

Kompleks Binaların 3 Boyutlu Modellenmesinde Eğik ve Nadir Hava Fotoğrafları Kullanımının Karşılaştırılması: GAP YENEV Binası Örneği

Emine Beyza Dörtbudak^{1*}, Şeyma Akça¹, Nizar Polat¹

^{1*} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63290, Şanlıurfa, Türkiye; (beyzadbk@gmail.com; seymakca@harran.edu.tr, nizarpolat@harran.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
beyzadbk@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Dörtbudak, E. B., Akça, Ş., & Polat, N. (2023). Kompleks Binaların 3 Boyutlu Modellenmesinde Eğik ve Nadir hava fotoğrafları kullanımının karşılaştırılması: GAP YENEV Binası Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(2), 58-65.

Geliş : 26.09.2023
Revize : 23.10.2023
Kabul : 03.11.2023
Yayınlama : 31.12.2023

Özet

Şehir, ticaret, sanayi ve altyapı hizmetlerinin yoğun olarak yer aldığı, yerleşim alanlarının insan, bina, altyapı gibi unsurları bünyesinde barındıran bir yerleşim birimidir. Bu unsurlardan biri olan binalar genellikle çatı, duvar ve zemin gibi yapısal özelliklere sahiptir. Binaların yaygınlığı, amacı ve tasarımı, buldukları şehrin ekonomik ve sosyal yapısı hakkında bilgi verir; örneğin metropollerde kompleks binalar görülürken, kırsal alanlarda basit bina türleri görülmektedir. Tasarım ve inşaat açısından yapısal olarak zorlu olan kompleks binalar, görsel anlayışı geliştirmek, mekansal düzenlemeleri kolaylaştırmak ve mühendislere bina tasarımı üzerinde daha fazla kontrol sağlamak için 3 boyutlu olarak modellenmelidir. Projenin uygunluğuna göre kullanıcılar modelleme için dijital işleme, lazer tarama veya fotogrametri gibi yöntemleri tercih edebilirler. Fotogrametri, nesnelerin 3 boyutlu koordinatlarını ve şekillerini belirlemek için fotoğrafların analizini kullanan bir yöntemdir. Bu yöntem nesnelerin 3 boyutlu modellerinin oluşturulmasına olanak sağlar. Günümüz 3 boyutlu modelleme süreçlerinde fotogrametrinin alt alanı olan İnsansız Hava Aracı (İHA) fotogrametrisi sıklıkla tercih edilmektedir. İHA fotogrametrisi, insansız hava araçları kullanılarak görüntülerin toplanmasını içeren, hızlı ve uygun maliyetli bir yöntem olarak bilinmektedir. Bu çalışmada çok katlı, kompleks ve dairesel bir binanın 3 boyutlu modellenmesi için İHA fotogrametrisi kullanılmıştır. İHA görüntü yakalama sürecinde hem eğik hem de nadir uçuş stratejileri ayrı ayrı uygulanmış olup değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA fotogrametrisi, SfM, kompleks yapı, uçuş stratejisi, 3 boyutlu modelleme.

A Comparison of the Use of Oblique and Nadir Aerial Photographs in the 3D Modeling of Complex Buildings: A Case Study of the GAP YENEV Building

*Corresponding Author:
beyzadbk@gmail.com

Research Article

Citation: Dörtbudak, E. B., Akça, Ş., & Polat, N. (2023). A Comparison of the Use of Oblique and Nadir Aerial Photographs in the 3D Modeling of Complex Buildings: A Case Study of the GAP YENEV Building. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 5(2), 58-65 (in Turkish).

Received : 26.09.2023
Revised : 23.10.2023
Accepted : 03.11.2023
Published : 31.12.2023

Abstract

The city is a settlement unit where trade, industry, and infrastructure services are densely located, with areas of residence containing elements such as people, buildings, and infrastructure. Buildings, as one of these elements, typically have structural features like roofs, walls, and floors. The prevalence, purpose, and design of buildings provide information about the economic and social structure of the city they are in; for example, complex buildings are seen in metropolises, while simple building types are observed in rural areas. Complex buildings, being structurally challenging in design and construction, should be modeled in 3D to enhance visual understanding, facilitate spatial arrangements, and provide engineers with greater control over building design. Depending on the suitability of the project, users may choose methods such as digital processing, laser scanning, or photogrammetry for modeling. Photogrammetry is a method that uses the analysis of photographs to determine the 3D coordinates and shapes of objects. This method enables the creation of 3D models of objects. In contemporary 3D modeling processes, photogrammetry's subfield known as UAV (Unmanned Aerial Vehicle) photogrammetry is often preferred. UAV photogrammetry involves collecting images using unmanned aerial vehicles and is known as a fast and cost-effective method. In this study, UAV photogrammetry was employed for the 3D modeling of a multi-story complex and circular building. Both oblique and nadir flight strategies were separately applied and evaluated during the UAV image capture process.

