

## Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi

Ayşe Yıldız<sup>a</sup>

Doğan Yıldız<sup>b</sup>

**Özet:** Bir kurumsal kaynak planlama (Enterprise Resource Planning-ERP) sistemi, ortak bir veritabanı üzerinde bir kurumun tüm fonksiyonları arasında materyalin, bilginin ve finansal kaynakların akışını otomatik hale getirmek için kullanılan bütünlük kurumsal bir bilgi sistemini ifade eder. Uygun ERP seçimi firmalar için rekabet avantajı oluştururken, uygun olmayan ERP seçimi projenin başarısız olmasına ve firma performansı üzerinde olumsuz etki yapmasına neden olur. Bu nedenle uygun ERP seçiminde doğru karar vermek önemlidir. Ancak uygun ERP seçimi birçok kriter altında alternatiflerin değerlendirme skorlarına ve çoğunlukla yüksek, zayıf gibi dilsel terimlerle ifade edilen kriter ağırlıklarına bağlı olarak geliştirilen karmaşık bir süreçtir. Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri, farklı dilsel değerlendirmelerin ve ERP alternatiflerini değerlendiren ağırlıkların bütünlükleştirilmesinde çok faydalıdır. Bu çalışmanın amacı diğer çalışmalardan farklı olarak ERP yazılım seçimi için bulanık TOPSIS yönteminin nasıl uygulanacağını bütüncül bir yapı içinde göstermektir. Bu yapı beş alternatifli on kriterli değişkenlere dayalı olarak bir firma için geliştirilmiştir. Değerlendirme sonucunda beşinci alternatif birinci sırada seçilmiş ve yazılım maliyetleri ile yazılımın süreçlere uyumluluğu da en önemli kriterler olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bulanık mantık, TOPSIS, bulanık TOPSIS, yamuk bulanık sayılar, kurumsal kaynak planlaması

**JEL Sınıflandırması:** C44, C61, D81

## Enterprise Resource Planning (ERP) Software Selection Process with Fuzzy TOPSIS Method

**Abstract:** An Enterprise Resource Planning (ERP) system makes possible an integrated enterprise system to automate the flow of material, information, and financial resources among all functions within an enterprise on a common database. While appropriate ERP selection can create competitive advantage for the firms, inappropriate ERP selection would cause either fail the project or make an adverse impact on the firm performance. Therefore, it is crucial to make correct choice for the ERP system. However, selecting an appropriate ERP involves complex process based on the evaluation ratings of the alternatives under various criteria and the weights of the criteria frequently assessed in linguistic terms such as high, poor etc. A fuzzy multiple-criteria decision-making method is very useful in integrating various linguistic assessments and weights to evaluate ERP alternatives. The aim of this paper apart from the other studies is to introduce a comprehensive framework how the fuzzy TOPSIS method can be applied to select a suitable ERP system. The framework is developed based on ten criteria and five alternative variables for one company. As a result of the evaluation fifth alternative is selected in the first place and software compability with the costs identified as the most important criteria.

**Keywords:** Fuzzy logic, TOPSIS, fuzzy TOPSIS, trapezoidal fuzzy numbers, enterprise resource planning

**JEL Classification:** C44, C61, D81

<sup>a</sup> Assist. Prof., Gazi University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Ankara, Türkiye, ayseyildiz@gazi.edu.tr

<sup>b</sup> PhD., Turkish Aerospace Industries, Inc. (TAI), Ankara, Türkiye, dyildiz@tai.com.tr

## 1. Giriş

Değişen iş dünyasında işletmeler artan küresel rekabet, genişleyen uluslararası pazarlar ve yükselen müşteri beklentileriyle karşı karşıyadırlar. Bu değişimler tüm tedarik zinciri boyunca toplam maliyetlerin düşürülmesi, üretim zamanının kısaltılması, stokların azaltılması, ürün seçiminin genişletilmesi, daha uygun teslim sürelerinin ve daha iyi müşteri hizmetinin sağlanması, kalitenin geliştirilmesi ve küresel talebin, tedarikçilerin ve üretimin etkili bir şekilde koordineli olması konusunda işletmeler üzerinde baskı yaratmaktadır (Shankararayanan, 2000). İşletmeler her zamankinden daha çok bütünleşik bir model oluştururken kendi iş süreçlerini ve uygulamalarını değiştirmek ve geliştirmek zorundadırlar. Bunun için bir zamanlar korumaya çalıştıkları işletme içi bilgileri kendi tedarikçileriyle, dağıtıcılarıyla ve hatta müşterileriyle artan şekilde paylaşmak durumundadırlar (Loizos, 1998). Ayrıca şirket içi fonksiyonlarını doğru ve zamanında anlık bilgiyi üretmek ve kullanmak için geliştirmek zorundadırlar. Tüm bu amaçları gerçekleştirmek için şirketler ERP<sup>1</sup> sistemlerine yönelmektedirler.

ERP sistemleri, 1960'lı yıllarda ortaya çıkan üretim odaklı Malzeme İhtiyaç Planlaması (Materials Requirement Planning-MRP) ve daha sonra üretimle ilişkili diğer fonksiyonları içerecek şekilde genişletilen İmalat Kaynakları Planlaması (Manufacturing Resource Planning – MRP II) sistemlerinin uzantısı olan sistemlerdir. Bu sistemler klasik işletmelerde görünen birbirinden bağımsız işletme fonksiyonları ve araçları yerine tüm işletme fonksiyonlarının ortak veritabanı sayesinde bütünleşik olarak yürütülmesini sağlayan teknolojik destekli bir yapıya sahiptirler. Bu yapı sayesinde işletmelerin fonksiyonlararası etkinliği ve etkililiğinin güçlenmesi, şirket içinde hareket eden bilgilerin anında bütünlüğünün sağlanması, dağıtım, lojistik, muhasebe, finansman ve insan kaynakları gibi işletmenin temel işlevlerinin otomasyona bağlanması, işletmenin etkin, hızlı ve çevik bir yapıya kavuşması sağlanmış olmaktadır (Davenport, 1998; Babak ve Erkan, 2011). Başarılı bir ERP sistemi fonksiyonel maliyetleri azaltır, daha doğru talep tahminleri üretir, üretim döngüsünü hızlandırır, stok maliyetini azaltır, nakit yönetimini geliştirir, insan kaynakları gereksinimini azaltır ve müşteri hizmetini artırır (Umble ve diğerleri, 2003). Tam tersi durumda etkin bir ERP sisteminin oluşturulamaması sadece maliyet ve zaman kaybına neden olmaz, ayrıca kısa dönemli de olsa şirket kültürünün zarar görmesine, üretimin minimuma inmesine, aşırı eğitim gereksinimlerinin ortaya çıkmasına ve müşteri isteklerinin yanlış yönlendirilmesine sebep olarak ciddi kayıplara yol açar. Yapılan araştırmalar bu olumsuzlukların ortaya çıkmasındaki temel nedenin işletmelerin bu sistemi bir teknoloji yatırımı olarak görmeleri ve kendi hedefleriyle, amaçlarıyla, iş süreçleriyle uyumlaştıramamaları, daha çok satın alma maliyetleriyle ilgilenmeleri olduklarını ortaya koymuştur. Bu nedenle ERP projeleri yapılandırılırken öncelikle işletmenin amaçları ve geleceğe yönelik hedefleri net bir biçimde ortaya konmalı, genel işleyişi ve iş süreçleri incelenmeli ve daha sonra işletmenin kurumsal yapılarına en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmelidir (Görener, 2011).

Bu çalışmada ise, bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi bir satış ve bakım firmasının ERP yazılım seçimi için kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminin kullanım alanı oldukça geniştir ve literatürde bu yöntemi kullanarak çok fazla çalışma yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır: personel seçimine yönelik olarak (Chen, 2000; Saghafian ve Hajazi, 2005; Anniseh ve Yusuff, 2011; Tian ve diğerleri, 2010; Nasab ve Rostamy-Malkhalifeh, 2010), kuruluş yeri seçimine yönelik olarak (Çınar, 2010; Yadong ve diğerleri, 2009), tedarikçi seçimine yönelik olarak (Chen ve diğerleri, 2006) ve proje seçimine yönelik (Salehi ve Tavakkol-Maghadam, 2008) olarak farklı

<sup>1</sup>ERP kavramının Türkçe karşılığı Kurumsal Kaynak Planlaması olarak belirlenmesine rağmen gerek literatürde gerekse uygulamada ERP daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmada ERP kavramının kullanımı tercih edilmiştir.

çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma ise bulanık TOPSIS yöntemini ERP seçiminde kullanarak yöntemin farklı bir uygulama alanını göstermektedir.

Çalışma temelde dört bölümü içermektedir. Çalışmanın ilk bölümü bu konuda literatüre ve ERP yazılım seçimini etkileyen kriterler kısmına ayrılmıştır. İkinci bölüm bulanık küme teorisi ve bulanık TOPSIS yöntemine ilişkin teorik bilgileri içeren kısımlardır. Çalışmanın üçüncü bölümünü içeren uygulama kısmında ise öncelikle ERP yazılım seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve karar vericilerin bu kriterlere verdikleri ağırlıklar tespit edilmiş, sonraki aşamada bu kriterlere göre ERP yazılımları bulanık TOPSIS yöntemindeki algoritma kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümü ise sonuç ve öneriler kısmına ayrılmıştır.

## 2. Literatür

ERP sisteminin kurulmasının çok maliyetli olması, kurulumunun ve geri dönüşümünün uzun zaman alması ve sürecin yanlış işletilmesinin kısa ve uzun dönemde işletmelerde ciddi kayıplara sebep olması, her bir ERP sisteminin kendine özgü yapısı olması nedeniyle uygun ERP yazılımının seçilmesi çok önemlidir. Bu nedenle literatürde kriterlerin belirlenmesine ve uygun yazılımın seçilmesine ilişkin birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir.

Bu çalışmalarda çoğunlukla Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemine dayalı yaklaşımlar kullanıldığı görülmektedir. AHP bazlı yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır; Teltumbde (2000), nominal grup tekniği ile AHP yaklaşımlarını birleştiren; Büyükoçkan, Kahraman ve Ruan (2004), genişletilmiş bulanık AHP yöntemini kullanan; Wei ve diğerleri (2005) literatürde sıklıkla başvurulan yedi aşamalı şirket stratejileriyle uyumlu kapsamlı bir işleyiş yapısını ortaya koyan; Başlıgil (2005), bulanık AHP yöntemini kullanan; Lien ve Liang (2005), bulanık ve AHP yöntemini birleştiren; benzer şekilde Ayağ ve Özdemir (2007) bulanık AHP yöntemini kullanan; Lien ve Chan (2007), yazılım kalite standardı modelini kullanarak yarı-transistör ve eğitim endüstrisine uygulayan; Razmi, Sangari ve Ghodsi (2009), bulanık AHP yöntemini kullanan uygulamaya dönük bir yapı geliştiren; Kahraman, Beskese ve Kaya (2010), AHP ile bulanıklık teorisini birleştiren; Alanbay (2005), AHP için Expert Choice yazılımını kullanan; Babak ve Erkan (2011) yine AHP için Expert Choice yazılımını kullanan; Onut ve Efendigil (2010) maliyet ve kalite kısıtlılıkları altında bulanık AHP yöntemini kullanan; Cebeci (2009), Kurumsal karne yaklaşımını kullanarak tekstil endüstrisine uygulayan çalışmalar yapmışlardır.

AHP yaklaşımı dışında diğer yaklaşım ve yöntemlerle de ERP seçimine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Wei ve diğerleri (2005), dilsel kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde bulanık küme teorisinden yararlanarak bulanık ortalama ve bulanık integral yöntemi kullanarak ERP seçimini gerçekleştirmişlerdir. Xiuwu, Yuan ve Bing (2007), ERP seçiminde dilsel bilgi işleme yaklaşımını kullanmışlardır. Büyükoçkan ve Ruan (2008), bulanık VIKOR yöntemiyle en uygun ERP yazılımını seçmeyi hedeflemişlerdir. Karsak ve Özoğul (2009) ise kalite fonksiyon yayılımı, bulanık doğrusal regresyon ve 0-1 amaç programlaması yöntemlerini kullanarak işletme ihtiyacına uygun yazılım özelliklerini taşıyan ERP yazılımını belirlemeye çalışmışlardır. Yazgan, Boran ve Göztepe (2009), ERP yazılımının seçiminde Analitik Ağ Prosesi (ANP) yaklaşımına dayalı yapay sinir ağları yöntemini kullanmışlardır. Lingyu, Bingwu ve Juntao (2009) yaptıkları ERP sistem seçiminde bulanık Gri TOPSIS yöntemini KOBİ işletmeleri için uygulamışlardır. Gümüş, Çetin ve Kaplan (2010) bulanık ANP yöntemiyle kurumsal bilgi sisteminin seçimini gerçekleştirmeye çalışmışlardır. Asgari ve diğerleri (2011), bulanık ÇKKV minimizasyon ve maksimizasyon küme teorisine dayalı olarak ERP seçim sürecini kapsamlı bir biçimde ele almışlardır.

### 3. ERP Yazılım Seçimini Etkileyen Kriterler

ERP sisteminin geliştirilmesi sürecinde uygun ERP yazılımının seçilmesi sistemin başarılı olması açısından çok önemlidir. Bu seçim sürecinde de doğru kriterlerin uygun şekilde belirlenmesi uygun yazılımın seçilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle öncelikle değerlendirmede kullanılacak kriterlerin belirlenmesi gerekir.

Literatürde kriterlere (Kumar ve diğerleri, 2003; Chou ve Chang, 2008; Tsai, ve diğerleri, 2009) ve göz önünde bulundurulacak konulara ilişkin olarak yapılan çok fazla sayıda çalışma vardır (Malhotra ve Temponi, 2010; Bingi, Sharma ve Godla, 2006 ).

Gürbüz ve diğerleri (2012) tablo 1’de gösterildiği üzere bu kriterleri satıcı, müşteri ve yazılım boyutunda incelemişlerdir.

**Tablo 1:** ERP Seçim Kriterleri

Satıcı Firma Boyutu	Müşteri Boyutu	Yazılım Boyutu
Destek ve hizmet	Kişiselleştirme kolaylığı	İşlevsellik
Vizyon	Organizasyonel yapıya uygunluk	Teknik boyut
Pazardaki pozisyonu	İlişkili diğer organizasyonlara uygunluk	Maliyet
Alan bilgisi	Çapraz modül bütünlüğü	Güvenirlilik
Tanınmışlığı	Kullanım Kolaylığı	Rekabetçilik
Yazılım metodolojisi	Ergonomi	Uyarlama süresi

Kaynak: Gürbüz ve diğerleri (2012)

Liang ve Lien (2007) tarafından yapılan çalışmada ise yazılım kalitesinin özelliklerini belirleyen ISO 9126 Yazılım mühendisliği – ürün kalitesi (Software engineering - Product quality)<sup>2</sup> kriterleri ile birlikte yönetim boyutundaki kriterler de belirlenmiştir.

#### ISO 9126 Standardına Göre Yazılım Özellikleri (Yazılıma İlişkin Kriterler)

- **İşlevsellik:** Uygunluk, doğruluk, birlikte çalışabilirlik, uyarlanabilirlik, güvenlik
- **Güvenirlilik:** Bitiş zamanı, hata toleransı, iyileştirebilme
- **Kullanılabilirlik:** Anlaşılabilirlik, öğrenilebilirlik, işlevsellik
- **Etkinlik:** Zamanın kullanılması, kaynakların kullanılması
- **Bakım:** Analiz edilebilme, değiştirilebilme, istikrarlık ve test edilebilme
- **Farklı ortamlarda çalışabilirlik (Portability):** Uyumluluk, kurulum, yerine konabilme

#### Yönetime İlişkin Kriterler

- **Satıcı Firma:** Pazar payı, tanınmışlığı, referansları, hizmet ve destek düzeyi, eğitim çözümleri

<sup>2</sup>2011 yılında ISO 9126 standardı genişletilerek ISO 25010 Sistem ve yazılım mühendisliği – sistem ve yazılım kalite gereksinimleri ve değerlendirilmesi – sistem ve yazılım kalite modelleri (Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)) adı altında yeniden yayımlanmıştır. Bu yeni standart da 8 temel özellik ve 31 alt özellik belirlenmiştir.

