

AR-GE PROJELERİNİN SEÇİMİNDE GRUP KARARINA DAYALI BULANIK KARAR VERME YAKLAŞIMI

Tuba YAKICI AYAN^(*)
Selçuk PERÇİN^(**)

Özet: Günümüzde Ar-Ge projelerinin seçimi, firmaların başarısındaki en önemli yatırım kararlarından biri haline gelmiştir. Ar-Ge projelerinin seçimi, değerlendirme süreci çok sayıda nitel ve nicel kriter içerdiğinden oldukça karmaşık bir karar verme problemidir. Çalışmanın amacı, Ar-Ge projelerinin seçiminde grup kararına dayalı bulanık TOPSIS yaklaşımını önermektir. Çalışmada, önerilen modelin literatürde yer alan yaklaşımlara olan üstünlüğünü göstermek amacıyla örnek bir uygulama sunulmuştur. Uygulamada, dört karar verici tarafından 6 kriterle dayalı olarak beş alternatif Ar-Ge projesi değerlendirilerek en iyi proje seçilmiştir. Ayrıca, önerilen modelin kriter ağırlıklarındaki değişikliklere olan duyarlılığını görmek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, Bulanık TOPSIS, Çok Kriterli Karar Verme

Abstract: Nowadays, Research and Development (R&D) project selection has emerged as one of the most important investment decisions for the success of companies. R&D project selection is a complex decision-making problem for the evaluation procedures involves multiple qualitative and quantitative criteria. This paper aims to propose the fuzzy TOPSIS model based on a group decision-making process in selecting R&D projects. An illustrative example is presented in this paper to show the effectiveness and robustness of the proposed methodology over the existing quantitative approaches. In this example, five alternative R&D projects are evaluated based on six criteria by four decision makers and the best one is selected. In addition sensitivity analysis is used to see how sensitive the proposed model is to changes in the weights of criteria.

Keywords: R&D, Fuzzy TOPSIS, Multi Criteria Decision Making

I. Giriş

Günümüzde Ar-Ge projeleri, firmaların küresel ölçekte rekabet edebilmelerini, varlıklarını sürdürebilmelerini ve geliştirebilmelerini sağlayan en önemli yatırım kararlarından birisidir (Osawa ve Murakami, 2002). Bunun nedeni teknoloji ve müşteri beklentilerindeki hızlı değişim nedeniyle, ürün ve hizmetlerin yaşam sürelerinin giderek kısalmasıdır. Ar-Ge projeleri, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini, mevcutların iyileştirilmesini ve üretim süreçlerinin etkinliğinin artırılması ile maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır (Heidenberger ve Stummer, 1999). Bu nedenle firma hedeflerine ve başarısına en fazla katkı yapabilecek Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi giderek önem kazanmaktadır (Piippo vd., 1999:412).

^(*)Yrd. Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi İİBF Ekonometri Bölümü

^(**)Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

Ar-Ge projelerinin seçimi ve değerlendirilmesi çalışmalarında çok sayıda kriter ve bu kriterler arasındaki ilişkileri matematiksel modeller yardımıyla açıklayan çok sayıda yöntem kullanılmıştır. En iyi Ar-Ge projesinin seçilmesi bir dizi karmaşık faktörün göz önünde bulundurulmasını gerektiren çok kriterli karar verme (Multi Criteria Decision Making-ÇKKV) problemidir. Genel olarak ÇKKV teknikleri, çok sayıda birbirinden bağımsız faktörün etkisini dikkate alarak, karar vericiye en uygun seçeneğin belirlenmesinde yardımcı olan yaklaşımlardır. ÇKKV teknikleri içerisinde en popüler olanları ise analitik hiyerarşi süreci (Analytic Hierarchy Process-AHS), analitik ağ süreci (Analytic Network Process- AAS), veri zarflama analizi (Data Envelopment Analysis-VZA), entropi, elektre, promethee ve TOPSIS yaklaşımlarıdır.

ÇKKV tekniklerinin en önemli avantajı çoğunlukla karar vericilerin nitel ve nicel faktörleri birlikte değerlendirdiği durumlarda kullanılabilmesidir. Örneğin, AHS yönteminde, karar problemi, hiyerarşik bir model yardımıyla ifade edilirken, AAS yönteminde ise problem, hiyerarşik ya da ağa benzeyen yapısal bir model yardımıyla ifade edilmekte ve çok sayıda faktör arasındaki bağımlı ilişkiler göz önüne alınmaktadır. VZA, karar alternatiflerinin etkinliklerini en yüksekte en düşüğe doğru sıralamakta, Entropi, Elektre, Promethee ve TOPSIS yöntemleri, kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi ve alternatiflerin seçimi aşamalarında kullanılabilir. Ayrıca ÇKKV teknikleri tek bir karar verici ya da grup karar verme teknikleri (Group Decision Making Techniques-GKVT) aracılığıyla uygulanabilmekte ve bulanık küme (Fuzzy Set-BK) teorisi ile bütünleştirilebilmektedir. GKVT, çok sayıda uzmanın yargı ve değerlendirmelerini bir araya getiren yöntemlerdir. Bu nedenle GKVT, özellikle karmaşık problemlerin çözümünde verilerin elde edilmesi amacıyla kullanılırlar (Heidenberger ve Stummer, 1999: 203). Diğer taraftan BK teorisi, günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin tam olarak modellenemediği belirsiz ya da şüpheli durumlarda kullanılır. Bu durumda, problemler, uzmanların bilgi ve deneyimlerinden yararlanılarak dilsel değişkenler (linguistic variables) yardımıyla sayısallaştırılır ve kurulan modeller yardımıyla çözülür. Bu nedenle çalışmanın amacı, Ar-Ge projelerinin seçiminde grup kararına dayalı bulanık TOPSIS yaklaşımı önermektir.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmada öncelikle firmaların Ar-Ge projelerinin seçiminde kullandıkları kriterler ve uyguladıkları yöntemler literatür araştırmasından yararlanılarak tanıtılacaktır. Çalışmanın uygulama kısmında örnek bir model önerilecek ve bulanık TOPSIS yaklaşımı yardımıyla bir imalat firması için en iyi Ar-Ge projesi belirlenecektir. Çalışmanın sonuç kısmında ise elde edilen bulgular tartışılacaktır.

