

[1037]

KAYAÇ YÜZEYLERİ İÇİN YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİSİ VE LAZER TARAMA TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Abdullah Harun İNCEKARA¹, Dursun Zafer ŞEKER¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, incekaraa@itu.edu.tr
¹Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, seker@itu.edu.tr

ÖZET

Günümüzdeki farklı mühendislik uygulamaları ve projelerde en çok tercih edilen veri türü farklı yöntemlerle üretilmiş nokta bulutlarıdır. Nokta bulutu üretmenin en yaygın yolu lazer tarayıcılar kullanmaktır. Bu araçlar, belli sıklıkta üç boyutlu (3B) nokta bulutu üretmektedir. Bunun yanında gelişen yazılım ve donanım teknolojilerine paralel olarak nokta bulutları uygun koşullarda çekilmiş fotoğraflar yardımıyla da üretilmektedir. Yeterli kalitedeki fotoğraflar dijital kameralar ile elde edilebilmekte ve günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok fotogrametri yazılımı nokta bulutu üretme desteğini sağlamaktadır. Lazer tarama cihazıyla elde edilen ve fotoğraflar yardımıyla elde edilen nokta bulutlarını farklı açılardan değerlendirmek amacıyla, İTÜ Ayazağa Kampüsü içerisinde yer alan kayalık yüzeyleri üzerinde bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemi karşılaştırmak için 2B ve 3B analizler ile doğruluk araştırması yapılmıştır. 2B analizler alan bazında, 3B analizler ise hacim bazında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları her iki grupta üretilen nokta bulutlarının çok büyük benzerlik gösterdiğini ve bu tür çalışmalar için birbirlerinin yerlerine kullanılabileceğini göstermiştir. Sonuçlar, daha ekonomik ve daha kısa sürede fotoğraflar yardımıyla üretilen nokta bulutunun birçok çalışmada lazer tarayıcı ile üretilmiş nokta bulutu yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Analiz, Doğruluk, Lazer Tarama, Nokta Bulutu, Yakın Resim Fotogrametrisi.

ABSTRACT

The currently most preferred data type in several engineering applications and projects is point clouds produced by different methods. The most common method to produce point cloud is to use laser scanners. These instruments produce 3D point clouds at regular intervals. However, point clouds can be produced with the help of photographs taken in appropriate conditions depending on the developing hardware and software technology. Adequate quality photographs can be obtained using digital cameras and many photogrammetric software which is widely used nowadays provide the generation of point cloud support. Study was conducted on rock surfaces located in İTÜ Ayazağa Campus in order to evaluate point clouds obtained by laser scanner device and photographs. In order to compare the both methods, 2D and 3D analysis and accuracy investigation were made. 2D analysis is area-based. 3D analysis is volume based. Analysis conclusions showed that point clouds in both are similar to each other and can be used for study. This proved that point cloud produced using photographs which are both economical and enables to produce data in less time can be used in several studies instead of point cloud produced by laser scanner.

Key words : Accuracy, Analysis, Laser Scanning, Point Cloud, Close Range Photogrammetry.

1.GİRİŞ

Fotogrametri çeşitli uygulama alanları sayesinde güçlü bir disiplinler arası karaktere sahiptir. Sadece diğer ölçüm teknikleri ile değil aynı zamanda matematik, fizik, bilgi sistemleri gibi diğer temel bilimlerle de yakın ilişki içindedir (Luhmann ve diğ., 2006). Günümüzde de birçok mühendislik uygulaması ve projelerde nokta bulutları kullanılmaktadır. Detaylı çizim işlemlerinin olmaması ve farklı formatlardaki nokta bulutlarının farklı yazılımlarda veri kaybı olmadan kullanılabilmesi nokta verisine olan talebin nedenlerinden bazılarıdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte lazer tarayıcı sistemlerinin kullanılması, nokta bulutu üretmenin en yaygın yöntemi haline gelmiştir. Bu araçlar, belli sıklıkta üç boyutlu (3B) nokta bulutu üretmektedir. Üretilen nokta bulutunun yoğunluğu, taramanın çözünürlüğü ve tarayıcı ile obje arasındaki mesafe gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Kullanım şekline göre lazer tarayıcılar statik ve dinamik olarak 2 gruba ayrılabilir. Statik lazer taramada tarayıcı tarama sırasında sabit bir konumdadır ve bu işlem yersel lazer tarama olarak adlandırılabilir. Dinamik lazer taramada ise tarayıcı ek konumlama sisteminin olduğu bir mobil platform ile tarama işlemini gerçekleştirmektedir (Dapo ve diğ., 2011).

