

# Üç Boyutlu Fotogrametrik Modellerde Yer Kontrol Noktalı ve Yer Kontrol Noktasız Ölçümlerin Karşılaştırılması

Mohammad Noman NASERY<sup>1</sup>, Doç.Dr.Erdem Emin MARAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ramboll Finland Oy, BIM and Digital Engineering Service

<sup>2</sup>Samsun Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Pilotaj Bölümü

## ÖZET:

Fotogrametri günümüzde 2D resimler yardımıyla 3D obje veya arazi modellerini üretmektedir, bu bilim dalı zaman, maliyet ve uygulanabilirlik açısından dünya çapında farklı mesleki ve bilimsel alanlarda çok büyük miktarda kolaylıklar sağlamaktadır. Fotogrametri günümüz itibari ile mühendislik, arkeoloji, madencilik, endüstri, taşınmaz değerlendirme gibi farklı mesleki alanlarda büyük önem kazanmıştır

Fotogrametrik modellerin üretiminde YKN (Yer Kontrol Noktalarının) kullanılması modellerin daha hassas ve konum olarak daha doğru üretilmeleri için büyük önem taşımaktadır. Fakat bazen ulaşılamayan çalışma alanlarında veya GPS/GNSS aletlerinin çekmediği yerlerde ya da finansman gücünün yetmediği durumlarda yer kontrol noktalarının ölçümleri mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmada yer kontrol noktaları olmadan üretilen üç boyutlu fotogrametrik modellerin doğruluğu ve mühendislik çalışmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç için bir uygulama alanı seçilmiş ve ilgili alan bir defa YKN olmadan ve bir defa da YKN'li olarak üretilmiştir ve bunların hassasiyetleri karşılaştırılmıştır; Modeller üzerinde farklı ölçümler yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Ölçümlerin sonucu %1 ve daha az bağıl hatalar göstererek YKN'siz modellerin belirli mühendislik çalışmalarında kullanılabilir olduğu sonucu elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** [Oblik Fotogrametri, Yer Kontrol Noktaları, YKN]

## Abstract:

Photogrammetry is a versatile tool for aerial surveys and is rapidly becoming the tool of election to generate 3D realistic models from 2D photos for different engineering projects. 3D modelling via Digital photogrammetry is based on combination of vertical and inclined imagery. Oblique photogrammetry offers improved capabilities for 3D reconstruction of different surfaces and terrains. Nowadays photogrammetry has numerous potential applications in areas such as engineering, urban planning, architecture, archeology, mining, monitoring mass movements, industry, urban management, agriculture, real estate etc.

As a matter of fact, GCPs (Ground Control Points) are one of mandatory factors for generating an accurate photogrammetric model, but sometimes due to some reasons such as location inaccessibility, insufficient project budget, areas with landslide risks or some other hazardous field situations such as glaciological environment it is not possible to establish GCPs to georeferenced the model.

This study was aimed to investigate the performance and sensitivity of a 3D photogrammetric model generated without GCPs. To see if the models with no GCPs (Ground Control Points) show the same accuracy as the model produced with GCPs in some engineering. The study area was initially modelled with GCPs and later without GCPs. Furthermore, some measured using terrestrial techniques (with GPS/GNSS) for accuracy analysis. The datasets obtained as results of measurements were compared to each other. Study area exhibited very promising results in different measurements with a relative error of 1% and less than 1% and it was concluded that models produced without GCPs can be used in certain engineering studies. The details are discussed in the study.

**Key words** [Oblique Photogrammetry, Ground Control Points, GCP]

## 1. GİRİŞ:

Dijital çağın gündemini oluşturan fotogrametri bilimindeki gelişmeler artık büyükten küçüğe her türlü objenin gerçek 3B modelinin üretilmesini mümkün kılmaktadır (Wu B vd. 2018). Fotogrametrik yöntemlerle üretilen 3B modeller görsel verilerinin yanı sıra geometrik ve mekânsal bilgileri de sunduğu için son zamanlarda haritacılık dışında diğer mühendislik alanlarında da geniş kullanım alanı kazanmıştır (Choudhury vd. 2019). Bunun ana sebebi fotogrametrik yöntemlerle üretilen modellerin daha kolay, hassas ve detaylı olmalarıdır (Colomina ve Molina 2014). 2B kadaströ günümüzün ve çağımızın ihtiyaçlarını cevaplayacak düzeyde olmadığı nedeniyle, dünya artık 3B kadaströ uygulamasına geçiş evresindedir. 3B kadaströ için 3B veri lazım ve bu verinin sağlanmasında ise ana veri toplama yönteminin oblik (eğik) fotogrametri olması herkesçe kabul edilen bir gerçektir (Yunus vd. 2019). 3B kadaströ, 3B fotogrametrik modellerin CBS verileri ile entegre edilmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Döner & Bıyık, 2009).

