

3B MODELLEMEDE MOBİL TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI: ZAĞAR KÖPRÜSÜ PROJESİ

Yiğit Yüksel¹, Hürcan Atay²,

¹Yük.Müh., Atay Mühendislik Teknik İşlemler San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara, yigit@ataymuhendislik.com

²Yük.Müh., Atay Mühendislik Teknik İşlemler San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara, hurcan@ataymuhendislik.com

ÖZET

Günümüzde nesnelerin üç boyutlu (3B) modelleri yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama teknolojileri kullanılarak elde edilebilmektedir. Özellikle endüstriyel alanlarda ürünlerin 3B modeller kullanılarak çeşitli analizler de yapılabilmektedir. Model üretiminde kullanılan teknolojiler, model doğruluğunu ve yapılabilecek olan analizlerin çeşitliliği ve isabetini etkilemektedir. Diğer bir hususta üretilen modellerin ülke koordinat sisteminde olması talebidir. Nesnelerin ülke koordinat sisteminde hızlı, hassas ve ekonomik modellenmesine olanak sağlayan ve günümüz teknoloji olan viDoc; RTK, LIDAR ve yersel fotogrametri tekniklerinin bütünsel olarak kullanıldığı, LIDAR özellikli mobil cihazlar ile entegre çalışan, Ağ RTK servislerinden (CORS) konumsal düzeltmeleri alabilen bir GNSS alıcısıdır.

Zağar Köprüsü Projesi kapsamında, TUSAGA-Aktif ağından düzeltme alınarak, LIDAR özellikli mobil cihaza takılan viDoc RTK ve PIX4Dcatch yazılımı ile Ankara'nın Yenikent ilçesinde bulunan Zağar Köprüsü'nde yapılan nesne modelleme çalışması kapsamında üretilen Nokta Bulutu ve 3B Katı Modelin konum doğruluğu araştırması gerçekleştirilmiştir. Projelerde üretilen Nokta Bulutu ve 3B Katı Model öncelikle köprü üzerinden şerit metre ile alınan baz ölçüleri ile karşılaştırılmış ve ± 1 cm doğrulukla model hassasiyeti tespit edilmiştir. Konumsal doğruluk kapsamında, TUSAGA-Aktif ağından düzeltme alınarak Tersus Oscar Ultimate GNSS alıcısı ile yapılan çalışmada 10 adet kontrol noktası ölçülmüştür. Ölçüler üretilen model üzerindeki nokta koordinatları ile karşılaştırıldığında, üretilen modelin $\pm 3,15$ cm konum doğruluğuna sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ile, viDoc RTK ve PIX4Dcatch ile üretilen sonuç ürünlerin konumsal ölçme ve 3B modelleme çalışmalarının gereksinimlerini başarıyla karşıladığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yersel Fotogrametri, 3B modelleme, viDoc, LIDAR, iPhone

1.GİRİŞ

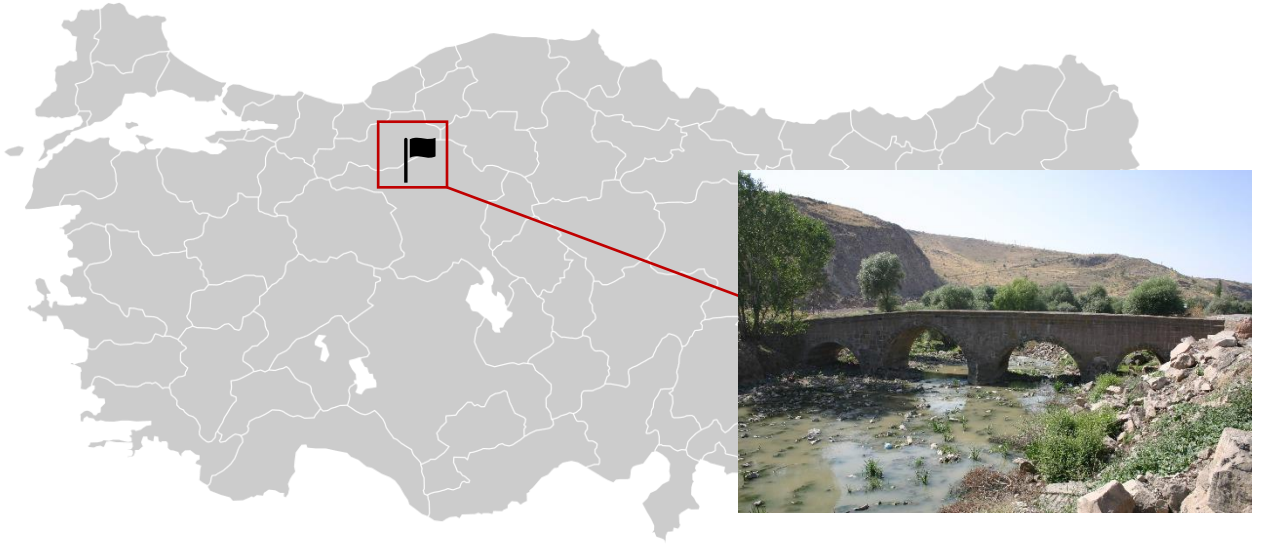
Teknolojinin gelişmesi ile zaman içerisinde insan obje etkileşimi artarak devam etmektedir. İnsanoğlu, gündelik hayatta yer alan birçok nesneyi iyi tanımlayabilmek ve verimli kullanabilmek için daha yakından inceleme gereksinimi duymuştur. Önceleri nesneler çeşitli çizim teknikleri ile kayıtlar altına alınıp iki boyutlu (2B) incelenbiliyorken günümüzde birebir gerçek boyutlarda üç boyutlu (3B) modellenerek mühendislik projeleri, ürün tasarımı, haritacılık, mimari çalışmalar, oyun geliştirme, sinema ve televizyon, kamu güvenliği, sigortacılık ve gayrimenkul gibi çok çeşitli endüstrilere doğrudan uyarlanmaktadır. Nesnelerin 3B modelleri yersel fotogrametri ve lazer tarama teknikleri kullanılarak üretilmektedir. Son yıllarda mobil cihazlara kameralara ilave olarak LIDAR sensör de eklenince 3D modelleme çok pratik hale gelmiştir.

