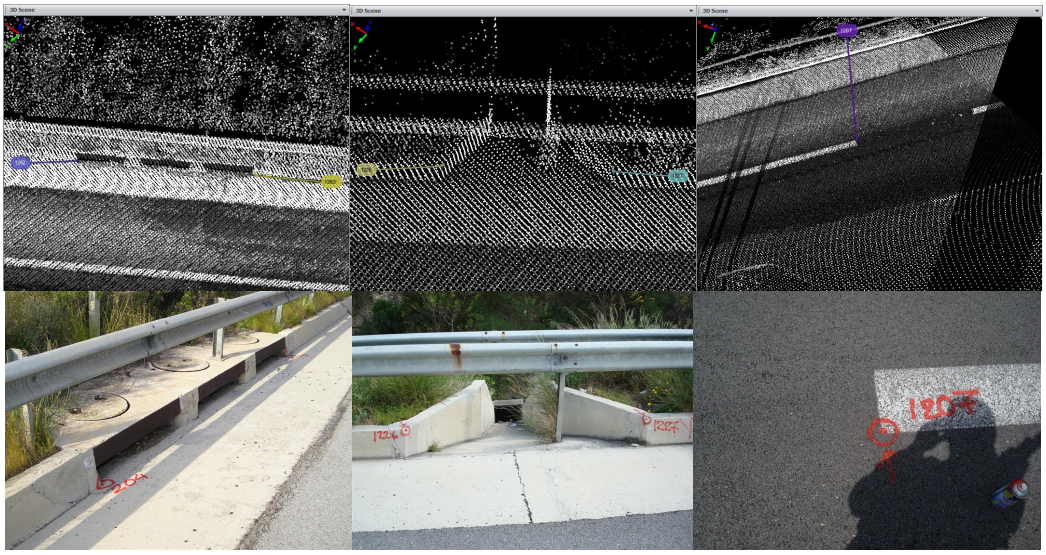
Elefsina - Korithos Otoyolu taramasında Jeodezik ağ altyapısının kurulmasının ardından Optech LYNX mobile mapper kullanılmıştır. Veri kalitesini artırmak için 60

km.lik yol güzergahında banket şeridi ve sol şerit olmak üzere 2 geçiş halinde yapılan tarama, saatte ortalama 50 km. hızla ,1 iş gününde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3.4. Optech LYNX Mobile Mapper

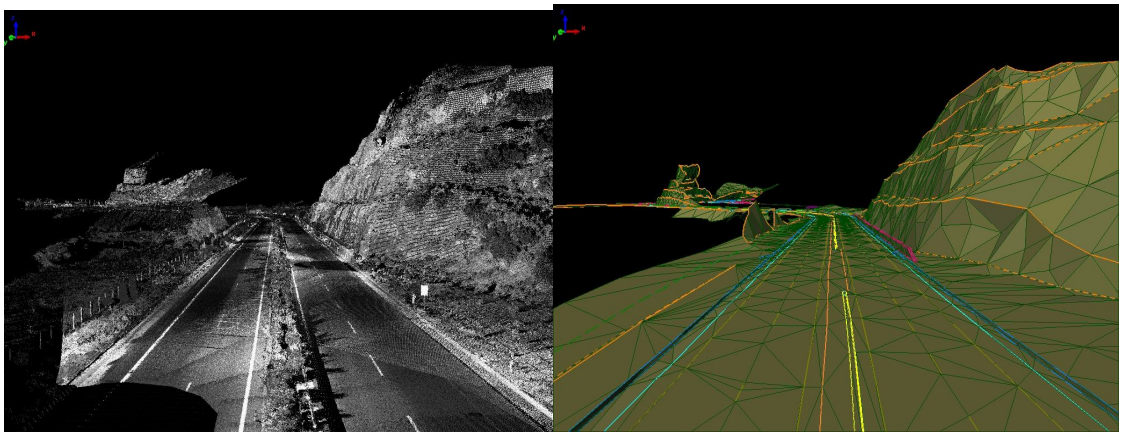
Sabit GPS istasyonları bilinen 6 noktaya tesis edilmiştir. Yer kontrol noktalarının ölçümü için kolay seçilebilen hedefler belirlenmiştir.



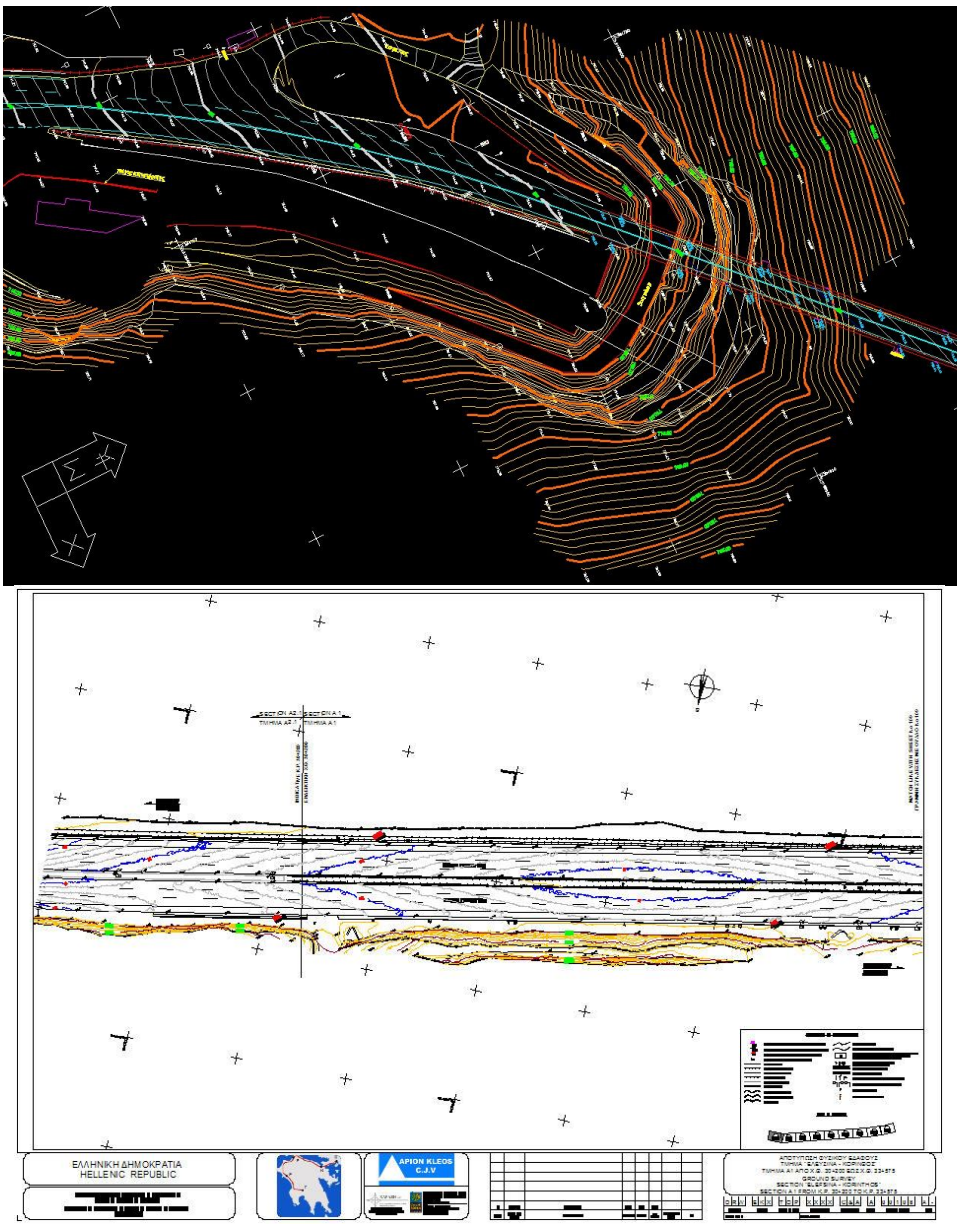
Şekil 2.3.5. Kontrol Noktaları

Ön veri değerlendirmesi otoyolunun her 500m.lik kısmı için ayrı ayrı yapılmıştır. Global ve lokal koordinat sistemlerine dönüşüm işlemleri polyworks yazılımında < 3 cm. olarak gerçekleşmiştir. Her yolun sağında ve solunda 50-80 m. ek noktalar kullanılarak yapıldı.

Detaydan 3D model oluşturma ve harita üretimi autocad civil 3D kullanılarak yapıldı. Nokta bulutu gelecekte kullanım için km**.** bazında arşivlenerek kaydedildi.



Şekil 2.3.6. Nokta Bulutu ve Modeli



Şekil 2.3.7. Nokta Bulutundan Üretilmiş Harita

Sonuçlar;

Veri Kalitesi

LYNX:

- Standart çözünürlük homojen nokta bulutu
- Gereksiz bindirmeler yok
- Gelip geçen trafik yüzünden daha az trafik
- 2 sensör olduğundan daha kapsamlı obje görüşü

ILRIS:

- Yakındaki objeler için daha fazla detay
- Kaldırıldığı zaman daha iyi bir görüş açısı
- Düzenli nokta bulutu üretimi (normal vektörlerle)

Doğruluk

LYNX:

- Bindirmelerden kaynaklanan kontrol noktası referanslama hatası yok
- Seri tarama noktalarından kaynaklanan kontrol noktası hizalama hatası yok
- 500m.lik bölümler arasında yüksek iç doğruluk

ILRIS:

- GPS den gelen uydu görmeme ve uydu pozisyon hataları yok
- Konumdan kaynaklı hatalar yok
- Her bir tarama için mükemmel bağıl doğruluk

Üretkenlik

LYNX:

- Arazi işleri: Önemli ölçüde hızlı ve güvenli
- Verilerin dönüşümü ve yöneltmesi daha hızlı
- Göz ardı edilemez ölçüde parazit temizleme kolaylığı
- Sabit yoğunluklu ve homojen nokta bulutlarında otomatik detay üretimi daha iyi çalışıyor.

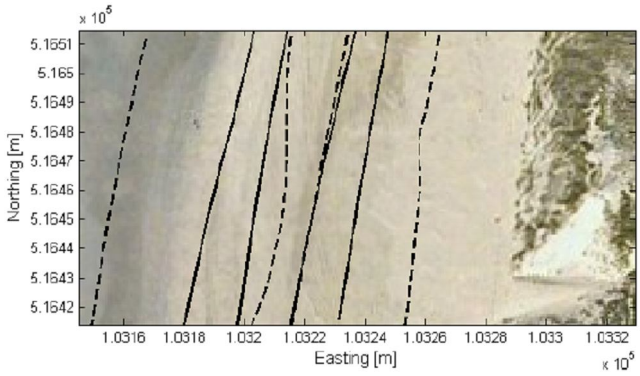
ILRIS:

- Gölgeli düzenli nokta bulutlarında manuel detay çıkarımı daha kolay
- Sadece düzenli nokta bulutları ile çalışırken ileri düzey filtreleme teknikleri
- Yakın objeler için çok daha fazla detay oranı(çözünürlük-görüş açısı)

(Xinogalos ,2008)

2.4. Sahil Kıyılarının Mobil Lazer Ölçüm Sistemiyle İncelemesi ve Değerlendirilmesi

Hollanda kıyıları kumlu sahilleriyle tanınmıştır. Ülkenin bu yapısı hinterlandının su basman seviyesi dikkate alınarak kurulmasını gerektirmiştir. Bu nedenle sahil kıyıları yıllık olarak hava lazer tarama sistemi ile incelenmektedir. Sahilde oluşan erozyonun büyük kısmı fırtınalardan kaynaklanmaktadır. Fırtınadan hemen sonra sahildeki erozyonun miktarını hava lidarı ile ölçmek pahalı ve zordur. Bu nedenle yersel mobil ölçüm sistemlerinin performansı M. Bitenc tarafından incelemeye konu edilmiştir . Geomat firması tarafından hazırlanan street mapper Lazer mobil ölçüm sistemi (Lmms) kullanılarak Hollanda kıyısındaki Egmond aan Zee bölgesinde LMMS verisi toplanmıştır. Veri toplama çalışması 27 kasım 2008 tarihinde 6 km. uzunluk ve 180 metre genişlikteki alan üzerinde 2 saatlik bir çalışma ile tamamlanmıştır. Bulut kümesi 56 milyon lazer noktası içermektedir. Geomat deneyimlerine göre bu miktardaki lazer nokta koordinatları yaklaşık 2 günde sınıflandırılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Şekil 3.3.1'de belirtilmiş 8 tarama rotası içeren ve 213x101 metre boyutundaki daha küçük örneklem test alanı kullanılmıştır. Örneklem alan 1.220825 lazer noktası içermektedir.



Şekil 2.4.1. Test alanı ve dijital fotoğraf. Siyah kesik çizgiler kuzeyden güneye taramayı ve düz çizgiler güneyden kuzeye taramayı göstermekte.

Street mapper lazer mobil ölçüm sistemi kullanılmasıyla geomattan elde edilen test datası 3 farklı doğrusal lazer tarayıcısıyla kullanılmıştır.

Lazer nokta yükseklikleri ve mevcut sayısal arazi modelleri de çalışma esnasında kullanılmıştır. İlk analizler süresince birbirine yakın noktaların yükseklik farklılıkları göz önünde bulundurulmuştur. Rastgele denk gelen çok yakın noktalar hariç , farklı lazer tarayıcılarından ve farklı lazer tarama doğrultularından gelen yakın

noktalar analiz edilmiştir. Düz kıyılarda 3 mm. 'lik doğruluk yakalanırken neredeyse hiç kayıklık hatası oluşmamıştır. İkinci analizde de en küçük kareler yöntemi kullanılarak 1 metrelik bir sayısal arazi modeli üretilmiştir. 2 metre gibi alçak tarama yüksekliklerinde kum tepeciklerinin arkasına düşen gölge efektlerinden kaynaklanan bazı problemlerle karşılaşılsa da , Lmms kullanılarak yaklaşık 2 gün gibi bir sürede yüksek kalitede bir arazi modeli oluşturulabilmiştir.

Eş Noktaları arasındaki yükseklik farklarının sonuçları;

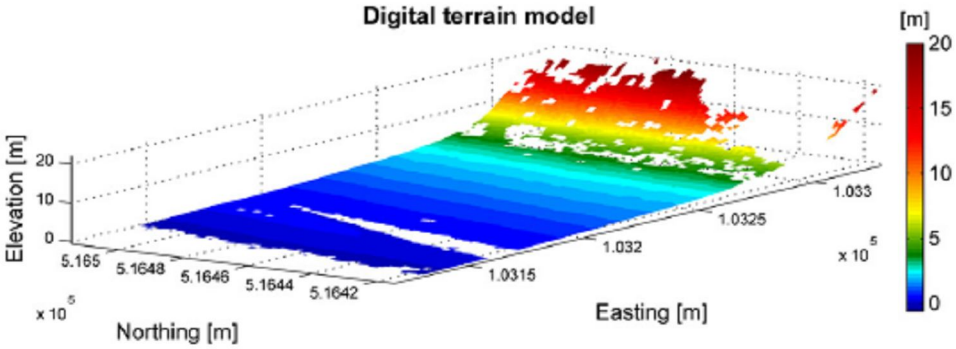
Eş nokta çiftlerinin analiz edilmesiyle , örneğin tarayıcı ve tarama rotası numarası , anlaşılmıştır ki eş nokta çiftlerinin büyük bir kısmı aynı tarayıcı ve de aynı tarama rotasına aittir. Az miktardaki eş noktanın ise de tarayıcı çakışması ya da tarama rotası çakışması görülmüştür. (Tablo 3.3.1). Yükseklik farklarının 3 ana sebepten kaynaklandığı tablo'da görülmektedir. Yükseklik farklarının ortalaması Δz bütün ALL-Nz de tarayıcı çakışması durumlarında sıfıra çok yakındır. Bir sonraki durumda gözlemlenen ve beklenen sıfır ortalamadan gerçekleşen 0,2 mm.lik sapma muhtemel tarayıcı kalibrasyon hatasından kaynaklanmaktadır ki çoğu durumda çok küçüktür. Tarama rotası çakışmalarında gözlemlediğimiz ortalama yükseklik farklılıkları Δz beklendiği gibi sıfır çıkmıştır. Buda tarama rotaları arasında herhangi bir kayma olmadığını göstermektedir. Diğer bir deyişle gps konumlama sisteminde herhangi bir sistematik hataya rastlanmamıştır. 3.5 mm.'ye eşit yada daha küçük olarak tespit edilmiş olan standart sapma değerleri LMMS lazer ölçümünün görece hassasiyetini ifade etmektedir. Yatay yüzey üzerinde konumlanmış eş nokta yükseklik farklılıklarının korelasyonu ve geometrik özellikleri (mesafe, düşey açı) incelendiğinde her iki değer arasında herhangi bir trend yakalanmamıştır.

Çizelge 2.4.1. Eş nokta yükseklik farkı analizleri.

