



TAŞKÖPRÜ
MESLEK
YÜKSEKOKULU

ELEKTRONİK VE OTOMASYON BÖLÜMÜ İNSANSIZ ARAÇ TEKNİKERLİĞİ

İAT102 İNSANSIZ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI

14. HAFTA İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI



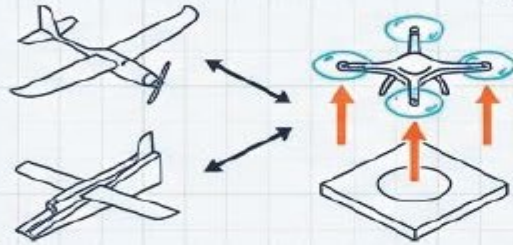
İHA Kalkış ve Fırlatma Sistemleri

Sabit ve Döner Kanatlı Platformlar İçin Uçuşun En Kritik Safhası

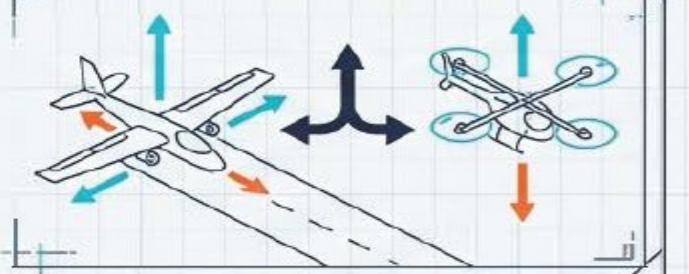
Uçuşun en kritik ve kaza riskinin en yüksek olduğu safha: Havalanma.



İnsansız Hava Araçları (İHA) için fırlatma (take-off) süreci, sistemin ağırlığına, tasarımına ve görev alanına göre radikal şekilde değişir.

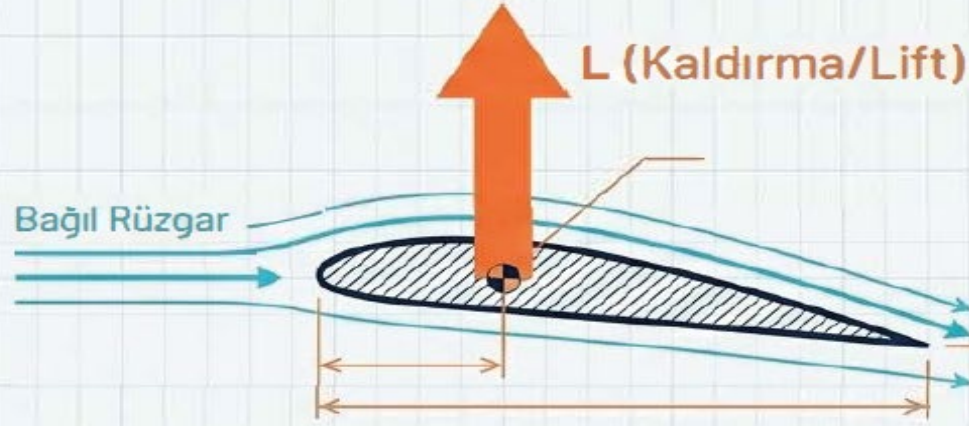


Standart bir çözüm yoktur; sabit kanat ile döner kanat mekanikleri farklı fiziksel kurallara tabidir. Başarı, operasyonel kısıtlamalara uygun fırlatma yöntemini seçmekte yatar.

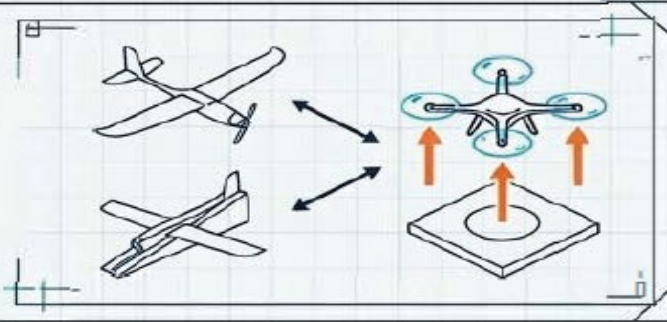


Havalanmanın iki farklı fiziği: Kanat profiline karşı doğrudan itki.

SABİT KANAT



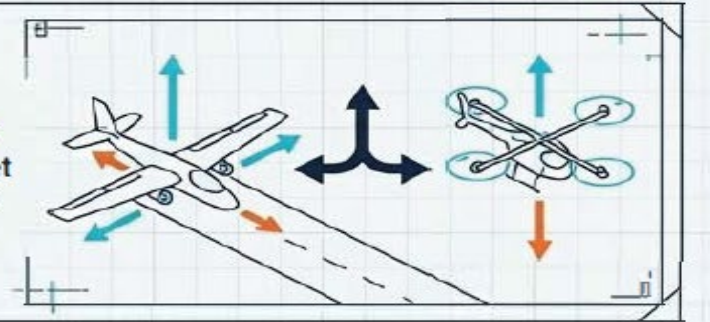
Hava Akışı Zorunluluğu
Sabit kanatlı platformlar, havalanmak için kanat profili üzerinde havayı yararak bir hava akışı (bağıl rüzgar) oluşturmak zorundadır. İleri yönlü ivmelenme şarttır.



