



**T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİRLİK MUHAREBE GÜCÜNÜN MODELLENMESİ VE  
HEDEF PROGRAMLAMA İLE OPTİMİZASYONU**

**TANER E. EKMEKÇİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA 2004**

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİRLİK MUHAREBE GÜCÜNÜN MODELLENMESİ VE  
HEDEF PROGRAMLAMA İLE OPTİMİZASYONU

TANER E. EKMEKÇİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 05.11.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy-  
çokluğu ile kabul edilmiştir.



Erdal EMEL

Prof. Dr.

( Danışman )



Taner ALTINOK

Doç.Dr.Alb.



Mehmet AKANSEL

Yrd.Doç.Dr.

# BİRLİK MUHAREBE GÜCÜNÜN MODELLENMESİ VE HEDEF PROGRAMLAMA İLE OPTİMİZASYONU

Yüksek Lisans Tezi

## ÖZET

Bu çalışmanın birinci aşamasında, muharebe sahasında karşı karşıya gelen iki karşılıklı kuvvetten, dost zırhlı birliğin muharebeyi kazanabilmesi için sayıca ne kadar zırhlı araca ve tanksavar silahına ihtiyacı olduğu; ikinci aşamasında ise, bu birliğin muharebeyi kazanırken kullanması gereken mühimmat miktarı, en düşük maliyete karşın en yüksek etkiyi sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

Gerekli silah sayısı ve mühimmat miktarının belirlenmesinde, "Operational Lethality Indices-OLI" metodolojisinden yararlanarak, karışık tamsayılı, ağırlıklı, önceliksiz hedef programlama ile kurulan modeller kullanılmıştır. Kurulan bu modeller LINDO optimizasyon yazılımı ile çözümlenerek, birlik komutanlarına bir karar destek aracı olarak önerilmiştir.

Uygulama askeri bir alanda yapıldığı için, söz konusu birlik ve silah harekât etkinliği değerlendirilmesi gibi konularda gizlilik prensibinden dolayı, veriler gerçeği yansıtmamakla birlikte, çözümün yorumlanabilmesi anlamında kendi içinde tutarlı olarak alınmışlardır.

**Anahtar Kelimeler** : Önceliksiz Hedef Programlama, Operational Lethality Indices, Kapasite Yükleme

# THE MODELLING OF UNIT COMBAT POWER AND ITS OPTIMIZATION WITH GOAL PROGRAMMING

M.Sc. Thesis

## ABSTRACT

In the first step of this thesis, the amount of necessary armoured vehicles and anti-tank weapons required to win a battle is decided when two armoured units engage in the battlefield. Following the first step, the amount and the type of tank ammunition is determined to win the above battle with a minimum cost and maximum effectiveness.

In order to determine the required amount of weapons and the ammunition, non pre-emptive goal programming is used for models utilizing the "Operational Lethality Indices-OLI". The models proposed here are solved by LINDO optimization package for further use as a decision support tool for unit commanders.

Since the area of study of this thesis is on military concepts, some topics such as the operational effectiveness of the units and the weapons are classified as 'secret'; therefore the given data was modified though consistent within itself for reasonable discussion of results.

**Key Words** : Non pre-emptive Goal Programming, Operational Lethality Indices, Capacity Loading

## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ve KURAMSAL BİLGİLER
  - 2.1. Askeri Strateji
  - 2.2. Muharebe Modelleme
    - 2.2.1. Muharebe Modellemenin Gelişimi
    - 2.2.2. Benzetimin (Simülasyon) Muharebe Modellemedeki Önemi
    - 2.2.3. Heterojen Muharebe Modeli
    - 2.2.4. Lanchester Muharebe Modeli
    - 2.2.5. OLI (Operational Lethality Indices) Metodolojisi
    - 2.2.6. Minimum Silah Sayısı Belirleme Muharebe Modeli
  - 2.3. Optimizasyon Teknikleri
    - 2.3.1. Tamsayılı Programlama
      - 2.3.1.1. Genel Hususlar
      - 2.3.1.2. Tamsayılı Programlama Modelleri
      - 2.3.1.3. Tamsayılı Programlama Problemlerinin Modellenmesi
      - 2.3.1.4. Tamsayılı Programlama Çözüm Teknikleri
    - 2.3.2. Tamsayılı Hedef Programlama
      - 2.3.2.1. Genel Hususlar
      - 2.3.2.2. Hedef Programlama Algoritmaları Çözüm Teknikleri
3. MATERYAL VE YÖNTEM
  - 3.1. Kırmızı ve Mavi Taktik Kuruluşları, Taktik Kullanımları
  - 3.2. Model Kurma
    - 3.2.1. Genel Hususlar
    - 3.2.2. Model I : Mavi Birliğin Muharebeyi Kazanması İçin Gereken Minimum Silah Sayılarını Belirleme Modeli
      - 3.2.2.1. Modeli Oluşturma

3.2.2.2. Problemin Tamsayılı Hedef Programlama Yaklaşımı ile Modellenmesi

3.2.3. Model II : Mavi Birlik Tankının Mühimmat Kapasitesinin Mühimmat Cinslerine Göre Yerleştirilmesi Modeli

3.2.3.1. Modeli Oluşturma

3.2.3.2. Problemin Tamsayılı Hedef Programlama Yaklaşımı ile Modellenmesi

#### 4. UYGULAMA ve ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Muharebe Sahası Senaryosu

4.2. Minimum Silah Sayısını Belirleme Modeli Uygulaması

4.3. Mühimmat Kapasite Belirleme Modeli Uygulaması

#### 5. TARTIŞMA

5.1. Muharebe Modellemenin Tartışılması

5.2. Minimum Silah Sayısı Belirleme Probleminin Sonuçlarının Tartışılması

5.3. Mühimmat Kapasitesi Belirleme Probleminin Sonuçlarının Tartışılması

5.4. Sonuç ve Öneriler

#### KAYNAKLAR

#### EKLER

EK – 1 Kırmızı ve Mavi Birlik Silah Bilgileri

EK – 2 Mavi Silahların Kırmızı Silahlarına Karşı Kullanılma Olasılığı ve Olasılıklı Kuvvet Potansiyeli (OKP)

EK – 3 Mavi Birliğin Muharebeyi Kazanması İçin Gereken Silah Sayısını Belirleme Modeli Çözüm Sonuçları

EK – 4 Mavi Tank Mühimmatları İçin Kırmızı Her Cins Silahına Karşı Kullanma Olasılıkları ve Olasılıklı Kuvvet Potansiyelleri(OKP)

EK – 5 Her Bir Tank İçerisindeki Mühimmat Kapasitesinin Maliyet Etkinliği Göz Önüne Alınarak Çözümü Sonuçları

## SİMGELER DİZİNİ

- $x_j$  - Silah ve Mühimmat Cinslerinin Sayısı
- $e_i$  - Sapma Değişkenleri (negatif yönde sapma)
- $f_i$  - Sapma Değişkenleri (pozitif yönde sapma)
- $W_i$  - Hedef Ağırlığı
- $a_j$  -  $j$  nci Silahın veya Mühimmatın Kuvvet Potansiyeli
- $b_i$  - Kırmızı Birlik  $i$  nci Silahının Silah Toplam Kuvvet Potansiyeli toplamı
- $d_{ij}$  - Mavi Birlik  $j$  nci Silahının veya Mühimmatının Kırmızı Birlik  $i$  nci Silahına Karşı Olasılıklı Kuvvet Potansiyeli(2nci Model için Olasılıklı etkinlik değeri)
- $r_i$  - Kırmızı Birlik  $i$  nci Silahının Toplam Kuvvet Potansiyeli
- $p_{ij}$  - Mavi Birlik  $j$  nci Silahının veya Mühimmatının, Kırmızı Birlik  $i$  nci Silahına Karşı Kullanılma Olasılığı
- $s_i$  - Kırmızı Birlik  $i$  nci Silahının sayısının 0,5 katı
- $g_j$  - Mavi Birlik  $j$  nci Silahının Minimum Sayısı
- $h_j$  - Mavi Birlik  $j$  nci Silahının Maksimum Sayısı
- $c_j$  - Bir Tanktaki  $j$  nci Tip Mühimmatın Maliyeti
- $k$  - Bir Tankın mühimmat Kapasitesi
- $m$  - Bir Tank İçin Belirlenmiş Toplam Maliyet Sınırı
- $l_j$  - Bir tank içinde her bir mühimmatın en az olması gereken miktar

## KISALTMALAR

- TP - Tamsayılı Programlama
- LINDO - Linear Interactive and Discrete Optimizer
- HP - Hedef Programlama
- ZMA - Zırhlı Muharebe Aracı
- ZTS - Zırhlı Tanksavar Silahı
- KP - Kuvvet Potansiyeli

OKP - Olasılıklı Kuvvet Potansiyeli  
STKP - Silah Toplam Kuvvet Potansiyeli





## ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 4.1. Mavi ve Kırmızı Birlik Silah Sayıları
- Çizelge 5.1. Minimum Silah Sayılarının Hesaplanması Modelinin Çözüm Sonuçları
- Çizelge 5.2. Mühimmat Kapasitesi Belirleme Modeli Çözüm Sonuçları



## 1. GİRİŞ

Modern muharebe sahası; sürat, çeviklik ve etkili ateş gücü ilkelerine dayandığından, komutan ve karargah süratli ve hassas bir planlama süreci ile desteklenmelidir. Karar verici konumda bulunan bir komutan karar verme sürecinde yoğun olarak bilgi akışı (veriler) ile teçhiz edilebilirse yapacağı taktiksel ve stratejik plan öngörülü bir karar olacağından doğruluk ve uygulanabilirlik olasılığı fazladır.

Tabi ki sadece iyi bir planın hazırlanması tek başına yeterli değildir. Bu planı destekleyecek olan sistemler “komuta – kontrol “ uygulamasının fonksiyonlarıdır.

2400 yıl boyunca Çin ve Japon askeri düşüncelerine yön veren ve her dilde tartışmasız kabul edilen en büyük askeri klasik olan Sun Tzu ‘ nun “The Art of War - Harb Sanatı “ adlı eserinde şöyle denilmektedir(Anonim 2000): *“Eğer düşmanını ve kendini tanıyorsan, yapacağın yüzlerce muharebenin sonucundan korkmana neden yoktur. Eğer kendini tanıyor fakat düşman hakkında gerekli bilgilerden yoksun isen, sonuçta galip gelsen de bir çok defa mağlubiyeti tadacaksın. Ama hem kendini ne de düşmanı iyi tanımiyorsan her muharebede bozgun akıbetin olacaktır.”*

Yine Napolyon’ un askeri başarılarında büyük yeri olan Marshal de SAXE , “ Harp Sanatı Üzerine Düşüncelerim – My Reveries upon the Art of War” adlı kitabında; hem kendi hem de düşman ordusunun gücünü iyi hesaplayan bir komutan hiçbir zaman yenilmez. “ demiştir(Anonim 2000).

Yukarıdaki büyük askeri stratejistlerin de ifadelerinden anlaşılacağı üzere; muharebe sahasında daha fazla bilgiye sahip olan komutanın (burada karar verici) planlarını geleceğe yönelik yapacağı ve başarılı kararlar alabileceğidir. Böylelikle problem çözüm araştırmacılarının ve problemlerin çözümüne yönelik model kuranların amacı; karar vericiye gerekli olan bilgileri ve çözüm tekniklerini sağlamak olmalıdır.

Bu tezin yazılmasındaki hareket noktası olan “NİÇİN?” sorusunun cevabı; “Karar vericiye gerekli olan bilgiler asgari neler olmalıdır?” . Bu sorunun cevabı bulunması için geleceğin muharebe sahasının özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir.

Geleceğin muharebe sahası ile ilgili teşkilat yapısı, silah sayısı, özellikleri gibi konularda karar vericiye gerekli olan bilgiler en az 10 – 20 yıl sonrasının muharebe sahasının gerekli bilgilerini kapsamı tezin amacına katkıda bulunabilecektir.

### **2020 ‘ li yıllarda geleceğin muharebe sahasının özellikleri neler olacaktır?**

Dünya çapındaki çatışma merkezleri göz önüne alındığında, günümüz muharebe sahası özelliklerinin büyük bir hızla gelişmekte olduğu görülür. Bu yüzden geleceğin muharebe sahasının özelliklerini bugünden gerçekçi olarak görebilmek güçtür. Ancak teknolojik gelişmelerin ve askeri alandaki yeniliklerin, devletlerin ve devlet benzeri oluşumların siyasi ve ekonomik gelişmeler ile etkilenebileceği açıktır.

Nükleer silahlardaki indirim ve sınırlamaların gelecekte de devam edeceği varsayılırsa da, 2020’ li yıllarda muharebe sahasının nükleer silahlardan tamamen arındırılacağı beklenmemektedir. Stratejik açıdan nükleer silahlar sınırlandırılırsa da taktik anlamda muharebe sahalarında nükleer silah tehdidinin devam edeceği değerlendirilmektedir.

Muharebe sahasında ki silah sistemleri incelendiğinde, zırh korumalı ve nükleer tehdit altında hareket edebilen, yüksek hareket kabiliyeti gerektiren silah sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır. Hareket kabiliyeti yüksek ve zırh korumalı bu tip silah sistemlerine etki edebilecek, nokta isabet sağlayabilecek ve tahrip gücü yüksek mühimmatlar önem kazanacaktır.

Geleceğin muharebe sahasında, zırh korumalı ve hareket kabiliyeti yüksek silah sistemleri ve bu tip silah sistemlerine etki edebilecek özellikte mühimmatlar karşı karşıya gelecektir. Geleceğin muharebe sahasının bize sunacağı imkanlar yukarıda açıklanan bu iki karşılıklı güç arasında olacaktır.

Çalışmayı bu iki karşıt görüş üzerine kurmanın uygunluğu düşünülerek, karar vericinin ulaşması gereken ilk bilgi basitçe şöyle olacaktır: *“Düşmanımınla karşılaştığımda muharebeyi kazanabilmem için bana gerekli olan zırh korumalı ve hareket kabiliyeti yüksek silah sistemlerinin sayısı ne olmalıdır?”* Böylelikle karar verici bilinen düşman teşkilatı karşısına çıkarabileceği kendi teşkilat yapısına karar vermiş olacaktır. Diğer bilgi ise; *“düşmanımın sahip olduğu zırh korumalı ve hareket kabiliyeti yüksek silah sistemlerini ilk etapta yok edecek*

*mühimmat cinslerinin hangisinden ne kadar bulundurmalıyım?” Muharebe sahasındaki çeşitli hedeflere karşı kullanılabilen üstün özellikteki mühimmat daha az etkinlikteki mühimmata göre toplam etkinliği arttırmakta ancak maliyetleri yükseltmektedir. Kaynaklar sonsuz olmadığına göre ikinci öncelikle gerekli olan bilgiyi şu şekilde dönüştürebiliriz: “muharebe etkinliğini azaltmadan harcayacağım mühimmatın maliyetini minimum bir düzeyde tutabilir miyim?”*

Yukarıda açıklanmaya çalışılan problem sahaslarında karar vericiye gerekli olan bilgiyi sağlayabilecek şekilde model kurulmaya çalışılacaktır. Model iki aşamada gerçekleşecektir :

Birinci aşamada ; düşman birliğin ( bundan sonra **Kırmızı Birlik** olarak kullanılacaktır ) silah sayıları ve teşkilat yapısının belli olduğu durumda, kendi birliğimizin ( bundan sonra **Mavi Birlik** olarak kullanılacaktır) silah sayıları belirlenecek ve muhtemel teşkilat yapısına karar verilecektir. İkinci aşamada ise; teşkilat yapısı dolayısıyla silah sayısı belli olan mavi birliğin, kırmızı birliğe üstünlük sağlarken etkinliğini düşürmeden sarf edeceği mühimmat maliyetleri minimum düzeye çekilmeye çalışılacaktır.