viDoc RTK, LIDAR ve yersel fotogrametri tekniklerinin bütünsel olarak kullanıldığı ve gelişmiş hassas 3B modelleme teknolojisinin vardığı güncel pratik nokta olan PIX4Dcatch mobil uygulaması ve LIDAR özellikli mobil cihazlar ile entegre çalışan, herhangi bir NTRIP yayın yapan Ağ RTK servisleri (CORS) ya da GNSS alıcılarından konumsal düzeltmeleri alabilen bir GNSS alıcısıdır. Bu proje kapsamında, TUSAGA-Aktif ağından faydalanılarak viDoc RTK ve PIX4Dcatch ile Zağar Köprüsü'nde yapılan çalışma ile Nokta Bulutu ve 3B Katı Model üretimi ve bu sonuç ürünlerin konum doğruluğu araştırması gerçekleştirilmiştir.

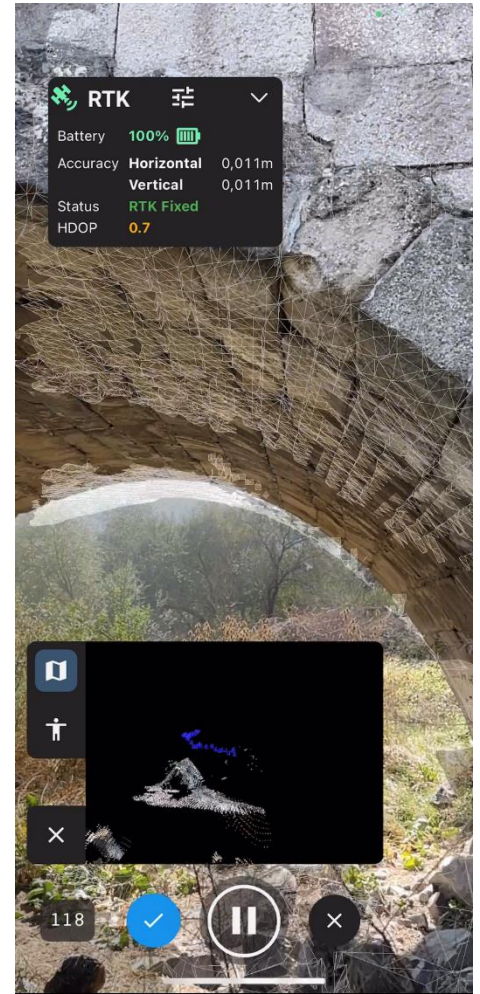
2. ÇALIŞMA ALANI VE SAHA ÇALIŞMALARI

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesinde Ankara ilinin kuzeybatısındaki Yenikent ilçesinde Zir Vadisi olarak adlandırılan bölgede yer alan $39^{\circ}.99168$ K, $32^{\circ}.525607$ D konumundaki Zağar Köprüsü'dür. Tarihi kaynaklara göre Osmanlı ve Cumhuriyet döneminin başlarında bölgede Müslüman ve Ermeni halkın iç içe yaşadığı İstanos köyü bulunmaktadır. 1957 yılında gerçekleşen büyük sel sonrası köy taşınmak zorunda kalmış ve zaman içerisinde Zağar Köprüsü birkaç kez restore edilmiştir. Köprü günümüze kadar sağlamlığı koruyup dönemin taş kemerli mimari anlayışını yansıtmaktadır.

