

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOĞİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

**TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİNİN DÖRT BOYUTLU
KEMIRA-M YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

SEFACAN AY

ANKARA - 2020

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

**TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİNİN DÖRT BOYUTLU
KEMIRA-M YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

SEFACAN AY

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. GÜLİN FERYAL CAN

ANKARA-2020

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Sefacan Ay tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 31 / 01 / 2020

Tez Adı: Tedarikçi Seçim Probleminin Dört Boyutlu KEMIRA-M Yöntemi ile İncelenmesi

Tez Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Uğur BAÇ (Atılım Üniversitesi)

.....

Doç. Dr. Gülin Feryal CAN (Başkent Üniversitesi)

.....

Dr. Öğr. Üyesi Pelin TOKTAŞ (Başkent Üniversitesi)

.....

ONAY

Prof. Dr. Ömer Faruk ELALDI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: ... / ... / 20...

Öğrencinin Adı, Soyadı : Sefacan Ay

Öğrencinin Numarası : 21620238

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı : Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Doç.Dr. Gülin Feryal CAN

Tez Başlığı : Tedarikçi Seçimi Probleminin Dört Boyutlu KEMIRA-M Yöntemi ile İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam sayfalık kısmına ilişkin, / / 20... tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %'dır.

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 Esaslarını” 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

... / ... / 20...

Öğrenci Danışmanı

Doç. Dr. Gülin Feryal CAN

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca benimle paylaőmıő oldukları değerli bilgi birikimlerinden ve verdikleri desteklerden ötürü Sayın Doç. Dr. Gülin Feryal Can ve Dr. Öğr. Üyesi Pelin Toktaş'a őükranlarımı sunarım.

Ayrıca değerli anne ve babama, her zaman olduğu gibi yüksek lisans eğitimim ve tez dönemim süresince duydukları güven ve verdikleri destekleri için çok teőekkür ederim. Son olarak; bana tez çalıőmam süresince verdiği moral, sağladığı motivasyon ve güven için çok değerli bir insan olan Müőerref Balıkçı'ya çok teőekkür ederim.

ÖZET

Sefacan AY

TEDARİKÇİ SEÇİM PROBLEMİNİN DÖRT BOYUTLU KEMIRA-M YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

2020

Günümüzde, firmaların ekonomik mevcudiyetlerini devam ettirebilmeleri için üretim süreçlerindeki verimliliği arttırmaları gereklidir. Firmalar, farklı riskleri mümkün olduğunca göz önünde bulundurarak çeşitli yöntemlerle tedarikçi seçme problemine çözüm aramaktadırlar. Bu kapsamda, tedarikçi seçimi yapılırken birden çok tedarikçi adayını, yine birden fazla performans ölçütü dikkate alınarak değerlendirilmekte ve en iyi olan tedarikçi belirlenmektedir. Söz konusu süreç, çok kriterli bir karar verme (ÇKKV) sürecidir.

Bununla birlikte literatürde yer alan birçok çalışmada da, farklı ÇKKV yöntemleri kullanılarak tedarikçi seçim problemine çözüm aranmıştır ve aranmaya devam etmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasında, söz konusu çözüm arayışları açısından yeni ve etkili bir yaklaşım geliştirmek amacıyla, dört farklı boyutta gruplanabilen kriterler dikkate alınarak; ÇKKV yöntemlerinden birisi olan Modified Kemeny Median Indicator Ranks Accordance (KEMIRA-M) yöntemi üç farklı kriter ağırlıklandırma yöntemiyle birlikte önerilerek; tedarikçi seçim problemi incelenmiştir. Önerilen yaklaşımın farklı firmalar tarafından uygulanabilmesini sağlamak için, MATLAB'da kodlama yapılmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda, KEMIRA-M yönteminin tedarikçi seçimi için daha önce uygulanmadığı ve bu yöntem uygulanarak yapılan çalışmalarda ise, sürekli kriterlerin iki boyutta toplanarak analizin yapıldığı görülmüştür.

Gerçekleştirilen tez çalışması, tedarikçi seçim probleminin çözümüne yeni bir bakış açısı sağlması, KEMIRA-M yönteminin dört boyutta işletebilecek şekilde esnek bir yapıya kavuşturulması ve yöneme sistematik bir ağırlıklandırma prosedürünün kazandırılması açılarından orijinallik içeren bir çalışmadır.

ANAHTAR KELİMELER: KEMIRA-M, Multiple-criteria decision making (MCDM), Ranking based criteria weighting, Vendor Selection, MATLAB.

ABSTRACT

Sefacan AY

INVESTIGATION OF SUPPLIER SELECTION PROBLEM WITH FOUR DIMENSIONAL KEMIRA-M METHOD

Baskent University Institute of Science and Engineering

Department of Engineering and Technology Management

2020

Nowadays, in order to maintain their wellbeing in the industry, firms are required to enhance their efficiency of production. Vendor selection is also a sub requirement for firms in different industries to be developed further to provide better efficiency. As a result firms are in persuade of the best procedure for the vendor selection process with evaluating all possible risks. In order to avoid vendor based problems globally many firms are in persuade of the best procedure for the vendor selection process which evaluates multiple vendor candidates based on multiple performance criterion to find the best fit from all vendors in certain positions. Therefore subject to the matter vendor selection process is a multiple-criteria decision making (MCDM) process.

Consequently in the literature many different studies can be found on MCDM based vendor selection processes. In this study amongst all MCDM methods a new model is proposed for vendor selection with using 4 different criteria groups all of which to be used by Modified Kemeny Median Indicator Ranks Accordance (KEMIRA-M) method with using three different ranking based criteria weighting methods to evaluate vendors. In the process of research MATLAB has been used to describe the method to all firms who are willing to implement the proposed model in their structure.

Related to KEMIRA-M after the literature review it is interpreted that KEMIRA-M has only been used to analyze data which is collected in maximum of two groups of criteria groups. It is also observed that there is not any studies examining vendor selection problem to provide a model with using KEMIRA-M.

It is considered that with providing a new approach to vendor selection process, enhancing KEMIRA-M to be operated up to 4 different groups of data and including a systematic weighting procedure, this study claims to be original.

KEYWORDS: KEMIRA-M, Multiple-criteria decision making (MCDM), Ranking based criteria weighting, Vendor Selection, MATLAB.

İÇİNDEKİLER

| | SAYFA |
|--|-------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| İÇİNDEKİLER..... | iii |
| TABLolar LİSTESİ..... | iv |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | v |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... | vi |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Tedarikçi Seçimi Problemi..... | 3 |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI..... | 8 |
| 3. ÖNERİLEN DÖRT BOYUTLU KEMIRA-M YAKLAŞIMI..... | 21 |
| 4. ÖNERİLEN DÖRT BOYUTLU KEMIRA-M'NİN SUNUCULAR İÇİN TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİNE MATLAB İLE UYGULANMASI.. | 35 |
| 5. SONUÇ..... | 52 |
| KAYNAKLAR..... | 54 |
| EKLER | |
| EK 1: Tez Çalışmasında Bulunan F Değerleri | |

TABLolar LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Tablo 2.1. Sektörler bazında tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler..... | 19 |
| Tablo 3.1. Karar vericilere ait sıralama matrisi..... | 23 |
| Tablo 4.1. İdari kriter grubu için başlangıç karar matrisi..... | 39 |
| Tablo 4.2. Teknik kriter grubu için başlangıç karar matrisi..... | 40 |
| Tablo 4.3. Kalite kriter grubu için başlangıç karar matrisi..... | 40 |
| Tablo 4.4. Maliyet kriter grubu için başlangıç karar matrisi..... | 40 |
| Tablo 4.5. İdari kriter grubu için normalize karar matrisi..... | 41 |
| Tablo 4.6. Teknik kriter grubu için normalize karar matrisi..... | 41 |
| Tablo 4.7. Kalite kriter grubu için normalize karar matrisi..... | 42 |
| Tablo 4.8. Maliyet kriter grubu için normalize karar matrisi..... | 42 |
| Tablo 4.9. Karar vericilere göre idari grubu kriterleri öncelik sıralamaları..... | 43 |
| Tablo 4.10. Karar vericilere göre teknik grubu kriterleri öncelik sıralamaları..... | 43 |
| Tablo 4.11. Karar vericilere göre kalite grubu kriterleri öncelik sıralamaları..... | 43 |
| Tablo 4.12. Karar vericilere göre maliyet grubu kriterleri öncelik sıralamaları..... | 43 |
| Tablo 4.13. Bir numaralı karar vericiye ait idari kriterler için öncelik matrisi..... | 44 |
| Tablo 4.14. Bir numaralı karar vericiye ait teknik kriterler için öncelik matrisi..... | 44 |
| Tablo 4.15. Bir numaralı karar vericiye ait kalite kriterleri için öncelik matrisi..... | 44 |
| Tablo 4.16. Bir numaralı karar vericiye ait maliyet kriterleri için öncelik matrisi... | 44 |
| Tablo 4.17. RS ağırlık setleri tablosu..... | 45 |
| Tablo 4.18. RR ağırlık setleri tablosu..... | 46 |
| Tablo 4.19. RE ağırlık setleri tablosu..... | 46 |
| Tablo 4.20. İdari kriterlere için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri..... | 46 |
| Tablo 4.21. Teknik kriterlerine için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri... | 47 |
| Tablo 4.22. Kalite kriterlerine için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri.... | 47 |
| Tablo 4.23. Maliyet kriterlere için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri.... | 48 |
| Tablo 4.24. Her bir kriter grubu için bulunan en uygun ağırlık setleri..... | 48 |
| Tablo 4.25. Bütün kriter grupları için bulunan en uygun ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri..... | 49 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1. Yıllara göre tedarikçi seçim problemi ile ilgili çalışma sayısı dağılımı.... | 12 |
| Şekil 2.2. Kullanılan yöntemlere göre çalışma sayıları..... | 13 |
| Şekil 2.3. Kullanılan yöntemlere göre çalışma sayıları..... | 14 |
| Şekil 2.4. 2017-2019 yılları arası yöntem dağılım grafiği..... | 15 |
| Şekil 2.5. 2014-2016 yılları arası yöntem dağılım grafiği..... | 16 |
| Şekil 2.6. 1996-2010 yılları arası yöntem dağılım grafiği..... | 17 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|-----------|---|
| AHP | Analytic Hierarchy Process |
| KEMIRA-M | Kemeny Median Indicator Ranks Accordance |
| DEMATEL | Decision Making Trial and Evaluation Laboratory |
| VIKOR | VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje |
| ÇKKV | Çok Kriterli Karar Verme |
| EDAS | Evaluation based on Distance from Average Solution |
| TOPSIS | Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution |
| HTEA | Hata Türü ve Etkileri Analizi |
| MCDM | Multi-Criteria Decision Making |
| ANN | Yapay Sinir Ağı |
| QFD | Quality Function Deployment |
| SWARA | Stepwise Weight Assessment Ratio |
| WASPAS | Weighted Aggregated Sum Product Assessment |
| PROMETHEE | Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations |
| MOORA | Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis |
| FAHP | Fuzzy Analytic Hierarchy Process |
| FANP | Fuzzy Analytic Network Process |
| ANP | Analytic Network Process |
| MPC | Median Priority Component |

1. GİRİŞ

Belirli bir ihtiyacı karşılamak üzere temin edilecek bir ürünün kendisini veya muadilini tedarik etmek için pek çok alternatif firmanın olduğu günümüz pazarında, söz konusu firmalar arasında en iyi olabilmek birçok üretici firma tarafından tercih edilmeyi de beraberinde getirmektedir. Ancak, ihtiyaç sahibi firmalar açısından en iyi tedarikçi firmayı belirlemek sistematik bir değerlendirme yaklaşımı kullanma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Tedarikçi seçim sürecinde, ilgili ihtiyacı karşılamak üzere alternatif tedarikçi firmalar farklı kriterlere göre puanlanarak sıralandırılır ve en iyi tedarikçi firma alternatifi/alternatifleri belirlenir.

Bir firma, farklı tedarik ihtiyaçları için önceden geliştirilmiş bir yaklaşım ile hareket ettiğinde, tedarike bağlı oluşabilecek riskleri de sınırlandırabilir. Risklerin sınırlandırılması ise, tedarik edilen ürüne bağlı olarak firma işleyişinde kritik olan aktivitelerin olumsuz etkilenmesini önler ve tedbirlerin planlanmasına olanak sağlar. Bu sebeple, tedarikçi seçimi firmalar için oldukça önemlidir.

