

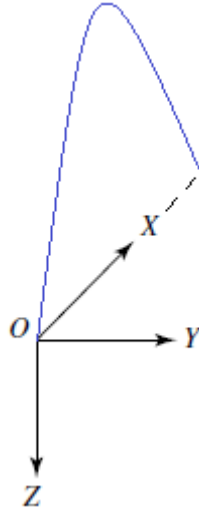
TEKNOFEST 2022 ROKET YARIŞMASI

KTR AŞAMASI UÇUŞ BENZETİMİ VE RAPOR GEREKSİNİMLERİ

KTR kapsamında kinematik ve dinamik denklemleri içeren yörünge benzetimi yapılacaktır. Bu çalışma, ÖTR aşamasında hazırlanan benzetime eklemeler yapılarak tamamlanabilecektir.

1 UÇUŞ BENZETİMİ GEREKSİNİMLERİ

- 1.1** Benzetimde Ateşleme Noktası Eksen Takımı kullanılmalıdır. Bu eksen takımı roketin fırlatıldığı noktaya çakılı bulunmaktadır. Bu eksen takımında X ve Y eksenleri yer yüzeyine paraleldir. X eksenini atış hattı doğrultusuna, Y eksenini sağa, Z eksenini ise aşağıya doğru tanımlıdır.



Şekil 1. Ateşleme Noktası Eksen Takımı ve Örnek Yörünge

- 1.2** Roket için noktasal kütle/parçacık varsayımı yapılmalıdır. Bütün kuvvetlerin roketin kütle merkezine uygulandığı varsayımı yapılacaktır.
- 1.3** Benzetim iki (2) serbestlik dereceli (Degree of Freedom / DOF) olmalıdır. Benzetimde X ve Z eksenleri için birer adet doğrusal hareket serbestliği olmalı, açısal hareket bulunmamalıdır. Roket sadece XZ düzleminde hareket edecektir.
- 1.4** Benzetiminin çalışması için başlangıç koşulları olarak, roketin ilk pozisyon değeri (1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımına göre), ilk bileşke hız değeri, ilk uçuş yolu açısı değeri (flight path angle), ilk toplam kütle değeri ve ateşleme noktası deniz seviyesi yükseklik değeri yeterli olmalıdır. İlk hız vektörü elemanları ilk uçuş yolu açısı değeri ile hesaplanıp benzetime girilebilir.

- 1.5 Dünyanın dönüşü benzetime dahil edilmemelidir. Uçuş alçak irtifalarda gerçekleştiğinden bu varsayım yapılmıştır.
- 1.6 Yerçekimi ivmesi sabit 9.801 m/s^2 kabul edilerek kullanılmalıdır. Bu değer U.S. Standart Atmosfer Modeli'ne göre 2000m deniz seviyesindeki yerçekimi ivmesi değeridir.
- 1.7 Motor itki kuvveti benzetime dahil edilmelidir. Benzetim doğrulaması için itki verisi, yakıt kütlesi ve Isp (specific impulse) değeri paylaşılmıştır. Doğrulama haricinde takımlar kendi roketlerinin itki verilerini kullanacaklardır.
- 1.8 Aerodinamik sürüklenme (drag) kuvveti benzetime dahil edilmelidir.
- 1.9 İtke ve sürüklenme kuvvetleri uygulanırken roket gövdesinin hız vektörü doğrultusu ile çakışık olduğu varsayılacaktır. Hücum açısı uçuş boyunca sıfır olacaktır. Benzetimin iki serbestlik dereceli olduğu da düşünüldüğünde hücum açısının oluşması ve/veya hesaplanması için bir serbestlik bulunmamaktadır.
- 1.10 Aerodinamik taşıma/kaldırma (lift) kuvveti benzetime dahil edilmemelidir.
- 1.11 Rüzgar etkisi benzetime dahil edilmemelidir.
- 1.12 Ses hızı ve hava yoğunluğu için yüksekliğe bağlı değişken bir atmosfer modeli kullanılmalıdır.
- 1.13 Benzetim denklemlerinin çözümü için seçilen bir sayısal/nümerik entegrasyon (Numerical Integration) yöntemi (Euler methodu, Heun metodu vb.) kullanılmalıdır.
- 1.14 Çözüm, istenilen dilde veya GNU Octave, MATLAB vb. yazılımlarda bir kod yazılarak veya MATLAB/Simulink aracı kullanılarak yapılabilir.
- 1.15 Benzetim çözüm zaman adımı 0.01 saniye olmalıdır.

NOT: ÖTR uçuş benzetimi raporlarının notlandırılmasında bazı takımların 1.11 nolu ÖTR gereksiniminde belirtilen nümerik entegrasyon yöntemlerini kullanmayıp problemi analitik denklemler ile çözdüğü görülmüştür. Buradan önemli miktarda puan kaybedilmiştir. Analitik denklemlerin çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır, bunlar her problem için her ayrıntı seviyesinde kullanılamayabilirler. Bu doğrultuda nümerik çözüm istenmiştir.

Analitik denklemler ile çözüm yapan takımlar, yaptıkları benzetime eklemeler yaparak KTR aşaması benzetimi haline getirmeye çalışırlarsa sorunlarla karşılaştığını göreceklerdir.

