

Mini/Mikro Ölçekli Tam Otonom İnsansız Hava Araçlarına Yönelik Görüntü İşleme Uygulamaları ve Saha Deneyimleri

Dilek Başaran Bil¹
DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti.,
Ankara

ÖZET

Mini/mikro ölçekli tam otonom döner kanatlı, sabit kanatlı ve hibrit yapılı İHA sistemlerine yönelik olarak DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti'nde yapılan AR-GE çalışmaları ile; durumsal ve çevresel farkındalığı arttırmak için gerçekleştirilen görüntü işleme faaliyetlerine yönelik elde edilen sonuçlara ilişkin deneyim paylaşımlarına bu bildiri kapsamında yer verilmektedir. Mini/mikro ölçekli İHA sistemlerinin özellikle saha testlerinde edinilen tecrübe ve birikimler ile birlikte görüntü işleme, otonom hareket etme ve iletişim yöntemlerine ilişkin faaliyetlere yönelik deneyimlerin; benzer alanlarda çalışma yapan tüm geliştiricilere bu bildiri kapsamında aktarılması hedeflenmektedir. Bilgi paylaşımı; İHA platformlarının ana alt sistemleri bazında ayrıştırılarak ve sistematik bir yöntem ile analiz edilerek anlaşılması kolay ve oldukça genel ifadeler ile akılda kalacak biçimde aktarılıp özetlenmiştir.

AKILLI VE OTONOM İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ

Akıllı otonom hava/kara/deniz araçları, İnsansız Hava Araçları (İHA) ve mobil robotik sistemler son yıllarda giderek artan bir ilgi ile tüm dünyada AR-GE çalışmalarının önemli odak noktalarından birisini oluşturmaktadır. Bu bildiri kapsamında da tam otonom araçlara yönelik mini/mikro ölçekli döner ve sabit kanatlı İHA sistemleri çalışmalarına yer verilecektir.

Tam Otonom Döner ve Sabit Kanatlı ve Hibrit Yapılı DB MARS İHA Sistemleri

Bu bildiri kapsamında AR-GE çalışmaları yapılan otonom döner ve sabit kanatlı ve hibrit yapılı DB MARS İHA platformlarının bazı teknik özelliklerine yer verilecektir. Mobil araçlar üzerinde gerçekleştirilen uzun uygulama çalışmaları sonucunda; önemli görülen deneyim paylaşımı ve bilgi aktarımı alt sistemler bazında sağlanacaktır.

Tablo 1: Döner/Sabit Kanatlı ve Hibrit Yapılı Tam Otonom DB MARS İHA Sistemleri

Özellik	DB MARS Döner/Sabit Kanatlı ve Hibrit Yapılı Tam Otonom İHA Sistemleri [Başaran Bil, 2015]		
	Platform Görünümü	Teknik Özellikler	
DB MARS DKK-1 Dört Kollu Kopter (ing. Quadcopter)		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	• 10-15dk. (Kameralı) • 15-20 dk. (Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	250gr.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu.

¹ Makine Yüksek Mühendisi Dilek Başaran Bil, E-posta: dilek.basaranbil@dbmars.com; dilekbasaran@gmail.com

Özellik	DB MARS Döner/Sabit Kanatlı ve Hibrit Yapılı Tam Otonom İHA Sistemleri [Başaran Bil, 2015]		
	Platform Görünümü	Teknik Özellikler	
DB MARS AKK-1 Altı Kollu Kopter <i>(ing. Hexacopter)</i>		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	15-20dk. (Kameralı) 20-25 dk.(Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	1 kg.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu
DB MARS SK-1 Sabit Kanatlı-1 <i>(ing. Fixed Wing)</i>		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	45-60 dk. (Kameralı) 60-75 dk. (Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	0.5kg.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu.
DB MARS SK-2 Sabit Kanatlı-2 <i>(ing. Fixed Wing)</i>		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	45-60 dk.(Kameralı) 60-75 dk. (Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	1 kg.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu.
DB MARS SK-3 Sabit Kanatlı-3 <i>(ing. Fixed Wing)</i>		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	45-60 dk. (Kameralı) 60-75 dk. (Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	1 kg.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu.
DB MARS U-1 Uçan Kanat <i>(ing. Flying Wing)</i>		Menzil*:	2 km
		Uçuş Süresi*:	15 dk
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	-
		Kontrol Modları:	Bilgisayar Destekli Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	-
DB MARS H-1 Hibrit-1 <i>(ing. Hybrid)</i>		Menzil*:	40 km.
		Uçuş Süresi*:	60-75 dk. (Kameralı) 75-90 dk. (Kamerasız)
		Faydalı Yük Ağırlığı*:	0.5kg.
		Kontrol Modları:	• Tam Otonom Modu • Manuel/Pilot Modu
		Diğer Modlar:	• Eve Dönüş Modu, • Orbit Modu, • Takip Modu.

