

İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN ÜRETİLEN VERİLERİN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

S. S. Akay^{a,*}, O. Özcan^b, F. B. Şanlı^a, B. Bayram^a, T. Görüm^b

^a Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, semih.sami.akay@std.yildiz.edu.tr, (fbalik, bayram) @yildiz.edu.tr

^b İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul, (ozcanork, tgorum)@itu.edu.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER: İnsansız Hava Aracı (İHA), Sayısal Yüzey Model (SYM), Nokta Bulutu, Hacimsel Analiz

ÖZET:

İnsansız Hava Araçları (İHA), mevcut güç sistemi ile otomatik olarak ya da uzaktan kumanda sistemi yardımıyla uçurulan ve faydalı yük taşıyabilen pilotsuz hava araçlarıdır. İHA'lara entegre edilmiş algılayıcılar, çalışma alanları için hazırlanan fotogrametrik uçuş planları ile otomatik uçuşlar gerçekleştirilerek düşük maliyet ve işgücünün yanı sıra arazi çalışma sürelerini kısaltarak yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca İHA'lar, özellikle fiziki olarak erişimin zor ya da mümkün olmadığı yerlerde araştırmacılara büyük ölçüde olanak sağlamaktadır. İHA ile elde edilen görüntülerin işlenmesi sonucu üretilen ortomozaikler, nokta bulutları ve sayısal yüzey modelleri gibi veriler birçok farklı disiplinde kullanılmaya başlanmıştır. Yenilikçi teknolojiler sayesinde geliştirilen ölçüm metotları ile yüksek doğrulukla veri üretimi sağlayan klasik ölçüm metotlarına alternatif olarak verilerin geometrik doğruluklarının gerçeğe çok yakın olarak üretilmesi sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, farklı yüksekliklerde gerçekleştirilen İHA uçuş planlarında, entegre dijital kamera ile elde edilen görüntülerin işlenmesi sonucunda üretilen Sayısal Yüzey Modelleri (SYM) ve nokta bulutu verileri ile belirlenen bir objenin alansal ve hacimsel doğruluğunun ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada, yer kontrol noktaları RTK-GPS (Real-Time Kinematic – Global Positioning System) ile elde edilerek veri üretimine entegre edilmiştir. Farklı yüksekliğe ait üretilen veriler hem birbirleriyle hem de yersel gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında, iki boyutta elde edilen yüzey uzunlukları ve alan değerlerinin yakın ve düşük farklılıklarda olduğu, üç boyutta elde edilen hacimsel değerlerin ise uçuş yüksekliğine bağlı olarak değiştiği, yüksekliğin artmasıyla gerçek hacimsel değerden uzaklaştığı ve farklılıkların arttığı gözlenmiştir.

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA), yersel ölçüm metotları ve uzaktan algılama metotları ile kıyaslandığında günümüzde yüzey modelleme ve harita üretimi işlemlerinde düşük maliyet, yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlüklü verilerin üretilmesini sağladığı görülmektedir. Özellikle İHA'lar, günümüzde yersel ölçüm işlemlerinin zor ya da imkansız olduğu alanlarda uydu ve diğer uzaktan algılama platformlarına göre hızlı, pratik ve güvenli bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. İHA'lar mevcut batarya sistemlerinin imkân verdiği sürede, entegre edilebilecek çeşitli sensör ile yeryüzüne ait istenilen her türlü bilgiye erişimi sağlayabildikleri de görülmektedir (Eltner vd. 2017; Psirofonia vd., 2017; Thumser vd., 2017). Dolayısıyla İHA'lar istenilen zamanda, uygun hava şartlarında, belirlenmiş uçuş operasyonu kurallarına uyularak kısa zaman aralığında istenilen bölgeye ait yüksek çözünürlüklü veri üretimi gerçekleştirmektedir. Günümüzde, İHA'lar gelişmiş konumlandırma sistemleri entegre olacak şekilde üretilmektedir. PPK (Post-Processed Kinematic) ya da RTK (Real-Time Kinematic) entegre edilmiş İHA'lar yersel ölçüm işlemlerini en aza indirmekle beraber kullanılacakları projelere bağlı olarak yersel ölçüm ihtiyacına gerek duymayabilmektedirler. İHA'lar ile üretilen yer yüzüne ait üç boyutlu obje/yüzey modeli, sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ortomozaikler çeşitli çalışmalarda kullanılmaktadır. Üretilen

SYM verileri ile zamana ve çevreye bağlı hacimsel değişim analizleri gerçekleştirilmekte, ortomozaikler ve üç boyutlu obje/yüzey model verileri ile yüzeye ait uzunluk ve alan hesaplamalar yüksek doğrulukla hesaplanabilmekte ve zamansal değişim analizleri gerçekleştirilebilmektedir (Akay ve Özcan, 2017; Eltner vd. 2017; Özcan ve Akay, 2018; Rusnáka vd., 2018).

2. ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışma kapsamında, orta ve büyük ölçekteki su havzalarından İHA ile elde edilen topografik yapıların doğruluklarının belirlenmesi ve bölgedeki küçük objeler üzerinde boyutsal analizleri gerçekleştirmek amacıyla Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan nehir tahliye sifonu üzerinde bulunan küçük bir boyuta sahip, dikdörtgenler prizması şeklinde yeşil bir kutu seçilmiştir. Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde bulunan çalışma alanı, 27° 20' ve 27° 21' doğu boylamları ile 37° 30' ve 37° 31' kuzey enlemleri arasında Aydın il sınırları içerisindedir. Şekil 1'de Büyük Menderes Nehri üzerinde çalışılan alan görülmektedir.



Şekil 1. Çalışılan objenin genel ve bölgesel gösterimleri

3. VERİLER VE YÖNTEMLER

Çalışma kapsamında, farklı yüksekliklerde, aynı uçuş planı parametreleri ile İHA uçuşları gerçekleştirilerek nokta bulutu, sayısal yükseklik modeli ve ortomozaik verilerinin üretimi amacıyla 12MP çözünürlüklü entegre kamera sistemine sahip yaklaşık olarak 1.5 kg ağırlığa sahip insansız hava aracı kullanılmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen İHA uçuşları 30 m yükseklik farklarıyla ardışık olarak, gölge etkisinin az olması amacıyla günün öğle saatlerinde gerçekleştirilmiştir. İHA'lar ile elde edilen görüntüler ile yüksek doğrulukla veri üretimi amacıyla yer kontrol noktaları çalışma alanının dört köşesinde seçilerek işaretlenmiştir. YKN'lerin ölçülmesi amacıyla çalışma alanında uçuşlar sonrasında yersel GPS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında gerçekleştirilen İHA uçuş bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamındaki uçuş planları, çevre faktörlerine (elektrik direği, ağaç, baz istasyonu vb.) bağlı olarak belirlenmiş yasal sınırlara göre gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, nehir tahliye alanında farklı yüksekliklerde planlı uçuşlar yapılarak %85 örtüşme oranı ile çekilen görüntülerden üretilen nokta bulutu, sayısal yükseklik modeli, ortomozaik verileri ile çalışma alanında bulunan küçük boyuttaki yeşil

objenin uzunluk, alansal ve hacimsel özellikleri yersel olarak ölçülen gerçek boyutları ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. İHA uçuş parametreleri ile üretilen veri bilgileri

Uçuş Yük. (m)	Görüntü Sayısı	Örtüşme Oranı	YKN Sayısı	Görüntü Koor. Hatası (pix)	RMSE (m)
10	59	%85-%85	4	0.203	0.009
40	31	%85-%85	4	0.192	0.006
70	15	%85-%85	4	0.190	0.014
100	12	%85-%85	4	0.198	0.021

Çalışma alanında farklı yüksekliklerde gerçekleştirilen İHA uçuşları neticesinde toplamda 117 adet fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. İHA uçuşları neticesinde yüksek doğrulukla veri üretilmesi amacıyla çalışma alanında homojen olarak dağılacak şekilde çalışma alanında bulunan beton bloğun köşe noktaları YKN olarak belirlenmiştir. Uçuşlarla aynı zamanda yersel GPS ile 4 adet YKN ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de çalışma alanında ölçümleri gerçekleştirilen YKN'lerin konumları görülmektedir. Tablo 2'de ölçümleri yapılan YKN'lerin koordinatları görülmektedir.