Tedarikçi seçimi problemi, günlük ihtiyaçlarını karşılayan perakende müşterisinden, çok uluslu holdinglere kadar toplumun ve endüstrinin her alanında önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Dickson [1]'a göre tedarikçi seçim problemi, aslında tedarikçi seçim kriterlerinin yönetimidir. Bu kapsamda, tedarikçi seçim sürecinin aşamaları aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- i- Tedarik kalemine olan ihtiyacın tanımlanması,
- ii- Tedarik ihtiyacı baz alınarak risklerin ve kazanımların belirlenmesi,
- iii- Belirlenen riskler ve kazanımlar göz önünde bulundurularak; ölçülebilir maliyet ve fayda türü kriterlerinin belirlenmesi,
- iv- Tedarikçi alternatiflerinin ölçülebilir maliyet ve fayda türü kriterler dikkate alınarak; doğru bir matematiksel modelin kullanılmasıyla değerlendirilmesi.

Yukarıda belirtilen süreç adımları dikkate alındığında, tedarikçi seçim probleminin ÇKKV yapısına sahip olduğu anlaşılmaktadır. ÇKKV'de birden çok alternatif, birden çok kriter dikkate alınarak bir uzman grubu tarafından değerlendirilmekte ve alternatifler arasından en iyi olanı belirlenmektedir.

ÇKKV yapısı yardımıyla geliştirilen bir tedarikçi seçim modeli, bir firmanın tedarik ağının doğru yönetilmesini sağlayabilecek, etkin ve uyumlu bir tedarik zinciri oluşturacak ve firmanın rakiplerine karşı avantaj elde etmesini sağlayacaktır. Özel ve Özyörük [22] ÇKKV yapısı nitelik ve amaç tabanlı olarak oluşturulabilir. Bu durum, tedarikçi seçim problemleriyle ÇKKV yapısı arasındaki uyumu açıklamaktadır. Firmanın ihtiyacına göre tedarik amacı ve tedarik edilecek ürünün niteliği ÇKKV yapısı içerisinde planlanarak matematiksel olarak ifade edilir ve böylelikle, nitelik ve amaç bilgisi tedarikçi seçim probleminin çözümünde rol oynar. Bununla birlikte, literatüre bakıldığı zaman tedarikçi seçim problemlerinin çözümünde farklı ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Ancak bu yöntemler arasında yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden olan, Kemeny Medyan Gösterge Sıralaması Uygunluk Yaklaşımı (Modified Kemeny Median Indicator Ranks Accordance, KEMIRA-M) yaklaşımı hiçbir araştırmacı tarafından uygulanmamıştır. KEMIRA-M, farklı yapılara sahip kriterler dikkate alındığında çok boyutlu veri analizine olanak sağlaması sebebiyle tercih edilen yeni bir metottur. Can ve Toktaş [86] KEMIRA-M, benzer yapılara sahip kriterleri aynı gruplar içinde toplayarak analiz yapabilmesi, kriter sayısı açısından esnek bir yöntem olması, nicel ve nitel alternatif performans değerleri ile çalışabilmesi, hem karar vericilerin kriterler için önem önceliklerini hem de alternatiflerin performans değerlerini dikkate alarak analiz yapabilmesi açılarından tedarikçi seçim problemlerine uygulanmasının faydalı olacağı değerlendirilen bir yöntemdir.

Bununla birlikte, yöntemin tedarikçi seçimi açısından daha etkin olarak kullanılması için bazı yönlerinin de geliştirilmesi önem taşımaktadır. Literatüre bakıldığı zaman, KEMIRA-M yöntemini uygulayan çalışmalarda kriterlerin sadece iki boyutta toplanarak analiz yapıldığı gözlemlenmiştir. Tedarikçi seçimi kapsamında, ikiden fazla boyutta gruplanabilecek kriter kümelerinin olması beklenen bir durumdur. Çünkü genel geçerli tedarikçi seçim kriterlerinin yanı sıra, sektöre özgü hatta firmaya özgü kriterler de dikkate alınmak istenebilecektir. Söz konusu çalışmalarda araştırmacıların, yöntemin ağırlıklandırma prosedürünü iyileştirmeye odaklandıkları, yöntemle ilgili dikkat çeken noktalardan birisidir. Bu durum, yöntemin kriter ağırlıklandırma prosedüründen kaynaklanmaktadır. KEMIRA-M’de, farklı karar vericilerin her biri, söz konusu kriterleri önemliden önemsiz doğru sıralamakta ve bu farklı sıralamalar birleştirilerek tek bir kriter sıralaması elde edilmektedir ve bu kriter sıralaması Medyan Öncelik Bileşeni (Median Priority Component-MPC) olarak tanımlanmaktadır. Yöntemde, MPC’ye göre kriter ağırlıkları uzlaşa sağlanarak rastgele belirlenmektedir. Bu nedenle, kriter ağırlıklandırma prosedürünün daha sistematik bir şekilde uygulanması sağlanmalıdır.

Tez çalışmasında, tedarikçi seçim probleminin çözümü için KEMIRA-M yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu önerilmiştir. Önerilen versiyonda, kriterler dört grup altında toplanmış, kriterlerin sıra sayılarını dikkate alan Sıra Toplamı (Rank Sum-RS), Sıra Karşıtı (Rank Reciprocal-RR), Sıra Kuvveti (Rank Exponent-RE) olmak üzere üç farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Söz konusu kriter ağırlıklandırma yöntemleri, KEMIRA-M prosedürü sonucu elde edilen MPC dikkate alınarak uygulanmıştır. Son olarak; üç kriter ağırlıklandırma yönteminin ürettiği alternatif sıralamaları MPC mantığı ile birleştirilerek, üç farklı kriter ağırlıklandırma yönteminin bakış açılarının yansıtılmasıyla ortak bir alternatif sıralaması elde edilmiştir. Böylece, rastgele kriter ağırlığının belirlenmesi ve karar vericiler arasında uzlaşımın sağlanması durumları ortadan kaldırılmıştır. Önerilen versiyonda, MPC'ye göre sadece tek bir kriter ağırlık kümesi oluşmaktadır. Ayrıca tez çalışmasında, önerilen dört boyutlu KEMIRA-M yöntemi MATLAB'da kodlanarak; bu yöntemin birçok firma tarafından esnek bir şekilde kullanımı amaçlanmıştır.

1.1. Tedarikçi Yönetim Sistemi

Karagöz [46]'e göre tedarikçi yöntemim sisteminin kapsamı, tedarikçinin hammadde üretim koşullarından başlayarak alıcı firmaya sağlanan satış koşullarını içerir. Bu sınır içerisinde son ürünün teknik özellikleri, yapısı, tedarikçinin sağladığı ödeme, teslimat vb. ticari koşullar ve satış sonrası servis vb. hizmet koşulları bulunmaktadır.

Kurnaz [3]'za göre ise, firma değerini artıran faktörlerden bir tanesi de tedarik zinciri yönetimidir. Buna göre, tedarik zinciri yönetiminin firmanın daha karlı bir yapıda, daha az masraf ile faaliyetleri yürütmek misyonu vardır. Bu misyonları gerçekleştirirken firmanın kalite sistem yükümlülüklerini de yerine getirir. Bütün bu faaliyetler, etkin bir biçimde tedarik zinciri yönetimi sayesinde yürütülebilir ve firmanın var olan kabiliyetlerinden tam anlamıyla faydalanmak mümkün olur.

Meredith [5]'e göre satın alma, bir firmanın faaliyetlerini yürütebilmesi için gerekli olan tüm kalemlerin zamanında, planlanandan fazla maliyet yükü olmadan ve güvenilir bir biçimde elde edilmesidir. Buna göre, firmalar için sürdürülebilir bir satın alma sistemi olması faaliyetlerinin aksamaması için oldukça önemlidir. Satın alma faaliyetlerinin güvenilir olabilmesi de, kalite süreçlerinin işletilmesiyle mümkündür. Zamanında ve planlanandan fazla maliyet yükü olmadan gerçekleşecek bir satın alma faaliyetinin aynı zamanda kaliteli olabilmesi sürdürülebilirliği etkileyen en önemli faktördür.

Tedarikçi yönetim sisteminin diğere bir etkilediği alan da ürün geliştirmedir. Filiz [13]'e göre, tedarikçinin tanınması ve kabiliyetlerinin belirlenmesi ürün geliştirme misyonu olan firmalar için önemlidir. Bu sayede, kendi ürün geliştirme süreçlerini düzenleyerek elde edilecek son ürünü müşterilerine daha rekabetçi bir biçimde sunabileceklerdir. Aynı zamanda, ürün geliştirme sürecinde alınacak bazı önlemler şirketin üretim faaliyetlerinde oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçecektir. Büyüközkan [14] 'a göre ise, ürün geliştirme süreçlerinde firmaya olumlu katkı yapabilecek bir diğere unsur da, firmanın tedarikçi ve tedarik edilebilecek ürünlere yönelik güncel bilgi sahibi olmasıdır. Güncel bilgi ile hareket eden bir firma, kendi ürün geliştirme süreçlerini de buna göre düzenleyecek ve rekabetçi piyasa koşullarında en son yeniliklerden faydalanan bir firma olarak ürün geliştirme, üretim, satış vb. faaliyetlerini daha güçlü bir şekilde yürütebilecektir.

Tedarik yönetim sisteminin bir parçası da üretim planlamasıdır. Acar [2]'a göre üretim planlaması, bir firmanın kendi tesislerindeki üretim faaliyetlerine ek olarak; kendi ürününde kullanılan ve ikili anlaşmalar çerçevesinde başka firmalarca üretilen malzemelerin üretim faaliyetlerini de kapsar. Bu üretim planlaması üretimin yerini, zamanını, gerekli taşıma işlerini ve gerekli satın almaların zamanını belirler. Karagöz [46] bu görüşe ek olarak; üretim planlamasının kısa, orta ve uzun dönem planlama olarak üç alt kırılımını tanımlamıştır. Karagöz'e göre, bir şirketin üretim prensiplerini uzun dönem üretim planı belirler. Orta dönem üretim planı ise, güncel olarak kullanılan satın alma planları, üretim miktarı, üretim yeri ve zamanı parametrelerini belirler. Kısa dönem planları ise, orta dönem planlar dahilinde iş gücü ihtiyacını belirler. Bütün bu planlar, satın alma planı güncel bir şekilde firmanın faaliyetlerini desteklemektedir.

Tedarikçi yönetim sisteminin bir başka parçası ise malzeme yönetimidir. Malzeme yönetimi üretim planını etkilemektedir. Dolaylı olarak da, satın alma planı etkilenmektedir. Bayhan [82]'a göre; Karagöz [46]'ün önerdiği kısa, orta, uzun dönemli üretim planına ek olarak firmalar kısa, orta ve uzun dönemli envanter yönetim sistemi de kurmalıdırlar. Firmanın tüketicisine sağladığı ürünlerin hammadde seviyesinden itibaren üretim planında kullanılacak her bir parçası için bu envanter kontrol yönetim sistemini işletmesi gereklidir. Bu sayede, tedarik edilecek ürünlerin zamanı geldiğinde temin edilmesi, doğru şekilde taşınması ve şirketin ihtiyaç duyduğu lokasyonda ihtiyaç duyduğu tedarik kalemine sahip olması sağlanabilir.

Tedarikçi yönetim sisteminin fayda sağlayacağı başka bir firma faaliyet grubunu da, taşıma faaliyetleri oluşturur. Taşıma için bir firmanın gerek duyduğu tedarik kalemleri, firmanın tüketicisine sunduğu son ürünün fiyatını etkileyecektir. Bu nedenle, rekabetçi

olabilmek için bir firmanın taşıma planına ihtiyacı vardır. Ancak bu taşıma planı doğrultusunda taşıma şirketi, taşıma için gerekli aparatlar, ambalaj malzemesi vb. pek çok tedarik kalemini satın alma planına eklenecektir. Bu durum beraberinde taşıma faaliyet planı oluşturulmasını ve bu faaliyet planının gerektirdiği ölçüde iş gücü ayrılmasını getirmelidir. Aksi takdirde hızlı karar verme ve etkin bir biçimde bu kararları uygulamada yaşanacak sıkıntılar firmaya maddi zarar getirecektir.

Barutçu [4] tarafından savunulan diğer bir kavram ise, tedarikçi yönetim sisteminin ortaklık kurma misyonudur. Firmalar, üretim planı dahilinde ihtiyaç duydukları bazı materyalleri kendileri üretmek yerine süre, maliyet ve ya uzmanlık avantajı olan tedarikçilerle sözleşmeler yaparak bu materyalleri farklı tedarikçilerden temin edebilirler.

