

TEKNOFEST 2022

ROKET YARIŞMASI

Orta İrtifa Kategorisi

Üç (3) Serbestlik Dereceli
Uçuş Benzetimi
İPEK YOLU ROKET TAKIMI

İÇİNDEKİLER

➤ Sorular ve Cevaplar.....	3
1. Soru 1 (Dinamik ve Kinematik Denklemler).....	3
2. Soru 2 (İki Serbestlik Dereceli Kinematik Benzetimin Faydaları).....	5
3. Soru 3 (Üç DOF'un Faydaları).....	6
➤ Kinematik ve Dinamik Denklem Setleri.....	7
➤ Benzetim Yapısı.....	8
1. Z Ekseni Hareket Denklemi	8
2. X Ekseni Hareket Denklemi.....	9
3. Matlab Algoritma Verileri.....	10
➤ Kaynakça	12

Sorular-Cevaplar

Soru 1: Kinematik ve dinamik hareket denklemleri nedir, aralarındaki farklar nelerdir?

Kinematik

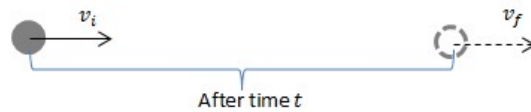
Kinematik, harekete neden olan faktörleri hesaba katmadan, parçacıkların ve cisimlerin hareketinin incelenmesidir. Kinematik, yer değiştirme, hız, ivme gibi miktarları dikkate alır.

Dinamik

Dinamik, hareketin, harekete neden olan faktörlerle birlikte incelenmesidir. Bu nedenle, dinamiklerdeki hesaplamalar, kütleleri ve kuvvetleri içerir. Sonuç olarak, momentum gibi niceliklerin incelenmesi, dinamiklerin bir parçası olarak düşünülebilir.

Burada ötr ve ktr aşamasında bizden istenilen kriterleri baz aldığımızda ötr aşamasında kinematik denklemlerin istenildiğini düşünebiliriz. Çünkü bu aşamada aerodinamik ve motor itki kuvvetleri hesaba katılmamaktadır. Ktr aşamasında ise roketin havada yapacağı hareketi incelerken buna etki eden kuvvetleri ele aldığımızda dinamik denklemler oluşturulmalıdır.

Kinematik ve Dinamik Arasındaki Fark



Parçacık, başlangıç hızına sahiptir.

v_i

ve bir süre sonra

T

parçacıkların hızı

v_f

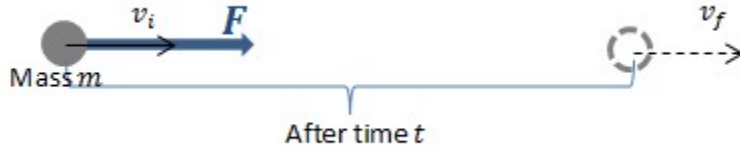
Sabit ivmeli bir parçacık için hareket denklemlerini kullanarak, son hızı aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz:

$$v_f = v_i + at$$

Soru-Cevap

Bu, kinematiğin basit bir kullanımıdır: hareketin nedenleriyle ilgilenmedik, kinematik miktarlarla ilgili olarak basit bir hesaplama yaptık.

Dinamikte hareketin nedenlerini de dikkate alırız. Örneğin, yukarıdaki parçacık için, kütlelerini ve parçacık hızının değişmesine neden olmak için ne kadar bir güç gerektiğini bilmek istiyoruz.



Örneğin, partikülün bir kütlesi varsa

$$m$$

Newton'un ikinci yasasına göre, sonuçta ortaya çıkan bir güç

$$F = ma = m \frac{v_f - v_i}{t}$$

İstenilen hız değişikliğine neden olması gerekecekti.

Soru-Cevap

Soru 2: İki serbestlik dereceli kinematik benzetimin, roket dinamik denklemlerinin (motor itki kuvveti ve aerodinamik sürüklenme kuvveti) de katılarak roket uçuşuna uyarlanması ile elde edilecek uçuş benzetimi, roket tasarımında ne amaçlarla kullanılabilir, faydaları nelerdir?