Lazer tarama tekniğinin çalışılacak obje türüne göre birçok yönden avantajları olmakla birlikte gerek yazılım gerekse donanım açısından son derece maliyetlidir. Nokta bulutu verisini üretmek için kullanılan lazer tarayıcılar ile üretilen nokta bulutunun işlenmesi için gerekli yüksek performanslı bilgisayarlar ve optimum düzeydeki yazılımlar yüksek maliyetlidir. Buna karşılık nokta bulutu, uygun koşullarda çekilmiş fotoğraflar yardımıyla da

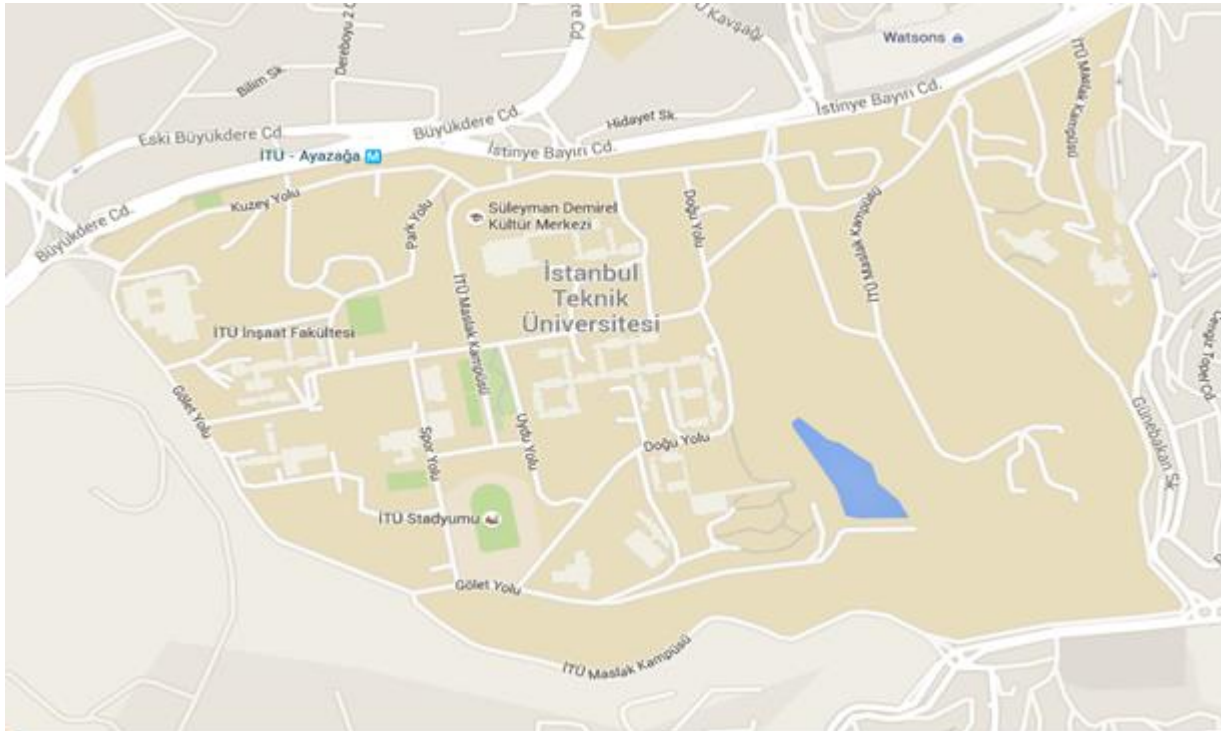
üretilebilmektedir ve birçok fotogrametri yazılımı bu desteği sağlamaktadır. Lazer tarama yöntemine göre düşük maliyeti ile ön plana çıkan yakın resim fotogrametrisinde elde edilen nokta bulutlarının çalışmalarda kullanılıp kullanılmayacağını araştırmak amacıyla kayaç yüzeyleri üzerinde bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemle obje modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller üzerinden ise alan bazlı olarak 2B analiz ve hacim bazlı olarak 3B analizler yapılmıştır. Bunlara ek olarak her iki yöntem için doğruluk araştırması yapılmıştır.

2.ÇALIŞMA ALANI VE YÖNTEM

Çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü'nde bulunan kayaç yüzeyleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kayaçlar, tek bir mineralin birikmesi veya birden çok mineralin birleşimi ile oluşan yapılardır (Yıldırım ve Gökaşan, 2013). Çalışma sahasındaki kayaçlar da Trakya formasyonuna ait şeyl (shale) ve kumtaşı (sandstone) adlı kayaçların karışımıdır.

Tarihi yapılar zamanla deformasyonlara uğramakta ve hatta yangın gibi olumsuz durumlar sonucu büyük zarar görebilmektedirler. Fotogrametride de tarihi yapıların belgelenmesi, modellenmesi ve farklı ortamlara aktarılması gibi çalışmalar mevcuttur. Böylece herhangi bir olumsuz durum karşısında bu yapıların restorasyonu fotogrametrik yöntemle üretilmiş veriler yardımıyla yapılabilmektedir. Doğadaki kayaçlar da yapay yapılar gibi zamanla değişikliğe uğramaktadırlar ve bu işlem ayrışma ile gerçekleşmektedir. Ayrışma, erozyon, rüzgar, su vb. nedenlerden dolayı kayacın orijinal yapısının değişmesidir. Kayacın mineral yapısındaki değişiklik kimyasal ayrışmadır. Kayacın zamanla parçalanarak zeminin şeklini alması ise fiziksel ayrışmadır (Bozkurtoğlu, 1996). Jeoloji biliminde de bu kayaçların zamanla ayrışmalarını önlemek veya ayrışma varsa bunu kontrol altına almak ve böylece kayaç yapılarının varlığının sürdürülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla obje ile temas halinde olarak bir takım ölçümler gerçekleştirilmektedir. Objeye ile direkt temas gerektirmesi nedeniyle jeolojik ölçümler tehlikeli olabilmektedir. Buna karşın son yıllarda gerek yersel fotogrametrik gerekse lazer tarama tekniğinin jeolojik çalışmalarda uygulanması giderek artmaktadır. Yapılan çalışmalar ile obje yüzeyinde belli aralıklar ile kesitler oluşturulup kırılma açıları ile birlikte kayaç yüzeyinin sahip olduğu pürüzlülük belirlenebilmektedir (Kaya ve diğ.,2011).