Tablo 2. YKN koordinatlarının gösterimi

YKN No	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	530573.296 ± 0.026	4151401.272 ± 0.026	39.385 ± 0.026
2	530573.206 ± 0.026	4151393.874 ± 0.026	39.321 ± 0.026
3	530555.596 ± 0.032	4151393.286 ± 0.032	39.279 ± 0.032
4	530555.949 ± 0.026	4151400.648 ± 0.026	39.285 ± 0.026

Günümüzde uzaktan algılama teknikleri ile kıyaslandığında düşük maliyeti, zaman avantajı sağlamakta olan İHA ile gerçekleştirilen fotogrametrik çalışmalar, Structure-from-Motion (SfM) metodu ile ardışık seri fotoğraflardan yüksek çözünürlüklü nokta bulutu, SYM ve ortomozaik verilerin üretilmesini sağlamaktadır. SfM metodu, İHA'lar ile elde edilmiş fotoğrafların kamera parametreleri ile konumlarını düzenleyerek, fotoğraflarda bulunan objelerin özelliklerine göre eşleştirilmesini sağlamaktadır. Fotoğraflarda eşleştirilen objeler ile öncelikle az yoğun nokta bulutu üretilmekte ve az yoğun nokta bulutu verisindeki noktaların sıklaştırılması ile yoğun

nokta bulutu üretimi gerçekleştirilmektedir. Yoğun nokta bulutu üzerinde üç boyutlu polygon ağ modeli, SYM ve ortomozaik üretimleri sırasıyla gerçekleştirilmektedir (Snavely, 2007).

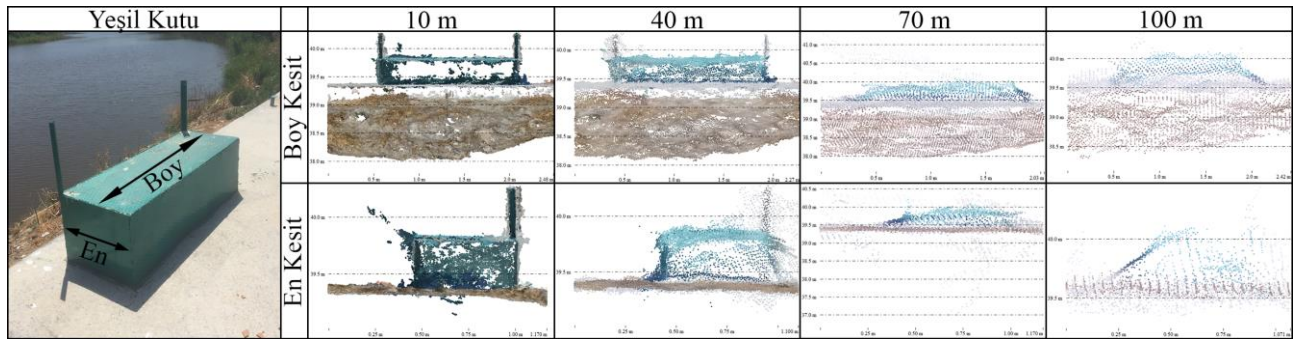
Çalışma alanında ölçümü gerçekleştirilen YKN'ler, yüksek doğrulukla veri üretimi amacıyla farklı yükseklikte yapılan her uçuş için SfM fotogrametrik işlemleri başlangıcında sisteme entegre edilmiştir. YKN'ler, gerçekleştirilen uçuşlar sonucu temin edilen İHA fotoğraflarında işaretlenerek, fotoğraf eşleme işlemine gerçekleştirilmiştir. Fotoğraf eşleme işlemi tamamlanması ile yoğun nokta bulutu üretimleri ile SYM ve ortomozaik veri üretimi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada farklı yüksekliklerde üretilen verilerin özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. İHA ile üretilen verilerin özellikleri

Uçuş Yük. (m)	Nokta Bulutu Yoğunluğu (m ³)	SYM Mek. Çöz. (m)	Ortomozaik Mek. Çöz. (m)
10	348395.00	0.004	0.004
40	6233.86	0.018	0.018
70	1026.81	0.031	0.031
100	383.10	0.044	0.044

Çalışmada, Büyük Menderes Nehri havzasında bulunan nehir tahliye sifonu üzerindeki yeşil kutunun gerçek ölçüleri, İHA ile üretilen farklı veri setlerindeki uzunluk, alan ve hacim değerlerinin kıyaslanması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Nokta bulutu en ve boy kesiti gösterimleri

