

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAVUNMA SANAYİNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR  
ELEKTRONİK FİRMASI İÇİN ERP YAZILIMININ ÇOK  
ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE SEÇİLMESİ**

**BATUHAN ÖZDEMİR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**2018**



**SAVUNMA SANAYİNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR  
ELEKTRONİK FİRMASI İÇİN ERP YAZILIMININ ÇOK  
ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE SEÇİLMESİ**

**SELECTION OF AN ERP SOFTWARE WITH MULTI  
CRITERIA DECISION MAKING METHOD, FOR AN  
ELECTRONICS FIRM TRADING IN DEFENCE INDUSTRY**

**BATUHAN ÖZDEMİR**

Başkent Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
KALİTE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

2018

“Savunma Sanayinde Faaliyet Gösteren Bir Elektronik Firması İçin ERP Yazılımının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Seçilmesi” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından, 05 / 02 / 2018 tarihinde, **KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa Yurdakul

Üye (Danışman) : Yrd. Doç. Dr. Barış Keçeci

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Gülşen

**ONAY**

.... / 02 / 2018

Prof. Dr. Emin AKATA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: 14 / 02 / 2018

Öğrencinin Adı, Soyadı : Batuhan Özdemir  
Öğrencinin Numarası : 21310461  
Anabilim Dalı : Kalite Mühendisliği  
Programı : Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans  
Danışmanın Adı, Soyadı : Yrd. Doç. Dr. Barış Keçeci  
Tez Başlığı : Savunma Sanayinde Faaliyet Gösteren Bir Elektronik Firması İçin  
ERP Yazılımının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle Seçilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin, 14 / 02 / 2018 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esasları"nı inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası

Onay

14 / 02 / 2018

Yrd. Doç Dr. Barış Keçeci

## TEŐEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Barış KEECCI'ye,

Tez çalıőmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen, başta Sayın A.Behçet TONAK, M.Pekin TONAK ve Hale COŐKUN TURAN olmak üzere, tım ELSİS A.Ő. ailesine,

Çalışmaya gosterdikleri özel ilgi ve sağladıkları veriler için OSSA (Ostim Savunma ve Havacılık Kımelenmesi) grubu üye firmalarına,

Bana her zaman destek olan, teővik eden ve motivasyonumu en ylık seviyede tutmamı sağlayan sevgili anneme,

Bu zorlu çalışma dınemi boyunca verdiği moral ve destek ile beni yalnız bırakmayan, varlığıyla beni mutlu eden sevgili eőime, sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## ÖZ

### **SAVUNMA SANAYİNDE FAALİYET GÖSTEREN BİR ELEKTRONİK FİRMASI İÇİN ERP YAZILIMININ ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE SEÇİLMESİ**

Batuhan ÖZDEMİR

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

Günümüzde önemli bir yeri olan ERP yazılımları, son yıllarda yazılım teknolojileri alanında gerçekleşen gelişmeler ve yazılımların sağladıkları faydalardaki artış ile beraber şirketler için stratejik bir yatırım konusu haline gelmiştir. Şirket ihtiyaçlarına en uygun ERP yazılımının seçimi, dünyada pek çok ERP yazılımı tedarikçisi bulunduğu ve bu süreçte değerlendirilmesi gereken pek çok kriter olduğundan, şirketler açısından zordur. Bu karar problemi, Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) yöntemleri kullanılarak çözümlenebilir.

Bu çalışmada, Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemi olarak Bulanık TOPSIS yöntemi seçilmiştir. Soru formları oluşturularak savunma sanayinde faaliyet gösteren farklı firmalardan ve çalışmanın yapıldığı firma içi karar vericilerden veriler toplanmıştır. Belirsizlik ve öznellikten arınmak amacıyla, üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel terimler kullanılmıştır. Toplanan veriler ışığında, ERP seçim kriterlerinin önem seviyeleri ve çalışmanın yapıldığı firma tarafından seçilmiş alternatif yazılımların kriterler açısından seviyeleri belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu veriler kullanılarak, firmanın ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Yazılım Seçimi, ERP Seçim Kriterleri, Çok Ölçütlü Karar Verme, TOPSIS, Bulanık TOPSIS.

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Barış KEÇECİ, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.

## **ABSTRACT**

### **SELECTION OF AN ERP SOFTWARE WITH MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHOD, FOR AN ELECTRONICS FIRM TRADING IN DEFENCE INDUSTRY**

Batuhan ÖZDEMİR

Başkent University, Institute of Science

Department of Quality Engineering

ERP softwares which are extremely popular for industry nowadays became a strategic investment subject for companies, with the improvements in software technologies and the increasing benefits they provide. It is hard to select the best-fitting ERP software for the company requirements, because there are numerous ERP software suppliers and there are various criteria to evaluate. This decision problem may be resolved by multi criteria decision making (MCDM) methods.

In this study, fuzzy TOPSIS method was selected as multi criteria decision making method. Questionnaires were generated and data were collected from other companies that trade in defense industry and internal decision makers. For removing subjectivity and vagueness, linguistic terms expressed by triangular fuzzy numbers were used. By the gathered data, ERP software selection criteria importance levels were set and scores of the alternative softwares selected by the firm (that the study was performed) were determined according to selection criterias. Following, with this data it is aimed to select the best fitting ERP software for the company requirements.

**KEYWORDS:** Selection of Enterprise Resource Planning (ERP) Software, ERP Selection Criterias, Multiple Criteria Decision Making (MCDM), TOPSIS, Fuzzy TOPSIS.

**Advisor:** Yrd. Doç. Dr. Barış KEÇECİ, Başkent University, Department of Industrial Engineering.



# İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Sayfa

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER LİSTESİ .....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	iv
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
<b>1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2 LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>4</b>
<b>3 KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI (ERP) .....</b>	<b>8</b>
3.1 Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) nedir? .....	8
3.2 ERP Tarihi ve Günümüzdeki Yeri .....	10
3.3 ERP Yazılımı Seçim Süreci .....	13
3.3.1 Seçim yöntemleri .....	13
3.3.2 Seçim kriterlerinin belirlenmesi .....	14
<b>4 ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (MCDM) .....</b>	<b>17</b>
4.1 Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) Nedir? .....	17
4.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Genel Bakış .....	19
4.3 TOPSIS Yöntemi .....	22
4.4 Bulanık TOPSIS Yöntemi .....	22
<b>5 YÖNTEM .....</b>	<b>24</b>
5.1 Genel Bakış .....	24
5.2 Verilerin Toplanması .....	25
5.3 Soru Formlarının Oluşturulması .....	26
5.4 Bulanık TOPSIS Metodolojisi .....	27
5.4.1 Bulanık kümeler teoremi ve bulanık sayılar .....	27
5.4.2 Bulanık TOPSIS .....	29
<b>6 UYGULAMA .....</b>	<b>37</b>
6.1 Karar Vericilerin, Seçim Kriterlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi .....	37
6.2 Kriter Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelerinin Dilsel Değişkenler Kullanılarak Belirlenmesi .....	40
6.3 Birleştirilmiş Karar Matrisinin ve Ağırlık Matrisinin Elde Edilmesi .....	45
6.4 Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması .....	49
6.5 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması .....	50
6.6 Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi .....	52
6.7 Alternatiflerin İdeal Çözümlere Uzaklıklarının Hesaplanması .....	52
6.8 Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması .....	54
6.9 Yakınlık Katsayılarına Göre Alternatiflerin Sıralanması .....	54
<b>7 SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>	<b>55</b>
KAYNAKLAR LİSTESİ .....	58
EKLER LİSTESİ .....	63

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 ERP Yazılımı Olmayan Bir Firmanın Fonksiyonları Arasındaki Etkileşim .....	9
Şekil 3.2 ERP Yazılımı Olan Bir Firmanın Fonksiyonları Arasındaki Etkileşim .....	10
Şekil 3.3 ERP'nin Gelişim Süreci .....	12
Şekil 5.1 Üçgensel Üyelik Fonksiyonu.....	28
Şekil 6.1 Hiyerarşik Yapı .....	39



## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 Önemli MCDM Yöntemleri .....	19
Çizelge 5.1 Kriter Ağırlıkları için Dilsel İfadeler .....	26
Çizelge 5.2 Alternatif Derecelendirmesi için Dilsel İfadeler .....	27
Çizelge 5.3 Kriterlerin Ağırlıklandırılması .....	29
Çizelge 5.4 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirmesi .....	30
Çizelge 5.5 Üçgen Bulanık Sayılar ile Kriter Ağırlıkları .....	30
Çizelge 5.6 Üçgen Bulanık Sayılar ile Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri .....	30
Çizelge 5.7 Alternatif Kabul Kriterleri .....	36
Çizelge 6.1 Seçim Kriterleri .....	38
Çizelge 6.2 Kriter Önem Seviyeleri İçin Üyelik Fonksiyonları .....	40
Çizelge 6.3 Kriter Önem Seviyelerinin Belirlenmesi İçin Gelen Cevaplar .....	41
Çizelge 6.4 Kriter Önem Seviyeleri İçin Bulanık Sayı Gösterimi .....	42
Çizelge 6.5 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri İçin Üyelik Fonksiyonları .....	43
Çizelge 6.6 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirilmesi İçin Gelen Cevaplar .....	43
Çizelge 6.7 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri İçin Bulanık Sayı Gösterimi .....	44
Çizelge 6.8 Kriter Ağırlıkları (Birleştirilmiş) .....	46
Çizelge 6.9 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri (Birleştirilmiş) .....	48
Çizelge 6.10 Normalizasyon Sonrası Karar Matrisi Değerleri .....	50
Çizelge 6.11 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi Değerleri .....	51
Çizelge 6.12 Alternatif Sıralaması .....	54

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$KV_k$	K. Karar Verici
$C_j$	j. Seçim Kriteri
$A_i$	i. Alternatif
$\tilde{D}$	Bulanık Karar Matrisi
$\tilde{W}$	Bulanık Kriter Ağırlıkları Matrisi
$\tilde{R}$	Normalize Bulanık Karar Matrisi
$\tilde{V}$	Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi
$A^*$	Pozitif İdeal Çözüm Kümesi
$A^-$	Negatif İdeal Çözüm Kümesi
$d_i^*$	i. Alternatifin Pozitif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklığı
$d_i^-$	i. Alternatifin Negatif İdeal Çözüm Kümesine Olan Uzaklığı
$CC_i$	i. Alternatifin Yakınlık Katsayısı
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması
MCDM	Çok Ölçütlü Karar Verme
MODM	Çok Amaçlı Karar Verme
OSSA	Ostim Savunma ve Havacılık Kümelenmesi
TOPSIS	Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution

## 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 zorundadırlar. 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 biri de 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 belgelendirmekte ve gerekli sertifikasyon işlemlerini yürütmektedirler. 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 zorundadırlar. Özetle, firma süreçlerinin birbirlerine entegre şekilde yönetilmesini sağlayan ERP yazılımları, kalite yönetim süreçleri konusunda da firmalara önemli düzeyde destek sağlamakta; 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 imkan sağlamaktadırlar. 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 kriterin dikkate alınması gereken zorlu bir süreçtir. Piyasada farklı fonksiyonlara ve özelliklere sahip çok sayıda ERP yazılımı bulunmaktadır. Bu durum seçim sürecini kompleks 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 çalışmaktadırlar. Ancak günümüzde firmaların aktif olarak faaliyet gösterdikleri sektörler, firmaların, tedarik ettikleri ya da edebilecekleri 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 fonksiyonların ve modüllerin 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 (MCDM) yöntemi olan Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma toplam yedi bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise ERP seçimi ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar hakkında literatür taraması bulunmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, ERP tarihçesi, ERP'nin günümüzdeki yeri, ERP seçim süreci, seçim yöntemleri ve seçim kriterleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Dördüncü bölümde, çok ölçütlü karar verme

yöntemleri, TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemleri hakkında genel bilgiler yer almaktadır. Beşinci bölümde, çalışma yapılırken kullanılan yöntemler detaylı şekilde açıklanmış, çalışmada kullanılan verilerin toplanma yöntemi, soru formlarının oluşturulması konuları ve Bulanık TOPSIS metodolojisi anlatılmıştır. Altıncı bölümde, ERP yazılımının seçimi için soru formlarına verilen cevaplar ile elde edilen veriler kullanılarak yürütülen Bulanık TOPSIS uygulaması yer almaktadır. Son olarak yedinci bölümde ise çalışma sonucu elde edilen verilerin yorumlandığı sonuç bölümü yer almaktadır.



## 2 LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, çalışmada kullanılan ERP yazılımı seçim ve Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) yöntemleri konularında yapılan daha önceki çalışmalar anlatılmaktadır. Yapılan bu literatür taraması 2002 ve 2018 yılları arasında yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Literatürde, ERP yazılımlarının seçimi için; sıralama, puanlama, MCDM ve matematiksel optimizasyon gibi pek çok yöntem bulunmakta ve uygulanmaktadır [56]. Ayrıca bir ERP sisteminin seçilmesi için tek veya sabit bir yöntem veya yaklaşım mevcut değildir [17].

TOPSIS yöntemi, ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında ortaya atılmış, karar probleminin çözümü için seçilen alternatiflerin, pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları kullanılarak, en uygun alternatifinin seçimi üzerine kurulu bir yöntem olarak tanıtılmıştır [19].

Habenicht, Scheubrein ve Scheubrein (2002), çok ölçütlü karar verme sürecini, belirsizlik ve risk sorunlarını göz önüne alarak, deterministik yaklaşım mantığı çerçevesinde ele almışlardır [15].

Chu (2002), Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak tesis yer seçimi problemi için çözüm uygulaması sunmuştur. Yapılan çalışmada, belirlenen alternatiflerin derecelendirmeleri ve kriter ağırlıkları üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiştir [10].

Yusuf, Gunasekaran, ve Abthorpe (2004), ERP kurulum süreçlerinde alınan başarılı ve başarısız sonuçların nedenini, kötü kurulum uygulamaları ve sürecin kötü yönetilmesi olarak tespit etmişlerdir. 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 yapmışlardır. Kurulum sırasında yaşanan bazı sorunları maddeler halinde özetlemişlerdir [58]. Bunlar;

- Sürecin, yazılım konfigürasyonuna karşı gelmesi,
- Çalışanların, yeni bir iş ortamında, değişikliklere adapte olacak şekilde eğitilmesi,
- Modern bilgi teknolojilerinin sağladığı faydaların yönetim kadrosuna açıklanması ve öğretilmesi,



- Kurulum için gereken ekipmanların gecikmesi,
- Eski bilgisayar ve altyapı teknolojileri nedeniyle veri aktarımı sırasında yaşanan zaman kayıpları.

Bir diğer Bulanık TOPSIS uygulaması, Chen, Lin ve Huang (2006) tarafından tedarikçi seçim problemi için kullanılmış ve kullanılan MCDM yönteminin tedarikçi seçim problemleri için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmada trapezoid bulanık sayılar kullanılmıştır [5].

Robert Jacobs ve Ted Weston (2007), ERP tarihçesini, ERP'nin başlangıcını ve bu alanda gerçekleşecek gelecekteki olası adımları anlatmışlardır. 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 [42].

Firmaların, ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımlarını seçememesi sonucu boşa giden yatırım kaynaklarından yola çıkarak, Ghapanchi, Jafarzadeh ve Khakbaz (2008) bir petrol firmasında ERP yazılımının seçim problemi için matematiksel bir programlama yöntemi olan Veri Zarflama Yöntemini (Data Envelopment Analysis-DEA) kullanmışlardır [13].

Yurdakul ve İç (2009), yaptıkları çalışma ile çok ölçütlü karar verme (MCDM) yöntemlerinde bulanık sayıların kullanılması ile sağlanan fayda düzeyini nicelleştirmişlerdir. Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan bulanık sayıların, bulanıklık seviyelerini düzenli olarak artırarak elde edilen sıralama verileri ile, bulanık mantık kullanılmadan elde edilen sıralama verilerini karşılaştırmış ve sıramalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmişlerdir [57]

Dezdar ve Ainin (2010), 384 katılımcı tarafından doldurulan soru formlarından elde ettikleri veriler doğrultusunda, ERP yazılımın kalitesinin ve yazılım tedarikçi firmasının desteğinin önemi konularında çalışmışlardır. Hem yazılım kalitesinin hem de güvenilir tedarikçinin, ERP kurulum süreçlerinin başarısı üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır [11].

Erkan (2011), 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 [12].

Awasthi, Chauhan ve Goyal (2011), 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 sürmüşlerdir [2].

Zavadskas ve Turskis (2011), son yıllarda iktisat alanında kullanılan, farklı çok ölçütlü karar verme yöntemlerini, yazar bilgilerini ve kullanılan seçim kriterlerini de sağlayarak ele almışlardır. Sayıları giderek artan yöntemleri kronolojik olarak sıralamışlardır [63].

Chen (2012), 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 [9].

Salazar, Rivera ve Vázquez (2013), 2013 yılına kadar ERP seçim süreçleri konusunda yapılmış çalışmalarını derlemiş ve yayınlanan çalışmalar üzerine bir inceleme yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada küçük ve ortak ölçekli firmaları baz almış, araştırma kitaplarını, akademik makaleleri ve doktora tezlerini analiz etmişlerdir. Ek olarak ERP kurulum süreçlerinde kritik başarı faktörleri konusunda da çalışmışlardır [46].

Haddara (2014), 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 [16].

Kashani (2014), 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 dahil olma ve

projeyi sahiplenme seviyesinin, sürece büyük oranda olumlu etkisinin olduğunu tespit etmiştir [23].

Rouyendegh, Bac ve Erkan (2014), yaptıkları çalışmada hibrit AHP-TOPSIS yöntemi kullanarak, ERP kurulum süreçlerini tamamlamış firmaların tedarik zinciri yönetim performanslarını tespit etmişlerdir. Elde edilen sıralama ile hangi sektörlerdeki firmaların ERP yazılımından en yüksek seviyede fayda sağladığı ortaya koymuşlardır [43].

Şengül Ü., Eren, Shiraz, Gezder ve Şengül A.B. (2015), Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları yatırım alternatiflerini, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucu belirlenmiş kriterler çerçevesinde en uygun yenilenebilir enerji sisteminin, hidroelektrik santraller olduğu sonucuna varmışlardır [50].

Nag ve Helal (2016), global olarak pek çok ülkede faaliyet gösteren bir ilaç dağıtım lojistik ağının tedarikçi seçim problemi için, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak çözüm elde etmişlerdir [37].

Son olarak Zavadskas, Mardani, Turskis, Jusoh ve Nor (2016) 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 [62].