Model, Önceliksiz Hedef Programlama tekniği ile modellenecek ve LINDO ( Linear Interactive and Discrete Optimizer ) paket programı ile çözülmeye çalışılacaktır.

Çalışmanın başlangıcında kabul edilmelidir ki; muharebe ortamı çok fazla değişkeni bünyesinde barındırır hatta karar vericinin bile önceden kestiremeyeceği yeni oluşumlar yaşanabilir. Hiçbir zaman muharebe ortamının tam olarak şekillendirilebileceği iddia edilemez, bu ancak muharebenin kendisidir. Bu çalışmada görüleceği üzere kabullere dayanan bir senaryo ile muharebe alanı sınırlandırılmıştır.

Daha önceden yapılmış benzer çalışmalar – özellikle simülasyon ve paket programlar – büyük bütçeleri, kalabalık çalışma ve araştırma grupları ile göze çarpmaktadırlar (JANUS gibi).

Bu tez çalışması ise ; benzer alanda çalışma yapacak araştırmacılara örnek ve kaynak olabilecek şekilde, belli bir senaryo dahilinde muharebe sahasının deterministik olarak şekillendirilebilirliğinin araştırılması ve karar vericinin karşılaşılabileceği problemlere yaklaşım tekniklerinin ortaya konulması olarak düşünülmüştür.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ve KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1. Askeri Strateji

II nci Dünya savaşından sonra, dünyamız iki kutuplu bir güç etkisi altında kaldı. Ancak yine II nci Dünya savaşından sonra dünya milletlerinin barışı uygulama ve sürdürme konusunda ki kararlılıkları sonucu Birleşmiş Milletler (BM) gibi uluslararası birlikler kuruldu. Bu sebeple başta sözünü ettiğimiz iki kutup kendi ulusal programlarını diğer ülkelere açıkça dikte ettiremediler. Bunun üzerine 'Soğuk Savaş' dediğimiz, yani güçlü olanların zayıf ülkelere karşı programlarını yönlendirmek için askeri tedbirlerden ziyade; politik, ekonomik ve sosyal tedbirler alması dönemi başladı. Ülkeler arasında savaş vardı, ancak bu savaş muharebe alanlarına taşmadı.

Askeri güç; yalnızca ülkelerin güvenliklerine yönelik tehditlerin bertaraf edilmesinde ve insani yardım amaçlı çok uluslu güçlerin oluşturulmasında kullanılmaya başlandı. Bunun yanında politik, ekonomik ve sosyal güç unsurlarını tamamlayan Milli Güç unsurunun önemli bir parçası oldu. (Anonim 2000)

Her ülke tehdit değerlendirmesini yaparken beliren tehditlere karşı tedbir almak durumundadır. Ancak politik, ekonomik ve sosyal tehditlerin hiç biri askeri tehdit kadar ciddiye alınamaz.

Askeri tehdit değerlendirmeleri ülke yönetiminde karar verici durumda bulunanlar için ana problemlerden biri olmuştur. Tehditlerin karşılanması için geliştirilen hal tarzlarına ise **Strateji** denir. Stratejinin en önemli bölümünü de **Askeri Strateji** oluşturur.

.....Askeri strateji de belirlenen tehditler statik (sabit) veya dinamik (değişken) olarak incelenmektedir. Statik analizde tehdit, silah sistemleri ve insan gücünü girdi olarak kullanarak, kuvvetlerin muharebe gücünü tahmin etmeye yarar. Dinamik analizde ise, muharebe gücü veya kuvvet potansiyellerini içeren değişik girdilerin etkileşimini simüle ederek zayıflık, hasar, ilerleme hızı v.b. gibi muharebe çıktıları elde eder( Başdaş 2001).

Askeri stratejinin başarılı olması için belirlenen stratejinin uygulandığı alan olan Harekat Alanında üstünlük sağlamak gerekir. Tabidir ki belirlenen strateji, ordu kuvvetlerinin kullanımını etkileyecektir. Öyleyse, askeri stratejinin başarıya ulaşmasının son aşaması harekat alanında elde edilen başarıdır.

Herhangi bir harekatta, kuvvetler bir takım silahlarla düşmanı alt etmeye çalışacaklardır. Silahları belki internete bağlı bir bilgisayar ya da kitle imha silahları olacaktır. Harekatsal başarı, düşmanın yeteneklerini(gücünü ve zayıf taraflarını) görebilmek(önceden tespit edebilmek ve önlem almak yani strateji) ve çözebilmektir.

## **2.2. Muharebe Modelleme**

### **2.2.1. Muharebe Modellemenin Gelişimi**

Muharebe modelleme, çoğu insanın inandığından daha uzun süredir kullanılmaktadır. Belki de çatışmaların ilk ortaya çıktığından beri kullanılmaktadır. Günümüz toplumunda, sıklıkla görülebilen muharebe modelleme uygulamaları bilgisayar oyunları olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer harp ile ilgili bir bilgisayar oyunu oynadıysanız, muharebe modelleme dünyasına girmiş sayılırsınız. Harp oyunları, analiz için bir metot ve araç olarak, ancak son zamanlarda ciddi olarak yaygınlaşabilmiştir.

Bir tatbikatta veya muharebede veri olarak, kullanılacak personel sayısı ve çeşitli silah sayıları gibi fonksiyonlar ele alınıyorsa, muharebe modellerinde de hemen hemen aynı veriler kullanılmaktadır. Ancak harekatın icrasındaki gelişen olaylar(silah sayıları, zaman, mekan vb.) matematik modellerle ifade edilmektedir. Bu matematiksel modeller de genellikle, bağımsız değişkenlere bağlı bağımlı değişkenlerin değişim oranlarını dikkate almaktadır.

### **2.2.2. Benzetimin(Simülasyon) Muharebe Modellemedeki Rolü**

Harp silah sistemlerinin ölçülmesinde değişik yöntemler uygulanabilir. Bu yöntemlerin başlıcaları; 'Analitik modeller, Benzetim modelleri, Harp Oyunları,

Sahra Denemeleridir.' İlgilenilen olay karmaşıkça, olaya ilişkin bir analitik modelin ortaya konması çoğu zaman güçtür. Zira bir analitik modelin olayı etkileyen tüm değişkenleri kapsamı mümkün değildir. Böyle durumlarda, probleme ilişkin bir analitik model kurmak yerine, problemin benzetim (simülasyon) modelinin kurulması tercih edilir. Bir muharebenin benzetiminde bu yaklaşım ile, her iki tarafın (mavi ve kırmızının) kayıpları veya muharebeyi kazanıp kazanamayacakları deneysel yöntemler değil stokastik faktörler kullanılarak belirlenir. Muharebe ortamı; hedefin görülmesi, ateş altına alınması, hedefi imha etmesi, silahların teknik özelliklerinin kullanımlarının da etkileyeceği çeşitli olasılık dağılımlarına göre şekillenecektir.

### 2.2.3. Heterojen Muharebe Modeli

Muharebe esnasında zamana bağlı olarak meydana gelen değişim bizi zorunlu olarak türev ve diferansiyel denklem kavramlarına götürmektedir. Lineer diferansiyel denklem sistemlerinin çözüm metotları arasında matris kavramından bahsedilmiştir (Fraleigh ve Beauregard 1995, Leon 1998) .

Muharebe sahasında karşıt güçlerin değişik tip ve sayıda silahları, örneğin, piyadesi, topçusu, zırhlı ve mekanize araçları bulunur. Kırmızının m-çeşit, mavinin n-çeşit silahlarının bulunduğu modele homojen olmayan veya heterojen muharebe modeli denir ve (m,n) model olarak gösterilir (Başdaş 2000).

Sabit bir  $\Delta t$  aralıkları içinde mavi ve kırmızının güç mukayeseleri yapılacak ise, her bir t anı için hesaplama yapılması yeterli olmaktadır. Bu metoda, 'Üstel Yaklaşım' metodu denmektedir ( Conforti ve ark. 2001). Çözümü için gerekli hesaplamalar bu model için uygulanan MATLAB yazılım programı ile kullanılabilir.

Heterojen muharebe modeli için Kırmızı ve Mavi verilerinin ne kadar kesin ve elde edilebilir olduğundan hareketle üç ayrı metot incelenir.

1nci Model; her iki tarafa ait (Kırmızı ve Mavi) kesin ve doğru bilgilerin kullanıldığı çatışmalar için geliştirilmiştir. 2nci Model ise; Kırmızı hakkındaki bilgilerin tam olarak elde edilemediği çatışmalar içindir. Kırmızı veya silahlarının



konuslandırıldığı alana ateş yönlendirilir. 3ncü Model; diğer iki modelin karma bir uygulamasıdır diyebiliriz. Bu modelde de, ani bir durumda karşı karşıya gelen iki karşıt kuvvetten, karşılayan kuvvetin 1nci model ile, karşılaşan kuvvetin ise, 2nci model ile simüle edilmesi esasına dayanır (Jaiswal 1997) .

Heterojen muharebe modelinde m ve n değerleri büyüdükçe veya C matrisinin karakteristik değerleri farklı değilse çözümde zorluklar yaşanmaktadır. Bu sebeple bazı alternatif metotlar geliştirilmiştir. Bunlardan biri, bir silahın değeri imha ettiği düşman silahları ile doğrudan orantılıdır (Taylor 1983).

Muharebe sahasında bulunan dinamikleri hesaplamak ve kuvvet potansiyellerini oluşturmak için Taylor'un kullandığı bu metot uygulanır. Bu metotta; Mavi ve kırmızı için, her bir silahın karşı cins silah için imha olasılıklarını içeren çizelge ve matrisler hazırlanır. Böylelikle karşıt kuvvetler arasında güç mukayesesi yapabilmek mümkün olur (Dupuy 1990).

#### **2.2.4. Lanchester Muharebe Modeli**

Askeri güçler dengesi ülkelerin savunma harcamalarının büyük çoğunluğunu yönlendiren bir konudur. Silahlı mücadele de askeri güçler dengesi içinde dinamik bir süreç olup, bu süreç içerisinde zamana karşı çok çeşitli etkenler rol oynar. Bu nedenle konvansiyonel savunmanın geleceği yalnızca rakip tarafların silahları statik bir mukayeseye başvurma yoluyla belirlenemez, dinamik bir analiz şarttır. Son yıllarda, bu çeşit analizlerde Frederick William Lanchester' in geliştirip kendi adını verdiği *Lanchester Denklemleri* ortaya çıkmıştır (Taylor 1983).

Lanchester Denklemleri, Taylor (1983) tarafından; muhariplerin kuvvet seviyelerini ve muharebe sürecini tanımlayan diğer önemli değişkenlerin zamana bağlı değişimini gösteren diferansiyel denklem modelleri olarak tanımlanmıştır. Bu denklemler modelciye, kuvvet büyüklüğü, atış hızı, direk atış veya bölge atışı yapıldığı bilindiğinde, değişen zaman periyotları içinde atış metotlarına bağlı olarak kuvvetlerin harp alanındaki kayıplarını önceden tahmin için yardım eder.



Muharebe gibi karmaşık bir konuyu diferansiyel denklemler kullanarak doğru analiz etmenin bir çok zorluğu vardır. Denklemlerde göz önüne alınması mümkün olmayan bir çok faktör bulunmaktadır. Bu yüzden, muharebenin değişik yönlerine sınırlamalar getirerek işlem basitleştirilmeye çalışılmıştır.

En basit anlamda, Lanchester denklemleri, teorik olarak çarpışmanın kuvvetlerden biri imha olana kadar devam edeceğini varsayar. Lanchester düşüncesinin etkisi altında bir komutan ağır kayıplar vermesine rağmen, kendisi dahil son adamı imha olana kadar muharebeye devam edecektir. Savaş bir kez başladığında, kuvvetlerin dış dünyayla bağlantısı kesilir. Harbin gidişi sırasında imha olan kuvvetler yenileri ile değiştirilemezler. Ateş altına alma, kuvvetlerin büyüklüğü ile ilgili değildir, tüm silahların ateş ettiği varsayılır.

Görüldüğü gibi Lanchester Muharebe modelinin homojen bir yapıda bulunması varsayımı bizi heterojen Muharebe modelleri uygulamaya götürmektedir. Ancak Heterojen Muharebe modelinde de anlatıldığı gibi alt modellerin uygulanmasında hala eksiklikler mevcuttur. Şimdiye kadar ki görülen modeller de her iki tarafında kuvvetlerinin az çok bilindiği varsayılmaktadır. Bu çalışmanın ilk aşamasında bahse konu olan kırmızının kuvveti belli olduğu bir durumda mavinin kuvvetini hesaplanması üzerinde durulmuştur. Şimdiye kadar görülen muharebe modellerinin üzerine bina edilen modelleri oluşturmak için Yöneylem Araştırması teknikleri içerisinde çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Binay ve Aygüneş 2001).

### **2.2.5. OLI (Operational Lethality Indices) Metodolojisi**

Yöneylem Araştırması tekniğiyle kurulan bir muharebe modelinin çözüm sağlaması için, modele uygulanan verilerin gerçek değerleri yansıtması beklenir. Bu bölümde muharebe alanındaki kuvvetlerin gerçek güçlerini hesaplamada geliştirilen OLI Metodolojisi (Dupuy 1990) incelenecektir.

Bu metot, Amerikan ordusundan emekli Albay T.N. Dupuy 1985 yılında geliştirilmiştir. Metodun geliştirilmesi çalışmalarının ilk aşamasında, tarihi verilerden de yararlanılarak silah ve birlik etkinlik değerlerinin hesaplanmasında kullanılabilecek formüller ve bu formüllere temel sağlayacak esaslar

oluşturulmaya çalışılmıştır. Tarihsel verilere dayanarak diferansiyel denklemler yardımı ile bir yöntem geliştirilmesi çalışmalarında, modern Lanchester modellerinin yazarı olan Dr. James G. Taylor ile ortak bir çalışma yapılmıştır. Lanchester denklemlerinden elde edilen sonuçlar ile OLI Metodolojisinden elde edilen sonuçlar yakın çıkmıştır.

Metot 1nci Dünya savaşı, 2nci Dünya savaşı ve Arap – İsrail savaşlarındaki gerçek muharebe sonuçlarına uygulandığında sonuçların %92 – 95 oranında tutarlı olduğu görülmüştür (Dupuy 1990).

Bu çalışmalara ilgi duyan ABD Savunma Bakanlığı, Harp Oyunları grubundan iki subayı OLI Metodolojisini incelemekle görevlendirdi. Bu görevliler toplam 36 senaryo üreterek, OLI 'yi Orta Avrupa da ki NATO ve Varşova Paktı kuvvetlerinin silah sistemleri üzerinde, değişik çevre ve hareket şartlarında denemişlerdir (Başdaş 2001).

Bu çalışmalarda gelişen teknolojiye bağlı olarak muharebe sahasında beliren değişikliklere göre OLI formüllerinin temel felsefesi ve yaklaşımı bozulmadan metodun son şeklini alması sağlanmıştır.

#### **2.2.6. Minimum Silah Sayısı Belirleme Muharebe Modeli**

Muharebe (savaş) denince bir çok kimsenin aklına hareketlilik, karşılıklı ateşler, ölümler, yaralanmalar, başarısızlıklar ve zaferler gelir. Bu özellikleri ile muharebe dinamik ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Muharebenin tüm bileşenlerini içeren bir çalışmanın simülasyonla daha iyi modellenebileceği düşünülmektedir. Karşılıklı olarak birliklerin belli senaryolar dahilinde muharebe edebildikleri simülasyon programları mevcuttur.(JANUS gibi) Yine de muharebenin modellenmesiyle ilgili yapılacak çalışmaların karar destek sistemleri için gerekli olduğu düşünülmektedir.