1.1.1. Tedarikçi Seçiminin Önemi

Tedarikçi seçimi, misyon olarak bir firmanın üretim kapasitesini, rekabetçi gücünü ve ürünlerinin kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu bakış açısıyla günümüz piyasa koşullarında tedarikçi seçimi, her firma için kritik öneme sahiptir. Bu görüşü savunan Özel vd. [11], firmaların tedarikçi seçim sistemiyle birlikte çalıştıkları tedarikçilerin de en az kendileri kadar rekabetçi ve firmanın hedeflerini destekleyecek yapıda olmasının sağlanabileceğini belirtmiştir. Özdemir [23] ise, firmaların tedarikçi seçimi yapabilmek için nitelik bakımından onaylı tedarikçi listesi oluşturmaları ve sonrasında tedarik kalemleri için bu tedarikçiler arasından seçim yapmaları gerektiğini savunur ve bu doğrultuda tedarikçi seçiminin firmalar için bu misyonu yerine getirdiğini belirtmektedir. Benyoucef et. al [9], tedarikçi seçiminin doğru yapılabilmesi için değerlendirme ölçütlerinin doğru seçilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu bakımdan Benyoucef et. al [9], tedarikçi seçimi misyonunun firma hedeflerini sağlama misyonunu dolaylı olarak vurgulamıştır. Choy et. al [5], tedarikçi seçimini zor bir problem olarak tanımlamakla birlikte, tedarikçi seçim sürecinin firma içerisinde katılımcı bir faaliyet olarak yürütülmesi gerektiğini belirtmektedir.

Çelebi [47]'ye göre, maliyet ve risk tedarikçi seçimi yapılırken karşılıklı etkileşimi en çok olan iki faktördür. Araştırmasında, tedarikçi sayısının sınırlı tutulmasının riski azalttığını fakat maliyeti artırabileceğini buna karşın, tedarikçi sayısının artırılmasının da bilinmeyen değişkenleri artırarak riski artıracağını başka bir deyişle tedarikçilere güvenin azalacağını savunmuştur. Çelebi [47]'ye göre, tedarikçi sayısının belirli kriterler altında denetlenerek artırılması, öngörülme risklere bağlı tedarik problemlerinin önüne geçilmesine yardımcı olacaktır. Keçeci [16]'ye göre, tedarikçi seçimi yapan şirketlerin göz önünde bulundurması

gereken en önemli etkenlerden birisi, tedarikçinin coğrafi konumu diğeri ise tedarikçi firmanın ölçeğidir. Bu iki kriter, tedarikçinin esnekliğini ve hızını belirleyecektir. Aynı zamanda da, rekabet kabiliyetini de etkilemektedir. Keçeci [16] ve Çelebi [47]'nin ortak buldukları nokta, tedarik kalemleri için tedarik aktiviteleri başlamadan önce tedarikçi havuzunun belirlenmesi gerekliliğidir.

Waters [10] çalışmasında, tek kaynaktan tedarik ile çoklu kaynaktan tedarik çalışmalarının firmalara sağladığı avantajları kıyaslamıştır. Buna göre; tek kaynaktan tedarik sağlanırsa, tedarikçilerin yaklaşımına bağlı hız, iletişim, doğru bilgi paylaşımı ve güven kavramlarıyla alakalı yaşanabilecek olumsuzlukların önüne geçilebilmektedir. Buna karşılık, çoklu kaynaktan tedarik sağlanırsa da, tedarik edilecek ürünle ilgili karşılaştırmalı bilgi sağlanması, kısa sürede alternatiflerin bulunabilmesi, rekabetçi fiyat ve bir tedarikçiye bağımlı kalmamak şirketlerin sağlayacağı avantajlar olarak belirtilmiştir.

Tekli ve ya çoklu kaynaktan tedarik edilmesinden bağımsız olarak, tedarik sistemi planlanırken ani bir arıza durumu öngörülerek tedarik edilecek ürünün yerine konulmak üzere yedek parça satın alımı da planlanmalıdır. Bu duruma önem veren Keçeci [46], yedek parça yönetimi bakımından da tedarikçilerin değerlendirilmeleri gerekliliğine değinmiştir.

Rekabetçi piyasa koşullarında, tedarikçi seçimi artık bazı firmalar için ikili anlaşmalarla yürütülen tedarikçi-alıcı ilişkisine dönüşebildiği bu tez çalışması kapsamında, incelenen diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi Bayrakçıgil [25]'de çalışmasında, bu konuya değinmiştir. Bayrakçıgil [25], ikili anlaşmalarla sağlanan tedarikçi-alıcı ilişkilerinin her iki firmayı da daha rekabetçi olabilmeleri anlamında güçlendirdiğini savunmuştur. Bayrakçıgil [25] aynı zamanda, farklı kültürlerde, farklı coğrafyalarda çalışan firmaların sıradan tedarikçi-alıcı ilişkisinden farklı olarak ikili anlaşma yapımlarıyla beraber, çalışmalarının uzun vadede iki firmanın da sınırlarını genişlettiğini ve farklı coğrafyalarda ortak ticari faaliyet yürütebildiklerini belirtmiştir. Böylece, piyasa koşullarında ayrı ayrı hareket etmelerine kıyasla daha fazla avantaj kazandıklarını savunmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde farklı yöntemler kullanılarak; tedarikçi seçimine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Bu nedenle literatür araştırmasında, güncel çalışmaları kapsamı amacıyla 2002-2019 yılları arasında tedarikçi seçim problemine yönelik gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir.

Literatürde tedarikçi seçimine ilişkin gerçekleştirilen en eski çalışmalardan birisi, 1966 yılında yayınlanan Dickson [1]'in çalışmasıdır. Dickson, incelemiş olduğu çok sayıda firmanın tedarik sisteminden yola çıkarak; tedarikçi seçiminde kullanılan, her zaman için geçerli olan kriterleri ve bu kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerine değinmiştir. Ghodspour and O'Brien [3] 1998 yılında, Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytical Hierarchy Process-AHP) yöntemi ile Lineer Programlamayı entegre ederek; tedarikçi seçimi için karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Muralidharan vd. [6] 2002 yılında, AHP'yi kullanarak tedarikçi puanlama sistemi üzerinde çalışmışlardır. Sarkis and Talluri [7] 2002 yılında hazırladıkları çalışmalarında, stratejik bir tedarikçi seçim yöntemi geliştirmek için Analitik Ağ Prosesi (Analytical Network Process-ANP) yöntemini uygulamışlardır. Kahraman vd. [11] 2003 yılında, FAHP'yi kullanarak çok kriterli tedarikçi seçimi alanında çalışmışlardır. Chan [12] 2003 yılında yayınladığı çalışmasında, Expert Choice yazılımı ile AHP'yi uygulayarak tedarikçi seçimi üzerine sürdürülebilir ve sistematik bir model geliştirmiştir. Önal [15] 2006 yılında, FAHP metodu yardımıyla Manisa'daki bir üretici için en uygun tedarikçinin seçimi üzerine çalışmıştır. Sevklı vd. [17] 2006 yılında, ünlü bir Türk beyaz eşya markası ile işbirliği yaparak tedarikçi seçimi konusunda Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis-DEA) ile AHP yöntemlerinden yararlanarak hibrit bir model geliştirmişlerdir. Akdeniz ve Turgutlu [18] 2007 yılında, bir Türk perakende sektör üreticisi için AHP yaklaşımıyla tedarikçi performansını değerlendirmiştir. Özel ve Özyörük [19] 2007 yılında, Bulanık Aksiyomatik Tasarım (Fuzzy Axiomatic Design-FAD) metodunu tedarikçi firma seçimi amacıyla kullanmışlardır. Ecer ve Küçük [20] 2007 yılında, Bulanık Benzerlik Tabanlı Tercih Sırası Çözümü Tekniği (Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution- Fuzzy TOPSIS, FTOPSIS) yöntemini kullanarak tedarikçi değerlendirme sistemleri üzerine çalışmışlar ve Erzurum'daki bir işletmede uygulamışlardır. Lia vd. [21] 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında, Gri Teori tabanlı bir karar metodu ile tedarikçi seçim problemine çözüm geliştirmeye çalışmışlardır. Gencer ve Gürpınar [22] 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında, bir elektronik firması için ANP metodu

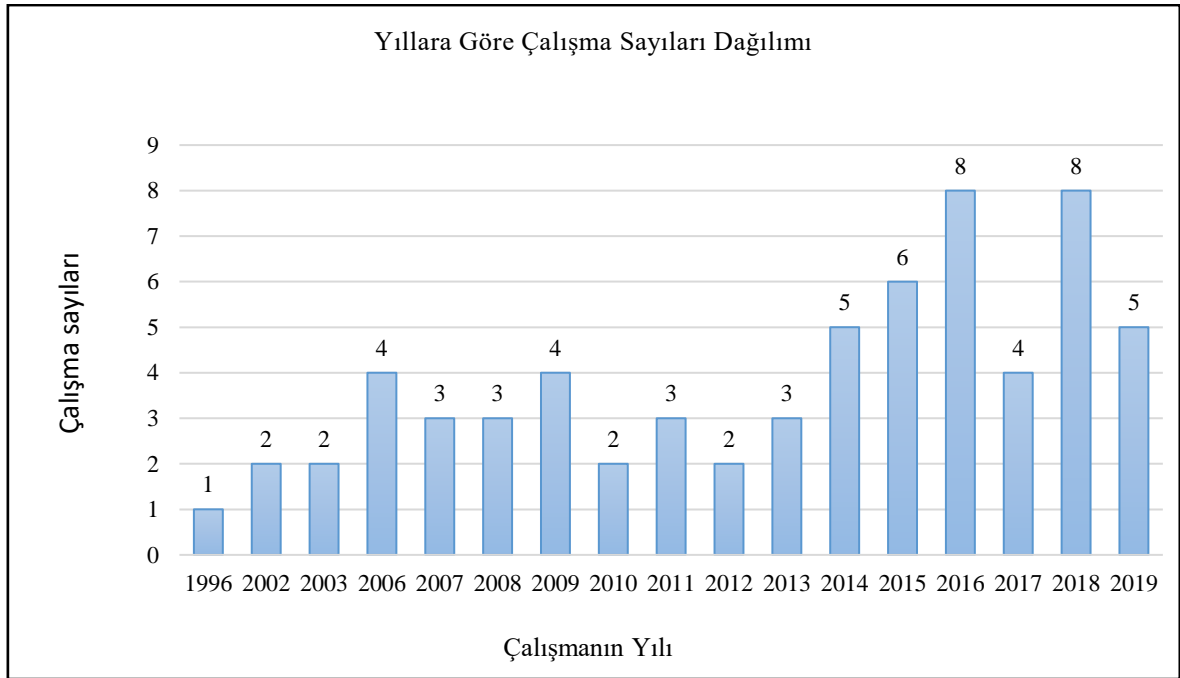
yardımıyla tedarikçi seçim modeli geliştirmiş ve uygulamışlardır. Seçme ve Özdemir [26] 2008 yılında, FAHP metodu ile stratejik tedarikçi seçimi üzerine çalışmışlardır. Wang et. al [27] 2008 yılında, FTOPSIS metodu ile tedarikçi seçim modeli oluşturmuş ve bunu test etmek için farklı metotlarla kıyaslamışlardır. Chan et. al [28] 2008 yılında, FAHP yöntemiyle nitelik ve niceliksel olarak değerlendirilen kriterleri dikkate alarak küresel ölçekte tedarikçi seçimi yapmaya çalışmışlardır. Zingil [29] 2009 yılında, Bulanık Çok Kriterli Uzlaşma ve Optimizasyon Çözümü (Fuzzy VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje-FVIKOR) ve TOPSIS metotlarını tedarikçi seçiminde kullanarak sonuçları tartışmışlardır. Şen [30] 2009 yılında AHP, TOPSIS ve ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) metotlarını karşılaştırmış ve tedarikçi seçimi için uygun olan ÇKKV metodunu belirlemeye çalışmıştır. Lee vd. [31] 2009 yılında, FAHP metodu yardımıyla çevreci yaklaşıma sahip olan bir tedarikçi seçme modeli üzerine çalışmışlardır. Şenkayas vd. [32] 2010 yılında, AHP'yi kullanarak Mondial firmasının lojistik hizmetleri için tedarikçi değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Boran ve Göztepe [33] 2010 yılında, FANP metodunu kullanarak hammadde satın alımı için tedarikçi seçim problemi üzerine çalışmışlardır. Göztepe [34] 2010 yılında, FANP metodunu uygulayarak en uygun tedarikçinin seçimi için çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Özdemir [35] 2010 yılında yayınladığı çalışmasında, tedarikçi seçim yöntemlerinde kriter ağırlıklandırmaları üzerine bir inceleme yapmıştır. AHP yöntemini kullanarak dikkate alınan kriterleri ağırlıklandırmıştır. Akıcı [36] 2011 yılında, FANP yöntemiyle tedarikçi seçimini gerçekleştirmiştir. Berkol ve Büyükozan [37] 2011 yılında, ANP ve Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment-QFD) entegrasyonunu kullanarak sürdürülebilir bir tedarik zinciri geliştirmek üzerine çalışmışlardır. Aytekin ve Tektaş [38] 2011 yılında, AHP metodu ile herhangi bir firmanın kullanabileceği genel geçerli bir model geliştirerek tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi problemine yanıt vermeye çalışmıştır. Arıkan ve Küçükçe [39] 2011 yılında, inceledikleri bir kurumun tedarikçi seçim sürecinden kaynaklı doğabilecek zararlarını en aza indirmek amacıyla tedarikçi seçim sürecini geliştirme faaliyetlerini aktarmışlardır. Evecen [40] 2012 yılında, AHP metoduyla tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için bir model oluşturmuşlardır. Akyüz [41] 2012 yılında, bir mobilya üreticisi firmanın ambalaj malzemeleri tedariki için kullanılan tedarikçi seçim modelini FVIKOR yöntemiyle geliştirmiştir. Baynal ve Yüzügüllü [42] 2013 yılında, tedarikçi seçimi için ANP yöntemini kullanmışlardır. Şenkaya ve Hekimoğlu [43] 2013 yılında, PROMETHEE yöntemini kullanarak tedarikçi seçim problemi üzerinde çalışmışlardır. Baynal vd. [44] 2014 yılında, bir gıda firması için tedarikçi seçimi uygulamasını FAHP