### **3 KURUMSAL KAYNAK PLANLAMASI (ERP)**

Çalışmanın bu bölümünde, öncelikle Kurumsal Kaynak Planlaması'nın (ERP) tanımı yapılmıştır. Daha sonra ERP yazılımlarının doğuşu, tarihçesi ve günümüzdeki kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir. Son kısımda ise, firmaların ERP yazılımı tedarik etme süreçlerinde tercih ettikleri yöntemler ve ERP yazılımı tedarik ederken değerlendirilmesi gereken kriterler anlatılmaktadır.

#### **3.1 Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Nedir?**

Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Yazılımları, işletmelerde yürütülen tüm faaliyetler arasındaki bilgi akışının bütünleşmesini sağlayan ticari yazılım paketleridir [40]. Bilişim teknolojilerinin bir ürünü olan ERP yazılım paketleri ile işletmeler, yürüttükleri tüm süreçleri ve süreçler arasındaki etkileşimleri ortak bir platformdan takip etme ve yönetebilme yeteneği elde ederler [24].

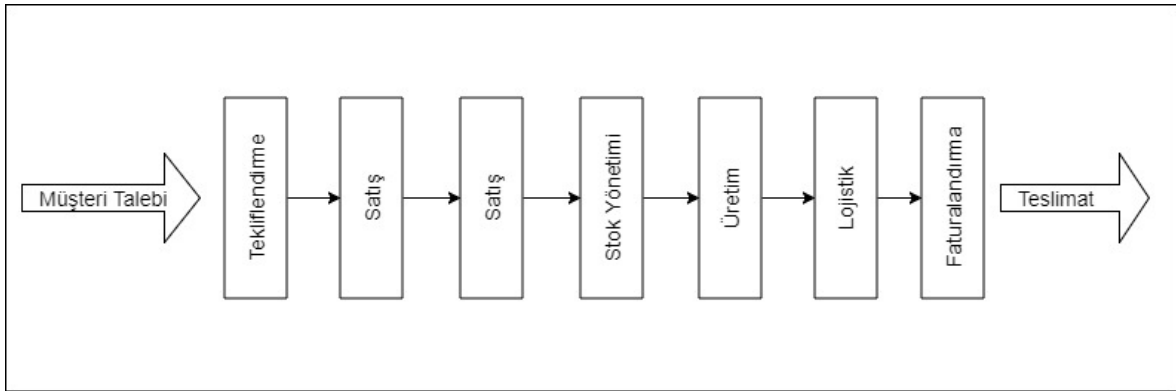
ERP yazılımları; firmalara rekabet üstünlüğü avantajı sağlamak amacı çerçevesinde, firmaların yönetim fonksiyonlarını ve operasyonel süreçlerini bütünleştirerek, en iyi iş uygulamalarının, yöntemlerinin ve araçlarının belirlenmesini ve bunların uygulanmasını hedefler [33]. ERP yazılımları; satış, muhasebe, finans, üretim planlama, satınalma, stok yönetimi, insan kaynakları yönetimi, üretim ve kalite yönetimi gibi işletmelerde bulunan bir çok fonksiyonu bütünleşik olarak ele almaktadır [30]. Amaç, birbirlerine paralel olarak yürütülen işletme fonksiyonları arasındaki etkileşimleri dikkate alarak, süreçleri çapraz fonksiyonel hale getirmektedir [12]. ERP yazılımları sadece bir Bilişim Teknolojileri (IT) çözümü değil, bir iş stratejisi çözümüdür [11].

1990 yılında ERP yazılımlarının firmalar için önemli bir ihtiyaç haline gelmesiyle beraber, ERP yazılımı tedarikçi firmaları da müşterilerinin beklentileri doğrultusunda ürünlerini geliştirmeye ve müşterine sağladıkları avantajları maksimize etmeye odaklanmışlardır. Günümüzde işletmeler, yazılım tedarikçisi firmaların sundukları bu avantajlardan fayda sağlamak amacıyla, bilişim teknolojileri ürünlerine yönelmekte ve ERP yazılımları gibi ürünleri tedarik ederek yararlanmaktadırlar [44].

ERP yazılımlarının temel amacı, işletmede operasyonel faaliyetleri yürüten yöneticilerin ve çalışanların, gerçek zamanlı veriye bir kullanıcı arayüzü aracılığı ile

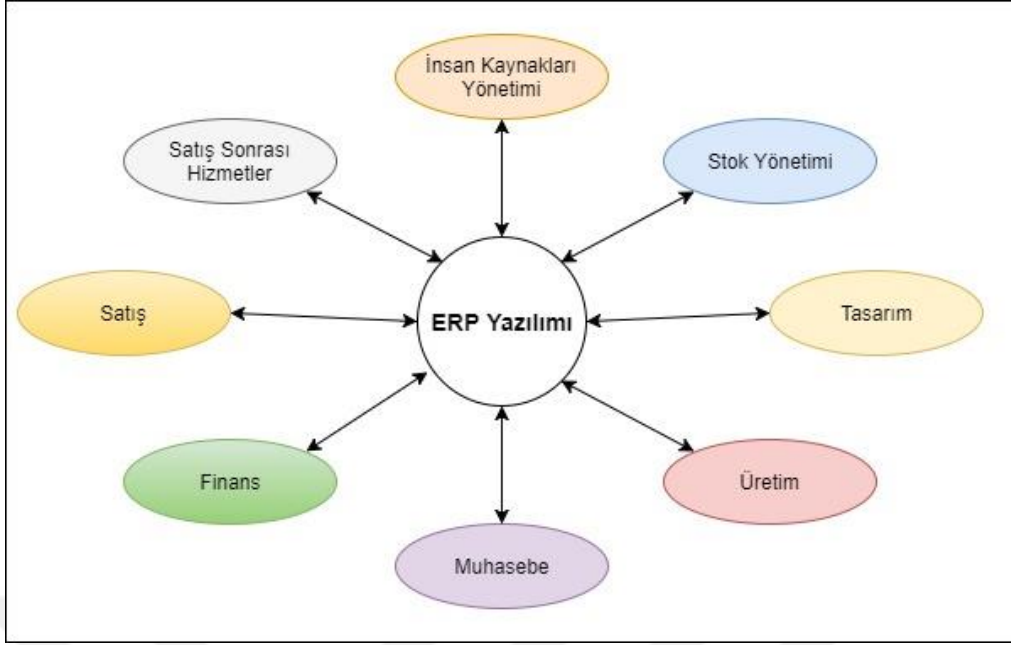
ulaşmasını sağlamaktır. Bu erişimin sağlanması ile sistemde toplanan veriler sayesinde, işletmede yürütülen tüm operasyonlar arasındaki etkileşimler, operasyonel faaliyetleri yürüten yöneticiler ve çalışanlar tarafından görülebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Bu sayede süreçler daha verimli yürütülebilmektedir.

ERP yazılımı olmayan bir firmanın fonksiyonları arasındaki etkileşim Şekil 3.1'deki gibi ve ERP yazılımı olan bir firmanın fonksiyonları arasındaki etkileşim ise Şekil 3.2'deki gibi grafiksel olarak ifade edilebilir [29]:



Şekil 3.1 ERP Yazılımı Olmayan Bir Firmanın Fonksiyonları Arasındaki Etkileşim

Şekil 3.1'de, ERP yazılımı olmayan bir firmanın, yalnızca ardışık olarak gerçekleşen süreçleri arasında bir etkileşim olduğu, ardışık olmayan süreçleri arasında ise herhangi bir etkileşim olmadığı ifade edilmektedir. Şekil 3.2'de ise ERP yazılımı olan bir firmanın tüm süreçleri arasında bir etkileşim sağlandığı ve bu etkileşimi sağlayan faktörün, tüm süreçlerin operasyonel verilerinin bulunduğu ERP yazılımı olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 3.2 ERP Yazılımı Olan Bir Firmanın Fonksiyonları Arasındaki Etkileşim

### 3.2 ERP Tarihi ve Günümüzdeki Yeri

Entegre yazılım paketlerinin geçmişi 1960'lı yıllara kadar dayanmaktadır. 1960'lı yıllarda ekonomideki istikrar sebebiyle, dönem işletmelerinin en öncelikli hedefi, üretim kapasitelerini arttırmaktı. Tam da bu zamanlarda, işletmelerin üretim planlama ve kontrol (MPC) faaliyetlerine büyük fayda sağlayacak, Yeniden Sipariş (ReOrder Point-ROP) adı verilen bilgisayar tabanlı bir sistem literatüre girdi. 1960'ların sonlarına doğru, traktör ve makine üreticisi J.I. Case ve IBM firmalarının ortak çalışmaları ile Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) yaklaşımı literatüre girdi. Bu uygulama, üretim planlama ve kompleks imalat ürünleri için kullanılmaya başlandı, ancak çok büyük hacimlerde veri oluşmaktaydı ve bu verilerin kasetler kullanılarak depolanması gerekiyordu. Kasetlerden verilerin bulunması, okunması ve düzenlenmesi zaman alıyordu. Gelişen teknoloji ile bu problemin, rasgele erişimli bellekler (RAM) sayesinde çözümlenmesiyle, MRP yazılımları geliştirilebilir hale geldi [29].

1970'lerin sonuna doğru pazarlama olgusu; firmaları, daha iyi bir üretim ve planlama yapmak için stratejiler geliştirmeye itecek bir rekabet ortamı haline geldi. Satınalma, kapasite kontrolü, çizelgeleme ve tahmin gibi fonksiyonları birbirlerine entegre

çalıştırabilen MRP sistemleri, firmalar açısından bu rekabet ortamında diğer firmalar karşısında öne geçecek stratejik bir yatırım haline geldi. Tam da bu zamanlarda IBM'in yeni sistemi, İletişim Odaklı Üretim Bilgi ve Kontrol Sistemi (Communication Oriented Production Information and Control System-COPICS) adıyla piyasaya sürüldü [42]. Bilgisayar tabanlı üretim kontrol sisteminin planlanması yaklaşıma dayanan bu sistem, MRP II adı verilen dönemin başlangıcı oldu [29].

1970'lerin ortasında Kurumsal Kaynak Planlaması yani ERP'nin doğuşu gerçekleşti. 1972'de, Almanya'da, 5 mühendis; günümüzde hala dünyanın en çok kullanılan ERP programı olma özelliğine sahip olan, SAP (Systemanalyse und Programmentwicklung) adındaki ERP programını geliştirme çalışmalarına başladı. Amaçları, iş çözüm süreçlerini bir araya getiren standart bir yazılım oluşturmaktı. 1975'te ise Lawson Yazılımı piyasa sürüldü. Yazılımı piyasaya süren çözüm ortağının ana amacı, firmalara, özelleştirebilir hazır bir yazılım paketi sunmaktı. 1977'de J.D. Edwards ve Oracle yazılımları literatüre girdi. Yapılandırılmış Sorgu Dili olarak Türkçe'ye çevrilebilecek, SQL (Structured Query Language) Taban, ilk olarak Oracle tarafından tanıtıldı [29].

Daha sonra IBM, İmalat Yönetimi ve Kullanıcı Muhasebe Sistemi (Manufacturing Management and Account System-MMAS) adını verdiği sistemi tanıttı. Sistem, Ürün Ağaçlarını kullanarak (Bill of Material-BOM) stokların güncellenmesi ve üretimden gelen malzeme taleplerinin karşılanması gibi aktiviteleri sistem üzerinden gerçekleştirmeye imkân sağlıyordu. 1978'de yine IBM; İmalat, Muhasebe ve Üretim Bilgi/Kontrol Sistemi (Manufacturing, Accounting and Production Information and Control System-MAPICS) adını verdiği daha yeni bir sistem tanıttı ve aynı anda entegre uygulamalardan oluşan bu yazılım paketini piyasaya sürdü. Bu yazılım, MMAS'tan daha gelişmiş bir yazılımdı. Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP), faturalama, sipariş girişi, satış analizleri, stok yönetimi, üretim takip ve daha bir çok fonksiyon bu yazılım ile gerçekleştirilebiliyordu. Buna paralel olarak yine 1978'de SAP firması, SAP R/2 olarak bilinen yeni versiyonlu yazılım paketini piyasaya sürdü. Bu yazılımla; o tarihte bulunan tüm bilgisayar teknolojilerinden yararlanılarak, sipariş takibi yeteneği de dahil olmak üzere tüm yazılım yeteneklerinin ve modüllerinin entegrasyonu sağlandı [29].

1980'ler, MRP II dönemi idi. 1980'li yıllarda taşınabilir disk sürücülerinin yaygınlaşmasıyla beraber küçük ve orta ölçekli firmalar, IBM firmasının odak noktası haline geldi. MRP II pek çok fonksiyonu karşılayabildiğinden adı, Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirements Planning-MRP) yerine Üretim Kaynak Planlaması II (Manufacturing Requirements Planning-MRP II) olarak anılmaya başlandı. MRP II'nin amacı; yüksek seviyede proses kontrol, uluslararası düzeyde üretim ve sabit maliyetlerin düşürülmesi konularını ön plana çıkarmaktı. MRP, MRP II'nin kalbiydi ancak MRP II modern kodlama ile yazılmıştı. 1987'de PeopleSoft firması kuruldu. Firma, 1988'de, İnsan Kaynakları Yönetimine (Human Resource Management-HRM) bir yenilik getirdi. O sıralar kullanılmakta ve geliştirilmekte olan pek çok ERP yazılımı piyasada mevcut olmasına rağmen, ERP'in gelecekteki gelişimine en çok katkı sağlayan firmalar SAP, Baan, Oracle, IBM ve PeopleSoft firmaları oldu [29].

1990'lı yıllar, MRP II kullanım yılları ve ERP'nin gelişim yılları olmuştur. ERP sistemlerinin gelişmesi ile beraber ERP'nin tanımındaki kapsam, çeşitli işlevsel fonksiyonların kendi içlerinde ve fonksiyonlar arasında entegrasyonu kavramını içerecek şekilde genişletilmiştir [42] [29].



Şekil 3.3 ERP'nin Gelişim Süreci

Şekil 3.3'de ERP'nin, 1960'lı yıllardan 2000'li yıllara uzanan tarihsel gelişim süreci gösterilmektedir [41]. 1960'lı yıllarda firmalardaki üretim hacminin artırılmasına yönelik geliştirilen stok yönetim yazılımları ile başlayan süreç, geçen yıllarda yapılan geliştirmelerle hali hazırda pek çok fonksiyonu içinde barındıran entegre yönetim



sistemlerinin bulunduğu bir noktaya gelmiştir. Pek çok firma, günümüz rekabetçi koşullarında, iş süreçlerini geliştirmek ve stratejik hedeflerine ulaşmak amacıyla ERP yazılımlarına ihtiyaç duyar hale gelmiştir. Piyasada çok sayıda ERP Yazılımı bulunmaktadır ve tüm yazılımlar aynı yeteneklere sahip olmamakla beraber farklı kullanımlar için özelleşmiş üstünlüklere sahiptirler. Bu durum, ERP yazılımı seçim sürecini firmalar için kompleks ve zorlu bir süreç haline getirmektedir.

### **3.3 ERP Yazılımı Seçim Süreci**

ERP yazılımının tedarik edilmesi ve entegrasyon süreçleri sonrası iş süreçlerinin yazılım aracılığı ile yürütülmesinin sağlanması firmalar için önemli bir yatırım projesidir. Projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için gereken en önemli başarı kriterlerinden biri, firma ihtiyaçlarını en yüksek seviyede karşılayacak yazılımın seçilmesidir.

#### **3.3.1 Seçim yöntemleri**

ERP yazılımı veya diğer yönetim bilişim sistemleri yazılımlarının seçimi için; sıralama, puanlama, çok ölçütlü analiz ve matematiksel optimizasyon gibi pek çok yöntem bulunmaktadır [56]. Lucas ve Moore (1976) tarafından geliştirilen puanlama yöntemi, seçim yöntemleri için iyi bir başlangıç olsa da karar vericiler tarafından güvenilmek için fazla basit bulunmuştur [32]. 1983 yılında sıralama yöntemi, Buss tarafından önerilmiş, ancak bu yöntemde de puanlama yönteminde olan kısıtlamaların olduğu görülmüştür [4]. Daha sonra bilgi sistemleri seçimleri için; ikili (0-1) programlama, hedef programlama ve lineer olmayan programlama da dahil olmak üzere pek çok matematiksel optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bilgi sistemleri seçim süreci projelerindeki karşılıklı bağımlılıklar dikkate alınarak geliştirilen, Lineer Olmayan Programlama Metodu, Santhanam ve Kyparisis (1995&1996) tarafından önerilmiştir [48] [47]. Daha sonra bu çalışma hakkında Lee ve Kim (2000) tarafından, yapılan çalışmada ölçütlerin bulunmadığı belirtilmiştir [28]. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi de diğer bir çok ölçütlü karar verme yöntemi olarak önerilmiş ve ERP yazılımı seçim süreçlerinde ve daha pek çok farklı seçim probleminde kullanılmıştır.

Yukarıda verilen bilgiler çerçevesinde görülmektedir ki ERP seçimi için literatürde pek çok metodoloji bulunmaktadır. Bu yöntemlerin sağlıklı sonuçlar vermesi ve buna istinaden firma ihtiyaçlarına en uygun ERP yazılımının seçilmesinin önemli ön koşullarından biri de seçenek olarak belirlenen ERP yazılımı alternatifleri değerlendirilirken ele alınacak kriterlerin belirlenmesidir.

### **3.3.2 Seçim kriterlerinin belirlenmesi**

ERP yazılımlarının firmalara sağladıkları pek çok avantaj bulunmaktadır. Firmalar ERP yazılımlarını kullanarak, firma genelindeki kaynakları planlayabilir, uygun şekilde yönetebilir ve farklı fonksiyonlardaki faaliyetleri prosesler ile birbirlerine birleştirebilirler [26]. ERP sistemlerinin sağladığı bu faydaları elde edebilmek için, firmaların, kendi iş süreçlerine en uygun yazılımı seçmesi gerekmektedir. Bu seçim sürecinde alternatiflerin hangi kriterler üzerinden değerlendirilmesi gerektiği tespit edilmelidir.

