

YAKLAŞMA TAPALI FÜZELER İÇİN ÖLDÜRÜCÜLÜK ANALİZİ ARACI

Ece ÖZTÜRK¹

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Ali Türker KUTAY²

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

ÖZET

Bu bildiride, öldürücülük analizi aracı yapılması hedeflenmiştir. Günümüzdeki füzelerin bir kısmı yaklaşma tapalı harp başlığına sahiptir. Bu tip füzelerde, füze hedefle direkt temas ettiğinde değil uzaktan harp başlığının patlatılmasıyla hedefin imhası sağlanmaktadır. Harp başlığı parçacıklardan oluşmaktadır ve bu patlamayla saçılan parçacıkların hedefe nüfuz etmesi amaçlanmaktadır. En çok sayıda parçacığın isabet ettiği patlatma zamanını bulabilmek için füze atışı öncesinde öldürücülük analizinin yapılabileceği bir araca ihtiyaç duyulmaktadır.

GİRİŞ

Yaklaşma tapalı harp başlığı, füze hedefi tespit ettiği andan itibaren her an patlatılabilir durumdadır. O yüzden, füzenin hedefi tespitinden sonra hedef üzerinde daha çok hasara sebep olup öldürücülüğü artıracak zamanda harp başlığını patlatmak büyük önem arz etmektedir. Bu bildirinin amacı, yaklaşma tapalı karadan havaya füzenin, füze hedefi tespit ettikten sonra öldürücülüğü artırmak için azami parçacık çarptığı anda harp başlığını patlatmak için çarpan parçacık sayısını hesaplayan bir araç geliştirmektir. Bu araç sayesinde füze hedefi tespit ettiği an dahil sonrasındaki her bir zaman adımı harp başlığının patlatıldığı düşünülerek bu anlardaki füzeye isabet eden parçacık sayısı hesaplanabilecek ve en yüksek sayıda parçacığın çarptığı zamanda harp başlığı patlatılarak yüksek öldürücülük elde edilme ihtimali sağlanmış olacaktır. Füze atışı öncesinde farklı angajman koşulları için öldürücülük analizleri yapıp çıkan sonuçlar füze içerisine gömülerek füze-hedef angajmanı sırasında doğru zamanda harp başlığının patlatılması hedeflenmektedir.

YÖNTEM

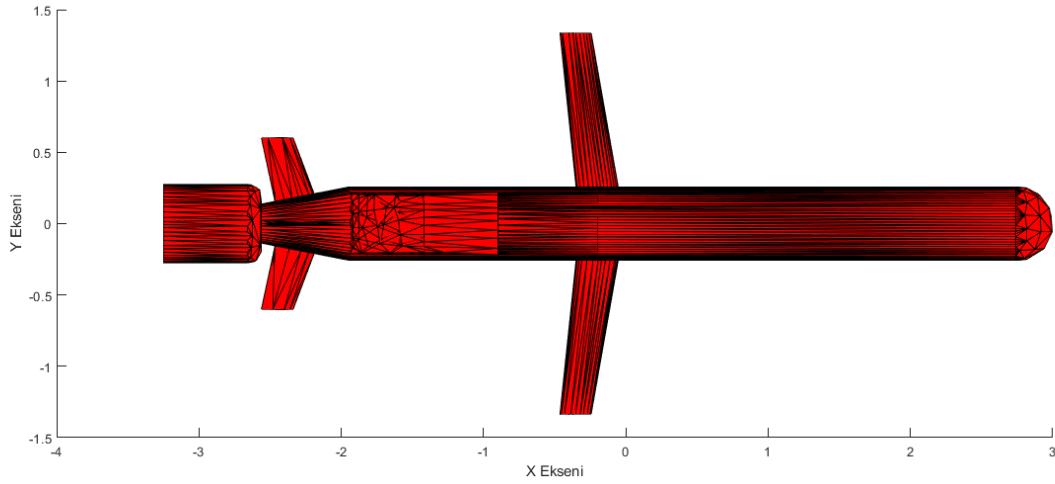
Hedef katı modelinin üzeri üç noktası bilinen üçgenlerden oluşturulmaktadır. Bu 3 nokta bir düzlemi ifade ettiği için üçgenlerin bulunduğu düzlem denklemleri hesaplanarak sonrasında parçacık vektörünün düzlemi kestiği noktaya bakılmaktadır. Parçacığın düzlemi kestiği nokta üçgenin içerisinde ise füzeden saçılan parçacık hedefe isabet etmiş olarak değerlendirilmektedir.

