

---

## BULANIK EDAS YÖNTEMİ İLE AR-GE PROJESİ SEÇİMİ

---

*Figen KAS BAYRAKDAROĞLU<sup>1</sup>*

*Nilsen KUNDAKCI<sup>2</sup>*

### Öz

Günümüzde, Ar-Ge projesi seçimi firmaların rekabet ortamında sürdürülebilir bir ilerleme sağlayabilmeleri için oldukça önemlidir. Ar-Ge projesi seçim problemi bir çok nitel ve nicel kriter altında çok sayıda proje alternatifi ile çok sayıda karar verici içerdiğinden oldukça karmaşık bir problemdir. Çalışmanın amacı bu karmaşık problem Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan EDAS yöntemi ile çözüm getirmektir. Ayrıca problemin çok sayıda belirsizlik içermesi, alternatif ve kriterlerin kesin ifadelerle değerlendirilmesinde zorluk yaşanması nedeniyle önerilen yöntem bulanık mantık teorisi ile birlikte ele alınmıştır. Uygulamada üç karar verici tarafından beş Ar-Ge proje alternatifi kriterler altında sözel değişkenlerle değerlendirilerek en uygun proje belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** ÇKKV, EDAS, Bulanık Mantık, Bulanık EDAS, Ar-Ge Proje Seçimi

**JEL Sınıflandırması:** C02, C44, D81

---

## R&D PROJECT SELECTION WITH FUZZY EDAS METHOD

---

### Abstract

Nowadays, R & D project selection is very important for companies to achieve sustainable progress in the competitive environment. As R & D project selection problem contains a large number of project alternatives and many decision makers under many qualitative and quantitative criteria, it is a highly complex problem. The aim of this study is to solve this complex problem with the EDAS method which is one of the Multi Criteria Decision Making (MCDM) methods. In addition, since the problem has many uncertainties and the difficulty in evaluating alternatives and criteria with definite expressions, the proposed method is discussed together with fuzzy logic theory. In practice, five R & D project alternatives were evaluated with linguistic variables by three decision makers and the most suitable project was determined.

**Keywords:** MCDM, EDAS, Fuzzy Logic, Fuzzy EDAS, R&D Project Selection

**JEL Classification:** C02, C44, D81

---

<sup>1</sup> Doktora öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, figenkas@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0715-8049

<sup>2</sup> Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Denizli, nilsenk@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7283-320X

### 1. Giriş

Günümüzde artan rekabet koşulları işletmeleri yenilikçi ürün ve bilgi üretmeye yöneltmektedir. Değişen müşteri talepleri ve piyasa koşullarına uyum sağlayamayan işletmeler rekabet güçlerini kaybetmektedir. Yalnızca ulusal anlamda rekabet değil, uluslararası düzeyde devletlerin yenileşim süreçlerini destekleyerek ekonomik alanda elde edilen kazanımların artırılmasını hedeflenmektedir. Ülkemizde son yıllarda giderek artan Ar-Ge (Araştırma ve Geliştirme) merkezleri firmalara yalnızca ulusal anlamda değil uluslararası düzeyde rekabet avantajı sağlamaktadır. Ar-Ge merkezlerinde yürütülen çalışmalar yenilikçi ürün ve süreçlerin ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadır. Değişen dünya koşullarında giderek artan talep karşısında daha ekonomik ve daha verimli ürün, hizmet üretmek müşteri memnuniyeti açısından oldukça önemlidir. Bu durum göz önüne alındığında ülkenin kalkınması, yerli ürün ve üretimin artırılması, teknolojiye dışa bağımlılığın önlenmesi amacıyla devlet Ar-Ge merkezlerinde yapılan bu yenilikçi çalışmalara önemli destekler sağlamaktadır. Ar-Ge merkezlerinde yürütülen proje ve faaliyetler her yıl Bilim Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı tarafından takip edilmektedir. Ayrıca firmaların yeni ürün, makine, yöntem vb. alanlarda ulusal ve/veya uluslararası alanda ilk niteliği taşıyan projeleri TÜBİTAK tarafından çeşitli destek programları ile desteklenmektedir.

Ar-Ge merkezleri tüm proje ve faaliyetleri yürütürken işletmenin asıl amacı olan kar elde etmeyi ve müşteri memnuniyetini göz önünde bulundurmaktadır. Bu kapsamda yürütülen Ar-Ge merkezi projelerinin belirli özellikleri taşıması gerekmektedir. Bu çalışmada, Denizli ilinde faaliyet gösteren bir işletmede yer alan Ar-Ge merkezinde en uygun Ar-Ge projesinin seçimi problemi ele alınmıştır.

Ar-Ge projesi seçimini ele alan çalışmalarda farklı model ve yöntemler kullanılmıştır. Bunlar, ÇKKV yöntemleri, matematiksel programlama modelleri, ekonomik ve finansal analiz yöntemleri olarak üç grupta toplanabilir (Yakıcı Ayan ve Perçin, 2012: 240). Literatürde Ar-Ge proje seçimi probleminin ele alındığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarla ilgili bilgiler Tablo 1’de özetlenmiştir:

Tablo 1: Ar-Ge Proje Seçim Problemine Ait Literatür Taraması

Yazarlar	Çalışmanın Konusu	Problemin Çözüm Yöntemi
Khorramshahgol vd. (1988)	Proje Değerlendirme	Delphi Metodu ile Hedef Programlama Birleşimi
Bard vd. (1988)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	Doğrusal Olmayan Tam Sayılı Programlama
Ringuest ve Graves (1990)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Çok Amaçlı Doğrusal Programlama
Henriksen ve Traynor (1999)	Ar-Ge Projesi Seçimi ve Değerlendirmesi	Scoring (puanlama) Algoritması
Kuchta (2001)	Net bugünkü değeri maksimize eden projenin bulunması	Kuadratik Programlama
Poh vd. (2001)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)
Liang (2003)	Proje Değerlendirme (Ar-Ge Projesi Değerlendirme Örneği)	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)
Meade ve Presley (2002)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Analitik Ağ Prosesi (ANP)
Hsu vd. (2003)	Devlet Destekli Ar-Ge Projesi Seçimi	Ağırlıkların Belirlenmesinde AHP, Proje Seçiminde Bulanık Yaklaşım

Wang vd. (2005)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	AHP ve Bulanık Puanlama Yöntemi
Mohanty vd. (2005)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık Analitik Ağ Prosesi (F-ANP)
Linton vd. (2007)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	Veri Zarflama Analizi (VZA)
Wang ve Hwang (2007)	Ar-Ge Projesi Portföy Seçimi	Bulanık Tamsayı Programlama
Carlsson vd. (2007)	Ar-Ge Projesi Portföy Seçimi	Bulanık Karışık Tamsayı Programlama
Huang vd. (2008)	Devlet Destekli Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi (F-AHP)
Eilat vd. (2008)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	VZA
Tolga (2008)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık TOPSIS
Tolga ve Kahraman (2008)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi (F-AHP)
Mohaghar vd. (2009)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık ANP ve Bulanık TOPSIS
Yakıcı Ayan ve Perçin (2012)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık TOPSIS
Yıldız (2014)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Bulanık VIKOR
Peker (2014)	Ar-Ge Projesi Seçimi	AHP ve TOPSIS
Güryeli (2016)	Ar-Ge Projesi Seçimi	AHP
Sarı (2017)	Ar-Ge Projesi Önceliklendirme	Entopi ve TOPSIS
Kiraz vd. (2018)	Ar-Ge Projesi Değerlendirme	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS
Kaya vd. (2019)	Ar-Ge Projesi Seçimi	Kritik Başarı Faktörleri

1988 yılından günümüze uzanan zaman diliminde Ar-Ge projesi seçimi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar Tablo 1'de verilmiştir. Bu tarihlerden önceki çalışmalara ulaşmak için Hall ve Nauda (1998) ve Henriksen ve Traynor (1999) tarafından yapılan çalışmalar incelenebilir.