2 serbestlik dereceli hareket denklemleri roketler için hız, ivme, konum, uçuş süresi gibi verilerin hesaplanmasını sağlar. Burada tasarlanacak olan roketler havada güdümsüz bir şekilde hareket ettiğinden 2 serbestlik dereceli hareket denkleminin hesaplanmasını gerektirmektedir. Bu hareket denklemi benzetimi sayesinde roketin izleyeceği yörünge hesaplanıp istenilen konuma gönderilmesi amaçlanmaktadır. 2 serbestlik dereceli hareket denklemi roketin uçuş profilinin ilk tahminlerini yapmamızı sağlar. Bu da roketimizin tasarımını yaparken sürekli olarak tasarımı güncelleyip optimize etmemizi sağlar.

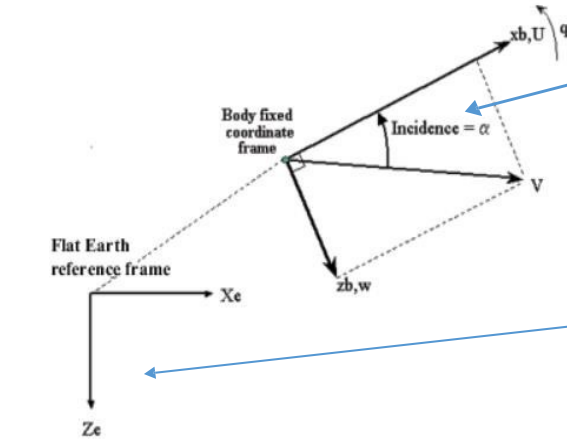
Soru-Cevap

Soru 3: İki serbestlik dereceli dinamik uçuş benzetimine Y eksenini etrafında açısal hareket eklenerek elde edilecek 3 serbestlik dereceli benzetimin getireceği faydalar nelerdir? Bu benzetimin kullanılması için roketin ek olarak hangi bilgilerinin bilinmesi ve kullanılması gerekir? Not: TEKNOFEST Roket Yarışması kapsamında bu şekilde bir 3 serbestlik dereceli benzetim yapılmamaktadır.

3 serbestlik derecesi roketin havadaki açısını hesaplayabilmemizi sağlamaktadır. Roketin anlık olarak uçuş yörüngesine olan yapmış olduğu açı dik olmalıdır. Bu hesaplandığı takdirde roketin hesaplanan şekilde gideceği anlaşılabilir. Yani 2 serbestlik dereceli hesaba göre daha doğru bir sonuç alınabilmektedir.

3 DOF'un hesaplanabilmesi için roketin atalet momentine ve roketin itki kuvvetlerine ihtiyaç vardır. Buradan moment denklemi hesaplanarak y eksenini etrafındaki açısal hareket verileri elde edilebilir. Solidworks programı üzerinde tasarımını yaptığımız roketin tüm veriler doğru girildiği takdirde atalet momenti çıktısını alabilmekteyiz. Açısal hareket hesaplanırken buradan aldığımız veri kullanılabilir.

3 serbestlik dereceli denklem setlerini oluştururken Mathwork Kütüphanesi 3 DOF (Body Axes) verilerinden faydalanacağız.



Roket üzerindeki eksen takımı

Fırlatma noktasındaki eksen takımı

X yönündeki denklem

Z yönündeki denklem

Moment denklemi

The equations of motion are

$$A_{xb} = \dot{u} = \frac{F_x}{m} - qw - g \sin \theta, A_{xe} = \frac{F_x}{m} - \varepsilon \sin \theta$$