DÖNER KANAT

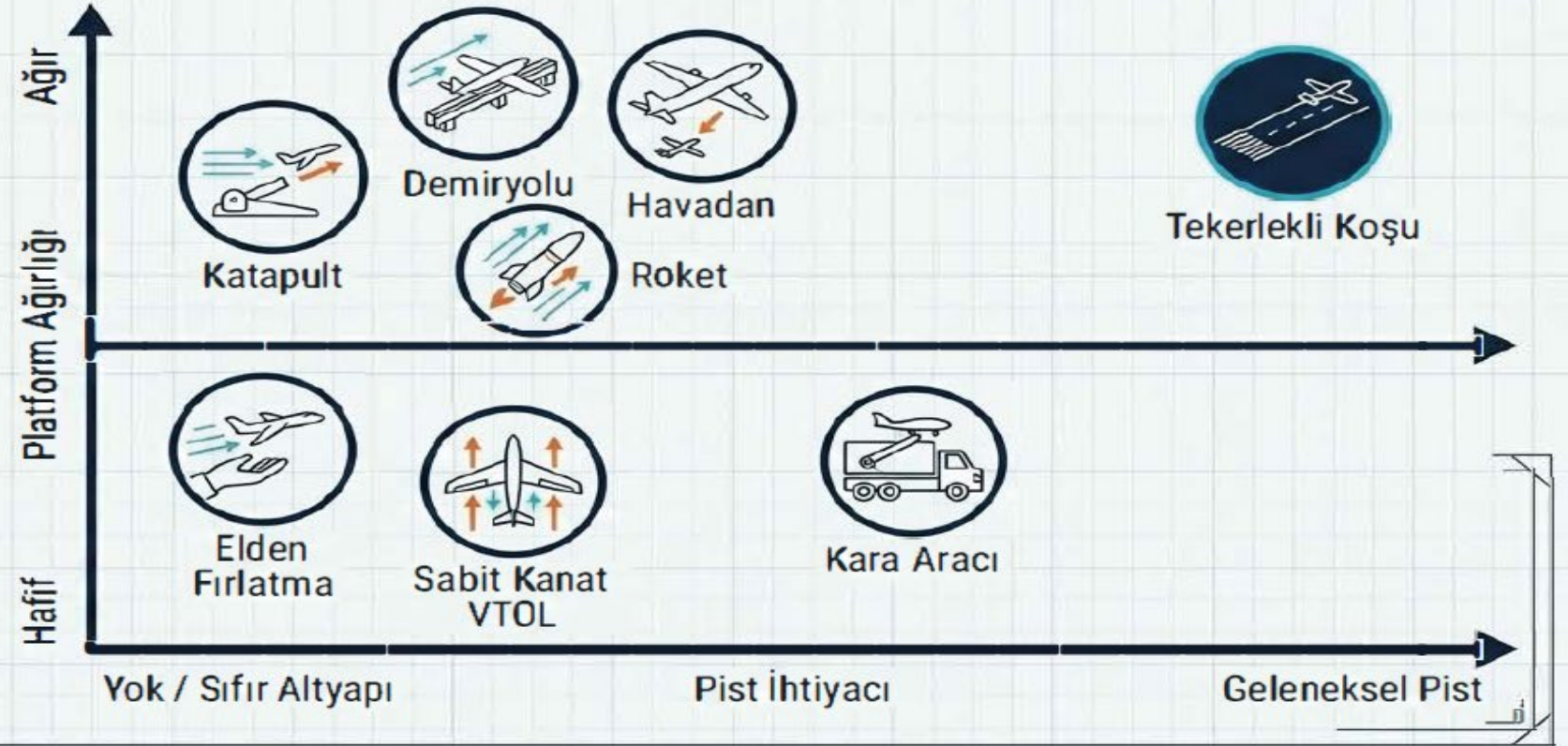


Havayı Taşıma Prensibi
Döner kanatlı sistemlerde kanatlar (pervaneler) gövdeyi değil, doğrudan havayı hareket ettirir. İleri hıza ihtiyaç yoktur, motor devri artırılarak dikey havalanma sağlanır.



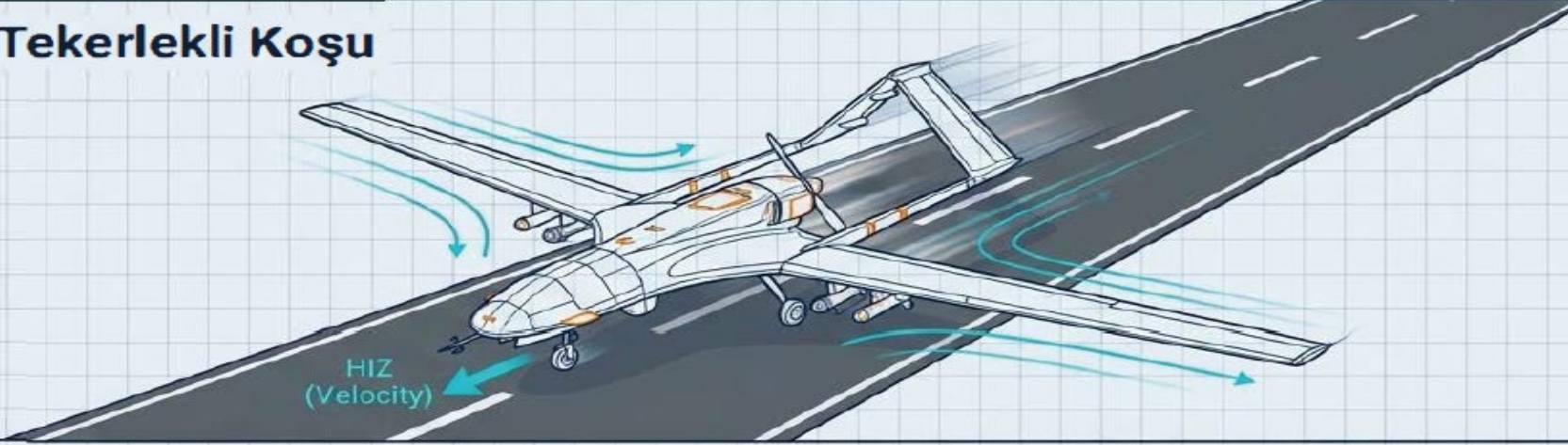
Sabit kanat fırlatma spektrumu: Ağırlık ve altyapı kısıtlamalarına göre dağılım.