Keywords: UAV photogrammetry, SfM, complex structure, flight strategy, 3D modeling.

1. Giriş

Şehir, konut alanlarına sahip, ticaret, sanayi ve altyapı hizmetlerinin yoğun olarak bulunduğu bir yerleşim birimidir. Bir şehri oluşturan unsurlar oldukça çeşitlidir ancak ana unsurlar; insanlar, altyapı ve binalar olarak sıralanabilir [1]. 3194 Sayılı İmar Kanunu'nun 5. Maddesinde bina; "Kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme, dinlenme veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılardır." şeklinde tanımlanmıştır.

Binalar genellikle çatı, duvarlar ve taban gibi yapısal özelliklere sahip olup, insanların yaşam faaliyetlerine olanak sağlayan kapalı mekânları oluştururlar. Modern toplumların temel yapı taşlarından biridir ve neredeyse her yerde yaygın olarak bulunurlar. Binaların yaygınlığı, kullanım amaçları ve tasarımı gibi unsurlar binanın bulunduğu şehrin ekonomik ve sosyal yapısı hakkında bilgi vermektedir. Örneğin, gelişmiş şehirlerde ve kentsel bölgelerde bina yoğunluğu daha yüksekken, kırsal bölgelerde daha seyreklerdir. Metropollerde kompleks bina türleri görülürken, kırsal bölgelerde daha basit yapı binalar görülmektedir. Yapılar, kullanım amacına, taşıyıcı sistemin malzemesine, üretim şekline göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kullanım amacına göre yapılar, hizmet yapıları, sanayi yapıları, köprüler, barajlar ve birden çok parçadan oluşan ve bu parçaların birbiriyle bağlantılı olduğu standart yapı şekillerinden farklı olarak kompleks binalar şeklinde nitelendirirler [2]. Kompleks yapılar, standart bina tiplerinden farklı olarak tasarımı ve inşası zor yapılardır. Bu noktada kompleks binaların 3 boyutlu olarak tasvir edilmesi, binanın görsel olarak daha iyi anlaşılmasını, mekânsal düzenlemelerin daha kolay yapılmasını ve mühendisler bina tasarımı üzerinde daha fazla kontrol sağlama imkânı verir. Modellemede yalnız bina değil, bunun yanı sıra bina çevresinin de beraber modellenmesi gerekir. Bu model, binanın belgelenmesinde, afet sonrası hasar tespitinde veya mülk değerlendirmesi gibi uygulamalarda kullanılabilir.

Yerleşim yerlerinin sürekli olarak büyümesi, çarpık kentleşme, yapı güvenliği gibi sorunlara paralel olarak şehrin yönetimi karmaşıklaşmış ve profesyonel çözümler üreten yerel yönetimlere gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaçlardan ve sorunlardan dolayı son zamanlarda pek çok özel kamu kurum ve kuruluşları bina modeli oluşturma ve sunma konularında çalışmalara başlamıştır [3].

Modelleme, inşaat ve tasarım süreçlerinin önemli bir parçasıdır. 3 boyutlu modelleme, gerçek nesnelere ve sahnelerin üç boyutlu uzayda ayrıntılı bir şekilde matematiksel olarak temsil edilmesi ve bilgisayar

ortamında oluşturulmasıdır [4,5]. Bu modeller, nesnelere uzunluk, genişlik ve derinlik boyutlarını içerir, böylece bir nesnenin tüm açılarını ve yüzeylerini hassas bir şekilde yansıtır. Birçok farklı uygulama alanında kullanılır ve birkaç farklı teknik ve yöntemle gerçekleştirilebilir.