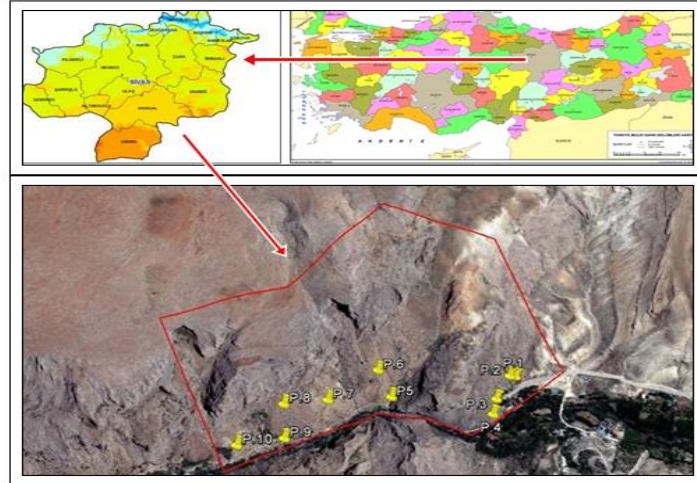
3B Fotogrametri modellemesi (oblik fotogrametri) aynı şekilde 3B şehir modellemesi ve akıllı şehirlerin tasarlanmasında da çok önemli rol oynamaktadır (Asri vd. 2012). 3B oblik fotogrametrik modelleri kentleşme çalışmalarında planlama aşamasında CBS teknolojisi için önemli bir altlık oluşturmakta olup optimum planlarının alınmasında büyük katkı sağlamaktadır (Yalçın & Selçuk, 2015).

Yukarıda da bahsedildiği gibi günümüzde hayatın çok farklı alanlarında kullanım alanına sahip olan oblik fotogrametrinin önemli adımlarından biri de yer kontrol noktalarının kullanılmasıdır (Halıcı ve Aydın 2019). Çeşitli arazi koşullarında kullanıldığı için, bazen yer kontrol noktalarının kullanılması farklı sebeplerden dolayı zor olabilmektedir (Nasery ve Çelik 2020). Örneğin ulaşılabilen çalışma sahaları, zayıf ekonomik şartları, GPS/GNSS sinyallerinin çekmediği yerler vs.

Bu çalışmada yer kontrol noktaları kullanılmadan bir oblik fotogrametrik modelin mühendislik çalışmalarında (uzunluk ve alan ölçümünde) kullanılabilir düzeyde yeteri hassasiyete sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla bir arazinin modeli bir defa YKN'li ve bir defa YKN'siz bir şekilde üretilerek her iki modelde farklı geometriye sahip yerlerin uzunluk ve alanı hesaplanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

## 2. Uygulama:

Uygulama Sivas ili, Gürün ilçesi, Şuğul vadisinde gerçekleştirilmiştir Şekil 1'de çalışma alanı harita üzerinde ve aynı şekilde Google Earth üzerinde gösterilmiştir. Çalışma alanında oblik çekim gerçekleştirilmiş ve elde edilen bu görüntüler yardımıyla bir defa yer kontrol noktaları ile ve bir defa da yer kontrol noktaları olmadan arazinin 3B modelleri oluşturulmuştur. En son iki modeldeki hassasiyetin karşılaştırılması için aynı bölgelerin her iki modelde uzunluk ve alanları ölçülmüş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı Sivas ili Gürün ilçesi haritadaki konumu ve Google Earth üzerindeki görünümü

### 2.1 Uygulama Metodunun ve Araçlarının Seçimi

Oblik fotogrametrik yöntemle arazinin 3B modelini üretmek için 1 adet DJI Phantom4 Pro model insansız hava aracı kullanılmıştır. Model üretiminde kullanılacak olan Yer Kontrol Noktalarının ölçülmesi için (CHC X91 GNSS) model bir adet sabit ve bir adet gezici olmak üzere RTK (Real Time Kinematic) GNSS alıcıları kullanılmıştır.

Araziye ilk etapta fotogrametrik ilkeler doğrultusunda homojen dağılımdaki (Ulvi, 2008), 9 adet Yer Kontrol Noktası tesis edilmiştir, Bu noktalar tesis edilirken fotogrametrik çekim sırasında BÖHHBÜY'de (Büyük Ölçekli Harita ve Harita

Bilgileri Üretim Yönetmeliği) yer kontrol noktalarının belirlenmesi ile ilgili hususlar dikkate alınmıştır. Şekil 2’de yer kontrol noktaları onların ölçümünde kullanılan aletler gösterilmiştir.