Muharebe modellemenin bir çok alanda uygulamaları mevcuttur: silahların etkinlik değerlendirilmesi, mühimmat atışlarında dağılımların incelenmesi, taktik ve idari faaliyetlerin düzenlenmesi, vb. Muharebe sahasının çatışma düzeyinde modellenmesi çalışmalarında karşılıklı güç dengelerinin belirlenmesi de yeni yaklaşım tarzları arasında yer almaktadır.

Komutanlar, hızla değişen, karmaşık, çok bileşenli bir yapıya sahip muharebe sahasında doğru kararlar verebilmek için bilgi teknolojilerinden ve karar destek yöntemlerinden faydalanabilmelidir. Bunu gerçekleştirmek için mevcut bütün tekniklerle yapıldığı kadar çok model yaratılmasında yarar vardır. Model üretmenin birden fazla yararı sayılabilir: eldeki sayısal verilerin oluşturulan modele uygulanması için bilgilerin araştırılması ve tasniflenmesi sürecine katkısı, modellerin test edilmesi maksadıyla çeşitli verilerin istatistik veriler olarak elde bulundurulması gerekliliği, muharebe ortamı dinamiklerinin sayısal veriler olarak hazırlanması, böylece bilinmeyen durumların sayısının azaltılabilmesi, oluşturulan modellerin daha uzman çalışmalara kaynak teşkil etmesi, vb.

Modelin araştırılmasına karar verildiği andan itibaren görülebilir ki, sınırlı kaynakların kullanımını optimum kılmaya çalışan yaklaşımdan dolayı yöneylem araştırma teknikleri, topyekün savaştan küçük birlik muharebelerine kadar birçok senaryoda karar destek amacıyla 2nci Dünya Savaşı'ndan beri kullanılmaktadır.

Muharebe Modellemede; sınırlı kaynakların optimum kılınmasından yola çıkılarak oluşturulan problem sahaları içinde sayılabilecek belirli bir güç karşısında muharebenin kazanılabilmesi maksadıyla ne kadar güce ihtiyaç duyulduğu problemi de yöneylem araştırma teknikleri ile modellenmesi uygun görülen bir çalışmadır. Ancak iki karşılıklı gücü mukayese edebilmek için muharebe ortamının sayısal olarak şekillendirilebilmesi gereklidir. Çünkü muharebe ortamı verilerinin bazıları sayısal olmakla beraber bu sayısal verileri etkileyen çok miktarda niteliksel durumlarda söz konusu edilmekteydi. Sorun muharebenin tüm dinamiklerinin muharebe modellemede uygulanabilmesi için 1990 ' lı yıllarda itibaren yukarıda açıklanmaya çalışılan OLI Metodolojisi (Dupuy 1990) ortaya konuldu. Çeşitli şekillerde test edilen bu uygulamanın yüksek doğrulukla sonuç vermesi ile çalışmalarda buradan elde edilen veriler kullanılmaya başlandı.

Muharebe sahasında karşılıklı iki kuvvet arasında mukayesenin OLI Metodolojisi kullanarak yapılabileceği görüldü. Belirli bir güç karşısında minimum silah ihtiyacı probleminin Yöneylem Araştırması teknikleri ile

çözülebilmesi için hedef programlama tekniği kullanılabileceği bir yüksek lisans tezi ile ortaya kondu (Gazibey 2001).

Bu çalışmada ise küçük birlik seviyesinde taarruz ve savunma hareketini ve sadece bu hareketin icra edildiği bir muharebe alanını belli kabuller dahilinde canlandırmaya çalışılmıştır.

Uygulama iki aşamalıdır. Birinci aşamada, küçük birlik hareketinde kırmızı birliğin silah cinsleri belli olduğu durumda, mavi birliğin silah sayısı belirlenmiş; ikinci aşamada, belirlenen silah sayılarına göre mavinin savunma yapacağı araziye silahları nasıl yerleştireceği (mevzi yerleri seçimi) tespit edilmeye çalışılmıştır.

Uygulamanın her iki aşamasında -bu tez çalışmasına da esas teşkil eden- tamsayılı hedef programlama tekniği ile model kurulmuştur.

Ancak Gazibey (2001) tarafından yapılan çalışmanın, muharebeyi direk etkileyemeyecek kadar düşük silah sistemleri üzerine kurulması, ana silahların söz konusu edildiği bir modelin düşünülmesini gerekli kılmaktadır. Çalışmanın açıklama bölümlerinde uygulamanın muharebeyi tam olarak simüle ettiğinin iddia edilmemesi ve geliştirilecek modellere kaynak teşkil ettiğinin belirtilmesi bu tanıyı daha da güçlendirmektedir.

Bu tez çalışmasında da kuvvetler ve silahlar ile mühimmatların kuvvet potansiyelleri hesaplanırken OLI Metodolojisinden yararlanılmıştır. Askeri gizlilik prensiplerine uygun olarak değerler gerçek değerleri yansıtmamaktadır.

Kırmızı ve mavi kuvvetlerin kuvvet potansiyelleri hesaplanabildiğine göre; bundan sonraki bölümde, kurulacak modellere uygulanacak bilinen Yöneylem Araştırma tekniklerinden bahsedilecektir.

## **2.3. Optimizasyon Teknikleri**

### **2.3.1. Tamsayılı Programlama**

#### **2.3.1.1. Genel Hususlar**

Doğrusal programlama problemlerinde "bölünebilirlik" varsayımı gereği, negatif olmama koşulu hariç karar değişkenlerinin değerleriyle ilgili bir kısıtlama

söz konusu değildir. Yani optimal çözümde karar değişkenlerinin değeri tamsayı ya da kesirli sayı olabilmektedir. Günlük hayatta karşılaşılan veya planlanan bir faaliyet için insan gücü, makine ve araç seçimi gibi bir çok problemde karar değişkenlerinin bir kısmının ya da tamamının tamsayı değerler alması gerekir. Örneğin, buzdolabı üreten bir firmanın yıllık üretim planlaması ile ilgili matematiksel modeli oluştururken, karar değişkenlerinin yani üretilecek buzdolabı miktarının kesirli değerler alması istenmez ve bir anlam ifade etmez. Dolayısıyla karar değişkenlerinin tamsayı değerler olması istenir. Tamsayı Doğrusal Programlama problemi, ya da yaygın olarak bilinen ismiyle **Tamsayı Programlama** problemi, karar değişkenlerinin tamamının veya bir kısmının tamsayı değerler almaya zorlandığı bir doğrusal programlama problemi olup, genellikle çözümü doğrusal programlama problemlerine göre daha zordur. Bu bölümde karar değişkenlerinin kesirli değerler almasının anlamlı olmadığı problemlerin modellenmesinde ve çözümünde kullanılan tamsayı programlama (TP) problemleri ve çözüm teknikleri incelenecektir (Binay ve Aygüneş 2001, Gass ve Harris 1996).

Tamsayı doğrusal programlama (TDP) ya da yaygın olarak kullanılan adıyla tamsayı programlama, karar değişkenlerinden bazılarının ya da tümünün tamsayı (kesirli) değerler aldığı bir doğrusal programlama problemidir (Taha 2000). Tamsayı programlama problemlerinin çözümü, doğrusal programlama problemlerine nazaran daha zordur.

Bu bölümde önce tamsayı programlama hakkında gerekli tanımlar ve açıklamalar yapılacak, sonra uygulama alanlarına ait örnekler verilecek ve tamsayı programlama çözüm teknikleri incelenecektir.

### **2.3.1.2. Tamsayı Programlama Modelleri**

Karar değişkenlerinin tanımlanmasına göre tamsayı programlama problemleri üç grupta değerlendirilir. Bunlar;

- 1) Tüm tamsayı programlama (pure integer programming) problemi,
- 2) Karma tamsayı programlama (mixed integer programming) problemi,

3) 0-1 tamsayı programlama ( 0-1 integer programming )<sup>1</sup> problemi (Hillier ve Lieberman 1995, Winston 1991).

Tüm karar değişkenlerinin tamsayı olma zorunluluğu olan problemlere tümü tamsayı programlama problemi denir. Bu tip problemlerin modellenmesinde negatif olmama koşuluna ilave olarak tüm değişkenler için tamsayı olma koşulu ilave edilir (Baykaşoğlu 1999, Ryan 2000). Örnek bir tümü tamsayı programlama modeli aşağıda verilmiştir :

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z &= 6x_1 + 4x_2 \\ 2x_1 + 4x_2 &\leq 8 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \\ x_1 \text{ ve } x_2 &\text{ tamsayı} \end{aligned}$$

Karar değişkenlerinden bazılarının tamsayı olma zorunluluğu olan problemlere ise karma tamsayı programlama problemi denir. Bu tip problemlerin modellenmesinde tamsayı değer alma zorunluluğu olan değişkenler için negatif olmama koşuluna ilave olarak tamsayı olma koşulu ilave edilir. Diğer değişkenler için ise sadece negatif olmama koşulu kullanılır.

Örnek bir karma tamsayı programlama modeli aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z &= 6x_1 + 4x_2 \\ 2x_1 + 3x_2 &\leq 6 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \text{ ve } x_1 \text{ tamsayı} \end{aligned}$$

Herhangi bir faaliyet için sadece iki karar alternatifinin bulunduğu ve bunlardan birisine karar verilmesi gerektiği durumlarda 0-1 tamsayı programlama modeli kullanılır. Örneğin, bir makinenin satın alınması ya da alınmaması veya herhangi bir bölgeye fabrika kurulup kurulmaması gibi. 0-1 tamsayı programlama modelinde karar değişkenleri ya "0" ya da "1" değeri alabilir ve bu değişkenler 0-1 değişken olarak adlandırılır. 0-1 tamsayı programlama modelindeki değişkenler 0 veya 1 değeri aldığına göre, bu

<sup>1</sup> "Binary integer programming problems" olarak da tanımlanmaktadır .

modeldeki karar değişkenleri için negatif olmama koşulunun kullanılmasına gerek yoktur.

Örnek bir 0-1 tamsayı programlama modeli aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{Maks } Z &= 2x_1 + 3x_2 \\ x_1 + 2x_2 &\leq 6 \\ x_1, x_2 &= 0 \text{ veya } 1 \end{aligned}$$

### 2.3.1.3. Tamsayı Programlama Problemlerinin Modellenmesi

Tamsayı programlama uygulamalarına mühendislik, ekonomik, ticari ve askeri alanlarda sıkça rastlanmaktadır. Bu uygulamalar içinde en çok verilen örnekler; sermaye bütçeleme, kargo yükleme, sabit maliyetler, gezgin satıcı ve küme örtüleme problemleridir. Bu bölümde kargo yükleme problemi, sabit maliyetler problemi ve küme örtüleme problemi açıklanmaya çalışılacaktır (Winston 1991, Hillier ve Lieberman 1995, Taha 2000).

#### 1. Kargo Yükleme Problemi

Kargo yükleme problemi, sınırlı hacme ve ağırlık kapasitesine sahip bir gemiye kargoların yüklenmesiyle ilgilidir. Her yükün bir gelir düzeyi vardır. Amaç gemi kapasitesini en çok geliri sağlayacak yükle doldurmaktır. Kargo yükleme problemi, jet pilotunun uçağına alacağı en gerekli malzemeleri belirlemek zorunda olduğu *uçuş çantası* veya bir askerin (ya da yürüyüşçünün) sırt çantasında taşıyacağı en gerekli eşyalara karar vermek zorunda olduğu *sırt çantası* problemi diye de bilinir.

#### 2. Sabit maliyetler problemi

Herhangi bir faaliyeti gerçekleştirebilmek için, bu faaliyeti kullanma seviyesine bakılmaksızın katlanması gereken sabit maliyetleri içeren problemlerdir. Örneğin, telefon kullanma sürenize bakılmaksızın sadece telefonu kullanmanız neticesinde, görüşme süresinden doğan maliyete ek olarak sabit bir ücret talep edilmektedir.



### 3. Küme örtüleme problemi

Tamsayılı programlamanın özel bir sınıfıdır. Küme örtüleme, tüm kısıtların “≥” eşitsizliği, tüm sağ taraf ayarlarının 1 olduğu ve katsayı matrisinin 0-1 matrisinden oluştuğu bir tamsayılı programdır (Bramel ve Simchilevi 1997, Caprara ve ark. 1999).

Genel olarak küme örtüleme problemlerinin formu aşağıdaki biçimde ifade edilir:

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad , i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1 \quad , j = 1, 2, \dots, n$$

Burada; “ $a_{ij}$ ” örtüleme katsayısı, “ $c_j$ ” ise karar değişkeninin maliyetidir.

#### 2.3.1.4. Tamsayılı Programlama Çözüm Teknikleri

Tamsayılı programlama modelini çözmek için, doğrusal programlama modelinin çözümünde olduğu gibi genel bir teknik yoktur. Belirli bir tür problemde hareketle geliştirilen bir dizi çözüm yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu nedenle, bunların birinin diğerine üstünlüğü problemin yapısına göre değişmektedir. Geliştirilen yaklaşımlar aşağıda verilen ana başlıklar altında toplanabilir (Taha 2000, Binay ve Aygüneş 2001).

- a. *Grafik metot* : Sadece iki karar değişkeninin olduğu problemlere uygulanabilir. Bir çok tamsayılı programlama probleminin ikiden fazla değişkeni olduğu göz önünde bulundurulursa, grafik metodun sadece öğrenim amaçlı kullanıldığı söylenebilir.
- b. *Yuvarlatma* : Gevşetilmiş tamsayılı programlama probleminde, elde edilen karar değişkenlerinin değerlerinin en yakın tam sayılara yuvarlatılmasını temel alan bu yaklaşım, değişkenlerin aldıkları



değerlerin görelî olarak büyük olduğu problemlerde uygulanması söz konusu olabilmekle birlikte, uygun çözümü garanti etmemektedir.

- c. *Sayımlama* : Tamsayılı programlama problemlerinin çözümünde kullanılabilecek yaklaşımlardan biri de karar değişkenlerinin bütün uygun tamsayı kombinasyonlarının değerlendirildiği sayımlama metodudur. Özellikle küçük boyutlu problemlerin çözümünde tercih edilen bu metot, problemin boyutları büyüdükçe etkinliğini kaybetmektedir.
- d. *Kesme düzlemi algoritmaları* : Kesme düzlemi algoritmaları, ardışık iterasyonlarla uygun çözüm bölgesini daraltarak optimal tamsayı çözümü (eğer varsa) bulur. Kesme düzlemleri, bir önceki iterasyondaki formülasyona bir veya daha fazla özel kısıt eklenmesi yöntemini kullanmaktadır. Böylece, her iterasyonda, tamsayılı programlama problemi simpleks tabanlı algoritmalar kullanılarak doğrusal programlama gibi çözülür. İterasyonlar tamsayı kısıtını sağlayan bir çözüm elde edene kadar sürmektedir.
- e. *Sezgisel algoritmalar* : Optimal çözümü garanti etmemesine rağmen, kısa sürede iyi çözümler üreten algoritmalarıdır. Genel yapıları ise, (a) başka bir optimizasyon algoritmasına girdi olarak iyi bir başlangıç çözümü üretilmesi, (b) optimal olabilecek bir son çözüm bulunması, şeklinde kısaca özetlenebilir. Sezgisel algoritmalar, özellikle büyük boyutlu problemler için kısa bir süre içerisinde çözüm bulunmasının gerekli olduğu durumlarda tercih edilir.
- f. *Hidrid algoritmalar* : Sırt çantası, ulaştırma, tesis yerleşimi, gezgin satıcı ve küme kaplama gibi özel bir yapıyı bünyesinde bulunduran problemler için geliştirilmiş algoritmalarıdır. Ayrıca şebeke algoritmaları da özel yapıya sahip olup büyük boyutlu problemlerin çözümünde oldukça etkili çözümler bulunmasına olanak vermektedir.
- g. *Ayrışımli algoritmalar* : Ayrışımli algoritmalar, doğrusal programlama ve tamsayılı programlamayı başarılı bir şekilde çözebilmektedir. Doğrusal programlama dualite teorisini kullanarak herhangi bir karma TP 'yi, TP olarak yazmak mümkündür. Dolayısıyla bir karma TP probleminin

çözümü ile onun eşiti olan TP programlama probleminin çözümü aynıdır (Bali 2001).

