

Tuz Mağaralarında Sırt Çantası LiDAR Sisteminin 3B Model Üretiminde Kullanılması; Tuzluca, Iğdır Örneği

Emirhan Özdemir^{*1}, Kasım Erdal², Fehmi Veziroğlu¹, Seyfullah Sinan ATEŞ³

¹Iğdır Üniversitesi, Iğdır Teknik Bilimler MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü/Tapu Ve Kadastro Pr., Iğdır, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

³Iğdır Üniversitesi, Iğdır Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü/Yapı Tesisat Teknolojisi Pr., Iğdır, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Tuz mağarası
Sırt çantası LiDAR sistemi
3B Model
SLAM

ÖZ

Mağaralar dünya tarihinde önemli bir yere sahiptir. Tuzun koruyucu ve tat verici özelliğinin yanında, çeşitli hastalıklara alternatif tedavi yöntemi olarak günümüzde tuz mağaralarını kullanılabileceği belirlenmiştir. Bu gelişmeler sağlık turizmi açısından tuz mağaralarına olan ilginin artmasına neden olmuştur. Tuz mağaralarının sağlık turizm amacıyla kullanılması ile birlikte mağaralarda restorasyon çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Restorasyon çalışmalarında tuz mağaralarının 3B modeline ve mağara haritalarına ihtiyaç doğmuştur. Bu çalışmada Iğdır İli Tuzluca İlçesi'nde bulunan ve sağlık turizmi amacıyla hizmete açılan tuz mağarasının 3B modeli sırt çantası LiDAR sistemi kullanılarak oluşturulmuştur. Sırt çantası LiDAR sisteminin hızlı, esnek kullanımı ve Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama (SLAM) algoritması ile destekleniyor olması mağaralar gibi kapalı alanlarda kullanımını arttırmıştır. Oluşturulan model jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Modelin konum ve dönüşüm doğruluğunun jeodezik çalışmalarda kullanılabilir doğrulukta olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile sırt çantası LiDAR sisteminin mağara çalışmalarında kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

The Use of the Backpack LiDAR System in the Generate of 3D Models in Salt Caves; The Example of Tuzluca, Iğdir

Keywords:

Salt Cave
Backpack LiDAR System
Model 3B
SLAM

ABSTRACT

Caves have an important place in the history of the world. The salt is preservative and tasting in addition to its feature, it has been determined that salt caves can be used today as an alternative treatment method for various diseases. These developments are health tourism In terms of this, the interest in salt caves has increased. The use of salt caves for health tourism and restoration of caves has started. In restoration, salt caves were needed in 3B models and cave maps. In this study, the 3B version of the salt cave in Iğdir Province Tuzluca County, which was opened for health tourism, was created using the LiDAR system. The fast, flexible use of the Backpack LiDAR system and its support with the simultaneous Positioning and Mapping (SLAM) algorithm has increased its use in confined spaces such as caves. The model created has been converted into a geodetic coordinate system. The model's position and conversion accuracy are shown to be available in geodetic studies. This study found that the backpack LiDAR system can be used for cave studies.

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster(APA);

(emirhan.ozdemir@igdir.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-8306-834X
(kerdal.245@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-6024-7361
(fehmi.veziroglu@igdir.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0712-7640
(ssinan.ates@igdir.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0452-2258

Özdemir E., Erdal K., Veziroğlu F & Ateş, S.S. (2022). Tuz Mağaralarında Sırt Çantası LiDAR Sisteminin 3B Model Üretiminde Kullanılması; Tuzluca, Iğdır Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 4(1), 36-42.

