

# ÇOK AMAÇLI KARAR SÜRECİNİN İKİ KİŞİLİ SABİT TOPLAMLI OLMAYAN OYUNLARDA UYGULAMASI

**Hakan Soner APLAK\***, **Orhan TÜRKBEY\*\***

\* KHO, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, 06400 Çankaya, Ankara, Türkiye

\*\* Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe, Ankara, Türkiye

[haplak@kho.edu.tr](mailto:haplak@kho.edu.tr), [turkbey@gazi.edu.tr](mailto:turkbey@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 19.03.2012; Kabul/Accepted: 18.04.2013)

## ÖZET

Karar süreci çevresel tüm koşulların amaçlar doğrultusunda değerlendirildiği belirsizlik içeren bir süreçtir. Çalışmanın amacı, bulanık küme uygulamalarını kullanan çok amaçlı bir karar verme (ÇAKV) metodolojisi sunmaktır. Süreç iki kişili sabit toplamli olmayan bir oyun kapsamında ele alınmakta ve her aşaması oyun teorisi kapsamında oyuncuların karşılıklı stratejileri dikkate alınarak uygulanmaktadır. Önerilen metodolojinin rekabetçi ortamlarında uygulanabilirliğinin ve matematiksel geçerliliğinin gösterilmesi amacıyla örnek bir durum ve sayısal bir uygulama verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Amaçlı Karar Verme, İki Kişili Oyunlar, Bulanık Kümeler.

## THE APPLICATION OF TWO PERSON NON-CONSTANT SUM GAMES IN MULTI-OBJECTIVE DECISION PROCESS

### ABSTRACT

Decision process includes complexity in which all of environmental conditions are evaluated in accordance with objectives. The aim of this study is to present a multi-objective decision making (MODM) process by using fuzzy set applications. Process is considered in the concept of two person non-constant sum games and all phases are executed in game theoretic perspective by evaluating the mutual strategies of players. To demonstrate the validity and applicability of proposed methodology for competition environments, a case and a numerical example is given.

**Keywords:** Multi Objective Decision Making, Two Person Games, Fuzzy Sets.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Karar Verme Süreci (KVS), eldeki bilgiler çerçevesinde alternatifler arasından en iyisini seçme işlemidir [1]. KVS'lerinde en uygun alternatifin seçimi, hedefler, kaynaklar ve riskler gibi birçok faktörü değerlendirmeyi gerektirir. Günümüzde, bulanık mantık ve oyun teorisi gibi yapay zekâ (YZ) teknikleri, karar verme süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerin amacı, bilginin ve nedenselliğin sunulmasında insan kararlarının tutarlılığının geliştirilmesidir. Karar sürecinde, hedeflere göre uygun alternatiflerin seçimi çok amaçlı karar verme (ÇAKV) süreci olarak adlandırılmaktadır.

Bulanık mantık teorisinin öncelikli etkisi, analitik fonksiyonların ve rakamsal ilişkilerin bulunmadığı

durumlarda sistem davranışlarını tahmin etmektir. Literatürde, KVS'de bulanık mantık uygulamalarına sıkça rastlanmaktadır. Karsak, kalite fonksiyonlarının geliştirilmesi sürecindeki belirsizlik içeren bilgilerin değerlendirilmesi için bulanık bir ÇAKV modeli önermiştir [2]. Hung, tasarım konseptleri performansı belirlenmesinde bulanık ağırlıklı ortalama metodu kullanan birleştirilmiş bir bulanık yaklaşım sunmuştur [3]. Yeh ve ark.ları, ulaşım sisteminde kullanılmak üzere performans değerlendirmesi yapan bulanık çok kriterli bir analiz yaklaşımı önermişlerdir [4]. Çunkaş ve Ürkmez, çok kriterli bulanık genetik algoritma ile dalgıç asenkron motorların tasarım optimizasyonu üzerine çalışmıştır [5]. Kabak ve ark.ları, personel seçimi üzerine nicel ve nitel yöntemlerin birleşimi ile oluşturdukları melez bir ÇKKV metodu önermişlerdir [6]. Aplaç ve Türkbey çalışmalarında iki kişili sıfır

toplamlı olmayan oyunlar için ÇKKV yöntemi olarak bulanık TOPSIS metodunu kullanmaktadır. Çalışma için, kriterlerin belirlenmesinden başlayan, kriter önem derecelerinin tespiti ve stratejilerin oyun teorisi kapsamında değerlendirilmesine kadar uzanan bir metodoloji uygulanmıştır [7]. Ayrıca, İç ve Yıldırım ürün tasarımı için Taguchi yöntemi ile birlikte ÇKKV yöntemleri olan Gri İlişkisel Analiz, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini birlikte kullanmıştır [8].

Oyun teorisi rekabetin olduğu her alanda uygulanma alanı bulabilen bir karar problemi çözme yaklaşımıdır ve karar vericiler için önemli bir araçtır. Günümüzde, oyun teorisi üzerine bulanık matematiksel ifadeleri kullanan uygulamalara rastlanmaktadır. Peldschus ve Zavadskas, bulanık mantık uygulamaları ile su tedarik sisteminin incelendiği çalışmalarında bulanık oyun matrislerini kullanmıştır [9]. Chen ve Larbani, ÇKKV problemleri ile bulanık değerlendirme ve matris oyunları arasında ilişki kurarak teknoloji yönetimi alanındaki karar problemlerine farklı bir yaklaşım önerisi sunmuştur [10]. Larbani bulanık parametreler içeren işbiriksiz oyunlar gibi yeni bir bulanık oyun sınıfı önermiştir [11]. İsrail-Filistin sorununu konu alan Neutrosophic oyun teorisi yaklaşımı [12], stratejilerin değerlendirilmesinde bulanık ölçümler ve entegraller [13], iki kişili sıfır toplamı oyunlarda aralık teorisi [14] gibi bulanık oyun teorisine yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Raquel ve arkadaşları çok amaçlı karar problemleri için oyun teorisini kullanmıştır [15]. Oderanti ve ark., bulanık mantık konsepti ile oyun teorisini işletmelerin stratejik karar verme süreci için uygulamıştır [16]. Lee çalışmasında ekonomik gelişmeler ve çevresel faktörlerin dengelenmesi konusunda çok amaçlı oyun teorisi yaklaşımı üzerine odaklanmıştır [17].

Literatürde, oyun kazanç matrisleri hesaplanmasında farklı yöntemler kullanılmakta ve optimal stratejiler genelde tek bir amaç için bulunmaktadır. Bu süreçte sayısal değerler kullanılabilirdiği gibi, belirsizliğin tanımlanmasında tecrübe ve yargıların da dikkate alınması gerekmektedir. Çalışmada bu açığın bulanık uygulamalarla kapatılabileceği değerlendirilmiş ve literatürdeki mevcut uygulamaların bazı katkılarla desteklendiği bir karar metodolojisi oluşturulmuştur.

Çalışmanın amacı, bulanık mantık bazlı oyun teorisi uygulamalarını kullanan çok amaçlı bir karar verme metodolojisi (ÇAKV) sunmaktır. Tüm aşamalar oyun teorisi kapsamında oyuncuların karşılıklı stratejileri dikkate alınarak uygulanmaktadır. İlk olarak hedeflerin önem derecelerini ölçmek için bulanık dilsel değişkenler belirlenmekte ve önem dereceleri hesaplanmaktadır. Karar vericilere ait sübjektif değerlendirmeler, dilsel değişkenler yardımıyla sayısal değerlere dönüştürülmektedir. Müteakiben, oyuncuların stratejileri amaçlar dikkate alınarak bulanık matematiksel işlemler yardımıyla değerlendirilmektedir.

## 2. METOTLAR (METHODS)

Çalışmada, bulanık küme teorisi, oyun teorisi ile bazı karar verme ve araştırma metotları kullanılarak çok amaçlı karar verme (ÇAKV) problemlerinin çözümü için bir melez metodoloji önerisi sunulmaktadır.