		ALL-N_z	Scanner overlap	Drive-line overlap
No. of ident. point pairs		17 754	608	5 473
Height difference ΔZ [mm]	min	-47	-20	-47
	max	46	36	46
	avg	0.1	0.2	0.0
	std	3.1	2.5	3.5

Sayısal arazi modelinin enterpolasyon sonuçları ve hassasiyet tahmini;

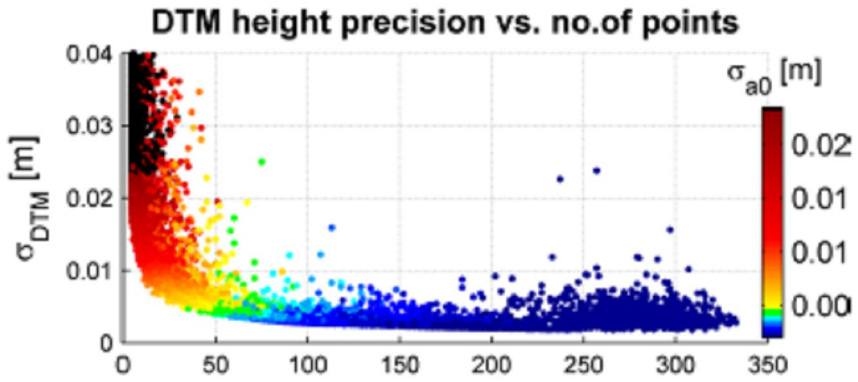
Aşağıdaki sayısal arazi modeli tahmininde söz konusu test alanına ait lazer noktaları kullanılmıştır. Şekil 3.3.2'de arazi yükseklik modelinin enterpole edilmiş 3d yüzeyi görülmektedir. Bu görüntü üzerindeki her piksel birebir metrelik grid hücresini temsil ederken piksellerin sahip oldukları renk değerleri ilişkili oldukları gerçek grid noktasının yükseklik değerini vermektedir. Grid yükseklik değerleri kıyıda -0,19 metre olarak belirlenmişken kum tepeciklerinin üstlerine doğru 22 metreye ulaşmaktadır. Görüntü üzerindeki beyaz boşluklar gölge efektlerinin ve kumsal üzerinde muhtemel su kümelerinin yansımalarından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.4.2 DTM Grid Noktalarının 3D Gösterimi

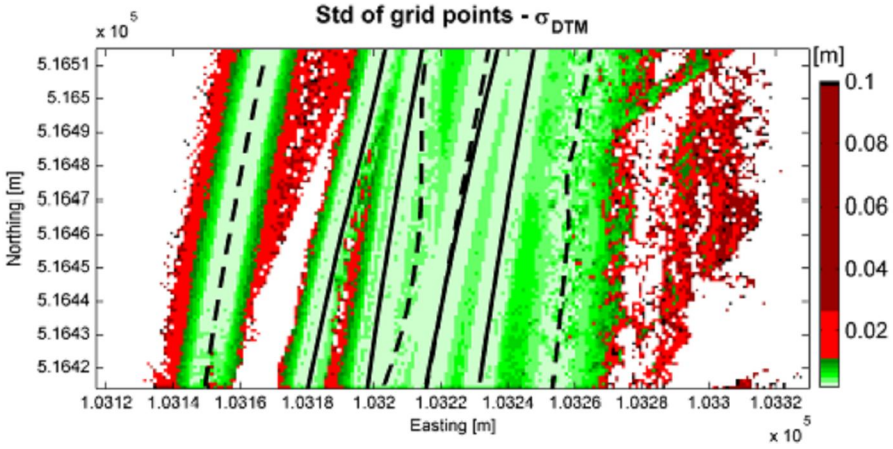
Grid noktalarına ait yükseklik hassasiyeti σ_{DTM} $\sigma 2_{DTM} = \sigma^2_{a0} + \sigma^2_e$ 'deki hesaplama yöntemi ile hesaplandığında 0.0018 ve 2,9 metre arasında değişmektedir. Ortalama hassasiyet 4,7 mm. Olarak bulunmuştur. Karşılaştırma açısından $\sigma_{Zİ}$ Gözlem hassasiyetinin ortalama değerinin 2,4 cm. olduğu hatırlanmalıdır.

Şekil 3.3.3'de grid noktalarının yükseklik hassasiyetleri σ_{DTM} (y ekseninde), nokta sayısı n (x ekseninde) ve veri kalite bileşeni σ_{a0} (renklendirme ile) arasındaki ilişki gösterilmiştir. Renklendirme ve y ekseni karşılaştırıldığında grid nokta yükseklik hassasiyetinin σ_{DTM} çoğunlukla veri kalite bileşenine σ_{a0} dayandığı gözlemlenmektedir. Ayrıca kolaylıkla görülebilir ki grid nokta hesaplamasına dahil edilecek 50 yada daha fazla nokta ile grid nokta yüksekliklerine σ_{DTM} ait standart sapma 1 cm. nin altındadır.



Şekil 2.4.3. Grid Noktalarının Yükseklik Hassasiyeti İncelemesi

Şekil 3.3.4 de ise örneklem alanına ait mekansal varyasyonun standart sapması σ_{DTM} gösterilmektedir. Figürdeki yeşil alanlar yükseklik hassasiyetinin σ_{DTM} 1 cm.nin altında olduğu grid noktaları ifade etmektedir. Sahil şeridine ait arazi yükseklik modeli çoğunlukla beklenen yüksek kalitede oluşturulmuşken bu kalite değerinin noktanın tarama rotasına olan uzaklığıyla ters orantılı olduğu gözlemiştir. Örneğin DL11 (en soldaki) tarama rotasına yakın noktaların tarama hassasiyetleri düşük nokta yoğunluğundan dolayı 2,56 cm. ya da daha kaba hassasiyettedir. Sayısal arazi modelinin kalitesi düşük nokta yoğunluğu , yüzey lazer nokta yükseklik hassasiyetlerinin teorik olarak düşük olması ve yüksek yüzey engebeliliği sebebiyle özellikle kum tepelerinde daha da düşmektedir. M. Bitenc, 2010



Şekil 2.4.4. Grid Nokta Yüksekliği

4. 3D MOBİL LAZER TARAMA SİSTEMİ (MOBİLE MAPPİNG LASER SYSTEM)

3D mobil lazer tarama sistemi aslında karayolu işlerindeki ölçüm ve kayıt altına alma işleri için üretilmişse de halen diğer uygulamalar içinde kullanılabilecek şekilde üretilmeye devam ediliyor. Bu sistem 2-4 adet 2D-3Dlazer tarayıcı ve bu sisteme entegre bir yüksek performanslı GPS navigasyon sistemi kullanmaktadır. 2005 yılından beri çalışmakta olan bu sistemler birçok değişik aracın üzerine kolayca monte edilebilmektedir. Bu sistemin önemli kamusal yararı ise 30 mm. hassasiyete kadar olan karayolu ölçümlerinde trafik akışını olumsuz yönde etkilememesidir.

4.1.Uygulama ve Kullanım Alanları

Tek bir lazer projesinde birçok ürün elde etmek mümkündür.

-Sayısal Arazi Modeli:

Lazer ile fotogrametrik düzeltmelerde kullanmak için ucuz ve hızlı bir biçimde sayısal arazi modeli üretilebilir. İki türlü yüzey modeli oluşturulabilir:

- **a.** Yansıyan ilk lazer verisi kullanılarak zemin üstü model
- **b.** Yansıyan tüm lazer verilerini kullanarak hassas ölçümler için gerçek topografya modeli

- Eş Yükseklik Eğrileri:

Sayısal arazi modelini kullanarak eş yükseklik eğrilerini geçirebilir.

-Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü:

Lazer verileri ile arazi örtüsü, kentleşme, orman sınıflandırması gibi bilgileri elde edebileceği gibi, sel havzalarında hidrolik ve hidrolojik modelleme de yapabilir.

-Yoğunluk Haritaları:

Koordinatlandırılmış lazer görüntüleri, düşük çözünürlüklü fotoğraflarda olduğu gibi 2 boyutlu nesneleri ayıklamak için kullanılabilir ve lazer veri işlemlerine veri olarak sunulabilir. Bu görüntüler aynı zamanda lazer verisinin yatay doğruluğunu kontrol etmek için de kullanılabilir.

-Nokta Bulutu:

Öncelikle her bir yansıma için yükseklik noktaları hesaplanır. Sonuç olarak arazi yüzeyi ve üzerindeki nesnelerden oluşan bir nokta bulutu oluşur.

Kullanım Alanları İse;

-Temel Haritalama

Lazer ile hazırlanan sayısal arazi modelleri eş yükseklik eğrileri oluşturulmasında kullanılabilir.

-Şehir Planlama

3 boyutlu arazi modeli (veya arazi örtüsü modeli) kullanılarak görselleştirme yapabilir, şehir planlama, görünebilirlik gibi analizler gerçekleştirilebilinir.

-Doğal Kaynak Yönetimi

Lazer verisi ağaç yüksekliği hesaplamada, biyokitle (belli bir alan içindeki yaşayan tüm canlıların niceliği), kazı çalışmaları için hacim hesaplama gibi işlemlerde kullanılabilir.

-Ulaşım ve Altyapı Hatlarının Haritalanması

Lazer verileri, yeni bir ulaşım veya altyapı ağının planlama aşamasında kullanılabilir.

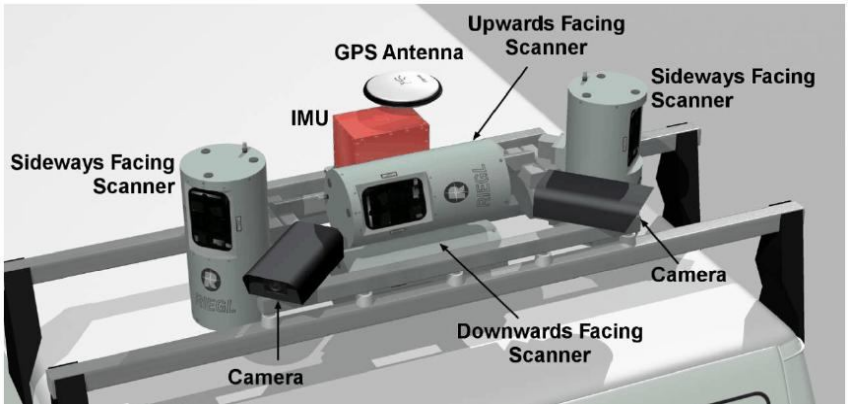
4.2. Sistem Bileşenleri

Yüksek hızlarda yeterli nokta bulutu yoğunluğunu elde edebilmek için entegre bir "çoklu-sensör" sistemi gerekmektedir. 360 derece tam görüş alanı elde etmek içinse dört adet 2D-lazer tarayıcının eşzamanlı olarak çalışması gereklidir. (Şekil 4.2.1)



Şekil 4.2.1. Dört Adet Lazerin Görüş Açıları

Her komşu tarayıcı arasında bindirmeli veri üretebilmek ve azami kapsama alanı sağlamak için tespit konumu ve montaj açıları dikkatle optimize edilmelidir. Bir veya daha çok video kamera entegrasyonu ile verilerin yorumlanması geliştirilebilir. Yüksek kaliteli görüntüler elde etmeye ihtiyaç duyan projeler için yüksek çözünürlüklü durağan bir kamera kullanılabilir ve bütün bunlara ek olarak geleneksel GNSS ve IMU'ye göre çok zor koşullarda (kentsel alanlarda, yoğun ağaç örtülü olan yerlerde) ek bir dijital hız sensörüne ihtiyaç vardır. Böyle bir çoklu sistemde sensörler arası zamanın doğru tespit edilmesi hayati önem taşır. Bu senrozizasyona ise toplanmış veriler ve doğru ölçülmüş GPS zamanı ile ulaşılır.



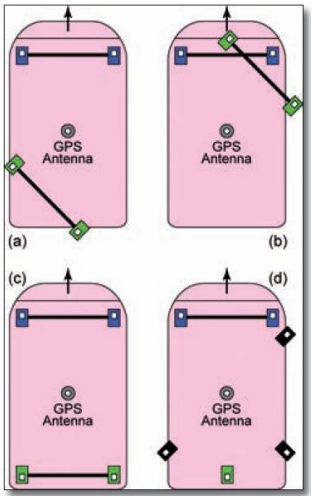
Şekil 4.2.2.. Sistem Bileşenleri

4.2.1. Görüntüleme cihazları

Haritalama amaçlı kullanılan araçların hızlı hareket etmesi ve objelerdeki tahmin edilebilme yaklaşıklığı arttıkça mevcut dijital kameraların ve çizgisel tarayıcıların mobil tarama araçları için uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Çizgisel tarayıcıların kullanımına nazaran dijital kameraların kullanımının kişisel kullanım alanların yaygınlaşması onun evrensel olarak yaygınlaşmasını sağlamıştır. Yine de küçük formatlı (1 mp. Civarı) ,çekim hızı yüksek (15 fotoğraf/sn) , pozlama süresi kısa , 360^0 görüntü elde edebilmek için aynı eksende birden fazla kamera kullanımı oldukça yaygındır.

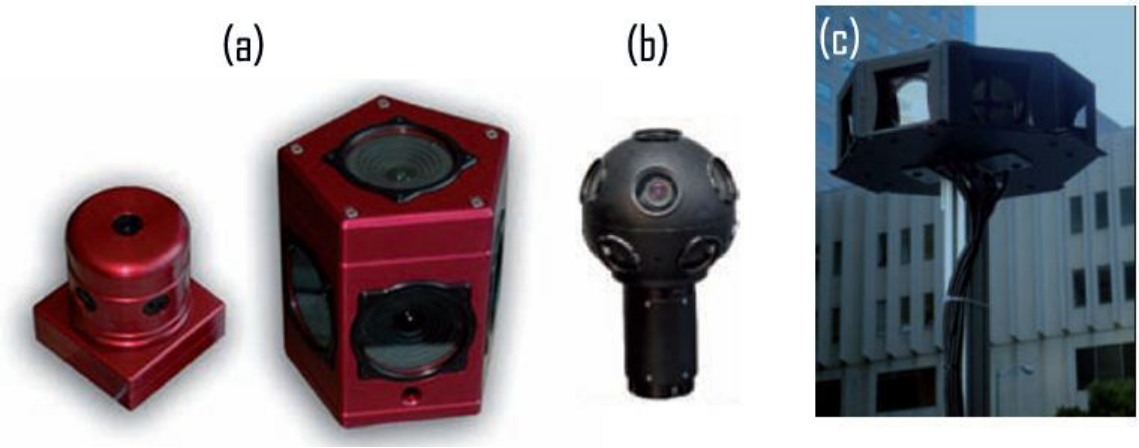
Saatte 20 km. hızla giden bir mobil haritalama aracı 1 km'yi 3 dakikada veya 1 m.'yi 0,18 saniyede gider. Burada 1 m.'yi 0,18 saniyede geçmesi fotoğraf enstantane değeri olarak algılanmamalıdır. Bu değerde çekilecek fotoğraflar fülû olacaktır. Bu yüzden daha yüksek enstantanede çekip kaydedebilen kamera kullanımı doğru olacaktır.Sistemin çekmiş olduğu fotoğrafların tatmin edici olabilmesi için 5-10 m. aralıklarla birden fazla kameranın aynı anda fotoğraf çekmesi gereklidir. Lazer tarama ve fotoğraf çekme işleminin kesintisiz olarak devam etmesini istiyorsak eğer, çok yüksek veri transferi yapabilen ve depolayabilen sistemler ve fire-vire veya iling gibi (ıeee1394 standardıda sağlayan) kablolama teknolojileri kullanılmalıdır.

Gordon Pietri'ye göre (2010) bu tip aletler saniyede 400 megabite kadar birden fazla kameradan elde edilen sıkıştırılmamış resim verisini (saniyede50 mp.) aktarabilir ki bu ıeee1394-a standardıdır veya saniyede 800 megabit (saniyede 100 megapiksel)aktarabilir ki buda ıeee1394-b standardıdır. Bireysel olarak kullanılan ve gereksinimleri karşılayan çok küçük formatlı ccd veya cmos sensörleri kullanılmaktadır. Bu kameralar dünya endüstrisinde inanılmaz sayıda üretilmiştir ki bunlardan bazıları: sonyHitachi and Toshiba (Japan); IMI (Korea);IMPERX, Pelco and Arecont Vision (U.S.A.); PixeLINK (Canada); and AVT,PCO and Basler (Germany)'dır. İlk mobil haritalama işleri için bu tip kameraların en tipik örneklerinden biri olan sony dfw500 (640x 480 piksel (0.3 mp) renkli fotoğraf alabilmekte ve saniyede 25 kare fotoğraf çekebilmektedir) kullanılmıştır. Daha çok modern tipteki sony ccd gibi kameralar çok daha büyük formatta fotoğraf çekebilir (1024x 768 piksel (0.8 mp) ve saniyede 15 fotoğrafa kadar çıkabilmekte veya fotoğraf boyutları 1280x960 piksel (1.2 mp) ayarlanırsa saniyede 5 fotoğraf çekebilir. Bu bireysel kameralar haritalamanın farklı farklı gereksinimleri doğrultusunda farklı konfigürasyonlara bağlı olarak farklı tiplerde üretilmiştir. (Şekil 4.2.1.1).



Şekil 4.2.1.1. Bu diyagram tele atlas tarafından araçların üzerine monte edilen farklı dijital video kamera ayarlarını göstermektedir. a,b ve c figürleri 4 kameraları kullanım alternatiflerini gösterirken d 6 kameralı sistemi göstermektedir.

Genellikle bu mobil haritalama sistemlerine yerleştirilen bu tip kameralar için yağmurdan ve tozdan koruyucu özel yuvalar alınmıştır. Daha az sıklıkla ,bu yuvalar güneş engelleyiciler ve donma önleyici, ısıtıcı ünitelerle de donatılmıştır . Tam entegrasyonu sağlanmış çoklu kamera üniteleri halihazırdaki sistemlerin üzerinde de sıklıkla görülmektedir. İlerde Ladybook serisi çoklu kamera sistemi olan ve richmond canada merkezli point gray researc tarafından adapte edilen yuvalama sistemleri geniş bir perspektifte mobil haritalama sistemlerinde kullanılacaktır. (Şekil 4.2.1.2.a)



Şekil 4.2.1.2: (a) silindirik şekilli ladybook 2 ve sağda 5gen şekilli ladybook3 görülmektedir .
(b) dodeca 2360 çoklu kamera sistemi.
(c) street view de kullanılan 9 kameralı sistem.

Ladybook 2 çoklu kamera ünitesinde 6 adet sony ccd sensörlü dijital kamerası vardır. Bunlardan 5 tanesi yatay olarak aynı düzlem üzerinde eşmerkezli olarak

yerleştirilmiş ve yatay düzlemde 360 derece panoramik görüntü alabilmek için dışa doğru yöneltilmiştir. 6. Kamera ise düşey olarak tam yukarı bakmaktadır. Bu kameralar firevire-b (ıeee1394-b) 800 megabit arayüz ve saniyede 15 tane sıkıştırılmamış resmi aktarabilecek video verisi ve güç taşıyabilecek kablolarla birbirine bağlanmıştır. Her bir resim 1024x768 piksek (0.8 mp) büyüklüğündedir. Ladybook3 ünitesi ise 5 kameralı konfigürasyona benzer olarak 6 tane ccd sensörlü sony kamera içermektedir. Fakat bu kameralar daha büyük formatta (1600x1200) pikseldedir. Dolayısıyla saniyede 15 adetlik jpeg görüntüsü veya saniyede 7 görüntülük sıkıştırılmamış 2 mp.lik 6 adet görüntü elde edebilir. Her bir ladybook çoklu kamera ünitesi çevredeki objelerin daha temiz bir görüntüsünü alabilmek için ayrıca bir çatı aparatının üzerine yerleştirilebilir.