Saha çalışmaları kapsamında başlangıçta köprüye gidilip öncelikle keşif çalışmaları yapıp, gerekli çalışma güvenliği sağlanarak tarama ve ölçüm planları yapılmıştır. Bu kapsamda 3 adet ölçüm planlanmıştır. Çalışmaların hepsi LIDAR özellikli iPhone 12 Pro, viDoc RTK ve PIX4Dcatch ile TUSAGA-Aktif ağından konum düzeltmeleri alınarak yapılmıştır. Ölçümlerde yatay düşey konum hassasiyetinin ± 2 cm 'den fazla olmamasına dikkat edilmiştir. İlk ölçümde köprünün cepheleri (menba ve mansap), ikinci ölçümde kemer içleri ve son olarak da döşeme ve vaziyet planı çıkacak şekilde taramalar tamamlanmıştır.



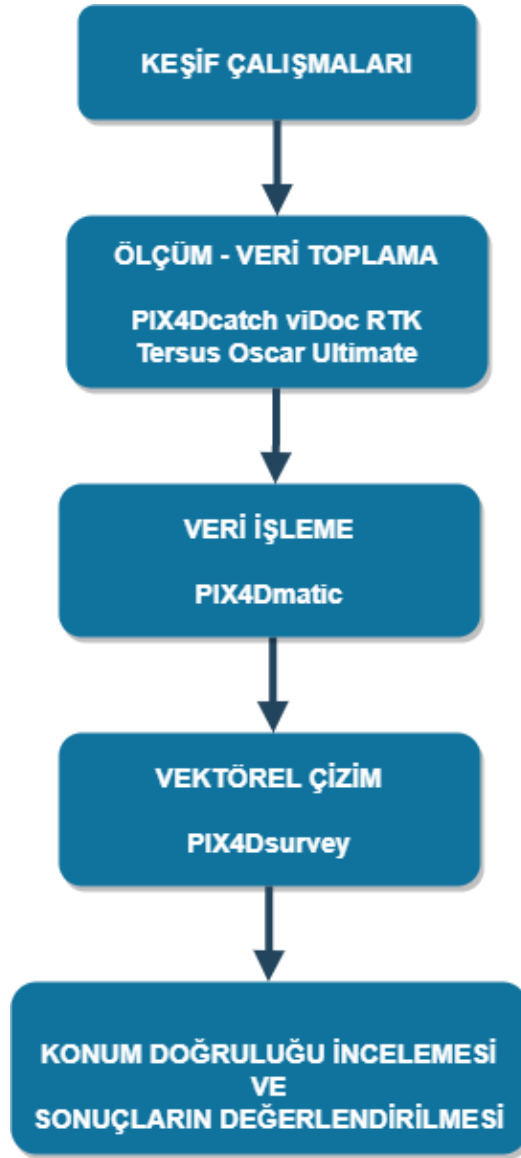
Şekil 1. Proje Çalışma Alanı



Şekil 2. Saha Çalışmaları

3. METODOLOJİ

Zağar Köprüsü projesi kapsamında proje akışı göz önünde bulundurulduğunda süreç keşif çalışmaları ile başlamıştır. Optimum sonuçları elde etmek üzere saha gezilmiş, tanınmış ve ortaya konan tespitler doğrultusunda ölçüm planları tasarlanmıştır. viDoc RTK ve PIX4Dcatch mobil uygulaması ile taramalar yapıp toplanan veriler PIX4Dmatic yazılımında işlendikten sonra nokta bulutu ve görüntüler bir arada kullanılarak PIX4Dsurvey yazılımında köprünün vektörel çizimi yapılmıştır. Köprü üzerinde 10 adet kolay tanımlanabilir detay noktası Tersus Oscar Ultimate GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak ölçülmüş ve bu kontrol noktalarının koordinatları üretilen model ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar ve elde edilen bulgular neticesinde proje değerlendirilip sonuçlandırılmıştır.