* Menzil, Uçuş Süresi ve Taşınabilir Faydalı Yük Ağırlığı Özel Tasarımlar ile Arttırılabilmektedir.

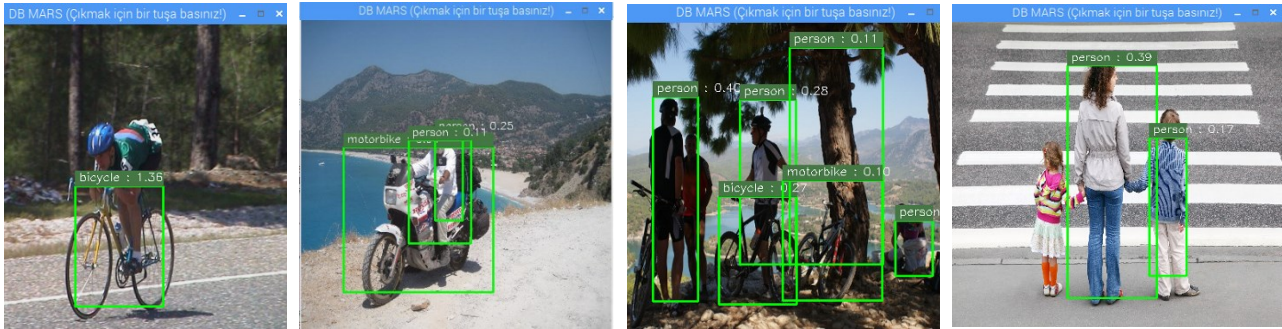
Tablo-1'deki İHA platformları tam otonom olup diz üstü bilgisayarlar ya da tabletler üzerinden Windows ya da Linux işletim sistemi ile; cep telefonlarından ise Android işletim sistemi ile kontrol ve monitör edilebilmektedir. Bu platformların ayrıca "Otomatik Eve Geri Dön" modu, "İlgi Noktası Etrafında Orbit" modu ve "Beni Takip Et" modu mevcuttur.

Mini/Mikro İHA Görüntü İşleme Faaliyetleri ve Saha Deneyimleri

İHA Sistemleri üzerindeki en önemli faydalı yüklerden birisi kamera sistemleridir. Kameralar ile platformun durumsal ve çevresel farkındalığına yönelik görevler gerçekleştirilebildiği gibi yerde sabit ve/veya hareketli nesne tespit ve takip çalışmaları da gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaçla mini/mikro ölçekli İHA platformlarına yönelik olarak yapılan görüntü işleme çalışmalarında önemli ve kritik görülen hususlar bu başlık altında incelenmiştir.

Mini/Mikro İHA Görüntü İşleme Çalışmaları ve Uygulamaları

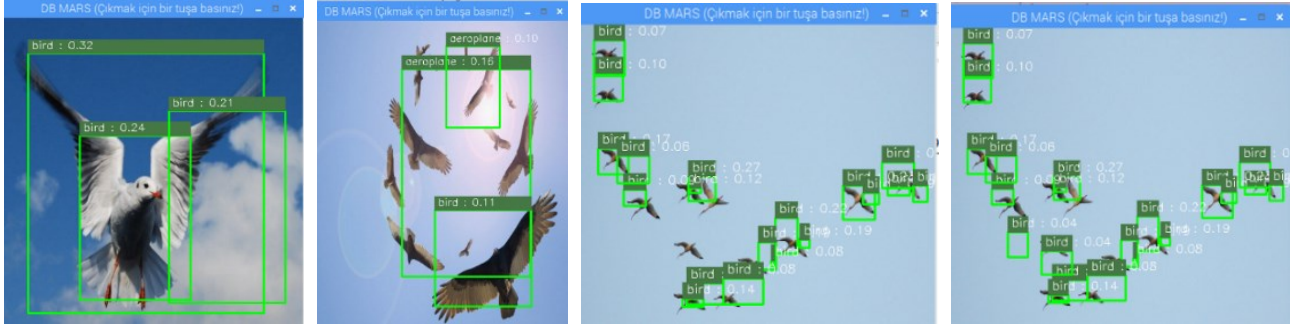
Mini/mikro İHA sistemleri üzerinde çevresel ve durumsal farkındalık oluşturmak; hedef tespit ve takibi gerçekleştirebilmek için derin öğrenme algoritmalarından konvansiyonel sinir ağıları (Convolutional Neural Networks: CNN) uygulamaları ve Tiny You Only Look Once (YOLO) kullanılmıştır. Tiny YOLO ile mobil nesnelere (araba, otobüs, bisiklet, motosiklet, gemi, kuş, uçak) yönelik sınıflandırma ve tespit çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı donanımlar ve eğitim setleri ile elde edilen sınıflandırma ve tespit sonuçları oldukça iyi olmasına rağmen; bazı özel durumlarda görüntüler üzerinde beklenmeyen neticeler gözlenmiştir. Eğitim setlerinde geliştirmeye ihtiyaç duyulan hususlar ve incelenmesi gereken önemli saptamalar aşağıda verilmiştir:



