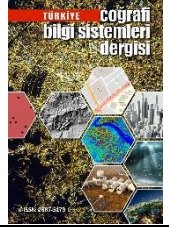




## Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tucbis>

e-ISSN 2687-5179



## İnsansız Hava Araçları ve CBS Uygulamaları

Osman Villi<sup>1</sup>, Murat Yakar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Toros Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Mersin, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

CBS  
Uzaktan Algılama  
İHA  
Fotogrametri  
İHA Uygulamaları

### ÖZ

İnsansız hava araçları son yıllarda sadece askeri uygulamalarda değil mühendislik, bilimsel ve endüstriyel alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, birçok aktif veya pasif algılayıcılarla donatılan insansız hava araçları sayesinde hassas veriler elde edilebilmektedir. Uydu verilerine göre düşük maliyetli, hızlı ve analitik çözümler sağlayan insansız hava araçları verileri aynı zamanda mekânsal, radyometrik, spektral ve zamansal çözünürlük açısından da avantajlıdır. Bu verilerin kalitesi, bu veriler ile üretilen 2 ve 3 boyutlu haritalar, ortofotolar, indeks haritaları ve nokta bulutu verilerinin kalitesini ve doğruluğunu da aynı oranda etkilemektedir. Coğrafi bilgi sistemlerine altlık olan bu çıktılar sayesinde, hassas ve nitelikli sonuçlar elde edilebilmektedir. Afet yönetimi, şehir planlama çalışmaları, telekomünikasyon faaliyetleri, risk hesaplama uygulamaları gibi birçok önemli çalışmada insansız hava araçları verileri, Coğrafi bilgi sistemlerinin altlık verilerini oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, insansız hava aracı ve CBS uygulamaları üzerinde durulmuş ve literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. CBS uygulamalarında insansız hava araçlarının kullanılmasının avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir. Son olarak gelecekteki beklentiler sıralanmıştır.

## Unmanned Aerial Vehicles and Geographic Information Systems Applications

### Keywords:

GIS  
Remote sensing  
UAV  
Photogrammetry  
UAV Applications

### ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles have been used not only in military applications but also in engineering, scientific and industrial applications in recent years. With the developing technology, sensitive data can be obtained thanks to the unmanned aerial vehicles equipped with many active or passive sensors. Unmanned aerial vehicle data, which provides low-cost, fast and analytical solutions compared to satellite data, is also advantageous in terms of spatial, radiometric, spectral and temporal resolution. The quality of this data also affects the quality and accuracy of the 2D and 3D maps, orthophotos, index maps and point cloud data produced with these data. Thanks to these outputs, which are the basis of geographic information systems, sensitive and convenient results can be obtained. In many important studies such as disaster management, city planning studies, telecommunication activities, risk calculation applications, unmanned aerial vehicle data constitute the base data of geographic information systems. Within the scope of this study, unmanned aerial vehicles and geographic information systems applications are emphasized and studies in the literature are included. The advantages and disadvantages of using unmanned aerial vehicles in geographic information systems applications are stated. Finally, expectations for the future are listed.

### \*Sorumlu Yazar

(osman.villi@toros.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8174-409X  
(myakar@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2664-6251

### Kaynak Göster

Villi O & Yakar M (2023). İnsansız Hava Araçları ve CBS Uygulamaları. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 5(1), 20-33.

## 1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA), içerisinde insan bulunmayan, otonom, yarı otonom ve/veya manuel yordamlarla uzaktan kontrol edilebilen, tümleşik sistemlerin bir araya geldiği hava araçları olarak tanımlanmaktadır (Kanun vd., 2022; Villi & Yakar, 2022; Alptekin & Yakar, 2021; Kusak vd., 2021; Cömert vd., 2021; Alptekin vd., 2020; Alptekin & Yakar, 2020a; Alptekin vd., 2019). İHA gelişim sürecinin ilk yıllarında askeri amaçlar için kullanılsa da son yıllarda birçok alanda kullanımı artmış ve çeşitli araştırmalarda büyük başarımları sağlamıştır. İHA ile havadan alınan görüntülerin mühendislik uygulamalarında, tarihi ve arkeolojik araştırmalarda, güvenlik uygulamalarında, endüstriyel alanlarda, tarımsal uygulamalarda, afet yönetimi veya ticari faaliyetlerde kullanımı günden güne artmaktadır.

Tarihi ve arkeolojik araştırmalar irdelendiğinde birçok önemli çalışmaya ulaşılmaktadır. Yakar vd. (2018) çalışmalarında kültürel mirasların 3 boyutlu (3B) oluşturulması ve kayıt altına alınarak belgelenmesi çalışmalarında İHA ve coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) faydalanmışlardır. Çalışmalarında Erzurum Üç Kümbetler Anıt Mezarlarını yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi kullanarak 3B olarak modellemişler ve CBS sistemlerine aktarmışlardır. Ulvi vd. (2020) çalışmalarında Kapadokya Bölgesinde yer alan bir kilisenin belgelenmesi için İHA sistemlerinden faydalanmışlardır. Restorasyon çalışmaları için büyük öneme sahip verileri CBS ortamında analiz etmişlerdir. Benzer şekilde Şasi & Yakar (2017) çalışmalarında Anadolu Selçuklu İmparatorluğu dönemine ait Sakahane Mescidi'nin 3B modellenmesi için İHA ve CBS sistemleri kullanmışlardır. Modellenen tarihi yapının kültürel mirasın korunması açısından önemine değinen araştırmacılar aynı zamanda olası bir restorasyon çalışması için bu verilerin oldukça kritik öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kanun vd. (2021) çalışmalarında Kanlıdivane Arkeolojik Bölgesinde bulunan bazı yapıtların 3B modellenmesi ve ölçümlenmesi çalışmalarında İHA ve CBS sistemlerinden faydalanmışlardır.

Doğal afetlerin izlenmesi ve afet yönetimi uygulamalarına bakıldığında, literatürde önemli çalışmalar mevcuttur. Yakar vd. (2022) çalışmalarında kaya düşmesi tehlikesi olan bölgelerin İHA ve CBS sistemleri kullanılarak modellenmesi üzerinde durmuşlardır. Çalışma alanının 3B modellenerek süreksizlik analizlerini yapmışlar ve özellikle ulaşılması zor bölgelerin verilerini elde ederek, olası kaya düşmeleri için süreksizlik kümelerini karakterize etmişlerdir. Alptekin & Yakar (2020b) yaptıkları çalışmada afet yönetimi üzerinde durmuşlardır. Mersin İlinde bulunan ve aşırı yağış alan Çukurkeşlik Mahallesinin kayıt altına alınmasını ve daha sonrasında meydana gelebilecek afetler için veritabanı niteliğindeki bilgileri CBS sistemine entegre etmişlerdir. Alptekin & Yakar (2022) ayrıca heyelan doğal afetinin risklerini azaltmak ve risk alanlarının modellenmesi için başka bir çalışma alanı olan Mersin İli Değirmençay Köyünü çalışma alanlarına eklemişlerdir. Benzer şekilde bu

bölgenin de periyodik aralıklarla izlenmesi ve nokta bulutları arasındaki farkların analiz edilmesi sayesinde arazi durumunun belgeleneceğini ve olası afetlere karşı önlemler alınabileceğini belirtmişlerdir.

Endüstriyel faaliyetlere bakıldığında önemli çalışmalar dikkat çekmektedir. Tutuş (2018) film endüstrisinde İHA sistemlerinin ve çekim tekniklerinin detaylarını ortaya koymuştur. Çalışmasında film sektörü için önemli olabilecek ve sinematik görüntülerin elde edilmesi için kritik sayılan İHA ve kameraların hareketlerine ve ayarlarına değinmiştir. Liao & Lu, (2017) çalışmalarında enerji üretimi için önemli olan güneş enerji santrallerinde panel arıza tespiti için İHA sistemlerinden ve termal kameralardan faydalanmışlardır. Odo vd. (2022) çalışmalarında elektrik iletim hattı kulelerinin analizi üzerinde durmuşlardır. Geliştirdikleri görüntü işleme tabanlı sistem sayesinde, İHA ile alınan görüntülerin anlık analizi ile hızlı arıza tespiti yapabilmişlerdir. (Karaköse, 2017) elektrik hatlarını izlemek ve olası kopuklukları tespit etmek için görüntü işleme tabanlı İHA sistemi geliştirmiştir. (Rossi vd., 2016; Bretschneider & Shetti, 2016) gaz kaçaklarını otomatik tespit edebilen İHA sistemi geliştirmişler ve gaz iletim borularında testlerini gerçekleştirmişlerdir.

Mühendislik uygulamaları incelendiğinde de İHA sistemlerinin oldukça önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Morgenthal & Hallerman (2014) çalışmalarında yapı hasar tespiti ve restorasyon çalışmaları için İHA görüntüleri kullanmışlardır. Yapılarda meydana gelen çatlakların otomatik tespit edilmesi için görüntü işleme tabanlı sistemler geliştirmişlerdir. Kınalı & Çalışkan, (2022) çalışmalarında orman yolu projeleri için uygun yerlerin seçimi için İHA verileri kullanmışlardır. İHA verileri üzerinden yaptıkları alan ve hacim ölçümleri sayesinde proje maliyetlerini de önceden tespit edebilmişlerdir.

Son yıllarda hassas tarım uygulamalarında da İHA sistemleri oldukça popüler ve güvenilir hale gelmektedir. (Ok & Ozdarici-Ok, 2017) çalışmalarında ağaç sayılarının otomatik hesaplanabilmesi için İHA ve CBS sistemlerinden faydalanmışlardır. Donmez vd. (2021) çalışmalarında ağaç sayım uygulamaları için farklı yöntemler önermiş ve multispektral kamera kullanarak yüksek başarımları sağlamışlardır. Tanut vd. (2021) çalışmalarında şeker kamışı bitkisinin verim tahmini için İHA görüntülerini kullanmışlardır. Geliştirdikleri görüntü işleme ve yapay zekâ sistemi tabanlı uygulama sayesinde %98.69 doğrulukta verim tahmini yapmışlardır.

İHA'lara eklenebilen aktif ve pasif çeşitli sensörler bulunmaktadır. Kameralar ise en yaygın kullanılan elektro-optik sensörlerdir. Bu sensörler genellikle, video kamera, standart fotoğraf makinesi, multispektral kamera, termal kamera, hiperspektral kamera, oblik kamera veya web kamerası olabilir (Cilek vd., 2022). Son yıllarda geliştirilen yüksek çözünürlüklü ve geniş bant algılama yapabilen kameralar sayesinde yüksek kalitede görüntüler toplanabilmektedir. Bu görüntüler, fotogrametrik harita üretim teknikleriyle işlenerek yoğun nokta bulutuna, sayısal yükseklik modeline, ortofoto haritaya veya indeks haritasına dönüştürülebilmektedir. Elde edilen çıktılar, uydu

görüntülerine göre daha iyi mekânsal, radyometrik ve spektral çözünürlüğe sahip olmaktadır (Özcan, 2017; Villi, 2019).