Farklı yüksekliklerde elde edilmiş fotoğraflar ile üretilmiş nokta bulutu ve ortomozaik verilerinde gerçekleştirilen en, boy ve alan hesaplamaları Tablo 4'te gösterilmiştir. Yeşil kutuya ait gerçek uzunluk ile ortomozaik ve nokta bulutu verileri incelendiğinde uçuş yüksekliği arttıkça uzunluk ölçülerinde hata değerinin arttığı ve 0.1 ile 2.4 cm aralığında olduğu görülmüştür. Ayrıca ardışık yükseklikteki verilerin birbirine yakın doğrulukta ölçülere sahip olduğu görülmektedir. Yeşil kutuya ait gerçek ölçüler ile üretilmiş verilerin alan ölçüleri karşılaştırıldığında 10m yükseklikte gerçekleştirilen uçuşun gerçek ölçüye daha yakın sonuç çıkardığı görülmektedir. Gerçekleştirilen ölçüler neticesinde uzunluk ve alan değerleri gerçek değerden hem eksik hem fazla olarak hesaplandığı görülmektedir. Farklı yükseklikten üretilmiş veriler alansal olarak kıyaslandığında gerçek ölçüye, %0.34 ile %3.7 aralığında farklılıkla yaklaştıkları görülmektedir. İki farklı veri üzerinden gerçekleştirilen uzunluk ölçümleri incelendiğinde, nokta bulutu verisi ile gerçekleştirilen ölçülerin ortomozaik üzerinden

Yeşil kutu olarak seçilmiş objenin üst yüzeyine ait uzunluk ve alan ölçüleri, farklı yüksekliklere ait fotoğraflar ile üretilmiş ortomozaik verileri üzerinde en ve boy ölçüleri seçilerek gerçekleştirilmiştir. Nokta bulutu verisinde ise yeşil kutuya ait en ve boy ölçülerinin belirlenmesi amacıyla yeşil kutu nokta bulutu verisi üzerinde kesitler alınarak uzunluklar hesaplanmıştır. Üst yüzey alanına ait gerçek ölçüler ile ölçülmüş en ve boy ölçüleri ile alan hesaplamaları gerçekleştirilerek farklı yüksekliklerde üretilmiş verilerin uzunluk ve alan kıyaslamaları gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de farklı yüksekliklerde üretilmiş nokta bulutu verisinin en ve boy kesitlerini görülmektedir. Nokta bulutu verilerinde İHA uçuş yüksekliği arttıkça küçük boyuttaki objenin dörtgen şeklini koruyamadığı ve kenarlarında yuvarlanmaların başladığı görülmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilen ölçümlerde farklılıklar da meydana gelmektedir.

gerçekleştirilen ölçülere yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Alansal olarak iki farklı veri üzerinde gerçekleştirilen ölçüler incelendiğinde ise nokta bulutu verileri ile ölçülen alan değerlerinin ortomozaik üzerinde ölçülen alansal değere göre gerçek ölçülere daha yakın sonuçlar çıkardığı görülmüştür. Alansal ölçülerin kıyaslama sonucunda gerçeğe en yakın değer beklediği şekilde, 28.44 cm²'lük hata ile 10 m yükseklikte gerçekleştirilen uçuş sonrası üretilen nokta bulutu ile elde edildiği görülmüştür.

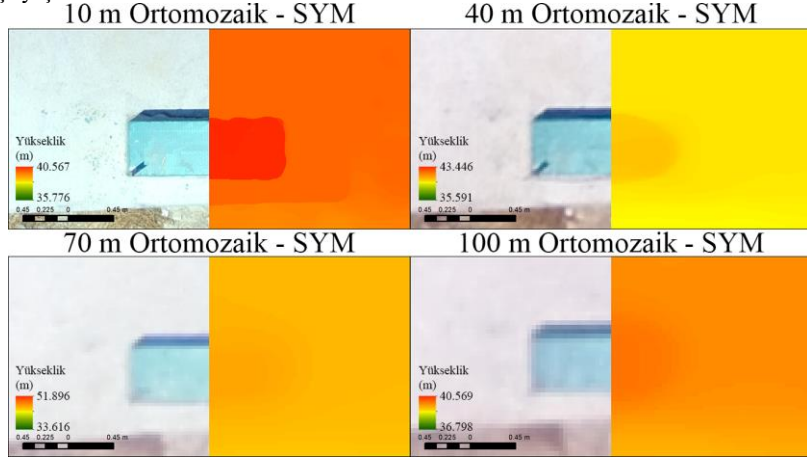
Tablo 4. Ortomozaik ve nokta bulutu verilerinde uzunluk alan ölçülerinin gösterimi