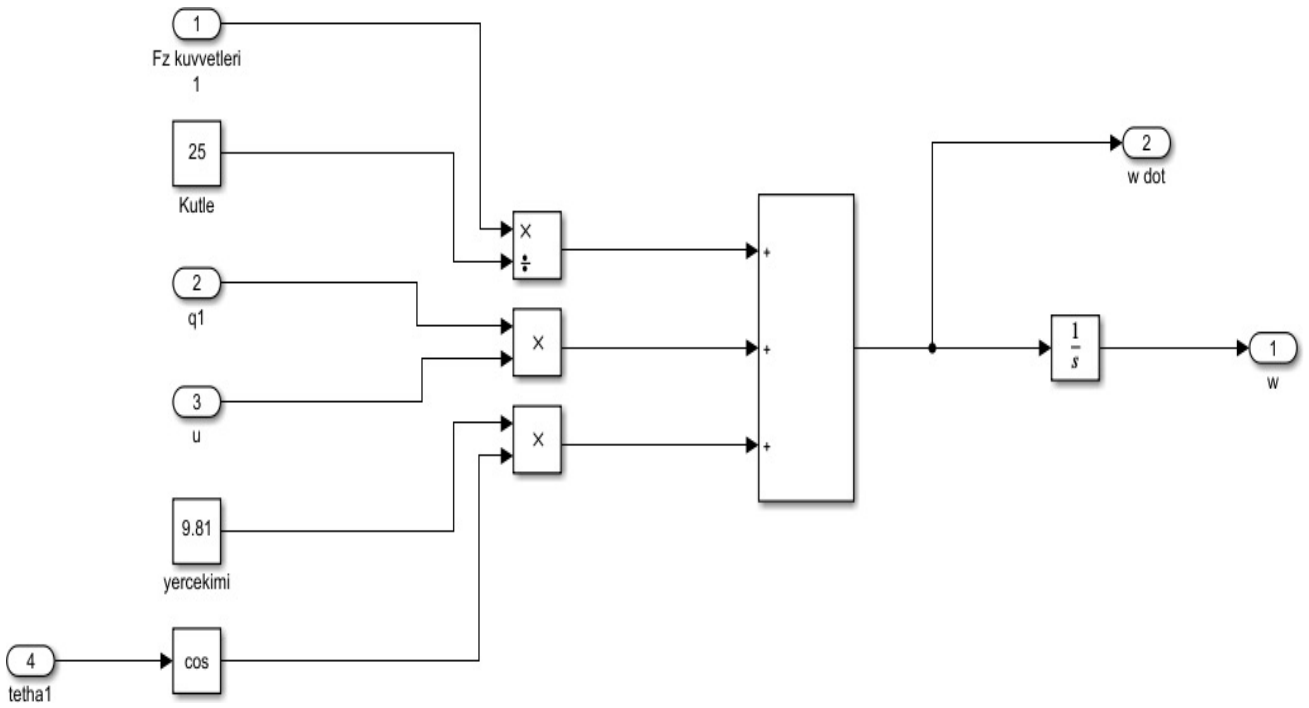
$$A_{zb} = \dot{w} = \frac{F_z}{m} + qu + g \cos \theta, A_{ze} = \frac{F_z}{m} + \varepsilon \cos \theta$$

