



TAŞKÖPRÜ
MESLEK
YÜKSEKOKULU

ELEKTRONİK VE OTOMASYON BÖLÜMÜ İNSANSIZ ARAÇ TEKNİKERLİĞİ

İAT102 İNSANSIZ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI

6. HAFTA İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI



Uçuş Kontrol Yüzeyleri ve Aerodinamik Prensipler

Sabit Kanatlılardan Multikopterlere Görsel Bir Rehber

Uçuş mekaniklerinin, eksen hareketlerinin ve motor kuvvetlerinin dekonstrüksiyonu.

Büyük Resim: Uçuşun Üç Boyutu

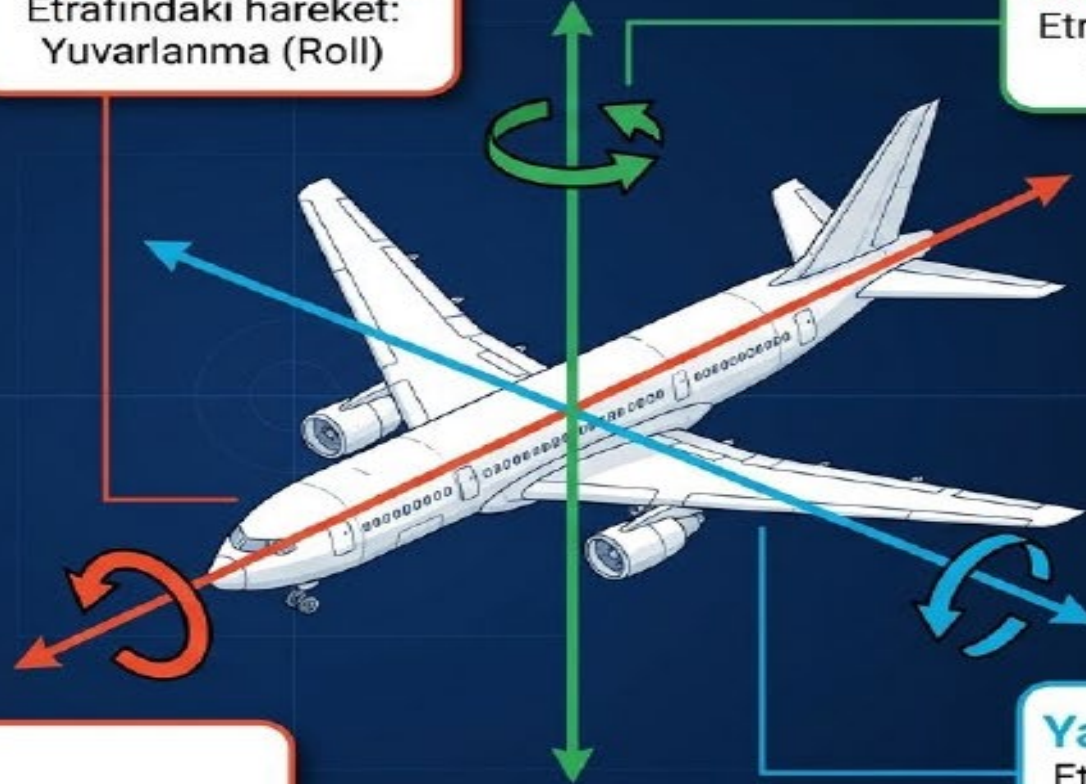
Boyuna Eksen (X)
Etrafındaki hareket:
Yuvarlanma (Roll)

Dikey Eksen (Z)
Etrafındaki hareket:
Sapma (Yaw)

Yanal Eksen (Y)
Etrafındaki hareket:
Yunuslama (Pitch)

Koordineli Uçuş Nedir?

Kayma ve irtifa kaybının olmadığı, tüm uçuş kontrollerinin eşzamanlı ve dengeli kullanıldığı ideal uçuş koşulu.



Dekonstrüksiyon: Bir Uçağın Anatomisi



Ana Gövde ve Taşıyıcı Sistemler

Gövde (Fuselage) ve Kanat Yapısı: Uçağın ana gövdesini, kaldırma sağlayan kanatları ve kanat dikmelerini kapsar.



İniş Takımları (Landing Gear)

Güvenli iniş ve kalkış için ana iniş takımı ve burun iniş takımından oluşur.



Kuyruk Ünitesi (Empennage)

Dikey ve yatay stabilizeler ile yön veren istikamet (rudder) ve irtifa (elevator) dümenlerini içerir.



