

Deniz Kaplumbağalarının Korunması İçin Düşük Maliyetli İHA Tasarımı

Furkan G. ÖZTİRYAKI¹, Saif ul HASSAN², Anna PRACH³
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü

ÖZET

Bu çalışmanın asıl amacı, düşük maliyetli bir İHA tasarlamak ve bu İHA'yı deniz kaplumbağalarının gözetlenmesinde kullanmaktır. Yapılan tasarım hedef özellikleri karşılayacak ve minimum maliyete sahip olacak şekilde tamamlanmıştır. İHA'nın görevi, sahil boyunca uçarak üzerine yerleştirilen kamerayı kullanarak fotoğraflar çekmektir. Resim analiz algortimalarını kullanarak, bu resimler işlenmekte ve deniz kaplumbağalarının arkalarında bıraktıkları izler, yuva konumları ve türleri belirlenmektedir. İHA ilk aşamada uzaktan kumanda ile kontrol edilmek için tasarlanırsa da, otomatik kontrol sistemi çalışmaları da tasarımın hedefleri arasındadır.

GİRİŞ

Drone olarak da bilinen İnsansız Hava Araçları (İHA'lar), kişiselden kurumsala uzanan bir çok dalda kullanım alanı oluşturmaktadır. İHA teknolojisinin bu kullanım alanları, hobiden yüksek risk ve zaman bakımından hassas askeri operasyonlara kadar geniş bir ağı kapsamaktadır. Özellikle ulaşılması zor bölgelerdeki insan gücünün gerekliliğini ortadan kaldırarak zaman ve enerjiden tasarruf sağlamaktadır. Kişiler ve kurumlar, hava fotoğrafçılığı, kargo taşımacılığı, bina güvenliği denetimi, acil servisler, tarım, güvenlik sistemleri, haritacılık, çevre denetimi ve doğal kaynakları koruma gibi bir çok alanda İHA kullanmaktadır.

İHA teknolojisinin kullanımının hızla artmaya başladığı alanlar arasında vahşi yaşam araştırmaları da bulunmaktadır. Nesli tükenmeye yüz tutmuş hayvanların takibi ve denetimi gibi alanları barındıran bu araştırmalarda İHA'ların kullanımı geleneksel metodlara oranla hatırı sayılır avantajlar sağlamaktadır [Ivosevic et al., 2015], [Hodgson et al., 2018], [Mangewa et al., 2019]..

Piyasada İHA'lar geniş bir ürün yelpazesine sahip olup, bir çok farklı müşteri gurubunu hedefleyecek şekilde sunulmaktadır. Tablo 1 piyasada bulunan ve oldukça popüler olan İHA'ların karşılaştırmasını yapmaktadır [DJI, 2015], [AEE, 2015], [AUTEL, 2013]. Piyasada halihazırda bulunan bu İHA'lar, yüksek kaliteli fotoğrafçılık ve video kaydetme özelliklerinin yanı sıra, kullanım güvenliği ve

¹Lisans öğrencisi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: furkan.oztiryaki@metu.edu.tr

²Lisans öğrencisi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: saif.hassan@metu.edu.tr

³Asst. Prof. Dr., Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: aprach@metu.edu.tr

dayanıklılık açısından da oldukça başarılılardır. Lakin, piyasaya sürüldükleri fiyatlar da oldukça yüksektir.

Bu çalışmanın asıl amacı, düşük maliyetli bir İHA tasarlamak ve bu İHA'yı deniz kaplumbağalarının gözetlenmesinde kullanmaktır. Yapılan tasarım hedef özellikleri karşılayacak ve minimum maliyete sahip olacak şekilde tamamlanmıştır. İHA'nın görevi, sahil boyunca uçarak üzerine yerleştirilen kamerayı kullanarak fotoğraflar çekmektir. Resim analiz algortimalarını kullanarak, bu resimler işlenmekte ve deniz kaplumbağalarının arkalarında bıraktıkları izler, yuva konumları ve türleri belirlenmektedir. İHA ilk aşamada uzaktan kumanda ile kontrol edilmek için tasarlanırsa da, otomatik kontrol sistemi çalışmaları da tasarımın hedefleri arasındadır.