Kullanıcı, proje uygunluk durumuna göre modelleme için dijital işlem, lazer tarama, fotogrametri gibi yöntemleri tercih edebilir. Her bir 3 boyutlu modelleme yöntemi, belirli uygulama alanları ve gereksinimi için kullanılır. Geniş uygulama alanı ve sağladığı avantajlar sayesinde fotogrametri, son yıllarda profesyoneller tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Fotogrametri, fotoğrafların analizi yoluyla model ve haritalar oluşturulmasını sağlayan bir yöntemdir [6]. Hava araçlarının kullanıldığı fotogrametri uygulaması olan İHA fotogrametrisi, yüksek çözünürlüklü kameralar ve konumlama sistemleri ile donatılmıştır ve bu ekipmanları kullanarak yeryüzünün veya nesnelere fotoğraflarını çekerler. Çekilen bu fotoğraflar fotogrametri yazılımı kullanılarak analiz edilir ve işlenir. Sonuç olarak, İHA fotogrametrisi, yeryüzünün veya nesnelere hassas modellerinin ve haritalarının oluşturulmasını sağlar [7].

İHA fotogrametrisi, geleneksel fotogrametriye kıyasla bazı avantajlar sunar. Özellikle hızlı veri toplama, düşük maliyet ve erişilmesi zor bölgelerde kullanılabilirliği sayesinde sağladığı avantajlar ile coğrafi bilgi sistemleri (CBS), inşaat, arazi planlaması, bina modelleme gibi daha birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadır [8]. Binaları İHA ile 3 boyutlu modellemenin temel prensipleri şu şekildedir; ilk adım, İHA uçuşlarını planlamak ve hazırlamaktır. Bu, uçuş rotalarının belirlenmesi, uçuş yüksekliğinin ayarlanması ve uçuş alanının güvenliğinin sağlanması içerir. İHA kamerası, yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekebilecek şekilde ayarlanmalıdır. Daha sonra uçuşlar gerçekleştirilerek veri elde edilir. İHA, belirlenen uçuş rotasını izleyerek yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çeker. Uçuşlar sırasında konumlama verileri, uçuş yüksekliği ve kamera açısı gibi önemli bilgiler kaydedilir. Uçuş esnasında nadir veya eğik uçuş tercih edilebilir.

Hareketten Yapı (Structure from Motion/SfM), bir dizi 2 boyutlu görüntülerden 3 boyutlu nesnelere üretilmesi işlemidir. SfM, 3 boyutlu tarama, artırılmış gerçeklik ve görsel eşzamanlı yerelleştirme ve haritalama gibi birçok uygulamada kullanılır. Bu çalışmada SfM tekniği ile eğik ve nadir uçuş ile 3 boyutlu modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

İHA fotogrametrisinde "eğik uçuş" terimi, İHA tarafından gerçekleştirilen uçuşların belirli bir açıyla yapıldığı bir uçuş stratejisini ifade eder [9,10]. "Nadir uçuş" ise, belirli bir nesneyi daha yüksek çözünürlüklü ve detaylı fotoğraflarla dik doğrultuda görüntülemek

amacıyla kullanılır [9,10]. Bu çalışma, kompleks bir yapı olan GAP YENEV binasının hassas ölçüm teknikleri ve İHA fotogrametrisi yöntemi kullanılarak modellenmesini içermektedir. Çalışma sonunda eğik ve nadir hava fotoğraflarının kullanımı karşılaştırılmış, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Şanlıurfa ili Haliliye ilçesinde bulunan Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü sınırları içerisinde yer alan GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (GAP YENEV) binası seçilmiştir.

GAP YENEV binası, GAP bölgesindeki tüm üniversite, sanayi ve özel kuruluşların yanı sıra potansiyel girişimcilerin yararlanabileceği bir yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği merkezi altyapısı oluşturmaktadır.

İlgili bina, çok katlı, dairesel, parçalı ve karmaşık bir yapıya sahip olduğundan çalışma için uygun görülmüştür. Çalışma alanına ait Google Earth görüntüsü Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü.

