

YERSEL LAZER TARAYICI NOKTA BULUTLARININ BİRLEŞTİRİLMESİNDE BAĞIMSIZ MODEL DENGELEMESİNİN DOĞRULUK ANALİZİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Altuntaş C., Yıldız F., Karabörk H., Yakar M.

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi- Konya
(caltuntas@selcuk.edu.tr), (fyildiz@selcuk.edu.tr), (hkarabork@selcuk.edu.tr), (yakar@selcuk.edu.tr)

ÖZET

Yersel lazer tarayıcılar her geçen gün daha fazla alanda kullanılmakta ve ölçme ve değerlendirme için değişik teknikler geliştirilmektedir. Yersel lazer tarayıcılarla yapılan ölçülerin değerlendirilmesinde en önemli adımlardan birisi de elde edilen nokta bulutlarının referans olarak seçilen koordinat sisteminde birleştirilmesidir. Lazer tarayıcı ile yapılan taramaların her biri tarayıcı alet merkezli bir lokal koordinat sisteminde ifade edilir. Tarama geniş bir sahada yapılıyorsa, değişik açı ve doğrultulardan yapılan taramalar sonucu elde edilen nokta bulutlarının bir bütün oluşturacak şekilde birleştirilmesi gereklidir.

Nokta bulutlarının birleştirilmesi için literatürde 3B yüzey eşlemesi, bağımsız model dengeleme, en küçük kareler ve doğrudan jeodezik koordinat yöntemleri önerilmektedir. Uygulanacak yönteme göre nokta bulutlarının birleştirilmesi, jeodezik koordinat sistemine yada referans olarak seçilen taramalardan birisinin koordinat sistemine göre yapılır. Nokta bulutlarından birisinin referans olarak seçilmesi durumunda kontrol noktası tesisine gerek kalmadan, bütün nokta bulutları referans seçilen nokta bulutunun koordinat sisteminde birleştirilir. Jeodezik koordinat sisteminin referans seçilmesi durumunda ise yer kontrol noktası tesisi ve koordinat ölçülerinin yapılması gerekmektedir. Jeodezik koordinat yöntemi ölçü süresi ve maliyetini artıran bir yöntem olmakla birlikte ölçülerdeki sistematik hataların model deformasyonlarına etkisini azaltmakta ve ölçülerin başka ölçülerle entegrasyonu mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada; büyük boyutlu bir objeye ait lazer tarama nokta bulutları bağımsız model dengelemesi ile birleştirilmiş ve dengelemede kullanılan kontrol noktası sayısının ve konumunun model doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Objeye üzerinde jeodezik koordinatlı kontrol noktaları oluşturulmuştur. Yer kontrol noktalarının dağılımına göre her taramanın referans alınan nokta bulutuna göre dönüşüm parametreleri hesaplanmıştır. Model doğruluğunun kontrolü, objeye üzerinde koordinatı bilinen fakat dengelemede kullanılmayan kontrol noktaları koordinatlarının karşılaştırılması ile yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Yersel Lazer Tarayıcı, Bağımsız Model Dengelemesi, Doğruluk, 3 Boyutlu Model

1 GİRİŞ

Lazer tarayıcı ile elde edilen 3B nokta kümelerinin her biri tarayıcı alet orjinali lokal koordinat sisteminde koordinatlandırılmaktadır. En küçük karelerle 3B yüzey eşleme (Gruen ve Akça 2005) yönteminde olduğu gibi bağımsız model triangülasyonunun amacı yersel lazer tarayıcı ile yapılan bütün taramaların ortak bir koordinat sisteminde birleştirilmesidir. Ölçme işleminin amacına bağlı olarak bütün model noktaları önceden tanımlı yersel koordinat sisteminde yada lazer taramalarının referans alınan birisinin koordinat sisteminde birleştirilmelidir. İlk durumda, bütün taramalarda yer kontrol noktalarının (YKN-Ground

Control Points) bulunması gerekir. YKN kullanımı farklı zamanlarda yapılan lazer taramalarının birleştirilmesini, lazer noktalarının doğruluğunun artırılmasını, fotogrametrik ve topoğrafik ölçülerin bu ölçülerle birleştirilmesini sağlar. YKN aynı zamanda bağlama noktalarının (tie points) kötü dağılımından ve ölçü metodundan kaynaklanan dönüşüm (register) hatalarını da azaltır (Scaioni 2002).