ERP yazılımı tedarik sürecinde, yazılımların kıyaslandığı kriterler genel olarak işlevsel (functional) ve işlevsel olmayan (non-functional) kriterler olarak sınıflandırılırlar [21]. İşlevsel gereksinimler, yazılım kullanıcılarının temel olarak yazılımdan beklentileri ve yazılımın nasıl çalıştığı olarak açıklanabilir. İşlevsel gereksinimler, sistemin geçerli girdileri ve çıktıları arasındaki bağlantıyı açıklayabilen gereksinimler olurken, işlevsel olmayan gereksinimler sistemin, açıklaması ve test etmesi zor özellikleridir [49]. Bu gereksinimlerin, firma büyüklükleri ile ilişkili olarak değiştiği de bir gerçektir. Yapılan bir anket araştırmasına göre; ERP yazılımı tedarikçi firmalarının organizasyonel esneklikleri ve müşterileri ile olan ilişkileri, ERP yazılımı seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken kriterler olarak ele alındığında, küçük ve orta ölçekli firmalar tarafından önemli bir kriter olarak görülmemiştir [3].

Yazılım seçim kriterlerinin neler olması gerektiği hakkında literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. En başta 11 adet kriter, yazılım kalitesi açısından değerlendirilmesi gereken kriter olarak önerilmiştir [35]. Alanbay (2005), ERP sistemi tedarik edecek firmaların değerlendirmesi gereken kriterler olarak aralarında Gerçek Zamanlı Değişiklikler, Esneklik, Uyarılma, Kurulum, Bakım İmkanları, Diğer Uygulamalar ile Uyum ve Fiyatın da bulunduğu, 15 adet kriter önermiştir [1]. Karsak

ve Özogul (2009) ise Kullanıcı Dostluğu, Tedarikçinin Sektördeki Yeri, Toplam Maliyet, Servis Hizmetleri, İşlevsellik ve Tedarikçinin Destek Seviyesi kriterlerinin seçim sürecinde dikkate alınması gerektiğini önermişlerdir [22]. Rouyendegh ve arkadaşları tarafından, ERP sistemi seçimi için Güvenilirlik, Kullanıcı Dostluğu, İşlevsellik, Kurulum ve Toplam Maliyet olmak üzere 5 temel kriter önerilmiştir [44].

Yukarıda belirtilen bilgiler ve yapılan literatür araştırması sonucu, bu tez kapsamında yapılacak olan uygulama çalışması için karar vericiler tarafından, ERP yazılımı seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken kriterler olarak, aşağıda detayları verilen, 8 adet kriter belirlenmiştir.

**Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik (C<sub>1</sub>):** Bütün kurumların ERP yazılımından beklentileri aynı seviyede değildir. ERP yazılımı seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken konulardan biri yazılımın yeterliliğidir. Yazılım; gerek teknoloji, gerekse altyapı olarak kurumun mevcut ihtiyaçlarını ve ileride doğacak olası ihtiyaçlarını karşılayabilecek yetenekte olmalıdır. Bu kapsamda tedarikçi firmanın araştırma geliştirme faaliyetleri için yaptığı yatırımların da göz önüne alınması gerekir.

**Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu (C<sub>2</sub>):** Bu kriter, gerekli eğitimleri aldıktan sonra programı kullanacak çalışanların, programı kullanım kolaylığını temsil etmektedir. Yazılımın kullanıcı ara yüzü, çalışanların, yazılımın sağlayacağı fonksiyonlara erişim ve kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir. Yazılım ara yüzü, olabildiğince sade, anlaşılır ve basit olmalıdır.

**Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk (C<sub>3</sub>):** ERP yazılımının seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken bir diğer faktör, ERP yazılımının, firmaya özgü iş süreçlerine ve firmanın faaliyet gösterdiği sektörün gerektirdiği iş süreçlerine uygunluğudur. Firmalar kendilerini objektif olarak değerlendirmeli ve gerekli analizleri yaptıktan sonra işleyen süreçlerini net bir şekilde ortaya koymalıdır. Yazılım seçim sürecinde ise bu süreçlerin dinamik olarak yürütülebileceği alternatifler değerlendirilmelidir.

**Yazılımın Teknik Altyapısı (C<sub>4</sub>):** Yazılımın, işlevselliğinin yanı sıra teknik yönden güçlü ve zayıf yönlerinin de değerlendirilmesi gerekir. Bu değerlendirme yapılırken yazılımın; farklı paket programlar/yazılımlar ile uyumluluğu, işlem ve veri hacmi

artışlarında performans durumu, test süreçleri ile sağlanabilecek minimum hata seviyesine indirgenmiş olması, mevcut işletim sistemi ve donanım ile uyumluluğu, web tabanlı uygulama desteği, mobil kullanıcı desteği ve güvenliği gibi konuların göz önüne alınması gerekmektedir.

**Maliyet (C<sub>5</sub>):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonu sürecinde maliyet oluşturacak pek çok konu başlığı vardır. Bunlar; yazılım lisans bedeli, kullanıcı lisans bedelleri, yıllık bakım bedeli, eğitim bedeli ve kurulum (danışmanlık) bedeli olarak özetlenebilir. ERP yazılımının verimli şekilde çalışmasının ön koşulu olabilecek donanımsal ve yazılımsal altyapı ihtiyaçları da ek bir maliyet olarak değerlendirilmelidir.

**Tedarikçi Firma (C<sub>6</sub>):** Yazılımın tedarik edileceği firma, ERP yazılımı seçim süreçlerinde önemli rol oynayan kriterlerden biridir. Firmanın tanıtım amaçlı gerçekleştirdiği demonstrasyon çalışmasının başarısı, firmanın referansları ve aynı sektörde yazılımı daha önce tedarik etmiş firma sayısı tedarikçi değerlendirilirken dikkate alınması gereken bazı parametrelerdir. Ek olarak tedarikçi firmayla çözüm ortağı olarak çalışan, yazılımın kurulum ve uyarlanmasında aktif olarak görev yapacak firma sayısı ve bu firmaların yeterlilik seviyeleri de değerlendirilmesi gereken faktörlerdendir.

**Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri (C<sub>7</sub>):** Tüm firmalar, ERP yazılımının entegrasyon çalışmaları sırasında ve entegrasyon çalışmaları tamamlandığında, satış sonrası hizmet ve destek ihtiyaçlarının en kısa zamanda, düzenli olarak karşılanmasını ister. Tercih edilecek ERP yazılımının müşteri ilişkileri yönetim stratejisi, bu noktada değerlendirilmesi gereken kriterlerden biri haline gelmektedir.

**Kurulum / Entegrasyon (C<sub>8</sub>):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonunun tamamlanması ile birlikte yazılımın, firmanın tüm süreçlerini desteklemesi beklenir. Bu geçiş sürecinde firmalar sahip oldukları verileri, geçiş yaptıkları yeni yazılıma taşımak isterler. Tedarik edilen ERP yazılımının, firmanın daha önce kullanmakta olduğu yazılım programları ile uyumluluğu ve verilerin yeni programa uyarlanması konuları da ERP yazılımına geçiş aşamalarında önem kazanmakta ve ERP yazılımı seçim süreçlerinde dikkate alınması gereken konular haline gelmektedir.

## 4 ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME (MCDM)

Bu bölümde öncelikle çok ölçütlü karar verme (MCDM) probleminin tanımı yapılmıştır. Daha sonra literatürde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemlerine genel bir bakış açısıyla değinilmiş, son olarak tezin uygulama bölümünde kullanılan çok ölçütlü bir karar verme yöntemi olan Bulanık TOPSIS yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

### 4.1 Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) Nedir?

Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM), ölçü birimine sahip nicel veya nitel kriterler kullanılarak yapılan seçim veya sıralama çalışmaları için kullanılabilen literatürde bulunan önemli matematiksel uygulamalardan biridir [15].

MCDM, çelişkili hedefler doğrultusunda, değerlendirmeye alınması gereken fazla sayıda kriter ve seçenek bulunan karar problemlerinde, karar verme ile başa çıkmak için kullanılır [29]. Günümüzde pek çok alanda oluşan karar verme problemleri için MCDM yöntemleri kullanılmaktadır.

Literatürde çok sayıda MCDM yöntemi bulunmaktadır, ancak pek çoğunun bakış açısı ortaktır [7]. Neredeyse bütün MCDM yöntemleri tarafından ortak olarak kullanılan parametrelerden bazıları aşağıda açıklanmıştır [53].

**Alternatifler (Seçenekler):** Alternatifler, karar vericilerin tercihlerine göre, karar probleminin çözümü için potansiyel olarak seçilmiş seçeneklerdir. Alternatif kümeleri, genel olarak sonlu kümelerdir ve karar problemine göre değişkenlik gösteren eleman sayısına sahiptirler. Alternatifler; derlenir, önceliklendirilir ve son olarak sıralanır.

**Kriter:** Tüm MCDM problemleri, değişken sayıda kriter içerir. Kriter tabiri pek çok çalışmada; ölçüt veya nitelik/özellik olarak da anılmaktadır. MCDM, çok kriterli veya çok ölçütlü karar verme olarak da farklı şekillerde adlandırılabilir. Kriterler, alternatiflerin farklı açılardan değerlendirilmesi gereken özelliklerini temsil etmektedirler.

Kriter sayısının fazla olduğu durumlarda kriterlerin, hiyerarşik bir yapıya göre düzenlenmesi gerekebilmektedir. Bazı kriterlerin, karar problemi açısından ana

kriterler olduğu bazı kriterlerin ise alt kriterler olduğu durumlarda kriterler, ana ve alt kriterler olmak üzere hiyerarşik yapılaraya dönüştürülebilmektedir. Bu hiyerarşik yapıdaki seviye sayısı, gereken durumlarda daha fazla da artırılabilir. Literatürde, hiyerarşik kriter yapısını kullanan yöntemler bulunmakla beraber pek çok MCDM yöntemi tek seviye kriter yapısı ile uygulanmaktadır.

**Kriterler Arası Çekişme (Zıtlık):** Karar problemlerinde kriterler, alternatiflerin farklı şartlarda ve farklı bakış açılarından değerlendirilmesi için tanımlanmaktadır. Bu çerçevede bazı kriterlerin birbirleri ile çekişme halinde olması olasıdır. Buna en iyi örneklerden biri maliyet ve fayda kriterlerinin aynı karar problemi içinde kriter olarak bulunmasıdır.

**Ölçülemez Kriterler:** Karar problemlerinde seçilen kriterler, pek çok farklı ölçü birimi tarafından tanımlanabilirler. Karar problemi olarak tanımlanan, 2. el bir otomobilin satın alınması ise oluşturulan çok ölçütlü bir karar verme probleminde, otomobilin fiyatı ve kilometresi kriter olarak tanımlanabilir. Bu kriterler, dolar ve km gibi birimleri kullanılarak ölçülebilir kriterlerdir. Aksi durumlar için literatürde bulunan yöntemler bulunmakla beraber problemin çözümü, doğası gereği zorlaşmaktadır.

**Kriter Ağırlıkları (Önem Seviyeleri):** Çoğu MCDM yönteminde kriterler, önem seviyeleri açısından ağırlıklandırılmakta ve yöntem bu şekilde ilerlemektedir. Karar vericiler, karar probleminin çözümü için hangi kriterlerin seçim problemi açısından daha önemli olduğu konusunda değerlendirmeler yaparlar.

**Karşılaştırma Matrisi:** MCDM problemleri genel olarak  $(m \times n)$  boyutlu matrisler ile ifade edilirler. Bu matrisin sütun sayısı, kriter sayısı kadar, satır sayısı ise alternatif sayısı kadar olur ve matrisin elemanları, karar vericilerin alternatifler için kriterler açısından yaptıkları derecelendirmelerinden oluşur.

20. yüzyıl boyunca MCDM konusunda pek çok çalışma yapılmış ve pek çok karar verme yöntemi bulunmuştur. Çizelge 4.1'de, 20. yüzyılda sunulmuş bazı önemli sonlu seçenekli MCDM yöntemleri verilmiştir.

Çizelge 4.1 Önemli MCDM Yöntemleri [51]

Yöntemin Tam Adı	Yöntem	Yazar ve Yılı
Analytical Hierarchy Process	AHP	Saaty (1980)
Simple Additive Weighting	SAW	MacCrimon (1968)
Elimination and Choice Expressing Reality	ELECTRE	Roy (1991)
Technique for Ordering Preferences by Similarity to Ideal Solution	TOPSIS	Hwang & Yoon (1981)
Complex Proportional Assessment	COPRAS	Zavadskas et al. (1994)
Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Sırpça da Çok Ölçütlü Optimizasyon ve Uzlaşmalı Çözüm anlamına gelmektedir.)	VIKOR	Opricovic (1998)
Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation	PROMEETHEE	Brans and Vincke (1985)

#### 4.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Genel Bakış

Literatürde, şimdiye kadar pek çok MCDM yöntemi sunulmuştur [14]. MCDM yöntemleri kullanılarak; seçim yapabilir, sınıflandırma yapabilir, sıralama yapabilir ve çoğu koşulda elimizdeki seçeneklerin sırasını en uygundan en az uyguna elde edebiliriz [31] [45] [63]. Bütün MCDM yöntemleri aşağıda verilen 3 aşamayı takip ederler [52]:

- 1) Birbirleri ile bağlantılı ve ilişkili kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi
- 2) Kriterlerin önem seviyelerine ve alternatiflerin bu kriterler çerçevesinde sahip oldukları etkilere sayısal değerler atanması
- 3) Tüm alternatiflerin sıralanmasını belirlemek için sayısal değerlerin işlenmesi

MCDM yöntemlerinde seçilen kriterler nicel veya nitel olabilmektedir. Nicel kriterler mutlak bağımsızlığa sahiptir ve yöntemlerde doğrudan kullanılabilirler ancak nitel değişkenlerin mutlak bağımsızlık özellikleri yoktur ve MCDM yöntemlerinde kullanılabilmesi için ölçeklere dayalı sayısal değerlere dönüştürülmelidirler [36].

Literatürde bulunan her MCDM yönteminin kendine ait karakteristikleri vardır. MCDM yöntemleri, farklı kategorilere göre sınıflandırılabilir [61].

Yapılan sınıflandırmalardan biri MCDM yönteminde kullanılan veriye dayanmaktadır. Bu çerçevede MCDM yöntemleri; belirleyici, stokastik ve bulanık MCDM yöntemlerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte bu veri türlerinin birden fazlasını aynı anda içeren durumlar da söz konusu olmaktadır [53].

MCDM yöntemlerini sınıflandırmanın bir başka yolu da karar verme sürecinde bulunan karar vericilerin sayısıdır. Bu sınıflandırma ile MCDM yöntemleri, tek karar verici bulunan MCDM yöntemleri ve grup halinde karar verici bulunan MCDM yöntemlerinden oluşmaktadır [53].

MCDM yöntemlerinin sınıflandırıldığı diğer bir yol da karar probleminin çözümü için seçilen alternatiflerin kesikli veya sürekli olmasıdır [19]. Kesikli karar problemleri, genellikle ortalama sayıda alternatife sahip olup, birbirinden bağımsız çözüm kümeleri olan ve Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) olarak adlandırılan problemlerdir, sürekli karar problemleri ise, sonsuz sayıda veya çok fazla sayıda alternatifin olduğu, çözüm kümelerinin kesiştiği, Çok Amaçlı Karar Verme (MODM) olarak adlandırılan problemlerdir [63].

Literatürde daha farklı sınıflandırma yöntemlerinin bulunduğu bilinmekle beraber yukarıda belirtilen iki sınıflandırma yönteminin, günümüzde çoğu alanda yoğun olarak kullanılan MCDM yöntemlerinin sınıflandırılması için yeterli olduğunu söylemek mümkündür [53].

Bu tez çalışmasında karar problemi olarak bir elektronik firmasına ERP yazılımı seçimi belirlenmiştir. Yukarıdaki sınıflandırmalar açısından, bu karar problemi, alternatif sayısının az olduğu ve çözüm kümesinin bağımsız olduğu, kesikli bir karar problemidir. Karar probleminin çözümü için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılacaktır. Problemin çözümü için gereken veriler, dilsel ifadeler (bulanık sayılar) kullanılarak toplanacaktır. Bu nedenle kullanılacak MCDM yöntemi, bulanık bir MCDM yöntemidir. Ek olarak problemin çözümünde birden fazla karar verici bulunacağından yöntem bir grup MCDM yöntemidir.

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin ana adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir [63]:

- Karar probleminin ana amacının belirlenmesi



- Alternatiflerin karşılaştırılacağı temel kriterlerin veya hedeflerin belirlenmesi
- Hedeflere ulaşmak için kullanılacak alternatiflerin tespit edilmesi
- Belirlenen karar kriterlerinin ağırlıklandırılması

Günümüzde yoğun olarak kullanılan MCDM yöntemlerinden bazı önemli olanlarının avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenmiştir [55].

### **A) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP-Analytic Hierarchy Process)**

**Avantajları:** Kullanımı kolay, ölçeklendirme yapmak mümkün, hiyerarşi yapısı farklı boyutlardaki problemlerde kullanım imkânı sağlıyor, veri odaklı değil

**Dezavantajları:** Kriterlerin ve alternatiflerin birbirlerine olan karşılıklı bağımlılıkları nedeniyle karar probleminin çözümü kriter ağırlıklandırmaları ve yapılan değerlendirmeler arasındaki tutarsızlıklarla sonuçlanabilmektedir.

**Kullanım Alanları:** Performansla ilgili uygulamalar, planlama, siyasi strateji, kurumsal politika ve strateji, kaynak yönetimi, kamu politikası

### **B) TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution)**

**Avantajları:** Basit bir süreç, kullanması ve programlaması kolay, kriter sayısından bağımsız olarak aynı sayıda aşamada ile yürütülmesi

**Dezavantajları:** karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmelerdeki tutarlılığın sağlanmasının ve ağırlıklandırmanın zorluğu, Öklidsel uzaklık yaklaşımının kullanılması ve kriterler arası korelasyonun dikkate alınmaması

**Kullanım Alanları:** lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, pazarlama, mühendislik, üretim sistemleri, insan kaynakları, çevre ve su kaynakları yönetimi

### **C) ELECTRE**

**Avantajları:** Belirsizlik ve muğlaklığı dikkate alır

**Dezavantajları:** Alternatiflerin güçlü ve zayıf yönleri dışa açılma nedeniyle doğrudan tanımlanamayabilir

**Kullanım Alanları:** Enerji, su yönetimi, çevre ve ulaşım

#### **D) Bulanık Küme Teorisi (Fuzzy Set Theory)**

**Avantajları:** Yanlış girdileri absorbe etme olanağı, yetersiz bilgiyi kabul eder

**Dezavantajları:** Kullanımı zor, kullanımdan önce pek çok simülasyona ihtiyaç duyulması

**Kullanım Alanları:** Mühendislik, sosyal, yönetim, iktisat, medikal ve çevre

#### **4.3 TOPSIS Yöntemi**

Günümüzde karar problemlerinin çözümü için kullanılan en popüler yöntemlerden biri TOPSIS'dir. Çok ölçütlü bir karar verme yönetimi (MCDM) olan TOPSIS, pek çok sektörde ve alanda kullanılmaktadır. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, diğer bir MCDM yöntemi olan ELECTRE yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir [53].