3. Materyal ve Yöntem

Kompleks binanın İHA kullanılarak 3 boyutlu modellemesi amacıyla bir dizi fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğrafların bindirmeli ve yüksek çözünürlüklü olması sağlanmıştır. Hava fotoğraflarının karşılaştırılabilmesi için önce eğik uçuş sonra nadir uçuş gerçekleştirilmiştir. Her iki teknikle de binanın bütün detaylarının yakalanarak yeterli veri elde etmesi amaçlanmıştır. Fotoğraflar Şekil 2'de gösterilen DJI Mavic 2 Pro ile çekilmiştir. Cihaza ait teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Gerçekleştirilen fotogrametrik uçuşlar sonrasında, eğik uçuş için 238 adet fotoğraf, nadir uçuş için 170 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir.

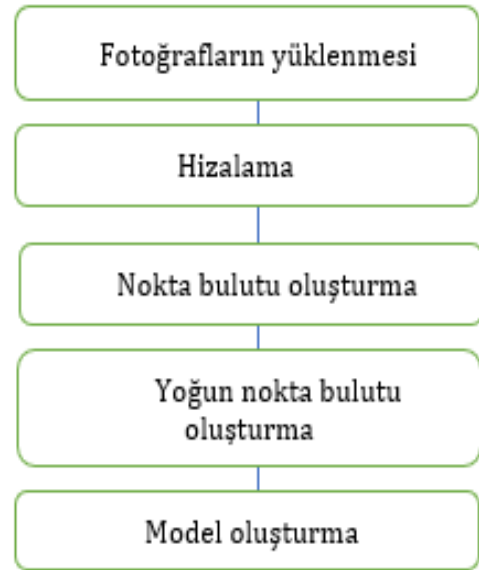
Fotoğrafları işlemek ve 3B model oluşturmak için Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. Agisoft yazılımında uygulanan iş akış şeması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan DJI Mavic 2 Pro İHA sistemi.

Tablo 1. DJI Mavic 2 Pro teknik özellikleri.

Özellik	Değer
Ağırlık	907 g
Çapraz Uzunluk	354 mm
Etkili Menzil	8 km
Maksimum Uçuş Süresi	31 dakika
Azami Hız	72 km/sa
Sensör Türü	CMOS sensör,
Kamera	Hasselblad 4K çekim
	GPS sensörü, engel
Diğer özellikler	sensörü, Otomatik eve dönüş



Şekil 3. İş akış şeması.

Şekil 3'te gösterilen iş akış şeması yazılım üzerinde eğik ve nadir hava fotoğrafları üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Agisoft, verilerin işlenmesinde Structure from Motion (SfM) yaklaşımı kullanmaktadır. SfM, farklı açılardan çekilen fotoğrafları kullanarak hedef nesnenin 3 boyutlu modelini üretir [8,11,12]. Algoritma parametrelerin hesaplanması için ortak bağlantı noktalarını belirler ve fotoğraflar arası eşleşme yaparak 3B uzayda gerçek yapıyı yansıtan bir model oluşturur [13,14]. Modelleme işlemi, farklı konumlardan çekilen fotoğrafların karşılık gelen özellikleri hizalanarak ve uygun örtüşme oranı oluşturularak sağlanır [12]. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan, uygun maliyetli bir tekniktir [11].

Geleneksel fotogrametride matematiksel modelin geçerliliği, ölçümlerin doğruluğu ve tutarlılığı hedeflenirken; SfM ile üç boyutlu model oluşturulması kamera parametrelerinin belirlenmesi ile yapılır. Fotoğrafları eşleme, yoğun nokta bulutu üretme, sayısal yükseklik modeli oluşturma, ortofoto ve 3 boyutlu model üretme gibi işlemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır [5,7]. Bu alanlarda doğru sonuçlar elde edebilmek için yeterli sayıda veri toplanmasına ve yüksek çözünürlüklü fotoğraf çekimleri yapılmasına dikkat edilmelidir.

Her teknikte olduğu gibi SfM’inde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajlarını genel olarak şöyle sıralayabiliriz:

- Fotoğraf makineleri veya insansız hava aracı gibi donanımlar kullanılarak modeller oluşturabilir. Fazla ekipman gerektirmediğinden düşük maliyetlidir.
- Diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuç üretir.
- •Büyük veya küçük çeşitli objeleri modelleyebildiğinden kullanım alanı genişir.
- Yüksek çözünürlüklü görüntüler kullandığından hassas ölçüm gerektiren işlere uygundur [15].

