

**T.C.  
KARA HARP OKULU  
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI**

**HAVAN ATIŞLARININ  
MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan  
Hakan YURTDAŞ**

**Tez Danışmanı  
Dr. İbrahim AKGÜN**

**Eş Danışman  
Dr. Umut DURAK**

**ANKARA - 2010**



## TEZ TANITIM FORMU

**TEZİN TARİHİ:** 01.04.2010

**TEZİN TİPİ:** Yüksek Lisans Tezi

**TEZİN BAŞLIĞI:** Havan Atışlarının Modellenmesi Ve Simülasyonu

**TEZİN YAPILDIĞI BİRİM:** Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü  
Harekât Araştırması Ana Bilim Dalı

**SPONSOR KURULUŞ:** -

**DAĞITIM LİSTESİ:** Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama, Onay, Dağıtım ve Muhafaza Esasları Kılavuzu'nda belirtilen yerlere.

**TEZİN ÖZETİ:** Bu çalışmada, havan ateş idare merkezinin eğitimine katkı sağlayan etkileşimli ve görsel içerikli bir simülasyon geliştirilmiştir. Gerçek havan mühimmatıyla yapılan havan eğitim atışlarının maliyeti yüksektir ve eğitimin icrası için halka kapalı geniş alanlara ihtiyaç vardır. Bu kapsamda geliştirilen simülasyon, havan atış sisteminin en önemli unsuru olan havan ateş idare merkezine gerçeğe yakın eğitim fırsatı sunarak bu iki ana problemin çözümüne olanak sağlamaktadır. Simülasyonda yer alan balistik modeli oluşturmak için NABK'den (NATO Armaments Ballistic Kernel) faydalanılmış, arazi modelinde DTED (Digital Terrain Elevation Data) kullanılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Havan Ateş İdare Merkezi Simülasyonu, Simülasyona Dayalı Eğitim, NABK

**SAYFA SAYISI:** 75

**GİZLİLİK DERECESESİ:** Tasnif Dışı

**T.C.  
KARA HARP OKULU  
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI**

**HAVAN ATIŞLARININ  
MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan  
Hakan YURTDAŞ**


**Tez Danışmanı  
Dr. İbrahim AKGÜN**

**Eş Danışman  
Dr. Umut DURAK**

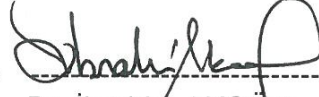
**ANKARA - 2010**

**KARA HARP OKULU**  
**SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

**P.Ütg. Hakan YURTDAŞ'ın Havan Atışlarının Modellenmesi Ve Simülasyonu konulu tez çalışması jürimiz tarafından HAREKAT ARAŞTIRMASI Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.**

Başkan   
Doç.Dr. Veysi İŞLER

Üye   
Yrd.Doç.Dr. Güvenç ARSLAN

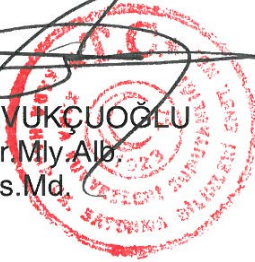
Üye   
Dr. İbrahim AKGÜN  
(DANIŞMAN)

**ONAY**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

04 / 06 / 2010

  
Cengiz TAVUKÇUOĞLU  
Yrd.Doç.Dr. Mily. Alb.  
Svn.Bil.Ens.Md.



## TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın hazırlanmasında deęerli dűőüncelerini ve yardımlarını esirgemeyen, akademik konularda çok bűyűk desteęini gűrdűđűm tez danıőmanlarım Dr. İbrahim AKGÜN ve Dr. Umut DURAK'a, çalıőmanın doęrulama ve geçerleme safhasında deęerli zamanını bana ayıran P.Yzb. Arif MALÇOK'a, yűksek lisans eęitimi sűresince akademik olarak geliőmemize katkıda bulunan Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitűsű'nűn deęerli hocalarına ve çalıőanlarına teőekkűrlerimi sunarım.

Mutluluk kaynaęım kızıma ve yűksek lisans çalıőmalarım boyunca desteęini esirgemeyen eőim Gűzde'ye anlayıő ve sabrından dolayı minnettarım.

**T.C.**  
**KARA HARP OKULU**  
**SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**HAREKÂT ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI**  
**ANKARA 2010**

**HAVAN ATIŞLARININ**  
**MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hakan YURTDAŞ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, havan ateş idare merkezinin eğitimine katkı sağlayan etkileşimli ve görsel içerikli bir simülasyon geliştirilmiştir. Gerçek havan mühimmatıyla yapılan havan eğitim atışlarının maliyeti yüksektir ve eğitimin icrası için halka kapalı geniş alanlara ihtiyaç vardır. Bu kapsamda geliştirilen simülasyon, havan atış sisteminin en önemli unsuru olan havan ateş idare merkezine gerçeğe yakın eğitim fırsatı sunarak bu iki ana problemin çözümüne olanak sağlamaktadır. Simülasyonda yer alan balistik modeli oluşturmak için NABK'den (NATO Armaments Ballistic Kernel) faydalanılmış, arazi modelinde DTED (Digital Terrain Elevation Data) kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Havan Ateş İdare Merkezi Simülasyonu, Simülasyona Dayalı Eğitim, NABK

**Tez Yöneticisi:** Dr. İbrahim AKGÜN, Dr. Umut DURAK

**Sayfa Sayısı :** 75

**T.C.**  
**TURKISH MILITARY ACADEMY**  
**DEFENCE SCIENCE INSTITUTE**  
**DEPARTMENT OF OPERATIONS RESEARCH**  
**ANKARA 2010**

**MODELING AND SIMULATION OF**  
**MORTAR FIRES**

**MASTER THESIS**

**Hakan YURTDAŞ**

**ABSTRACT**

In this study, a virtual interactive simulation which contributes mortar fire direction center training is developed. Mortar training shots with service ammunition is very costly, and there is a need for large areas for the execution of mortar training. In this scope, developed simulation makes it possible to solve these two main problems by presenting real-like training opportunity for mortar fire direction center which is the most important element of mortar firing system. In order to create the ballistic model which is taking part in the simulation, NABK (NATO Armaments Ballistic Kernel) is used. Also, DTED (Digital Terrain Elevation Data) is used for terrain modeling.

**Keywords:** Mortar Fire Direction Center Simulation, Simulation Based Training, NABK

**Advisor:** Dr. İbrahim AKGÜN, Dr. Umut DURAK

**Number of Pages:** 75

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	ix
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE HAVAN ATIŞ SİSTEMİ

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	3
a. Giriş .....	3
b. Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü.....	3
c. Topçu Ateş İdare Merkezi Simülasyonu .....	5
2. HAVAN ATIŞ SİSTEMİ .....	5
a. Giriş .....	5
b. Havanın Tanımı .....	6
b. Havanın Muharebe Alanındaki Görevi.....	7
c. Havan Atış Timleri .....	9
(1) İleri Gözetleyici .....	10
(2) Ateş İdare Merkezi .....	12
(3) Atış Kısmı .....	14
ç. Hedef Tespit Yöntemleri .....	15
(1) Kutbi Koordinat Yöntemi .....	15
(2) Grid Koordinat Yöntemi .....	16
(3) Belli Noktadan Kaydırma .....	17
d. Ateş İsteği.....	17
(1) Ateş İsteği Elemanları.....	17
(2) Ateş İsteği Örnekleri .....	19
e. Dış Balistik.....	20
(1) Havasız Ortamda Mermi Yörüngesi.....	21
(2) Gerçek Mermi Yörüngesi.....	22

(3) Meteorolojik Şartlar.....	23
-------------------------------	----

## İKİNCİ BÖLÜM

### PROBLEM TANIMI VE SİMÜLASYON

1. PROBLEM TANIMI VE ARAŞTIRMANIN AMACI .....	25
a. Problem Tanımı .....	25
b. Araştırmanın Amacı.....	26
2. SİMÜLASYON .....	26
a. Giriş.....	26
b. Kavramsal Model.....	26
c. Senaryo Geliştirme Aracı.....	28
ç. Senaryo İşletim Aracı.....	31
d. Değerlendirme Aracı.....	34

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### ARAZİ MODELİ, BALİSTİK MODEL VE RASTGELE SAYI ÜRETECİ

1. ARAZİ MODELİ.....	36
a. Giriş.....	36
b. Yükseklik Verileri .....	36
c. OpenGL ve Brute Force Algoritması.....	37
2. BALİSTİK MODEL .....	39
a. Giriş.....	39
b. NABK.....	39
b. Simülasyon İçinde Kullanımı .....	42
3. RASTGELE SAYI ÜRETECİ .....	43
a. Giriş.....	43
b. Rastgele Sayıların Özellikleri.....	43
c. Sözde Rastgele Sayı Üretimi.....	44
ç. Linear Congruential Metodu .....	45
d. Düzgün Dağılımdan Rastgele Sayı Üretimi .....	46
e. Normal Dağılımdan Rastgele Sayı Üretimi .....	47
f. Hataların İstatistiksel Dağılımları .....	48

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM  
SENARYO UYGULAMASI

1. EĞİTİCİ HAZIRLIĞI.....	49
2. ATEŞ İDARE MERKEZİ HAZIRLIĞI .....	50
3. ATEŞ İDARE MERKEZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	52

BEŞİNCİ BÖLÜM  
SONUÇ VE ÖNERİLER

1. SONUÇ .....	53
2.ÖNERİLER.....	53
KAYNAKÇA .....	55
EKLER .....	56

## TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo-1:</b> Ateş İsteği Birinci ve İkinci Bölüm.....	17
<b>Tablo-2:</b> Kutbi Koordinat Yöntemi İle Tesir Atışı.....	19
<b>Tablo-3:</b> Grid Koordinat Yöntemi İle Tanzim Atış .....	20
<b>Tablo-4:</b> Belli Noktadan Kaydırma Yöntemi İle Tanzim Atışı .....	20
<b>Tablo-5:</b> Atış Görevi Ara Bölümleri ve Açıklamaları .....	30
<b>Tablo-6:</b> Hataların İstatistiksel Dağılımı.....	48
<b>Tablo-7:</b> Uygulama Atış Görevi Değerleri .....	50

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil-1:</b> Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü .....	3
<b>Şekil-2:</b> Üç Timin Koordineli Çalışması .....	9
<b>Şekil-3:</b> Grafik Atış Cetveli.....	14
<b>Şekil-4:</b> Kutbi Koordinat Yöntemi.....	16
<b>Şekil-5:</b> Mermi Yörüngesi .....	22
<b>Şekil-6:</b> Kavramsal Model.....	27
<b>Şekil-7:</b> Senaryo Geliştirme Aracı Grafik Arayüzü.....	29
<b>Şekil-8:</b> Dağılım Diyalog Kutusu.....	31
<b>Şekil-9:</b> Senaryo İşletim Aracı Grafik Arayüzü.....	32
<b>Şekil-10:</b> Senaryo İşletim Aracı Akış Diyagram .....	32
<b>Şekil-11:</b> AİM İle Simülasyon Arasındaki Döngü .....	33
<b>Şekil-12:</b> Değerlendirme Aracı Grafik Arayüzü.....	35
<b>Şekil-13:</b> Arazi Modeli .....	38
<b>Şekil-14:</b> Arazi Modeli Detay Seviyeleri.....	39
<b>Şekil-15:</b> NABK Yazılımı İşlevsel Yapısı.....	42
<b>Şekil-16:</b> NABK'in Simülasyon İçinde Kullanımı .....	43
<b>Şekil-17:</b> Rastgele Sayı Üretici Dağılım Diyagramı .....	46
<b>Şekil-18:</b> Ateş İsteği, Atış Komutu, Havan Kısmı ve İleri Gözetleyici.....	51

## KISALTMALAR LİSTESİ

- AİM** : Ateş İdare merkezi  
**DTED** : Digital Terrain Elevation Data  
**İG** : İleri Gözetleyici  
**NABK** : NATO Armaments Ballistic Kernel

## GİRİŞ

Muharebede, dost birliklerin havan atışlarıyla desteklenmesi büyük önem taşır. Birlikler hedefe yaklaştıkça düşmanın ateş baskısı artar ve ilerleme durma noktasına gelir. Düşmanla temasın üst seviyeye çıktığı bu noktada dost birliklerin elindeki mevcut silahlar yetersiz kalır ve ateş desteğine ihtiyaç duyarlar. Havan birlikleri bu ateş desteğini sağlayan yegâne birliklerdendir. Havanların birliklerin gerisinden icra ettikleri hızlı ve isabetli atışlar düşmanla temasta olan dost birlikleri rahatlatır ve ilerlemelerine yardımcı olur.

Havan birlikleri, genellikle bir sütte (bir bölgeyi, düşman gözetlemesinden ve ateşinden koruyan dikine yükseklik) gerisinde bulunması ve hedefi görmemesi sebebiyle, hedefi görebilecek ve silâhın ayarlanmasını sağlayabilecek ileri gözetleyici ismi verilen personele ihtiyaç duyar. Bu personel havan silahının gözü gibidir. Silahın hedefe yöneltilmesini yapabilmek ve ileri gözetleyici personelin bildirdiği şekilde havanı ayarlayabilmek için silahın hemen gerisinde ateş idare merkezi bulunur.

İleri gözetleyici, muharebe sahasındaki hedefleri belirler ve yerlerini tespit eder. Hedefleri etkisiz hale getirmek için ateş istekleri hazırlar ve ateş isteklerini telli veya telsiz muhabere vasıtalarını kullanarak havan ateş idare merkezine gönderir. Ateş idare merkezi ateş isteklerini alır, bir dizi işlem yaparak bunları atış komutlarına çevirir ve atış komutlarını atış kısmına gönderir. Atış kısmı da bu komutlara uygun olarak atışı icra eder. Bu işlemler her atışta tekrarlanır. Bu yönüyle ateş idare merkezinde yapılan faaliyetler hata yapmaya açıktır. Yapılan hata birinci hatta yer alan birlikler için ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Ateş idare merkezinde yapılması muhtemel hataları en aza indirmenin yolu barış zamanında icra edilen eğitimi muharebe edermiş gibi yapmak ve sık tekrarlayarak bilgiyi taze tutmaktır. Ancak, eğitim faaliyetlerini

kısıtlayan iki husus vardır. Birincisi gerçek mühimmatla yapılan havan eğitim atışlarının maliyeti yüksektir. İkincisi ise eğitimin icrası için sivil halka kapalı geniş alanlara ihtiyaç vardır.

Havan ateş idare merkezinin eğitiminde etkileşimli ve görsel içerikli bir simülasyon kullanımının yukarıdaki iki ana sorunun çözümünde etkin bir yöntem olacağı yönündeki değerlendirmeler bu çalışmanın temel motivasyonudur.

Çalışma konusu olan simülasyon, eğiticinin hazırlamış olduğu senaryoya uygun olarak ateş isteğini üretir ve ateş idare merkezine gönderir. Ateş idare merkezinin bu ateş isteği doğrultusunda hazırladığı atış komutlarını girdi olarak alır, balistik model üzerinde işletir ve arazi modeli üzerinde vuruş noktasını bulur. Eğer vuruş hedefte ise senaryodaki müteakip atış görevine geçer, değilse düzeltme ateş isteğinde bulunur. Tüm atış görevlerinin bitmesini müteakip atış komutlarının hesap süresini ve vuruşların hedefe olan uzaklığını raporlayarak eğiticiye ve eğitime geri besleme sağlar.

Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; literatür araştırması yapılmış ve havan atış sistemi anlatılmıştır. İkinci bölümde; problem tanımı yapılmış ve geliştirilen simülasyon hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde; simülasyon içinde yer alan arazi modeli, balistik model (NABK) ve rastgele sayı üretici anlatılmıştır. Dördüncü bölümde; geliştirilen simülasyonla örnek bir uygulama yapılmıştır. Beşinci ve son bölümde ise çalışmanın sonucu ve öneriler sunulmuştur.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE HAVAN ATIŞ SİSTEMİ

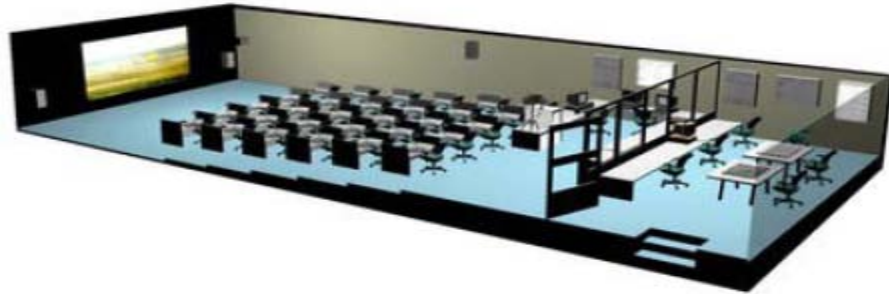
### 1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

#### a. Giriş

Havan atış sistemi ile topçu atış sistemi arasında büyük benzerlik vardır. Topçu personelinin eğitimine katkı sağlamak maksadıyla Havelsan tarafından Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü (TİGES) ve Svarnas (2003) tarafından, tez çalışması kapsamında, Topçu Ateş İdare Merkezi Simülasyonu (The Artillery Fire Direction Center Simulation) geliştirilmiştir.

#### b. Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü

Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü (TİGES) (Şekil-1); ileri gözetleyici ve ateş idare merkezi personelinin topçu ateş gücünü etkin şekilde kullanmasına yönelik eğitimleri icra etmesine olanak sağlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. TİGES, askeri talimnamelere ve topçu sınıfı gereksinimlerine uygun olarak HAVELSAN tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir (HAVELSAN, 2009).



**Şekil-1:** Topçu İleri Gözetleyici ve Ateş İdare Merkezi Eğitim Simülatörü  
(HAVELSAN, 2009:5)

TİGES; çeşitli arazi görüntüleri üzerinde sabit ve hareketli hedeflerin bulunduğu farklı senaryolar yaratarak, personelin hedef tespit yeteneğini geliştirmesine, ateş isteği prosedürlerini ve atış tanzimini öğrenmesine yardımcı olur. Simülatör eğitmen tarafından yönetilir ve simülatörün yer aldığı dershanede maksimum 30 personele eğitim verilebilir. TİGES, aşağıda temel donanım bileşenlerinden oluşur;

- Eğitmen İstasyon Bilgisayarı (Instructor Station Computer): Eğitmenin kullanacağı, özel olarak hazırlanmış kullanıcı arayüzü ile eğitim senaryolarının detaylı olarak hazırlanabildiği bilgisayar istasyonudur.
- Görüntü Üretme Bilgisayarı (Image Generation Computer): Eğitmen tarafından hazırlanan senaryonun arazi görüntüsünü oluşturan bilgisayardır. Arazi görüntüsünde, dost ve düşman birlikleri, silah ve hedefler de yer almaktadır.
- Balistik Veri Hesaplama İstasyon Bilgisayarı (Ballistic Data Calculation Station Computer): Farklı silah ve mermi cinslerine göre balistik hesaplamaları yapan, sistem parçaları arasındaki haberleşmeyi, yönlendirmeyi ve zamanlamayı sağlayana ana (server) bilgisayardır. Balistik hesaplamalara atmosferik koşulların etkisi de dâhil edilir.
- Modifiye Lazer Hedef Tespit Cihazı (Modified Laser Range Finder): Lazer Hedef Tespit Cihazı üzerinde yapılan çeşitli modifikasyonlar ile arazi görüntüleri üzerinde nişan alınan noktaların mesafe, istikamet ve yükseklik açıları tespit edilebilmektedir.
- Modifiye El Dürbünleri (Modified Binoculars): Dürbünlerin iç taksimat modifikasyonu her sıraya konacak dürbün için ayrı ayrı yapılmıştır.

Eğitmen senaryoyu hazırlar ve senaryoya ait arazi görüntüsünü perde üzerine yansıtır. Eğitilen personel arazi görüntüsüne göre eldeki mevcut araçlarla ateş isteği hazırlar. Eğitmen, eğitilen personelin ateş isteği doğrultusunda topçu atışını icra eder. Atışlar ve arazi üzerindeki vuruşlar gerçek görüntü ve ses efektleriyle desteklenir.

Perde üzerine aktarılan arazi görüntüleri uydu fotoğrafları ve yükseklik bilgileri birleştirilerek hazırlanmıştır. Sistem en fazla 10 adet 10x15 km. büyüklüğünde arazi destekmektedir. Simülatörde tank, helikopter ve benzeri 21 adet farklı üç boyutlu hedef mevcuttur. Hedefler sabit veya hareketli olarak seçilebilir.

Eğitilen personelin değerlendirilmesi bilgisayar ve eğitmen değerlendirmesi olarak iki bölüm halinde yapılır. Son değerlendirme her iki değerlendirmenin ortalama değerleri alınarak tespit edilir. Bilgisayar değerlendirmesi, atılan atım sayısı, görev süresi, tesir atışının değerlendirilmesi ve hedef tespit konularında; eğitmen değerlendirmesi ise, dürbün ve lazermetrenin kullanılması, ateş isteğinin hazırlanması ve gönderilmesi ve kıymetlendirme konularında yapılır.

### **c. Topçu Ateş İdare Merkezi Simülasyonu**

Topçu Ateş İdare Merkezi Simülasyonu (The Artillery Fire Direction Center Simulation); personelin topçu ateş idare merkezi prosedürlerini öğrenmesine yardımcı olmak amacıyla Svarnas (2003) tarafından tez çalışması kapsamında geliştirilmiştir.

Simülasyonda, ileri gözetleyici ile topçu ateş idare merkezi arasındaki muhabere irtibatı modellenmiş, vuruş noktasını bulmak için basit bir balistik model kullanılmıştır (Svarnas, 2003).

## **2. HAVAN ATIŞ SİSTEMİ**

### **a. Giriş**

Silah sistemleri, *görerek* ve *görmeyerek* atış yapan silahlar olmak üzere iki grupta incelenebilir. Görerek atış yapan silahların kullanıcısı hedefi bizzat görür ve silahı hedefe yöneltir. Görmeyerek atış yapan silahların kullanıcısı, bir engel gerisinde bulunur dolayısıyla hedefi görmez, hedefi

gören ek unsurlara ihtiyaç duyar. Havanlar görmeyerek atış yapan silahlar grubuna girer. Bu bölümde yer alan bilgiler, “FM 6-30 Tactics, Techniques and Procedures for Observed Fire”, “FM 23-91 Mortar Gunnery” ve “FM 7-90 Tactical Employment of Mortars” talimnamelerinden derlenmiştir.

## **b. Havanın Tanımı**

Havan; ağızdan elle doldurulan, üst açısı ( $\geq 45^\circ$ ) grubu ile genellikle görmeyerek atış yapan bir silahtır. Havanın üç parçaya ayrılabilir şekilde taşınabilir bir yapıya sahip olması en büyük avantajıdır. Havanların ana parçaları; namlu, döşeme ve çatal ayaktır.

Ateşleme sırasında mermi namlunun ağzından içeri bırakılır. Mermi dibine takılı ateşleme fişegi namlunun dibindeki sabit iğneye değdiği anda ateşlenir. Bu ateşleme merminin kuyruğuna takılı olan sevk barutlarını ateşler ve mermi namlunun içinde oluşan basınçla fırlayarak hedefe yönelir.

Havanların basitliği, geri tepme sistemlerinin olmayışından kaynaklanmaktadır. Daha karmaşık sistemler yerine, döşeme ve dolayısıyla toprak geri tepmeyi sönmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle havanlar üst açısı grubuyla atış yaparlar. Havanlar, top ve obüslerle mukayese edildiklerinde; aynı menzile için atışlarda daha büyük hatalar meydana gelir. Bunun sebebi havan mermilerinin daha yüksek ve daha uzun süreli (mesafeli) bir yörünge takip etmelerinden kaynaklanmaktadır.

Diğer görmeyerek atış sistemlerine (topçu ve obüs) göre havanlar göreceli olarak kısa menzillidir. Çünkü havan mermileri ses hızının altında seyredecek şekilde tasarlanmışlardır. Merminin yapısı dik bir açıyla hedefe isabet ettiğinde iyi bir parça tesiri sağlayacak şekildedir. Eğer mermi sesten hızlı seyredecek şekilde tasarlanırsa bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Mermiyi daha fazla ilk hız vermek için daha fazla sevk barutunun kullanılması gerekecek, namlu içinde daha fazla basınç oluşacak ve sonuçta toplam ağırlığın artmasına neden olacak şekilde namlunun daha kalın yapılması

ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Bu husus havanların en büyük avantajlarından olan hafiflik özelliğini olumsuz etkileyecektir. Ayrıca namlunun içindeki basıncın artmasından dolayı, merminin dış gövdesinin daha kalın olması gerekecektir. Bu durum merminin daha az tahrip maddesi almasına neden olacak ve merminin hedefteki etkisini azaltacaktır. Ses hızının üzerinde seyretmesi tasarlanan havan mermisinin burnunun önünde oluşacak olan çok dalgası merminin kararlı uçuşu açısından sakınca yaratacaktır.

### **b. Havanın Muharebe Alanındaki Görevi**

Bütün birlikler muharebede başarı kazanmak için görmeyerek ateş desteğine ihtiyaç duyarlar. Havan takım ve kısımları kara birliklerinin görmeyerek ateş desteğini sağlayan yegâne birliklerdendir. Havanların hızlı ve üst aı gurubuyla yapmış oldukları atışlar, görerek atışlara karşı korunaklı olan mevzilenmiş düşman birliklerinin imhasında büyük önem taşır. Havanlar, toplam ateş destek sisteminin bir parçası olmalarına rağmen basitçe küçük topçu birlikleri gibi grlmemelidirler. Onların kara muharebelerinde eşsiz ve hayati rolleri vardır. Bölük ve taburların organik kuruluşlarında yer almaların avantajını kullanarak, komutanların muharebe görevlerini kolaylaştıran kıymetli ve hızla tepki veren ateş desteği sağlarlar.

Havanların ana görevi; bölük ve taburların manevralarını destekleyen, düşmanla yakın temasta görerek atışlarını takviye eden hazırda mevcut ve hızla tepki veren görmeyerek ateş desteği sağlamaktır. Havanlar muharebede aşağıda sıralanmış üç farklı mühimmatı kullanırlar;

- **Tahrip mühimmatı;** düşman piyadelerini, havanlarını ve diğer destek silahlarının baskı altına alınmasında ve imha edilmesinde, düşman birlik ve araçların ileri hareketlerinin kısıtlanmasında kullanılır.
- **Sis mühimmatı;** dost birliklerin hareketlerini gizlemek ve düşman birliklerini destekleyen silahların görüşünü engellemek için kullanılır. Ayrıca sisleme, bir kısım düşman birliğinin izole edilerek imha edilmesini kolaylaştırmak için de kullanılır.

- **Aydınlatma mühimmatı;** gece karanlığında gizlenmiş düşman birliklerinin yerini ortaya çıkarmada kullanılır. Aydınlatma atışları düşmanı imha etmek ve baskı altına almak için genellikle tahrip atışlarıyla koordine edilir.

Muharebe alanında başarılı olabilmek için modern muharebenin gereği olan diğer harp prensipleri ile beraber, özellikle inisiyatifin elde bulundurulması, derinlikte muharebe, çeviklik ve işbirliği gibi prensiplerin uygulanması gerekir. Havanların; söz konusu prensipleri uygulamasındaki rolleri aşağıda özetlenmiştir;

**İnisiyatifin Elde Bulundurulması:** İnisiyatif ateş ve manevra ile kazanılır ve muhafaza edilir. Havanlar zamanında ve esnek ateş desteği sağlayarak, taarruzda inisiyatifin muhafaza edilmesinde, savunmada ise taarruz eden düşman kuvvetlerini imha edilmesini veya zayiata uğratılmasını sağlayarak inisiyatifin düşmanın elinden alınmasında birlik komutanına yardımcı olurlar.

**Derinlikte Muharebe:** Havanlar uzun menzilli silahlar olduklarından, birlik komutanına, görerek ateş eden silahların tesirli menzillerinin ilerisini ateş altına alma imkânı sağlarlar. Bu imkân, düşmanın taarruz veya savunma planlarının bozulmasına, dost birliklerin inisiyatifi ele geçirmesine ve muhafaza etmesine yardımcı olur.

**Çeviklik:** Hızlı düşünmek, zamanında tepki göstermek ve süratle hareket etmek demektir. Havanların ateş isteklerine süratle cevap vermesi komutana planlamada esneklik sağlar. Havanların hızla hareket edip yeni mevziler işgal edebilmesi, düşman havanlarına karşı daha dayanıklı hale getirir. Bu durum da, komutana değişen durumları karşılayabilmesi için atışların süratle kaydırılması imkanı sağlar.

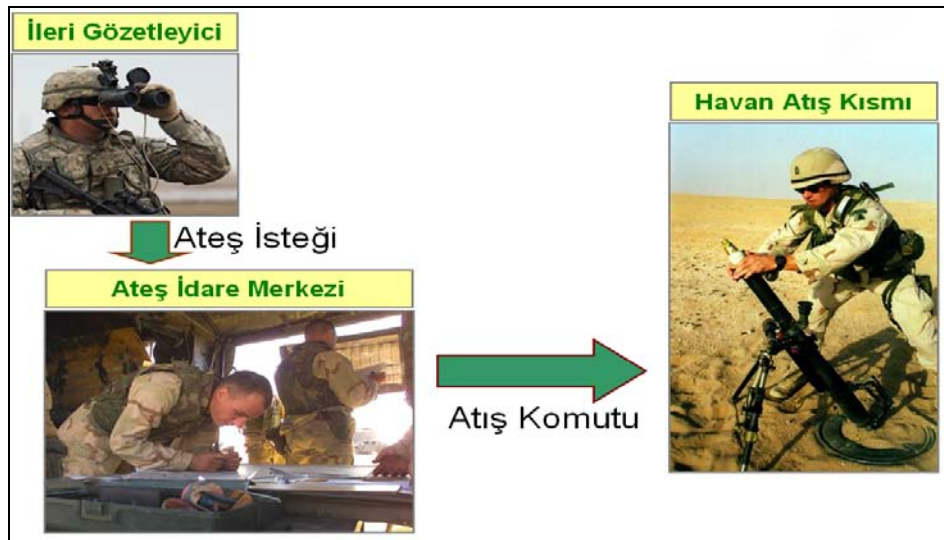
**İşbirliği:** Tim çalışması, koordinasyon ve tam birlik anlayışının etkili bir şekilde kullanılması demektir. Havanlar, etkili bir ateş destek

koordinasyonu ile azami muharebe gücünün düşmana yöneltmesi için koordineli bir taarruzda kullanılabilir. Havanların bu konuda görerek ateş eden silahlara göre üstün tarafları şunlardır:

- Mevzi yerlerini belli etmeden hedeflerini ateş altına alabilirler.
- Hedefleri uzak mesafeden ateş altına alabilirler.
- Bir sütte üzerinden veya gerisinden ateş edebilirler.
- Geniş bölgeleri ateş altına alabilirler.
- Sis perdesi oluşturarak düşman gözetlemesine engel olabilirler

### c. Havan Atış Timleri

Havan atışları üç timin koordineli çalışması ile icra edilir (Şekil-2). Bu timler sırasıyla gözetleyici, ateş idare merkezi ve atış kısmıdır. Timler birbirleri ile telli/telsiz muhabere vasıtalarıyla irtibat kurarlar. Bu üç timin bir veya birden fazlasının görevini tam olarak yerine getirmemesi atışlarda zaman kaybına ve fazla mühimmat sarf edilmesine, baskın tesirinin azalmasına, hedefin kendisini koruyacak tedbirler almasına ya da bulunduğu bölgeyi terk etmesine sebep olur. Timlere ilişkin detaylı bilgiler müteakip maddelerde sunulmuştur.