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: e188251@metu.edu.tr

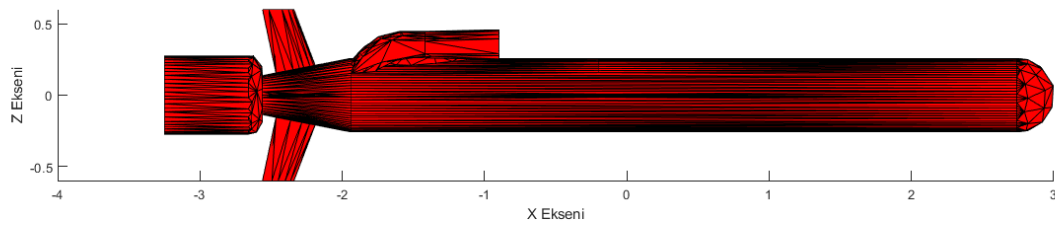
² Dr. Öğr. Üyesi, Havacılık ve Uzay Müh. Böl., E-posta: kutay@metu.edu.tr

Hedef Modeli

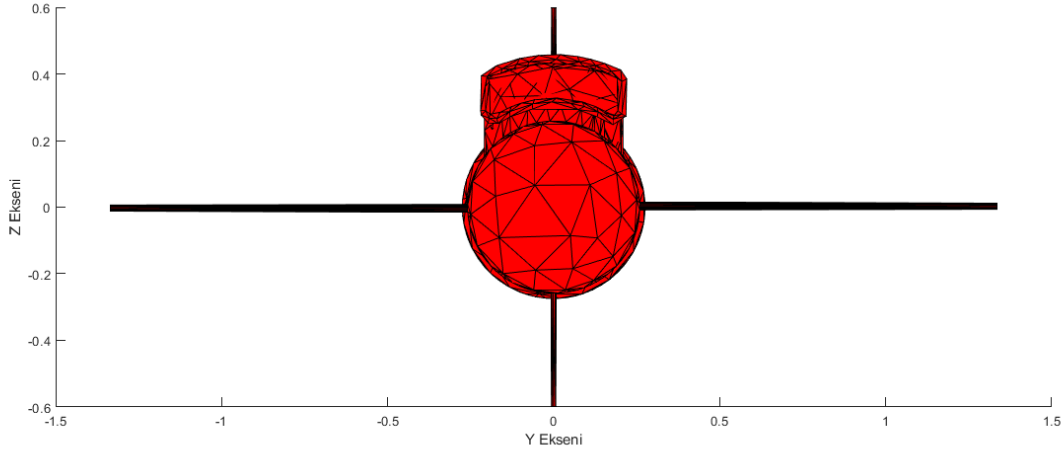
Hedef modeli olarak seyir füzesi seçilmiştir ve katı modelin üzeri üç noktası bilinen üçgenlerden oluşturulmuştur. Seçilen örnek seyir füzesi modelinin üstten, yandan ve önden görünüşleri sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1: Hedef Modeli X-Y Eksen



Şekil 2: Hedef Modeli X-Z Eksen



Şekil 3: Hedef Modeli Y-Z Eksenli

3 Noktadan Geçen Düzlemin Denkleminin Bulunması

Hedef modeli üzerindeki bir üçgenin üç noktası $P(l, m, n)$, $Q(p, r, s)$, $R(t, u, v)$ noktaları olsun.

Düzlem denklemi;

$$a(x - x_0) + b(y - y_0) + c(z - z_0) = 0 \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir.

(x_0, y_0, z_0) ; düzlem üzerindeki bir noktayı, $\langle a, b, c \rangle$ ise düzleme dik vektörü tanımlamaktadır.

İki noktadan geçen vektör;

$$\overrightarrow{PQ} = \langle (p - l), (r - m), (s - n) \rangle \quad (2)$$

$$\overrightarrow{PR} = \langle (t - l), (u - m), (v - n) \rangle \quad (3)$$

$\langle a, b, c \rangle$: düzleme dik vektörün hesabı =

$$\overrightarrow{PQ} \times \overrightarrow{PR} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ (p - l) & (r - m) & (s - n) \\ (t - l) & (u - m) & (v - n) \end{vmatrix} = \langle a, b, c \rangle \quad (4)$$

$$= i[(r - m) * (v - n) - (u - m) * (s - n)] - j[(p - l) * (v - n) - (t - l) * (s - n)] + k[(p - l) * (u - m) - (t - l) * (r - m)] \quad (5)$$

$$= i(r * v - r * n - m * v + m * n - u * s + u * n + m * s - m * n) - j(p * v - p * n - l * v + l * n - t * s + t * n + l * s - l * n) + k(p * u - p * m - l * u + l * m - t * r + t * m + l * r - l * m) \quad (6)$$

$$= < (r * v - r * n - m * v + m * n - u * s + u * n + m * s - m * n), (p * v - p * n - l * v + l * n - t * s + t * n + l * s - l * n), (p * u - p * m - l * u + l * m - t * r + t * m + l * r - l * m) > = < a, b, c > \quad (7)$$