II. AR-GE Projelerinin Seçiminde Kullanılan Kriterler

Ar-Ge projeleri, üretim, pazarlama, mühendislik ve diğer faaliyetleri etkilediğinden kıt kaynakların bu projelere optimal biçimde dağıtılması gerekir.

Bu yüzden firma yöneticilerinin seçilecek Ar-Ge projeleri üzerinde fikir birliğine varmaları gerekir (Osawa ve Murakami, 2002). Firmalar açısından Ar-Ge projelerinin seçim ve değerlendirilme amaçları: (i) firma hedeflerine ve stratejilerine uygun projeler seçilmesini sağlamak, (ii) başarılı projeleri belirleyerek, kıt kaynakları bu projelere yönlendirmek, (iii) projelerin değerini maksimize etmek ve (iv) yeni ürünler ve geliştirme projeleri arasında denge sağlamak biçimindedir (Piippo vd., 1999:412). Dolayısıyla Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanılacak kriterler, yukarıda bahsedilen amaçlara uygun olmalıdır. Aksi takdirde doğru projelerin seçilmesi durumunda dahi firmaların başarıya ulaşması mümkün olmayacaktır. Bir diğer önemli konu ise, proje seçimini etkileyen çok sayıda nitel ve nicel faktörün dikkate alınması gereğidir.

Schwartz ve Vertinsky (1977), Ar-Ge projelerinin seçimini etkileyen nitel ve nicel kriterleri, maliyet, geri ödeme süresi, teknik ve ticari başarı olasılığı, pazar payı, beklenen getiri ve hükümetin projeye olan desteği biçiminde dikkate almıştır. Bard vd. (1988)'e göre ise yasal düzenlemeler, kaynaklar, pazar koşulları ve teknik başarı olasılığı proje seçimini etkileyen kritik faktörlerdir. Osawa ve Murakami (2002) ise nitel faktörleri, projenin stratejik açıdan önemi ile teknolojik etkisi ve uygulanabilirliği olarak, nicel faktörleri, satışlar, kar ve projenin etkinliğini biçiminde tanımlamışlardır. Liang (2003) daha dar kapsamda, projenin firmaya katkısı, yenilik yaratma gücü, yatırım tutarı ve firma amaçlarına uygunluk kriterlerini dikkate almıştır. Lawson vd. (2006)'nin çalışmasında ise, teknik risk, firma stratejilerine uygunluk, yasal düzenlemeler, pazar payı, ticari risk ve uygulanabilirlik kriterleri seçimde yer almalıdır. Wang vd. (2005) diğer araştırmacılardan farklı olarak, projelerin firma ya da ulusal ekonomiye katkısı, direkt ve dolaylı ekonomik faydaları, gelişme düzeyine etkisi, teorik ve teknik katkısı, başarı olasılığı, sağladığı enerji ve malzeme tasarrufu, sosyal etkisi ve ticari başarısını dikkate almışlardır. Mohanty vd. (2005)'ne göre, proje seçiminde, beklenen fayda, risk ve projenin ait olduğu kategori (temel araştırma, uygulamalı araştırma ve geliştirme) dikkate alınmalıdır. Ayrıca, ifade edilen tüm kriterlerin üretim, pazar, teknoloji, örgüt ya da projeye ilişkin kriterler (Huang vd., 2008; Tolga ve Kahraman, 2008; Meade ve Presley, 2002) biçiminde gruplandırıldığı çalışmalar da bulunmaktadır.

Çalışmada, Ar-Ge projelerinin seçimini etkileyen kriterler; maliyet, pazar payı, geri ödeme süresi, beklenen getiri, uygulanabilirlik ve projenin firma başarısına katkısı biçiminde dikkate alınmıştır. Tablo:1'de Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanılan kriterler ve açıklamaları görülmektedir.

Tablo 1: AR-Ge projelerinin seçiminde kullanılan kriterler

Kriterler	Açıklama
Maliyet	Proje için gereken yatırım tutarıdır.
Pazar payı	Projenin sağlayacağı pazar payı artışını gösterir.
Geri ödeme süresi	Proje başlangıcından ilk sonuçlar alınıncaya kadar geçen süredir.
Beklenen getiri	Projeden beklenen getiriyi yansıtır.
Uygulanabilirlik	Projenin gerçekleşme olasılığıdır.
Firma başarısına katkısı	Projenin firma karlılığına olan katkısıdır.

III. AR-GE Projelerinin Seçiminde Kullanılan Yöntemler

Ar-Ge projelerinin seçimi problemlerinde farklı yöntem ve modeller kullanılmaktadır. Bunları, matematiksel programlama modelleri, ekonomik ve finansal analiz yöntemleri ve ÇKKV teknikleri olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür. Tablo:2’de Ar-Ge projelerinin seçiminde kullanılan yöntemler görülmektedir.

Tablo 2: AR-Ge projelerinin seçiminde kullanılan yöntemler

Değerlendirme Yöntemi	Yazarlar
<u>Matematiksel programlama modelleri</u>	
Doğrusal programlama	Ringuest ve Graves, 1990
Tam sayılı programlama	Bard vd., 1988; Fang vd., 2008
Kuadratik programlama	Kuchta, 2001
Hedef programlama	Khorramshahgol vd., 1988
<u>Ekonomik ve finansal analiz yöntemleri</u>	
Sermaye bütçelemesi	
(İKO, NBD, GÖS, YGDO) teknikleri	Mechlin ve Berg, 1980; İlan, 1989
Fayda-maliyet analizi	Cardus vd., 1982
Karar teorisi (risk analizi/karar ağacı)	Menke, 1994
<u>Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri (ÇKKV)</u>	
Puanlama (scoring) yöntemi	Henriksen ve Traynor, 1999
Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)	Poh vd., 2001; Liang, 2003
Analitik Ağ Süreci (AAS)	Meade ve Presley, 2002
VZA (Veri Zarflama Analizi)	Linton vd., 2007; Eilat vd., 2008
Bulanık Opsiyon değerlendirme (fuzzy real options valuation)	Wang ve Hwang, 2007; Carlsson vd., 2007; Tolga ve Kahraman, 2008
Bulanık AHS	Huang vd., 2008; Wang vd., 2005; Hsu vd., 2003.
Bulanık AAS	Mohanty vd., 2005