### 2.1. Bulanık Küme Teorisi (Fuzzy Set Theory)

Bulanık küme teorisi, bulanık mantık sistemine dayalı olarak insan faktörünün içinde olduğu, belirsizlik, kişisel önyargı ve hedefler içeren yaşam problemleri için geçerli ve esnek bir çözüm yaklaşımıdır. Tam ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı kararlar vermesini sağlamakta ve karar mekanizmalarının modellenmesi ile ilgilenmektedir [18].

Bulanık sayılar, gerçek sayıların kümesinde tanımlanan ve tüm değerler için “ $\alpha$ ” kesimleri  $\alpha \in (0,1]$  kapalı gerçek sayılar aralığında bulunan standart bulanık kümelerdir. Üçgen bulanık sayılar (ÜBS), bulanık sayıların özel bir çeşididir ve gerçek sayılara ait üçleme ile karakterize edilir;  $(a_L, a_M, a_U)$ .

#### 2.1.1. Üçgen Bulanık Sayıların Derecelendirilmesi (Ranking Of Triangular Fuzzy Numbers (TFNS))

Karar vericilere ( $D_k = (1,2,...K)$ ) ait değerlendirmeler ÜBS  $\tilde{R}_k (k=1,2,...,K)$  ve  $\mu_{\tilde{R}_k}(\chi)$  üyelik fonksiyonu ile gösterilmektedir. Karar vericilerin bulanık değerlendirmelerinin birleştirilmesi için bir birleştirme metodu kullanılmaktadır. Karar vericilerin değerlendirmeleri ÜBS ile  $\tilde{R}_k(a_k, b_k, c_k)$ ,  $D_k = 1,2,...,K$  yapılmış olsun. Bu durumda, bir araya getirilmiş bulanık değerlendirmeler şöyle tanımlanabilir [3].

$$\tilde{R}(a, b, c), \quad k = 1, 2, \dots, K$$

$$a = \min\{a_k\} \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, \quad c = \max\{c_k\}$$

(1)

Derecelendirme ve sıralandırma metotları alternatiflerin ve kriterlerin öneminin belirlenmesinde çok önemli araçlardır. Chou ve arkadaşları, Chen ve Hsieh tarafından 2000 yılında geliştirilen derecelendirilmiş ortalama birleşim sunum metodu (the graded mean integration representation method) (DOBSM), ağırlık değerlerini durulaştırmak ve derecelendirmek amacıyla kullanmıştır [19,20]. DOBSM kullanıldığında, ÜBS kümesi  $\tilde{A} = (l,m,u)$  için derecelendirme ve sunum değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$R(A_i) = \frac{l + 4m + u}{6} \quad (2)$$

### 2.1.2. Bulanık Dilsel Değişkenler (Fuzzy Linguistic Variables)

Düşünce ve yargılardaki belirsizlikler nedeniyle kesin matematiksel değerler yerine, dilsel değişkenlerle yapılan değerlendirmeler daha gerçekçi bir yaklaşım sağlamaktadır [21]. Dilsel değişkenler, değerlerin dilsel terimlerle ifade edildiği değişkenlerdir [22].

### 2.2. Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) (Multi Objective Decision Making (MODM))

Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) süreçleri, kısıtlamalar altında hedeflere ulaşmada optimal karar alternatifini bulmayı amaçlamaktadır. Çoğu karar problemleri bir hedefin minimizasyon ve maksimizasyonundan çok çatışan hedeflerin optimizasyonunu içermektedir. Problem, hedeflere göre farklı değişik önceliklere ve tercihlere sahip hissedarların dahil olması durumunda daha karmaşık bir duruma gelmektedir. KV'ler, çatışan hedefleri dengeleyecek uzlaştırıcı bir sonuç aramaktadır [17].

ÇAKV problemlerinde önemli olan konular, hedeflerin gerçekleştirilmesine bağlı olarak alternatifler hakkında yeterli bilgiye sahip olunması ve hedeflerin birbirlerine oranla önem ağırlıklarının belirlenmesidir. Yager tarafından geliştirilen ÇAKV metodunda alternatiflerin hedefleri ne kadar gerçekleştirdiği ve ağırlıklandırılmış tüm hedeflerin tek bir karar fonksiyonu altında nasıl birleştirilebileceği gösterilmektedir [23,24]. Söz konusu metoda ait aşamalar, tanım ve formüller aşağıdaki gibi özetlenebilir [23];

$A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$  (Alternatifler kümesi),

$O = [O_1, O_2, \dots, O_r]$  (Hedefler Kümesi) ise,

$\mu_{O_r}(a)$ : Alternatiflerin hedefleri gerçekleştirme derecesi ("a" alternatifinin "r" hedefini gerçekleştirme derecesi)

Karar fonksiyonu (D) tüm karar hedeflerinin eşzamanlı olarak karşılandığı fonksiyondur ve tüm hedef kümesinin kesişimi ile gösterilmektedir.

Tüm Hedeflerin Kesişim Kümesi;

$$D = O_1 \cap O_2 \cap \dots \cap O_r \quad (3)$$

"D" karar fonksiyonuna ait her bir "a" alternatifi için üyelik derecesi;

$$\mu_D(a) = \min\{\mu_{O_1}(a), \mu_{O_2}(a), \dots, \mu_{O_r}(a)\} \quad (4)$$

Optimal karar,  $a^*$ , aşağıdaki şartı sağlayan alternatif olmaktadır.

$$\mu_D(a^*) = \max_{a \in A}(\mu_D(a)) \quad (5)$$

Alternatiflerin hedefleri gerçekleştirme derecelerinin yanında KV'lerin hedefler hakkındaki tercihleri de değerlendirilmektedir. Tercih değerleri, hedeflerin alternatifler üzerindeki etkisinin KV'lere ait düşüncelerle sayısal ifadesi olarak tanımlanmaktadır. Tercihler kümesi (T) doğrusallığın sağlandığı ve

sıralamanın verildiği kümedir. Bu kümenin elemanları düşük, orta, yüksek gibi dilsel değişkenlerle [0,1] aralığında veya doğrusal sıralama ölçeğinde ([-1,1] veya [1,10] gibi) ifade edilebilmektedir.

$$T = (b_1, b_2, \dots, b_r) \quad (\text{Tercih kümesi})$$

Bu aşamadan sonra, karar fonksiyonu hedeflerin ve tercihlerin kesişimi olarak gösterilmektedir. Hedef tercihlerinin de kullanılmasıyla optimal çözüm aşağıdaki formüller yardımıyla bulunmaktadır.

$M(O_r, b_r)$ : Hedeflerin ve tercihlerin birlikte gösterildiği karar ölçüsü

$$D = M(O_1, b_1) \cap M(O_2, b_2) \cap \dots \cap M(O_r, b_r) \quad (6)$$

$$M(O_r(a), b_r) = b_r \rightarrow O_r(a) = \bar{b}_r \vee O_r(a) \quad (7)$$

$$D = \bigcap_{i=1}^r (\bar{b}_r \cup O_r) \quad (8)$$

$$C_r = \bar{b}_r \cup O_r \Rightarrow \mu_{C_r}(a) = \max(\mu_{\bar{b}_r}(a), \mu_{O_r}(a)) \quad (9)$$

Sonuç olarak, optimal sonuç aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilir.

$$\mu_D(a^*) = \max_{a \in A}(\min(\mu_{C_1}(a), \mu_{C_2}(a), \dots, \mu_{C_r}(a))) \quad (10)$$

### 2.3. Oyun Teorisi (Game Theory)

Oyun teorisi rekabetçi ortamlarda karar verme süreçleri ile ilgilenen matematiksel bir teoridir [25]. Oyunları, çok kişili KVS olarak nitelendirmek, oyuncu sayısı, kazanç ve işbirliği gibi açılardan sınıflara ayırmak mümkündür. Bu oyunlarda denge noktası, oyunun değeri ve oyuncuların optimal stratejileri bulunabilmektedir [26]. Çalışmada karar süreci, iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyun olarak ele alınmıştır.