Eğer her 3B modelde yeterli sayıda YKN varsa bütün 3B modeller YKN noktalarının tanımlı olduğu koordinat sistemine register edilebilir. Diğer durumda, modellerden birisi referans alınarak her komşu modelin örtü alanında yeterli sayıda bağlama noktası (tie points) tanımlanarak bütün modeller referans alınan modelin koordinat sistemine dönüştürülebilir. Modellerin register edilmesinde bağımsız modeller dengelemesi

yöntemi uygulanır. Tüm tarama alanı tamamlanıncaya kadar komşu modellerin register işlemine bu şekilde devam edilir.

Bütün modellerin yer kontrol noktalarına dayalı olarak koordinatlandırılması için her tarama alanında en az üç kontrol için de dördüncü bir noktanın bulunması gerekir. Bu durum ölçü süresini ve maliyetini artıracığından lazer tarayıcıların kullanım avantajlarına da aykırı olacaktır. Bu nedenle nokta kümelerinin referans koordinat sisteminde birleştirilmesi için bağımsız model dengelemesi yöntemi geliştirilmiştir (Scaioni 2002).

Bağımsız model dengelemesi yöntemi, hava triangülasyonunda kullanılan bağımsız modeller yöntemine benzer olarak, farklı bakış açılarından alınan bütün 3B modellerin eş zamanlı dengelenmesi şeklindedir. Yöntemin uygulanmasında yer kontrol noktaları, bağlama noktaları ve kontrol noktaları kullanılır. Bağlama noktaları iki komşu modelin birbirine göre dönüklülük ve farkının hesaplanmasını sağlarken, YKN modellerin verilen referans sistemine oturtulmasını sağlar. Kontrol noktaları hesaplamının doğruluğunun kontrolü için kullanılabilir. Bu noktalar obje üzerinde önceden tanımlanmış olabileceği gibi ölçülen objenin doğal ve yapay özellikleri bağlama ve yer kontrol noktası olarak alınabilir. Nokta yerlerinin tarama yapılmadan önce obje üzerinde belirlenmesi bu noktaların nokta kümeleri içinden seçimini kolaylaştırır. Nokta yerlerinin işaretlenmesinde tanımlanmış bir hedef işareti kullanılması durumunda noktaların nokta kümesi içinden seçimi otomatik olarak yapılabilir. Yöntem başlıca iki adımda uygulanmaktadır:

- Birinci adımda bütün modellerin dönüşüm parametrelerinin yaklaşık değerleri ve buna göre bağlama noktalarının yaklaşık koordinatları hesaplanır.
- İkinci adımda en küçük kareler yöntemi ile 3B modellerin bağımsız model dengelemesi yapılır.

bu işlemler sonunda elde edilen dönüşüm parametreleri her bir nokta kümesini global referans sistemine (jeodezik koordinat sistemi) dönüştürmek için kullanılabilir.

En Küçük Karelerle 3B blok dengeleme hesabı, bilinmeyenlerin yaklaşık değerlerinin önceden hesaplanmasını gerektirir. Dönüşüm parametrelerinin yaklaşık değerleri, ortak tarama alanında en az 3 ortak nokta gerektiren Hamilton Quaternions algoritması (Sanso 1973) ile hesaplanabilir (Scaioni 2002, Elkhachy 2006). Eğer bir yada daha fazla model yeterli YKN içeriyorsa ilk önce bu modellerin yöneltmesi yapılır, diğer durumda rasgele seçilen bir model bütün blok için referans koordinat sistemi olarak seçilir. Artık yöneltilen bütün modellerin bağ noktalarının koordinatları hesaplanabilir.

Bu işlemler sonunda en küçük karelerle bağımsız model dengelemesi YKN ve bağlama noktalarının dağılımına bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilebilir:

1. Bir modelin içerdiği YKN sayısı modeli yöneltmek için yeterli yada daha fazla sayıda ise bu modelden başlanarak yöneltme işlemi yapılır.
2. YKN tüm alan için yeterli sayıda ancak herhangi bir nokta kümesi tek başına register edilemiyor ve tüm blokun dönüşümü yapılamıyorsa; bu durumda nokta kümelerinden birisi geçici referans sistemi alınır ve diğer bütün nokta kümeleri bu sisteme dönüştürülür. Referans olarak diğer nokta kümeleri ile en fazla ortak nokta içeren nokta kümesi seçilir. İşlem sonunda bütün nokta kümeleri YKN kullanılarak global olarak yönlendirilir.
3. Nokta kümeleri içinde hiçbir YKN bulunmuyorsa bu durumda kullanıcı tarafından seçilecek yada 2. maddede belirtildiği şekilde seçilecek bir nokta kümesi referans alınarak bütün nokta kümeleri bu sisteme dönüştürülür.