metodu ile gerçekleştirmişler. Kaur [45] 2014 yılında, AHP'yi kullanarak tedarikçi seçimindeki kriterlerin öncelik sırası üzerine çalışmıştır. Karagöz [46] 2014 yılında, AHP metodu ile toplu konut projeleri için tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Soleimanyanadegany [48] 2015 yılında, İran'da elektronik endüstrisinde faaliyet gösteren bir firma için çevreci tedarikçi seçimine yönelik bir prosedür sunmak amacıyla FAHP yöntemini kullanmışlardır. Lodha and Ramachandran [49] 2015 yılında, otomobil sektöründeki bir firma için belirli kriterleri kullanarak radyatör seçimi yapma üzere çalışmıştır. Ar vd. [50] 2015 yılında, VIKOR ve Karar verme Testi ve Değerlendirme Kurgusu (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-DEMATEL) metodlarını birleştirerek kablo sektöründeki bir üretici için hammadde tedarikçisi seçimi yapmıştır. Gündüz ve Güler [51] 2015 yılında, AHP ile TOPSIS metodlarını bir arada kullanarak termal turizm işletmeleri için tedarikçi seçme yöntemi geliştirmişlerdir. Candan ve Yazgan [52] 2015 yılında, AHP metodu yardımıyla ilaç sanayisinde faaliyet gösteren bir üretici için en uygun hammadde tedarikçisini seçmek ve tedarik maliyetlerini optimize etmek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Zerbini and Borghini [53] 2015 yılında tedarikçi firmanın bilgi birikimi ve alıcı firmaya sağlayabileceği katma değeri bir parametre olarak tedarikçi seçim sistemine dahil etmeyi amaçladıkları çalışmalarında En Küçük Kareler Yöntemi ile Regresyon Analizi (Ordinary Least Squares-OLS Regression Analysis) metodunu kullanmışlardır. Aggarwala and Ainesh [54] 2015 yılında, Baskın Olmayan Genetik Sıralama Algoritması (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-NSGA II) yöntemi üzerine çalışarak; Stokastik Tedarikçi Seçim Problemi (Stochastic Vendor Selection Problem-SVSP) modeli ile tanımlanmış bir satın alma problemine yanıt aramışlardır. Aydın ve Eren [77] 2018 yılında yayınlanan çalışmalarında, bir savunma sanayi firması için tedarik edilecek bir altyapı malzemesinin seçimi kapsamında AHP ve TOPSIS yöntemleri yardımıyla hibrit bir tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir. Tekez ve Berk [57] TOPSIS'i kullanarak 2016 yılında, bir mobilya firması için tedarikçi seçimi problemini çözmüşlerdir. Şenyiğit ve Ekinçi [58] 2016 yılında, tedarikçi seçimi için kriter ağırlıklarını AHP ile belirlemişler ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemini kullanmışlardır. Kaur and Rachana [59] 2016 yılında, Sezgisel Bulanık Küme (Intuitionistic Fuzzy Set-IFS) teoremini kullanarak en uygun tedarikçinin seçimi üzerine çalışmışlardır. Cesar vd. [60] 2016 yılında, Bulanık QFD (Fuzzy QFD-FQFD) metodunu kullanarak ÇKKV kapsamında, kriter seçimi ve kriterlerin ağırlıklandırılması için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Dwiri vd. [61] 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ve AHP metodunu birleştirerek tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Bağcı ve Esmer [62] 2016 yılında,

PROMETHEE metodu ile halka açık 8 faktöring şirketi için sıralama yaparak; firmaların performanslarını değerlendirerek ve en başarılı firmayı seçmişlerdir. Bark [63] 2016 yılında, FTOPSIS, FVIKOR ve FPROMETHEE metotları yardımıyla tedarikçi seçim problemi için bir mobilya firması için alternatif bir yaklaşım önermiştir. Ergül et. al [64] 2016 yılında yayınladıkları çalışmalarında, Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis-GRA) metodu ile gıda sektöründe çalışan 15 tedarikçiyi izleyerek; aralarından en uygun olanının seçimini gerçekleştirecek bir model önermişlerdir. Ghorabae vd. [66] 2017 yılında, Bulanık Ortalama Çözümünden Değerlendirme Uzaklığı (Fuzzy Evaluation based on Distance from Average Solution-FEDAS) metodu ile tedarikçi seçimi üzerine çalışmışlardır. Acar ve Çapkın [67] 2017 yılında, ANP ile tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Durmaz vd. [68] 2017 yılında, bir firmadaki tedarikçi seçim problemine Oran Analizi ile Çok Amaçlı Optimizasyon (Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis-MOORA) metoduyla yanıt aramışlardır. Alkan vd. [69] 2017 yılında, AHP ve PROMETHEE yöntemlerini bütünlük bir şekilde kullanarak bir lastik üreticisi firma için tedarikçi seçimi üzerine çalışmışlardır. Kherkoff [72] 2018 yılında, FAHP ve TOPSIS yöntemlerini entegre ederek yeni bir tedarikçi seçim yöntemi geliştirmiştir. Toklu vd. [73] 2018 yılında, tedarikçi seçimi için Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis-SWARA) ve Ağırlıklı Birleşik Toplu Çarpım Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-WASPAS) metotlarını birleştirerek yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Guo vd. [74] 2018 yılında, FAHP metoduyla çevreci tedarikçi seçimini gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Gri Teoriyi (Grey Theory) kullanmışlardır. Liu and Deng [75] 2018 yılında, tedarikçi seçiminde rasyonel ve verimli bir model geliştirmek amacıyla DEMATEL ve ANP metotlarını kullanmışlardır. Yalçın [76] 2018 yılında, FAHP metodu ve PROMETHEE metodunu birleştirerek tedarikçi seçimi üzerine çalışmıştır. Yücel [78] 2018 yılında, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firma için tedarikçi seçim kriterlerinin önem derecelerini belirlemiş ve ardından AHP, TOPSIS ve VIKOR metotlarını uygulayarak elde edilen sonuçların ortalamasını dikkate alarak tedarikçi seçimini gerçekleştirmiştir. Pak et. al [79] 2018 yılında yayınladıkları çalışmalarında, DEA ile tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Yu et. al [80] 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında, Genişletilmiş TOPSIS (Extended TOPSIS) metodu ile geliştirdikleri tedarikçi seçim modelini diğer bulanık analiz yöntemleriyle test etmişlerdir. Yadavallia et. al [81] 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında, FTOPSIS metodunu kullanarak müşteri beklentilerine göre seçim yapan sürdürülebilir bir tedarikçi seçim modeli üzerine çalışmışlardır. Memaria et. al [82] 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında, tedarikçi değerlendirme probleminin

çözümü için sürdürülebilir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Guarnieri and Trojan [83] 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında, tekstil endüstrisinde yaptıkları gözlemlere dayanarak günlük alışverişlerini yapan kişiler için bir tedarikçi seçim yaklaşımı geliştirmişlerdir. Liu et. al [84] 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında, bir pil üreticisi firma için farklı ÇKKV metotları ile çalışarak bir karşılaştırma yapmışlar ve firma için en uygun olabilecek tedarikçi seçim modelini geliştirmişlerdir. Ulutaş ve Çelik [85] 2019 yılında, bir yerel market deposu için uygun transpalet seçiminin yapılabilmesi amacıyla AHP ve EDAS yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir.

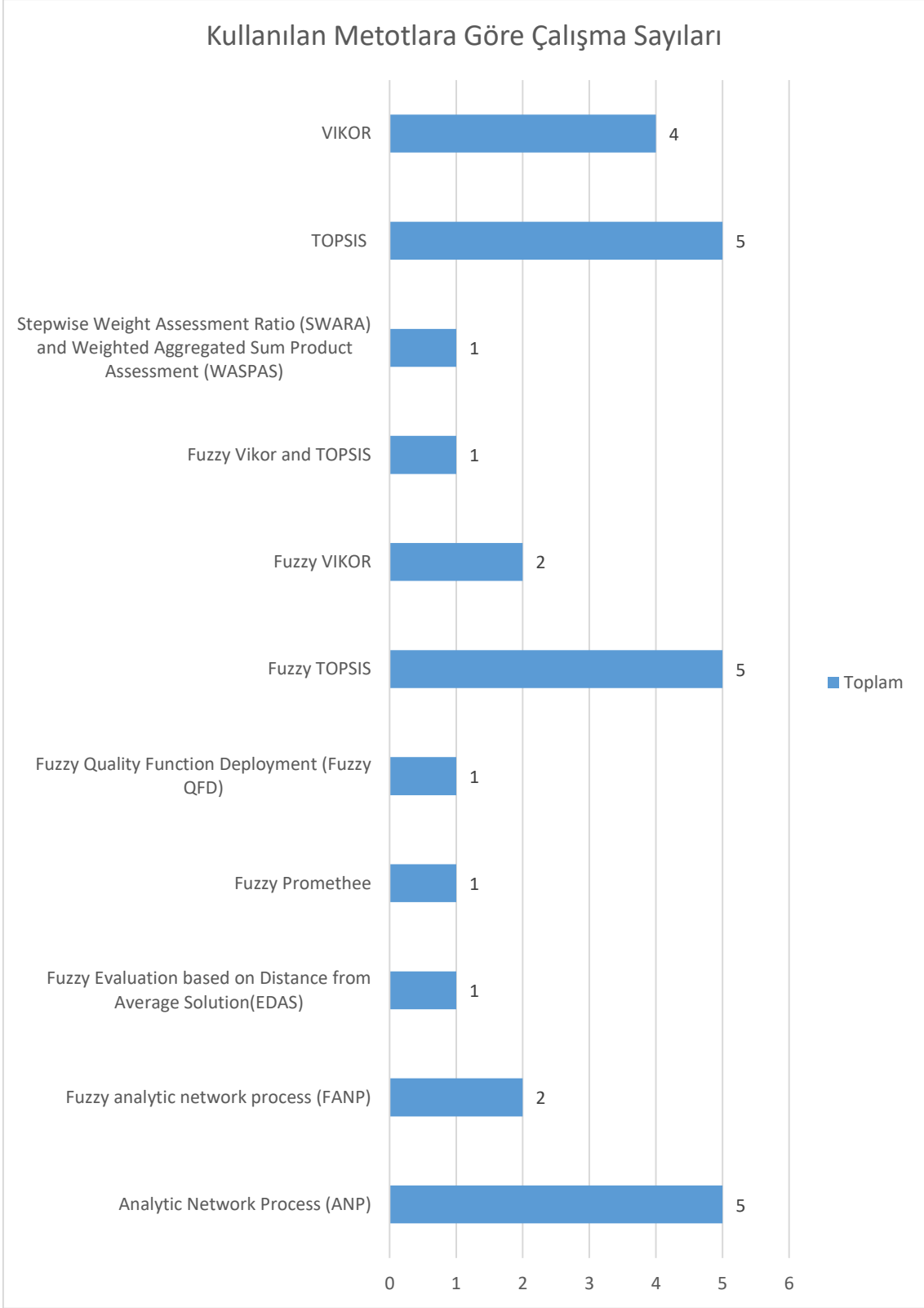
Tedarikçi seçimine yönelik literatürde incelenen çalışmalar, yıllara göre çalışmaların dağılımı, kullanılan yöntemler ve kullanılan kriterler açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Şekil 2.1.'de verilen tedarikçi seçimi ile ilgili olan çalışmaların 2002-2019 yılları arasındaki dağılımı gösterilmektedir.