Matematiksel programlama modelleri, değerlemede kullanılan yöntem ve kaynakların farklılığı nedeniyle proje seçiminde yaygın olarak kullanılmamaktadır (Liberatore ve Titus, 1983). Ayrıca, ekonomik ve finansal analiz yöntemleri içerisinde yer alan sermaye bütçelemesi teknikleri (İç karlılık oranı, net bugünkü değer, geri ödeme süresi, yatırımların geri dönüş oranı) aracılığıyla, Ar-Ge projelerinden sağlanacak nakit akışını tahmin etmek oldukça

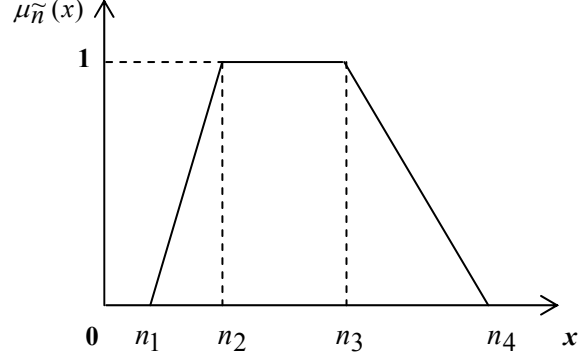
güçtür. Bu yöntemler Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde, birden fazla amaç ya da kriterden çok, tek bir kriter ya da amacı (getiri) dikkate almaktadır. Fayda-maliyet analizi yöntemleri ise, projelerin fayda ve maliyet ölçülerine göre sınıflandırılmasını gerektirdiğinden uygulama güçlükleri taşır. Benzer şekilde karar teorisine dayalı yöntemler, her karara ilişkin olasılık ve beklenen değer belirlenmesini gerektirdiğinden sınırlı kullanıma sahiptir (Poh vd., 2001:64-65). Ayrıca, matematiksel ve ekonomik yöntemler: (i) nitel ve nicel faktörleri aynı anda dikkate almaması, (ii) parasal olmayan kriterlere dayalı karşılaştırmaya uygun olmamaları, (iii) Ar-Ge yöneticilerinin uzmanlık ve deneyimlerini dikkate almamaları, (iv) Ar-Ge yöneticilerinin karşılaştığı gerçek durumu tam anlamıyla ifade edememeleri ve (v) Ar-Ge yöneticilerinin bu yöntemleri uygulamada güçlük çekmeleri vb. nedenlerle yaygın kabul görmemektedir (Huang vd., 2008:1040). Buna karşın, bir çok karar verme probleminde belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere birden fazla nicel ya da nitel kriter, bunlara ait alt kriterler ve alternatifler söz konusu olabilmektedir. Bunlardan bazıları birbirleriyle çeliştiğinde kullanılabilir en uygun yöntemler ise ÇKKV teknikleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde birçok ÇKKV tekniğinin Ar-Ge projelerinin seçimi amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Ancak literatürde bulanık TOPSIS yaklaşımını bu amaçla kullanan bir çalışmaya rastlanmamıştır (Tablo:2). Türkçe literatürde TOPSIS yaklaşımı, otomotiv firmalarının performansının değerlendirilmesi (Yurdakul ve İç, 2003) ve katı atık depolama sahası seçimi (Baysal ve Tecim, 2006) problemlerinde kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS yaklaşımının ise tedarikçi seçimi (Küçük ve Ecer, 2007), kuruluş yeri seçimi (Eleren, 2007), makine-ekipman seçimi (Kaya vd., 2007) ve satış elemanları seçiminde (Ecer, 2007) kullanıldığı görülmüştür. Ancak bulanık TOPSIS yöntemi, Türkçe literatürde bir firmanın Ar-Ge projelerinin seçimi probleminde ilk kez kullanılacaktır.

IV. Bulanık Kümeler

Gerçek yaşamda, birçok karar problemi belirsiz ve kesin olmayan bilgiler içerdiğinden, bu bilgilere dayalı kurulan modeller problemleri tam ve doğru olarak ifade edemez. Bu nedenle karar sürecinin, belirsiz ve kesin olmayan bilgilere dayalı model kurulabilmesini sağlaması gerekir. Bulanık küme teorisi, insan yargı ve değerlendirmelerindeki belirsizlik ve subjektifliğin üstesinden gelmek ve karar sürecine dilsel değişkenler yardımıyla açıklık getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Dilsel değişkenler, sayısal olarak ifade edilemeyen karmaşık durumların üstesinden gelmek amacıyla kullanılırlar. Dilsel değişkenler yardımıyla yapılan değerlendirmelerde ise bulanık sayılar kullanılır (Saremi vd., 2009:2744).

Çalışmada yamuk bulanık sayılar (trapezoidal fuzzy numbers-YBS) kullanılmaktadır. Şekil 1’de pozitif bir YBS görülmektedir.



Şekil 1: Yamuk bulanık sayı

Şekil 1'de görüldüğü gibi, pozitif bir YBS \tilde{n} , (n_1, n_2, n_3, n_4) olarak ifade edilir ve üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır (Chen vd., 2006: 292):

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

Ayrıca, $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ iki YBS ve r pozitif bir reel sayıyı göstermek üzere, temel aritmetik işlemler aşağıdaki gibi olacaktır (Chen vd., 2006: 292):

$$\tilde{m}(+) \tilde{n} = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4), \quad (2)$$

$$\tilde{m}(-) \tilde{n} = (m_1 - n_4, m_2 - n_3, m_3 - n_2, m_4 - n_1), \quad (3)$$

$$\tilde{m}(\times) r = (m_1 r, m_2 r, m_3 r, m_4 r), \quad (4)$$

$$\tilde{m}(\times) \tilde{n} = (m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3, m_4 n_4). \quad (5)$$

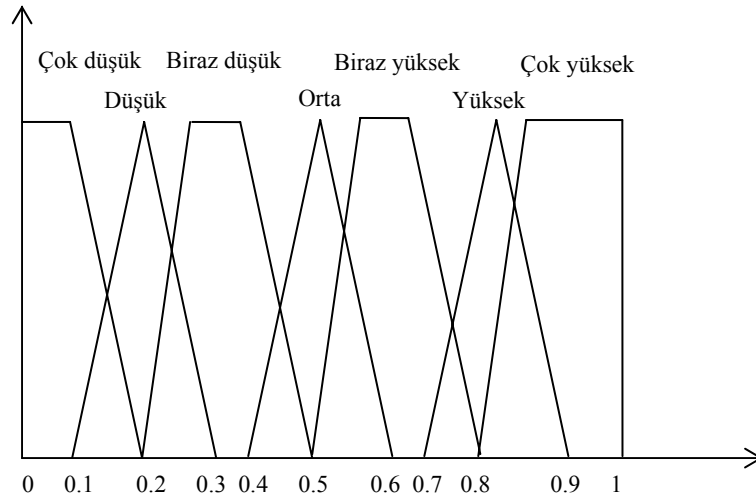
Ayrıca $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ iki YBS arasındaki uzaklık tepe noktası metodu (vertex method) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır (Chen vd., 2006: 293):