Şekil-1: Üç Timin Koordineli Çalışması

## (1) İleri Gözetleyici

Gözetleyici, atış sisteminin gözüdür. Gözetleme sahasındaki görmeyerek atış yapılacak hedefleri belirler ve yerlerini tespit eder. Gözetleyici, hedefi etkisiz hale getirmek için atış isteğinde bulunur. Atışın başarı durumuna göre hedefin üzerine düzeltme atışları yaptırır. Gözetleme sahasında kendi atışlarına ve diğer atışlara nezaret eder.

Gözetleyici, gözetleme yerine intikal ettikten sonra, kendi yerini doğru olarak tespit etmeli ve gerekirse ateş idare merkezine bildirmelidir. Gözetleyicinin kendi yerini doğru olarak tespit etmesi; doğru bir hedef tespiti için ilk koşuldur. Çünkü İG'nin yeri hedef tespitinde referans noktası olarak kullanılır.

Gözetleyici, bizzat bu göreve tahsisli bir personel olabileceği gibi muharebe sahasındaki tüm dost birlik personeli de gözetleyici görevini yerine getirebilir.

Klasik teçhizat (harita, pusula, dürbün ve diğer yardımcı gereçler) ile donatılmış gözetleyiciler hedef yerini tespit ederken, yaklaşık 500 metreye kadar hata yapabilirler. Bu hata tesir atışına geçmek için yeterli olmayacağından, modern gözetleyici teçhizatının önemi artmaktadır.

İG'nin modern sistemlerce donatılmış olması hedef tespiti ve atış isteğinin doğru bir şekilde yapılmasına çok önemli katkı sağlar. Bunlardan, Hedef Koordinat Belirleme Sistemi (HKBS); içinde bulunan bilgisayar ile hedeflerin koordinatlarını ve rakımını bulan, gerektiğinde sonradan kullanılmak üzere hedef bilgilerini hafızaya alabilen ve bu bilgilerden yararlanarak kendi yerini ve istikametini bulabilen, gece ve gündüz hedef tespiti yapan lazerli hedef tespit cihazıdır. Sistemin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Hedeflerin koordinatlarını 10 metre doğrulukla tespit eder.
- Hedeflerin istikamet ve yan açılarını 1 milyem doğrulukla bulur.
- Hedeflerin mesafesini 5 metre doğrulukla bulur.
- Hafızasına girilen hedeflerden yararlanarak kendisini 1 milyem hassasiyetle tevcih edebilir.
- Hafızasına girilen hedeflerden yararlanarak kendi yerini geriden kestirme yöntemiyle 10 metre doğrulukla bulabilir.
- Bünyesinde bulunan dijital pusula ile ölçümlene ayarının soncuna göre kendini 5 milyem hassasiyetle tevcih eder.

Diğer bir sistem olan, lazermetre; gözetleyici hedef mesafesini, lazer ışını yardımı ile 5 metre doğrulukta, gözetleyici-hedef istikamet ve yan açılarını 10 milyem doğrulukta ölçebilen bir gözetleme aletidir.

İleri gözetleyici görevini yerine getirirken, eğitim seviyesine ve kullandığı teçhizata bağlı olarak aşağıdaki hataları yapabilir.

- **Konumlama hatası;** ileri gözetleyicinin kendi yerini haritadan bulurken oluşan hatadır.
- **Mesafe hatası;** ileri gözetleyicinin hedefin mesafesini tahmin ederken oluşan hatadır.
- **Açı hatası;** ileri gözetleyicinin cihazlarını tevcih ederken (kuzeye yönlendirirken) ve hedefin istikametini bulurken oluşan hatadır.

Klasik teçhizata sahip ve eğitim seviyesi düşük olan personelin hata düzeyi yüksek iken, modern teçhizata sahip ve eğitim seviyesi yüksek olan personelin hata düzeyi düşüktür.

## (2) Ateş İdare Merkezi (AİM)

Ateş idare merkezi, atış sisteminin kontrol merkezidir. Havan kısımlar ve takımlarının organik kuruluşunda yer alır. Bünyesinde planıcı, hesapçı, kayıtçı ve telsiz/telefon operatörü bulunur.

Ateş idare merkezinin görevi, tüm hava koşullarında ve arazi şartlarında atış esaslarının doğru ve çabuk olarak hazırlamak ve atış komutlarını atış kısımlarına gönderilmesidir.

AİM'deki faaliyetler, İG'nin ateş isteği için AİM ile irtibata geçmesiyle başlar. Personel ateş isteğini alır gerekli hesaplamaları yaparak atış esasları bulur ve atış esaslarını atış komutu olarak havan atış kısmına gönderir. Kayıtçı yapılan tüm işlemleri havan atış kayıt listesine not alır.

Ateş idare merkezinde, ateş isteğinin almasıyla başlanan faaliyetler bir atış problemi çözüm sürecidir. Problemin çözümü için aşağıdaki basamakların sırasıyla izlenmesi gerekir;

1. Havan kısmı yerinin belirlenmesi ve hedef yerinin tespit edilmesi.
2. Plan esaslarının bulunması. Plan esasları; plan yanı, plan mesafesi (Havan - Hedef mesafesi) ve rakım farkıdır (Mevzi - Hedef yükseklik farkı ).
3. Plan esaslarının atış esaslarına çevrilmesi. Atış esasları; atış yanı, atış yükselişi (Havana uygulanacak yükseliş açısı) ve barut hakkıdır (Merminin kaç barutla atılacağı).
4. Atış esaslarının silaha ve cephaneye uygulanması.

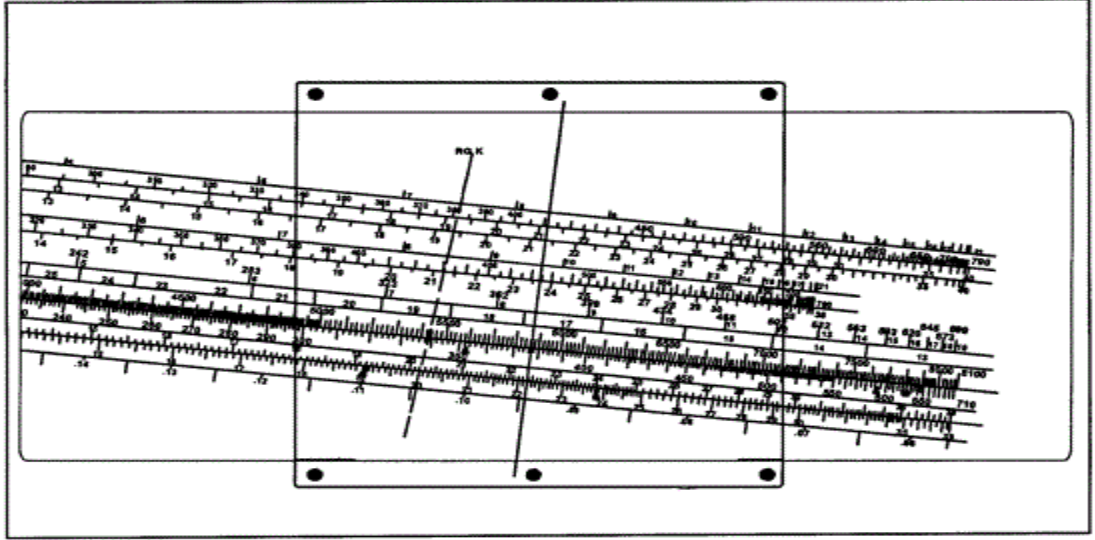
Atış problemin çözümü, hedef üzerinde istenen gerekli etkiyi yaratacak silah ve mühimmat ayarlarını sağlar. Problemin çözümü için ateş idare merkezi atış planı, atış cetvelleri ve diğer ölçüm malzemelerini kullanır.

**Atış planı;** atış kısımlarını, İG ve AİM tarafından bilinen noktaları, hedefleri ve atış esaslarını bulmak için gerekli diğer detayları üzerinde barındıran harita, foto harita veya gridli kâğıttır. Atış planı havan mevziinden hedefe olan mesafe ve istikameti bulmak için kullanılır.

**Atış cetvelleri;** bir hedef üzerine atışın etkili bir şekilde oturtulması için gerekli esasları bulmak için kullanılır. Atış cetvelleri, silahla çeşitli yükselişler ve barut hakları ile yapılan atışlardan elde edilen sonuçlara göre hazırlanır.

Atış cetvelleri bir silahın standart olan ve olmayan mermi yolları için hazırlanmaktadır. Belli bir yükseliş açısı ile elde edilmiş standart mermi yolu, teorik olarak kabul edilen malzeme ve hava koşullarının oluşturduğu kuramsal bir mermi yoludur. Malzeme ve hava koşullarındaki değişiklikler sonucu oluşan mermi yolu ise standart olmayan bir mermi yoludur. Bu nedenle standart koşullara uymayan değişikliklerle ilgili düzeltmeler atış cetvellerinde verilmektedir.

Halen kullanılan adedi atış cetvelleri ile birlikte bazı cins mermilerin grafik atış cetvelleri (Şekil-3) de bulunmaktadır. Grafik atış cetvelleri atış esaslarının bulunmasında kolaylık ve çabukluk sağlamak için yapılmıştır. Bir cetvel ve bunun üzerinde hareket ettirilebilen bir sürgüden meydana gelir. Sürgü üzerinde bir çizgi (kıl gösterge) bulunur. Bu çizgi cetvel üzerindeki esasları okumak için bir gösterge olarak kullanılır. Atış planında ölçülen mesafenin karşılığı olan barut hakkı, havana verilecek yükseliş ve uçuş süresi gösterge kılından okunur.



**Şekil-3:** Grafik Atış Cetveli

### (3) Atış Kısmı

Atış idare merkezinden atış komutlarını alır, bunları silah ve mühimmata uygular ve atışı icra eder. Havan atış kısmı genellikle üç havan mangasından oluşur. Havan mangasında altı personel bulunur ve bu altı personel değişik görevler üstlenerek tek bir silahı kontrol eder.

Atış kısmı görevini yerine getirirken, eğitim seviyesine ve kullandığı teçhizata bağlı olarak aşağıdaki hataları yapabilir.

- **Konumlama hatası;** atış kısmının kendi yerini haritadan bulurken oluşan hatadır.
- **Tevcih hatası;** atış kısmının cihazlarını tevcih ederken (kuzeye yönlendirirken) oluşan hatadır.

Klasik teçhizata sahip ve eğitim seviyesi düşük olan personelin hata düzeyi yüksek iken, modern teçhizata sahip ve eğitim seviyesi yüksek olan personelin hata düzeyi düşüktür.

#### **ç. Hedef Tespit Yöntemleri**

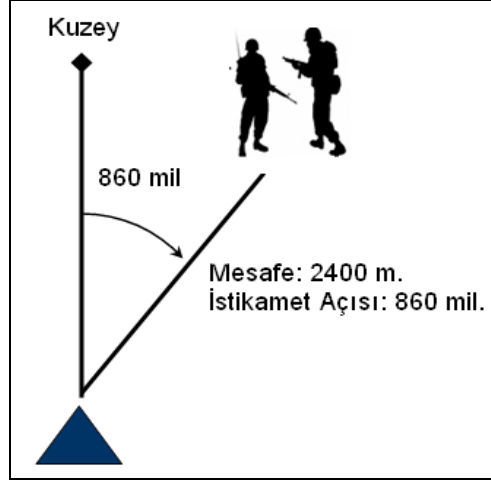
Gözetleyici; göreve, düşman durumuna, arazi yapısına, elde mevcut teçhizat ile kendi eğitim seviyesine bağlı olarak ani çıkan hedefin yerinin tespitinde aşağıda açıklanan üç yöntemden birini kullanır;

- Kutbi Koordinat Yöntemi: Gözetleyici hedefin yerini kendi bulunduğu yere göre tarif eder.
- Grid Koordinat Yöntemi: Gözetleyici hedefin yerini grid koordinatlarını kullanarak tarif eder.
- Belli Noktadan Kaydırma: Gözetleyici hedefin yerini planlı bir hedeften veya yeri bilinen bir noktadan faydalanarak tarif eder.

##### **(1) Kutbi Koordinat Yöntemi**

Bu yöntemde gözetleyicinin yeri ateş idare merkezi tarafından bilinmelidir. Gözetleyicinin haritaya ihtiyacı yoktur. Kolay ve hızlı bir yöntemdir, fakat gözetleyici yerini AİM'ne iletmek için güvenli bir yol bulmalıdır. Ayrıca gözetleyici hareketli olduğunda yerini tespit etmesi ve bildirmesi güçtür. Bu yöntem (Şekil-4) kullanılarak yapılacak hedef tespiti aşamaları aşağıda açıklanmıştır:

- Gözetleyici - Hedef istikamet açısının belirlenmesi.
- Gözetleyici - Hedef mesafesinin tahmin edilmesi.
- Dikine kaydırmanın tespit edilmesi.



**Şekil-4:** Kutbi Koordinat Yöntemi

İstikamet açısı; herhangi bir kuzeyden başlayarak, saat yelkovanı istikametinde hedefe ya da belli noktaya ölçülen yatay açıdır. Gözetleyici – Hedef istikamet açısı üç hedef tespit yönteminin ortak elemanıdır.

Dikine Kaydırma; gözetleyici ile hedef arasındaki yükseklik farkıdır. Eğer hedef gözetleyiciden yüksekteyse “kaldır” (örnek: 40 kaldır) alçakta ise “indir” (örnek: 30 indir) kelimesi eklenerek ifade edilir. Dikine kaydırma havan ile hedef arasındaki rakım farkının belirlenmesi için önemlidir. Eğer hedef havandan yüksekte ise mermi uçuş süresi (menzili) kısılacak, tersi durumda ise yani hedef havandan alçakta ise uçuş süresi (menzili) artacaktır. Ateş idare merkezi gözetleyicinin göndermiş olduğu dikine kaydırma bilgisini kullanarak yukarıda açıklanan durumu hesaplamalarına dahil eder.