Ar-Ge projelerinin değerlendirilerek aralarından seçim yapılmasında, çok sayıda kriter ve bu kriterler arasındaki ilişkileri matematiksel modeller yardımıyla açıklayan çok sayıda yöntem kullanılmıştır. İşletmeler açısından en uygun Ar-Ge projesinin seçilmesi süreci, birçok karmaşık kriterin dikkate alınmasını gerektiren Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. ÇKKV yöntemleri, çok sayıda kriter altında, karar vericiye en uygun alternatifini seçmesinde yardımcı olan yaklaşımlardır. Ele alınan bu çalışmada Ar-Ge proje seçimi problemine ÇKKV yöntemlerinden bulanık EDAS yöntemi ile çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Literatüre bakıldığında yöntemin bu problem için ilk kez önerildiği görülmektedir. Ayrıca, bulanık EDAS yöntemi ile yapılan çalışmalarda yamuk bulanık sayıların

kullanıldığı görülmektedir (Ghorabae vd.,2016: 364; Ilieva vd., 2018: 5661; Stevic vd., 2018: 284). Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak hesaplama kolaylığı sayılamasından dolayı üçgen bulanık sayılar tercih edilmiştir. Bunların yanında, Türkçe literatür incelendiğinde Bulanık EDAS yöntemi ele alan bir yayına rastlanmamıştır.

Bu kapsamda, çalışmada ikinci bölümde bulanık küme teorisine değinilmiştir. Üçüncü bölümde bulanık EDAS yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde problem tanımı ve uygulama örneği verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## 2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Gerçek hayatta kesinlik içermeyen durumlarla karşılaşıldığında, bu gibi durumların kesin mantık ile ifade edilmesinin zor olmasından dolayı bulanık mantık devreye girmektedir. Bulanık mantık; bulanık kümeler, bulanık sayılar ve sözel değişkenlere dayalı matematiksel tabanlı bir teoridir ve kişisel düşüncelerin sözel ifadelerle değerlendirilmesine dayanır (Yıldız, 2014: 117).

Bu çalışmada ele alınan problemin çözümü için bulanık ÇKKV yöntemi önerilmiştir. Proje seçim süreci, birden çok karar vericinin yer aldığı, çok sayıda, birbirleriyle çelişen nicel ve nitel kriterlerin bulunduğu karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte yer alan belirsizlik, verilerde olabilecek eksiklikler ve karar vericinin algısına dayanan durumlar bulanık çok kriterli karar modellerinin kullanılmasıyla çözülmeye çalışılır (Yıldız, 2014: 116).

Probleme konu olan alternatifler ve kriterlerin değerlendirilmesinde işlem kolaylığı açısından üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Eşitlik 1'de  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  üçgen bulanık sayısının üyelik fonksiyonu verilmiştir (Karakaşoğlu, 2008: 86):

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (1)$$

İki üçgen bulanık sayı  $A$  ve  $B$ ,  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ,  $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$  şeklinde tanımlanmak üzere, üçgen bulanık sayılarda aritmetik işlemler Eşitlik 2- Eşitlik 7 arasında verilmiştir (Karakaşoğlu, 2008: 87):

- Toplama işlemi:  

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (2)$$

- Çıkarma işlemi:  

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (3)$$

- Çarpma işlemi:  

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3) \quad (4)$$

- Sabit sayıyla çarpma işlemi:  

$$\tilde{A} \otimes k = (a_1, a_2, a_3) \otimes k$$

$$\tilde{A} \otimes k = \begin{cases} (a_1 \cdot k, a_2 \cdot k, a_3 \cdot k) & \text{eğer } k \geq 0 \\ (a_3 \cdot k, a_2 \cdot k, a_1 \cdot k) & \text{eğer } k < 0 \end{cases} \quad (5)$$

- Bölme işlemi:  

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) = (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1) \quad (6)$$

- Sabit sayıya bölme işlemi:

$$\begin{aligned}\tilde{A} \otimes k &= (a_1, a_2, a_3) \otimes k \\ \tilde{A} \oslash k &= \begin{cases} (a_1/k, a_2/k, a_3/k) & \text{eğer } k > 0 \\ (a_3/k, a_2/k, a_1/k) & \text{eğer } k < 0 \end{cases}\end{aligned}\quad (7)$$

- $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  üçgen bulanık sayı olmak üzere  $\tilde{A}$  bulanık sayısının durulaştırılmış değeri Eşitlik 8 kullanılarak bulunur (Wang vd. 2006: 924):

$$k(\tilde{A}) = \frac{1}{3}(a_1 + a_2 + a_3) \quad (8)$$

- $\tilde{A}$  üçgen bulanık sayısı ile sıfır arasındaki maksimum değeri bulmak için Eşitlik 9'da görülen  $\psi$  fonksiyonu tanımlanmıştır (Keshavarz Ghorabae vd., 2016: 361):

$$\psi(\tilde{A}) = \begin{cases} \tilde{A}, & k(\tilde{A}) > 0 \\ \tilde{0}, & k(\tilde{A}) \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

### 3. Bulanık EDAS Yöntemi

Karar analizi, bulanık kümeler teorisinin uygulanmasına uygun alanlardan bir tanesidir. ÇKKV problemleri karmaşık, sözel olarak ifade edilebilen ve tam olarak tanımlanamayan kriterler içerdiğinde bulanık kümeler teorisini ele alınmaya uygundur (Gültaş 2007: 31). Son zamanlarda bulanık kümelerin, ÇKKV problemlerinin çözümüne dâhil edilmesiyle ÇKKV'nin alanı genişletilerek bulanık ÇKKV yöntemleri önerilmiştir. Bu yöntemler, kriterleri ve alternatifleri değerlendirirken sözel değerkenleri kullanma olanağı sunarak kesin olmayan verileri sayısallaştırıp etkin sonuçlara ulaşılmalarını sağlamaktadır (Karakaşoğlu, 2008: 94).

ÇKKV yöntemlerinden biri olan EDAS yönteminde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde mutlak değerler kullanılmaktadır. Yöntem bulanık küme yaklaşımı ile birleştirilerek bulanık EDAS yöntemi önerilmiştir (Keshavarz Ghorabae vd., 2016: 362). Literatüre bakıldığında bulanık EDAS yönteminin farklı çalışma alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Yöntem ilk olarak Keshavarz Ghorabae vd. (2016) tarafından EDAS yöntemi genişletilerek tedarikçi seçim probleminde kullanılmıştır. Çalışmada, beş karar verici beş farklı tedarikçiyi altı ana kriter ve bu kriterlere ait alt kriterler altında yamuk bulanık sayılar kullanarak değerlendirmişlerdir. Keshavarz Ghorabae vd. (2017), aralık tipi yamuk bulanık sayılar kullanarak inşaat sektöründe taşeron firmaların değerlendirilmesinde EDAS yöntemini kullanmışlardır. Problem, sekiz alternatif yedi kriter için üç karar verici tarafından yamuk bulanık sayıların kullanıldığı EDAS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Peng ve Liu (2017), EDAS yöntemini nôtrosifik küme teorisini birleştirerek yönteme yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Stanujkic vd. (2017) tarafından aralık gri sayılar kullanılarak inşaat projesi için müheahhit seçiminde beş alternatif dört kriter altında değerlendirilmiştir.