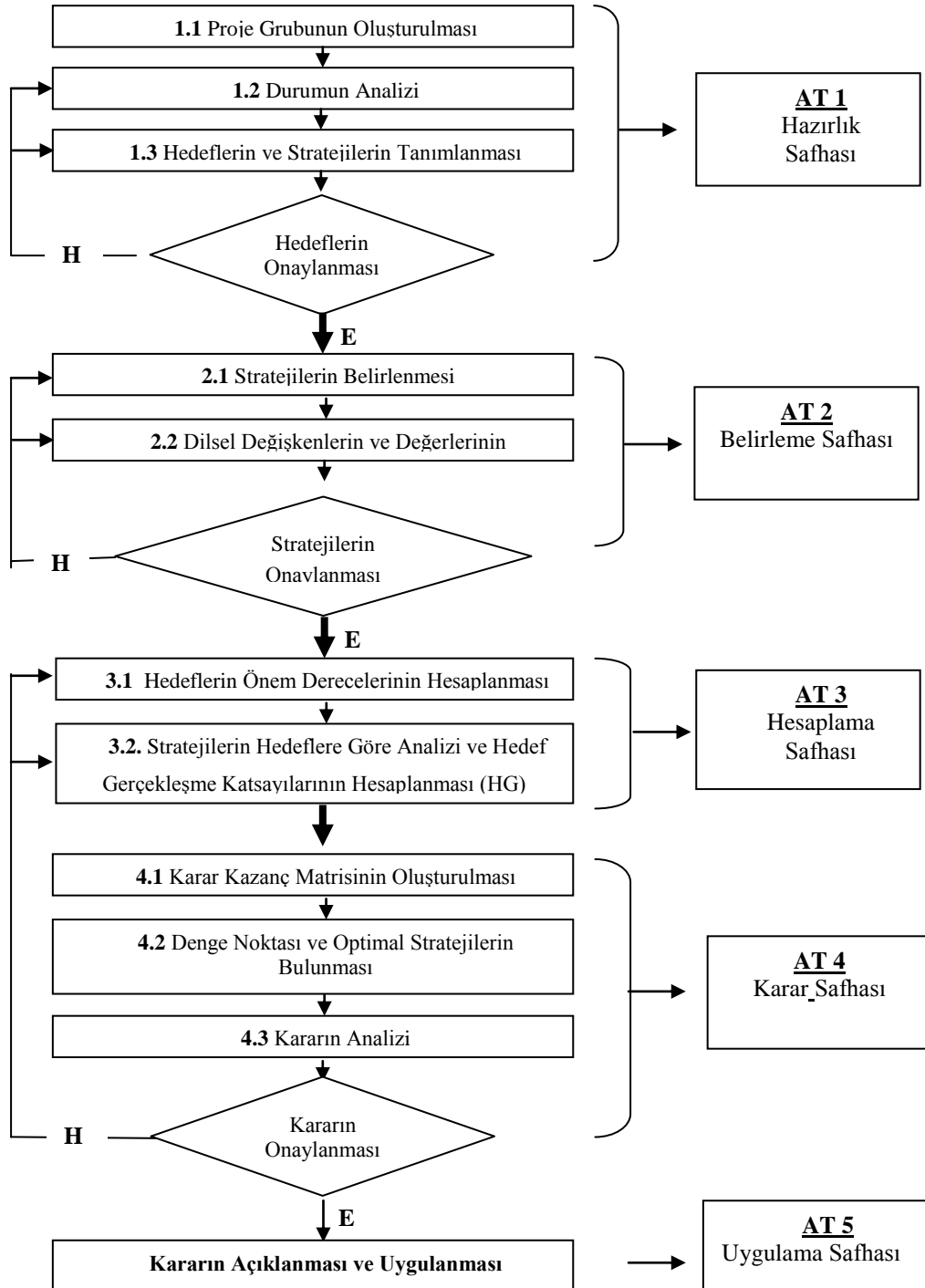
### 3. MELEZ ÇOK AMAÇLI KARAR VERME METODOLOJİSİ (HYBRID MULTI-OBJECTIVE DECISION MAKING METHODOLOGY)

KVS sistematik olarak değerlendirilmesi gereken kritik öneme sahip bir süreçtir. Önerilen melez metodolojinin amacı, çok amaçlı karar verme sürecinde (ÇAKV) iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyundan optimal sonucun elde edilmesine yönelik bir yöntem oluşturmaktır. Rekabet ortamında problem çözüme kullanılabilecek bu yöntem, karar vericilere, kendi ve rakiplerinin stratejilerinin belirli kıstasları kullanarak sistematik bir sıra dâhilinde değerlendirme olanağı sağlamaktadır. Metodolojinin melez olarak adlandırılmasının sebebi, literatürde bulunan birçok metodun kendine ait özelliklerinin ortak bir amaç çerçevesinde birleştirilmiş olmasıdır.

Metodolojinin ilgilendiği karar ortamı, rakiplerine göre daha iyi kazanım elde etme çabaları ve strateji çatışmaları içinde bulunan rekabetçi ortamlardır.

Süreçte yaşanan rekabet oyun teorisi mantığında değerlendirildiğinde bu ortamın aktörleri, hedefleri birbiriyle zıt yönde olan ve çelişen oyunculardır. Bu yöntem, iki kişilik bir rekabet ortamında karar sürecine ait bir oyunun kazanç matrisinin oluşturulmasını hedeflemektedir. YZ yöntemleri ve matematiksel hesaplamalar sonucu oluşturulan oyun kazanç matrisinin denge noktası araştırılarak oyuncuların strateji seçimleri değerlendirilmekte ve optimal stratejiler bulunmaktadır.

Önerilen melez metodoloji KVS'ni bir proje ve bu sürecin yönetimi de proje yönetimi kapsamında ele alınmaktadır. Karar süreci, çok amaçlı ve rekabet ortamında oyun teorisi kapsamında değerlendirilerek iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyun kazanç matrisi oluşturulması amacıyla, tüm adımlar sistematik olarak birbirlerinin girdi ve çıktılarını kullanan aşama taşları (AT)) şeklinde oluşturulmuştur. Bu sürece ait akış diyagramı Şekil 1'dedir.



**Şekil 1.** Önerilen Çok Amaçlı Karar Verme Metodolojisine Ait Akış Diyagramı (Flow Diagram for the Proposed Multi-Objective Methodology)

#### 4. METODOLOJİNİN ÖRNEK DURUM ÜZERİNDE SAYISAL UYGULAMASI (THE NUMERICAL APPLICATION OF METHODOLOGY ON A SAMPLE CASE)

Bu bölümde, uluslararası rekabet ortamında iki ülkenin (Alfa ve Beta) yer aldığı örnek bir durum üzerinden metodolojinin sayısal uygulaması gösterilmektedir. Mevcut senaryo yazarlar tarafından stratejilerin kriterlere göre değerlendirildiği başka bir metodoloji için kullanılmış olup [7] mevcut çalışmada ise kriterler yerine amaçların dikkate alındığı ÇAKV sürecine yönelik bir metodoloji uygulaması verilmektedir.

Örnek durum, KVS'nin oyun teorisi kapsamında incelenmesi amacıyla geçmişte yaşanmış uluslararası olaylardan (Irak, Kosova, Bosna gibi) faydalanılarak oluşturulmuş, hayali bir coğrafyada yer alan iki ülke arasındaki politik ve ekonomik konuları kapsayan ve tarihi geçmişi olan hayali bir anlaşmazlık durumudur. Olaylar, Beta ülkesinin Alfa ülkesi üzerinde tarihsel baz iddiaları olduğu istikrarsız bir bölgede geçmektedir. Beta, Alfa ülkesine ait olan petrol bölgesinin tarihsel nedenlerden dolayı kendisine ait olduğunu iddia etmiş ve buna dayanarak bölgeyi işgal etmiştir. Bu nedenle, Alfa uluslararası yardım talebinde bulunmuş ve BM sorunlu bölgenin kontrolü için bir barışı koruma kuvveti teşkil ederek bölgeye göndermiştir.