## (2) Grid Koordinat Yöntemi

Hedefin yeri, kutbi koordinat yönteminin doğal uzantısı olarak grid koordinatlarıyla belirlenir. Gözetleyicinin yeri ateş idare merkezi tarafından bilinmesine gerek yoktur. Gözetleyicide mutlaka harita bulunmalıdır. Bu yöntem kullanılarak yapılacak hedef tespiti aşamaları aşağıda açıklanmıştır:

- Hedefin koordinatının belirlenmesi.
- Hedefin rakımının belirlenmesi.
- Gözetleyici - Hedef istikamet açısının belirlenmesi.

### **(3) Belli Noktadan Kaydırma**

Gözetleyicinin sorumluluk sahasının içinde bir veya birden fazla belli nokta bulunabilir. Bu noktalar daha önceden tanımlanmış, yerleri ileri gözetleyici ve ateş idare merkezi tarafından bilinmelidir. Gözetleyicinin haritaya ihtiyacı yoktur. Bu yöntem kullanılarak yapılacak hedef tespiti aşamaları aşağıda açıklanmıştır:

- Belli noktanın belirlenmesi.
- Gözetleyici - Hedef istikamet açısının belirlenmesi.
- Yan kaydırmanın tespit edilmesi.
- Mesafe kaydırmasının tespit edilmesi.
- Dikine kayırmanın tespit edilmesi.

### **d. Ateş İsteği**

Ateş isteği, ileri gözetleyici tarafından hazırlanan kısa ve özlü bir iletidir. Ateş idare merkezinin hedefi ateş altına alması için gerekli tüm bilgileri içermektedir. Ateş isteği; bir taleptir, emir değildir. Bu istek mümkün olduğunca çabuk, anlaşılması ve doğru kaydedilmesi için yeterli süreyi sağlayacak kadar da yavaş gönderilmelidir.

### **(1) Ateş İsteği Elemanları**

Hedef tespit etme yöntemine bağlı olmaksızın ateş isteği altı elemandan oluşur ve üç bölüm (Tablo-1) halinde iletilir.

**Tablo-1: Ateş İsteği**

1nci Bölüm	<b>Gözetleyicinin kendini tanıtmaması</b>	
	<b>Uyarı Emri</b>	
	1.	Atış görevinin tipi:
	a.	Tanzim
	b.	Tesir
	c.	Sındırma
	d.	Derhal Sındırma
	e.	Derhal Sis
	2.	Tesir atışına katılması istenilen birlik miktarı:
	a.	Tesir Atışı Kısım
b.	Tesir Atışı Takım	
c.	Tesir Atışı Bölük	
2nci Bölüm	<b>Hedefin Yeri:</b> Kullanılan hedef tespit yönteminin maddeleri.	
3ncü Bölüm	<b>Hedefin Niteliği</b>	
	1.	Hedef nedir?
	a.	Birlik
	b.	Silah/Araç
	c.	İkmal Noktası
	2.	Hedef ne yapıyor?
	a.	Tahkimat yapan
	b.	Toplanma bölgesini işgal eden
	c.	Yürüyüş kolunda ilerleyen
	3.	Hedefte bulunanların sayısı nedir?
	a.	Yirmi personel
	b.	İki manga
	c.	İki makineli tüfek mevzi
	4.	Hedefin korunma derecesi nedir?
	a.	Açıkta
	b.	Mevzi içinde
	c.	Beton koruganda
	5.	Hedefin şekli?
	<b>Hedefi dövme yöntemi</b>	
	1.	Tanzimin nevi
2.	Dost birliklerin emniyeti: Havan atışları için 600 m.	
3.	Mermi yolu	
4.	Mühimmat	
a.	Grup adedi	
b.	Mermi	
c.	Tapa	
<b>Atış yaptırma şekli ve idaresi</b>		

Her bölümün gönderilmesinden sonra ara verilir ve ateş idare merkezi gönderilen bilgileri tekrar eder.

Atış kısmı, atış yapmayı müteakip gözetleyiciye atış yapıldığını ve uçuş süresini bildirir. Gözetleyici, atışın hedefi vurup vurmadığını gözetler. Eğer vuruşun sonuçlarından tatmin olmazsa, ateş idare merkezine, düzeltme ateş isteği gönderir. Düzeltmelerin bulunmasında sürat ve doğruluk önem kazanır. Gözetleyici hedefin imha edilmesini müteakip bölgedeki diğer atışlara nezaret eder.

## (2) Ateş İsteği Örnekleri

Farklı hedef tespit yöntemlerine göre hazırlanmış ateş isteği örnekleri Tablo-2, Tablo-3 ve Tablo-4'de sunulmuştur.

**Tablo-2:** Kutbi Koordinat Yöntemi İle Tesir Atışı

<b>Gözetleyici</b>	<b>Ateş İdare Merkezi</b>
Yumuk burası Kartal, tesir atışı, tamam.	
	Kartal burası Yumruk tesir atışı, tamam.
İstikamet açısı 4520, mesafe 2100, 35 indir, tamam.	
	İstikamet açısı 4520, mesafe 2100, 35 indir, tamam.
Açıkta piyade takımı, 2 grup tamam.	
	Açıkta piyade takımı, 2 grup, dört poyrazın parolası nedir. Tamam.
Parolası Yahya-Yahya, bitti.	

**Tablo-3:** Grid Koordinat Yöntemi İle Tanzim Atışı

<b>Gözetleyici</b>	<b>Ateş İdare Merkezi</b>
Yumuk burası Kartal tanzim atışı, tamam.	
	Kartal burası Yumruk tanzim atışı, tamam.
Koordinat 190513, istikamet açısı 4760, tamam.	
	Koordinat 190513, istikamet açısı 4760, tamam.
Mevzide piyade mangası, tamam.	
	Mevzide piyade mangası, üç kadrinin parolası nedir, tamam.
Parolası Poyraz-Poyraz, bitti.	

**Tablo-4:** Belli Noktadan Kaydırma Yöntemi İle Tesir Atışı

<b>Gözetleyici</b>	<b>Ateş İdare Merkezi</b>
Yumuk burası Kartal tesir atışı, tamam.	
	Kartal burası Yumruk tesir atışı, tamam.
TG612'den, istikamet açısı 2350, 140 sola, 200 uzat, 35 indir, tamam.	
	TG612'den, istikamet açısı 2350, 140 sola, 200 uzat, 35 indir, tamam.
2 zırhsız araç, tamam	
	2 zırhsız araç, 2 kadrinin parolası nedir, tamam.
Parolası Ahmet-Ahmet, bitti.	

#### **e. Dış Balistik**

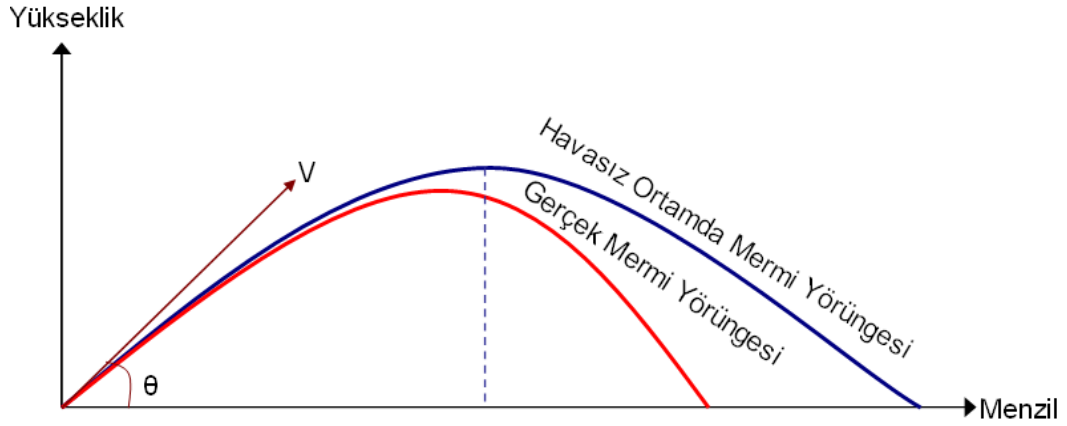
Dış balistik, mermi namluyu terk ettikten sonra merminin uçuş hareketini ve bu harekete etki eden faktörleri inceler. Dış balistik koşulların

havan atışlarına büyük etkisi vardır. Hava direncinin mevcut olmadığı sadece yerçekiminin mermi üzerinde etkin olduğu uçuş yörüngesinin özelliklerini tanımlamak, gerçek uçuş koşullarını anlamak açısından faydalıdır.

### (1) Havasız Ortamda Mermi Yörüngesi

İlk hızı  $V$  olan  $\theta$  açısı ile fırlatılan bir mermi (Şekil-5) Newton'un birinci kanununa göre dışarıdan bir kuvvet etki etmezse ilk hızını ve doğrultusunu koruyarak hareketine devam edecektir. Fakat yerçekimi kuvvetinden dolayı mermiyi dünyanın merkezine doğru çeken bir kuvvet vardır. Havasız ortamda, yerçekimi kuvveti altındaki mermi yolunun özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Mermi yörüngesi, yörüngenin tepe noktasından geçen dikey hatta göre simetriktir. Mermi "parabol" adı verilen eğri boyunca hareket etmektedir.
- Menzil, ilk hıza bağlıdır ve yükseliş açısı  $45^\circ$ 'ye yaklaştıkça artmaktadır.
- Yükseliş açısı  $45^\circ$ 'nin üzerinde artırılırsa menzil azalmaya başlamakta ve  $90^\circ$  için menzil sıfır olmaktadır. Bu açıyla maksimum yüksekliğe ulaşılmakta ve en uzun uçuş süresi sağlanmaktadır.
- Vuruş açısı yükseliş açısına, vuruş hızı ilk hıza eşittir.
- Uçuş esnasında hava direnci sıfır olduğu için, yörünge merminin yapısından ve şeklinden tamamen bağımsızdır.



**Şekil 5:** Mermi Yörüngesi

Boşlukta yerçekimi kuvveti altındaki merminin hareketi oldukça basit olmasına karşın, gerçekte uçuş yörüngesine etki eden birçok faktör vardır.

## (2) Gerçek Mermi Yörüngesi

Hava direnci, yörüngeyi yükselen ve alçalan kısımlarında merminin ilerlemesini zorlaştırarak yukarıda açıklanmış olan boşluktaki mermi uçuş yörüngesini (Şekil-5) bozmaktadır. Hava direnci, daima mermi hareketini geciktirici olarak ters yönde iş yapan bir kuvvet olarak ortaya çıkmaktadır. Boşluktaki mermi yörüngesinde, hızın dik bileşeni sadece yerçekimi tarafından engellenmekte fakat yatay bileşeni sabit kalmaktaydı. Gerçekte ise merminin yükseliş aşamasında hava direnci yerçekimi ile birlikte hareket ederek daha düşük bir yükseklikte hızın düşey bileşenin sıfırlanmasına neden olmaktadır. Hızın yatay bileşeni ise hava direnci sebebi ile devamlı olarak uçuş boyunca azalmaktadır. Mermi düşmeye başlayınca hava direnci hava direnci yerçekimine göre tersi yönde iş yapmaktadır. Bu sebeple merminin düşüş süresi yükselme süresinden daha uzun olmaktadır. Bütün bu etkiler özetlenecek olursa;

- Uçuş yörüngesi, simetrik değildir. Tepe noktası, vuruş noktasına daha yakındır.
- Tepe noktasının yüksekliği, boşluktakine göre daha düşüktür.

- Vuruş açısı, başlangıçtaki yükseliş açısından daha büyüktür.
- Vuruş hızı, ilk hızdan daha düşüktür.
- Hava direnci katsayısı düştükçe, mermi, boşluktaki azami menzile daha yakın bir noktaya düşecektir.
- Merminin tepe noktasından aşağıya olan düşüş süresi, buraya kadar geçen yükseliş süresinden daha uzundur.

### (3) Meteorolojik Şartlar

Yeryüzünde atışı yapılan her cisim atmosferde uçtuğu süre içinde atmosfer şartlarından ve olaylarından etkilenmektedir. İrtifa artıkça gazların karışım yüzdeleri, yoğunlukları, basınç, viskozite ve sıcaklık değerleri değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler hava direncini dolayısıyla silahın menzilin etkilemektedir. Örneğin hava yoğunluğu yükseklik artıkça düşmekte ve sonuçta merminin ulaşabileceği menzil mermi yolu yükseldikçe artmaktadır. Bir başka parametre olan sıcaklık artışında ise, gazların viskozitesi artmaktadır. Dolayısıyla, sıcaklık artışı, atmosferde bir miktar viskozite artışı sonucu hava direncini artırsa da, yoğunluk azalması daha baskın bir etken olarak belirlemektedir. Sonuçta sıcaklık bir bütün olarak değerlendirildiğinde, yüksek sıcaklıklarda yoğunluk düştüğü için viskozite artışına rağmen menzil uzamaktadır.

Atmosferde meydana gelen rüzgârlar, merminin hareketine doğrudan doğruya etki etmektedir. Mermi yoluna rüzgârın etkisi, yanca ve mesafece olmak üzere iki çeşittir. Mermiye arkadan etki eden ve menzilin artmasına neden olan rüzgâra, kuyruk rüzgârı; mermiye önden (burun kısmından) etki eden ve menzilin azalmasına neden olan rüzgâra, baş veya burun rüzgârı denmektedir. Yandan esen rüzgâr ise, dönü dengeli bir mermiyi estiği açığa ve esiş şiddetine bağlı olarak estiği yöne doğru saptırmaktadır.

Havan atışlarında rüzgârın yönü ve şiddeti, havanın sıcaklığı ve yoğunluğu meteoroloji raporlarıyla belirlenir. Standart olmayan bu faktörlerin

atıŖa olan etkisi atıŖ cetvellerinde yer alan veriler kullanılarak hesaplanır ve düzeltme esasları bulunur. AteŖ idare merkezi düzeltme esaslarını kullanarak daha doğru atıŖ hesaplamaları yapar.

## İKİNCİ BÖLÜM

### PROBLEM TANIMI VE SİMÜLASYON

#### 1. PROBLEM TANIMI VE ARAŞTIRMANIN AMACI

##### a. Problem Tanımı

Muharebede birliklerin havan atışlarıyla desteklenmesi büyük önem taşır. Muharebe eden birliklerden gelen ateş isteklerine zamanında ve etkili havan atışlarıyla cevap verilmesi birliğin harekâtını kolaylaştırır, ilerlemesine yardımcı olur.

Ateş isteklerine zamanında ve etkili cevap verilmesinde, havan birliklerinin kontrol merkezi olan ateş idare merkezine büyük görev düşer. Ateş idare merkezi telli veya telsiz muhabere vasıtalarıyla, manevra birliklerinden gelen ateş isteklerini alır, bir dizi işlem yaparak (teknik ateş idare) bunları atış esaslarına çevirir ve atış esaslarını atış komutu olarak atış kısmına gönderir. Atış kısmı da, atış komutlarına uygun olarak atışı icra eder. Bu işlemler her atışta tekrarlanır. Bu yönüyle ateş idare merkezinde yapılan faaliyetler hata yapmaya açıktır. Yapılan hata, birinci hatta yer alan birlikler için ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Ateş idare merkezinde yapılması muhtemel hataları en aza indirmenin yolu, barış zamanında icra edilen eğitimi muharebe edermiş gibi yapmak ve sık tekrarlayarak bilgiyi taze tutmaktır. Bu aşamada karşılaşılan sorunlar ve iyileştirmeye açık alanlar aşağıda sunulmuştur;

- Gerçek mühimmatla yapılan havan eğitim atışlarının maliyeti yüksektir ve eğitimin icrası için halka kapalı geniş alanlara ihtiyaç vardır.
- Eğitim atışlarında merminin kısa veya kör düşmesi (atıldıktan sonra patlamaması) gibi durumlar personel için tehlike oluşturabilmektedir.