TOPSIS algoritması, karar probleminin çözümü için seçilen alternatiflerin, pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları kullanılarak, en uygun alternatifinin seçimini sağlar. En uygun alternatifin, negatif ideal çözüme en uzak, pozitif ideal çözüme ise en yakın olması gerekmektedir. Yöntem uygulanırken kullanılan kriter ağırlıkları ve alternatif derecelendirme değerleri doğrudan nicel veriler üzerinden yapılır [6].

TOPSIS yöntemi, her kriterin monoton artan veya azalan eğilime sahip olduğunu varsayar. Bu nedenle pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması kolaydır.

Alternatiflerin, ideal çözümlere olan göreceli uzaklıklarının elde edilmesi için Öklidsel Uzaklık Yaklaşımı kullanılır. Böylelikle alternatiflerin tercih sıraları, bulunan bu göreceli uzaklıklar karşılaştırılarak elde edilir [53].

#### **4.4 Bulanık TOPSIS Yöntemi**

Bulanık TOPSIS yöntemi, TOPSIS yönteminin gelişmiş bir versiyonudur. TOPSIS yönteminde karar vericiler, alternatifleri, nicel ve nitel kriterler açısından değerlendirirler. Değerlendirmeler yapılırken kullanılan ikili mantığa dayanan

ifadeler her zaman karar vericinin görüşünü doğru olarak yansıtmayabilmektedir. Gündelik hayatımızda düşüncelerimizi/görüşlerimizi her zaman kesin ve açık ifadeler kullanarak belirtmeyiz. Düşüncelerimizi/görüşlerimizi belirtirken kullandığımız pek çok yargı belirsizlik ve öznellik içerir. İnsan düşüncesini kesin verilerle tanımlamak oldukça zordur [8].

Karar vericilerin kriterler ve alternatifler için görüşlerinin, ikili mantığa dayanan ifadeler kullanılarak alınması, yaptıkları değerlendirmelerde belirsizliğe ve bulanıklığa sebep olabilmektedir. Bu nedenle çok ölçütlü karar verme yöntemleri gibi matematiksel uygulamalarda karar vericilerin, kriterler 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 [53] [27].

Dilsel ifadeler, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya atılan “Bulanık Sayılar Teoremi” ile ifade edilmektedir. Bulanık sayılar, bulanık mantık yaklaşımından yola çıkılarak tanımlanmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı, kesin karar verme yerine yaklaşık karar vermeye dayalı bir yaklaşımdır. Bulanık mantıkta, özellikle dilsel ifadeler kullanılarak yapılacak değerlendirmeler ile elde edilecek çözümlerin, doğası gereği yaklaşıklık üzerine kurulu olması beklenir [59]. Öznel (subjektif) ifadelerin önemli rol oynadığı çok ölçütlü karar verme süreçlerinde bu tür ifadelerin, bulanık ortamlarda karmaşık değerlendirmelerin yapılabilmesi için kullanılabilir ve kullanılan bu ifadelerin daha sonra sayısal değerlere çevrilebilmeleri gerekmektedir [25]. Bu ifadelerin kullanılabilmesini sağlayan bulanık sayılar, bulanık küme teorisi ile matematiksel olarak modellenmektedir [38].

Chen (2000) tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yönteminde, karar kriterleri ve alternatifler, dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmektedir [6]. Dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler, bulanık sayılar yardımıyla modellenmekte ve sonuca, TOPSIS yönteminde olduğu şekilde sayısal veriler ile ulaşılmaktadır.

## 5 YÖNTEM

Bu bölümde, bu tez kapsamında yapılan uygulama çalışmasında kullanılan metodoloji ve toplanan verilerin nasıl elde edildiği anlatılmaktadır.

### 5.1 Genel Bakış

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 departman sorumlusu ve firmanın yönetim bilişim sistemleri sorumlusu yer almıştır.

Çalışma kapsamında hedeflenen, firmaya en uygun ERP yazılımının seçimi için yöntem olarak Bulanık TOPSIS yöntemi seçilmiş ve bu yöntemin uygulanması için gereken veriler toplanmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi hakkında literatür taraması yapılmış ve yöntem, bulunan akademik çalışmalar çerçevesinde netleştirilmiştir. Daha önce yapılmış akademik çalışmalar ve karar vericiler tarafından yapılan araştırmalar ışığında, ERP yazılımı tedarik edilirken değerlendirilmesi gereken seçim kriterleri belirlenmiştir.

Bu aşamanın sonlanması ile beraber, karar verici heyet tarafından pek çok ERP yazılımı için tedarikçilerden demonstrasyon sunumları talep edilmiş ve tedarikçi firmalardan fiyat teklifleri alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu, çok ölçütlü karar verme 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 kriterleri olarak belirlenen kriterlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için hem firma içi karar vericilerin hem de aynı sektörde faaliyet gösteren diğer firmaların görüşüne başvurulmasına karar verilmiştir. Daha sonra, belirlenen firma içi karar vericilerin ve firmanın üyesi olduğu OSSA (Ostim Savunma ve Havacılık Kümelenmesi) grubu üye firmaların kendi tecrübeleri doğrultusunda dolduracağı bir soru formu oluşturulmuş ve bu formlardan elde edilen cevaplar ile ERP seçim kriterlerinin önem seviyeleri (ağırlıkları) belirlenmiştir.

Karar verici heyet tarafından alternatif olarak belirlenen 3 adet ERP yazılımının, belirlenen seçim kriterleri açısından değerlendirilmeleri amacıyla, firma içi karar vericilerin, alınan demonstrasyon sunumları ve fiyat teklifleri çerçevesinde, kişisel gözlemlerine dayanarak doldurmaları için bir diğer soru formu oluşturulmuştur. Bu formlardan elde edilen cevaplar ile alternatiflerin, kriterler açısından dereceleri belirlenmiştir.

Özetle, oluşturulan ilk form yardımıyla kriter ağırlıkları belirlenirken, ikinci form yardımıyla ise alternatiflerin, kriterler açısından dereceleri belirlenmiştir. Bu noktada, bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması için gereken tüm veriler hazır hale getirilmiştir.

## **5.2 Verilerin Toplanması**

Bulanık TOPSIS uygulaması, temelde iki veriye ihtiyaç duymaktadır. Bunlardan ilki; seçim sürecinde değerlendirilmek üzere belirlenen seçim kriterlerinin, önem seviyeleridir. Kriterlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için soru formu oluşturulmuş, doldurmaları için, firma içi 4 adet karar vericiye ve savunma sanayinde faaliyet gösteren benzer firmaların görüşünü almak amacıyla OSSA grubu üyesi 16 adet firmaya gönderilmiştir. Toplam 20 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve kriter önem seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Aynı sektörde faaliyet gösteren firmaların görüşleri alınarak, bir savunma sanayi firması için ERP yazılımının ne gibi özellikleri sahip olması gerektiği konusunda homojen bir fikir elde edilmeye çalışılmıştır.

Bulanık TOPSIS uygulaması için gereken bir diğer veri olan alternatiflerin kriterler açısından dereceleri için, alternatif olarak belirlenen ERP yazılımlarının, seçim kriterleri üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılması için, bir diğer soru formu oluşturulmuş ve alternatifler hakkında gerekli bilgiye sahip (demonstrasyon sunumlarına katılım sağlamış, tedarikçilerden alınan fiyat tekliflerini incelemiş, yazılımların demo sürümlerini incelemiş vb.) firma içi 4 adet karar vericiye doldurmaları için gönderilmiştir. Toplam 4 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve alternatifleri kriterler açısından derecelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Soru formlarından elde edilen veriler, kullanılmadan önce ön değerlendirmeye alınmış, herhangi bir tutarsızlık veya uç değer görülmediğinden, son aşamada olduğu şekilde kullanılmıştır.

### 5.3 Soru Formlarının Oluşturulması

Çalışma için gereken verilerin toplanması için 2 adet soru formu hazırlanmıştır.

Bu formlardan ilki, Ek-1’de bulunan “Kriter Ağırlıklandırma İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu” başlıklı formdur. Formun ilk bölümünde, bu formun neden gönderildiği, verilecek cevapların hangi amaçla kullanılacağı gibi bilgiler yer almaktadır. Daha sonraki bölümde, karar vericiler tarafından önem seviyelerinin belirlenmesi istenen kriterler ve açıklamaları bulunmaktadır. Formun son bölümünde ise kriterler değerlendirilirken kullanılacak dilsel ifadeler verilmiş ve karar vericilerin doldurması gereken veri tablosu paylaşılmıştır.

Karar vericilerin, kriterlerin önem seviyelerini belirlerken kullanmaları için aşağıdaki tablo verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kriter Ağırlıkları için Dilsel İfadeler

Önem Seviyesi	Kısaltma
ÇOK DÜŞÜK	ÇD
DÜŞÜK	D
BİRAZ DÜŞÜK	BD
ORTA	O
BİRAZ YÜKSEK	BY
YÜKSEK	Y
ÇOK YÜKSEK	ÇY

Hazırlanan formlardan ikincisi ise, Ek-2’de bulunan “Alternatiflerin Kriterler Seviyesinde Değerlendirilmesi İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu” başlıklı formdur. Bu formun da ilk bölümünde, formun neden gönderildiği, verilecek cevapların hangi amaçla kullanılacağı gibi bilgiler yer almaktadır. Daha sonraki bölümde, karar vericilerin alternatifleri değerlendirecekleri kriterler ve açıklamaları

bulunmaktadır. Formun son bölümünde ise kriter bazlı alternatif değerlendirme yapılırken kullanılacak dilsel ifadeler verilmiş ve karar vericilerin doldurması gereken veri tablosu paylaşılmıştır.

Karar vericilerin, kriter bazlı alternatif değerlendirme yaparken kullanmaları için aşağıdaki tablo verilmiştir.

Çizelge 5.2 Alternatif Derecelendirmesi için Dilsel İfadeler

Derecelendirme	Kısaltma
ÇOK ZAYIF	ÇZ
ZAYIF	Z
BİRAZ ZAYIF	BZ
ORTA	O
BİRAZ İYİ	Bi
İYİ	i
ÇOK İYİ	Çi

#### 5.4 Bulanık TOPSIS Metodolojisi

İlk kez Chen (2000) tarafından bulanık ortamlarda seçim yapmak amacıyla geliştirilen Bulanık TOPSIS yöntemi, bir Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi olup 9 aşamadan oluşan bir çözüm yöntemidir [6].

Çalışmanın bu bölümünde, Bulanık TOPSIS Yöntemi uygulamasında kullanılan bulanık sayı kümeleri hakkında ve daha sonrasında ise Bulanık TOPSIS uygulaması aşamaları hakkında bilgi verilecektir.

##### 5.4.1 Bulanık kümeler teoremi ve bulanık sayılar

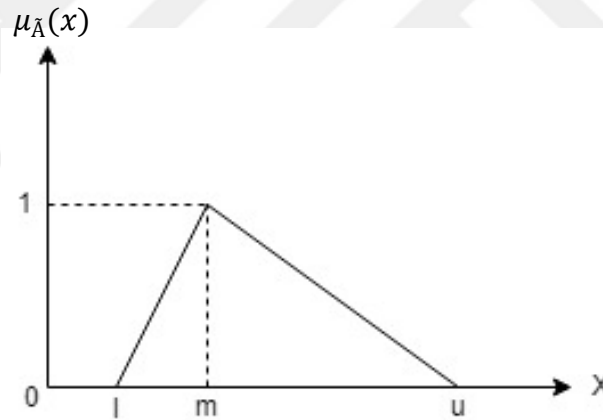
Bulanık kümeler teoremi, ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Bu teorem ile dilsel/sözel belirsizliklerin matematiksel modellenmesi yapılabilmektedir [60].

Klasik kümelerde, üyeliği ve üye olmamayı gösteren iki durum bulunmaktadır. Tamamıyla nitel bir ayırım yapan klasik kümelerde; üye olma durumu 1, üye olmama

durumu ise 0 ile gösterilmektedir [39]. Bulanık kümeler ise, tüm elemanları 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri alan, üyelik fonksiyonları ile tanımlanır [60]. Bulanık kümeler, harflerin üzerine iliştirilen “yaklaşık ( $\sim$ )” işareti ile ifade edilirler ( $\tilde{A}$ ).  $\tilde{A}$  ile tanımlanan bulanık kümenin üyelik fonksiyonu, (5.1) eşitliği ile gösterilmektedir [18].

$$\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1] \quad (5.1)$$

Literatürde çeşitli bulanık sayı çeşitleri bulunmaktadır ve yapılan çalışmalarda farklı bulanık sayı çeşitleri kullanılabilir. Bu çalışmada, üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Üçgensel üyelik fonksiyonunun yapısı aşağıda Şekil 5.1’de verilmiştir. Üçgen bulanık sayılar, (l,m,u) olarak ifade edilirler. Burada; l, m ve u harfleri sırasıyla; sayının alabileceği minimum değeri, orta değeri ve maksimum değeri temsil etmektedir [34].



Şekil 5.1 Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel bir üyelik fonksiyonu ve elemanları (5.2)’de verilen fonksiyon ile ifade edilmektedir.

$$\mu_{\tilde{A}}(x; l, m, u) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x - l) / (m - l), & l \leq x \leq m \\ (u - x) / (u - m), & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (5.2)$$



#### 5.4.2 Bulanık TOPSIS

Chen (2000) tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması 9 aşamadan oluşmaktadır.

##### **1.Aşama:** Karar Vericilerin, Seçim Kriterlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak karar verilecek seçim sürecinin başında ilk olarak yapılması gereken faaliyetler, Karar Vericilerin (KV), Seçim Kriterlerinin (C) ve alternatiflerin (A) belirlenmesidir. Aşağıdaki kümeler (5.3) ile ifade edilebilirler.

$$\begin{aligned} KV &= [KV_1, KV_2, \dots, KV_K] , K = 1, 2, \dots, K \\ C &= [C_1, C_2, \dots, C_j] , j = 1, 2, \dots, j \\ A &= [A_1, A_2, \dots, A_i] , i = 1, 2, \dots, i \end{aligned} \quad (5.3)$$

##### **2.Aşama:** Kriter Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelerinin Dilsel Değişkenler Kullanılarak Belirlenmesi

Bu aşamada, belirlenmiş seçim kriterlerinin ağırlıkları ve belirlenmiş alternatiflerin kriterler açısından seviyeleri, karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak belirlenir.

Her bir karar verici önce seçim kriterlerini önem seviyelerine göre, dilsel ifadeler kullanarak değerlendirir, daha sonra her bir alternatifi tüm kriterler açısından göz önüne alarak yine dilsel ifadeler kullanarak değerlendirir.

Tüm karar vericilerin yaptıkları değerlendirmeler sonucu aşağıdaki gibi (5.3) ve (5.4) tabloları elde edilir.

Çizelge 5.3 Kriterlerin Ağırlıklandırılması

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	...	C <sub>j</sub>
KV <sub>1</sub>				
KV <sub>2</sub>				
...				
KV <sub>k</sub>				

Çizelge 5.4 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirmesi

	C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>				...				C <sub>j</sub>			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>i</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>i</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>i</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>i</sub>
KV <sub>1</sub>																
KV <sub>2</sub>																
...																
KV <sub>k</sub>																

Karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler ile elde edilmiş tablolardaki veriler, seçilmiş bulanık küme fonksiyonu kullanılarak üçgen bulanık sayılara çevrilir. Tablolardaki veriler bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra (5.5) ve (5.6) tabloları elde edilir.

Çizelge 5.5 Üçgen Bulanık Sayılar ile Kriter Ağırlıkları

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			...			C <sub>j</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>												
KV <sub>2</sub>												
...												
KV <sub>k</sub>												

Çizelge 5.6 Üçgen Bulanık Sayılar ile Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri

	C <sub>1</sub>						...						C <sub>i</sub>								
	A <sub>1</sub>		...		A <sub>j</sub>		A <sub>1</sub>		...		A <sub>j</sub>		A <sub>1</sub>		...		A <sub>j</sub>				
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>																					
KV <sub>2</sub>																					
...																					
KV <sub>k</sub>																					

### **3.Aşama:** Birleştirilmiş Karar Matrisinin ve Ağırlık Matrisinin Elde Edilmesi

Bir önceki aşamada elde edilen tablolar, tüm karar vericilerin değerlendirmelerini içeren tablolar olduğundan, karar vericilerin değerlendirmelerinin tek bir ortak veriye indirgenmesi, karar matrisinin ve kriter ağırlıkları matrisinin oluşturulması gerekir.

Karar vericilerin değerlendirmeleri ile oluşan verilerin teke indirgenmesi için (5.4) ve (5.5) formülleri kullanılır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [ \tilde{w}_j^1(+)\tilde{w}_j^2(+)\dots(+)\tilde{w}_j^K ] \quad (5.4)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [ \tilde{x}_{ij}^1(+)\tilde{x}_{ij}^2(+)\dots(+)\tilde{x}_{ij}^K ] \quad (5.5)$$

Burada;  $\tilde{w}_j^K$ , K. karar vericinin j. kriter için belirlediği ağırlığı,  $\tilde{x}_{ij}^K$  ise K. karar vericinin i. Alternatifin j. Kriter açısından belirlediği dereceyi ifade etmektedir.

Elde edilen veriler ile (1 x n) boyutlu kriter ağırlık vektörü (5.6) ve (m x n) boyutlu bulanık karar matrisi (5.7) elde edilir:

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (5.6)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.7)$$

Burada;  $\forall i, j$  için tüm  $\tilde{x}_{ij}$  'ler ve  $j = 1, 2, \dots, n$  için tüm  $\tilde{w}_j$  'ler dilsel ifadelerdir ve bu ifadeler,  $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  üçgen bulanık sayılar olarak ifade edilirler.  $\tilde{D}$  ve  $\tilde{W}$  matrisleri sırasıyla, bulanık karar matrisini ve bulanık kriter ağırlıkları matrisini temsil ederler.