Şekil 3. Proje Akış Diyagramı

3.1. Keşif Çalışmaları

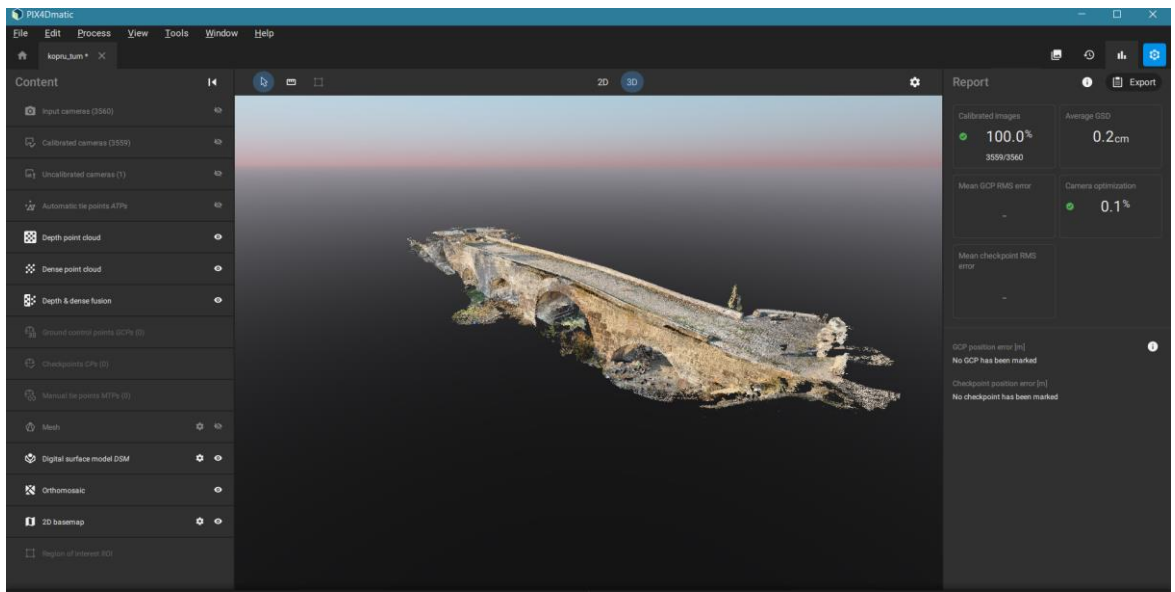
Projenin ilk aşaması olarak, köprünün bulunduğu alana gidilip ölçümde etkili olacak tüm koşullar göz önünde bulundurularak arazi istikşafı gerçekleştirilmiştir. Köprünün cepheleri ve erişim sağlanabilecek bölgeler ölçüm öncesinde incelenip doğru ve hassas sonuçlar elde edilecek şekilde 3 farklı ölçüm planlanmıştır. İlk ölçüm köprünün menba ve mansap cephelerinin, ikinci ölçüm kemer içlerinin, ölçüm ise döşemenin taranması olarak belirlenmiştir. Köprü etrafında ve yanında otluk arazide TUSAGA-Aktif bağlantısı kontrol edildikten sonra ölçümlere başlanmıştır.

3.2. Ölçüm – Veri Toplama

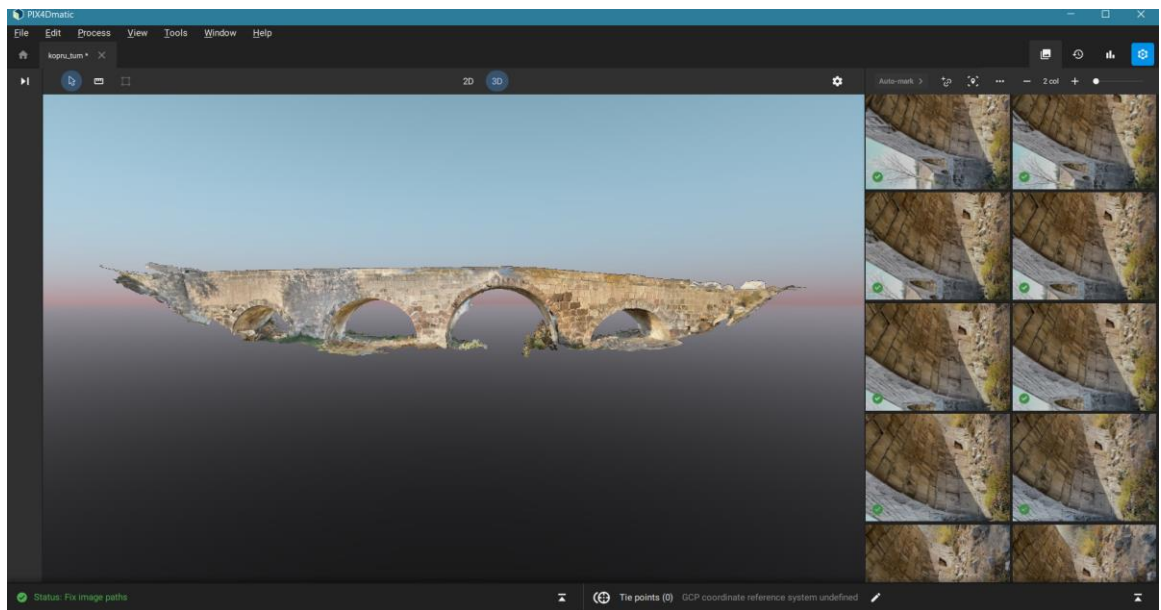
Iphone 12 Pro ile bağlantısı sağlanan viDoc RTK PIX4Dcatch ile eşleştirilip TUSAGA-Aktif düzeltme yayını sağlanmasıyla oluşturulan ölçüm planlarına sağdik kalarak üç farklı tarama gerçekleştirilmiş, bu ölçümlerde sırasıyla 1701, 990, 869 olmak üzere toplam 3560 adet, 0.2 cm/px Yer Örnekleme Aralığında, 1920x1440 çözünürlüğünde görüntü çekilmiştir. Taramalar tamamlandıktan sonra köprü etrafında Tersus Oscar GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak 10 adet kontrol noktası 2 kez 10 epok olarak ölçülmüştür. Model doğruluğunu kontrol edebilmek için ise köprü üzerindeki kesme taş boyutları, kemer açıklıkları ve döşeme genişliği şerit metre ile ölçülmüştür.