CBS (CBS), coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analizi ve görselleştirilip yorumlanmasında kullanılan sistemler bütünü olarak tanımlanabilir. Çok sayıda kaynaktan elde edilen farklı türdeki veriler bir araya gelerek CBS sistemini beslemektedir. Verilerin tutarlı ve hassas olması, çıktı verilerinin de doğruluğunu etkilemektedir. Dolayısı ile CBS sistemini besleyen girdilerin düşük hata oranına sahip, yüksek çözünürlüklü ve güncel olması istenmektedir. İHA'lar da bu aşamada CBS sistemleri için büyük öneme sahip araçlardır. Alınan görüntülerin mekânsal çözünürlüğünün son derece iyi olması, uydu görüntülerine göre daha güncel olması ve radyometrik çözünürlük açısından hassas olması, çıktı verilerinin güvenilirliğini de doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışma kapsamında, İHA ve CBS sistemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar irdelenmiş ve gelecekteki beklentiler sunulmuştur.

## 2. İHA VE SENSÖRLER

Askeri tip olmayan İHA sistemlerinin ana hedefi, üzerinde taşıdıkları faydalı yükler ile veri elde etmektir (Fahlstrom vd., 2022). İHA'ların gerçekleştireceği görevin gerekliliklerine bağlı olarak faydalı yükler çeşitlilik göstermektedir. İHA sistemlerinde genel olarak bilgi toplayıcı, iletişim sağlayıcı, navigasyon ve yönlendirme amaçlı faydalı yükler bulunabilir. Bilgi toplayıcı faydalı yükler arasında da en yaygın kullanılan sensörler elektro-optik sensörlerdir (Villi & Yakar, 2022). Elektro-optik sensörler genellikle görüntü formatında veriler toplayan sistemlerdir. Bu sistemlerin sivil amaçlı kullanımlarında genellikle görüntü formatlarında veriler elde edilmektedir. Bu veriler ise çoğunlukla CBS'nin veri kaynağını oluşturmaktadır.

Dünya pazarı incelendiğinde CBS tabanlı İHA sistemlerinin pazar payı 2022 yılı itibarıyla 300 milyon dolar olmuştur ve 2023 yılı için 349.5 milyon dolar olması beklenmektedir. Ayrıca 2033 yılı beklentileri de yaklaşık 1.6 milyar dolardır. Küresel İHA pazarının %31'ini oluşturan CBS tabanlı İHA sistemleri her sene yaklaşık %16.5 büyümeye göstermektedir (Factmr, 2022).

### 2.1. İHA Türleri

İnsansız hava araçları için çeşitli kurumlar ve araştırmacılar birçok sınıflandırma yöntemi ortaya atmışlardır. İHA'nın motor ve kanat tipine, yakıt tipine, menziline, irtifasına veya ağırlığına göre sınıflandırmalar yapılmıştır. Örneğin Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA'ları ağırlığına göre sınıflandırmış ve bir talimatname yayınlamıştır (SHGM, 2020). Bento (2008) ise İHA'ları görevlerine göre sınıflandırmıştır (Tablo 1, 2).

**Tablo 1.** SHGM İHA Sistemleri Talimatnamesi 'ne göre İHA'ların sınıflandırılması

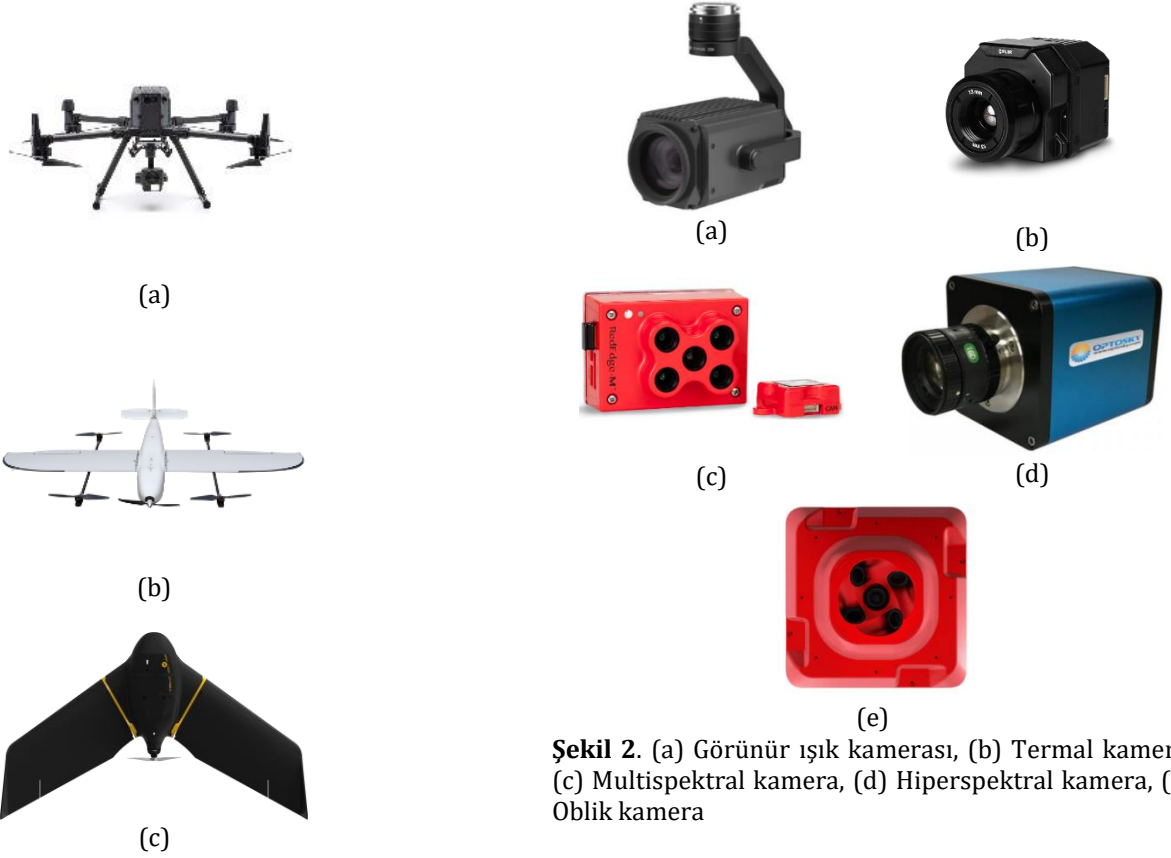
Tip	Ağırlık
İHA0	500 gr - 4 kg
İHA1	4 kg - 25 kg
İHA2	25 kg - 150 kg
İHA3	>150 kg

**Tablo 2.** İHA'ların (sivil, askeri, bilimsel, endüstriyel ayırt etmeksizin) sınıflandırılması (Bento, 2008)

	C	W	R	T	L
Mikro	Mikro	0.10	250	1	<10
	Mini	<30	150-300	<2	<10
Taktiksel	Çok Yakın Menzil	150	3000	2-4	10-30
	Yakın Menzil	200	3000	3-6	30-70
	Orta Menzil	150-500	3000-5000	6-10	70-200
	Uzun Menzil	-	3000-5000	6-13	200-500
	Dayanıklı	500-1500	5000-8000	12-24	>500
	Orta İrt.-Uzun Dayanıklı	1000-1500	5000-8000	24-48	>500
Stratejik	Yüksek İrtifa-Uzun Dayanıklı	2500-12500	15000-20000	24-48	>2000
	Muharip	250	3000-4000	3-4	>2000
Göreve Özel	Yem	250	50-5000	<4	0-500
	Stratosferik	-	20000-30000	>48	>2000
	Stratosfer Dışı	-	>30000	-	-

Kanat tiplerine göre sınıflandırma söz konusu olduğunda sabit kanat, döner kanat ve hibrit kanat tipli İHA tasarımları mevcuttur. Motor tiplerine göre sınıflandırma söz konusu olduğunda içten yanmalı ve elektrik motorlu tasarımlar, yakıt türlerine göre sınıflandırmada elektrikli ve sıvı yakıtlı sistemler, menzillerine göre incelendiğinde ise çok yakın, yakın, orta, uzun menzilli İHA modelleri mevcuttur.

Sivil amaçlı İHA sistemlerinde en yaygın kullanılan sınıflandırma kanat türlerine göre yapılan sınıflandırmadır. Sabit kanatlı İHA modelleri kanat yapıları gereği aerodinamik açıdan oldukça verimlidir ve uzun süreler havada kalabilmektedir. Ayrıca kanat yüzey alanı ve kanat açıklığına bağlı olmakla birlikte yüksek faydalı yük kapasiteleri mevcuttur. Ancak havada asılı kalma, iniş-kalkış esnasındaki problemler, maliyet ve erişebilirlik açısından döner kanat İHA modellerine göre dezavantajlıdır. Uçuş yapılacak alanın büyüklüğü, taşınacak sensörlerin ağırlığı, uçuş süresi isterleri göz önüne alınarak İHA tipleri tercih edilmektedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** (a) Döner kanat, (b) Hibrit tip, (c) Sabit kanat tiplerine sahip İHA türleri

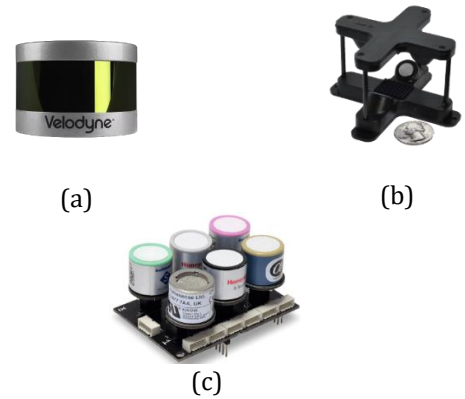
Bazı kaynaklarda ise İHA'lar uçuş kabiliyetlerine göre sınıflandırılmaktadır. Eğer İHA tamamen İHA operatörü tarafından kontrol edilebiliyorsa Seviye 0, İHA irtifasını koruyabiliyor ancak diğer tüm kontroller İHA pilotunda ise Seviye 1, İHA otonom kabiliyete sahip ancak büyük oranda İHA operatörü etkin ise Seviye 2, İHA büyük oranda otonom ancak İHA operatörünün gözleminde etkin ise Seviye 3, İHA tamamen otonom kabiliyete sahip ancak gerekli olduğunda İHA operatörü müdahale edebilir durumdaysa Seviye 4, İHA herhangi bir operatöre hiç ihtiyaç duymadan görevini yerine getirebiliyorsa Seviye 5 olarak sınıflandırılmaktadır. Sivil amaçlı İHA sistemlerinin birçoğu Seviye 3 ve Seviye 4 sınıfında yer almaktadır. Seviye 5 İHA türüne ulaşmadaki temel sorun ise ülkelerin kanun ve regülasyonlarıdır (Gislounge, 2021).