#### **4.Aşama:** Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada, bir önceki aşamada elde edilen bulanık karar matrisinden,  $\tilde{R}$  olarak belirtilen ve (5.8) eşitliği ile ifade edilen normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5.8)$$

Normalize bulanık karar matrisi (5.9) eşitliği ile elde edilir. Burada; B, karar verme sürecinde maksimize edilmesi gereken kriterler kümesini, yani bir diğer deyiş ile “fayda” kriterleri kümesini, C ise karar verme sürecinde minimize edilmesi gereken kriterler kümesini, bir diğer deyiş ile “kayıp” kriterleri kümesini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{l_{ij}}{u_j^*}, \frac{m_{ij}}{u_j^*}, \frac{u_{ij}}{u_j^*} \right), j \in B; \\ \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), j \in C; \\ u_j^* &= \max_i u_{ij} \text{ eğer } j \in B \\ l_j^- &= \min_i l_{ij} \text{ eğer } j \in C \end{aligned} \quad (5.9)$$

Burada yapılan normalizasyon işleminin nedeni, normalize edilmiş üçgen bulanık sayıların  $[0,1]$  aralığında olma şartının muhafaza edilmesidir.

#### **5.Aşama:** Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra (5.10) eşitliği ile ifade edilen, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matrisin elemanları (5.11) eşitliği ile hesaplanır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5.10)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(x) \tilde{w}_j \quad (5.11)$$

Bu noktada, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin tüm elemanları (  $\forall i, j$  için) yani tüm ( $\tilde{v}_{ij}$ ) değerleri,  $[0,1]$  aralığında, normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılardır.

### **6.Aşama:** Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra “Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Kümesi (FPIS)” ve “Bulanık Negatif İdeal Çözüm Kümesi (FNIS)” belirlenir.

Bu kümelerin belirlenmesinde 2 farklı yaklaşım bulunmaktadır.

Bunlardan ilki, pozitif ideal çözüm kümesi elemanlarını maksimize ve negatif ideal çözüm kümesi elemanlarını minimize edilerek, (5.12) ve (5.13) eşitlikleri kullanılarak çözüm kümelerinin elde edilmesidir [6].

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

$$A^* = \{ [\tilde{v}_j^* = (1,1,1) \mid j \in B], [\tilde{v}_j^* = (0,0,0) \mid j \in C] \} ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5.12)$$

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

$$A^- = \{ [\tilde{v}_j^- = (0,0,0) \mid j \in B], [\tilde{v}_j^- = (1,1,1) \mid j \in C] \} ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5.13)$$

Diğer yaklaşımda ise (5.14) ve (5.15) eşitlikleri kullanılarak, elde bulunan karar matrisinin elemanlarından en büyük ve en küçük değerler kullanılarak pozitif ideal ve negatif ideal çözüm kümelerinin oluşturulmasıdır [54].

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

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in B \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in C \right) \right\} ; i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5.14)$$

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

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in B \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in C \right) \right\} ; i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (5.15)$$

Yukarıda belirtilen her iki yaklaşım da uygulanan çok ölçütlü karar verme yönteminin uygulanması sonucu verdiği, en uygun çözümü etkilememektedir.

Yaklaşımlardan ilkinde, negatif ve pozitif ideal çözüm kümeleri [0,1] değer aralığı göz önüne alınarak minimum ve maksimum değerlerden oluşturulmaktadır. Kümelerin bu şekilde seçilmesi, çok ölçütlü karar verme 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. İkinci yaklaşımda ise, negatif ve pozitif ideal çözüm kümeleri yine [0,1] değer aralığında ancak karar matrisinde bulunan en büyük ve en küçük değerlerden oluşturulmaktadır. Kümelerin bu şekilde seçilmesi sonucu, çok ölçütlü karar verme yöntemi uygulanarak, karar problemi sahibi için belirlenen en uygun alternatifin yakınlık katsayısı 1 olarak bulunmaktadır. Bu nedenle, ilk yaklaşım kullanıldığında yöntemin en uygun olarak 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, ikinci yaklaşımda, yöntem tarafından sunulan en uygun alternatifin yakınlık katsayısı 1 olarak bulunduğundan, bu değerlendirme yapılamamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, ilk yaklaşım kullanılmıştır.

### **7.Aşama:** Alternatiflerin İdeal Çözümlere Uzaklıklarının Hesaplanması

Bu aşamada alternatiflerin, belirlenen ideal çözüm kümelerine olan uzaklıkları hesaplanır. Burada; 2 bulanık sayı arasındaki uzaklığın bulunması için Vertex Metodu olarak adlandırılan yöntem kullanılır [6].

$\tilde{m}$  ve  $\tilde{n}$  iki üçgen bulanık sayı olsun;

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$  ,  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  iken bu iki bulanık sayı arasındaki mesafe (5.16) eşitliği ile hesaplanır.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (5.16)$$

Vertex metodu kullanılarak her bir alternatifin, pozitif ideal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm kümelerine olan uzaklığı (5.17) ve (5.18) eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), i = 1, 2, \dots, m \quad (5.17)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (5.18)$$

Burada  $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$  ve  $d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$ , iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı ifade etmektedir.

### **8.Aşama:** Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması

Pozitif ideal ve negatif ideal kümelere olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra (5.19) eşitliği ile her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır.

$A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) olmak üzere her bir alternatif için,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (5.19)$$

### **9.Aşama:** Yakınlık Katsayılarına Göre Alternatiflerin Sıralanması

Son olarak, bir önceki aşamada elde edilen yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır. Alternatifler, yakınlık katsayılarına göre 1'e en yakın olandan en uzak olana doğru sıralanır ve sıra numarası alırlar. Burada; pozitif ideal çözüm kümesine (FPIS) ( $A^*$ ) yakınsayan ve negatif ideal çözüm kümesine (FNIS) ( $A^-$ ) uzak olan  $i$ . alternatifin ( $A_i$ ) yakınlık katsayısı 1'e yaklaşacaktır. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın alternatif, karar verme probleminde ilk sırada dikkate alınacak alteratiftir.

Yakınlık katsayısı 1'e en yakın alternatifin en iyi çözüm olarak derecelendirilmesinin yanı sıra alternatiflerin hesaplanan yakınlık katsayılarından yola çıkarak, verilecek karar için dilsel kabul kriterleri de kullanılabilir. Çizelge 5.7'de alternatiflerin sıralama sonuçları değerlendirilirken kullanılacak dilsel kabul kriterleri verilmiştir [20].

Çizelge 5.7 Alternatif Kabul Kriterleri

<b>Yakınlık Katsayısı (<math>CC_i</math>)</b>	<b>Değerlendirme</b>
$CC_i \in [0, 0.2)$	Tavsiye Edilmez
$CC_i \in [0.2, 0.4)$	Yüksek Risk ile Tavsiye Edilir
$CC_i \in [0.4, 0.6)$	Düşük Risk ile Tavsiye Edilir
$CC_i \in [0.6, 0.8)$	Kabul Edilebilir
$CC_i \in [0.8, 1.0)$	Kabul Edilebilir ve Tercih Edilebilir





## 6 UYGULAMA

Bu bölümde, bir önceki bölümde detayları verilen metodoloji kullanılarak yapılan uygulama çalışması anlatılmıştır. Çalışmaya konu olan -savunma sanayinde faaliyet gösteren- elektronik firmasının ERP yazılımı tedarik etme kararı ile başlayan süreçte, 9 aşamadan oluşan çok ölçütlü karar verme yöntemi kullanılmış (Bulanık TOPSIS) ve çözüme yönelik bulgular elde edilmiştir.

### 6.1 Karar Vericilerin, Seçim Kriterlerinin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak firmaya en uygun ERP yazılımının seçilmesi amaçlanan bu çalışma kapsamında, çalışmanın yapılacağı firma yöneticileri tarafından bu görev için, firma içinden, 4 adet karar verici atanmıştır.

Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu, yöntemin bir aşaması olan, seçim kriterlerinin önem seviyelerinin belirlenmesi (ağırlıklandırılması) faaliyetine, ERP yazılımı seçim süreçlerinde tecrübe edinmiş olduğu düşünülen, daha önce ERP yazılımı tedarik etmiş ve aynı sektörde benzer alanlarda faaliyet gösteren, OSSA grubu üyesi diğer firmaları da karar verici olarak dahil etme kararı verilmiştir.

Bu çerçevede, seçim kriterlerinin önem seviyelerinin tespit edilmesi amacıyla hazırlanan soru formunun, OSSA grubu üyesi 16 adet firmaya da gönderilmesine ve bu firmaların seçim kriter ağırlıklarının tespit edilmesi faaliyetine katılımları sağlanarak, değerlendirmelerinin alınmasına karar verilmiştir. Sürece bu bölümde dahil edilen 16 adet firma ve daha öncesinde firma içinde belirlenmiş 4 adet karar verici ile beraber seçim kriterlerin ağırlıklandırılması için belirlenen karar verici sayısı toplam 20 olmuştur.

Sürecin diğer bir bölümü olan alternatiflerin kriterler açısından derecelendirilmesi faaliyeti için değerlendirmeyi yapacak karar vericilerin, çalışmanın yapılacağı organizasyon hakkında bilgiye ve seçim sürecinde belirlenen alternatifler hakkında edinilen bilgiye (demonstrasyonlar, teklifler vb.) sahip olmaları gereklidir. Bu nedenle, yöntem kapsamında yapılması gereken, alternatiflerin kriterler açısından derecelendirilmesi faaliyetini yapabilecek karar verici sayısı, firma içinde karar verici olarak atanan personel sayısı ile sınırlıdır ve 4'tür.

Alternatiflerin birbirlerine göre karşılaştırılmaları için gereken seçim kriterleri, yapılan literatür taraması ile birlikte karar heyeti tarafından belirlenmiştir. ERP yazılımı alternatiflerini değerlendirmek amacıyla toplam 8 adet seçim kriteri belirlenmiştir (Çizelge 6.1).

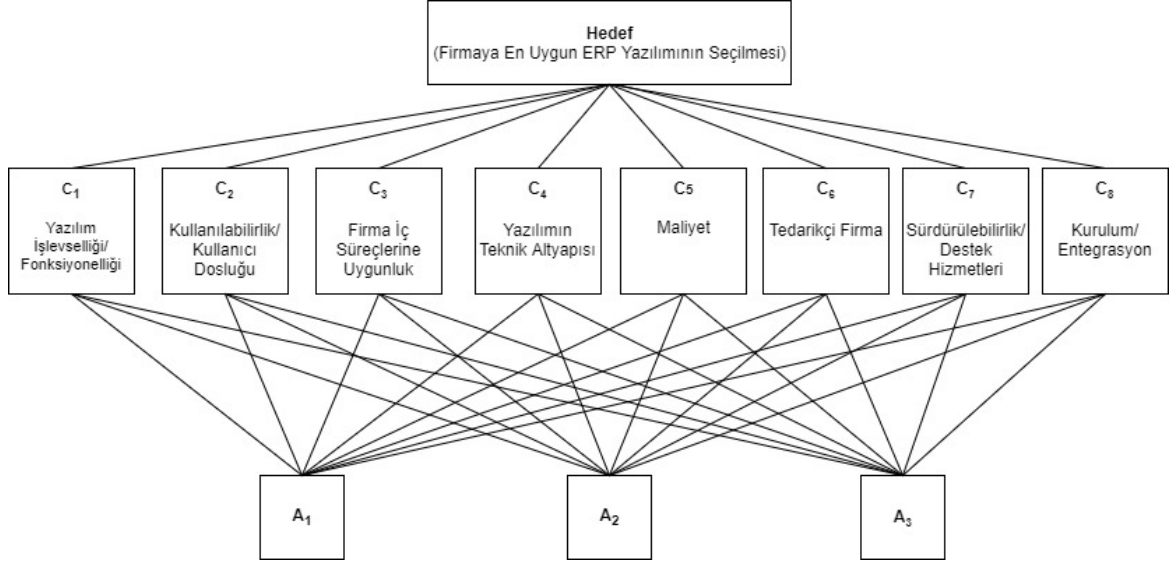
Çizelge 6.1 Seçim Kriterleri

<b>Kriter Sembolü</b>	<b>Kriter</b>
C <sub>1</sub>	Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik
C <sub>2</sub>	Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu
C <sub>3</sub>	Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk
C <sub>4</sub>	Yazılımın Teknik Altyapısı
C <sub>5</sub>	Maliyet
C <sub>6</sub>	Tedarikçi Firma
C <sub>7</sub>	Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri
C <sub>8</sub>	Kurulum / Entegrasyon

Yürütülen çalışma kapsamında, tedarik edilmesi planlanan ERP yazılımı için pek çok tedarikçiden demonstrasyon sunumları ve fiyat teklifleri alınmıştır. ERP yazılımı tedarikçi firmaları ve yazılımlar hakkında bilgi toplama ve gözlem sürecinin ardından, firma üst yönetiminin de katılım sağladığı bir değerlendirme toplantısı sonucu, çok ölçütlü karar verme yöntemi kullanılarak yapılacak seçim için alternatif ERP yazılımı sayısı üçe indirilmiş ve yöntemin bu 3 üç yazılım üzerinden uygulanmasına karar verilmiştir.

Alternatif olarak belirlenen yazılımların gerçek isimleri bu çalışmada verilmemektedir, çalışma boyunca A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub> olarak anılacaklardır.

Seçim kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi ile beraber karar probleminin hiyerarşik yapısı, Şekil 6.1 ile ifade edilebilmektedir. Kullanılan Bulanık TOPSIS yöntemi ile bu karar probleminin çözümü amaçlanmaktadır.



Şekil 6.1 Hiyerarşik Yapı

Bulanık TOPSIS yöntemi çerçevesinde bu aşamada belirlenen; Karar Vericiler (KV), Seçim Kriterleri (C) ve Alternatifler (A), (5.3)'deki eşitlikler kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir. Karar verici kümeleri, seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin kriterler üzerinden değerlendirilmesi faaliyetleri açısından farklılık gösterdiğinden, iki faaliyet için farklı kümeler tanımlanmıştır.

Kriter ağırlıklandırılması için 20 adet karar verici;

$$KV^1 = [KV_1, KV_2, \dots, KV_K] \quad , K = 1, 2, \dots, 20$$

Alternatiflerin Kriterler açısından derecelendirilmesi için 4 adet karar verici;

$$KV^2 = [KV_1, KV_2, \dots, KV_K] \quad , K = 1, 2, \dots, 4$$

8 adet seçim kriteri;

$$C = [C_1, C_2, \dots, C_j] \quad , j = 1, 2, \dots, 8$$

3 adet alternatif;

$$A = [A_1, A_2, \dots, A_i] \quad , i = 1, 2, \dots, 3$$

## 6.2 Kriter Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelerinin Dilsel Değişkenler Kullanılarak Belirlenmesi

Karar vericilerin, seçim kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesinin ardından EK-1 ve EK-2'deki soru formları, ilgili karar vericilere gönderilmiş ve karar vericilerin formları doldurması istenmiştir.

Karar vericilerin, kriter önem seviyeleri için değerlendirmeleri alınırken kullanılan dilsel ifadelerin, bulanık sayılara karşılık gelen üyelik fonksiyonları, Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Kriter Önem Seviyeleri İçin Üyelik Fonksiyonları [6]

Önem Seviyesi	Kısaltma	Üyelik Fonksiyonu
ÇOK DÜŞÜK	ÇD	(0, 0, 0.1)
DÜŞÜK	D	(0, 0.1, 0.3)
BİRAZ DÜŞÜK	BD	(0.1, 0.3, 0.5)
ORTA	O	(0.3, 0.5, 0.7)
BİRAZ 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)

Karar vericilerden gelen doldurulmuş soru formları ile Çizelge 6.3'de verilen cevaplar elde edilmiştir:

Çizelge 6.3 Kriter Önem Seviyelerinin Belirlenmesi İçin Gelen Cevaplar

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

Çizelge 6.3'de, 4 adet şirket içi karar verici ve OSSA grubundaki diğer firmalarda bulunan 16 adet karar verici olmak üzere toplam 20 karar vericinin, belirlenmiş 8 adet seçim kriterini, önem seviyelerine göre değerlendirdikten sonra kendilerine verilen dilsel ifadeler tablosunu kullanarak kriterler için yaptıkları derecelendirmeler bulunmaktadır.

Karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler ile elde edilmiş tablodaki veriler, seçilmiş bulanık küme fonksiyonu (Çizelge 6.2) kullanılarak üçgen bulanık sayılara çevrilmiş ve Çizelge 6.4'deki tablo elde edilmiştir.

Çizelge 6.4 Kriter Önem Seviyeleri İçin Bulanık Sayı Gösterimi

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>2</sub>	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>3</sub>	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
KV <sub>4</sub>	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>5</sub>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.1	0.3	0.5
KV <sub>6</sub>	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>7</sub>	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>8</sub>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>9</sub>	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>10</sub>	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>11</sub>	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>12</sub>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>13</sub>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>14</sub>	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>15</sub>	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>16</sub>	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>17</sub>	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>18</sub>	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
KV <sub>19</sub>	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>20</sub>	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	0.0	0.1	0.3	0.9	1.0	1.0	0.5	0.7	0.9	0.3	0.5	0.7
KV <sub>2</sub>	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>3</sub>	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0
KV <sub>4</sub>	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>5</sub>	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>6</sub>	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>7</sub>	0.0	0.1	0.3	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>8</sub>	0.1	0.3	0.5	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
KV <sub>9</sub>	0.1	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>10</sub>	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
KV <sub>11</sub>	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	0.9	1.0	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>12</sub>	0.0	0.1	0.3	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9
KV <sub>13</sub>	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9
KV <sub>14</sub>	0.7	0.9	1.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0
KV <sub>15</sub>	0.0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0
KV <sub>16</sub>	0.0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7
KV <sub>17</sub>	0.0	0.1	0.3	0.7	0.9	1.0	0.5	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0
KV <sub>18</sub>	0.0	0.1	0.3	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	1.0
KV <sub>19</sub>	0.0	0.0	0.1	0.7	0.9	1.0	0.3	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0
KV <sub>20</sub>	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1.0

Karar vericilerin, kriterler açısından alternatif derecelendirilmesi için değerlendirmeleri alınırken kullanılan dilsel ifadelerin bulanık sayılara karşılık gelen üyelik fonksiyonları, Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri İçin Üyelik Fonksiyonları [6]

Derecelendirme	Kısaltma	Üyelik Fonksiyonu
ÇOK ZAYIF	ÇZ	(0, 0, 1)
ZAYIF	Z	(0, 1, 3)
BİRAZ ZAYIF	BZ	(1, 3, 5)
ORTA	O	(3, 5, 7)
BİRAZ İYİ	Bİ	(5, 7, 9)
İYİ	İ	(7, 9, 10)
ÇOK İYİ	Çİ	(9, 10, 10)

Karar vericilerden gelen doldurulmuş soru formları ile Çizelge 6.6’da verilen cevaplar elde edilmiştir:

Çizelge 6.6 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirilmesi İçin Gelen Cevaplar

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
KV <sub>1</sub>	İ	İ	O	Z	BZ	Z	İ	Çİ	Bİ	İ	Bİ	Bİ
KV <sub>2</sub>	O	İ	Z	BZ	O	BZ	Bİ	İ	BZ	İ	Bİ	Bİ
KV <sub>3</sub>	İ	Çİ	İ	O	Bİ	O	Bİ	İ	BZ	O	İ	O
KV <sub>4</sub>	O	İ	Z	Z	BZ	O	BZ	O	Z	Z	Çİ	BZ

	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
KV <sub>1</sub>	O	İ	BZ	İ	İ	O	O	Bİ	Bİ	O	O	O
KV <sub>2</sub>	Bİ	İ	Z	İ	Çİ	İ	Bİ	İ	BZ	O	Bİ	O
KV <sub>3</sub>	O	İ	ÇZ	Bİ	Çİ	Çİ	Bİ	Bİ	BZ	Bİ	Bİ	Bİ
KV <sub>4</sub>	O	İ	BZ	O	İ	O	Z	BZ	Z	Z	O	ÇZ

Çizelge 6.6’de, 4 adet şirket içi karar vericinin, belirlenmiş 3 adet alternatifi, 8 adet seçim kriteri açısından değerlendirdikten sonra kendilerine verilen dilsel ifadeler tablosunu kullanarak alternatifler için yaptıkları derecelendirmeler bulunmaktadır.

Karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler ile elde edilmiş tablodaki veriler, seçilmiş bulanık küme fonksiyonu (Çizelge 6.5) kullanılarak üçgen bulanık sayılara çevrilmiş ve Çizelge 6.7'deki tablo elde edilmiştir.

Çizelge 6.7 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri İçin Bulanık Sayı Gösterimi

	C <sub>1</sub>									C <sub>2</sub>								
	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	1	3	5	0	1	3
KV <sub>2</sub>	3	5	7	7	9	10	0	1	3	1	3	5	3	5	7	1	3	5
KV <sub>3</sub>	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	5	7	9	3	5	7
KV <sub>4</sub>	3	5	7	7	9	10	0	1	3	0	1	3	1	3	5	3	5	7

	C <sub>3</sub>									C <sub>4</sub>								
	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	7	9	10	9	10	10	5	7	9	7	9	10	5	7	9	5	7	9
KV <sub>2</sub>	5	7	9	7	9	10	1	3	5	7	9	10	5	7	9	5	7	9
KV <sub>3</sub>	5	7	9	7	9	10	1	3	5	3	5	7	7	9	10	3	5	7
KV <sub>4</sub>	1	3	5	3	5	7	0	1	3	0	1	3	9	10	10	1	3	5

	C <sub>5</sub>									C <sub>6</sub>								
	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	3	5	7	7	9	10	1	3	5	7	9	10	7	9	10	3	5	7
KV <sub>2</sub>	5	7	9	7	9	10	0	1	3	7	9	10	9	10	10	7	9	10
KV <sub>3</sub>	3	5	7	7	9	10	0	0	1	5	7	9	9	10	10	9	10	10
KV <sub>4</sub>	3	5	7	7	9	10	1	3	5	3	5	7	7	9	10	3	5	7

	C <sub>7</sub>									C <sub>8</sub>								
	A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>3</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV <sub>1</sub>	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7
KV <sub>2</sub>	5	7	9	7	9	10	1	3	5	3	5	7	5	7	9	3	5	7
KV <sub>3</sub>	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9	5	7	9	5	7	9
KV <sub>4</sub>	0	1	3	1	3	5	0	1	3	0	1	3	3	5	7	0	0	1



### 6.3 Birleştirilmiş Karar Matrisinin ve Ağırlık Matrisinin Elde Edilmesi

Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen ve her bir karar vericinin ayrı ayrı değerlendirmelerinden oluşan verilerin birleştirilmesi (teke indirgenmesi), (5.4) ve (5.5) eşitlikleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan birleştirme işlemleri sonucunda Bulanık Karar Matrisi ve Bulanık Kriter Ağırlıkları Matrisi elde edilmiştir.

#### **Bulanık Kriter Ağırlıkları Matrisinin Elde Edilmesi:**

Çizelge 6.4'deki ilgili veriler kullanılarak  $C_1$  kriteri için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

$C_1$  kriterinin "l" değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$w_1(l) = \frac{1}{20} [0.7 + 0.9 + 0.9 + \dots + 0.7] = 0.82$$

$C_1$  kriterinin "m" değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$w_1(m) = \frac{1}{20} [0.9 + 1.0 + 1.0 + \dots + 0.9] = 0.96$$

$C_1$  kriterinin "u" değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$w_1(u) = \frac{1}{20} [1.0 + 1.0 + 1.0 + \dots + 1.0] = 1.00$$

Diğer kriterler için de aynı hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 6.8'de verilen, kriter önem seviyeleri (ağırlıkları) bulunmuştur. Diğer kriterler için yapılan hesaplamaların sonuçları EK-3'de ayrıca verilmiştir.

Çizelge 6.8 Kriter Ağırlıkları (Birleştirilmiş)

Kriter	Ağırlık	Ağırlık		
		l	m	u
C <sub>1</sub>	w <sub>1</sub>	0.82	0.96	1.00
C <sub>2</sub>	w <sub>2</sub>	0.70	0.86	0.95
C <sub>3</sub>	w <sub>3</sub>	0.82	0.96	1.00
C <sub>4</sub>	w <sub>4</sub>	0.45	0.64	0.81
C <sub>5</sub>	w <sub>5</sub>	0.18	0.30	0.47
C <sub>6</sub>	w <sub>6</sub>	0.48	0.67	0.82
C <sub>7</sub>	w <sub>7</sub>	0.67	0.84	0.95
C <sub>8</sub>	w <sub>8</sub>	0.63	0.81	0.93

Elde edilen veriler ile (1 x 8) boyutlu kriter ağırlık vektörü, (5.7) eşitliği kullanılarak oluşturulmuştur:

$$\tilde{W} = [(0.82,0.96,1.00), (0.70,0.86,0.95), (0.82,0.96,1.00), \dots, (0.63,0.81,0.93)]$$

Bulanık sayılar ile ifade edilen kriter ağırlıklarından oluşan  $\tilde{W}$  matrisi, bulanık kriter ağırlıkları matrisini temsil etmektedir.

### **Bulanık Karar Matrisinin Elde Edilmesi:**

Çizelge 6.7'deki ilgili veriler kullanılarak C<sub>1</sub> kriteri için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>1</sub> alternatifi açısından derecesinin "l" değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(l)(A_1) = \frac{1}{4} [7 + 3 + 7 + 3] = 5.0$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>1</sub> alternatifi açısından derecesinin “m” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(m)(A_1) = \frac{1}{4} [9 + 5 + 9 + 5] = 7.0$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>1</sub> alternatifi açısından derecesinin “u” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(u)(A_1) = \frac{1}{4} [10 + 7 + 10 + 7] = 8.5$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>2</sub> alternatifi açısından derecesinin “l” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(l)(A_2) = \frac{1}{4} [7 + 7 + 9 + 7] = 7.5$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>2</sub> alternatifi açısından derecesinin “m” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(m)(A_2) = \frac{1}{4} [9 + 9 + 10 + 9] = 9.25$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>2</sub> alternatifi açısından derecesinin “u” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(u)(A_2) = \frac{1}{4} [10 + 10 + 10 + 10] = 10.0$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>3</sub> alternatifi açısından derecesinin “l” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(l)(A_3) = \frac{1}{4} [3 + 0 + 7 + 0] = 2.50$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>3</sub> alternatifi açısından derecesinin “m” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(m)(A_3) = \frac{1}{4} [5 + 1 + 9 + 1] = 4.00$$

C<sub>1</sub> kriterinin, A<sub>3</sub> alternatifi açısından derecesinin “u” değerlerinin teke indirgenmiş değeri:

$$x_{11}(u)(A_3) = \frac{1}{4} [7 + 3 + 10 + 3] = 5.75$$

Diğer kriterler için de her bir alternatif açısından aynı hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 6.9’da verilen, alternatiflerin kriterler açısından dereceleri bulunmuştur. Diğer kriterler için yapılan hesaplamaların sonuçları EK-4’de ayrıca verilmiştir.

Çizelge 6.9 Alternatiflerin Kriterler Açısından Dereceleri (Birleştirilmiş)

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	5.00	7.00	8.50	1.00	2.50	4.50	4.50	6.50	8.25	4.25	6.00	7.50
A <sub>2</sub>	7.50	9.25	10.00	2.50	4.50	6.50	6.50	8.25	9.25	6.50	8.25	9.50
A <sub>3</sub>	2.50	4.00	5.75	1.75	3.50	5.50	1.75	3.50	5.50	3.50	5.50	7.50

	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	3.50	5.50	7.50	5.50	7.50	9.00	3.25	5.00	7.00	2.75	4.50	6.50
A <sub>2</sub>	7.00	9.00	10.00	8.00	9.50	10.00	4.50	6.50	8.25	4.00	6.00	8.00
A <sub>3</sub>	0.50	1.75	3.50	5.50	7.25	8.50	1.75	3.50	5.50	2.75	4.25	6.00

Elde edilen veriler ile (3 x 8) boyutlu karar matrisi, (5.6) eşitliği kullanılarak oluşturulmuştur:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} (5.00,7.00,8.50) & (1.00,2.50,4.50) & (4.50,6.50,8.25) & \cdots & (2.75,4.50,6.50) \\ (7.50,9.25,10.00) & (2.50,4.50,6.50) & (6.50,8.25,9.25) & \ddots & (4.00,6.00,8.00) \\ (2.50,4.00,5.75) & (1.75,3.50,5.50) & (1.75,3.50,5.50) & \cdots & (2.75,4.25,6.00) \end{bmatrix}$$

Bulanık sayılar ile ifade edilen alternatiflerin kriterler açısından derecelerinden oluşan  $\tilde{D}$  matrisi, bulanık karar matrisini temsil etmektedir.

#### 6.4 Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık kriter ağırlıkları matrisinin ve bulanık karar matrisinin elde edilmesi sonrasında, bulanık karar matrisine ( $\tilde{D}$ ), (5.9) eşitliği kullanılarak normalizasyon işlemi uygulanmıştır.

Tedarik edilecek ERP yazılımı seçimi için değerlendirilmesine karar verilen seçim kriterlerinin tümü, çözüm için maksimize edilmesi gereken (fayda kriterleri) kriterlerdir. Bu kapsamda Çizelge 6.9'daki ilgili veriler kullanılarak  $C_1$  ve  $C_2$  kriterleri için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

$$u_1^* = \max_3(8.50, 10.00, 5.75) = 10.00 ;$$

$$\tilde{r}_{11} = \left( \frac{5.00}{10.00}, \frac{7.00}{10.00}, \frac{8.50}{10.00} \right) = (0.500, 0.700, 0.850)$$

$$\tilde{r}_{21} = \left( \frac{7.50}{10.00}, \frac{9.25}{10.00}, \frac{10.00}{10.00} \right) = (0.750, 0.925, 1.000)$$

$$\tilde{r}_{31} = \left( \frac{2.50}{10.00}, \frac{4.00}{10.00}, \frac{5.75}{10.00} \right) = (0.250, 0.400, 0.575)$$

$$u_2^* = \max_3(4.50, 6.50, 5.50) = 6.50 ;$$

$$\tilde{r}_{12} = \left( \frac{1.00}{6.50}, \frac{2.50}{6.50}, \frac{4.50}{6.50} \right) = (0.154, 0.385, 0.692)$$

$$\tilde{r}_{22} = \left( \frac{2.50}{6.50}, \frac{4.50}{6.50}, \frac{6.50}{6.50} \right) = (0.385, 0.692, 1.000)$$

$$\tilde{r}_{32} = \left( \frac{1.75}{6.50}, \frac{3.50}{6.50}, \frac{5.50}{6.50} \right) = (0.269, 0.538, 0.846)$$

Diğer kriterler için de aynı hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 6.10'da verilen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 6.10 Normalizasyon Sonrası Karar Matrisi Değerleri

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	0.500	0.700	0.850	0.154	0.385	0.692	0.486	0.703	0.892	0.447	0.632	0.789
A <sub>2</sub>	0.750	0.925	1.000	0.385	0.692	1.000	0.703	0.892	1.000	0.684	0.868	1.000
A <sub>3</sub>	0.250	0.400	0.575	0.269	0.538	0.846	0.189	0.378	0.595	0.368	0.579	0.789

	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	0.350	0.550	0.750	0.550	0.750	0.900	0.394	0.606	0.848	0.344	0.563	0.813
A <sub>2</sub>	0.700	0.900	1.000	0.800	0.950	1.000	0.545	0.788	1.000	0.500	0.750	1.000
A <sub>3</sub>	0.050	0.175	0.350	0.550	0.725	0.850	0.212	0.424	0.667	0.344	0.531	0.750

Yapılan işlemler sonucu Normalize Bulanık Karar Matrisi ( $\tilde{R}$ ), (5.8) eşitliği kullanılarak oluşturulmuştur:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} (0.500,0.700,0.850) & (0.154,0.385,0.692) & (0.486,0.703,0.892) & \cdots & (0.344,0.563,0.813) \\ (0.750,0.925,1.000) & (0.385,0.692,1.000) & (0.703,0.892,1.000) & \ddots & (0.500,0.750,1.000) \\ (0.250,0.400,0.575) & (0.269,0.538,0.846) & (0.189,0.378,0.595) & \cdots & (0.344,0.531,0.750) \end{bmatrix}$$

## 6.5 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki aşamada normalize karar matrisinin elde edilmesinin ardından bu aşamada, ağırlıklı normalize karar matrisi, (5.11) eşitliği kullanılarak, daha önce elde edilen  $\tilde{W}$  (Bulanık Ağırlık) ve  $\tilde{R}$  (Normalize Bulanık Karar) matrislerinin çarpımıyla oluşturulmuştur.

Çizelge 6.8 ve Çizelge 6.10'daki ilgili veriler kullanılarak C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> kriterleri için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır:

$$\tilde{v}_{11} = [(0.500, 0.700, 0.850) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.410, 0.672, 0.850)$$

$$\tilde{v}_{21} = [(0.750, 0.925, 1.000) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.615, 0.888, 1.000)$$

$$\tilde{v}_{31} = [(0.250, 0.400, 0.575) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.205, 0.384, 0.575)$$

$$\tilde{v}_{12} = [(0.154, 0.385, 0.692) \times (0.70, 0.86, 0.95)] = (0.108, 0.329, 0.654)$$

$$\tilde{v}_{22} = [(0.385, 0.692, 1.000) \times (0.70, 0.86, 0.95)] = (0.269, 0.592, 0.945)$$

$$\tilde{v}_{32} = [(0.269, 0.538, 0.846) \times (0.70, 0.86, 0.95)] = (0.188, 0.460, 0.800)$$

$$\tilde{v}_{13} = [(0.486, 0.703, 0.892) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.399, 0.675, 0.892)$$

$$\tilde{v}_{23} = [(0.703, 0.892, 1.000) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.576, 0.856, 1.000)$$

$$\tilde{v}_{33} = [(0.189, 0.378, 0.595) \times (0.82, 0.96, 1.00)] = (0.155, 0.363, 0.595)$$

Diğer matris elemanları için de aynı hesaplamalar yapılmış ve Çizelge 6.11'de verilen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 6.11 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi Değerleri

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	0.410	0.672	0.850	0.108	0.329	0.654	0.399	0.675	0.892	0.201	0.404	0.636
A <sub>2</sub>	0.615	0.888	1.000	0.269	0.592	0.945	0.576	0.856	1.000	0.308	0.556	0.805
A <sub>3</sub>	0.205	0.384	0.575	0.188	0.460	0.800	0.155	0.363	0.595	0.166	0.371	0.636

	C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A <sub>1</sub>	0.061	0.162	0.349	0.264	0.499	0.734	0.264	0.506	0.802	0.217	0.456	0.756
A <sub>2</sub>	0.123	0.266	0.465	0.384	0.632	0.815	0.365	0.658	0.945	0.315	0.608	0.930
A <sub>3</sub>	0.009	0.052	0.163	0.264	0.482	0.693	0.142	0.354	0.630	0.217	0.430	0.698

Yapılan işlemler sonucu Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi ( $\tilde{V}$ ), (5.10) eşitliği kullanılarak oluşturulmuştur:

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} (0.410, 0.672, 0.850) & (0.108, 0.329, 0.654) & (0.399, 0.675, 0.892) & \cdots & (0.217, 0.456, 0.756) \\ (0.615, 0.888, 1.000) & (0.269, 0.592, 0.945) & (0.576, 0.856, 1.000) & \ddots & (0.315, 0.608, 0.930) \\ (0.205, 0.384, 0.575) & (0.188, 0.460, 0.800) & (0.155, 0.363, 0.595) & \cdots & (0.217, 0.430, 0.698) \end{bmatrix}$$

## 6.6 Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize karar matrisinin elde edilmesinden sonra, Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Kümeleri; tedarik edilecek ERP yazılımı seçimi için değerlendirilmesine karar verilen seçim kriterlerinin tümü, çözüm için maksimize edilmesi gereken (fayda kriterleri) kriterler olduğundan, (5.12) ve (5.13) eşitlikleri kullanılarak belirlenmiştir.