## 2.3.2. Tamsayılı Hedef Programlama

### 2.3.2.1. Genel Hususlar

Hedef Programlama çok amaçlı karar problemlerini göz önüne alan ilk işletme bilimi yaklaşımlarından biridir. Bu kavram, ilk kez 1955 yılında ortaya atılmış; zamanla farklı yaklaşımları ve algoritmaları temel alarak bugünkü geniş bir çalışma konusu kümesine dönüşmüştür.

Karar verme sürecine karşılaşılan çok ölçütlü karar problemlerinde ağırlıklar, hedefler, öncelikler ve idealler yoğun bir biçimde kullanılmaktadır.

Çeşitli programlama modelleri (doğrusal, doğrusal olmayan, tamsayılı, vs.) tek bir amaç fonksiyonunun eniyilenmesiyle karakterize edilirken; sistemin çok sayıda (birbiriyle çelişen) hedefe sahip olabileceği durumlar da söz konusu olabilmektedir. Örneğin, bir ülkenin ekonomik programında hem iç borç dengesini azaltmak hem de aynı zamanda gelir vergisi oranlarının azaltılması hedeflenebilir. Böyle durumlarda, her hedefin önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunabilir (Chankong ve Haines 1983, Winston ve Wayne 1994, Gal ve ark. 1999).

Bu teknik, problemin geneli için “etkin çözüm<sup>2</sup>” olarak adlandırılan en iyi çözümün elde edilmesini sağlar.

### 2.3.2.2. Hedef Programlama Algoritmaları ve Çözüm Yöntemleri

Verilen herhangi bir problemin formülasyonunda mümkün olduğu kadar sağlanması gereken ve geçici olabilmekle birlikte kesin olarak belirlenen ihtiyaca *hedef* denir. Hedef programlamada 3 muhtemel hedefimiz vardır :  
Altına düşmeyi istemediğimiz alt tek-yönlü hedefler (üstüne çıkmak olumludur),  
Üstüne çıkmayı istemediğimiz üst tek yönlü hedefler (altına düşmek olumludur),

<sup>2</sup> “Uzlaşık çözüm” de denilmektedir.

Ne altına düşme ne de üstüne çıkma durumlarının istenmediği iki yönlü hedefler (Hillier ve Lieberman 1995).

Hedef programlamanın diğer bir kategorisi ise hedeflerin önem derecesine göre anlam kazanmalarına dayanır. Bu kategori öncelikli (ağırlıklı) hedef programlama ve öncelikli hedef programlama algoritmalarından oluşur.

Her iki yöntem de çok sayıda amaç fonksiyonunun tek bir amaç fonksiyonu gibi temsil edilmesine dayanır. Öncelikli hedef programlama tek bir amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir. Öncelikli hedef programlama, önem derecelerine göre hedeflerin önceliklendirilmesiyle başlar. Model daha sonra, yüksek öncelikli hedefin optimum değerinin düşük öncelikli hedef tarafından kötüleştirilmesine izin verilmeyecek şekilde, her seferinde bir hedefi optimum kılar.

Önerilen iki yöntem aynı çözümü üretmez, bu bakımdan bir birinden farklıdır. Bununla birlikte, yöntemlerden her biri belirli karar verme tercihlerini karşılamak için tasarlanmış olduğundan, ikisinden herhangi birinin daha üstün olduğu ileri sürülemez (Gass ve Harris 1996).

### Öncelikli Hedef Programlama

Ağırlıklı hedef programlama olarak da bilinen öncelikli hedef programlamada her hedef için bir ağırlık belirlenerek bu ağırlıklara göre amaç fonksiyonu oluşturulur.  $m$  adet hedeften oluşan bir hedef programlama probleminin  $i$  nci hedefi;

$$\text{Min } G_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

olarak ifade edildiğini varsayalım. Buna göre problemin birleşik amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = w_1 G_1 + w_2 G_2 + \dots + w_m G_m$$

şeklinde tanımlanır. Burada  $w_i$ , karar vericinin her hedef için düşündüğü göreceli önemi yansıtır. Örneğin her hedef için  $w_i = 1$  olursa bütün hedefler eşit ağırlıklı

(aynı öneme sahip) demektir. Ağırlıkların değerleri genellikle sübjektif olarak belirlenir (Winkofsky ve ark. 1981).

### Öncelikli Hedef Programlama

Önceliksiz hedef programlamada, hedeflerin görelî önemini kesin olarak belirleyebildiği kabul edilmektedir. Örneğin, kâr hedefinin ağırlığının 5 olduğu işgücü hedefinin altına inme durumundaki ağırlığın, işgücünün üstüne çıkma durumundaki ağırlığın 2 katı olduğu şirket tarafından belirtilebilir. Oysa gerçek hayatta karar verici çoğu zaman hedeflerin görelî önemini kesin olarak belirleyemez. Bu durumda öncelikli hedef programlamanın kullanılması daha uygun olabilir. Öncelikli hedef programlamada karar vericinin en önemliden (1nci hedeften) en önemsiz ( $m$  nci hedefe) doğru hedeflerini sıralaması gerekmektedir.  $i$  hedefine ait değişkenin amaç fonksiyonu katsayısı olarak  $P_i$  kullanılacak olursa;

$$P_1 \gg P_2 \gg P_3 \gg \dots \gg P_m$$

olduğu varsayılır. Yani 1nci hedefin ağırlığı 2nci hedefin ağırlığından çok büyük, 2nci hedefin ağırlığı 3ncü hedefin ağırlığından çok büyük olmak üzere hedefler arasında öncelikler oluşturulur.  $P_1 \gg P_2 \gg P_3 \gg \dots \gg P_m$  ile ilgili bu tanım karar vericinin önce en önemli hedefi (1nci hedefi) gerçekleştirilmeye çalışmasını sağlar. Daha sonra 1nci hedefi sağlayan noktalar arasında 2nci hedefe mümkün olduğu kadar yaklaştıran çözümü elde etmeye çalışır ve süreç bu şekilde devam eder. Herhangi bir hedef için elde edilebilecek en yakın nokta, daha öncelikli hedefteki bir sapmayı artırmaya başlayacak olan noktadır (Lee ve Kwak 1999).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Kırmızı ve Mavi Kuruluşları, Taktik Kullanımları

Bu kısımda; çalışmayı inceleyecek ve bu çalışma üzerine daha geniş bir çalışma yapacak olanların, askeri kavram ve terimler ile kuruluşlar ve kullanımları hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları amacı güdülmüştür.

Kırmızının veya mavinin doktrin olarak savunma ve taarruz hareketleri içerisindeki taktik düzenlerinden bahsedilmemiştir. Kabul edilecek olan senaryo da; tüm silah sistemlerinin birbirlerini bir arazi kesimi içerisinde aynı anda gördüğü kabul edilince taktik düzenlerin harekate etkisi kalmamıştır.

Kırmızı araçlarının hepsi zırhlı araç olan iki adet birlikten (toplam araç sayısı 60) ve araçlarının hepsi tank olan bir adet birlikten (toplam tank sayısı 30) oluşmaktadır.

Kırmızı Kuvveti karşısında düşünülecek olan Mavi Kuvveti ise model kuruluştan test edildikten sonra oluşturulacaktır. İki tarafın da silah sistemleri model olarak farklı olmakla beraber cins olarak aynıdır.

Mavi Kuvvetin kuruluşunun açıklaması şöyledir; normal olarak ya üç-dört adet zırhlı araç birimden ya da üç-dört adet Tank 'lı birimden oluşmaktadır. Tankların hareket kabiliyeti zırhlı araçlarla hemen hemen aynı iken, silahlarının güçlülüğü ve zırh koruma kabiliyeti ile zırhlı araçlardan avantajlıdır. Bu tip farklılıklardan dolayı kurulacak bir birlik içerisinde hem tank hem de zırhlı araçların olması istenir (Anonim 1995).

Bu çalışmada muharebenin kazanılmasında etkin rol oynayan ana silahlar olarak; Tank, Zırhlı Muharebe Aracı(ZMA) ve Zırhlı Tanksavar Silahı(ZTS) ele alınmıştır. Her bir tank ve zırhlı araç sadece kendi silah sistemleriyle muharebe sahası içerisinde yer alacaklardır (Anonim 1999).

### 3.2. Model Kurma

#### 3.2.1. Genel Hususlar

Çalışmanın bu bölümünde; uygulamanın iki aşaması da belirli bir senaryo içerisinde incelenecektir. Problemin tanımı şöyledir; taarruz eden bir düşman (Kırmızı) birliğine karşı savunma hareketi icra edecek dost (Mavi) Kuvvetinin muharebeyi kazanmak için ne kadar kuvvete ihtiyacı olduğu belirlenecek, daha sonra mavi birliğin teşkilat yapısına karar verilecek, sonunda mavi birliğin tank silah sistemlerinde yer alan mühimmat kapasitesinin etkinliği düşürmeden minimum maliyet gerektirecek hangi cins mühimmattan kaç adet yerleştirileceği tespit edilecektir.

Kuvvet, zaman ve mekan; bir muharebenin asıl dinamiklerini oluşturur. Değişken şartlar bir muharebenin kazanılması için gerekli olmakla beraber farklı kuvvet çarpanları ile (liderlik, moral, motivasyon...gibi) birleştiğinde etkilidir.

Kabul edilmelidir ki; muharebe sahası dinamik ve çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapıyı basit ve kontrol edilebilir bir hale getirmek gerekir. Komutanın en öncelikli görevlerinden birisi, muharebe sahasını şekillendirmektir. Bu çalışmada da gerçekte yapılmaya çalışılan husus; karar verici olan komutana muharebe sahasının şekillendirmesinde yardımcı olacak sayısal ve anlaşılabilir verileri sağlamaktır.

Miktar olarak fazla olan muharebe sahası bileşenlerini içeren simülasyon programları mevcuttur. Bu tip simülasyonlarla muharebe sahasının tamamı veya bir kısmının tam veya tama yakın modellenebileceği düşünülmektedir. Ayrıca simülasyonun bir avantajı da; kurulan bir modelin defalarca tekrar edilerek gerçekleşme aralığının tespit edilebilmesidir.

Bunun yanında, muharebeyi tam olarak simüle etmek için gereken çalışmalar, büyük ve koordineli bir çalışma grubuna, geniş zamana ve yüksek finansman desteğine ihtiyaç göstermektedir.

Bu bölümde sunulacak olan uygulamaların muharebeyi tam olarak simüle ettiği iddia edilmemektedir. Oluşturulan bir model üzerinde Senaryo içerisinde, sayısal hale dönüştürülmüş verilerin deterministik olarak denenmesinden

ibarettir. Uygulama; muharebenin kazanılmasında komutanın elinde olan en etkili silah sistemlerinin bir savunma hareketinde kullanılmasını ve tank silah sistemi içindeki mühimmat kapasitesinin etkili olarak belirlenmesini sağlamaktadır.

Öncelikle silah sistemlerinin statik bazda etkinlik değerleri kullanılacak, dinamik bazda ise muharebeye etki eden faktörler dikkate alınarak güç mukayesesi yapılacaktır.

### 3.2.2. Model I : Mavi Birliğin Muharebeyi Kazanması İçin Gereken Minimum Silah Sayısını Belirleme Modeli

#### 3.2.2.1. Modeli Oluşturma

Problemin tanımında belirtilenler haricinde istenen hususlar varsayımların olduğu ara durumlar aşağıdadır;

- a. Taarruz eden ve savunan iki karşı kuvvete ait Kuvvet Potansiyellerinin ayrı ayrı hesaplanması ile tarafların başarı şanslarının değerlendirildiği bir mukayese yapılabilir. Statik olarak Kuvvet Potansiyellerinin birbirlerine oranı ile hangi tarafın teorik olarak başarılı olabileceği belirtilmiştir(Başdaş 2003). Bu çalışmada, kuvvet potansiyellerinin statik olarak oranlanması esas olmakla beraber, Mavi birliğin teorik olarak muharebeyi kazanması için gereken şart, mavi silahlarının “toplam kuvvet potansiyeli” kırmızının toplam kuvvet potansiyelinin en az 1.15 katı olması olarak belirlenmiştir(Gazibey 2001). **(Muharebeyi Kazanabilme Kısıtı)** . Mavi birlik ve kırmızı birlik silah cinslerini temsil eden i ve j indisleri Muharebeyi Kazanabilme kısıtı için EK - 1 'deki gösterime, diğer kısıtlar için EK – 2 'deki gösterime göre belirlenecektir.
- b. Kırmızı birliğin her cins silahına, o silaha karşı kullanabilen mavi birlik silahları tarafından üstünlük sağlanması gerekmektedir.**(Üstünlük Sağlama Kısıtı)**kırmızı birliğin her cins silahının etkinliği, ilgili silahın kuvvet potansiyeli ile silah sayılarının çarpımından elde edilen “silah toplam kuvvet potansiyeli(STKP)” olarak adlandırılmıştır. (EK - 1) Benzer



şekilde mavi birliğin her cins silahının etkinliği ilgili silahın kuvvet potansiyeli ile kullanma olasılıklarının çarpımı sonucu elde edilen "olasılıklı kuvvet potansiyeli(OKP)" olarak adlandırılmıştır. Gerekli bilgiler EK – 2 'dedir.

- c. Muharebede silahların atış öncelikleri vardır. Örneğin, mavi tank nişancısı eş zamanda kırmızının tankını, ZMA 'sını ve ZTS 'sini görmektedir. Mavi tank nişancısı bu durumda önce kuvvet potansiyeli en fazla olan tanka en önce, daha sonra ZMA 'ya en son olarak ta ZTS 'ne ateş eder. Mavi silah cinslerinin kırmızı birlik silah cinslerine karşı kullanılma olasılıkları EK - 2 'de verilmiştir. Bu çizelgedeki bilgiler uzman personelin görüşlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Belirlenen olasılık değerlerinin bir varsayım olarak kabul edilmesinin doğru olacağı değerlendirilmektedir. Değişik şart ve senaryolarda kullanıcı olasılıkları farklı yorumlayabilir ve kendi geliştireceği modele adapte edebilir. herhangi bir cins kırmızı silahına karşı kullanılabilen mavi birlik silah cinslerinin sayılarıyla, kullanılma olasılıklarının çarpımlarının toplanmasıyla elde edilen değer, "toplam kullanılabilirlik değeri" olarak tanımlanmıştır. Kırmızı birlik her cins silahına karşı mavi birlik ilgili "toplam kullanılabilirlik değeri" en az kırmızı birlik ilgili silah sayısının yarısı olmalıdır(Gazibey 2001). **(Toplam Kullanılabilirlik Değeri Kısıtı)** Bu kısıtın sağlayacağı diğer bir avantaj da; her cins kırmızı silahına karşı üstünlük sağlamak için öncelikle mavinin silahlarından ilgili kırmızı silaha karşı kullanma olasılığı en yüksek olan silahların tercih edilmesidir.
- d. Mavi birlik Çizelge 4.1. 'de verilen minimum silah sayılarının altına inememekte ve maksimum silah sayılarının üstüne çıkamamaktadır. **(Teşkilat Yapısı Kısıtı)** Mavi birlik komutanının yukarıda açıklanan hususların hepsinin sağlaması durumunda silah sayılarının artacağı hatta maksimum sayılara ulaşabileceği değerlendirilmiştir. Mavi için kullanılacak minimum ve maksimum silah sayıları bilindiğinden hem gereğinden fazla silah kullanılmamış olacaktır, hem de üst birliğin elindeki silah ihtiyatının tamamının kullanılmaması sağlanacaktır.