Bu çalışmada lazer tarayıcı nokta kümelerinin birleştirilmesinde YKN sayısının ve dağılımının bağımsız model dengelemesi doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Nokta kümelerinin en küçük kareler yöntemiyle art arda birleştirilmesiyle oluşturulan model doğruluğu da incelenmiştir.

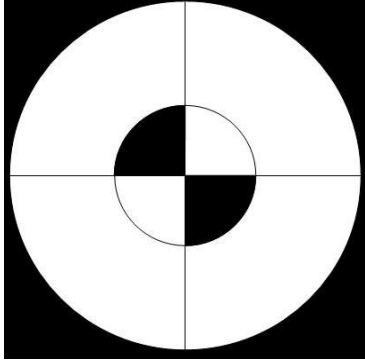
2 MATERYAL VE METOT

Çalışma objesi olarak çok sayıda lazer taraması gerektiren oldukça büyük bir obje seçilmiştir. Seçilen obje yaklaşık 94mx32m boyutlarında tarihi bir handır (Zazadin Han).

Obje üzerinde belirlenen noktaları işaretlemek için nokta kümeleri içinden kolayca seçilebilecek bir hedef işareti belirlenmiş ve noktalara yapıştırılmıştır. Hedef işareti için 15cm çapında ve 7.5cm çapında içi içe iki daireden oluşan şekil kullanılmıştır. Hedef işaretleri A4 ebadında kağıtlara çıktı alınarak obje üzerine yapıştırılmıştır. Hedef işareti Şekil 1 de görülmektedir. Objeye üzerindeki kontrol noktalarının konumu her lazer taramasının bir önceki tarama ile en az 3 adet ortak nokta içerecek şekilde seçilmiştir. Objeye üzerinde toplam 65 adet nokta tesis edilmiştir. Bu noktalardan bir kısmı bağlama noktası bir kısmı jeodezik kontrol noktası bir kısmı da kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Objeye üzerine tesis edilen kontrol noktalarının jeodezik koordinatları yer kontrol noktalarına (YKN) dayalı olarak reflektörsüz total

stationla ölçülmüştür. Obje yüzeyinin tamamını görüntüleyebilmek için lazer tarayıcı ile dokuz değişik noktadan tarama yapılmıştır. Lazer tarayıcıların konumu ve tarama durumları Şekil 3 de görülmektedir.

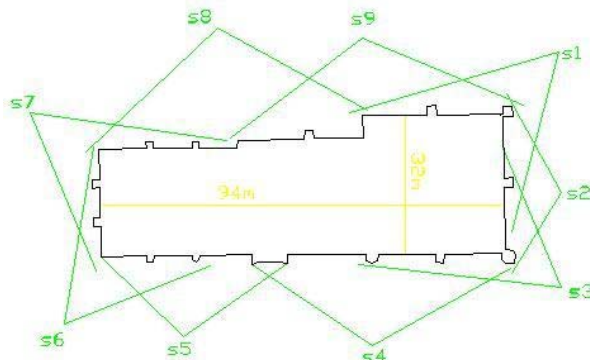
Obje yüzeyi Optech 3D lazer tarayıcı ile 2cm aralıklarla taranmış her istasyon için yaklaşık 40 dakikalık lazer tarama ölçüsü yapılmıştır.



Şekil 1. Hedef işareti (büyük daire 15cm çapında)



Şekil 2. Lazer taraması



Şekil 3. Lazer tarayıcı istasyonları

3 3B MODELİN OLUŞTURULMASI

Bağımsız model dengelemesi için nokta kümeleri üzerinde bağlama ve yer kontrol noktaları (YKN) işaretlendi. Her bir nokta kümesi obje üzerinde işaretlenmiş noktalarla birbirine bağlandı. Nokta kümelerinin birbirine bağlanmasında taramaların bindirme durumlarına göre 3 yada 4 nokta kullanıldı. Bazı noktalar ikiden fazla nokta bulutunda görüldüğü için ikiden fazla nokta kümesinin bağlanmasında kullanıldı. Bağımsız model dengelemesinin gerçekleştirilebilmesi için model alanında en az 3 kontrol için 4 YKN bulunması gerekmektedir. Bağımsız model dengelemesi YKN'nın model üzerindeki dağılımına bağlı olarak dört farklı durumda gerçekleştirildi. Bunlar;

- Model alanının her cephesinde 3 adet YKN, toplam 12 YKN olduğu durum,
- Model alanının her cephesinde 1 adet YKN, toplam 4 YKN olduğu durum,
- Modelin karşılıklı iki kısa cephelerinde 3 er adet, toplam 6 YKN olduğu durum,
- Modelin sadece bir cephesinde 4 YKN olduğu durum.

