



TEKNOFEST-2025 ROKET YARIŞMASI TRAKYA ROKET TAKIMI
UÇUŞ BENZETİMİ ÖTR RAPORU



İçindekiler

Sorular ve Cevaplar	3
Kinematik Denklemler	4
Hız Denklemleri.....	4
Konum Denklemleri.....	4
Uçuş Yolu Açısı Hesabı Denklemi	4
Benzetim Yapısı.....	5
Benzetimin Doğrulanması	7
Referanslar.....	8

Sorular ve Cevaplar

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

Kinematik hareket denklemleri, cisimlerin hareketlerini tanımlayan ve açıklayan denklemlerdir. Bu denklemler kuvvetlerin etkisi dışında hareketin zamanla nasıl değiştiğini, konum, hız ve ivme gibi değişkenlerle inceler. Dinamik hareket denklemleri, cisimlerin neden hareket ettiğini ve bu cisimlerin üzerindeki kuvvetleri inceler. Kinematik hareket denklemleri cismin zamanla değişen konumunu, hızını ve ivmesini tanımlarken, dinamik hareket denklemleri cismin hareketinin neden ve nasıl değiştiğini açıklar.

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 amaçla kullanılabilir, faydaları nelerdir?

Uçuş benzetiminde uçuş süresindeki herhangi bir t anında roketin ivme, yer değiştirme, hız ve irtifa verisine ulaşabiliriz. Ulaştığımız bu veriler sayesinde gerçek uçuştan önce roketin kinematik ve dinamik hareketi incelenir. Ortaya çıkan sürüklenme kuvveti dikkate alınarak irtifa yükseltmek için roketin kesit alanında küçültmeye ve stabilite göz önüne alınarak kanatçık tasarımında iyileştirilmeye gidilebilir. Kısaca uçuştan önce roket üzerinde aerodinamik açıdan düzeltmeler ve iyileştirmeler yapılabilir.

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?

Uçuş benzetiminde uçuş süresindeki herhangi bir t anında roketin Y eksenindeki yer değiştirmesini elde edebileceğimizden dolayı gerçek uçuş sonu roket konumuna çok yakın konum verisi elde edebiliriz. Bu benzetimin kullanılabilmesi için ek olarak roketin çapını, maksimum kesit alanını ve moment katsayısını bilmemiz gerekir.

Kinematik Denklemler

Hız Denklemleri:

$$v_x(t) = v_0 \cos \theta_0 + a_x t, \quad v_z(t) = -v_0 \sin \theta_0 + a_z t$$

$[v_x(t) = t$ anında x yönündeki hız, $v_z(t) = t$ anında z yönündeki hız, $a_x = 0$

$a_z = g$ (yerçekimi ivmesi), $\theta_0 = \text{Başlangıç Koşul Değeri Uçuş Yolu Açısı}]$

(Denklemler 1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımına göre yazılmıştır.)

Konum Denklemleri:

$$x(t) = \int_0^t v_0 \cos \theta_0 \, dt, \quad z(t) = \int_0^t -v_0 \sin \theta_0 + gt \, dt$$

$(x(t) = t$ anında x eksenindeki konumu, $z(t) = t$ anında z eksenindeki konumu)

(Denklemler 1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımına göre yazılmıştır.)

Uçuş Yolu Açısı Hesabı Denklemi:

$$\tan \theta(t) = \frac{-v_0 \sin \theta_0 + gt}{v_0 \cos \theta_0}, \quad \theta(t) = \tan^{-1} \left(\frac{-v_0 \sin \theta_0 + gt}{v_0 \cos \theta_0} \right)$$

(Denklemler 1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımına göre yazılmıştır.)