Şekil 2. Yer Kontrol Noktalarının işaretlenmesi ve alımda kullanılan cihazlar

Yer kontrol noktalarının alımında RTK metodu kullanılmıştır. Yer kontrol noktalarının belirlenmiş koordinatları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçülen Yer Kontrol Noktalarının 3 Derecelik Dilimde GRS80 Elipsoidi Üzerinde İTRF96 Datumundaki Koordinatları

Point No	Y(m)	X(m)	Z(m)
P.1	607223.539	4292394.086	1401.258
P.2	607217.702	4292407.654	1409.344
P.3	607141.923	4292390.866	1394.211
P.4	607094.008	4292376.559	1391.703
P.5	606994.953	4292671.055	1446.086
P.6	606986.964	4292597.873	1407.067
P.7	606845.780	4292703.114	1445.776
P.8	606793.686	4292683.833	1415.525
P.9	606664.304	4292784.330	1447.985

Uçuşta 4 Pervaneli ve 20MP (MegaPixel) Çözünürlükte 4K fotoğraf çekebilen kameraya sahip DJI Phantom 4PRO tipi insansız hava aracı kullanılmıştır.

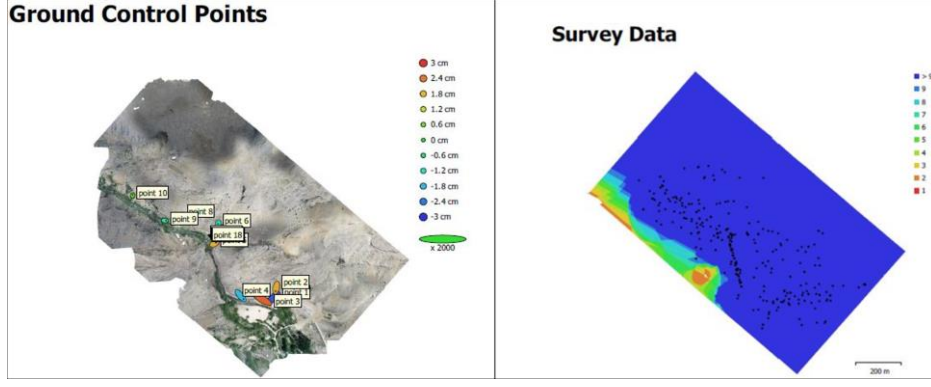
## 2.2 Uçuşun Gerçekleşmesi

İkinci etapta uçuş planı ve uçuş saati belirlenmesine geçilmiştir. Uçuş planı ve uçuş saati tamamen arazinin topoğrafyasına uygun bir plan ile hazırlanarak gerçekleştirilmiştir.

Çekim sonunda oblik hava görüntüleri ve nadir (dik) hava görüntüleri çekilmiştir. Çekilen hava fotoğraflarındaki enine bindirme %85 ve boyuna bindirme ise %80 olarak seçilmiştir

## 2.3 Fotogrametrik Değerlendirme

Fotogrametrik değerlendirme ve model hazırlama aşamasında Agisoft / Metashape 1.5.2 versiyonu kullanılmıştır. Fotogrametrik modelleme yazılıma resimlerin ve YKN’lerin tanımlanması ile başlanmıştır. Fotogrametrik değerlendirme sırasında kullanılan YKN’lerin arazideki konumları Şekil 3’de, korelasyon matrisi Tablo 2’de ve koordinat hataları ise Tablo 3’de sayısal olarak verilmektedir.



Şekil 3. YKN hataları, görüntü bindirme oranı, Kamera kalibrasyon parametreleri ve korelasyon matrisi verilmektedir

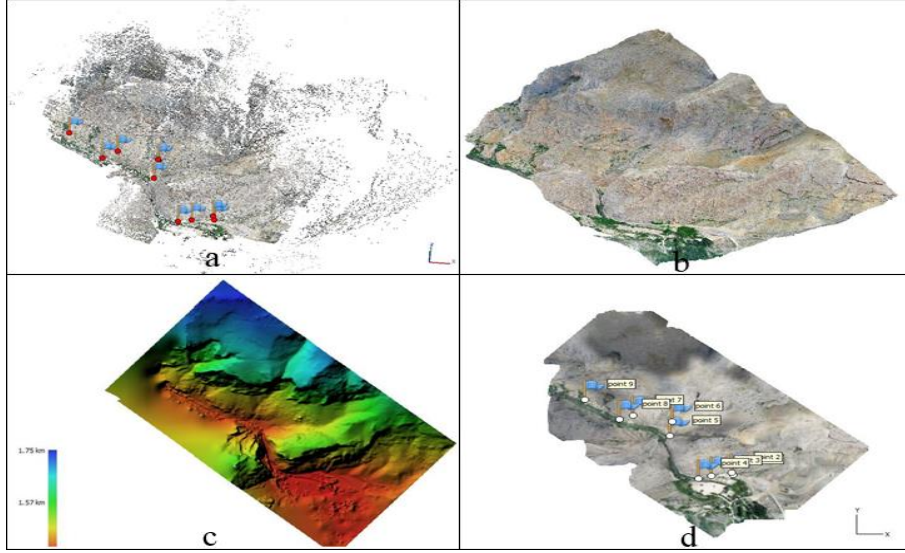
Tablo 2. Agisoft/Metashape ile hesaplanan korelasyon matrisi