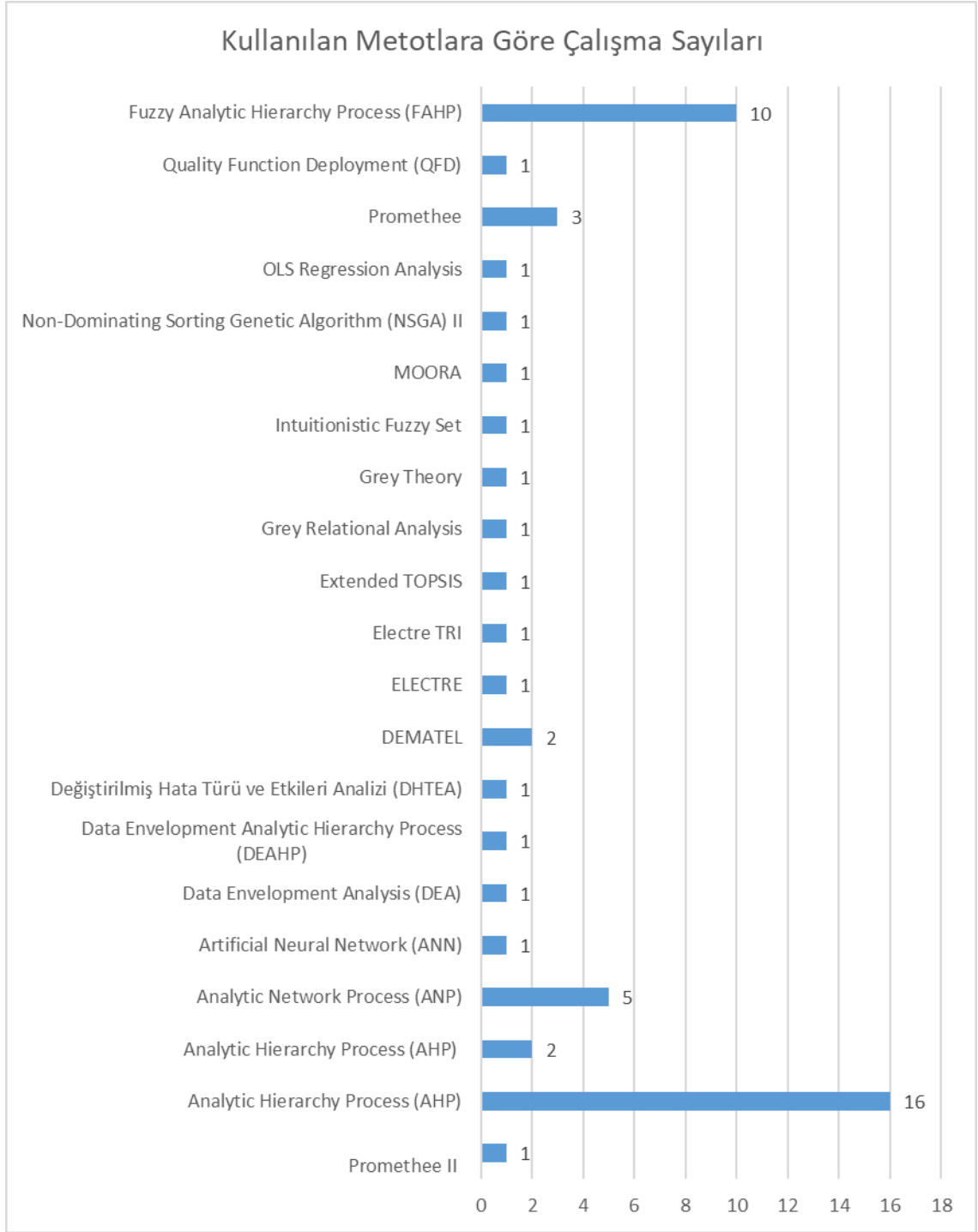
Şekil 2.1. Yıllara göre tedarikçi seçim problemi ile ilgili çalışma sayısı dağılımı

Şekil 2.1.'e bakıldığında, bu çalışmaların 2014 ile 2019 yıllarında artış gösterdiği görülmektedir.

2002-2019 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalar, kullandıkları yöntemler açısından incelendiklerinde, toplam 36 farklı metodun tedarikçi seçim problemleri kapsamında tercih edildiği görülmektedir. Söz konusu çalışmalarda kullanılan metotlara göre çalışma sayısı dağılım grafiği Şekil 2.2. ve Şekil 2.3.'te sunulmaktadır.



Şekil 2.2. Kullanılan yöntemlere göre çalışma sayıları

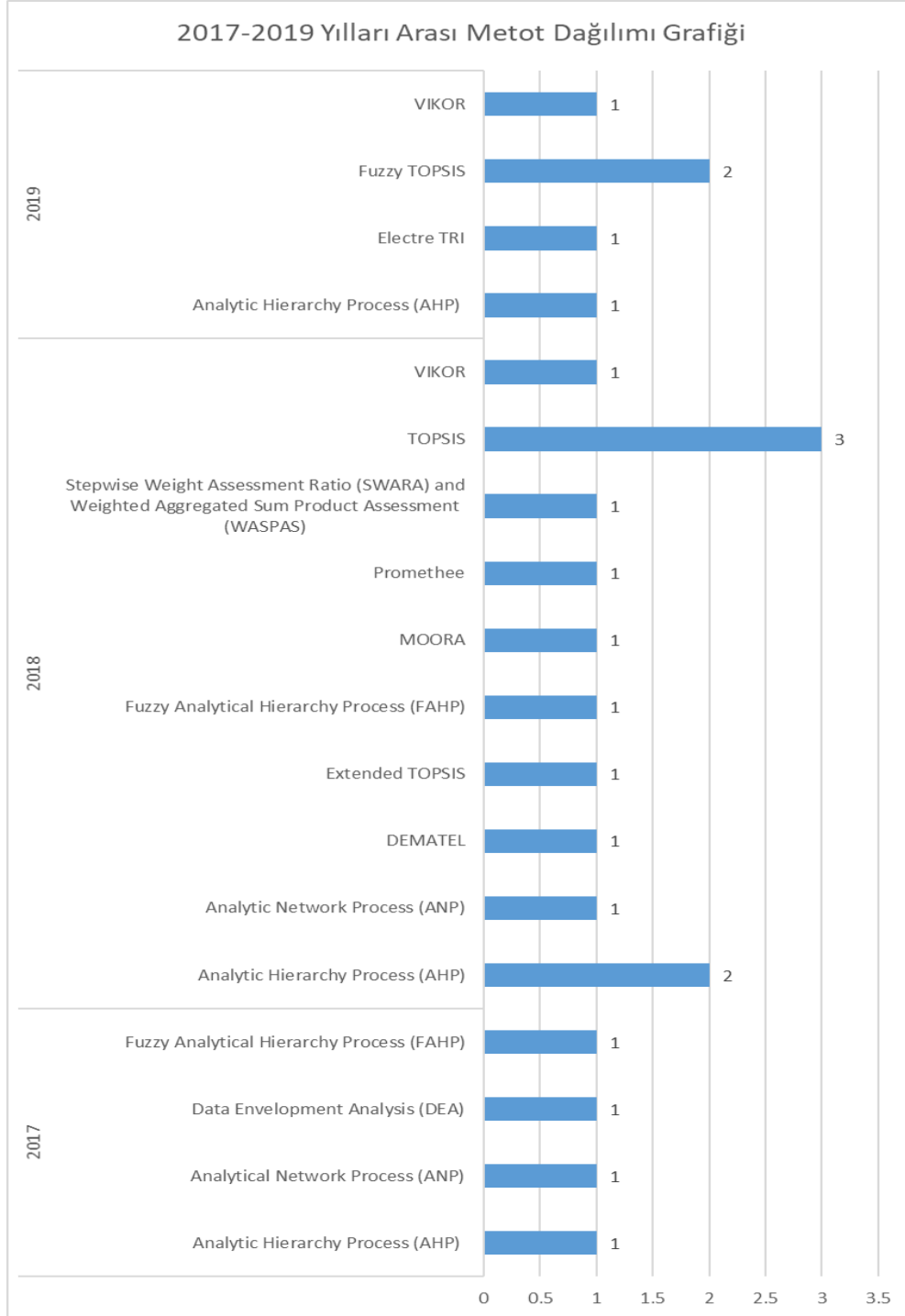


Şekil 2.3. Kullanılan yöntemlere göre çalışma sayıları

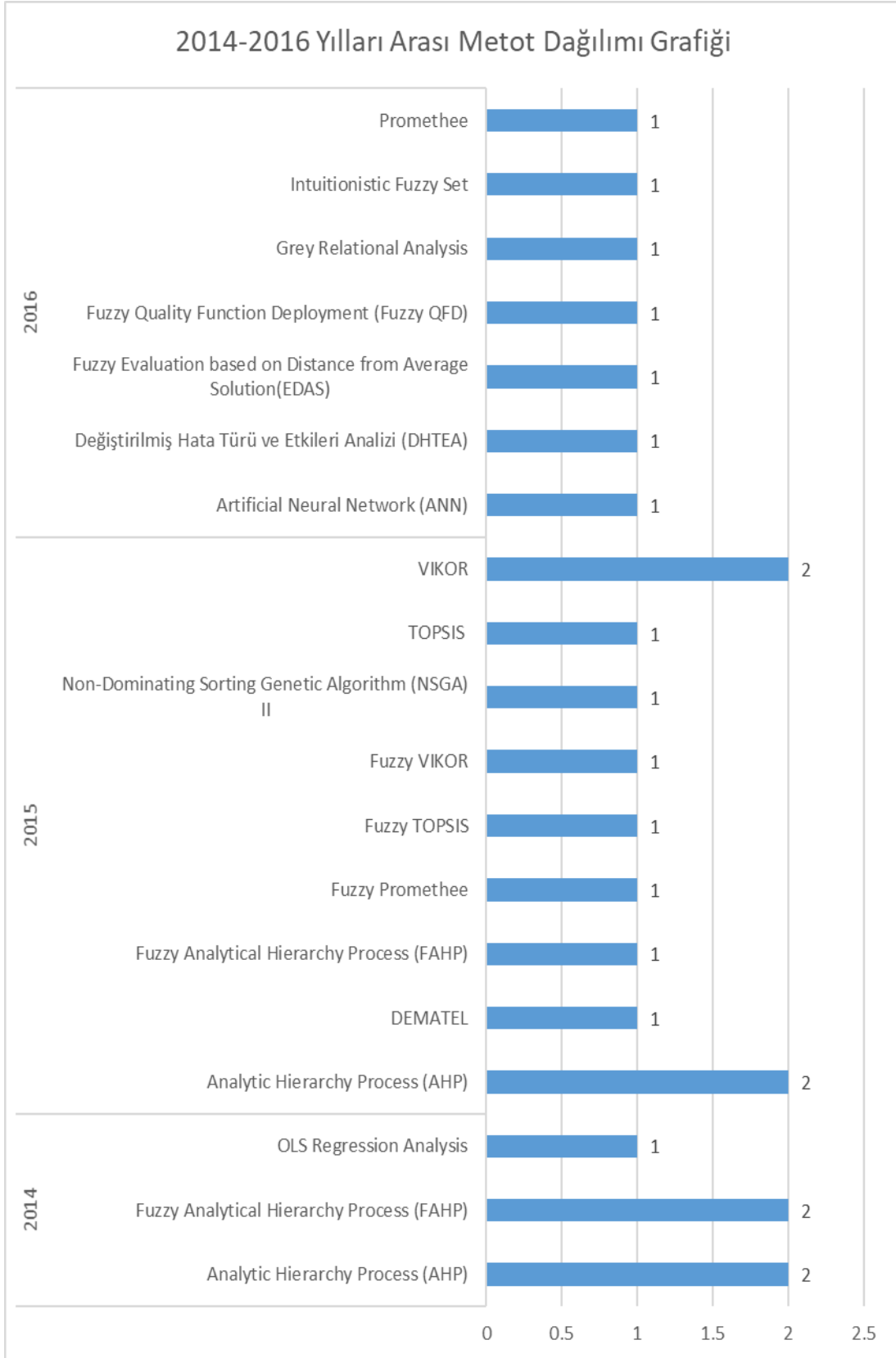
Şekil 2.2. ve Şekil2.3.'ten de görüldüğü gibi, tedarikçi seçimi kapsamında en çok AHP ve FAHP yöntemleri uygulanmıştır. Yine aynı şekilden anlaşılacağı gibi, kullanılan metotlar arasında KEMIRA-M bulunmamaktadır. Ayrıca, 2019 yılı kasım ayı itibariyle araştırıldığında da, KEMIRA-M metodunun kullanıldığı bir tedarikçi seçim problemi

çözümüne literatürde rastlanmamıştır. Bu durum, tedarikçi seçimi alanında KEMIRA-M'den yararlanılarak sonuçların değerlendirilmesinin önemini arttırmaktadır.