## 2.2. İHA Sensör Türleri

İHA üzerlerine entegre edilen, uçuş alanına ve uçuşa ait çeşitli formatlarda verileri toplayan, işleyen ve/veya kaydeden sistemlere İHA sensör sistemleri veya faydalı yük isimleri verilmektedir (Yakar vd., 2023). Gerek askeri gerekse sivil kullanımlarda en yaygın kullanılan faydalı yükler elektro-optik sistemlerdir. Görüntü veya video formatlarında veri toplayan elektro-optik sistemler, nesnelerin ışık yansıma değerlerini kaydetmekte ve insan gözünün görebileceği formata dönüştürmektedirler. Yaygın olarak kullanılan türleri arasında görünür ışık kameraları, termal kameralar, multispektral kameralar, hiperspektral kameralar, oblik kameralar yer almaktadır (Şekil 2).

**Şekil 2.** (a) Görünür ışık kamerası, (b) Termal kamera, (c) Multispektral kamera, (d) Hiperspektral kamera, (e) Oblik kamera

İHA'lar üzerine entegre edilebilen diğer sensör türleri arasında ise LiDAR sensörler (Laser Detection and Ranging), gaz yoğunluk ölçüm sensörleri, meteorolojik sensörler, radyoaktivite ölçüm sensörleri gibi sistemler vardır (Şekil 3).



**Şekil 3.** (a) LiDAR sensör, (b) Meteorolojik sensör, (c) Gaz ölçüm sensörü

## 3. CBS

CBS, coğrafi verileri toplamak, yönetmek, analiz etmek, görselleştirmek, paylaşmak ve saklamak için kullanılan sistemler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. problemlerin çözülmesine yönelik mekan/konuma dayalı karar destek süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmaktadır (Wikipedia, 2022; Esri, 2023; Başarsoft, 2023; Tecim, 2008).

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, CBS'nin etkin kullanımı birçok problemi daha iyi anlamayı ve problemlere analitik çözümler üretmeyi mümkün kılmaktadır. CBS'nin çözüm üretebildiği veya

kullanıcılara karar destek sistemi olarak yardımcı olduğu bazı problemler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** CBS uygulamaları ile analiz edilebilen bazı örnek durumlar

Yatırıma uygun alanların tespiti
Heyelan bölgelerinin tespiti
Deprem toplanma alanlarının tespiti
Baraj inşaatı için uygun yer seçimi
Hastane, okul, sanayi kuruluşları için yer tespiti
En kısa rota planlamaları
Güneş enerji santralleri için yer tespiti
Rüzgâr türbinleri için yer tespiti
Sel, taşkın vb. gibi afetlerin analizi
Sulama stratejisi geliştirme
Arazi kullanımı analizleri
Meteoroloji ile ilgili analizler
Trafik ile ilgili analizler
Çevre ve şehircilik kapsamında yapılan analizler

CBS sistemleri birçok donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte donanımların erişilebilirliği ve kapasiteleri oldukça artmıştır. Güncel herhangi bir bilgisayar sistemi bile CBS yazılımlarını kolaylıkla yürütebilmektedir. Sıklıkla kullanılan ve yukarıda bahsedilen problemlerinin analizlerinde kullanılan bilgisayar yazılımlarına aşağıda yer verilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Günümüzde sıklıkla tercih edilen CBS bilgisayar yazılımlarından bazıları

Uygulama Adı	Özellikleri
Arc/Info	Harita otomasyonu, veri dönüşümleri, sorgulama, topografik analiz vb.
QGIS	Veri görüntüleme, veri düzenleme, raster ve vektör veri işlemleri, sorgulama vb.
ArcView GIS	Raster ve vektör veri sorgulama, düzenleme, çapraz platformlarda çalışabilme vb.
SDE	Coğrafi veri depolama, veri yönetimi, veri analizi vb.
MapObjects	Harita oluşturma, veri görselleştirme, CBS programları oluşturma vb.
ArcIMS	Veri kaynaklarını görüntüleme, düzenleme, sorgulama vb.
MicroStation	Konumsal analizler, 3 boyutlu modelleme, animasyon vb.
MapInfo	Veri görselleştirme, analiz etme, düzenleme, sorgulama, çıktı alma gibi çok çeşitli işlemlerin yapılmasına olanak sağlayan GIS yazılımı.
Netcad GIS	Veri görselleştirme, veri sorgulama, harita çizimi, halihazır harita üretimi, imar planı çizimi vb.

#### 4. İHA VE CBS UYGULAMALARI

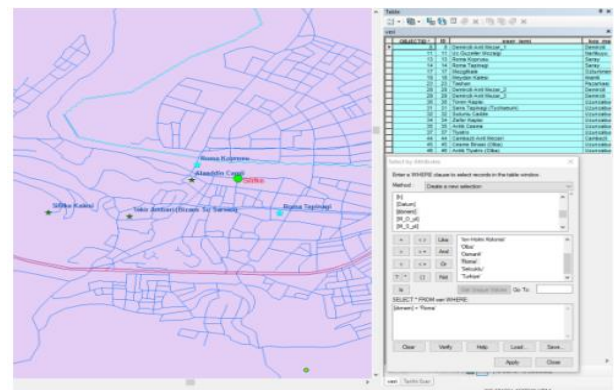
İHA sistemlerinin, CBS' nin kullanıldığı uygulamalar için önemi son yıllarda oldukça artmıştır. Devlet kurumlarının yanı sıra özel kurum ve kuruluşlar tarafından da kullanılan İHA ve CBS sistemlerinin uygulama alanları her geçen gün genişlemektedir. İHA teknolojisi ölçme ve haritalama, tarihi ve mimari araştırmalar, güvenlik uygulamaları, yaban hayatının izlenmesi, afet izleme ve afet analizi gibi birçok CBS uygulamasında hâlihazırda kullanılmaktadır (Lifeingis, 2023).

CBS sistemlerinin ihtiyaç duyduğu coğrafi veriler birçok kaynaktan elde edilmektedir. Ancak elde edilecek sonuçların doğruluğunun ve çözünürlüğünün yüksek olması istendiğinde girdi verilerinin de kalitesi aynı oranda yüksek olması istenir. Uydulardan alınan görüntüler çoğu zaman mekânsal, radyometrik, spektral ve zamansal çözünürlük açısından İHA görüntülerine göre yetersizdir. Bu yüzden çok büyük olmayan alanların analizlerinde, İHA görüntüleri daha hassas sonuçlar üretebilmektedir. Literatür incelendiğinde, İHA görüntüleri kullanılarak oluşturulan CBS sistemlerinin başarılı sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Yakar & Doğan (2018) çalışmalarında kültürel mirasların 3Bmodellemesinin önemine değinmişlerdir. Çalışmalarında İHA ve CBS sistemlerinin entegre ve etkin kullanım örneklerine değinen araştırmacılar Mersin İli Silifke İlçesi' nde bulunan 46 tarihi yapıya ait verileri toplamışlardır. Bu tarihi yapılardan bazılarının 3B modellerini oluşturarak bu yapıların durumunun tespiti, belgelenmesi korunması ve restorasyon çalışmaları için altlık harita şeklinde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır (Şekil 4, Şekil 5).

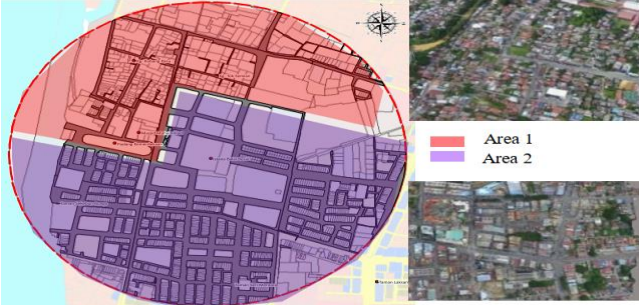
QGIS ID	eser_ismi	soy_mahalle	Y_3	X_3	Y_6	X_6	phi	lambda	h	Datum	dogum
1	Meryem Ana Kilesesi	Nerliya	56905	402459	58098	402297	30°28'22"87	34°6'18"14	196.38	WGS84	Bucara
2	Ayaz Tepe	Uslakdere	56557	402677	58354	402468	30°21'40"38	33°59'52"45	116.62	WGS84	Bucara
3	Agrohdas Anıtı Kenti	Vesilivrcok	56213	400323	56210	401163	30°6'20"85	33°41'25"67	59.16	WGS84	İsmet Paşa Köyü
4	Camış Kilesesi	Camış	56248	404691	59244	404020	30°24'20"25	34°11'59"72	975.15	WGS84	Bucara
5	Karakabaklı Anıtı Kenti	Karakabaklı	58110	403380	59106	403219	30°25'50"23	34°6'57"46	446.44	WGS84	Bucara
6	Kubbe	Karadere	56913	403626	58910	404464	30°27'10"40	33°59'30"61	601.41	WGS84	Bucara
7	İskender Anıtı Kenti	Karadere	56925	403480	59031	403319	30°28'20"80	34°6'27"79	506.43	WGS84	Bucara
8	Demirci Anıtı Bazarı	Demirci	56587	403545	58584	403383	30°28'45"29	33°57'32"25	791.44	WGS84	Roma
9	Uzuncağrı (Çelebi) Anıtı Kenti	Uzuncağrı	40285	405074	60281	404669	30°35'11"48	33°55'37"48	1246.19	WGS84	İstanbul
10	Oba Anıtı Kenti	Uzuncağrı	56638	405081	59635	404819	30°33'3"42	33°57'54"97	1244.16	WGS84	İstanbul
11	Üç Çukurluk	Nerliya	56975	403380	58911	403195	30°25'20"36	34°04'4"14	58.29	WGS84	Roma
12	Taş Anıtı (Roma Sü Sarayı)	Sarıca	56266	402781	58262	402569	30°22'22"82	33°55'16"19	84.60	WGS84	Bucara
13	Roma Köprüsü	Sarıca	56302	402880	58289	402839	30°22'44"82	33°55'30"80	69.59	WGS84	Roma
14	Roma Kalesi	Sarıca	56311	402764	58245	402621	30°22'26"86	33°55'30"58	69.59	WGS84	Roma
15	Saklı Kalesi	Pazarbaşı	56230	402768	58277	402685	30°22'24"80	33°55'2"69	206.60	WGS84	Oba
16	Taş Anıtı Kenti	Taşbaşı	56325	401428	58322	401287	30°16'37"57	33°48'14"84	512.02	WGS84	Saklı
17	Meryem Kilesesi	Çatırmaz	56926	402787	59023	402625	30°28'1"81	34°13'7"91	544.36	WGS84	Roma
18	Meryem Kalesi	İmam	56741	404181	58737	403939	30°28'45"24	33°58'22"24	646.33	WGS84	Roma
19	Gökbucağı	Çarşak	56463	404339	58966	404078	30°38'28"74	34°0'27"84	976.28	WGS84	Bucara
20	Resadîye Camii	Sarıca	56369	402773	58365	402612	30°22'35"82	33°55'57"56	79.59	WGS84	Çatırmaz