Şekil 1: İnsan-Bisiklet-Motosiklet, Tekrarlı Nesneler, Gölge ve Işık Şiddetine Bağlı Görüntü Üzerinde Saptanan Tespit Hataları (Tiny-YOLO)

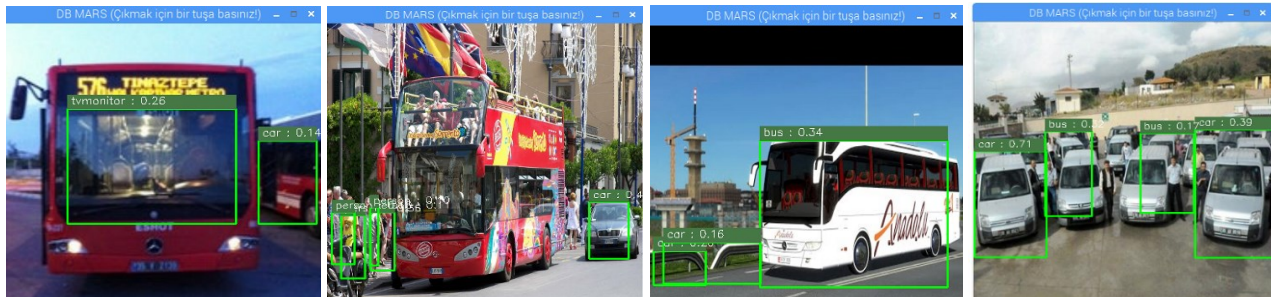
Şekil 1'deki sol görüntüde insan unsurunun bisiklete yakın ve eğik olması nedeni ile; görüntü üzerinde insan ve bisiklet nesneleri ayrı ayrı sınıflandırılmamış ve insan doğru biçimde tespit edilememiştir. Bisiklet tespitinin %100 veya 1 değerinin üzerinde olması da; görüntü işleminde hata oluştuğunun bir göstergesidir. Bir yandaki resimde motosiklet üzerindeki insanın arkasında yer alan ek yükler algoritma tarafından başka bir insan olarak algılanmış ve hatalı bir tespit elde edilmiştir. Dolayısı ile algoritmaların bağlamsal bilgileri içeren farklı makine öğrenme teknikleri ile desteklenmesi ve olası tüm durumlara yönelik açılabilir bilgileri içeren farklı görüntülerden oluşan eğitim setlerinin oluşturulması önerilir. Şekil 1, üçüncü resimde; görüntü üzerinde birden fazla aynı tip nesnenin (insanın) bulunması durumunda farklı tipteki nesne de (ağaç) gölgeler nedeniyle veya benzetim hatasından dolayı yanlış bir biçimde insan nesnesi olarak sınıflandırılmıştır. Yine bu resimde bisiklet önden görüldüğü ve gölgeler ile karıştığı için; motosiklet olarak sınıflandırılmıştır. Dolayısı ile görüntüler üzerindeki gölgelerin olabildiğince temizlenmesi, filtrelenmesi; tespit çalışmalarının ve sınıflandırmalarının doğruluğunu arttırarak daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Görüntü analizlerindeki eğitim setlerinde insan unsuru genellikle kafa, kollar, gövde ve bacaklar olarak tanımlanıp algoritma eğitimleri bunlar üzerinden gerçekleştirildiğinden; insan kıyafetine veya kumaş dokusuna bağlı nedenlerden ötürü zaman zaman insan unsurunun tespit edilemediği gözlenmiştir. En sağdaki görüntüde de benzer bir durum söz konusudur. Etek giymiş olan bir çocuk; insan olarak sınıflandırılmamıştır. Bu nedenle, insan tespit çalışmalarında kıyafet

ve kumaş dokusu gibi etkenler de görüntü işleme ve geliştirme çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli ve kritik unsurlardır.