Sabit kanatlı bir İHA'ya bağlı rüzgarı sağlamanın 8 temel yolu vardır. Seçim, donanımın ağırlık kapasitesi ile sahadaki fiziki kısıtlamalar (pist varlığı) arasındaki dengeye göre belirlenir.



İki uç nokta: Geleneksel kalkış ve ekipmansız sahra fırlatması.

Tekerlekli Koşu

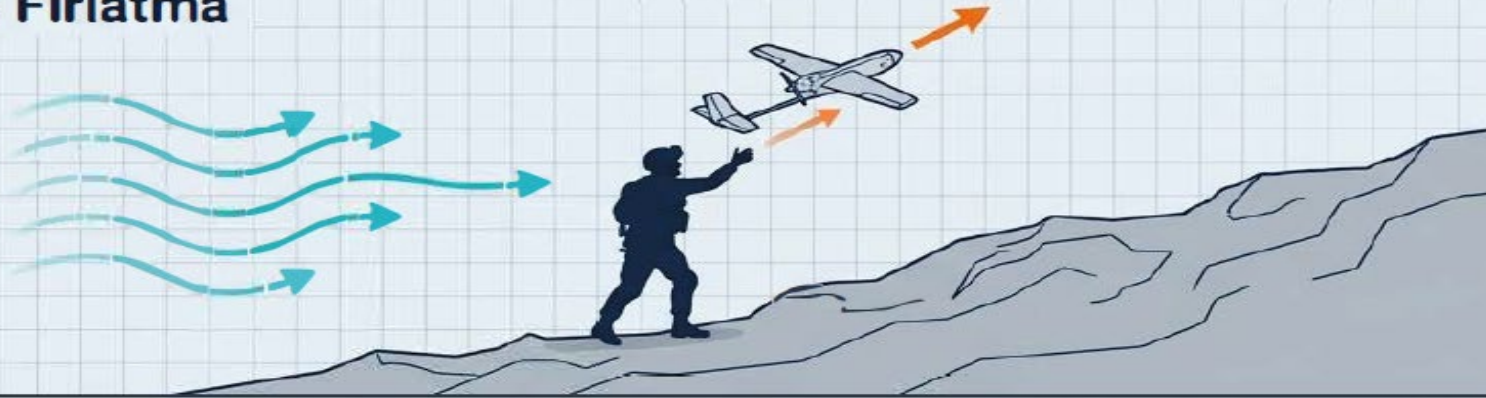


Geleneksel Pist (Conventional Take-off)

Bayraktar TB2 ve ANKA gibi büyük/orta ölçekli İHA'larda zorunludur.

Tekerlekli iniş takımlarıyla pist üzerinde hızlanarak havalanır. Maksimum ağırlık taşır ancak piste bağımlıdır.