##### 4.1. Hazırlık safhası (AT 1) (Preparation Phase (MS 1))

Bu safhanın aşamaları, karar verici grubun (KVG) oluşturulması, durumun analizi, oyunculara ait hedeflerin ve stratejilerin tespitidir. İlk aşamada çeşitli ülkelerin (İtalya, Kosova, Slovenya ve Yunanistan) personelinden uluslar arası barış görevlerinde bulunmuş uzmanlarından 10 kişilik bir proje grubu oluşturulmuştur. KV'lerin tecrübelerine ek olarak kendi ülkeleri standartlarında birbirlerine benzer eğitim seviyesi, statüsü, tecrübesi ve görevi bulunmaktadır. Durumun analizinden sonra her oyuncu için hedefler belirlenmiştir. Alfa açısından belirlenen hedefler aşağıdaki sıralanmaktadır.

- İki ülke arasındaki alanın içinde bulunan petrol bölgesinin korunması.
- Ülke genelinin güvenliğinin sağlanması ve korunması.
- İç ve dış kamuoyu tepkisinin kontrolü.
- Barışın sürdürülmesi.

Beta açısından ise, öncelikleri veya ağırlıkları farklı olsa da Alfa ile aynı çerçevede fakat zıt yönde amaçlar taşıyacağı olacağı değerlendirilmektedir. Alfa hedeflere ulaşma derecesini maksimize etmeye çalışırken Beta ise zıt yönde söz konusu hedefleri başarıma derecesini minimize etmeye çalışacaktır.

##### 4.2. Belirleme safhası (AT 2) (Determination Phase (MS 2))

Hedeflerin onaylanmasından sonra tasarlanmış stratejiler KVG tarafından strateji yeterliliklerine göre yeniden değerlendirilerek oyuncular için net olarak belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda Alfa için beş ve Beta için dört adet strateji öngörülmüştür.

Hedef önem dereceleri ile stratejilerin hedefler açısından başarı derecelerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılacak dilsel değişkenler ve değerleri KVG tarafından belirlenmiştir. KVG, bu ifadelerin sayısallaştırılmasında literatürdeki bulanık sayı tiplerinden üçgen bulanık sayıların kullanılmasını kararlaştırmıştır. Bu düşüncenin dayanak noktası, soruna ait karar probleminin yapısına uygun dilsel değişkenlerin ve sayıların seçilmesidir. Dilsel ifadelerle ait üçgen bulanık sayılar KVG tarafından yapılan bir anket çalışması ile belirlenmiştir. KVG'ya dilsel ifadelerin tanımlanmasında kullanılacak en muhtemel sayısal değerleri yazmaları istenmiştir. Bu sayıların geometrik ortalamaları alınarak bulanık bir dilsel değişken skalası oluşturulmuştur. Hedeflerin önem dereceleri ile stratejilerin hedefleri gerçekleştirme derecelerinin ölçülmesi amacıyla belirlenen dilsel değişkenler tablo 1'dedir.

**Tablo 1.** Hedef Önemlerinin Değerlendirilmesi için Bulanık Dilsel Değişkenler ve Sayılar (Fuzzy Linguistic Terms and Numbers for Evaluating Objectives Importance)

Önem Derecesi	Bulanık Sayı		
Çok Önemli (ÇY)	(0,86	1,00	1,00)
Önemli (Y)	(0,68	0,86	0,97)
Biraz Önemli (BY)	(0,53	0,68	0,86)
Orta Derece (OD)	(0,39	0,53	0,68)
Biraz Önemsiz (BD)	(0,25	0,39	0,53)
Önemsiz (D)	(0,10	0,25	0,39)
Hiç Önemsiz (HD)	(0,00	0,00	0,25)

##### 4.3. Hesaplama safhası (AT 3) (Calculation Phase)

Hesaplama safhasında KVG'ya bir anket uygulanarak hedeflerin önem dereceleri hesaplanmış ve stratejiler bu doğrultuda analiz edilmiştir. Anket ile dilsel değişkenlerin değerleri, hedeflerin önem dereceleri ve stratejilerin hedefleri gerçekleştirme değerlerinin belirlenmiştir.

##### 4.3.1. Hedeflerin Önem Derecelerinin Hesaplanması (Calculating Objective Importance)

Oyuncuların hedeflerine ait öncelikleri KVG tarafından yapılan değerlendirmeler doğrultusunda tablo 1'deki bulanık dilsel değişkenler kullanılarak belirlenmiştir. Bulanık ağırlık matrisi hesaplanmış (eş.1) ve bu değerler DOBSM kullanılarak (eş.2) durulaştırılmıştır. Alfa oyuncusunun hedef tercihleri için KVG tarafından yapılan değerlendirmeler ve değerlere karşılık gelen sayılar tablo 2 ve 3'de verilmiştir.

**Tablo 2.** AH'lerin Dilsel Değişkenlerle Değerlendirilmesi ( $AH_r$ : Alfa'nın r'inci hedefi)  
(Evaluation of AO's with Linguistic Variables (AO<sub>r</sub>: Alpha's r<sup>th</sup> Objective))

	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	KV <sub>4</sub>	KV <sub>5</sub>	KV <sub>6</sub>	KV <sub>7</sub>	KV <sub>8</sub>	KV <sub>9</sub>	KV <sub>10</sub>
AH <sub>1</sub>	OD	BD	ÇY	Y	BY	D	BY	BD	OD	Y
AH <sub>2</sub>	Y	ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y
AH <sub>3</sub>	BY	ÇD	OD	OD	OD	D	OD	BD	MD	D
AH <sub>4</sub>	ÇY	Y	ÇY	Y	ÇY	BY	ÇY	Y	BY	ÇY

**Tablo 3.** AH'lerin Değerlendirilmesine Ait Bulanık Sayısal Değerler (The Fuzzy Numbers for Evaluation of AO's)

	AH <sub>1</sub>			AH <sub>2</sub>			AH <sub>3</sub>			AH <sub>4</sub>		
KV <sub>1</sub>	0,39	0,53	0,68	0,68	0,86	0,97	0,53	0,68	0,86	0,86	1,00	1,00
KV <sub>2</sub>	0,25	0,39	0,53	0,86	1,00	1,00	0,00	0,00	0,25	0,68	0,86	0,97
KV <sub>3</sub>	0,86	1,00	1,00	0,68	0,86	0,97	0,39	0,53	0,68	0,86	1,00	1,00
KV <sub>4</sub>	0,68	0,86	0,97	0,86	1,00	1,00	0,39	0,53	0,68	0,68	0,86	0,97
KV <sub>5</sub>	0,53	0,68	0,86	0,86	1,00	1,00	0,39	0,53	0,68	0,86	1,00	1,00
KV <sub>6</sub>	0,10	0,25	0,39	0,86	1,00	1,00	0,10	0,25	0,39	0,53	0,68	0,86
KV <sub>7</sub>	0,53	0,68	0,86	0,86	1,00	1,00	0,39	0,53	0,68	0,86	1,00	1,00
KV <sub>8</sub>	0,25	0,39	0,53	0,68	0,86	0,97	0,25	0,39	0,53	0,68	0,86	0,97
KV <sub>9</sub>	0,39	0,53	0,68	0,86	1,00	1,00	0,25	0,39	0,53	0,53	0,68	0,86
KV <sub>10</sub>	0,68	0,86	0,97	0,68	0,86	0,97	0,10	0,25	0,39	0,86	1,00	1,00

Bu değerlendirmeler kullanılarak hedefler için bulanık ağırlık matrisi ve tercih (önem) dereceleri hesaplanmıştır.  $AH_j$ 'e ait hesaplamalar aşağıda, Alfa ve Betaya ait hedef bulanık ağırlık matrisleri ve tercih değerleri tablo 4 ve 5'te verilmektedir.