Bir başka çoklu kamera görüntüleme sistemi olan dodeca2360 da farklı şekil ve görünüşü yüzünden medyadan çok üst düzeyde ilgi toplamıştır ve ismi 12 yüzlü bir şekil (herbir yüzü beşgen şeklinde olan) olan dodecahedrom'dan türetilmiştir ki buda neredeyse küreyi tanımlamaktadır. Sonuç olarak dodeca 2360 ünitesinin 12 yüzünün 11 inin arkasında küçük formatlı bir kamera taşımaktadır ve 12. yüz kameraların oluşturduğu tabandır. Genel olarak kamera haritalama aracın tepesine bir direğin üzerine yerleştirilir. Bu dodeca kamera başka bir kanada firması olan alberta calgari merkezli immersive media corparation ınc. (ımc) tarafından tasarlanmıştır. Kamera dallas texas merkezli freestone systems tarafından üretilmiştir. Her bir dodeca kamerası boyut olarak 640x 480 piksellik bir görüntü elde etmektedir. Her bir bireysel görüntünün küresel olarak birleştirilmesi ile elde edilen son görüntü 2400x 1200 pikseldir.

Google bu 2007 yılında bu tip dodeca kameralarını street view projesi için kullanmıştır. Daha sonra da google kendi ürettiği çoklu kamera sistemlerini kullanmaya başlamıştır. Google'in entegre ettiği çoklu kamera sisteminde 9 tane bireysel ccd kamera kullanılmaktadır ve bunlarda 8 tanesi eşit uzaklıklara yerleştirilmiş dışa doğru bakan eşmerkezli kameralardır. 9. Kamera ise düşey olarak yukarı bakmaktadır. (Şekil 4.2.1.2.c) . Bütün bireysel kameralar utah salt lake city merkeli elphel inc adlı amerikan şirketi tarafından sağlanmaktadır. Elphel 313 ve 333 model cmos alan sensörü kullanan dijital netvork kameraları açık kaynak kodlu olan (linux ve firefox tarayıcılarında çalışan) bir yazılım kaynak koduyla gelmektedir. Elphel 313 kamerası saniyede 15 kare olmak üzere 1280x1024 piksel boyutunda görüntüler elde etmektedir veya daha düşük hızlarda 1600x1200 boyutunda da görüntü elde edebilmektedir. Daha sonraları üretilen

elphel 333 kamerası ise saniyede 12 görüntü hızında 2048 x 1536 piksel boyutunda görüntü elde edebilmektedir.

4.2.2. Lazer mesafe ölçümü ve tarama aletleri

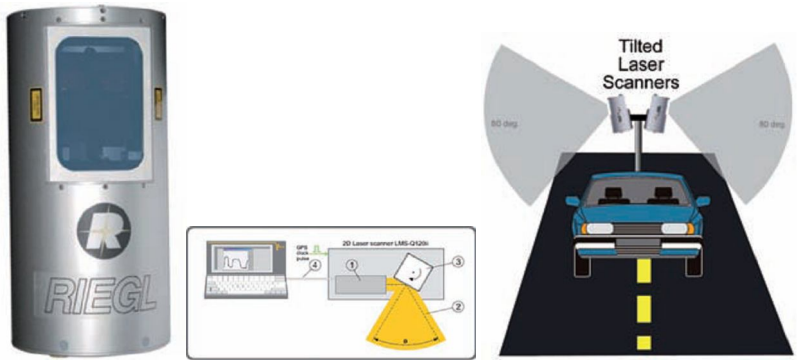
2d lazer tarayıcıların mobil haritalamada kullanılmasının temel mantığı tek bir 2 boyutlu düzlemde mesafe ve açı ölçümünü de içeren aralık ve yükseklik profillerini elde etmektir. Lazer tarayıcı kullanarak yapılan profil ölçmeleri, mobil tarayıcı aracının gittiği yoldaki yol yüzeyleri, kaldırımlar, tabelalar, binalar ve gidilen yolun yakınındaki bitki örtüsünün kesişen paralel düzlemlerini bir seri içinde eş zamanlı olarak açılarının ve mesafelerinin ölçülmesi ile yapılır. Aslında yüzlerce ve binlerce mesafelerden gerçekleştirilmiş hava lazer taramaları yerine birkaç on metreden gerçekleştirilmiş ölçümler haricinde prensip olarak bir aracın üzerine yerleştirilmiş 2d lazer tarayıcının havai lazer tarayıcıların kullandığı yöntemle arasında pek bir fark yoktur. Havai lazer taramasında profil verisinin üçüncü boyutu 2d lazer tarayıcının bağlı olduğu platformun ileri hareket ediyor olmasıyla elde edilir. Her bir yeni aralık profilin konumu sürekli ve çok hassas olarak gps ve gnss alıcıları bir ımu ve bir hız göstergesi veya bir dmı aleti kullanılarak belirlenir.

İki boyutlu lazer tarayıcılar arasında muhtemelen en sık olarak kullanılanlar Almanya, Waldrich merkezli SICK firması tarafından üretilenlerdir. Bunlara çok sayıda endüstriyel, lojistik ve ticari uygulamalar için tasarlanmış çözümleyiciler(encoders), anahtarlar, denetleyiciler ve sensörler ile birlikte barkod tarayıcıları, deplasman ve hacimsel ölçümler yapan tarayıcılar, yakınlık analizi ve güvenlik uygulamalarını kapsayan tarayıcılar da dahildir. SICK LMS **(Laser Measurement Systems-Lazer Ölçme Sistemleri)** serisindeki belirli modeller spesifik olarak dış mekanda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bunlardan LMS 291 modeli genel olarak mobil haritalama işlerinde kullanılır. (Şekil .4.2.2.1)



Şekil .4.2.2.1 Mobil haritalama aracının yan tarafında düşey profil oluşturabilmek için yerleştirilmiş SICK LMS 291 iki boyutlu lazer tarayıcısı.

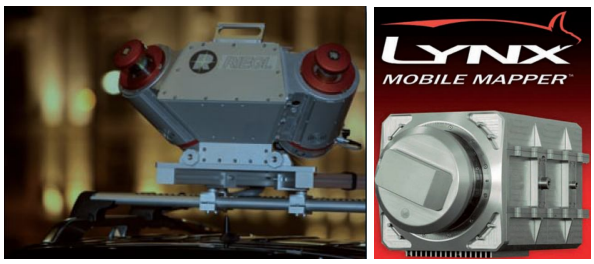
Bu tarayıcı bir açısal çözümleyici tarafından sürekli olarak açısı ölçülen dönel bir ayna ile birlikte **(TOF) (Time-Of-Flight)** "uçuşun zamanı" ölçme prensibini kullanan ve çok hızlı çalışan bir lazer yön bulucu'yu **(rangefinder)** birleştirir. Bu teknolojiyi kullanarak, LMS 291 kendi iki boyutlu tarama yüzeyi üzerinde 180 derece açılı yelpaze şeklinde bir ölçme alanı üretir; %70 yansıma oranı olan objeleri 80m ye kadar, yansıma oranı %40 olan objeleri (ağaç evler vb.) 60m ye kadar ve yansıma oranı %10 olan objeleri ise 30m ye kadar ölçer. LMS 291 modelinin ölçme çözünürlüğü ±6 cm doğrulukla 1cm olarak belirtilmektedir. Birden fazla LMS tarayıcının birlikte çalışabilmesi için ek bir LMI kontrol birimi sisteme ilave edilebilir. Yine SICK Grup'un içindeki Almanya, Wesel merkezli bir başka firma olan LASE GmbH halen uzun-menzilli 2D lazer tarayıcılar üretmektedir. LASE LD-LRS lazer tarayıcıları uygun yüksek yansıma yapabilen objeleri 250m menzile kadar olan objeleri, yansıma oranı %20 olan objeleri 110m, yansıma oranı %10 olan objeleri 80m'den, 300 derecelik bir tarama açısıyla ölçebilmektedir. Yine SICK Grup'un içinde olan Almanya, Hamburg merkezli Ibeo şirketi halen mobil haritalamada kullanıma uygun lazer tarayıcılar üretmektedir. www.ibeo-as.com/english/3d.asp



Şekil4.2.2.2 (a) Araç ileriye doğru hareket ettikçe ardışık uzunluk ve yükseklikler elde edebilmek için açısal çözümleyici yerleştirilmiş sürekli olarak dönen beşgen şeklindeki ayna ve lazer yön bulucu (rangefinder) ile donatılmış Reigl Q120 iki boyutlu lazer tarayıcısı.
(b) Reigl Q120 iki boyutlu lazer tarayıcısının çalışma prensibi.
(c) Mobil haritalama aracının seyahat yönü ile dik açı yapacak şekilde birbirine ters olarak yerleştirilmiş iki adet Reigl Q120 iki boyutlu lazer tarayıcısı tarafından üretilmiş profillerin kapsama alanını gösteren şekil. (Kaynak: Riegl)

SICK marka tarayıcıların yanında mobil haritalama işlerinde oldukça geniş olarak kullanılan TOF iki boyutlu lazer tarayıcıları da mevcuttur. Bunlar Reigl (Austria,

Horn merkezli) ve Optech (Kanada, Ontario bölgesindeki Toronto merkezli) gibi uzmanlaşmış üreticiler tarafından yapılmaktadır. Her iki firmada ölçme ve haritalama sektöründe havai ve yersel alanda iyi bilinen firmalardır. Genel anlamda, bu iki firmanın sağladığı iki boyutlu lazer tarama üniteleri, SICK tarafından sunulan lazer tarayıcılara göre daha uzun menziller ve yüksek hızda daha yeterli doğruluklar sunmaktadır. Fakat bunlar hatırı sayılır ölçüde daha pahalıdır. Sürekli dönen beşgen aynaya sahip Reigl Q120 lazer tarayıcısı belli sayıda mobil tarama sistemlerinde kullanılmıştır. (Şekil 4.2.2.2). 30 khz lik puls tekrarlama hızına (PRF); %80 yansıma yapabilen hedeflerde 150m menzile; ±25mm menzil doğruluğuna; tarama düzleminde 80 derecelik tarama açısına ve 100 Hz e kadar tarama oranlarında çalıştırılabilme özelliklerine sahiptir. Reigl'ın yeni sunduğu VQ-180 modeli yüksek PRF değerlerine (200 Khz ye kadar) ve tarama oranına (120 Hz e kadar) ve daha geniş tarama açısına (100 derece) sahiptir. Dahası Reigl; özel olarak mobil haritalama için ürettiği, yeni ve güçlü VQ-250 modelini piyasaya sunmuştur. Kendi tarama düzleminde 360 derecelik "tam daire" tarama sunmakta ve halen ±10mm lik doğruluğu korurken 300 Khz e kadar PRF değerleri, 100 Hz lik tarama oranı, 200m mesafedeki hedefleri (%80 yansıma orınında) ölçebilme imkanı sunmaktadır. (Şekil 4.2.2.3)



Şekil 4.2.2.3 -Sol tarafta Reigl tarafından son günlerde piyasaya sunulan VMX250 lazer tarama sistemi. Sistem herbir kendi 360 derecelik "tam daire" profil taraması üreten iki adet VQ-250 iki boyutlu lazer tarayıcı içermektedir. Sistemin IMU'su iki lazer tarayıcıyı barındıran tespit düzeneğinin içinde konumlandırılmıştır. (Reigl)
-Sağ tarafta 360 derecelik "tam daire" tarama üretebilen Optech LYNX lazer tarayıcı. (Optech)

Buna karşın Optech; SICK ve Reigl gibi sistem bileşenlerini ayrı ürünler halinde satmamaktadır. Bunun yerine iki boyutlu lazer tarayıcılarını kendine özgü LYNX mobil haritalama sistemine entegre etmektedir. LYNX V200 sisteminin içindeki lazer tarayıcılar; 360 derecelik "tam daire" tarama, 200 Khz ye kadar PRF, 200 Hz e kadar

tarama oranı ve menzil doğruluğu olarak ±10mm circa sunmaktadır. (Şekil 4.2.2.3) (Gordon Pietri, Geoinformatiks 2010,)

4.2.3. Coğrafi referanslama cihazları

Çift frekanslı ölçmelerde GPS ve GNSS alıcısı, hareket eden aracı ve fotoğraflama (kamera) ve ölçme (lazer tarayıcı) aletlerinin mutlak konumunun belirlenmesi amacıyla kullanılır. Çok sayıda bu işlem için uygun GPS GNSS alıcıları, trimble, topcon, leica , novatel, javad vb. üreticilerden gerekli olan konum doğruluğunda veri üretebilir. Omnistar gibi dgps servisleri uygun yerel baz istasyonlarını kullanarak diferansiyel modda gps veya gnss alternatif olarak kullanılabilir. Bir çok sayıda mobil haritalama sistemi birincil gps alıcısına ek olarak bilinen bir noktaya yerleştirilmiş ikinci bir gps alıcısını kullanma özelliğine sahiptir. İkincil gps alıcısıyla birinci gps arasındaki konum farkı ,her iki alıcıdan da kariyer faz gözlemi yapılmak suretiyle arabanın gittiği yönün araç dinamiklerinin az olduğu durumlarda bile çok hassas ölçü yapabilmeyi sağlamaktadır. Fakat bir çok mobil haritalama aracıyla çalışmaların yüksek binaların ve yoğun ağaç topluklarının olduğu bölgelerde yapılması dolayısıyla gps –gnss uydularının (kötü geometri nedeniyle) azalması veya tamamen yok olması inersiyel bir ölçme ünitesi (ımu) ve bir hızölçer (odometre –uzunluk ölçme aleti) kullanılarak ek bir konum bilgisinin alınması bu tip durumlar için standart hale gelmiştir.

GNSS'in çok zayıf olduğu zaman aralıklarında iç navigasyonu devam ettirebilmek için streetmapper ek bir sensör ile genişletilmiştir. Process ve navigasyon verisinin işlenmesindeki yararlarına ek olarak hız sensörleri tünel ve ağaç altındaki bölgeler gibi GNSS verisinin kayıp olduğu zamanlardaki hata artışını yavaşlatır.(Hunter 2007)

Gps ve gnss uydu sinyallerine erişilemediğinde sürekli konum ve oryantasyon datası elde edebilen birçok ımu cihazı vardır. bunlardan mobil haritalama sistemleri için en uygun olan üç ana tip şunlardır:

1- rlg-yuvarlak lazer jiroskoplu denilen en hassas tipidir. Fakat bunları üretmek çok pahalı olduğu için sadece çok yüksek hassasiyet isteyen projelerde kullanılırlar.

2- fiberoptik jiroskop (fog) rlg'nin optik ring blokları yerine alternatif olarak uzun sarımlı fiberoptik teller kullanılmıştır. Ve dolayısıyla daha ucuzdurlar. Ve günümüzdeki ımu ların içerisinde yoğun olarak kullanılırlar.

3- mikro elektronik mekanik sistemler denilen (mems) teknolojili jiroskoplar silikon çiplerin üzerine dönen kuartz çatal sensörler yerleştirilmiş bir teknolojidir. Bu en ucuz tiptir. En az hassas olan tip olmakla beraber hala birçok proje için hassasiyeti yeterlidir.

4.2.4. Sistem yerleşimi

Mobile mapping sistemi bir aracın üzerine sabit olarak yerleştirilebilir veya hareketli elektronik katmanlar olarak sensör platformlarından oluşan kombinasyonda çeşitli araçların üzerine değişken (çok amaçlı) olarak yerleştirilebilir. Bütün sistemin ağırlığı kullanılacak sensör sayısını bağlı olarak 50 ila 180 kg. arasındadır. Ağırlığının çok yüksek olmaması sayesinde normal bir binek aracına monte edilebilir.



Şekil 4.2.4. Mobile Mapping'in Farklı Araçlardaki Uygulamaları

5. MOBİL HARİTALAMA SİSTEMLERİNDEN BAZILARI

Gelişen teknoloji ile mobil lazer tarama sistemi üretici firmaları da artış göstermiştir. Aşağıdaki tabloda üç farklı firma tarafından üretilmiş sistemlerin genel özellikleri ve devamında da bu sistemler hakkında özet bilgiler yeralmaktadır.

Çizelge 5.1. Mobil Haritalama Sistemlerinin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması

PARAMETRELER	Optech Lynx	Riegl VMX 250	Topcon IPS2
Lidar sensör sayısı	2	2	3 (lazer)
Kamera desteği	4 kamera isteğe bağlı	4 kamera isteğe bağlı	1 adet 6 objektifli (360 derece)
Maksimum menzili	200 m, 20%	180 m, 10%	80 m, %10
Hassaslık aralığı	8 mm	5 mm	45 mm.
Mutlak doğruluk	±5 cm	±5 cm	Yatayda ±3 mm, Düşeyde ±5 mm
Lazer ölçüm hızı	75-200 kHz programmable	100-600 kHz programmable	100kHz
Lazer ölçüm başına darbe	Up to 4 simultaneous	Up to 4 simultaneous	-
Tarama frekansı	80-200 Hz programmable	80-200 Hz programmable	100kHz
Tarayıcı alan görüş açısı	360°	360°	180°
Güç gereksinimleri	12 VDC, 30 A max. Draw	11-15 VDC	9V ile 28V
Çalışma sıcaklığı	-10°C to +40°C (extended range available)	-10°C to +40°C (extended range available)	-30 ° ile +60 ° C-45 ° ila +80 ° C
Depolama sıcaklığı	-40°C to + 60°C	-20°C to + 50°C	-30 ° ile +60 ° C-45 ° ila +80 ° C
Araç	Tam olarak herhangibir araca uyarlanabilir	Tam olarak herhangibir araca uyarlanabilir	Tam olarak herhangibir araca uyarlanabilir

5.1.Riegl vmx-250

RIEGL VMX-250 kompakt mobil lazer tarama sistemi; çatı taşıyıcı , iki adet RIEGL VQ-250 tarayıcı, uydu alıcısı ve kalibre edilmiş tam renkli dijital fotoğraf makinelerinin birleşiminden oluşturulmuş bir sistemdir.

