

Birlik Hava Savunma Önceliklerinin Tespitine Bulanık Bir Yaklaşım

Mehmet Kabak¹

Öz

Hava savunma desteğinin belirlenmesi problemi savunma sistemlerinin verimliliğinde önemli bir etkiye sahip ve karmaşık bir konudur. Diğer taraftan alternatifler arasından hava savunma desteği alacak birliklerin seçimi çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemidir. Çalışmanın amacı Bulanık (Fuzzy) TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yönteminin askerî konularda kullanılabileceğini göstermek ve yöntem yardımıyla bir tugayın ast birliklerinin hava savunmasının nasıl sağlanması gerektiğini ortaya koymaktır. ÇKKV yöntemlerinden biri olan Bulanık TOPSIS yönteminin temel mantığı Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (FPIÇ) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (FNİÇ) vasıtasıyla yakınlık katsayılarının hesaplanmasıdır. Yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır. Bu çalışmada, hava savunma desteği alacak altı unsur beş karar verici (KV) tarafından dört kritere göre değerlendirilmiştir. KV'ler değerlendirmelerini dilsel ifadelerle yapmış, sonra bu ifadeler pozitif yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüştür. KV'ler tarafından değerlendirilmesi yapılan altı aday, Bulanık TOPSIS yöntemiyle hava savunma önceliği fazla olandan az olana göre sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık TOPSIS, Yamuk Bulanık Sayılar, Hava Savunma.

A Fuzzy Approach to Determination of a Unit's Air Defense Priorities

Abstract

The problem of air defense support determination is a complex issue and has a significant impact on the efficiency of defense systems. On the other hand, the selection of the units which should get air defense support among many alternatives is a multi-criteria decision-making (MCDM) problem. The aim of this study is to show that the Fuzzy TOPSIS method could be used for military issues and specifically how to use it for the determination of air defense support to the sub units of a brigade. The Fuzzy TOPSIS method, which is one of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) methods, is based on the calculation of the closeness coefficients by means of Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS) and Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS). The alternatives are ranked according to the calculated closeness of coefficients. In this study, six aspects of getting air defense support were assessed in terms of four decision criteria by five decision makers (DM's). The decision makers made their evaluations using linguistic variables and these variables were transformed into positive trapezoidal fuzzy numbers. The six candidates which were evaluated by DMs were ranked according to the air defense priorities by using Fuzzy TOPSIS.

Keywords: Fuzzy TOPSIS, Trapezoidal Fuzzy Numbers, Air Defense.

¹Yazışma adresi: Dr., Kara Harp Okulu, Dekanlık, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, Yöneylem Araştırması A.B.D., Bakanlıklar, Ankara, mkabak@kho.edu.tr

Giriş

Günümüzde muharebe sahası oldukça karmaşık hale gelmiştir. Muharebeye katılan birlik sayısı, silah çeşidi, muharebeye etki eden dış unsurların sayısı ve çeşidi her geçen gün artmaktadır. Bu unsurları yönetmek ve amaç doğrultusunda en etkin şekilde kullanmak için muharebeyi yönetenlerin karar destek sistemlerini kullanması kaçınılmazdır. Bu bütün içerisinde hava savunma birliklerinin amacı, muharebe sahasında görev yapan dost birliklerin düşman hava vasıtaları tarafından görevinden men edilmesini engellemektir. Yöntem olarak dost birliklere hava savunma unsurları tahsis edilir fakat her birliğe veya bölgeye hava savunma desteği verilmesi hem sayıca mümkün değil hem de gerekli değildir. Bu nedenle de harekât öncesinde muharebe planını en iyi destekleyecek şekilde hava savunma faktörleri belirlenmeli, hava savunma desteği verilecek birliklerin hava savunma öncelik dereceleri tespit edilmelidir.

Bu faktörler; ABD Hava Savunma Topçusu Referans El Kitabına göre kritiklik, hassasiyet, onarım kabiliyeti, taarruza maruz kalma derecesidir ve çalışmada aynen kullanılmıştır (Air Defense Artillery Reference Handbook, 2000:A-3). Öncelik derecelerinin tespitine tesir eden faktörler kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Kritiklik: Savunulacak unsurun, vazifenin başarılması için gereklilik derecesidir.