3.3 Veri İşleme

Taramalarda toplanan 3 farklı oturuma ait görüntüler, LIDAR verileri ve bu verilerin eşleşmesini sağlayan tutarlılık verilerinin hepsi bir arada bütünleşik olarak PIX4Dmatic yazılımında işlenmiştir. PIX4Dmatic verilerin PIX4Dcatch'den geldiğini ve hassas konum bilgisine sahip olduğunu tespit edip veri işleme ayarlarını otomatik olarak yapılandırmıştır. Görüntüler iki boyutlu verilerken LIDAR sayesinde üretilen derinlik haritaları ile üç boyutlu verilere dönüştürülmüş ve sonuç ürün olarak köprünün mm model hassasiyetinde, cm konum doğrulunda Nokta Bulutu ve 3B mesh modeli üretilmiştir. Veri işleme 3560 adet görüntü için toplam 3 saatte tamamlanmıştır.



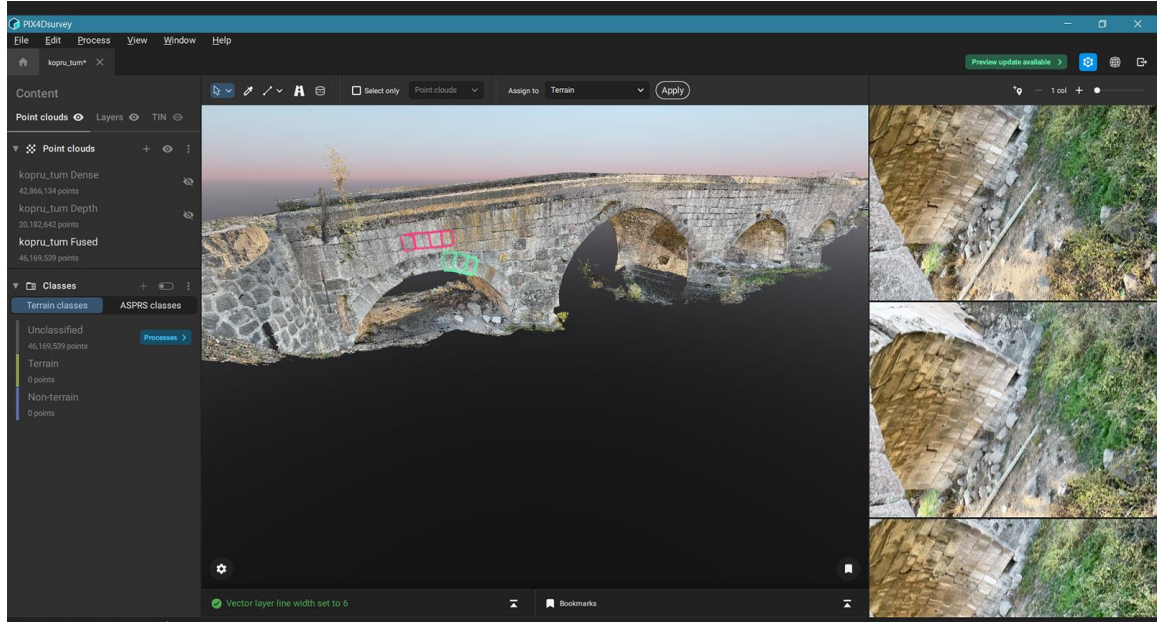
Şekil 4: PIX4Dmatic yazılımında üretilen Nokta Bulutu