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3656.51	0.04	1.00	0.00	0.20	-0.28	0.04	-0.21	0.25	0.23	0.00	-0.19
Cx	-4.57	0.08		1.00	0.01	-0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.94	-0.01
Cy	18.41	0.06			1.00	-0.21	0.00	-0.03	0.02	-0.02	0.00	0.85
B1	-7.25	0.02				1.00	0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.06
B2	0.36	0.02					1.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.01
K1	0.01	0.01						1.00	-0.97	0.91	0.00	-0.04
K2	-0.01	0.01							1.00	-0.97	0.91	0.02
K3	0.02	0.01								1.00	0.00	-0.02
P1	-0.01	0.01									1.00	-0.01
P2	-0.01	0.01										1.00

Tablo 3. Agisoft/Metashape yazılımı ile hesaplanan YKN hataları

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
point 1	1.273	1.163	-2.676	3.184	0.320 (17)
point 2	-0.265	-1.345	1.950	2.384	0.299 (21)
point 3	-2.428	1.455	2.572	3.825	0.333 (15)
point 4	1.162	-1.346	-1.782	2.518	0.198 (22)
point 5	0.637	0.363	1.899	2.036	0.117 (5)
point 6	-0.113	-0.228	-1.186	1.213	0.201 (17)
point 7	-0.694	-0.402	0.301	0.858	0.087 (5)
point 8	0.479	-0.046	-0.851	0.977	0.067 (6)
point 9	0.017	0.190	0.491	0.527	0.063 (7)
Total	1.058	0.912	1.727	2.221	0.246

Uçuşa konu bölgenin geometrisi hem şekilsel hem de sayısal olarak sanal ortamda yeniden oluşturulmuştur. Şekil 4'de de gösterildiği gibi değerlendirme sonucunda 8,193,681 adet global koordinatlı nokta bulutu, üçgen ağı giydirilmiş 3B model, Ortofoto ve Sayısal Yükseklik Modeli elde edilmiştir.



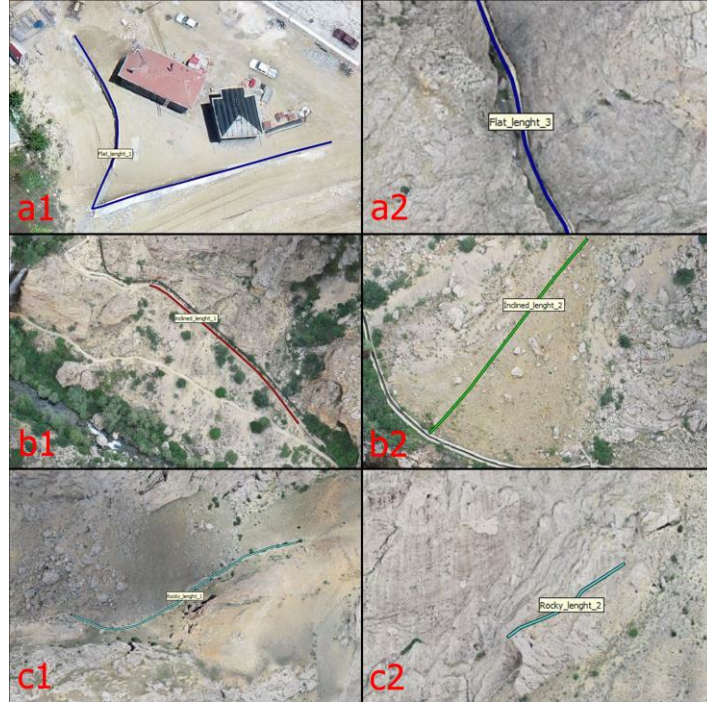
Şekil 4. Fotogrametrik değerlendirilmenin sonucunda elde edilen a) bağ Noktaları b) 3D model c) Sayısal Yükseklik Modeli d) Ortfoto

Uygulama alanının yer kontrol noktaları ile 3B modeli hazırlandıktan sonra, aynı çalışma alanının 3B modeli birde yer kontrol noktaları kullanılmaksızın üretilmiştir.