*Maliyet:* Yazılım maliyeti, donanım maliyeti, yıllık bakım maliyeti, personelin eğitim maliyeti

*Zaman:* Planlama ve hazırlık süresi, yeniden yapılanma ve sistem ayarlama süresi, test ve devam etme süresi

Kumar ve diğerleri (2003) tarafından Kanada’da gerçekleştirilen anket değerlendirmesindeki sonuçlar kriterlerin önem ağırlıkları konusunda fikir vermesi açısından önemlidir. Ürün ve satıcı firma boyutunda yapılan anket sonuçlarına göre kriterlerin önem dereceleri oran olarak aşağıda gösterilmiştir:

- Sistemin işlevselliği (%79)
- Sistemin güvenilirliği (%64)
- Ana ve ilişkili organizasyonel sistemlerle uyumluluğu (%64)
- En iyi uygulamalara uygunluğu (%50)
- Çapraz modül entegrasyonu (%50)
- Son teknolojiye sahip sistem olması (%43)
- Satıcı firmanın tanınmışlığı (%43)
- Düzenli güncelleştirme olanağı (%29)
- Diğer sistemlerle uyumluluğu (%29)
- Satıcı firmanın hizmet/servis alt yapısı (%29)
- Kolay kişiselleştirebilme (%29)
- Sahiplenme maliyetinin düşüklüğü (%14)
- Şirket iş süreçlerine uyumluluğu (%14)

Bu sonuçlara göre sisteme ilişkin kriterlere daha fazla ağırlık verildiği görülmektedir. İş süreçlerine uyumluluk en az öneme sahip kriter olarak belirlenmesine rağmen, bu kriter çoğu zaman ERP sistemlerinin başarısız olma nedenini oluşturmaktadır. Bu nedenle şirketlerin bu konudaki değerlendirmelerini değiştirmeleri gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmalar sonuçta ERP yazılımının çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmeleri gereği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi ve alternatiflerin görel performanslarının ölçülmesi net bir şekilde, kesin ifadeler kullanılarak gerçekleştirilmesi mümkün olmadığından kullanılan yöntemlerin çoğunlukla bulanık teoriye dayalı geliştirildiği görülmektedir.

## 4. Yöntem

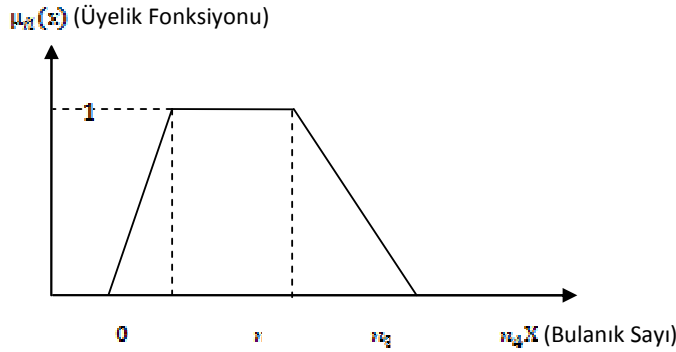
### 4.1. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık ÇKKV yöntemleri kriter ve alternatiflerin performans değerlerinin bulanık sayılarla ifade edildiği ve bulanık küme teorisine dayalı olarak gerçekleştirilen yöntemlerdir. Bu yöntemlerin mantığı dilsel (sözel) olarak ifade edilen değerlendirmelerin bulanık sayılara dönüştürülerek analizde kullanılmalarıdır. Bulanık sayılardan genellikle karmaşık ya da iyi tanımlanmamış durumların sözel (dilsel) ifadelerle belirtilmesinde yararlanır. Örneğin bir kişinin yaşı belirtilmek istendiğinde sadece yaşlı, genç gibi keskin ve kesin ifadelerden ziyade yaşlı ve genç arasında olabilecek çok çok yaşlı, orta yaşlı, çok çok genç, çok genç gibi ara değerlerle de ifade edilmek istenebilir. Bu gibi dilsel ifadelerin değeri ise bulanık küme ve bulanık sayı tanımlamalarıyla bulunabilir (Zadeh, 1975).

Bulanık küme, Zadeh (1965) tarafından geliştirilen kişisel düşüncelerin sözel ifadelerle değerlendirilmesine olanak sağlayan, kesin sınırları olmayan, kademeli geçişleri öngören ve belirli üyelik derecelerine sahip olan bulanık sayıların oluşturduğu bir kümedir. Bu kümenin elemanlarının tanımlanmasında üye veya üye değildir gibi kesin ifadelerden ziyade sayının üyeliği üyelik derecesi tarafından belirlenen ve  $[0,1]$  aralığında yer alan fonksiyonlarla tanımlanır (Zadeh, 1975). Bu üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında sayıların komşuluğu (yakınlığı) yaklaşımından yararlanır. Üyelik fonksiyonları genellikle bu komşuluğun durumuna göre üçgen üyelik fonksiyonları veya yamuk üyelik fonksiyonlarla gösterilir.

Bu çalışmada değerlendirmeleri daha geniş tutmak amacıyla yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Bir yamuk bulanık sayı  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  şeklinde ifade edilir ve şekil 1'deki gibi gösterilir.

**Şekil 1:** Yamuk Bulanık Sayılar



Kaynak: Chen ve diğerleri. (2006)

Yamuk bulanık sayılara ait üyelik fonksiyonları ise denklem (1) deki gibi tanımlanır (Chen ve diğerleri, 2006).

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

Ayrıca  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$  ve  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  iki yamuk bulanık sayıyı,  $r$  pozitif reel bir sayıyı göstermek üzere bulanık sayılara matematiksel işlemler eşitlik (2-5)'de gösterildiği şekilde yapılabilir.

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

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

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

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

İki yamuk bulanık sayı arasındaki öklit uzaklığı ise denklem (6) da gösterildiği üzere vertex yöntemi (köşe tepe noktaları) kullanılarak hesaplanır (Chen ve diğerleri, 2006). Bu uzaklık değerlerinin hesaplanmasıyla bulanık sayılar kesin değerlere dönüştürülür.

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

#### 4.2. Bulanık TOPSIS Değerlendirme Yöntemi

TOPSIS çok kriterli karar verme problemleri için ilk kez 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS algoritmasında her bir kriterin monoton olarak artan veya azalan bir değişim gösterdiği varsayılır. TOPSIS algoritması pozitif ve negatif ideal çözüm noktaları kullanılarak alternatifler arasından seçim yapma prensibine dayanmaktadır. En iyi alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatiftir. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterini maksimize eden ve maliyet kriterini minimize eden çözüm iken, negatif ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimize eden ve fayda kriterini minimize eden çözümdür (Lai ve Hwang, 1996: 71-75).

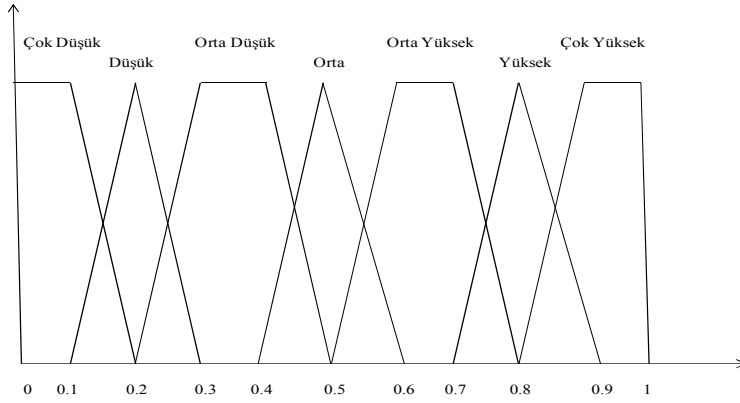
Bulanık TOPSIS belirli aşamaları içeren bir algoritmaya sahiptir. Bu algoritma aşağıdaki aşamaları içerir (Chen ve diğerleri, 2006).

**Adım1:** Değerlendirmede kullanılacak karar vericiler ve kriterler belirlenir.

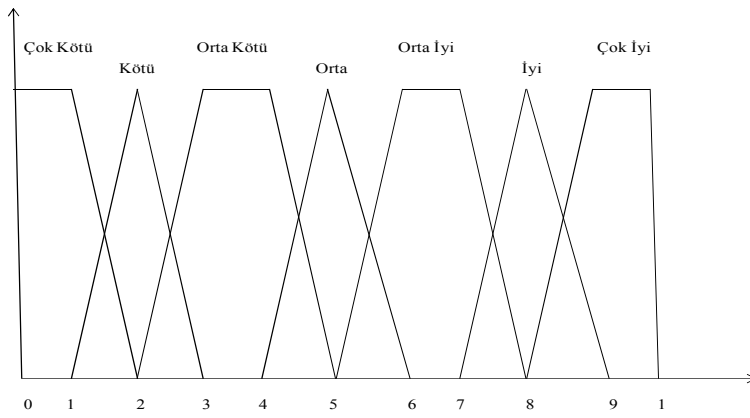
**Adım2:** Bu aşamada kriterlerin önem ağırlıkları ve belirlenen kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi yapılır. Çalışmada kriterler ve alternatifler dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. Bu dilsel değişkenler yamuk bulanık sayı değerleriyle ifade edilebilir. Şekil 2'de kriterlerin önem düzeylerinin dilsel ifade ile gösterimi ve yamuk bulanık sayı değerleri gösterilmiştir. Şekil 3'de ise alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak dilsel (sözel) değişkenler ve karşılığındaki yamuk bulanık sayı değerleri görülmektedir.