1. GİRİŞ

En az bir insanın girebileceği genişlikte ve yükseklikte olan yer altında bulunan boşluklar mağara olarak adlandırılmaktadır. Doğal ve yapay olarak ikiye ayrılan mağaralarda tuz mağaraları doğal mağaralar sınıfına girmektedir (Arpacı vd., 2012). Yer altında bulunan tuz kayalarının yeraltı suları tarafından aşındırılması ile başlayan fiziksel ve kimyasal sürecin ardından tuz mağaraları oluşumunu tamamlar (Frumkin,1998). Mağaralar dünya tarihinde önemli bir yere sahiptir. İlk çağlarda insanoğlunun barınma ve korunma amaçlı mağaraları kullandığı bilinmekte ve yıllar içerisinde mağaraların farklı amaçlar doğrultusunda da kullanılmaya başladığı görülmektedir (Agniy vd., 2019). Tuzun koruyucu ve tat verici özelliğinin etkisi ile geçmişte tuz mağaraları ham madde olarak değerlendirilmiş ve tuz ticaretinin yapılmasına neden olmuştur (Güngörmez, 2015). Tuz ticaretinin ardında tuz mağaralarına olan ilginin artmasına neden olmuş ve tuz mağaraları üzerine araştırmalar artmıştır. Bu araştırmalar tuz mağaralarının ve tuz madenin çeşitli hastalıklara alternatif tedavi olabileceği kanısı ortaya koymuştur (Şimşek, 2020). Geçen zaman içerisinde tuz madenin heykel sanatında da kullanıldığı görülmektedir (Yeşilova P. & Yeşilova Ç., 2019). Günümüzde tuz madeni ham madde olarak, heykel sanatı ve hediye eşya imalatında kullanılmasının yanı sıra tuz mağaraları sağlık turizmi açısından önemli bir yere sahiptir.

Mağaralar farklı uzanımlardan ve derinliklerden oluşabilmektedir (Ronvad vd., 2011). Bu uzanımlarda ve derinliklerde oluşan fiziksel ve kimyasal süreçlerin belirlenmesi ve belgelendirilmesi mağara haritalarının oluşturulması ile mümkündür. Mağara haritalarının üretilmesi aşamasında klasik ölçme yöntemleri ve fotogrametrik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Klasik ölçme yöntemlerinin mağaraya ait detayların elde edilmesinde eksik kaldığı, ölçümü gerçekleştiren kişinin teknik ve kartografik bilgisine bağlı kaldığı ve uzun zaman harcandığı görülmektedir. Mağaraların uzanımlarının ve derinliklerinin yeterli aydınlatılmadığı durumlarda ise görüntü tabanlı fotogrametrik çalışmalarının mağara haritasının oluşturulmasında yeterli olmamaktadır. Günümüzde yersel lazer tarayıcılar mağara haritalanmasında kullanılmakta ve 3B modeller oluşturulmaktadır (Aydan vd.,2013). Işıktan bağımsız olarak ölçüm gerçekleştirebilen yersel lazer tarayıcıların ise farklı noktalara kurulması ve ölçümün gerçekleştirilmesi uzun zaman almaktadır. Yersel lazer tarayıcıdan elde edilen nokta bulutu ile doğrusalılık, düzlemsellik ve küresellik gibi birçok geometrik bilgiden yararlanılabilmektedir (Sağlam vd., 2020).

Teknolojinin gelişmesi ile lazer tarayıcılar da gelişim göstermiş farklı donanımlar ve algoritmalar ile desteklenmiştir. Sırt çantası LiDAR (Light Detection and Ranging) sistemleri son yıllarda aktif olarak kullanılmaktadır. Sırt çantası LiDAR

sistemleri diğer LiDAR sistemlerine kıyasla hızlı kullanışlı ve pratik olduğu görülmektedir (Tepeköylü, 2016). Sırt çantası LiDAR sistemleri ışıktan bağımsız ölçüm prensibine bağlı olarak çalışsa da SLAM algoritmaları ile desteklenmektedir. Sırt çantası LiDAR sistemlerinin farklı alanlarda; iç ve dış mekân olmak üzere kullanımı artmıştır.

Tuz mağaraları günümüzde sağlık turizmi kapsamında ziyaretçi almaya başlamasının ardından tuz mağaralarında düzenleme ve restorasyon çalışmaları artmıştır. Mağaralarda GNSS alıcısının çalışmaması, klasik ölçme tekniklerinin yetersiz kalması, yersel lazer tarayıcının kullanımının uzun zaman alması tuz mağaralarının haritalanması ve 3B model üretiminde birçok problemi beraberinde getirmiştir. Sırt çantası LiDAR sistemleri pratik kullanımı ve zamansal olarak avantaj sağlamasının tuz mağaralarında kullanılabilirliğinin araştırılmasına neden olmuştur.