$$\dot{q} = \frac{M}{I_{yy}}$$

$$\dot{\theta} = q$$

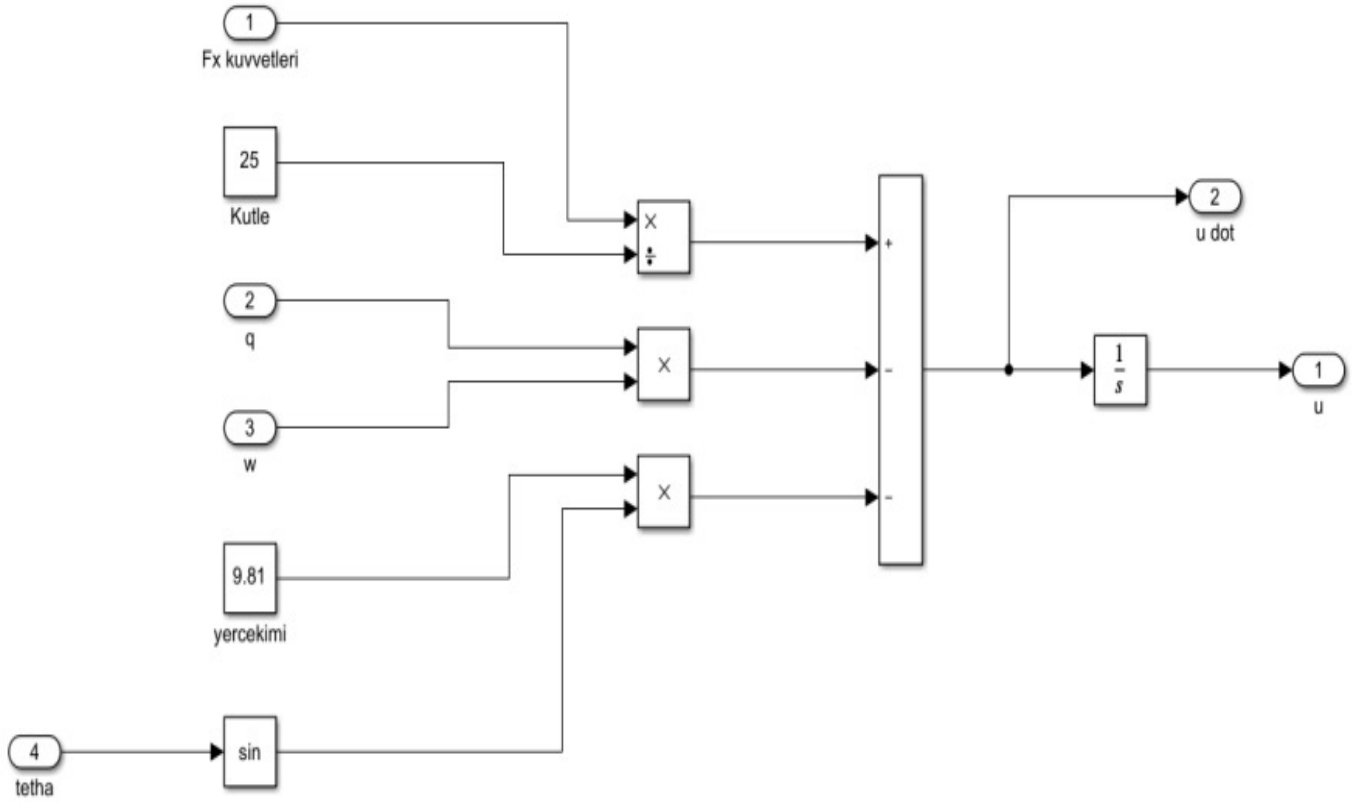
Benzetim Yapısı

Z eksenindeki hareketin matlab içerisinde asgari düzeyde denklemi



Benzetim Yapısı

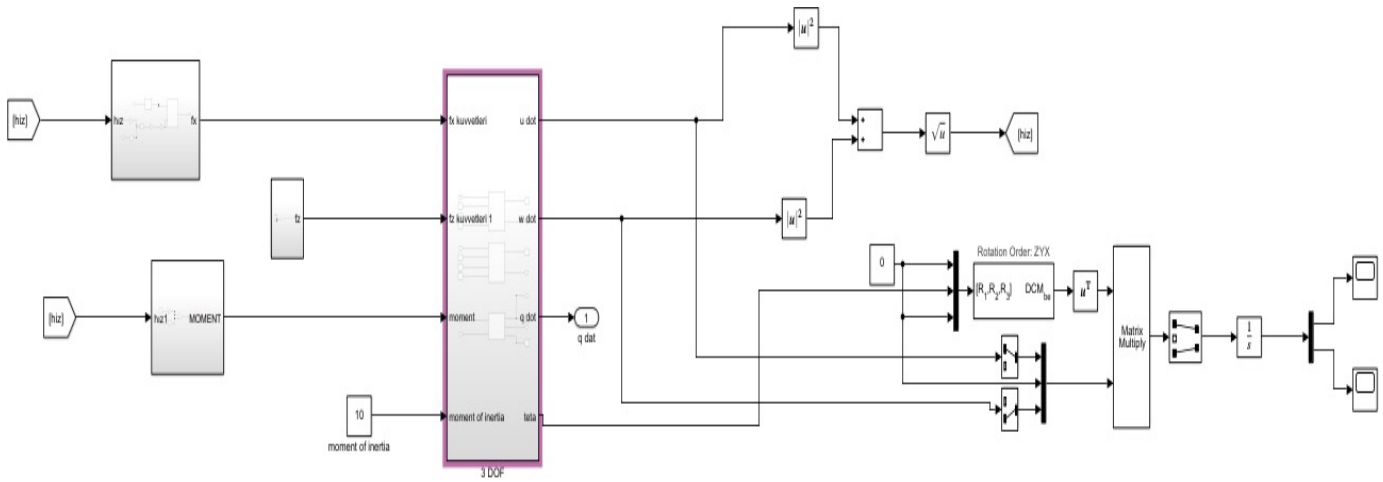
X eksenindeki hareketin matlab içerisinde asgari düzeyde denklemi



Benzetim Yapısı

Matlab Algoritma Verileri

Matlab Simulink üzerinde şuna kadar oluşturduğumuz benzetim girdi ve çıktılarına göre algoritma verileri aşağıda gösterilmiştir.