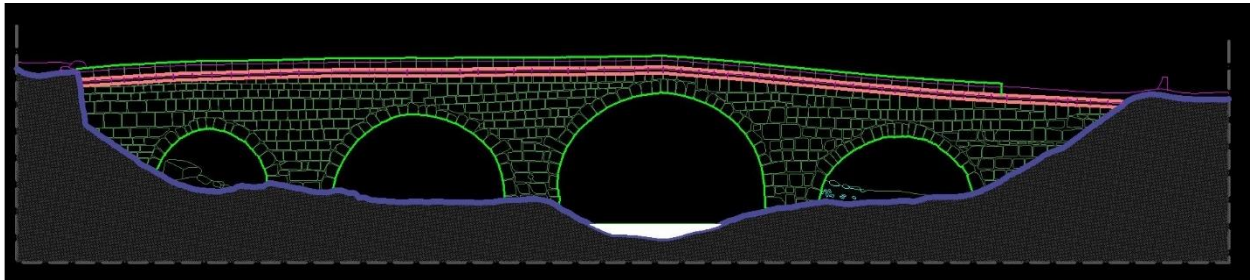
Şekil 5: PIX4Dmatic yazılımında üretilen 3B Mesh Model

3.4. Vektörel Çizim

PIX4Dmatic yazılımında işlenen veriler program içerisinde doğrudan geçiş ile PIX4D'nin nokta bulutu sayısallaştırma ve çizim yazılımı olan PIX4Dsurvey'e aktarılıp nokta bulutu ve görüntüler bir arada kullanılarak görsel detaylar maksimum seviyede tutulup en ufak ayrıntıya dek köprünün "CAD" ve "CBS" ortamına uygun şekilde vektörel çizimi yapılmıştır.



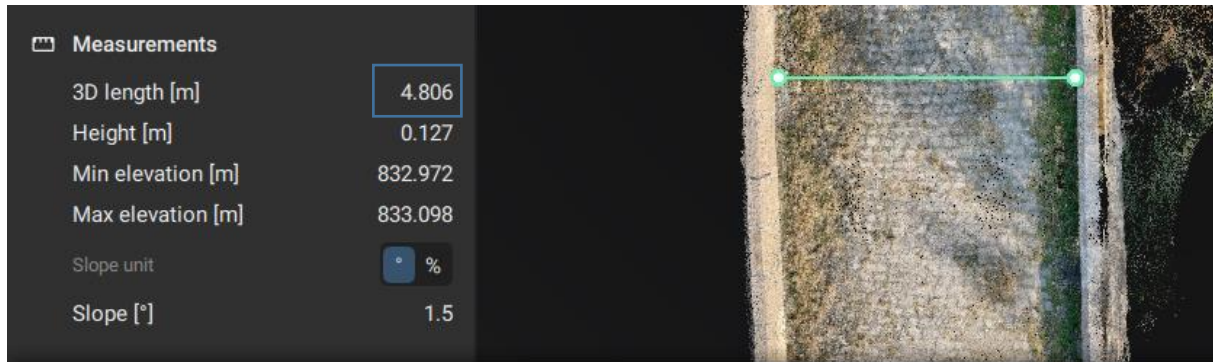
Şekil 6: PIX4Dsurvey yazılımında vektörel çizim



Şekil 7: Zağar Köprüsü mansap cephesi rölöve çizimi

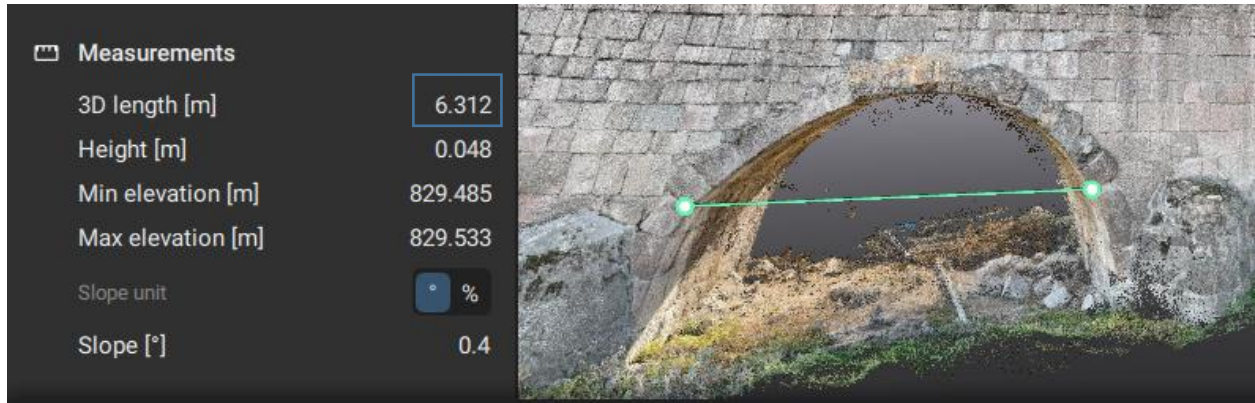
Çizim aşamasında köprü üzerinden alınan ölçüleri ile üretilen model üzerinden alınan ölçüler kıyaslanmıştır.