Şekil 1'de gösterilen mevcut çalışma alanında kısmen ayrılmış kayaçlar bulunmaktadır. Ayrıca yüzeylerin bir kısmı çim ile kaplanmış durumdadır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği kayaç yüzeyleri yaklaşık 30m x 10m'lik bir alanı kaplamaktadır. Çalışma kapsamında ilk olarak çalışılacak obje belirlenmiştir. Sonrasında arazi çalışması için ön hazırlıklar yapılmıştır. Bu kapsamda kameraların kalibrasyonları yapılmış ve kontrol noktaları için hedef kağıtlar hazırlanmıştır. Arazi çalışmasında yersel ölçmeler, yersel fotoğrafların alınması ve tarama işlemleri aynı gün içerisinde yapılmıştır. Son olarak elde edilen veriler analiz edilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.1.Yakın Resim Fotogrametrisi Uygulaması

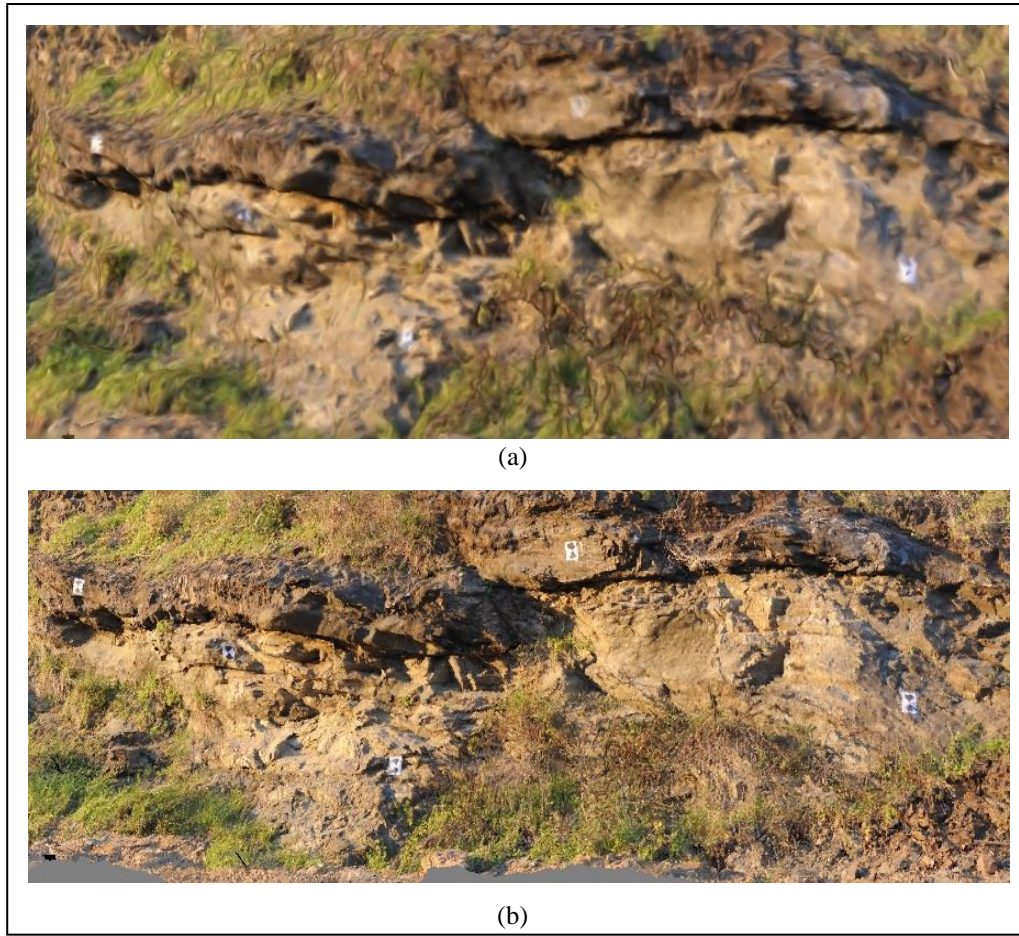
Yakın resim fotogrametrisi tekniğinde Nikon D700 ve Sony DSC-H9 dijital kameralar kullanılmıştır. Nikon D700'de sabit odak uzaklıklı lens kullanılmıştır. Arazi çalışmasından önce kalibrasyonda kullanmak amacıyla 100 adet ölçü ve 4 adet hedef noktaya sahip kalibrasyon objesinin 13 adet fotoğrafı çekilmiştir. Kalibrasyonlar sonucunda kameraların odak uzaklıkları sırasıyla 52,54 mm ve 5,34 mm olarak bulunmuştur. Odak uzaklığı, kameranın fotoğraf çekim merkezi ile fotoğraf düzlemi arasındaki dik uzaklıktır ve fotoğrafta görüntülenen alan ile ilişkilidir. Odak uzaklık değeri ile fotoğrafta görüntülenen alanın büyüklüğü birbiri ile ters orantılıdır. Çalışmada kullanılan dijital kameralara ait diğer özellikler Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. : Çalışmada kullanılan kameraların özellikleri