**Şekil 4.** Tarihi yapıların veritabanı tablosu (Yakar & Doğan, 2018)



**Şekil 5.** ArcGIS CBS yazılımı üzerinde sorgulama işlemi (Yakar & Doğan, 2018)

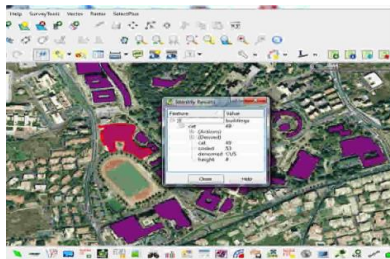
Noor vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada Phantom 3 model döner kanat insansız hava aracı kullanarak Malezya'da bulunan Kota Bharu bölgesinden görüntüler toplamışlardır. Topladıkları 793 adet İHA görüntülerini, Agisoft fotogrametrik değerlendirme yazılımında işlemişler ve 3B şehir modeli oluşturmuşlardır. Uçuş planını hazırlarken Pix4DCapture uygulamasını kullanmışlar ve %80 dikey, %65 yatay bindirme ayarlarını kullanmışlardır. Elde ettikleri 3B şehir modeli ile Arcgis 17 CBS yazılımı üzerinde analizler yapmışlardır (Şekil 6).



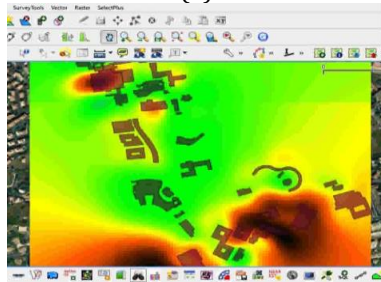
Şekil 6. 3B modellenmiş şehir merkezinin GIS yazılımı üzerinde analizi (Noor vd., 2019)

Çalışmalarında İHA görüntüleri ile oluşturulan güncel 3B haritalama sayesinde imar planlarının verimli oluşturulabileceğini ve tarihsel değişimin izlenebileceğini belirtmişlerdir.

Mangiameli vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada, İHA'ların verimli şekilde veri toplayabilmesi için CBS tabanlı bir uçuş planı hazırlama sistemi geliştirmişlerdir. İHA'ların herhangi bir engelle karşılaşmadan veya topografik kısıtlardan kaçınarak uçuş yapabilmesi için öncelikle raster veriler üzerinde sınıflandırma yapmışlardır. Bina ve yüksek yapılar ile sayısal yükseklik modeli verilerini kullanarak İHA uçuş planı için haritalar üretmişlerdir. Çalışmalarında QGIS CBS yazılımını kullanmışlar ve Open Layer Kütüphanesi ile WebGIS açık kaynak sistemlerinden faydalanmışlardır (Şekil 7).



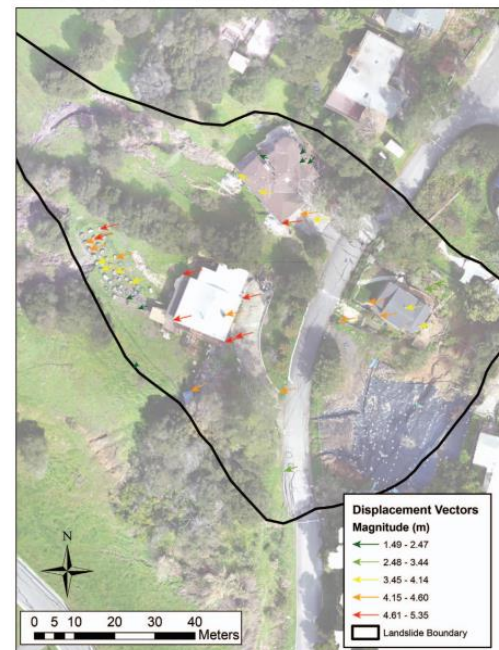
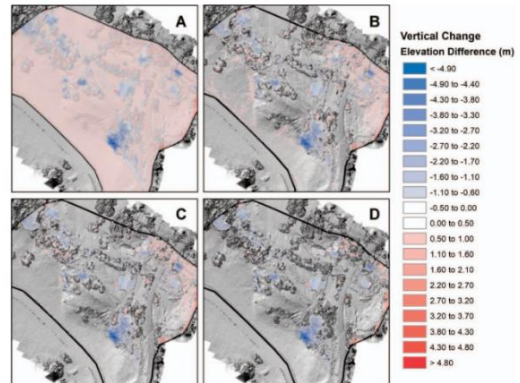
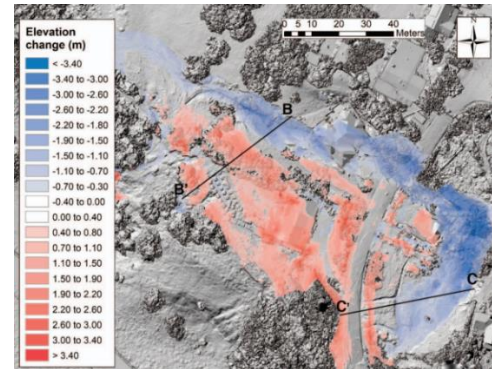
(a)



(b)

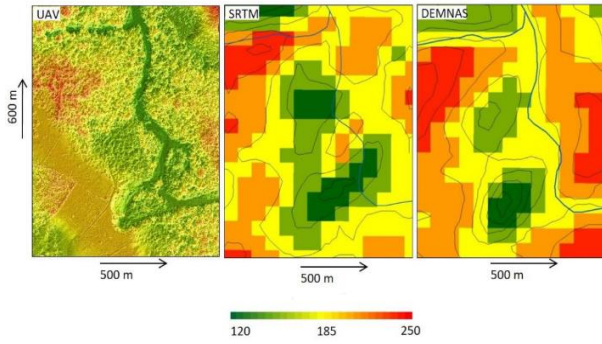
Şekil 7. Açık kaynak İHA uçuş planı hazırlama arayüzü (a) Binaların sınıflandırılması, (b) Sayısal yükseklik modeliyle birlikte oluşan uçuş planı uygunluk haritası) (Mangiameli vd., 2013)

Carey vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada toprak kayması gibi jeomorfik değişimleri izlemek için İHA ve CBS sistemlerinden yararlanmışlardır. Çalışmalarında Phantom 3 model bir döner kanat İHA kullanarak Kaliforniya yakınlarındaki bir alandan görüntüler toplamışlardır. Bu görüntüleri Agisoft Photoscan fotogrametrik değerlendirme yazılımında işleyerek sayısal yükseklik modelleri elde etmişlerdir. Farklı zaman periyotlarında oluşturulan sayısal yükseklik modellerini ArcMap CBS yazılımında karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, yatay ve dikey düzlemde meydana gelen değişimler ile bu değişimlerin yönlerini hesaplamışlardır (Şekil 8).

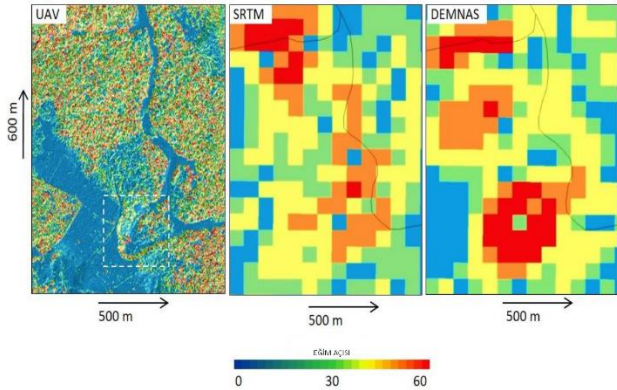


Şekil 8. Jeomorfik değişimler (Carey vd., 2019)

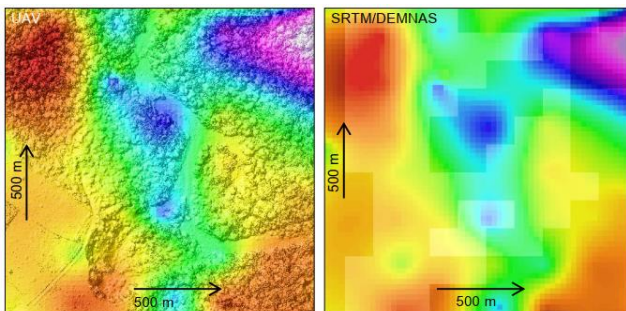
Yanis vd. (2020) yaptıkları çalışmada SRTM ve DEMNAS verileri ile İHA verilerini karşılaştırmışlardır. 30 metre çözünürlüğe sahip SRTM verileri, 8.2 metre çözünürlüğe sahip DEMNAS verileri ve 2.5 santimetre çözünürlüklü İHA verilerinden DEM (digital elevation model) harita oluşturmuşlardır. Aynı zamanda eğim haritası da oluşturmuşlar ve hassasiyetlerini kıyaslamışlardır. Çalışmalarında ayrıca manyetik alan değişim haritasını da oluşturarak olası kömür madeni tespiti için haritalar elde etmişlerdir. Deneylerinde İHA modeli olarak DJI marka Mavic Pro Platinum modeli kullanarak %80-%100 arası bindirme oranıyla, 100 metre irtifadan 630 adet fotoğraflar almışlardır. Bu fotoğrafları Pix4D Mapper fotogrametrik değerlendirme yazılımında işleyerek yoğun nokta bulutu, ortomozaik görüntü ve sayısal yükseklik modeli elde etmişlerdir. Elde ettikleri görüntüleri ArcGIS 10.5 CBS yazılımına aktarmışlardır. STRM ve DEMNAS verilerini de ArcGIS 10.5 yazılımına aktarıp bu 3 görüntüyü çeşitli yönleriyle kıyaslamışlardır (Şekil 9-11).