İğdir İli Tuzluca İlçesi'nde farklı amaçlarda kullanılan birden fazla tuz mağarası bulunmaktadır. Bu çalışmada sağlık turizmine kazandırılan tuz mağarası konu alınmıştır. Tuz mağarası sırt çantası LiDAR sistemi ile taranıp 3B modeli elde etmek ve jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Sırt çantası LiDAR sistemleri karmaşık ve ölçülmesi zor mekanlarda tarama işleminde kolaylıkla kullanılmakta bu sayede zamandan tasarruf edilmekte, iş yükü kolaylaşmaktadır (Stefano vd.,2021). Bu amaç ve sırt çantası lidar sisteminin avantajları doğrultusunda çalışmanın hedefleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Çalışmaya konu alan tuz mağarasına poligon ağı tesis edilmesi,
- Kullanılan sırt çantası LiDAR sisteminin SLAM algoritmasının irdelenmesi,
- Zemin bölümlenme gerçekleştirilerek altyapı çalışmalarının belgelendirilmesidir.

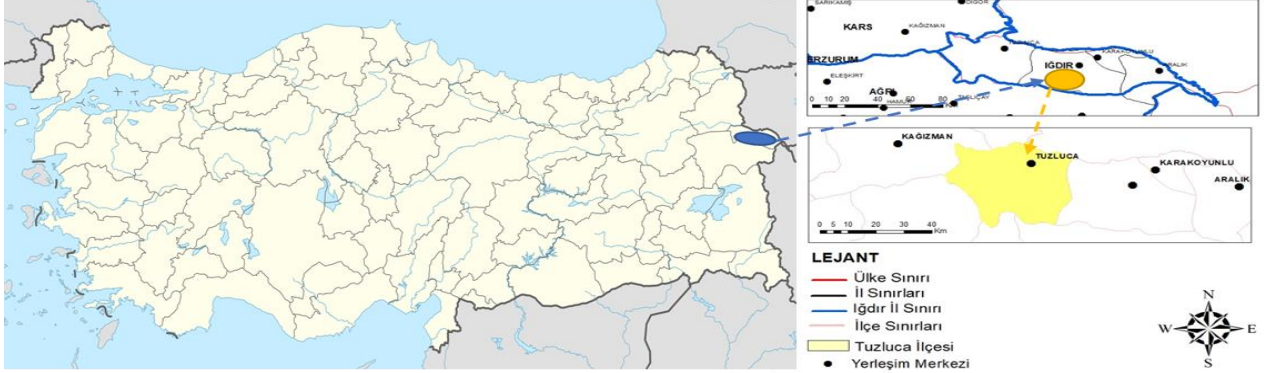
Çalışmaya konu alan tuz mağarasının 3B modeli sırt çantası sistemi kullanılarak elde edilmiştir. 3B model jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

2. YÖNTEM

Çalışmanın ilk adımı olarak tuz mağarasına homojen olarak poligon tesisi gerçekleştirilmiştir. Poligon tesisinin ardından elektronik uzunluk ölçer kullanılarak 3B modelde belirgin olarak seçilebilen ve sabit noktalar belirlenmiştir. Bu noktalar kullanılarak ülke koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Açık kaynak kodlu yazılım kullanılarak nokta bulutu manuel olarak temizlenmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Altyapı bilgisinin belgelenebilmesi amacıyla açık kaynak kodlu yazılım kullanılarak zemin manuel olarak tüm modelden ayrı olarak belgelendirilmiştir.