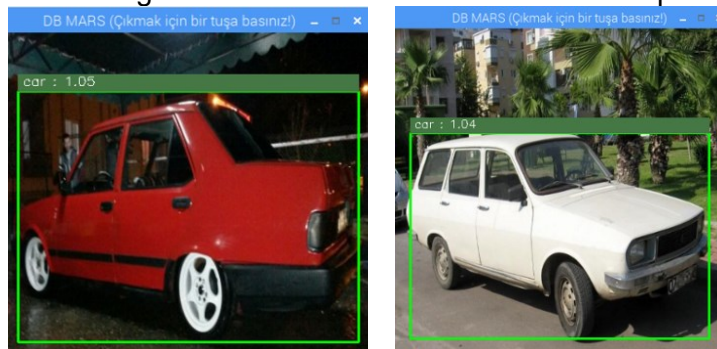
Şekil 2: Kuş- Uçak, Çoklu Nesnelerin Sınıflandırması ve Tespiti

Şekil-2’de en soldaki görüntüde tek bir kuşun sağ ve sol kanatları ile gövdesi farklı kuşlar olarak tespit edilmiştir; resimde tek bir kuş olmasına rağmen 3 ayrı kuş tespiti yapılmıştır. Dolayısı ile kuşların farklı açılarda kanat ve gövde yapıları çalışılarak görüntü işleme kütüphanelerinin eğitim setleri geliştirilmelidir. Bir yandaki görüntüde ise uzak ve geri planda bulunan kuşlar uçak olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle mesafeye bağlı olarak ve bağlamsal analizleri de eğitim setlerine dahil ederek daha gelişkin makine öğrenme tekniklerinin kullanılması önerilmektedir. Görüntü üzerinde aynı tip nesneden çok fazla bulunması durumunda nesne tespitine yönelik eşik değeri; doğru bir biçimde seçilmelidir. Eşik değerinin yüksek seçilmesi durumunda Şekil 2’de üçüncü görüntü üzerinden de görüleceği gibi tüm kuş nesneleri tespit edilememekte; eşik değerinin fazla düşürülmesi durumunda ise nesne olmadığı halde kuş tespit kutularının olduğu görülmektedir. Bu nedenle derin öğrenme teknikleri ile görüntü işleme çalışmalarında eşik değerin doğru büyüklükte seçilmesi önemlidir.



Şekil 3. Otobüs Sınıflandırmasına Yönelik Görüntü Üzerinde Hata Tespitleri

Otobüs görüntülerinin sınıflandırılması çalışmalarında; geniş otobüs camlarının TV monitörü olarak sınıflandırıldığı ve çift katlı otobüslerin ise eğitim setleri içerisinde bulunmadığı tespit edilmiştir. Dolayısı ile kara araçlarının geniş camlarına ve özel şekilli versiyonlarına yönelik olarak eğitim setleri geliştirilmelidir. Eğitim setleri geliştirilip çeşitlendirilerek doğru sınıflandırma ve tespit çalışmaları yapılabilmektedir. Şekil 3’deki son iki resimde de görülebileceği gibi; eğitim setleri yeterli düzeyde geliştirilmez ise (cisimlerin farklı açılardan görüntüleri ile eğitim çalışmaları gerçekleştirilmez veya eğitim örnekleme sayısı yeterli düzeyde olmaz ise) yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir. Şekil 3, üçüncü resimde yol kenarında bulunan eğilmiş banketler araba olarak algılanmış; dördüncü görüntüde ise arka arkaya olan arabalar uzun görünüşleri nedeni ile otobüs olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4: Işık Şiddetine veya İlgili Nesnelerin Eğitim Setlerindeki Form ve Şekil Eksikliğine Bağlı Olarak Gözlenen Oran Hataları

Şekil 4'de soldaki görüntüde gündüz/gece ışık farkından dolayı %100 veya 1 değerinin üzerinde bir oranla ilgili nesne (araba) tespit edilmiştir. Sağ taraftaki resimde ise eğitim setleri içerisinde ilgili formun bulunmaması nedeni ile tespit oranı yine %100 veya 1 değerinin üzerinde elde edilmiştir. Anlaşılabileceği üzere bu şekilde bulunan tespit oranları; nesnenin ışık şiddetinde bir fark olduğunu ya da ilgili nesne görüntülerinin form ve şekil olarak farklı açısal bilgileri ile birlikte ilgili eğitim setleri içerisinde bulunmadığını göstermektedir. Yapısal form farklılığı veya farklı açılardan nesne bilgisinin eğitim setlerinde olmaması nedeni ile algoritmaların yeterince eğitilemediğini gösteren ve oransal değerlerin hatalı sonuçlar verdiği benzer durumlar Şekil 5'de bot, karavan, yolcu/savaş uçağı, yolcu/yük treni için ayrıca verilmiştir.