- Ateş idare merkezinin eğitim seviyesinin belirlenmesinde eğitime yardımcı bir araç bulunmamaktadır.

### **b. Araştırmanın Amacı**

Havan ateş idare merkezinin eğitiminde etkileşimli ve görsel içerikli bir simülasyon kullanılmasının yukarıdaki problemlerin çözümünde etkin bir yöntem olacağı yönündeki değerlendirmeler bu çalışmanın temel motivasyonudur.

Simülasyon, gerçek bir dünya süreci veya sisteminin işletilmesinin zaman içinde taklit edilmesidir (Banks ve Carson, 2005:3). Geliştirilen simülasyon havan atış sistemini simüle etmektedir. Havan ateş idare merkezinin atış komutlarını girdi olarak etkileşime girmekte ve atış komutlarının sonuçlarını sunduğu görsel içerik ve değerlendirme verileriyle AİM'ne ve eğitime göstermektedir.

## **2. SİMÜLASYON**

### **a. Giriş**

Geliştirilen simülasyon Senaryo Geliştirme Aracı, Senaryo İşletim Aracı ve Değerlendirme Aracı'ndan oluşmaktadır. Araçlar C++ dilinde nesne tabanlı programlama yaklaşımı kullanılarak kodlanmış ve grafik arayüzleri Qt 4.6 açık kaynak kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur. Senaryo İşletim Aracı grafik arayüze sahip olmasının yanında, OpenGL kullanarak arazi modelini, mermi yörüngesini ve diğer öğeleri üç boyutlu gösterebilmektedir.

### **b. Kavramsal Model**

Kavramsal model; simülasyon geliştiricisinin simülasyon ve parçaları hakkındaki genel düşüncelerini açıklayan bilgi toplamıdır (Banks ve Carson, 2005:14). Geliştirilen simülasyonun kavramsal modeli Şekil-6'da verilmiştir.



Simülasyonda ileri gözetleyicinin konum, mesafe, istikamet ve tevcih hatası (kavramsal modelde kesikli çizgilerle belirtilmiştir), atış kısmının ise konum ve tevcih hatası yapabileceği değerlendirilmiş ve bu hataların bazı istatistiksel dağılıma uyduğu varsayılmıştır. Eğitici, hataların istatistiksel dağılımını ve parametrelerini Senaryo Geliştirme Aracı'nı (ilerleyen bölümde açıklanmıştır) kullanarak belirler.

### **c. Senaryo Geliştirme Aracı**

Eğitici, muharebede gerçekleşmesi muhtemel atış görevlerini Senaryo Geliştirme Aracı'nı (Şekil-7) kullanarak oluşturur. Oluşturulan atış görevleri ateş idare merkezinin atış problemini çözebilmesi için gerekli tüm bilgileri içerir.

Senaryo Geliştirme Aracı

Genel Esaslar

Görev: 1

Hava Koşulu: Meteoroloji 1

Atış Görev Tipi: Tanzim

Hedef Tespit Yöntemi: Kutbi

Havan

Ad: Yumruk

Koordinat: 05833 - 09166

Konumlama Hatası: Düzgün(0,100)

Tevcih Hatası: Düzgün(0,18)

İleri Gözetleyici

Ad: Kartal

Koordinat: 04416 - 11611

Konumlama Hatası: Düzgün(0,100)

Tevcih Hatası: Düzgün(0,18)

Mesafe Hatası: Standart(50,5)

İstikamet Hatası: Düzgün(0,0)

Hedef

Ad: OT212

Koordinat: 03944 - 11916

Niteliği: Düşman piyade mangası

Belli Nokta

Ad: --

Koordinat: 09749 - 02666

GERİ İLERİ YAZ SİL YENİ

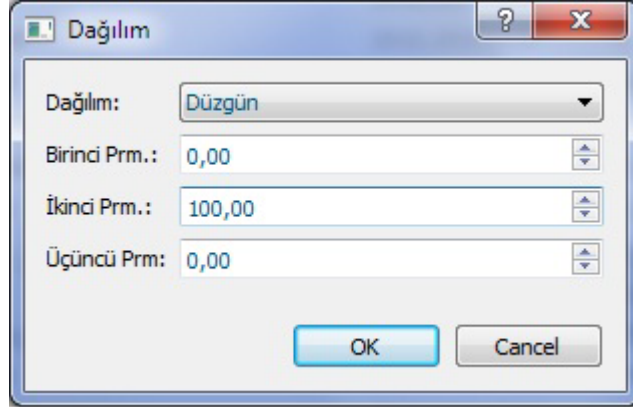
**Şekil-7:** Senaryo Geliştirme Aracı Grafik Arayüzü

Senaryo Geliştirme Aracı kullanılarak hazırlanan atış görevi, beş ana bölümden oluşur. Bu bölümler; Genel Esaslar, Havan, İleri Gözetleyici, Hedef ve Belli Nokta'dır. Bölümlerde yer alan alanlar ve özellikleri Tablo-5'da sunulmuştur.

**Tablo-5: Atış Görevi Ana Bölümleri ve Açıklamaları**

<b>GENEL ESASLAR</b>	
<b>Alan</b>	<b>Açıklama</b>
Hava Koşulu	Mermi yörüngesine etki eden meteorolojik koşul seçilir. Dört farklı seçim mevcuttur.
Atış Görev Tipi	Tanzim, Tesir, Sındırma, Derhal Sındırma ve Derhal Sis arasından seçim yapılır.
Hedef Tespit Yöntemi	Kutbi, Grid ve Belli Noktadan Kaydırma arasından seçim yapılır.
<b>HAVAN</b>	
Ad	Maksimum 15 karakter girilebilir.
Koordinat	Havan atış kısmının Askeri Grid Koordinat Sistemi'ne göre 1 m. doğrulukta koordinatı girilir.
Konum Hatası	Konum hatasının istatistiksel dağılımı ve parametreleri belirlenir.
Tevcih Hatası	Tevcih hatasının istatistiksel dağılımı ve parametreleri belirlenir.
<b>İLERİ GÖZETLEYİCİ</b>	
Ad	Maksimum 15 karakter girilebilir.
Koordinat	İleri gözetleyicinin Askeri Grid Koordinat Sistemi'ne göre 1 m. Doğrulukta koordinatı girilir.
Konum Hatası	Konum belirleme hatasının istatistiksel dağılımı ve parametreleri seçilir.
Tevcih Hatası	Tevcih hatasının istatistiksel dağılımı ve parametreleri belirlenir.
Mesafe Hatası	Mesafe kıymetlendirmedeki hatanın istatistiksel dağılımı ve parametreleri belirlenir.
İstikamet Hatası	İstikamet hatasının istatistiksel dağılımı ve parametreleri belirlenir.
<b>HEDEF</b>	
Ad	Maksimum 15 karakter girilebilir.
Koordinat	Hedefin Askeri Grid Koordinat Sistemi'ne göre 1 m. doğrulukta koordinatı girilir.
Niteliği	Maksimum 127 karakter girilebilir.
<b>BELLİ NOKTA</b>	
Ad	Maksimum 15 karakter girilebilir. Hedef tespit yöntemi belli noktadan kaydırma ise girilir.
Koordinat	Belli noktanın Askeri Grid Koordinat Sistemi'ne göre 1 m. doğrulukta koordinatı girilir.

Grafik arayüzün alt kısmında yer alan düğmeler kullanılarak yeni atış görevi oluşturulur, gerekirse silinir ve görevler içinde ileri ve geri dolaşılabilir. Atış görevinde yer alan hataların istatistiksel dağılımını belirlemek için Şekil-8'deki grafik arayüze sahip diyalog kutusu tasarlanmıştır. Tasarlanan diyalog kutusu kullanılarak düzgün veya normal dağılımdan herhangi biri seçilir ve dağılıma ait parametreler belirlenir.

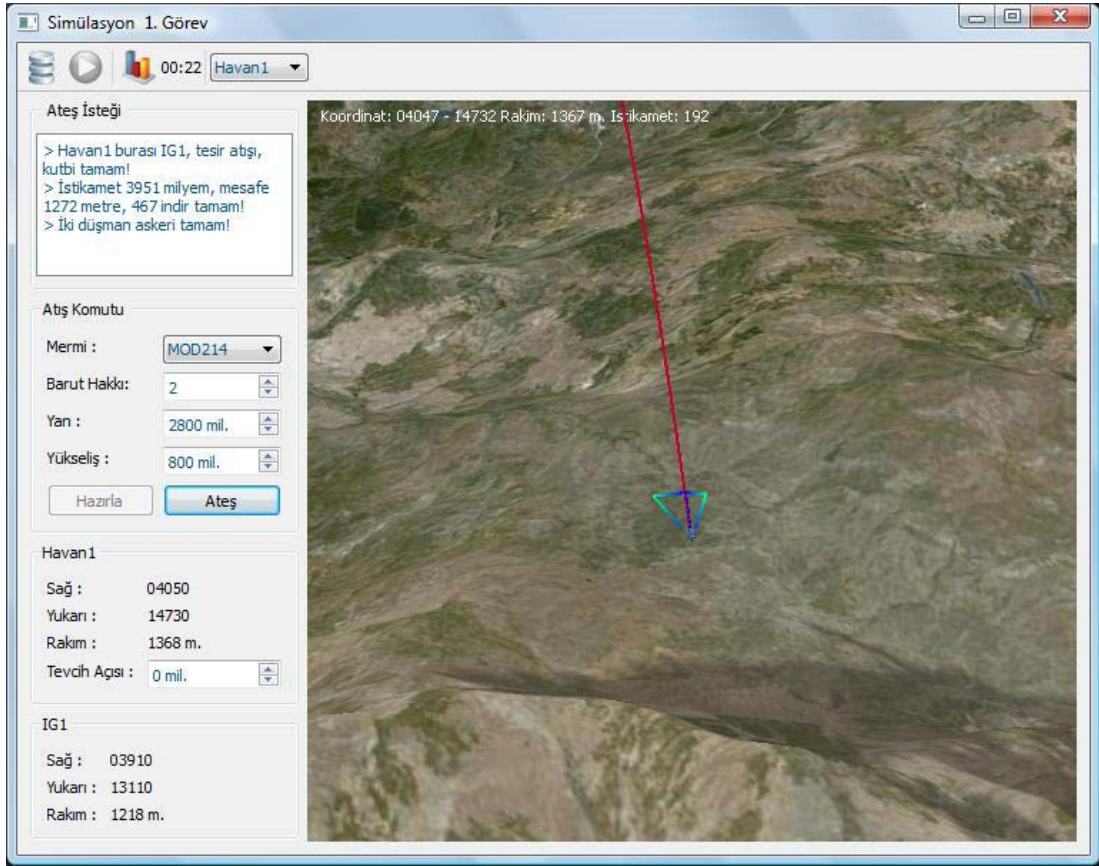


**Şekil-8:** Dağılım Diyalog Kutusu

#### **ç. Senaryo İşletim Aracı**

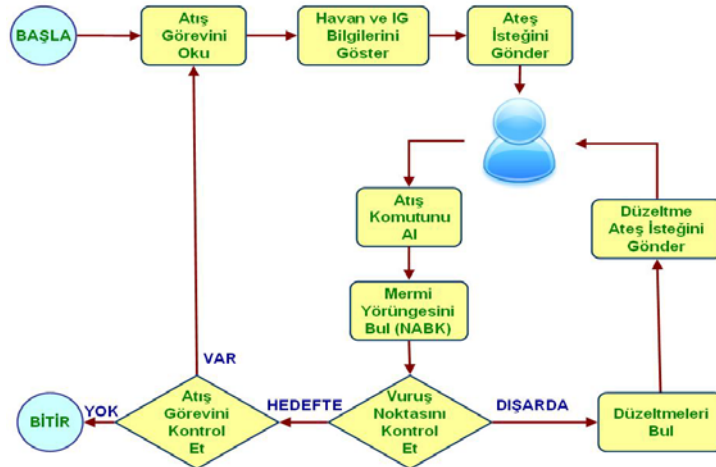
Eğitici tarafından hazırlanan senaryo, Senaryo İşletim Aracı tarafından işletilir. Araç, simülasyonun en önemli ve en büyük parçasıdır. Diğer iki araca bu araç üzerinden erişilir.

Grafik arayüzün (Şekil-9) sol tarafında, Ateş İsteği, Atış Komutu, Havan ve İleri Gözetleyici bölümleri yer almaktadır. Ateş İsteği bölümünde simülasyonun ürettiği ateş istekleri gösterilmekte, Atış Komutu bölümünde ateş idare merkezinin bulunduğu atış esaslarını simülasyona girmesi sağlanmaktadır. Havan ve İleri Gözetleyici bölümlerinde ise ateş idare merkezine, atış problemini çözmesi için gerekli havan ve ileri gözetleyici verileri sunulmaktadır.



**Şekil-9:** Senaryo İşletim Aracı Grafik Arayüzü

Grafik arayüzün sağ tarafında arazi modeli yer almaktadır. Arazi modeli üzerinde havan, ileri gözetleyici, hedef, vuruşlar ve mermi yörüngesi gösterilmektedir. Üst kısımda ise araç düğmeleri ve simülasyon saati bulunmaktadır. Aracın senaryo işletme süreci Şekil-10'deki akış diyagramıyla gösterilmiştir.



**Şekil-10:** Senaryo İşletim Aracı Akış Diyagramı

Araç işletme sürecine veritabanından ilk görevi okuyarak başlar. Ateş idare merkezinin hesaplamaları yapabilmesi için havan ve ileri gözetleyici konum verileri sunulur, ateş isteği gönderilir ve ateş idare merkezinin atış komutunu girmesini beklenir. Ateş idare merkezinin atış komutunu girmesiyle Senaryo İşletim Aracı tarafından, balistik modelin oluşturduğu mermi yörüngesine göre vuruş noktası bulunur. Eğer vuruş hedefte ise veritabanındaki müteakip göreve geçilir, değil ise düzeltme ateş isteği gönderilir. Veritabanındaki tüm atış görevlerinin bitirilmesine müteakip araç sonlanır.

Senaryo İşletim Aracı'nın çalışma esası ateş idare merkezi ile araç arasındaki döngüye (Şekil-11) dayanmaktadır (man in the loop). Simülasyon bir senaryo çerçevesinde ileri gözetleyici ve atış kısmının görevlerini yerine getirerek (modelleyerek) ateş idare merkezinin eğitim yapabilmesi için yapay bir ortam yaratmaktadır.



**Şekil-11:** Ateş İdare Merkezi İle Simülasyon Arasındaki Döngü

Senaryo İşletim Aracı üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler arazi modeli, balistik model ve rastgele sayı üreticidir.