### 3. Ölçme ve Değerlendirme:

#### 3.1 Uzunluk Ölçümü

YKN'li ve YKN'siz olarak oluşturulan modeller üzerinde aynı bölgelerin uzunluk ve alan ölçümleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Farklı arazi özelliklerinin etkisini irdelemek adına bu ölçümler Şekil 5'de gösterildiği gibi düz, eğimli ve kayalık olmak üzere üç farklı topoğrafyaya sahip arazi bölgelerinde gerçekleştirilmiştir.



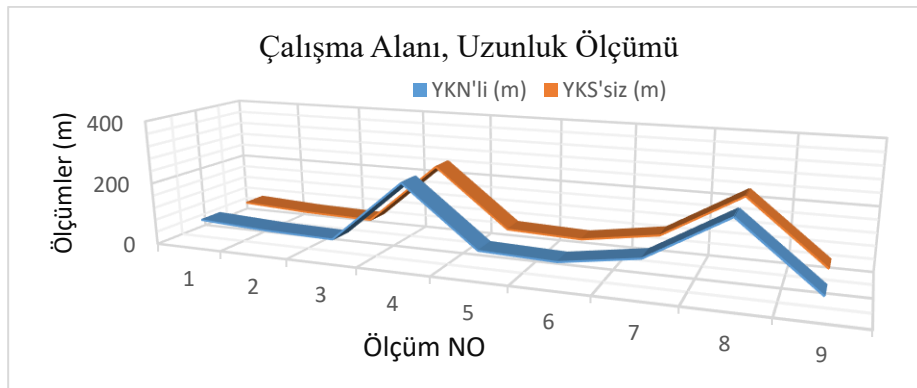
Şekil 5. Farklı Topoğrafyaya sahip olan bölgelerin uzunluk ölçümü; a1, a2) Düz arazi, b1, b2) Eğimli arazi, c1, c2) Kayalık arazi

YKN'li olarak üretilen modelden elde edilen sonuçlar mutlak değer olarak kabul edilmiş ve YKN'siz modelden elde edilen sonuçlar bu sonuçlarla karşılaştırılarak doğruluğu irdelenmiştir.

Farklı topoğrafyaya sahip olan bölgelerin her iki model üzerinde 9 adet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerden 4 tanesi düz bölgelerde 3 tanesi eğimli bölgelerde ve 2 tanesi kayalık bölgelerde gerçekleştirilmiştir. Her iki model üzerinde gerçekleştirilen ölçüm sonuçları Tablo 4'de verilmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada YKN'li olarak üretilen model üzerinden elde edilen sonuçlar mutlak değer olarak kabul edilmiştir. karşılaştırma sonucunda ölçümler arasında ortalama %0.15 bağıl hata ve 0.147m'lik karesel ortalama hatası elde edilmiştir. Her iki model üzerinde gerçekleştirilen ölçümler Şekil 6'da grafiksel olarak ifade edilmişlerdir.

Tablo 4. Her iki model üzerinde farklı topoğrafyaya sahip olan bölgelerin uzunluk ölçümü ve sonuçlarının karşılaştırılması

Çalışma Alanının Uzunluk Ölçümü						
Arazi Tipi	YKN'li (m)	YKS'siz (m)	$\Delta i(m)$	Bağıl Hata %	KOH(m)	KOH(m)
Düz Arazi	72.418	72.470	-0.052	0.10	0.073	0.147
	60.518	60.558	-0.040	0.10		
	55.466	55.424	0.042	0.10		
	253.182	253.083	0.099	0.04		
Eğimli Arazi	69.644	69.746	-0.102	0.15	0.181	
	61.672	61.541	0.131	0.21		
	98.036	98.230	-0.194	0.20		
Kayalık Arazi	238.598	238.346	0.252	0.11	0.216	
	47.994	47.821	0.173	0.36		
		Ortalama	0.121	0.15		