Şekil 5: Eğitim Setlerindeki Form veya Farklı Açısal Bilgi Eksikliğine ya da Çoklu Üst Üste Nesnelere Yönelik Hata Tespiti

Şekil 5'de görüntü üzerinde tekrarlanan ve üst üste yığın şeklinde bulunan birden çok nesne için; sadece genel ve tek bir çerçevenin oluşturularak nesne sayılarının doğru bir şekilde çıkarılamadığı gözlenmiştir. Bunun için de yine eğitim setlerinin geliştirilerek nesnelerin kısmen de olsa farklı açılardan tespit edilebilmesini sağlayacak özel algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Görüntü işleme çalışmaları için donanım olarak herkesin erişim sağlayabileceği ve düşük maliyetli kontrol kartları kullanıldığında; görüntülerin gerçek zamanlı olarak işlenemediği ve karta kamera üzerinden veya hafıza kartından yüklenen her bir yeni görüntü için; 4-5 sn. süresince donanım üzerinde görüntü işleme süresi gerektiği saptanmıştır. Dolayısı ile gerçek zamanlı görüntü işleme/algılama/kontrol gerektiren çalışmalarda; performansı iyi olan donanım kartlarının kullanımı tavsiye edilmektedir. Özellikle bu tür görüntü işleme uygulamalarının çok hızlı hareket eden İHA veya hava platformlarında çok daha hızlı bir biçimde gerçekleşmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde durumsal ve çevresel farkındalık ya da nesne tespit ve takip çalışmaları İHA platformları üzerinde gerçekleştirilebilmektedir.

Mini/Mikro İHA Sistemlerine Yönelik Saha Deneyimleri

Bildiri kapsamında elde edilen sonuçlar ve otonom İHA geliştirme çalışmaları birkaç senelik süreç içerisinde yapılmış olup farklı iklim koşullarında elde edilen saha deneyimleri ve uygulama çalışmaları aşağıda ilgili başlıklar altında belirtilmiştir.

İHA Güç ve Batarya Yönetim Sistemine Yönelik Çalışmalar

Mini/mikro İHA sistemlerinde de çoğunlukla Lityum-Polimer (Li-Po) veya Lityum-İyon (Li-Ion) bataryalar kullanılmaktadır. Li-Ion pillerin anlık akım değerleri Li_Po pillere göre daha düşüktür. Dolayısı ile yüksek akım çeken ve anlık akım gereksinimleri yüksek olan uygulamalar için; Li-Ion piller yerine Li-Po pillerin kullanımı önerilebilir. Ancak Li-Po ve Li-Ion bataryalar yanıcı/ patlayıcı

özellik gösterebileceğinden; özellikle mobil araçlar/robotik sistemler için bu tür pillerin yanıcı olmayan özel ve sert kılıflar içerisinde mobil platformlar içerisine yerleştirilmesi önerilir. Şekil 6'da kırılma uğrayan bir İHA sistemi içerisinden çıkan bataryanın uğradığı deformasyon ve hücrelerindeki yapısal bozulmalar gösterilmiştir. Dolayısı ile sert, dayanıklı, yanmaz ve patlamalara/ saçılımlara karşı mukavim batarya kılıflarının ya da koruma kutularının kullanımı şiddetle önerilmektedir.



Şekil 6: Kırım Sonrası Li-Po Bataryalardaki Yapısal Bozulmalar

Mobil platformlarda kullanılan bataryaların performansları atmosferik etkilere (sıcaklık, nem, basınç) göre değişimler gösterebilmektedir. Şekil 7 Li-Ion pillerin sıcaklık ile voltaj seviyelerindeki hızlı düşüşü göstermesi açısından oldukça önemlidir [Savory,2015]. Görüleceği üzere, özellikle çok soğuk havalarda batarya voltajı çok hızlı bir biçimde aniden düşebilmektedir. Dolayısı ile bataryalar çok soğuk havalarda atmosferik etkilere olabildiğince az maruz bırakılmalı; kullanım öncesinde mümkünse oda sıcaklığında tutulmalı ya da pil kılıflarına/kutularına özel ısıtıcı sistemler konulmalıdır.