Köprü döşeme genişliği şerit metre ile 4.81 metre olarak ölçülmüştür. Model üzerinden ise 4.806 metre olarak tespit edilmiştir.



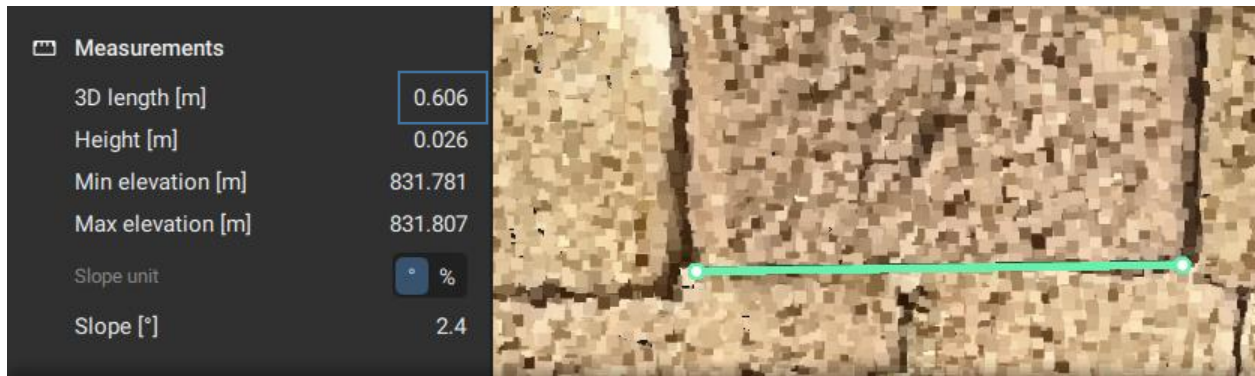
Şekil 8: Döşeme Genişliği Ölçümü

Kemerlerden birinin genişliği şerit metre ile 6.31 metre olarak ölçülmüştür. Model üzerinden ise 6.312 metre olarak tespit edilmiştir.



Şekil 9: Kemer Genişliği Ölçümü

Köprü üzerindeki taşlardan birinin uzunluğu şerit metre ile 0.61 metre olarak ölçülmüştür. Model üzerinden ise 0.606 metre olarak tespit edilmiştir.



Şekil 10: Taş Uzunluğu Ölçümü

3.5. Konum Doğruluğu İncelemesi ve Çıktıların Değerlendirilmesi

Tersus Oscar Ultimate GNSS alıcısı ile köprü üzerinde ve etrafında iki kez, on epok olarak on adet kontrol noktası okunmuştur. Tarama öncesi ve sonrasında ölçülen her nokta koordinatı için iki ölçünün ortalaması alınıp referans değer kabul edilmiştir. Ardından ölçülen koordinatlar model üzerinden okunan koordinatlar ile karşılaştırılmış ve sonucunda bir konuma dayalı karesel ortalama hata 3.15 cm olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tablolarda yer aldığı gibidir.

	Model Koordinatları		
	Sağa(m)	Yukarı(m)	h(m)
Nokta1	459496.4320	4426864.2530	833.0630
Nokta2	459496.5010	4426869.6500	832.8190
Nokta3	459505.7220	4426869.5060	833.2620
Nokta4	459505.5310	4426864.5720	833.1220
Nokta5	459514.0540	4426871.0120	829.0780
Nokta6	459532.9280	4426869.3090	832.0600
Nokta7	459533.2150	4426864.5240	832.4680
Nokta8	459519.2970	4426864.2470	833.5200
Nokta9	459539.4640	4426867.9990	831.9370
Nokta10	459525.2670	4426863.5760	827.7660