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{4} \left[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2 \right]} \quad (6)$$

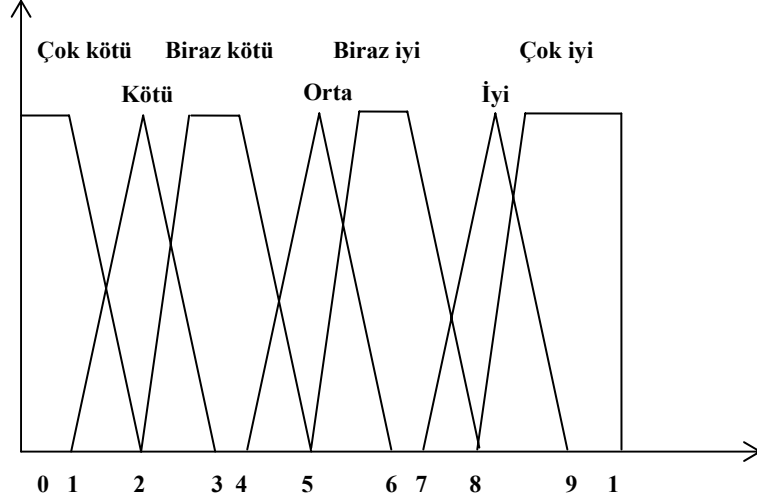
V. Bulanık TOPSIS (FTOPSIS)

İdeal çözüme yakınlığa göre sıralama yapma yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-TOPSIS) seçilen alternatifin pozitif ideal çözümden en kısa mesafede ve negatif ideal çözümden en uzak mesafede olması ilkesine dayanmaktadır. TOPSIS, pozitif ideal çözüme benzerlik ve negatif ideal çözüme uzaklık indeksi olarak da tanımlanır. Dolayısıyla TOPSIS yöntemi pozitif ideal çözüme en çok benzeyen veya en yakın olan alternatifin seçilmesine dayanır (Hwang ve Yoon, 1981). Karar problemlerinde Bulanık TOPSIS (Fuzzy TOPSIS-FTOPSIS) yaklaşımı kullanılarak, kriterlerin ve alternatiflerin önem düzeylerinin kesin ya da mutlak (crisp) sayılar yerine bulanık sayılarla ifade edilmesi sağlanır.

Çalışmada kriterlerin önem düzeyleri (ağırlıkları) ve alternatiflerin performans skorları dilsel değişkenler olarak tanımlanmıştır. Şekil 2 ve 3'de görüldüğü gibi dilsel değişkenler YBS kullanılarak ifade edilebilir. Karar verici (KV), Şekil 2 ve 3'de yer alan dilsel değişkenler yardımıyla kriterlerin önem düzeylerini ve alternatiflerin performans skorlarını hesaplayabilir.



Şekil 2: Kriterlerin önem düzeyleri için dilsel değişkenler



Şekil 3: Alternatiflerin performans skorları için dilsel değişkenler

Örneğin, biraz yüksek (BY) dilsel değişkeninin yamuk bulanık sayı olarak karşılığı (0.5,0.6,0.7,0.8) dir. Bu sayının üyelik fonksiyonu olarak ifadesi ise aşağıdaki gibidir:

$$\mu_{BY}(x) = \begin{cases} 0, & x < 0.5, \\ \frac{x-0.5}{0.6-0.5}, & 0.5 \leq x \leq 0.6, \\ 1, & 0.6 \leq x \leq 0.7, \\ \frac{x-0.8}{0.7-0.8}, & 0.7 \leq x \leq 0.8, \\ 0, & x > 0.8, \end{cases} \quad (7)$$

Aşağıda FTOPSIS yaklaşımının aşamaları yer almaktadır (Chen vd., 2006: 294-295):

A_i alternatif sayısını, C_j kriter sayısını, \tilde{w}_j kriterlerin ağırlıklarını ve K karar verici (KV) sayısını göstermek üzere, \tilde{x}_{ij} ($i=1,2,\dots,m$, $j=1,2,\dots,n$), A_i 'nin C_j 'ye göre performans skoru olarak ifade edilir. Bu durumda problem matris formunda aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1j} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2j} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$

\tilde{D} matrisinin ağırlık vektörü $\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]$ olur. Matrisin elemanları ve ağırlıkları $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ biçiminde gösterilir. k.'nci karar verici (KV) için bu gösterim $\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk})$ ve $\tilde{w}_{jk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}, w_{jk4})$ biçimindedir. Bu durumda k.'nci karar vericinin performans skorları;

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}, d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\} \quad (9)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır. Ayrıca k.'nci karar vericinin ağırlıkları;

$$\begin{aligned} w_{j1} &= \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, w_{j3} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}, \\ w_{j4} &= \max_k \{w_{jk4}\} \end{aligned} \quad (10)$$

formülleri kullanılarak bulunur. Bundan sonraki aşama, \tilde{R} normalize edilmiş bulanık karar matrisinin kurulmasıdır. \tilde{R} matrisi;

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (11)$$

biçiminde gösterilir. Burada B fayda kriterini ve C maliyet kriterini göstermek üzere;

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right), \quad d_j^* = \max_i d_{ij}, \quad \forall_j \in B, \quad (12)$$

$$r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij}, \quad \forall_j \in C \quad (13)$$

formülleri kullanılarak hesaplanır. Böylece \tilde{R} normalize edilmiş bulanık karar matrisinin elemanları $[0,1]$ aralığında yer alırlar. Sonraki aşama, \tilde{V} ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin hesaplanmasıdır. \tilde{V} matrisi;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (14)$$

biçiminde gösterilir. Ayrıca \tilde{V} matrisi;

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1j} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{i1} & \tilde{v}_{i2} & \dots & \tilde{v}_{ij} & \dots & \tilde{v}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mj} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

biçiminde gösterilir. Matriste yer alan \tilde{v}_{ij} ;

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\times)\tilde{w}_j \quad (16)$$

formülüyle hesaplanır. Bu durumda \tilde{V} matrisinin gösterimi aşağıdaki gibi olur.