Yollar ve demiryolu koridorlarının haritalanması , su yolları, limanlar ve dere kenarları, uçurumların yanı sıra uzun kentsel ve boş alanların nokta bulutlarının üretilmesi için yüksek doğruluk ve yüksek çözünürlüklü 3D veri toplama işlemlerini çok hızlı bir şekilde gerçekleştirir.

Riegl vmx-250 tam entegre ve kalibre lazer tarayıcılar, INS / GNSS donanım, kurulum ve sonrası en az işlem karmaşıklığı sağlar. Sistem kalibrasyonu ve georeferanslama edinimi kadar tarama verilerinde tam ve kesintisiz işlem sağlar. 3D nokta bulutu ortak bir koordinat sisteminde yapılabilir.

Riegl vmx-250 kolay bir montaj mekanizması ile bir aracın üzerine monte edilmiştir. Bu düzgün montaj mekanızması sayesinde sistem kaldırılmış olsa bile kolay bir şekilde tekrar montajı gerçekleştirilebilir. Bu sayede sorunsuz ve güvenlikli taşıma sağlanmış olur.



Şekil 5.1.1. Riegl VMX 250

Veri toplama ve operatör kontrolü kolay ulaşım için optimize edilmiş ve aracın aküsü ile bağlantısı kompakt kontrol birimi kutusu aracılığıyla gerçekleştirilir.

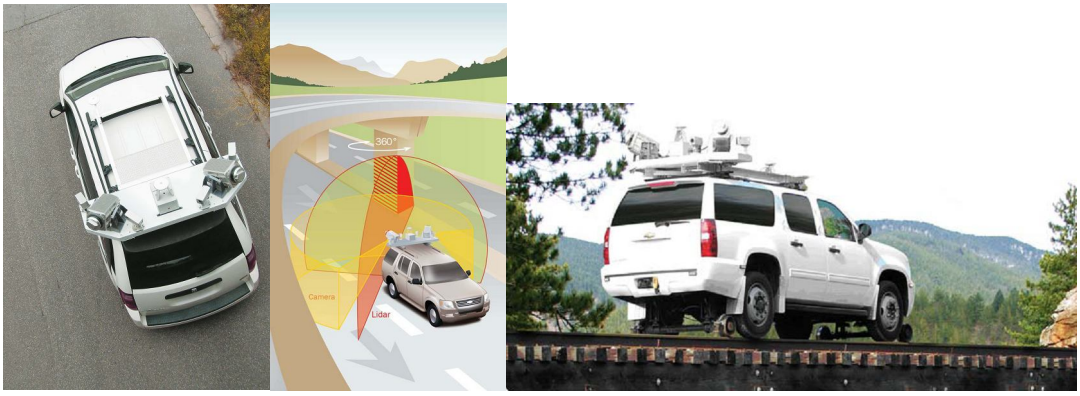
"Tam daire"v-line lazer tarayıcı VQ 250, riegl vmx-250 anahtar bileşeni ile herhangi bir boşluk olmadan 360 derecenin üzerinde görünmez bir kızılötesi lazer ışını ile non-cotacct profil ölçümler sağlar.

Riegl yüksek performanslı darbeli lazeri ve ekosinyal digization teknolojisi olumsuz koşullar altında bile üstün ölçüm performansı sağlar. Teknolojisi doğal hedeflerine birkaç yüz metreden maksimum kesin ölçüm aralığı kadar, birden çok hedef tespiti sağlar.

Sonuç olarak: binalar, altyapı ve diğer nesneler (kısmen çitler, tres, çalılar ya da başka engeller) tarafından gizlenmiş olsa bile, doğru bir ölçüm yapabilir.

5.2. Lynx Mobile Mapper

Optech (Kanada Toronto yakınında kurulu) Mobil harita endüstrisine 2007 yılı sonunda piyasaya sürdüğü LYNX Mobile Mapper modeli ile girmiştir. Bu model araç üzerine yerleştirilmiş 2 adet döner lazer tarayıcı ve 2 adet standart konfigürasyonda kalibre edilmiş görüntü kamerası (opsiyonel) içermektedir. Lynx sistemi ayrıca Applanix POS LV konumlandırma sistemiyle beraberinde gelen IMU ve dual frekanslı gps alıcısı ve anteni ve mesafe ölçme aygıtı da içermektedir (DMI). LYNX sisteminde lazer tarayıcılar Optech tarafından 1. sınıf lazer olarak üretilmiştir. Sistem, 100 kHz lik tarama frekansı, 360° lik açısal ve maks 100 mt lik kapsama alanı ve 9000 rpm (150 kHz) lik tarama oranına sahiptir. LYNX sistemi içerisinde gömülü gelen Applanix POS LV 420 DGPS/IMU alt sistemi üzerine kurulu navigasyon sistemi ile üzerine eklenen dizüstü bilgisayar sistemi ile aynı anda 4 (e kadar) lazer kontrol edebilmektedir. Applanix POSPAC MMS (Mobil Harita Suiti) yazılımı POS LV DGPS/IMU verisini işlemek üzere tasarlanmışken, Optech LYNX Survey ve DASHMap yazılı ile ölçülen bu verinin son işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Halihazırda 2 adet LYNX Mobil harita sistemi piyasada bulunmaktadır - V100 ve V200 -. Üst model, arttırılmış kapsama alanı (200 vs. 100 m); daha yüksek atım tekrarlama frekansı (200 kHz vs. 100 kHz) ve daha yüksek tarama oranıyla (200 Hz vs. 150 Hz) eski modelden daha ileridir.



Şekil 5.2.1. Lynx Mobile Mapper

Sistem kontrol yazılımı yüksek verim sağlamak için kamera görüntüsünde çerçeve boyutu seçmenizi sağlar. Bu özellik küçük projelerde çok yoğun veri alınması içindir.

Belirli bir projede yoğun veri elde etmek için, operatör tarayıcı hızını seçerek daha yoğun veri alabilir. Her bir kamera ile çerçeve boyutları ve alanları birbirinden bağımsız, ayrı ayrı kaydedilebilir ,ölçeklenebilir.

Fotoğrafların aksine lazer veri doğal olarak üç boyutludur, ortoreftifikasyona gerek duymadığından geceleri de ölçüm yapılabilir. Lazer, ortam aydınlatma koşullarından bağımsız çalıştığı için mobil karasal ölçmede gece taramaları trafik minimum düzeyde iken yapılabilir.

Karmaşık şekillerin taranması sırasında gölgeli ölçülemeyen kısımlar kalabilir. Lynx mobile mapper 360 derecelik tarama açısı ve 2 adet lidarı ile bu sorun en az seviyeye indirilmiştir.

5.3.Topcon IPS2

Topcon Konumlandırma Sistemleri 2009 yılının baharında kendi mobil haritalama sistemlerini (IP-S2 - Entegre Konumlandırma Sistemi piyasaya sürmüşlerdir. IP-S2 sistemi 20Hz de çalışan TopCon dual frekanslı 30 kanallı GNSS alıcısı ile Honetweel tarafından geliştirilmiş dairesel lazer jiroskop ile 100 Hz de çalışan HG1700 modeli taktik IMU bulundurmaktadır. Sonuç DGPS/IMUkonumsal verisi 30 Hz de çalışan, lastiğe monte edilmiş ve açısal çözümleme yapan bir odometrik sistem olan IP-S2'yle elde edilmektedir. Tüm bu konumlama aygıtlarının yanında, IP-S2 nin lazer ve görüntü tarama yetenekleri piyasada mevcut çeşitli cihazlarla sağlanmaktadır. Saniye 15 çerçeve kaydıyla çalışmakta olan 360 derece panaromik Ladybug çoklu kamera birimi Point Grey Research 'den temin edilmiştir. IP-S2 nin standrat konfigürasyonundaki lazer tarama ünitesi ise 75 Hz de çalışan 3 adet Sick LMS 291 tarayıcıyla oluşturulmuştur. Bu lazer tarayıcılardan biri araç doğrultusunda yolun ön tarafına (ya da arkasına) bakarken, diğer iki tarayıcı yol etrafında kalan dikey düzlemin yükseklik profilini sürekli olarak taramaktadır. Tüm bu görüntüleme ve tarama birimleri toplamış oldukları veri, araç içerisine monte edilen veri kayıt ve işlemesinden sorumlu merkezi bilgisayar yüksek hızlı FireWire-B (IEEE 1394-B) kablo ünitesiyle aktarılmaktadır. Merkezde yer alan LCD görüntüleme ekranı ise operatörün bağlantı ve

konumlama, tarama ve görüntüleme aygıtlarının durumları ile ilgili bilgi almasını sağlamaktadır.



Şekil 5.3.1. Topcon IPS2

IP-S2 Uygulamaları

- Karayolunda Yönetimi
  - Döşeli Yüzey İnceleme
  - Yol kenarı Özelliği Envanteri
  - Fotoğraf Kayıtlar

- Doğrusal Altyapı
  - Boru hattı Muayene
  - Demiryolu Anketi
  - Programı Koridor Haritalama

- Afet Planlama ve Müdahale

- Anayurt Güvenliği

- 3D Sokak görünümü şehir haritalama

5.4. Trimble

Trimble'da mobil haritalama sistemleri, Trimble'ın Coğrafi Birimi tarafından (aslında Trimble ın Ocak 2008 de satın aldığı Brossard menşeili bir firma olan Geo-3D firmasıdır) tarafından geliştirilmiştir. Ana ürünü Triden-3D mobil haritalama sistemidir. Sistemin lazer tarayıcıları SICK ve Riegl tarafından temin edilirken, sayısal video aygıtlarrı Redlake in multi spektral kameraları gibi çok değişik tedarikçilerden temin edilmiştir. DGPS/IMU sistemleri Applanix (bir diğer Trimle firması) tarafından sağlanan POS LV ünitesi ve Trimble GPS alıcılarından oluşmaktadır. Bu sistemin en son versiyonu ise Trimble Cougar sistemi olarak isimlendirilmektedir. Sistemin donanımsal bileşenlerinin yanında Geo-3D tarafından çeşitli yazılım paketleri de geliştirilmiş durumdadır. Arazi veri toplama için kullanılan Kronos paketi, veri çözümlemesi ve işlenmesi için Trident-3D Analist ve görüntüleme ve analiz içinse Trident-3D Vision sürümler bu yazılım paketlerinden birkaçıdır. Ayrıca Mekansal görüntüleme yazılımı Trimble Trident analisti, yol işaretleri, yol geometrisi, kırılma hatları ve şerit işaretleri otomatik çıkarımı ile birlikte manuel olarak yapılan bu işlemlerdeki zamanı en aza indirir. (www.trimble.com)



Şekil 5.4.1. Trimble MX8

5.5. Mitsubishi

Bir diğer sistem tedarikçisi olan Mitsubishi Elektrik A.Ş. ise BT Uzay Çözümleri Departmanının geliştirmiş olduğu Mobil Harita Sistemi ni Eylül 2009 da Almanya'nın Karlsruhe kentine düzenlenen Intergeo fuarında tanıtmıştır. Bu ürün 2006 dan bu yana Tokyo Waseda Üniversitesinden bilim adamları ve Mitsubishi tarafından ortaklaşa geliştirilmiştir. Geliştirilen ürünün bir çok modeli halihaızrda Japonya da kullanımdadır. Sistem 3 farklı versiyonda piyasaya sürülmüştür. (i) Araç tepesine

üçgensel bir şablonla yerleştirilen GNSS alıcıları, IMU, odometre ve sensor kontrol ünitesinden oluşan en temel sürümü MMS-A olarak isimlendirilmiştir. Bu versiyon ana olarak bir araç konumlandırma cihazı ve şeşitli kamera ve lazer tarama ünitesi alternatifleriyle gelmekte olup bu ünitelerin entegrasyonu müşteriye bırakılmış durumdadır. (ii) İkinci versiyon olan MMS-S ise MMS-A versiyonuna ek olarak çeşitli konumlandırma aygıtları, iki video kamera ve iki lazer tarayıcıyla sunulmuştur. (iii) son olarak piyasaya sürülen MMS-X versiyonu ise, çoklu (6 ya kadar) kmaera, lase tarayıcıları (4 e kadar) ve yine MMS-A versiyonuna ek olarak yerleştirilmiş çeşitli konumlandırma cihazlarından oluşmaktadır. Bu yazı hazırlanırken ifade edildiği şekilde, GNSS alıcıları Trimle tarafından, IMU ünitesi Crossbow tarafından (Japon Havacılık Elektronikleri tarafından geliştirilen FOG jiroskopunun kullanılmıştır), kameraları ABD den IMPERX firmasından ve lazer tarama üniteleri ise LMS 291 modeli ile SICK'ten temin edilmiştir.



Şekil 5.5.1. Mitsubishi MMS-X

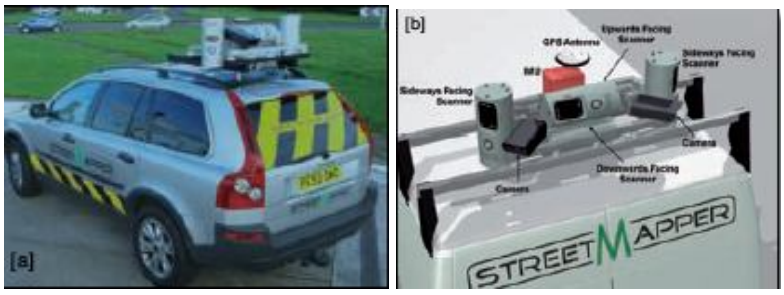
5.6. 3D Laser Mapping

Bu küçük teknoloji firması, Birleşik Krallık'ta Nottingham şehri yakınlarındaki Bingham isimli küçük bir kasaba faaliyet göstermektedir, uygun bir araca yerleştirilmiş StreetMapper sistemleriyle (fig12) mobil haritalama konusunda sistem entegratörü konumunda faaliyet göstermektedir. Firma StreetMapper sistemini, Alman sistem tedarikçisi IGI firması ile yakın işbirliği ile geliştirilmiştir. Entegrasyon aşamasında IGI firması; geniş kullanımlı sayısal hava tarayıcıları ve AEROControl sistemi için üretilen LiteMapper hava lazer tarama sistemi dahilinde geliştirilmiş TERRAcontrol isimli DGPS/IMU sistemlerini kullandırmıştır. Dual frekanslı GPS alıcıları ise piyasadaki

çeşitli tedarikçilerden temin edilmiştir. StreetMapper isimli bu 3 boyutlu Lazer Haritalama Cihazı içerisinde görev planlama, lazer tarayıcı kontrolleri ve veri deposundan oluşan donanım ve yazılım sistemlerini barındırmaktadır. Kontrol birimi ve bilgisayarlar araç içerisinde bulunan bir kabinde muhafaza edilmektedir.

Bu zamana kadar, StreetMapper ürününde kullanılan çoklu lazer taramaları Riegl firmasında aracılığıyla temin edilmekteydi. Halihazırdaki çoğı Streetmapper sistemi,eski LMS-Q120 tarama ünitelerinin 2 ve 4 arası modelleri aracın üstüne monte edilmiş IMU sistemi ve GPS anteni bulundurmaktayıd. Fakat en son StreetMapper 360 sistemleri daha Riehl modelleri olan Vq-180 veya Vq-250 ler ile çalıştırıldığından, 100 derecelik açı ve 150 metrelik kapsama alanına sahip eski modellere kıyasla 360 derecelik açı ve 300 metrelik kapsama alanı ile daha iyi sonuçlar doğurmaktadır. Taranan lazer verisini destekler nitelikteki video görüntüleri ise çeşitli üreticilerden temin edilebilmektedir. Taranan verinin görüntülenmesi için araç içerisine yerleştirilen dokunmatik LCD paneller kullanılmıştır. Yazılım tarafından ise, IGI tarafından temin edilen TERRAoffice (AEROoffice isimli paketten türetilmiştir) yazılımı IMU verisini işlenmesinde kullanılırken, NovAtel firmasına ait Graf-Nav paketi kullanılarak GPS verisi işlenmiştir. Taranan lazer verinin işlenmesinde ve sonuç sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasında ise Finlandiya kökenli Terrasolid firmasına ait TerraScan/TerraModel ve TerraMatch isimli yazılımlar kullanılmıştır.

Street Mapper sistemi bugüne kadar otoyol taşınmazlarının yönetimi, koridor ölçümleri ve şehir merkezlerinde sokak seviyesinde veri toplanmasında kullanılmak üzere Geomaat (Hollanda), Ulaşım ve Yol Araştırma Enstitüsü (Litvanya), Geokosmos (Rusya), Tecdawn(Çin) ve Terrametric&GeoDigital(ABD) gibi çeşitli firmalarca satın alınmıştır.



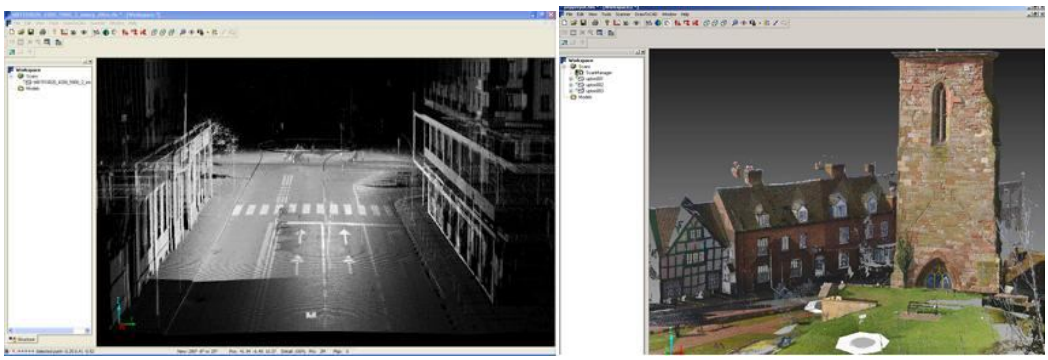
Şekil 5.6.1. (a) StreetMapper mobil harita cihazı
(b) StreetMapper sistemine ait çeşitli görüntüleme, lazer tarama ve konumlandırma elemanları aracın üzerine yerleştirilmiş durumda

6.TAZER TARAMA VERİLERİNİ İŞLEYEN BAZI YAZILIMLAR

Mobil lazer tarama sistemlerinin genellikle cihazın üretici firması tarafından hazırlanmış yazılımları sistemle birlikte paket halinde teslim edilmektedir. Ancak nokta bulutunun yönetim ve analizi için mevcut birden fazla yazılım bulunmaktadır. Bunlardan bir kaçının fonksiyonlarını açacak olursak;

6.1. Faro Laser Scanner Yazılımı

SCENE yazılımı FARO Laser Scanner için özel olarak tasarlanmıştır. SCENE, taranmış veriyi otomatik nesne tanımlama, tarama kayıtlama ve pozisyonlama kullanarak etkin ve pratik bir biçimde işler ve yönetir. SCENE, ayrıca taramaları renklendirir. SCENE taranmış veriyi hazırladıktan sonra, değerlendirme ve sonraki proseslere hemen başlanmasına olanak verir. Tarama projeleri tek tuşla bir web sunucusu üzerinde yayınlanabilir.