Elden Fırlatma



Sıfır Ekipman

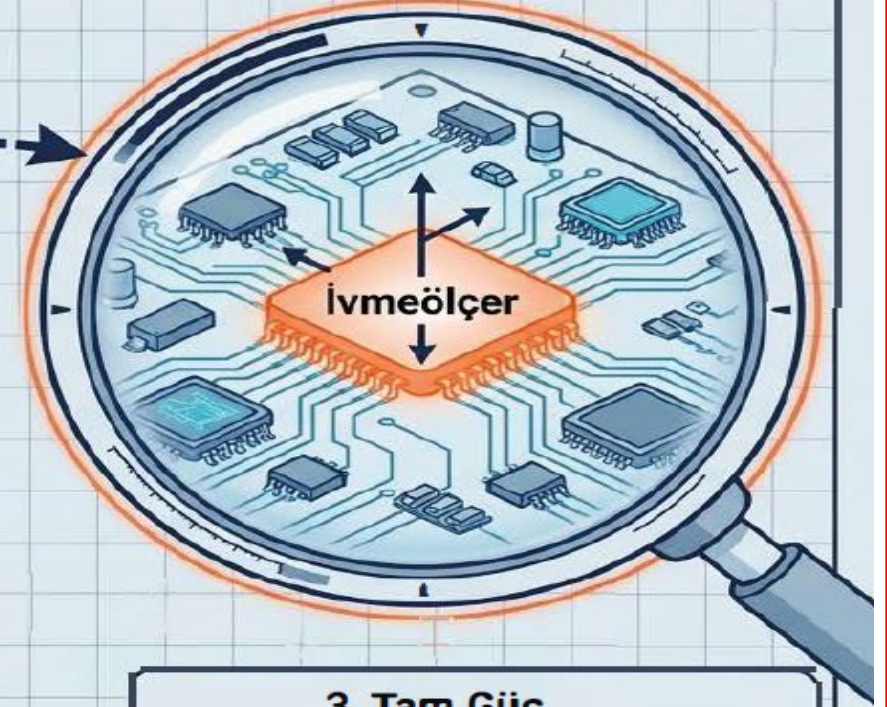
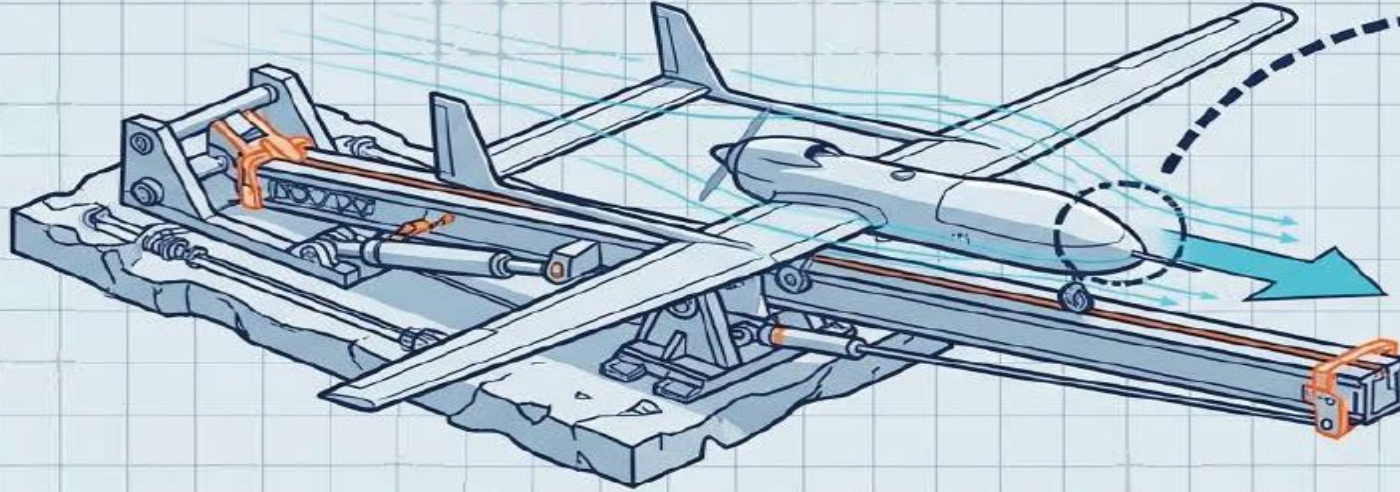
Hafif/küçük ölçekli İHA'lar için.

Operatör rüzgara karşı fırlatır, motor anında itki üretir.

Ekipman gerektirmez ancak rüzgar etkisine ve operatör hatasına yüksek oranda duyarlıdır.

Katapult (Mancınık) Mekaniği: Otonom sistem fırlatmayı nasıl anlar?

Pnömatik, hidrolik veya lastik (bungie) kordonlar kullanılarak İHA sıfır pist ile gemi güvertesi veya engebeli arazide kısa mesafede uçuş hızına ulaştırılır. Kurulumu hızlıdır.



1. Sarsıntı (Ateşleme)

Mancınık mekanizması serbest bırakılır, araç aniden **yüksek G kuvvetine** maruz kalır.



2. Algılama

İHA'nın **ivmeölçerleri** bu ani sarsıntıyı **fırlatma anı** olarak algılar. Otonom bilgisayara sinyal gider.

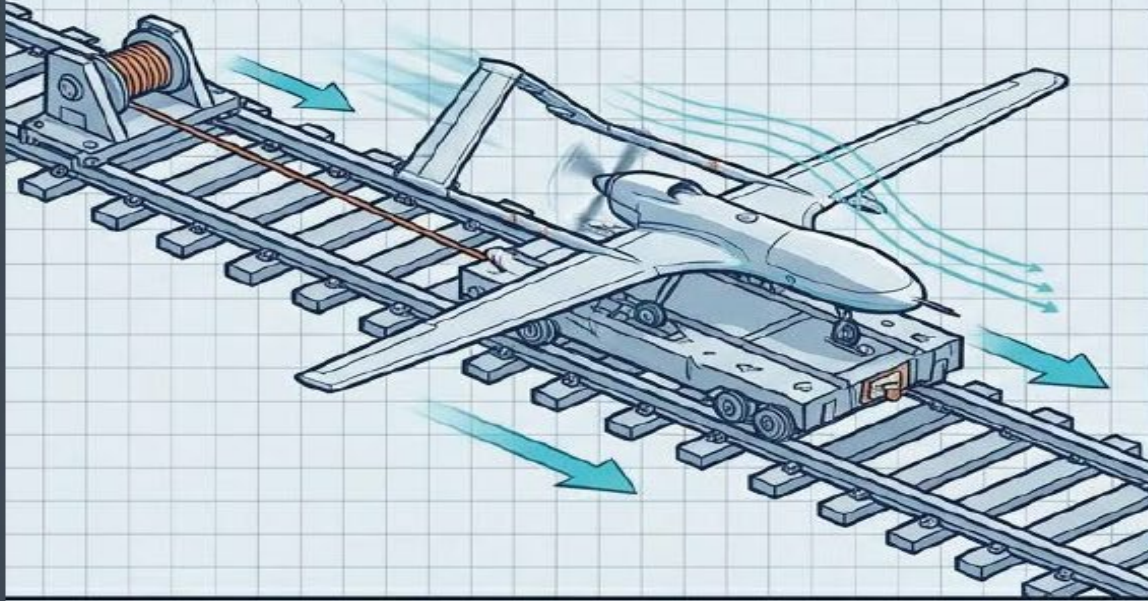


3. Tam Güç

Bilgisayar, pervaneye saniyenin kesirleri içinde **tam güç** vererek uçuşu başlatır.
(! Uyan: Ayar hataları kazaya yol açar).