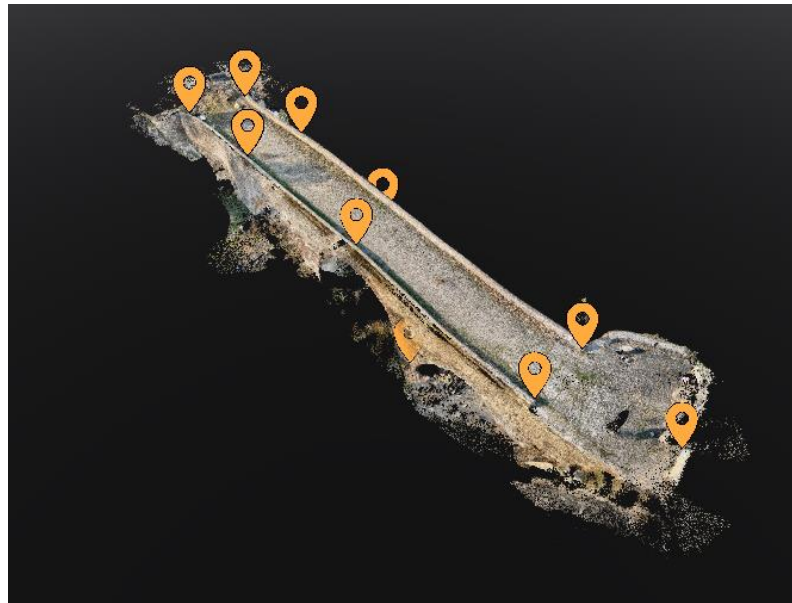
Tablo1. Kontrol noktalarının model üzerindeki koordinatları

	Tersus GNSS ile ölçülen Koordinatlar		
	Sağa(m)	Yukarı(m)	h(m)
Nokta1	459496.4033	4426864.2727	833.0345
Nokta2	459496.4753	4426869.6252	832.8522
Nokta3	459505.7507	4426869.5456	833.3010
Nokta4	459505.5556	4426864.5449	833.1578
Nokta5	459514.0852	4426870.9850	829.1036
Nokta6	459532.9496	4426869.3376	832.1120
Nokta7	459533.1830	4426864.5650	832.4131
Nokta8	459519.3245	4426864.2789	833.5547
Nokta9	459539.4923	4426867.9762	831.9662
Nokta10	459525.2983	4426863.5984	827.7912

Tablo2. Kontrol noktalarının Tersus GNSS ile ölçülmüş koordinatları

	Karşılaştırma			
	Sağa(cm)	Yukarı(cm)	h(cm)	
Nokta1	-2.8700	1.9700	-2.8500	
Nokta2	-2.5700	-2.4800	3.3200	
Nokta3	2.8700	3.9600	3.9000	
Nokta4	2.4600	-2.7100	3.5800	
Nokta5	3.1200	-2.7000	2.5600	
Nokta6	2.1600	2.8600	5.2000	
Nokta7	-3.2000	4.1000	-5.4900	
Nokta8	2.7500	3.1900	3.4700	
Nokta9	2.8300	-2.2800	2.9200	
Nokta10	3.1300	2.2400	2.5200	
RMSE	2.8132 cm	2.9279 cm	3.7124 cm	3.15 cm

Tablo3. Ölçülerin karşılaştırılması ve Karesel Ortalama Hata



Şekil 11. Kontrol Noktaları

4.SONUÇ

Bu bildiride, Zağar Köprüsü'nün LIDAR özellikli bir mobil cihaz ile viDoc RTK GNSS alıcısı bir araya getirilip yersel fotogrametri ve lazer tarama teknolojilerinin bütünleşik kullanılarak üretilen 3B modelleme çalışmasına ait sonuçlar sunulmaktadır. Çalışmada özellikle üretilen modelin gerçeğe uygunluğu ve ülke koordinat sistemindeki konum doğruluğu referans veriler ile karşılaştırılarak detaylı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, viDoc RTK ve PIX4Dcatch ile toplanan veriler kullanılarak, milimetre mertebesinde model hassasiyeti ve santimetre mertebesinde konum doğruluğu ile 3B modeller pratik ve hızlı bir şekilde üretilmektedir. Böylece Zağar Köprüsü'nün hassas ve doğru bir dijital ikizi oluşturulup, gerekli olduğu takdirde restore edilmesi, dönemin mimari anlayışının belirlenip gelecek nesillere aktarılması mümkün kılınmıştır.

KAYNAKLAR

viDoc RTK Anteni Nedir?, 2022.10.19, <https://ataymuhendislik.com/urun/vidoc-rtk-ipad/>

viDoc RTK Rover, 2022.10.20, <https://www.pix4d.com/product/vidoc-rtk-rover>

viDoc for Smartphone, 2022.10.21, <https://vigram.com/en/vidoc/vidoc-for-smartphone-overview/>

Turn your mobile device into a professional 3D scanner, 2022.10.21, <https://www.pix4d.com/product/pix4dcatch>

Oscar GNSS Receiver, 2022.10.21, https://www.tersus-gnss.com/product/oscar_gnss_receiver

Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı – Aktif, 2022.10.21, <https://www.tusaga-aktif.gov.tr/>