2 RAPOR GEREKSİNİMLERİ

Takımlar aşağıda belirtilen kısımları içerecek şekilde raporlarını oluşturacaklardır.

- 2.1** “Kinematik ve Dinamik Denklemler” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Benzetimde kullanılacak nihai denklemler ayrı ayrı yazılmalıdır:

- İvme denklemleri (1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımında)
- Hız denklemleri (1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımında)
- Konum denklemleri (1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımında)
- Uçuş yolu açısı hesabı denklemi

Denklemlere dinamik parametreler de dahil olmalıdır.

Var ise yapılan varsayımlar ve sadeleştirmeler açıklanmalıdır.

- 2.2** “Atmosfer Modeli” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Hazır kullanılan veya oluşturulan model açıklanmalı, referansları verilmelidir.

Modeli kullanarak aşağıdaki grafikler oluşturulup paylaşılmalıdır:

- Hava yoğunluğu – deniz seviyesi yüksekliği grafiği (0 m – 10000 m)
- Ses hızı – deniz seviyesi yüksekliği grafiği (0 m – 10000 m)

Var ise yapılan varsayımlar ve sadeleştirmeler açıklanmalıdır.

- 2.3** “Motor Modeli” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Aşağıdaki modeller oluşturularak açıklanmalıdır:

- Zamana bağlı itki kuvveti modeli
 - İtki verisinin olmadığı ara noktalar için interpolasyon (ara değerlendirme) yapılmalıdır.
- Zamana bağlı atılan kütle (harcanan yakıt kütlesi) modeli
 - Motorun atılan kütle debisi (\dot{m}), Isp değeri ve itki kuvveti kullanılarak hesaplanacaktır. Kullanılan formül ve parametreler açıklanmalıdır.

Modeller kullanılarak aşağıdaki grafikler oluşturulup paylaşılmalıdır:

- İtke kuvveti – zaman grafiği
- Atılan kütle – zaman grafiği

Var ise yapılan varsayımlar ve sadeleştirmeler açıklanmalıdır.

2.4 “Aerodinamik Model” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Takımlar kendi roketleri için aerodinamik sürüklenme katsayısı (C_d) modellerini oluşturmalarıdır.

- Model asgari olarak Mach sayısına bağlı olmalıdır.
 - Doğrulama benzetimi için verilen sürüklenme katsayısı yüksekliğe de bağlıdır ve doğrulamada yüksekliğe göre değişken kullanılması sonucun doğruluğunu artıracaktır. Takımların kendi roketleri için hazırladıkları benzetimde yüksekliğe bağlı bir model kullanma zorunlulukları yoktur.
- Bulunan hazır bir veri seti veya çeşitli tasarım yazılımları yardımıyla oluşturulan bir veri seti kullanılacaksa bu verilerin takımların roketleri ile uyumluluğu hakkında yorumlar yazılmalıdır.
- Teorik ve analitik yöntemlerle hesaplama üzerine bir model oluşturulduysa kullanılan tüm parametreler, denklemler, bunların çözüm yöntemleri açıklanmalıdır.
- CFD analizleri ile bir veri seti oluşturulduysa roketin ve meshin olduğu yazılım ekran görüntüsü, analizlerin koşulları, alınan çıktıların formatı ve çıktıların modelde nasıl kullanıldığı açıklanmalıdır.

Modelin girdileri ve hangi aralıkta geçerli olduğu belirtilmelidir.

Modellerde çözümün yapılmadığı veya verinin olmadığı ara noktalar için interpolasyon (ara değerlerme) yapılmalıdır.

Var ise yapılan varsayımlar ve sadeleştirmeler açıklanmalıdır.

Hazırlanan model kullanılarak aşağıdaki grafik oluşturulup paylaşılmalıdır:

- Mach Sayısı – C_d grafiği (farklı yükseklikler için var ise üst üste çizilmelidir)

2.5 “Benzetim Yapısı” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Benzetimin yapısı ve çözüm yöntemi anlatılmalı, kullanılan araçlar/yazılımlar belirtilmelidir. Benzetim kod ile çözülüyorsa kodlar, Simulink ile çözülüyor ise Simulink modelinin ekran görüntüsü ve varsa ek MATLAB kodları paylaşılmalıdır.

2.6 “Benzetimin Doğrulanması” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Takımlar Tablo 1 ve Tablo 2’deki verileri kullanarak benzetimlerini tepe noktasına kadar çalıştıracaklardır.

Tablo 1. Doğrulama Çalışması Başlangıç Koşul Değerleri

	Değer
Pozisyon [m]	[0, 0, 0]
Hız (bileşke) [m/s]	2
Uçuş Yolu Açısı [derece]	85

Tablo 2. Doğrulama Çalışması Diğer Verileri

	Değer
Başlangıç Kütlesi [kg]	25
Atış Noktası Rakımı [m]	980
Başlangıç Yakıt Kütlesi [kg]	4.659
Özgül İtke (Isp) [s]	209.5
İtke Profili Dosyası	“veri_itki_F_2022.xlsx”
Aerodinamik Veri Seti Dosyası	“veri_aero_Cd_2022.xlsx”
Roket Çapı [m]	0.14

Benzetim sonucu ile aşağıdaki çıktılar paylaşılmalıdır:

- Çıktı tablosu (bölüm 3.1 formatı ile)
- Yörünge grafiği (yükseklik - menzil)

NOT: Benzetimin doğruluğu yarışma hakemleri tarafından kontrol edilecektir. Hatalar belirli tolerans değerlerinin altında değil ise 2.7 bölümündeki sonuçlara tam puan verilmeyecektir.