Şekil 6.1.1. Faro Laser Scanner Yazılımının Ekran Görüntüsü

Özellikler

- SCENE Web-Paylaşım özelliği lazer taramaların internet üzerinden paylaşımına imkan verir.
- Tamamlanmış projeye orjinal veri yakalama aracılığıyla verimli iş akışı
- Otomatik tarama işleme sayesinde proses sonrası minimum manüel düzenleme ihtiyacı
- Otomatik hedef belirleme ve tarama hizalama
- Sekmeli pencereler, yeni yerleştirmeli görünüm, yeniden çalışılmış menü yapısı ve yeni araç çubukları SCENE'i daha az çaba ile kullanmaya ve aynı zamanda daha yüksek verimlilik sağlanmasına yardımcı olur

- Ölçüm, nesne yerleştirme, 2D ve 3D görüntüleme için araçlar
- Belgeleme nesneleri nokta bulutlarını köprüleme (hiperlink) teknolojisi kullanarak zenginleştirir
- CAD'ye çizim AutoCAD için FARO Cloud ile birlikte AutoCAD tabanlı uygulamalara gerçek eş zamanlı link sağlar
- Sayısız endüstriye özel yazılım ürününe arayüz
- 32-Bit ve 64-Bit sistemlerde, Windows XP, Windows Vista and Windows 7 desteği

Ayrıca scene LT ve Faro cloud olmak üzere ek yazılımlara sahiptir;

SCENE LT profesyonel kullanıcının mevcut taramaları ve çalışma alanlarını görüntülemesine yardımcı olan ücretsiz bir görüntüleyicidir. Tarama noktaları ile karşılaştırmak üzere CAD modellerini VRML formatına aktarır.

Özellikler

- Hızlı tarama analizi için ölçüm araçları, nesne yerleştirme, 2D ve 3D görüntüleme araçları
- CAD'de çizim AutoCAD için FARO Cloud ile birlikte AutoCAD tabanlı uygulamalara gerçek eş zamanlı link sağlar
- Herhangi bir SCENE Web-Paylaşım server'ından yüklenen bir lazer tarama verisini kullanabilme
- Sayısız endüstriye özel yazılım ürününe arayüz
- 32-Bit ve 64-Bit sistemlerde, Windows XP, Windows Vista and Windows 7 desteği

Faro cloud AutoCAD eklenti yazılımı 3D lazer tarama verisini AutoCAD 2004-2011'de mevcut olan standart 2D ve 3D fonksiyonelliğini kullanarak işlemeye yarar. AutoCAD 2011 uygulamasıyla çalışırken, FARO CLOUD AutoCAD'in nokta bulutu platformundan faydalanır. AutoCAD 2010 veya daha önceki sürümleri için, FARO Cloud nokta bulutu yönetimi için kendi PTC motorunu kullanır. Döndürme ve yaklaştırma fonksiyonu, nokta bulutu parçalarının saklanma ve gösterilmesi kadar 3D navigasyonu için basit ve şeffaf bir yöntem sağlar. Endüstriyel yapıların, tarihi binalar, heykeller ve daha fazlasının 'olduğu gibi' kayıtları

alınabilir. Sonuç alınan nokta bulutunu çoğaltmak veya CAD çizimleri, resimler veya kat planları gibi diğer bilgilerle birleştirmek de mümkündür.

Özellikler

- Nokta bulutlarını AutoCAD'de görüntüleyebilme
- Kesme ve kırpma özelliği
- Tüm standart CAD fonksiyonlarını 3D lazar tarayıcı verisi ile birlikte kullanabilme
- CAD'de Çizim SCENE'e veya SCENE LT'ye gerçek zamanlı link sağlar
- CAD nesneleri nokta bulutlarına yerleştirme (doğru, düzlem ve silindir – sadece PRO versiyonunda)

4.2.Zmap

Z-Harita Lazer ile elde edilen nokta bulutların üzerinde özellikle çizim ve cad uygulamaları için üretilmiş bir yazılımdır. Z-map, Lazer işleme othophoto üretimi, bina ve 3 boyutlu model birleştirmesi, yönlendirme ve görüntü üzerinde çizim gibi birçok gelişmiş özel fonksiyonlar sağlar.

Cad özellikleri;

Zmap, gelişmiş raster düzenleme, stiller, katmanlar, kalınlık, kopyalama, taşıma, ölçek, ofset, ... ayarlamaları gibi CAD için ihtiyaç duyulan tüm fonksiyonlar için komutlar içerir ve nokta bulutlarının CAD ile entegrasyonunu kusursuzca sağlar.

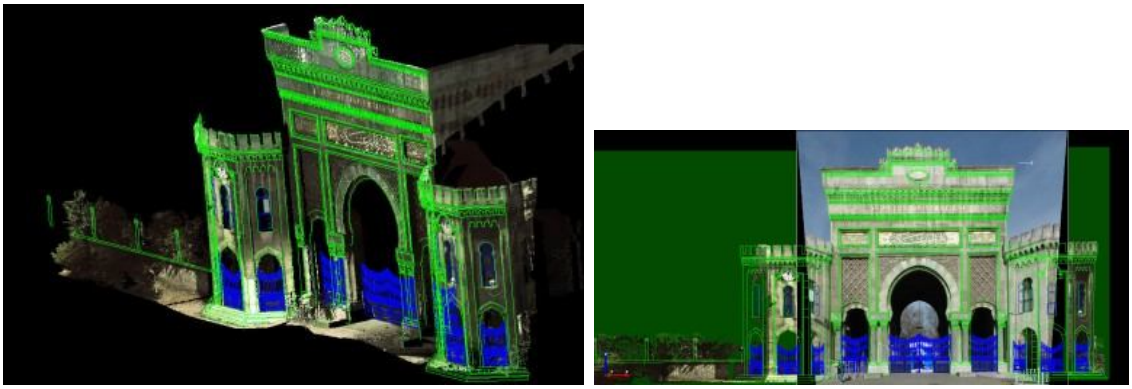
Çizim performansı yüksek seviyede nokta bulutu varlığında bile sorunsuzdur. Tüm sonuçları AutoCAD DWG / DXF formatlarına dönüştürebilir.

Çizim modu;

Bir nokta bulutu içinde düzlemsel çizim yapabilmek için olanak verir.

Çarpık görüntüler üzerinde vektörel çizim;

Bu işlem resimlerin kullanımı ile karmaşık nokta bulutu (küçük detaylar ya da karmaşık mimari yapılar gibi) çizilmesi ile mümkün kılınır. Resimlerin kullanımı etkin ve kaliteli çizim sağlar.



Şekil 6.2.1. Z- Map Çizim Görüntüsü

Nokta bulutu düzenleme ve yönetimi;

Nokta bulutu irleştirme ve lazer tarayıcılar veya ZScan tarafından oluşturulan 3 boyutlu model analizi mümkündür. Her nokta bulutu gürültüden temizlenebilir, georeferanslaması yapılabilir.



Şekil 6.2.2. Z-Map 3D Model Görüntüsü

6.3.Riegl Yazılımları

-Riacquıre;

Riacquıre mobil ve havadan lazer tarama sistemleri için çok çeşitli fonksiyonları kapsar. Mobil ve hava sistemlerinin en az bir lazer tarayıcı, bir pozisyon ve tutum ölçme sistemi ve bir operatör iş istasyonundan oluşmaktadır. Çoğu sistem daha fazla kamera sistemleri, ek lazer tarayıcılar, kitlesel veri depolama aygıtları ve mekanik alt takımları oluşmaktadır.

Riacquıre'nun işlevi görevleri operasyonel veri toplama, sistem entegrasyon aşamaları ve sistem doğrulama ve testtir. Kolay kullanımlı ama güçlü bir arayüzü lazer tarayıcılar ile iletişimi kolaylaştırmaktadır. Sistem operatörü için iş yükünü azaltmak amacıyla, yalnızca en alakalı bilgiler görüntülenir ve görevleri yarı otomatik olarak çalıştırılabilir. Tarama parametreleri kolayca önceden tanımlı bir parametre seti seçerek değiştirilir. Grafiksel kullanıcı arabirimi, en sarsıntılı ortamlarda bile aracın (uçak, gem,, otomobil) içinde kolay kullanım olanağı sağlar.

-Rianalyze;

Geriye dönen her lidar dalgasının dijital ortama aktarılmasını sağlar. Rianalyze ve lazer tarayıcı tarafından sağlanan dijital sinyallerin dalga analizini yaparak geometrik verileri (yani, menzil ve açı tarama) koordine eder. Böylece Rianalyze sayısallaştırılmış verileri işlenmek üzere paketler. Lazer tarayıcının ekosinyallerinin dijital tam dalga analizini gerçekleştirmek için üretilmiştir. Rianalyze optimize işlem süresi veya işleme hassasiyeti ile kullanıcıya alternatif olarak kullanılabilecek üç farklı algoritmalar uygular.

-Riworld;

Riworld nokta bulutunu belirlenen konumu ve yönünü verilerin koordinat sistemine dönüştürür. Böylece daha fazla kullanım için bir georeferanlanmış koordinat sistemi içinde lazer verileri sağlar.

Yüksek doğruluk ile tarama verilerini dönüştürmek için doğru bir geometrik sistem açıklaması gerektirir (IMU / GPS ve koordinat sistemi). Veri darbe genişliği, ön sınıflandırma, ve daha fazla yankı, dönüş yankı genliği gibi her noktası için ek

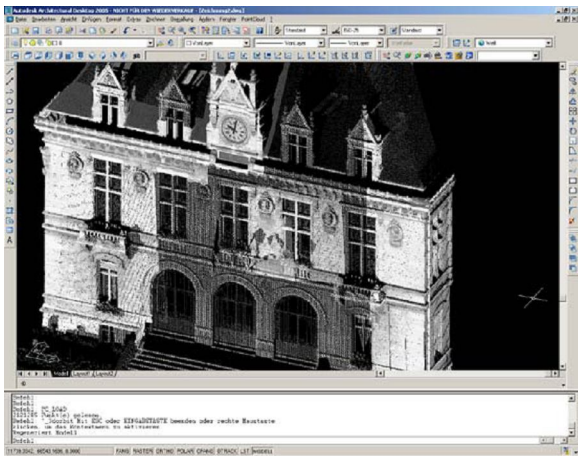
tanımlayıcılar ile WGS84 bir nokta bulutu olarak tarif edilebilir. Riworld sorunsuz proje odaklı işleme yazılımı Riprocess entegre edilmiştir.

-Riscanlib-2D;

Tarayıcı kütüphanesi tarayıcı parametrizasyonu ve veri toplama görevleri yapar. Rıegl Q serisi tarayıcıları dizi ve tek bir üniforma arayüzü erişilebilir çoklu tarayıcılar, tek bir bilgisayardan kontrol edilebilir. Kullanıcı programı gelişmiş hesaplamalar ya da online veri görüntüleme işlevlerini yerine getirken Multithreaded mimarisi düzgün veri toplama sağlar. Kütüphane online ve offline veri çözümleme için kullanılabilir. Kütüphanede anında verilere herhangi bir istenen düzeltmeler yapar ve bir kartezyen 2-B noktaları koordinat sisteminde olarak kullanıcıya sunar. Kütüphane C + + / Pascal kapsamlı belgeler ve örnek kod ile gelir.

6.4 Pointcloud

Pointcloud 3 boyutlu nokta bulutları ile çalışmak ve bunları görselleştirmek için yazılmış bir autocad uygulamasıdır. Pointcloud ile tarihi binalar, endüstri yapıları, anıtlar ve diğerlerinin belgelendirilmesi –dökümantasyonu- istenilen detay seviyesinde yapılabilir. Nokta bulutlarıyla kullanılmak ve işlenmek üzere diğer dosyalar da (örneğin fotoğraflar, kat planları, diğer cad dosyaları) kullanılabilir. Bir lazer tarayıcıyla taranmış milyonlarca nokta autocad'de var olan yeterli modelleme araçları sayesinde etkili olarak kullanılabilir. Autocad'in obje yakalama fonksiyonu sayesinde kullanıcı her bir noktaya ve onun 3 boyutlu koordinatlarına erişebilir.



Şekil 6.4.1. Pointcloud Ekran Görüntüsü

Autocad 2007'den 2011'e kadar olan versiyonlar ve architectural desktop, autocad map, civil 3d gibi birçok autocad uygulamaları Pointcloud'u destekler. Pointcloud 32 ve 64 bit autocad versiyonlarında desteklenmiştir.

Genel olarak hemen hemen bütün lazer tarayıcılar ascıı formatında nokta verisi üretebildiğinden Pointcloud tüm lazer tarayıcılarla kullanılabilir. Pointcloud, ascıı formatındaki dosyaları kubit point cloud formatı (.ptc) veya yerel autocad nokta bulutu dosyası .pcg formatına dönüştürebilir. Bazı tarayıcılar ve onların yazılım paketleri direk olarak .ptc dosyalarını destekler. Şu an için aşağıdaki sistemlerdeki tarayıcılar için arayüz mevcuttur.

• FaroScene (FARO)

• Ilris3D-Parser (Optech)

• LaserControl (Zoller&Frölich and Leica HDS4500/6000)

• Polyworks (Inovmetric)

• JRC 3D Reconstructor (Gexcel/Topotek)

• RealWorlsSurvey (Trimble)

• RiScanPro (Riegl LMS)

• Scan Master (Topcon)

• Pointools (pointools)

• LupoScan (Lupos3D)

• Scan Manager (3D Scanline)

• etc

Pointcloud, riscan pro projeleri ve leica hds ptz dosyalarını yani otomatik olarak nokta bulutu binary formatına (.ptc) veya autocad nokta bulutu formatına (.pcg) dönüştürülebilen formatları destekler.

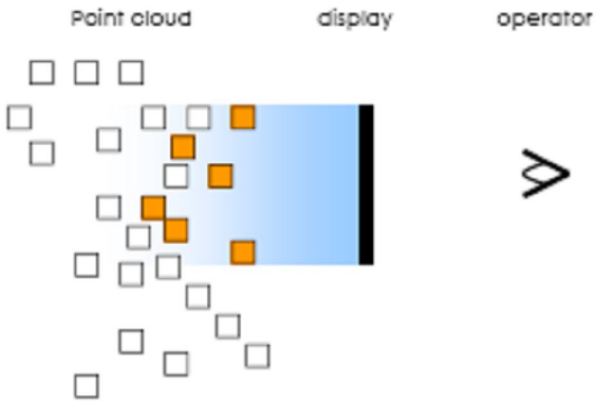
Pointcloud yüksek çözünürlüklü bilgi içeren fotoğraflar ile birlikte ,işlenmiş 3d bilgi içeren nokta bulutu dosyalarını birlikte işleyebilme fonksiyonelliğini sunmaktadır. RealWorks Survey (Trimble) yada RiSCAN PRO (Riegl LMS) ile oluşturulmuş ortfotolar direkt olarak çizimdeki gerçek yerine aktarılabilir. Buna ek olarak Pointcloud pro versiyonunda RiSCAN PRO (Riegl LMS, undistorted images) ile oryantasyonu yapılmış fotoğraflar autocad'in içindeki gerçek yerlerine direkt olarak aktarılabilirler.

Pointcloud pro resim oryantasyonu yapabilme özelliğine de sahiptir. 3d oryantasyon yapma işi, 3d ve 2d noktaların kesişmesinden elde edilen iç ve dış kamera parametrelerinin eş zamanlı olarak belirlenmesidir .

Sonuçta elde edilen oryantasyonu yapılmış resimler 3d çizim için kullanılabilir:

1- oryantasyonu yapılmış resim ve yüzeyleri kullanarak 3d çizim,
2) birden çok oryantasyonu yapılmış resmi kullanarak 3d çizim.

Pointcloud'un performansının yüksek olmasının sebebi nokta bulutundaki sadece gercekten görülebilir noktaların gösterilmesinden kaynaklanır. 30 milyon noktalı bir nokta bulutu mevcutsa ekranda bunun yaklaşık 0,7 milyon kadarı görüntülenir. Buna bağlı olarak Pointcloud noktaları her zaman gerçek çizim doğruluğunda gösterir. Diğer noktaların arkasında kalan noktalar ekranda gösterilmez. Bu operatörün nokta bulutu ile çalışmasını kolaylaştırır.



Şekil 6.4.2. Sadece kullanıcının görüş açısında kalan noktalar ekranda görüntülenir.