Hassasiyet: Savunulacak unsurun, hava taarruzuna maruz kalması hâlinde bekasını sağlayabilme (muhaberede ayakta kalabilme) derecesidir. Bir unsurun hassasiyet derecesi belirlenirken; mukavemeti, vazifesi, hareket veya dağılma kabiliyeti, aktif ve pasif hava savunma tedbirlerini uygulayabilme kabiliyeti, mevzi değiştirebilmesi ve kendi hava savunmasını sağlayabilmesi göz önüne alınmalıdır.

Onarım Kabiliyeti: Savunulan unsurun; zaman, teçhizat ve mevcut insan gücü açısından maruz kaldığı hasar ve zayıyatı telafi ederek yeniden vazifesini icra edebilecek duruma gelme kabiliyetidir.

Taarruza Maruz Kalma Derecesi: Savunulacak unsurun, hava taarruzlarına hedef olma ihtimali değerlendirilir. Taarruza maruz kalma derecesini belirlemede; düşman hava unsurlarının yeri ve kuvveti, düşman hava araçlarının tipi ve mühimmatı, düşmanın daha önce kullandığı taarruz teknikleri ve düşman doktrini göz önüne alınır.

Muharebe sahasında bir tugayın dört ana ast birliği konuşlanmakta ve genel olarak komuta ve destek amaçlı kurulan unsurları iki farklı bölgede mevzilenmektedir. Bu sebeple, muharebede dört birlik ve iki bölgenin hava savunması alınmaya gayret edilir, durumun özelliğine göre bu miktarlar değişebilir. Çalışmada, bu problem bulanık TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) yöntemi ile çözülmüştür.

Çalışmanın amacı; ülke savunmasında, birlik hava savunma önceliklerinin modellenmesine sistematik bir yaklaşım getirmektir. Hava savunma önceliklerinin tespiti öznellik, belirsizlik içeren, birden fazla kriterin dikkate alınarak çözülmesi gereken çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemidir. Bundan dolayı, çalışmada değerlendirme kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde ve alternatiflerin sıralanmasında dilsel ifadeler karşılık gelen bulanık yamuk sayıları kullanan bir model önerilmiştir. Bu yaklaşım dört sebeple seçilmiştir: (a) TOPSIS mantığı akılcı ve anlaşılabilir; (b) Hesaplama yöntemi basit ve kolaydır; (c) Algoritma her bir kriter için alternatiflerin basit bir matematiksel formda takibine imkân tanır; (d) Kriterlerin önem dereceleri karşılaştırma algoritmasına dâhil edilmektedir (Wang ve Chang, 2007).

Literatürde TOPSIS (Chen, 2000; Parkan and Wu, 1999; Yurdakul ve İç, 2005; Yurdakul ve Çoğun, 2003) ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin değişik çalışmalarda yaygın olarak kullanımına rastlanmaktadır. Chu ve Lin (2003) robot seçimine yönelik olarak bir bulanık TOPSIS uygulaması gerçekleştirmiştir. Ayrıca Byun ve Lee (2004), bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak hızlı prototipleme süreci seçimi için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Bunlara ilaveten Chen (2000), grup karar verme işleminde bulanık TOPSIS metodunu açıklayan bir çalışma ortaya koymuştur. Bulanık TOPSIS birçok çalışmada sıralama amacıyla kullanılmıştır (Büyüközkan vd. 2007; Chen ve Tsao, 2007; Kahraman vd. , 2007; Önüt ve Soner, 2007; Wang ve Elhag, 2006; Yang ve Hung, 2007; Yong, 2006).

Bulanık Mantık

Bulanık Mantık ve Karar Verme

İnsanoğlu yaşamı boyunca neredeyse devamlı olarak karar vermek zorundadır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam her zaman mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle karar

ortamlarında mutlak siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce gri tonunun varlığı unutulmamalıdır.

Bu noktada genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası hâline getirilebileceği yolunda çalışmalar başlamış ve bu çalışmaların sonunda farklı bilimsel yaklaşımlar önerilmiştir. Bu önerilerin birisi ise Loutfi Zadeh'in Bulanık Mantık Teorisi'dir. Bulanık mantığa göre faktörler ve kriterler kesin sınırlamalar olmaksızın sınıflandırılabilir. Bulanık mantık, belirsizlik ve kesin olmayan gerçek hayat problemlerinin tanımlanması ve çözülmesi için kullanışlı bir tekniktir. Bulanık mantık "evet" ya da "hayır", "doğru" ya da "yanlış" gibi klasik değişkenler yerine "orta", "yüksek", "düşük" gibi ortalama değerleri kullanmaya imkân veren bir teoridir. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar

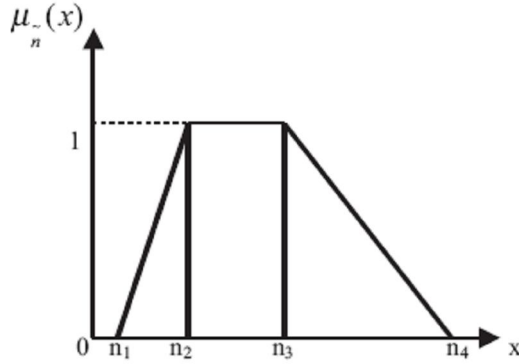
| Klasik Mantık | Bulanık Mantık |
|----------------------|----------------------------|
| A veya A Değil | A ve A Değil |
| Kesin | Kısmi |
| Hepsi veya Hiçbiri | Belirli Derecelerde |
| 0 veya 1 | 0 ve 1 Arasında Süreklilik |
| İkili Birimler | Bulanık Birimler |

Klasik mantıkta bir eleman A'dır veya A değildir, bulanık mantıkta ise aynı anda A ve A değil olabilir. Klasik mantıkta elemanın bir kümeye aitliği, içinde veya dışında gibi kesindir, bulanık mantıkta ise kısmen söz konusu kümeye ait veya kısmen dışında olabilir. Bulanık kümeler ile ilgili bazı önemli tanımlar ise aşağıda verilmiştir (Cheng, 1996; Chen vd., 2006; Cheng ve Lin, 2002; Raj ve Kumar, 1999; Wang ve Chang, 2007; Zimmerman, 1996).

Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonu

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilir ve bir elemanın bir kümeye üyeliği 0 ve 1 arasında bir sayı ile belirlenir. Bir x elemanı A kümesine kesinlikle ait ise $\mu_A(x)=1$, kesinlikle ait değil ise $\mu_A(x)=0$ olur. Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri, x elemanın A kümesine ait olma derecesinin daha yüksek olduğunu gösterir. Bu üyelik dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder. Çeşitli üyelik fonksiyonları tanımlamak mümkündür. Ancak uygulamalarda genelde birçok açıdan kolaylık sağlayan belirli üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bunlardan birisi de yamuk

bulanık sayılar için kullanılan üyelik fonksiyonudur. Şekil 1'de gösterilen $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ pozitif yamuk bulanık sayının üyelik fonksiyonu 1 numaralı formüldeki gibi tanımlanır (Chen vd., 2005, s.4):



Şekil 1. Yamuk Bulanık Sayı

$$\mu_{\tilde{n}}(x) = \begin{cases} 0 & , x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1} & , n_1 \leq x \leq n_2 \\ 1 & , n_2 \leq x \leq n_3 \\ \frac{x - n_4}{n_3 - n_4} & , n_3 \leq x \leq n_4 \\ 0 & , x > n_4 \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık Sayı ve Temel İşlemler

Bulanık kümelerde işlem kolaylığı sağlamak için bulanık sayılar kullanılır. Bir bulanık sayının temsili, sembolün üstünün çizilmesi ile ifade edilir. Dilsel ifadelere pozitif üçgen veya yamuk bulanık sayılarla üyelik fonksiyonu verilerek sayısal değerlere dönüştürülür ve hesaplamalarda kullanılır. m ve n Şekil 1'deki gibi iki pozitif yamuk bulanık sayı ve r sabit sayı olmak üzere yamuk bulanık sayılar için temel aritmetik işlemler şu şekildedir:

$$\tilde{m} \oplus \tilde{n} = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4)$$

$$\begin{aligned}
\tilde{m} \ominus \tilde{n} &= (m_1 - n_4, m_2 - n_3, m_3 - n_2, m_4 - n_1) \\
\tilde{m} \otimes \tilde{n} &= (m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3, m_4 n_4) \\
\tilde{m} \otimes r &= (m_1 r, m_2 r, m_3 r, m_4 r) \\
\tilde{m} \phi \tilde{n} &= (m_1 / n_4, m_2 / n_3, m_3 / n_2, m_4 / n_1) \\
-\tilde{m} &= (-\tilde{m}_1, -\tilde{m}_2, -\tilde{m}_3, -\tilde{m}_4) \\
1/\tilde{m} &= (1/\tilde{m}_4, 1/\tilde{m}_3, 1/\tilde{m}_2, 1/\tilde{m}_1)
\end{aligned} \tag{2}$$

Vertex Metodu

Adayların sıralanmasında pozitif ve negatif ideal noktalara uzaklık kullanılır.