$$A\tilde{H}_1(a, b, c), \quad KV_k = 1, 2, \dots, 10$$

$$a = \min_k \{a_k\} \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k \quad c = \max_k \{c_k\}$$

$$a = \min\{0,39 \quad 0,25 \quad 0,86 \quad 0,68 \quad 0,53 \quad 0,10 \quad 0,53 \quad 0,25 \quad 0,39 \quad 0,68\} = 0,10$$

$$b = \frac{1}{10}(0,53+0,39+1,00+0,86+0,68+0,25+0,68+0,39+0,53+0,86) = 0,62$$

$$c = \max\{0,68 \quad 0,53 \quad 1,00 \quad 0,97 \quad 0,86 \quad 0,39 \quad 0,86 \quad 0,53 \quad 0,68 \quad 0,97\} = 1,00$$

$$R(AH_1) = \frac{a+4b+c}{6} = \frac{0,10+(4 \times 0,62)+1,00}{6} = 0,597$$

**Tablo 4.** Alfa'nın Hedef Bulanık Ağırlık Matrisleri ve Tercih Değerleri (Alpha's Objectives' Fuzzy Weighted Matrix and Preferences Values)

Hedef	Ağırlık Değerleri			Tercih	Değerler
AH <sub>1</sub>	0,10	0,62	1,00	Ab <sub>1</sub>	0,597
AH <sub>2</sub>	0,68	0,95	1,00	Ab <sub>2</sub>	0,910
AH <sub>3</sub>	0,00	0,41	0,86	Ab <sub>3</sub>	0,417
AH <sub>4</sub>	0,53	0,89	1,00	Ab <sub>4</sub>	0,852

**Tablo 5.** Beta'nın Hedef Bulanık Ağırlık Matrisleri ve Tercih Değerleri (Beta's Objectives' Fuzzy Weighted Matrix and Preferences Values)

Hedef	Ağırlık Değerleri			Tercih	Değerler
BH <sub>1</sub>	0,68	0,93	1,00	Bb <sub>1</sub>	0,901
BH <sub>2</sub>	0,10	0,48	0,97	Bb <sub>2</sub>	0,500
BH <sub>3</sub>	0,00	0,30	0,86	Bb <sub>3</sub>	0,344
BH <sub>4</sub>	0,10	0,82	1,00	Bb <sub>4</sub>	0,733

**4.3.2.** Stratejilerin Hedeflere Göre Analizi ve Hedef Gerçekleşme Katsayılarının Hesaplanması  
(Strategies' Analysis According to Objectives and Calculating Objective Realization Coefficients)

Bu aşamada karar süreci, iki kişili bir oyun kapsamında ele alınarak, oyuncuların karşılıklı stratejilerine göre stratejilerin hedefleri gerçekleştirme performansları ( $PAS_{ijr}$  ve  $PBS_{ijs}$ ) tablo 1'deki bulanık dilsel değişkenler ile değerlendirilmiştir (Tablo 6).

$P\tilde{A}S_{ijr}$ : Beta "j" stratejisini oynarken, Alfa'nın "i" stratejisinin "r" hedefini gerçekleştirme performans üyelik derecesi (i=1,2,3,4,5; j=1,2,3,4; r=1,2,3,4)

$BS_l$  oynanması durumunda  $AH_l$ 'in gerçekleştirilmesi için performanslara ait ( $P\tilde{A}S_{ijr}$ ) değerlendirmeler tablo 7'de ve örnek hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

**Tablo 6.** Betanın 1’inci Stratejisi (BS<sub>1</sub>) için Alfa Stratejilerinin (AS) Hedefleri Gerçekleştirme Performansları (Alpha’s Strategies’ (AS) Performances for Objectives Realization for Beta’s 1<sup>st</sup> Strategy (BS<sub>1</sub>))

	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>	KV <sub>4</sub>	KV <sub>5</sub>	KV <sub>6</sub>	KV <sub>7</sub>	KV <sub>8</sub>	KV <sub>9</sub>	KV <sub>10</sub>
AS <sub>111</sub>	Çİ	Bİ	Çİ	İ	N	Bİ	İ	N	İ	N
AS <sub>211</sub>	İ	Çİ	N	N	Bİ	Çİ	N	Bİ	N	İ
AS <sub>311</sub>	K	ÇK	BK	K	BK	K	K	ÇK	K	ÇK
AS <sub>411</sub>	ÇK	N	Bİ	Bİ	BK	ÇK	N	K	K	Bİ
AS <sub>511</sub>	BK	K	ÇK	K	BK	K	ÇK	ÇK	K	ÇK
AS <sub>112</sub>	N	K	N	BK	N	N	K	Bİ	K	N
AS <sub>212</sub>	Bİ	K	BK	N	BK	N	ÇK	K	Bİ	N
AS <sub>312</sub>	K	ÇK	BK	BK	N	ÇK	BK	K	BK	K
AS <sub>412</sub>	N	N	N	N	BK	Bİ	K	N	BK	BK
AS <sub>512</sub>	ÇK	K	ÇK	ÇK	BK	K	ÇK	K	ÇK	K
AS <sub>113</sub>	Çİ	Bİ	Çİ	İ	İ	Bİ	Bİ	İ	Çİ	Bİ
AS <sub>213</sub>	İ	Bİ	Çİ	N	Bİ	Bİ	Çİ	Bİ	N	BK
AS <sub>313</sub>	N	Bİ	N	BK	K	Bİ	İ	Bİ	Bİ	K
AS <sub>413</sub>	Bİ	Bİ	N	BK	N	N	BK	N	N	BK
AS <sub>513</sub>	Bİ	İ	N	İ	N	İ	BK	N	K	İ
AS <sub>114</sub>	İ	Çİ	Çİ	Bİ	N	İ	İ	Çİ	Çİ	Çİ
AS <sub>214</sub>	Bİ	N	İ	Bİ	İ	İ	Bİ	Çİ	İ	Bİ
AS <sub>314</sub>	BK	ÇK	BK	N	Bİ	K	K	N	BK	K
AS <sub>414</sub>	N	Bİ	N	BK	N	BK	BK	N	BK	N
AS <sub>514</sub>	ÇK	N	ÇK	K	N	BK	K	M	N	BK

**Tablo 7.** BS<sub>1</sub> Durumunda AH<sub>1</sub>’i Gerçekleştirmesinde AS’lerin Performans Dereceleri (Alpha’s Strategies’ Performance Degrees for Realization of AH<sub>1</sub> in case of BS<sub>1</sub>)

	AS <sub>111</sub>			AS <sub>211</sub>			AS <sub>311</sub>			AS <sub>411</sub>			AS <sub>511</sub>		
KV <sub>1</sub>	0,86	1,00	1,00	0,68	0,86	0,97	0,10	0,25	0,39	0,00	0,00	0,25	0,25	0,39	0,53
KV <sub>2</sub>	0,53	0,68	0,86	0,86	1,00	1,00	0,00	0,00	0,25	0,39	0,53	0,68	0,10	0,25	0,39
KV <sub>3</sub>	0,86	1,00	1,00	0,39	0,53	0,68	0,25	0,39	0,53	0,53	0,68	0,86	0,00	0,00	0,25
KV <sub>4</sub>	0,68	0,86	0,97	0,39	0,53	0,68	0,10	0,25	0,39	0,53	0,68	0,86	0,10	0,25	0,39
KV <sub>5</sub>	0,39	0,53	0,68	0,53	0,68	0,86	0,25	0,39	0,53	0,25	0,39	0,53	0,25	0,39	0,53
KV <sub>6</sub>	0,53	0,68	0,86	0,86	1,00	1,00	0,10	0,25	0,39	0,00	0,00	0,25	0,10	0,25	0,39
KV <sub>7</sub>	0,68	0,86	0,97	0,39	0,53	0,68	0,10	0,25	0,39	0,39	0,53	0,68	0,00	0,00	0,25
KV <sub>8</sub>	0,39	0,53	0,68	0,53	0,68	0,86	0,00	0,00	0,25	0,10	0,25	0,39	0,00	0,00	0,25
KV <sub>9</sub>	0,68	0,86	0,97	0,39	0,53	0,68	0,10	0,25	0,39	0,10	0,25	0,39	0,10	0,25	0,39
KV <sub>10</sub>	0,39	0,53	0,68	0,68	0,86	0,97	0,00	0,00	0,25	0,53	0,68	0,86	0,00	0,00	0,25

$$P\tilde{A}S_{111}(a,b,c), \quad KV_k = 1,2,\dots,10,$$

$$a = \min_k \{a_k\}, \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k, \quad c = \max_k \{c_k\}$$

$$a = \min\{0,86 \ 0,53 \ 0,86 \ 0,68 \ 0,39 \ 0,53 \ 0,68 \ 0,39 \ 0,68 \ 0,39\} = 0,39$$

$$b = \frac{1}{10}(1,00 + 0,68 + 1,00 + 0,86 + 0,53 + 0,68 + 0,86 + 0,53 + 0,86 + 0,53) = 0,75$$

$$c = \max\{1,00 \ 0,86 \ 1,00 \ 0,97 \ 0,68 \ 0,86 \ 0,97 \ 0,68 \ 0,97 \ 0,68\} = 1,00$$

$$P\tilde{A}S_{111} = (0,39 \ 0,75 \ 1,00)$$

Bu hesaplamalar sonucu oluşturulan bulanık ağırlık matrisi tablo 8’de verilmektedir.