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

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

## 6.7 Alternatiflerin İdeal Çözümlere Uzaklıklarının Hesaplanması

Bu aşamada alternatiflerin, bir önceki aşamada belirlenen pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları, (5.17) ve (5.18) eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. İki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması için (5.16) eşitliği kullanılmıştır.

$$d(\tilde{v}_{11}, \tilde{v}_1^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.410)^2 + (1.000 - 0.672)^2 + (1.000 - 0.850)^2]} = 0.3992$$

$$d(\tilde{v}_{12}, \tilde{v}_2^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.108)^2 + (1.000 - 0.329)^2 + (1.000 - 0.654)^2]} = 0.6748$$

$$d(\tilde{v}_{13}, \tilde{v}_3^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.399)^2 + (1.000 - 0.675)^2 + (1.000 - 0.892)^2]} = 0.3995$$

$$d(\tilde{v}_{14}, \tilde{v}_4^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.201)^2 + (1.000 - 0.404)^2 + (1.000 - 0.636)^2]} = 0.6126$$

$$d(\tilde{v}_{15}, \tilde{v}_5^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.061)^2 + (1.000 - 0.162)^2 + (1.000 - 0.349)^2]} = 0.8180$$

$$d(\tilde{v}_{16}, \tilde{v}_6^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.264)^2 + (1.000 - 0.499)^2 + (1.000 - 0.734)^2]} = 0.5366$$

$$d(\tilde{v}_{17}, \tilde{v}_7^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.264)^2 + (1.000 - 0.506)^2 + (1.000 - 0.802)^2]} = 0.5244$$

$$d(\tilde{v}_{18}, \tilde{v}_8^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.217)^2 + (1.000 - 0.456)^2 + (1.000 - 0.756)^2]} = 0.5686$$



$d_1^*$ ,  $A_1$  alternatifinin pozitif ideal çözüm kümesinden olan uzaklığı olmak üzere:

$$d_1^* = (0.3992) + (0.6748) + \dots + (0.5686) = 4.5338$$

$$d(\tilde{v}_{11}, \tilde{v}_1^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.410)^2 + (0 - 0.672)^2 + (0 - 0.850)^2]} = 0.6689$$

$$d(\tilde{v}_{12}, \tilde{v}_2^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.108)^2 + (0 - 0.329)^2 + (0 - 0.654)^2]} = 0.4273$$

$$d(\tilde{v}_{13}, \tilde{v}_3^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.399)^2 + (0 - 0.675)^2 + (0 - 0.892)^2]} = 0.6855$$

$$d(\tilde{v}_{14}, \tilde{v}_4^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.201)^2 + (0 - 0.404)^2 + (0 - 0.636)^2]} = 0.4501$$

$$d(\tilde{v}_{15}, \tilde{v}_5^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.061)^2 + (0 - 0.162)^2 + (0 - 0.349)^2]} = 0.2249$$

$$d(\tilde{v}_{16}, \tilde{v}_6^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.264)^2 + (0 - 0.499)^2 + (0 - 0.734)^2]} = 0.5343$$

$$d(\tilde{v}_{17}, \tilde{v}_7^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.264)^2 + (0 - 0.506)^2 + (0 - 0.802)^2]} = 0.5682$$

$$d(\tilde{v}_{18}, \tilde{v}_8^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0 - 0.217)^2 + (0 - 0.456)^2 + (0 - 0.756)^2]} = 0.5246$$

$d_1^-$ ,  $A_1$  alternatifinin negatif ideal çözüm kümesinden olan uzaklığı olmak üzere:

$$d_1^- = (0.6689) + (0.4273) + \dots + (0.5246) = 4.0838$$

Benzer işlemler diğer 2 alternatif için de yapılmış,  $A_2$  ve  $A_3$  alternatiflerinin, pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine olan uzaklıkları aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$d_2^* = 3.4944$$

$$d_2^- = 5.2504$$

$$d_3^* = 5.2165$$

$$d_3^- = 3.3316$$

## 6.8 Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması

Alternatiflerin, pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine olan uzaklıklarının hesaplanmasından sonra bu aşamada, alternatiflerin yakınlık katsayıları (5.19) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$CC_1$ ,  $A_1$  alternatifinin yakınlık katsayısı olmak üzere:

$$CC_1 = \frac{d_1^-}{d_1^* + d_1^-} = \frac{4.0838}{4.5338 + 4.0838} = 0.474$$

Benzer şekilde  $A_2$  ve  $A_3$  alternatiflerinin yakınlık katsayıları:

$$CC_2 = \frac{d_2^-}{d_2^* + d_2^-} = \frac{5.2504}{3.4944 + 5.2504} = 0.600$$

$$CC_3 = \frac{d_3^-}{d_3^* + d_3^-} = \frac{3.3316}{5.2165 + 3.3316} = 0.390$$

## 6.9 Yakınlık Katsayılarına Göre Alternatiflerin Sıralanması

Yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe doğru  $CC_2 > CC_1 > CC_3$  olarak sıralanmasıyla, alternatiflerin sıralaması da  $A_2 > A_1 > A_3$  olarak belirlenmektedir (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12 Alternatif Sıralaması

	CC	Sıralama
<b>A<sub>1</sub></b>	0.474	2.
<b>A<sub>2</sub></b>	0.600	1.
<b>A<sub>3</sub></b>	0.390	3.

Elde edilen sıralamalarla, en uygun ERP yazılımı seçim problemi için en iyi çözümün 2. alternatif olduğu tespit edilmiştir.

Buna ek olarak, Çizelge (5.7)'deki alternatif kabul kriterlerine bakılarak;  $A_2$  alternatifinin “Kabul Edilebilir”,  $A_1$  alternatifinin “Düşük Risk ile Tavsiye Edilir” ve  $A_3$  alternatifinin “Yüksek Risk ile Tavsiye Edilir” olarak sınıflandırıldığını değerlendirmek mümkündür.

## 7 SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüz rekabet koşullarında firmaların, iş süreçlerini en verimli şekilde yürütmelerini sağlaması stratejik önem taşımaktadır. Yazılım teknolojilerindeki gelişmeler ile bu verime en büyük katkıyı sağlayacak araçlardan biri de ERP yazılımları haline gelmiştir. Dünyada pek çok ERP yazılımı tedarikçisi bulunduğundan, ERP yazılımı tedarik etmeye karar vermiş bir firmanın bu seçimi yapması zorlu bir süreç haline gelmektedir. Bu karar problemi gibi değerlendirilmesi gereken pek çok kriter ve alternatif bulunan karar problemlerinde, literatürde bulunan çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak çözüme ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada da bir “çok ölçütlü karar verme yöntemi” olan 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.

Yapılan çalışma Türkiye’de, savunma sanayi sektöründe faaliyet gösteren 1971 kuruluşu bir elektronik firmasında, şirket içi 4 adet karar vericinin ve firmanın üyesi olduğu OSSA grubu üyesi 16 adet firmanın katkısı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın tek bir ülkede ve sektörde, elde bulunan kaynaklar çerçevesinde yapılmasının sonucu olarak çalışmanın, dünyadaki bütün savunma sanayi firmaları için verimli ve kesin sonuçlar içeren bir çalışma olamayacağını söylemek gerekir. Bu çalışmada ERP yazılımı tedarik edilirken değerlendirilmek üzere yalnızca 8 adet seçim kriteri seçilmiştir. Bu kriterlerin, farklı koşullarda firmalar için tüm olasılıkları ve gereklilikleri kapsayamaması olasıdır. Kısaca, dünyanın farklı yerlerinde bundan sonra bu konuda yapılacak benzer çalışmalar, farklı seçim kriterlerinin geliştirilmesine ve farklı seçim kriterlerinin tercih edilmesine açıktır.

Bu tezde, literatürde bulunan daha önce yapılmış çalışmalar çerçevesinde yapılan araştırmalar sonucu, ERP yazılımı tedarik edilirken değerlendirmesi gereken seçim kriterleri olarak; Yazılım İşlevselliği/Fonksiyonellik, Kullanılabilirlik/Kullanıcı Dostluğu, Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk, Yazılımın Teknik Altyapısı, Maliyet, Tedarikçi Firma, Sürdürülebilirlik/Destek Hizmetleri ve Kurulum/Entegrasyon olmak üzere 8 adet seçim kriteri belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının (önem seviyelerinin) belirlenmesi amacıyla karar vericilere gönderilen soru listelerinden elde edilen cevaplar, karar vericilerin, ERP yazılımı seçimi

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

Kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla karar vericilere gönderilen soru listelerinin cevaplanarak geri gönderilmeleri beklenirken, bu sürece paralel olarak, firma içi karar vericiler tarafından, ERP yazılımı tedarikçi firmalarından demonstrasyon sunumları ve ön fiyat teklifi alım süreçleri yürütülmüştür. İlk etapta karar vericiler tarafından pek çok alternatif belirlenmiş, bu alternatifler için tedarikçi firmalardan sunumlar ve teklifler alınmıştır. Daha sonra bu alternatifler, karar vericiler tarafından yapılan bir ön değerlendirme çalışması sonucu, ERP yazılımının seçimi için uygulanacak Bulanık TOPSIS yönteminde kullanılmak üzere 3'e indirgenmiştir.

Karar probleminin çözümü için uygulanan Bulanık TOPSIS yöntemi çerçevesinde karar vericiler tarafından yapılan kriter ve alternatif değerlendirmelerinde dilsel ifadeler kullanılmış ve bu sayede yapılan değerlendirmelerin, belirsizlikten uzak ve yaklaşık ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler olması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan bulanık teorem alanında literatüre kazandırılan, “Sezgisel Bulanık” (Intuitionistic Fuzzy), “Tip-2 Bulanık” (Type-2 Fuzzy) ve “Hesitant Fuzzy” gibi yeni yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımların, gelecekte yapılacak benzer çalışmalara ışık tutacağı değerlendirilmektedir.

Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak; 3 adet ERP yazılımı alternatifi, 8 kriter 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 çalışma sonucu firmaya, ihtiyaçlarına en uygun ERP yazılımının seçimi akabinde yazılımın tedarik edilmesi ile beraber; firmanın bir önceki ERP yazılımı ile

elde edemediği ve ihtiyaç duyduğu kabiliyetleri elde etmesi, yazılımın kalite yönetim süreçlerine olan katkısı ile firmanın yakın gelecekte belge almayı hedeflediği, yeni kalite yönetim sistemleri için sertifikasyon çalışmalarına başlaması, kalite yönetim süreçlerinde yaşanan ve sistemin devamlılığını etkileyen problemlerin çözüme ulaşması, süreçlerde sağlanacak verimlilik artışı ile genel performans ölçütlerinde artışların gerçekleşmesi ve entegre bir yönetsel araç elde etmiş olmanın sağladığı süreçler arası etkin bilgi akışı sayesinde siparişlerin müşterilere gecikmeye uğramadan, uygun şekilde ulaşması beklenmektedir.

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 kriterlere bakılarak değerlendirildiğini ve hangi kriterlerin seçim sürecinde müşteriler tarafından daha önemli bulunduğunu görebilecekleri, edindikleri bilgiler çerçevesinde ürünlerinin gelişime açık alanlarını saptayabilecekleri değerlendirilmektedir.

Diğer yandan günümüzde yapılan bazı araştırmalar göstermektedir ki, daha önce ERP yazılımı kullanmamış firmaların, ERP yazılımını ilk kez tedarik ederek kullandıktan sonra, edindikleri tecrübeler doğrultusunda, ERP yazılımının hangi özellikleri ne düzeyde taşıması gerektiği konusundaki görüşleri değişmektedir. ERP yazılımı tedarik ederek entegrasyon/kurulum ve işletim süreçlerinden geçen firmalar, sürecin başarısız olarak sonlanması durumunda yeni bir ERP yazılımı tedarik etmeye karar vermektedirler. Geçmiş süreçte yaşadıkları problemlerden tecrübeler edinen firmaların, yeni ERP yazılımı için, kriterlerin önem seviyeleri konusunda yaptıkları değerlendirmelerin, daha önce yaptıkları değerlendirmelerden çok farklı olduğu öne sürülmektedir. Gelecekte bu süreçleri yürütecek firmalar için böyle bir durum oluşmaması için, yürütülecek benzer seçim faaliyetlerinden önce, literatürde bulunan akademik çalışmaların incelenmesi ve yürütülecek çalışmalar için daha önce edinilmiş tecrübelerden faydalanılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR LİSTESİ

- [1] Alanbay, O., Erp Selection Using Expert Choice Software, Honolulu, Hawaii, July 8-10, 2005.
- [2] 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.
- [3] Bernroider, E., Koch, S., ERP selection process in midsize and large organizations, Business Process Management Journal, Vol.7(3), pp.251-257, 2001.
- [4] Buss, M.D.J., How to rank computer projects, Harvard Business Review, 61 (1), pp.118-125, 1983.
- [5] 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.
- [6] Chen, C.T., Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems, 114(1), pp.1-9, 2000.
- [7] Chen, S.J., and Hwang, C.L., Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, No. 375, Sringer-Verlag, Berlin, Germany, 1992.
- [8] Chen, T., Tsao, C., The Interval-Valued Fuzzy TOPSIS Method and Experimental Analysis, Fuzzy Sets And Systems, Vol.159, pp.1410-1428, 2008.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.

- [13] 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.
- [14] Guitouni, A., Martel, J.M., Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, *Eur. J. Oper. Res.*, Vol.109(2), pp.501-521, 1998.
- [15] 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.
- [16] Haddara, M., ERP Selection: The SMART Way, *Procedia Technology*, Vol.16, pp.394-403, 2014.
- [17] 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.
- [18] Hohle, U., and Rodaugh, S.E., *Mathematics Of Fuzzy Sets, Logic, Topology And Measure Theory*, USA: Kluwer Academic, 1999.
- [19] Hwang, C.L., and Yoon, K., *Multiple attribute decision making*, Berlin: Springer, 1981.
- [20] Kargı, V.S.A., Supplier Selection for A Textile Company Using The Fuzzy TOPSIS Method, *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt 23, Sayı 3, 2016.
- [21] Karlsson, J., Managing software requirements using quality function deployment, *Software Quality Control*, Vol.6(4), pp.311-326, 1997.
- [22] Karsak, E.E., and Özogul, C.O., An integrated decision making approach for ERP system selection, *Expert Systems with Applications*, Vol.36, pp.660-667, 2009.
- [23] 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.
- [24] Klaus, H., Rosemann, M., and Gable, G.G., What is ERP, *Information Systems Frontiers*, Vol.2(2), pp.141-162, 2000.
- [25] Klir, G.J., JUAN, B., *Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications*, New Jersey: Prentice Hall Inc, 1995.
- [26] Kumar, V., Maheshwari, B., and Kumar, U., Enterprise resource planning systems adoption process: A survey of Canadian organizations, *International Journal of Production Research*, Vol.40(3), pp.509-523, 2002.

- [27] 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.
- [28] Lee, J.W., Kim, S.H., Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection, Computers & Operations Research, Vol.27, pp.367-382, 2000.
- [29] Lesani, S.H., Analytical Hierarchy Process Approach for Selecting Enterprise Resource Planning Software Package In Oil and Gas Equipment Manufacturing Firms, M.Sc. thesis, Atılım University, Ankara, Turkey, 113p, 2016.
- [30] Levine, S., The ABCs of ERP, America's Network, Vol.103(13), p.54, 1999.
- [31] Liou, J.J.H., Tzeng, G.H., Comments on "Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview, Technological and Economic Development of Economy, Vol.18, pp.672-95, 2012.
- [32] Lucas, H.C., Moore Jr., J.R., A multiple-criterion scoring approach to information system project selection, Infor, 14 (1), pp.1-12, 1976.
- [33] Mabert, V.M., Soni A., and Venkataramanan, M.A., Enterprise Resource Planning Survey Of USA Manufacturing Firms, Production And Inventory Management Journal, Vol.41(2), pp.52-58, 2000.
- [34] Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Pariazar, M., and Zaeri, M., Project selection by using fuzzy AHP and TOPSIS technique, International Journal of Human and social sciences, Vol.1(3), pp.135-140, 2007.
- [35] McCall, J., Richards, P., and Walters, G., Factors in Software Quality, Vol.3, 1977.
- [36] Mulliner, E., Malys, N., and Maliene, V., Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability, Omega, 59, pp.146-156, 2016.
- [37] 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.
- [38] Nguyen, H.T., Wu, B., Fundamentals Of Statistics With Fuzzy Data Studies In Fuzziness And Soft Computing, Vol.198, Netherlands: Springer, 2006.
- [39] Ragin, C.C., Fuzzy-Set Social Science, USA: The University of Chicago Press, 2000.
- [40] Rajagopal, R., An Innovation Diffusion View Of Implementation Of Enterprise Resource Planning (ERP) Systems And Development Of A Research Models, Information & Management 40, pp.87-114, 2002.



- [41] Rashid, M.A., Hossain, L., Patrick, J.D., The Evolution of ERP System: A Historical Perspective, *Enterprise Resource Planning: Solutions and Management: Solutions and Management*, Chapter 1, 2002.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] Roy, B., *Multicriteria methodology for decision aiding*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [46] 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.
- [47] Santhanam, R., Kyparisis, G.J., A decision model for interdependent information system project selection, *European Journal of Operational Research*, Vol.89, pp.380-399, 1996.
- [48] Santhanam, R., Kyparisis, G.J., A multiple criteria decision model for information system project selection, *Computers & Operations Research*, Vol.22(8), pp.807-818, 1995.
- [49] Sen, C.G., Baracli, H., Sen, S., and Basligil, 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.
- [50] 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.
- [51] Thor, J., Ding, S.H., and Kamaruddin, S., Comparison of Multi Criteria Decision Making Methods From The Maintenance Alternative Selection Perspective, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, Vol.2(6), pp.27-34, 2013.
- [52] Triantaphyllou E., *Multi-criteria decision making methods: a comparative Study*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

- [53] 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.
- [54] Triantaphyllou, E., and Lin, C.T., Development and Evaluation of Five Fuzzy Multi-attribute Decision Making Method, International Journal of Approximate Reasoning, Vol.14, pp.281-310. 1996.
- [55] Velasquez, M., and Hester, P.H., An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods, Operations Research, Vol.10(2), pp.56-66, 2013.
- [56] 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.
- [57] Yurdakul, M., İç, 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.
- [58] 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.
- [59] Zadeh, L.A., Knowledge Representation in Fuzzy Logic, Knowledge And Data Engineering, Vol.1(1), pp.89-99, 1989.
- [60] Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", Information And Control, Vol.8, pp.338-353, 1965.
- [61] Zanakis, S.H., Solomon, A., Wishart, N., Dublsh, S., Multi-attribute decision making: a simulation comparison of select methods, European Journal of Operations Research, Vol.107, pp.507-529, 1998.
- [62] 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.
- [63] 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.

## EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK-1 Kriter Ağırlıklandırma İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu .....	64
EK-2 Alternatiflerin Kriterler Seviyesinde Değerlendirilmesi İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu .....	68
EK-3 Kriter Ağırlıklarının Birleştirilmesi (Teke İndirgenmesi) .....	72
EK-4 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirmelerinin Birleştirilmesi (Teke İndirgenmesi) .....	73



## **EK-1 Kriter Ağırlıklandırma İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu**

Bu form, savunma sanayi sektöründe çalışan firmamızın ERP yazılımı ihtiyacının tespit edilmesi sonucu, firmamız tarafından yürütülen, ERP yazılımı seçim çalışması için gönderilmiştir.