Kanat Kontrol Yüzeyleri

Manevra için kullanılan kanatçıklar (ailerons) ile taşıma kuvvetini artıran flapları içerir.

Birincil Kontroller I: Yuvarlanma (Roll) ve Kanatçıklar

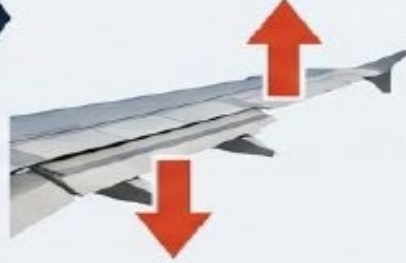
Adım 1: Pilot Girdisi

Levye sola yatırılır.



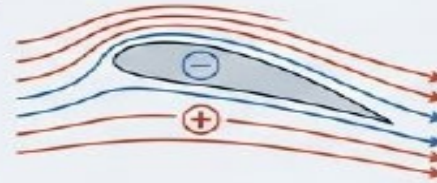
Adım 2: Mekanik Yanıt

Sol kanatçık aşağı,
sağ kanatçık yukarı
hareket eder.



Adım 3: Aerodinamik

Bernoulli prensibi ile
hava akımında
hız/basınç değişir.
(Zıt yönlü çalışma)



Adım 4: Fiziksel Sonuç

Uçak boyuna eksen
etrafında sola yuvarlanır.



Hız Kilidi: Yüksek hızlarda dış kanatçıklar kilitlenir, yapısal hasarı önlemek için gövdeye yakın iç kanatçıklar kullanılır.

Birincil Kontroller II: Yunuslama ve Sapma

Yatay Dümen (Elevatör)



- **Hareket:** Yunuslama (Pitch) - Yanal Eksen. 
- **Mekanizma:** Lövye ileri/geri hareket ettirilir. 
- **Etki:** Elevatör yukarı kalkarsa → Kuyruk aşağı basılır
→ Burun yukarı kalkar.

Dikey Dümen (Rudder)



- **Hareket:** Sapma (Yaw) - Dikey Eksen. 
- **Mekanizma:** Kokpit pedalları (sağ/sol) ile kontrol edilir. 
- **Etki:** Rudder sağa dönerse
→ Kuyruk sola kayar
→ Burun sağa döner.



Özel İşlev: Dönüşlerde veya motor arızasında oluşan ters yalpalamayı (adverse yaw) önler.

İkincil Kontrol Yüzeyleri: Taşıma (Lift) ve Sürtünme (Drag)

2 Slatlar ve Slotlar (Hücum Kenarı)

Hava akışını düzenler, stall'u (perdövites) geciktirerek daha yüksek hücum açısında uçmayı sağlar.

3 Spoiler (Üst Yüzey)

Hava frenidir. Açıldığında akımı bozar, sürtünmeyi (Drag) artırır ve hızı keser.

1 Flaplar (Fırar Kenarı)

İniş ve kalkışta kanat alanını ile kavisini büyütür. Düşük hızda "Taşıma Kuvvetini (Lift)" artırır.



Sentez: Kontrol Yüzeyleri Karşılaştırma Matrisi



Kontrol Yüzeyi	Bağlı Olduğu Eksen	Aerodinamik Hareket	Kokpit Girdisi	Temel İşlev
Kanatçık (Aileron)	Boyuna	Yuvarlanma (Roll)	Levye (Sağ/Sol)	Yatış sağlama
Yatay Dümen (Elevatör)	Yanal	Yunuslama (Pitch)	Levye (İleri/Geri)	Burun aşağı/yukarı
Dikey Dümen (Rudder)	Dikey	Sapma (Yaw)	Pedallar	İstikamet ve ters yalpalama önleme
Flap / Slat	N/A	N/A	Flap Kolu	Düşük hızda kaldırma kuvveti (Lift) artışı
Spoiler	N/A	N/A	Spoiler Kolu	Hava freni, sürtünme (Drag) artışı



Fletner (Trim Tab): Uçuş sırasında birincil kontrol yüzeylerindeki sürtünme ve taşıma kuvvetlerini dengeleyen, pilotun fiziksel yükünü hafifleten yardımcı mini yüzeylerdir.

Paradigma Değişimi: Döner Kanatlılar ve Multikopterler



- Yunuslama ve Yuvarlanma: Ana rotor pallerinin mekanik açısal kontrolü (eğim) ile sağlanır.
- Sapma (Yaw): Kuyruk rotorunun hızı değiştirilerek ana rotora karşı anti-tork tepkisi oluşturulur.