**Şekil 9.** İHA, SRTM ve DEMNAS verileriyle oluşturulan DEM haritası (Yanis vd., 2020)



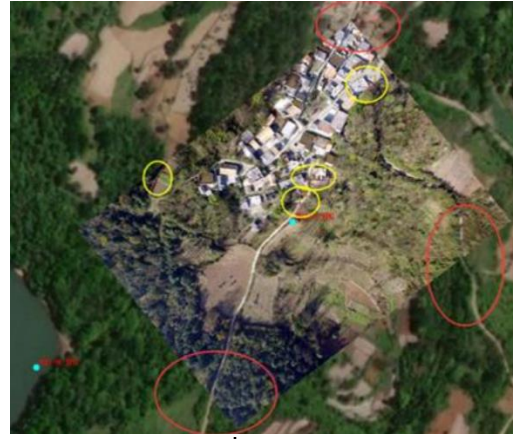
**Şekil 10.** İHA, SRTM ve DEMNAS verileriyle oluşturulan eğim haritası (Yanis vd., 2020)



**Şekil 11.** İHA, SRTM ve DEMNAS verileriyle oluşturulan manyetik alan değişim haritası (Yanis vd., 2020).

Çalışmalarının sonucunda, küçük bölge analizlerinde veya büyük ölçekli altlık harita oluşturma süreçlerinde, İHA görüntülerinin uydu verilerine göre oldukça başarılı ve hassas sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Wang vd. (2020) çalışmalarında raster türdeki İHA fotoğraflarının hızlı şekilde jeoreferanslanmasına yönelik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Klasik yöntemlerde uzun zaman alan bu süreci hızlandırmak için, bir Python programlama kütüphanelerinden faydalanmışlardır. Fotoğrafların düzenlenmesi ve uygun şekilde klasörlenmesi için PyCharm kütüphanesinden, fotoğrafların koordinat sistemi düzenlemeleri ve birleştirilip shape dosyası oluşturulması işlemleri için Arcpy kütüphanesinden yararlanmışlardır. ArcGIS CBS yazılımı üzerindeki Python komut terminalini kullanarak 11320 İHA görüntüsünü birleştirip koordinatlandırarak ArcGIS CBS ortamına aktarmışlardır ve çalışmaları sonucunda, klasik yöntemlere göre %70 zaman tasarrufu elde ettiklerini belirtmişlerdir (Şekil 12).



**Şekil 12.** 11320 adet İHA fotoğrafının ArcGIS CBS yazılımı ortamına aktarılması ve coğrafi düzeltme işlemi (Wang vd., 2020)

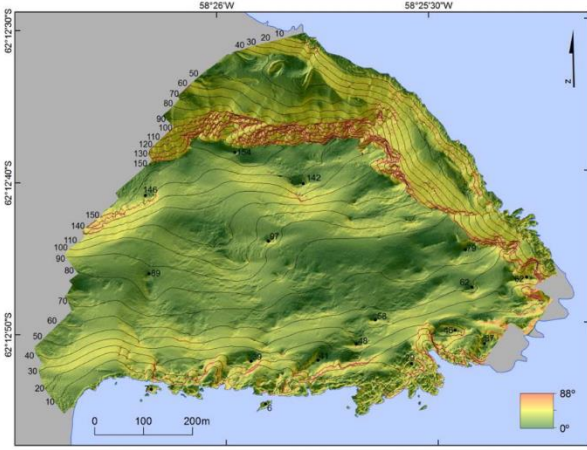
(Dabski vd., 2017), Antarktika'da bulunan Kral Georgia Adası'nın Demay Buzulu noktasında araştırmalarda bulunmuşlardır. İklim değişikliğinin izlenmesi için yaptıkları çalışmalarda PW-ZOOM model bir sabit kanatlı İHA ile görüntüler toplamışlardır (Şekil 13).



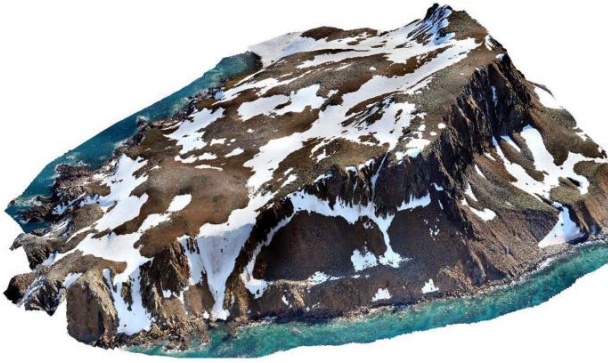
**Şekil 13.** Çalışmada kullanılan PW-ZOOM model sabit kanatlı İHA

350 metre irtifadan %70 dikey, %60 yatay bindirme oranıyla toplamda 766 adet fotoğraf toplamışlar ve

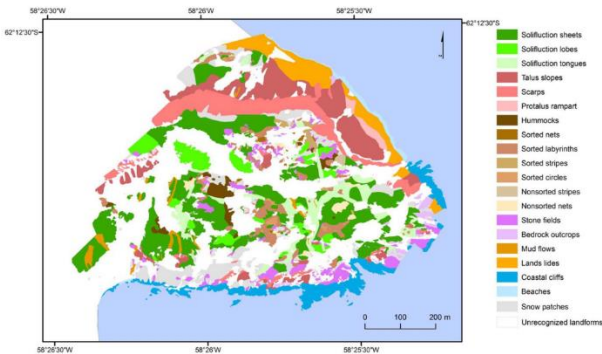
topladıkları fotoğrafları Agisoft Photoscan fotogrametrik değerlendirme yazılımında birleştirerek ortofoto görüntü elde etmişlerdir. Bu ortofoto görüntüyü ise ArcGIS 10.3 CBS yazılımına aktarmışlardır. Eğim, bakı ve kontur analizlerini ArcGIS üzerinde yer alan spatial analiz aracıyla gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca 3B görselleştirme için ArcScene 10.3 yazılımından faydalanmışlardır (Şekil 14, Şekil 15, Şekil 16).



Şekil 14. Çalışma alanının ArcGIS hillshade (kabartma) aracıyla oluşturulması (Dabski vd., 2017)



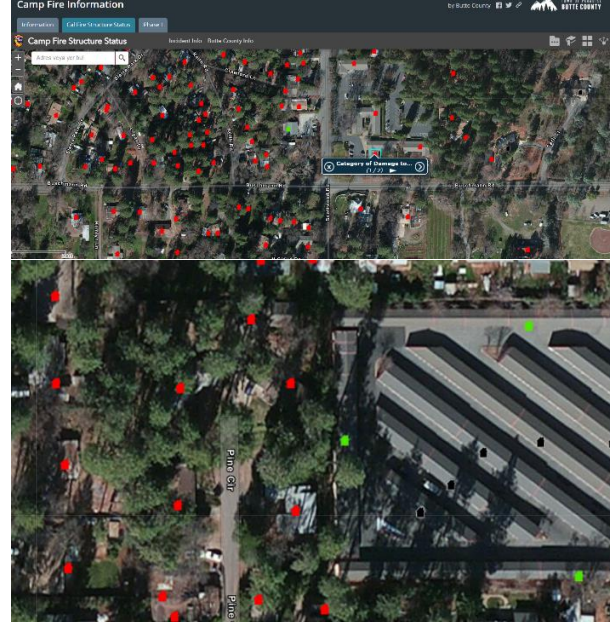
Şekil 15. Çalışma alanının ArcScene ile 3B oluşturulması (Dabski vd., 2017)



Şekil 16. Çalışma alanının ArcGIS araçları ile sınıflandırılmış sonuç görüntüsü (Dabski vd., 2017)

Araştırmacılar çalışma sonucunda, uydu görüntüleri yerine yüksek çözünürlüklü ve güncel İHA görüntüleri kullanarak çok daha hassas veriler elde edilebileceğini, özellikle iklim değişimi izleme çalışmaları gibi hassas konularda İHA görüntülerinin kullanımının daha doğru sonuçlar ortaya koyabileceğini belirtmişlerdir.

İHA'lar acil durum yönetimi açısından birçok alanda kullanılmaktadır. Geniş alanları hızlı bir şekilde tarayabilmekte ve afet yönetimi konusunda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. 2018 yılında Kaliforniya'da meydana gelen bir kamp yangınına ait alanın haritalanması ve CBS sistemine entegre edilmesi sayesinde felaketlerin analizi hakkında birçok sonuç elde edilebilmiştir. Ayrıca Kaliforniya Ormanlık ve Yangından Korunma Departmanı, kendi sorumluluk alanlarında tespit edilen yangınları anlık olarak CBS sistemlerine entegre ederek diğer insanların haberdar olmasını ve korunmaları için çevrimiçi CBS sistemi (Şekil 17) geliştirmektedirler (CA, 2023; PSU, 2023).



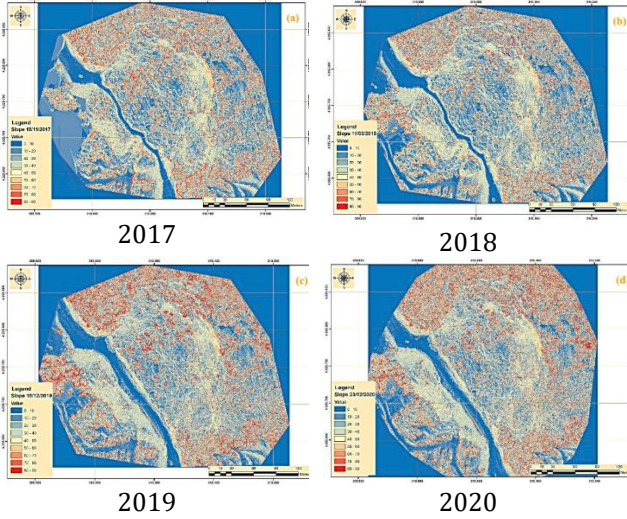
Şekil 17. Çevrimiçi yangın izleme ve korunma CBS sistemi

Fukano vd. (2021) yaptıkları çalışmada ürün verimliliğini hesaplamak için DJI Inspire 1 model döner kanat İHA ve multispektral kamera ile Litchi uçuş planı hazırlama uygulaması kullanarak 30 metre irtifadan görüntüler toplamışlardır. Toplanan görüntüleri Pix4D Mapper fotogrametrik değerlendirme yazılımında birleştirmişlerdir. Şubat, Mart ve Nisan aylarına ait verileri periyodik olarak toplayarak ortomozaik görüntü, sayısal yükseklik modeli ve NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: Normalized edilmiş fark bitki örtüsü indeksi) görüntü oluşturmuşlardır. Geliştirdikleri istatistiksel metot (GAUSS: GIS based Analysis UAV-Supported Field Study) ile buğday ve soya fasulyesi verim tahminlerinde başarılı sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir.

