

SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ BAZI KAVRAMSAL TASARIM PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

İbrahim Halil Güzelbey¹
Türk Hava Kurumu Üniversitesi,
Ankara

Yüksel Eraslan²
İskenderun Teknik
Üniversitesi, Hatay

Mustafa Gen³
Gaziantep Üniversitesi,
Gaziantep

ÖZET

İnsansız hava araçları (İHA) son yıllarda hem ülkemizde hem de dünyada, askeri ve sivil uygulamalarda vazgeçilmez bir rol almaya başlamıştır. Gözlem, keşif, denetim, kurtarma ve kargo gibi birçok görevde aktif olarak kullanılan bu hava araçlarını, sabit ve döner kanatlı olmak üzere temel iki sınıfa ayırmak mümkündür. İnsansız hava araçlarının tasarım süreçleri de tüm hava aracı tasarım süreçlerinde olduğu gibi genellikle kavramsal tasarımla başlayıp, ön tasarım ve detaylı tasarım aşamaları ile devam etmektedir. Bu kapsamda özellikle kavramsal tasarım aşamasında parametrelerin gerçekçi tahmini ilerleyen aşamalar için önem arz etmektedir. İlgili tahminler için geçmiş tasarım trendlerinden ilham almak sıkça kullanılan bir yöntemdir, fakat literatürde insansız hava araçlarının tasarım parametreleri açısından trendlere dair çok yaygın çalışmalar bulunamamaktadır. Buradan yola çıkarak, bu çalışmada, sabit kanatlı insansız hava araçlarının kavramsal tasarım parametrelerinin tahmini üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle çok sayıda sabit kanatlı insansız hava aracının belirli tasarım parametre verileri (maksimum kalkış ağırlığı, kanat açıklığı, gövde uzunluğu, kanat alanı, menzil vb.) derlenmiştir. Derlenen sayısal veriler çerçevesinde regresyon analizi yöntemi ile gelecek tasarım süreçlerinde pratik ve gerçekçi tahminler için matematiksel ifadeler elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda gerek amatör gerekse profesyonel insansız hava aracı tasarımcıları için istatistiksel yönelimlere dayalı yardımcı veriler ve kavramsal tasarım sürecindeki parametre tahminlerine yönelik matematiksel ifadeler ortaya konulmuştur.

GİRİŞ

İnsanlık tarihinin en önemli buluşlarından olan hava araçları, geçmişten günümüze gelişimlerini sürdürmekle birlikte son dönemlerde özellikle insansız varyasyonları ile dikkat çekmektedir. İnsansız hava araçları (İHA) tüm dünyayla birlikte ülkemizde de sivil ve askeri maksatlı gözlem, keşif, denetim, kurtarma ve kargo gibi birçok uygulamada oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Popülerliği gün geçtikçe artan bu hava araçlarının tasarım ve teknolojileri gelişimini sürdürmekle birlikte, amatör ve profesyonel geniş bir çevrenin ilgisini çekmektedir. İnsansız hava araçlarının tasarım süreçleri de ana başlıklar olarak insanlı tasarımlardan büyük farklılıklar göstermemekte; kavramsal tasarım, ön tasarım ve detaylı tasarım olarak birbirini takip eden aşamaları içermektedir.

Tasarım sürecinin başlangıcı olan kavramsal tasarım aşamasında hava aracının genel konfigürasyon seçimleri, temel ölçü ve ağırlık hesaplamaları ve performansla dair temel sorular

¹ Prof. Dr., Makine Mühendisliği Bölümü, E-posta: guzelbeyih@thk.edu.tr

² Öğr. Gör., Elektronik ve Otomasyon Bölümü, İHA Teknolojisi ve Operatörlüğü Programı, E-posta: yuksel.eraslan@iste.edu.tr

³ Öğrenci, Uçak ve Uzay Mühendisliği Bölümü, E-posta: mgen582@gmail.com

cevaplanmaya çalışılmaktadır. Yapılan kavramsal tasarımın uygulanabilirliği ise kapsamlı analiz ve hesaplamalarla ön tasarım aşamasında sorgulanarak nihai tasarım detaylı tasarım aşamasından oluşmaktadır [Anderson, 1999]. Bu kapsamda, hava aracına dair kavramsal tasarım aşamasında yapılacak gerçekçi parametre tahminleri ilerleyen aşamalar için büyük öneme sahiptir.