**Adım 3:** Daha sonra her bir karar vericinin kriter bazındaki değerlendirmeleri aşağıdaki gösterim şekilleri kullanılarak bütünleştirilir.

**Şekil 2:** Kriterlerin Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler



**Şekil 3:** Alternatif Değerlendirmesi (Sıralaması) İçin Dilsel Değişkenler



$\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ , bulanık yamuk sayı değerlerini gösterebilir. Bu durumda  $\tilde{X}_{ij}$  değerleri eşitlik (7)'de gösterildiği gibi belirlenir.

$$a_{ij} = \min_k a_{ijk}, \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, \quad c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}, \quad d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\} \quad (7)$$

$a_{ij}$  matris değeri birinci sütundaki en küçük değeri,  $b_{ij}$  ve  $c_{ij}$  değerleri ait oldukları sütun değerlerinin ortalamasını gösterirken,  $d_{ij}$  son sütunun en büyük değeri alınarak elde edilir.  $k$  karar verici sayısını göstermektedir.

Bu durumda  $A_i$  ( $i=1,2,3,\dots,m$ ) alternatif sayısını,  $C_j$  kriter sayısını ( $j=1,2,3,\dots,n$ ) gösterdiğinde  $\tilde{X}_{ij}$ ,  $A_i$ 'nin  $C_j$ 'ye göre performans değerini (rating) belirtir. Buna göre her bir alternatifin her bir kriter üzerinden ağırlıklandırılmış değeri aşağıdaki matris formatındaki gibi gösterilebilir.

$$D = \begin{array}{c|cccc} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \hline A_1 & \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ A_2 & \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \dots & \tilde{X}_{mn} \end{array}$$



Benzer şekilde her bir kriterin bütünleştirilmiş bulanık ağırlık değerleri aşağıdaki şekilde elde edilir.

$\tilde{W}_j = [\tilde{w}_{j1}, \tilde{w}_{j2}, \tilde{w}_{j3}, \tilde{w}_{j4}]$ , kriterlerin bulanık yamuk sayı değerlerini gösterebilir.

$\tilde{W}_j$ , değerleri (8) no'lu eşitlikte olduğu gibi belirlenir.

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}, w_{j4} = \max_k \{w_{jk4}\} \quad (8)$$

$\tilde{w}_{j1}$  matris değeri birinci sütundaki en küçük değeri,  $\tilde{w}_{j2}$  ve  $\tilde{w}_{j3}$  değerleri ait oldukları sütun değerlerinin ortalamasını gösterirken,  $\tilde{w}_{j4}$  son sütunun en büyük değeridir. k, yine karar verici sayısını göstermektedir.

**Adım 4:** Bu adımda bulanık karar matrisini oluşturan farklı kriter ölçü değerleri karşılaştırılabilir ölçü değerlerine dönüştürülür, yani normalize edilir. Karmaşık matematiksel işlemlerden kaçınmak için doğrusal ölçüm dönüşümünden yararlanılabilir. Kriterler böylece fayda kriteri (daha yüksek değere sahip olan daha çok tercih edilir) ve maliyet kriteri (daha küçük olan daha fazla tercih edilir) olarak iki şekilde değerlendirilir.

Sonuçta doğrusal normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matris  $\tilde{R}$  ile gösterilir.  $\tilde{R}$  matrisi denklem (9) ve denklem (10)'da gösterilen işlemlerin yapılmasıyla elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_i^+}, \frac{b_{ij}}{c_i^+}, \frac{c_{ij}}{c_i^+} \right), \quad j \in B \quad c_j^+ = \max c_{ij} \quad B \text{ fayda kümesi kriterleri} \quad (9)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}} \right), \quad j \in C \quad a_j^- = \min a_{ij} \quad C \text{ maliyet kümesi kriterleri} \quad (10)$$

Normalizasyon yöntemi  $\tilde{r}_{ij}$  elemanlarının yamuk bulanık değerler olarak kalmasını sağlar.

**Adım 5:** Her bir kriterin ağırlığı göz önünde bulundurularak  $\tilde{V}$  eşitliğinde gösterilen ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matris (11). denklemde gösterildiği üzere bulanık karar matrisindeki değerlerle ağırlık matrisindeki değerlerin çarpılması sonucu elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\tilde{w}_j) \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

**Adım 6:** Her bir alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ,  $A^*$ ) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ,  $A^-$ ) değerleri sırasıyla eşitlik (12) ve (13) yardımıyla bulunur.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*), \quad \tilde{v}_j^* = \max v_{ij4} \quad (12)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \quad \tilde{v}_j^- = \min_i v_{ij1} \quad (13)$$

i= 1,2,3.....n ve j=1,2,3,.....m

**Adım 7:** Her bir alternatifin BPIÇ ve BNiÇ' ten uzaklığı ise sırasıyla (14) ve (15) nolu eşitlikler ile hesaplanır.

$$d_j^+ = \sum_{i=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

$$d_j^- = \sum_{i=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

Burada  $d_j^+$  alternatifin BPIÇ'den uzaklığını ve  $d_j^-$  ise BNiÇ'den uzaklığını gösterir.

**Adım 8:** Uzaklıkların bulunmasından sonra adayların yakınlık katsayıları (CC<sub>i</sub>) 16. denklem aracılığıyla bulunur. Yakınlık katsayısı, alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme uzaklığını aynı anda dikkate alan ve bulanık pozitif-ideal çözüme göre göreceli yakınlığını belirleyen bir çözüm verir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (16)$$

Yakınlık katsayısı (CC<sub>i</sub>) 1'e yaklaştıkça A<sub>i</sub> alternatifi BNiÇ' ten uzaklaşıp BPIÇ' e yaklaşır. Diğer bir ifadeyle yakınlık katsayısı 1'e yaklaştıkça alternatifin tercih edilme şansı artar. Daha sonra belirlenen yakınlık katsayılarına göre bir sıralama yapılır ve alternatif küme içerisinde en uygun alternatif seçilir (Chen, 2000).

Tüm alternatiflerin bu şekilde sıralaması yapılmasına rağmen, dilsel değişkenler kullanılarak her bir alternatifin CC<sub>i</sub> değerlerine göre değerlendirme durumları belirlenebilir. Her bir alternatifin değerlendirme durumunu belirtmek için [0,1] aralığı 5 alt-aralığa bölünebilir. Tablo 2 buna ilişkin karar kurallarını göstermektedir (Chen ve diğerleri, 2006: 295-296).

**Tablo 2:** Değerlendirme Durumları

Yakınlık Katsayıları (CC <sub>i</sub> )	Değerlendirme Durumu
0, 0.2	Tavsiye edilmez
0.2, 0.4	Yüksek risk ile tavsiye edilir
0.4, 0.6	Düşük risk ile tavsiye edilir
0.6, 0.8	Kabul edilir
0.8, 1.0	Kabul ve tercih edilir

Kaynak: Chen ve diğerleri, 2006: 296

Tablo 2'ye göre CC<sub>i</sub> değerleri 0 ile 0.2 arasında olan alternatifler hiç tercih edilmeyen ve 0.8 ile 1.0 arasında değerler alanlar ise en fazla tercih edilen alternatifler olmaktadır.

## 5. Uygulama

ERP yazılım seçim kararı, çoğu zaman birbirleriyle çelişen çok sayıda kriteri içeren, birçok karar vericinin içinde yer aldığı, belirsiz bir ortamda gerçekleştirilen karmaşık bir süreci içerir. Çalışmada bulanık TOPSIS algoritmasından yararlanılarak bu sürecin mümkün olduğu kadar daha etkin, doğru ve objektif gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

**Adım 1:** Karar verici grup oluşturulur. Çalışmada alanında uzman yöneticilerden oluşan 4 kişilik karar verici grubun görüşlerine başvurulmuştur.

Değerlendirme kriterleri ve alternatif belirlenir. Çalışmada incelenen literatür ve karar verici grubun görüşleri doğrultusunda tablo 3'te gösterilen kriterler belirlenmiştir.