Özellikler	NİKON D700	SONY DSC-H9
Çözünürlük (mp)	12.1	8.1
Sensör Boyutları (mm)	36 x 24	5.8 x 4.3
Max Resim Boyutu (pixel)	4256 x 2832	3264 x 2448
Boyutlar (mm)	147 x 123 x 77	110 x 83 x 86
Ağırlık (g)	1075	546

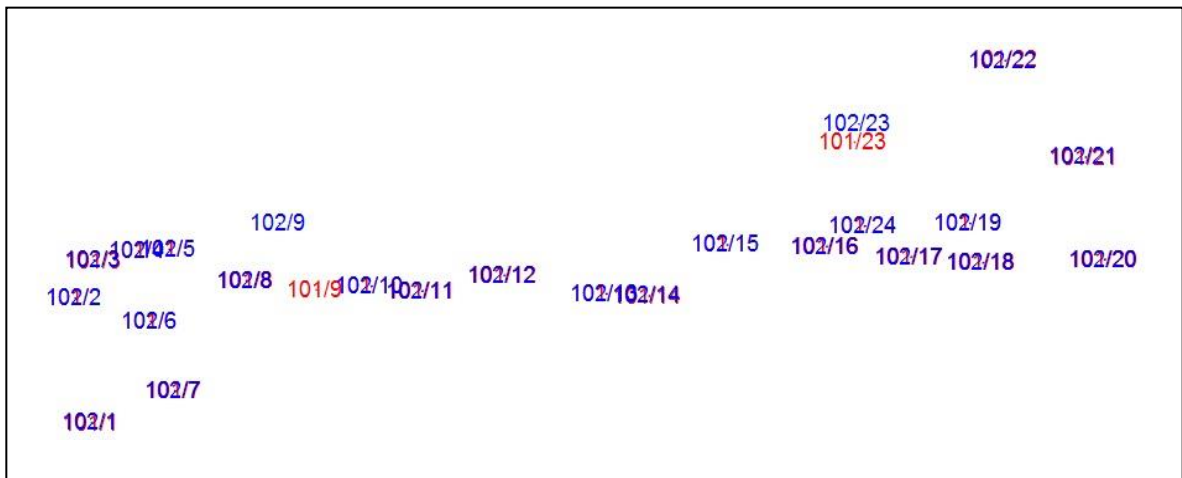
Obje üzerinde 24 adet kontrol noktası işaretlenmiştir. Kontrol noktaları için 4 inç boyutunda hedef kağıtlar kullanılmıştır. Her kontrol noktası 2 poligon noktasından Pentax R-423 VN lazerli total station ile ölçülmüştür. Her iki kamera ile yaklaşık olarak yatayda %80 düşeyde ise %60 oranında bindirme oranları ile yersel fotoğraflar çekilmiştir.

Fotoğraflardan nokta bulutu ve obje modelinin üretilmesi sırasında Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. İlk olarak fotoğraflar birleştirilerek zayıf nokta bulutu oluşturulmuştur. Sonrasında zayıf nokta bulutu sıklaştırılarak yoğun nokta bulutu üretilmiştir. Yoğun nokta bulutu üzerinden de mesh model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelin 3B koordinat verisine sahip olabilmesi için arazide obje üzerine işaretlenmiş olan kontrol noktalarının fotoğraflarla eşleştirilmesi gerekmektedir. Mesh model üzerinde kontrol noktalarının ölçülen orta kısmı net olarak gözükmediğinden dolayı model çekilen fotoğraflar ile kaplanıp hedef kağıtlar görünür hale getirilmiştir. İşaretlenen kontrol noktaları ile model 3B koordinat verisine sahip olmuştur. Şekil 2'de kayaç yüzeylerinin küçük bir kısmında kontrol noktalarının mesh model ve fotoğraf giydirilmiş modeldeki görünimleri yer almaktadır.



Şekil 2. Kontrol noktalarının mesh model (a) ve resim giydirilmiş modeldeki (b) görünüşleri

Kontrol noktaların dağılımı Şekil 3'te gösterilmektedir. Noktalar obje üzerine mümkün olduğunca homojen dağıtmaya çalışılmıştır. Kayacın yapısı nedeniyle yüksek yerlerde kağıt ile kontrol noktası işaretlenememiştir. Yüzeyin yüksek bölgeleri çok karmaşık olduğundan herhangi bir doğal kontrol noktası da seçilememiştir. Çim ile kaplı bölgelerde de kontrol noktası mevcut değildir. Modelde her iki poligondan elde edilen koordinat değerlerinin ortalamaları kullanılmıştır. Şekil 3'ten anlaşılacağı gibi 9 ve 23 numaralı noktaların her iki poligondan elde edilen değerleri birbirleri ile tutarsız olduğundan çalışmada kullanılmamıştır.