Bulanık EDAS yöntemini kullanan diğer bir çalışmada Stevic vd. (2018), bir pvc doğrama üreticisinin seçimi için yamuk bulanık sayılar kullanarak probleme çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir. Keshavarz Ghorabae vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada bulanık EDAS yöntemi farklı zaman periyotlarında ele alınmıştır. Çalışmada dört zaman periyodunda dört kriter için dört karar verici, farklı sayıda alternatifleri, üçgen bulanık sayılar kullanılarak değerlendirmiştir. Zaman periyotlarında alternatiflerin uygun olması ya da olmaması göz önünde bulundurularak alternatif sayıları farklılık göstermiştir. Benzer şekilde karar verici sayısı da zaman periyodu boyunca değerliklik göstermiştir. Ek olarak çalışmada elde edilen sonuçlar bir diğer uzaklık bazlı yöntem olan TOPSIS yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve iki yöntem arasında her zaman periyodu için korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Bayhan (2018) tarafından yapılan çalışmada bulanık EDAS yöntemi ile yeşil binalarda ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri için tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Çalışmada altı alternatif ve sekiz kriter kullanılmıştır. Beş karar verici tarafından alternatifler yamuk bulanık sayılarla değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada bulanık EDAS yöntemi kullanılarak Ar-Ge projesi seçim problemi ele alınmıştır. Kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır.

$K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$  ( $i = 1, \dots, m$ ) kriterler kümesi,  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  ( $j = 1, \dots, n$ ) alternatifler kümesi ve  $KV = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_k\}$  ( $p = 1, \dots, k$ ) karar verici kümesi olmak üzere bulanık EDAS yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir (Keshavarz Ghorabae vd., 2016: 362) :

**Adım 1:** Yöntemin ilk adımında karar vericiler tarafından alternatiflere atanan performans değerlerini içeren karar matrislerinden birleştirilmiş karar matrisi oluşturulur. Birleştirilmiş karar matrisi ( $X$ ) Eşitlik 10'da görülmektedir.

$$X = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} \quad (10)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{x}_{ij}^p \quad (11)$$

$\tilde{x}_{ij}^p$  değeri  $A_j$  ( $1 \leq j \leq n$ ) alternatifinin  $p$ . ( $1 \leq p \leq k$ ) karar verici tarafından atanan  $K_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) kriteri altında aldığı performans değerini göstermektedir. Karar vericilerin atadığı performans değerleri toplanarak karar verici sayısına bölünür ve birleştirilmiş karar matrisi performans değeri  $\tilde{x}_{ij}$  Eşitlik 11'de görüldüğü gibi bulunur.

**Adım 2:** Karar vericilerin kriterlere atadığı değerler toplanarak karar verici sayısına bölünmesiyle kriter ağırlıkları matrisi Eşitlik 12'de görüldüğü gibi oluşturulur:

$$W = [\tilde{w}_i]_{m \times 1} \quad (12)$$

$$\tilde{w}_i = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k \tilde{w}_i^p \quad (13)$$

$\tilde{w}_i^p$ ,  $K_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) kriterinin  $p$ . ( $1 \leq p \leq k$ ) karar verici tarafından atanan ağırlık değeridir.

**Adım 3:** Ortalama çözüm matrisi ( $AV$ ) aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$AV = [\tilde{a}\tilde{v}_i]_{m \times 1} \quad (14)$$

$$\tilde{a}\tilde{v}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij} \quad (15)$$

$\tilde{a}\tilde{v}_i$  matris elemanları her kriter için alternatiflerin ortalama çözüm değerlerini ifade etmektedir. Bu nedenle bu matrisin boyutu kriter ağırlıkları matrisi boyutu ile eşittir.

**Adım 4:**  $B$  kümesi fayda kriterlerini ve  $N$  kümesi maliyet kriterlerini göstermektedir. Bu adımda kriter tiplerine göre (fayda ya da maliyet) ortalamadan pozitif uzaklık matrisi ( $PDA$ ) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi ( $NDA$ ) hesaplanır.

$$PDA = [p\tilde{d}a_{ij}]_{m \times n} \quad (16)$$

$$NDA = [n\tilde{d}a_{ij}]_{m \times n} \quad (17)$$

$$p\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} - \tilde{a}\tilde{v}_i)}{\kappa(\tilde{a}\tilde{v}_i)}, & i \in B \\ \frac{\psi(\tilde{a}\tilde{v}_i - \tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{a}\tilde{v}_i)}, & i \in N \end{cases} \quad (18)$$

$$n\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{a}\tilde{v}_i - \tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{a}\tilde{v}_i)}, & i \in B \\ \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} - \tilde{a}\tilde{v}_i)}{\kappa(\tilde{a}\tilde{v}_i)}, & i \in N \end{cases} \quad (19)$$

Eşitlik 18 ve 19'da görülen  $p\tilde{d}a_{ij}$  ve  $n\tilde{d}a_{ij}$ ,  $j$ . alternatfin  $i$ . kriter için ortalama çözüm değerlerinden pozitif ve negatif uzaklık performans değerini göstermektedir.

**Adım 5:** Elde edilen kriter ağırlıkları ile pozitif ve negatif uzaklık değerleri çarpılıp toplanarak her alternatif için ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif uzaklıklar Eşitlik 20 ve 21 kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{sp}_j = \sum_{i=1}^m (\tilde{w}_i * p\tilde{d}a_{ij}) \quad (20)$$

$$\tilde{np}_j = \sum_{i=1}^m (\tilde{w}_i * n\tilde{d}a_{ij}) \quad (21)$$

**Adım 6:** Tüm alternatifler için  $\widetilde{sp}_i$  ve  $\widetilde{np}_i$  değerleri Eşitlik 22 ve 23 yardımıyla normalize edilir.

$$\widetilde{ns}_j = \frac{\widetilde{sp}_j}{\max_j(k(\widetilde{sp}_j))} \quad (22)$$

$$\widetilde{ns}_j = 1 - \frac{\widetilde{sn}_j}{\max_j(k(\widetilde{sn}_j))} \quad (23)$$