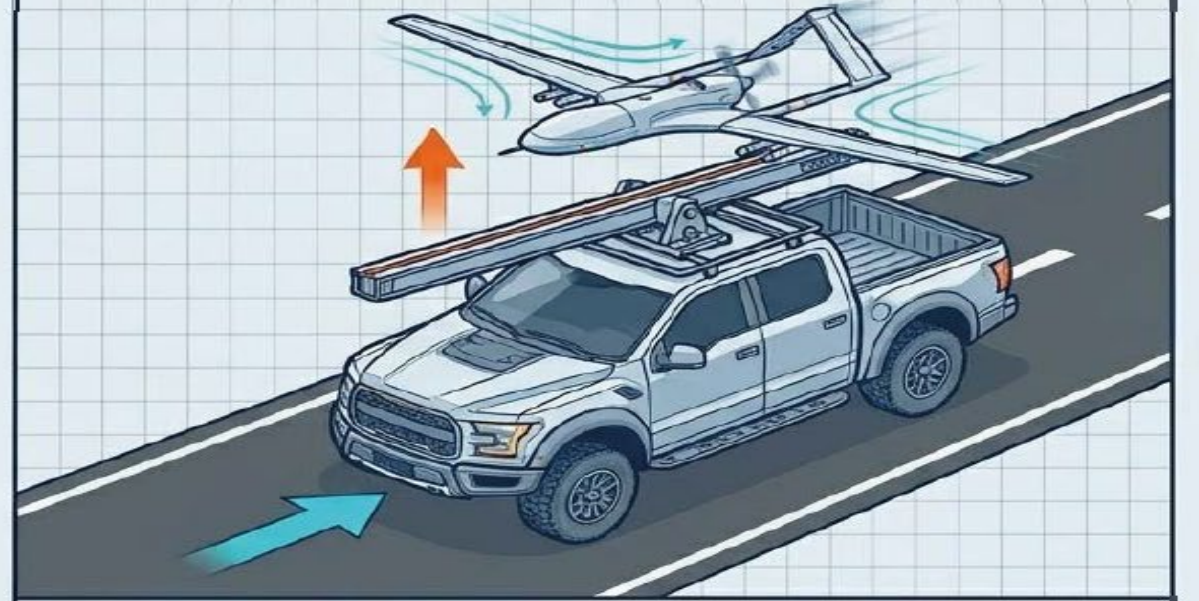
İniş takımı ağırlığından kurtulmak: Raylı ve hareketli platform kalkışları.

Demiryolu Rampası



Uzun bir ray hattı üzerindeki çekici mekanizma (elektrik motoru/gergi) İHA'yı hat sonuna kadar doğrusal ivmelendirir. Çok ağır İHA'lar için güvenli hızlanma sağlar.

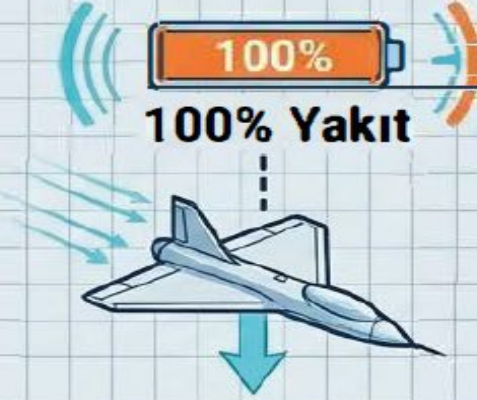
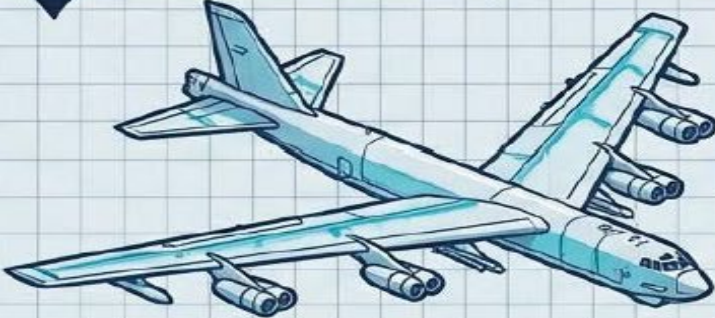
Kara Aracı ile Fırlatma



İHA, pikap veya kamyonet üzerine monte edilir. Araç düz yolda yüksek hıza ulaştığında İHA kendi motorunu çalıştırıp ayrılır. Araçtan ayrılma sayesinde İHA kendi üzerinde iniş takımı ağırlığı taşımaz.

Menzil ve hız maksimizasyonu: Havadan bırakma ve roket takviyesi.