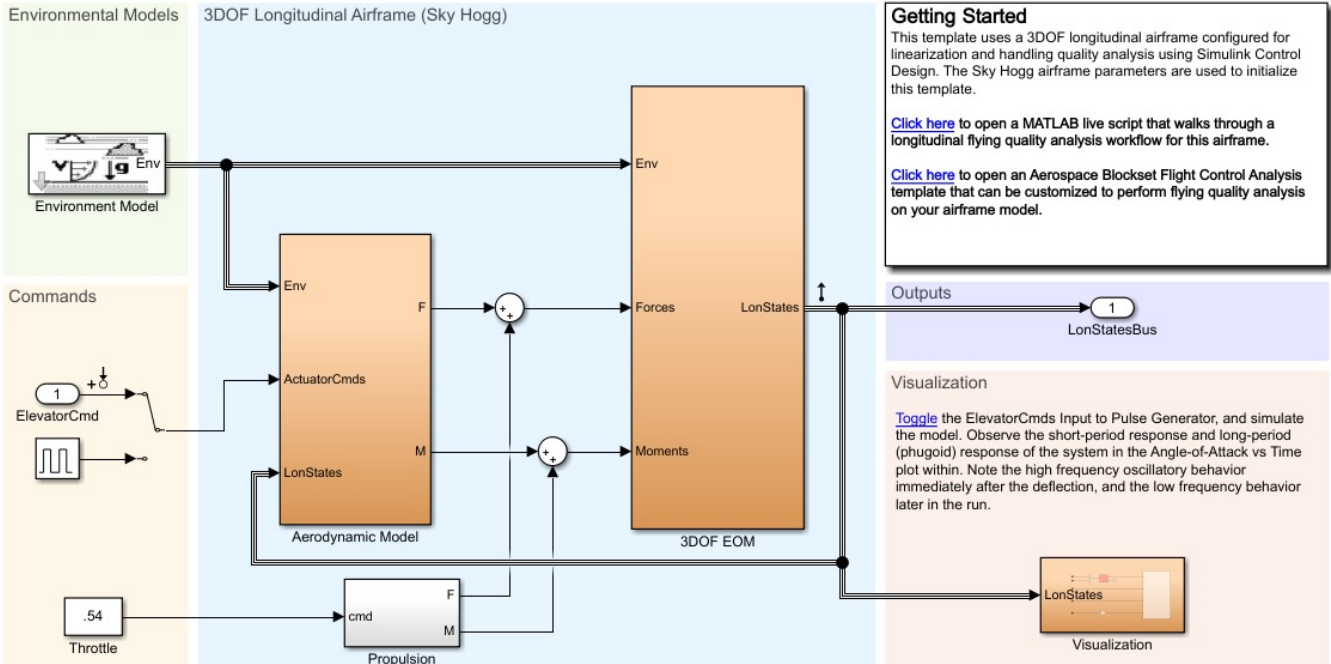


KTR aşamasında istenilen, uçuş benzetim gereksinimleri başlığı içerisindeki tüm varsayımlar yapılarak denklem oluşturulmuştur.

Benzetim Yapısı

Matlab 3 DOF Kütüphanesi

Ipek Yolu Rocket Team



Matlab Simulink içerisinde bulunan 3 DOF kütüphanesi yukarıda gösterilmiştir. Denklemler oluşturulurken MathWorks kütüphanesinden faydalanılmıştır.

MathWorks kütüphanesinde 2 DOF olmadığı için ve kendi denklemlerimizi oluştururken daha esnek olabildiğimiz için denklem setleri özel olarak Matlab Simulink’de yapılmıştır.

Kaynakça

- [1] Haber <https://tr.weblogographic.com/difference-between-kinematics>
- [2] Kara, Mustafa. *ATMOSFER İÇERİSİNDE HAREKET EDEN ROKETİN KİNEMATİĞİNİN VE DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ*. Bitirme Çalışması, Uçak Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2020.
- [3] 3DOF - MATLAB & Simulink (mathworks.com)