Bildirinin organizasyon biçimi şu şekildedir: birinci kısım İHA tasarımını, tasarım gereksinimlerini, kullanılan parçaları ve montaj aşamasını, ikinci kısım kalibrasyon ve uçuş öncesi kontrolleri, son kısım da ortaya çıkan İHA'nın özelliklerini ve bu mümkün olan geliştirmeleri kapsamaktadır.

Tablo 1: Piyasada Bulunan İHA'ların Karşılaştırması

Parametre	DJI Phantom 3	Veho Muvi Q-1	AEE Technology AP11	DJI Mavic Pro	X Star Premium	DJI Phantom 4 Pro
Rotor Sayısı	4	4	4	4	4	4
Maksimum Kalkış Ağırlığı (g)	1236	1650	1650	743	1600	1375
Maksimum Yatay Hız (m/s)	16	20	20	18	16	20
Maksimum Yükseliş Hızı (m/s)	5	6	6	5	6	6
Maksimum Alçalış Hızı (m/s)	3	4	4	3	3	3
Havada Kalış Süresi (dakika)	25	20	20	27	25	30
Kullanım Mesafesi (km)	24	24	24	29	24	36
Maksimum Operasyon Yüksekliği (km)	6	-	-	5	1	6
Fiyat (TL)	5,000	4,000	6,000	8,600	8,500	13,600

YÖNTEM

İHA'nın kullanım alanını göz önünde bulundurarak çok rotorlu bir tasarım üzerinde karar kılınmıştır. Bu sayede İHA dikey kalkış ve iniş ve havada asılı kalma gibi özelliklere sahip olacaktır. Piyasada bulunan çok rotorlu İHA'lar, üç, dört, altı ve sekiz rotorlu gibi konfigürasyonlara sahip olabilmektedir. Tasarımı ve kontrolü kolaylaştırmak için, tasarlanan İHA'nın konfigürasyonu dört rotorlu olarak belirlenmiştir.

Tasarım Gereksinimleri

İHA için tasarım gereksinimleri, performans gereksinimleri, İHA'nın tamamlaması istenilen görev, operasyonel kısıtlamalar, ve elde bulunan bütçe göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Deniz kaplumbağalarının gözlemlenebilmesi için, havada kalış süresi, ve irtifa oldukça önemlidir. Bu tasarım için minimum irtifa seviyesi 10 metre olarak belirlenmiştir. Bu sayede yüksek bir resim kalitesi sağlanırken vahşi yaşam da rahatsız edilmemiş olacaktır. Sahil uzunluğu göz önünde bulundurularak, İHA için minimum havada kalma süresi 25 dakika olarak belirlenmiştir.

Aynı zamanda, İHA, faydalı yük olan kamera ve mikroişlemciyi başarılı bir şekilde taşıyabilmelidir. İHA gerek manuel gerekse otomatik uçuş modunda başarıyla görevini yerine getirebilmelidir.

Tüm bunların yanı sıra, bu tasarımdaki asıl kısıtlama bütçe yönündedir. Belirtilen tüm tasarım gereksinimleri, olabildiğince düşük bir maliyet ile yerine getirilmelidir.

İHA Bileşenleri

İskelet, pervane, iniş takımı, fırçasız motorlar, fırçasız motor sürücüleri(ESC) ve elektronik bileşenlerin gücünü sağlayacak olan batarya, İHA'nın ana bileşenleridir.