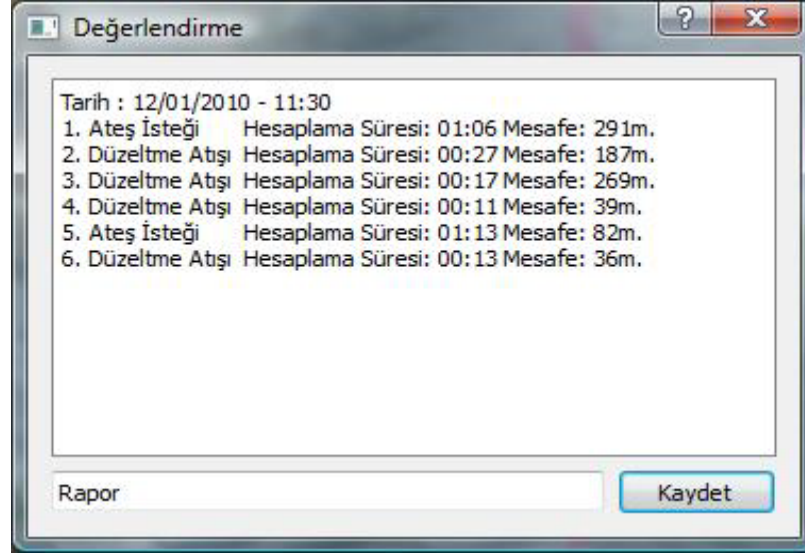
**Arazi modeli;** gerçek hayatta arazinin havan atışlarına olan etkisinin simülasyon hesaplamalarına dahil edilmesinde kullanılır. Sunduğu gerçeğe yakın üç boyutlu görselleştirmesiyle eğitilen personelin muharebe ortamını zihninde canlandırmasını da kolaylaştırır. Model, DTED (Digital Terrain Elevation Data - Sayısal Arazi Yükseklik Verisi) yükseklik verilerini okur, algoritma ve OpenGL (Open Graphics Library - Açık Grafik Kütüphanesi) kullanarak verileri görselleştirir (Bölüm 3'te detaylı olarak incelenmiştir.).

**Balistik model;** simülasyonda ateş idare merkezinin girdiği atış komutuna bağlı olarak mermi yörüngesinin bulunmasında kullanılır. Balistik modelin oluşturulmasında Türkiye'nin de içinde yer aldığı NATO ülkeleri tarafından geliştirilen ve atış sistemlerinde kullanılan NABK'den (NATO Armaments Ballistic Kernel) (Bölüm 3'te detaylı olarak incelenmiştir.) faydalanılmıştır.

**Rastgele sayı üretici;** havan atışlarının doğasındaki kaçınılması mümkün olmayan hataların simülasyonda oluşturulması için kullanılmıştır. Rastgele sayı üretmek için Linear Congruential Metodu (Bölüm 3'te detaylı olarak incelenmiştir.) kullanılmış, normal ve düzgün dağılımdan sayılar üretilmiştir.

#### **d. Değerlendirme Aracı**

Değerlendirme Aracı, Senaryo İşletim Aracı'nın sonlanmasını müteakip eğiticiye vuruşların hedefe olan uzaklığını ve hesap süresini rapor ederek (Şekil-12) ateş idare merkezinin eğitim seviyesinin belirlenmesinde eğiticiye yardımcı olur. Rapor gerekirse daha sonra kullanılmak için metin dosyasına kaydedilebilir (EK-Ç).



**Şekil-12:** Değerlendirme Aracı Grafik Arayüzü

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## ARAZİ MODELİ, BALİSTİK MODEL VE RASTGELE SAYI ÜRETECİ

### 1. ARAZİ MODELİ

#### a. Giriş

Simülasyonda yer alan üç boyutlu arazi modeli iki aşamada oluşturulur. Birinci aşama yükseklik verilerinin DTED standardındaki dosyadan okunması ve yükseklik matrisinin oluşturulması, ikinci aşama ise yükseklik matrisinin OpenGL ve Brute Force algoritması kullanılarak üç boyutlu hale getirilmesidir.

#### b. Yükseklik Verileri

Arazi modelinin oluşturulması için DTED (Digital Terrain Elevation Data - Sayısal Arazi Yükseklik Verisi) Seviye 1 ve Seviye 2 yükseklik verileri kullanılmıştır.

DTED, arazi yükseklik veri matrislerinden oluşan veri setlerinin bir standardıdır. Bu standart 1970'lerde NGA (The National Geospatial-Intelligence Agency) tarafından başlangıçta hava radar simülasyonlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Performance Specification Digital Terrain Elevation Data, 2000).

DTED standardındaki veriler, üç boyutlu arazi görselleştirmesi, görüş hattı analizi, modelleme ve simülasyon gibi birçok uygulamada arazinin yükseklik, eğim ve engebe bilgilerinden yararlanmak için kullanılmaktadır (Performance Specification Digital Terrain Elevation Data, 2000).

DTED Seviye 1, orta çözünürlükte yükseklik veri kaynağıdır. Yükseklik verileri arasındaki mesafe, 3 saniyedir (yaklaşık 100 m.). Veri matrisi, 1201 satır ve 1201 sütundan oluşur. İçerdiği bilgi yaklaşık olarak 1/250000 ölçekli haritaya eşittir. DTED Seviye 2, yüksek çözünürlükte yükseklik veri kaynağıdır. Yükseklik verileri arasındaki mesafe, 1 saniyedir (yaklaşık 30 m.). Veri matrisi, 3601 satır ve 3601 sütundan oluşur. İçerdiği bilgi yaklaşık olarak 1/50000 ölçekli haritaya eşittir.

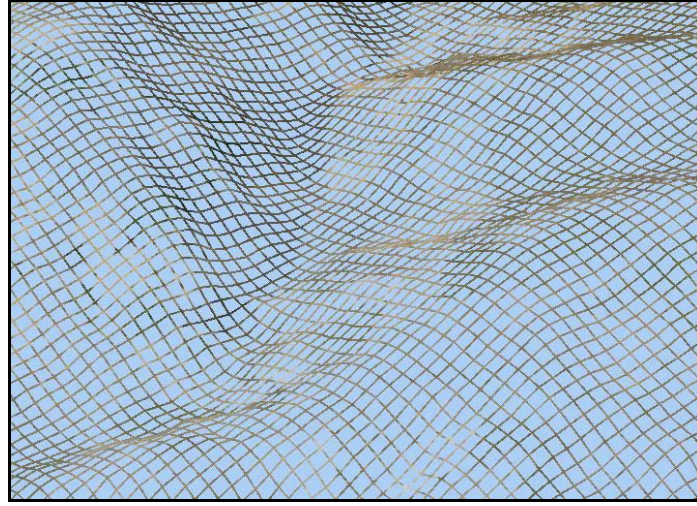
Simülasyonda, DTED standardındaki dosyadan yükseklik verileri okunmakta ve bu veriler üzerinde düzeltici işlemler yapılarak yükseklik matrisi oluşturulmaktadır. Yükseklik matrisinde, satır coğrafi enlemi, sütun coğrafi boylamı, değer ise, bu enlem ve boylamadaki yüksekliği (rakımı) ifade etmektedir.

### **c. OpenGL ve Brute Force Algoritması**

Yükseklik verilerinin matrise yerleştirilmesini müteakip, matris OpenGL ve Brute Force algoritmasıyla üç boyutlu hale getirilir.

OpenGL (Open Graphics Library - Açık Grafik Kütüphanesi), gelişmiş donanım desteğini kullanarak hem iki hem de üç boyutlu grafikleri ekrana çizmek için kullanılan ücretsiz bir grafik kütüphanesidir. Windows, Linux, MacOS ve Solaris gibi birçok işletim sistemi tarafından desteklenir. (OpenGL Programming Guide, 2003:2).

OpenGL'de yükseklik matrisinin satırları X eksenine, sütunları Y eksenine ve değer (rakım) Z eksenine yerleştirilir. Bu üç boyutlu noktalar (vertex) Brute Force algoritması (Polack, 2003) kullanılarak birleştirilir ve poligonlardan arazi modelinin iskeleti oluşturulur (Şekil-13). Modelde bir saniyelik enlem ve boylam mesafesinin 27,7 m. olduğu, dolayısıyla modelin 100x100 km.lik bir alanı kapsadığı varsayılmıştır. Model iskeleti üzerine uydu fotoğrafı ile kaplama (texture) yapılarak model tamamlanır. Uydu fotoğrafı, Google Earth programı kullanılarak elde edilmiştir.



**Şekil-13:** Poligonlardan Oluşan Arazi Modeli

Yükseklik matrisinin tamamını Brute Force algoritmasıyla ekrana çizdirmek, bilgisayarın merkezi işlem birimi (CPU) ve grafik işlem birimi (GPU) üzerinde büyük hesap yükü oluşturur ve üç boyutlu arazi modeli çizimini yavaşlatır. Bu istenmeyen durumu çözmek için Losasso ve Hoppe'nin (2004) geliştirdiği almırtmaya benzeyen etkinliği az fakat daha basit olan iki değişiklik yapılmıştır. Yapılan birinci değişiklikle tüm veriye göre daha küçük ilgi alanı (point of interest) belirlenir, ikinci değişiklikle ise ilgi alanı içinde değişik detay seviyeleri (level of detail) oluşturulur. Detay seviyeleri oluşturulurken kameraya olan uzaklık esas alınır. Kameraya yakın noktaların detay seviyesi yüksek, kameraya uzak noktaların detay seviyesi düşüktür.

Birinci değişiklikle bulunan ilgi alanı Şekil-14'deki karedir. İlgi alanının sınırları kamera hareket ederken güncellenir. İkinci değişiklik ilgi alanını dokuz parçaya ayırır. Parçalar üç farklı detay seviyesindedir. Beşinci kare (iç kare) kameraya en yakın bölgedir ve en yüksek detay seviyesine sahiptir. İki, dört, altı ve sekizinci karelerin detay seviyesi iç kare detay seviyesinin yarısına, bir, üç, yedi ve dokuzuncu karelerin detay seviyesi ise iç kare detay seviyesinin çeyreğine eşittir.



Kara Grubu üyeleri tarafından ilgi ile karşılanmıştır. Çalışmalar NATO Artillery Ballistic Kernel (NABK) adı altında başlamıştır.

NABK'in geliştirilmesinde paylaşılabirlik ve yeniden kullanılabilirlik kavramları temel alınmıştır. Ülkeler, milli ihtiyaçları doğrultusunda yazılıma yeni işlevsellikler eklemiştir. Bu süreçte sahra topçusu hedefi ile başlayan "Artillery Ballistic Kernel" genişletilerek tüm silahların ihtiyacına yönelik olacak şekilde "Armaments Ballistic Kernel" adını alarak çalışmalar sürdürülmüştür. Bu çalışma kapsamında NATO bünyesinde bütünlüğe yönelik büyük bir adım atılmış, NATO mühimmat değiştirilebilirliğini destekleyen, NATO ülkelerince kullanılan ortak bir balistik çözücü ortaya çıkarılmıştır.

Türkiye çalışmalara ilk olarak 1997 yılında katılmıştır. Yazılımın ilk sürümünün hazırlanmasında geliştirilme faaliyetlerine katkı sağlanmış ve Kara Kuvvetleri envanterinde bulunan silah sistemlerinin bu yazılım ile kullanılabilmesini sağlayacak çalışmalar yürütülmüştür.

Geliştirilen NABK yazılımı dört ana katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar sırası ile *Atış Kontrol Girdileri Veritabanı Katmanı*, *Hareket Denklemleri Katmanı*, *Hesaplama Katmanı* ve *Atış Görevi Katmanı*'dir. Bu katmanların kullanımı ile belirli bir silah mevziinden, bilinen hava koşullarında, özellikleri tanımlı mühimmat kullanılarak, tahrip edilmesi istenilen hedefe ulaşılması için gerekli atış parametrelerinin bulunması olarak tanımlanan atış kontrol problemlerinin çözümüne hızlı ve hassas olarak ulaşılmaktadır.

Atış Kontrol Girdileri Veritabanı Katmanı (Fire Control Inputs Database Layer), planlanan atış görevi için gerekli atış esaslarının hesaplanmasında kullanılan atış kontrol verilerine (FCI) ulaşmayı sağlar. İlgili atış kontrol verileri üç farklı şekilde işlenebilir:

1. Veriler metin tabanlı dosyalarda tutulur ve program çalıştığında okunur.

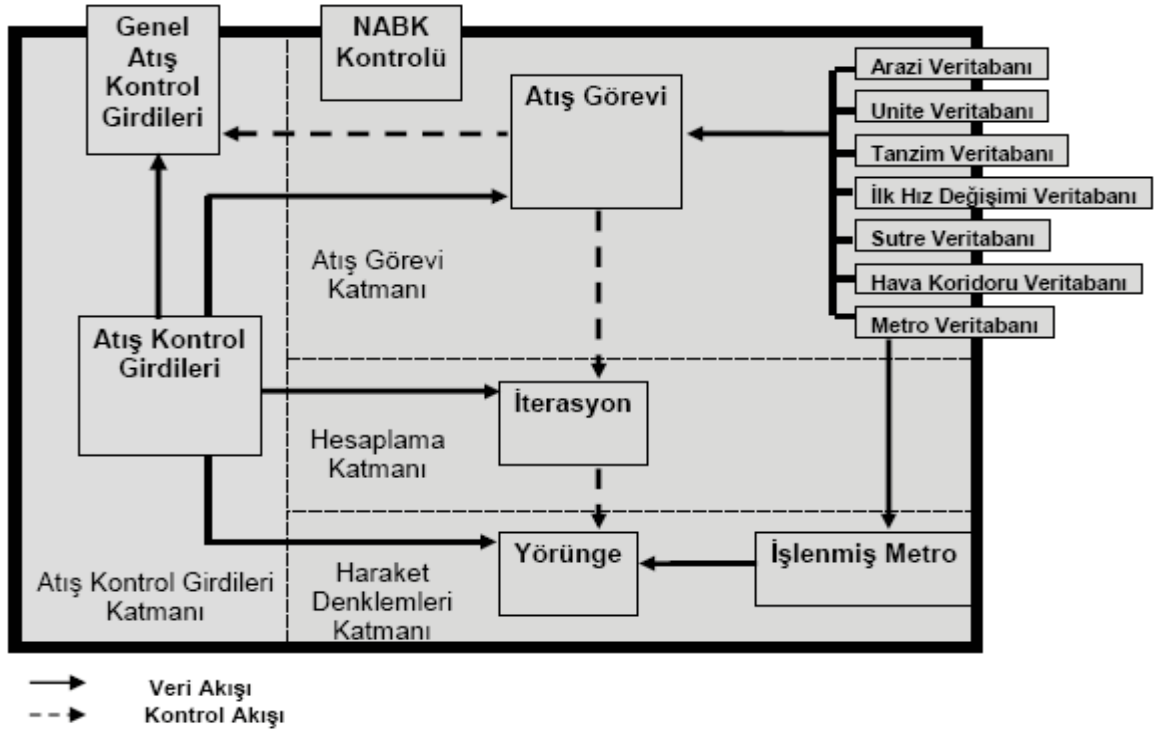
2. Veriler yazılım derleme sırasında kodun içine gömülür.
3. İlk iki yöntem birlikte kullanılır.

Yukarıda sunulan yöntemlerden ikincisinin veya üçüncüsün uygulanması durumunda ek bir önleme gerek kalmadan verilerin tamamının ya da bir bölümünün güvenliği sağlanmış olur.

Hareket Denklemleri Katmanı (Equation of Motion Layer), ilgili mühimmanın tipine bağlı olarak üç serbestlik dereceli nokta kütle, geliştirilmiş nokta kütle, güdümlü nokta kütle veya beş serbestlik dereceli yörüngeleri hesaplar.