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında Iğdır İli'nin Tuzluca İlçesi'nde bulunan tuz mağarası uygulama alanı



Şekil 1. Konum haritası

Mağara yaklaşık 55 dönümlük bir alandan oluşmaktadır ve bir bölümünde üretim devam etmektedir. Bu alanın yaklaşık 12 dönümlük kısmında maden çıkartma işlemleri bitmiştir. Çalışmanın da yapıldığı bu alan tuz terapi merkezi olarak şu an da faaliyet göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Mağaranın içeriden görünümü

Mağara, iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım teknolojinin tam olarak gelişmediği zamanlarda yüzeye daha yakın kısımdan oyma yöntemiyle tuzun çıkartıldığı kısımdır. İkinci kısım ise birinciye göre daha derinden tünel kazılarak elde edilen kısımdır (Şekil 3).



Şekil 3. Mağaranın dışarıdan görünümü

Kazılan tünel yaklaşık 3 metre genişliğinde 80 metre uzunluğundadır. Tünelin sonu 8-16 metre

olarak seçilmiştir. Mağara, ilçe merkezine 1.5 km, il merkezine yaklaşık 39 km uzaklıkta bulunmaktadır ve ortalama 985 metre rakıma sahiptir (Şekil 1).

aralığında tavan yüksekliğine sahip oyma odalara çıkmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Mağaranın ortofoto görüntüsü

2.2 Sırt Çantası LiDAR Sistemi

Çalışmada Greenvalley Libackpack DGC50 sırt çantası LiDAR sistemi kullanılmıştır. Kullanılan LiDAR sistemini donanımsal olarak irdelediğimizde panoramik kamera, GNSS/IMU sensörü ve bir adet yatay bir adet düşey olmak üzere iki adet lazer tarayıcısı olduğu görülmektedir. Sırt çantası LiDAR sistemine ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir (URL – 1, 2022).

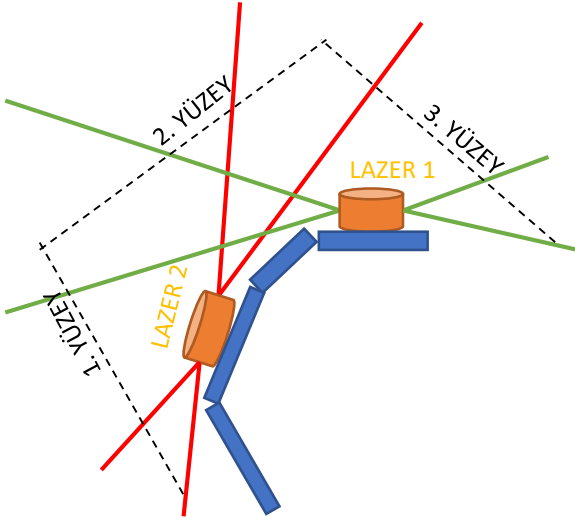
Tablo 1. Greenvalley Libackpack DGC50 ait teknik özellikler

Tarama Mesafesi	0.5 - 100 m
Tarama Hızı	300000
Görüş Alanı	360 yatay +-15 düşey
Lazer Doğruluğu	3 cm
Çalışma Sıcaklığı	-10 VE 60
Lazer Dalga Boyu	903 nm
Kamera Çözünürlüğü	4320*2160
Kamera Frame Oranı	25 fps
GNSS Alıcısı Konum Doğruluğu	1cm + 1 ppm

