

TERMAL HAVA AKIMLARININ SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THERMAL AIR FLOWS ON FLIGHT TIME AND RANGE OF FIXED WING AERIALS****Emin Tugay KEKEÇ**

Yüksek Lisans Öğrenci, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık ABD,
Kayseri, Türkiye, etugaykekec@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR

Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Elektrik-Elektronik
Bölümü, Kayseri, Türkiye, mkonar@erciyes.edu.tr

Doç. Dr. Tuğrul OKTAY

Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü,
Kayseri, Türkiye, tugruloktay52@gmail.com

ÖZET

Sportif hava araçları ve bazı yırtıcı kuşlar, herhangi bir enerji ve güç sistemi olmadan doğal taşıyıcılar sayesinde saatlerce havada kalmakta ve kilometrelerce uzağa gidebilmektedir. Bunlar göz önünde bulundurularak ve güneş ışınlarının yeri ısıtmasıyla oluşturduğu termal hava akımlarının kullanımı da dikkate alınarak, bu durumların sabit kanatlı İnsansız hava araçlarının (İHA) uçuş süresi ve menziline etkileri bu çalışmada incelenmiştir. Bunun için termaller, dalga kaldırıcılar gibi doğal taşıyıcılar kullanılarak ve bunlardan en optimum düzeyde faydalanılarak uçuş süresi ve menzil artırımının maksimum düzeye çıkarılması için ön çalışması yapılmıştır. Çalışmada öncelikle doğal taşıyıcıların tespiti gerçekleştirilmiştir. Doğal taşıyıcıların tespit edilmesiyle birlikte, elde edilen kaldırma kuvvetinin nasıl kullanılacağı ve mesafe artırımının nasıl yapılacağı planlanması yapılmıştır. Çalışma sonucunda doğal taşıyıcılar kullanılarak İHA'ların havada kalış süresi ve menzilin artırılması konusuna etki eden faktörlerin tespitleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İHA uçuş süresi, Termallerin etkisi, İHA menzili, Doğal taşıyıcılar

ABSTRACT:

Sporty aircrafts and some birds of prey can stay in the air for hours and go miles away, thanks to natural carriers without any energy and power systems. In this case, the effects of these conditions on the flight time and range of fixed wing Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been examined in this study, considering the use of thermal air currents generated by solar heating of the ground. For this purpose, by using natural carriers such as thermals and wave lifters, they are pre-studied to maximize flight time and range increase by making optimum use of them. In the study, first of all, the determination of natural carriers was performed. With the determination of natural carriers, it was planned how to use the obtained lifting force and how to increase the distance. As a result of the study, the factors affecting the duration and range of the UAVs in the air were determined by using natural carriers.

Keywords: UAV flight time, Effect of thermals, UAV range, Natural carriers

GİRİŞ

Termal hava akımları, uçan cisimler üzerinde herhangi bir güç sistemi olmaksızın uzun süre havada kalış ve belirli mesafelerde uçuş gerçekleştirmek için kullanılabilir. Çok hafif hava araçlarından yamaç paraşütleri, planörler, yelken kanatlar başta olmak üzere birçok hava aracı herhangi bir itki olmaksızın saatlerce uçabilmekte ve kilometrelerce uzaklara uçuş gerçekleştirebilmektedir. Temelinde güneş ışınlarının enerjisi olan termal hava akımları yeryüzünden belirli dalgalar halinde yükselmektedir. Termaller sportif havacılıkta tecrübeler ve bilgi ile tahmin edilebilmekte ve enerjisi kullanılabilir [1-3].

İnsansız hava araçları kabiliyetleri ve görev çeşitlilikleri sayesinde günümüzde pek çok dünya ülkeleri tarafından kullanılması hem askeri hem sivil havacılıkta mecburi konuma gelmiştir. Bununla birlikte, insansız hava araçlarının günümüzde yaşadığı problemlerin en başında uçuş süreleri ile birlikte hiç şüphesiz menzillerinin yetersiz olması gelmektedir [4].

Bu yetersizlik göz önüne alınarak, çalışmada doğal enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin yeryüzüne bıraktığı etki ile oluşan termal hava akımlarını kullanarak İHA'ların uçuş süresi ve menzilde yaptığı etki incelenmiştir. Termal hava akımlarının, İHA'ların uçuş süresine ve menzile etkisinin matematiksel ifadeleri verilmiştir. Bu ifadelerle uçuş süresi ve menzili etkileyen faktörler gözlemlenmiştir [5-9].