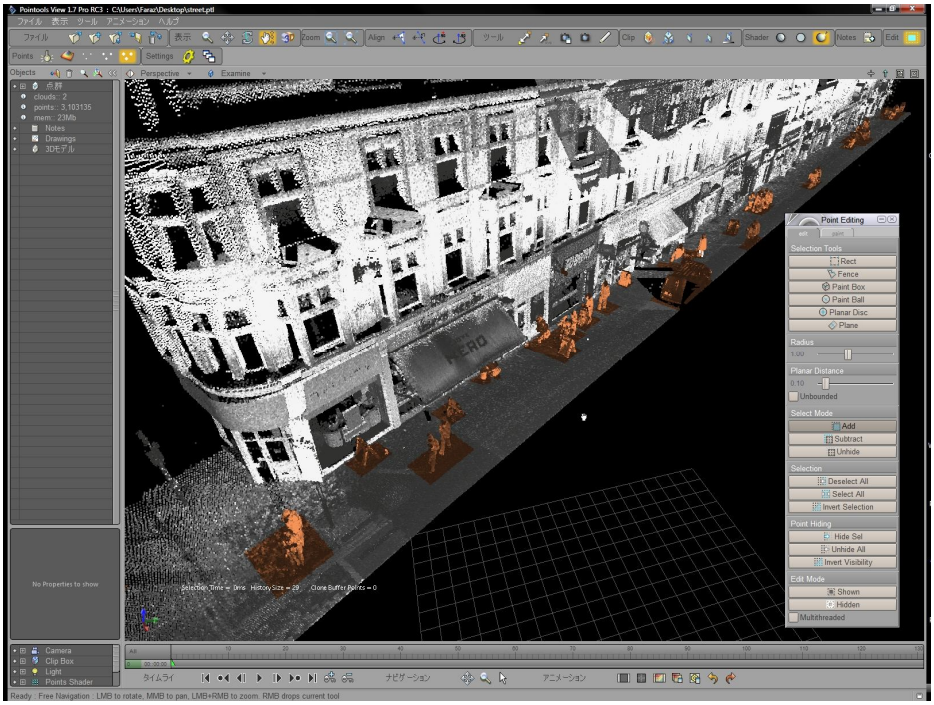
Sadece sarı olan noktalar operator için görülebilir olan noktalardır ve Pointcloud sadece bunları ekranda gösterir. Zoom yaparken, pan yaparken ve 3d orbit komutunu

kullanırken görülebilir noktalar kümesi değişir. 3d orbit komutunu kullanırken hızlı döndürme ve navigasyon için nokta bulutu anlık olarak seyrelir.

Geleneksel autocad noktalarına göre Pointcloud içindeki noktalar son derece sadedir. Autocad normalde noktaların tabaka isimleri, nokta stilleri gibi bir takım bilgileri saklı tutar. Performans artırmak için harddiskten yer kazanmak için Pointcloud verisi bu tip bilgileri içermez. Autocad'in içindeki bir nokta bulutu tek bir obje olmasıyla birlikte kullanıcı nokta bulutunun her bir noktasına erişme imkanına ulaşmış olur. Obje ve nokta yakalama özellikleri desteklendiğinden alışıldık veri işleme işlemleri (çoklu doğru çizilmesi vb.) kolaylıkla yapılabilir. (www.kubit-software.com)

6.5. Point Tools

Point tools 3 boyutlu veri tiplerinin görüntülenmesi analiz edilmesi ve üretilmesi için yüksek performanslı bir yazılımdır.



Şekil 6.5.1. Point Tools Ekran Görüntüsü (Faraz Ravi)

Nokta bulutu verilerini 3 boyutlu modeller ve iki boyutlu çizimler programın girdilerini oluşturur. Bu verilerden yüksek kaliteli filmler , çarpıcı görüntüler, web sayfaları ve daha önceden ayarlanmış görseller üretilebilir.

Haritacılar için; 3 boyutlu lazer taramalarının çizimi işlerinde point tools view çok önemli bir bileşendir. Işıklandırma gölgeleme efektleri ve stereo görüş detayları sayesinde daha görsel ve hassas iki boyutlu çizim işlerinin yapılabilmesini sağlar.

4.6. Polyworks

Polyworks 3 boyutlu verilerin işlenmesi, coğrafi referanslanması, cad için export yapılması, modelleme gibi işlemleri gerçekleştirebilen bir yazılımdır. Özelliklerini başlıklar altında sıralayacak olursak;

Ölçülmüş yüzeylerin zaman bazlı gösterimi;

- Nokta bulutundan nokta bulutuna kıyaslaması,
- Nokta bulutu ile cad modelini kıyaslama özelliği
- Kıyaslama sonuçlarının görselleştirilmesi, analizi, raporlaması.

Büyük veri setlerinin etkin olarak işlenmesi;

- sınırsız hafıza kullanımı
- çok büyük veri setlerini import edebilme ve sadece bir bölümünü proses edebilme

Haritacılık uygulamalarında;

- Karasal lazer tarayıcılardan oluşturulan nokta bulutlarının okunabilmesi , hizalanması ve görselleştirilmesi
- Imalign modulü ilenokta bulutlarının bindirme indirgemesi ve taranmış verilerin en uygun hizalanması
- 64 bitlik polyworks ile çok buyuk veri setlerinin etkili olarak işlenmesi
- Nokta bulutu tabanlı ağ oluşturulması
- Dijital arazi modelinin oluşturulması
- Renkli taramalardan çoklu doğruların otomatik olarak çıkarımı
- Yüzey ve hacim hesapları

7. UYGULAMA

Bu uygulamada klasik yersel ölçüm tekniklerinin yoğun olarak kullanıldığı şeritvari halihazır harita üretimi çalışmalarına alternatif olarak Mobil ölçüm sisteminin zaman, doğruluk ve maliyet performansı incelenecektir.

Öncelikle kurumun gereksinimleri belirlenmiştir. Karayollarının yersel ve fotogrametrik harita üretim işlerine ait teknik şartnamesinin 44. ve 45. Maddelerine göre;

- Eşyükseklik eğrisi çizimi için gerekli detay noktaları en az 100 nokta\ha yoğunlukta olmalıdır. Arazinin topoğrafik durumunun belirlenebilmesi için gereken desen ve karakteristik noktalar ile yol ve sokakların eğimini belirleyecek kadar nokta da ilaveten ölçülür.
- Detay ölçümü yapılacak koridor (etüt) genişliği 200 metredir.
- Boyun, sırt, deniz, akarsu, ark, yol bilgileri (banket kenarı, asfalt kaplama kenarı, hendek içi, yol ekseni, şev üsttü, istinat ve iksa duvarı, hidrollik sanat yapıları bilgileri),kuru dere , çukur ve dereler, kamulaştırma sınır taşları ile modelin oluşturulması için idarenin istediği aralıkta noktalar ile ana yola bağlanan tali ve yan yolların 500 m. Uzunluğunda GPS veya kayıt üniteli alet ile noktaların toplanmalıdır.
- Bina yol boyunca inşa edilen sanayi ve ticari tesisler, Sit alanları, kültürel ve tabiat varlıkları, çeşme, kuyu , mülkiyet ve tarım arazileri sınırlarına ait noktaların hassas olarak toplanmalıdır.
- Kamu kuruluşlarınca inşa edilen ve edilecek iletim hatlarına (su yolu, yer altı su hatları, petrol ve doğal gaz, kanalizasyon) ait noktaların kotlu olarak ölçülmesidir.
- Detay noktalarının yatay ve düşey konum doğruluğunun 7cm aşmayacak şekilde olmalıdır.

Ayrıca ; Detaylar GPS veya elektronik aletlerle kutupsal olarak ölçülür. Ölçme işlerinde yeterli inceliği sağlayan başka ileri teknolojik alet ve yöntemlerde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

7.1. Güzergah Seçimi

Mobil ölçüm sistemini uygulama yapmak için Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü Etüt ve Proje Başmühendisliği ile yapılan görüşmeler neticesinde güzergah olarak Bolu Abant Yolu Km: 0+000-22+000 arası seçildi. Bu yolun sık ağaç örtüsüne sahip olması ve yol genişletme çalışmaları kapsamında yol projesinin yenilenecek olması tercih edilmesinde etkili olmuştur.

Söz konusu güzergahın halihazır haritası Karayolları tarafından mevcut jeodezik yöntemlerle hazırlattırılmış olup elde edilecek veriler bu halihazır haritadaki veriler ile karşılaştırılacaktır.

Elde edilen verilerin karşılaştırılması yapıldıktan sonra kullanılabilir olduğu tespit edilirse hazırlanacak olan yol projesine altlık teşkil edebilecektir.



Şekil 7.1.1. Güzergahın google görüntüsü

7.1.1.Uygulama Alanının Klasik Yöntemlerle Yapılması:

15.10.2008 tarihinde güzergah ölçümü ihaleli olarak özel bir firmaya yaptırılmıştır. Bu verilerle üretilen halihazır harita henüz güncel olduğundan zaman, maliyet ve doğruluk kıyaslaması için buradaki parametreler kullanılacaktır.

Tül Uzunluğu 22 Km. olan bu işin yaklaşık maliyeti, etüt arazi mühendisi ve etüt proje başmühendisinin hesaplaması ile 39,875 TL olarak belirlenmiş ve ihale bedeli 39.500 TL olmuştur. İşin tamamlanması için 55 takvim günü süre verilmiştir.

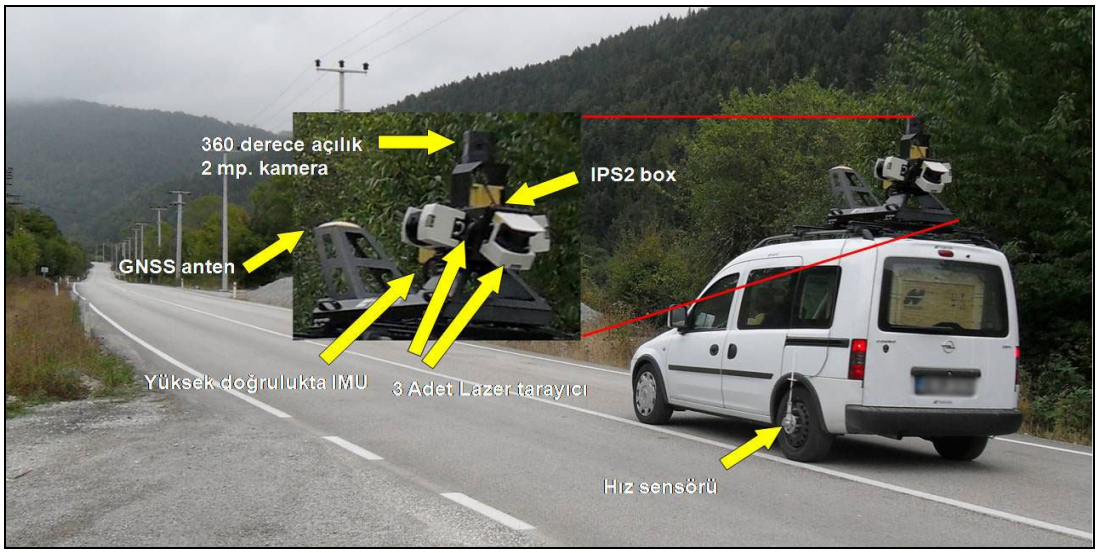
Yüklenici firma 22 km.lik bu güzergah için jeodezik ağ altyapısını oluşturulmuş, arazi alımlarını teknik şartnamede belirtilen kriterlere göre yapmış ve büro çalışmalarını da tamamlayarak süresi içerisinde teslim etmiştir.

7.1.2.Uygulama alanının mobil ölçüm sistemi ile yapılması

7.1.2.1.Ölçüm İşlemleri

Mobil ölçüm uygulaması için öncelikle güzergahın yaklaşık olarak ortalarında uygun bir yere sabit istasyon kurulmuştur. Tarama için Topcon IPS2 (Opel Comboya entegre edilmiş) kullanılmıştır.

Üretici firma distribütörünün bu hizmeti 30.000 TL ‘ye , arazi taraması ve büro tersimat çalışmaları dahil 7 günde yapılabileceği belirtilmiştir.



Şekil 7.1.2.1.1. Sistemin Araca Entegre Edilmiş Şekli

Sistemin araca bağlantısı yapıldıktan sonra araç içersindeki kontrol bilgisayarımızdan sistemi açarak static alignment (durağan rot ayarı) yapıldı. Bu ayarlar yapılırken aracın hareket etmeden durması gereklidir. Yaklaşık 5 Dakika süren bu işlem bittikten sonra araç ile 8 çizilerek aracın sağa sola yatış ve manevrası ımu ile belirlenmiş olur.

Yaklaşık 20 km. hız ile çift yön olarak yapılan tarama 2 saatte tamamlandı.



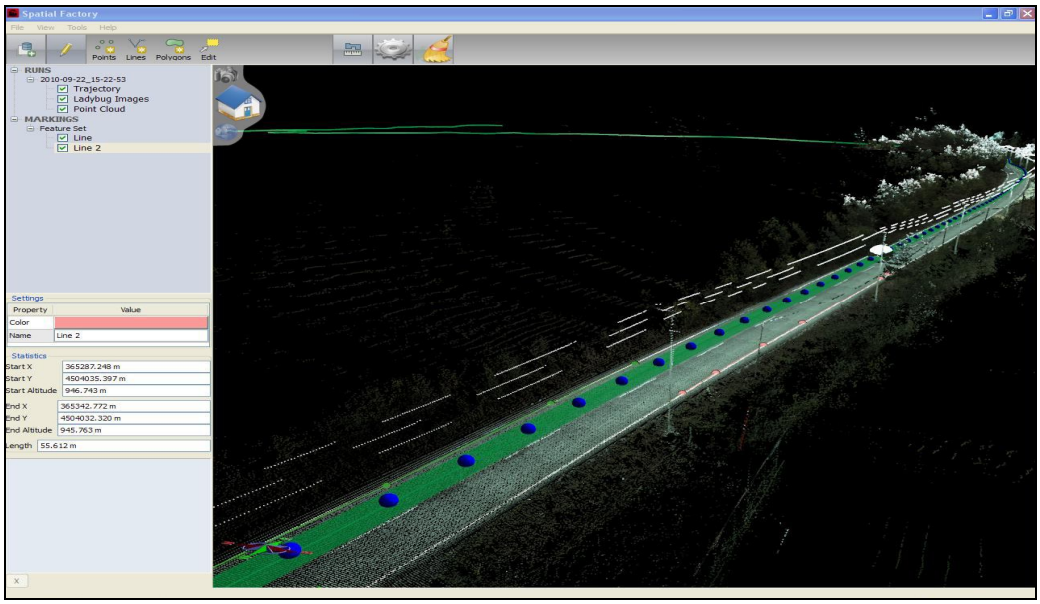
Şekil 7.1.2.1.2. Tarama sırasında araç içinden görünü

7.1.2.2.Verilerin İşlenmesi

Verilerin işlenmesi için kullanılacak yazılımlar, core i7 işlemcili 12 GB bellek ve 1GB ekran kartına sahip bir bilgisayarda çalıştırılmıştır.

Elde edilen ham datanın fotoğraflar ile dengelenmesi geocleanworkstation yazılımı kullanılarak yapıldı.

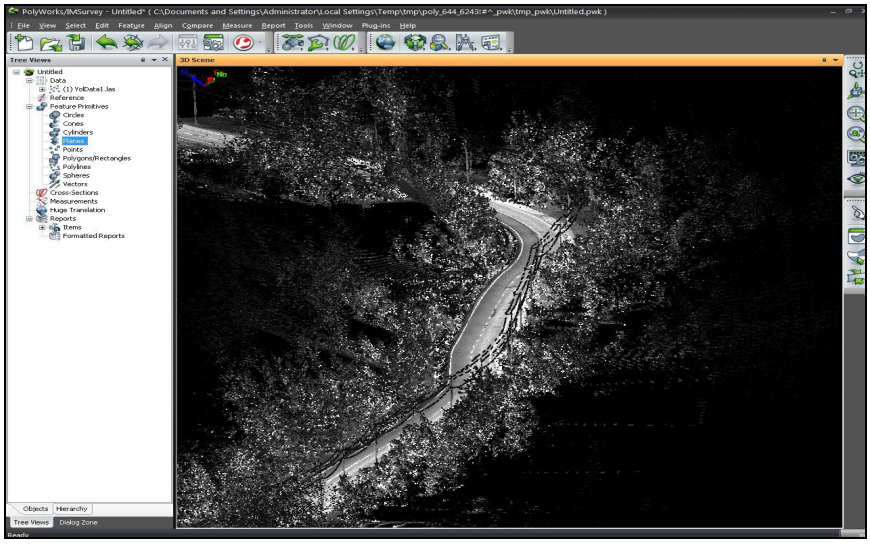
Nokta bulutu ve fotoğraflarla ilişkilendirilmiş olan bu veri, export edilebilmek için spatial factory yazılımı kullanıldı.



Şekil 7.3.1. Nokta bulutunun ekran görüntüsü

Şekil 6.3.1'de nokta bulutunun ekran görüntüsü görülmekte, mavi noktalar her 5 m.'de bir kayıt yapılan fotoğraf çekim noktalarını temsil etmektedir.

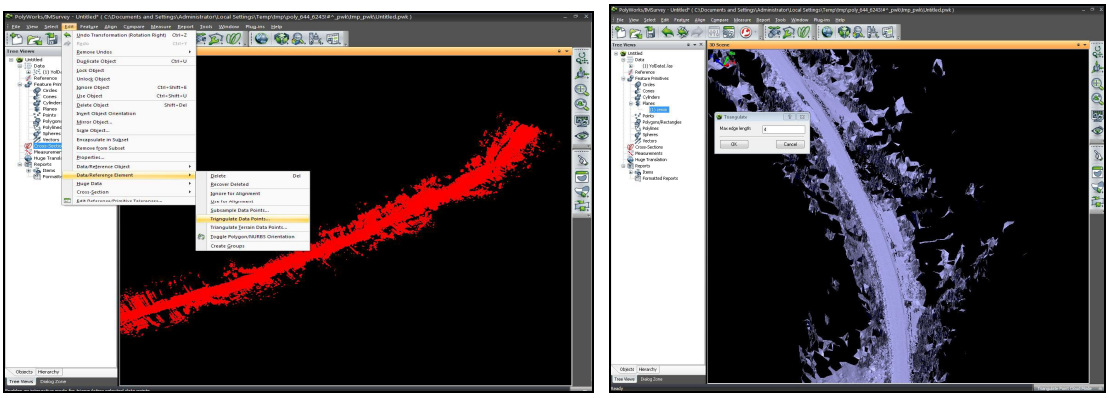
Export edilerek .las formatında kaydedilen bu nokta bulutu işlenmesi işlemi polyworks yazılımında yapıldı.