**Tablo 8.** BS<sub>1</sub> Durumunda Alfa’nın Stratejilerinin AH<sub>1</sub>’i Gerçekleştirme Performans Üyelik Dereceleri (Alpha’s Strategies’ Performance Degrees for AO<sub>1</sub> in case of BS<sub>1</sub>)

$P\tilde{M}S_{i11}$	Ağırlık değerleri		
$P\tilde{M}S_{111}$	0,39	0,75	1,00
$P\tilde{M}S_{211}$	0,39	0,72	1,00
$P\tilde{M}S_{311}$	0,00	0,20	0,53
$P\tilde{M}S_{411}$	0,00	0,40	0,86
$P\tilde{M}S_{511}$	0,00	0,18	0,53

### 4.3.3. Hedef Gerçekleştirme Performans Değerlerinin Hesaplanması (Durulaştırma)

(Calculation Of Objective Performance Values (Defuzzification))

$PAS_{ijr}$  : Beta “j” stratejisini oynarken, Alfa’nın “i” stratejisinin “r” hedefini gerçekleştirme performans değeri (i=1,2,3,4,5; j=1,2,3,4; r=1,2,3,4) olsun.

$$PAS_{111} = \frac{a + 4b + c}{6} = \frac{0,39 + (4 \times 0,75) + 1,00}{6} = 0,735$$

Alfa’nın stratejileri için hesaplanan ve AH’lerini gerçekleştirme performans derecelerini gösteren bulanık ağırlık matrisi ve durulaştırılmış değerler tablo 9’da verilmiştir.

**Tablo 9.** AS’lerin AH’lerini Gerçekleştirme Performans Değerleri (AS’s Performance Values for Realization of AO’s)

Hdf	BS AS	BS <sub>1</sub>				BS <sub>2</sub>				BS <sub>3</sub>				BS <sub>4</sub>			
		a	b	c	P	a	b	c	P	a	b	c	P	a	b	c	P
AH <sub>1</sub>	AS <sub>1</sub>	0,39	0,75	1,00	<b>0,74</b>	0,10	0,35	0,68	<b>0,36</b>	0,68	0,95	1,00	<b>0,91</b>	0,25	0,64	0,97	<b>0,63</b>
	AS <sub>2</sub>	0,39	0,72	1,00	<b>0,71</b>	0,25	0,52	0,97	<b>0,55</b>	0,53	0,90	1,00	<b>0,86</b>	0,10	0,39	0,86	<b>0,42</b>
	AS <sub>3</sub>	0,00	0,20	0,53	<b>0,22</b>	0,00	0,24	0,68	<b>0,28</b>	0,39	0,80	1,00	<b>0,77</b>	0,10	0,48	0,97	<b>0,50</b>
	AS <sub>4</sub>	0,00	0,40	0,86	<b>0,41</b>	0,00	0,38	0,68	<b>0,37</b>	0,25	0,84	1,00	<b>0,77</b>	0,10	0,45	0,86	<b>0,46</b>
	AS <sub>5</sub>	0,00	0,18	0,53	<b>0,21</b>	0,00	0,19	0,53	<b>0,22</b>	0,53	0,87	1,00	<b>0,83</b>	0,25	0,74	1,00	<b>0,70</b>
AH <sub>2</sub>	AS <sub>1</sub>	0,10	0,45	0,86	<b>0,46</b>	0,10	0,46	0,68	<b>0,44</b>	0,39	0,82	1,00	<b>0,78</b>	0,53	0,78	1,00	<b>0,78</b>
	AS <sub>2</sub>	0,00	0,42	0,86	<b>0,43</b>	0,10	0,46	0,86	<b>0,47</b>	0,53	0,93	1,00	<b>0,87</b>	0,25	0,73	1,00	<b>0,69</b>
	AS <sub>3</sub>	0,00	0,29	0,68	<b>0,30</b>	0,00	0,29	0,68	<b>0,30</b>	0,10	0,63	1,00	<b>0,61</b>	0,10	0,54	0,97	<b>0,54</b>
	AS <sub>4</sub>	0,25	0,48	0,86	<b>0,51</b>	0,00	0,38	0,68	<b>0,37</b>	0,39	0,72	1,00	<b>0,71</b>	0,39	0,61	0,97	<b>0,63</b>
	AS <sub>5</sub>	0,00	0,14	0,53	<b>0,18</b>	0,00	0,11	0,53	<b>0,17</b>	0,10	0,50	0,97	<b>0,51</b>	0,10	0,46	0,86	<b>0,47</b>
AH <sub>3</sub>	AS <sub>1</sub>	0,53	0,83	1,00	<b>0,81</b>	0,39	0,59	0,86	<b>0,60</b>	0,10	0,52	0,97	<b>0,53</b>	0,25	0,72	1,00	<b>0,69</b>
	AS <sub>2</sub>	0,25	0,70	1,00	<b>0,68</b>	0,25	0,56	0,97	<b>0,58</b>	0,00	0,34	0,86	<b>0,37</b>	0,00	0,43	0,97	<b>0,45</b>
	AS <sub>3</sub>	0,10	0,55	0,97	<b>0,55</b>	0,10	0,49	0,86	<b>0,49</b>	0,39	0,74	1,00	<b>0,72</b>	0,25	0,67	0,97	<b>0,65</b>
	AS <sub>4</sub>	0,25	0,52	0,86	<b>0,53</b>	0,10	0,58	0,97	<b>0,57</b>	0,39	0,71	1,00	<b>0,70</b>	0,39	0,74	1,00	<b>0,73</b>
	AS <sub>5</sub>	0,10	0,64	0,97	<b>0,60</b>	0,00	0,49	0,97	<b>0,49</b>	0,53	0,93	1,00	<b>0,87</b>	0,25	0,59	0,86	<b>0,58</b>
AH <sub>4</sub>	AS <sub>1</sub>	0,39	0,88	1,00	<b>0,82</b>	0,10	0,48	0,86	<b>0,48</b>	0,53	0,79	0,97	<b>0,78</b>	0,10	0,57	1,00	<b>0,56</b>
	AS <sub>2</sub>	0,39	0,77	1,00	<b>0,75</b>	0,10	0,59	0,97	<b>0,57</b>	0,53	0,80	1,00	<b>0,79</b>	0,25	0,59	0,97	<b>0,59</b>
	AS <sub>3</sub>	0,00	0,33	0,86	<b>0,36</b>	0,00	0,34	0,68	<b>0,34</b>	0,39	0,72	1,00	<b>0,71</b>	0,10	0,56	1,00	<b>0,56</b>
	AS <sub>4</sub>	0,25	0,49	0,86	<b>0,51</b>	0,00	0,43	0,97	<b>0,45</b>	0,39	0,74	1,00	<b>0,72</b>	0,10	0,50	0,97	<b>0,51</b>
	AS <sub>5</sub>	0,00	0,41	0,68	<b>0,38</b>	0,00	0,22	0,53	<b>0,23</b>	0,25	0,58	0,97	<b>0,59</b>	0,00	0,42	0,86	<b>0,43</b>

### 4.3.4. Hedef Gerçekleşme Katsayılarının (HG<sub>Aij</sub> ve HG<sub>Bij</sub>) Hesaplanması (Calculation of Objective Realization Coefficients (RC<sub>Aij</sub> ve RC<sub>Bij</sub>))

Stratejilerin hedefleri gerçekleştirme performansları ile hedef önem dereceleri birlikte değerlendirilerek stratejilerin hedef gerçekleştirme katsayıları (HG) hesaplanmıştır. AS<sub>1</sub> için yapılan hesaplama işlemleri sırasıyla aşağıda gösterilmektedir.