Şekil 7. Sıcaklık Değişimi ile Batarya Voltaj Seviyesini ve Kullanım Kapasitesini Gösteren Grafik [Savory,2015] ve DB MARS Batarya Yönetim Sistemi (BYS)

Mobil platformlar üzerindeki bataryaların sağlık durumlarının (voltaj, akım, güç, kullanım seviyesi ve her bir hücrenin voltaj durumu) gerçek zamanlı olarak sürekli kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle; DB MARS'da Batarya Yönetim Sistemleri'ne (BYS) yönelik özel yazılımlar ve donanımlar geliştirilmiştir. QT ortamında C++ ile geliştirilen BYS'ne ilişkin ara yüz ve donanımlar Şekil 7'de sağ taraftaki görüntülerde verilmiştir. Bataryalar üzerinden anlık olarak toplanan tüm sağlık verileri; iletileceği mesafeye göre bluetooth, Wi-Fi veya farklı mesafeleri kapsayan RF ya da GSM modülleri ile uzak kontrol noktalarına aktarılabilen ve gerekli monitör/analiz işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Dolayısı ile batarya sistemlerinin sağlık durumlarının uzaktan algılama ve özel yazılımlar ile sürekli monitör/kontrol edilmesi çok önemlidir.

Otonom Hareket ve Kontrol Çalışmaları

Otonom mobil araç uygulamalarında; ortamın fiziksel sınırları ve coğrafi şartları önceden detaylı biçimde haritalar ya da test alanı üzerinden 2 veya 3 boyutlu olarak çalışılmalıdır. Görev planlamaları

yapılırken bu hususlar dikkate alınmaz ise ya da yeterli algılayıcı desteği platform üzerinde bulunmuyorsa; kırım ile sonuçlanan kazalar oluşabilir. Örneğin 100 m. irtifada otonom uçacak platformun uçuş güzergahı ya da yol noktaları arasında 100 m.'den yüksek tepe, bina, ağaç, elektrik telleri, baz istasyonları vb. coğrafi ya da fiziksel oluşumlar bulunuyorsa ve haritalar/saha üzerinde yeterli hazırlık çalışmaları önceden yapılmamış ise; araçlar bu engellere çarparak hasar alabilir ve etrafa zarar verebilir. Dolayısı ile hareket planlamalarının ve otonom çalışmaların tüm muhtemel tehlikelerin dikkate alınarak yapılması önerilir.

Otopilot sistemleri algılayıcılardan gelen çevresel bilgileri alarak mobil platformların hareketlerini kontrol eder. Dolayısı ile veri gönderen sensör sistemlerinin (GPS, ivme ölçer, dönü ölçer, manyetik yön ölçer, irtifa/basınç ölçer, sıcaklık/nem ölçer, akım/voltaj ölçer, hava hızı ölçer, güneş açısı/yönü ölçer vb.) kalibrasyonlarının hassas bir şekilde yapılmış olması ve uçuş öncesinde tüm algılayıcılardan doğru bir biçimde veri sağlandığından emin olunması bu sistemler için kritik önem taşımaktadır. Örneğin hava hızı algılayıcısı çalışır moda alınıp sensörün konnektörleri devreye bağlanmaz ise; algılayıcı çalışmadığı için otopilot verileri alamayacak ve platformun hareketini doğru bir şekilde kontrol edemeyecektir.

Otopilota mesafe ölçüm algılayıcılarının bağlanması durumunda ise dikkat edilmesi gereken önemli hususlar mevcuttur. Bunlar:

1) Ultrasonik Algılayıcılar: Sesin yol alma prensibine göre ölçüm yapan bu algılayıcılar; uçan platformlar üzerinde yer alan pervane gibi sistemlerin oluşturduğu seslerden ve hava akışlarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle bu algılayıcılar dönen, ses çıkaran ve hava akımı oluşturan parçalardan olabildiğince uzak bir noktada bulunmalıdır.

2) Kızılötesi Algılayıcılar: Kızılötesi algılayıcılar güneş ışınlarından, yerden ya da farklı yapıların üzerinden gelen yansılardan olumsuz yönde etkilenmektedirler. Dolayısı ile uçuş saatlerinin zamanlamaları bu tür etkilerin olabildiğince az olacağı saatlerden seçilmeli, ışık yönü ve şiddetini ölçen LDR algılayıcılarından oluşan özel devreler ile hareket eden kızılötesi modüller platform üzerine yerleştirilmelidir.

3) Kameralar: Kameralarda güneş ışınlarından ve açısal yansılardan olumsuz yönde etkilenir. Tesla'nın otonom aracının ölümlü kazaya karışmasının temel nedeni budur [The Guardian,2016]. Bu nedenle, kameraların ışık yönü ve şiddetini dikkate alacak biçimde platform üzerine yerleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Görüntü ile gerçek zamanlı kontrol çalışmalarında; gölgeler, nesnelerin üst üste çakışmaları, gürültüler, renk değişimleri vb. birçok etki göz önüne alınmalı; özel filtreler ve yazılımlar ile bu etkiler minimize edilmelidir. Ayrıca atmosferik etkiler nedeni ile lensler üzerinde oluşabilecek buğu, su damlaları, nem vb. durumlarda yerleşimde göz önünde bulundurulup ihtiyaca yönelik farklı çözümler (fan, ısıtma/soğutma sistemleri vb.) uygulanmalıdır.