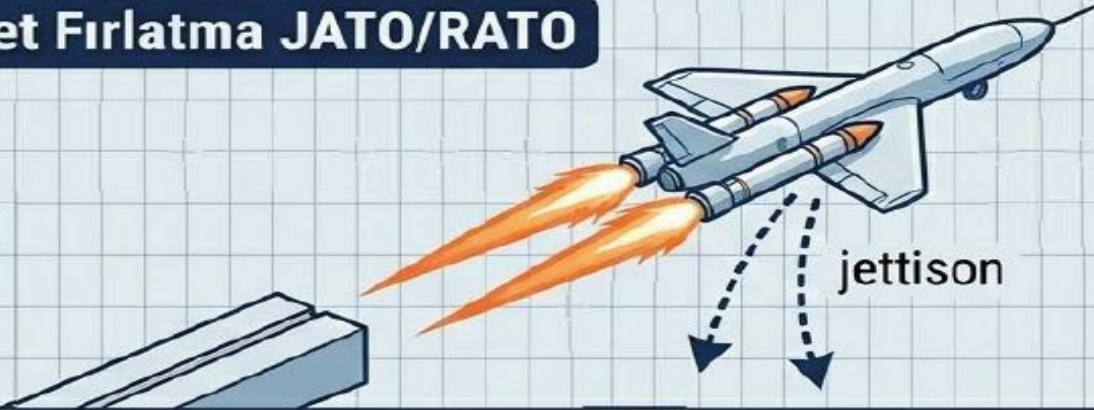
Havadan Fırlatma



Enerji Tasarrufu

Ana uçak veya helikopter gövdesinden/kanadından bırakılır. Araç zaten yüksek irtifa ve hızda olduğundan kalkış enerjisi harcamaz, tüm yakıtını menzili maksimize etmek için saklar.

Roket Fırlatma JATO/RATO



Anlık İvmelenme

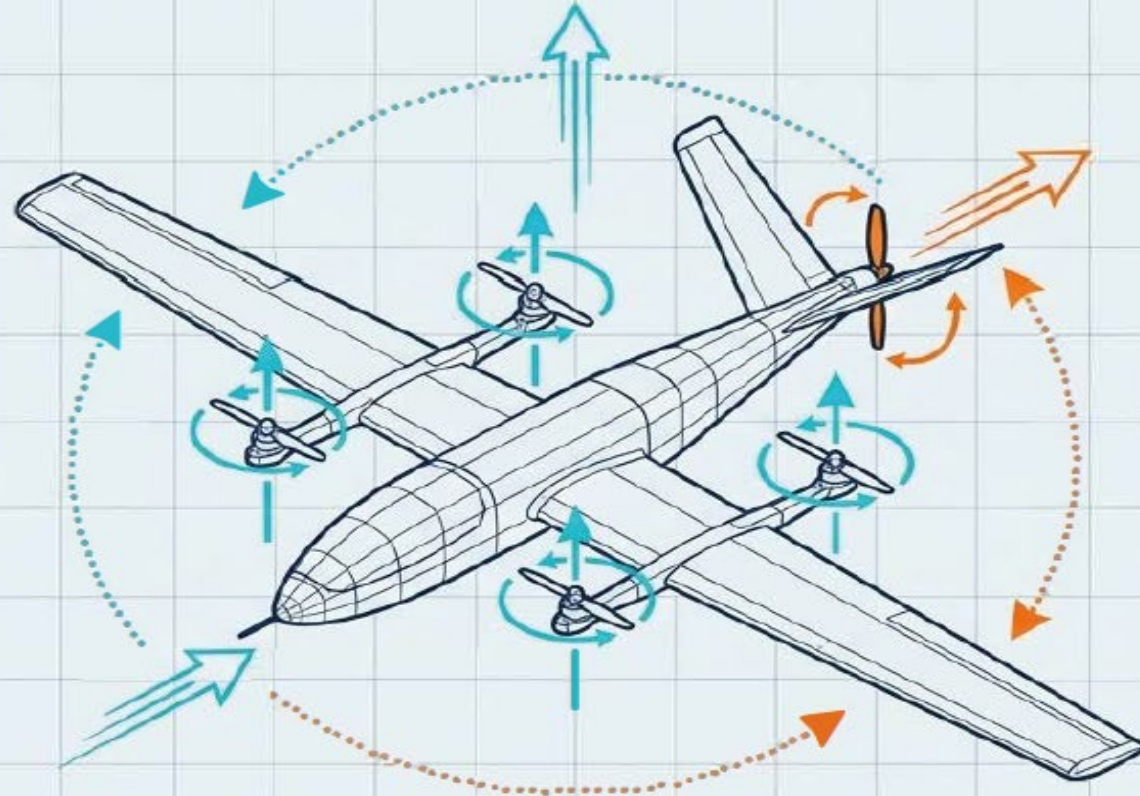
Gövdeye takılan geçici, küçük katı yakıtlı roketler, İHA'yı saniyeler içinde uçuş hızına çıkarır. Yakıt bitince roketler ayrılır. Ağır askeri yüklerde ve çok kısa mesafe fırlatmalarında elzemdir.

Melez çözüm: Sabit kanatta Dikey Kalkış (VTOL) ve mühendislik bedeli

Helikopter gibi dikey havalanma ve uçak gibi yatay seyir yeteneğinin birleştirilmesi.