- Alfa’ya ait hedef tercih değerlerinin tümleyen değerlerinin hesaplanması ( $\overline{Ab}_r$ )

$$\overline{Ab}_r = ((1-0,597) (1-0,910) (1-0,417) (1-0,852))$$

$$\overline{Ab}_r = (0,403 \ 0,090 \ 0,583 \ 0,148)$$

- Tercih değerlerinin tümleyen değerleri ile performans değerlerinin birleştirilmesi

Hedef tercih değerleri ile normalleştirilen performans değerleri kıyaslanarak tüm hedefler için maksimum değerler bulunmuştur.

$$AH_r(S_{ij}) : \overline{Ab}_r \text{ ve } PAS_{ijr} \text{ değerlerinin kıyaslanma değeri}$$

$$AH_r(S_{ij}) = \overline{Ab}_r \vee PAS_{ijr} = \max(\overline{Ab}_r, PAS_{ijr})$$

$$AH_1(S_{11}) = \max(0,403 \ 0,735) = \underline{0,735}$$

- Hedef gerçekleştirme (HG<sub>Aij</sub>) katsayılarının hesaplanması

$HG_{Aij}$  : Beta “j” stratejisini oynarken, Alfa’nın “i” stratejisinin tüm hedefleri birlikte gerçekleştirme derecesi (i=1,2,3,4,5; j=1,2,3,4)

HG katsayıları birleştirilen değerler arasında minimum değerler alınarak bulunmuştur.

$$HG_{A11} = \min((AH_1(S_{11}) \ (AH_2(S_{11}) \ (AH_3(S_{11}) \ (AH_4(S_{11})))$$

$$HG_{A11} = \min(0,735 \ 0,461 \ 0,809 \ 0,819) = \underline{0,461}$$

Tablo 10’da hedef tercih değerlerinin tümleyenleri ile stratejilerin performans derecelerinin birlikte değerlendirilmesi sonucu bulunan maksimum değerler ve Alfa’ya ait stratejilerin HG katsayıları (HG<sub>Aij</sub>) gösterilmektedir.

**Tablo 10.** BS<sub>1</sub> Durumunda HG<sub>A11</sub> Değerleri (RC<sub>A11</sub>’s Values in case of BS<sub>1</sub>)

AH AS	Maksimum değerler				Minimum Değerler
	AH <sub>1</sub>	AH <sub>2</sub>	AH <sub>3</sub>	AH <sub>4</sub>	
AS <sub>11</sub>	0,735	<u>0,461</u>	0,809	0,819	HG <sub>A11</sub> 0,461
AS <sub>21</sub>	0,713	<u>0,427</u>	0,678	0,746	HG <sub>A21</sub> 0,427
AS <sub>31</sub>	0,403	<u>0,303</u>	0,583	0,363	HG <sub>A31</sub> 0,303
AS <sub>41</sub>	<u>0,410</u>	0,514	0,583	0,514	HG <sub>A41</sub> 0,410
AS <sub>51</sub>	0,403	<u>0,182</u>	0,604	0,384	HG <sub>A51</sub> 0,182



Tablo 11 ve 12’de Alfa ve Beta’ya ait HG katsayıları gösterilmektedir.

**Tablo 11.** Beta’nın Tüm Stratejileri için Alfa’nın HG katsayıları  
(RC coefficients of Alpha Respect to All Beta Strategies)

BS HG <sub>A</sub>	BS <sub>1</sub>	BS <sub>2</sub>	BS <sub>3</sub>	BS <sub>4</sub>
HG <sub>A1</sub>	0,461	0,403	0,583	0,562
HG <sub>A2</sub>	0,427	0,470	0,583	0,423
HG <sub>A3</sub>	0,303	0,303	0,606	0,500
HG <sub>A4</sub>	0,410	0,367	0,704	0,461
HG <sub>A5</sub>	0,182	0,165	0,510	0,427

**Tablo 12.** Alfa’nın Tüm Stratejileri için Beta’nın HG katsayıları  
(The RC Coefficients of Beta Respect to All Alpha Strategies)

AS HG <sub>B</sub>	AS <sub>1</sub>	AS <sub>2</sub>	AS <sub>3</sub>	AS <sub>4</sub>	AS <sub>5</sub>
HG <sub>B1</sub>	0,594	0,562	0,616	0,500	0,442
HG <sub>B2</sub>	0,549	0,570	0,656	0,563	0,386
HG <sub>B3</sub>	0,370	0,225	0,437	0,389	0,592
HG <sub>B4</sub>	0,538	0,623	0,656	0,500	0,383

#### 4.4 Karar Safhası (AT 4) (The Decision Phase (MS 4))

Bu safhada, tüm strateji kombinasyonları için yapılan hesaplamalar sonucu oyunun kazanç matrisi oluşturularak oyuncuların optimal stratejileri bulunmuştur.

- Karar kazanç matrisinin oluşturulması

Stratejilerin hedef gerçekleştirme performanslarını gösteren ve oyuncular için hedeflerinin önem dereceleri dikkate alınarak hesaplanan HG katsayıları iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyun kazanç matrisi olarak tablo 13’de verilmiştir.

- Optimal stratejilerin bulunması

Bu aşamada optimal stratejilerin bulunması için oyunun denge noktası araştırılmış ve tablo13’de

görüleceği gibi iki altı çizili sayının kesiştiği hücre ( $i=1$  ve  $j=1$ ) oyunun denge noktası olarak tespit edilmiştir. Hedefleri dikkate alındığında Alfa ve Beta için optimal hareket tarzları 1’nci stratejilerini ( $AS_1$  ve  $BS_1$ ) uygulamaları olacaktır.

- Kararın analizi

Kararın analizi, sonuçların değerlendirilmesine yönelik duyarlılık analizini kapsayan bir süreçtir. Oyun kazanç matrisi stratejilerin hedefleri gerçekleştirme performanslarını göstermektedir. Örnek duruma ait optimal sonuçlara bakıldığında, denge stratejilerinin katsayıların değer olarak en iyi katsayılar olmadığı görülmüştür.

Örneğin, Betanın  $BS_3$ ’ü seçmesi durumunda Alfanın  $AS_4$ ’ünün HG katsayısı 0,704 olarak hesaplanmıştır. Bu, Alfa oyuncusu için denge noktasından uzaklaşmanın nasıl bir sonuç vereceği ve değişen durumlara göre hangi stratejilerini seçebileceği hakkında analiz imkânı sağlamaktadır.

#### 4.5 Kararın Açıklanması ve Uygulanması (AT 5) (The Declaration of Decision Application Phase (MS 5))

Bu nokta karar noktasıdır. Önceki aşama ve adımlarda yapılan hesaplamalar sonucu örnek duruma göre  $AS_1$  ve  $BS_1$  durumlarında oyunun dengede olacağını ve optimal stratejilerin burada oluşacağı belirlenmiştir.

#### 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) süreci, alternatiflerin hedefler açısından tatmin derecesini değerlendirmeye yönelik bir çözüm yaklaşımıdır. Çalışmanın amacı, KVS’ni iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyun modeli ve bulanık mantık yaklaşımı ile ÇAKV metodolojisi içerisinde birleştirmektir.

Önerilen metodolojinin her aşaması oyun teorisi kapsamında oyuncuların karşılıklı stratejileri dikkate alınarak uygulanmaktadır. Hedef önem dereceleri ve oyuncuların stratejilerinin hedefleri başarıma performansları bulanık dilsel değişkenler ve bulanık matematiksel işlemler ile hesaplanmaktadır.