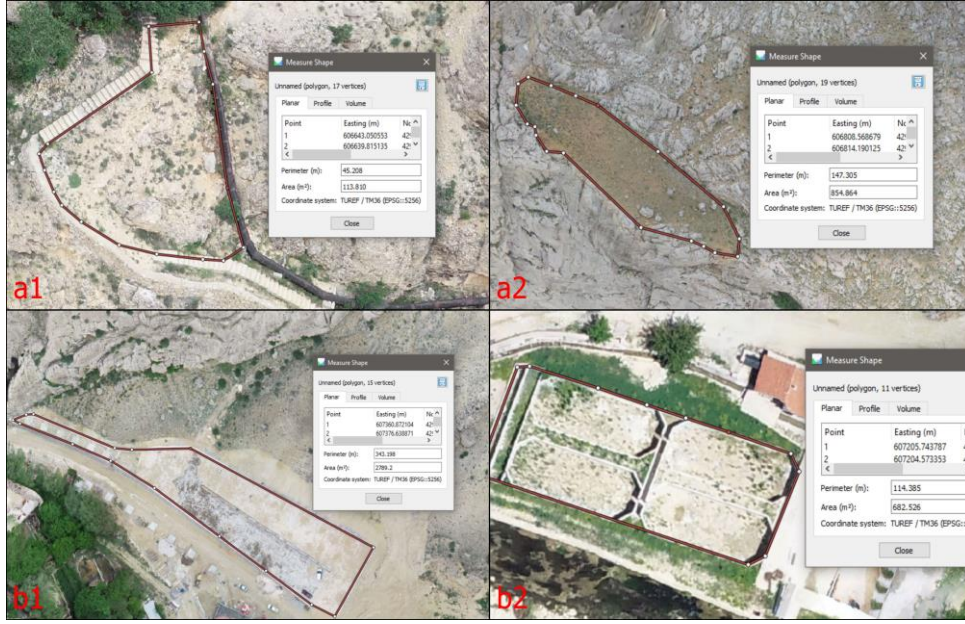


Şekil 6. İki model üzerinde gerçekleştirilen uzunluk ölçümlerin grafiksel görünümü

### 3.2 Alan Ölçümü

Alan ölçümünde YKN'li ve YKN'siz olarak üretilen modellerdeki hassasiyeti karşılaştırmak düz ve kayalık olmak üzere iki farklı geometriye sahip bölgelerde alan ölçümleri gerçekleştirilerek hassasiyetleri karşılaştırılmıştır.

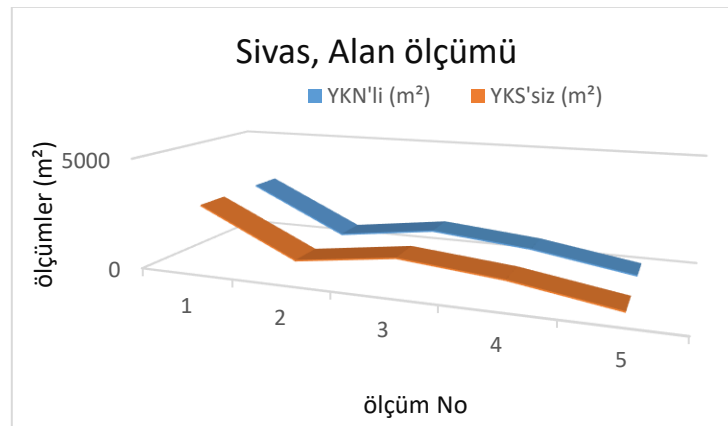
Şekil 7'de gösterildiği gibi düz arazide her iki modelde üç adet alan ölçümü gerçekleştirilmiş ve kayalık arazide ise her iki model üzerinde iki adet alan ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları Tablo 5'de karşılaştırılmış ve hataları hesaplanmış. Her iki model üzerinde gerçekleştirilen ölçümlerin grafiksel ifadesi şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Farklı Topoğrafyaya sahip bölgelerin alan ölçümü; a1, a2) Düz arazi, b1, b2) Kayalık arazi

Tablo 5. Her iki model üzerinde farklı topoğrafyaya sahip bölgelerin alan ölçümü ve sonuçlarının karşılaştırılması

Çalışma Alanının Alan Ölçümü						
Arazi Tipi	YKN'li (m <sup>2</sup> )	YKS'siz (m <sup>2</sup> )	$\Delta$ (m <sup>2</sup> )	Bağlı Hata %	KOH(m <sup>2</sup> )	KOH(m <sup>2</sup> )
Düz Arazi	2789.2	2788.1	1.1	0.1	1.205	1.325
	683.526	683.594	-0.068	0.009		
	1277.4	1278.7	-1.3	0.1		
Eğimli Arazi	854.864	853.288	1.576	0.18	1.405	
	115.021	113.81	1.211	1.05		
		Ortalama	1.251			



Şekil 8. İki model üzerinde gerçekleştirilen alan ölçümlerinin grafiksel görünümü

#### 4. Bulgular

IHA (İnsansız Hava Aracı) teknolojisinin ilerlemesi ile fotogrametri alanında büyük gelişmeler söz konusudur. Yüksek maliyetli uçaklar ile alınan görüntülerin yerine günümüzde insansız hava araçları ile alınan görüntüler mühendislik çalışmalarında kullanılmaya oldukça elverişlidir.