### 3.2.2.2. Problemin Tamsayılı Hedef Programlama Yaklaşımıyla Modellenmesi

Öncelikle Karar Değişkenleri ve Sapma Değişkenleri tanımlanırsa, Karar değişkenleri; mavi birliğin muharebeyi kazanmak için ihtiyaç duyduğu silah cinslerinin sayısıdır. Karar Değişkenleri;

$x_j$  = mavi birlik  $j$  nci silah cinsinin sayısı ( $j = 1, 2, 3$ )

olmak üzere şöyle tanımlanmaktadır:

$x_1$  = tank sayısı,

$x_2$  = zırhlı muharebe aracı(ZMA) sayısı,

$x_3$  = zırhlı tanksavar aracı(ZTS) sayısı,

Sapma değişkenleri;

$e_i$  =  $i$  nci hedefin altında kalan miktar veya hedeften negatif yönde sapma,

$f_i$  =  $i$  nci hedefin üstüne çıkan miktar veya hedeften pozitif yönde sapma.

Mavi Birlik komutanının belirlediği hedeflerde meydana gelecek istenmeyen yöndeki sapmaları minimize edecek olan tamsayılı hedef programlama modeli şöyle olacaktır:

Amaç fonksiyonu:

Minimize edilmek istenen sapma değişkenleri;

$f_i$  = üstünlük sağlama hedefinden pozitif yönde sapmalar,

$e_i$  = toplam kullanılabilirlik değeri hedefinden negatif yönde sapmalar

olmak üzere amaç fonksiyonu şöyle olacaktır:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^2 W_i G_i \quad (1)$$

$$G_1 = \sum_{i=1}^3 f_i \quad (1.a)$$

$$G_2 = \sum_{k=4}^6 e_k \quad (1.b)$$

Kısıtlar:

a) 1nci grup kısıtlar: Muharebeyi kazanabilme kısıtlarıdır.

$a_j$  = mavi birlik  $j$  nci silahının kuvvet potansiyeli,

$b_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silahının STKP' lerinin toplamının (EK-1) 1,15 katı olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^3 a_j x_j \geq \sum_{i=1}^3 b_i \quad (2)$$

b) 2nci grup kısıtlar: Üstünlük sağlama kısıtlarıdır.

$d_{ij}$  = mavi birlik  $j$  nci silahının kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı olasılıklı kuvvet potansiyeli,

$r_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silahının toplam kuvvet potansiyeli (EK-1 ve EK-2) olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^3 d_{ij} x_j \geq r_i \quad i = 1,2,3$$

Hedef programlamada hedefler bir biriyle çelişebileceği için yapabileceğimiz en iyi şey uzlaşık çözüme ulaşmaktır. Bunu sağlamak için her eşitsizlik kısıtı, gerekirse kısıtların ihlal edilebileceği bir esnek kısıta dönüştürülür (Taha 2000). Yukarıdaki kısıtlar, esnek kısıtlar olarak şöyle ifade edilir:

$$\sum_{j=1}^3 d_{ij} x_j + e_i - f_i = r_i \quad i = 1,2,3 \quad (3)$$

c) 3ncü grup kısıtlar: Toplam kullanılabilirlik değeri kısıtlarıdır.

$p_{ij}$  = mavi birlik  $j$  nci silahının kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı kullanılma olasılığı (EK-2),

$s_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silahının sayısının 0,5 katı

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^3 p_{ij} x_j \geq s_i \quad i = 1,2,3$$

Uzlaşık çözüme ulaşabilmek için oluşturulan esnekleştirilmiş kısıt şöyledir;

$$\sum_{j=1}^3 p_{ij}x_j + e_k - f_k = s_i \quad i = 1,2,3 \text{ ve } k = 4,5,6 \quad (4)$$

d) 4ncü grup kısıtlar: Minimum silah sayısı kısıtlarıdır.

$g_j$  = mavi birlik  $j$  nci silahının minimum sayısı

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$x_j \geq g_j \quad j = 1,2,3 \quad (5)$$

e) 5nci grup kısıtlar: Maksimum silah sayısı kısıtlarıdır.

$h_j$  = mavi birlik  $j$  nci silahının maksimum sayısı

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$x_j \leq h_j \quad j = 1,2,3 \quad (6)$$

f) 6ncı grup kısıtlar: Karar değişkenleri ve sapma değişkenleri negatif değer almamalı ve karar değişkenleri tamsayı olmalıdır.

$$\begin{aligned} x_j &\geq 0 \text{ ve tamsayı} & j &= 1,2,3 \\ e_i, f_i &\geq 0 & i &= 1,2,3 \\ e_k, f_k &\geq 0 & k &= 4,5,6 \end{aligned} \quad (7)$$

Amaç fonksiyonu ve kısıtların hepsini içeren modelin genel formülasyonu şöyledir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^2 W_i G_i \quad (1)$$

Kısıtlar :

$$\sum_{j=1}^3 a_{ij}x_j \geq \sum_{i=1}^3 b_i \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^3 d_{ij}x_j + e_i - f_i = r_i \quad i = 1,2,3 \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^3 p_{ij}x_j + e_k - f_k = s_i \quad i = 1,2,3 \text{ ve } k = 4,5,6 \quad (4)$$

$$x_j \geq g_j \quad j = 1,2,3 \quad (5)$$

$$x_j \leq h_j \quad j = 1,2,3 \quad (6)$$

$$\begin{array}{ll}
x_j \geq 0 \text{ ve tamsayı} & j = 1,2,3 \\
e_i, f_i \geq 0 & i = 1,2,3 \\
e_k, f_k \geq 0 & k = 4,5,6
\end{array} \quad (7)$$

Sonuç olarak; mavi birlik komutanı muharebeyi kazanabilmek için ihtiyaç duyulan silah sayısını belirlemek maksadıyla aşağıdaki hedefleri ortaya koymuştur:

- Kırmızı birliğin her cins silahına, o silaha karşı kullanılabilen(ateş edebilen) mavi birlik silahları tarafından üstünlük sağlanması istenilmekte; ancak üstünlük sağlamak için gereğinden fazla güç kullanılması istenmemektedir.( **Üstünlük Sağlama Hedefi**)
- Kırmızı birliğin her cins silahı için, ona karşı kullanılabilen mavi silahların Toplam Kullanılabilirlik değeri en az kırmızı birlik ilgili silah sayısının yarısı kadar olmalıdır.(**Toplam Kullanılabilirlik Değeri Hedefi**)

Silah sayılarının belirlenmesi için Önceliksiz (Ağırlıklı) Hedef Programlama kullanılacaktır. Hedeflerin ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Problemden üstünlük hedefinin diğer hedeften iki kat daha fazla öneme sahip olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle; birinci hedefin ağırlığı 2 (iki), ikinci hedefin ağırlığı 1 (bir) olduğu kabul edilmiştir. Mavi birlik komutanı olarak, yukarıdaki hedefler göz önünde bulundurularak, muharebenin kazanılması için ne kadar silaha ihtiyaç duyulduğu belirlenmeye çalışılacaktır

### 3.2.3. Model II : Mavi Birlik Tankının Mühimmat Kapasitesinin Mühimmat Cinslerine Göre Yerleştirilmesi Modeli

#### 3.2.3.1. Modeli Oluşturma

Çalışmanın birinci bölümünde mavinin muharebeyi kazanabilmesi için gerekli olan minimum silah sayıları belirlenmişti. Çalışmanın ikinci bölümünde ise birinci bölümdeki modeli bir ileri aşamaya taşıyarak hem birliğin ana silahı

olan tank için muharebede kullanılabileceği mühimmat miktarları hesaplanacak hem de maliyet belirlenen bir seviyede tutulacaktır. Tank silah sistemi içerisinde toplam mühimmat kapasitesi sınırlıdır. (Anonim 1995) Günümüze kadar olan muharebelerden elde edilen tecrübelerle göre mühimmat cinsleri yerleştirilmektedir. Daha sonra herhangi bir cins mühimmat lazım olduğunda ikmal yoluyla bütünlemesi yapılacağı düşünülmektedir.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda akla şu düşünce gelmektedir: " O halde, etkinlik değeri en fazla olan mühimmattan azami miktarda alınırsa problem ortadan kalkacaktır!". Bu düşüncenin iki dezavantajı vardır; Birincisi; maliyetler konusu , ikincisi ise; her cins kırmızı silahına karşı kullanılma olasılıkları. Dezavantajlardan anlaşılacağı üzere, çalışmanın bu bölümünde mühimmatların etkinliğini ön planda tutarak maliyetleri minimum bir seviyede sabitleme durumu araştırılacak ve mühimmat sayıları hesaplanmaya çalışılacaktır.

EK – 4 'te her cins tank mühimmatının kırmızı birlik silahlarına karşı kullanılma olasılıkları ve olasılıklı kuvvet potansiyelleri (OKP) verilmiştir. Bu değerler tespit edilirken uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Başka çalışmalar yapacak kişiler bu değerleri farklı olarak hesaplayabilirler. EK-4'teki tabloda görüleceği gibi etkinliği en yüksek olan A tipi mühimmat ile mühimmat kapasitesinin hepsini doldurursak, %50 olasılıkla kırmızı tankına karşı kullanılacak mühimmat, daha zayıf zırh kabiliyetine sahip olan ZMA ve ZTS 'ye (%20 ve % 30 olasılıkla) gereksiz kullanılmak durumunda kalacaktır. Halbuki amaç kırmızıya karşı etkinliği yüksek tutarken maliyetlerin minimum bir düzeyde sabitlenebileceği uzlaşık bir çözüm bulmak olmalıdır.

Hatırlanacağı gibi 1nci modelde tank, ZMA ve ZTS 'lerin bulunduğu karma bir birlik teşkilat yapısına karar verilecekti. Ancak Mühimmat kapasitesinin yerleştirilmesi modelinde hesaplanacak olan, Mavi tank birliği içerisindeki mühimmat cinsleri olduğu için; Kırmızı birliğin karşısına sadece tanklardan oluşan bir birliğin konulması gerekecektir. Bu hesaplamanın bir yararı da, muharebenin diğer oyuncularını(ZMA ve ZTS 'ler) muharebenin kazanılmasında artı güç etkisi yapacaktır.

Yukarıda belirtilenler haricinde istenen hususlar ve varsayımlar şunlardır;

1.Mavi birlik tanklarında bulunan mühimmatların değerlerinin, ilgili kırmızı silah "toplam kuvvet potansiyeline" eşit veya büyük olması gerekmektedir.

**(Muharebeyi Kazanabilme Kısıtı)**

Dikkat edilirse, çalışmanın birinci bölümünde model kurulurken taarruz edene karşı, muharebeyi kazanmak için savunan kuvvetin 1.15 oranında bir katsayı üstünlüğü olması istenmekteydi (Gazibey 2001), ancak; sadece tank içerisindeki mühimmat kapasitesi yerleştirilmesi amaçlandığından, Mühimmat Kapasite Belirleme probleminin modellenmesinde kuvvet potansiyelleri arasındaki oranın en az 1(bir) olması istenecektir. Kırmızı silah cinsleri için gereken "Toplam Kuvvet Potansiyeli" değerleri EK – 1 'den bakılacaktır.

2. Kırmızı birliğin her silahına karşı mavi birlik tankı mühimmat cinsleri tarafından üstünlük sağlanması gerekmektedir. (**Üstünlük Sağlama Kısıtı**) burada mavi tankın her cins mühimmatının hareket etkinliği ilgili mühimmatın kırmızı cins silahlarına karşı kullanılma olasılıklarının çarpımı sonucunda elde edilen "Olasılıklı Kuvvet Potansiyeli (OKP)" olarak alınmıştır. Gerekli bilgiler EK – 4 'tedir.

3. Birinci modelde açıklanan nedenlerden ötürü, her silahın karşısına çıkan hedefe karşı ateş önceliği olduğu gibi , her mühimmatında hedeflere karşı ateş öncelikleri ve oranları vardır. Buradaki oranlar uzman görüşlerine başvurularak belirlenmiştir. Alınacak oranlar EK – 4 'teki tabloda verilmiştir. Kırmızı birlik herhangi bir cins silahına karşı kullanabilen mavi tank mühimmat cinslerinin sayılarıyla kullanılma olasılıklarının çarpımı sonucu elde edilen değer; "Toplam Kullanılabilirlik Değeridir" . Bu değer en az kırmızı birlik ilgili silah sayısının yarısı kadar olmalıdır(Gazibey 2001). (**Toplam Kullanılabilirlik Değeri Kısıtı**)

4. Her bir tankın mühimmat taşıma kapasitesi sınırlıdır (Anonim 1999). (**Mühimmat Miktarı Kısıtı**)

5. Her bir tank için maksimum bir maliyet belirlenmiştir. Mühimmat sayıları ile maliyetlerinin çarpımlarının toplamının belirli bir maliyet değerini geçmesi istenmemektedir.(Anonim 1999) (**Maliyet Kısıtı**)

6. Mühimmat cinslerinin farklı etkisi dolayısıyla, tankın içerisinde her mühimmat cinsinden bulunması istenmektedir. (**Minimum Mühimmat Sayısı Kısıtı**)

### 3.2.3.2. Problemin Tamsayılı Hedef Programlama Yaklaşımı İle Modellenmesi

Öncelikle karar değişkenlerini ve sapma değişkenlerini tanımlanırsa, Karar değişkenleri mavi birlik tankının içerisindeki mühimmat cinslerinin sayısıdır.

$x_j = j$  nci tank mühimmat cinsinin sayısı ( $j = 1, 2, 3, 4$ )  
olmak üzere şöyle tanımlanmaktadır:

$x_1 = A$  tipi mühimmat sayısı,

$x_2 = B$  tipi mühimmat sayısı,

$x_3 = C$  tipi mühimmat sayısı,

$x_4 = D$  tipi mühimmat sayısı

Sapma değişkenleri;

$e_i = i$  nci hedefin altında kalan miktar veya hedeften negatif yönde sapma,

$f_i = i$  nci hedefin üstüne çıkan miktar veya hedeften pozitif yönde sapma.

Belirlenen hedeflerde meydana gelecek istenmeyen yöndeki sapmaları minimize edecek olan tamsayılı hedef programlama modeli şöyle olacaktır:

Amaç fonksiyonu:

Minimize edilmek istenen sapma değişkenleri;

$f_i =$  üstünlük sağlama hedefinden pozitif yönde sapmalar,

$e_i =$  toplam kullanılabilirlik değeri hedefinden negatif yönde sapmalar

olmak üzere amaç fonksiyonu şöyle olacaktır:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^2 W_i G_i \quad (8)$$

$$G_1 = \sum_{i=1}^3 f_i \quad (8.a)$$

$$G_2 = \sum_{k=4}^6 e_k \quad (8.b)$$

Kısıtlar:

a) 1nci grup kısıtlar: Muharebeyi kazanabilme kısıtlarıdır.