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ iki pozitif yamuk bulanık sayı ise aradaki uzaklık Vertex metodu kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır (Chen vd., 2005, s.5):

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{4} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]} \tag{3}$$

Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS tekniğine göre en iyi alternatif; pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olandır (Ertuğrul ve Karakasoğlu, 2007). Bu bölümde Chen vd. (2005) tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yönteminin algoritması açıklanacaktır. Birliklerin hava savunma öncelikleri belirlenirken mevcut durumda da kullanılan karar kriterlerinin önem ağırlıkları ve kriter değerleri, karar vericiler (KV) tarafından dilsel ifadeler kullanılarak değerlendirilir. Dilsel ifadelerle yapılan değerlendirmeleri hesaplamalarda kullanabilmek için pozitif üçgen veya yamuk bulanık sayılar kullanılabilir. Buradaki uygulamada pozitif yamuk bulanık sayılar kullanılmış olup KV'lerin karar kriterlerini ve birlikleri değerlendirirken kullandıkları dilsel ifadeler ile bunların pozitif yamuk bulanık sayılar olarak karşılıkları Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Her Bir Kriterin Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler

| Dilsel İfade | Kısaltma | Yamuk Bulanık Sayı | | | |
|--------------|----------|--------------------|-----|-----|------|
| En Yüksek | EY | (0,8 | 0,9 | 1 | 1) |
| Yüksek | Y | (0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9) |
| Orta Yüksek | OY | (0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8) |
| Orta | OY | (0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6) |
| Orta Düşük | OD | (0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5) |
| Düşük | D | (0 | 0,2 | 0,2 | 0,3) |
| En Düşük | ED | (0 | 0 | 0,1 | 0,2) |

Tablo 3. Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler

| Dilsel İfade | Kısaltma | Yamuk Bulanık Sayı | | | |
|--------------|----------|--------------------|---|----|-----|
| Çok Fazla | ÇF | (8 | 9 | 10 | 10) |
| Fazla | F | (7 | 8 | 8 | 9) |
| Biraz Fazla | BF | (5 | 6 | 7 | 8) |
| Orta | O | (4 | 5 | 5 | 6) |
| Biraz Az | BA | (2 | 3 | 4 | 5) |
| Az | A | (0 | 2 | 2 | 3) |
| Çok Az | ÇA | (0 | 0 | 1 | 2) |

Uzman kişiler tarafından gerçekleştirilen ve bir ÇKKV problemi olan seçim problemlerinde değerlendirmenin yapılabilmesi için aşağıdaki unsurlara ihtiyaç duyulur (Chen vd., 2005, s.6-8):

- Karar vericiler (KV_1, KV_2, \dots, KV_k)
- Adaylar (A_1, A_2, \dots, A_m)
- Adayların değerlendirildiği karar kriterleri kümesi (K_1, K_2, \dots, K_n)
- Karar kriterleri bazında adayların değerlendirildiği kriter değerleri kümesi

K tane KV'nin karar kriterleri bazında m tane birliğe ve n tane kritere önem ağırlıklarına ilişkin yaptığı değerlendirmeler sırasıyla $\tilde{x} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk})$ ve $\tilde{w} = (w_{ij1}, w_{ij2}, w_{ij3}, w_{ij4})$ olsun ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$). KV'lerin kriterlere ilişkin birlikleri değerlendirmesiyle elde edilen bulanık kriter değerleri $\tilde{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ şeklinde gösterilir. Burada,

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}, d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\} \quad (4)$$

formülü ile hesaplanır.

Karar kriterlerinin önem ağırlıkları $\tilde{w} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ şeklinde gösterilir. Burada,

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{j2}, w_{j3} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{j3}, w_{j4} = \max_k \{w_{jk4}\} \quad (5)$$

formülleri kullanılarak hesaplanır.

Karar problemi matris şeklinde şöyle gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1 \tilde{w}_2 \cdots \tilde{w}_n] \quad (6)$$

Burada $\tilde{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ pozitif yamuk bulanık sayılar olup \tilde{D} bulanık karar matrisini, \tilde{W} ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar kriterleri, fayda ve maliyet kriterleri olarak ikiye ayrılabilir. Dolayısıyla normalize edilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (7)$$

Burada B fayda kriterini, C ise maliyet kriterini göstermek üzere,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right), d_j^* = \max_i \{d_{ij}\}, j \in B, \quad (8)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), a_j^- = \min_i \{a_{ij}\}, j \in C,$$

şeklinde bulunur.