Mekanik Yüzeyler

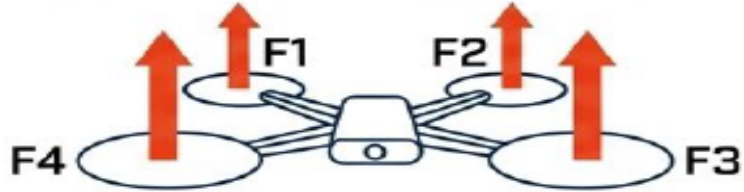
Aerodinamik İtki



- **BÜYÜK FARK:** Kanatçık, flap, dümen veya mekanik eğim yüzeyleri YOKTUR!
- **Manevra Mantığı:** Tüm yunuslama, yuvarlanma ve sapma hareketleri tamamen 4 rotorun anlık itki (hız) farklılıklarıyla yönetilir.

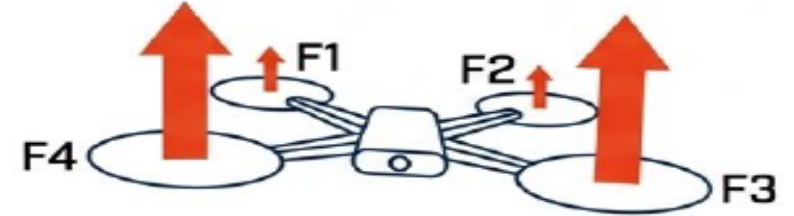
Multikopter Uçuş Dinamikleri [Motor Kuvvetleri]

Dengede Kalma [Hover]



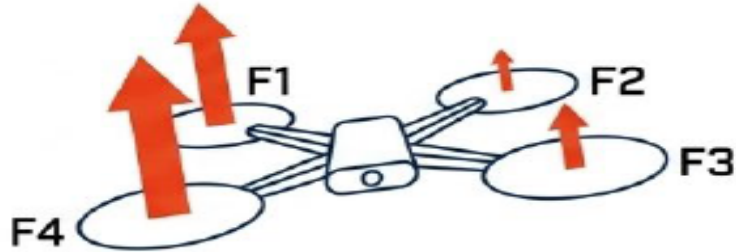
$$F_{\text{net}} = W \text{ [Kuvvet = Ağırlık]}$$

İleri Yunuslama [Pitch]



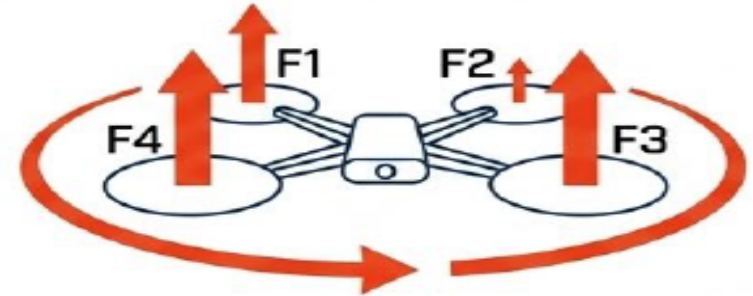
$$F_4 + F_3 > F_1 + F_2$$

Sağa Yuvarlanma [Roll]



$$F_1 + F_4 > F_2 + F_3$$

Sağa Sapma [Yaw]



$$F_1 + F_3 > F_2 + F_4$$

- Neigapula, S. N. V., Maddula, S. P., & Nukala, V. B. (2020). A study of high lift aerodynamic devices on commercial aircrafts. *Aviation*, 24(3), 123–136.
- Radha Krishnan, K., et al. (2023). Comparative study and aerodynamic analysis of rectangular wing using high-lift systems. *International Journal of Aerospace Engineering*,
- He, Z., & Zhao, L. (2014). A simple attitude control of quadrotor helicopter based on Ziegler-Nichols rules for tuning PD parameters. *The Scientific World Journal*, 2014, Article 280180.
- Pounds, P., Mahony, R., & Corke, P. (2010). Modelling and control of a large quadrotor robot. *Control Engineering Practice*, 18(7), 691–699.
- Sartori, D., & Yu, W. (2019). Experimental characterization of a propulsion system for multi-rotor UAVs. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 96(3), 529–540.
- Mahony, R., Kumar, V., & Corke, P. (2012). Multirotor aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(3), 20–32.



TEŞEKKÜRLER