Bir mikrokontrolör olan uçuş kontrol kartı, içinde bir çok sensör bulundurmaktadır. Bu sensörlerden okunan değerler ve kumandadan gelen kontrol komutları, ESC'ye iletilir ve ESC fırçasız motorların hızlarını gelen sinyale göre değiştirir. İHA'nın, tasarım gereksinimlerinden birisi olan otomatik uçuş moduna sahip olabilmesi için, uçuş kontrol kartının açık kaynak koduna sahip olması önemlidir. Aynı zamanda bütçe sınırlamaları da göz önünde bulundurulmalıdır. Piyasada bulunan uçuş kontrol kartlarının fiyat/performans değerleri göz önünde bulundurularak, seçim kararı Arducopter 2.6 yönünde verilmiştir.

Pervane, motor, ve batarya seçimi, parçaların birbirleri ile uyumlu oldukları kontrol edilerek yapılmalıdır.

Bu sebeple ilk olarak, İHA'nın tahmini ağırlık değeri, piyasada bulunan İHA'lar, ve İHA parçaları göz önünde bulundurularak, 1500 g olarak hesaplanmıştır. Bu tahmini ağırlık değeri kullanılarak, pervane başına düşen itki kuvveti gereksinimi de belirlenmiştir.

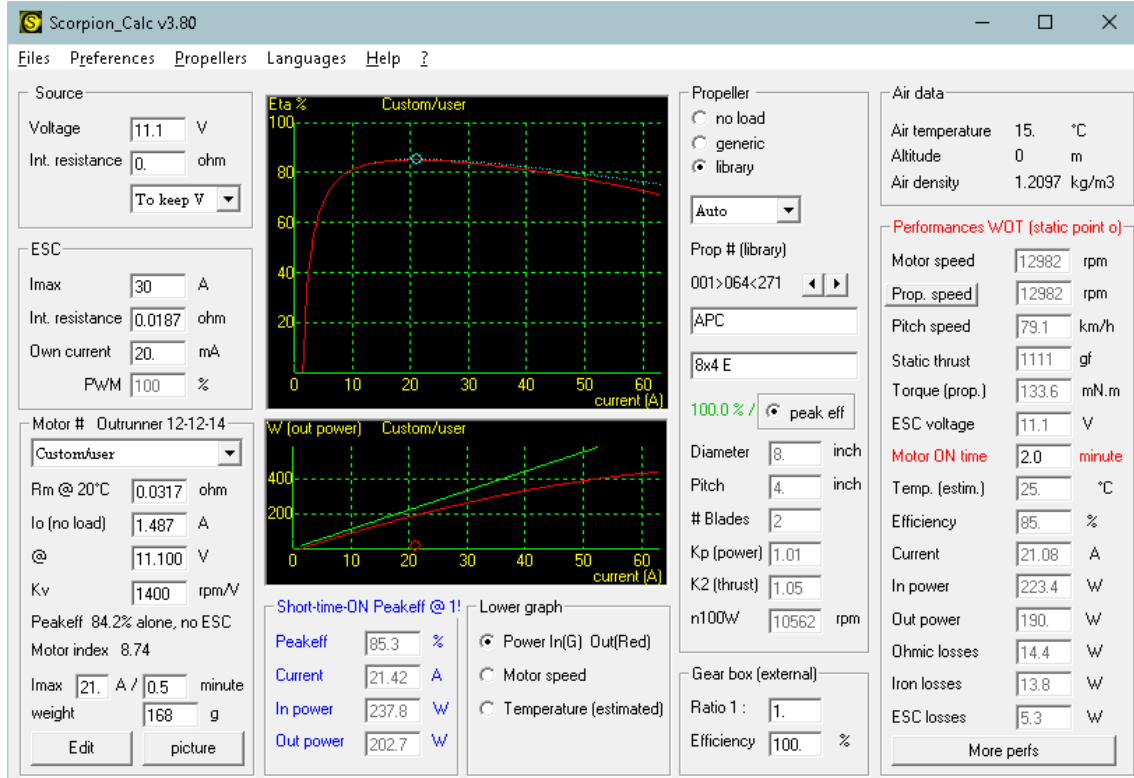
Ağırlık hesaplamalarını takiben, [FlyBrushless, 2020] tarafından sunulan deneysel veriler kullanılarak, havada asılı kalma sırasında motor başı yaklaşık güç kullanımı 40 W olarak belirlenmiştir.