2.2.1 LiDAR sisteme genel bakış

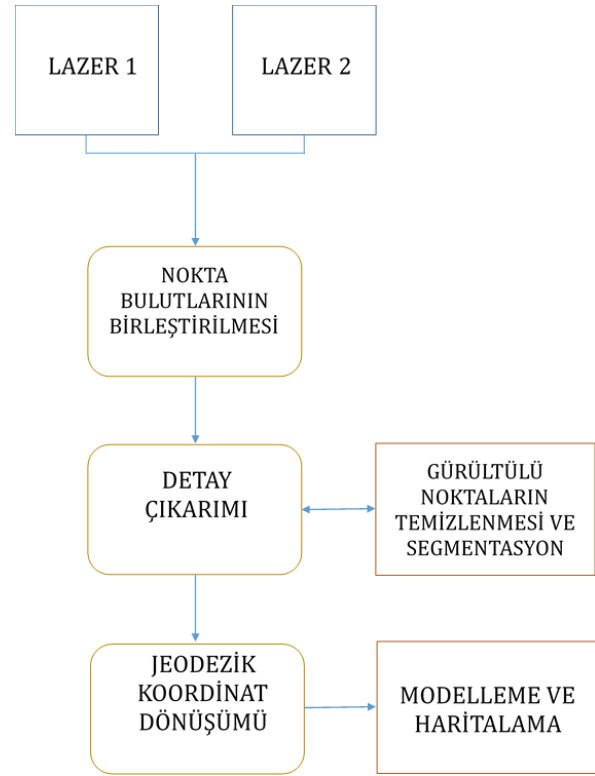
LiDAR sisteminde bulunan panoramik kamera kullanılarak lazer tarayıcıdan elde edilen nokta verisine RGB değerleri aktarılmaktadır. Sistemde bulunan GNSS alıcısı PPK yöntemi ile çalışmaktadır. Sabit bir noktaya kurulan statik yöntem ile çalışan GNSS alıcısı eş zamanlı olarak LiDAR sistemi çalıştırıldığında nokta bulutunun konum doğruluğu ± 7 cm kadar elde edilmektedir (Erdal & Makineci, 2021).

LiDAR sistemi 2 adet lazer tarayıcıya sahiptir. Yatay lazer tarayıcı sistemin üst kısmında bulunurken dikey lazer tarayıcı 60° açı ile sistemin orta kısmında bulunmaktadır (Şekil 5). Lazer tarayıcıların bu şekilde konumlandırılması; lazer tarayıcıların tarama alanlarının yüzeyel olarak maksimum düzeyde tutmak olduğu görülmektedir. Bu sayede zemin bilgilerinin daha net ve belirgin olduğu taramalar elde etmek mümkün olmuştur. Ayrıca sistem incelendiğinde lazer tarayıcıların minimum seviyede lazer ışınlarının saptığı; sırt çantası LiDAR sistemini kullanan operatörün baş ve ayak bölgesinde dağılmanın azalmasını hedeflediği görülmektedir (Chen vd., 2021).



Şekil 5. Sırt çantası LiDAR sistemine ait lazer tarayıcılar ve tarama alanları

LiDAR sistemi, kullanılan operatör tarafından başlatılmasının ardından lazer tarayıcılar, GNSS alıcısı ve panoramik kamera çalışmaya başlamaktadır. Sisteme kablolu ya da kablosuz bağlanarak anlık olarak taranan veriler mobil cihazlarda görüntülenebilmektedir. Tarama işleminin tamamlanmasının ardından veriler dengelenmek üzere sayısal ortama aktarılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Sırt çantası LiDAR sistemi çalışma diyagramı

2.2.2 SLAM Algoritması

SLAM algoritması günümüzde mobil cihazlarda aktif olarak kullanılmaktadır. GNSS kullanılarak konum belirlemenin yetersiz ya da mümkün olmadığı durumlarda SLAM algoritması kullanılabilir (Lagüela vd., 2018). SLAM algoritması kapalı alanlarda sırt çantası LiDAR sistemleri için önemli bir yere sahiptir (Maboudi vd., 2017). Kapalı alanlarda lazer tarayıcılar tarama işlemini gerçekleştirirken sistemin başlangıç noktasını baz alarak sistemin konumunu lokal olarak belirlenmesini SLAM algoritması sağlamaktadır (Karam vd., 2019). Bu nedenle sırt çantası LiDAR sisteminde kullanılan SLAM algoritması 3B modelin konum doğruluğunu ve kalitesini doğrudan etkilemektedir (Lagüela vd., 2018). Sırt çantası sisteminde bulunan SLAM algoritması ile sistem tarama işlemini gerçekleştirilirken aynı zamanda lokal olarak lidar sisteminin anlık konumu belirlemektedir.