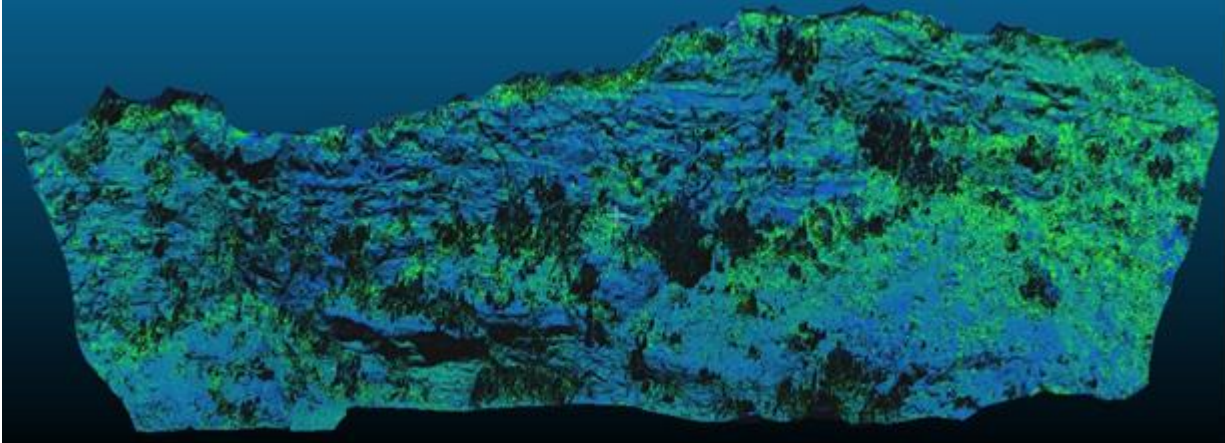
Şekil 3. Kontrol noktalarının obje üzerindeki dağılımı



Şekil 4. Nikon D700 kamera ile oluşturulan kayaç modeli

2.2.Lazer Tarama Uygulaması

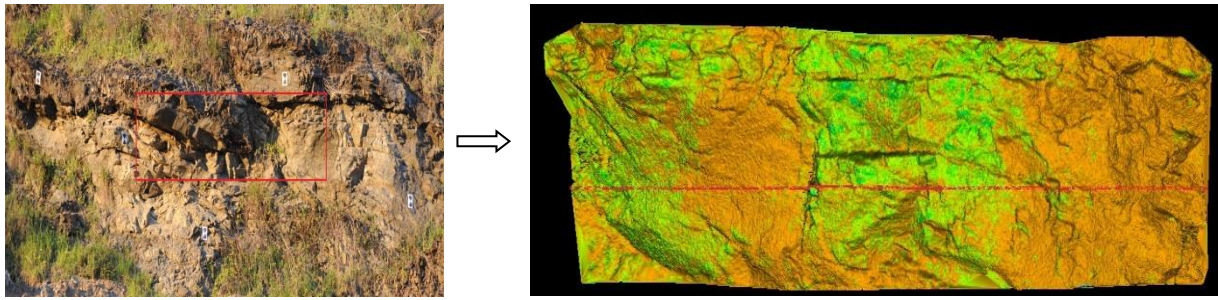
Lazer tarama tekniğinin uygulanması kapsamında Leica ScanStation C10 yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. Taranacak alan tarayıcı üzerinden seçilerek medium çözünürlükte 3 adet tarama yapılmıştır. Taramalardan biri koordinatı bilinen poligon noktasından diğerleri ise kayaç yüzeylerine daha yakın, koordinatı bilinmeyen noktalardan yapılmıştır. Tarama işlemlerinden sonra fotoğraf çekimi yapılmamıştır. Taramalar ile elde edilen nokta bulutları Cyclone yazılımında manuel olarak birleştirilmiştir. Poligon noktasından yapılan tarama referans alınmıştır. Birleştirilen nokta bulutlarında ortak olan 3 nokta ile birleştirme işlemi tamamlanmıştır. Birleştirmeden sonra nokta bulutlarının birbirleri ile örtüşüp örtüşmediği kontrol noktalarının koordinatları karşılıklı kontrol edilerek belirlenmiştir. Nokta bulutlarının birleştirilmesinin ardından CloudCompare yazılımında mesh model üretilmiştir.



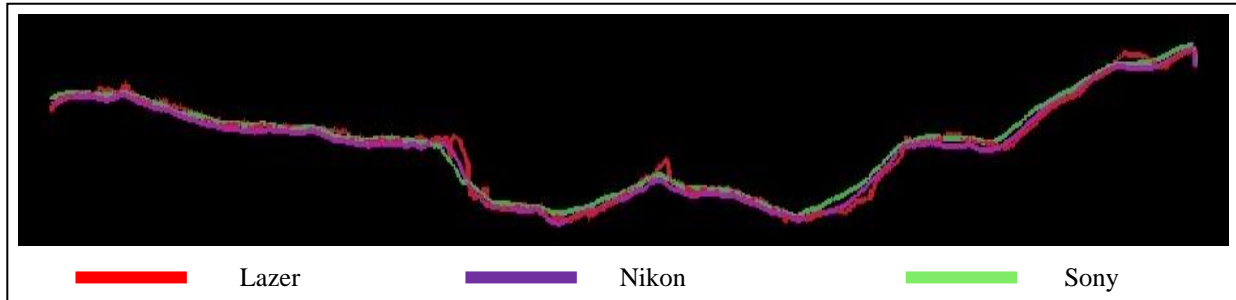
Şekil 5. Lazer nokta bulutu ile üretilen mesh model