4) Lazer/Lidar Algılayıcıları: Lazer ve LIDAR saydam yüzeylerden (cam, su, göl, deniz, akarsu) veri alamadığından; ölçüm veya haritalama çalışmalarında iyi sonuçlar verememektedir. Ayrıca bunların kullanımında dikkat edilmesi gereken bir başka hususta; insan sağlığına ve özellikle göze zarar vermeyecek ışık şiddetindeki algılayıcıların seçilmesidir. Mobil platformun otonom olarak hareket edebilmesi için tüm algılayıcıların sensör füzyon yazılımları ile entegre edilmesi; uygun kontrol algoritmalarının ve filtrelerin oluşturulması; tahmin yöntemlerinin ve algoritmalarının mobil platformun işlev ve özelliklerine göre dikkatle seçilip geliştirilmesi gerekmektedir. Otonom saha testleri veya uçuşlar genellikle oldukça kısa süre içerisinde gerçekleşip birçok farklı hususun kontrol ve tetkik edilmesini gerektirir. Özellikle hızlı hareket edilmesi gereken koşullarda; yapılması gereken tüm kontrollerin birkaçı unutulup atlanabilir. Süreçte aksama, kaza/kırım veya kontrol sorunlarının oluşmaması için; pratik ve iyi hazırlanmış kontrol listeleri üzerinden adım adım tetkiklerin gerçekleştirilmesi; çalışmaların acele etmeden özenle yapılması tavsiye edilir.

İletişim ve Veri Aktarımı Çalışmaları

GPS, veri aktarım ve görüntü aktarım antenlerinin mobil platform üzerindeki yerleşimleri oldukça dikkatli bir biçimde yapılmalı; ilgili tüm sistemler farklı frekans bantlarında çalıştırılmalıdır. Bluetooth/Wi-Fi çalışma frekansı olan 2.4 GHz bandında veri aktarımı ve kontrol yapan sistemler; platformlar üzerinde mümkünse kullanılmamalıdır. Aksi takdirde frekans çakışması ve girişim nedeni ile istenmeyen sonuçlar veya kontrol problemleri oluşabilir.

Radyo Frekansı (RF) ile veri aktaran ve ilişim yapan sistemlerin manyetik alan yayan ortamlardan (elektrik motorları, motor hız kontrolcülere, alıcı/verici sistemler vb.) olabildiğince uzak mesafelerde yerleşimleri sağlanmalıdır. Elektromanyetik girişimden olabildiğince az etkilenmek için; koruyucu plaka, kılıf ve yalıtım malzemelerinin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Manyetik yayan sistemlerin özel kılıflar (topraklanmış bakır plakalar vb.) ile diğer elektronik sistemlerden yalıtılması, özel koruma plakalarının yerleştirilmesi, toprak hattı olan korumalı kablo/konnektörlerin kullanılması; ilgili noktalarda Faraday Kafesi şeklinde manyetik alana özel yapıların oluşturulması faydalı çözümler sağlayacaktır.

RF iletişimde LOS ve BLOS (ing. Line and Beyond Line Of Sight) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılabilir. LOS'da alıcı/verici anten sistemlerinin birbirini olabildiğince çizgisel yönde görmesi ve birbirlerinin kapsama alanında olması beklenir. Burada anten takip sistemlerinin kullanılması ve RSSI (ing. Received Signal Strength Indicator) değerlerinin uygun olduğunun sürekli kontrol edilmesi önemlidir.

Sinyal karışmalarında, topolojik etkiler nedeni ile sinyal kayıpları ya da kesilmelerinde, atmosferik etkiler ya da güneş patlamaları gibi doğa durumlarında, sinyal seviyelerindeki dalgalanmalarda; otonom araçların başladığı noktaya geri gelme; güvenli bir noktaya inme, kontrol eden kişiyi takip etme veya uygun bir konumda durma biçiminde acil durumlarda uygulayacağı alternatif B planlarının (yapay zeka, makine öğrenmesi vb. algoritma destekleri ile) ilgili platformların yazılımlarının içerisine önceden entegre edilmesi şiddetle tavsiye edilir.