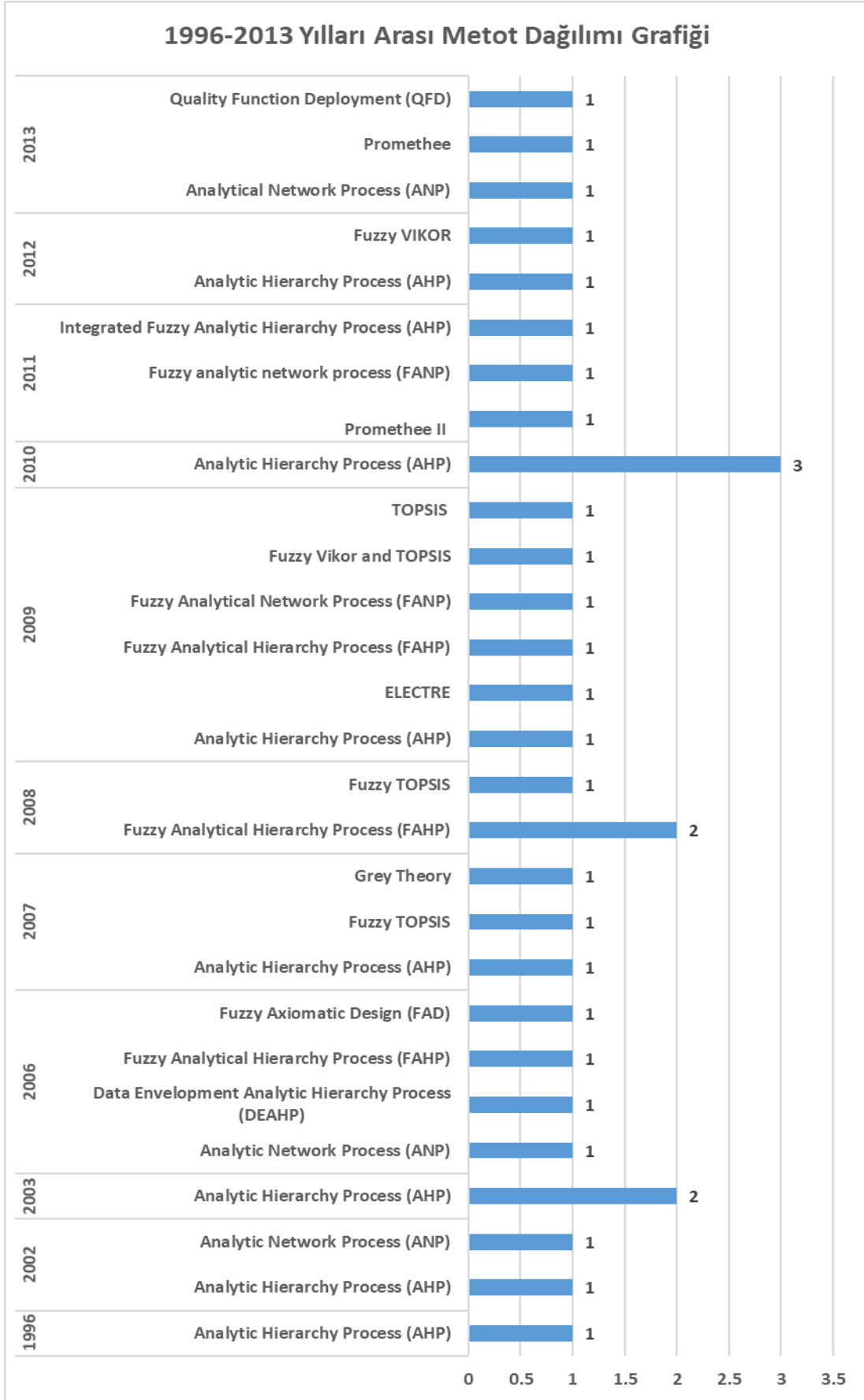
Yıllara göre tedarikçi seçimiyle ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemlerin dağılım grafiği Şekil 2.4., Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.4. 2017-2019 yılları arasındaki yöntem dağılım grafiği



Şekil 2.5. 2014-2016 yılları arasındaki yöntem dağılım grafiği



Şekil 2.6. 1996-2010 yılları arasındaki yöntem dağılım grafiği

Şekil 2.3., Şekil 2.4. ve Şekil 2.5.'ten de görüldüğü gibi, tedarikçi seçimi kapsamında literatürde incelenen çalışmalarda, bu problemin çözümüne ilişkin kullanılan yöntemler 2002 ile 2019 yılları arasında rastgele tarama sonucunda belirlenmiştir. 1996 yılına ilişkin ilgili şekilde ve literatür çalışmasında yer alan kaynak ise tedarikçi seçimine yönelik yapılan ilk ve temel araştırma olması nedenleriyle çalışmada yer almaktadır. Buna göre, tedarikçi seçimi kapsamında 1996 ile 2019 arasında en çok kullanılan ÇKKV metotlarının AHP ve FAHP olduğu görülmektedir. AHP haricindeki ÇKKV metotlarından ise, TOPSIS, VIKOR ve PROMETHEE'nin yaygın kullanımı göze çarpmaktadır.

Şekil 2.3., Şekil 2.4. ve Şekil 2.5.'e göre literatürde tedarikçi seçimi amacıyla nadiren kullanılan yöntemlerden bazıları ise Ordinary Least Squares (OLS) Regression Analysis, DEMATEL, MOORA ve FAD metotlarıdır. Şekil 2.3., Şekil 2.4. ve Şekil 2.5'te belirtilen çalışmaların içerisinde ise, Türkiye'de gerçekleştirilmiş olan uygulamalarda AHP ve FAHP metotları dışında en çok tercih edilen metodun TOPSIS olduğu belirlenmiştir.

Literatür araştırması kapsamında, tedarikçi seçimini gerçekleştiren çalışmalarda uygulamanın yapıldığı 9 farklı sektör kapsamında dikkate alınan kriterler de incelenmiştir. Tablo 2.1'de söz konusu kriterler yer almaktadır. Tablo üzerinde, "Genel" başlığı altında toplanan çalışmalarda belirli bir sektör seçilmemiş olup; matematiksel model üzerinden tedarikçi seçimi yapılmış ve ya sanal bir ortamda tedarikçi seçimi kurgusu oluşturulmuştur.

Tablo 2.1. Sektörler bazında tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler

| Araştırma Yapılan Alan | Teori | Elektronik üretimi | İnşaat | Otomotiv | Kablo üretimi | Turizm | İlaç | Özel sektör | Tekstil | Perakende satış | Kriterlerin kullanım sayıları |
|------------------------|-------|--------------------|--------|----------|---------------|--------|------|-------------|---------|-----------------|-------------------------------|
| Fiyat | + | + | | + | + | + | + | + | + | + | 9 |
| Kalite | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | 9 |
| Teslim süresi | + | | + | + | + | + | + | + | + | | 8 |
| Servis | + | + | | | | | | | + | | 3 |
| Elde tutma maliyeti | + | | | + | | | | + | | | 3 |
| Performans notu | + | + | | | + | + | + | + | | | 6 |
| Esneklik | + | | | + | | + | | + | | | 4 |
| Bilinirlik | + | + | | | | | | | | | 2 |
| Teknik yeterlilik | + | | | | + | | | + | + | | 4 |
| Üretim kapasitesi | | + | | | + | | + | | | + | 4 |
| Şirket yapısı | + | + | | | | | | | | | 2 |
| Çevreci tasarım | | + | | | | | | | | + | 2 |
| Firma ilişkileri | + | | | | | | | + | | | 2 |
| Atık yönetimi | + | + | | | | | | | | | 2 |
| Riskler | + | | | | | | | | | | 2 |
| Çevre yönetimi | + | + | | | | | | | + | | 3 |
| Mühendislik | + | | | | | | | | | + | 2 |
| Enerji verimliliği | + | + | | | | | | | | | 2 |
| Garanti politikası | | | | | + | | | | | | 1 |
| Ödeme koşulları | + | | | | | | | | | | 1 |

Tablo 2.1’de incelenen çalışmalarda kullanılan kriterlerin sektörlerle olan ilişkisi belirlenmiştir. Buradan edinilen bilgiye dayanarak; tez çalışmasında kullanılması planlanan kriterler gözden geçirilmiş ve tutarsız olabilecek tanımlamalardan kaçınılmıştır. Tablo 2.1’e göre belirlenen sektörlerde en sık kullanılan ilk üç kriterin fiyat, kalite ve teslim süresi olduğu ortaya çıkmıştır. Söz konusu ilk üç kriteri, esneklik, teknik yeterlilik ve performans notu gibi diğer belirleyici kriterler izlemiştir.

KEMIRA-M açısından literatür incelendiğinde ise, yöntemin uygulandığı sınırlı sayıda çalışmanın olduğu görülmüştür. Krylovas et. al [45] bir optimizasyon problemi olan yer seçimi üzerine 2016 yılında KEMIRA’yı uygulamışlardır. Bu çalışmalarında Krylovas et.al ilk defa KEMIRA yöntemini Entropy yaklaşımıyla üç boyutlu veri yapısı kullanarak incelemiştir. Sarıçalı ve Kundakçı [54], forklift tedariki için alternatiflerin

değerlendirilmesi amacıyla 2017 yılında, KEMIRA-M'yi kullanmışlardır. Sarıçalı [59] 2018 yılında, Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assesment-COPRAS) ve KEMIRA-M entegrasyonunu uygulayarak bir mermer işletmesi için makine seçimi üzerine çalışmıştır. Delice ve Arslan [60] 2018 yılında, drone seçimi için KEMIRA-M yöntemini uygulamayı tercih etmişler. Can ve Toktaş [75] 2019 yılında, en riskli inşaat şantiyesinin belirlenmesi amacıyla Stokastik KEMIRA-M yaklaşımını önermişlerdir.

KEMIRA-M ve KEMIRA yöntemlerinin uygulandığı sınırlı sayıdaki çalışmaya bakıldığında, yöntemin en fazla üç kriter boyutu için kullanıldığı, genellikle çalışmaların iki kriter boyutu ile gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Ayrıca, ilgili çalışmalarda genellikle KEMIRA-M ya olduğu gibi kullanılmış ya da yöntemin ağırlıklandırma prosedürünün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Örneğin Krylovas et. al [45] Entropy yaklaşımıyla üç boyutlu sabit sayıda kriter içeren bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma, bir vaka incelemesi olması sebebiyle ürettiği çözümün toplam kriter sayısı sabittir. Bu bakımdan bu tez çalışmasında önerilen yaklaşım, dört boyutlu kriter yapısı içerisinde kriter sayısı sınırı olmadan bir, iki, üç ve dört boyutlu veri yapısı olan her durumda kullanılabilir olmasıyla fark yaratmaktadır. Bu durum, bu tez çalışmasında önerilen yaklaşım için, genel amaçlı kullanımın kolaylaştırılması bakımından, avantaj sağlamaktadır.

3. ÖNERİLEN DÖRT BOYUTLU KEMIRA-M YAKLAŞIMI

Önerilen dört boyutlu KEMIRA-M yöntemine ait uygulama adımları aşağıda yer almaktadır:

Adım 1. Kriterlerin, alternatiflerin ve karar verici grubun belirlenmesi.

Kriterler, yapısal benzerliklerine göre X, Y, Z ve T olmak üzere dört grup altında toplanır. X grubu kriterler $x_m, m = 1, \dots, M$, Y grubu kriterler $y_n; n = 1, \dots, N$, Z grubu kriterler $z_b; b = 1, \dots, B$, T grubu kriterler ise $t_p; p = 1, \dots, P$ olarak tanımlanır.

Alternatifler $A_k, k = 1, \dots, K$ olarak ifade edilmektedir. Karar vericiler ise $E_s, s = 1, \dots, S$ olarak belirtilmektedir.

Adım 2. Başlangıç karar matrisinin oluşturulması.