2.3 Jeodezik Koordinat Dönüşümü

LiDAR sistemi içerisinde GNSS desteği bulunmaması ya da kapalı mekanlarda gerçekleştirilen ölçümlerde nokta bulutunun jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Jeodezik koordinat sistemine dönüştürme yöntemleri; bağımsız model triyngulasyonu yöntemi, 3B konform dönüşüm yöntemi ve doğrudan jeodezik koordinatlı ölçme yöntemi olarak sınıflandırılmaktadır (Yıldız & Altuntaş, 2009). Bağımsız model triyngulasyonu

yöntemi yersel lazer tarayıcıların çalışma prensibine uygun bir yöntemdir. Farklı taramalarda en az 3 adet ortak nokta kullanılarak taramalar birleştirilmekte ardından elde edilen nokta bulutu jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmektedir (Scaioni & Forlani, 2003). 3B konform dönüşüm yönteminde otonom ya da yarı otonom birleştirilen nokta bulutu içerisinde yer detay noktaları kullanılarak jeodezik koordinat sistemine dönüşüm operatör tarafından manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem için en az 3 adet noktanın jeodezik koordinatı bilinmesi gerekmektedir (Yıldız & Altuntaş, 2009). Bir diğer yöntem olan doğrudan jeodezi koordinatlı ölçme yönteminde sırt çantası LiDAR sisteminde bulunan GNSS alıcısı kullanılarak uygulanabilmektedir.

3. BULGULAR

Tuz mağarasında jeodezik çalışmalar amacıyla 17 tane poligon tesis edilmiş ve poligon ağı oluşturulmuştur. Sırt çantası LiDAR sistemi kullanılarak mağara içerisinde 1084,91 m uzunluğunda 31:28 dk süren tarama gerçekleştirilmiştir. Veriler LiDAR sistemine ait yazılımda dengelenmiş ve 207,614,978 adet nokta elde edilmiştir. Ortam ışıklandırılmasının yetersiz olması sebebi ile panoramik kamera aktif edilmeden tarama gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



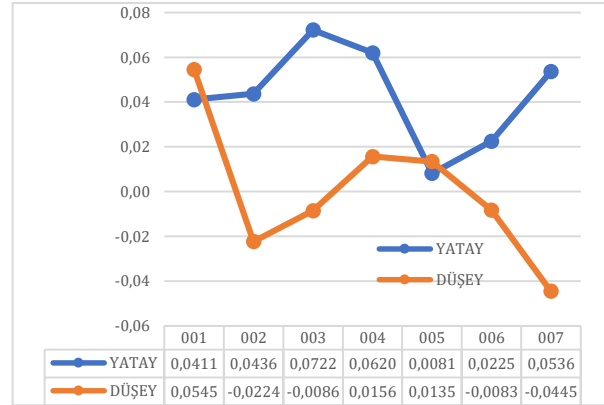
Şekil 7. 3B modele ait kuşbakışı görüntü

Sistemde kullanılan SLAM algoritmasının tarama sırasında herhangi bir kesinti yaşamadan çalıştığı görülmüştür. Verilerin dengelenmesi aşamasında SLAM algoritmasının başlangıç noktasını konumsal olarak işaretlediği ve tarama rotasını konumsal hata ile karşılaşmadan belirterek başarılı bir şekilde dengeleme gerçekleştirilmiş ve 3B model elde edilmiştir.

Kapalı alanda gerçekleştirilen tarama sebebi ile GNSS alıcısı aktif edilmeden ölçüm gerçekleştirilmiştir. Hem GNSS alıcısının kapalı olması hem de nokta sayısının fazla olması sebebi ile çalışmada jeodezik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilirken 3B konform dönüşüm yönteminden yararlanılmıştır. Tesis edilen poligon ağı kullanılarak elektronik uzunluk ölçer ile nokta

bulutunda belirgin ve sabit detaylara ait noktaların koordinat ölçümü gerçekleştirilmiş ve jeodezik koordinatları elde edilmiştir. Jeodezik koordinat dönüşümünde kullanılmak üzere 7 adet nokta belirlenmiştir (Şekil 8).