YKN'siz modelin kullanılabilirliğinin araştırılması için model üzerinde uzunluk ve alan ölçümlerinin hassasiyeti incelenmiştir. Bu amaçla ilk önce YKN'li olarak üretilen model üzerinde düz, eğimli ve kayalık olmak üzere üç farklı arazi özelliklerine sahip yerlerin uzunlukları ölçülmüş ve bu değerler uzunluk incelemesi için mutlak değer olarak kabul edilmiştir. daha sonra aynı model (YKN'li) üzerinde düz ve kayalık olmak üzere iki farklı arazi özelliğine sahip olan bölgelerin alanları da ölçülmüş ve bu değerler alan incelemesinin mutlak değerleri olarak kabul edilmişlerdir.

Daha sonra aynı yerlerin uzunlukları ve alanları YKN'siz olarak oluşturulan model üzerinde de ölçülmüştür ve elde edilen sonuçlar YKN'li olarak oluşturulan modelin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Uzunluk ölçümünün incelenmesi için YKN'li model üzerinde düz arazide 3 adet ölçüm yapılmıştır ve aynı ölçümler YKN'siz model üzerinde de yapılmıştır. her iki ölçüm grupları karşılaştırıldığında 0.073m karesel ortalama hatası ve maksimum %0.1 ve minimum %0.4 bağıl hata (rölatif hata) hesaplanmıştır.

Daha sonra eğimli arazi üzerinde 3 adet ölçümler hem YKN'li ve hem de YKN'siz model üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin karşılaştırılması sonucunda ise 0.181m karesel ortalama hata ve maksimum %0.21 ve minimum %0.15 bağıl hata (rölatif hata) elde edilmiştir.

Son olarak uzunluk ölçümleri için kayalık arazi üzerinde de 2 adet ölçüm her iki model üzerinde gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak, 0.216m karesel ortalama hatası ve maksimum %0.36 ve minimum %0.11 bağıl hata hesaplanmıştır. Tüm arazi çeşitlerinde (düz, eğimli ve kayalık) gerçekleşen ölçümler için 0.147m karesel ortalama hatası hesaplanmıştır.

İkinci olarak her iki model üzerinde alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Alan ölçümleri için düz ve eğimli araziler olmak üzere iki farklı tip arazilerin alanı her iki YKN'li ve YKN'siz model üzerinde ölçülmüştür. Düz arazilerde yapılan 3 adet ölçüm sonucunda 1.421m<sup>2</sup>'lik bir karesel ortalama hatası, %0.1 minimum ve %0.15 maksimum bağıl hata (rölatif hata) hesaplanmıştır. Ardından eğimli arazilerde yapılan 2 adet ölçüm sonucunda 1.405m<sup>2</sup>'lik karesel ortalama hatası, %0.18 minimum ve %1.05 maksimum bağıl hata (rölatif hata) hesaplanmıştır. Tüm alan ölçümlerinden 1.325m<sup>2</sup>'lik bir karesel ortalama hatası hesaplanmıştır.

Yukarıdaki sonuçlara bakıldığında uzunluk ölçümünün her iki modelde incelenmesinde farklı arazi tiplerinde farklı hatalar hesaplanmıştır. Düz arazilerde minimum karesel ortalama hata hesaplanmıştır (0.073m) ve aynı şekilde minimum bağıl hata (%0.1) olarak hesaplanmıştır. Sırasıyla eğimli arazilerde ise düz arazilere göre hata miktarı biraz artarak 0.181m'lik karesel ortalama hatası ve %0.21 bağıl hata hesaplanmıştır. Son olarak kayalık arazilerde 0.216m'lik karesel ortalama hatası ve %0.36 bağıl hata hesaplanarak uzunluk ölçümünün maksimum hataları elde edilmiştir.

Bu sonuçları göz önünde bulundurarak uzunluk ölçümlerinde elde edilen %0.36 maksimum bağıl hata (rölatif hata) kabul edilebilir hata sınırları içerisinde olmaktadır. Bu demektir ki YKN'siz olarak oluşturulan model uzunluk ölçümlerinde yeterli düzeyde hassasiyete sahip olup, uzunluk hesaplaması amaçlı mühendislik çalışmalarında kullanılabilir niteliktedir.

Alan hesaplamasında da yine düz arazilerde minimum hata hesaplanarak, 1.205m<sup>2</sup>'lik karesel ortalama hatası, %0.009 minimum ve %0.1 maksimum bağıl hata hesaplanmıştır. Eğimli arazilerde maksimum hata hesaplanarak, 1.405m<sup>2</sup>'lik karesel ortalama hatası, %0.18 minimum ve %1.05 maksimum bağıl hata hesaplanmıştır.