Eşitlik (1)'de görülen Başlangıç Karar Matrisi $[D] = [[D_X] : [D_Y] : [D_Z] : [D_T]]$ 'nde, her bir alternatifin her bir kriter grubuna göre aldığı değerler belirtilir. Bu değerler, alternatiflerin kriterler için performans değerlerinin oluşturur. $[D]$ 'de, Eşitlik (1)'deki gibi her bir kriter grubuna ait olan sırasıyla $x_m^{(k)}, y_n^{(k)}, z_b^{(k)}, t_p^{(k)}$ elemanları yer alır.

Burada,

$m = 1, \dots, M$ olmak üzere $x_m^{(k)}$, k . alternatifin X grubundaki m . kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$n = 1, \dots, N$ olmak üzere $y_n^{(k)}$, k . alternatifin Y grubundaki n . kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$b = 1, \dots, B$ olmak üzere $z_b^{(k)}$, k . alternatifin Z grubundaki b . kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$p = 1, \dots, P$ olmak üzere $t_p^{(k)}$, k . alternatifin T grubundaki p . kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$$\begin{bmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_m^{(1)} & \dots & x_M^{(1)} & y_1^{(1)} & \dots & y_m^{(1)} & \dots & y_M^{(1)} & z_1^{(1)} & \dots & z_m^{(1)} & \dots & z_M^{(1)} & t_1^{(1)} & \dots & t_m^{(1)} & \dots & t_M^{(1)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{(K)} & \dots & x_m^{(K)} & \dots & x_M^{(K)} & y_1^{(K)} & \dots & y_m^{(K)} & \dots & y_M^{(K)} & z_1^{(K)} & \dots & z_m^{(K)} & \dots & z_M^{(K)} & t_1^{(K)} & \dots & t_m^{(K)} & \dots & t_M^{(K)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 3. Fayda ve maliyet türü kriterlerin belirlenmesi.

Alternatiflerin fayda türü kriterler için yüksek değerler alması, maliyet türü kriterler için ise düşük değerler alması istenir. KEMIRA-M’de, [D]’de bulunan maliyet türü kriterler, her bir grup için sırasıyla $\frac{1}{x_m^{(k)}}, \frac{1}{y_n^{(k)}}, \frac{1}{z_b^{(k)}}, \frac{1}{t_p^{(k)}}$ şeklinde fayda türü kriterlere dönüştürülür.

Adım 4. Normalize karar matrisinin oluşturulması.

Başlangıç karar matrisi [D]’nde bulunan alternatiflerin dört kriter grubuna göre aldıkları değerler $x_m^{(k)}, y_n^{(k)}, z_b^{(k)},$ ve $t_p^{(k)}$ Eşitlik (2) kullanılarak normalize edilir ve normalize karar matrisi [D]’ oluşturulur.

$$\begin{aligned}(x_m^{(k)})' &= \frac{x_m^{(k)} - x_{min}^{(k)}}{x_{max}^{(k)} - x_{min}^{(k)}} \\(y_n^{(k)})' &= \frac{y_n^{(k)} - y_{min}^{(k)}}{y_{max}^{(k)} - y_{min}^{(k)}}, \\(z_b^{(k)})' &= \frac{z_b^{(k)} - z_{min}^{(k)}}{z_{max}^{(k)} - z_{min}^{(k)}} \\(t_p^{(k)})' &= \frac{t_c^{(k)} - t_{min}^{(k)}}{t_{max}^{(k)} - t_{min}^{(k)}}\end{aligned}\quad (2)$$

Burada;

$m = 1, \dots, M$ olmak üzere $(x_m^{(k)})'$, k . alternatifin X grubundaki m . kriter için normalize değerini belirtmektedir.

$n = 1, \dots, N$ olmak üzere $(y_n^{(k)})'$, k . alternatifin Y grubundaki n . kriter için normalize değerini belirtmektedir.

$b = 1, \dots, B$ olmak üzere $(z_b^{(k)})'$, k . alternatifin Z grubundaki b . Kriteri için normalize değerini belirtmektedir.

$p = 1, \dots, p$ olmak üzere $(t_p^{(k)})'$, k . alternatifin T grubundaki p . kriter için normalize değerini belirtmektedir.

Adım 5. Her bir karar vericiye göre kriterlerin önem sırasının belirlenmesi.

Bu aşamada, her bir karar verici, dört kriter grubunun her birinde yer alan kriterleri önemliden önemsizye doğru sıralar. Bu şekilde, dört farklı grupta bulunan kriterlere ait sıralama matrisleri $[R_X]$, $[R_Y]$, $[R_Z]$, $[R_T]$ elde edilir. Herhangi bir karar verici için en önemli olan kriter birinci sırayı alır. Tablo 3.1’de karar vericilere ait sıralama matrisleri $[R_X]$, $[R_Y]$, $[R_Z]$, $[R_T]$ görülmektedir.

Tablo 3.1 Karar vericilere ait sıralama matrisi

| E_s | x_1 | ... | x_M | y_1 | ... | y_N | z_1 | ... | z_B | t_1 | ... | t_P |
|-------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| 1 | $(r_X)_{(1,1)}$ | ... | $(r_X)_{(M,1)}$ | $(r_Y)_{(1,1)}$ | ... | $(r_Y)_{(N,1)}$ | $(r_Z)_{(1,1)}$ | ... | $(r_Z)_{(B,1)}$ | $(r_T)_{(1,1)}$ | ... | $(r_T)_{(P,1)}$ |
| ... | \vdots | \ddots | \vdots | \vdots | \ddots | \vdots | \vdots | \ddots | \vdots | \vdots | ... | ... |
| s | $(r_X)_{(1,s)}$ | ... | $(r_X)_{(M,s)}$ | $(r_Y)_{(1,s)}$ | ... | $(r_Y)_{(N,s)}$ | $(r_Z)_{(1,s)}$ | ... | $(r_Z)_{(B,s)}$ | $(r_T)_{(1,s)}$ | ... | $(r_T)_{(P,s)}$ |
| ... | \vdots | \ddots | \vdots | \vdots | \ddots | \vdots | \vdots | \ddots | \vdots | ... | ... | ... |
| S | $(r_X)_{(1,S)}$ | ... | $(r_X)_{(M,S)}$ | $(r_Y)_{(1,S)}$ | ... | $(r_Y)_{(N,S)}$ | $(r_Z)_{(1,S)}$ | ... | $(r_Z)_{(B,S)}$ | $(r_T)_{(1,S)}$ | ... | $(r_T)_{(P,S)}$ |

Burada,

$(r_X)_{(m,s)}$: X grubundaki m . kriterin s . karar vericiye göre sırasını belirtmektedir.

Ayrıca, $[R_X]$ matrisinin her bir elemanını ifade eder.

$(r_Y)_{(n,s)}$: Y grubundaki n . kriterin s . karar vericiye göre sırasını belirtmektedir.

Ayrıca, $[R_Y]$ matrisinin her bir elemanını ifade eder.

$(r_Z)_{(b,s)}$: Z grubundaki b . kriterin s . karar vericiye göre sırasını belirtmektedir.

Ayrıca, $[R_Z]$ matrisinin her bir elemanını ifade eder.

$(r_T)_{(p,s)}$: T grubundaki p . kriterin s . karar vericiye göre sırasını belirtmektedir.

Ayrıca, $[R_T]$ matrisinin her bir elemanını ifade eder.

Buna göre,

$(r_X)_{(m,s)}$, $(r_Y)_{(n,s)}$, $(r_Z)_{(b,s)}$, $(r_T)_{(p,s)}$ elemanları için 1 değeri her bir grup içindeki ilgili s . karar vericiye göre en önemli kriteri tanımlar. Benzer şekilde, s . karar vericiye göre $(r_X)_{(m,s)}$ için M , $(r_Y)_{(n,s)}$ için N , $(r_Z)_{(b,s)}$ için B , $(r_T)_{(p,s)}$ için P değerleri sırasıyla X, Y, Z ve T kriter gruplarındaki en önemsiz kriteri belirtir.

Adım 6. Her bir karar verici için öncelik matrislerinin oluşturulması.

Her bir karar verici için, her bir kriter grubu kapsamında Adım 5'te elde edilen $[R_X]$, $[R_Y]$, $[R_Z]$, $[R_T]$ dikkate alınarak, köşegen elemanları 0 değerini alacak şekilde öncelik matrisleri $[P_X]_s$, $[P_Y]_s$, $[P_Z]_s$, $[P_T]_s$ elde edilir. Söz konusu matrislerin elemanları Eşitlik (3) kullanılarak oluşturulur.

$$(p_X)_{(s,m,v)} = \begin{cases} 0, & (r_X)_{(m,s)} \geq (r_X)_{(v,s)} \\ 1, & (r_X)_{(m,s)} < (r_X)_{(v,s)} \end{cases} \quad m = 1,2, \dots, M \quad \text{ve} \quad v = 1,2, \dots, M$$
$$(p_Y)_{(s,n,g)} = \begin{cases} 0, & (r_Y)_{(n,s)} \geq (r_Y)_{(g,s)} \\ 1, & (r_Y)_{(n,s)} < (r_Y)_{(g,s)} \end{cases} \quad n = 1,2, \dots, N \quad \text{ve} \quad g = 1,2, \dots, N$$
$$(p_Z)_{(s,b,f)} = \begin{cases} 0, & (r_Z)_{(b,s)} \geq (r_Z)_{(f,s)} \\ 1, & (r_Z)_{(b,s)} < (r_Z)_{(f,s)} \end{cases} \quad b = 1,2, \dots, B \quad \text{ve} \quad f = 1,2, \dots, B$$
$$(p_T)_{(s,p,h)} = \begin{cases} 0, & (r_T)_{(p,s)} \geq (r_T)_{(h,s)} \\ 1, & (r_T)_{(p,s)} < (r_T)_{(h,s)} \end{cases} \quad p = 1,2, \dots, P \quad \text{ve} \quad h = 1,2, \dots, P \quad (3)$$

Burada,

X kriter grubu kapsamında her bir karar vericiye ait öncelik matrisinin elemanları $(p_X)_{(s,m,v)}$ olarak gösterilir. $(p_X)_{(s,m,v)}$, s . karar vericiye göre, X grubunda bulunan m . kriterin v . kritere göre önceliğini tanımlamaktadır.

Y kriter grubu kapsamında her bir karar vericiye ait öncelik matrisinin elemanları $(p_Y)_{(s,n,g)}$ olarak gösterilir. $(p_Y)_{(s,n,g)}$, s . karar vericiye göre, Y grubunda bulunan n . kriterin g . kritere göre önceliğini tanımlamaktadır.

Z kriter grubu kapsamında her bir karar vericiye ait öncelik matrisinin elemanları $(p_Z)_{(s,b,f)}$ olarak gösterilir. $(p_Z)_{(s,b,f)}$, s . karar vericiye göre, Z grubunda bulunan b . kriterin f . kritere göre önceliğini tanımlamaktadır.

T kriter grubu kapsamında her bir karar vericiye ait öncelik matrisinin elemanları $(p_T)_{(s,p,h)}$ olarak gösterilir. $(p_T)_{(s,p,h)}$, s . karar vericiye göre, T grubunda bulunan p . kriterin h . kritere göre önceliğini tanımlamaktadır.

Örneğin 5 kritere sahip X grubundaki kriterler için dört karar vericiye ait sıralama matrisi aşağıdaki Eşitlik (4)'te verilmiştir. Eşitlik (4)'teki her bir satır bir karar vericiye ait kriter sıralamalarını göstermektedir.

$$[R_X] = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 & 5 & 2 \\ 3 & 5 & 1 & 4 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & 5 & 4 \\ 1 & 3 & 5 & 2 & 4 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te verilen sıralama matrisi $[R_X]$ 'in ilk satırı birinci karar vericiye ait kriter sıralamalarını belirtmektedir. Buna göre oluşturulan ve Eşitlik (3) kullanılarak elde edilen birinci karar vericinin öncelik matrisi $[P_X]_1$ Eşitlik (5)'teki gibi elde edilmiştir.

$$[P_X]_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Adım 7. Karar vericilerin kriter öncelikleri arasındaki farkların hesaplanarak MPC'nin belirlenmesi.