Mobil araçların kameralarından toplanan verilerin gizliliğinin sağlanması, otonom platformların kontrollerinin istenmeyen kullanıcılar tarafından ele geçirilmemesi için gerekli güvenlik önlemlerinin alınması, yer kontrol istasyonlarına ve platform üzerindeki veri aktarım sistemlerinin giriş/çıkışlarına uygun şifreleme algoritmalarının yerleştirilmesi önerilmektedir. Özellikle BLOS ve FPV otonom uçuşlarda; kamera veri iletim menzili dışına kesinlikle çıkılmaması; yer kontrol istasyonu üzerine görüntü verisi aktarımının gerçek zamanlı bir biçimde sağlanması ve verilerin sürekli bir biçimde kayıt altında tutulması ya da harici GSM destekli GPS takip cihazlarının alternatif konum kontrol mekanizması olarak mobil platformlar üzerinde sürekli bulundurulması; otonom ve mobil platformların güvenli bir biçimde kullanımı için önemle tavsiye edilmektedir.

Görüntü verilerinin yüksek çözünürlükte olması durumunda (Full HD, 4K, 8K vb.) hem yer kontrol istasyonu hem de mobil platform üzerinde yüksek kapasiteli hafıza kartlarının kullanılması; hızlı veri aktarım sistem çözümlerinin ve alıcı/verici/antenlerin kullanılması önerilir.

SONUÇ

Otonom ve akıllı mini/mikro İHA sistemlerine yönelik AR-GE çalışmalarında edinilen saha deneyimleri ve kritik görülen çözüm önerileri bu bildiri içerisinde özet şeklinde sunulmuştur.

İHA sistemlerinin en önemli faydalı yüklerinden biri olan kamera sistemlerinin platformlar üzerinde çevresel ve durumsal farkındalık amacı ile ya da nesne tespit ve takip çalışmalarında kullanımlarında dikkat edilmesi gereken hususlar belirtilmiş; görüntü işleme çalışmalarında geliştirilmesi gereken açık hususlar/ çalışılması gereken konular da yine bu bildiri kapsamında irdelenmeye çalışılmıştır.

Bildiri kapsamında belirtilen saha deneyimlerinin ve görüntü işleme tekniklerinde karşılaşılan önemli ve dikkat edilmesi gereken hususların; bu alandaki geliştiricilere çalışmalarında fayda sağlayabilmesi bu yayının en temel hedefini oluşturmaktadır. Sonuç olarak uçuş oldukça keyifli ve ciddi bir aktivite olup doğasında birçok farklı tehlike barındırmaktadır. Bu nedenle uçuş öncesinde platforma yönelik kontrol listeleri üzerinden gerekli incelemeleri yapıp, tüm sistemlerin düzgün çalıştığından emin olunduktan sonra; sivil hayatı tehlikeye düşürmeyen ve geniş boş alan içeren şehir dışı bölgelerde İnsansız Hava Araçlarına (İHA) yönelik AR-GE çalışmaları ile testler gerçekleştirilmelidir.

Kaynaklar

Savory P., *Cold Winter Weather - It can effect an Electric Fence*, Agrisellex Electric Fencing, November 03, 2015 (En Son Erişim Tarihi: 20/02/2018)
<https://www.agrisellex.co.uk/blog/cold-winter-weather-it-can-effect-an-electric-fence/736>

The Guardian, Tesla driver dies in first fatal crash while using autopilot mode, 1 July 2016, <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/30/tesla-autopilot-death-self-driving-car-elon-musk> (En Son Erişim Tarihi: 25/02/2018)

Başaran Bil D., Konukseven E. İ., *Tam Otonom Mini/Mikro Ölçekli İHA Saha Deneyimleri ve Görüntü İşleme Uygulamaları*, 26. IEEE, Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, SIU-2018, 2-5 Mayıs 2018, İzmir, Türkiye

Başaran Bil D.,2015., *Unmanned Aerial Vehicle Design and Production*, 8th Ankara International Aerospace Conference (AIAC-2015), 10-12 September 2015, METU, Ankara, Turkey

Başaran Bil D.,2015., *İnsansız Hava Araçları için Otopilot Sistemi Geliştirme Projesi AR-GE Çalışmaları*, III. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi (UHAT-2015), 23-24 Ekim 2015, Hava Teknik Okullar, İzmir, Türkiye

Başaran Bil, D.,2013., *Otonom İnsansız Hava Aracı Geliştirilmesi (FFD-2013)*, Ulusal Havacılık Teknolojileri Konferansı-2013 (UHAT-2013), İzmir, Türkiye, 29-30 Kasım 2013.

Başaran Bil, D.,2013., *Design of Autonomous Unmanned Aerial Robotic Vehicle for the International Future Flight Design Competition-2013*, (AIAC-2013-061), Ankara International Aerospace Conference-2013 (AIAC-2013) Ankara, Türkiye, 11-13 September 2013.