2.7 “Benzetim Sonuçları” başlığı altında aşağıdaki içerik bulunmalıdır.

Bu kısımda takımlar kendi roket verileri (Roket çapı, Cd, itki profili vb.) ile benzetimlerini koşturmalıdır.

Tablo 3. Başlangıç Koşul Değerleri

	Değer
Pozisyon [m]	[0, 0, 0]
Hız (bileşke) [m/s]	2
Uçuş Yolu Açısı [derece]	85
Başlangıç Kütlesi [kg]	Roket kütlesi
Atış Noktası Rakımı [m]	980

Not: Rampa modellemesi yapılmadığı için benzetimi sıfır roket hızıyla başlatmak yörüngenin yanlış şekillenmesine yol açacaktır, bu yüzden küçük bir ilk hız verilmesi uygun görülmüştür.

Benzetim sonucu ile aşağıdaki çıktılar ve cevaplar paylaşılmalıdır:

- Çıktı ve karşılaştırma tablosu (bölüm 3.2 formatı ile)
 - Çıktı tablosunda, benzetimler arasındaki yüzde farkların olası nedenleri yorumlanmalıdır.
- Yörünge grafiği (yükseklik - menzil)
- Uçuş yolu açısı – zaman grafiği
- Mach – zaman grafiği
 - Maksimum mach yüksekliği nedir?
- Dinamik basınç – zaman grafiği
 - Maksimum dinamik basınç yüksekliği nedir?
 - Maksimum dinamik basıncın roket için önemi nedir?
- Dikey tırmanma hızı (-Z eksen hızı) – zaman grafiği

3 Benzetim Çıktı Formatı

3.1 Doğrulama benzetim çıktıları aşağıdaki tablo formatında yazılmalıdır.

Tablo 4. Benzetim Çıktı Formatı

	Değer
Maksimum Mach Sayısı [-]	-
Tepe Noktası Pozisyonu [m]	[-, 0, -,]
Tepe Noktası Hızı (bileşke) [m/s]	-
Tepe Noktası Mach Sayısı [-]	-
Tepe Noktası Zamanı [s]	-

3.2 Benzetim çıktıları ve

Tablo 5. Benzetim Çıktı ve Karşılaştırma Formatı

	OpenRocket Değeri (a)	Benzetim Değeri (b)	Yüzdece Fark (b-a)/a*100
Maksimum Mach Sayısı [-]	- 0.8 (269)	-	-
Tepe Noktası Pozisyonu [m] 1181	[-, 0, -,] 3059	[-, 0, -,]	[-, 0, -,]
Tepe Noktası Hızı (bileşke) [m/s]	- 26	-	-
Tepe Noktası Mach Sayısı [-]	- 0.78	-	-
Tepe Noktası Zamanı [s]	- 25.1	-	-

GENEL NOTLAR

NOT 1: Kullanılan referans kaynaklar belirtilmelidir.

NOT 2: Takımlar yukarıda belirtilen başlık sıralamasında raporlarını hazırlamak zorundadırlar. İstenen bilgiler ilgili başlıklar altında verilmelidir, buna uymayan kısımlara puan verilmeyecektir.

NOT 3: Grafik ve ekran görüntüleri net ve anlaşılır olmalı, buna uymayan kısımlara puan verilmeyecektir.

NOT 4: İnternete yüklenerek link paylaşılan kod vb. rapor kısımlarına puan verilmeyecektir.

NOT 5: Takımlar uçuş mekaniği alanında yazılmış kaynaklardan referans verme şartı ile faydalanabilirler. Yarışma Komitesi “Missile Guidance and Control System [George M. Siouris]” ve “Aircraft Control and Simulation [Stevens, Lewis]” kaynaklarını önermektedir. Akademik danışmanların yönlendirmesi ile varsayımlara göre denklem setlerinin sadeleştirilmesi unutulmamalıdır.

NOT 6: Modelleme ve benzetim çalışmaları 2022 yılı TEKNOFEST Roket Yarışması için ana diskalifiye kısıtası değildir.

FORMAT İLE İLGİLİ NOT:
<ul style="list-style-type: none">• Rapor “İçindekiler” ve “Referanslar” kısımlarını içermelidir.• Rapor bir kapak sayfası içermelidir.• Yazı tipi: Times New Roman, Punto: 12, Satır Aralıkları: 1.5• Tüm metinler iki tarafa yaslı şekilde olması gerekmektedir.• Sayfa düzeni A4 olmalıdır.• Rapor 25 sayfayı geçmemelidir.• Rapor PDF formatında olmalıdır.