Dezavantajları ise,

- Hizalama ve örtüşmede hassas parametreler gerektirir. Parametrelerin uyumsuz olması durumunda düşük kalite modeller üretir.
- Hava koşulları, yansımalar ve gölge alanlarda güvenilir sonuçlar üretmez.
- Yüksek çözünürlük görüntülere gereksinim duyduğundan veri işleme süresi zaman alır ve yüksek performanslı bilgisayarlara ihtiyaç duyar [16].
- Üretilen verilerin depolanmasında sorunlar yaşanabilir.

SfM avantaj ve dezavantajlarıyla güçlü bir tekniktir.

4. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Harran Üniversitesi içerisinde yer alan GAP YENEV binasının insansız hava aracında iki farklı uçuş tekniği kullanılarak 3 boyutlu modellemesi sağlanmıştır. Uçuş bilgileri ve oluşan nokta sayıları Tablo 2’de verilmiştir.

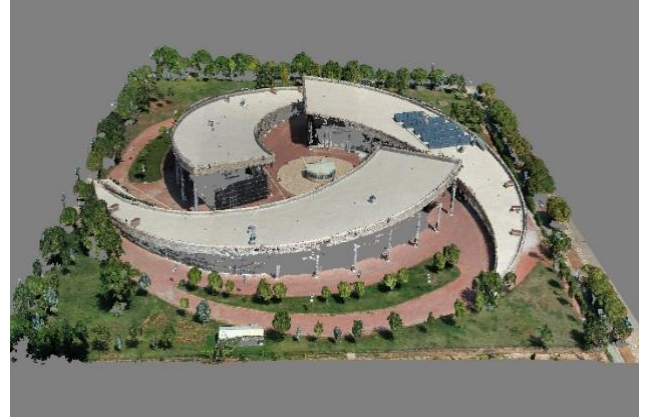
Eğik uçuş ve nadir stratejisiyle çekilen fotoğraflar kullanılarak oluşturulan yoğun nokta bulutu Şekil 4’te verilmiştir.

Tablo 2. Nadir ve eğik uçuş bilgileri.

	Nadir	Eğik
Uçuş süresi	17 dk	26 dk
Fotoğraf sayısı	170	238
Bağlama/bağlantı noktası sayısı	314 109	441 471
Yoğun nokta sayısı	38 627 028	54 404 264



(a)



(b)

Şekil 4. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan yoğun nokta bulutu (a), Nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan yoğun nokta bulutu (b).

Tablo 2’de verilen bilgiler ve Şekil 4 incelendiğinde eğik uçuş stratejisi kullanılarak oluşturulan yoğun nokta bulutunda nokta sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. Eğik uçuştaki yoğun nokta sayısı, binanın farklı açılardan daha fazla fotoğrafının çekilmesine dolayısıyla veri fazlalığının oluşmasıyla bindirme oranının da artmasına bağlanmıştır.

Eğik uçuş ve nadir uçuş stratejisi kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeli Şekil 5’te gösterilmiştir.

Her iki veri setinde de sayısal yükseklik modeli arazi topografyasını ve binayı başarılı bir şekilde ifade etmektedir. Sadece ağaç ve aydınlatma direği gibi bazı objelere bağlı olarak arazinin en yüksek değerinde bazı farklılık mevcuttur.

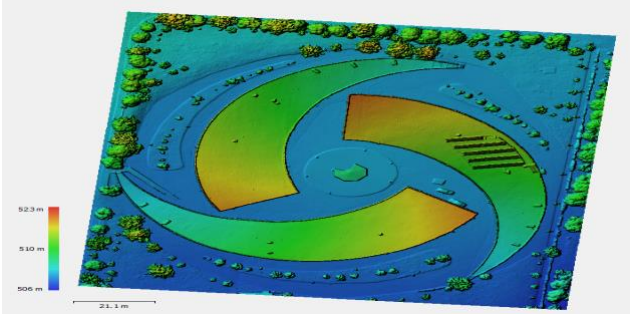
Elde edilen ürünlerden biri de ortofotolardır. Eğik uçuş ve nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan ortofotolar Şekil 6’da gösterilmiştir.

Şekil 6’da verilen ürünler değerlendirildiğinde, nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan ortofotoda bina üst yüzeyinin daha iyi modellendiği görülmektedir. Bunun sebebi fotoğraf çekiminde dikey bir açı tercih edilmesidir.