**Adım 7:** Tüm alternatifler için değerlendirme skoru ( $\widetilde{as}_j$ ) Eşitlik 24 kullanılarak hesaplanır.

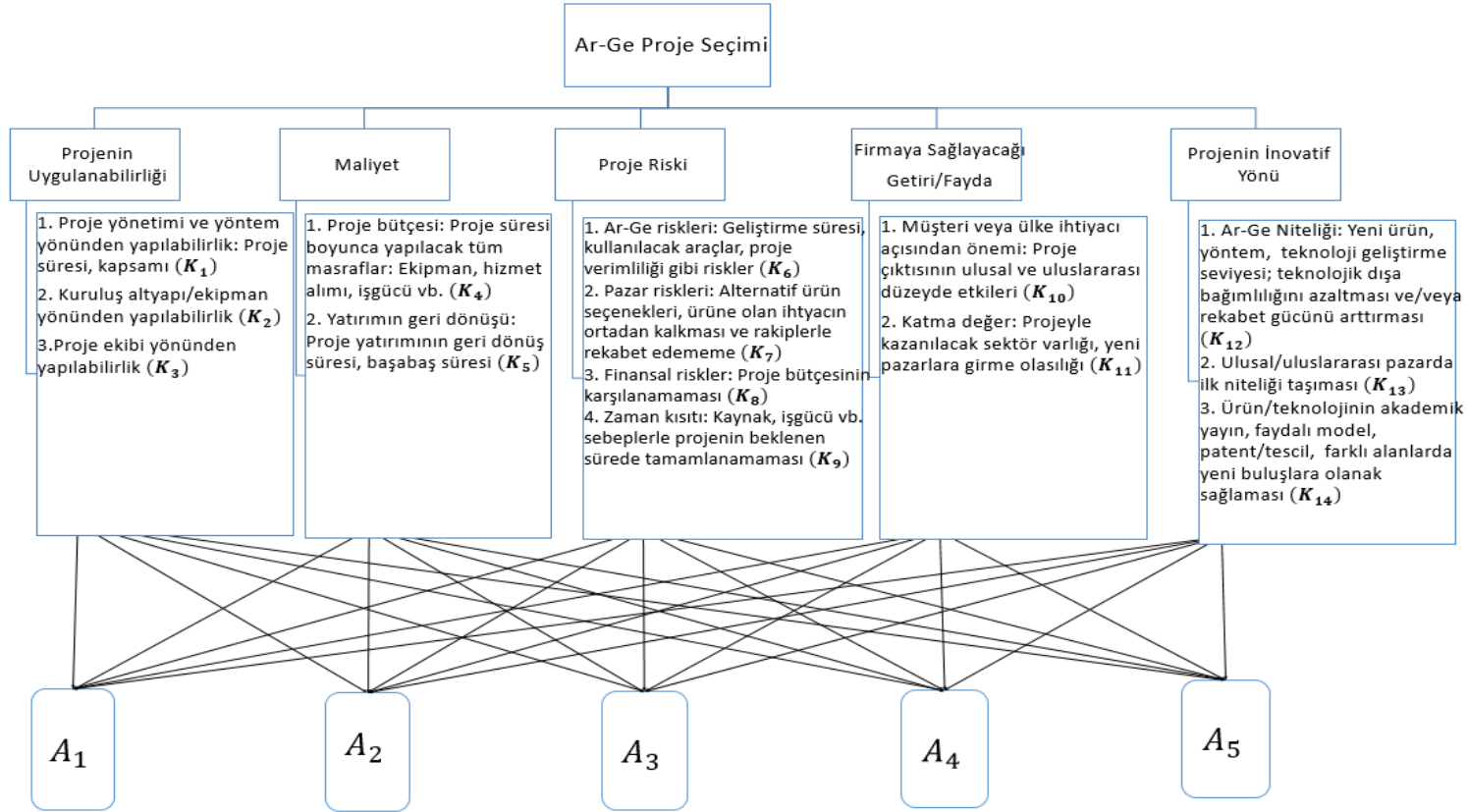
$$\widetilde{as}_j = \frac{1}{2} (\widetilde{ns}_j * \widetilde{ns}_j) \quad (24)$$

**Adım 8:** Alternatifler değerlendirme skorlarına göre büyükten küçüğe sıralanır. Değerlendirme skoru en büyük olan en iyi alternatif olarak belirlenir.

### 3. Uygulama

Bu bölümde, önerilen bulanık EDAS yöntemi ile Denizli ilinde faaliyet gösteren bir işletmenin Ar-Ge merkezinde proje seçim problemine çözüm geliştirilmiştir. Proje seçimi Ar-Ge merkezleri açısından oldukça önemlidir. Yürütülen projeler kapsam yönünden yeterli olmalıdır. Bir Ar-Ge projesinin seçiminde; projenin amacı, süresi, maliyeti, proje ekibi ve ekibin yeterliliği önem taşımaktadır. Bunların yanısıra, projenin firmaya kazandıracakđı bilgi birikimi, tecrübe ve teknoloji, proje sonucu ortaya çıkacak ürün/hizmet, ürünün/hizmetin ulusal ve uluslararası alanda ilk niteliği taşıması ve işletmeye patent, faydalı model ve akademik alanda yayın olanağı sunması da oldukça önemlidir. Tüm bu kriterler altında projenin işletme alt yapısı açısından yapılabirliği, maliyetlerinin ayrılan Ar-Ge merkezi bütçesi tarafından karşılanabilmesi ve birden fazla projede görev alan Ar-Ge personeli kaynağının uygun bir biçimde projelere dağıtılması proje seçimini işletme açısından daha da zorlaştırmaktadır. Ayrıca bir Ar-Ge projesi, müşteri ihtiyaçları ve işletme hedefleri gözönünde bulundularak en uygun şekilde belirlenmelidir. Tüm kısıtlar altında proje seçim süreci, Ar-Ge merkezinde yürütülen projelerin işletme amaç, hedef ve stratejilerine en uygun biçimde yürütülmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle problemin seçimi için Ar-Ge merkezi çalışanlarından üç uzman karar verici olarak belirlenmiştir. Bu uzman karar vericiler sırasıyla, Ar-Ge merkezi yöneticisi, Ar-Ge şefi ve Ar-Ge mühendisidir. Ar-Ge merkezinde tamamlanan projelerin yerine yeni projeler seçilmektedir. Ar-Ge merkezinde yürütülmesi planlanan beş proje alternatifi ( $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ ) belirlenen üç karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Proje alternatiflerinin değerlendirilmesinde beş ana kriter ve on dört alt kriter dikkate alınmıştır. Şekil 1`de ana kriterler, alt kriterler ve problemin hiyerarşik yapısı görülmektedir. Çalışmada kullanılan kriterler TÜBİTAK 1505 Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı Proje Öneri Değerlendirme Raporu ve TÜBİTAK (2012) tarafından proje değerlendirme süreçlerinde kullanılan kriterler ve Tuzkaya ve Yolver (2015) tarafından önerilen kriterler derlenerek belirlenmiştir.

Belirlenen bu kriterlerden, maliyet ve proje riski kriterleri ve bu kriterlerin alt kriterleri maliyet (negatif fayda sağlayan) kriteridir. Diğer kriterler ise fayda kriteridir. Öncelikle kriterler üç karar verici tarafından Tablo 2`de yer alan sözel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçları Tablo 3`te verilmiştir. Daha sonra, alternatifler her bir kritere göre üç karar verici tarafından Tablo 2`de yer alan sözel değişkenler kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4`te görülmektedir.