Jeodezik koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilirken kullanılan noktalar 3B model üzerinde noktalar manuel olarak işaretlenmiştir.

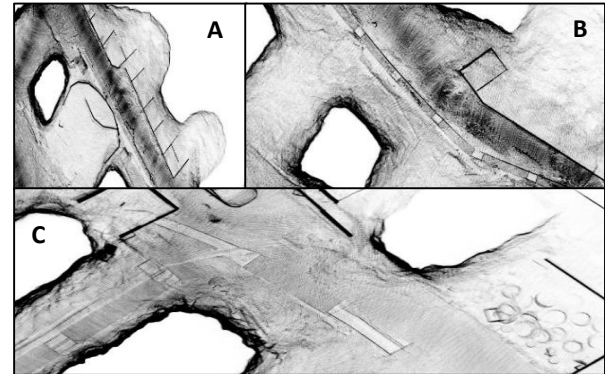


Şekil 8. Jeodezik koordinat dönüşümünde kullanılan noktalara ait hata grafiği

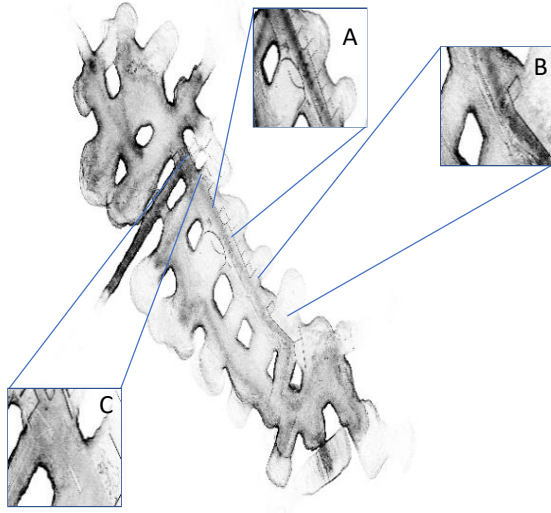
Tablo 2. Jeodezik koordinat dönüşümünde kullanılan noktalara ait hata tablosu

	Yatay (cm)	Düzyey (cm)
Min. Hata	0.0081	-0.0083
Max. Hata	0.0722	0.0545
Ortalama Hata	0.0433	0.0239

Tuz mağarasında gerçekleştirilen altyapı çalışmalarında mağaranın aydınlatma kablolarının yürüyüş yolunun altından geçirildiği görülmektedir. Arıza durumunda ya da acil durumlarda müdahale amacıyla belli aralıklar ile kapaklar yerleştirilmiştir. Model manuel olarak zemin ve diğer kısım olarak ayrılmıştır. Elde edilen zemin modeli incelendiğinde zemin bilgisinin eksiksiz ve jeodezik koordinat elde edilebilecek düzeyde görünebilir olduğu kanısına varılmıştır (Şekil 9). Zemin modelleme vb. çalışmalarda kullanılan sırt çantası sisteminden yararlanılabileceği görülmektedir. Zemin farklı kı sınırlarda bulunan altyapı kapakları baz alınarak 3 farklı kısımda değerlendirilmiştir. (Şekil 10).



Şekil 9. Farklı konumlarda zemindeki kapaklar



Şekil 10. Model üzerinde zemindeki kapakların konumu

A, B ve C konumlarında bulunan alt yapı kapaklarının jeodezik koordinatları sayısal ortama aktarılmış ve saklanmıştır. Arıza durumunda, acil durumlarda ya da yenileme çalışmalarında jeodezik koordinatların kullanılması amaçlanmıştır.

4. SONUÇLAR

Çalışmada Iğdır İli Tuzluca İlçesi'nde bulunan tuz mağarasına ait 3B model sırt çantası LiDAR sistemi kullanılarak üretilmiştir. 31:28 dakika süre taramanın dengelenmesi sonucunda 207,614,978 noktadan oluşan nokta bulutu elde edilmiştir. Model operatör tarafından manuel olarak 3B konform dönüşüm yöntemi kullanılarak jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Dönüşüm sonucunda ortalama hata yatayda 4,33 cm iken düşeyde 2,39 cm'dir. Sırt çantası LiDAR sisteminin mağara çalışmalarında kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Verileri elde etmemizde katkılarda bulunan Küre Mühendisliğe teşekkür ederiz.