Benzetim Yapısı

Benzetim çözümü için Matlab uygulaması kullanılmış olup while döngüsü ile yazılan kodla benzetim yapılmıştır. Sayısal integrasyon çözümünde “Trapezoidal (Yamuk) Kuralı” kullanılmıştır. Bu kuralın seçilmesinin sebebi “Rektangel (Dikdörtgen) Kuralı” sonuçlarına göre daha yakın sonuçlar vermesidir.

```
% Tenkofest-2025 Roket Yarışması
% Trakya Roket Takımı
% Uçuş Benzetimi ÖTR Raporu
% 2 Serbestlik Dereceli Uçuş Benzetimi
% Roket için noktasal kütle/parçacık varsayımı yapılmıştır

clc
clear

% Başlangıç koşulları
x0 = 0; % X pozisyonu (m)
z0 = 0; % Z pozisyonu (m)
v0 = 100;
theta0 = 70; % Uçuş yolu açısı (derece)
g = 9.801; % Yerçekimi ivmesi (m/s^2)

% Başlangıç hız vektörünü hesapla
theta_rad = deg2rad(theta0); % Dereceleri radyanlara çevirme
v0x = v0 * cos(theta_rad); % X yönündeki başlangıç hızı bileşeni
v0z = -v0 * sin(theta_rad); % Z yönündeki başlangıç hızı bileşeni

% Benzetim parametreleri
dt = 0.01; % Zaman adımı (s)

% Pozisyon ve hız vektörlerini tanımlama
% Verileri saklamak için 5000 elemanlı bir dizi oluşturuyoruz,
% bu eleman sayısı gereksinime göre artırılabilir
x = zeros(1, 5000);
z = zeros(1, 5000);
vx = zeros(1, 5000);
vz = zeros(1, 5000);
vb = zeros(1, 5000);
theta = zeros(1, 5000);
t = zeros(1, 5000);

% Başlangıç koşullarını atama
x(1) = x0;
z(1) = z0;
vx(1) = v0x;
vz(1) = v0z;

% Trapezoidal Yöntemi ile Benzetim
i = 1; % İterasyon Başlangıç Değeri
t_toplam = 0; % Geçen toplam zaman
while z(i) <= 0
    % Hız ve pozisyon güncellemelerini hesaplama
    ax = 0; % X ekseninde ivme yok
    az = g; % Yerçekimi ivmesi
```

```

% Trapezoidal Yöntemi
vx_half = vx(i) + ax * (dt / 2);
vz_half = vz(i) + az * (dt / 2);
x(i+1) = x(i) + vx_half * dt;
z(i+1) = z(i) + vz_half * dt;

% Sonraki hız güncellemesi
vx(i+1) = vx_half + ax * (dt / 2);
vz(i+1) = vz_half + az * (dt / 2);
vb(i+1) = sqrt(vx(i)^2+vz(i)^2);

% Son uçuş yolu açısı
theta(i+1) = rad2deg(atan((-vz(i))/vx(i))) ;

% Zaman hesaplaması
t_toplam = t_toplam + dt;
t(i+1) = t_toplam;

% Tepe noktası
[~, tepe_index] = max(-z(1:i));
tepe_yukseklik = -z(tepe_index); % Tepe noktası yüksekliğini bulma
tepe_hizi = vb(tepe_index); % Tepe noktası hızını bulma
tepe_zamani = t(tepe_index); % Tepe noktası zamanını bulma

% Son pozisyon
[~, son_index ] = max(t(1:i+1));
son_menzil = x(son_index); % Son x pozisyonu değerini bulma
son_yukseklik = z(son_index); % Son z pozisyonu değerini bulma
son_bileske_hiz = vb(son_index); % Son bileşke hız değerini bulma
son_ucus_yolu_acisi = theta(son_index); % Son uçuş yolu açısını bulma

i = i + 1; % İterasyon değerini güncelleme
end

% Benzetim Çıktısı
plot(x(1:i), -z(1:i)); grid on;
xlabel('Menzil (m)');
ylabel('Yükseklik (m)');
title('Yörünge Grafiği');
fprintf('Tepe noktası yüksekliği: %.4f m\n', tepe_yukseklik);
fprintf('Tepe noktası hızı: %.4f m/s\n', tepe_hizi);
fprintf('Tepe noktası zamanı: %.4f s\n', tepe_zamani);
fprintf('Son x pozisyonu değeri: %.4f m\n', son_menzil);
fprintf('Son z pozisyonu değeri: %.4f m\n', son_yukseklik);
fprintf('Son bileşke hız değeri: %.4f m/s\n', son_bileske_hiz);
fprintf('Son uçuş yolu açısı: %.4f derece\n', son_ucus_yolu_acisi);
fprintf('Son uçuş zamanı: %.4f s\n', t_toplam);