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İHA'ları, uzaktan kontrol veya otonom şekilde ve herhangi bir operatöre ihtiyaç duymadan havada kalabilen hava araçlarıdır. İçerisinde bir insan bulunmaması nedeniyle insan vücudunun dayanamayacağı manevra, irtifa ve uçuş sürelerini İHA'lar rahatlıkla yapabilmektedir. İHA'lar sayesinde can kaybı ve gereksiz kokpit maliyetlerinin önüne geçilebilmiştir. Bu sebeple İHA'ların dünyada kullanımı ve geliştirilmesi büyük bir ivme ile devam etmektedir [10].

İHA'ları kabiliyetleri ve görev çeşitlilikleri sayesinde günümüzde pek çok dünya ülkeleri tarafından kullanılması hem askeri hem sivil havacılıkta mecburi konuma gelmiştir. İHA'ları, insanlı uçaklara göre bu kadar önemli kılan özellikler ise maliyetleri, görev kabiliyetleri ve pilotların hayati tehlikelerinin olmaması verilebilir. Pek çok farklı boyutlarda İHA'lar istenilen görev gereksinimine göre sabit kanatlı ya da döner kanatlı olarak tasarlanabilmekte ve test aşamalarından sonra uygulanabilmektedir.

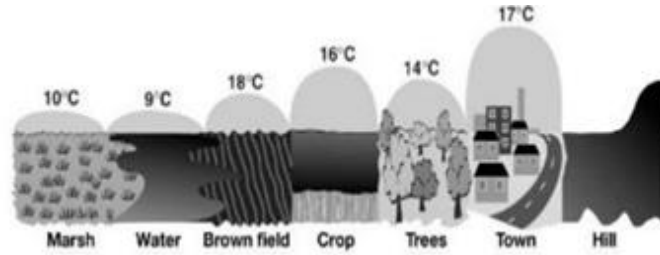
İHA'lar hakkında çok farklı parametrelerin iyileştirilmesi, gerekirse yeniden tasarlanması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Menzilin ve uçuş süresinin artırılması üzerine yapılan çalışmalar, aerodinamik tasarım, itki sistemi tasarımı, değişik güç sistemlerinin kullanılması, yüksek verimli bataryaların kullanılması, otonom sistem tasarımı gibi konularda iyileştirmeler yapılmıştır [4,9,10-12].

TERMAL HAVA AKIMLARI

Termal hava akımları, yeryüzünden atmosferin üst seviyelerine doğru yükselmektedir. Bu durum esnasında, yer yüzeyinin hemen üzerindeki sıcak hava dalgası genişler ve etrafındaki hava akımına göre daha az yoğun hale gelir. Daha az yoğun olan sıcak hava akımı yükselmeye başlar ve yükseldikçe alçak basınç altında sıcak hava akımı genişlemeye maruz kalır ve belirli bir irtifadan sonra etrafını çevreleyen hava akımı ile aynı sıcaklığa ulaşınca yükselmeyi durdurur. Su ve yeşil alanların olduğu bölgelerde güneş ışınları absorbe olacağı

için termaller genellikle oluşmazlar ya da çok az oluşur. Ancak bir evin çatısı ya da yollar güneş ışınları tarafından çabuk ısınabileceği için bu yüzeyler üzerinde güçlü termal aktiviteler olur (Şekil 1) [13-14].

Güçlü termal aktivitelerin oluşması için kararsız hava şartlarının oluşması gerekir. Kararsızlığı oluşturan koşullardan bazıları, yeryüzündeki sıcak hava adveksiyonu, yukarılarda ise soğuk hava adveksiyonu ile birlikte nemde oluşacak kısmi artışlar bu koşullardandır. Temelde güçlü termal aktivitelerine ulaşabilmek için iki koşul vardır. İlk koşul etrafındaki yeryüzü nesnelere göre daha fazla ısınma kabiliyetine sahip yer yüzeyi, ikinci koşul ise bu yer yüzeyi üzerinde kalan hava kütesinin yeterli süre için bu yüzeyin üzerinde bulunması gerekir. Ne kadar çok zamanda bu yüzey üzerinde kalırsa hava kütlesi o kadar çok ısınabilecek ve daha güçlü termal kaldırma etkisi oluşacaktır [5].



Şekil 1. Termal kaynakların sıcaklık farkları

Termal aktivite içerisindeki hava kütlesi kararsız olan atmosfer tabakası boyunca hareket edebilir ya da inversiyon tabakası ile karşılaşınca kadar devam edebilir. Bazen güçlü termal aktiviteler inversiyon tabakasını delerek içerisindeki hava kütesini daha yüksek noktalara çıkarabilmektedir.