Avantajlar

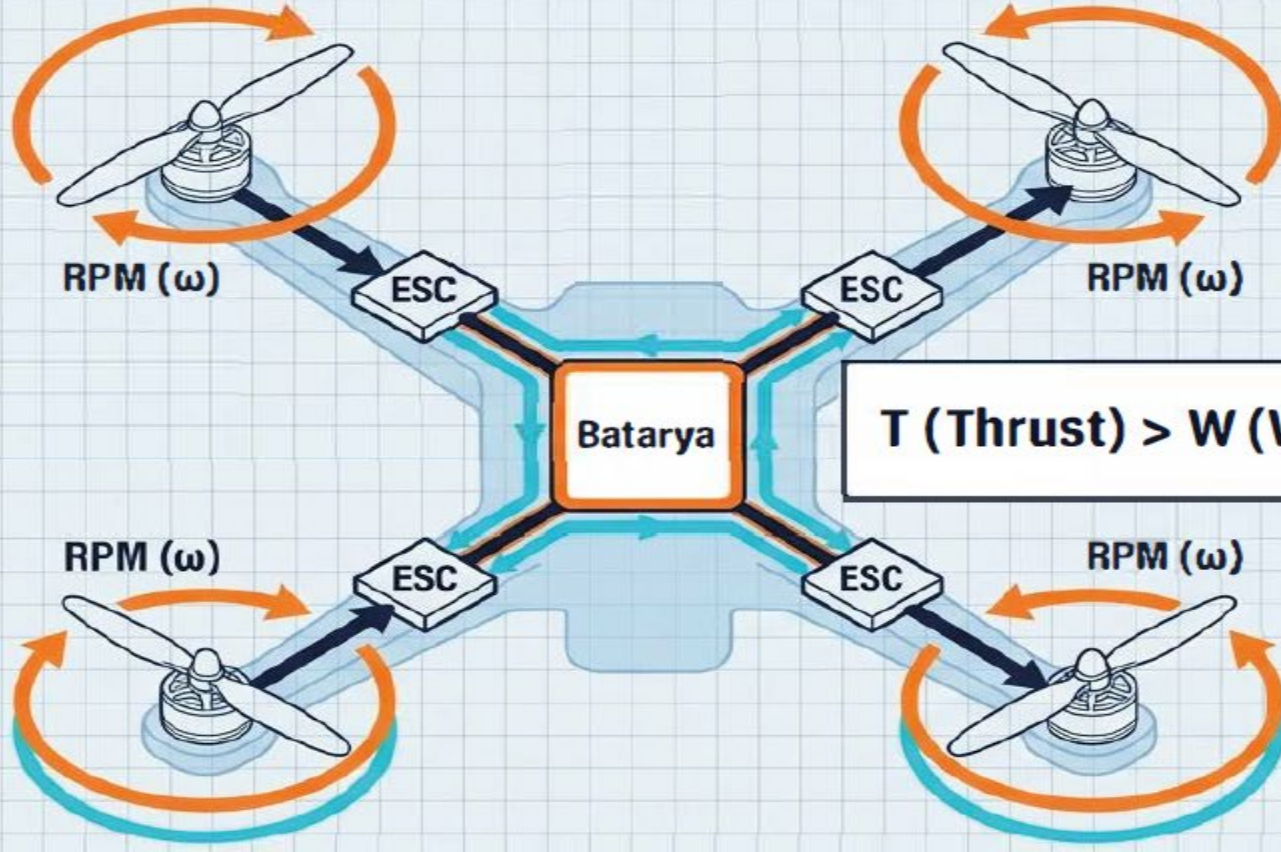
- Pist veya rampa gerektirmez.
- Dar alanlarda ve kısıtlı bölgelerde operasyon kabiliyeti sunar.



Dezavantaj

- Ek motorlar yatay seyirde "ölü ağırlık" yaratır.
- Sistem karmaşıklığı çok yüksektir.
- Dikey kalkış faturası olarak enerji tüketimi muazzamdır.

Döner kanat dinamiği: İtki-Ağırlık denklemi ve elektronik hız senkronizasyonu.



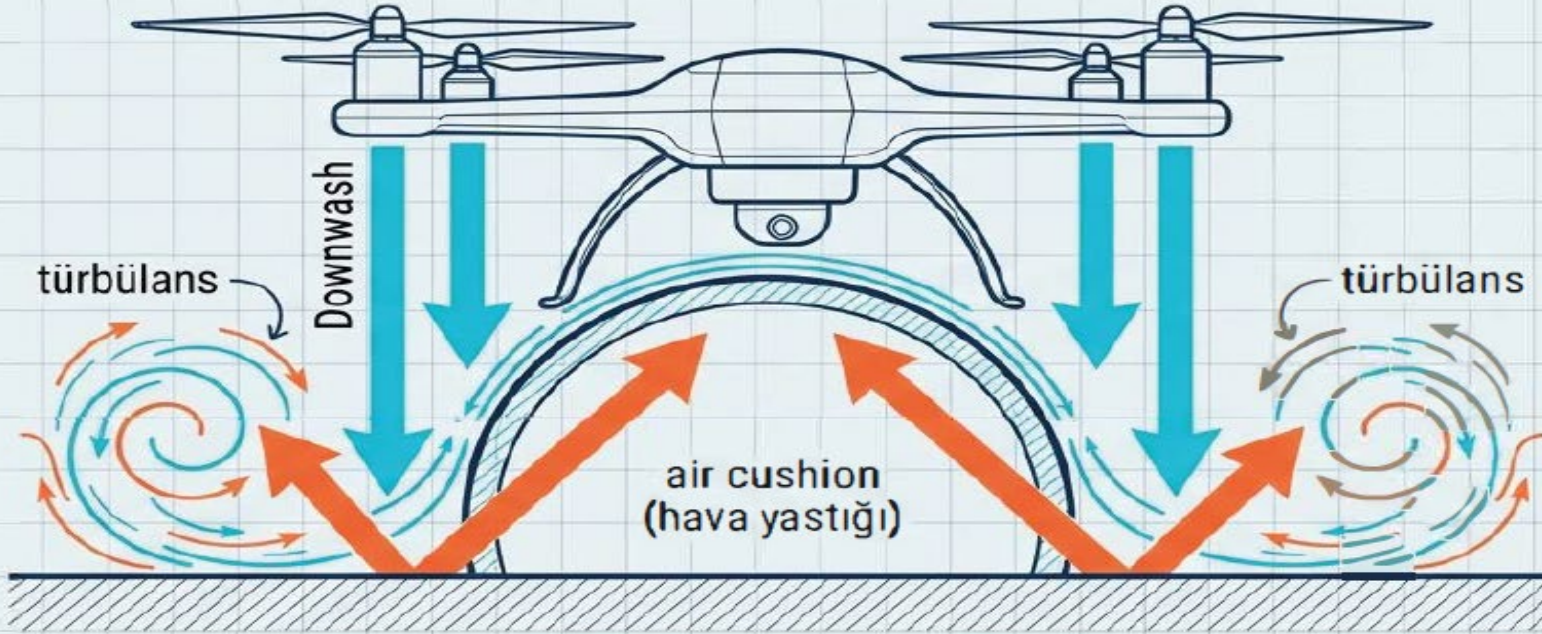
Döner kanatta bağıl (ileri) hıza ihtiyaç yoktur; uçuş salt motor devrine bağlıdır. Kalkışın gerçekleşmesi için üretilen toplam itki, platformun ağırlığını aşmalıdır.