$a_j$  = bir tanktaki  $j$  nci mühimmatın etkinlik değeri,

$b_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silahının STKP' lerinin toplamı (EK-1)

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^4 a_j x_j \geq \sum_{i=1}^3 b_i \quad (9)$$

b) 2nci grup kısıtlar: Üstünlük sağlama kısıtlarıdır.

$d_{ij}$  =  $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı olasılıklı etkinlik değeri,

$r_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silahının toplam kuvvet potansiyeli (EK-1 )

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^4 d_{ij} x_j \geq r_i \quad i = 1,2,3$$

Hedef programlamada hedefler bir biriyle çelişebileceği için yapabileceğimiz en iyi şey uzlaşık çözüme ulaşmaktır. Bunu sağlamak için her eşitsizlik kısıtı, gerekirse kısıtların ihlal edilebileceği bir esnek kısıta dönüştürülür(Taha 2000). Yukarıdaki kısıtlar, esnek kısıtlar olarak şöyle ifade edilir:

$$\sum_{j=1}^4 d_{ij} x_j + e_i - f_i = r_i \quad i = 1,2,3 \quad (10)$$

c) 3ncü grup kısıtlar: Toplam kullanılabilirlik değeri kısıtlarıdır.

$p_{ij}$  =  $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı kullanılma olasılığı (EK-4),

$s_i$  = kırmızı birlik  $i$  nci silah sayısının 0,5 katı

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^4 p_{ij} x_j \geq s_i \quad i = 1,2,3$$



Uzlaşık çözüme ulaşabilmek için oluşturulan esnekleştirilmiş kısıt şöyledir;

$$\sum_{j=1}^4 p_{ij}x_j + e_k - f_k = s_i \quad i = 1,2,3 \text{ ve } k = 4,5,6 \quad (11)$$

d) 4ncü grup kısıtlar: Mühimmat Miktarı Kısıtı.

$k$  = Bir tankın mühimmat kapasitesi olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^4 x_j = k \quad (12)$$

e) 5nci grup kısıtlar: Maliyet kısıtıdır.

$c_j$  = bir tanktaki  $j$  nci tip mühimmatın maliyeti ve

$m$  = bir tanktaki toplam maliyet

olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$\sum_{j=1}^4 x_j c_j \leq m \quad (13)$$

f) 6ncı grup kısıtlar: minimum mühimmat sayısı kısıtıdır.

$l_j$  = her cins mühimmattan bir tank içerisinde olması istenen minimum değer olmak üzere genel formülasyon şöyledir:

$$x_j \geq l_j \quad j = 1,2,3,4 \quad (14)$$

g) 7nci grup kısıtlar: Karar değişkenleri ve sapma değişkenleri negatif değer almamalı ve karar değişkenleri tamsayı olmalıdır.

$$\begin{aligned} x_j &\geq 0 \text{ ve tamsayı} & j &= 1,2,3,4 \\ e_i, f_i &\geq 0 & i &= 1,2,3 \\ e_k, f_k &\geq 0 & k &= 4,5,6 \end{aligned} \quad (15)$$

Amaç fonksiyonu ve kısıtların hepsini içeren modelin genel formülasyonu şöyledir;

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^2 W_i G_i \quad (8)$$

Kısıtlar :

$$\sum_{j=1}^4 a_{ij}x_j \geq \sum_{i=1}^3 b_i \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^4 d_{ij}x_j + e_i - f_i = n_i \quad i = 1,2,3 \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^4 p_{kj}x_j + e_k - f_k = s_i \quad i = 1,2,3 \text{ ve } k = 4,5,6 \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^4 x_j = k \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^4 x_j c_j \leq m \quad (13)$$

$$x_j \geq l_j \quad j = 1,2,3,4 \quad (14)$$

$$\begin{aligned} x_j &\geq 0 \text{ ve tamsayı} & j &= 1,2,3,4 \\ e_i, f_i &\geq 0 & i &= 1,2,3 \\ e_k, f_k &\geq 0 & k &= 4,5,6 \end{aligned} \quad (15)$$

İncelemede dört cins mühimmat tanımlanmaktadır. Bunlar: A tipi mühimmat, B tipi mühimmat, C tipi mühimmat, D tipi mühimmat.

Her cins mühimmat her cins silaha göre hesaplanan hareket etkinliğine benzer biçimde Doğruluk, Hassasiyet, Darbe Özelliği gibi bir takım değerlendirmeler sonucunda bir puanlamaya tabi tutulmuştur. Bu puanlama neticesinde A tipi mühimmat 10.51, B tipi mühimmat 8.76, C tipi mühimmat 7.24, D tipi mühimmat 6.38 değerlerini almıştır. Bunun yanı sıra mühimmat cinsinin, etkinlik değerinde olduğu gibi maliyetleri de vardır. Bunlar da; (burada verilen maliyet değerleri kabaca belirlenmiş olup gerçek değerlerini yansıtmamaktadır.) A tipi mühimmat için 1350 birim, B tipi mühimmat için 850 birim, C tipi mühimmat için 750 birim, D tipi mühimmat için 650 birimdir.

Sonuç olarak; mavi birliğin ana muharebe silahı olan tank için mühimmat kapasitesinin etkin ve maliyetinin düşük olması için şu hedefler ortaya konmuştur:

- a. Kırmızı birliğin her cins silahına karşı kullanabilen mühimmat cinsleri tarafından üstünlük sağlanması istenmekte ancak gereğinden fazla güç kullanılması istenmemektedir. (**Üstünlük Sağlama Hedefi**)
- b. Kırmızı birliğin her cins silahı için, ona karşı kullanılabilen mühimmatların toplam kullanılabilirlik değeri en az ilgili kırmızı birlik silah sayısının yarısı kadar olmalıdır. (**Toplam Kullanılabilirlik Değeri Hedefi**)

Uygulamanın bu bölümünde de Önceliksiz Hedef Programlama kullanılacaktır. Problemden üstünlük sağlama hedefinin diğer hedeften iki kat daha fazla öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle birinci hedefin ağırlığı 2, ikinci hedefin ise 1 olarak alınmıştır.



#### 4. UYGULAMA ve ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Muharebe Sahası Senaryosu içinde kabul edilen durumlar, Kırmızı ve Mavi birliklerin muharebe şartlarında silah kuvvet potansiyellerini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörler EK – 1 'de Çevresel faktörler ve Harekat faktörleri çarpanı olarak kullanılmışlardır.

##### 4.1. Muharebe Sahası Senaryosu

###### Genel Durum

**KIRMIZI:** Daha önce icra ettiği muharebelerde başarı sağlamış, şu anda taarruz hazırlıklarını sürdürmektedir.

**MAVİ:** Daha önceki muharebelerde başarısız olmuş, savunma için hazırlıklarını sürdürmektedir.

###### Çevresel Faktörler

Arazi yer yer ağaçlıklı ve engebelidir. Yine de zırhlı birlik hareketine müsaittir. Hava kuru, kapalı ve aşırı sıcaktır.

###### Harekat Faktörleri

**KIRMIZI:** komutanları iyi lider, eğitimleri iyi, moralleri orta, lojistik ikmal noktalarından uzaklaştıkları için %51 - %70 düzeyindedir.

**MAVİ:** komutanları iyi lider, eğitimleri iyi, moralleri düşük, lojistik destek kabiliyeti kendi ikmal noktalarına yakın olduğu için %81 - %90 seviyesindedir.

###### Silah ve Mühimmat Durumu

Her iki taraf modelleri farklı olmakla beraber aynı cins silahlara sahiptir. Mavi, kırmızıdan gelecek istihbarat bilgilerini değerlendirdikten sonra silah sayılarına ve teşkilat yapısına karar verecektir. Mavinin doktrin olarak savunma hareketinde kullanabileceği minimum ve maksimum silah sayıları Çizelge 4.1. 'de belirtilmiştir. Bu çizelge şimdiye kadar yapılan benzer muharebelerde kullanıldığı tespit edilmiş silah cins ve sayılarıdır.

Çizelge 4.1. Mavi ve Kırmızı Silah Sayıları

SİLAH CİNSLERİ, BİRLİKLER	TANK	ZIRHLI MUHAREBE ARACI (ZMA)	ZIRHLI TANKSAVAR ARACI (ZTS)
<b>KIRMIZI BİRLİK SİLAH SAYILARI</b>	30	60	21
MAVİ BİRLİK MINİMUM SİLAH SAYILARI	10	10	4
MAVİ BİRLİK MAKSİMUM SİLAH SAYILARI	30	30	10

### Diğer Hususlar

Muharebe sahası; hareket faktörlerinde yer alan personel ile ilgili özellikler hariç, sadece silahlar ile şekillendirilebilecektir. Tüm silah sistemleri birbirlerini etkileyecek mesafede kabul edilmiştir. Çatışmada her silah hedef önceliği ağırlandırılmış olarak hedefini vurur.(örneğin, mavinin bir tankı, karşısındaki hedeflerden %50 olasılıkla tanka, %40 olasılıkla ZMA' ya, %10 olasılıkla da ZTS 'ye ateş edecektir.) Bir hedefi vuran bir silah daha sonra diğer hedefe yönlenebilecektir. Muharebenin bir zaman sınırlaması yoktur. İki taraftan birinin silahları imha olduğu anda çatışma sona erecektir. Model oluştururken açıklanacak ara durumlar dışında muharebedeki genel durum yukarıdaki gibidir.

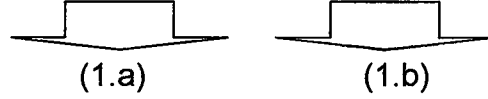
### 4.2. Minimum Silah Sayısını Belirleme Modeli Uygulaması

Silah sayısını belirlemek için kurulan modelde iki hedef ortaya konulmuştur. Birinci hedef, kırmızı birliğin her cins silahına, o silaha karşı kullanılabilen (ateş edebilen) mavi birlik silahları tarafından üstünlük sağlanması ancak üstünlük sağlamak için gereğinden fazla güç kullanılmaması; ikinci hedef ise kırmızı birlik her cins silahı için mavi birlik ilgili "toplam kullanılabilirlik değerinin" en az kırmızı birlik ilgili silah sayısının yarısı kadar olmasıdır.

Amaç fonksiyonu ve kısıtların hepsini içeren modelin<sup>1</sup> açık yazılımı aşağıdadır:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = (2f_1 + 2f_2 + 2f_3) + (e_4 + e_5 + e_6) \quad (1)$$



1nci hedeften pozitif yönde, 2nci hedeften negatif yönde sapmalar minimize edilmek istendiğinden, amaç fonksiyonuna sadece ilgili sapma değişkenleri alınmıştır.

Kısıtlar:

1nci Grup Kısıtlar: Muharebeyi Kazanabilme Kısıtı (2)

$$\underbrace{582.244x_1 + 268.963x_2 + 73.917x_3}_{a_j} \geq \underbrace{17177.646}_{b_i}$$

$a_j$  (mavi birlik  $j$  nci silahının kuvvet potansiyeli): Mavinin her bir silah cinsinin KP değeri.(EK – 1 'den bulunabilir)

$b_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silahının silah toplam kuvvet potansiyelleri toplamı): kırmızı silahlarının STKP 'lerinin toplam değerinin 1.15 katı.(EK – 1 'den hesaplanabilir)

2nci Grup Kısıtlar: Üstünlük Sağlama Kısıtı (3)

$$\underbrace{291.122x_1 + 80.689x_2 + 25.871x_3 + e_1 - f_1}_{d_{ij}} = \underbrace{6757.47}_{r_i} \quad \text{!Kırmızı Tank}$$

$$232.897x_1 + 161.378x_2 + 18.479x_3 + e_2 - f_2 = 7599.3 \quad \text{!Kırmızı ZMA}$$

$$58.224x_1 + 26.896x_2 + 29.567x_3 + e_3 - f_3 = 580.314 \quad \text{!Kırmızı ZTS}$$

$d_{ij}$  ( $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı olasılıklı kuvvet potansiyeli): Mavinin her cins silahının, ilgili kırmızı silahına karşı OKP 'si. (EK – 2 'den bulunabilir)

<sup>1</sup> Modelin LINDO ,daki yazılımı aynen verilmiştir.

$r_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silahının toplam kuvvet potansiyeli): İlgili kırmızı silahının STKP 'si. (EK – 1 'den bulunabilir)

3ncü Grup Kısıtlar: Toplam Kullanılabilirlik Değeri Kısıtı (4)

$$\underline{0.5x_1 + 0.3x_2 + 0.35x_3 + e_4 - f_4 = 15} \quad \text{!Kırmızı Tank}$$

$p_{ij}$

$s_i$

$$0.4x_1 + 0.6x_2 + 0.25x_3 + e_5 - f_5 = 30 \quad \text{!Kırmızı ZMA}$$

$$0.1x_1 + 0.1x_2 + 0.4x_3 + e_6 - f_6 = 10.5 \quad \text{!Kırmızı ZTS}$$

$p_{ij}$  ( $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı kullanılma olasılığı):  
Mavinin her cins silahının, ilgili kırmızı silahına karşı kullanma olasılığı.  
(EK – 2 'den bulunabilir)

$s_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silah sayısının 0,5 katı): ilgili kırmızı silahının toplam sayısının yarısı

4ncü Grup Kısıtlar: Minimum Silah Sayısı Kısıtı (5)  
( Çizelge 4.1. den bulunabilir)

$$x_1 \geq 10$$

$$x_2 \geq 10$$

$$x_3 \geq 4$$

5nci Grup Kısıtlar: Maksimum Silah Sayısı Kısıtı (6)  
( Çizelge 4.1. den bulunabilir)

$$x_1 \leq 30$$

$$x_2 \leq 30$$

$$x_3 \leq 10$$

Mavi birlik silah sayılarını belirlemek için geliştirilen model Lindo yazılımı kullanılarak çözülmüş ve sonuçları EK-3'de verilmiştir.

### 4.3. Mühimmat Kapasite Belirleme Modeli Uygulaması

Çalışmanın bir diğer amacı olan her bir tankın mühimmat haznelere yerleştirilecek (maliyetler belirlenen minimum bir düzeyde sabitlenerek) mühimmat cinslerine karar vermek için oluşturulan modelde de, uygulamanın ilk aşamasında yararlanılan modeldeki benzer hedefleri alınmıştır.

İkinci aşamadaki birinci hedef, kırmızı her cins silahına karşı ateş edebilen mavi tank mühimmat cinsleri tarafından üstünlük sağlanması ancak üstünlük sağlanırken gereksiz maliyeti önlenmesiydi. İkinci hedef ise, Kırmızı birliğin her cins silahı için, ona karşı kullanılabilen mühimmatların toplam kullanılabilirlik değeri en az ilgili kırmızı birlik silah sayısının yarısı kadar olmasıydı.

Amaç fonksiyonu ve kısıtların hepsini içeren modelin<sup>1</sup> açık yazılımı aşağıdadır:

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \underbrace{(2f_1 + 2f_2 + 2f_3)}_{(8.a)} + \underbrace{(e_4 + e_5 + e_6)}_{(8.b)} \quad (8)$$

1nci hedeften pozitif yönde, 2nci hedeften negatif yönde sapmalar minimize edilmek istendiğinden, amaç fonksiyonuna sadece ilgili sapma değişkenleri alınmıştır.