Termal aktivitenin olduğu bölgelerin tespit edilmesinde, işaretler, kaynaklar ve tetikleyiciler olarak bilinen üç temel husus vardır. İlkbahar ve yaz ayları genelde termal aktivitelerin en uygun ve tırmanma oranlarının en iyi olduğu zaman dilimleridir. Termal aktiviteler ortalama olarak 1-10 m/s hız ile atmosferde dikey hareketler oluşturmaktadır. Buradaki değişken hız daha öncede bahsettiğimiz gibi, yeryüzündeki nesnenin güneşten ne kadar faydalandığı ve etrafındaki hava kütesini ne kadar çabuk ısıtabildiği ile doğru orantılıdır [13,15].

TERMAL HAVA AKIMLARININ UÇUŞ SÜRESİ VE MENZİLE ETKİSİ

Termal hava akımları, güneş ışınlarının yeryüzünü ısıtmasıyla meydana gelen kaldırıcı hava akımlarıdır. Isınan havanın kolan şeklinde yükselir ve bu kolonun merkezinde kaldırma gücü en üst seviyededir. Kaldırma gücünün en üst seviyede olduğu bu noktaya termal hava akımının çekirdeği olarak ifade edilmektedir. Eşitlik 1'de (x,y) pozisyonundaki kaldırma kuvvetinin matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$w(x, y) = W^{th} \exp \left(-\frac{(x - x^{th})^2 + (y - y^{th})^2}{R^{th2}} \right) \quad (1)$$

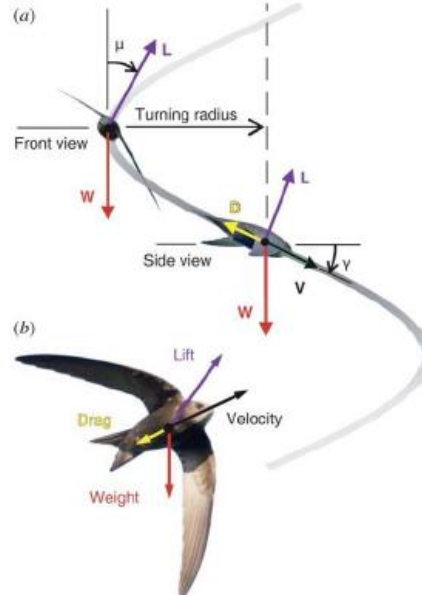
Burada, W^{th} , termalin yatay enine alınan kesitine göre çekirdekdeki dikey hava hızını m/s olarak ifadesidir. x^{th} ve y^{th} , çekirdeğin konumunu, x ve y termalin herhangi bir noktasındaki koordinatlarını göstermektedir. Ayrıca R^{th} ise termalin yarıçapını ifade etmektedir [5].

Şekil 2'de termal aktivite içerisinde gerekli olan dönüş yarıçapı ve hangi hücum açısıyla dönmesi gerektiği gösterilmektedir. Burada γ ; hava aracının hücum açısını, μ ; yatış açısını, L;

kaldırma kuvvetini, W ; ağırlığını ve D ise sürüklenme kuvvetini ifade edilmektedir. Aşağıdaki Eşitlik 2’de ideal dönüş için gerekli yarıçapın matematiksel ifadesi verilmiştir [13].

$$r = \frac{W}{S} \frac{2 \cos^2(\gamma)}{\rho g \sin(\mu) C_l}, \quad (2)$$

Eşitlik 2’de, r ; dönüş yarıçapı, S ; kanat alanı, ρ ; hava yoğunluğu, g ; yerçekimi ivmesi ve C_l kaldırma kuvvetinin katsayısını vermektedir [13].



Şekil 2. (a) Termal aktivite içerisinde dönüş yarıçapı ve hücum açısının gösterimi
(b) Temel kuvvetlerin gösterimi

İHA’lar doğal taşıyıcılara maruz kaldığı esnada irtifası artmaktadır. Bu süreç, İHA’lar üzerinde bulunana varyometre yardımıyla doğal taşıyıcı tespiti yapılabilmektedir. Doğal taşıyıcıların tespit edilmesiyle birlikte, elde edilen kaldırma kuvveti Eşitlik 1 ve 2 kullanılarak maksimum irtifa artırımı yapılarak daha fazla havada kalması ve daha uzun menzile ulaşması sağlanabilir.