$$T (\text{Thrust}) > W (\text{Weight})$$

ESC (Elektronik Hız Kontrolcü)

Sistemin sinir ağıdır. Bataryadan gelen akımı dinamik olarak ayarlayarak 4 motorun RPM (dakikadaki devir) değerini yükseltir ve **havada kalabilmek** için motorları kusursuz şekilde **senkronize eder**.

Kritik hover fenomeni: Zemin Etkisi (Ground Effect) mekaniği.



Pervanelerin devri (ω) arttıkça hava aşağıya doğru şiddetle bastırılır.

İHA yerden kesilirken aşağı itilen havanın sert zemine çarpıp geri dönmesiyle İHA gövdesinin altında **geçici bir hava yastığı** oluşur.



Bu etki, yere çok yakın uçuşlarda araca ekstra kaldırma kuvveti sağlasa da, **tahmin edilemez girdaplar ve türbülans** yaratarak stabilizasyonu son derece zorlaştırır.

Fırlatma ve Kalkış Sistemleri Karar Matrisi

Operasyonel gereksinimler, saha şartları ve taşıma kapasitesine göre optimal sistem seçimi.

Yöntem	Pist İhtiyacı	Kurulum Hızı	Ağır Yük Kapasitesi	Sistem Karmaşıklığı
Tekerlekli Koşu	⊗ Zorunlu	Yavaş	Maksimum	✓ Düşük
Katapult	✓ Yok	Hızlı	Orta	⊗ Sensör Bağımlı
Elden Fırlatma	✓ Yok	Anında	Çok Düşük	✓ Yok
Demiryolu	⊗ Ray Şart	Yavaş	Yüksek	Orta
Kara Aracı	⊗ Düz Yol	Hızlı	Orta	Orta
Havadan	✓ Yok	Ön Hazırlık	Yüksek	⊗ Yüksek
Roket	✓ Kısa Mesafe	Hızlı	Yüksek	⊗ Patlayıcı Risk
Sabit Kanat VTOL	✓ Yok	Anında	Düşük	⊗ Çok Yüksek
Döner Kanat	✓ Yok	Anında	Orta	Elektronik Ağırlıklı

Operasyonel Tasarım ve Entegrasyon Çıkarımları

01



Hava Akışı vs. İtki: Sabit kanat platformlar bağlı rüzgarı dış sistemlerle (ray, araç, roket) **simüle etmek zorundayken, döner kanatlar** tüm dengeyi batarya akımı ve RPM ile yönetilen **iç itki** gücüyle kurar.

02



Mühendislik Bedeli (Trade-off): Sisteme eklenen her otonom fırlatma yeteneği (VTOL motorları, mançınık sensörleri) veya alt sistem, kaçınılmaz olarak ağırlık veya bakım karmaşıklığı faturası çıkarır.

03



Görev - Sistem Uyumu: En gelişmiş kalkış sistemi en iyisi değildir. Her İHA operasyonunun bekası, aracın kapasitesi ile sahadaki fiziki kısıtlamaların en doğru kesişim noktasını bulmaya bağlıdır.

- Ducard, G. J. J., & Allenspach, M. (2021). Review of designs and flight control techniques of hybrid and convertible VTOL UAVs. *Aerospace Science and Technology*, 118, 107035.
- He, X., Kou, G., Calaf, M., & Leang, K. K. (2019). In-ground-effect modeling and nonlinear-disturbance observer for multirotor unmanned aerial vehicle control. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 141(7), 071013.
- He, X., & Leang, K. K. (2020). Quasi-steady in-ground-effect model for single and multirotor aerial vehicles. *AIAA Journal*, 58(12), 5318–5331
- Lu, X., Li, Z., & Xu, J. (2023). Design and control of a hand-launched fixed-wing unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(3), 3006–3016.
- Lu, G., Yang, G., Li, X., et al. (2023). An architecture decomposition method of pneumatic catapult system based on OPM and DSM. *Chinese Journal of Aeronautics*, 36(8), 168–181.
- Misra, A., Jayachandran, S., Kenche, S., Katoch, A., Suresh, A., Gundabattini, E., Selvaraj, S. K., & Legesse, A. A. (2022). A review on vertical take-off and landing (VTOL) tilt-rotor and tilt wing unmanned aerial vehicles (UAVs). *Journal of Engineering*, 2022, 1803638.
- Sanchez-Cuevas, P., Heredia, G., & Ollero, A. (2017). Characterization of the aerodynamic ground effect and its influence in multirotor control. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2017, 1823056.



TEŞEKKÜRLER