Kavramsal tasarım aşamasında, hava aracı tasarım parametrelerinin tahmini için güncel tasarım trendlerinden ve geçmişten bugüne istatistiki verilerden faydalanmak oldukça sık rastlanan bir metottur. Örneğin [Gudmundsson, 2013] çalışmasında çok sayıda sivil-askeri maksatlı uçaklar ve planör gibi hava araçları hakkında oldukça geniş kapsamda tasarım parametrelerini derlemiştir. Parametreler sadece kanat açıklığı, maksimum kalkış ağırlığı, kanat alanı gibi temel değişkenlerle sınırlı kalmamış, detaylı açılma değerler ve ölçüleri de tasarımcıların kavramsal tasarım aşamasında öngörü sahibi olabilmeleri açısından ortaya konulmuştur. [Fratı, 1946] planör tasarımı üzerine kaleme aldığı kitabında, tasarımcılar için konfigürasyonlarına göre dönemin planörlerinin ortalama tasarım verilerine yer vermiş, aynı zamanda gövde uzunluğunun kanat açıklığına bağlı tahminine dair geçmiş tasarımların ölçülerine dayalı matematiksel ifadeler geliştirmiştir. [Raymer, 2012] geniş kapsamlı çalışmasında çok çeşitli hava araçlarına yönelik tasarım parametrelerinin istatistiksel bilgilerine detaylıca yer vermiş, tasarım sürecinde karşılaşılabilecek birçok değişkenin de bu istatistiki bilgilere dayalı hızlı ön tahminine yönelik matematiksel ifadeler sunmuştur. [Sadraey, 2012] çalışmasında farklı hava araçlarını sınıflandırarak tasarım parametrelerinin istatistiki olarak hangi aralıklarda değiştiğine, özellikle kavramsal tasarım ve ön tasarım aşamalarında tasarımcılara yol gösterici olacak şekilde yer vermiştir.

Askeri maksatlı kullanım yoğunluğu ve teknolojisinin tarihsel süreçteki yeniliği göz önüne alındığında, insanlı varyasyonlarına kıyasla, insansız hava araçlarına dair bu tür veri ve çalışmalara literatürde rastlamak pek mümkün olmamaktadır. Buradan hareketle, bu çalışmada, sabit kanatlı insansız hava araçlarının kavramsal tasarım parametrelerinin tahmini üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle 40'ın üzerinde sabit kanatlı insansız hava aracının belirli tasarım parametre verileri (maksimum kalkış ağırlığı, kanat açıklığı, gövde uzunluğu, kanat alanı, menzil vb.) derlenmiştir. Derlenen sayısal veriler çerçevesinde regresyon analizi yolu ile gelecek tasarım süreçlerinde pratik ve gerçekçi tahminler için matematiksel ifadeler elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda gerek amatör gerekse profesyonel insansız hava aracı tasarımcıları için istatistiksel verilere dayalı yardımcı veriler ve kavramsal tasarım sürecindeki parametre tahminlerine yönelik matematiksel ifadeler ortaya konulmuştur.

YÖNTEM

Regresyon analizi iki veya daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek ve var ise ilişkinin gücü hakkında bilgi edinebilmek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. Regresyon analizinin doğrusal, poisson, negatif binom, lojistik ve probit gibi isimlendirilen birçok farklı türleri bulunmaktadır [Arzu ve Onder, 2013]. Doğrusal regresyon analizi ise kullanılan değişken sayısına göre isimlendirilerek tek değişkenli veya çok değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılmaktadır. Regresyon, en az iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin fonksiyonel şeklini ortaya koyar ve bu değişkenleri biri bağımlı, diğeri bağımsız değişken olarak bir doğru denklemi şeklinde gösterir. Bu niceliksel ölçekli değişkenlerin, birinin değeri bilindiğinde diğersinin hakkında tahmini bir değer elde edilmesine olanak sağlar. Regresyon analizinin altyapısına bakıldığında öncelikle kovaryans ve korelasyon terimleri göz önüne gelmektedir.