Düzlemin geçtiği noktalardan $P(l, m, n)$ noktası seçilmiştir;

$$(x_0, y_0, z_0) = (l, m, n)$$

(1)nolu denklem içerisinde $P(l, m, n)$ ve $< a, b, c >$ yazıldığında düzlem denklemi (8) bulunmuş olur.

$$(r * v - r * n - m * v + m * n - u * s + u * n + m * s - m * n) * (x - l) + (p * v - p * n - l * v + l * n - t * s + t * n + l * s - l * n) * (y - m) + (p * u - p * m - l * u + l * m - t * r + t * m + l * r - l * m) * (z - n) = 0 \quad (8)$$

Bu işlem hedef modeli üzerindeki bütün üçgenler için yapılmaktadır. Seçilen hedef modelinde 1600 adet üçgen bulunmaktadır. Bu 1600 üçgen 1600 tane düzlem denklemini ifade etmektedir.

Üçgenlerin ifade ettiği düzlem denklemleri bulunduktan sonra harp başlığından saçılan parçacıkların düzlemleri hangi noktada kestiği hesaplanmalıdır.

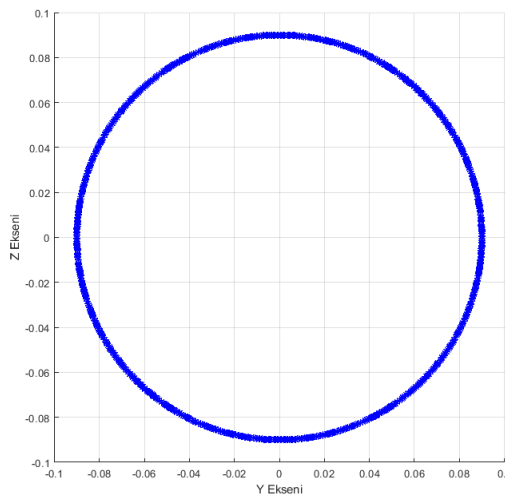
Harp Başlığı Modeli

Bu bildiride kullanılan harp başlığı modelinin özellikleri aşağıdaki gibidir:

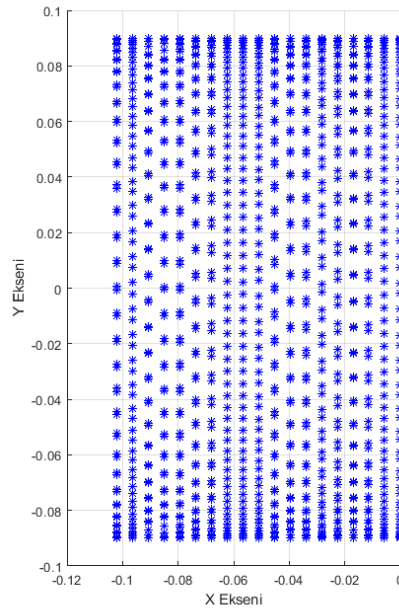
Toplam parçacık sayısı	1140 adet
Harp başlığı boyu	102 mm
Harp başlığı çapı	180 mm
Toplam halka sayısı	19 adet
Her halkada bulunan parçacık sayısı	60 adet
Parçacıkların halkaya diziliş açısı	6°

Tablo 1: Harp Başlığı Modeli

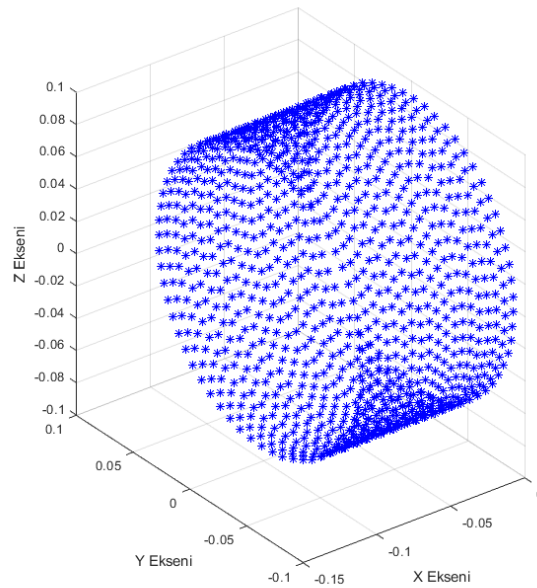
Kullanılan harp başlığı modelinin önden, yukarıdan ve yandan görünüşleri sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 4: Harp Başlığı Modeli YZ Eksenli