SONUÇ

İHA’ların düz uçuşu esnasında termal hava akımlarının tespiti ve bu hava akımları içerisinde geçirilecek zaman ile birlikte herhangi bir mekanik enerji harcanmadan uçuş süresi ve menzilde bir artış sağlanabilmektedir. İHA’nın havada kalış süresi ve termal hava akımları içerisinde yaptığı manevralar ele alındığında, doğru pozisyon ile termalin boyutuna ve gücüne bağlı olarak maksimum verim sağlanabilmektedir.

Termal içerisinde hava araçlarının ya da yırtıcı kuşların en verimli şekilde uçmalarını sağlayan parametreler Eşitlik 1 ve 2’de verilmiştir.

Eşitlikler ile yapılan değerlendirme sonucunda termal hava akımlarının sabit kanatlı hava araçlarının uçuş süresi ve menziline;

- İHA’nın ağırlığı (W), kanat alanı (S) ve kaldırma kuvvetinin katsayısının (C_l)
- İHA’nın yatış açısı (μ) ve hücum açısının (γ)
- Termalin (x,y) koordinatındaki kaldırma kuvveti ($w(x,y)$) ve dikey hava hızının (W^{th})
- Çekirdeğin (x^{th} ve y^{th})’a göre hava aracının koordinatının

- İHA'nın dönüş yarıçapının (R^{th})
 - ρ , hava yoğunluğunun
- etki ettiği gözlemlenmiştir.

Bulunan termalin merkezine ne kadar yakın uçuş gerçekleştirilirse elde edilecek kaldırma kuvveti o kadar artacak ve kısa zamanda istenilen irtifaya çıkılabilecektir. Böylece uçuş süresinin ve menzilin artırımı sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Lawrance, N. R. J., Acevedo, J. J., Chung, J. J., Nguyen, J. L., Wilson, D., and Sukkarieh, S., 2014, Long endurance autonomous flight for unmanned aerial vehicles.
- [2] Traub, L. W., 2011, Range and endurance estimates for battery-powered aircraft. *Journal of Aircraft*, 48(2), 703-707.
- [3] Bento, M. D. F., 2008, Unmanned aerial vehicles: an overview. *Inside GNSS*, 3(1), 54-61.
- [4] Akyürek, S., Yılmaz, M. A., ve Taşkiran, M., 2012, İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm. *BİLGESAM, Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi, Rapor*, (53), 1-57.
- [5] Tabor, S., Guilliard, I., and Kolobov, A., 2018, ArduSoar: an Open-Source Thermalling Controller for Resource-Constrained Autopilots. In 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 6255-6262
- [6] Lawrence, D., and Mohseni, K., 2005, Efficiency analysis for long duration electric MAVs. In *Infotech@ Aerospace Conferences*, Arlington, Virginia.
- [7] Kagabo, Wilson B., and Jason R. Kolodziej, 2011, Trajectory determination for energy efficient autonomous soaring, *Proceedings of the 2011 American Control Conference*. IEEE.
- [8] Bouhoubeiny, E., Berard, E., Bronz, M., Gavrilovic, N., and Bonnin, V., 2016, Optimal Design of Long Endurance Mini UAVs for Atmospheric Measurement, *Applied Aerodynamics Conference Bristol, UK*
- [9] Austin R., 2010, *Unmanned Aircraft Systems*. Wiley
- [10] Konar, M., 2018, Determination of UAVs thrust system parameters by artificial bee colony algorithm. *ICENS 4th International Conference on Engineering and Natural Science*, Kiev, Ukraine.
- [11] Macheret, J., Teichman, J. and Kraig, R., 2011, Conceptual design of low-signature high endurance hybrid-electric UAV, *Institute for Defense Analyses*.
- [12] Gur, O., and Rosen, A., 2009, Optimizing electric propulsion systems for unmanned aerial vehicles, *Journal of Aircraft*, Vol. 46, No. 4.
- [13] Ákos, Zsuzsa, et al., 2010, Thermal soaring flight of birds and unmanned aerial vehicles. *Bioinspiration & biomimetics* 5.4:045003.
- [14] Zhu, B. J., Hou, Z. X., and Ouyang, H. J., 2017, Trajectory optimization of unmanned aerial vehicle in dynamic soaring. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 231(10), 1779-1793.
- [15] Edwards, D. J., 2015, Autonomous Locator of Thermals (ALOFT) autonomous soaring algorithm, *Naval Research Lab Washington DC*.
- [16] Elkhedim, B., Benard, E., Bronz, M., Gavrilovic, N., and Bonnin, V., 2016, Optimal design of long endurance mini UAVs for atmospheric measurement. *Applied Aerodynamics Conference, Bristol, United Kingdom*.