Şekil 1: Kriterler, Alt Kriterler ve Problemin Hiyerarşik Yapısı



Tablo 2: Değerlendirmede Kullanılan Sözel Değişkenler ve Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları

Sözel Değişkenler	Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Üçgen Bulanık Sayılar			Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Üçgen Bulanık Sayılar		
<b>Çok Düşük (ÇD)</b>	0	0	0,1	0	0	1
<b>Düşük (D)</b>	0	0,1	0,3	0	1	3
<b>Orta Düşük (OD)</b>	0,1	0,3	0,5	1	3	5
<b>Orta (O)</b>	0,3	0,5	0,7	3	5	7
<b>Orta Yüksek (OY)</b>	0,5	0,7	0,9	5	7	9
<b>Yüksek (Y)</b>	0,7	0,9	1	7	9	10
<b>Çok Yüksek (ÇY)</b>	0,9	1	1	9	10	10

Kaynak: (Chen, 2000:5)

Tablo 3: Üç Karar Verici Tarafından Kriter Ağırlıklarının Sözel Değişkenler ile Değerlendirilmesi

Kriterler	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	Y	Y	Y
K <sub>2</sub>	OY	O	O
K <sub>3</sub>	O	OY	Y
K <sub>4</sub>	OY	OY	Y
K <sub>5</sub>	Y	Y	ÇY
K <sub>6</sub>	Y	Y	OY
K <sub>7</sub>	Y	OY	Y
K <sub>8</sub>	ÇY	O	OY
K <sub>9</sub>	OY	OD	OY
K <sub>10</sub>	OY	OY	Y
K <sub>11</sub>	ÇY	O	OY
K <sub>12</sub>	Y	ÇY	Y
K <sub>13</sub>	ÇY	Y	Y
K <sub>14</sub>	OY	OY	ÇY

Tablo 4: Alternatiflerin Kriterlere Göre Sözel Değişkenler ile Değerlendirilmesi

	KV <sub>1</sub>					KV <sub>2</sub>					KV <sub>3</sub>				
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	ÇY	O	Y	ÇY	ÇY	OY	OY	Y	Y	Y	ÇY	OD	OY	ÇY	Y
K <sub>2</sub>	Y	D	O	ÇY	Y	OY	D	OD	O	OY	OY	OD	OY	OY	Y
K <sub>3</sub>	Y	O	O	Y	Y	D	OY	OY	OY	O	ÇY	OY	Y	Y	Y
K <sub>4</sub>	D	OY	O	OD	OD	OD	O	OD	D	ÇD	OD	OY	O	O	OD
K <sub>5</sub>	OD	OD	ÇD	ÇD	D	O	D	O	OD	OY	ÇD	D	OD	OD	D
K <sub>6</sub>	D	O	OD	Y	OY	O	OD	D	OY	D	O	OY	OY	O	OY
K <sub>7</sub>	OD	OY	O	ÇY	OY	D	OY	D	OD	D	O	O	Y	OY	OY
K <sub>8</sub>	ÇY	ÇY	O	OY	OY	Y	OY	OY	OY	O	ÇY	OY	OY	Y	OY
K <sub>9</sub>	Y	OD	O	ÇY	ÇY	OD	D	OD	D	OY	O	OD	O	OY	OY
K <sub>10</sub>	OY	ÇY	Y	O	Y	OD	D	OD	OD	OD	Y	OY	Y	OY	Y
K <sub>11</sub>	ÇY	ÇY	ÇY	O	OY	OD	OD	O	OD	OD	Y	Y	OY	Y	Y
K <sub>12</sub>	Y	ÇY	ÇY	OY	Y	OD	OD	OD	OD	OD	Y	OY	Y	OY	Y
K <sub>13</sub>	OD	ÇY	O	OD	OD	D	D	D	D	D	O	O	OD	O	OD
K <sub>14</sub>	Y	ÇY	Y	OY	OY	D	OD	OD	D	D	Y	O	O	Y	Y

Karar vericiler tarafından değerlendirilen alternatiflerin bulanık değerleri ve bulanık kriter ağırlıkları sırasıyla Eşitlik 11 ve Eşitlik 13 kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirilmiş kriter ağırlıkları Tablo 5'te görülmektedir. Her bir kritere göre alternatiflerin birleştirilmiş bulanık değerleri Tablo 6'da görülmektedir.

Elde edilen birleştirilmiş karar matrisi kullanılarak Eşitlik 15 yardımıyla her kriter için alternatiflerin ortalama çözüm değerleri elde edilmiştir. Ardından, ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (NDA) Eşitlik 16 ve 17 kullanılarak oluşturulmuştur. Tüm alternatifler için ortalama değere olan pozitif ve negatif uzaklıklar Eşitlik 18 ve 19 yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler Tablo 7 ve Tablo 8'de görülmektedir. Bu tablolardaki ortalamadan pozitif uzaklık ve ortalamadan negatif uzaklık değerleri elde edilirken, üçgen bulanık sayı ile sıfır arasındaki maksimum değeri bulmak için Eşitlik 9'da yer alan  $\psi$  fonksiyonundan yararlanılmıştır.

Daha sonra Eşitlik 20 ve 21'de belirtildiği üzere uzaklık değerleri kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif uzaklıklar hesaplanmıştır. Uzaklık değerleri Eşitlik 22 ve 23 kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize ağırlıklı uzaklık değerleri Eşitlik 24 kullanılarak her alternatif için değerlendirme skoru hesaplanmış ve hesaplanan tüm bu değerler Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 5: Birleştirilmiş Bulanık Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Kriter Ağırlıkları		
K <sub>1</sub>	0,700	0,900	1,000
K <sub>2</sub>	0,367	0,567	0,767
K <sub>3</sub>	0,500	0,700	0,867
K <sub>4</sub>	0,567	0,767	0,933
K <sub>5</sub>	0,767	0,933	1,000
K <sub>6</sub>	0,633	0,833	0,967
K <sub>7</sub>	0,633	0,833	0,967
K <sub>8</sub>	0,567	0,733	0,867
K <sub>9</sub>	0,367	0,567	0,767
K <sub>10</sub>	0,567	0,767	0,933
K <sub>11</sub>	0,567	0,733	0,867
K <sub>12</sub>	0,767	0,933	1,000
K <sub>13</sub>	0,767	0,933	1,000
K <sub>14</sub>	0,633	0,800	0,933