Her bir karar kriteri farklı önem ağırlığına sahip olabileceği için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin belirlenmesine ihtiyaç duyulur. Bu matris;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

şeklinde oluşturulur. Burada, $v_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot)\tilde{w}_j$ (10)

formülüyle hesaplanır.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin belirlenmesinin ardından Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (FPİÇ, A^*) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (FNİÇ, A^-) şöyle belirlenir:

$$\begin{aligned} A^* &= (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \\ A^- &= (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \end{aligned} \quad (11)$$

Burada $i=1,2,\dots,m$ ve $j=1,2,\dots,n$ olmak üzere,

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}^*\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}^-\} \text{ 'dir.} \quad (12)$$

$d_v(\cdot, \cdot)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermek üzere Vertex metodu yardımıyla her bir birliğin FPİÇ ve FNİÇ'ten olan uzaklıkları sırasıyla şöyle bulunur:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, v_j^*), \quad i=1,2,\dots,m \quad (13)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, v_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad (14)$$

Uzaklıkların bulunmasının ardından birliklerin sıralamasını belirlemek için yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (15)$$

formülü yardımıyla hesaplanır ve yakınlık katsayılarına göre birlikler en yüksek puandan en düşük puana doğru sıralanır.

Verilen bilgiler ışığında TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulanır (Opricovic ve Tzeng, 2004: 448–449):

- Normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanır.
- Ağırlıklandırılmış karar matrisi hesaplanır.
- Her bir alternatifin pozitif ideal ve negatif idealden uzaklıkları hesaplanır.
- Her bir alternatif için yakınlık değerleri ve puanları hesaplanır.

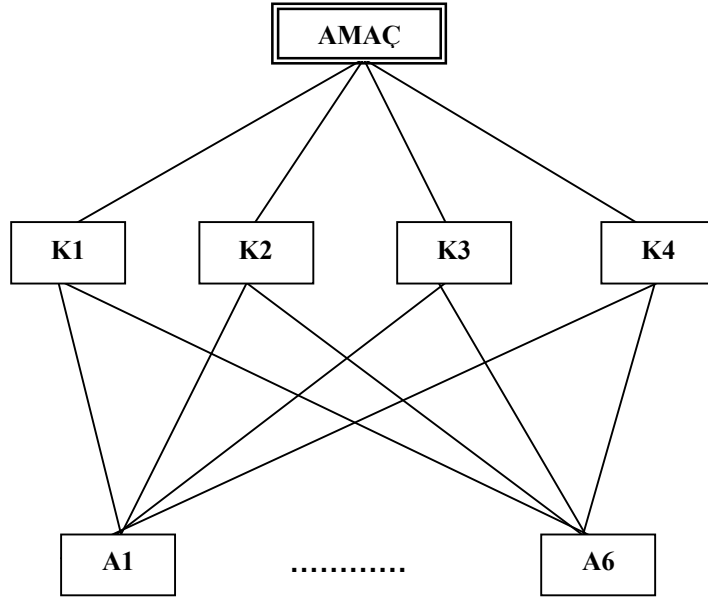
- Tercihler puan sırasına konulur.

Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Birliklerin Hava Savunma Öncelik Derecelerinin Belirlenmesi

Tugay çapında bir birliğin harekât alanında genelde altı kritik unsuru (A1, A2, A3, A4, A5, A6) bulunmaktadır. Bu unsurlar hâlen uygulanmakta olan dört kritere göre değerlendirilmektedir. Tugay hava savunma birliği kadrosunda olan bir batarya komutanı ve dört takım komutanını temsil eden beş KV tarafından kriterler ve bu kriterlere göre birlikler dilsel ifadelerle değerlendirilmiştir. Kriterler aşağıda ifade edilmiştir:

- Kritiklik (**K1**)
- Hassasiyet (**K2**)
- Onarım kabiliyeti (**K3**)
- Taarruza maruz kalma derecesi (**K4**)

Karar probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu yapıya göre yöntemin adımları sırayla uygulanmıştır.



Şekil 2. Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı

Adım 1: KV’ler en düşükten (ED) en yükseğe (EY) kadar dilsel ifadeleri kullanarak kriterlerin değerlendirmesini Tablo 4’teki gibi yapmıştır.