$$E[h] = \frac{C_{battery}[Ah] \times V_{nominal}[V]}{P_{hover}[W]} \quad (1)$$

Üç hücreli ve 11.1 V'luk standard voltaj değerine sahip LiPo, İHA'nın görevine uygun görülmüştür. 25 dakika havada kalma süresi verebilecek bir bataryanın kapasitesi Formül 1 kullanılarak 6000 mAh olarak belirlenmiştir.

Motor ve ona uygun pervanın seçimi, Scorpion Calculator [Louis, 2019] kullanılarak yapılmıştır. Bu uygulamanın arayüzü Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu uygulamadaki verilerin yanı sıra, parçaların piyasada olup olmadığı da göz önünde bulundurulmuştur.

Scorpion Calculator kullanılırken, öncelikle, deneysel veriler [FlyBrushless, 2020] kullanılarak bir motor seçilmiştir. Bu seçimdeki ana kriter, havada asılı kalma sırasında düşük güç kullanımı olmuştur. Sonrasında ise, motor'un performans değerleri Scorpion Calculator'a girilmiştir.



Şekil 1: Scorpion Calculator.

Yine deneysel veriler kullanılarak, ve motor için üreticinin hazırladığı kılavuz göz önünde bulundurularak, motora uygun bir ESC seçimi yapılmış, ve ESC'nin performans değerleri Scorpion Calculator'a girilmiştir.

Bu aşamalar tamamlandığında, Scorpion Calculator, sahip olduğu pervane kütüphanesindeki verileri kullanarak, seçilen motor, batarya, ve ESC ile kullanıldığında en yüksek verimi verecek pervaneyi belirlemektedir. Ağırlık, havada kalış süresi, ve maliyet göz önünde bulundurularak, Emax XA2212 1400 kV fırçasız motorlar, 4-in-1 30Ax4 Quattro ESC, ve APC 8x4 E pervaneler seçilmiştir.

Seçilen diğer parçalar arasındaki fiziksel bağlantıyı, İHA'nın iskeleti sağlamaktadır. Bu İHA tasarımı için, piyasada bulunan iskeletler, ve faydalı yük için gerekli alan göz önünde bulundurularak, DJI F450 iskelet bu tasarım için seçilmiştir.

UYGULAMA

İHA Montaj Aşaması

İHA için montaj aşaması iskeletin kurulumu ile başlamaktadır. Montaj aşamasında bileşenler, gövdeye ağırlık merkezini olabildiğince ortalayacak ve simetriyi sağlayacak şekilde monte edilmiştir. İskelet kurulduktan sonra, iniş takımları yerlerine takılmıştır. Sonrasında ise, motor ve uçuş kontrol kartı iskeletteki yerlerine vidalanmıştır.

Pervanelerin sebep olduğu titreşimin iskelet, ve İHA'nın bileşenleri üzerindeki etkisini azaltmak için titreşim engelleyici süngerler gerek iniş takımlarının ayaklarında, gerekse uçuş kontrol kartının altında kullanılmıştır. Sonrasında ise, iletişim bileşeni, ESC, ve GPS gövdeye sabitlenmiştir. Batarya, sabitleyici kayışlar yardımı ile gövdeye alttan bağlanmış ve bu sayede kolay bir şekilde çıkartılmasına olanak sağlanmıştır.

Son olarak, bileşenler arasındaki elektriksel bağlantılar kurulmuştur. Şekil 2 ve 3 İHA'nın son halini göstermektedir.

İHA'nın tasarım özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.



Şekil 2: Üstten görünüm.



Şekil 3: Yanal görünüm.