Şekil 7.3.2. Nokta bulutu ekran görüntüsü

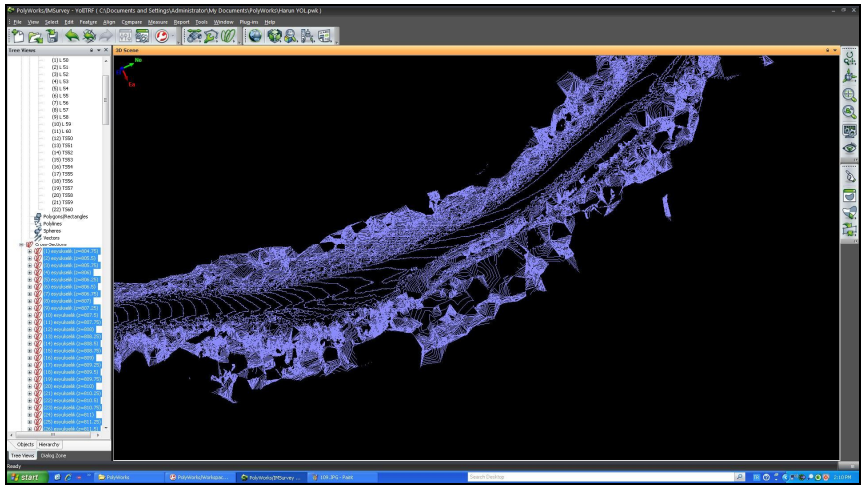
Tarama sonucu elde etmiş olduğumuz nokta sayısı kabaca 162.000.000 ‘dur. Elde olan donanımla bu nokta bulutunu vektörel hale getirmek oldukça zahmetli olacağından projeyi tek parça halinde değil de kısım kısım işlemek kolaylık sağlayacaktır. Buradaki çalışmada oluşturulabilecek bu kısımlardan bir tanesinde işlem yapılacaktır.

Arazinin bir modelini oluşturabilmek için üzerindeki her türlü detayın (ağaç, direk, araba, ev vs.) temizlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için yazılımda bir platform tanımlanmış ve bu platforma yüksekliği en yakın noktalar otomatik olarak seçilerek filtreleme yapıldı.



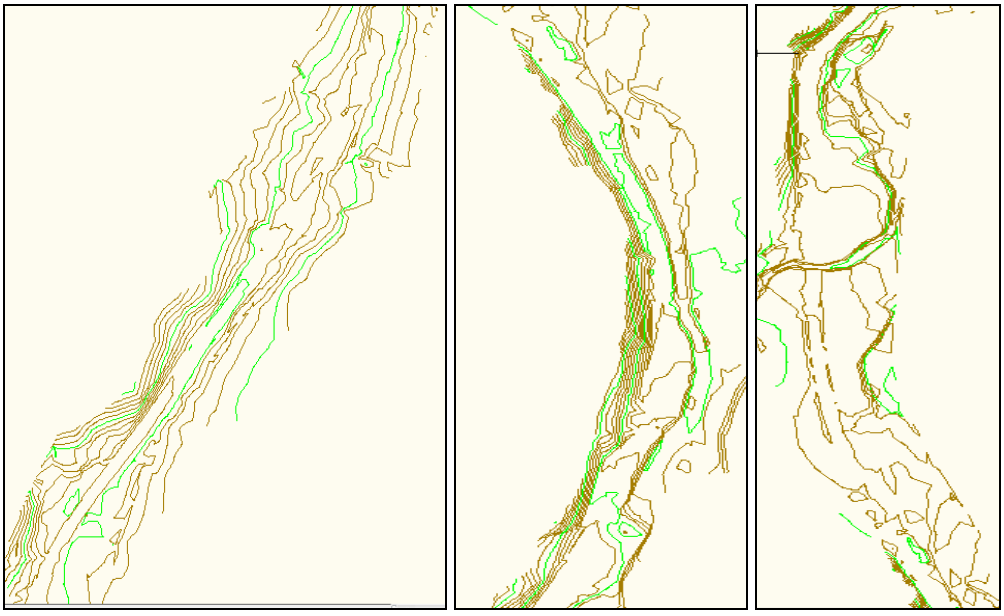
Şekil 7.3.4. Sol tarafta Seçilen noktaların ekran görüntüsü, Sağ tarafta oluşturulan üçgen modelin ekran görüntüsü görülmektedir.

Şekil 7.3.4. ‘de gösterilen düzlem seçimi yapılarak ,elde etmiş olduğumuz arazi zeminine ait noktalardan en kısa kenarı 4 birim seçilerek üçgen model oluşturuldu. Elde edilen bu model ile 1 m. aralıklı eşyükseklik eğrileri oluşturuldu.



Şekil 7.3.6. Oluşturulan Eşyükseklik Eğrilerinin Ekran Görüntüsü

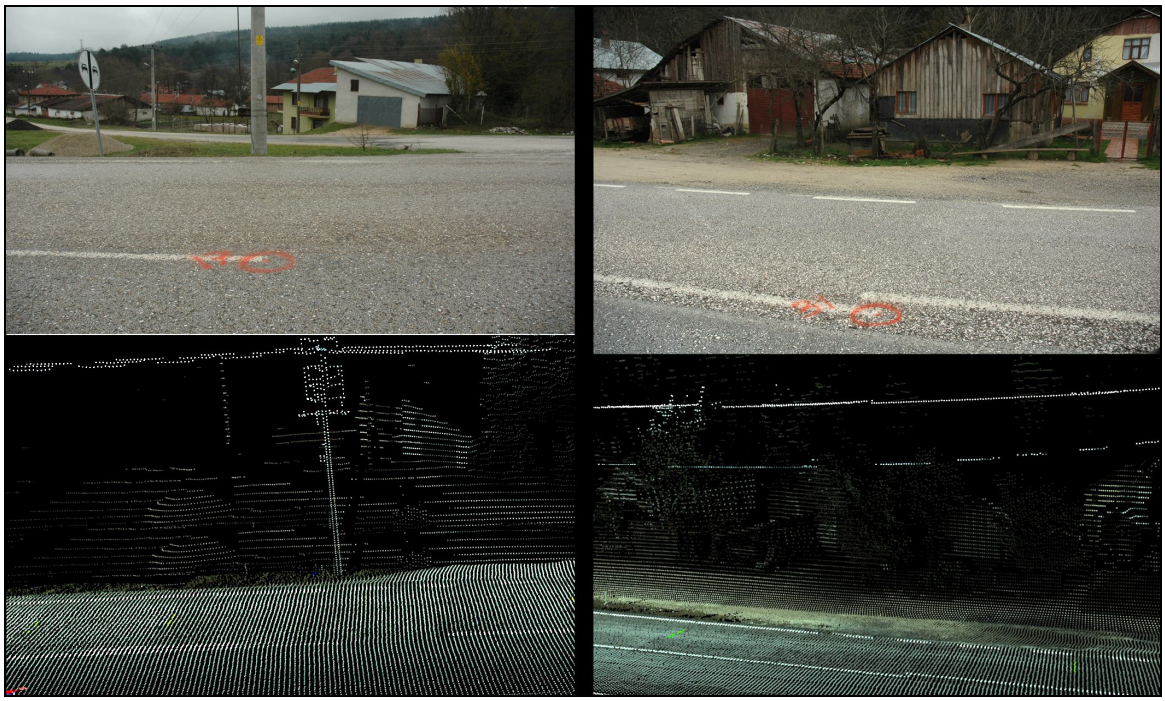
Eşyükseklik eğrileri oluşturulduktan sonra dxf formatında kaydedildi. Bu veri 44 mb’lık alan kaplamaktadır. Ayrıca bu eğriler çok fazla detaydan oluştuğu için yumuşak eğri olarak değil daha çok kırıklı oluşmuştur. (Şekil 7.3.6) Bu eğrilerin manuel olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde üretilen esyükseklik eğrilerinin son hali görülmektedir.



Şekil 7.3.7. Kırıklıkları Giderilmiş Eşyükseklik Eğrilerinin Ekran Görüntüleri

7.1.2.3. Doğruluk analizi

Koordinat konum doğruluğu kıyaslaması için güzergah üzerinde 40 adet noktanın X,Y,Z alımı yapılmıştır. Ölçülen noktaların nokta bulutu üzerinde kolayca bulunabilmesi için yol çizgilerinin köşe noktaları tercih edilmiştir. Şekil 7.1.2.3.1.

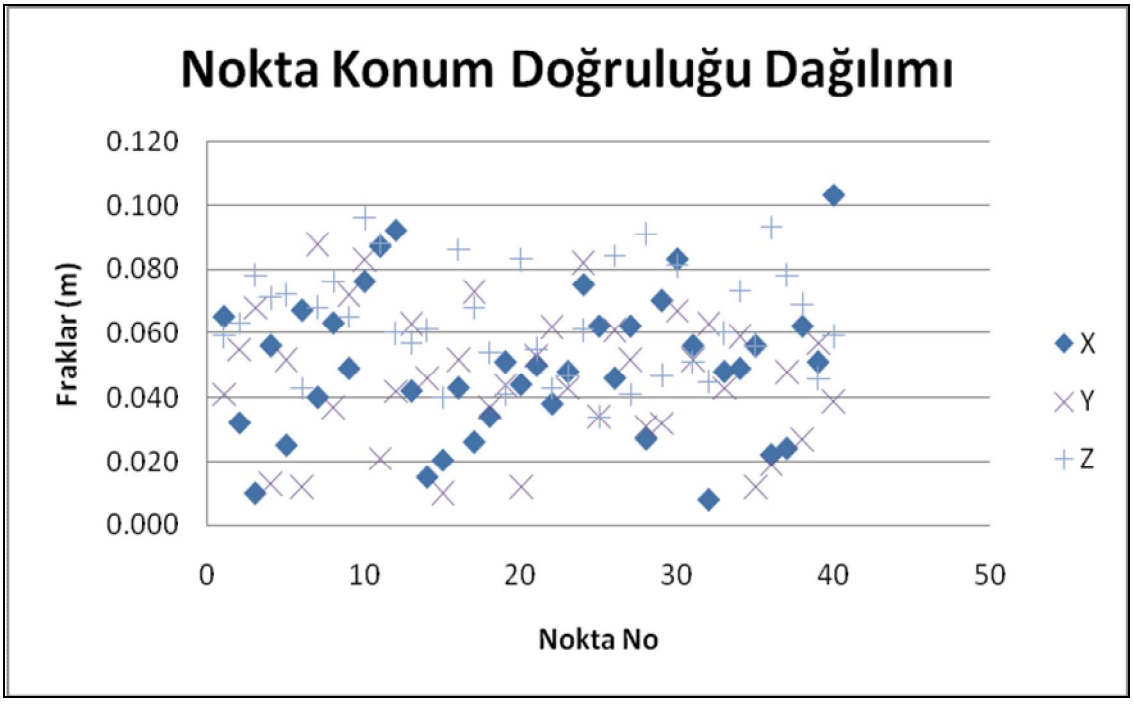


Şekil 7.1.2.3.1. Kontrol Noktalarından Fotoğraf ve Nokta Bulutundan Görünüm

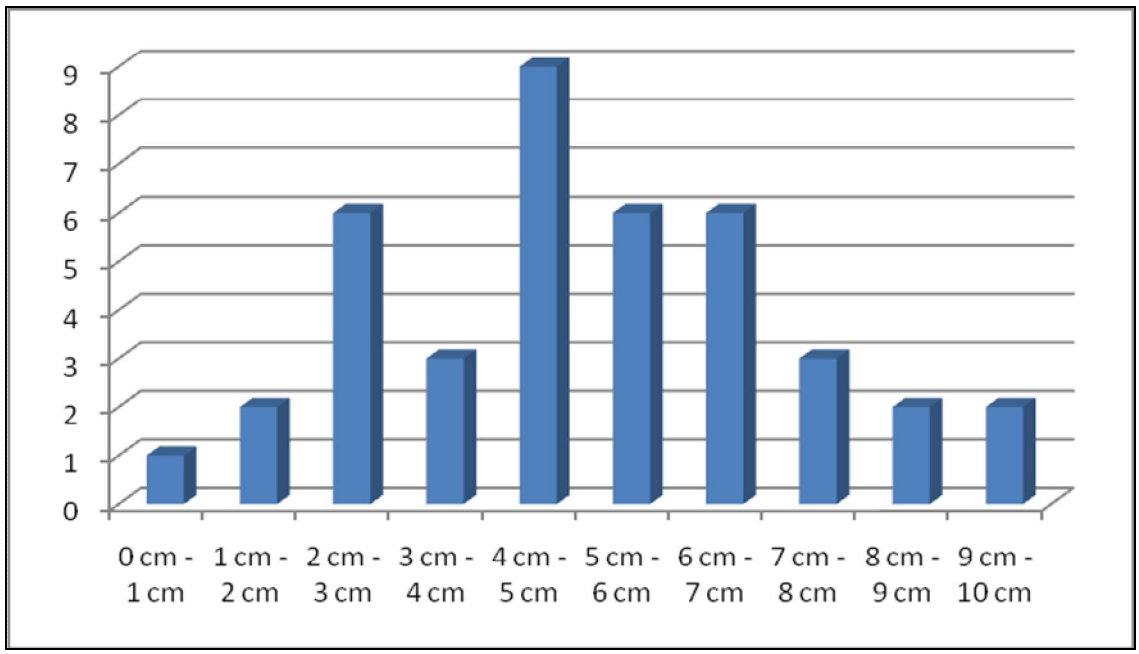
Çizelge 7.1.2.3.1 Kontrol Amaçlı Ölçülen Noktaların Arazi ve Lazer Değerleri

	ARAZİ	LAZER	FARK	ARAZİ	LAZER	FARK	ARAZİ	LAZER	FARK
	X		(m.)	Y		(m.)	Z		(m.)
1	624053.914	**624053.979**	0.065	4510292.931	**4510292.972**	0.041	835.280	**835.221**	0.059
2	624323.786	**624323.754**	0.032	4510052.067	**4510052.012**	0.055	843.927	**843.864**	0.063
3	624331.310	**624331.300**	0.010	4510043.738	**4510043.806**	0.068	843.693	**843.771**	0.078
4	624381.597	**624381.541**	0.056	4509900.188	**4509900.175**	0.013	840.011	**840.082**	0.071
5	624321.707	**624321.732**	0.025	4509690.076	**4509690.024**	0.052	835.522	**835.594**	0.072
6	624215.185	**624215.118**	0.067	4509586.971	**4509586.983**	0.012	836.119	**836.162**	0.043
7	624090.459	**624090.419**	0.040	4509476.578	**4509476.490**	0.088	839.586	**839.518**	0.068
8	623559.915	**623559.852**	0.063	4509035.415	**4509035.452**	0.037	844.022	**844.098**	0.076
9	623450.803	**623450.754**	0.049	4508956.266	**4508956.338**	0.072	845.197	**845.262**	0.065
10	623056.206	**623056.282**	0.076	4508637.491	**4508637.408**	0.083	851.803	**851.899**	0.096
11	622977.992	**622977.905**	0.087	4508521.836	**4508521.857**	0.021	853.455	**853.367**	0.088
12	622915.301	**622915.393**	0.092	4508430.609	**4508430.651**	0.042	854.306	**854.366**	0.060
13	622834.503	**622834.461**	0.042	4508316.877	**4508316.814**	0.063	856.020	**856.077**	0.057
14	622662.158	**622662.173**	0.015	4507991.008	**4507991.054**	0.046	862.596	**862.535**	0.061
15	622619.748	**622619.728**	0.020	4507893.116	**4507893.126**	0.010	864.476	**864.436**	0.040
16	622466.915	**622466.958**	0.043	4507681.712	**4507681.764**	0.052	867.516	**867.430**	0.086
17	622417.660	**622417.634**	0.026	4507596.993	**4507596.920**	0.073	868.022	**868.090**	0.068
18	622345.190	**622345.156**	0.034	4507402.187	**4507402.224**	0.037	869.075	**869.021**	0.054
19	622344.176	**622344.125**	0.051	4507280.934	**4507280.890**	0.044	870.932	**870.973**	0.041
20	622410.446	**622410.402**	0.044	4506938.858	**4506938.846**	0.012	872.914	**872.997**	0.083
21	622423.194	**622423.144**	0.050	4506575.707	**4506575.760**	0.053	878.492	**878.437**	0.055
22	622303.773	**622303.735**	0.038	4506312.657	**4506312.719**	0.062	877.429	**877.472**	0.043
23	622290.792	**622290.744**	0.048	4506288.161	**4506288.118**	0.043	877.760	**877.713**	0.047
24	622127.666	**622127.591**	0.075	4506092.515	**4506092.597**	0.082	881.481	**881.542**	0.061
25	622071.196	**622071.134**	0.062	4506018.684	**4506018.718**	0.034	884.433	**884.467**	0.034
26	621875.885	**621875.839**	0.046	4505765.061	**4505765.000**	0.061	893.187	**893.103**	0.084
27	621814.881	**621814.819**	0.062	4505658.511	**4505658.563**	0.052	891.019	**891.060**	0.041
28	621528.934	**621528.961**	0.027	4505165.355	**4505165.386**	0.031	897.319	**897.228**	0.091
29	621174.869	**621174.799**	0.070	4504800.397	**4504800.365**	0.032	903.813	**903.860**	0.047
30	621118.194	**621118.111**	0.083	4504721.407	**4504721.474**	0.067	904.806	**904.887**	0.081
31	620992.425	**620992.369**	0.056	4504553.139	**4504553.191**	0.052	907.019	**907.070**	0.051
32	620920.544	**620920.536**	0.008	4504467.794	**4504467.731**	0.063	908.794	**908.749**	0.045
33	620098.428	**620098.476**	0.048	4503916.869	**4503916.912**	0.043	922.031	**922.091**	0.060
34	619995.662	**619995.613**	0.049	4503850.096	**4503850.155**	0.059	924.355	**924.282**	0.073
35	619885.305	**619885.361**	0.056	4503798.816	**4503798.804**	0.012	926.767	**926.711**	0.056
36	619815.361	**619815.443**	0.082	4503781.904	**4503781.923**	0.019	928.517	**928.424**	0.093
37	619418.754	**619418.730**	0.024	4503711.091	**4503711.043**	0.048	939.421	**939.499**	0.078
38	619323.605	**619323.667**	0.062	4503698.102	**4503698.129**	0.027	941.931	**941.862**	0.069
39	618630.689	**618630.740**	0.051	4503699.334	**4503699.391**	0.057	955.968	**955.922**	0.046
40	618532.696	**618532.593**	0.103	4503699.274	**4503699.313**	0.039	959.018	**959.077**	0.059
		m_0	±0.054		**m_0**	±0.051		**m_0**	±0.066