2.3.Analizler

Her iki yöntemle üretilen nokta bulutlarını karşılaştırmak için analizler yapılmıştır. 2B analizler alan bazında, 3B analizler ise hacim bazında yapılmıştır. Bunlara ek olarak doğruluk araştırması yapılmıştır. 2B ve 3B analizler için Nikon D700 ve Sony DSC-H9 dijital kamera ile lazer tarayıcıya ait 3 nokta bulutu üst üste açılmış ve analiz edilmek üzere 3 bölge seçilmiştir. Böylece seçilen 3 bölge her veri grubu için aynı bölgeyi temsil etmektedir. Çalışma kayaç yüzeyleri için olduğundan dolayı mümkün olduğunca çim ile kaplı olmayan, temiz yüzeylerden seçim yapılmıştır. Kısmen ayrılmış bir bölge için de analiz yapmak amacıyla seçilen bölgede belli aralıklarla çim grubu vardır. 2B analizde her bölgede her veri grubu için ayrı ayrı mesh modeller üretilmiş ve bu modellerin üzerinde kesitler oluşturulmuştur. Analizde kesitlerin izdüşümleri kullanılarak alan hesaplamaları yapılmıştır. Kesitlerin iki ucu birleştirilerek kesit ile kesitin iki ucunu birleştiren çizgi arasında kalan bölge için alan değerleri hesaplanmış ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. 1 numaralı bölgede lazer verisi için üretilmiş mesh modeldeki kesit

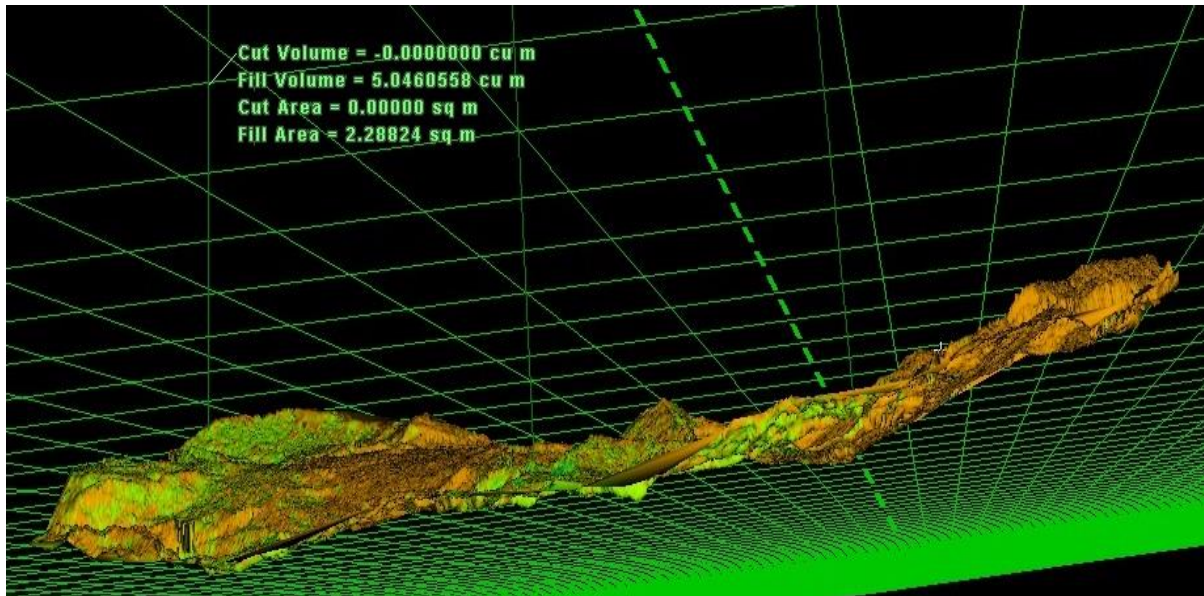


Şekil 7. 1 numaralı bölgede her veri grubu için oluşturulmuş kesitler

Çizelge 2. Alan değerleri (m²)

Veri Kaynağı	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Lazer	0,3814	0,3015	0,6023
Nikon	0,3796	0,3008	0,5834
Sony	0,3773	0,2979	0,5613

3B analizde hacim hesaplamaları yapılmıştır. Analiz edilen bölgelerin mesh modelleri X-Z düzleminde. Hesaplanan hacimler ise Şekil 8'de gösterildiği gibi kayaç yüzeyinin arka kısmı ile Y eksenine yönünde oluşturulmuş bir düzlem arasındaki değerlerdir.



Şekil 8. 1 numaralı bölge, lazer verisi için hacim hesabı

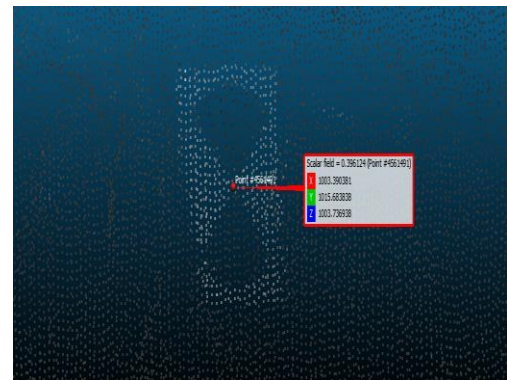
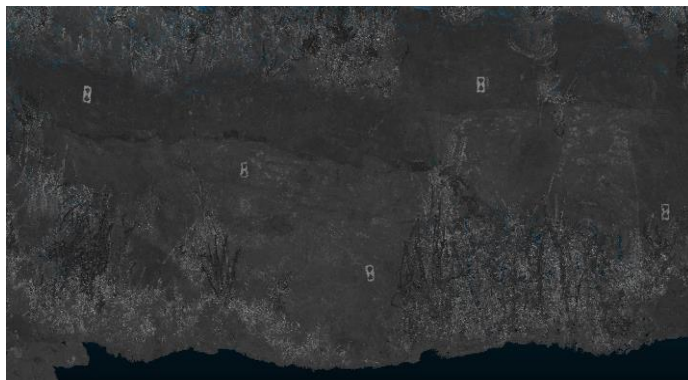
Çizelge 3. Hacim değerleri (m³)