Kovaryans, iki değişkenin birbirleri ile olan ilişkisini göstermektedir. Kovaryans hesaplaması sonucunda elde edilecek pozitif bir rakam, değişkenler arasında pozitif bir bağ olduğunu (aynı yönde hareket ettiklerini), negatif bir rakam negatif bir bağ olduğunu (ters yönde hareket ettiklerini), sıfır ise aralarında bir bağ olmadığını gösterir. Kovaryans ($COV_{(x,y)}$) X değişkeni (X_i), Y değişkeni (Y_i), X değişkenlerinin ortalaması ($\bar{X}$), Y değişkenlerinin ortalaması ($\bar{Y}$) ve toplam data sayısı (n) cinsinden Eş. (1)'deki şekilde ifade edilebilir:

$$COV_{(x,y)} = \frac{\sum_i^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1} \quad (1)$$

Kovaryans değişkenleri hareket yönünü gösterirken, korelasyon ise iki değişkenin birbirine ne kadar benzerlikte hareket ettiğini gösterir. Korelasyon katsayısı ($r_{(x,y)}$), açıklanabilen varyasyonun açıklanamayan varyasyona oranı olarak tanımlanmaktadır. Korelasyon katsayısı kovaryans, X değişkeninin standart sapması (S_x) ve Y değişkeninin standart sapması (S_y) cinsinden Eş. (2)'deki gibi ifade edilebilir:

$$r_{(x,y)} = \frac{COV_{(x,y)}}{S_x S_y} \quad (2)$$

Doğrusal eğri, grafik üzerindeki tüm noktalardan geçiyorsa, $r=1$ olur. Bu durumda, açıklanabilen varyasyon, açıklanamayan varyasyona eşittir. Grafik üzerindeki noktalar doğrusal eğri üzerinden sapıyorsa, bu kez açıklanamayan varyasyon daha büyük olacak ve $r<1$ olacaktır.

Korelasyon değeri, eğim değeri ile aynı işarete sahiptir ve 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu değer iki değişken arasındaki ilişkinin gücü hakkında bilgi vermektedir. Değişkenler arası ilişki gücü 0-0,25 çok zayıf, 0,26-0,49 zayıf, 0,50-0,69 orta, 0,70-0,89 yüksek ve 0,90-1,00 çok yüksek olarak nitelendirilmektedir [Gülbüz ve Karabulut, 2008]. Korelasyon değerinin 1'e eşit olduğu durumda iki değişken arasında artan doğrusal bir ilişki vardır ve doğrusal eğri tüm noktalardan geçmektedir. Bu değer -1'e eşit olduğunda ise değişkenler arasında azalan doğrusal bir ilişki vardır ve doğrusal eğri tüm noktalardan geçmektedir.

Deneyisel verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uyduğunun bir ölçütü vardır ve bu ölçüt regresyon analiz işleminde hesaplanmış determinasyon katsayısı olan R^2 değeridir. Determinasyon katsayısının 1'e eşit olması, deneyisel verilerin kusursuz bir doğrusal eğri sağladığının göstergesidir. Veri noktası sayısının artması bu katsayı değerinin güvenilirliğini artırır. Determinasyon katsayısı değeri, açıklanabilen varyasyonun (SSR) toplam varyasyona (SST) oranı olarak tanımlanır ($R^2=SSR/SST$). En küçük kareler yönteminde determinasyon katsayısı Eş. (3)'te verildiği şekilde; deneyisel olarak saptanmış değerler (Y_i), regresyon eşitliğinden saptanmış değerler ($\hat{Y}$) ve deneyisel verilerin ortalaması ($\bar{Y}$) ile hesaplanabilir:

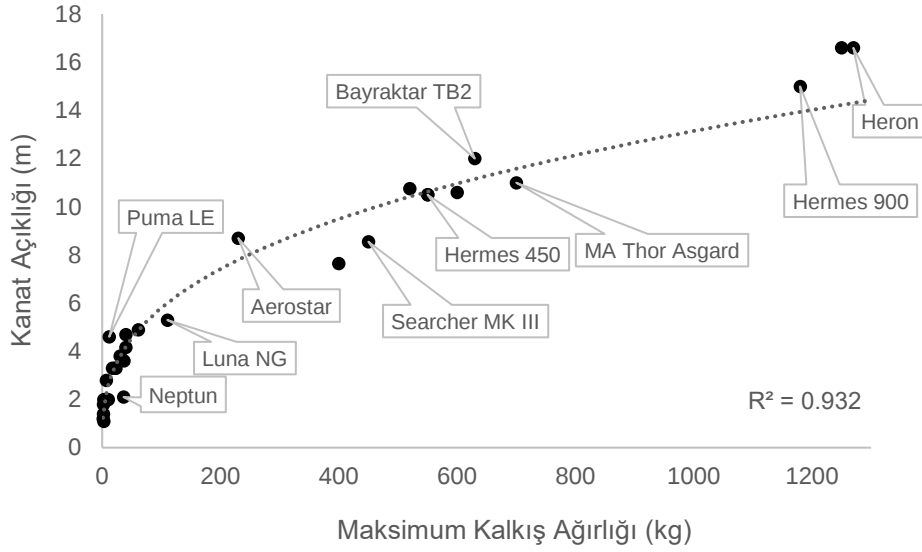
$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - \hat{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