Şekil 5: Harp Başlığı Modeli XY Eksen



Şekil 6: Harp Başlığı Modeli XYZ Eksen

Harp başlığı üzerinde bulunan her bir parçacık ilk hıza ve ilk konuma sahiptir. İşlemler hedefe görece alınarak yapılmıştır.

Parçacık İlk Hızı Hesabı:

Parçacıklar kendilerine tanımlanan bir ilk hıza sahiptir. Parçacık hedefe göre hız vektörü üzerinde yol alacağından dolayı kendi gövde hızı ataletsele çevrilerek üzerine füzenin kendi ataletsel hızının da eklenmesi gerekmektedir. Sonra da hedef hızı çıkartılarak hedefe göre hızı bulunmuş olunur.

Parçacık İlk Konum Hesabı:

Harp başlığının boyu bilindiği için parçacıkların x eksenindeki konumu halkaların yerleşimine göre karar verilebilmektedir.

Harp başlığının çapı ve parçacıkların halka üzerindeki dağılım açısı da bilindiği için y ve z eksenindeki konumları da bulunabilmektedir.

Vektörün Düzlemi Kestiği Noktanın Bulunması:

S ve T noktaları parçacığın yörüngesine ait iki nokta olup 2 noktadan bir vektör tanımlanmaktadır. S parçacık ilk konumu olarak kabul edilirse; üzerine parçacığın ilk hızıyla herhangi bir süreyle almış olduğu yol eklendiğinde T noktası bulunmuş olunur.

$S = (x_0, y_0, z_0), T = (x_1, y_1, z_1)$ parçacık yörüngesine ait 2 noktadır.

2 noktadan geçen vektörün genel formülü:

$$\bar{r}(t) = \bar{r}_0 + h\bar{v} \quad (9)$$

$$\bar{r}_0 = \langle x_0, y_0, z_0 \rangle \quad (10)$$

$$\bar{v} = \langle (x_1 - x_0), (y_1 - y_0), (z_1 - z_0) \rangle \quad (11)$$

$$\bar{r}(h) = \langle x_0, y_0, z_0 \rangle + h \langle (x_1 - x_0), (y_1 - y_0), (z_1 - z_0) \rangle \quad (12)$$

$$x(h) = (x_0 + h * (x_1 - x_0)) \quad (13)$$

$$y(h) = (y_0 + h * (y_1 - y_0)) \quad (14)$$

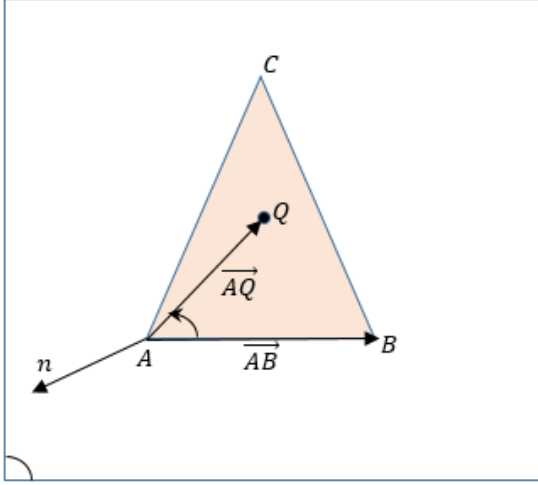
$$z(h) = (z_0 + h * (z_1 - z_0)) \quad (15)$$

x , y ve z noktaları düzlem denkleminin (8) içerisine eklenip ' h ' bulunmaktadır. Bulunan ' h ' değeri (13), (14) ve (15) numaralı denklemlerin içerisine yazıldığı takdirde parçacığın düzlemi hangi noktada kestiği bulunmuş olunur.