Veri Kaynağı	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge
Lazer	5,0460558	13,3150753	19,2264925
Nikon	5,0434918	13,0134912	19,1776656
Sony	5,0402754	12,9994317	19,1274175

Doğruluk araştırmasında kontrol noktalarının koordinatları kullanılmıştır. Fotoğraflar yardımıyla üretilen model için kontrol noktalarının arazi koordinatları ile model koordinatları arasındaki farklar kullanılmıştır. X,Y ve Z yönündeki hatalar ayrı ayrı bulunmuş ve bu hatalar ile modelin hatası belirlenmiştir. Hesaplanan değerler sonucu Nikon D700 kamera ile oluşturulan modelin hatası 5,2 mm ve Sony DSC-H9 kamera ile oluşturulan modelin hatası ise 14 mm olarak belirlenmiştir.

Koordinat verileri ile hata hesabının yapılabilmesi için arazide ölçülen ve hatalı olduğu kabul edilen değerler ile düzeltme getirildikten sonra doğru olduğu kabul edilen değerlerin kullanılması gerekmektedir. Lazer tarayıcı ile oluşturulan bir modelde hata hesabının yapılabilmesi için referans alınacak bir değer ya da değer grubu olmalıdır. Endüstriyel amaçlı yapılan bir çalışmada üzerinde çalışma yapılan objeler düzgün geometrik şekillere sahip olabilirler. Silindirik yapılardan elde edilen çap uzunlukları referans alınabilir ve modelden ölçülecek değer ile karşılaştırılarak tarayıcının hangi doğrulukta ölçüm yaptığı hakkında fikir sahibi olunabilir (Gül ve diğ., 2014). Küçük boyutlu, düzgün geometrik şekillere sahip objelerin modellenmesi söz konusu ise hassas ölçme özelliğine sahip kumpas vb. aletler kullanılarak referans olarak kabul edilebilecek birçok veri elde edilebilir ve doğruluk analizinde kullanılabilir (Karşıdağ ve Alkan, 2012). Tıp alanında bir çalışma söz konusu ise modellenecek obje küçük boyutlu olmakla birlikte kemik gibi düzensiz bir şekle sahip olabilir. Bu durumda da 3B koordinatları bilinen bir sistem tasarlanarak üzerinde kontrol noktaları bulunan obje bu sistem ile birlikte değerlendirilip analiz edilebilir (Ege ve diğ., 2004).

Bu çalışmada ele alınan obje doğal bir yapıdır ve yaklaşık olarak 30 m x 10 m'lik bir alanı kapsamaktadır. Objeye aynı zamanda karmaşık ve düzensiz bir yapıya sahip olduğundan dolayı obje üzerinden bir bölümün değerlendirilmesi söz konusu değildir. Tüm objenin bir bölümü için yapılacak analiz, çalışmanın doğruluğu hakkında fikir verebilir fakat gerçekleştirilen çalışmayı doğruluk açısından tam olarak yansıtamaz. Ölçümlerde kullanılan total station Pentax R-423VN 2mm, Leica Scanstation C10 ise 4 mm mesafe okuma doğruluğuna sahiptir. Bu sebepten dolayı total station ile ölçülen değerler lazer tarama için yapılan doğruluk analizinde referans veri olarak kabul edilmiştir. Bu koordinat değerleri ile lazer tarayıcı tarafından elde edilen koordinat değerleri arasındaki farklar kullanılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Kontrol noktalarının lazer tarayıcı tarafından üretilen koordinatları nokta bulutu üzerinden belirlenmiştir. Kontrol noktaları için obje üzerinde işaretlenen kağıtlarda ölçümü yapılan bölge siyah, geri kalan kısım ise beyaz renktir. Nokta bulutu CloudCompare yazılımında yoğunluk değerlerine göre renklendirilmiştir ve kağıtlar daha belirgin hale getirilmiştir. Nokta bulutundaki noktaların boyutları da büyütülmüştür ve kontrol noktası için işaretlenen kağıt hedefin orta kısmına yakınlaştırma yapılarak nokta seçimi daha doğru bir şekilde yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu lazer tarama tekniği için bu çalışmadaki hata 10 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Lazer nokta bulutunun yoğunluk değerlerine göre renklendirilmesi ile hedef kağıtların belirginleştirilmesi ve koordinat verisinin elde edilmesi