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1\tilde{r}_{11} & \tilde{w}_2\tilde{r}_{12} & \dots & \tilde{w}_j\tilde{r}_{1j} & \dots & \tilde{w}_n\tilde{r}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_1\tilde{r}_{i1} & \tilde{w}_2\tilde{r}_{i2} & \dots & \tilde{w}_j\tilde{r}_{ij} & \dots & \tilde{w}_n\tilde{r}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_1\tilde{r}_{m1} & \tilde{w}_2\tilde{r}_{m2} & \dots & \tilde{w}_j\tilde{r}_{mj} & \dots & \tilde{w}_n\tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

\tilde{V} matrisi hesaplandıktan sonra bulanık pozitif ideal (A^*) ve bulanık negatif ideal (A^-) çözümünün hesaplanması gerekir.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^* \dots, v_n^*\} \quad (18)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^- \dots, v_n^-\} \quad (19)$$

burada $i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere;

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}^*\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}^-\} \quad (20)$$

formülleri kullanılarak bulunur. Sonraki aşama, alternatiflerin (A^*) ve (A^-)'den uzaklıklarının hesaplanmasıdır. Bunun için;

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i=1,2,\dots,m \quad (21)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad (22)$$

formülleri kullanılır. Sonra, alternatiflerin ideal çözüme yakınlıklarının hesaplanması gerekir. Bunun için;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (23)$$

formülü kullanılır. Son olarak, alternatiflerin yakınlık katsayısı (CC_i) değerlerine göre en büyükten en küçüğe doğru sıralanması gerekir. Verilen bilgilere dayalı olarak FTOPSIS algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Adım 1:Değerlemede kullanılacak kriter ve karar vericilerin (KV) belirlenmesi,
 Adım 2:KV'lerin kriter ve alternatiflere ilişkin dilsel değerlendirmelerinin belirlenmesi,
 Adım 3:Dilsel değerlendirmelerin YBS'lara dönüştürülerek, kriter ağırlıklarının elde edilmesi,
 Adım 4:Bütünleşmiş ve normalize edilmiş bulanık karar matrislerinin kurulması,
 Adım 5:Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması,
 Adım 6:Bulanık pozitif ideal (A^*) ve bulanık negatif ideal (A^-) çözümünün hesaplanması,
 Adım 7:Alternatiflerin yakınlık katsayılarının hesaplanması ve sıralanması gerekir.

VI. Örnek Uygulama

FTOPSIS yöntemi, bir imalat firmasının Ar-Ge projelerinin seçimi probleminde uygulanmıştır. Örnek problemde, proje seçimi konusunda uzman sayılabilecek 4 karar verici (KV1, KV2, KV3 ve KV4) tarafından önceden belirlenen 6 kriter (maliyet, pazar payı, projenin tamamlanma zamanı, beklenen getiri, uygulanabilirlik ve firma başarısına katkısı) ve 5 farklı Ar-Ge projesi (A_1, A_2, A_3, A_4 ve A_5) değerlendirilmiştir.

Problemin çözümüne ilişkin FTOPSIS algoritması aşağıdaki gibidir:

Adım 1: Karar vericiler (KV1, KV2, KV3, KV4), proje seçimine etki eden kriterleri, kendilerine sunulan literatür bilgilerine ve deneyimlerine dayalı olarak belirlemişlerdir.

Adım 2: KV'lerin kriter ve alternatiflere ilişkin dilsel değerlendirmeleri, Tablo 3 ve 4'de görülmektedir.

Tablo 3: Karar vericilerin kriterlere ilişkin dilsel değerlendirmeleri

Kriterler	Karar Vericiler (KV)			
	KV1	KV2	KV3	KV4
Maliyet (K1)	Y	Y	Y	Y
Pazar payı (K2)	ÇY	ÇY	ÇY	Y
Zaman (K3)	ÇY	ÇY	Y	Y
Beklenen getiri (K4)	Y	BY	Y	ÇY
Uygulanabilirlik (K5)	Y	Y	Y	ÇY
Firma başarısına katkısı (K6)	BY	ÇY	ÇY	BY

ÇD: Çok düşük, D: Düşük, BD: Biraz düşük, O: Orta, BY: Biraz yüksek, Y: Yüksek, ÇY: Çok yüksek

Tablo 4: Karar vericilerin alternatiflere ilişkin dilsel değerlendirmeleri

Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler (KV)			
		KV1	KV2	KV3	KV4
K1	A1	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
	A2	İ	İ	İ	Çİ
	A3	Çİ	Çİ	İ	İ
	A4	İ	İ	İ	İ
	A5	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
K2	A1	Bİ	Bİ	Çİ	Çİ
	A2	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	A3	Çİ	İ	İ	İ
	A4	İ	İ	Bİ	İ
	A5	Bİ	İ	İ	İ
K3	A1	İ	İ	İ	Bİ
	A2	Çİ	Çİ	Çİ	Bİ
	A3	Çİ	Çİ	İ	İ
	A4	Bİ	Bİ	İ	İ
	A5	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
K4	A1	İ	İ	İ	İ
	A2	İ	Çİ	Çİ	Çİ
	A3	Çİ	Çİ	Çİ	İ
	A4	İ	İ	İ	Çİ
	A5	Bİ	Bİ	İ	Bİ
K5	A1	İ	İ	İ	Çİ
	A2	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	A3	İ	Çİ	İ	İ
	A4	İ	İ	Çİ	Bİ
	A5	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
K6	A1	İ	İ	İ	İ
	A2	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ
	A3	İ	Çİ	İ	İ
	A4	İ	İ	Çİ	Çİ
	A5	Bİ	Bİ	Bİ	Çİ

ÇK: Çok kötü, K:Kötü, BK: Biraz kötü, O: Orta, Bİ: Biraz iyi, İ:İyi, Çİ: Çok iyi

Adım 3: Dilsel değerlendirmeler, YBS'lara dönüştürülerek bütünleşmiş kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Kriter ağırlıkları (9) numaralı denklem kullanılarak elde edilir. Tablo 5'de bütünleşmiş bulanık ağırlık matrisi görülmektedir.