Kyriou vd. (2021) yaptıkları çalışmada, Yunanistan'ın batı kesimlerinde olası bir heyelan felaketini araştırmak için İHA ve CBS sistemlerinden faydalanmışlardır. DJI Matrice 600 ve DJI Phantom 4 model döner kanat İHA modelleri ile 110 metre irtifadan uçuş gerçekleştirmişlerdir. %90 dikey ve %75 yatay bindirme kullanarak 2017-2020 yılları arasında 25 uçuş yaparak görüntüler toplamışlardır. Agisoft Photoscan fotogrametrik değerlendirme yazılımı kullanarak sayısal yükseklik modeli ve ortofoto oluşturmuşlar ve farklı zamanlara ait görüntüleri kıyaslamışlardır.

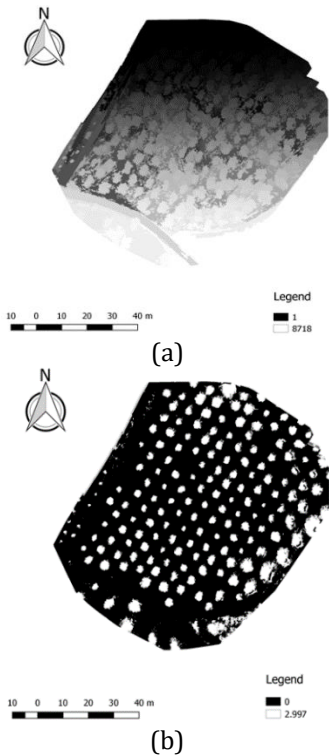


Çalışmalarının sonunda değişen koordinatları ve değişme yönlerini MATLAB bilgisayar yazılımı ve Arcgis CBS yazılımları kullanarak hesaplatmışlardır. Son olarak sayısal yükseklik modelleri, eğim haritaları ve vejetasyon haritaları arasındaki değişimleri analiz etmişlerdir (Şekil 18).



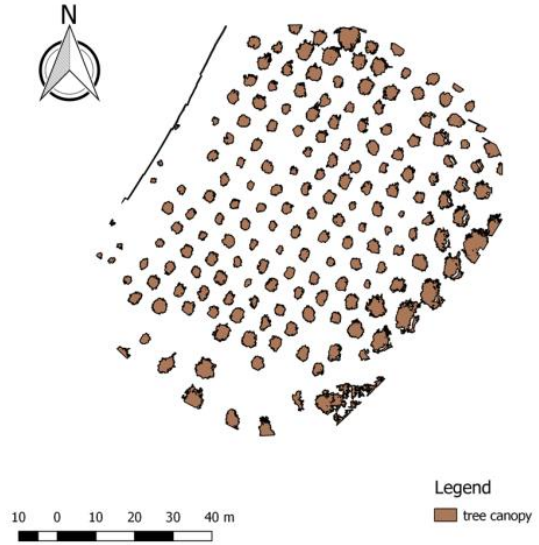
Şekil 18. Farklı senelere ait eğim haritası (Kyriou vd., 2021)

Duarte vd. (2022) yaptıkları çalışmada zeytin fidanlarının, okalıptüs ağaçlarının ve üzüm bağlarının olduğu bir çalışma alanı için analiz uygulaması geliştirmişlerdir. 3RD Solo model döner kanat İHA ve Micasense Rededge model multispektral kamera ile görüntüler toplamışlardır. Açık kaynak CBS platformu olan QGIS programı üzerinde Python 2.7 versiyonunu ve PyQt4 arayüz geliştirme kütüphanesini kullanarak ağaç tacı çıkarımı uygulaması geliştirmişlerdir (Şekil 19, 20).



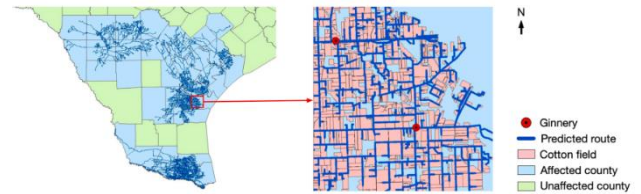
Şekil 19. (a) Segmente edilmiş zeytin fidanlığı görüntüsü, (b) Zeytin fidanlığı NDVI indeks görüntü

üzerinde denetimsiz öğrenme algoritması kullanarak sınıflandırılmış görüntü (Duarte vd., 2022)



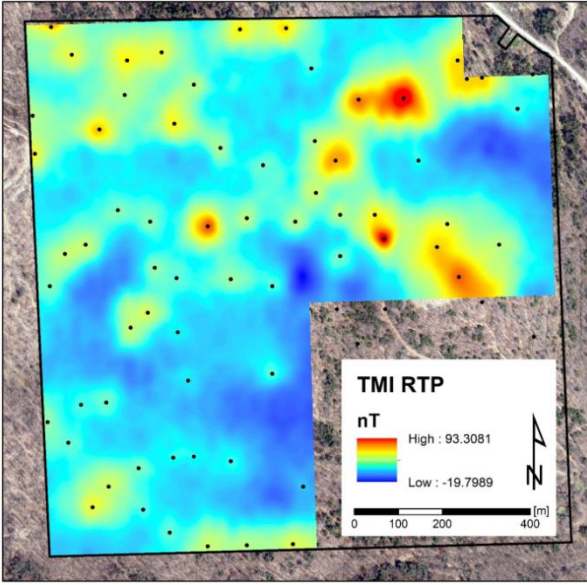
Şekil 20. Ağaç taçlarının shapefile olarak çıkarımı (Duarte vd., 2022)

Pamuk bitkisi yetiştirilen bölgelerde, hasat sonrası çıkan ve kaliteyi düşüren zararlı pamuk bitkilerinin temizlenmesi oldukça önemlidir. (Wang vd., 2022) yaptıkları çalışmada Texas bölgesindeki çalışma alanları üzerinde (30 metre irtifadan) İHA ile görüntüler toplamışlar (DJI Matrice 100 ve multispektral kamera ile) ve çeşitli sınıflandırma yöntemleriyle “volunteer cotton” adı verilen bu bitkilerin temizlenmesi için CBS sistemlerinden faydalanmışlardır. Bu bitkilerin CBS sisteminde koordinatlı şekilde kayıt altına alınması ve bitkilerin kısa zamanda temizlenebilmesi için rotalar hesaplamışlardır (Şekil 21).



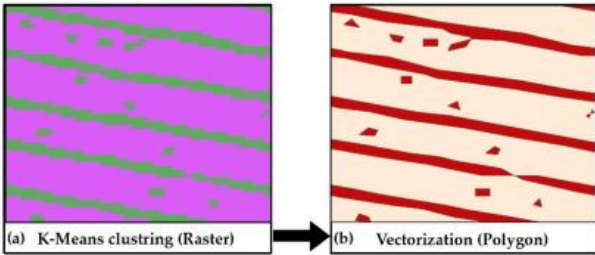
Şekil 21. “Volunteer cotton” bitkilerinin temizlenmesi için CBS yazılımı üzerinde (Arcgis 10.5) oluşturulan rotalar (Wang vd., 2022)

De Smet vd. (2021) New York'ta bulunan eski petrol ve gaz kuyularını bulmak için aero-manyetik araştırmalar için İHA ve CBS sistemlerinden faydalanmışlardır. QGroundControl uçuş planlama yazılımını kullanarak uçuş rotası oluşturmuşlar ve DJI Matrice 600 döner kanat tip İHA kullanmışlardır. Çalışmalarında yersel ölçümler de kullanan araştırmacılar, sayısal yükseklik modeli, sayısal engel modeli, manyetik alan yoğunluk haritası gibi çıktılar oluşturarak analizler yapmışlardır (Şekil 22).



**Şekil 22.** Yersel ölçümlerle birlikte değerlendirilen sonuç haritası (De Smet vd., 2021)

Fareed & Rehman (2020) yaptıkları hassas tarım çalışmasında, ekim sıralarının analizi üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında DJI Mavic 2 Pro model döner kanat İHA kullanarak %70 yatay ve dikey bindirme oranlarıyla görüntüler toplamışlardır. Agisoft Photoscan fotogrametrik değerlendirme yazılımı ile yoğun nokta bulutu, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto görüntü elde etmişlerdir. ArcGIS 10.7 CBS yazılımı üzerinde ise sınıflandırma çalışmalarını yürütmüşlerdir. Ekim sıralarının raster ve vektör veri haline getirilmesiyle birlikte çalışmalarını tamamlamışlardır. Çalışmalarının sonunda, ekim sıralarının hatasız olmasının ürün verimine olumlu etkisi olduğunu ve olası hataların erken tespitinin mümkün kılındığını belirtmişlerdir (Şekil 23).



**Şekil 23.** Ekim sıralarının raster ve vektör olarak işlenmesi (Fareed & Rehman, 2020)

Dewanto vd. (2020) yaptıkları çalışmada İHA verileri kullanarak, kent modelini ve güneş enerji potansiyel haritasını çevrimiçi ortama 3B olarak aktarmışlardır. Çalışmalarında 1050mm kanat açıklığına sahip sabit kanatlı bir HAWK model İHA kullanmışlardır. İHA üzerinde Pixhawk 2.1 uçuş kontrolcüsü tercih etmişler ve MissionPlanner uçuş planı yazılımı üzerinden parametreleri ayarlamışlardır. Revit, Google Sketchup ve ArcGIS Pro CBS yazılımı kullanarak 3B bina modelleri ve solar radyasyon potansiyelini oluşturmuşlardır. Sayısal yükseklik modeli tabanlı solar radyasyon haritası ile 3B şehir haritasını birleştirerek WebGIS üzerinden yayınlamışlardır (Şekil 24, 25).