```

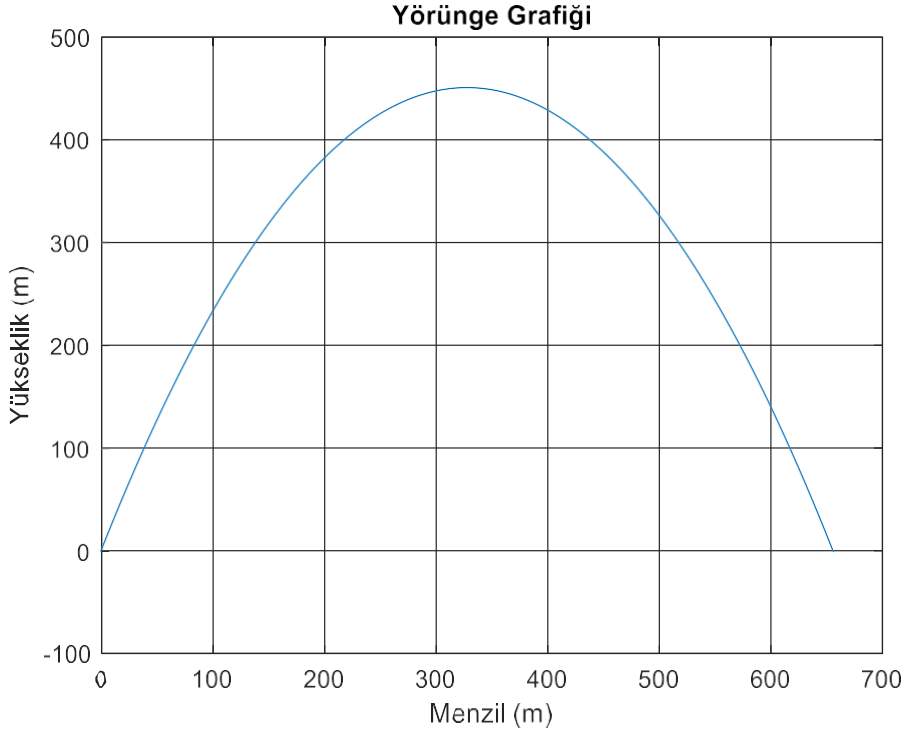
Benzetimin Doğrulanması

Doğrulama Başlangıç Koşul Değerleri	
	Değer
Pozisyon [m]	[0, 0, 0]
Hız (bileşke) [m/s]	100
Uçuş Yolu Açısı [derece]	70

Tablo 1: Başlangıç Koşulları

Benzetim Çıktı Formatı	
	Değer
Tepe Noktası Yüksekliği [m]	450.4755
Tepe Noktası Hızı (bileşke) [m/s]	34.2021
Tepe Noktası Zamanı [s]	9.59
Son Pozisyon [m]	[655.9946, 0, 0.4282]
Son Hız (bileşke) [m/s]	99.9499
Son Uçuş Yolu Açısı [derece]	-69.9895
Son Uçuş Zamanı [s]	19.1800

Tablo 2: Benzetim Çıktıları



Şekil 1: Yörünge Grafiği

Referanslar

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=kNFGhe-mI8k&t=8518s>
- 2) <https://www.youtube.com/watch?v=ELgLp31fl64>
- 3) <https://www.youtube.com/@turkrokettoplulugu>
- 4) https://www.roketsan.com.tr/uploads/docs/1628594512_20.03.2020model-roketcilik-master-dokumanv04.pdf