Tablo 4. Karar Vericilerin Kriterleri Dilsel İfadelerle Değerlendirmesi

| | K1 | K2 | K3 | K4 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| KV1 | EY | OY | Y | O |
| KV2 | EY | Y | D | OY |
| KV3 | EY | OY | O | Y |
| KV4 | Y | OY | O | EY |
| KV5 | EY | OY | O | Y |

Adım 2: KV'ler çok azdan (ÇA) çok fazlaya (ÇF) kadar dilsel ifadeleri kullanarak adayların kriterlere göre değerlendirmesini Tablo 5'teki gibi yapmıştır.

Tablo 5. Karar Vericilerin Adayları Dilsel İfadelerle Değerlendirmesi

| Kriter | Aday | KV1 | KV2 | KV3 | KV4 | KV5 |
|---------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| K1 | A1 | F | ÇF | BF | BF | F |
| | A2 | BF | F | BF | O | F |
| | A3 | ÇF | F | F | BF | ÇF |
| | A4 | BF | BF | F | ÇF | BF |
| | A5 | ÇF | O | ÇF | ÇF | ÇF |
| | A6 | O | A | F | BF | ÇF |
| K2 | A1 | BF | A | A | O | BF |
| | A2 | BF | BA | A | BA | BF |
| | A3 | O | BA | O | BF | O |
| | A4 | A | O | F | ÇF | O |
| | A5 | ÇF | ÇF | F | ÇF | O |
| | A6 | F | ÇF | F | BA | O |
| K3 | A1 | BA | F | O | BA | OF |
| | A2 | BA | F | O | BA | F |
| | A3 | O | ÇF | BA | ÇF | BA |
| | A4 | A | BF | BA | ÇF | O |
| | A5 | ÇA | O | O | ÇF | ÇF |
| | A6 | A | BA | O | A | ÇF |
| K4 | A1 | BF | O | O | BA | ÇF |
| | A2 | BF | O | O | A | ÇF |
| | A3 | F | BF | BF | F | ÇF |
| | A4 | F | F | F | ÇF | F |
| | A5 | ÇF | ÇF | F | ÇF | ÇF |
| | A6 | O | F | F | A | F |

Adım 3: Değerlendirmedeki dilsel ifadeler bulanık yamuk sayıya dönüştürülür ve (4) numaralı formül ile hesaplanarak Tablo 6'daki bulanık karar matrisi elde edilir.

Tablo 6. Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | | | | K2 | | | | K3 | | | | K4 | | | |
|-----------|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|
| A1 | 5 | 7,4 | 8 | 10 | 0 | 4,2 | 4,6 | 8 | 2 | 5,4 | 5,8 | 9 | 2 | 5,6 | 6,2 | 10 |
| A2 | 4 | 6,6 | 7 | 9 | 0 | 4 | 4,8 | 8 | 2 | 5,4 | 5,8 | 9 | 0 | 5,4 | 5,8 | 10 |
| A3 | 5 | 8 | 8,6 | 10 | 2 | 4,8 | 5,2 | 8 | 2 | 5,8 | 6,6 | 10 | 5 | 7,4 | 8 | 10 |
| A4 | 5 | 7 | 7,8 | 10 | 4 | 7 | 7,2 | 10 | 0 | 5 | 5,6 | 10 | 7 | 8,2 | 8,4 | 10 |
| A5 | 4 | 8,2 | 9 | 10 | 4 | 8 | 8,6 | 10 | 0 | 5,6 | 6,2 | 10 | 7 | 8,8 | 9,6 | 10 |
| A6 | 0 | 6 | 6,4 | 10 | 2 | 6,6 | 7 | 10 | 0 | 4,2 | 4,6 | 10 | 0 | 6,2 | 6,2 | 9 |

Adım 4: Tablo 7'deki bulanık ağırlıklar matrisi (5) numaralı formül kullanılarak elde edilir.

Tablo 7. Bulanık Ağırlıklar Matrisi

| | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| K1 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1 |
| K2 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| K3 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| K4 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 1 |

Adım 5: (7) ve (8) numaralı formüller kullanılarak Tablo 8'deki normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir.

Tablo 8: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | | | | K2 | | | | K3 | | | | K4 | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A1 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1 | 0 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0,2 | 0,6 | 0,6 | 1 |
| A2 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0 | 0,5 | 0,6 | 1 |
| A3 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1 |
| A4 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 1 | 0 | 0,5 | 0,6 | 1 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1 |
| A5 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 1 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 1 | 0 | 0,6 | 0,6 | 1 | 0,7 | 0,9 | 1 | 1 |
| A6 | 0 | 0,6 | 0,6 | 1 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 1 | 0 | 0,4 | 0,5 | 1 | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,9 |

Adım 6: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıklar matrisinden (9) ve (10) numaralı formüller ile Tablo 9'daki gibi elde edilir.