Eğik uçuş ve nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu bina modellerinde yan cephe görüntüleri Şekil 7’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeli (a), nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeli (b).



(a)



(b)

Şekil 7. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde bina yan cephesi (a), nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde bina yan cephesi (b).



(a)



(b)

Şekil 6. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan ortofoto (a), nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan ortofoto (b).

Şekil 7'de verilen modeller kıyaslandığında, eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde yan cephelerin daha gerçeğe uygun modellendiği görülmektedir. Nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde görülen bozulmalar dikey uçuş sırasında yan cephelerin fotoğraflarının eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Benzer bir durum düşey obje olan aydınlatma direklerinde de görülmektedir (Şekil 8).



(a)



(b)

Şekil 8. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modeldeki objeler (a), nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modeldeki objeler (b).

Şekil 8'de gösterilen bina çevresinde bulunan ağaç, aydınlatma direği gibi objelerde oluşturulan modele dahil edilmiştir. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde, elektrik direği net olarak görülürken nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde, aydınlatma direği modellenememiştir. Ayrıca eğik uçuşta ağaç gövdeleri

modelde net olarak gözükmektedir nadir uçuşta gövdeler gözükmemektedir.

Parlak yüzeylerin yansımalarından dolayı her iki çekim tekniğinde de obje bütünlüğü bozulmaktadır. Bu durum binanın cam ile kaplı cephelerinde olduğu gibi çatıdaki güneş panellerinde de gözlenmektedir (Şekil 9).



(a)



(b)

Şekil 9. Eğik uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde güneş panelleri (a), Nadir uçuş fotoğrafları kullanılarak oluşturulan modelde güneş panelleri (b).

Modeller incelendiğinde, iki uçuş tekniğinin de güneş panellerinin modellenmesinde yetersiz kaldığı ve modelde bozulmalar olduğu görülmektedir. Güneş panellerinin parlak yüzeyleri fotoğrafların eşlenmesine engel olmakta ve dolayısıyla 3B nokta verisinin eksik oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum 3 boyutlu modelleme işlemini zorlaştırmış ve modelin bütünlüğünü doğrudan etkilemiştir.

İki uçuş tekniği değerlendirildiğinde; nadir uçuştan elde edilen veri seti kullanmanın avantajlarını genel olarak şöyle sıralayabiliriz:

- Dikey görüntüler yukarıdan aşağıya doğrusal bir görünüm sağlayarak zemin boyutlarının doğru ölçümlerini ve tüm yapı için hassas coğrafi referanslamayı sağlar.
- Dikey görüntüler ortomozaik oluşturmak için çok uygundur ve binanın ayak izinin ve yakın çevresinin hassas haritalanmasına ve ölçülmesine kolaylaştırır.
- Dikey uçuşlar her geçişte fotogrametrik olarak uygun perspektife sahip geniş alanları kapsayarak veri toplama için gereken süreyi ve kaynakları azaltır ve büyük ölçekli projeler için verimli hale getirir.

- Dikey görüntülerin yüksek yapılar, bitki örtüsü veya engellerden kaynaklanan tıkanma/yatma eğilimi daha azdır.

Avantajlarının yanı sıra görece bazı dezavantajlarından bahsetmek de mümkündür. Şöyle ki:

- Dikey görüntüler öncelikle yatay görünümünü yakalar; bu görüntüler, karmaşık yapının cephelerinin dikey yönlerini ve karmaşık ayrıntılarını yeterince temsil etmeyebilir. Yani düşeydeki objeler açısından sınırlı bilgi sağlar.
- Yukarıdan aşağıya bakış, karmaşık binanın genel formunun ve estetik özelliklerinin eksik temsil edilmesine yol açabilir. Bu anlamda kapsamlı perspektif eksikliğinden söz etmek mümkündür.
- Parçalı yapılar ve karmaşık çatı tasarımlarının dikey görüntülerle doğru şekilde yakalanması zor olabilir.

Nadir uçuştan elde edilen veri setlerinin avantaj ve dezavantajları objeye ve çalışma amacına göre değişebilir. Benzer bir nitelendirme Eğik veri seti için de yapılabilir.