Bu sonuçlar göz önünde bulundurarak alan ölçümlerinden hesaplanan %1.05 maksimum bağıl hata (rölatif hata), kabul edilebilir hata sınırları içerisinde olmaktadır. Bu demektir ki YKN'siz olarak üretilen 3 boyutlu fotogrametrik modeller alan hesaplamaları için yeterli hassasiyet verebilmekte olup, alan hesapları uygulamalarında bu modeller kullanılabilirlerdir.

#### 5. Sonuçlar

Günümüz mühendislik alanında IHA'lar önemli yere sahip olmaktadır ve gün geçtikçe bu önem daha da artmaktadır. Modern mühendisliğin gündeminde IHA'lar yerini sağlam bir şekilde korumaktadırlar, çünkü verimlilik açısından daha verimli ve zaman ve maliyet açısından daha düşük maliyetli IHA'lar birçok mühendislik alanlarında ve özellikle haritacılıkta etkin bir şekilde kullanılmaktadırlar.

Çalışmada YKN olmadan oluşturulan 3 boyutlu fotogrametrik modellerin bazı mühendislik çalışmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç için bir uygulama alanı belirlenmiş ve alanın YKN'li ve YKN'siz olmak üzere iki adet 3 boyutlu fotogrametrik modelleri üretilmiştir.

Hesaplama sonuçlarına göre YKN'siz olarak üretilen modellerin kullanılabilir olup olmadığına dair bir çok sonuç elde edilebilmektedir. Yukarıda gerçekleştirilen çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- YKN'siz olarak elde edilen fotogrametrik modeller birçok mühendislik uygulamalarda kullanılabilir kadar hassasiyete sahiptirler.
- YKN'siz olarak üretilen fotogrametrik modeller, modellenen alan içerisinde hassas bir uzunluk ölçme aracı olarak kullanılabilirler.
- Uzunluk ölçümlerinde maksimum bağıl hata %0.36 olarak hesaplanmıştır.



- YKN'siz olarak üretilen fotogrametrik modeller, modellenen alan içerisinde hassas bir alan ölçme aracı olarak kullanılabilirler.
- Alan ölçümünde maksimum bağıl hata %1.05 olarak hesaplanmıştır.
- YKN'siz olarak üretilen modelin düz arazilerden elde edilen uzunluk ölçümü eğimli ve kayalık alanlara göre daha hassastır.
- YKN'siz olarak üretilen modelin eğimli arazilerden elde edilen uzunluk ölçüm sonucu kayalık arazilerdeki uzunluk ölçümüne göre daha hassastır.
- Düz arazi tipinde yapılan alan ölçümleri eğimli arazi tipinde yapılanlara alan ölçümüne göre daha hassastır.

## Referanslar:

- Choudhury, M.A.M., Costanzini, S., Despini, F., Rossi, P., Galli, A., Marcheggiani, E. and Teggi, S., 2019, May. Photogrammetry and Remote Sensing for the identification and characterization of trees in urban areas. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1249, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- Wu B, Xie L, Hu H, Zhu Q, Yau E. Integration of aerial oblique imagery and terrestrial imagery for optimized 3D modeling in urban areas. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*. 2018 May 1;139:119-32.
- I. Colomina, P. Molina, Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 92, 2014, Pages 79-97, ISSN 0924-2716
- Yunus, K., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Şeyma, A., Ulukavak, M., & Polat, N. J. T. F. D. (2019). Hacim Hesaplarında İha Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *1(1)*, 7-10.
- F. Döner and C. Bıyık , "Üç Boyutlu Nesnelerin Konumsal Veritabanında Yönetimi", *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, no. 100, pp. 27-33, Jun. 2009
- Halıcı, E , Aydın, C . (2019). Eğik Fotoğraflar ile 3 Boyutlu Kent Modeli Üretimi ve Kullanım Alanları . *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi* , 1 (1) , 14-26 .
- Asri, İ., Çorumluoğlu, Ö., & Güner, S. J. E. J. O. M. T. (2012). Hareketli Yersel Fotogrametrik Ölçme Sisteminin Hacimsel Analiz Çalışmalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi* 4(3), 1-6.
- Yalçın, G. ve Selçuk, O. (2015). 3D City Modelling with Oblique Photogrammetry Method. *Procedia Technology*, 19, 424 – 431.
- Nasery, M , Çelik, M . (2020). KAYA ISLAHI ÇALIŞMALARINDA BİRLEŞİK ÇÖZÜMLERİN İNCELENMESİ: TRABZON KAYMAKLI ÖRNEĞİ . *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering* , 25 (1) , 539-554 . DOI: 10.17482/uumfd.680226
- Ulvi, A. (2008). Antik Tiyatroların Fotogrametrik Rölöve Planlarının Çıkarılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,