Hesaplama Katmanı (Computation Layer), atış kontrol probleminin çözümü için gerekli hesaplamaların yapılmasından sorumludur. Bu katman atış kontrol girdileri katmanından aldığı verileri hareket denklemleri katmanına göndererek hedefi vurmak için gerekli esasların iterasyon yöntemleri ile bulunmasını sağlar.

Atış Görevi Katmanı (Fire Mission Layer) ise Hesaplama Katmanını kullanarak ateş idaresinin yapılmasından sorumludur. Bu katman kullanılarak Metro, Emniyet Hudutları, İlk Hız Değişimleri, Hava Koridoru ve Sütne gibi unsurlar atış kontrolüne dâhil edilir. NABK'in bu katmanlı yapısı ve bu katmanlar arasındaki ilişkiler Şekil-15'de sunulmuştur.

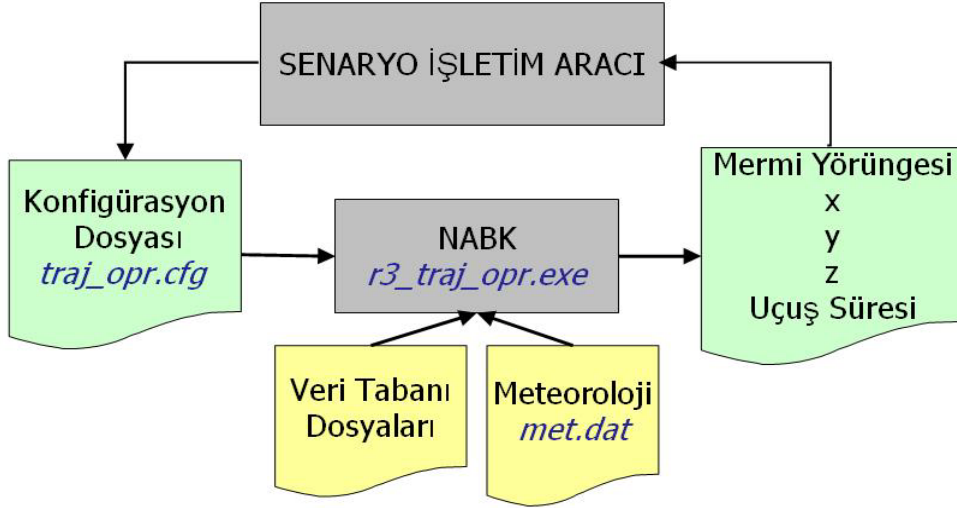


**Şekil-15:** NABK Yazılımı İşlevsel Yapısı (Ortaç ve diğerleri, 2006).

Bu katmanlı yapı, eski örneklerden oldukça farklı olarak yazılım mühendisliği alanındaki gelişmelerin yansıtıldığı tasarımı ile NABK'in, uçuş benzetimlerinden, adedi atış cetveli hazırlayan yazılımlara, lançer atış kontrol sisteminden, taktik ateş idare sistemlerine kadar farklı gereksinimlere farklı seviyelerde yeniden kullanım ile çözüm sunan bir balistik çözüm platformu haline gelmesini sağlamıştır.

## b. Simülasyon İçinde Kullanımı

NABK'in simülasyonda kullanılması için çalışabilir (executable) bir program geliştirilmiştir. Program (r3\_traj\_opr.exe), Senaryo İşletim Aracı'nın hazırladığı atış kontrol verilerini konfigürasyon (EK-A) dosyasından okur, bunlar üzerinden işlem yaparak mermi yörüngesini (EK-B) bulur ve yörünge verilerini araca gönderir (Şekil-16). Mermi yörünge verileri enlem, boylam, rakım ve uçuş süresidir. NABK bu işlemi yaparken mermi/tapa veritabanı ve meteoroloji (EK-C) verilerini de kullanır.



**Şekil-16:** NABK'in Simülasyon İçinde Kullanılması

### 3. RASTGELE SAYI ÜRETECİ

#### a. Giriş

Havan atışlarının doğasında kaçınılmazı mümkün olmayan hatalar mevcuttur. Simülasyon içinde yer alan modellere bu hataların eklenmesi için rastgele sayı üretici kullanılmış, düzgün ve normal dağılımdan sayı üretilmiştir.

#### b. Rastgele Sayıların Özellikleri

Bir  $R_i, (i=1,2,...)$  rastgele sayı dizisinin, sahip olması gereken iki temel istatistiksel özellik vardır. Bunlar, birbirinden bağımsızlık ve düzgünlüktür. Her bir  $R_i$  rastgele sayısı, alt değeri sıfır üst değeri bir olan sürekli düzgün dağılımdan çekilen bir örnektir. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu (Banks ve Carson, 2005:250):

$$f(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{diğer} \end{cases}$$

Her bir  $R_i$  rastgele sayısının beklenen değeri;

$$E(R_i) = \int_0^1 x dx = \frac{x^2}{2} = \frac{1}{2}$$

Bu iki özelliğin doğurduğu sonuçlar aşağıdadır:

- Eğer  $[0,1]$  aralığı  $n$  parçaya veya uzunlukları birbirine eşit alt aralıklara bölersek, bu bölümlerin içindeki gözlemlerin beklenen sayısı  $N/n$  dir. Burada  $N$  toplam gözlem sayısını belirtmektedir.
- Belli bir aralıkta bir değeri gözlemlemenin olasılığı, çekilen daha önceki değerlerden bağımsızdır.

### c. Sözde Rastgele Sayı Üretimi

Sözde sayı üretmek zordur ve sayı üretiminde hatalar meydana gelebilir. Bu hatalar yukarıdaki özelliklerden sapmadan dolayı oluşur. Oluşabilecek hatalar şunlardır (Banks ve Carson, 2005:252):

- Üretilen sayılar sürekli değere sahip olması gerekirken kesikli değer alabilir.
- Üretilen sayıların ortalaması çok düşük veya çok yüksek olabilir.
- Üretilen sayıların varyansı çok düşük veya çok yüksek olabilir.
- Sayılar bağımlı olabilir. Örneğin, sayılar arasında otokorelasyon olabilir veya ortalamanın altındaki bir kısım sayıları, ortalamanın üstündeki bir kısım sayıları takip edebilir.

Belli bir rastgele sayı üreticinin özelliklerden sapması çeşitli testlerle tespit edilebilir. Eğer sapma tespit edilirse, sayı üretici bırakılmalı ve yeni sayı üretici yöntemi geliştirilmelidir.

Simülasyonda kullanılacak olarak rastgele sayılar, bilgisayarlar tarafından üretilir. Sayı üretmek için birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerin

sahip olması gereken özellikler aşağıda belirtilmiştir (Banks ve Carson, 2003:253);

- Yöntem (the routine) hızlı olmalıdır.
- Yöntem değişik bilgisayarlara taşınabilir olmalıdır.
- Yöntem yeteri kadar devir uzunluğuna (periyot) sahip olmalıdır. Devir uzunluğu, rastgele sayı dizilerinin kendini tekrarlamadan önceki uzunluğudur.
- Rastgele sayılar tekrar üretilebilmelidir.
- Üretilen sayılar ideal istatistiksel özelliklere (bağımsızlık ve düzgün dağılım) olabildiğince yakın olmalıdır.

#### ç. Linear Congruential Metodu

Geliştirilen simülasyonda rastgele sayı üretmek için Linear Congruential Metodu kullanılmıştır. İlk olarak Lehmer tarafından önerilen yöntem, kendini tekrar eden aşağıdaki denkleme bağlı, olarak sıfır ve m-1 arasında tamsayı dizileri üretir.

$$X_{i+1} = (aX_i + c) \bmod m, i = 0, 1, 2, \dots$$

$X_0$  : *Başlangıç değeri Çekirdek* .

$a$  : *Çarpan*

$c$  : *Artı*

$m$  : *Modulus*

Başlangıç değeri ile a, c ve m değerlerinin seçimi büyük önem taşır. Eğer uygun değerler seçilmezse, yöntem yukarıda belirtilen özelliklerine sahip olmayacaktır. Yöntemin, maksimum devir uzunluğuna ve daha önceden bahsedilen özelliklere sahip olması için başlangıç değeri, a, c ve m değerlerinin seçimi için bazı öneriler vardır (Banks ve Carson, 2005:255). Bunlar;

1nci Öneri:

$$m = 2^b$$

$$c \neq 0$$

$c$  ve  $m$  aralında asal

$$a = 1 + 4k \quad k : \text{tamsay}$$

$$\text{Periyot} = 2^b = m$$

2nci Öneri:

$$m = 2^b$$

$$c = 0$$

$$X_0 = \text{tek say}$$

$$a = 5 + 8k \quad k : 0, 1, \dots$$

$$\text{Periyot} = \frac{m}{4} = 2^{b-2}$$

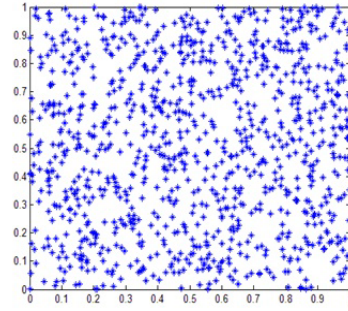
Simülasyonda yer alan rastgele sayı üreticinin parametreleri yukarıda bahsedilen birinci öneriye uygun olarak aşağıdaki değerler seçilmiş ve üreticinin  $R_i \rightarrow R_{i+1}$  dağılım diyagramı Şekil-17'de verilmiştir.

$$m = 2^{32}$$

$$a = 214013$$

$$c = 2531011$$

$$X_0 = 13$$



Şekil-17: Rastgele Sayı Üretici Dağılım Diyagramı

#### d. Düzgün Dağılımdan Rastgele Sayı Üretimi

Tersine dönüşüm (inverse transform) yöntemi kullanılarak üç aşamada düzgün dağılımdan rastgele sayı üretilir (Banks ve Carson, 2005). Bu aşamalar sırasıyla;

1nci Aşama : Birikimli yoğunluk fonksiyonunun bu lunması.

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{cases}$$

2nci Aşama :

$$F(x) = \frac{X - a}{b - a} = R_i$$

3ncü Aşama : Denkle min çözülmesi

$$X = a + (b - a)R_i$$

### e. Normal Dağılımdan Rastgele Sayı Üretimi

Normal dağılımın birikimli yoğunluk fonksiyonu kapalı formda yazılamadığından tersine dönüşüm tekniği uygulanamaz. Box ve Muller'in geliştirmiş olduğu aşağıdaki teknikle bu sorun çözülebilir (Banks ve Carson, 2005).

$$Z_1 = \sqrt{-2 \ln R_1} * \cos(2\pi R_2)$$

$$Z_2 = \sqrt{-2 \ln R_1} * \sin(2\pi R_2)$$

$$R_1, R_2 \in D(0,1)$$

$R_1 = 0,1758$  ve  $R_2 = 0,1489$  için

$$Z_1 = \sqrt{-2 \ln 0,1758} * \cos(2\pi * 0,1489) = 1,11$$

$$Z_2 = \sqrt{-2 \ln 0,1758} * \sin(2\pi * 0,1489) = 1,50$$

$\mu = 10$  ve  $\sigma^2 = 4$  normal için

$$X_i = \mu + \sigma Z_i$$

$$X_1 = 10 + 2 * 1,11 = 12,22$$

$$X_2 = 10 + 2 * 1,50 = 13,00$$

Bu şekilde hesaplanan  $X_1$  ve  $X_2$  parametreleri  $\mu = 10$  ve  $\sigma^2 = 4$  olan  $N(10,4)$  normal dağılımdan üretilen değerleri verir.

#### f. Hataların İstatistiksel Dağılımları

Simülasyonda senaryo hazırlanırken hataların uyduğu istatistiksel dağılımların belirlenmesi gerekmektedir. Oluşan hatalar personelin sahip olduğu teçhizata bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Talimnamelerden ve teknik kılavuzlardan yararlanılarak teçhizata göre hataların istatistiksel dağılımları Tablo-6'de verilmiştir.

**Tablo-6: Hataların İstatistiksel Dağılımları**

İLERİ GÖZETLEYİCİ					
	Hata Kaynakları	Klasik Teçhizat	GPS	Lazermetre	HKBS
1.	Konum Hatası	Düzgün(0,100)	Düzgün(0,14)	–	–
2.	Tevcih Etme Hatası	Düzgün(-10,10)	–	Düzgün(-5,5)	Düzgün(-5,5)
3.	Mesafe Kıymetlendirme Hatası	Düzgün(-100,100)	–	Düzgün(-5,5)	Düzgün(-5,5)
4.	İstikamet Açısı Kıymetlendirme Hatası	Düzgün(-10,10)	–	–	Düzgün(-1,1)
ATIŞ KISMI					
	Hata Kaynakları	Klasik Teçhizat	GPS		
1.	Konum Hatası	Düzgün(0,100)	Düzgün(0,14)		
2.	Tevcih Etme Hatası	Düzgün(-10,10)	–		

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### SENARYO UYGULAMASI

#### 1. EĞİTİCİ HAZIRLIĞI

Uygulamada eğitici simülasyon hazırlığını iki aşamada yapmıştır;

**Birinci Aşama:** Taktik durumun ve görevin hazırlanması. Uygulamada kullanılmak üzere hazırlanmış taktik durum ve görev: Yüzbaşı Tayfun, Teğmen Hakan'a bölük hedefini ele geçirmesini emretmiştir. Teğmen Hakan takımıyla harekâ başlamış ve düşman mevzilerine yaklaşmıştır. Düşman mevzilerinden gelen ateş yoğunluğu artmış ve takımın ilerlemesi durma noktasına gelmiştir. Teğmen Hakan ilerlemeye devam etmek için düşman makineli tüfek yuvasını hedef olarak belirlemiş ve hedefin imhası için havan ateş idare merkezine ateş isteği göndermiştir. Havan ateş idare merkezi olarak Teğmen Hakan'ın ateş isteği doğrultusunda atış planını yapın, atış kayıt listelerini doldurun ve düşman makineli tüfek yuvasını imha edin.

**İkinci Aşama:** Taktik duruma uygun olarak Senaryo Geliştirme Aracı'nı kullanarak atış görevinin oluşturulması. Uygulamada kullanılan atış görevi Tablo-7'de verilmiştir.

**Tablo-7: Uygulama Atış Görevi Değerleri**

<b>Genel Esaslar</b>	
Hava Koşulu	Meteoroloji2
Atış Görev Tipi	Tesir
Hedef Tespit Yöntemi	Kutbi
<b>Havan</b>	
Ad	Havan Kısmı
Koordinat	07861–08499
Konumlama Hatası	Düzgün(0,100)
Tevcih Hatası	Düzgün(0,0)
<b>İleri Gözetleyici</b>	
Ad	Tğm. Hakan
Koordinat	06666–11999
Konumlama Hatası	Düzgün(0,100)
Tevcih Hatası	Düzgün(0,10)
Mesafe Hatası	Düzgün(0,50)
İstikamet Hatası	Düzgün(0,10)
<b>Hedef</b>	
Ad	Mk. Tf. Yuvası
Koordinat	07194–12833
Niteliği	Düşman Mk.Tf.Yuvası

## **2. ATEŞ İDARE MERKEZİ HAZIRLIĞI**

Havan ateş idare merkezi Senaryo İşletim Aracı'nı kullanarak eğiticinin hazırladığı senaryonu işletmiştir. İşletilen senaryodaki atış görevi dört aşamada çözülmüştür;

**Birinci Aşama:** Atış yapan birliğin yerinin belirlenmesi ve hedef yerinin tespit edilmesi. Ateş idare merkezi Şekil-18'deki ateş isteği, havan ve ileri gözetleyici koordinatlarına göre atış planını yapmış ve birinci aşamayı tamamlamıştır.