Eğik veri seti kullanmanın avantajlarını şöyle sıralamak mümkündür:

- Eğik görüntüler, birden fazla görüş açısı sağlayarak karmaşık yapının cephelerinin çeşitli perspektiflerden kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde belgelenmesine olanak tanır.
- Eğik görüntüler, dokular, pencere yerleşimleri ve süsleme özellikleri gibi karmaşık mimari ayrıntıları yakalamada mükemmeldir.
- Eğik görüntülerden oluşturulan 3 boyutlu modeller, karmaşık binanın daha gerçekçi görsel temsillerini sağlama eğilimindedir ve bu da onu mimari görselleştirmeye uygun hale getirir.
- Eğik perspektif, karmaşık dikey yapıların ve çatı tasarımlarının yakalanmasıyla ilgili zorlukları hafifletebilir.

Eğik veri seti kullanmanın genel olarak dezavantajları ise:

- Eğik uçuşlar genellikle dikey uçuşlara kıyasla daha büyük miktarda veri oluşturur, daha fazla depolama kapasitesi ve işleme kaynağı gerektirir. Yani ham veri hacmi fazladır.
- Eğik görüntülerin 3D model halinde işlenmesi, hesaplama açısından yoğun olabilir. Özel yazılım ve uzmanlık gerektirebilir.
- Eğik uçuşlar, çeşitli açılardan görüntü yakalamak için dikkatli planlama ve yürütme gerektirir; bu da potansiyel olarak uygulama karmaşıklığını artırır.
- Rüzgâr veya yağış nedeniyle birden fazla açıdan görüntü alınması engellenebileceğinden eğik uçuşlar olumsuz hava koşullarına daha duyarlı olabilir.

Sonuç olarak, dikey (nadir) ve eğik veri setleri arasındaki seçim, özellikli proje hedeflerine ve

önceliklere bağlıdır. Dikey görüntüler, zemin boyutlarının yakalanmasında doğruluk ve verimlilik sunarken eğik görüntüler, mimari özelliklerin ve estetiğin kapsamlı ve ayrıntılı bir görünümünü sağlamada öne çıkar. Kararda veri kalitesi, işleme gereksinimleri ve proje hedefleri arasındaki dengeler dikkate alınmalıdır.

Çalışma kapsamında 4 yer kontrol noktası ile georeferanslama gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında 4 adet kontrol noktası ile modellerin doğruluklarını belirlemek için Karesel Ortalama Hata (KOH) hesabı yapıldı. Referans noktaları Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3. Referans noktaları.

Nokta Numarası	Sağa Değer (m)	Yukarı Değer (m)	Z(m)
Kontrol noktası 1	500437.8545	4115485.817	509.21814
Kontrol noktası 2	500415.9763	4115562.674	508.240417
Kontrol noktası 3	500406.4243	4115606.04	507.991364
Kontrol noktası 4	500429.5808	4115652.791	508.815491

Nadir uçuş modelindeki noktalar Tablo 4'te verilmiştir. Eğik uçuş modelindeki noktalar Tablo 5'te verilmiştir.

Verilen tablolar modellerin doğruluk analizinde kullanılmıştır. Buna göre nadir için 0.09 m eğik model için ise 0.07 m KOH değerleri bulunmuştur. Her ne kadar literatürde eğik çekimde görüntülerdeki bozulmanın artacağı ve doğruluğun düşeceğinden bahsedilse de düşük çekim açıları ve alçak irtifa ve görüntü kalitesine bağlı olarak bazı iyileşmelerden de söz edilmektedir [17]. Bu noktada ulaşılan KOH değerlerinin alçak irtifa ve görüntü kalitesine bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Tablo 4. Nadir uçuş modeli.

Model Nokta Numarası	Sağa Değer (m)	Yukarı Değer (m)	Z(m)
1	500437.8883	4115485.831	509.222748
2	500415.9371	4115562.618	508.237671
3	500406.4687	4115606.03	507.994629
4	500429.5956	4115652.788	508.815491

Tablo 5. Eğik uçuş modeli.

Model Nokta Numarası	Sağa Değer (m)	Yukarı Değer (m)	Z(m)
1	500437.8883	4115485.831	509.222748
2	500415.9371	4115562.618	508.237671
3	500406.4687	4115606.03	507.994629
4	500429.5956	4115652.788	508.815491

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, nadir ve eğik uçuş kullanılarak kompleks ve dairesel bir bina olan GAP YENEV binasının 3 boyutlu modellemesi gerçekleştirilmiştir. Nadir ve eğik veri setlerinin fotogrametrik olarak işlenmesi birkaç açıdan incelenmiştir.