Tablo 6: Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	AV
K <sub>1</sub>	(7.67, 9.00, 9.67)	(3.00, 5.00, 7.00)	(6.33, 8.33, 9.67)	(8.33, 9.67, 10.00)	(7.67, 9.33, 10.00)	(6.60, 8.27, 9.27)
K <sub>2</sub>	(5.67, 7.67, 9.33)	(0.33, 1.67, 3.67)	(3.00, 5.00, 7.00)	(5.67, 7.33, 8.67)	(6.33, 8.33, 9.67)	(4.20, 6.00, 7.67)
K <sub>3</sub>	(5.33, 6.67, 7.67)	(4.33, 6.33, 8.33)	(5.00, 7.00, 8.67)	(6.33, 8.33, 9.67)	(5.67, 7.67, 9.00)	(5.33, 7.20, 8.67)
K <sub>4</sub>	(0.67, 2.33, 4.33)	(4.33, 6.33, 8.33)	(2.33, 4.33, 6.33)	(1.33, 3.00, 5.00)	(0.67, 2.00, 3.67)	(1.87, 3.60, 5.53)
K <sub>5</sub>	(1.33, 2.67, 4.33)	(0.33, 1.67, 3.67)	(1.33, 2.67, 4.33)	(0.67, 2.00, 3.67)	(1.67, 3.00, 5.00)	(1.07, 2.40, 4.20)
K <sub>6</sub>	(2.00, 3.67, 5.67)	(3.00, 5.00, 7.00)	(2.00, 3.67, 5.67)	(5.00, 7.00, 8.67)	(3.33, 5.00, 7.00)	(3.07, 4.87, 6.80)
K <sub>7</sub>	(1.33, 3.00, 5.00)	(4.33, 6.33, 8.33)	(3.33, 5.00, 6.67)	(5.00, 6.67, 8.00)	(3.33, 5.00, 7.00)	(3.47, 5.20, 7.00)
K <sub>8</sub>	(8.33, 9.67, 10.00)	(6.33, 8.00, 9.33)	(4.33, 6.33, 8.33)	(5.67, 7.67, 9.33)	(4.33, 6.33, 8.33)	(5.80, 7.60, 9.07)
K <sub>9</sub>	(3.67, 5.67, 7.33)	(0.67, 2.33, 4.33)	(2.33, 4.33, 6.33)	(4.67, 6.00, 7.33)	(6.33, 8.00, 9.33)	(3.53, 5.27, 6.93)
K <sub>10</sub>	(4.33, 6.33, 8.00)	(4.67, 6.00, 7.33)	(5.00, 7.00, 8.33)	(3.00, 5.00, 7.00)	(5.00, 7.00, 8.33)	(4.40, 6.27, 7.80)
K <sub>11</sub>	(5.67, 7.33, 8.33)	(5.67, 7.33, 8.33)	(5.67, 7.33, 8.67)	(3.67, 5.67, 7.33)	(4.33, 6.33, 8.00)	(5.00, 6.80, 8.13)
K <sub>12</sub>	(5.00, 7.00, 8.33)	(5.00, 6.67, 8.00)	(5.67, 7.33, 8.33)	(3.67, 5.67, 7.67)	(5.00, 7.00, 8.33)	(4.87, 6.73, 8.13)
K <sub>13</sub>	(1.33, 3.00, 5.00)	(4.00, 5.33, 6.67)	(1.33, 3.00, 5.00)	(1.33, 3.00, 5.00)	(0.67, 2.33, 4.33)	(1.73, 3.33, 5.20)
K <sub>14</sub>	(4.67, 6.33, 7.67)	(4.33, 6.00, 7.33)	(3.67, 5.67, 7.33)	(4.00, 5.67, 7.33)	(4.00, 5.67, 7.33)	(4.13, 5.87, 7.40)

Tablo 7: Tüm Alternatifler İçin Ortalamaya Pozitif Uzaklık Değerleri

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	(-0.199, 0.091, 0.381)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.365, 0.008, 0.381)	(-0.116, 0.174, 0.423)	(-0.199, 0.133, 0.423)
K <sub>2</sub>	(-0.336, 0.280, 0.862)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.336, 0.224, 0.750)	(-0.224, 0.392, 0.918)
K <sub>3</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.330, 0.160, 0.613)	(-0.425, 0.066, 0.519)
K <sub>4</sub>	(-0.673, 0.345, 1.327)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.855, 0.164, 1.145)	(-0.491, 0.436, 1.327)
K <sub>5</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-1.017, 0.287, 1.513)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-1.017, 0.157, 1.383)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>6</sub>	(-0.529, 0.244, 0.977)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.529, 0.244, 0.977)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>7</sub>	(-0.294, 0.421, 1.085)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.613, 0.038, 0.702)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.677, 0.038, 0.702)
K <sub>8</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.338, 0.169, 0.632)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.338, 0.169, 0.632)
K <sub>9</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.153, 0.559, 1.195)	(-0.534, 0.178, 0.877)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>10</sub>	(-0.563, 0.011, 0.585)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.455, 0.119, 0.639)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.455, 0.119, 0.639)
K <sub>11</sub>	(-0.371, 0.080, 0.502)	(-0.371, 0.080, 0.502)	(-0.371, 0.080, 0.552)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>12</sub>	(-0.476, 0.041, 0.527)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.375, 0.091, 0.527)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.476, 0.041, 0.527)
K <sub>13</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.351, 0.584, 1.442)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>14</sub>	(-0.471, 0.080, 0.609)	(-0.529, 0.023, 0.552)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)

Tablo 8: Tüm Alternatifler İin Ortalamaya Negatif Uzaklık Değerleri

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.050, 0.406, 0.779)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>2</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.090, 0.728, 1.231)	(-0.470, 0.168, 0.784)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>3</sub>	(-0.330, 0.075, 0.472)	(-0.425, 0.123, 0.613)	(-0.472, 0.028, 0.519)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>4</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.327, 0.745, 1.764)	(-0.873, 0.200, 1.218)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>5</sub>	(-1.122, 0.104, 1.278)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-1.122, 0.104, 1.278)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.991, 0.235, 1.539)
K <sub>6</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.774, 0.027, 0.801)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.367, 0.434, 1.140)	(-0.706, 0.027, 0.801)
K <sub>7</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.511, 0.217, 0.932)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.383, 0.281, 0.868)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>8</sub>	(-0.098, 0.276, 0.561)	(-0.365, 0.053, 0.472)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.454, 0.009, 0.472)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>9</sub>	(-0.623, 0.076, 0.725)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.432, 0.140, 0.725)	(-0.114, 0.521, 1.106)
K <sub>10</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.477, 0.043, 0.509)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.422, 0.206, 0.780)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>11</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.351, 0.171, 0.672)	(-0.452, 0.070, 0.572)
K <sub>12</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.476, 0.010, 0.476)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.426, 0.162, 0.679)	(0.000, 0.000, 0.000)
K <sub>13</sub>	(-0.955, 0.097, 1.130)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.955, 0.097, 1.130)	(-0.955, 0.097, 1.130)	(-0.760, 0.292, 1.325)
K <sub>14</sub>	(0.000, 0.000, 0.000)	(0.000, 0.000, 0.000)	(-0.552, 0.034, 0.644)	(-0.552, 0.034, 0.586)	(-0.552, 0.034, 0.586)

Tablo 9: Ağırlıklandırılmış Toplam Uzaklıklar, Normalize Değerleri ve Değerlendirme Skorları

	$sp_j$	$sn_j$	$nsp_j$	$nsn_j$	$as_j$	$K(as_j)$
A <sub>1</sub>	(-2.358, 1.230, 6.351)	(-2.041, 0.487, 3.858)	(-1.355, 0.706, 3.648)	(-0.754, 0.779, 1.927)	(-1.054, 0.743, 2.788)	0.825
A <sub>2</sub>	(-1.650, 1.207, 4.820)	(-2.055, 1.720, 6.936)	(-0.948, 0.694, 2.769)	(-2.152, 0.218, 1.934)	(-1.550, 0.456, 2.352)	0,419
A <sub>3</sub>	(-2.122, 0.703, 4.827)	(-2.844, 0.484, 5.196)	(-1.219, 0.404, 2.773)	(-1.362, 0.780, 2.293)	(-1.290, 0.592, 2.533)	0.611
A <sub>4</sub>	(-1.634, 0.667, 3.981)	(-2.736, 1.234, 6.572)	(-0.938, 0.383, 2.287)	(-1.987, 0.439, 2.244)	(-1.463, 0.411, 2.265)	0.405
A <sub>5</sub>	(-1.955, 1.007, 5.165)	(-2.437, 0.889, 5.529)	(-1.123, 0.579, 2.967)	(-1.513, 0.596, 2.107)	(-1.318, 0.587, 2.537)	0.602