Kısıtlar:

1nci Grup Kısıtlar: Muharebeyi Kazanabilme Kısıtı (9)

$$\underbrace{420.4x_1 + 350.4x_2 + 289.6x_3 + 255.2x_4}_{a_j} \geq \underbrace{14937.084}_{b_i}$$

$a_j$  (mavi birlik  $j$  nci silahının kuvvet potansiyeli): Her bir mühimmat cinsinin Toplam OKP değerinin, toplam tank sayısı ile çarpımı.(EK – 4 'ten bulunabilir)  
 $b_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silahının silah toplam kuvvet potansiyelleri): kırmızı silahlarının STKP 'lerinin toplam değeri.(EK – 1 'den hesaplanabilir)



2nci Grup Kısıtlar: Üstünlük Sağlama Kısıtı (10)

$$\underbrace{210.2x_1 + 175.2x_2 + 57.92x_3 + 51.04x_4 + e_1 - f_1}_{d_{ij}} = \underbrace{6757.47}_{r_i} \quad \text{!Kırmızı Tank}$$

$$84.08x_1 + 105.12x_2 + 115.84x_3 + 102.08x_4 + e_2 - f_2 = 7599.3 \quad \text{!Kırmızı ZMA}$$

$$126.12x_1 + 70.08x_2 + 115.84x_3 + 102.08x_4 + e_3 - f_3 = 580.314 \quad \text{!Kırmızı ZTS}$$

$d_{ij}$  ( $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı olasılıklı kuvvet potansiyeli): Her bir cins mühimmatın, ilgili kırmızı silahına karşı OKP 'si. (EK – 4 'ten bulunabilir)

$r_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silahının toplam kuvvet potansiyeli): İlgili kırmızı silahının STKP 'si. (EK – 1 'den bulunabilir)

3ncü Grup Kısıtlar: Toplam Kullanılabilirlik Değeri Kısıtı (11)

$$\underbrace{0.50x_1 + 0.50x_2 + 0.20x_3 + 0.20x_4 + e_4 - f_4}_{p_{ij}} = \underbrace{15}_{s_i} \quad \text{!Kırmızı Tank}$$

$$0.20x_1 + 0.30x_2 + 0.40x_3 + 0.40x_4 + e_5 - f_5 = 30 \quad \text{!Kırmızı ZMA}$$

$$0.30x_1 + 0.20x_2 + 0.40x_3 + 0.40x_4 + e_6 - f_6 = 10.5 \quad \text{!Kırmızı ZTS}$$

$p_{ij}$  ( $j$  nci tip mühimmatın kırmızı birlik  $i$  nci silahına karşı kullanılma olasılığı): Her bir cins mühimmatın, ilgili kırmızı silahına karşı kullanma olasılığı. (EK – 4 'ten bulunabilir)

$s_i$  (kırmızı birlik  $i$  nci silahının sayısının 0,5 katı): ilgili kırmızı silahının toplam sayısının yarısı.

<sup>1</sup> Modelin LINDO ,daki yazılımı aynen verilmiştir.

4ncü Grup Kısıtlar: Mühimmat Sayısı Kısıtı (12)  
 $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = k$  (  $k$  değeri 54 adet alınmıştır)

5nci Grup Kısıtlar: Maliyet Kısıtı (13)  
 $1350x_1 + 850x_2 + 750x_3 + 650x_4 \leq m$  (  $m$  değeri 50000 birim alınmıştır)

$c_j$

$c_j$  (bir tanktaki  $j$  nci tip mühimmatın maliyeti): Senaryoda bu değerler ; A tipi mühimmat için 1350, B tipi mühimmat için 850, C tipi mühimmat için 750, D tipi mühimmat için 650 olarak alınmıştır.

6ncı Grup Kısıtlar: Minimum Mühimmat Sayısı Kısıtı (14)  
 $x_1, x_2, x_3, x_4 \geq l_j$  (her mühimmat cinsi için bulundurulması gereken minimum değer 10 adet alınmıştır)

Model, hedef programlama tekniği ile matematiksel olarak modellenmiş ve LİNDİO yazılımı kullanılarak çözülmüş, sonuçları EK – 5 'te verilmiştir.

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Muharebe Modellemenin Tartışılması

Silah teknolojisindeki araştırma ve geliştirme için sürdürülen yoğun çalışmalar ve bu amaçla harcanan paralar göz önüne alındığında; günümüz muharebe sahasının özelliklerinin büyük bir hızla değişmekte olduğu görülmektedir. 10-20 yıl sonrasının muharebe sahasının nasıl olacağını bugünden gerçekçi olarak görülebilmesi oldukça güçtür.

Komutanlar, hızla değişen, karmaşık ve çok bileşenli bir yapıya sahip muharebe sahasında doğru kararlar verebilmek için bilgi teknolojilerinden ve karar destek yöntemlerinden faydalanmalıdırlar.

Sınırlı kaynakların kullanımını optimum kılmaya çalışan yaklaşımdan dolayı yöneylem araştırması teknikleri, topyekün savaştan küçük birlik muharebelerine kadar birçok senaryoda karar destek amacıyla 2 nci Dünya Savaşı'ndan beri kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında da, yöneylem araştırması teknikleri, muharebeyi kazanmak için muharebe sahası değişkenlerinden silah sayılarına ve mühimmat kapasitelerine karar vermede kullanılmıştır.

Çalışmada, optimum silah sayısının belirlenmesinde ve her bir tank için mühimmat kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan tüm karar değişkenlerinin tamsayı olması ve birden fazla amacın olması nedeniyle tamsayılı hedef programlama kullanılmıştır.

Taktik hareketin; okuyucuya çalışmayı incelemek için gerekli olacak kadar bilgilerinden bahsedilmiş, birlik ve silah hareket etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Daha sonra tamsayılı hedef programlama, muharebe senaryosuna uygulanmıştır. Uygulama iki aşamalıdır. Birinci aşamada, kırmızı birliğin silah cinsleri ve sayıları belli olduğu durumda, mavi birliğin silah sayısı belirlenmiş; ikinci aşamada ise silah sayıları yönünden bağlı olmamakla birlikte, bir birliğin ana silahı olan tank için, içerisinde bulunan mühimmat kapasitesine, belirlenen maliyet içerisinde mühimmat cinsleri yerleştirilmeye çalışılmıştır.

## 5.2. Minimum Silah Sayısını Belirleme Probleminin Sonuçlarının Tartışılması

EK – 3 Çözüm sonuçlarından da görüleceği gibi mavi birlik silah sayıları şöyle hesaplanmıştır:

Tank ( $x_1$ )	= 19
Zırhlı Muharebe Aracı ( $x_2$ )	= 20
Zırhlı Tanksavar Silahı ( $x_3$ )	= 10

Çizelge 5.1. 'de verilen ve 1nci ve 2nci senaryo olarak denenen modelin, 1nci senaryoya göre çözüm sonuçları incelendiğinde, kırmızının kuvvet yapısı içerisindeki 30 tankına karşılık mavinin 19 tank, 60 ZMA 'sına karşılık mavinin 20 ZMA , 21 ZTS 'sine karşılık mavinin 10 ZTS ataması yapıldığı görülmektedir. Çizelge 4.1. 'de verilen mavinin minimum ve maksimum silah sayılarına göre, mavinin kuvvet potansiyeli en yüksek olan ana silahı tanktan, maksimum bulundurulabilecek miktar 30 iken; bu değer 19 tankta kalması, kısıtlı kaynak kullanımında uygun sonuçlara varıldığını işaret etmektedir.

Amaçlarımızdan öncelik verilen; 'mavi birliğin muharebeyi kazanması ancak, muharebeyi kazanırken gereksiz kuvvet kullanmaması hedefine ulaşıldığı görülmektedir. Sadece ZTS silahı değerinde maksimum sayıya çıkıldığı belirlenmektedir. ZTS 'nin kuvvet potansiyeli en düşük ana silah olduğu düşünülürse, amaç bakımından aykırılığa düşülmediği söylenebilir.

Bulunan sonuçların uygulanabilirliğini test etmek için modele kırmızının muhtemel kuvvet yapısı içerisinde, 2nci senaryodaki silah sayıları değerleri verilmiştir(Çizelge 5.1.). Lindo ile çözülen bu modelin sonuçlarına göre; kırmızının muhtemel kuvvet yapısı içerisinde en yüksek kuvvet potansiyeline sahip tank silahı sayısı maksimum değere yaklaştırıldı. Modelin bu durumda maksimum ulaşmadan çözüm üretebildiği görülmektedir. (Mavi tank sayısı 26, ZMA sayısı 10, ZTS sayısı 4 çıkmıştır.) Çıkan değerler incelendiğinde mavinin en yüksek kuvvet potansiyeline sahip tank silah sayısının maksimum değere yaklaştığı, ZMA ve ZTS sayılarının ise minimum değerlerinde kaldığı, bu nedenle; kırmızının kuvvet yapısı içinde maksimum güç kullandığı durumda, mavinin de sınırlı güç kullanımı ile tank silah sayısını arttırdığı, yine gereksiz

olarak güç kullanmamak için ZMA ve ZTS sayısında artışa gitmediği görülmektedir.

Uygulamanın, savunan birliğin muharebeyi kazanacağı üzerine kurulduğu düşünülürse, silah sayıları mukayeseleri uygundur. Böylelikle uygulamanın ilk aşamasında nihai hedef olan Mavi kuvvet yapısına karar vermiş bulunmaktadır.

Çizelge 5.1. Minimum Silah Sayılarının Hesaplanması Modelinin Çözüm Sonuçları

	TANK	ZMA	ZTS
<b>KIRMIZI 1NCİ SENARYO</b> 30 TANK, 60 ZMA, 21 ZTS	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
<b>KIRMIZI 2NCİ SENARYO</b> 40 TANK, 40 ZMA, 21 ZTS	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>4</b>

Ulaşılan sonuçlar gösterdi ki; model kırmızının kuvvet yapısı içerisindeki değişimlere mavi kuvvet yapısı muhtemel değerleri içinde çözüm sağlanmaktadır.

Ancak kırmızının kuvvet yapısı dışında değişiklikler senaryoya dahil olursa (ek kuvvet gelirse), mavinin de kuvvet yapısı dışında davranması gerekmektedir.

### 5.3. Mühimmat Kapasitesi Belirleme Probleminin Sonuçlarının Tartışılması

EK – 5 çözüm sonuçlarından da görüleceği gibi kurduğumuz senaryoya göre; her bir tankın içerisinde bulunan mühimmat haznesine yerleştirilebilecek mühimmat cins ve miktarları şöyledir.

$X_1$ (A tipi mühimmat)	= 10
$X_2$ (B tipi mühimmat)	= 19
$X_3$ (C tipi mühimmat)	= 10
$X_4$ (D tipi mühimmat)	= 15

Çizelge 5.2. 'de verilen İkinci modelin çözüm sonuçlarına göre, her bir tanktaki mühimmat cinslerinin sayısı 54 'ü geçmeyecek ve her bir mühimmattan en az 10 adet olacak şekilde; A tipi mühimmattan 10, B tipi mühimmattan 19, C tipi mühimmattan 10, D tipi mühimmattan ise 15 adet bulunmuştur. Görüleceği gibi, hareket etkinliği en yüksek olan mühimmat cinsi A tipi mühimmat sayısı minimum düzeyde çıkmıştır. Halbuki sadece muharebeyi kazanmak hedef olsaydı, A tipi mühimmatın diğer mühimmat cinslerine göre daha fazla olması gerekirdi. Böylece hedefe tam olarak ulaşıldığı söylenebilir. Fazla güç kullanmayı minimize eden kısıtlardan bir tanesi de; her bir tankta ki mühimmat maliyetlerinin 50.000 birime eşit veya küçük olmasıydı.

Model oluştururken kabul edilen senaryoda kırmızı kuvvet yapısı muhtemel kırmızı silah sayılarından oluşmaktaydı.

Çizelge 5.2. 'de verilen 2nci senaryonun çözüm sonuçlarına göre, mavinin her bir tankındaki mühimmat cinslerinin sayısı 54'ü geçmeyecek, her bir mühimmattan en az 10'ar adet olacak şekilde; kırmızı kuvvet teşkilatında, kuvvet potansiyeli en yüksek olan tank silahının sayısı maksimum değerlere yaklaştırıldı. Verilerin modele uygulanması ile , A tipi mühimmattan 10, B tipi mühimmattan 24, C tipi mühimmattan 10, D tipi mühimmattan 10 adet yerleştirilmiştir. Görüleceği gibi kırmızı kuvvet yapısı içerisinde en güçlü olduğu durumda bile mavinin kuvvet yapısı içerisinde kalmak kaydıyla, model çözüm üretebilmiştir. Ancak üç tip mühimmat minimum düzeyde kalmıştır (A tipi

mühimmat, C tipi mühimmat, D tipi mühimmat). Yine de hareket etkinliği en yüksek olan mühimmata değil de ikinci derecede önemli olan mühimmata öncelik vermesi, maliyet kısıtının göz önünde tutulduğu, böylece modeli oluşturmaktaki kısıtlı kaynaklarla optimum sonuç bulunmasına yardımcı olmuştur.

Her iki senaryonun uygulanması ile çalıştırılan ve çözümü bulunan model, kırmızı kuvvet yapısı içinde kalmak kaydıyla çözüme ulaşabilmektedir.

Karar verici için basit bir hesaplama yöntemi geliştirilmek istenirse; Kırmızı tank sayısı ile B tipi mühimmatın oranının her iki senaryoda da % 60 seviyesinde çıkmış olması göz önüne alınabilir.

Çizelge 5.2. Mühimmat Kapasitesi Belirleme Modeli Çözüm Sonuçları

	A TİPİ MÜHİMMAT	B TİPİ MÜHİMMAT	C TİPİ MÜHİMMAT	D TİPİ MÜHİMMAT
<b>KIRMIZI 1NCİ SENARYO</b> 30 TANK, 60 ZMA, 21 ZTS	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>KIRMIZI 2NCİ SENARYO</b> 40 TANK, 40 ZMA, 21 ZTS	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>10</b>

Ancak, değişiklikler kırmızı kuvvet yapısı dışında gerçekleştirilirse(ek kuvvet getirilirse) mavi tank sayılarını da kuvvet yapısı dışında arttırmak gerekecektir.

#### 5.4. Sonuç ve Öneriler

Uygulamanın tamamı değerlendirildiği zaman Mavi Birlik Komutanının belirlemesi gereken, silah sayısı ve mühimmat kapasite bilgilerine matematiksel model sayesinde ulaşılmış ve bu yöntem, karar verici için iyi bir karar destek yöntemi oluşturmuştur.

Model oluşturulurken hedef ağırlıkları konunun uzmanı olan karar verici tarafından belirlenmiştir. Eğer hedef ağırlıkları; karmaşık karar problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere, matematiksel sadeliği sebebiyle kolay anlaşılabilir ve uygulanan bir teknik olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi(Saaty 1988) kullanılarak belirlenirse, daha doğru sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Uygulamanın birinci aşamasında; bir birliğin muharebeye kazanmakta en yüksek değere sahip olan silahları ele alındığından , tüm silah sistemlerini bünyesinde bulunduran bir uygulama daha gerçekçi sonuçlar verebilecektir. Uygulamanın ikinci aşamasında ortaya konan durum, maliyet sabit tutularak bir tankın içerisindeki mühimmat cins sayılarını tam olarak belirlemiştir. Ancak tüm silah sistemlerinde yer alan mühimmat cinslerinin hesaba katılması ile model geliştirilebilir.

Bu çalışma için oluşturulan senaryoda, muharebe sahasında karşılaşılabilecek muharebe bileşenlerinin bir kısmı kabullerle bulunarak senaryoya dahil edilmemiştir. Muharebe sahasının dinamik yapısını daha iyi canlandırmak ve senaryoya dahil edilmeyen muharebe bileşenlerini de modele dahil edebilmek için simülasyonla modelleme yapılabilir.