**Şekil 24.** DSM tabanlı solar radyasyon görüntüsü (Dewanto vd., 2020)



**Şekil 25.** WebGIS ortamına aktarılmış solar rasyasyon ve 3B şehir modeli (Dewanto, 2020)

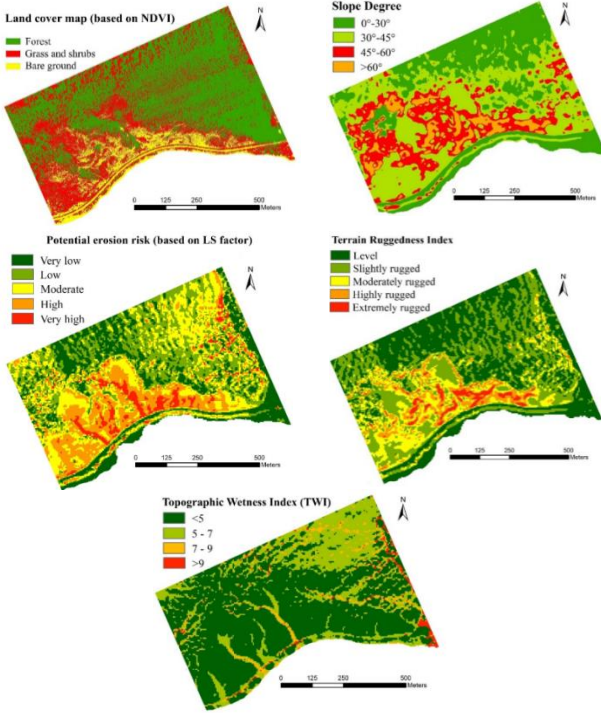
(Koçyiğit vd., 2022) yaptıkları çalışmada, Mersin Anamur İlinde yer alan Anemurium Antik Kentini İHA görüntüleri kullanarak CBS platformuna aktarmışlardır. Çalışmalarında Phantom 3 model bir döner kanat İHA kullanmışlar ve 649 adet fotoğraf toplamışlardır. %60 boyuna ve %80 enine bindirme ile topladıkları görüntüleri Agisoft Photoscan fotogrametrik değerlendirme yazılımında işlemişlerdir. Birleştirilen görüntülerden elde ettikleri ortofoto görüntüyü ArcMap 10.4 CBS yazılımına aktarmışlar ve ilişkili coğrafi veritabanı oluşturmuşlardır. Bu sayede çalışma alanındaki tüm taşların, yolların envanter çalışmalarını yapmışlar ve arkeolojik alanların yönetimine katkı sunacağını belirtmişlerdir (Şekil 26).



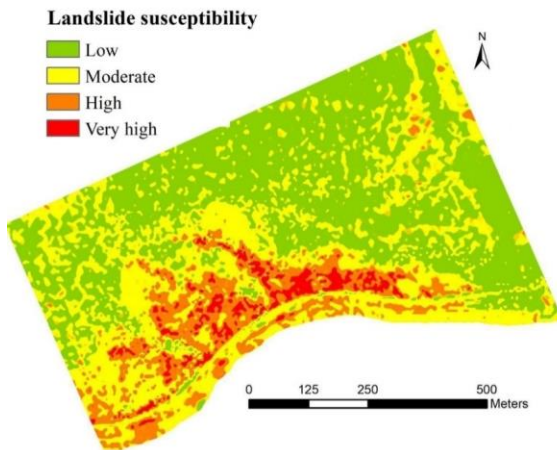
**Şekil 26.** Tarihi yapıların CBS ortamına ilişkisel veritabanıyla aktarılması (Koçyiğit vd., 2022)

Gantimurova vd. (2021) çalışmalarında, tarihi bir demiryolu olan ve Rusya'da bulunan Circum-Baykal hattının heyelan oluşabilecek bölgelerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında SibGIS model bir döner kanat İHA kullanmışlardır. İHA üzerine hem görünür ışık kamerası hem de Mapir Survey 3 model multispektral kamera entegre etmişlerdir. 125 metre irtifadan %70-80

dikey, %60-70 yatay bindirme oranlarıyla görüntüler toplamışlardır. Vejetasyon alanları ile kayalık alanların sınıflandırılmasının hassasiyeti için multispektral kameranın farklı bantlarından faydalanmışlardır. AHP (Analytic Hierarchy Process: Analitik Hiyerarşi Prosesi) metodu kullanarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturmuşlar ve eğim açısı, arazi kullanımı, erozyon riski, arazi sağlamlık indeksi ve topografik ıslaklık indeksi verilerini kullanarak sınıflandırmayı tamamlamışlardır. CBS sistemleri olarak QGIS, SAGA GIS ve ArcGIS kullanan araştırmacılar heyelan duyarlılık haritası oluşturmuşlardır (Şekil 26, 27).



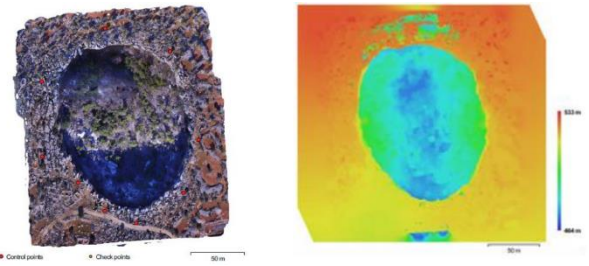
**Şekil 26.** AHP için kullanılan haritalar (Arazi kullanım, eğim, erozyon riski, arazi sağlamlık indeksi, arazi ıslaklık indeksi haritaları) (Gantimurova vd., 2021)



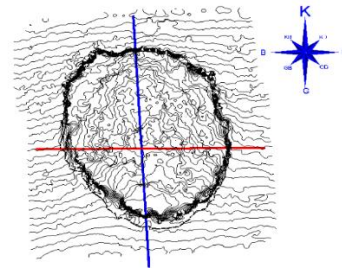
**Şekil 27.** Heyelan duyarlılık haritası (Gantimurova vd., 2021)

Yakar & Doğan (2017) çalışmalarında Mersin İli Silifke İlçesinde bulunan Aşağı Dünya Obruğu 'nun 3B modellenmesi için İHA ve CBS sistemlerinin avantajlarından faydalanmışlardır. Çalışmalarında Phantom 3 model döner kanat bir İHA kullanmışlar ve

Pix4D Capture uçuş planlama uygulaması ile otonom şekilde veriler toplamışlardır. Yatay ve dikeyde %80 bindirme oranıyla 30 metre irtifadan 533 adet görüntü toplayan araştırmacılar obruğun iç yapısı gereği 3B modeli tam olarak elde edememişlerdir. Ancak farklı bir uçuş modu olan "orbit mode-yörünge modu" kullanarak obruğun içi ve yan duvarlarını tam olarak görüntüleyebilmişlerdir. Agisoft PhotoScan fotogrametrik değerlendirme yazılımı üzerinden işlenen görüntüler ile yoğun nokta bulutu oluşturulmuş ve 3DSurvey bilgisayar yazılımı ile kuzey-güney, doğu-batı hattı profili oluşturulmuştur. Son olarak ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli oluşturulan obruk detaylıca incelenmiştir. Araştırmacılar, obrukların detaylı analizlerinin tektonik süreçlerin incelenmesi ve anlaşılması adına oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 28, 29).



**Şekil 28.** Ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli (Yakar & Doğan, 2017a)



**Şekil 29.** Eş yükselti haritası ve profil hatları oluşturulması (Yakar & Doğan, 2017b).

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında İHA ve CBS uygulamalarının birlikte kullanıldığı literatür çalışmaları araştırılmış ve sonuçları irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar İHA kullanımının her geçen gün popülerleştiği, zaman ve maliyet açısından avantajlı hale geldiğini göstermektedir. Özellikle küçük alanlardaki uygulamalar veya hassas sonuçlar istenen çalışmalar için İHA görüntülerinin uydu görüntülerine tercih edildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca uydu görüntülerinin en önemli dezavantajlarından biri olan zamansal çözünürlük konusunda oldukça başarılı olan İHA uygulamalarının, doğal afetlerin izlenmesi ve afet yönetimi uygulamalarında büyük başarımlar elde ettiği görülmektedir. Hassas tarım uygulamalarında ise periyodik görüntüler arasındaki değişimler önem arz etmektedir. İHA sistemleri ile oldukça hızlı şekilde periyodik görüntülerin toplanması ve CBS' ye atlık olması, uydu görüntülerine göre daha hızlı ve analitik sonuçlar ortaya koymuştur.

İHA ile yapılan CBS çalışmalarının en önemli avantajları arasında yüksek mekânsal, radyometrik,

spektral ve zamansal çözünürlük yer almaktadır. Ayrıca uydu görüntülerine göre daha düşük maliyetli çalışmalar yapılabilmektedir. Ancak büyük alanlar söz konusu olduğunda veya özel bir spektral çözünürlük istenen durumlarda İHA sistemleri yetersiz kalmaktadır.

Yapılan çalışmaların güncelliği ve elde edilen sonuçların kalitesi göz önüne alındığında, bahsedilen dezavantajlara rağmen, CBS uygulamalarında İHA kullanımının daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

## BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu makalenin ortaya çıkmasında desteklerini ve teşviklerini esirgemeyen Sayın. Dr. Öğr. Üyesi Lütüfiye Kuşak' a, Sayın Prof. Dr. Murat Yakar'a, her daim yanımda olan eşim Özge'ye, mutluluk kaynağım kızım Eliz'e ve motivasyon kaynağım annem Hacer'e teşekkür ederim.

## Yazarların Katkısı

**Yazar1:** Kavramsallaştırma, Metodoloji, Yazım.

**Yazar2:** Literatür araştırması, İnceleme.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Alptekin A, Çelik M Ö, Doğan Y & Yakar M (2019). Mapping of a Rockfall Site with an Unmanned Aerial Vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1 (1), 12-16.
- Alptekin A, Çelik M Ö, Kuşak L, Ünel F B & Yakar M (2019). Anafi Parrot'un Heyelan Bölgesi Haritalandırılmasında Kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 33-37.
- Alptekin A & Yakar M (2020a). Determination of Pond Volume with Using an Unmanned Aerial Vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2 (2), 59-63.
- Alptekin A & Yakar, M (2020b). Heyelan bölgesinin İHA kullanarak modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 17-21.
- Alptekin A & Yakar M (2021). 3D Model of Üçayak Ruins Obtained from Point Clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3 (2), 37-40. <https://doi.org/10.53093/mephoj.939079>
- Alptekin A & Yakar M (2022). Modelling A Landslide Site Using UAV Photogrammetry in Değirmençay Village, Mersin. *Intercontinental Geoinformation Days*, 4, 196-198.
- Başarsoft (2023). Coğrafi Bilgi SCBS Nedir? [Erişim Tarihi: 06.05.2023], <https://www.basarsoft.com.tr/cografi-bilgi-sistemleri-cbs-nedir/>