Tablo 2: Tasarım özellikleri

Uçuş İrtifası (m)	Operasyon Mesafesi (km)	Maksimum Rüzgar Hızı (m/s)	Havada Kalış Süresi (mins)	Toplam Ağırlık (g)	Maksimum Kalkış Ağırlığı (g)	Toplam Maliyet (TL)
10	3	10	28	1387	3200	2700

KALİBRASYON SÜRECİ ve UÇUŞ ÖNCESİ KONTROLLER

Kalibrasyon süreci sensörlerin doğru değer okuması için önem arz etmektedir. Bu süreç, sensörler tarafından okunan değerlerin doğru olduğundan emin olmak için yapılmaktadır.

Seçilen uçuş kontrol kartı olan arducopter için bu süreç, mission planner yazılımı üzerinden tamamlanabilmektedir.

Mission planner yazılımı ve uçuş kontrol kartı arasındaki bağlantı kurulduktan sonraki kalibrasyon süreci şöyledir.

İlk olarak iskelet tipi seçilmelidir. Yapılan tasarımda X-tipi iskelet, iki öncü iki artçı motor, kullanılmıştır.

Ardından ivme ölçer kalibrasyonunu tamamlamak için İHA düz bir yüzey üzerinde her kenarı üzerinde, sağ, sol, burun aşağı ve burun yukarı, yerleştirilmiştir.

Pusula, veya manyometre, manyetik kuzeye göre İHA'nın rotasını belirler. Pusula kalibrasyonunu tamamlamak için İHA üç ana eksen etrafında döndürülmüştür.

Kumanda kalibrasyonu ile, kumanda üzerindeki fiziksel limitler ve hassaslık değerleri uçuş kontrol kartına tanıtılmaktadır. Bu kalibrasyon sürecini tamamlamak için kumanda üzerindeki kontroller maksimum ve minimum değerlerine kadar hareket ettirilmelidir.

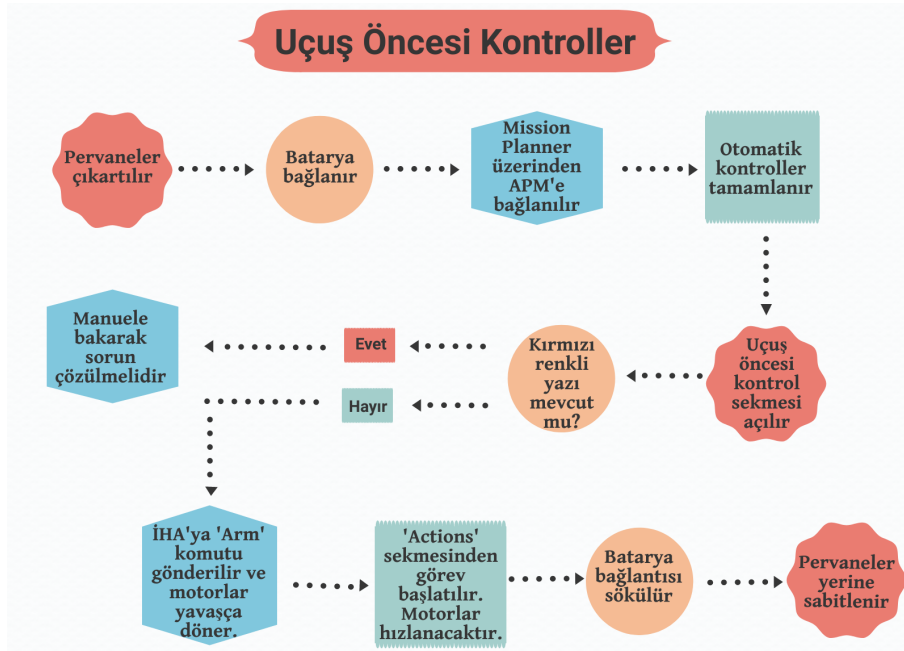
Uçuş öncesi kontroller birbirini izleyen aşamalardan oluşmaktadır.

İlk olarak, mekanik bir arıza ile karşılaşmamak için, her uçuş öncesinde İHA üzerindeki tüm bağlantıların sıkılması gerekmektedir.