Lanchester' e göre (Taylor 1983);

"...Karada bu kadar çok bilinmeyenle, örneğin askerlerin moral durumu ve liderlik vasıfları, silahların hesaba katılmamış yararlılıkları veya ihtarları ve hala daha büyük bir muamma olan "savaş şansı" gibi bilinmeyenlerle mevcut durumun matematiksel yaklaşımlarda yersiz itirazlarda bulunmaya yönelecek yani herhangi bir şeyi hesaplamaya çalışmanın çok saçma olacağını söyleyecek bir çok insan bulunabilir. Bu sorunun yanıtı çok basittir:

Çatışmaya giren kuvvetlerin bire bir mukayesesi neredeyse imkansızdır. Bu durum çeşitli askeri otoriteler tarafından her zaman dikkatlice değerlendirilmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda bire bir mukayese



edilmek istenen kuvvetlerin sayılabilirliği, matematiksel prensipler ile uygulanabilirliği kabul edilmiştir. Kuvvetlerin sayılabilirliği kabul edilip, daha gelişmiş matematiksel teorilerin uygulanmasının reddedilmesi ağıklanamaz.”

Bu çalışmada uygulanan matematiksel modellere, bir senaryo dahilinde veriler uygulanıp test edilmiş ve Lanchester ‘in yukarıda verilen sözünde belirttiği ‘matematiksel teorilerin geliştirilmesi ve uygulanması’ yerine getirilmeye çalışılmıştır. zm sonuçlarının gösterdiği üzere; muharebe alanına çıkan bir komutana karar vermede yardımcı olacak, yol gösterecek seviyede değerlere varıldığı belirtilmelidir.



**KAYNAKLAR**

ANONİM, 2000, Askeri Klasikler Koleksiyonu; Stratejinin Temeli, K.H.O. Basımevi, Ankara

ANONİM, 1995, KKT : 17 – 1, K.K.K. Basımevi, Ankara

ANONİM, 1999, KKYY: 190 – 7, K.K.K. Basımevi, Ankara

BALİ, Ö., 2001, Küme Örtüleme ve Uygulama Alanları ve Küme Örtüleme Yaklaşımı ile Bir Uygulama, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

BAYKAŞOĞLU, A. and OWEN, S., 1999, Solution of goal programming models using a basic taboo search algorithm, Journal of the Operational Research Society, Vol.50, pp.969-973.

BAŞDAŞ, H.E., 2000, Heterojen Muharebe Modeli, K.K.K. Basımevi, Ankara

BAŞDAŞ, H.E., 2001, Birlik Etkinliklerinin Değerlendirilmesinde Harekat Etkinliği Metodu, K.K.K. Basımevi, Ankara

BAŞDAŞ, H.E., 2003, Savunma Analizinde Matematiksel Modeller, KHO Basımevi, Ankara, sf. 86

BİNAY, H.S., AYGÜNEŞ, H., 2001, Yöneylem Araştırması Ders Kitabı, K.H.O. Basımevi, Ankara

BRAMEL, J. and SİMCHİLEVİ, D., 1997, On the effectiveness of set covering formulations for the vehicle-routing problem with time windows, Operations Research, Vol 45,Iss 2, 295-301 p.

CAPRARA, A., FISHETTI, M. and TOTH, P., 1999, A Heuristic Method for the Set Covering Problem, Operations Research, Vol. 47(5), 730-743 p.

CHANKONG, V., HAİNES, Y.Y., 1983 ; Multiobjective Decision Making Theory and Methodolgy, New York, North Holland

CONFORTI, M., GORNEUJOLS, G., KAPOAR, A., VUSKOVIĆ, K., 2001, "Perfect, İdeal and Balanced Matrices", European Journal of Operational Research, vol. 133, 455 – 461 p.

DUPUY, T.N., 1990, Attrition : Forecasting Battle Casualities and Equipment Losses in Modern War, Nova Publication

FRALEIGH, J.B., BEAUREGARD, R.A., 1995, Linear Algebra Third Edition, Addison Wesley Publishing Company

GAL, T., STEWART, T.J., HANNE, T., 1999, Multicriteria Decision Making; Advances in MCDM models, algorithms, theory and application, Kluwer Academic Publishers, Boston

GASS, S.I., HARRIS, C.M., 1996, Encyclopedia of Operations Research and Management Science, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts

GAZİBEY, Y., 2001, Minimum Silah Sayılarının Hesaplanması ve Mevzi Yerlerinin Seçiminde Hedef Programlama Uygulaması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara

HİLLIER, F., LİEBERMAN, G., 1995, Introduction to Operations Research, McGraw-Hill International Editions, Singapore

JAISWAL, N.K., 1997, "Military Operations Resarch, quantitative Decision Making", Kluwer Academic Publishers, Boston/Dodrecht/London

LEE, C.W., KWAK, N.K., 1999, Information resource planning for a health-care system using an AHP-based goal programming method, Journal of the Operational Research Society, Vol.50, 1191-1198 p.

LEON, S.J., 1998, "Linear Algebra With Applications", Prentice Hall, Upper SaddleRiver, New Jersey

RYAN, M.J., 2000, Muharebe Alanı Komuta Sistemleri, Avusturya Savunma Akademisi, Canberra

SAATY, Thomas L., 1988, " Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process", RWS Publications, Pittsburgh

TAHA, H.A., 2000, Yöneylem Araştırması, Literatür yayıncılık, İstanbul

TAYLOR, J.G., 1983, "Lanchester Models of Warfare", vols. 1 and 2, Operations Research Society of America, Alexandria, Virginia

WINKOFSKY, E.P., BAKER, N.R. and SWEENEY, D.J., 1981, A decision process model of the R&D resource allocation in hierarchical organizations, Mng. Sci., Vol.27, 268-283 p.

WINSTON, W., 1991, Operations Research Applications and Algorithms, PWS-Kent Publishing Company, Boston

WINSTON, W., WAYNE, L., 1994, Operation Research; Application and Algorithms , Belmont, Duxbury Press

**EK-1**  
**KIRMIZI VE MAVİ BİRLİK SİLAH BİLGİLERİ**

SİLAH SİSTEMİ		HAREKAT ETKİNLİĞİ <sup>1</sup> (HE)	ÇEVRESEL FAKTÖRLER ÇARPANI <sup>1</sup>	HAREKAT FAKTÖRLERİ ÇARPANI <sup>1</sup>	TOPLAM ÇARPAN	KUVVET POTANSİYELİ (KP)	SİLAH SAYISI	SİLAH TOPLAM KUVVET POTANSİYELİ (STKP)	
KIRMIZI	1	TANK	711	0,8	0,449	0,359	255,249	30	6757,47
	2	ZMA	352,8	0,8	0,449	0,359	126,655	60	7599,3
	3	ZTS	68,4	0,9	0,449	0,404	27,634	21	580,314
MAVİ	1	TANK	685,8	0,8	1,061	0,849	582,244	BİLİNMEYOR	BİLİNMEYOR
	2	ZMA	316,8	0,8	1,061	0,849	268,963	BİLİNMEYOR	BİLİNMEYOR
	3	ZTS	77,4	0,9	1,061	0,955	73,917	BİLİNMEYOR	BİLİNMEYOR

NOT: Ondalık sayılar 3 basamaktan sonra yuvarlanmıştır.

<sup>1</sup> Kaynak gizlilik nedeniyle belirtilmemiştir.

**EK-2**  
**MAVİ SİLAHLARININ KIRMIZI SİLAHLARINA KARŞI**  
**KULLANILMA OLASILIĞI VE OLASILIKLI KUVVET**  
**POTANSİYELİ (OKP)**

BİRLİKLER				KIRMIZI (I)			MAVİ BİRLİK SİLAHLARI OLASILIK VE OKP TOPLAMI
				1	2	3	
				TANK	ZMA	ZTS	
MAVİ (J)	1	TANK	Olasılık	0,5	0,4	0,1	1
			OKP	291.122	232.897	58.224	582,245
	2	ZMA	Olasılık	0,3	0,6	0,1	1
			OKP	80,689	161,378	26,896	268,963
	3	ZTS	Olasılık	0,35	0,25	0,4	1
			OKP	25,871	18,479	29,567	73.917

## EK-3

**MAVİ BİRLİĞİN MUHAREBEYİ KAZANMASI İÇİN GEREKEN SİLAH SAYISINI BELİRLEME MODELİ ÇÖZÜM SONUÇLARI**

$$\min (2f_1 + 2f_2 + 2f_3) + (e_4 + e_5 + e_6)$$

st

$$582.244x_1 + 268.963x_2 + 73.917x_3 \geq 17177.646$$

$$291.122x_1 + 80.689x_2 + 25.871x_3 + e_1 - f_1 = 6757.47$$

!Kırmızı Tank

$$232.897x_1 + 161.378x_2 + 18.479x_3 + e_2 - f_2 = 7599.3$$

!Kırmızı ZMA

$$58.224x_1 + 26.896x_2 + 29.567x_3 + e_3 - f_3 = 580.314$$

!Kırmızı ZTS

$$0.5x_1 + 0.3x_2 + 0.35x_3 + e_4 - f_4 = 15$$

!Kırmızı Tank

$$0.4x_1 + 0.6x_2 + 0.25x_3 + e_5 - f_5 = 30$$

!Kırmızı ZMA

$$0.1x_1 + 0.1x_2 + 0.4x_3 + e_6 - f_6 = 10.5$$

!Kırmızı ZTS

$$x_1 \geq 10$$

$$x_2 \geq 10$$

$$x_3 \geq 4$$

$$x_1 \leq 30$$

$$x_2 \leq 30$$

$$x_3 \leq 10$$

end

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 4498.427

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	19.000000	1163.985962
X2	20.000000	537.226013
X3	10.000000	148.184006
F1	646.338257	0.000000
F2	238.093185	0.000000
F3	1359.531982	0.000000
E4	0.000000	1.000000
E5	7.900000	0.000000
E6	2.600000	0.000000
E1	0.000000	2.000000
E2	0.000000	2.000000
E3	0.000000	2.000000
F4	4.000000	0.000000
F5	0.000000	1.000000
F6	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	3.420120	0.000000
3)	0.000000	2.000000
4)	0.000000	2.000000
5)	0.000000	2.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	-1.000000
8)	0.000000	-1.000000
9)	9.000000	0.000000
10)	10.000000	0.000000
11)	6.000000	0.000000
12)	11.000000	0.000000
13)	10.000000	0.000000
14)	0.000000	1.000000

NO. ITERATIONS= 181

BRANCHES= 39 DETERM.= 1.000E 0



## EK-4

**MAVİ TANKI MÜHİMMATLARI İÇİN KIRMIZI HER CİNS SİLAHINA KARŞI  
KULLANMA OLASILIKLARI VE OLASILIKLI KUVVET POTANSİYELLERİ  
(OKP)**

BİRLİKLER			MÜHİMMAT CİNSLERİ KULLANMA OLASILIKLARI VE OKP				
			1	2	3	MÜHİMMAT ETKİNLİK DEĞERİ	
			TANK	ZMA	ZTS		
MAVİ	1	A TİPİ MÜHİMMAT	Olasılık	0.50	0.20	0.30	
			OKP	5.255	2.102	3.153	10.51
	2	B TİPİ MÜHİMMAT	Olasılık	0.50	0.3	0.2	
			OKP	4.38	2.628	1.752	8.76
	3	C TİPİ MÜHİMMAT	Olasılık	0.20	0.40	0.40	
			OKP	1.448	2.896	2.896	7.24
	4	D TİPİ MÜHİMMAT	Olasılık	0.20	0.40	0.40	
			OKP	1.276	2.552	2.552	6.38

**EK- 5**  
**HER BİR TANK İÇERİSİNDEKİ MÜHİMMAT KAPASİTESİNİN MALİYET**  
**ETKİNLİĞİ GÖZ ÖNÜNE ALINARAK ÇÖZÜMÜ**

$$\min (2f_1 + 2f_2 + 2f_3) + (e_4 + e_5 + e_6)$$

st

$$420.4x_1 + 350.4x_2 + 289.6x_3 + 255.2x_4 \geq 14937.084$$

$$210.2x_1 + 175.2x_2 + 57.92x_3 + 51.04x_4 + e_1 - f_1 = 6757.47 \quad \text{!Kırmızı Tank}$$

$$84.08x_1 + 105.12x_2 + 115.84x_3 + 102.08x_4 + e_2 - f_2 = 7599.3 \quad \text{!Kırmızı ZMA}$$

$$126.12x_1 + 70.08x_2 + 115.84x_3 + 102.08x_4 + e_3 - f_3 = 580.314 \quad \text{!Kırmızı ZTS}$$

$$0.50x_1 + 0.50x_2 + 0.20x_3 + 0.20x_4 + e_4 - f_4 = 15$$

!Kırmızı Tank

$$0.20x_1 + 0.30x_2 + 0.40x_3 + 0.40x_4 + e_5 - f_5 = 30$$

!Kırmızı ZMA

$$0.30x_1 + 0.20x_2 + 0.40x_3 + 0.40x_4 + e_6 - f_6 = 10.5$$

!Kırmızı ZTS

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 54$$

$$1350x_1 + 850x_2 + 750x_3 + 650x_4 \leq 50000$$

$$x_1 \geq 10$$

$$x_2 \geq 10$$

$$x_3 \geq 10$$

$$x_4 \geq 10$$

end

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND  
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 9448.572

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	10.000000	672.039978
X2	19.000000	490.260010
X3	10.000000	347.119995
X4	15.000000	305.839996
F1	16.129938	0.000000
F2	0.000000	2.000000
F3	4702.005859	0.000000
E4	0.000000	1.000000
E5	12.299999	0.000000
E6	0.000000	1.000000
E1	0.000000	2.000000
E2	2071.619873	0.000000
E3	0.000000	2.000000
F4	4.500000	0.000000
F5	0.000000	1.000000
F6	6.300000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	2648.515869	0.000000
3)	0.000000	2.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	2.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	-1.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	9.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	5.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	3100.000	0.000000

NO. ITERATIONS= 43  
BRANCHES= 1 DETERM.= 1.000E 0

## TEŐEKKÜR

Çalışmalarımın başından bu yana bana her türlü desteği veren ve tecrübelerini aktaran Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ABD ve Yöneylem Araştırması ABD Prof. Dr. Erdal EMEL'e, Yüksek Lisans programına başlamamda ve yoğun zamanlarımda bana yol gösteren K.H.O. Savunma Bilimleri Enstitüsünden Doç. Dr. Yük. Müh. Alb. Taner ALTINOK' a, arkadaşım P.Yzb. Yavuz GAZİBEY 'e, görev yaptığım Işıklar Askeri Lisesi ailesine, her zaman tecrübelerinden istifade ettiğim ve iyi niyetli yaklaşımlarından dolayı tüm Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Öğretim Elemanlarına ve çalışanlarına teőekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamın başından sonuna kadar destek olan eşim Fulya EKMEKÇİOĞLU' na ve genç yaşında elim bir hastalığa yenik düşen ağabeyim Mustafa EKMEKÇİOĞLU' na hitaben,

## ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Ayşe ve Cevher EKMEKÇİOĞLU' nun ikinci çocuğu olarak Trabzon'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1986 yılında Işıklar Askeri Lisesi'ne girdi. 1990 yılında Kara Harp Okulu'na başladı ve 1994 yılında Piyade Teğmen olarak Türk Silahlı Kuvvetleri saflarına katıldı. Piyade Sınıf Okulu'nu müteakip İskenderun/HATAY, Sarıkamış/KARS ve BURSA ' da Takım ve Bölük Komutanlığı görevlerinde bulundu. 2000 yılında BURSA 'da Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programına başladı. Halen IŞIKLAR Askeri Lisesi' nde (BURSA) görev yapmaktadır. Fulya EKMEKÇİOĞLU ile evli olup bir kız çocuğu babasıdır. Fransızca ve İngilizce bilmektedir.