Uzunluk ve Alan Ölçümleri												
Uçuş Yük. (m)	Ortomozaik						Nokta Bulutu					
	En (cm)	Boy (cm)	Alan (cm ²)	Δl (cm)		ΔS (cm ²)	En (cm)	Boy (cm)	Alan (cm ²)	Δl (cm)		ΔS (cm ²)
Gerçek Ölçü	55.0	153.5	8,442.50	ΔEn	ΔBoy			55.0	153.5	8,442.50	ΔEn	
10	54.4	152.9	8,317.76	0.6	0.1	97.24	54.6	153.6	8,386.56	0.4	0.6	28.44
40	55.8	152.8	8,526.24	0.8	0.2	-111.24	54.6	153.2	8,364.72	0.4	0.2	50.28
70	53.7	151.3	8,124.81	1.3	1.7	290.19	56.5	152.4	8,610.60	1.5	0.6	195.6

100	53.7	150.9	8,103.33	1.3	2.1	311.67	53.4	150.6	8,402.04	1.2	2.4	71.76
-----	------	-------	----------	-----	-----	--------	------	-------	----------	-----	-----	-------

Yeşil kutu objesinin gerçek ölçüsü ile farklı yüksekliklerde üretilen veriler ile kıyaslanması nokta bulutu ve SYM verileri ile gerçekleştirilmiştir. Nokta bulutu ve SYM verileri üzerinde yatayda bir poligon çizilerek yeryüzü baz alınarak yüzeyde kapladığı hacimler hesaplanmıştır. Şekil 3'te farklı yüksekliklerde üretilmiş yeşil kutunun SYM ve ortomozaik

görüntüleri görülmektedir. Üretilen SYM verileri incelendiğinde ve nokta bulutu verilerinde karşılaşılan, İHA uçuş yüksekliği arttıkça küçük boyuttaki objenin dörtgen şeklini koruyamadığı ve objenin yüksekliğinin yüzey ile olan farkının görünürlüğünün azaldığı görülmüştür.



Şekil 3. Yeşil kutunun ortomozaik ve SYM verileri ile gösterimi

Farklı yüksekliklerde elde edilmiş fotoğraflar ile üretilmiş nokta bulutu ve SYM verileri ile gerçekleştirilen hacim hesaplamaları ve gerçek ölçü ile aralarındaki farklar Tablo 5'te gösterilmiştir. Yeşil kutuya ait yersel ölçüm hacim değerleri ile nokta bulutu ve SYM verileri ile hesaplanan hacim değerleri incelendiğinde uçuş yüksekliği arttıkça hacim ölçüsünün hata değerinin arttığı ve -32,262 ile 186,948 cm³ aralığında olduğu görülmüştür. Nokta bulutu ve SYM verileri ile gerçekleştirilen hacim hesaplamalarında yersel ölçüye en yakın değer 10 m yükseklikte gerçekleştirilen uçuş sonucunda üretilen veriler ile

ulaşıldığı görülmektedir. Yeşil kutuya ait yersel ölçüler ile hesaplanan hacim verisi ile farklı yüksekliklerden üretilmiş nokta bulutu verileri karşılaştırıldığında hata oranının %7 ile %17 arasında, SYM verileri ile karşılaştırıldığında ise hata oranının %13 ile %46 arasında olduğu görülmüştür. Yeşil kutu için gerçekleştirilen, nokta bulutu ve SYM verileri ile ölçülen hacimsel değerler incelendiğinde ise nokta bulutu verilerinin SYM verilerine göre daha doğru ölçüleri verdiği görülmektedir. İki veri arasındaki hacimsel farklılıklar ise 88,257 ile -136,812 cm³ arasında olduğu görülmektedir.