Bu çalışmada, regresyon analizinin potansiyelini gözlemlemek için gerekli olan determinasyon katsayısını (R^2) nümerik olarak hesaplayabilme kabiliyetine sahip Microsoft Office Excel programı yardımı ile sabit kanatlı insansız hava araçlarının bazı kavramsal tasarım parametrelerinin tahminine dair çıkarımlarda bulunulması amaçlanmıştır. İlgili hava araçlarının maksimum kalkış ağırlığı, kanat açıklığı, kanat alanı, gövde uzunluğu ve menzil gibi birçok parametresi derlenmiş ve ilişkilerinin basit regresyon analiz yöntemi ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

UYGULAMALAR

Maksimum kalkış ağırlıkları (W) 1.3 kg ile 14600 kg arasında değişen çok geniş spektrumda 40'ın üzerinde aktif kullanımdaki insansız hava aracının kanat açıklığı (b), kanat yüklemesi (W/S), kanat açıklık oranı (AR), gövde uzunluğu (f), ortalama seyir sürati (V_s), tavan irtifası (h), menzil (X) gibi

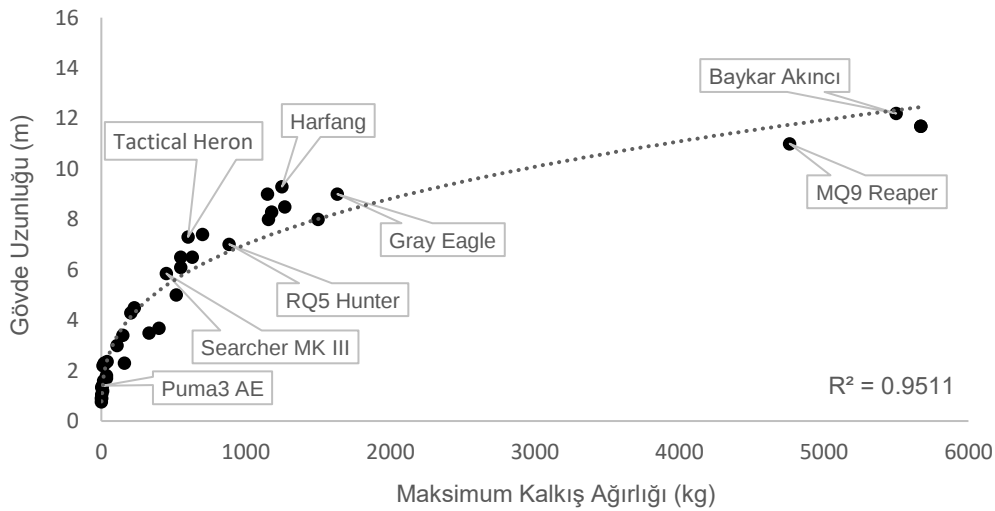
birçok parametresi derlenmiştir. Parametrik veriler birbirleri arasındaki ilişkiler bakımından basit regresyon analizi yöntemiyle detaylı şekilde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.



Şekil 1: Kanat açıklığının maksimum kalkış ağırlığına bağlı değişim grafiği

Maksimum kalkış ağırlığı ile kanat açıklığı arasında ortaya çıkan grafiğin determinasyon katsayısı (R^2) değeri çok yüksek ilişkiyi işaret eden 0.93 seviyelerine ulaşmış ve aralarındaki ilişki Eş. (4)'teki şekilde bir üs fonksiyonu olarak ortaya çıkmıştır. Bu formül vasıtası ile kavramsal tasarım aşamasında maksimum kalkış ağırlığına bağlı olarak kanat açıklığı tahmini yapmak mümkündür.