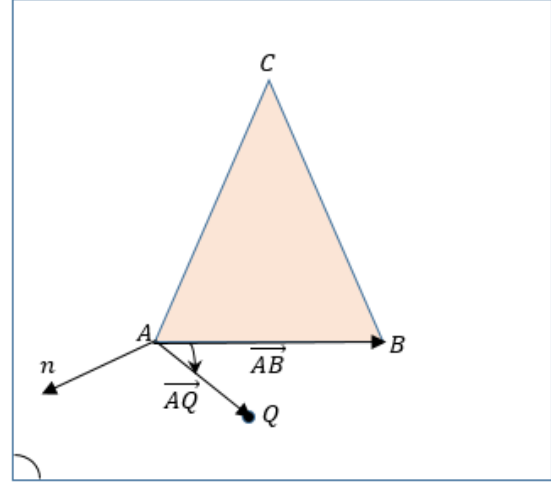
Bu noktanın üçgenin içerisinde mi dışarısında mı kaldığı hesaplanarak parçacığın hedefe çarpıp çarpmadığı bulunacaktır.

Parçacığın Düzlemi Kestiği Noktanın Üçgen İçerisinde Olup Olmadığının Bulunması:

Parçacık vektörünün; üçgenin 3 noktasının oluşturduğu düzlemi kestiği nokta Q ve düzlemin normali n olarak tanımlandığında Q noktasının üçgenin içerisinde ve dışarısında bulunduğu görsel örnekleri sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7: Q noktası Üçgen İçerisinde



Şekil 8: Q Noktası Üçgen Dışarısında

Q noktasının üçgen içerisinde kabul edilebilmesi için aşağıdaki 3 koşulu da aynı anda sağlaması gerekmektedir.

$$[(B - A) \times (Q - A)] \cdot n \geq 0 \quad (16)$$

$$[(C - B) \times (Q - B)] \cdot n \geq 0 \quad (17)$$

$$[(A - C) \times (Q - C)] \cdot n \geq 0 \quad (18)$$

Analiz Sonucu:

Örnek bir füze-hedef angajman koşulları değerleri için öldürücülük analiz aracı kullanılarak her bir patlatma noktasındaki çarpan parçacık sayısı hesaplanmıştır. Bu senaryoda füze hedefi ; hedefe ~ 4.4 m kala tespit etmiştir.

Füzenin hedefi tespit ettiği an dahil 8.8 m'lik yol boyunca her 0.25 m'de patlatma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu 36 nokta için füzenin hedefe isabet ettiği parçacık sayıları Tablo-2'de verilmiştir. Aynı patlatma noktasında bir parçacığın birden fazla üçgene isabetinin gerçekleştiği durumlarda o parçacık tek üçgene çarpmış olarak hesaba katılmıştır.

Patlatma Noktası	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Çarpan Parçacık Sayısı	38	45	48	48	48	48	50	53	54	55	56	57	64	78	104	134	174	164
Patlatma Noktası	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Çarpan Parçacık Sayısı	141	144	138	212	188	172	161	145	134	124	94	90	92	95	110	87	87	78

Tablo 2: Patlama Noktasına Göre Çarpan Parçacık Sayısı

Tablo 2'den görüldüğü üzere 22 nolu patlatma noktasında hedefe en çok parçacık isabet etmiştir. Füze hedefi tespit ettiği an dahil 0.25 m aralıklarla patlatma analizi yapıldığı için 22 nolu patlatma noktası füze hedefi tespit ettikten sonra 5.25 m yol aldığı anda patlatıldığında hedefe daha çok parçacık isabet edeceği anlamına gelmektedir. Bu senaryoda füze son hızı ~800 m/s'dir. Yani, füze hedefi tespit ettikten 6.6 ms sonra patlatılırsa daha çok parçacığın hedefe teması sağlanmış olacaktır.

SONUÇ

Sonuç olarak bu araç sayesinde füze hedefi tespit ettikten sonra en çok parçacığının hedefe çarptığı zaman hesaplanabilecek ve harp başlığı o anda patlatılarak daha çok zarara sebebiyet vermesi sağlanmış olacaktır.

Kaynaklar

1. Adams, R. A., & Essex, C. (2014). Calculus a Complete Course. Johannesburg: MTM.
2. Burton, A., Mountford, J., & Garrod, A. (1998). An Air Target Engagement Simulation for Radar Proximity Fuze Development and Performance Assessment. IEE Colloquium on Radar System Modelling. doi: 10.1049/ic:19980762
3. Nyongesa, H., Kent, S., & Okeefe, R. (2001). Genetic Programming for Anti-Air Missile Proximity Fuze Delay-Time Algorithms. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 16(1), 41–45. doi: 10.1109/62.894177
4. Curless. (2004). Ray-triangle intersection [Slides]. Ray-Triangle Intersection. https://courses.cs.washington.edu/courses/csep557/10au/lectures/triangle_intersection.pdf