Tablo 5: Bütünleşmiş bulanık ağırlık matrisi

Kriterler	Ağırlıklar
Maliyet (K1)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
Pazar payı (K2)	(0.7,0.88,0.95,1)
Geri ödeme süresi (K3)	(0.7,0.85,0.9,1)
Beklenen getiri (K4)	(0.5,0.78,0.83,1)
Uygulanabilirlik (K5)	(0.7,0.83,0.85,1)
Firma başarısına katkısı (K6)	(0.5,0.75,0.85,1)

Adım 4: Bütünleşmiş bulanık karar matrisi (10) numaralı denklem kullanılarak elde edilir ve (11) numaralı denklem yardımıyla normalize edilir. Alternatiflerin kriterlerden aldıkları performans skorlarının normalize edilebilmesi için, fayda kriterleri için (12) ve maliyet kriteri için (13) numaralı denklemler kullanılır. Tablo 1’de görüldüğü gibi yalnızca ilk kriter (K1) maliyet kriteri, diğerleri ise fayda kriteridir. Tablo 6 ve 7’de bütünleşmiş ve normalize edilmiş bulanık karar matrisleri sunulmaktadır.

Tablo 6: Bütünleşmiş bulanık karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	(5,6,7,8)	(5,7.5,8.5,10)	(5,7.5,7.8,9)	(7,8,8,9)	(7,8.3,8.5,10)	(7,8,8,9)
A2	(7,8.3,8.5,10)	(8,9,10,10)	(5,8.3,9.3,10)	(7,8.8,9.5,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)
A3	(7,8.5,9,10)	(7,8.3,8.5,10)	(7,8.5,9,10)	(7,8.8,9.5,10)	(7,8.3,8.5,10)	(7,8.3,8.5,10)
A4	(7,8,8,9)	(5,7.5,7.8,9)	(5,7.7,5,9)	(7,8.3,8.5,10)	(5,7.8,8.3,10)	(7,8.5,9,10)
A5	(5,6,7,8)	(5,7.5,7.8,9)	(5,6,7,8)	(5,6.5,7.3,9)	(5,6,7,8)	(5,6.8,7.8,10)

Adım 5: Sonraki aşama ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin (14), (15) ve (16) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmasıdır. Normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki (Tablo 7) değerlerin ilgili kriter ağırlıkları ile çarpılması sonucu elde edilen değerler Tablo 8’de görülmektedir.

Tablo 7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

	K1	K2	K3
A1	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.75,0.85,1)	(0.5,0.75,0.78,0.9)
A2	(0.7,0.83,0.85,1)	(0.8,0.9,1,1)	(0.5,0.83,0.93,1)
A3	(0.7,0.85,0.9,1)	(0.7,0.83,0.85,1)	(0.7,0.85,0.9,1)
A4	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.5,0.75,0.78,0.9)	(0.5,0.7,0.75,0.9)
A5	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.75,0.78,0.9)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
	K4	K5	K6
A1	(0.7,0.8,0.8,0.9)	(0.7,0.83,0.85,1)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
A2	(0.7,0.88,0.95,1)	(0.8,0.9,1,1)	(0.8,0.9,1,1)
A3	(0.7,0.88,0.95,1)	(0.7,0.83,0.85,1)	(0.7,0.83,0.85,1)
A4	(0.7,0.83,0.85,1)	(0.5,0.78,0.83,1)	(0.7,0.85,0.9,1)
A5	(0.5,0.65,0.73,0.9)	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.5,0.68,0.78,1)

Adım 6: Tablo 8 yardımıyla, kriterlerin bulanık pozitif ideal (A*) ve bulanık negatif ideal (A-) çözüm değerleri elde edilir. Bu değerlerin elde edilmesinde (18), (19) ve (20) numaralı denklemler kullanılır. Tablo 9’da kriterlerin (A*) ve (A-) çözüm değerleri görülmektedir.

Tablo 8: *Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi*

	K1	K2	K3
A1	(0.35,0.48,0.56,0.72)	(0.35,0.66,0.81,1)	(0.35,0.64,0.7,0.9)
A2	(0.49,0.66,0.68,0.9)	(0.56,0.79,0.95,1)	(0.35,0.7,0.83,1)
A3	(0.49,0.68,0.72,0.9)	(0.49,0.72,0.81,1)	(0.49,0.72,0.81,1)
A4	(0.49,0.64,0.64,0.81)	(0.35,0.66,0.74,0.9)	(0.35,0.6,0.68,0.9)
A5	(0.35,0.48,0.56,0.72)	(0.35,0.66,0.74,0.9)	(0.35,0.51,0.63,0.8)
	K4	K5	K6
A1	(0.35,0.62,0.66,0.9)	(0.49,0.68,0.72,1)	(0.35,0.6,0.68,0.9)
A2	(0.35,0.68,0.78,1)	(0.56,0.74,0.85,1)	(0.4,0.68,0.85,1)
A3	(0.35,0.68,0.78,1)	(0.49,0.68,0.72,1)	(0.35,0.62,0.72,1)
A4	(0.35,0.64,0.7,1)	(0.35,0.64,0.7,1)	(0.35,0.64,0.77,1)
A5	(0.25,0.5,0.6,0.9)	(0.35,0.5,0.6,0.8)	(0.25,0.51,0.66,1)

Adım 7: Bu aşamada alternatiflerin (A^*) ve (A^-)'den uzaklıkları ve yakınlık katsayıları hesaplanarak sıralanması gerekir. Bu amaçla (21), (22) ve (23) numaralı denklemler kullanılır.

Tablo 9: *Bulanık pozitif ideal (A^*) ve bulanık negatif ideal (A^-) çözüm değerleri*

	A^*	A^-
Maliyet (K1)	(0.35,0.35,0.35,0.35)	(0.9,0.9,0.9,0.9)
Pazar payı (K2)	(1,1,1,1)	(0.35,0.35,0.35,0.35)
Geri ödeme süresi (K3)	(1,1,1,1)	(0.35,0.35,0.35,0.35)
Beklenen getiri (K4)	(1,1,1,1)	(0.25,0.25,0.25,0.25)
Uygulanabilirlik (K5)	(1,1,1,1)	(0.35,0.35,0.35,0.35)
Firma başarısına katkısı (K6)	(1,1,1,1)	(0.25,0.25,0.25,0.25)

Tablo 10'da alternatiflerin uzaklıkları, yakınlık katsayıları ve sıraları görülmektedir. Buna göre sıralama A2, A3, A1, A4, A5 biçiminde olmalıdır. A2 en yüksek yakınlık katsayısı değeri (0.580) ile seçilmesi en uygun Ar-Ge projesi olarak belirlenmiştir.