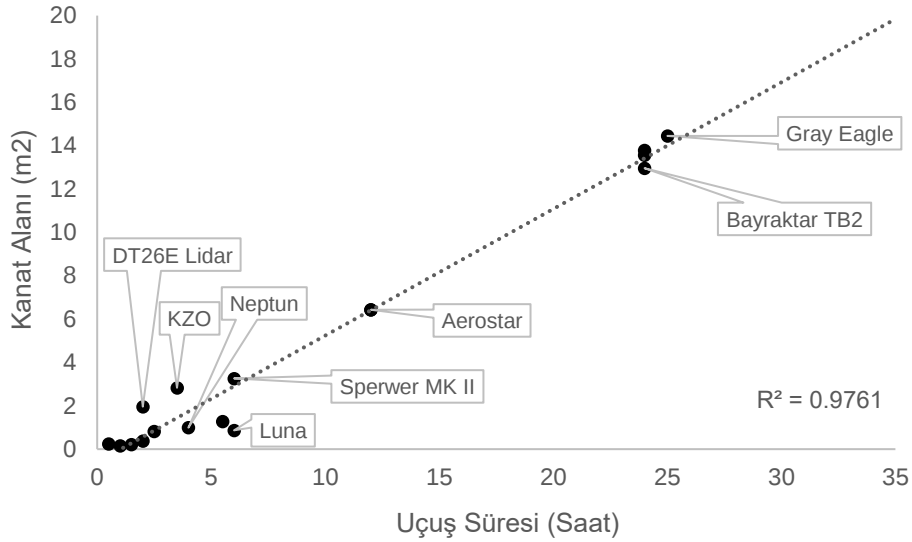
$$b = 1.1264 * (W^{0.353}) \quad (4)$$



Şekil 2: Maksimum kalkış ağırlığına bağlı gövde uzunluğu değişim grafiği

Gövde uzunluğu ve maksimum kalkış ağırlığı arasındaki ilişkiyi gösteren grafiğe bakıldığında ise determinasyon katsayısının yine çok yüksek ilişkiyi işaret eder şekilde 0.95 değerlerine ulaşıldığı görülmüş ve Eş. (5)'te yer aldığı biçimde maksimum kalkış ağırlığına bağlı gövde uzunluğu tahmini matematiksel olarak ifade edilmiştir.

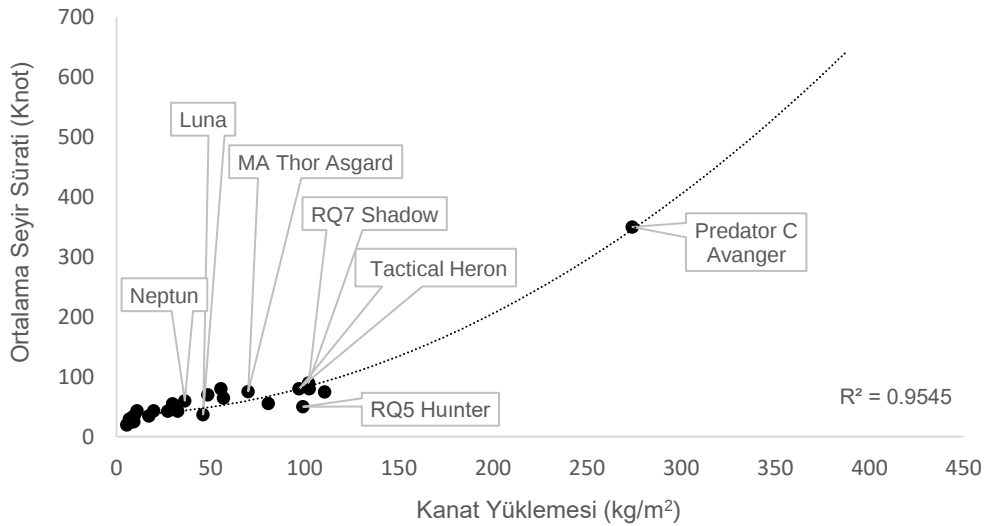
$$f = 0.7115 * (W^{0.3312}) \quad (5)$$



Şekil 3: Kanat alanına bağlı uçuş süresi değişim grafiği

Kanat alanı ve uçuş süresi arasındaki ilişki Şekil 3'te görüldüğü haliyle yüksek ilişki olarak nitelendirilen 0.97 seviyelerindeki determinasyon katsayısı ile gözlemlenmiştir. Uçuş süresine bağlı kanat alanı tahminine dair ifade ise Eş. (6)'da gösterilmiştir. Bu ifade ile hedeflenen uçuş süresine bağlı olarak kanat alanı tahmini mümkün olmaktadır.