Değerli vaktinizi ayırıp, tecrübeleriniz doğrultusunda bu formu doldurmanız, bir personelimizin tez çalışmasına veri sağlamakla beraber firmamızın ERP yazılımı seçim süreci için de destek sağlayacaktır. Yapılacak çalışmanın sonuçları, arzu etmeniz halinde, gelecekte firmanız için olası bir ERP yazılımı seçim çalışmasında yardımcı olması amacıyla sizlerle de paylaşılacaktır.

Vereceğiniz cevaplar anonim olarak kaydedilecektir. Cevaplarınız, ERP yazılımı seçim sürecinde belirlenen seçim kriterlerinin, ERP yazılımı tedarik edecek firmadan firmaya değişkenlik gösterebilecek, önem seviyelerinin belirlenmesi (kriterlerin ağırlıklandırılması) amacıyla kullanılacaktır.

**Not:** Bu form, eğer varsa firmanızın Yönetim Bilişim teknolojileri Bölümü yöneticisi/çalışanları tarafından doldurulmalıdır. Organizasyon yapınızda böyle bir bölüm yok ise form; firmanızda hali hazırda kullanılan ERP yazılımının seçiminde karar verici olarak görev almış veya firmanızda olası bir ERP yazılımı seçiminde karar verici olarak görev alacak personel tarafından doldurulmalıdır. Her firmadan tek bir form kabul edileceğinden formun, ilgili personellerin grup çalışması sonucunda mutabakata varacağı ortak bir karar ile doldurulması uygun olacaktır.

Aşağıda, savunma sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmamızda, ERP yazılımı seçimi yapılırken değerlendirilmesine karar verilen kriterler ve açıklamaları verilmiştir. Bu kriterler, bu alanda yapılan daha önceki çalışmalar ışığında seçilmiştir. Yapmanız gereken bu kriterlerin, ERP yazılımı seçimindeki önem seviyelerini, tecrübeleriniz doğrultusunda, size verilen ölçek çerçevesinde belirlemenizdir.

Lütfen formu doldurduktan sonra [bozdemir@elsis.com.tr](mailto:bozdemir@elsis.com.tr) e-posta adresine gönderiniz. Herhangi bir sorunuz veya bilgi talebiniz olması halinde yine bu e-posta adresinden iletişime geçebilirsiniz.

Saygılarımla,  
Batuhan Özdemir

Kriter	Kriter Sembolü	Önem Seviyesi
Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik	C <sub>1</sub>	
Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu	C <sub>2</sub>	
Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk	C <sub>3</sub>	
Yazılımın Teknik Altyapısı	C <sub>4</sub>	
Maliyet	C <sub>5</sub>	
Tedarikçi Firma	C <sub>6</sub>	
Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri	C <sub>7</sub>	
Kurulum / Entegrasyon	C <sub>8</sub>	

*Tablo-1*

### **Kriterler:**

Yapılan araştırma sonucu, bu alanda daha önce yapılmış akademik çalışmalar dikkate alınarak toplam 8 adet kriter belirlenmiştir.

**Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik (C<sub>1</sub>):** Bütün kurumların ERP yazılımından beklentileri aynı seviyede değildir. ERP yazılımı seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken konulardan biri yazılımın yeterliliğidir. Yazılım; gerek teknoloji, gerekse altyapı olarak kurumun mevcut ihtiyaçlarını ve ileride doğacak olası ihtiyaçlarını karşılayabilecek yetenekte olmalıdır. Bu kapsamda tedarikçi firmanın araştırma geliştirme faaliyetleri için yaptığı yatırımların da göz önüne alınması gerekir.

**Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu (C<sub>2</sub>):** Bu kriter, gerekli eğitimleri aldıktan sonra programı kullanacak çalışanların, programı kullanım kolaylığını temsil etmektedir. Yazılımın kullanıcı ara yüzü, çalışanların, yazılımın sağlayacağı fonksiyonlara erişim ve kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir. Yazılım ara yüzü, olabildiğince sade, anlaşılır ve basit olmalıdır.

**Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk (C<sub>3</sub>):** ERP yazılımının seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken bir diğer faktör, ERP yazılımının, firmaya özgü iş süreçlerine ve firmanın faaliyet gösterdiği sektörün gerektirdiği iş süreçlerine uygunluğudur. Firmalar kendilerini objektif olarak değerlendirmeli ve gerekli analizleri yaptıktan sonra işleyen süreçlerini net bir şekilde ortaya koymalıdır.

Yazılım seçim sürecinde ise bu süreçlerin dinamik olarak yürütülebileceği alternatifler değerlendirilmelidir.

**Yazılımın Teknik Altyapısı (C4):** Yazılımın, işlevselliğinin yanı sıra teknik yönden güçlü ve zayıf yönlerinin de değerlendirilmesi gerekir. Bu değerlendirme yapılırken yazılımın; farklı paket programlar/yazılımlar ile uyumluluğu, işlem ve veri hacmi artışlarında performans durumu, test süreçleri ile sağlanabilecek minimum hata seviyesine indirgenmiş olması, mevcut işletim sistemi ve donanım ile uyumluluğu, web tabanlı uygulama desteği, mobil kullanıcı desteği ve güvenliği gibi konuların göz önüne alınması gerekmektedir.

**Maliyet (C5):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonu sürecinde maliyet oluşturacak pek çok konu başlığı vardır. Bunlar; yazılım lisans bedeli, kullanıcı lisans bedelleri, yıllık bakım bedeli, eğitim bedeli ve kurulum (danışmanlık) bedeli olarak özetlenebilir. ERP yazılımının verimli şekilde çalışmasının ön koşulu olabilecek donanımsal ve yazılımsal altyapı ihtiyaçları da ek bir maliyet olarak değerlendirilmelidir.

**Tedarikçi Firma (C6):** Yazılımın tedarik edileceği firma, ERP yazılımı seçim süreçlerinde önemli rol oynayan kriterlerden biridir. Firmanın tanıtım amaçlı gerçekleştirdiği demonstrasyon çalışmasının başarısı, firmanın referansları ve aynı sektörde yazılımı daha önce tedarik etmiş firma sayısı tedarikçi değerlendirilirken dikkate alınması gereken bazı parametrelerdir. Ek olarak tedarikçi firmayla çözüm ortağı olarak çalışan, yazılımın kurulum ve uyarlanmasında aktif olarak görev yapacak firma sayısı ve bu firmaların yeterlilik seviyeleri de değerlendirilmesi gereken faktörlerdendir.

**Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri (C7):** Tüm firmalar, ERP yazılımının entegrasyon çalışmaları sırasında ve entegrasyon çalışmaları tamamlandığında, satış sonrası hizmet ve destek ihtiyaçlarının en kısa zamanda, düzenli olarak karşılanmasını ister. Tercih edilecek ERP yazılımının müşteri ilişkileri yönetim stratejisi, bu noktada değerlendirilmesi gereken kriterlerden biri haline gelmektedir.

**Kurulum / Entegrasyon (C8):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonunun tamamlanması ile birlikte yazılımın, firmanın tüm süreçlerini desteklemesi beklenir. Bu geçiş sürecinde firmalar sahip oldukları verileri, geçiş yaptıkları yeni yazılıma taşımak isterler. Tedarik edilen ERP yazılımının, firmanın daha önce kullanmakta

olduğu yazılım programları ile uyumluluğu ve verilerin yeni programa uyarlanması konuları da ERP yazılımına geçiş aşamalarında önem kazanmakta ve ERP yazılımı seçim s¼reçlerinde dikkate alınması gereken konular haline gelmektedir.

### **Ölçek (Skala):**

ERP yazılımı seçim sürecinde kriter olarak seçilen, yukarıda açıklamaları bulunan 8 adet kriterin, seçim sürecindeki önem seviyelerinin belirlenmesi için kullanılacak ölçek, Tablo-2'deki gibidir.

Tablo-2'de, Tablo-1'i doldururken kullanmanız gereken kriter önem seviyeleri ve kısaltmaları verilmiştir.

<b>Önem Seviyesi</b>	<b>Kısaltma</b>
ÇOK DÜŞÜK	ÇD
DÜŞÜK	D
BİRAZ DÜŞÜK	BD
ORTA	O
BİRAZ YÜKSEK	BY
YÜKSEK	Y
ÇOK YÜKSEK	ÇY

*Tablo-2*

### **Kriterlerin Önem Seviyelerinin Belirlenmesi (Ağırlıklandırma)**

Tablo-2'de verilen ölçeklendirme şablonunu kullanarak, kurumsal tecrübeleriniz ve kişisel tecrübeleriniz doğrultusunda, belirtilen kriterlerin ERP yazılımı seçim sürecindeki önem seviyelerini, Tablo-1'i doldurarak belirleyiniz.

Örneğin; Maliyet kriterinin, ERP yazılımı seçim sürecinde çok yüksek öneme sahip bir kriter olduğunu değerlendiriyorsanız, Tablo-1'de "Maliyet" satırının karşısına, "Önem Seviyesi" s¼tununa "ÇY" yazınız. Diğer tüm kriterler için de benzer şekilde değerlendirmelerinizi yaparak tüm tabloyu doldurunuz.

## **EK-2 Alternatiflerin Kriterler Seviyesinde Değerlendirilmesi İçin Karar Vericilere Gönderilen Soru Formu**

Firmamızda yürütülen ERP yazılımı seçim süreci çalışmaları kapsamında, tedarikçi firmalardan aldığımız demonstrasyonlar, teklifler ve yaptığımız analiz çalışmaları çerçevesinde, seçenek olarak belirlediğimiz 3 adet ERP yazılım programının (alternatiflerimizin), belirlenen seçim kriterleri üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tedarik edilecek olan ERP yazılımı için seçenek olarak belirlenen bu programlar; A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub>'tür. Bu 3 adet alternatifin, bu alanda daha önce yapılmış akademik çalışmalar dikkate alınarak belirlenen 8 adet kriter üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Firmamızda yürütülen ERP yazılımı seçim süreci çalışmalarında karar verici olarak görev yapan ve seçim süreci başladığından bu yana yapmış olduğumuz araştırmalar sonucu firmalar ve yazılımlar hakkında elde ettiğimiz bilgilere sahip personelimiz olarak, elde ettiğimiz veriler ışığında kişisel tecrübelerinize de dayanarak aşağıda bulunan Tablo-3'ü doldurmanız gerekmektedir. Lütfen tabloyu doldurduktan sonra [bozdemir@elsis.com.tr](mailto:bozdemir@elsis.com.tr) e-posta adresine gönderiniz. Herhangi bir sorunuz veya bilgi talebiniz olması halinde lütfen iletişime geçiniz.

Saygılarımla,

Batuhan Özdemir



		Alternatifler		
Kriterler	Kriter Sembolü	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik	C <sub>1</sub>			
Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu	C <sub>2</sub>			
Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk	C <sub>3</sub>			
Yazılımın Teknik Altyapısı	C <sub>4</sub>			
Maliyet	C <sub>5</sub>			
Tedarikçi Firma	C <sub>6</sub>			
Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri	C <sub>7</sub>			
Kurulum / Entegrasyon	C <sub>8</sub>			

Tablo-1

### **Kriterler:**

Yapılan araştırma sonucu, bu alanda daha önce yapılmış akademik çalışmalar dikkate alınarak toplam 8 adet kriter belirlenmiştir.

**Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik (C<sub>1</sub>):** Bütün kurumların ERP yazılımından beklentileri aynı seviyede değildir. ERP yazılımı seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken konulardan biri yazılımın yeterliliğidir. Yazılım; gerek teknoloji, gerekse altyapı olarak kurumun mevcut ihtiyaçlarını ve ileride doğacak olası ihtiyaçlarını karşılayabilecek yetenekte olmalıdır. Bu kapsamda tedarikçi firmanın araştırma geliştirme faaliyetleri için yaptığı yatırımların da göz önüne alınması gerekir.

**Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu (C<sub>2</sub>):** Bu kriter, gerekli eğitimleri aldıktan sonra programı kullanacak çalışanların, programı kullanım kolaylığını temsil etmektedir. Yazılımın kullanıcı ara yüzü, çalışanların, yazılımın sağlayacağı fonksiyonlara erişim ve kullanımı açısından büyük önem arz etmektedir. Yazılım ara yüzü, olabildiğince sade, anlaşılır ve basit olmalıdır.

**Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk (C<sub>3</sub>):** ERP yazılımının seçim sürecinde değerlendirilmesi gereken bir diğer faktör, ERP yazılımının, firmaya özgü iş süreçlerine ve firmanın faaliyet gösterdiği sektörün gerektirdiği iş süreçlerine uygunluğudur. Firmalar kendilerini objektif olarak değerlendirmeli ve gerekli analizleri yaptıktan sonra işleyen süreçlerini net bir şekilde ortaya koymalıdır.

Yazılım seçim sürecinde ise bu süreçlerin dinamik olarak yürütülebileceği alternatifler değerlendirilmelidir.

**Yazılımın Teknik Altyapısı (C4):** Yazılımın, işlevselliğinin yanı sıra teknik yönden güçlü ve zayıf yönlerinin de değerlendirilmesi gerekir. Bu değerlendirme yapılırken yazılımın; farklı paket programlar/yazılımlar ile uyumluluğu, işlem ve veri hacmi artışlarında performans durumu, test süreçleri ile sağlanabilecek minimum hata seviyesine indirgenmiş olması, mevcut işletim sistemi ve donanım ile uyumluluğu, web tabanlı uygulama desteği, mobil kullanıcı desteği ve güvenliği gibi konuların göz önüne alınması gerekmektedir.

**Maliyet (C5):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonu sürecinde maliyet oluşturacak pek çok konu başlığı vardır. Bunlar; yazılım lisans bedeli, kullanıcı lisans bedelleri, yıllık bakım bedeli, eğitim bedeli ve kurulum (danışmanlık) bedeli olarak özetlenebilir. ERP yazılımının verimli şekilde çalışmasının ön koşulu olabilecek donanımsal ve yazılımsal altyapı ihtiyaçları da ek bir maliyet olarak değerlendirilmelidir.

**Tedarikçi Firma (C6):** Yazılımın tedarik edileceği firma, ERP yazılımı seçim süreçlerinde önemli rol oynayan kriterlerden biridir. Firmanın tanıtım amaçlı gerçekleştirdiği demonstrasyon çalışmasının başarısı, firmanın referansları ve aynı sektörde yazılımı daha önce tedarik etmiş firma sayısı tedarikçi değerlendirilirken dikkate alınması gereken bazı parametrelerdir. Ek olarak tedarikçi firmayla çözüm ortağı olarak çalışan, yazılımın kurulum ve uyarlanmasında aktif olarak görev yapacak firma sayısı ve bu firmaların yeterlilik seviyeleri de değerlendirilmesi gereken faktörlerdendir.

**Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri (C7):** Tüm firmalar, ERP yazılımının entegrasyon çalışmaları sırasında ve entegrasyon çalışmaları tamamlandığında, satış sonrası hizmet ve destek ihtiyaçlarının en kısa zamanda, düzenli olarak karşılanmasını ister. Tercih edilecek ERP yazılımının müşteri ilişkileri yönetim stratejisi, bu noktada değerlendirilmesi gereken kriterlerden biri haline gelmektedir.

**Kurulum / Entegrasyon (C8):** ERP yazılımının firmaya entegrasyonunun tamamlanması ile birlikte yazılımın, firmanın tüm süreçlerini desteklemesi beklenir. Bu geçiş sürecinde firmalar sahip oldukları verileri, geçiş yaptıkları yeni yazılıma taşımak isterler. Tedarik edilen ERP yazılımının, firmanın daha önce kullanmakta

olduğu yazılım programları ile uyumluluğu ve verilerin yeni programa uyarlanması konuları da ERP yazılımına geçiş aşamalarında önem kazanmakta ve ERP yazılımı seçim sũreçlerinde dikkate alınması gereken konular haline gelmektedir.

### **Ölçek (Skala):**

ERP yazılımı seçim sũrecinde alternatif olarak seçilen 3 adet ERP yazılım programının (tedarikçileri de göz önüne alınarak), yukarıda açıklamaları bulunan 8 adet kriter aēısından değerlendirilmesi için kullanılacak ölçek, Tablo-2'deki gibidir.

Tablo-2'de, Tablo-1'i doldururken kullanmanız gereken derecelendirme seviyeleri ve kısaltmaları verilmiştir.

<b>Derecelendirme</b>	<b>Kısaltma</b>
ÇOK ZAYIF	ÇZ
ZAYIF	Z
BİR AZ ZAYIF	BZ
ORTA	O
BİR AZ İYİ	Bİ
İYİ	İ
ÇOK İYİ	Çİ

*Tablo-2*

### **Alternatiflerin Kriter Bazlı Değerlendirilmesi**

Tablo-2'de verilen ölçeklendirme şablonunu kullanarak, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> ve A<sub>3</sub> ERP yazılımlarını, elde edilen veriler ışığında ve seçim sũrecindeki kişisel gözlemlerinizi de dikkate alarak belirlenen 8 kriter aēısından, Tablo-1'i doldurarak değerlendiriniz.

Örneğin; A<sub>2</sub> ERP yazılımını (alternatifini) maliyet kriteri (C<sub>5</sub>) aēısından, "İyi" olarak değerlendiriyorsanız, Tablo-1'de "Maliyet" satırının (C<sub>5</sub>) karşısına, "A<sub>2</sub>" sũtununa "İ" yazınız. Diğer tüm alternatifler için de benzer şekilde kriter bazlı değerlendirmelerinizi yaparak tüm tabloyu doldurunuz.

### EK-3 Kriter Ağırlıklarının Birleştirilmesi (Teke İndirgenmesi)

	C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>			C <sub>4</sub>			C <sub>5</sub>			C <sub>6</sub>			C <sub>7</sub>			C <sub>8</sub>		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV-1	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7
KV-2	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-3	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
KV-4	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-5	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9
KV-6	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-7	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-8	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
KV-9	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-10	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
KV-11	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7
KV-12	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9
KV-13	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
KV-14	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0
KV-15	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0
KV-16	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7
KV-17	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0
KV-18	0,9	1,0	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,9	1,0
KV-19	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,0	0,1	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0
KV-20	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0
w <sub>j</sub>	0,82	0,96	1,00	0,70	0,86	0,95	0,82	0,96	1,00	0,45	0,64	0,81	0,18	0,30	0,47	0,48	0,67	0,82	0,67	0,84	0,95	0,63	0,81	0,93

## EK-4 Alternatiflerin Kriterler Açısından Derecelendirmelerinin Birleştirilmesi (Teke İndirgenmesi)

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