Tablo 10: *Uzaklıklar, yakınlık katsayıları ve alternatiflerin sıraları*

	D_j^*	D_j^-	C_j^*	SIRA
A1	2.171	2.452	0.530	3
A2	1.969	2.715	0.580	1
A3	2.100	2.547	0.548	2
A4	2.32	2.366	0.505	4
A5	2.519	2.144	0.460	5

VII. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, sonuçların, kriter ağırlıklarında oluşabilecek değişikliklere ne derece duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Tablo 11'de

görüldüğü gibi, 12 farklı durum için duyarlılık analizi yapılmış ve alternatiflerin aldıkları yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 11: Kriterlere verilen farklı ağırlıklar

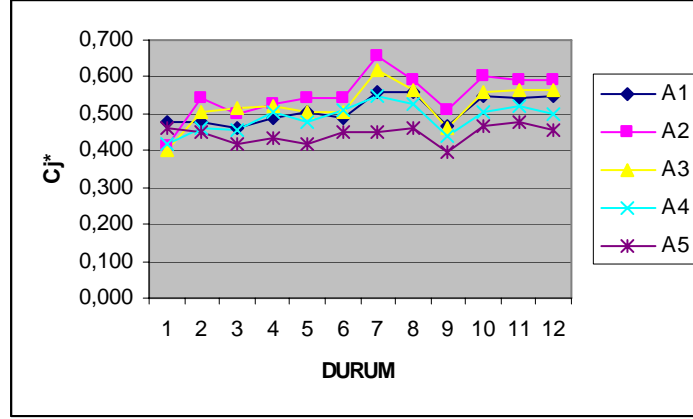
DURUM	K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)
2	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)
3	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)
4	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)
5	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)
6	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)
7	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)
8	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)
9	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)
10	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)
11	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)	(0,8,0,9,1,1)
12	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,8,0,9,1,1)	(0,0,0,1,0,2)

Buna göre ilk altı durum, diğer kriter ağırlıkları sabitken, tek bir kriterin aldığı maksimum ağırlıklara ve ikinci altı durum, minimum ağırlıklara göre analiz yapılabilmesini sağlamaktadır. Tablo 11’de kriterlere farklı ağırlıklar atandığı görülmektedir. Ayrıca Tablo 12, 12 farklı durum için alternatiflerin aldıkları yakınlık katsayılarını göstermektedir.

Tablo 12: Farklı kriter ağırlıkları için alternatiflerin yakınlık katsayıları (C_j^*)

DURUM	A1	A2	A3	A4	A5
1	0,475	0,412	0,400	0,415	0,463
2	0,477	0,542	0,507	0,461	0,450
3	0,462	0,499	0,513	0,454	0,417
4	0,488	0,525	0,520	0,502	0,435
5	0,503	0,542	0,507	0,477	0,417
6	0,488	0,542	0,507	0,509	0,452
7	0,557	0,659	0,621	0,549	0,452
8	0,557	0,591	0,564	0,526	0,459
9	0,465	0,510	0,463	0,438	0,394
10	0,550	0,600	0,557	0,505	0,467
11	0,542	0,591	0,564	0,519	0,476
12	0,550	0,591	0,564	0,501	0,458

Şekil 5’te görüldüğü gibi duyarlılık analizi sonuçları ve grup kararına dayalı FTOPSIS sonuçları büyük ölçüde benzerlik taşımaktadır. Tablo 12’de, yalnızca 1. ve 3. durumlarda A2 projesi ilk sırada yer almamıştır. Ancak diğer durumlarda firma öncelikli olarak A2 projesini seçmelidir.



Şekil 5: Duyarlılık analizi

VIII. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Ar-Ge projelerinin seçiminde karşılaşılan en önemli problemlerin: (i) seçilen projelerin firma hedef ve stratejilerine uygun olmaması, (ii) projelerin pazar ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayamaması, (iii) bölümler arası iletişim ve işbirliği eksikliği ve (iv) yöneticilerin proje seçiminde kullanılacak uygun bir yöntem üzerinde uzlaşamamaları olduğu görülmüştür (Piippo vd., 1999:417). Sistematik olmayan proje seçim süreci, bilgi kaybına ve yanlış proje seçimine neden olabilecektir. Bu nedenle firmanın tüm fonksiyonlarını bir araya getiren uzlaşmacı bir proje seçim yöntemi geliştirilmelidir.

Ar-Ge projelerinin seçimi matematiksel programlama modelleri, ekonomik ve finansal analiz yöntemleri ya da ÇKKV teknikleri yardımıyla yapılmaktadır. Çalışmada Ar-Ge projelerinin seçim ve değerlendirilmesinde grup kararına dayalı FTOPSIS yöntemi önerilmektedir. Önerilen yöntem, çok sayıda alternatif, kriter ve karar vericiyi dikkate aldığından diğer yöntemlere kıyasla çok daha gerçekçi sonuçlar sunabilen bir ÇKKV tekniğidir. En iyi Ar-Ge projesinin seçimi amacıyla geliştirilen modelde, imalat firmalarının proje seçimine etki eden 6 temel kriter ve 5 alternatif Ar-Ge projesi belirlenmiştir. Daha sonra grup kararına dayalı değerlendirmeler dikkate alınarak alternatif Ar-Ge projelerinin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre örnek uygulama açısından en iyi Ar-Ge projesi "A2" olarak belirlenmiştir. Ayrıca, duyarlılık analizi de örnek firma için en uygun Ar-Ge projesinin A2 olduğunu göstermektedir.

Çalışmada önerilen yöntem, bulanık olmayan yöntemlerle yapılan hesaplamalara oranla daha fazla çaba ve işlem gerektirir. Yöntemin diğer kısıtı ise, karar vericiler (KV), kriterler ve kriter ağırlıklarının objektif biçimde belirlenmesi gerektiğidir. Buna rağmen, FTOPSIS bulanık ortamda nitel ve nicel çok sayıda kriterin bir arada değerlendirilmesini gerektiren problemler için

oldukça uygun bir yöntemdir. Ayrıca literatürde Ar-Ge projelerinin seçiminde grup kararına dayalı FTOPSIS yöntemi öneren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle önerilen yöntem, proje seçiminde etkin bir biçimde uygulanabilir. Ayrıca FTOPSIS, belirsiz ve kesin olmayan verilere uygun model kurmaya olanak sağladığından etkin bir karar verme aracı olarak kullanılabilir. Yöntemin bir diğer faydası ise, proje değerlemede oldukça basit, esnek ve kullanımı kolay bir yaklaşım sunmasıdır. Son olarak, önerilen yöntem firmalara özgü bir takım değişikliklerle tüm firmaların proje seçim kararlarında uygulanabilecektir.

Kaynakça

- Bard, J.F., Balachandra, R. ve Kaufmann, P.E. (1988) "An Interactive Approach To R&D Project Selection And Termination", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(3), ss. 139-146.
- Baysal, G. ve Tecim, V. (2006) "Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri İle Uygulaması", 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiri Kitabı, 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul, ss. 1-8.
- Cardus, D., Fuhrer, M.J., Martin, A.W. ve Thrall, R.M. (1982) "Use Of Benefit-Cost Analysis In The Peer Review Of Proposed Research", *Management Science*, 28(4), ss. 439-445.
- Carlsson, C., Fuller, R., Heikkilä, M. ve Majlender, P. (2007) "A Fuzzy Approach To R&D Project Portfolio Selection", *International Journal of Approximate Reasoning*, 44, ss. 93-105.
- 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, ss. 289-301.
- Ecer, F. (2007), "Satış Elemanı Adaylarının Değerlendirilmesine ve Seçimine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: Fuzzy TOPSIS", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), ss. 187-204.
- Eilat, H., Golany, B. ve Shtub, A. (2008), "R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach", *Omega*, 36, ss. 895-912.
- Eleren, A. (2007), "Kuruluş Yeri Seçiminin Fuzzy TOPSIS Yöntemi İle Belirlenmesi: Deri Sektörü Örneği", *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 13, ss. 280-295.
- Fang, Y., Chen, L. and Fukushima, M. (2008) "Mixed R&D projects and securities portfolio selection model", *European Journal of Operational Research*, 185, ss. 700-715.
- Heidenberger, K. ve Stummer, C. (1999) "Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modeling approaches", *International Journal of Management Reviews*, 1(2), ss. 197-224.

- Henriksen, A.D. ve Traynor, A. J. (1999) "A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(2), ss. 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), ss. 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, ss. 1038-1052.
- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York, NY.
- Ilan, Y. (1989), "Evaluation of Innovative Projects: An Integrative Approach", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 36(1), ss. 51-54.
- Kaya, İ., Kılınç, M.S. ve Çevikcan, E. (2007) "Makine-Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci", *Mühendis ve Makina*, 49(576), ss. 8-14.
- Khorramshahgol, R., Azani, H. ve Gousty, Y. (1988) "An Integrated Approach To Project Evaluation And Selection", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 35(4), ss. 265-270.
- Kuchta, D. (2001), "A Fuzzy Model for R&D Project Selection with Benefit, Outcome, and Resource Interactions", *The Engineering Economist*, 46(3), ss. 164-180.
- Küçük, O. ve Ecer, F. (2007), "Bulanık TOPSIS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama", *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), ss. 45-65.
- Lawson, C.P., Longhurst, P.J. ve Ivey, P.C. (2006) "The Application of A New Research and Development Project Selection Model in SMEs", *Technovation*, 26, ss. 242-250.
- Liang, W.Y. (2003) "The analytic hierarchy process in project evaluation: An R&D case study in Taiwan", *Benchmarking: An International Journal*, 10(5), ss. 445-456.
- Liberatore M.J. ve Titus G.J. (1983) "The practice of management science in R&D project management", *Management Science*, 29(8), ss. 962-974.
- 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), ss. 29-36.
- Meade, L.M. ve Presley, A. (2002), "R&D Project Selection Using the Analytic Network Process", *IEEE Transactions On Engineering Management*, 49(1), ss. 59-66.
- Mechlin, G.F. ve Berg, D. (1980) "Evaluating research-ROI is not enough", *Harvard Business Review*, 58(5), ss. 93-99.
- Menke, M.M. (1994) "Improving R&D Decisions and Executions", *Research Technology Management*, 37(5), ss. 25-32.

- 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(24), ss. 5199-5216.
- Osawa, Y. ve Murakami, M. (2002) “Development And Application Of A New Methodology Of Evaluating Industrial R&D Projects”, *R&D Management*, 32(1), ss. 79-85.
- Piippo, P., Karkkainen, H., Ojanen, V. ve Tuominen, M. (1999) “Problems And Promotion Of R&D Project Selection in Finnish High-Tech Manufacturing Companies”, *Proceedings of PICMET '99 Conference*, Portland, USA.
- Poh, K.L., Ang, B.W. ve Bai, F. (2001) “A Comparative Analysis Of R&D Project Evaluation Methods”, *R&D Management*, 31(1), ss. 63-75.
- Ringuest, J.L. ve Graves, S.B. (1990) “The linear R&D project selection problem: an alternative to net present value”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(2), ss. 143-146.
- Saremi, M., Mousavi, S.F. and Sanayei, A. (2009), “TQM Consultant Selection In Smes With TOPSIS Under Fuzzy Environment”, *Expert Systems with Applications*, 36(2), ss. 2742-2749.
- Schwartz, S.L. and Vertinsky, I. (1977), “Multi-Attribute Investment Decisions: A Study of R&D Project Selection”, *Management Science*, 24(3), ss. 285-301.
- Tolga, A.Ç. and Kahraman, C. (2008), “Fuzzy Multi-attribute Evaluation of R&D Projects Using a Real Options Valuation Model”, *International Journal of Intelligent Systems*, 23, ss. 1153-1176.
- Wang, J. and Hwang, W.-L. (2007), “A Fuzzy Set Approach For R&D Portfolio Selection Using A Real Options Valuation Model”, *Omega*, 35, ss. 247-257.
- Wang, K., Wang, C.K. and Hu, C.H. (2005) “Analytic Hierarchy Process With Fuzzy Scoring in Evaluating Multidisciplinary R&D Projects in China”, *IEEE Transactions On Engineering Management*, 52(1), ss. 119-129.
- Yurdakul, M. ve İç, Y.T. (2003), “Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü Ve Analizine Yönelik TOPSIS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), ss. 1-18.