**ATEŞ İSTEĞİ**

> HAVAN KISMI burası  
TĞM.HAKAN, tesir atışı, kutbi  
tamam!  
> İstikamet 582 milyem, mesafe  
1027 metre, 6 indir tamam!  
> Düşman Mk. Tüfek Yuvası  
tamam!

**ATIŞ KOMUTU**

Mermi : MOD214

Barut Hakkı: 6

Yan : 2800 mil.

Yükseliş : 1150 mil.

HAZIRLA ATEŞ

**HAVAN KISMI**

Koordinat: 07940-08520  
Rakım : 1237 m.  
Tevcih Açısı : 6250 mil.

**TĞM.HAKAN**

Koordinat: 06740-12020  
Rakım : 799 m.

**Şekil-18:** Ateş İsteği, Atış Komutu, Havan Kısmı ve İleri Gözetleyici

**İkinci Aşama:** Plan esaslarının bulunması. Plan esasları; plan yanı, plan mesafesi ve rakım farkıdır. Ateş idare merkezi atış planını kullanarak plan esasları bulmuştur. İlk atış için bulunan plan esasları;

Plan Yanı: 2800 milyem (Tevcih Açısı: 6250 milyem)

Plan Mesafesi: 4525 metre

Rakım Farkı: 438 metre

**Üçüncü Aşama:** Plan esaslarının atış esaslarına çevrilmesi ve atışın icrası. Atış esasları; atış yanı, atış yükselişi ve barut hakkıdır. Ateş idare merkezi adedi atış cetveli kullanılarak plan esaslarını atış esaslarına çevirmiş, atış esasları Şekil-18'deki ATIŞ KOMUTU bölümüne girmiş ve atışı icra etmiştir. Bulunan atış esasları;

Atış Yanı: 2800 milyem

Atış Yükselişi: 1150 milyem

Barut Hakkı: 6 (Mühimmat: MOD214)

Uygulamadaki ilk atışta hedef vurulamamış ve simülasyon düzeltme ateş isteği (175 sağ, 355 kısalt) göndermiştir. Düzeltme ateş isteği doğrultusunda üç aşama tekrar edilerek yeni atış esasları bulunmuş ve hedef imha edilmiştir. Bulunan yeni atış esasları;

Atış Yanı: 2818 milyem

Atış Yükselişi: 1202 milyem

Barut Hakkı: 6 (Mühimmat: MOD214)

### **3. ATEŞ İDARE MERKEZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Uygulamada düşman makineli tüfek yuvası, ateş idare merkezinin yapmış olduğu hesaplar doğrultusunda iki atışla imha edilmiştir. Atışlar Değerlendirme Aracı kullanılarak incelendiğinde şu sonuç ortaya çıkmıştır; ilk atış hesaplaması 2 dakika 21 saniye sürmüştü ve vuruşun hedefe olan uzaklığı 398 m. dir, ikinci atış hesaplaması 1 dakika 9 saniye sürmüştü ve vuruşun hedefe olan uzaklığı 35 m. dir ve makineli tüfek yuvası imha edilmiştir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 1. SONUÇ

Bu çalışmada ateş idare merkezinin eğitimine katkı sağlayan etkileşimli ve görsel içerikli bir simülasyon uygulaması geliştirilmiştir. Simülasyonda yer alan arazi ve balistik model gerçeğe yakın sonuçlar doğurarak havan ateş idare merkezi için yapay eğitim ortamı oluşturmuştur.

Simülasyon, dersane ortamında defalarca çalıştırılabilir. Gerçek mermiyle atışla kıyaslandığında maliyeti yok denecek kadar azdır ve personel için emniyetsiz bir durum oluşturmaz.

Simülasyonun sunmuş olduğu bilgi ve üç boyutlu öğeler (arazi, mermi yörüngesi vb.) sayesinde personelin zihninde muharebe ortamını canlandırmasına ve atışların icrasına bütünsel yaklaşım geliştirmesine yardımcı olur.

#### 2.ÖNERİLER

Geliştirilmiş olan etkileşimli ve görsel içerikli simülasyonun aşağıdaki amaçlar doğrultusunda kullanılabileceği düşünülmektedir;

- Simülasyon askeri birliklerde ateş idare merkezi personelinin eğitiminde kullanılabilir.
- Simülasyon gerçek mühimmatla yapılan atışlardan önce bir ön değerlendirme aracı olarak kullanılabilir. Bu ön değerlendirmeyi geçemeyen ateş idare merkezine atış yaptırılmaz ve tekrar eğitime tabi tutulur. Bu sayede ateş idare merkezinin eğitim seviyesi düşük olmasından kaynaklanan atış hataları en aza indirilerek atışlardaki

emniyet seviyesi yükseltilebilir ve gereksiz yere atış yapılmadan maliyetler en aza indirilebilir.

- Farklı atış türlerine göre ateş idare merkezinde yapılan tüm faaliyetlerin zaman standardı vardır. Geliştirilen simülasyon bu standartların geçerliliğinin tespit edilmesi için yapılan bir çalışmada veri toplama aracı olarak kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

**“FM 6-30 Tactics, Techniques and Procedures for Observed Fire”**, Washington, U.S. Army Doctrinal Publication, 1991

**“FM 23-91 Mortar Gunnery”**, Washington, U.S. Army Doctrinal Publication, 1991

**“FM 7-90 Tactical Employment of Mortars”**, Washington, U.S. Army Doctrinal Publication, 1992

BLANCHETTE, J., SUMMERFIELD, M. **“C++ GUI Programming with Qt 4, Second Edition”**, Massachusetts, Prentice Hall, 2008

SHREINER, Dave ve diğ erleri. **“OpenGL Programming Guide, Fourth Edition”**, Addison Wesley, 2004

POLACK, Trent. **“3D Terrain Programming”**, Cincinnati, Premier Press, 2003

**“Performance Specification Digital Terrain Elevation Data”**, National Imagery and Mapping Agency (NIMA), 10 Mayıs 2010, <<https://www1.nga.mil/ProductsServices/TopographicalTerrestrial/DigitalTerrainElevationData/Related%20Documents/89020B.pdf>>

BANKS, J., CARSON, J. ve diğ erleri. **“Discrete Event System Simulation, Fourth Edition”**, Prentice Hall, 2005

LOSASSO, F., HOPPE, H. **“Geometry Clipmaps: Terrain Rendering Using Nested Regular Grids”**, ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2004), 2004

**“Artillery Forward Observer Simulator System Description Document”**, Ankara, HAVELSAN, 2009

SVARNAS, Ilias. **“The Artillery Fire Direction Center Simulation”**, California, Naval Postgraduate School, Master of Science in Modeling, Virtual Environments and Simulation, 2003

ORTAÇ, S.A., DURAK, U., KUTLUAY, Ü., KÜÇÜK, K., CANDAN, C. **“Yeni Nesil Balistik Çözücü’ nün Farklı Uygulamalarda Kullanımı”**, SAVTEK 2006, Savunma Teknolojileri Kongresi, Ankara, 2006

## EKLER

- EK-A** : KONFIGÜRASYON DOSYASI İÇERİĞİ
- EK-B** : YÖRÜNGE DOSYASI İÇERİĞİ
- EK-C** : METEOROLOJİ DOSYASI İÇERİĞİ
- EK-Ç** : RAPOR DOSYASI İÇERİĞİ

**KONFIGÜRASYON DOSYASI İÇERİĞİ**

```
-- 1. header file
header.dat
-- 2. index file
index.dat
-- 3.db path
havandb\
-- 4.backup db path
havandb\
-- 5.weapon
UT1
-- 6.projectile
Mod214
-- 7.projectile country
TU
-- 8.fuze
M51A5
-- 9.fuze country
TU
-- 10.charge model
81UT1/2
-- 11.square weight
3
-- 12.met file
met\met3.dat
-- 13.mdp hight
630
-- 14.weapon altitude
1520
-- 15.weapon latitude
39
-- 16.elevation
800
-- 17.azimuth
456
-- 18.target altitude
630
-- 19.fuze mode
pdet
--20.muzzle velocity
-1
--21.propellant temperature
21
--22.motor temperature
-1
```

## YÖRÜNGE DOSYASI İÇERİĞİ

Uçuş Süresi	Enlem	Yükseklik	Boylam
0.00 (	0.0,	1520.0,	0.0 )
0.37 (	42.1,	1566.1,	20.2 )
0.75 (	83.7,	1610.1,	40.2 )
1.12 (	124.5,	1652.2,	59.9 )
1.49 (	164.8,	1692.2,	79.2 )
1.85 (	204.4,	1730.3,	98.3 )
2.22 (	243.3,	1766.6,	117.1 )
2.58 (	281.7,	1800.9,	135.6 )
2.94 (	319.3,	1833.4,	153.7 )
3.30 (	356.4,	1864.1,	171.6 )
3.65 (	392.8,	1893.1,	189.2 )
4.00 (	428.7,	1920.5,	206.5 )
4.35 (	463.9,	1946.1,	223.6 )
4.69 (	498.5,	1970.2,	240.3 )
5.04 (	532.6,	1992.8,	256.8 )
5.37 (	566.1,	2013.8,	273.0 )
5.71 (	599.0,	2033.4,	289.0 )
6.04 (	631.5,	2051.7,	304.7 )
6.37 (	663.4,	2068.6,	320.2 )
6.70 (	694.9,	2084.1,	335.5 )
7.02 (	725.9,	2098.5,	350.5 )
7.34 (	756.4,	2111.6,	365.4 )
7.66 (	786.5,	2123.5,	380.0 )
7.98 (	816.2,	2134.3,	394.5 )
8.29 (	845.6,	2144.0,	408.7 )
8.60 (	874.6,	2152.7,	422.8 )
8.91 (	903.2,	2160.3,	436.8 )
9.22 (	931.5,	2166.8,	450.6 )
9.53 (	959.6,	2172.4,	464.2 )
9.83 (	987.3,	2177.1,	477.8 )
10.14 (	1014.9,	2180.8,	491.2 )
10.44 (	1042.2,	2183.5,	504.5 )
10.74 (	1069.3,	2185.3,	517.7 )
11.05 (	1096.2,	2186.3,	530.9 )
11.35 (	1123.0,	2186.3,	544.0 )
11.65 (	1149.7,	2185.5,	557.0 )
11.95 (	1176.2,	2183.7,	570.0 )
12.26 (	1202.7,	2181.1,	582.9 )
12.56 (	1229.1,	2177.6,	595.8 )
12.86 (	1255.4,	2173.2,	608.8 )
13.17 (	1281.8,	2167.8,	621.7 )
13.48 (	1308.2,	2161.6,	634.6 )
13.79 (	1334.6,	2154.4,	647.5 )
14.10 (	1361.0,	2146.2,	660.5 )
14.41 (	1387.6,	2137.1,	673.5 )

## EK-B'NİN DEVAMI

14.73	(	1414.2,	2126.9,	686.6	)
15.05	(	1441.0,	2115.7,	699.8	)
15.38	(	1467.9,	2103.4,	713.0	)
15.70	(	1495.1,	2090.0,	726.3	)
16.04	(	1522.4,	2075.4,	739.8	)
16.37	(	1549.9,	2059.5,	753.3	)
16.72	(	1577.7,	2042.4,	767.0	)
17.06	(	1605.8,	2023.9,	780.9	)
17.42	(	1634.2,	2004.0,	794.9	)
17.78	(	1662.9,	1982.7,	809.0	)
18.14	(	1692.0,	1959.7,	823.4	)
18.52	(	1721.5,	1935.1,	838.0	)
18.90	(	1751.4,	1908.7,	852.8	)
19.29	(	1781.8,	1880.4,	867.8	)
19.69	(	1812.6,	1850.1,	883.1	)
20.11	(	1844.0,	1817.6,	898.6	)
20.53	(	1875.9,	1782.9,	914.4	)
20.96	(	1908.4,	1745.7,	930.6	)
21.41	(	1941.6,	1705.9,	947.1	)
21.87	(	1975.4,	1663.2,	963.9	)
22.34	(	2009.9,	1617.4,	981.1	)
22.83	(	2045.2,	1568.4,	998.7	)
23.34	(	2081.3,	1515.7,	1016.7	)
23.86	(	2118.2,	1459.1,	1035.2	)
24.41	(	2156.0,	1398.3,	1054.1	)
24.97	(	2194.9,	1332.8,	1073.6	)
25.56	(	2234.7,	1262.2,	1093.6	)
26.18	(	2275.7,	1185.9,	1114.3	)
26.83	(	2317.9,	1103.4,	1135.6	)
27.51	(	2361.4,	1013.9,	1157.5	)
28.22	(	2406.3,	916.6,	1180.3	)
28.98	(	2452.7,	810.6,	1203.9	)
29.78	(	2500.7,	694.7,	1228.4	)
30.22	(	2526.4,	630.0,	1241.5	)

## METEOROLOJİ DOSYASI İÇERİĞİ

0.	480.	14.	2858.	1059.
1.	480.	16.	2838.	1047.
2.	480.	19.	2788.	1017.
3.	480.	23.	2721.	970.
4.	480.	30.	2697.	912.
5.	480.	37.	2692.	858.
6.	480.	39.	2670.	809.
7.	480.	41.	2634.	759.
8.	480.	44.	2597.	712.
9.	480.	48.	2566.	668.
10.	480.	51.	2537.	627.
11.	480.	55.	2506.	586.
12.	480.	62.	2460.	531.
13.	480.	70.	2400.	465.
14.	480.	76.	2330.	405.
15.	480.	81.	2263.	352.
16.	480.	83.	2206.	303.
17.	480.	82.	2143.	262.
18.	480.	76.	2107.	225.
19.	480.	70.	2049.	191.
20.	480.	61.	1997.	162.
21.	480.	55.	1966.	137.
22.	480.	51.	1952.	117.
23.	480.	49.	1967.	99.
24.	480.	50.	1983.	84.
25.	480.	49.	2011.	72.
26.	480.	49.	2033.	61.
27.	480.	44.	2046.	45.
28.	480.	38.	2065.	33.
29.	480.	44.	2084.	24.
30.	480.	53.	2102.	18.
31.	480.	60.	2121.	13.

**RAPOR DOSYASI İÇERİĞİ**

Tarih : 23/02/2010 - 14:26

1. Ateş İsteği Hesaplama Süresi: 05:25 Mesafe: 198m.
2. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:22 Mesafe: 54m.
3. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:26 Mesafe: 40m.
4. Ateş İsteği Hesaplama Süresi: 06:05 Mesafe: 208m.
5. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:22 Mesafe: 74m.
6. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:26 Mesafe: 20m.
7. Ateş İsteği Hesaplama Süresi: 05:05 Mesafe: 238m.
8. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 01:22 Mesafe: 204m.
9. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:26 Mesafe: 90m.
10. Düzeltme Atış1 Hesaplama Süresi: 02:26 Mesafe: 42m.

-- Simülasyon Bitti --