Yer kontrol noktası sayısının ve dağılımının model doğruluğuna etkisini belirlemek için dört farklı durum için de aynı noktalar kontrol noktası olarak kullanıldı. Bağımsız model dengelemesi sonunda elde edilen değerler her bir durum için Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Farklı sayıda YKN kullanımı durumunda bağımsız model dengelemesi sonuçları

| Te st | YKN adedi | Kont. nok. adedi | σ_0 (cm) | Kontrol noktalarındaki farklar (cm) | | | |
|-------|-----------|------------------|-----------------|-------------------------------------|------|------|-------|
| | | | | Min. | Ort. | Max. | |
| a | 12 | 16 | 6.41 | Y | 0.59 | 2.57 | 6.86 |
| | | | | X | 0.99 | 3.90 | 9.07 |
| | | | | Z | 0.79 | 7.56 | 10.55 |
| b | 4 | 16 | 3.05 | Y | 0.07 | 3.26 | 7.64 |
| | | | | X | 0.14 | 2.94 | 7.15 |
| | | | | Z | 0.28 | 5.95 | 11.19 |
| c | 6 | 16 | 6.84 | Y | 0.64 | 2.96 | 7.95 |
| | | | | X | 0.14 | 3.51 | 7.93 |
| | | | | Z | 2.80 | 6.76 | 10.93 |
| d | 4 | 16 | 3.40 | Y | 0.10 | 2.84 | 7.01 |
| | | | | X | 0.28 | 3.13 | 7.12 |
| | | | | Z | 0.14 | 8.17 | 14.62 |

a, c, d durumları için en az 3 adet YKN bulunan yüzeyler referans seçildi. Referans seçilen nokta kümesinin yer kontrol noktaları yardımıyla jeodezik koordinat sistemine yaklaşık dönüşüm parametreleri hesaplandı. Diğer bütün nokta bulutlarının referans nokta bulutuna göre yaklaşık dönüşüm parametreleri bağlama noktaları ile hesaplandı ve bağımsız model

dengelemesi yapıldı. b de herhangi bir nokta bulutu referans seçildi ve diğer taramalar bu nokta bulutunun koordinat sisteminde birleştirildi. Daha sonra tüm blokun yer kontrol noktaları ile jeodezik koordinat sistemine dönüşümü yapıldı.

4 SONUÇ

Lazer tarayıcı noktalarının bağımsız model dengelemesi ile birleştirilmesi ve jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi ölçülerden beklenen hassasiyeti sağlamaktadır. Hesap için gerekli nokta sayısının en az dört olması durumunda bile noktaların model üzerindeki dağılımının uygun olması halinde yeterli doğruluk elde edilebilmektedir. Bu durum ölçülen modellerin jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi için gerekli arazi çalışmalarını da azaltmaktadır. Bu tür büyük objelere ait 3B modeller mevcut yer kontrol noktalarından yararlanılarak jeodezik koordinatlara dönüştürülebilir ve CBS amaçlı çalışmalarda kullanılabilir. Obje etrafında hassas jeodezik noktalar tesis edilip obje üzerindeki noktalar bu noktalardan yararlanarak koordinatlandırılırsa bağımsız model dengelemesi ile çok daha hassas sonuçlar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

Elkhrachy, I., Niemeier, W., 2006. Optimization And Strength Aspects For Geo-Referencing Data With Terrestrial Lazer Scanner Systems, 12th FIG Symposium,3rd IAG, Baden, May 22-24.

Gruen, A., Akça, D., 2005. Least Squares 3D Surface Matching. ISPRS 2005 Annual Conference, Baltimore, Maryland, March 7-11.

Sanso, F., 1973. An Exact solution of the roto-translation problem. Photogrammetria, no.29, pp. 203-616.

Scaioni, M., 2002. Independent Model Triangulation of Terrestrial Lazer Scanner Data, Int. Arch. of the Phot., Remote Sensing and Spatial Inf. Sciencies, Vol. XXXIV, Part 5/W12, Corfu (Grecia), pp. 308-313.