Araştırmacıların katkı oranı beyan özeti

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır

Çıkar çatışması beyanı

Makale ile ilgili olarak, herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Agniy, R. F., Adj, T. N., Cahyadi, A., Nurkholis, A., & Haryono, E. (2019). Characterizing the cavities of Anjani Cave in Jonggrangan Karst Area, Purworejo, Central Java, Indonesia. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 256, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.

Arpaci, Ö., Zengin, B., & Batman, O. (2012). Karamanın mağara turizmi potansiyeli ve turizm açısından kullanılabilirliği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2012(2), 59-64.

Avdan, U., Pekkan, E., & Çömert, R. (2013). Mağara ölçümlerinde yersel lazer tarayıcıların kullanılması (Tozman mağarası örneği). *Harita teknolojileri elektronik dergisi*, 5(2), 16-28.

Chen, P., Shi, W., Bao, S., Wang, M., Fan, W., & Xiang, H. (2021). Low-Drift Odometry, Mapping and Ground Segmentation Using a Backpack LiDAR System. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(4), 7285-7292.

Di Stefano, F., Chiappini, S., Gorreja, A., Balestra, M., & Pierdicca, R. (2021). Mobile 3D scan LiDAR: a literature review. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 2387-2429.

Erdal, K., & Makineci, H. B. (2021). Documentation of Cultural Heritage with Backpack LiDAR Usage on Photogrammetric Purpose. *Turkey LiDAR Journal*, 3(1), 1-6.

Güngörmez, H. (2015). Doğal boyalar ve tuz. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 57-63.

Karam, S., Vosselman, G., Peter, M., Hosseinyalamdary, S., & Lehtola, V. (2019). Design, calibration, and evaluation of a backpack indoor mobile mapping system. *Remote sensing*, 11(8), 905.

Lagüela, S., Dorado, I., Gesto, M., Arias, P., González-Aguilera, D., & Lorenzo, H. (2018). Behavior analysis of novel wearable indoor mapping system based on 3d-slam. *Sensors*, 18(3), 766.

Maboudi, M., Bánhidi, D., & Gerke, M. (2017, December). Evaluation of indoor mobile mapping systems. *Proceedings of the GFal Workshop 3D North East* (pp. 125-134).

Roncat, A., Dublyansky, Y., Spötl, C., & Dorninger, P. (2011). Full-3D surveying of caves: a case study of Märchenhöhle (Austria). *Proceedings of the International Association for Mathematical Geosciences (IAMG 2011)*.

Saglam, A., Makineci, H. B., Baykan, N. A., & Baykan, Ö. K. (2020). Boundary constrained voxel segmentation for 3D point clouds using local geometric differences. *Expert Systems with Applications*, 157, 113439.

Scaioni, M., & Forlani, G. (2003). Independent model triangulation of terrestrial laser scanner data. *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences*, 34(5/W12), 308-313.

Şimşek, O. (2020). Nahcivan Duzdağın Sağlık Turizm Potansiyeli. *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (25), 21-38.

Tepeköylü, S. (2016). Mobil LiDAR Uygulamaları, Veri İşleme Yazılımları ve Modelleri. *Geomatik*, 1(1), 1-7.

Yeşilova, P. G., & Yeşilova, Ç. Tuz Madenlerinin (Kaya tuzu) Sağlık Sektöründe ve Turizm Amaçlı Kullanımı; Sürkit Tuz İşletmesi (Tuzluca, Iğdır) ve Dünyadan Örnekler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 56-63.

Yıldız, F., & Altuntaş, C. (2009). Yersel lazer tarayıcı nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi. *Harita dergisi*, 75(142), 51-58.

URL1:<https://greenvalleyintl.com/LiBackpackDGC50/>
[Erişim tarihi: 28.05.2022]



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>