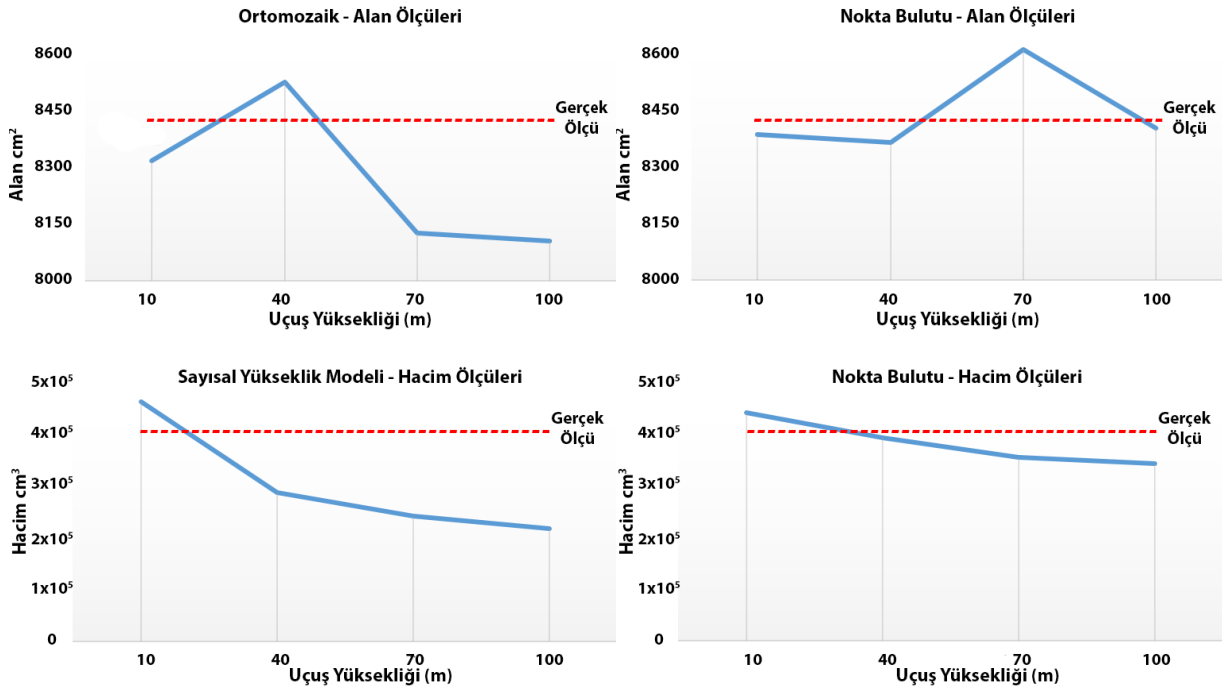
Tablo 5. Nokta bulutu ve SYM verilerinde hacim ölçülerinin gösterimi

Uçuş Yük. (m)	Nokta Bulutu		SYM		NB-SYM (cm ³)
	Hacim (cm ³)	ΔV (cm ³)	Hacim (cm ³)	ΔV (cm ³)	
Gerçek Ölçüler	404,395	0	404,395	0	
10m	436,657	-32,262	460,390	-55,995	88,257
40m	388,612	15,783	286,180	118,215	-136,812
70m	351,233	53,162	240,900	163,495	-110,333
100m	339,400	64,995	217,447	186,948	-121,953

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan nehir tahliye sifonu üzerindeki sabit yeşil bir kutunun uzunluk, alan ve hacim değerleri ile farklı yüksekliklerde gerçekleştirilen İHA uçuşları neticesinde elde edilmiş veriler karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında, yeşil kutuya ait yersel ölçümler ile farklı veri modelleri arasında uzunluk, alan ve hacim verilerinin analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla objeye ait nokta bulutu, SYM ve ortomozaik veriler üretilmiştir. Çalışma sonucunda, küçük boyuttaki objelerin yersel ölçülerine, İHA ile elde edilmiş farklı yükseklikteki veriler ile uzunluk ve alan

hesaplamalarında yakın değerlere yaklaşıldığı fakat hacim hesaplamalarında alçaktan gerçekleştirilen uçuşlar dışındaki uçuşlarda hata değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Hacimsel analizler incelendiğinde, hacimsel farkın SYM ve nokta bulutu verilerinde İHA yüksekliği arttıkça küçük objelerin şekillerinin korunmadığından kaynaklandığı görülmekle birlikte nokta bulutu verisinin SYM verisine kıyasla objeye daha yakın ve düzgün bir şekil gösterdiği de görülmektedir. Şekil 4'te yeşil kutunun gerçek alan ve hacim ölçüleri ile farklı yükseklikte elde edilmiş nokta bulutu ile ortomozaik verilerinde alansal kıyaslanması, nokta bulutu ile SYM verilerinde ise hacimsel kıyaslanması grafikler ile gösterilmiştir.