Tablo 9'un son sütununda yer alan her alternatif için durulaştırılmış değerlendirme skorları  $K(a_{sj})$  Eşitlik 8 yardımıyla elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında alternatifler  $A_1 > A_3 > A_5 > A_2 > A_4$  şeklinde sıralanmaktadır.  $A_1$  alternatifi Ar-Ge projesi olarak seçilecek en uygun alternatiftir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, bir işletmenin Ar-Ge merkezinde en uygun Ar-Ge projesinin seçimi için nitel-nicel faktörlerin göz önünde bulundurulduğu bulanık ÇKKV yöntemlerinden bulanık EDAS yöntemi önerilmiştir. Yapılan literatür taraması ve bakanlık ile TÜBİTAK proje değerlendirme ölçütleri dikkate alınarak beş ana kriter ve on dört alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler üç uzman karar verici tarafından sözel değişkenlerle değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda en önemli kriterler projenin 'Ar-Ge niteliği' ve ortaya çıkan ürünün 'Pazarda ilk niteliği taşıması'dır. Bu sonuç, geçmişten bugüne proje seçim süreçlerinde genellikle yüksek önem derecesine sahip proje bütçesi, yatırımın geri dönüşü ve proje riski gibi maliyet kriterlerinin gerçek hayatta önemini kaybettiğini ortaya koymaktadır. Artık yapılan projelerde ortaya çıkan maliyetten çok projenin sağladığı fayda ve rekabet avantajı önem kazanmıştır. Yapılan çalışmada birden fazla karar verici görüşünün alınması değerlendirme sonuçlarının etkinliğine katkı sağlamıştır.

Alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde bulanık EDAS yöntemi adımları izlenerek en uygun proje alternatifi  $A_1$  olarak belirlenmiştir. Ar-Ge Merkezine, Ar-Ge projesi alternatiflerinden  $A_1$ 'e öncelik vermeleri önerisinde bulunulmuştur. EDAS yönteminin bulanık küme teorisi ile birlikte ele alınarak karar vericilerin alternatifleri değerlendirme sürecinde sözel değişkenleri kullanması, belirsizlik, verilerde olabilecek eksiklikler ve karar vericinin algısına dayanan durumların dikkate alınmasını sağlamıştır. Bu sayede değerlendirme sırasında oluşabilecek muğlak durumların önüne geçilmiştir. Ar-Ge proje seçim süreci proje fikirlerinin ortaya çıkması ve birden fazla proje içinden en uygun olanın seçilmesi gözönünde bulundurulduğunda oldukça uzundur. Proje seçim sürecinde harcanan zaman işletmeye personel, kaynak ve fırsat maliyeti olarak yansımaktadır. Önerilen yöntem işletmeye hızlı karar verme avantajı sağlamıştır. Yapılan çalışma, Ar-Ge merkezinde proje seçim sürecinin iyileştirilmesi açısından önemlidir. Önerilen yöntem programlanarak proje seçimi karar verme süreci daha sistematik ve pratik bir biçimde yapılabilir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, farklı kriter önem ağırlıklarının eklenmesiyle duyarlılık analizi yapılabilir. Ayrıca problem diğer bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak çözülebilir ve sonuçlar karşılaştırılarak Ar-Ge merkezi proje seçimi problemi için en iyi sonuç veren yöntem bulunabilir.

## Kaynakça

- Bard, J. Balachandra, R. ve Kaufmann. P. E. (1988). An Interactive Approach to R&D Project Selection and Termination. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(3), 139 - 146.
- Bayhan, H., G. (2018). Selection of Heating, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) Suppliers for Green Buildings with Fuzzy-Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS) Method (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Carlsson, C., Fullér, R., Heikkilä, M. ve Majlender, P. (2007). A Fuzzy Approach to R&D Project Portfolio Selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44, 93–105.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Eilat, H., Golany, B. ve Shtub, A. (2008). R&D Project Evaluation: An Integrated DEA and Balanced Scorecard Approach. *Omega*, 36, 895-912.

- Gültaş İ. (2007). Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesine Bulanık AHP Yöntemi ile Çözüm Önerisi (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güryeli, M. (2016). Ar-Ge Projeleri Seçim Probleminin AHP Yöntemi ile İncelenmesi: Kamu Destekli Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı Üzerine Bir Uygulama. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Hall, D.L. ve Nauda, A. (1988). Strategic Methodology for R&D Project Selection. *Engineering Management Conference, 'Engineering Leadership in the 90's'*.
- Henriksen, A. D. ve Traynor, A. J., (1999). A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 46(2),158 - 170.
- Hsu, Y.G., Tzeng, G.H. ve Shyu, J.Z. (2003). Fuzzy Multiple Criteria Selection of Government-Sponsored Frontier Technology R&D Projects. *R&D Management*, 33(5), 539-551.
- Huang, C.C. Chu, P.Y. ve Chiang, Y.H. (2008). A Fuzzy AHP Application in Government Sponsored R&D Project Selection, *Omega*, 36, 1038-1052.
- Ilieva, G., Yankova, T. ve Klisarova-Belcheva, S. (2018). Decision Analysis with Classic and Fuzzy EDAS Modifications. *Comp. Appl. Math.*, 37, 5650–5680.
- Karakaşoğlu, N. (2008). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Uygulama. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Kaya, İ., Oner, M. A. Ve Başoğlu, N. (2003). Critical Success Factors in R&D Project Management in Military Systems Acquisition and a Suggested R&D Project Selection Methodology for Turkish Armed Forces. *In PICMET Conference Proceedings*.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E.K., Olfat, L. ve Turskis, Z. (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance From Average Solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435–451.
- Keshavarz Ghorabae M., Zavadskas, E.K., Amiri, M. ve Turskis, Z. (2016). Extended EDAS Method for Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: An Application to Supplier Selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(3), 358-371.
- Keshavarz Ghorabae M., Amiri, M., Zavadskas, E.K. ve Turskis, Z. (2017). Multi-Criteria Group Decision-Making Using an Extended EDAS Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets. *Economics and Management*, 20, 48-68.
- Keshavarz Ghorabae M., Amiri, M., Zavadskas, E.K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2018). A Dynamic Fuzzy Approach Based on the EDAS Method for Multi-Criteria Subcontractor Evaluation. *Information*, 9(3), 68.
- Khorramshahgol R., Azani, H. ve Gousty, Y. (1988). Integrated Approach to Project Evaluation and Selection. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(4),265 - 270.
- Kiraz, A., Canpolat, O., Erkan, E. F. ve Albayrak, F. (2018). Evaluating R&D Projects Using Two Phases Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 49-53.
- Kuchta, D. (2001). A Fuzzy Model for R&D Project Selection with Benefit, Outcome and Resource Interactions. *The Engineering Economist*, 46(3), 164-180.
- Liang, W.Y. (2003) The Analytic Hierarchy Process in Project Evaluation: An R&D Case Study in Taiwan. *Benchmarking: An International Journal*, 10(5), 445-456.
- Linton J. D., Morabito, J. ve Yeomans, J., S. (2007). An Extension to A DEA Support System Used for Assessing R&D Projects. *R& D Management*, 37(1), 29-36.