**Tablo 3:** Karar Kriterleri

Kriterler	
C <sub>1</sub>	Yazılımın ilk alım ve sonraki maliyeti (Min)
C <sub>2</sub>	Yazılımın süreçlere uyumu (Max)
C <sub>3</sub>	Yazılım firmasının satış durumu ve referansları (Max)
C <sub>4</sub>	Yazılımın kullanım kolaylığı (Max)
C <sub>5</sub>	Yazılımın sistem yönetimi, raporlama ve yardım bölümleri (Max)
C <sub>6</sub>	Satış sonrası destek ile garanti süresi (Max)
C <sub>7</sub>	Yazılımın güvenilirliği ve teknik altyapısı (Max)
C <sub>8</sub>	Yazılımın altyapı ihtiyacı ve maliyeti (Min)
C <sub>9</sub>	Yazılımın uygulanabilme zamanı (Min)
C <sub>10</sub>	Yazılımın durumlara göre kolay uyarlanabilirliği ve büyüebilmesi (Max)

Yazılımın C<sub>1</sub> (ilk alım ve sonraki maliyeti), C<sub>8</sub> (yazılımın altyapı ihtiyacı ve maliyeti) ve C<sub>9</sub> (yazılımın uygulanabilme zamanı) kriterleri minimum, diğer kriterlerin maksimum değerleri tercih edilmiştir.

**Adım 2:** Bu aşamada öncelikle kriter ve alternatif değerlendirmeleri için kullanılacak dilsel değişkenler ve karşılıkları bulanık yamuk sayı değerleri belirlenir. Belirlenen bu dilsel değişkenler ve yamuk bulanık sayı değerleri tablo 4' de gösterilmiştir.

**Tablo 4:** Kriter ve Alternatifleri Değerlendirmek İçin Dilsel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Değerleri

Kriter Ağırlıkları		Alternatiflerin Derecelendirilmeleri	
Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar	Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0.1, 0.1, 0.2)	Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1, 2)
Düşük (D)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)	Kötü (K)	(0, 2, 2, 3)
Orta Düşük (OD)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)	Orta Kötü (OK)	(2, 3, 4, 5)
Orta (O)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	Orta (O)	(4, 5, 5, 6)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)	Orta İyi (OI)	(5, 6, 7, 8)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	İyi (İ)	(7, 8, 8, 9)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.8, 0.9, 0.9, 1.0)	Çok İyi (Çİ)	(8, 9, 9, 10)

Kaynak: Chen ve diğerleri, (2006)

Daha sonra yine karar vericiler tarafından kriter ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirmeleri yapılır. Ek-1'de karar verici bazında her bir kriterin dilsel değişken karşılığı elde ettikleri bulanık sayı değerleri ve 8. eşitlik yardımıyla elde edilen bütünleştirilmiş değerleri karar vericilerin altındaki satırlarda görülmektedir.

Her bir alternatifin kriter bazında dilsel değerlendirmesine karşılık gelen bulanık sayı değerleri ve (7) no'lu eşitlik yardımıyla elde edilen kriterler bazında bütünleştirilmiş değerlendirme sonuçları (karar vericilerin alt satırlarında) ise Ek-2'de gösterilmiştir.

**Adım 3:** Bu verilerden ve (7) no' lu eşitlik aracılığıyla her bir alternatifin her bir kriter bazındaki bütünleşmiş değerlerine ulaşılmış ve bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo 5'de gösterilmiştir.

**Tablo 5:** Bulanık Karar Matrisi

	A <sub>1</sub>				A <sub>2</sub>				A <sub>3</sub>				A <sub>4</sub>				A <sub>5</sub>			
C <sub>1</sub>	0,00	2,25	2,50	6,00	0,00	3,00	3,25	6,00	2,00	4,50	4,75	6,00	5,00	7,00	7,50	9,00	5,00	7,50	7,75	9,00
C <sub>2</sub>	2,00	5,50	6,00	9,00	2,00	6,00	6,25	9,00	4,00	6,00	6,25	9,00	5,00	6,00	7,00	8,00	7,00	8,25	8,25	10,00
C <sub>3</sub>	4,00	6,75	6,75	10,00	5,00	7,25	8,00	10,00	0,00	5,25	5,50	9,00	4,00	7,00	7,50	10,00	7,00	8,50	9,00	10,00
C <sub>4</sub>	4,00	5,75	5,75	9,00	0,00	3,00	3,25	6,00	0,00	3,25	3,75	6,00	0,00	3,00	3,25	6,00	0,00	5,75	5,75	9,00
C <sub>5</sub>	0,00	3,00	3,25	6,00	0,00	2,75	3,50	8,00	2,00	5,00	5,75	8,00	4,00	6,50	6,50	9,00	4,00	6,00	6,25	10,00
C <sub>6</sub>	0,00	4,25	4,25	9,00	2,00	4,25	5,00	8,00	4,00	5,25	5,50	8,00	5,00	8,00	8,75	10,00	2,00	6,25	6,50	10,00
C <sub>7</sub>	0,00	2,75	3,50	6,00	0,00	1,75	2,25	5,00	0,00	2,50	3,00	6,00	2,00	4,50	4,75	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00
C <sub>8</sub>	0,00	2,75	3,50	6,00	2,00	4,75	5,25	9,00	4,00	6,00	6,25	9,00	4,00	6,25	6,75	9,00	2,00	4,75	5,25	8,00
C <sub>9</sub>	2,00	4,75	5,25	8,00	2,00	5,00	5,75	8,00	2,00	5,00	5,75	8,00	5,00	7,50	7,75	9,00	7,00	8,00	8,00	9,00
C <sub>10</sub>	0,00	3,50	4,25	8,00	0,00	4,50	4,75	9,00	2,00	5,00	5,75	9,00	4,00	6,00	6,25	9,00	0,00	4,50	4,75	8,00

Daha sonra bu değerlerden ve (8) no'lu eşitlikten yararlanılarak bulanık ağırlık matrisi elde edilmiştir. Sonuçlar tablo 6'da gösterilmiştir. Sonuca göre birinci ve ikinci kriterler en önemli kriterler olarak belirlenmiştir.

**Tablo 6:** Kriterlerin Bulanık Ağırlık Matrisi

Kriterler	Bulanık Ağırlıklar(wj)			
C <sub>1</sub>	0,70	0,83	0,83	1,00
C <sub>2</sub>	0,70	0,85	0,85	1,00
C <sub>3</sub>	0,20	0,48	0,53	0,80
C <sub>4</sub>	0,20	0,48	0,53	0,80
C <sub>5</sub>	0,50	0,70	0,75	0,90
C <sub>6</sub>	0,20	0,48	0,53	0,80
C <sub>7</sub>	0,10	0,48	0,55	0,80
C <sub>8</sub>	0,20	0,45	0,48	0,60
C <sub>9</sub>	0,10	0,40	0,45	0,80
C <sub>10</sub>	0,10	0,40	0,45	0,80

**Adım 4:** Değerlendirmelerin [0,1] aralığında kalacak şekilde bütünleşik bulanık matris değerleri normalize edilmiştir. Bu noktada maksimum kriterler için (9) no' lu eşitlik ve minimum kriterler için (10) no' lu eşitlik kullanılmıştır. Örneğin A1 alternatifinin C<sub>1</sub> ve C<sub>2</sub> kriterlerine göre normalize edilmiş bulanık sayı değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

C<sub>1</sub> kriteri maliyet kriteri olduğu için tüm alternatifler arasında kritere ait en küçük değer, yani 0 değeri belirlenir ve r<sub>ij</sub> değeri her bir alternatif için hesaplanır.

$$r_{11}=0/0=0, \quad r_{12}=0/2,25=0, \quad r_{13}=0/2,50=0, \quad r_{14}=0/6=0$$

C<sub>2</sub> kriteri fayda kriteri olduğundan tüm alternatifler arasından kritere ait en büyük değer yani 10 değeri alınır ve r<sub>ij</sub> değerleri hesaplanır.

$$r_{21}=2,00/10=0,20, \quad r_{22}=5,50/10=0,55 \quad r_{23}=6,00/10=0,60 \quad r_{24}=9,00/10=0,90$$

Benzer şekilde her bir kriter bazında alternatiflere ilişkin normalize edilmiş bulanık değerler elde edilmiş ve sonuçlar tablo 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 7:** Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	A <sub>1</sub>				A <sub>2</sub>				A <sub>3</sub>				A <sub>4</sub>				A <sub>5</sub>			
C <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>2</sub>	0,20	0,55	0,60	0,90	0,20	0,60	0,63	0,90	0,40	0,60	0,63	0,90	0,50	0,60	0,70	0,80	0,70	0,83	0,83	1,00
C <sub>3</sub>	0,40	0,68	0,68	1,00	0,50	0,73	0,80	1,00	0,00	0,53	0,55	0,90	0,40	0,70	0,75	1,00	0,70	0,85	0,90	1,00
C <sub>4</sub>	0,44	0,64	0,64	1,00	0,00	0,33	0,36	0,67	0,00	0,36	0,42	0,67	0,00	0,33	0,36	0,67	0,00	0,64	0,64	1,00
C <sub>5</sub>	0,00	0,30	0,33	0,60	0,00	0,28	0,35	0,80	0,20	0,50	0,58	0,80	0,40	0,65	0,65	0,90	0,40	0,60	0,63	1,00
C <sub>6</sub>	0,00	0,43	0,43	0,90	0,20	0,43	0,50	0,80	0,40	0,53	0,55	0,80	0,50	0,80	0,88	1,00	0,20	0,63	0,65	1,00
C <sub>7</sub>	0,00	0,46	0,58	1,00	0,00	0,29	0,38	0,83	0,00	0,42	0,50	1,00	0,33	0,75	0,79	1,00	0,67	0,83	0,83	1,00
C <sub>8</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>9</sub>	1,00	0,42	0,38	0,25	1,00	0,40	0,35	0,25	1,00	0,40	0,35	0,25	0,40	0,27	0,26	0,22	0,29	0,25	0,25	0,22
C <sub>10</sub>	0,00	0,39	0,47	0,89	0,00	0,50	0,53	1,00	0,22	0,56	0,64	1,00	0,44	0,67	0,69	1,00	0,00	0,50	0,53	0,89

**Adım 5:** Bu aşamada tablo 6 ve tablo 7 değerleri kullanılarak ve (11) no'lu eşitlikten yararlanılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Örneğin C<sub>1</sub> maliyet kriterine ilişkin ağırlıklı normalize edilmiş değerler için aşağıdaki işlem yapılmıştır.

$$v_{11} = 0 \cdot 0,70 = 0, \quad v_{12} = 0,83 \cdot 0 = 0, \quad v_{13} = 0,83 \cdot 0 = 0, \quad v_{14} = 1 \cdot 0 = 0$$

C<sub>2</sub> fayda kriterine ilişkin hesaplamalar benzer şekilde yapılmıştır.

$$v_{21} = 0,20 \cdot 0,70 = 0,14, \quad v_{22} = 0,55 \cdot 0,85 = 0,47, \quad v_{23} = 0,60 \cdot 0,85 = 0,51, \quad v_{24} = 0,90 \cdot 1 = 0,90$$

Elde edilen sonuçlar tablo 8'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

**Tablo 8:** Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	A <sub>1</sub>				A <sub>2</sub>				A <sub>3</sub>				A <sub>4</sub>				A <sub>5</sub>			
C <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>2</sub>	0,14	0,47	0,51	0,90	0,14	0,51	0,53	0,90	0,28	0,51	0,53	0,90	0,35	0,51	0,60	0,80	0,49	0,70	0,70	1,00
C <sub>3</sub>	0,08	0,32	0,35	0,80	0,10	0,34	0,42	0,80	0,00	0,25	0,29	0,72	0,08	0,33	0,39	0,80	0,14	0,40	0,47	0,80
C <sub>4</sub>	0,09	0,30	0,34	0,80	0,00	0,16	0,19	0,53	0,00	0,17	0,22	0,53	0,00	0,16	0,19	0,53	0,00	0,30	0,34	0,80
C <sub>5</sub>	0,00	0,21	0,24	0,54	0,00	0,19	0,26	0,72	0,10	0,35	0,43	0,72	0,20	0,46	0,49	0,81	0,20	0,42	0,47	0,90
C <sub>6</sub>	0,00	0,20	0,22	0,72	0,04	0,20	0,26	0,64	0,08	0,25	0,29	0,64	0,10	0,38	0,46	0,80	0,04	0,30	0,34	0,80
C <sub>7</sub>	0,00	0,22	0,31	0,90	0,00	0,14	0,20	0,75	0,00	0,20	0,26	0,90	0,03	0,36	0,42	0,90	0,07	0,40	0,44	0,90
C <sub>8</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>9</sub>	0,10	0,17	0,17	0,20	0,10	0,16	0,16	0,20	0,10	0,16	0,16	0,20	0,04	0,11	0,12	0,18	0,03	0,10	0,11	0,18
C <sub>10</sub>	0,00	0,16	0,21	0,71	0,00	0,20	0,24	0,80	0,02	0,22	0,29	0,80	0,04	0,27	0,31	0,80	0,00	0,20	0,24	0,71

**Adım 6:** Denklem (12) den yararlanılarak BPIÇ (A\*) ve denklem (13) den yararlanılarak BNIÇ (A) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar A\* ve A<sup>-</sup> eşitliklerinde gösterilmiştir.

$$A^* = [(0,0,0,0), (1,1,1,1), (0,80, 0,80,0,80,0,80), (0,80, 0,80,0,80,0,80), (0,90, 0,90,0,90,0,90), (0,80, 0,80,0,80,0,80), (0,80, 0,80,0,80,0,80), (0,0,0,0), (0,03,0,03,0,03,0,03), (0,80,0,80,0,80,0,80)]$$

$$A^- = [(0,0,0,0), (0,14, 0,14, 0,14, 0,14), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0,0,0,0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0,20,0,20,0,20,0,20), (0,0,0,0)]$$

**Adım 7:** Bu aşamada alternatiflerin BPIÇ (A\*) uzaklıkları (14) no'lu denklem kullanılarak hesaplanmıştır. İlk kriter maliyet kriteri olduğundan bulanık en iyi pozitif değer "0" olarak belirlenmiş ve aşağıdaki işlemler yapılarak A<sub>1</sub> alternatifinin BPIÇ'den uzaklıkları hesaplanmıştır.

$$d_1 = \sqrt{\frac{(0-0)^2 + (0-0)^2 + (0-0)^2 + (0-0)^2}{4}} = 0$$

İkinci kriter fayda kriteri olduğundan bulanık en iyi pozitif değer "1" olarak alınmış ve A<sub>1</sub> alternatifinin BPIÇ'den uzaklıklarını bulmak için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

$$d_2 = \sqrt{\frac{(1-0,14)^2 + (1-0,47)^2 + (1-0,51)^2 + (1-0,90)^2}{4}} = 0,56$$

Diğer alternatifler ve kriterler için de benzer hesaplamalar yapılmış ve tablo 9'daki değerler elde edilmiştir.

**Tablo 9:** Alternatiflerin A\* den Uzaklıkları

	A <sub>1</sub> , A*	A <sub>2</sub> , A*	A <sub>3</sub> , A*	A <sub>4</sub> , A*	A <sub>5</sub> , A*
C <sub>1</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>2</sub>	0,56	0,55	0,50	0,47	0,33
C <sub>3</sub>	0,66	0,64	0,73	0,65	0,59
C <sub>4</sub>	0,67	0,80	0,79	0,80	0,70
C <sub>5</sub>	0,78	0,75	0,64	0,56	0,56
C <sub>6</sub>	0,76	0,75	0,72	0,62	0,69
C <sub>7</sub>	0,73	0,78	0,74	0,65	0,63
C <sub>8</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C <sub>9</sub>	0,16	0,16	0,16	0,12	0,12
C <sub>10</sub>	0,78	0,75	0,73	0,70	0,76
Toplam	5,10	5,18	5,00	4,57	4,38

Daha sonra alternatiflerin BNiÇ (A-) uzaklıkları (15) no'lu denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

C<sub>1</sub>, maliyet kriteri olduğundan bulanık en iyi negatif değer en yüksek değer olacağından BNiÇ "1" olarak belirlenmiştir. Daha sonra A<sub>1</sub> alternatifi için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

$$d_1 = \sqrt{\frac{(1-0)^2 + (1-0)^2 + (1-0)^2 + (1-0)^2}{4}} = 1$$

C<sub>2</sub>, fayda kriteri olduğundan bulanık en iyi negatif değer "0" olarak alınmış ve alternatiflerin BNiÇ'den uzaklıkları bulunmuştur.

$$d_2 = \sqrt{\frac{(0-0,14)^2 + (0-0,47)^2 + (0-0,51)^2 + (0-0,90)^2}{4}} = 0,57$$

Diğer alternatif ve kriterler için de benzer hesaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10:** Alternatiflerin A<sup>-</sup>'den Uzaklıkları

	A <sub>1</sub> , A <sup>-</sup>	A <sub>2</sub> , A <sup>-</sup>	A <sub>3</sub> , A <sup>-</sup>	A <sub>4</sub> , A <sup>-</sup>	A <sub>5</sub> , A <sup>-</sup>
C <sub>1</sub>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C <sub>2</sub>	0,57	0,59	0,60	0,59	0,75
C <sub>3</sub>	0,47	0,49	0,41	0,48	0,51
C <sub>4</sub>	0,46	0,29	0,30	0,29	0,46
C <sub>5</sub>	0,31	0,40	0,46	0,53	0,56
C <sub>6</sub>	0,39	0,36	0,37	0,50	0,46
C <sub>7</sub>	0,49	0,39	0,48	0,53	0,54
C <sub>8</sub>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C <sub>9</sub>	0,84	0,85	0,85	0,89	0,90
C <sub>10</sub>	0,38	0,43	0,44	0,45	0,39
Toplam	5,91	5,79	5,90	6,26	6,56

**Adım 8:** Uzaklıkların bulunmasından sonra adayların yakınlık katsayıları (CC<sub>i</sub>) (16) nolu denklem kullanılarak bulunmuştur. A<sub>1</sub> alternatifinin CC<sub>1</sub> değerinin hesaplaması aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$CC_1 = \frac{5,91}{5,10 + 5,91} = 0,54$$

**Tablo 11:** İdeal Çözüme Yakınlık Katsayıları ve Alternatiflerin Sıralamaları

Alternatifler	d*	d <sup>-</sup>	CC	Sıralama
A <sub>1</sub>	5,10	5,91	0,54	4
A <sub>2</sub>	5,18	5,79	0,53	5
A <sub>3</sub>	5,00	5,90	0,54	3
A <sub>4</sub>	4,57	6,26	0,58	2
A <sub>5</sub>	4,38	6,56	0,60	1

Diğer alternatifler için de benzer hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar tablo 11'de gösterilmiştir. Tablo 11'e göre bulanık TOPSIS yöntemi sonucunda 0,60 puan alan A5 alternatifi birinci sırada tercih edilmelidir. Diğer alternatiflere ilişkin sıralama A5 > A4 > A3 > A1 > A2 şeklinde olmaktadır.

## 6. Sonuç ve Öneriler

ERP yazılımları, küresel rekabette işletmeler için artık bir tercih değil zorunluluk haline gelmiştir. Ancak ERP yazılımları oldukça maliyetli, kurulumu ve istenen şekilde çalışması zaman alan ve yanlış uygulamasının işletmeye verdiği zarar oldukça yüksek olan uygulamalardır. Bu nedenle ERP yazılım seçimi çok önemlidir. Türkiye'de ulusal ve uluslararası birçok ERP hizmetini sağlayıcı firma mevcuttur. Ancak önemli olan işletmelerin kendi gereksinimlerini karşılayacak en uygun yazılımı seçmeleri ve sadece yazılımların satın alma maliyetini dikkate almamaları, geleceğe ilişkin beklentileri çerçevesinde karar vermeleridir.

Bu çalışma bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak sözkonusu işletmenin iş hedeflerini ve stratejilerini desteklemek amacıyla nitel ve nicel birçok kriteri bir arada ele alan ve karar vericilerin içsel değerlendirmelerini göz önünde bulunduran bir yaklaşımla uygun ERP yazılım seçimi için bütünüyle sistematik bir yapıyı ortaya koymayı amaçlamaktadır. Belirlenen kriterler çerçevesinde yazılımın alım ve sonrasında ortaya çıkabilecek maliyetleri ile yazılımın süreçlere uyumluluğu önemli kriterler olarak belirlenmiştir. Yazılımın süreçlere uyumluluğu kriterinin önemli bulunması karar vericilerin değerlendirmelerinde doğru bir yaklaşım sergilediklerinin göstergesi olarak düşünülebilir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar kriterlere ve alternatiflere verilen değerlendirmeler üzerinden elde edilmiştir. Bu kriter ağırlıkları ve performans değerlendirmeleri için farklı değerler atanıp sonuçların nasıl değiştiğini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılabilir.

Bu çalışmanın uzantısı olarak daha sonraki çalışmalarda tüm verilerin sadece bulanık değerlerle değil, maliyet ve getiri gibi bazı finansal kriterlerin sayısal değerlerinin alınması; kişiselleştirilebilme, çabuk öğrenme gibi sayısallaştırılmayan kriterlerin yine bulanık değerlerle ifade edildiği karma bir yapının oluşturulması sağlanabilir. Ayrıca önerilen bu yapı farklı kriterler, kriter ağırlıkları ve farklı alternatiflerle farklı işletmeler için de uyarlanabilir.

### Kaynaklar

- Alanbay, O. (2005). ERP Selection Using Expert Choice Software. ISAHP, Honolulu, Hawaii, July 8-10.
- Anniseh, M., & Yusuff, R. (2011). Developing a fuzzy TOPSIS model in multiple attribute group decision making. *Scientific Research and Essays*, 6(5): 1046-1052.
- Asgari, M., Allahverdiloo, M., & Samkhani, S. (2011). A Comprehensive Framework for Selecting the ERP System in Iran Khodro Company. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 38: 8-19.
- Ayağ, Z. & Özdemir, R. G. (2007). An intelligent approach to ERP software selection through fuzzy ANP. *International Journal of Production Research*, 45 (10): 2169-2194.
- Babak, D. R. ve Erkan, T. E. (2011). ERP System Selection by AHP Method: Case Study from Turkey. *International Journal of Business and Management Studies*, 3(1): 39-48.
- Başlıgil, H. (2005). The Fuzzy Analytic Hierarch Process for Software Selection Problems. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3: 24-33.
- Bingi, P., Sharma, M. K. & Godla, J. K. (2006). Critical Issues Affecting an ERP Implementation. *Information Systems Management*, 16 (3): 7-14.
- Büyüközkan, G., Kahraman, C. & Ruan, D. (2004). A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection. *International Journal of General Systems*, 33 (2-3): 259-280.
- Cebeci, U. (2009). Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. *Expert Systems with Applications*, 36: 8900-8909.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114:1-9.



- Chen, C. T., C. T., Lin, C. T. & Huang, S. F, (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal Production Economics*, 102 (2006): 289-301.
- Chou, S.W. & Chang, Y. C. (2008). The implementation factors that influence the ERP (enterprise resource planning) benefits. *Decision Support Systems*, 46: 149-157.
- Çınar, N. T. (2010). Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. *KMÜ, Sosyal ve Araştırmalar Dergisi*, 12 (18): 37-45.
- Görener, A. (2011). Bütünleşik ANP\_VIKOR Yaklaşımı ile ERP Yazılımı Seçimi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(1): 97-110.
- Gümüş, A. T., Çetin, A. & Kaplan, E. (2010). A Fuzzy-Analytic Network Process Based Approach for Enterprise Information System Selection. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 28: 74-85.
- Gürbüz, T., Alptekin, S. E. & Alptekin, G. I. (2012). An Integrated Decision Support System for Selecting Software Systems, *EKNOW 2012: The Fourth International Conference on Information, Process and Knowledge Management*. 181(6): 64-69.
- Hwang, C.L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Kahraman, C., Beskese, A. & Kaya, İ. (2010). Selection among ERP outsourcing alternatives using a fuzzy multi-criteria decision making methodology. *International Journal of Production Research*, 48 (2): 547-566.
- Kumar, V., Maheshwari, B., & Kumar, U. (2003). An investigation of critical management issues in ERP implementation: emprical evidence from Canadian organizations. *Technovation*, 23:793-807.
- Lai, Y., & Hwang C. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Springer.
- Lien, C. T., & Liang, S. K., (2005). An ERP System Selection Model with Project Management Viewpoint-A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach. *International Journal of the Information Systems for Logistics and Management*, 1(1): 39-46.
- Lien, C.T., & Chan, H.L. (2007). A Selection Model for ERP System by Applying Fuzzy AHP Approach. *International Journal of The Computer, the Internet and Management*, 15 (3), 58-72.
- Lingyu, H., Bingwu, L., & Juntao, L. (2009). "An ERP Selection Model Based on Fuzzy Grey TOPSIS for SMESs", *Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, IEEE Computer Society, 244-248.
- Malhotra, R., & Temponi, C. (2010). Critical decisions for ERP integration: Small business issues. *International Journal of Information Management*, 30, 28-37.
- Nasab, F. G., & Rostamy, M. (2010). Extensions of TOPSIS for Group Decision Making Based on the Type-2 Fuzzy Positive and Negative Ideal Solutions. *International Journal Industrial Mathematics*, 2(3), 199-213.
- Onut, S., & Efendigil, T. (2010). A theoretical model design for ERP software selection process under the constraints of cost and quality: A fuzzy approach. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 21, 365-378.

- Razmi, J., Sangari S., & Ghodsi, R. (2009). Developing a practical framework for ERP readiness assessment using fuzzy analytic network process. *Advances in Engineering Software*, 40, 1168-1178.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, USA
- Saghafian, S., & Hejazi, S. R. (2005). "Multi-criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS". *Procedure, Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference*, IEEE Computer Society.
- Teltumbde, A. (2000). A framework for evaluating ERP projects. *International Journal Production Resecarch*, 38 (17), 4507-4520.
- Tian, M., He, Y., & Liu, S. (2010). Extension of TOPSIS for fuzzy multi-attribute decision making problem based on experimental analysis. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 21 (3), 416-422.
- Tsai, W. H., Lee, P. L., Chen, Y. S., & Yang, C. C. (2009). The relationship between ERP software selection criteria and ERP success. *Proceedings of the 2009 IEEE, IEEM*, 2222-2226.
- Umble, E. J., Haft, R. R., & Umble M. M. (2003). Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research* , 146, 241-257.
- Wei, C. C., Chien, C.H., & Wang, M. J. (2005). An AHP-based approach to ERP system selection. *International journal of production economics*, 96, 47-62.
- Yadong, H., Shuyan, W., & Cai, L. (2009). "Fuzzy Multi-criteria Decision Making TOPSIS for Distribution Center Location Selection". *International Conference on Network Security*, 708,710.
- Yazgan, H. R., Boran, S., & Göztepe, K. (2009). An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach. *Expert Systems with Applications*, 36, 9214-9222.
- Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-383.
- Zadeh, L.A., (1975). The Concept of Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning 1. *Information Sciences*, 8, 199-249.

**Ekler**

**Ek-1: Karar Vericilerin Kriterlere İlişkin Bulanık Sayı İle Değerlendirmeleri**

	C1				C2				C3				C4				C5			
KV1	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
KV2	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
KV3	0,8	0,9	0,9	1	0,7	0,8	0,8	0,9	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
KV4	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	0,7	0,83	0,83	1	0,7	0,85	0,85	1	0,2	0,48	0,53	0,8	0,2	0,48	0,53	0,8	0,5	0,7	0,75	0,9
	C6				C7				C8				C9				C10			
KV1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3
KV2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,5	0,6	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5
KV3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
KV4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6
	0,2	0,48	0,53	0,8	0,1	0,48	0,55	0,8	0,2	0,45	0,47	0,6	0,1	0,4	0,45	0,8	0,1	0,4	0,45	0,8

**Ek-2: Kriterler ve Karar Vericiler Bazında Alternatiflerin Bulanık Sayı Değerleri ile Değerlendirmeleri**

		C1				C2				C3				C4				C5			
A1	KV1	0	0	1	2	4	5	5	6	8	9	9	10	7	8	8	9	2	3	4	5
	KV2	4	5	5	6	5	6	7	8	4	5	5	6	4	5	5	6	0	2	2	3
	KV3	0	2	2	3	7	8	8	9	7	8	8	9	4	5	5	6	4	5	5	6
	KV4	0	2	2	3	2	3	4	5	4	5	5	6	4	5	5	6	0	2	2	3
		0	2,25	2,5	6	2	5,5	6	9	4	6,75	6,75	10	4	5,8	5,8	9	0	3	3,25	6
A2	KV1	2	3	4	5	2	3	4	5	5	6	7	8	4	5	5	6	5	6	7	8
	KV2	4	5	5	6	7	8	8	9	7	8	8	9	2	3	4	5	0	0	1	2
	KV3	0	2	2	3	7	8	8	9	8	9	10	10	0	2	2	3	2	3	4	5
	KV4	0	2	2	3	4	5	5	6	5	6	7	8	0	2	2	3	0	2	2	3
		0	3	3,25	6	2	6	6,25	9	5	7,25	8	10	0	3	3,3	6	0	3	3,5	8
A3	KV1	4	5	5	6	5	6	7	8	4	5	5	6	4	5	5	6	5	6	7	8
	KV2	4	5	5	6	7	8	8	9	7	8	8	9	2	3	4	5	2	3	4	5
	KV3	2	3	4	5	4	5	5	6	5	6	7	8	0	2	2	3	5	6	7	8
	KV4	4	5	5	6	4	5	5	6	0	2	2	3	2	3	4	5	4	5	5	6
		2	4,5	4,75	6	4	6	6,25	9	0	5,25	5,5	9	0	3,3	3,8	6	2	5	5,75	8
A4	KV1	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	0	2	2	3	7	8	8	9
	KV2	5	6	7	8	5	6	7	8	7	8	8	9	4	5	5	6	4	5	5	6
	KV3	7	8	8	9	5	6	7	8	8	9	10	10	0	0	1	2	7	8	8	9
	KV4	7	8	8	9	5	6	7	8	4	5	5	6	4	5	5	6	4	5	5	6
		5	7	7,5	9	5	6	7	8	4	7	7,5	10	0	3	3,3	6	4	7	6,5	9
A5	KV1	7	8	8	9	7	8	8	9	8	9	10	10	7	8	8	9	8	9	10	10
	KV2	5	6	7	8	7	8	8	9	7	8	8	9	4	5	5	6	4	5	5	6
	KV3	7	8	8	9	8	9	9	10	7	8	8	9	0	2	2	3	4	5	5	6
	KV4	7	8	8	9	7	8	8	9	8	9	10	10	7	8	8	9	4	5	5	6
		5	7,5	7,75	9	7	8,25	8,25	10	7	8,5	9	10	0	5,8	5,8	9	4	6	6,25	10

**Ek-2: Kriterler ve Karar Vericiler Bazında Alternatiflerin Bulanık Sayı Değerleri ile Değerlendirmeleri (Devamı)**

		C6				C7				C8				C9				C10							
A1	KV1	7	8	8	9	2	3	4	5	2	3	4	5	4	5	4	5	5	5	6	5	6	7	8	8
	KV2	4	5	5	6	2	3	4	5	0	0	1	2	2	4	5	5	6	0	0	1	2			
	KV3	0	2	2	3	4	5	5	6	4	5	5	6	2	3	4	5	4	5	5	6				
	KV4	0	2	2	3	0	0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	2	3	4	5				
		0	4,25	4,25	9	0	2,75	3,5	6	0	2,75	3,5	6	2	4,8	5,3	8	0	4	4,25	8				
A2	KV1	5	6	7	8	0	2	2	3	7	8	8	9	5	6	7	8	7	8	8	9				
	KV2	4	5	5	6	0	2	2	3	2	3	4	5	4	5	5	6	0	2	2	3				
	KV3	2	3	4	5	0	0	1	2	4	5	5	6	2	3	4	5	4	5	5	6				
	KV4	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	5	6	7	8	2	3	4	5				
		2	4,25	5	8	0	1,75	2,25	5	2	4,75	5,25	9	2	5	5,8	8	0	5	4,75	9				
A3	KV1	5	6	7	8	0	2	2	3	7	8	8	9	4	5	5	6	7	8	8	9				
	KV2	4	5	5	6	4	5	5	6	4	5	5	6	5	6	7	8	2	3	4	5				
	KV3	4	5	5	6	0	0	1	2	5	6	7	8	2	3	4	5	5	6	7	8				
	KV4	4	5	5	6	2	3	4	5	4	5	5	6	5	6	7	8	2	3	4	5				
		4	5,25	5,5	8	0	2,5	3	6	4	6	6,25	9	2	5	5,8	8	2	5	5,75	9				
A4	KV1	7	8	8	9	4	5	5	6	7	8	8	9	7	8	8	9	7	8	8	9				
	KV2	8	9	10	10	4	5	5	6	5	6	7	8	7	8	8	9	4	5	5	6				
	KV3	8	9	10	10	2	3	4	5	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8				
	KV4	5	6	7	8	4	5	5	6	4	5	5	6	7	8	8	9	4	5	5	6				
		5	8	8,75	10	2	4,5	4,75	6	4	6,25	6,75	9	5	7,5	7,8	9	4	6	6,25	9				
A5	KV1	4	5	5	6	4	5	5	6	2	3	4	5	7	8	8	9	0	2	2	3				
	KV2	7	8	8	9	4	5	5	6	4	5	5	6	7	8	8	9	4	5	5	6				
	KV3	8	9	9	10	4	5	5	6	5	6	7	8	7	8	8	9	5	6	7	8				
	KV4	2	3	4	5	4	5	5	6	4	5	5	6	7	8	8	9	4	5	5	6				
		2	6,25	6,5	10	4	5	5	6	2	4,75	5,25	8	7	8	8	9	0	5	4,75	8				