Batarya seviyesinin gerekli değerin altına düşmesi uçuş kontrol kartının bunu algılayarak motorları çalıştırmaması ile sonuçlanacaktır. Bu yüzden her uçuş öncesinde bataryanın seviyesinin kontrol edilmesi ve gerek duyulması halinde şarj edilmesi gerekmektedir.

Tüm uçuş öncesi kontroller tamamlandıktan ve kalibrasyonlar başarılı bir şekilde yapıldıktan sonra pervaneler yerine takılarak sıkılmalıdır.

Mission planner yazılımı yukarıda bahsi geçenlerden farklı bir çok uçuş öncesi kontrol gerçekleştirmektedir. Şekil 4, uçuş öncesi kontrollerin akış şemasını göstermektedir.



Şekil 4: Bu şekil uçuş öncesi kontrolleri için kullanılması gereken akış şemasını göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmanın asıl sonucu, tasarlanan dört rotorlu İHA'dır. Bu tasarım, deniz kaplumbağalarının denetiminde kullanılabilecek bir şekilde yapılmıştır. Tasarım üzerindeki en büyük kısıtlama, düşük bir maliyete sahip olması ve piyasadaki İHA'lardan daha ucuz olmasını sağlamak yönündedir.

İHA'nın performans ve operasyonel gereksinimleri, kendisinden tamamlanması beklenen görev baz alınarak belirlenmiştir. İHA'nın bileşenleri, piyasada bulunan bileşenler arasından detaylı bir analiz ve karşılaştırma sonrasında seçilmiştir. Sonuçta, İHA'nın toplam maliyeti piyasadaki İHA'lara oranla çok daha düşük çıkmış olup, toplam 2700 TL'dir.

İHA'nın saha testlerinin tamamlanması, titreşimi azaltmak için parça yerleşiminin iyileştirilmesi, ve performans değerlerinin doğrulanması yapılması, yapılabilecek işlemler arasındadır. Aynı zamanda, otomatik uçuş modları kullanılarak İHA test edilebilir. İHA'nın performansını arttırmak için, tasarıma mesafe sensörleri eklenebilir ve bu sayede gerek irtifa gerekse objelere olan mesafesi ayarlanabilir. Bu sensörler aynı zamanda fiziksel engellerden kaçınmada kullanılabilir. Bu sayede, İHA'nın operasyonel güvenliği artırılmış olacaktır.

Kaynaklar

- [AEE, 2015] AEE (2015). Ap11. <https://www.aeeusa.com>. Last access on Feb 16, 2020.
- [AUTEL, 2013] AUTEL (2013). X star premium. <https://www.autelrobotics.com>. Last access on Feb 16, 2020.
- [DJI, 2015] DJI (2015). Dji drones. <https://www.dji.com>. Last access on Feb 08, 2020.
- [FlyBrushless, 2020] FlyBrushless (2020). Fly brushless statistics. <http://www.flybrushless.com/>. Last access on July 25, 2020.
- [Hodgson et al., 2018] Hodgson, J. C., Mott, R., Baylis, S. M., Pham, T. T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A. D., Raja Segaran, R., Reid, I., Terauds, A., and Koh, L. P. (2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(5):1160–1167.
- [Ivosevic et al., 2015] Ivosevic, B., Han, Y.-G., Cho, Y., and Kwon, O. (2015). The use of conservation drones in ecology and wildlife research. *Journal of Ecology and Environment*, 38:113–118.
- [Louis, 2019] Louis (2019). Scorpion calculator (sc). [https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?736782-Scorpion-Calculator-\(SC\)](https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?736782-Scorpion-Calculator-(SC)). Last access on Feb 08, 2020.
- [Mangewa et al., 2019] Mangewa, L., Ndakidemi, P., and Munishi, L. (2019). Integrating uav technology in an ecological monitoring system for community wildlife management areas in tanzania. *Sustainability*, 11(21).