- Meade, L.M. ve Presley, A. (2002). R&D Project Selection Using the Analytic Network Process. *IEEE Transactions On Engineering Management* , 49, 59-66.
- Mohaghar, A., Fathi, M. R., Alireza Faghih, A. ve Turkayesh, M. M. (2012). An Integrated Approach of Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS for R&D Project Selection: A Case Study. *Australian Journal of Basic And Applied Sciences*, 6(2), 66-75.
- Mohanty, R. P., Agarwal, R., Choudhury, A. K. ve Tiwari, M. K. (2005). A Fuzzy ANP-Based Approach To R&D Project Selection: A Case Study. *International Journal of Production Research*, 43, 5199–5216.
- Peker, D. (2014). Ar-Ge Projelerinin Önceliklendirilmesi ve Seçimi için Çok Kriterli Bir Model Önerisi. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Peng, X. ve Liu, .C. (2017). Algorithms for Neutrosophic Soft Decision Making Based on EDAS and New Similarity Measure. *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems*, 32(1), 955-968.
- Poh, K. L., Ang, B.W. ve Bai, F. (2002). A Comparative Analysis of R&D Project Evaluation Methods. *R& D Management*, 31, 63-75.
- Ringuest, J. L. ve Graves, S., B. (1990). Linear R&D Project Selection Problem: An Alternative to Net Present Value. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(2),143 - 146.
- Sarı, E. B. (2017). Endüstri İşletmelerinde Ar-Ge Projelerini Öncelik Sıralamasında Entropi Ağırlıklı TOPSIS Yöntemine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz. *International Journal of Academic Value Studies*, 3(11), 159-170.
- Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., Ghorabae, M. K. ve Turskis, Z. (2017). An Extension of The EDAS Method Based on the Use of Interval Grey Numbers. *Studies in Informatics and Control*, 26 (1), 5-12.
- Stevic, Z., Vasiljevic, M., Zavadskas, E.K., Sremac, S. ve Turskis, Z. (2018). Selection of Carpenter Manufacturer Using Fuzzy EDAS Method. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 29(3), 281-290.
- Tolga, A. Ç. ve Kahraman, C. (2008). Fuzzy Multiattribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model. *International Journal of Intelligent Systems*, 23, 1153-1176.
- Tolga, Ç. (2008). Fuzzy Multicriteria R&D Project Selection with a Real Options Valuation Model. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 19, 359-371.
- TÜBİTAK 1505 Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı *Proje Öneri Değerlendirme Raporu Agy205-02*. Ankara. Erişim Adresi [http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/agy205\\_060613.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/agy205_060613.pdf).
- TÜBİTAK (2012). *1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı Proje Öneri Değerlendirme Raporu (Agy200) Hazırlama Kılavuzu*. Erişim Adresi <http://bap.beun.edu.tr/Dosyalar/F16046.pdf>.
- Tuzkaya, U. R. ve Yolver, E. (2015 ). R&D Project Selection by Integrated Grey Analytic Network Process and Grey Relational Analysis: An Implementation for Home Appliances Company. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 8, 35-41.
- Wang, J. ve Hwang, W.-L. (2007). A Fuzzy Set Approach For R&D Portfolio Selection Using a Real Options Valuation Model. *Omega*, 35, 247-257.
- Wang, Y.M., Yang, J.B., Xu, D.L. ve Chin, K.S. (2006) On the centroids of fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Syst.* 157,919–926.

- Wang, K., Wang, C.K. ve Hu, C. (2005). Analytic Hierarchy Process with Fuzzy Scoring In Evaluating Multidisciplinary R&D Projects In China. *IEEE Transactions On Engineering Management* , 52, 119 - 129.
- Yakıcı Ayan T. ve Perçin S. ( 2012). Ar-Ge Projelerinin Seçiminde Grup Kararına Dayalı Bulanık Karar Verme Yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26 (2), 232-255.
- Yıldız, A. (2014). Bulanık VIKOR Yöntemini Kullanarak Proje Seçim Sürecinin İncelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 115-128.
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

---

## R&D PROJECT SELECTION WITH FUZZY EDAS METHOD

---

### *Extended Abstract*

**Aim:** The aim of this study is to propose a solution approach for the problem of R & D project selection with the help of fuzzy EDAS method. In recent years, R & D centers in Turkey provide companies competitive advantage not only in the national sense but in the international level. The work carried out at R & D centers contributes to the emergence of innovative products and processes. With the increasing demand in changing world conditions, producing more economical and more productive products and services is very important in terms of customer satisfaction. Considering this situation, it provides significant support to these innovative works carried out in R & D centers in order to improve the country's development, increase domestic products and production and to prevent foreign dependency in technology. In this study it is aimed to aid the R & D centers to select the most appropriate R & D project for their company.

**Method(s):** Fuzzy EDAS method was used for evaluating the R & D project alternatives and select the most appropriate one. The process of selecting the most appropriate R & D project is a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem that requires many complex criteria to be taken into account. MCDM methods, are the approaches that help the decision makers to choose the most appropriate alternative under a large number of criteria. EDAS method is a relatively new MCDM method. On the other hand, since the R & D project problem has many uncertainties and difficulties in evaluating alternatives and criteria with definite expressions, the proposed method is handled with fuzzy logic theory.

**Findings:** Fuzzy EDAS method is used to determine most appropriate R & D project for the company. Three decision makers evaluated five R & D project alternatives by using linguistic variables and the ranking of the alternatives are found as  $A_1 > A_3 > A_5 > A_2 > A_4$ .  $A_1$  alternative is the most appropriate alternative to be selected as R & D project.

**Conclusion:** In this study, fuzzy EDAS method is proposed which is a fuzzy MCDM method in which qualitative-quantitative factors are considered for the selection of the most appropriate R & D project in the R & D center of a company in Denizli, Turkey. By taking into consideration the criteria used in the literature and TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) project evaluation criteria, five main criteria and fourteen sub-criteria were determined. The determined criteria were evaluated by linguistic variables by three expert decision makers. As a result of the evaluation, the most important criteria are determined as the R & D quality of the project and to be the first product in the market. This result reveals that the cost criteria such as project budget, return on investment and project risk, which have a high degree of importance in the project selection processes in the past, have lost their importance in real life. The benefits and competitive advantage of the project have gained more importance than the costs of the projects. In this study, more than one decision-maker's opinions contributed to the effectiveness of the evaluation results. In the process of evaluating the alternatives, fuzzy EDAS method is used and the most suitable project alternative is determined as  $A_1$  alternative. R & D center has been suggested to give priority to  $A_1$  from the R & D project alternatives. Using EDAS method together with the fuzzy set theory, made the process of evaluating the alternatives easier for the decision makers. In this way, the ambiguous situations that may occur during the evaluation process are prevented. R & D project selection process is quite long considering the emergence of project ideas and the selection of the most suitable one among more than one project. The time spent in the project selection process is reflected to the enterprise as the cost of personnel, resources and opportunities. The proposed method helped the company to make a quick decision and improve the project selection process in R & D center. In future studies, sensitivity analysis can be performed by adding different criteria weights. In addition, the problem can be solved by using other fuzzy MCDM methods and the results can be compared to find the best method for R & D center project selection problem.