Tablo 9. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | | | | K2 | | | | K3 | | | | K4 | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A1 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 1 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 1 |
| A2 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 0 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0 | 0,4 | 0,4 | 1 |
| A3 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 1 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 1 |
| A4 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 1 |
| A5 | 0,3 | 0,7 | 0,9 | 1 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 1 |
| A6 | 0 | 0,5 | 0,6 | 1 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 0 | 0,4 | 0,5 | 0,9 |

Adım 7: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinden FPIÇ ve FNIÇ değerleri elde edilir.

$$FPIÇ : A^* = [(1,1,1,1), (0,9,0,9,0,9,0,9), (0,9,0,9,0,9,0,9), (1,1,1,1)]$$

$$FNIÇ : A^- = [(0,0,0,0), (0,0,0,0), (0,0,0,0), (0,0,0,0)]$$

Adım 8: Her adayın FPIÇ ve FNIÇ'den olan uzaklıkları (13) ve (14) numaralı formüller ile hesaplanır ve Tablo 10'daki sonuçlar elde edilir.

Tablo 10. FPIÇ ve FNIÇ'ten Olan Uzaklıklar

| | di* | | | | | di- | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A1 | 0,39 | 0,63 | 0,63 | 0,61 | 2,26 | 0,73 | 0,41 | 0,45 | 0,59 | 2,18 |
| A2 | 0,45 | 0,63 | 0,63 | 0,65 | 2,36 | 0,65 | 0,41 | 0,45 | 0,58 | 2,09 |
| A3 | 0,37 | 0,58 | 0,61 | 0,5 | 2,07 | 0,76 | 0,43 | 0,5 | 0,65 | 2,34 |
| A4 | 0,4 | 0,48 | 0,64 | 0,45 | 1,97 | 0,72 | 0,56 | 0,49 | 0,68 | 2,44 |
| A5 | 0,39 | 0,45 | 0,62 | 0,43 | 1,89 | 0,77 | 0,6 | 0,5 | 0,71 | 2,57 |
| A6 | 0,59 | 0,52 | 0,66 | 0,63 | 2,4 | 0,64 | 0,55 | 0,48 | 0,55 | 2,22 |

Adım 9: Adayların yakınlık katsayıları (15) numaralı formül ile hesaplanır ve yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe göre sıralanmasına göre adaylar da Tablo 11'deki gibi sıralanır. Sıralamaya göre hava savunma birliği tahsis edilecek ilk birlik beşinci, son birlik ikinci adaydır.

Tablo 11. Adayların Yakınlık Katsayıları ve Sıralaması

| ADAY | CC _i | SIRA |
|------|-----------------|------|
| A5 | 0,58 | 1 |
| A4 | 0,55 | 2 |
| A3 | 0,53 | 3 |
| A1 | 0,49 | 4 |
| A6 | 0,48 | 5 |
| A2 | 0,47 | 6 |

Sonuç olarak Tablo 11’de görüldüğü gibi aday birlikler öncelik sırasına göre A5, A4, A3, A1, A6 ve A2 diye sıralanmıştır. Adayların yakınlık katsayıları arasındaki farkın çok fazla olmaması, muharebe sahasında bütün birliklerin hava savunma desteğine ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu sıralama, tüm birliklere destek verilemeyen ve tercih yapmak zorunda kalacak KV için oldukça önemlidir.

Sonuç

Savaşta ilk tehlike düşman hava kuvvetleri şeklinde havadan gelmektedir. Kendi birliklerimizin daha muharebeye girmeden zarar görmemesi ve muharebe esnasında kendi görevlerini yapabilmesi, sağlanan hava savunma desteği ile doğru orantılıdır. Hava savunma öncelik derecelerinin tespitinin bilimsel olarak yapılması ise başarıyı destekleyecektir.

Çalışmada, tugay çapındaki bir birliğin harekât alanındaki altı kritik unsuruna, dört kritere göre hava savunma desteğinin nasıl sağlanması gerektiği bilimsel olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Hesaplanan yakınlık katsayıları incelendiğinde adayların yakınlık katsayılarının dar bir aralıkta (0,47-0,58) olduğu görülmüştür. Adayların özelliklerinin birbirine çok yakın olduğu ve karar vermenin daha da güçleştiği böyle durumlarda Bulanık TOPSIS yönteminin daha iyi ve etkin kararlar vermeye yardımcı olabileceği böylelikle ortaya konulmuştur.

Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama alanının, sadece insan kaynağı seçme sürecinde adayları değerlendirmek veya işletmenin diğer dallarında kullanmak olarak değil, askerî uygulamalarda da olabileceği gösterilmiştir. Yöntemde az sayıda KV’nin yeterli olması, kolay uygulanabilirliği ve dilsel değerlendirmelerin rahatlıkla kullanılabilmesi avantajdır. Bununla birlikte bu yöntemin kısıtları kriterlerin ve ağırlıkların

doğru belirlenmesi ve KV'lerin tarafsız tutumuna bağlıdır. Çalışmaya konu olan kriterler hâlen kullanılmakta olan kriterlerdir. Ayrıca çalışmada gerçek probleme bağlı kalmak amacıyla dört kriter, altı alternatif ve beş KV esas alınmıştır. Gelecek çalışmalarda askerî literatür taranarak, uzman görüşlere başvurularak kriter sayısı veya kriterlerin alt kriterleri geliştirilebilir ve böylece daha doğru değerlendirmelere ulaşılabilir. Kriterlerin ağırlıkları muharebenin çeşitlerine göre daha çok KV'nin katılımına imkân veren Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ve kriterler arası ilişkileri de dikkate alan Analitik Şebeke Yöntemi (ANP) gibi diğer ÇKKV yöntemleri ile belirlenebilir, değerlendirmeler ELECTRE, DEMATEL, PROMETHEE vb. teknikler ile yapılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

Kaynaklar

- Air Defense Artillery Reference Handbook, (2000). Headquarters Department of the Army, FM 3-01.11 (FM 44-100-2), <http://www.militarynewbie.com/pubs/FM%203-01.11%20AIR%20DEFENSE%20ARTILLERY%20REFERENCE%20HANDBOOK.pdf> adresinden alınmıştır.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O. ve Nebol, E. (2007). Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain. *International Journal of Production Economics*. doi:10.1016/j.ijpe.2007.01.016.
- Byun, H.S. ve Lee, K.H., (2004). A decision support system for the selection of rapid prototyping process using the modified TOPSIS method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology-Published Online*, April, 1-10.
- Chen, C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Chen, C.T., Lin, C.T. ve Huang, S.F. (2005). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 1-13.
- Chen, C.T., Lin, C.T. ve Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289-301.
- Chen, T.Y. ve Tsao, C.Y. (2007). The interval-valued fuzzy TOPSIS methods and experimental analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, doi:10.1016/j.fss.2007.11.004.
- Cheng, C.H. (1996). Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research*, 96, 343-350.

- Cheng, C.H. ve Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142, 174-186.
- Chu, T.C. ve Lin, Y.C., (2003). A fuzzy TOPSIS method for robot selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 284-290.
- Ertuğrul, İ. ve Karakasoğlu, N. (2007). Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 702–715.
- Kahraman, C., Büyüközkan, G. ve Ateş, N. Y. (2007). A two phase multi-attribute decision making approach for new product introduction. *Information Sciences*, 177, 1567–1582.
- Hwang, C.L. ve Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*, A State of the Art Survey. New York: Springer-Verlag.
- Önüt, S. ve Soner, S. (2007). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*. doi:10.1016/j.wasman.2007.05.019.
- Parkan, C. ve Wu, M.L. (1999). Decision Making and Performance Measurement Models with Applications to Robot Selection. *Computers and Industrial Engineering*, 36, 503-523.
- Raj, P.A. ve Kumar, D.N. (1999). Ranking alternatives with fuzzy weights using maximizing set and minimizing set. *Fuzzy Sets and Systems*, 105, 365–375.
- Yang, T. ve Hung, C.C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 126–137.
- Yong, D. (2006). Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 839–844.
- Yurdakul, M. ve Coğun C. (2003). Development of a multi-attribute selection procedure for non- traditional machining processes” *Journal of Engineering Manufacture*, 217 Part B: 993- 1009.
- Yurdakul, M. ve İç, Y.T. (2005). development of a performance measurement model for manufacturing companies using the AHP and TOPSIS approaches”, *International Journal of Production Research*, 43, 4609-4641.
- Wang, Y.M. ve Elhag, T.M.S. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 31, 309–319.

- Wang, T.C. ve Chang, T.H. (2007). Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 33, 870-880.
- Zimmerman, H.J. (1996). *Fuzzy sets theory and its applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.