Şekil 4. Alansal ve hacimsel ölçülerin yüksekliğe bağlı olarak değişim grafikleri.

Alansal ölçüler incelendiğinde, gerçek ölçüler ile nokta bulutu ve ortomozaik ölçüleri arasında yükseklik ile doğru orantılı olarak azalma ya da artma olduğu görülememektedir. 40m yükseklikte elde edilmiş ortomozaik verisinde de, gerçek ölçü değerinin üstünde bir değer elde edilmişken, 70m yükseklikte elde edilmiş nokta bulutu verisinde gerçek ölçülerin üzerinde bir değer elde edilmiştir. Buna, üretilen verilerdeki çeşitli yapıların sebep olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca nokta bulutu verisinde, ortomozaik verilerine göre gerçek alan ölçülerine daha yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Hacim analizleri sonuçları incelendiğinde nokta bulutu ve SYM verileri nin her ikisinde de yükseklik arttıkça gerçek hacim ölçülerinden uzaklaştığı görülmektedir. Her iki veri türünde de 10m yükseklikte elde edilmiş hacimsel ölçülerin gerçek ölçülerden fazla olduğu, yükseklik arttıkça gerçek ölçülerden uzaklaşılarak daha düşük hacimsel ölçülerin ortaya çıktığı görülmektedir.

Sonuç olarak, küçük boyutlu objelerin uzunluk ve alan hesaplamalarında İHA verilerinin kullanılabilmesi fakat hacimsel hesaplamalarda santimetre mertebesinde belirlenen hata oranına bağlı olarak İHA verilerinin kullanılabilmesi görülmektedir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmamız doğrultusunda günümüzde ve gelecekteki pek çok projede geleneksel fotogrametri metodu yerine düşük maliyeti, istenilen parametreler doğrultusunda hızlı ve pratik ölçüm metodu olması ile çeşitli projelerde İHA'ların kullanılacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda, İHA'lara entegre edilebilecek çeşitli dijital kameralar ve sensörlerin objelerin boyutlarının gerçeğe yakın değerler ile ölçülebilmesine olanak sağlayacağı tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

Akay S.S. ve Özcan O., 2017. Volumetric Comparison of Uav-Based Point Clouds Generated from Various Softwares, *International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences*, Çanakkale, Türkiye, No 240.

Eltner A., Kaiser A., Abellan A. ve Schindewolf M., 2017. Time Lapse Structure-From-Motion Photogrammetry for Continuous Geomorphic Monitoring, *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 2240–2253.

Özcan O. ve Akay S.S., 2018. Modeling Morphodynamic Processes in Meandering Rivers with UAV-Based Measurements, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Valencia, İspanya, 78-1-5386-7150-4/18.

Özcan O. ve Akay S.S., 2018. Monitoring Hydromorphological Changes in Meandering Rivers via Multi-Temporal UAV-Based Measurements, *AGU Fall Meeting*, 10-14 December 2018.

Psirofoia P., Samaritakis V., Eliopoulos P. ve Potamitis I., 2017. Use of Unmanned Aerial Vehicles for Agricultural Applications with Emphasis on Crop Protection: Three Novel Case-studies, *International Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 5, No. 1

Rusnáka M., Sládeka J., Kidová A. ve Lehotská M., 2018. Template for High-Resolution River Landscape Mapping Using UAV Technology, *Measurement*, Vol. 115, Pages 139-151.

Snaveley N., Seitz S. M. ve Szeliski R., 2007. Modeling the World from Internet Photo Collections, *International Journal of Computer Vision*, 80 (2), pp 189–210.

Thumser P., Kuzovlev V.V., Zhenikov K.Y., Zhenikov Y.N., Boschi M., Boschi P. ve Schletterer M., 2017. Using Structure From Motion (SfM) Technique For The Characterisation of Riverine Systems - Case Study in The Headwaters of The Volga River, *Geography Environment Sustainability (GES Journal)*, Vol.11, No 3, p. 31-43.