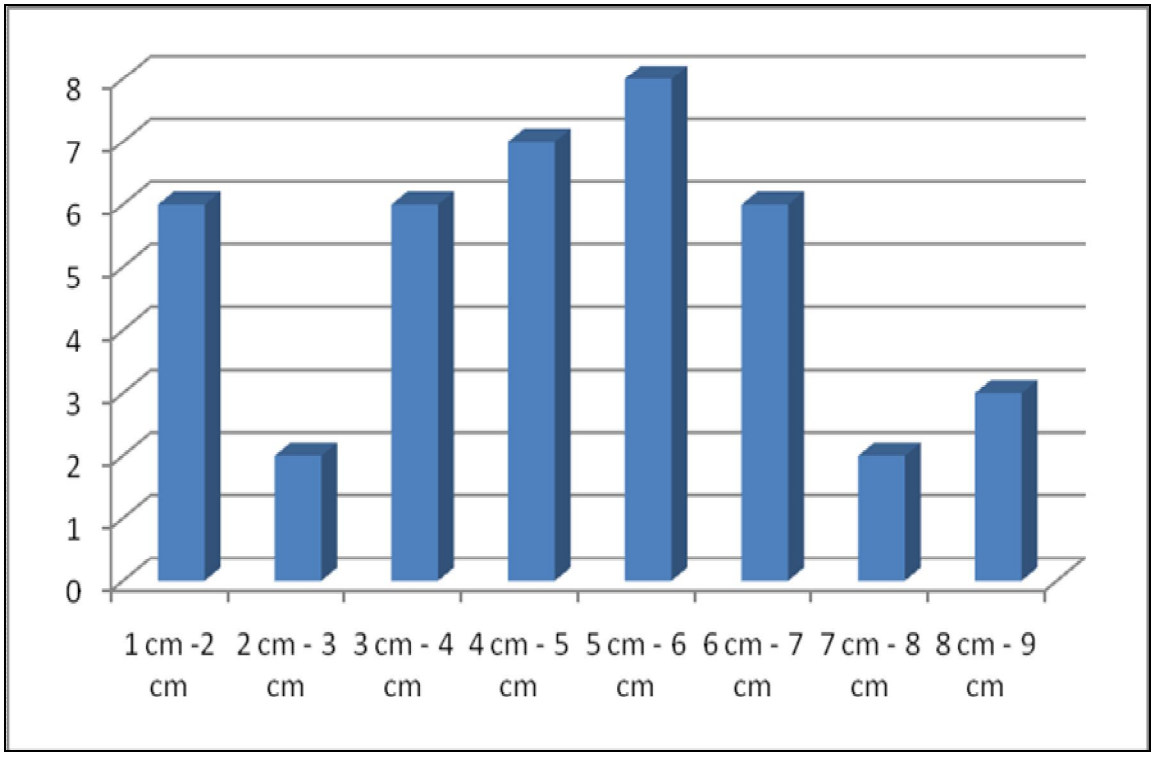
Farkların grafiksel dağılımı aşağıda görülmektedir. Farkların dağılımı ağırlıklı olarak 6 cm. 'de yoğunlaşmıştır. (Şekil 7.1.2.3.2.) Burada operatörün nokta hedeflemesinden kaynaklanan hatalar fark dışı sayılmamıştır. Farklara bu hatalar dahil olmasına rağmen lazer nokta bulutunda alınan koordinatlar ve kontrol ölçüleri arasındaki farkın beklenen ihtiyacı karşıladığı görülmektedir.



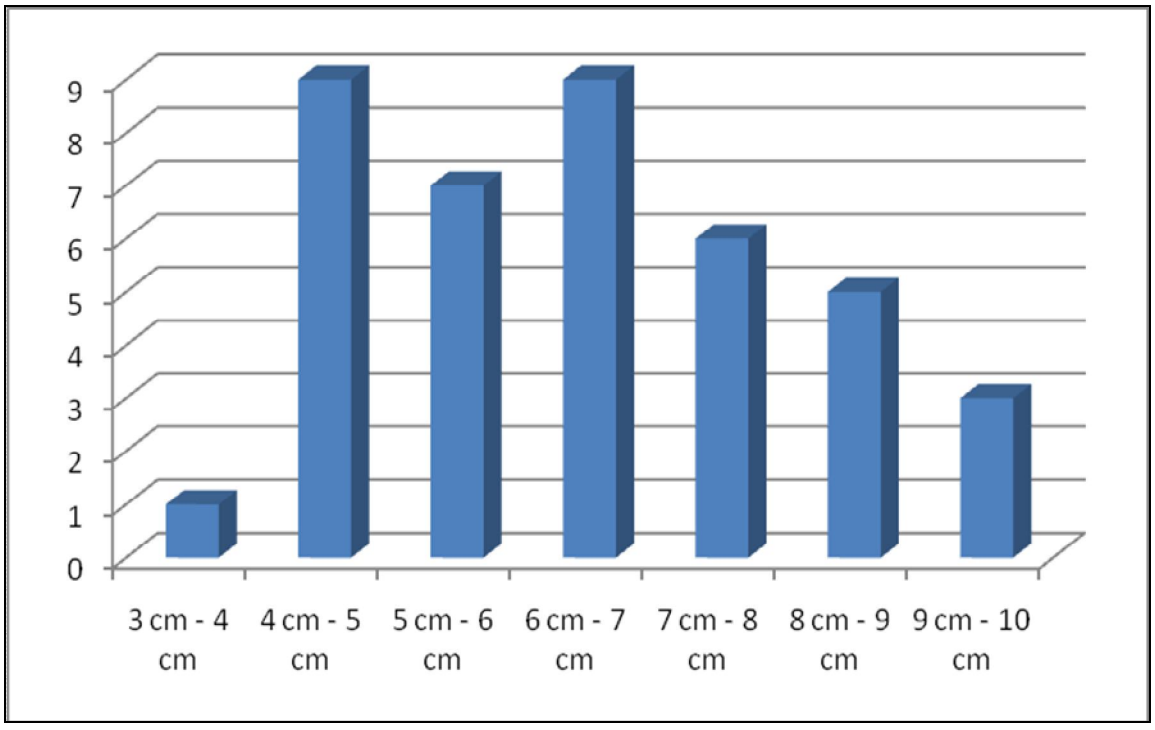
Şekil 7.1.2.3.2. Nokta Doğruluk Dağılımı



Şekil 7.1.2.3.3. X'de Nokta Doğruluk Dağılımı



Şekil 7.1.2.3.4. Y'de Nokta Doğruluk Dağılımı



Şekil 7.1.2.3.5. Z'de Nokta Doğruluk Dağılımı

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla mobil lazer ölçüm sistemlerinin karayolu çalışmalarında kullanılabilmesi için klasik sistemlere göre maliyet, zaman, doğruluk kıyaslaması yapılmıştır.

Çizelge 8.1. Klasik yöntem ve mobil lazer ölçüm sisteminin karşılaştırılması

	Klasik Yöntem	Mobil Lazer Ölçüm Sistemi
Doğruluk (cm)	7 >	7 >
Zaman (gün)	55	7
Maliyet (TL)	39,500	30,000
Yoğunluk (10m. X 10m.)	4	1875
Koridor Genişliği (m.)	200	160

Eşyükseklik eğrisi çizimi için duyulan ihtiyacı (en az 100 nokta\ha yoğunlukta olmalıdır) 1.875 olarak fazlasıyla karşıladığı görülmektedir. Burada kullanılan lazerlerin her biri saniyede 15.000 nokta atmaktadır. Piyasada mevcut olan daha yüksek hızlı (saniyede 1.000.000'a kadar) lazerler daha yoğun veri istenmesi halinde de kullanılabilir.

Koridor genişliği olan 200 m. burada 160 m.'ye kadar sağlanabilmiştir. Ancak burada kullanılan 80 m. menzilli lazer yerine daha uzun menzilli lazerler tercih edilerek bu ihtiyaç karşılanabilir.

Sistemin detay noktalarının konum doğruluğunda istenen 7cm.'yi , güzergah boyunca alınan kontrol ölçülerinin X, Y ve Z değerlerinin lazer ile elde edilen noktaların farkının , operatörün nokta yakalama hataları da dahil olmasına rağmen , 5,4 cm. , 5,1 cm. , 6,6 cm. ortalama hata ile sağladığı görülmüştür.

Hız yönüyle bakıldığında klasik sistemlerle mobil lazer ölçüm sistemleri arasında göz ardı edilemeyecek kadar fark olduğu görülmüştür.

Maliyet yönünden değerlendirildiğinde klasik veya mobil lazer ölçüm sistemini hizmet alımı şeklinde yaptırıldığında yaklaşık dörtte bir fark çıkmaktadır.

Mobil haritalama sistemlerinin bugün ulaşmış olduğu standartları hız , yüksek doğruluk, yüksek hassasiyeti göz önüne alındığında mevcut ölçüm tekniklerine göre üstünlüğü tartışmasız kabul edilir seviyededir. Ancak veri yoğunluğunun yüksek seviyede olması kullanılacak olan bilgisayarların ileri seviyede olmasını gerektirmektedir.

Ancak arazide tarama esnasında yol kıyısındaki eğimi yüksek şevlerin taranamaması nedeniyle oluşan boşluklar önem arz etmektedir. Bu boşlukları en aza indirebilmek için lazerin araçtan mümkün olabilecek en yüksek seviyede bağlantısı yapılabilir veya tarama yönüne göre sağ taraftaki kör noktaların oluşmaması için ek bir kızaklı lazer takviye edilerek boşlukların oluşması engellenebilir.

Elde edilen veri yoğunluğunun çok fazla olması göz önüne alındığında bu sistemlerin sadece yol projesine altlık teşkil edecek veri sağlamada değil, kamulaştırma sınırlarının tespiti, taşınmaz mal değerleme, maden ocaklarında hafriyat hesabı, köprü yüksekliklerinin belirlenmesi, yol deformasyonlarının belirlenmesi, trafik tabelalarının envanterinin tutulması gibi alanlarda da kullanılabilirliğinin incelenerek hayata geçirilmesi yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

Alharthy, A., Bethel, J. and Mikhail, E., 2004. Analysis and accuracy assessment of airborne laser scanning system. In: IASPRS, Vol. XXXV-B2, Istanbul, Turkey, pp. 144–149.

Barber, D. M., Mills, J. P. and Smith-Voysey, S., 2008. Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 63(1), pp. 128–141.

Barber, D., Mills, J. & Smith-Voysey, S. [2008]. Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system . *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **63**(1, January 2008), pp.128-141 .

Bauer, W. & Mohl, H. [2005]. Das 3D-Stadtmodell der Landeshauptstadt Stuttgart. In: Coors V. & Zipf A.e. (eds.), *3DGeoinformationssysteme: Grundlagen und Anwendungen* Wichmann Verlag.

Becker, S. & Haala, N. [2007]. Combined Feature Extraction for Façade Reconstruction. Proceedings Workshop on Laser Scanning - LS2007 .

Böhm, J. & Haala, N. [2005]. Efficient Integration of Aerial and Terrestrial Laser Data for Virtual City Modeling Using LASERMAPS. IAPRS Vol. 36 Part 3/W19 ISPRS Workshop Laser scanning 2005 , pp.192-197.

Cantoni R., Vassena G., Lanzi C., Integrazione tra laser scanning e metodologie di rilievo tradizionali nella costruzione 3D, Atti 7° Conferenza Nazionale ASITA: L'informazione Territoriale e la Dimensione del Tempo, Ottobre 2003, Verona. Kershner,M.,SÜKAR,G.,2004. Generating, managing, and utilising, 3D city models with CityGRİD system. In: Proc. 1st International conference on virtual city and territory.

Caroti G., Pucci B., Tecniche di rilievo per la rappresentazione di edifici storici, Workshop Tecnologie per comunicare l'architettura, 20–22 Maggio 2004, Portonovo, Ancona.

Christian Sevcik , Nikolaus Studnicka 2006 ,Documentation Of Complex Facades And City Modelling Through The Combination Of Laserscanning And Photogrammetry G. Caroti , A. Piemonte , B. Pucci ,2005,Terrestrıal Laser Scannıng As Road's Cadastre Revısıon And Integratıon Support

Cox, C., 2009. Subject: Questions regarding the streetmapper system. Personal communication. 3D Laser Mapping Ltd.

Ellum, C. and El-Sheimy, N., 2002. Land-based mobile mapping systems. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68(1), pp. 13–17; 28.

Graham, L. [2005]. The LAS 1.1 standard. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **77**(7), pp.777-780.

Grejner-Brzezinska, D., Li, R., Haala, N. & Toth, C. [2004]. From Mobile Mapping to Telegeoinformatics: Paradigm Shift in Geospatial Data Acquisition, Processing, and Management. *PE&RS* **70**(2), pp.197-210.

G. Hunter , C. Cox , J. Kremer 2007 Development Of A Commercıal Laser Scannıng Mobıle Mappıng System – *Streetmapper*

Geomaat, 2010. URL http://cms.geomaat.pageflow.nl. Accessed June 2010.

Giaccari, L., 2010. Fast k-nearest neighbors search. URL http://www.advancedmcode.org/gltree.html. Accessed February 2010.

Glennie, C. L., 2007. Rigorous 3d error analysis of kinematic scanning lidar systems. Journal of Applied Geodesy 1, pp. 147– 15.

Habib, A. F., Al-Durgham, M., Kersting, A. P. and Quackenbush, P., 2008. Error budget of lidar systems and quality control of the derived point cloud. In: IASPRS, Vol. XXXVII-B1, Beijing, pp. 203 – 209.

Huaxing, L., 2008. Advances in Digital Terrain Analysis. Lecture

Jens Kremer,Kreuztal, Graham Hunter,Notthingham ,Performance of the Streetmapper Mobile Mapping System in 'Real World' Projects Michael Xinogalos Surveying Engineer Ntua Astrolabe Engineering / Jgc Parry I., Marsh F., Constructing detailed road surfaces for vehicle dynamics simulation using 3D laser scanning techniques, WP # 2003 – 5.

Karel, W. and Kraus, K., 2006. Quality parameters of digital terrain models. In: J. Hhle (ed.), EuroSDR seminar on Automated Quality Control of Digital Terrain Models. Aalborg, Denmark. Kraus, K., Briese, C., Attwenger, M. and Pfeifer, N., 2004. Quality. measures for digital terrain models. In: IASPRS, Vol. XXXVB2, Istanbul, Turkey.

Kraus, K., Karel, W., Briese, C. and Mandlburger, G., 2006. Local accuracy measures for digital terrain models. The Photogrammetric Record 21(116), pp. 342–354.

Kremer, J & Hunter, G. [2007]. Performance of the StreetMapper Mobile LIDAR Mapping System in "Real World" Projects . Photogrammetric Week '07, pp. 215-225.

Kremer, J. and Hunter, G., 2007. Performance of the streetmapper mobile lidar mapping system in real world projects. In: Fritsch (ed.), Photogrammetric Week'07, Wichmann Verlag, Heodelberd, pp. 215–225.

Li, Z., Zhu, Q. and Gold, C., 2005. Digital terrain modeling: principles and methodology. New York: CRC Press. Lichti, D. D. and Gordon, S. J., 2004. Error propagation in directly georeferenced terrestrial laser scanner point clouds for cultural heritage recording. In: FIG Working Week 2004. Athens, Greece, May 22-27, 2004.

Lichti, D. D., Gordon, S. J. and Tipdecho, T., 2005. Error models and propagation in directly georeferenced terrestrial laser scanner networks. Journal of Surveying Engineering 131 (4), pp. 135 - 142.

Norbert Haal┤ A, Michael Peter, Jens Kremer, Graham Hunter 2007
Mobıle Lıdar Mappıng For 3d Poınt Cloud Collectıon In Urban Areas- A Performance Test

Notes in Geoinformation and Cartography, Springer Berlin Heidelberg, chapter Modelling Terrain Complexity (Section 2), pp. 159–176.

Petrie, G., 2010. An introduction to the technology mobile mapping systems. GEOInformatics Magazine 13, pp. 32–43.

Redstall, M., 2006. Accurate terrestrial laser scanning from amoving platform. *Geomatics World*, July/August 2006, pp. 28-30.

Schaer, P., Skaloud, J., Landtwing, S. and Legat, K., 2007. Accuracy estimation for laser point-cloud including scanning geometry 2007. In: 5th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT2007), Padua, Italy.

Schwarz, R., 2009. Subject: Questions about the accuracy and precision. Personal communication. RIEGL Laser Measurement Systems GmbH.

Shan, J. and Toth, C. K. (eds), 2008. Topographic laser ranging and scanning: principles and processing. Taylor & Francis Group.

Soudarissanane, S., Lindenbergh, R.,Menenti, M. and Teunissen, P., 2009. Incidence angle influence on the quality of terrestrial laser scanning points. In: ISPRS Workshop Laserscanning'09. Paris, France; September 1-2, 2009.

StreetMapper, 2010. Mobile mapping system streetmapper. URL http://www.streetmapper.net. Accessed June 2010. Vosselman, G. and Maas, H.-G. (eds), 2010. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Whittles Publishing.

Xinogalos, M. 4thI nternational Terrestrial Laser Scanning User Meeting Munich, Germany - June 4-5, 2008

Anonim, www.riegl.com. [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2011]

Anonim, www.topcon.com [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2011]

Anonim, www.optech.uk [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2011]

Anonim, www.menci.com [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2011]

Anonim, www.faro.com [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2011]

Anonim, www.kubit-software.com [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2011]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Harun ÇELİK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun 07.12.1982
Telefon : -
Faks : -
e-mail : haruncelik@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	**Samsun İmam-Hatip Lisesi**	**1999**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi**	**2007**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi**	**2011**
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009	**Karayolları Genel Müdürlüğü**	**Mühendis**

UZMANLIK ALANI: Yersel Fotogrametri

YABANCI DİLLER: İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR