

Batuhan Özdemir
Kalite Müh.

ozdemirbatuhan@hotmail.com
ELSİS A.Ş.
Ankara

Barış Keçeci
Yrd. Doç. Dr.

bkececi@baskent.edu.tr
BAŞKENT Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

OSSA Gurubu Üyesi Bir Tasarım Firmasında Kalite Süreçleri Dikkate Alınarak ERP Yazılımı Seçimi

Bu çalışmada, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firmasında ERP yazılımı seçimi, Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi olarak ele alınmıştır. ÇÖKV yöntemi olarak bulanık TOPSIS uygulanmıştır. Bu amaçla Ostim Savunma ve Havacılık Kümelenmesi (OSSA) gurubuna üye firmalardan ve çalışmanın yapıldığı firma içi karar vericilerden anket yoluyla elde edilen veriler kullanılmıştır. Veriler toplanırken belirsizlik ve öznellikten arınmak amacıyla, üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel terimlerden yararlanılmıştır. Elde edilen veriler sayesinde ERP seçim ölçütlerinin önem seviyeleri ve alternatif yazılımların sıralaması belirlenmiştir. Bu doğrultuda firmanın ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: KOBİ, OSSA, Elektronik firması, ERP, Çok ölçütlü karar verme, Bulanık, TOPSIS

1. GİRİŞ

Günümüzde pek çok firma bulunduğu sektörde rekabetçi piyasa koşullarının getirdiği zorlukları yaşamaktadır. Firmalar, sektördeki pazar paylarını arttırmak ve rakiplerinin önüne geçmek amacıyla tüm operasyonlarını ve süreçlerini sürekli olarak geliştirmek zorundadır. Bu gelişimi sağlamak için yürütülmesi gereken pek çok faaliyet olmakla birlikte gelişimin temelini, kaynak planlaması ve bu kaynakların en verimli şekilde kullanılması oluşturmaktadır.

Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) yazılımları, gelişen teknolojinin ve yazılım sektörünün, verimli bir kaynak planlaması için firmalara sunduğu paket programlardır. Günümüzde pek çok firma mevcut kaynaklarını en verimli şekilde yönetmek ve planlamak amacıyla ERP yazılımları tedarik etmektedirler.

ERP yazılımlarının firmalara sağladıkları en büyük katkılardan birisi, firmaların sahip oldukları ve gerekleri kapsamında yönetildikleri kalite yönetim süreçlerine olan katkılardır. Günümüzde pek çok firma, faaliyet gösterdiği sektör veya sektörlerle ilişkili çeşitli kalite yönetim sistemleri ile yönetilmektedir. Firmalar, tüm operasyonlarının, kalite yönetim sistemleri ile güvence altına alınmış ve belirlenmiş standartlar çerçevesinde yönetildiğini akredite kuruluşlar vasıtasıyla belgelemektedir. Bu amaçla sertifikasyon işlemlerini yürütmektedir. Kalite yönetim sisteminin gereklerinin yerine

getirilmesi ve devamlılığının sağlanması amacıyla firmalar pek çok kalite karakteristiğini ve performans göstergesini takip etmek ve gerekli durumlarda iyileştirme faaliyetlerini yerine getirmek zorundadır.

Firma süreçlerinin birbirlerine bütünlük şeklinde yönetilmesini sağlayan ERP yazılımları, kalite yönetim süreçleri konusunda da firmalara önemli düzeyde destek sağlamaktadır. Örneğin, siparişlerdeki gecikmelerin takibi, ürün uygulunun izlenmesi/ölçülmesi, kalite yönetim sisteminin devamlılığının sağlanması, uygunsuzlukların yönetimi, performans göstergelerinin ölçülmesi, operasyonel kalite kontrol süreçlerinin işletilmesi ve sürekli iyileştirme için bilginin sağlanması gibi müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen pek çok faaliyetin sistematik şekilde yürütülmesine imkân sağlamaktadır. ERP yazılımlarının, kalite süreçlerine olan bu katkısı, firmalar için ERP seçim sürecini, stratejik açıdan daha da önemli kılmaktadır.

Firmalar, ERP yazılımı ihtiyaçlarını tespit ettikten sonra yazılım seçim süreci başlar ve bu süreç pek çok ölçütün dikkate alınması gereken zorlu bir süreçtir. Piyasada farklı işlevlere ve özelliklere sahip çok sayıda ERP yazılımı bulunmaktadır. Bu durum seçim sürecini karmaşık bir karar problemi haline getirmektedir. Firmaların, ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak, mevcut operasyonlarını en verimli şekilde yönetmelerini sağlayacak, en uygun ERP yazılımını belirlemek ve tedarik etmek firmalar açısından hayati önem teşkil etmektedir.

Diğer sektör firmalarında olduğu gibi savunma sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalar için de yazılım ihtiyacının tespiti durumunda, ERP yazılımının seçimi ve tedarik edilmesi önemli bir süreçtir. ERP yazılımı tedarikçilerinin çoğu, ürünlerini (yazılımlarını), tüm firmalara ve tüm sektörlerle hitap edecek şekilde tasarlanmaya çalışmaktadır. Ancak günümüzde firmaların aktif olarak faaliyet gösterdikleri sektörler, firmaların, tedarik ettikleri ya da edecekleri ERP yazılımlarından beklentilerini farklılaştırmaktadır. Savunma sanayi sektörü için de, diğer pek çok sektörden farklılık gösteren ve yönetilmesi gereken özel süreçler ve operasyonlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, daha önce tedarik edilmiş ERP yazılımının firma ihtiyaçlarına cevap vermediğinin firma yönetimi tarafından tespit edilmesi sonucu yeni bir ERP yazılımı tedarik edilmesine karar verilmiş, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firması için firmaya en uygun ERP yazılımının belirlenmesi hedeflenmiştir. Firmaya en uygun ERP yazılımının seçilmesi ve yazılımın tedarik edilmesi ile bir önceki ERP yazılımında eksik bulunan işlevlerin ve bileşenlerin firma tarafından elde edilmesi ve bu sayede firmanın kalite yönetim süreçlerinde ihtiyaç duyduğu kabiliyete erişmesi hedeflenmiştir. ERP yazılımının seçimi için yöntem olarak, bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemi olan Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ERP seçimi ve ÇÖKV yöntemleri ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar hakkında kaynak taraması bulunmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde Bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması ile firmanın ERP seçim sürecinde alternatiflerin değerlendirildiği çalışmanın detayları sunulmaktadır. Sonuç bölümü olan dördüncü bölümde ise elde edilen bilgiler ışığında saptanan sonuçlar açıklanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapılan bu kaynak taraması 2002 ve 2018 yılları arasında ERP ve ERP seçimi konusunda yapılan çalışmalarla sınırlıdır. Literatürde, ERP yazılımlarının seçimi için; sıralama, puanlama, ÇÖKV ve matematiksel optimizasyon gibi pek çok yöntem bulunmakta ve uygulanmaktadır [1]. Ayrıca bir ERP sisteminin seçilmesi için tek veya sabit bir yöntem veya yaklaşım mevcut değildir [2]. Yusuf vd. [3], ERP kurulum süreçlerinde alınan başarılı ve başarısız sonuçların nedenini, kötü kurulum uygulamaları ve sürecin kötü yönetilmesi olarak tespit etmiştir. Ek olarak; büyük ölçekli firmalarda, başarılı bir ERP kurulum sürecini engelleyen temel nedenleri bulmak amacıyla, Rolls-Royce firmasında

ERP kurulumu üzerine bir örnek vaka çalışması yapmıştır. Kurulum sırasında yaşanan bazı sorunlar maddeler halinde özetlenmiştir: a) Sürecin, yazılım konfigürasyonuna karşı gelmesi, b) Çalışanların, yeni bir iş ortamında, değişikliklere adapte olacak şekilde eğitilmesi, c) Modern bilgi teknolojilerinin sağladığı faydaların yönetim kadrosuna açıklanması ve öğretilmesi, d) Kurulum için gereken ekipmanların gecikmesi, e) Eski bilgisayar ve altyapı teknolojileri nedeniyle veri aktarımı sırasında yaşanan zaman kayıpları. Jacobs ve Weston [4], ERP tarihçesini, ERP'nin başlangıcını ve bu alanda gerçekleşecek gelecekteki olası adımları anlatmıştır. Ayrıca 1980'lerin ortasında IBM firmasında Endüstri danışmanı olarak görev yapmış bir çalışandan da bilgi elde etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 1960'lı yıllardan itibaren ERP'nin teknolojik gelişimini ele almışlardır. Firmaların, ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımlarını seçememesi sonucu boşa giden yatırım kaynaklarından yola çıkarak, Ghapanchi vd. [5] bir petrol firmasında ERP yazılımının seçim problemi için matematiksel bir programlama yöntemi olan Veri Zarflama Yöntemini (Data Envelopment Analysis-DEA) kullanmıştır. Dezdar ve Ainin [6], 384 katılımcı tarafından doldurulan soru formlarından elde ettikleri veriler doğrultusunda, ERP yazılımının kalitesinin ve yazılım tedarikçi firmasının desteğinin önemi konularında çalışmıştır. Hem yazılım kalitesinin hem de güvenilir tedarikçinin, ERP kurulum süreçlerinin başarısı üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varmıştır. Erkan [7], Türkiye'de ve uluslararası alanda, ERP kurulum süreçlerindeki farklar üzerine çalışmıştır. 1960'lı yıllardan, 21. yüzyıla uzanan ERP yazılımının gelişim sürecini ve yazılımların sağlamaya çalıştıkları odak noktalarını anlatmıştır. Yaptığı vaka çalışması sonucunda elde ettiği bulgular çerçevesinde dünyanın diğer ülkelerinde yürütülen ERP kurulum süreçleri ile Türkiye'de yürütülen ERP kurulum süreçleri arasında farklar olduğu sonucuna varmıştır. Chen [8], Birleşik Arap Emirlikleri'nde ERP kurulum süreçlerini ve kritik başarı faktörlerini çok yönlü olarak ele almıştır. Yaptığı vaka çalışması sonucu kritik başarı faktörlerinin yerel kuruluşlar ve uluslararası firmalar açısından farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir. Salazar vd. [9], 2013 yılına kadar ERP seçim süreçleri konusunda yapılmış çalışmalarını derlemiş ve yayınlanan çalışmalar üzerine bir inceleme yapmıştır. Yaptıkları çalışmada küçük ve ortak ölçekli firmaları temel alarak, araştırma kitaplarını, akademik makaleleri ve doktora tezlerini analiz etmiştir. Ek olarak ERP kurulum süreçlerinde kritik başarı faktörleri konusunda da çalışmıştır. Haddara [10], ERP seçim sürecini bir vaka çalışması ile almış ve yöntem olarak bir Çok Amaçlı Derecelendirme Tekniği (Multi-Attribute Rating Technique) olan SMART yöntemini kullanmıştır. Ayrıca ERP seçim sürecini detaylı olarak ele almıştır. Kashani [11],

başarılı bir ERP kurulum süreci için gereken aşamaları adım adım ele almış ve incelemiştir. Elde ettiği bulgular çerçevesinde, ERP kurulumu süreci yürütülen bir firmada, CEO'nun projenin başından itibaren sürece dâhil olma ve projeyi sahiplenme seviyesinin, sürece büyük oranda olumlu etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Rouyendegh vd. [12], yaptıkları çalışmada hibrit AHP-TOPSIS yöntemi kullanarak, ERP kurulum süreçlerini tamamlamış firmaların tedarik zinciri yönetim performanslarını tespit etmiştir. Elde edilen sıralama ile hangi sektörlerdeki firmaların ERP yazılımından en yüksek seviyede fayda sağladığı ortaya koymuştur.

3. ERP SEÇİM SÜRECİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ERP seçimi için kaynaklarda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yöntemlerin sağlıklı sonuçlar vermesi ve buna istinaden firma ihtiyaçlarına en uygun ERP yazılımının seçilmesinin önemli ön koşullarından biri de alternatifler değerlendirilirken ele alınacak ölçütlerin belirlenmesidir.

ERP yazılımı tedarik sürecinde, yazılımların kıyaslandığı ölçütler genel olarak işlevsel (functional) ve işlevsel olmayan (non-functional) olarak sınıflandırılırlar [13]. İşlevsel gereksinimler, sistemin geçerli girdileri ve çıktıları arasındaki bağlantıyı açıklayabilen gereksinimler olurken, işlevsel olmayanlar sistemin, açıklaması ve test etmesi zor özellikleridir [14]. Bu gereksinimler, firma büyüklüğüne göre değişkenlik gösterebilir.

3.1 Seçim ölçütlerinin belirlenmesi

Yazılım seçim ölçütlerinin neler olması gerektiği hakkında kaynaklarda pek çok çalışma bulunmaktadır. McCall vd. [15] çalışmasında yazılım kalitesi açısından değerlendirilmesi gereken 11 farklı ölçüt önermiştir. Alanbay [16], ERP sistemi tedarik edecek firmaların değerlendirmesi gereken ölçütler olarak aralarında Gerçek Zamanlı Değişiklikler, Esneklik, Uyarılma, Kurulum, Bakım İmkânları, Diğer Uygulamalar ile Uyum ve Fiyatın da bulunduğu, 15 farklı ölçüt önermiştir. Karsak ve Özogul [17] ise seçim sürecinde Kullanıcı Dostluğu, Tedarikçinin Sektördeki Yeri, Toplam Maliyet, Servis Hizmetleri, İşlevsellik ve Tedarikçinin Destek Seviyesi ölçütlerin dikkate alınması gerektiğini önermiştir. Rouyendegh vd. [18] tarafından, ERP sistemi seçimi için Güvenilirlik, Kullanıcı Dostluğu, İşlevsellik, Kurulum ve Toplam Maliyet olmak üzere 5 temel ölçüt önerilmiştir. Yapılan kaynak araştırması ile birlikte, aşağıda detayları verilen 8 ölçüt, karar vericiler tarafından ERP yazılımı seçim sürecinde kullanılmıştır: Bunlar;

1. Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik (C1)
2. Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu (C2)

3. Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk (C3)
4. Yazılımın Teknik Altyapısı (C4)
5. Maliyet (C5)
6. Tedarikçi Firma (C6)
7. Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri (C7)
8. Kurulum / Entegrasyon (C8)

3.2 Bulanık TOPSIS yöntemi

Bir doğrusal ağırlıklandırma tekniği olan TOPSIS yönteminin en önemli özelliği, bu yöntemde pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan en uygun çözümün belirlenmesidir. Bu mesafelerin iki yönlü olması ile sadece maksimize edilecek durumlar değil minimize edilmesi gereken durumlar da göz önünde bulundurulur ve buna göre en uygun seçim yapılır. Bununla beraber, gerçek hayatta pek çok durumda değerlendirme yaparken sayısal değerler yetersiz kalabilir çünkü insan düşünce ve yargıları özellikle tercihler genellikle belirsizlik içerir. Bu nedenle TOPSIS yöntemi bulanık veriler kullanılabilecek şekilde geliştirilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemi belirli bir kriter ya da kriterlere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirip sıralanmasına ve en doğru seçim yapılmasına yardımcı olan bir yöntemdir.

Bulanık TOPSIS yöntemi, TOPSIS yönteminin gelişmiş bir versiyonudur. TOPSIS yönteminde karar vericiler, alternatifleri, nicel ve nitel ölçütler açısından değerlendirir. Değerlendirmeler yapılırken kullanılan ikili mantığa dayanan ifadeler her zaman karar vericinin görüşünü doğru olarak yansıtmayabilir. Gündelik hayatta düşüncelerimizi, görüşlerimizi her zaman kesin ve açık ifadeler kullanarak belirtmeyiz. Bunun yerine kullandığımız pek çok yargı belirsizlik ve öznellik içerir. İnsan düşüncesini kesin verilerle tanımlamak oldukça zordur [19]. Bu nedenle ÇÖKV yöntemleri gibi matematiksel uygulamalarda karar vericilerin, ölçütler ve alternatifler için değerlendirmeleri alınırken dilsel ifadelerden yararlanılması, karar vericilerin görüşlerini en doğru şekilde ifade etmelerini, ek olarak değerlendirme sürecinde belirsizlikten ve öznellikten arınmayı sağlamaktadır [20,21].

Dilsel ifadeler, ilk olarak Zadeh [22] tarafından ortaya atılan "Bulanık Sayılar Teoremi" ile ifade edilmektedir. Bulanık sayılar, bulanık mantık yaklaşımından yola çıkılarak tanımlanmaktadır. Bulanık mantıkta, özellikle dilsel ifadeler kullanılarak yapılacak değerlendirmeler ile elde edilecek çözümlerin, doğası gereği yaklaşıklık üzerine kurulu olması beklenir. Öznel (subjektif) ifadelerin önemli rol oynadığı ÇÖKV süreçlerinde bu tür ifadelerin, bulanık ortamlarda karmaşık değerlendirmelerin yapılabilmesi için kullanılabilmeleri ve kullanılan bu

ifadelerin daha sonra sayısal değerlere çevrilebilmeleri gerekmektedir [23]. Bu ifadelerin kullanılabilmesini sağlayan bulanık sayılar, bulanık küme teorisi ile matematiksel olarak modellenmektedir [24].

Chen [25] tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yönteminde, karar ölçütleri ve alternatifler, dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmektedir. Dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler, bulanık sayılar yardımıyla modellenmekte ve sonuçta, TOPSIS yönteminde olduğu şekilde sayısal veriler ile ulaşılmaktadır. Bulanık TOPSIS kolay formüle edilebilir, bilgisayar uygulamalarına kolay adapte dileyebilir, yöntemin içinde yapılan matematiksel hesaplamalar bilgisayar uygulamalarına rahatlıkla uygulanabilir.

Literatürde Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılmış bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Habenicht vd. [26], ÇÖKV sürecini, belirsizlik ve risk sorunlarını göz önüne alarak, deterministik yaklaşım mantığı çerçevesinde ele almıştır. Chu [27], Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak tesis yer seçimi problemi için çözüm uygulaması sunmuştur. Yapılan çalışmada, belirlenen alternatiflerin derecelendirmeleri ve ölçüt ağırlıkları üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiştir. Bir diğer Bulanık TOPSIS uygulaması, Chen vd. [28] tarafından tedarikçi seçim problemi için kullanılmış ve kullanılan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yönteminin tedarikçi seçim problemleri için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmada trapezoid bulanık sayılar kullanılmıştır. Yurdakul ve İç [29], yaptıkları çalışma ile ÇÖKV yöntemlerinde bulanık sayıların kullanılmasını ile sağlanan fayda düzeyini nicelleştirmiştir. Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan bulanık sayıların, bulanıklık seviyelerini düzenli olarak arttırarak elde edilen sıralama verileri ile bulanık mantık kullanılmadan elde edilen sıralama verilerini karşılaştırmış ve sıramalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmişlerdir. Awasthi vd. [30], kentsel dağılım merkezlerini yer seçimi için Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmış ve bu yöntemin bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel değişkenlerin elde edilen cevaplar üzerindeki belirsizliği kaldırmasından dolayı etkin sonuçlar verdiğini öne sürmüştür. Zavadskas ve Turskis [31], son yıllarda iktisat alanında kullanılan, farklı ÇÖKV yöntemlerini, yazar bilgilerini ve kullanılan seçim ölçütlerini de sağlayarak ele almıştır. Sayıları giderek artan yöntemleri kronolojik olarak sıralamıştır. Şengül vd. [32], Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları yatırım alternatiflerini, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Çalışma sonucu belirlenmiş ölçütler çerçevesinde en uygun yenilenebilir enerji sisteminin, hidroelektrik santraller

olduğu sonucuna varmıştır. Nag ve Helal [33], global olarak pek çok ülkede faaliyet gösteren bir ilaç dağıtım lojistik ağının tedarikçi seçim problemi için, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak çözüm elde etmiştir. Zavadskas vd. [34] tarafından yapılan inceleme çalışmasında, 2000 yılından 2015 yılına yöntemdeki gelişmeler ve yeni yaklaşımlar sayesinde, TOPSIS yöntemi kullanılarak çözüm oluşturulan, çok ölçütlü karar verme problemi çalışmaları derlenmiştir. Çalışma ile son yıllarda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi kullanılarak çözüm oluşturulan vaka sayısındaki artış elde edilmiştir.

Bulanık TOPSIS yöntemi 9 adımdan oluşan bir işlem sürecini içerir [25].

Adım 1: Karar Vericiler Grubunun, Alternatiflerin ve Ölçütlerin Belirlenmesi

Yöntemin uygulanması için karar verici grubunun, alternatiflerin ve ölçütlerin belirlenmesi gerekir. Eş.(1)'de G_k , k . karar vericiyi, Eş.(2)'de A_i , i . alternatifini ve Eş.(3)'de C_j , j . ölçütü göstermektedir.

$$G_k, k = 1, \dots, K \quad (1)$$

$$A_i, i = 1, \dots, M \quad (2)$$

$$C_j, j = 1, \dots, N \quad (3)$$

Adım 2: Ölçüt Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Her Bir Ölçüt Açısından Derecelerinin Dilsel Değişkenler Kullanılarak Belirlenmesi

Her bir karar verici, dilsel ifadeler kullanarak ölçütleri önem seviyelerine göre değerlendirir. Böylece Tablo 1'de ki $K \times N$ 'lik matris elde edilir.

Tablo 1. Ölçütlerin ağırlıklandırılması

	C_1	C_2	...	C_N
G_1				
G_2				
...				
G_K				

Benzer şekilde yine her bir karar verici, dilsel ifadeler kullanarak alternatifleri tüm ölçütler açısından değerlendirir ve Tablo 2'deki $K \times (M \times N)$ 'lik matris elde edilir.

Karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler ile elde edilmiş tablolardaki veriler, seçilmiş bulanık küme fonksiyonu kullanılarak bulanık sayılara

dönüştürülür. Bir başka değişle Tablo 1 ve 2'deki her bir hücrede bulunan dilsel ifade yerine, karşılığı olan ilgili bulanık sayı yazılır.

Tablo 2. Alternatiflerin ölçütler açısından derecelendirmesi

	C ₁			...	C _N		
	A ₁	...	A _M	...	A ₁	...	A _M
G ₁							
G ₂							
...							
G _K							

Adım 3: Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisinin ve Bulanık Ağırlık Matrisinin Elde Edilmesi

Bir önceki aşamada elde edilen bulanık tablolar, tüm karar vericilerin değerlendirmelerini içerdğinden, bunların tek ve ortak bir tabloya indirgenmesi gerekir.

Bu amaçla Eş.(4) kullanılarak bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi (\tilde{W}), Eş.(5) kullanılarak da bulanık karar matrisi (\tilde{D}) oluşturulur.

$$\tilde{w}'_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{w}_{k,j}, j = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$\tilde{x}'_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{x}_{k,i,j}, j = 1, \dots, N \quad (5)$$

Eş.(4)'de $\tilde{w}_{k,j}$ k. karar vericinin j. ölçüt için belirlediği bulanık ağırlığı göstermektedir. Eş.(5)'deki $\tilde{x}_{k,i,j}$ k. karar vericinin i. alternatifi için j. ölçüt açısından belirlediği dereceyi ifade etmektedir. Eş.(4) ve Eş.(5)'de yapılan bulanık aritmetik ortalama işlemidir. Öyle ki, örneğin K tane üçgensel bulanık sayı $\tilde{s}_i = (l_i, m_i, u_i)$ 'nin aritmetik ortalaması ile elde edilen bulanık sayı $\tilde{s}' = (\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K l_i, \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K m_i, \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K u_i)$ dir. Bu bilgiler ışında Eş.(6)'de gösterilen 1xN boyutlu bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi \tilde{W} ile Eş.(7)'de gösterilen MxN boyutlu bulanık karar matrisi \tilde{D} elde edilir.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}'_1, \tilde{w}'_2, \dots, \tilde{w}'_N] \quad (6)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}'_{11} & \tilde{x}'_{12} & \dots & \tilde{x}'_{1N} \\ \tilde{x}'_{21} & \tilde{x}'_{22} & \dots & \tilde{x}'_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}'_{M1} & \tilde{x}'_{M2} & \dots & \tilde{x}'_{MN} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 4: Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada, 3. aşamada elde edilen bulanık karar matrisinden, Eş.(8) ile ifade edilen normalize bulanık karar matrisi \tilde{R} elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}'_{i,j}]_{M \times N}, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N \quad (8)$$

Matristeki her $\tilde{r}'_{i,j} \in [0,1]$ değeri Eş.(9)-(10) kullanılarak hesap edilir. Burada; B ve L sırasıyla karar verme sürecindeki "Fayda" ve "Kayıp" ölçütleri kümelerini ifade etmektedir ve $u_j^* = \max_i u_{i,j}$ ve $l_j^- = \min_i l_{i,j}$ dir.

$$\tilde{r}'_{ij} = \left(\frac{l_{i,j}}{u_j^*}, \frac{m_{i,j}}{u_j^*}, \frac{u_{i,j}}{u_j^*} \right), \text{Eger } j \in B \quad (9)$$

$$\tilde{r}'_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{i,j}}, \frac{l_j^-}{m_{i,j}}, \frac{l_j^-}{l_{i,j}} \right), \text{Eger } j \in L \quad (10)$$

Adım 5: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra Eş.(11) ile ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi \tilde{V} elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}'_{i,j}]_{M \times N}, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N \quad (11)$$

Matristeki her $\tilde{v}'_{i,j} \in [0,1]$ değeri Eş.(12) kullanılarak hesap edilir.

$$\tilde{v}'_{i,j} = \tilde{r}'_{i,j} \otimes \tilde{w}'_j \quad (12)$$

Adım 6: Bulanık Pozitif İdeal ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra Eş.(13) kullanılarak Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Kümesi A^* ve Eş.(14) kullanılarak Bulanık Negatif İdeal Çözüm Kümesi A^-

belirlenir. Burada fayda tipi ölçütler için $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$, kayıp tipi ölçütler için $\tilde{v}_j^* = (0,0,0)$ ve $\tilde{v}_j^- = (1,1,1)$ alınır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_N^*) \quad (13)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_N^-) \quad (14)$$

Negatif ve pozitif ideal çözüm kümeleri $[0,1]$ değer aralığı göz önüne alınarak en küçük ve en büyük değerlerden oluşturulmaktadır. Kümelerin bu şekilde seçilmesi, ÇÖKV yöntemi kullanılarak aralarından seçim yapılmaya çalışılan alternatiflerin yakınlık katsayılarından hiçbirinin (alternatiflerden birinin karar problemi sahibinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak bir alternatif olması durumu haricinde) 1 olmamasını sağlamaktadır. Bu nedenle, yöntemin ilk sırada sunduğu alternatifin yakınlık katsayısının 1'den ne kadar uzak olduğu değerlendirilerek, en uygun olarak bulunan alternatifin bile en iyi çözümden ne kadar uzak olduğunu değerlendirilebilmektedir.

Adım 7: Alternatiflerin İdeal Çözümlere Uzaklıklarının Hesaplanması

Bu aşamada her alternatifin, belirlenen ideal çözüm kümelerine olan uzaklıkları, iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanmasıyla, bulunur. Eş.(15) ile alternatiflerin pozitif ideal çözümden uzaklığı d_i^* , Eş.(16) ile negatif ideal çözümden uzaklığı d_i^- hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^N d(\tilde{v}_{i,j}, \tilde{v}_j^*), i=1, \dots, M \quad (15)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^N d(\tilde{v}_{i,j}, \tilde{v}_j^-), i=1, \dots, M \quad (16)$$

Burada iki üçgensel bulanık sayı $\tilde{s}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{s}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ arasındaki uzaklık $d(\tilde{s}_1, \tilde{s}_2)$ Eş.(17) ile belirlenir [25].

$$\sqrt{\frac{1}{3} \left((l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2 \right)} \quad (17)$$

Adım 8: Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması

Bu adımda her bir alternatif için Eş.(18) kullanılarak yakınlık katsayısı $CC_i \in [0,1]$ hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i=1, \dots, M \quad (18)$$

Bu değer herhangi bir alternatifin, negatif ideal çözüme olan uzaklığının, ideal çözümlere olan uzaklıkları toplamı içindeki oranını göstermektedir.

Adım 9: Yakınlık katsayılarına göre alternatiflerin sıralanması

Son adımda alternatifler, bir önceki adımda elde edilen katsayılara göre büyükten küçüğe sıralanır. Yakınlık katsayısının büyük olması demek alternatifin negatif ideal çözümden o derece uzak olması anlamına gelir. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın alternatif, karar verme probleminde ilk sırada dikkate alınacak alternatiftir.

Tablo 3. Alternatiflerin dilsel kabul ölçütleri

CC_i	Değerlendirme
$[0,0; 0,2)$	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 Edilebilir
$[0,8; 1,0)$	Kabul Edilebilir ve Tercih Edilebilir

Hesaplanan yakınlık katsayılarından yola çıkarak, verilecek karar için dilsel kabul ölçütleri de kullanılabilir. Tablo 3'de alternatiflerin sıralama sonuçları değerlendirilirken kullanılacak dilsel kabul ölçütleri verilmiştir [35].

3.3 Uygulama

Çalışmaya konu olan -savunma sanayinde faaliyet gösteren- elektronik firmasının ERP yazılımı tedarik etme kararı ile beraber firmada, yönetim tarafından 4 kişiden oluşan bir karar verici heyet kurulmuştur. Bu heyette, tedarik edilecek ERP yazılımını en yoğun şekilde kullanacak, firma iç süreçlerine en yüksek seviyede hâkim, üç adet bölüm sorumlusu ve firmanın yönetim bilişim sistemleri sorumlusu yer almıştır.

Karar verici heyet tarafından pek çok ERP yazılımı için tedarikçilerden tanıtım sunumları talep edilmiş ve tedarikçi firmalardan fiyat teklifleri alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu, ÇÖKV yöntemi uygulaması için alternatif ERP yazılımı sayısı üçe indirilmiş ve uygulama, bu üç yazılım kapsamında yapılmıştır.

Karar verici heyet tarafından, seçim sürecinde değerlendirilecek olan ERP seçim ölçütleri olarak belirlenen ölçütlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için hem firma içi karar vericilerin hem de aynı sektörde faaliyet gösteren diğer firmaların görüşüne başvurulmasına karar verilmiştir.

Kriterlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için soru formu oluşturulmuş, doldurmaları için, firma içi 4 farklı karar vericiye ve savunma sanayinde faaliyet gösteren benzer firmaların görüşünü almak amacıyla OSSA grubu üyesi 16 farklı firmaya gönderilmiştir. Toplam 20 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve ölçüt önem seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Aynı sektörde faaliyet gösteren firmaların görüşleri alınarak, bir savunma sanayi firması için ERP yazılımın ne gibi özellikleri sahip olması gerektiği konusunda homojen bir fikir elde edilmeye çalışılmıştır.

Alternatiflerin ölçütler açısından derecelerinin belirlenmesi için, alternatif olarak belirlenen ERP yazılımlarının, seçim ölçütleri üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılması için, bir diğer soru formu oluşturulmuş ve alternatifler hakkında gerekli bilgiye sahip (tanıtım sunumlarına katılım sağlamış, tedarikçilerden alınan fiyat tekliflerini incelemiş, yazılımların deneme sürümlerini incelemiş vb.) firma içi 4 farklı karar vericiye doldurmaları için gönderilmiştir. Toplam 4 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve alternatiflerin ölçütler açısından derecelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Soru formlarından elde edilen veriler, kullanılmadan önce ön değerlendirmeye alınmış, herhangi bir tutarsızlık veya uç değer barındırıp barındırmadığı incelenmiştir.

Karar teorisinde bilinen 7±2 kuralına uygun olarak sağlıklı sonuçlar alabilmek adına 8 kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler ve belirlenen alternatiflerle ilgili değerlendirmeler ise 20 kişiden oluşan bir uzman grubu kullanılmıştır. Bu şekilde farklı karar verici görüşleri karar verme aşamasında dikkate alınmıştır.

Karar vericilerin, Tablo 4'deki dilsel ifadeleri kullanarak ölçütlerin önem seviyelerini belirlemeleri istenmiştir.

Karar vericilerin, ölçüt temelinde alternatif değerlendirmesi yaparken Tablo 5'i kullanmaları istenmiştir.

Ölçütlerin önem seviyeleri için, karar vericilerden gelen (Tablo 4'te verilen dilsel ifadeler kullanılarak) doldurulmuş soru formları ile Tablo 6'da verilen cevaplar elde edilmiştir.

Tablo 4. Kriter ağırlıkları için dilsel ifadeler

Önem Seviyesi	Kısaltma	Üyelik Fonksiyonu
Çok Düşük	ÇD	(0,0 ; 0,0 ; 0,1)
Düşük	D	(0,0 ; 0,1 ; 0,3)
Biraz Düşük	BD	(0,1 ; 0,3 ; 0,5)
Orta	O	(0,3 ; 0,5 ; 0,7)
Biraz Yüksek	BY	(0,5 ; 0,7 ; 0,9)
Yüksek	Y	(0,7 ; 0,9 ; 1,0)
Çok Yüksek	ÇY	(0,9 ; 1,0 ; 1,0)

Tablo 5. Alternatif derecelendirmesi için dilsel ifadeler

Önem Seviyesi	Kısaltma	Üyelik Fonksiyonu
Çok Zayıf	ÇZ	(0 ; 0 ; 1)
Zayıf	Z	(0 ; 1 ; 3)
Biraz Zayıf	BZ	(1 ; 3 ; 5)
Orta	O	(3 ; 5 ; 7)
Biraz İyi	Bİ	(5 ; 7 ; 9)
İyi	İ	(7 ; 9 ; 10)
Çok İyi	Çİ	(9 ; 10 ; 10)

Karar vericilerin değerlendirmeleri Tablo 4'de verilen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmış ve her bir karar vericinin değerlendirmesi Bölüm 3.2 Adım 3'de anlatıldığı gibi birleştirilerek bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi elde edilmiştir (Tablo 7).

Alternatiflerin her bir ölçüt açısından derecelendirilmesi için, karar vericilerden gelen (Tablo 5'te verilen dilsel ifadeler kullanılarak) doldurulmuş soru formları ile Tablo 8'de verilen cevaplar elde edilmiştir.

Karar vericilerin değerlendirmeleri Tablo 5'de verilen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmış ve her bir karar vericinin değerlendirmesi Bölüm 3.2 Adım 3'de anlatıldığı gibi birleştirilerek bulanık karar matrisi elde edilmiştir (Tablo 9).

Bulanık ağırlık matrisi ve bulanık karar matrisi elde edildikten sonra, yöntemin Bölüm 3.2'de anlatılan adımları 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 sırasıyla uygulanarak alternatiflerin ideal çözümlere olan uzaklıkları, alternatiflerin yakınlık katsayıları elde edilmiş ve son olarak alternatifler sıralanmıştır (Tablo 10).

Tablo 6. Ölçüt önem seviyelerinin belirlenmesi için gelen cevaplar

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
G ₁	Y	BY	Y	O	D	ÇY	BY	O
G ₂	ÇY	Y	ÇY	O	Y	Y	ÇY	Y
G ₃	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	BY	Y	ÇY	ÇY
G ₄	ÇY	ÇY	ÇY	Y	BY	Y	ÇY	Y
G ₅	Y	ÇY	Y	BZ	D	BY	Y	BY
G ₆	ÇY	O	ÇY	O	D	BY	Y	Y
G ₇	Y	BY	ÇY	Y	D	Y	ÇY	Y
G ₈	Y	ÇY	Y	BY	BD	BY	BY	BY
G ₉	Y	Y	ÇY	BY	BD	O	ÇY	Y
G ₁₀	ÇY	BY	Y	BY	ÇD	D	BY	BY
G ₁₁	ÇY	Y	Y	O	D	BD	ÇY	O
G ₁₂	Y	ÇY	Y	O	D	BD	Y	BY
G ₁₃	Y	ÇY	Y	O	ÇY	Y	BY	BY
G ₁₄	ÇY	ÇY	ÇY	BY	Y	D	BY	ÇY
G ₁₅	ÇY	Y	ÇY	O	D	O	BY	ÇY
G ₁₆	ÇY	BY	ÇY	O	D	O	Y	O
G ₁₇	ÇY	O	Y	Y	D	Y	BY	ÇY
G ₁₈	ÇY	BY	ÇY	ÇY	D	Y	ÇY	Y
G ₁₉	ÇY	ÇY	ÇY	O	ÇD	Y	O	Y
G ₂₀	Y	ÇY	ÇY	O	D	BY	BY	Y

Tablo 7. Birleştirilmiş bulanık ölçüt ağırlıkları

C _j	\tilde{w}'_j		
	<i>l_j</i>	<i>m_j</i>	<i>u_j</i>
1	0,82	0,96	1,00
2	0,70	0,86	0,95
3	0,82	0,96	1,00
4	0,45	0,64	0,81
5	0,18	0,30	0,47
6	0,48	0,67	0,82
7	0,67	0,84	0,95
8	0,63	0,81	0,93

Elde edilen sıralamalarla, en uygun ERP yazılımı seçim problemi için en iyi çözümün 2. alternatif olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, Tablo 3'deki dilsel kabul ölçütlerine bakılarak; A2 alternatifinin "Kabul Edilebilir", A1 alternatifinin "Düşük Risk ile Tavsiye Edilir" ve A3 alternatifinin "Yüksek Risk ile Tavsiye Edilir" olarak sınıflandırıldığını değerlendirmek mümkündür.

Tablo 8. Alternatiflerin ölçütler açısından derecelendirilmesi için gelen cevaplar

	C ₁			C ₂		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
G ₁	İ	İ	O	Z	BZ	Z
G ₂	O	İ	Z	BZ	O	BZ
G ₃	İ	Çİ	İ	O	Bİ	O
G ₄	O	İ	Z	Z	BZ	O
	C ₃			C ₄		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
G ₁	İ	Çİ	Bİ	İ	Bİ	Bİ
G ₂	Bİ	İ	BZ	İ	Bİ	Bİ
G ₃	Bİ	İ	BZ	O	İ	O
G ₄	BZ	O	Z	Z	Çİ	BZ
	C ₅			C ₆		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
G ₁	O	İ	BZ	İ	İ	O
G ₂	Bİ	İ	Z	İ	Çİ	İ
G ₃	O	İ	ÇZ	Bİ	Çİ	Çİ
G ₄	O	İ	BZ	O	İ	O
	C ₇			C ₈		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
G ₁	O	Bİ	Bİ	O	O	O
G ₂	Bİ	İ	BZ	O	Bİ	O
G ₃	Bİ	Bİ	BZ	Bİ	Bİ	Bİ
G ₄	Z	BZ	Z	Z	O	ÇZ

Tablo 9. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi

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

Tablo 10. Alternatif sıralaması

A_i	d_i^*	d_i^-	CC_i	Sıra
1	4,5338	4,0838	0,474	2
2	3,4944	5,2504	0,600	1
3	5,2165	3,3316	0,390	3

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, ERP yazılımı tedarik etmeye karar vermiş, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firmasının ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmiştir.

ERP yazılımı tedarik edilirken değerlendirilmek üzere 8 adet seçim ölçütü seçilmiştir. Ölçüt ağırlıklarının (önem seviyelerinin) belirlenmesi amacıyla karar vericilere gönderilen soru listelerinden elde edilen cevaplar, karar vericilerin, ERP yazılımı seçimi yapılırken en önemli ölçütlerin,

“Yazılım İşlevselliği/Fonksiyonellik” ve “Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk” olduğunu düşündüklerini göstermiştir. Yine elde edilen sonuçlara göre “Maliyet” ölçütünün, karar vericiler tarafından en az seviyede önemli ölçüt olarak değerlendirildiği görülmektedir. “Maliyet” ölçütü ile ilgili yapılan bu değerlendirmenin nedeninin, son yıllarda sanayi firmalarına her alanda sağlanan devlet desteklerinin bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak; 3 adet ERP yazılımı alternatifi, 8 ölçüt açısından, karar vericiler tarafından değerlendirilmiş ve elde edilen cevaplar ile yöntemin diğer aşamaları tamamlanarak karar probleminin çözümüne ulaşılmıştır. Savunma sanayi sektöründe faaliyetler gösteren elektronik firmasının ERP yazılımı ihtiyacını en yüksek seviyede karşılayacak yazılımın, 2. numaralı alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmanın, başta elektronik firmaları ve savunma sanayi firmaları olmak üzere ERP yazılımı tedarik edecek tüm firmalara, seçim sürecinde yol gösterici nitelikte olabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte çalışmanın, ERP yazılımı tedarikçi firmaları açısından da faydalı olabileceği, çalışmayı incelemeleri halinde; ürünlerinin, potansiyel müşterileri tarafından hangi ölçütlere bakılarak değerlendirildiğini ve hangi ölçütlerin seçim sürecinde müşteriler tarafından daha önemli bulunduğunu görebilecekleri, edindikleri bilgiler çerçevesinde ürünlerinin gelişime açık alanlarını saptayabilecekleri değerlendirilmektedir.

Selection of ERP Software Considering Quality Processes in a Design Firm of OSSA Group Member

In this study, the selection of ERP software in an electronics firm, which is operating in the defense industry, is considered as a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem. Fuzzy TOPSIS approach is applied to solve the MCDM problem. For this purpose, the data obtained through the questionnaire from the members of the Ostim Defense and Aviation Cluster (OSSA) group and from the in-firm decision makers are used. In order to avoid uncertainty and subjectivity, linguistic terms which are expressed in triangular fuzzy numbers are used in gathering the data. Through the obtained data, the levels of importance of ERP selection criteria and the rankings of the alternative software were determined. In this direction, it is aimed to select the most appropriate ERP software to meet the requirements of company.

Keywords: Small-and-medium-sized enterprises, OSSA, Electronics company, ERP, MCDM, Fuzzy, TOPSIS

TEŞEKKÜR

Yazarlar, başta Sayın A. Behçet TONAK, M. Pekin TONAK ve Hale COŞKUN TURAN olmak üzere, tüm ELSİS A.Ş. çalışanları ile OSSA grubu üye firmalarına, sağladığı bilgi ve destek için teşekkür eder.

KAYNAKÇA

1. Wei, C.-C., Chien, C.-F., and Wang, M.-J. J., An AHP-based approach to ERP system selection, *International Journal of Production Economics*, Vol.96 (1), pp.47-62, 2005.
2. He, I., and Li, C., A Method for Selecting ERP System Based on Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process, *Global Congress on Intelligent Systems*, 1, IEEE, 2009.
3. Yusuf, Y., Gunasekaran, A., and Abthorpe, M.S., Enterprise information systems project implementation, *International Journal of Production Economics*, Vol.87(3), pp.251-266, 2004.
4. Robert Jacobs, F., and Ted Weston, F.C., Enterprise resource planning (ERP)—A brief history, *Journal of Operations Management*, Vol.25(2), pp.357-363, 2007.
5. Ghapanchi, A.H., Jafarzadeh, M.H., and Khakbaz, M.H., An Application Of Data Envelopment Analysis (DEA) For ERP System Selection: Case Of A Petrochemical Company, Paper presented at the International Conference on Information Systems (ICIS), 2008.
6. Dezdar, S., and Ainin, S., ERP Implementation Success in Iran: Examining the Role of System Environment Factors, Paper presented at the World Academy of Science, Engineering and Technology, 2010.
7. Erkan, T.E., Enterprise Resource Planning Implementation Differences Within the Same Methodology-Case Study From West Europe and Turkey, *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Management and Evaluation*, pp.181-186, 2011.
8. Chen, W., Critical Factors and Multisite Implementation of ERP: A Case Study in the UAE, Paper presented at the IBIMA (International Business Information Management Association), 2012.
9. Salazar, M.d.R.P., Rivera, I., and Vázquez, I.M.C., ERP selection: a literature review, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol.13(3), p.309, 2013.
10. Haddara, M., ERP Selection: The SMART Way, *Procedia Technology*, Vol.16, pp.394-403, 2014.
11. Kashani, M.R., ERP Implementation in Iran: (A Successful Experience in DGC), *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, Vol.8(9), 2014.
12. Rouyendegh, B.D., Bac, U., and Erkan, T.E., Sector Selection for Erp Implementation to Achieve Most Impact on Supply Chain Performance by Using Ahp-Topsis Hybrid Method, *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, Vol.21(5), pp.933-937, 2014.
13. Karlsson, J., Managing software requirements using quality function deployment, *Software Quality Control*, Vol.6(4), pp.311-326, 1997.
14. Sen, C.G., Baraclı, H., Sen, S., and Baslıgil, H., An integrated decision support system dealing with qualitative and quantitative objectives for enterprise software selection, *Expert Systems with Applications*, Vol.36(3), pp.5272-5283, 2009.
15. McCall, J., Richards, P., and Walters, G., *Factors in Software Quality*, Vol.3, 1977.
16. Alanbay, O., *Erp Selection Using Expert Choice Software*, Honolulu, Hawaii, July 8-10, 2005.
17. Karsak, E.E., and Özoğul, C.O., An integrated decision making approach for ERP system selection, *Expert Systems with Applications*, Vol.36, pp.660-667, 2009.
18. Rouyendegh, B.D., and Erkan, T.E., ERP System Selection by AHP Method: Case Study From Turkey, *International Journal of Business and Management Studies*, Vol.3(1), pp.39-48, 2011.
19. Chen, T., Tsao, C., The Interval-Valued Fuzzy TOPSIS Method and Experimental Analysis, *Fuzzy Sets And Systems*, Vol.159, pp.1410-1428, 2008.
20. Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., and Ray, T., Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, Vol.15, pp.175-186, 1998.
21. Küçük, O., Ecer, F., Bulanık TOPSIS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Bahar 2007, Cilt:3, Yıl:3, Sayı:1, ss.45-65, 2007.
22. Zadeh, L.A., *Knowledge Representation in Fuzzy Logic, Knowledge And Data Engineering*, Vol.1(1), pp.89-99, 1989.
23. Klir, G.J., JUAN, B., *Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications*, New Jersey: Prentice Hall Inc, 1995.
24. Nguyen, H.T., Wu, B., *Fundamentals Of Statistics With Fuzzy Data Studies In Fuzziness And Soft Computing*, Vol.198, Netherlands: Springer, 2006.

25. Chen, C.T., Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), pp.1-9, 2000.
26. Habenicht, W., Scheubrein, B., Scheubrein, R., Multiple criteria decision Making, In: Derigs U, editor. Theme 6.5 "Optimization and Operations Research" of the Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the auspices of the UNESCO, Oxford, UK: Eolss Publishers, 2002.
27. Chu, T.C., Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.20(11), pp.859-864, 2002.
28. Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F., A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, pp.289-301, 2006.
29. Yurdakul, M., İ, Y.T., Analysis of the Benefit Generated by Using Fuzzy Numbers in a TOPSIS Model Developed for Machine Tool Selection Problems, *Journal of Materials Processing Technology*, pp. 310-317, 2009.
30. Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty, *Mathematical and Computer Modelling*, pp.98-109, 2011.
31. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol.17, pp.397-427, 2011.
32. Şengül, U., Eren, M., Shiraz, S.E., Gezder, V., Şengül, A.B., Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey, *Renewable Energy* pp.617-625, 2015.
33. Nag, K., Helal, M., A Fuzzy TOPSIS Approach in Multi-Criteria Decision Making For Supplier Selection in a Pharmaceutical Distributor, 2016 IEMM International Conference, Indonesia, 2016.
34. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Mardani, A., Nor, K.M., Jusoh, A., Development of TOPSIS Method to Solve Complicated Decision-Making Problems: An Overview on Developments from 2000 to 2015, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Vol.15, No:3, pp.645-682, 2016.
35. Kargı, V.S.A., Supplier Selection for A Textile Company Using The Fuzzy TOPSIS Method, *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt 23, Sayı 3, 2016.