- Bento M D F (2008). Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *InsideGNSS*, 54-61.
- Bretschneider T R & Shetti K (2015). UAV-Based Gas Pipeline Leak Detection. *In Proc. of ARCS*.
- Ca (2023). Current Emergency Incidents, [Erişim Tarihi: 10.05.2023], <https://www.fire.ca.gov/incidents/>.
- Carey J A, Pinter N, Pickering A J, Prentice C S & Delong S B (2019). Analysis of Landslide Kinematics Using Multi-temporal Unmanned Aerial Vehicle Imagery, La Honda, California. *Environmental & Engineering Geoscience*, 25(4), 301-317. <https://doi.org/10.2113/EEG-2228>
- Cilek A, Berberoglu S, Donmez C & Cilek M. U. (2020). *Journal of Digital Landscape Architecture*, 5-2020, 275-284.
- Cömert R, Şenkal E & Avdan U (2012). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Gelecekteki Beklentiler. *IV. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, Zonguldak, Türkiye.
- Dabski M, Zmarz A, Pabjanek P, Korczak-Abshire M, Karsznia I & Chwedorzewska K J (2017). UAV-based detection and spatial analyses of periglacial landforms on Demay Point (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica). *Geomorphology*, 290, 29-38.
- De Smet T S, Nikulin A, Romanzo N, Graber N, Dietrich C & Puliaiev A (2021). Successful Application of Drone-Based Aeromagnetic Surveys to Locate Legacy Oil and Gas Wells in Cattaraugus County, New York. *Journal of Applied Geophysics*, 186, 104250. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.10425>
- Dewanto B G, Novitasari D, Tan Y C, Puruhito D D, Fikriyadi Z A & Aliyah F (2020). Application of Web 3D GIS to Display Urban Model and Solar Energy Analysis using The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data (Case Study: National Cheng Kung University Buildings). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 20(1), 12-17.
- Donmez C, Villi O, Berberoglu S & Cilek A (2021). Computer Vision-Based Citrus Tree Detection in a Cultivated Environment Using UAV Imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106273. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106273>
- Duarte L, Silva P & Teodoro A C (2018). Development of a QGIS Plugin to Obtain Parameters and Elements of Plantation Trees and Vineyards with Aerial Photographs. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 109. <https://doi.org/10.3390/ijgi7030109>
- Esri (2023). CBS Nedir? [Erişim Tarihi: 06.05.2023], <https://www.esri.com.tr/tr-tr/cbs-nedir/genel-bakis>.
- Factmr (2022). Drone GIS Mapping Market Outlook (2023-2033). [Erişim Tarihi: 08.05.2023], <https://www.factmr.com/report/drone-gis-mapping-market>.
- Fahlstrom P G, Gleason T. J. & Sadraey M. H. (2022). Introduction to UAV Systems Fifth Edition. *John Wiley & Sons, Inc.*, ISBN: 978-1-119-80263-1.
- Fareed N & Rehman K (2020). Integration of Remote Sensing and GIS to Extract Plantation Rows from a

- Drone-Based Image Point Cloud Digital Surface Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 151. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030151>
- Fukano Y, Guo W, Aoki N, Ootsuka S, Noshita K, Uchida K, Kato Y, Sasaki K, Kamikawa S & Kubota H (2021). GIS-based Analysis for UAV-Supported Field Experiments Reveals Soybean Traits Associated with Rotational Benefit. *Frontiers in Plant Science*, 12, 637694. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.637694>
- Gantimurova S, Parshin A & Erofeev V (2021). GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping of the Circum-Baikal Railway in Russia Using UAV Data. *Remote Sensing*, 13(18), 3629. <https://doi.org/10.3390/rs13183629>
- Gislounge (2021). Autonomous UAVs and Geospatial Data, [Erişim Tarihi: 11.05.2023], <https://www.gislounge.com/autonomous-uavs-and-geospatial-data/>
- Kanun E, Alptekin A & Yakar M (2021). Cultural Heritage Modelling Using UAV Photogrammetric Methods: A Case Study of Kanlıdivane Archeological Site. *Advanced UAV*, 1(1), 24-33.
- Kanun E, Alptekin A, Karataş L & Yakar M (2022). The Use of UAV Photogrammetry in Modeling Ancient Structures: A case Study of "Kanytellis". *Advanced UAV*, 2(2), 41-50.
- Karakose, E. (2017). Performance Evaluation of Electrical Transmission Line Detection and Tracking Algorithms Based on Image Processing Using UAV," *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya, Turkey.
- Kınalı M & Çalışkan E (2022). Use of Unmanned Aerial Vehicles in Forest Road Projects. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3), 1-1. <https://doi.org/10.24011/barofd.1073229>
- Koçyiğit, F. U., Durduran, S. S. & Alkan, T. (2022). Creating Geographical Information System (Gis) Database with Unmanned Aerial Vehicles (Uav) In Archaeological Areas; The Case of Anemurium Ancient City. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 10(3), 831-843. <https://doi.org/10.21923/jesd.999829>
- Kusak L, Unel F, Alptekin A, Celik M & Yakar M (2021). Apriori Association Rule and K-Means Clustering Algorithms for Interpretation of Pre-Event Landslide Areas and Landslide Inventory Mapping. *Open Geosciences*, 13(1), 1226-1244.
- Kyriou A, Nikolakopoulos K, Koukouvelas I & Lampropoulou P (2021). Repeated UAV Campaigns, GNSS Measurements, GIS, and Petrographic Analyses for Landslide Mapping and Monitoring. *Minerals*, 11(3), 300. <https://doi.org/10.3390/min11030300>
- Liao K C & Lu J H (2021). Using UAV to Detect Solar Module Fault Conditions of a Solar Power Farm with IR and Visual Image Analysis. *Applied Sciences*, 11(4), 1835. <https://doi.org/10.3390/app11041835>
- Lifeingis (2023). UAVs in the GIS industry: Applications, Trends and Future Outlook, [Erişim Tarihi: 10.05.2023], <https://www.lifeingis.com/uavs-in-gis-industry/>
- Mangiameli M, Muscato G, Mussumeci G & Milazzo C (2013). A GIS Application for UAV Flight Planning. *IFAC Proceedings*, 46(30), 147-151.
- Morgenthal G & Hallermann N (2014). Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures. *Advances in Structural Engineering*, 17(3), 289-302. <https://doi.org/10.1260/1369-4332.17.3.289>
- Noo, N., Abdullah A A A, Abdullah A, Ibrahim I & Sabeek S (2019). 3D City Modeling Using Multirotor Drone for City Heritage Conservation. *Planning Malaysia*, 17. <https://doi.org/10.21837/pm.v17i9.610>
- Odo A, McKenna S, Flynn D & Vorstius J (2020). Towards the Automatic Visual Monitoring of Electricity Pylons from Aerial Images. *15th International Conference on Computer Vision Theory and Applications*, 566-573.
- Ok A O & Ozdarici-Ok A (2017). Detection of Citrus Tree from UAV DSMS. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-1/W1, 2017 ISPRS Hannover Workshop: HRIGI 17 – CMRT 17 – ISA 17. – EuroCOW 17, 6–9 June 2017, Hannover, Germany
- 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.
- PSU (2023). Emerging Theme: GIS and UAVs, [Erişim Tarihi: 10.05.2023] <https://www.e-education.psu.edu/geog858/node/557/>.
- Rossi, M & Brunelli D (2016). Autonomous Gas Detection and Mapping with Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 65(4), 765-775. <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2506319>
- Şasi A & Yakar M (2017). Photogrammetric Modelling of Sakahane Masjid Using an Unmanned Aerial Vehicle. *Turkish Journal of Engineering*, 1(2), 82-87. <https://doi.org/10.31127/tuje.316675>
- Tanut B, Waranusast R & Riyamongkol P (2021). High Accuracy Pre-Harvest Sugarcane Yield Forecasting Model Utilizing Drone Image Analysis, Data Mining, And Reverse Design Method. *Agriculture*, 11(7), 682. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070682>
- Tecim V (2008). CBS: Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi. Ofset Matbaacılık, ISBN: 978-605-60047-0-4.
- Tutuş Y (2018). Tanıtım Film Yapım Sürecinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Elazığ İline Yönelik Örnek Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ, 74s.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A Y & Kaya Y (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilisenin 3b Modelinin ve Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. *Geomatik*, 5(1), 19-26. <https://doi.org/10.29128/geomatik.560179>
- Villi O (2019). İnsansız Hava Araçlarında Çok Bantlı Kamera Entegrasyonu ve Tarımsal Uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 89s.
- Villi O & Yakar M (2022). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. *Türkiye İnsansız*

- Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 73-100.  
<https://doi.org/10.51534/tiha.1189263>
- Wang T, Mei X, Thomasson J A, Yang C, Han X, Yadav P K & Shi Y (2022). GIS-Based Volunteer Cotton Habitat Prediction and Plant-Level Detection with UAV Remote Sensing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106629.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106629>
- Wang Z, Zhang W, Zhong L, Song X & Ruan X (2020). UAV Remote Sensing Method for Extracting Feature Points of Aerial Photos After Fast Geolocation. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 782(59).
- Wikipedia (2022). Coğrafi Bilgi Sistemi, [Erişim Tarihi: 06.05.2023],  
[https://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafî\\_bilgi\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Co%C4%9Frafî_bilgi_sistemi).
- Yanis M, Anggini A H, Abdullah F, Zainal M & Abubakar M (2021). Application of Unmanned Aerial Vehicle as a Base Map Layer In Near-Surface Geophysics. *Jurnal Geografi*, 13(1), 26-36.
- Yakar M & Doğans Y (2018). GIS and Three-Dimensional Modeling for Cultural Heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50-55.  
<https://doi.org/10.26833/ijeg.378257>
- Yakar M & Doğan Y (2017a). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 94-101.
- Yakar M & Doğan Y (2017b). Uzuncaburç Antik Kentinin İHA Kullanılarak Eğik Fotogrametri Yöntemiyle Üç Boyutlu Modellenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, Türkiye.
- Yakar M, Ulvi A, Fidan Ş, Karabacak A, Villi O, Yiğit A Y, Çelik M Ö & Hamal S N G (2023). İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Operatörlüğü Eğitim Kitabı. *Atlas Akademi*, ISBN: 978-605-8101-34-8.
- Yakar M, Ulvi A, Varol F, Yiğit A Y, Kaya Y, Kabadayı A, Çıkıkcı K & Catın S S (2018). 3D Model Production by Using UAV and Terrestrial Photogrammetric Techniques: The Example Of Erzurum Three Kumbets. *International Congress on Cultural Heritage and Tourism*.
- Yakar M, Ulvi A, Yiğit A Y & Alptekin A (2022). Discontinuity Set Extraction from 3D Point Clouds Obtained by UAV Photogrammetry in A Rockfall Site. *Survey Review*, 1-13.  
<https://doi.org/10.1080/00396265.2022.2119747>



© Author(s) 2023.

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