**Tablo 13.** Örnek Uygulamanın Oyun Kazanç Matrisi (The Payoff Matrix of Sample Case)

		PLAYER-2 (Beta)							
		BS <sub>1</sub>		BS <sub>2</sub>		BS <sub>3</sub>		BS <sub>4</sub>	
PLAYER-1 (Alpha)	AS <sub>1</sub>	<u>0,461</u>	<u>0,594</u>	0,403	0,549	0,583	0,370	<u>0,562</u>	0,538
	AS <sub>2</sub>	0,427	0,562	<u>0,470</u>	0,570	0,583	0,225	0,423	<u>0,623</u>
	AS <sub>3</sub>	0,303	0,616	0,303	<u>0,656</u>	0,606	0,437	0,500	<u>0,656</u>
	AS <sub>4</sub>	0,410	0,500	0,367	<u>0,563</u>	<u>0,704</u>	0,389	0,461	0,500
	AS <sub>5</sub>	0,182	0,442	0,165	0,386	0,510	<u>0,592</u>	0,427	0,383

Önerilen metodoloji, rekabet içeren ortamlarda yer alan tüm organizasyonlar için geçerli bir yaklaşımdır. Örnek uygulamanın farklı ülkelerden uluslararası alanda tecrübesi bulunan personel ile yapılmış olmasının çalışmanın etkinliğini artırdığı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda çalışmada kullanılan metotlar, uygulama şekilleri ve uygulamalar ile öngörülen katkılar şöyle özetlenebilir;

- Önerilen KVS iki kişili sabit toplamı olmayan bir oyun olarak modellenmiş ve oyuncuların stratejilerinin hedefleri gerçekleştirme performans değerleri hedeflerin önem dereceleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

- Bulanık dilsel değişkenler ve değerleri, KVG'un değerlendirme sürecinde kendi subjektif ölçütleri kullanması gerektiği varsayımı ile KVG tarafından belirlenmiştir.

- Chen ve Hsieh'in kullandığı DOBSM, hedeflerin önem dereceleri ve HG katsayılarının hesaplanmasında bulanık değerlerin durulaştırması için kullanılmıştır.

- Yager'in ÇAKV'ye yönelik metot ve uygulamalarından HG katsayılarının hesaplanmasında faydalanılmıştır. Metodun orijinal uygulamasından farklı olarak ÇAKV problemi tek taraflı KVS yerine oyun teorisi kapsamında modellenmiştir.

Çalışmada, hiyerarşik yapıda birbirini izleyen aşamalardan oluşan ve iki kişili KVS'nin ele alındığı melez bir ÇAKV metodolojisi sunulmaktadır. Koalisyon ihtimali olsa da çok sayıda aktörün rol alacağı rekabet ortamları günümüzün kaçınılmaz gerçeğidir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda önerilen metodolojinin n-kişili oyunlar için geliştirilmesi karar sürecinin tüm aktörlerle değerlendirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca, ÇAKV metodolojisinin sabit (sıfır) toplamı oyunlar olarak modellenmesi, belirsizliğin tanımlanmasında bulanık mantık yerine veya ilave olarak diğer metotlarla (gri ilişki analizi gibi) desteklenmesi ve farklı sektörlere uygulanmasının literatüre önemli katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gerald, A.F. ve Tracy, M., "Developing a Decision-making Model for Security Sector Development in Uncertain Situations", **Journal of Security Sector Management**, Cilt 6, No 2, 21, 2008.
2. Karsak, E. E., "Fuzzy multiple objective decision making approach to prioritize design requirements in quality function deployment", **International Journal of Production Research**, Cilt 42, No 18, 3957-3974, 2004.
3. Hung, K.C., Julian, P., Chien, T. and Jin, W.T., "A decision support system for engineering design based on an enhanced fuzzy MCDM approach", **Expert Systems with Applications**, Cilt 37, No 1, 202-213, 2010.
4. Yeh, C-H., Deng, H. ve Chang Y-H., "Fuzzy multi-criteria analysis for performance evaluation of bus companies", **European Journal of Operational Research**, Cilt 126, No 3, 459-473, 2000.
5. Çunkaş, M. ve Ürkmez A., "Design Optimization of Submersible Induction Motors by Multiobjective Fuzzy Genetic Algorithm", **Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 23, No 3, 645-653, 2008.
6. Kabak, M., Burmaoğlu, S. ve Kazançoğlu, Y., "A fuzzy hybrid MCDM approach for professional selection", **Expert Systems with Applications**, Vol 39, 3516-3525, 2012.
7. Aplak, H.S. ve Türkbey O., "Fuzzy logic based game theory applications in multi-criteria decision making process", **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, DOI 10.3233/IFS-2012-0642, 2013.
8. İç Y.T. ve Yıldırım S., "Çok kriterli karar verme yöntemleriyle birlikte Taguchi yöntemini kullanarak bir ürünün tasarımının geliştirilmesi", **Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 27, No 2, 447-458, 201.
9. Peldschus, F. ve Zavadskas, E., "Fuzzy Matrix Games Multi-Criteria Model for Decision Making in Engineering", **Informatica**, Cilt 16, No 1, 107-120, 2005.
10. Chen, Y-W ve Larbani, M., "Two-Person Zero-Sum Game Approach for Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Problems", **Fuzzy Sets and Systems**, No 157, 34-51, 2006.
11. Larbani, M., "Non cooperative fuzzy games in normal form: A survey", **Fuzzy Sets and Systems**, 1-10, 2009.
12. Bhattacharya, S., Smarandache, F. ve Khoshnevisan M., "The Israel-Palestine Question-A Case for Application of Neutrosophic Game Theory", School of Accounting, Economics and Finance Deakin University, 1-10, 2002.
13. Narukawa, Y. ve Torra, V., "Fuzzy measures and integrals in evaluation of strategies", **Information Sciences**, Cilt 177, No 21, 4686-4695, 2007.
14. Liu, S. T., ve Kao, C., "Matrix games with interval data", **Computers and Industrial Engineering**, Cilt 56, No 4, 1697-1700, 2008.
15. Raquel, S., Ferenc, S., Emery C. ve Abraham R., "Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico", **Journal of Environmental Management**, Cilt 84, No 4, 560-571, 2007.
16. Türkbey, O., "Çok amaçlı makina sıralama problemi için bir bulanık güçlü metot", **DEU Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi**, Cilt 5, No 3, 1, 2003.
17. Chou, T.-Y., Hsu, C.L. ve Chen M.C. "A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection", **International Journal of Hospitality Management**, Cilt 27, No 2, 293-301, 2008.

18. Chen, S.H. ve Hsieh, C.H., “Representation, ranking, distance, and similarity of L-R type fuzzy number and application”, **Australian Journal of Intelligent Processing System**, Cilt 6, No 4, 217–229, 2000.
19. Bellmann, R.E. ve Zadeh, L.A., “Decision making in a fuzzy environment”, **Management Sciences**, Cilt 17, No 4, 141-164, 1970.
20. Zimmermann, H.J., **Fuzzy Set Theory and Its Applications**, 4<sup>th</sup> ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London, 141-148, 2001.
21. Ross, T., **Fuzzy Logic with Engineering Applications**, 2<sup>nd</sup> Ed., John Willey & Sons Ltd. , West Sussex, England, 7,13,35,91,92,99-107, 308-326, 2004.
22. Yager, R.R., “Multiple Objective Decision-Making Using Fuzzy Sets”, **International Journal of Man-Machine Studies**, Cilt 9, No 4, 375-382, 1977.
23. Aliprantis, C.D. ve Chakrabarti S.K., **Games and Decision Making**, Oxford University Pres, New York, 44-47, 2000.
24. Kural, H., **Karar Verme Sürecinde Oyun Teorisi ve Sektörel Uygulamalar**, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üni., Sosyal Bilimler Enstitüsü, 87-90, 2007.
25. Lee C. S., Multi-objective game-theory models for conflict analysis in reservoir watershed management, **Chemosphere**, Cilt 87, No 6, 608-613, 2012.
26. Oderanti, F., O. ve Wilde P.D., Dynamics of business games with management of fuzzy rules for decision making, **International Journal of Production Economics**, Cilt 128, No 1, 96-109, 2010.