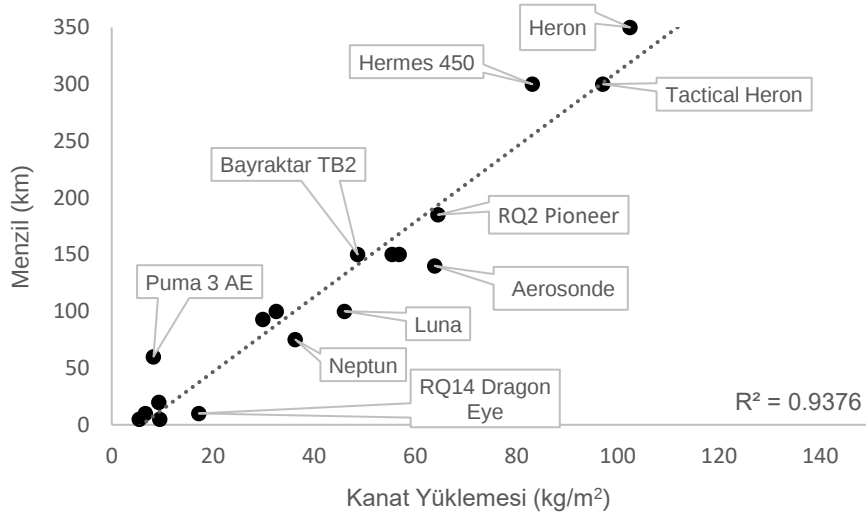
$$S = 0.5841 * (t) - (0.6019) \quad (6)$$



Şekil 4: Ortalama seyir süresine bağlı kanat yüklemesi değişim grafiği

Ortalama seyir sürati ve kanat yüklemesi arasındaki ilişki Şekil 4'te görüldüğü şekliyle yüksek ilişki olarak nitelendirilen 0.95 seviyelerindeki determinasyon katsayısı ile gözlemlenmiştir. Ortalama seyir süratine bağlı kanat yüklemesi tahminine dair ifade ise Eş. (7)'de gösterilmiştir. Bu ifade ile hedeflenen kanat yüklemesine bağlı olarak ortalama seyir süresi tahmini mümkün olmaktadır.

$$V_s = 0.0038 * \left(\frac{W}{S}\right)^2 + (0.0889)\left(\frac{W}{S}\right) + 35.422 \quad (7)$$



Şekil 5: Menzile bağlı kanat yüklemesi değişim grafiği

Kanat yüklemesi ve menzile arasındaki ilişki Şekil 5'te görüldüğü şekliyle yüksek ilişki olarak nitelendirilen 0.93 seviyelerindeki determinasyon katsayısı ile gözlemlenmiştir. Uçuş süresine bağlı kanat alanı tahminine dair ifade ise Eş. (8)'de gösterilmiştir. Bu ifade ile hedeflenen menzile bağlı olarak kanat yüklemesi tahmini mümkün olmaktadır.

$$X = 3.306 \left(\frac{W}{S} \right) - 19.602 \quad (8)$$

SONUÇ

Bu çalışmada, sabit kanatlı insansız hava araçlarına dair derlenen sayısal tasarım parametreleri çerçevesinde basit regresyon analizi yolu ile tasarım süreçlerinde pratik ve gerçekçi tahminler için matematiksel ifadeler elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen ilk bulgular neticesinde, maksimum kalkış ağırlığı ile gövde uzunluğu ve kanat açıklığı arasında çok yüksek, kanat alanı ile uçuş süresi arasında ise yüksek olarak nitelendirilecek derecede güçlü ilişkiler bulunmuş ve bunların matematiksel ifadeleri bir tahmin yöntemi olarak ortaya konulmuştur. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında hem veri sayısının artırılması hem de var olan verilerin arasındaki farklı ilişkilerin de değerlendirilerek yer verilmesi ve elde edilen matematiksel ifadelerden yola çıkarak güncel insansız hava aracı tasarımlarının ilgili parametreleriyle karşılaştırmasının yapılması planlanmaktadır.

Kaynaklar

Anderson, J. D., 1999. *Aircraft performance and design*.

Arzu, A. R. I., Onder, H., 2013. *FARKLI VERİ YAPILARINDA KULLANILABİLECEK REGRESYON YÖNTEMLERİ*. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 28(3), 168-174.

Fraaij, S., 1946. *The glider*. Milan, Italy: Editore Ulrico Hoepli Milano.

Gudmundsson, S. 2013. *General aviation aircraft design: Applied Methods and Procedures*. Butterworth-Heinemann.

Gülbüz, M., Karabulut, M. (2008). *Kırsal göçler ile sosyo-ekonomik özellikler arasındaki ilişkilerin analizi*. Türk Coğrafya Dergisi, (50), 37-60.

Raymer, D. 2012. *Aircraft design: a conceptual approach*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc..

Sadraey MH. 2012. *Aircraft design: A systems engineering approach*. John Wiley & Sons Ltd.