3.SONUÇLAR

Nokta bulutu günümüzde birçok mühendislik çalışmasında tercih edilen veri grubu haline gelmiştir. Bu veriyi elde etmek için de en yaygın olarak kullanılan araçlar lazer tarayıcı sistemleridir. Nokta bulutu verisini elde etmenin bir başka yolu ise yakın resim fotogrametrisi tekniğinden yararlanmaktır. Yakın resim fotogrametrisi ile fotoğraflardan elden edilen nokta bulutu ile lazer tarama tekniği ile elde edilen nokta bulutunu farklı açılardan değerlendirmek amacıyla kayaç yüzeyleri üzerinde bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yapılan analizler her iki yöntemde üretilen nokta bulutlarının çok büyük benzerlik gösterdiğini ve bu tür çalışmalarda birbirlerinin yerlerine kullanılabilceğini göstermiştir. Özellikle maliyet açısından değerlendirildiğinde yakın resim fotogrametrisi lazer tarama tekniğine göre ciddi bir avantaja sahiptir. Zaman açısından değerlendirildiğinde ise bu çalışma için önemli bir fark yoktur fakat bu çalışmada analizler mümkün olduğunca temiz yüzeyler için yapılmıştır. Çim grubu veriyi bozan kısım olarak ön plana çıkmaktadır. Detaylı bir temizlik ve filtreleme işlemi yapıldığı takdirde lazer verisinin değerlendirme kısmı daha uzun sürecektir.

Lazer tarama tekniğinin her objeye uygulanması söz konusu olmadığı gibi yakın resim fotogrametrisi tekniğinin de lazer tarama tekniğinin uygulandığı her objeye uygulanması mümkün değildir. Fotoğraflardan nokta bulutu üretimi için çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Kullanılan bu görüntü eşleme algoritmaları her objede iyi sonuç vermeyebilir. Yöntemler farklı obje türleri için uygulanarak sonrasında yapılacak çalışmalar için en uygun tekniğin seçiminde referans olabilirler.

Lazer tarama yakın resim fotogrametrisine göre kullanıcıdan daha bağımsız bir tekniktir. Alet tarama işlemini ve eğer gerekli fotoğraf çekim işlemini kendi yapmaktadır. Yakın resim fotogrametrisinde ise üretilen modelin doğruluğu, çözünürlüğü ve kalitesi kullanıcı kaynaklı birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler arazi çalışması öncesi yapılacak doğru hesaplamalar, kullanılan total station, kullanılan kamera, arazi çalışmaları sırasında gösterilen özen ve atmosferik koşullar olarak sıralanabilir. Analiz sonuçlarında da görülebileceği üzere Sony DSC-H9 kameraya göre daha iyi özelliklere sahip olan Nikon D700 kamera ile oluşturulan modelin doğruluğu daha yüksektir. Sony DSC-H9 kamera ile yersel fotoğrafların alınması sırasında güneş ışığının olmaması da çekilen fotoğraflara, dolayısıyla modele olumsuz olarak etki etmiştir. Fotoğraflardan üretilen nokta bulutunun lazer tarayıcı tarafından üretilen nokta bulutu yerine kullanılabilceği çalışmalarda, yakın resim fotogrametrisinin avantajlarını gösterebilmesi açısından doğru bir çalışma planı hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

Çalışmada ele alınan obje her iki yöntemde kullanılan donanımların konumlarına göre yüksek bir konumdadır. Arazi şartları dolayısıyla fotoğrafların çekildiği bölgeden daha yüksek bir konumda fotoğraf çekmenin imkanı yoktur. Lazer tarayıcı ile mevcut tarama noktalarından daha yüksek bir konumda tarama yapmanın da imkanı yoktur. Bu sebepten dolayı çekilen fotoğraflarda kayacın yüksek bölgelerinde görülemeyen bazı yerler modelde boşluk oluşturmuştur. Lazer tarama tekniği ile elde edilen modelde de bu bölgeler nokta verisine sahip değildir. Objeyi tam anlamıyla yansıtması amacıyla havadan fotoğraflama ile yapılacak çalışma daha iyi sonuçlar verebilir.

KAYNAKLAR

- Bozkurtoğlu, E.,** 1996, *İTÜ Kampüs Alanındaki Kayaçların Yüzey Pürüzlülüğünün Görüntü Analiz Yöntemi ile Araştırılması*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL.
- Dapo, A., Babic, L., Pribicevic, B.,** 2011, Application of a 3D Terrestrial Laser Scanner In a Survey of a Railway Bridge "Sava Jakusevac", *INGEO 2011- 5th International Conference on Engineering Surveying*, Brijuni, Croatia, 2011.
- Ege, A., Şeker, D.Z., Tuncay, I., Duran, Z.,** 2004, Photogrammetric Analysis of the Articular Surface of the Distal Radius, *The Journal of International Medical Research* 2004, 32: 406 – 410
- Gül, B., Uzunboz, G., Duran, Z., Kaya, Ş., Çelik, M.F., Aydar, U.,** 2014, Çatı Kafes Sistemlerinin Lazer Tarayıcı Yardımı ile Modellenmesi, *5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014*, İstanbul
- Karşıdağ G., Alkan R.M.,** 2012, Yersel Lazer Tarama Ölçmelerinde Doğruluk Analizi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2012, 4(2) 1-10
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Harley, A.** 2006, Close Range Photogrammetry: *Principles, techniques and applications*. Ireland : Whittles Publishing
- Yıldırım, M., Gökaşan, E.,** 2013, Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri (Genişletilmiş ikinci baskı), Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, syf:47-48.