Eğik görüntüler, çeşitli açılardan fotoğraflar çektiği ve uçuş planlamasından kaynaklı daha fazla fotoğraf sayısına sahip olduğu için düşey görüntülerden daha yoğun ve daha ayrıntılı nokta bulutlarına imkân sağlamıştır. Bu durum da daha ayrıntılı 3 boyutlu model üretme imkânı oluşturmuştur. Ayrıca eğik görüntülerin, karmaşık mimari ayrıntıları, dokuları ve cepheleri yakalamada daha üstün olduğunu söylemek mümkündür.

Özetle, iki veri kümesi arasındaki seçim proje hedeflerini, mevcut kaynakları ve son 3 boyutlu modelde gereken ayrıntı düzeyi dikkate alınmalıdır. Bu noktada eğik görüntülerin, karmaşık mimari yapılarıdaki modelleme çalışmaları için daha uygun olduğu söylenebilir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] Açıkgöz, Ö. (2011). Şehir, şehir toplumu ve şehir sosyolojisi. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, (35), 57-83.
- [2] Satoğlu, B. (2008). Yapı elemanlarına göre yapı sınıflandırma sistemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- [3] Özerbil, T., Gökten, E., Önder, M., Selçuk, O., Sarılar, N. Ç., Teggül, A., ... & Tütüneken, A. (2014). Konya büyükşehir belediyesi eğik (oblique) görüntü alımı, 3 boyutlu kent modeli ve 3 boyutlu kent rehberi projesi. *5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, UZAL-CBS*, 2014, İstanbul.
- [4] Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2015). DEM generation with UAV photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539-543.
- [5] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2020). İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.

- [6] Tiryakioğlu, İ., Uysal, M., Erdoğan, S., Yalçın, M., Polat, N., & Toprak, A. S. (3). 3 boyutlu bina modelleme ve web tabanlı sunumu: Ahmet Necdet Sezer Kampüsü örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 107-114.
- [7] Polat, N., Çokoğullu, S., Memduhoğlu, A., Ulukavak, M., Şenol, H. İ., Muharrem, O., ... & Marangoz, Ö. (2021). İHA fotogrametrisinin arkeolojik yüzey araştırmalarına katkılarının incelenmesi. *TÜBA-AR Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi*, (28), 175-186.
- [8] Aydın, İ., Cömert, O. S. O., Yaşar, M., & Polat, N. (2023). Tarihi Kızılkoyun nekropol alanında M54 no. lu kaya mezarının fotogrametri ile 3B modellenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 36-42.
- [9] Erdönmez, M. (2018). Yapılaşmış alanlarda insansız hava aracı yardımıyla eğik resim fotogrametrisi uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [10] Varlık, A., & Erdönmez, M. (2020). Yapılaşmış alanlarda insansız hava araçları ile eğik resim fotogrametrisi uygulaması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1-11.
- [11] Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel mirasın belgelenmesinde dijital yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- [12] Yılmaz, H. M., Yakar, M., & Yıldız, F. (2008). Documentation of historical caravansaries by digital close range photogrammetry. *Automation in Construction*, 17(4), 489-498.
- [13] Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., & Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth surface processes and Landforms*, 38(4), 421-430.
- [14] Jaud, M., Passot, S., Le Bivic, R., Delacourt, C., Grandjean, P., & Le Dantec, N. (2016). Assessing the accuracy of high resolution digital surface models computed by PhotoScan® and MicMac® in sub-optimal survey conditions. *Remote Sensing*, 8(6), 465.
- [15] Berra, E. F., & Peppia, M. V. (2020). Advances and challenges of UAV SFM MVS photogrammetry and remote sensing: Short review. *IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)*, Mart, 2020, 533-538.
- [16] Özcan, O. (2017). İnsansız hava aracı (İHA) ile farklı yüksekliklerden üretilen sayısal yüzey modellerinin (SYM) doğruluk analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-7.
- [17] Kyriou, A., Nikolakopoulos, K., & Koukouvelas, I. (2021). How image acquisition geometry of UAV campaigns affects the derived products and their accuracy in areas with complex geomorphology. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), 408.



© Author(s) 2023.

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