Bu aşamada, her bir karar verici için, her bir kriter grubu kapsamında oluşturulan öncelik matrislerinin birbirleri arasındaki fark Eşitlik (6) ve (7) kullanılarak hesaplanır. Karar vericiler arasından, her bir kriter grubu için öncelik matrisleri arasındaki toplam farkı en az olan karar vericinin belirlediği sıralama MPC olarak kabul edilir.

$$\begin{aligned} (\rho_X)_s &= \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^M \sum_{v=1}^M |(p_X)_{(s^*,m,v)} - (p_X)_{(s,m,v)}| & s^* &= 1, \dots, S \\ (\rho_Y)_s &= \sum_{s=1}^S \sum_{n=1}^N \sum_{g=1}^N |(p_Y)_{(s^*,n,g)} - (p_Y)_{(s,n,g)}| & s^* &= 1, \dots, S \\ (\rho_Z)_s &= \sum_{s=1}^S \sum_{b=1}^B \sum_{f=1}^B |(p_Z)_{(s^*,b,f)} - (p_Z)_{(s,b,f)}| & s^* &= 1, \dots, S \\ (\rho_T)_s &= \sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P \sum_{h=1}^P |(p_T)_{(s^*,p,h)} - (p_T)_{(s,p,h)}| & s^* &= 1, \dots, S \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P_X &= \min \{ (\rho_X)_1, (\rho_X)_2, \dots, (\rho_X)_S \} & P_Y &= \min \{ (\rho_Y)_1, (\rho_Y)_2, \dots, (\rho_Y)_S \} \\ P_Z &= \min \{ (\rho_Z)_1, (\rho_Z)_2, \dots, (\rho_Z)_S \} & P_T &= \min \{ (\rho_T)_1, (\rho_T)_2, \dots, (\rho_T)_S \} \end{aligned} \quad (7)$$

P_X, P_Y, P_Z, P_T , değerlerini sırasıyla X, Y, Z ve T kriter grupları için sağlayan karar verici s_* olarak tanımlanır ve ilgili karar vericinin sıralaması, dört grubun her biri için MPC olarak belirlenir. X grubu için MPC sıralaması $x_{*(1)} > x_{*(2)} > \dots > x_{*(M)}$, Y grubu için MPC sıralaması $y_{*(1)} > y_{*(2)} > \dots > y_{*(N)}$, Z grubu için MPC sıralaması $z_{*(1)} > z_{*(2)} > \dots > z_{*(B)}$, T grubu için MPC sıralaması $t_{*(1)} > t_{*(2)} > \dots > t_{*(P)}$ olarak tanımlanır.

$x_{*(m)}$: X grubundaki m . kriterin MPC'ye göre önem sırasını,

$y_{*(n)}$: Y grubundaki n . kriterin MPC'ye göre önem sırasını,

$z_{*(b)}$: Z grubundaki b . kriterin MPC'ye göre önem sırasını,

$t_{*(p)}$: T grubundaki p . kriterin MPC'ye göre önem sırasını göstermektedir.

Adım 8. MPC öncelik sırasına uygun olarak kriter ağırlıklarının belirlenmesi.

Adım 7'de bulunan P_X, P_Y, P_Z, P_T değerlerine göre her bir grup için MPC'lerin belirlenmesinden sonra, MPC'lere göre her bir gruptaki kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanır. Ancak, bu hesaplama süreci geleneksel KEMIRA-M'de karar vericiler arasında uzlaşa sağlanmaya çalışılarak gerçekleştirilir. Buna göre, her bir grupta yer alan kriterlerin önem ağırlıklarının toplamı "1" olacak şekilde ve MPC dikkate alınarak farklı ağırlıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu kapsamda, MPC'lerde yer alan sıralama değerlerini kullanan, RS, RR ve RE olmak üzere 3 farklı kriter ağırlıklandırma yönteminin kullanılması ile ağırlık setlerinin elde edilmesi önerilmiştir. Söz konusu ağırlıklandırma yöntemleri Shirazi vd. [75] tarafından geliştirilmiştir. Bu 3 yöntem kullanılarak sırasıyla X, Y, Z ve T kriter grupları için $\vec{w}_{X_{RS}}, \vec{w}_{X_{RR}}, \vec{w}_{X_{RE}}, \vec{w}_{Y_{RS}}, \vec{w}_{Y_{RR}}, \vec{w}_{Y_{RE}}, \vec{w}_{Z_{RS}}, \vec{w}_{Z_{RR}}, \vec{w}_{Z_{RE}}, \vec{w}_{T_{RS}}, \vec{w}_{T_{RR}}, \vec{w}_{T_{RE}}$ ağırlık setleri elde edilir.

RS yönteminde, Eşitlik (8) kullanılarak sırasıyla X, Y, Z ve T gruplarında yer alan kriterlerin ağırlıkları elde edilir.

$$(w_{x_m})_{RS} = \frac{(M - x_{*(m)} + 1)}{\sum_{m=1}^M (M - x_{*(m)} + 1)} \quad m = 1, \dots, M$$

$$(w_{y_n})_{RS} = \frac{(N - y_{*(n)} + 1)}{\sum_{n=1}^N (N - y_{*(n)} + 1)} \quad n = 1, \dots, N$$

$$\begin{aligned}
(w_{z_b})_{RS} &= \frac{(B - z_{*(b)} + 1)}{\sum_{b=1}^B (B - z_{*(b)} + 1)} & b = 1, \dots, B \\
(w_{t_p})_{RS} &= \frac{(P - t_{*(p)} + 1)}{\sum_{p=1}^P (P - t_{*(p)} + 1)} & p = 1, \dots, P
\end{aligned} \tag{8}$$

Burada;

$(w_{x_m})_{RS}$: $m = 1, \dots, M$ olmak üzere X grubundaki m . kriterin RS yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{y_n})_{RS}$: $n = 1, \dots, N$ olmak üzere Y grubundaki n . kriterin RS yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{z_b})_{RS}$: $b = 1, \dots, B$ olmak üzere z grubundaki b . kriterin RS yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{t_p})_{RS}$: $p = 1, \dots, P$ olmak üzere T grubundaki p . kriterin RS yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

RR yönteminde ise, Eşitlik (9) kullanılarak sırasıyla X, Y, Z ve T gruplarında yer alan kriterlerin ağırlıkları elde edilir.

$$\begin{aligned}
(w_{x_m})_{RR} &= \frac{\left(\frac{1}{x_{*(m)}}\right)}{\sum_{m=1}^M \left(\frac{1}{x_{*(m)}}\right)} & m = 1, \dots, M \\
(w_{y_n})_{RR} &= \frac{\left(\frac{1}{y_{*(n)}}\right)}{\sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{y_{*(n)}}\right)} & n = 1, \dots, N \\
(w_{z_b})_{RR} &= \frac{\left(\frac{1}{z_{*(b)}}\right)}{\sum_{b=1}^B \left(\frac{1}{z_{*(b)}}\right)} & b = 1, \dots, B \\
(w_{t_p})_{RR} &= \frac{\left(\frac{1}{t_{*(p)}}\right)}{\sum_{p=1}^P \left(\frac{1}{t_{*(p)}}\right)} & p = 1, \dots, P
\end{aligned} \tag{9}$$

Burada;

$(w_{x_m})_{RR}$: $m = 1, \dots, M$ olmak üzere X grubundaki m . kriterin RR yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{y_n})_{RR}$: $n = 1, \dots, N$ olmak üzere Y grubundaki n . kriterin RR yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{z_b})_{RR}$: $b = 1, \dots, B$ olmak üzere Z grubundaki b . kriterin RR yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{t_p})_{RR}$: $p = 1, \dots, P$ olmak üzere T grubundaki p . kriterin RR yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

RE yönteminde ise, Eşitlik (10) kullanılarak sırasıyla X, Y, Z ve T gruplarında yer alan kriterlerin ağırlıkları elde edilir.

$$\begin{aligned}
 (w_{x_m})_{RE} &= \frac{(M - x_{*(m)} + 1)^i}{\sum_{m=1}^M ((M - x_{*(m)} + 1)^i)} & i = 2 \text{ ve } m = 1, \dots, M \\
 (w_{y_n})_{RE} &= \frac{(N - y_{*(n)} + 1)^i}{\sum_{n=1}^N ((N - y_{*(n)} + 1)^i)} & i = 2 \text{ ve } n = 1, \dots, N \\
 (w_{z_b})_{RE} &= \frac{(B - z_{*(b)} + 1)^i}{\sum_{b=1}^B ((B - z_{*(b)} + 1)^i)} & i = 2 \text{ ve } b = 1, \dots, B \\
 (w_{t_p})_{RE} &= \frac{(P - y_{*(p)} + 1)^i}{\sum_{p=1}^P ((P - y_{*(p)} + 1)^i)} & i = 2 \text{ ve } p = 1, \dots, P
 \end{aligned} \tag{10}$$

i 'nin 2 olması, ağırlıklar arasındaki uzaklığı arttırmaktadır. RE yönteminden elde edilen sonuçları RS yönteminden elde edilen sonuçlardan farklılaştırmak için kuvvet (i) değeri artırılabilir. Bu uygulamada toplamın ikinci kuvveti olması sonuçların farklılaşmasını sağladığı için tercih edilmiştir.

Burada,

$(w_{x_m})_{RE}$: $m = 1, \dots, M$ olmak üzere X grubundaki m . kriterin RE yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{y_n})_{RE}$: $n = 1, \dots, N$ olmak üzere Y grubundaki n . kriterin RE yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{z_b})_{RE}$: $b = 1, \dots, B$ olmak üzere Z grubundaki b . kriterin RE yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

$(w_{t_p})_{RE} : p = 1, \dots, P$ olmak üzere T grubundaki p . kriterin RE yöntemine göre hesaplanan önem sıralarını tanımlar.

Adım 9. Her bir kriter grubu için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörünün elde edilmesi.

Adım 8'de elde edilen kriter ağırlık vektörleri $\vec{w}_{XRS}, \vec{w}_{XRR}, \vec{w}_{XRE}, \vec{w}_{YRS}, \vec{w}_{YRR}, \vec{w}_{YRE}, \vec{w}_{ZRS}, \vec{w}_{ZRR}, \vec{w}_{ZRE}, \vec{w}_{TRS}, \vec{w}_{TRR}, \vec{w}_{TRE}$ ve normalize karar matrisi $[D]'$ çarpılarak; her kriter grubu için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri bulunur. Elde edilen $\vec{v}_{XRS}, \vec{v}_{XRR}, \vec{v}_{XRE}, \vec{v}_{YRS}, \vec{v}_{YRR}, \vec{v}_{YRE}, \vec{v}_{ZRS}, \vec{v}_{ZRR}, \vec{v}_{ZRE}, \vec{v}_{TRS}, \vec{v}_{TRR}, \vec{v}_{TRE}$ vektörleri K (alternatif sayısı) kadar satırdan oluşur. Her bir satır bir alternatifin değerlendirme sonucunu ifade eder.

Bu çalışmada, 3 farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanıldığı için elde edilen kriter ağırlık vektörlerinin kullanımıyla, her bir kriter grubu için 3 farklı ağırlıklandırılmış normalize karar vektörü elde edilecektir. Söz konusu vektörler Eşitlik (11), (12) ve (13) ile tanımlanmıştır.

RS ağırlık seti $(\vec{w}_{XRS}, \vec{w}_{YRS}, \vec{w}_{ZRS}, \vec{w}_{TRS})$ ile;

$$\vec{v}_{XRS} = \begin{bmatrix} v_{XRS}^{(1)} \\ v_{XRS}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{XRS}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{m=1}^M (x_m^{(1)})' \cdot w_{x_{mRS}} \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(2)})' \cdot w_{x_{mRS}} \\ \vdots \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(K)})' \cdot w_{x_{mRS}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{YRS} = \begin{bmatrix} v_{YRS}^{(1)} \\ v_{YRS}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{YRS}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N (y_n^{(1)})' \cdot w_{y_{nRS}} \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(2)})' \cdot w_{y_{nRS}} \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(K)})' \cdot w_{y_{nRS}} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}_{ZRS} = \begin{bmatrix} v_{ZRS}^{(1)} \\ v_{ZRS}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{ZRS}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{b=1}^B (z_b^{(1)})' \cdot w_{z_{nRS}} \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(2)})' \cdot w_{z_{nRS}} \\ \vdots \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(K)})' \cdot w_{z_{nRS}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{TRS} = \begin{bmatrix} v_{TRS}^{(1)} \\ v_{TRS}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{TRS}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^P (t_p^{(1)})' \cdot w_{t_{pRS}} \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(2)})' \cdot w_{t_{pRS}} \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(K)})' \cdot w_{t_{pRS}} \end{bmatrix} \quad (11)$$

RE ağırlık seti $(\vec{w}_{XRE}, \vec{w}_{YRE}, \vec{w}_{ZRE}, \vec{w}_{TRE})$ ile;

$$\vec{v}_{XRE} = \begin{bmatrix} v_{XRE}^{(1)} \\ v_{XRE}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{XRE}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{m=1}^M (x_m^{(1)})' \cdot w_{x_{mRE}} \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(2)})' \cdot w_{x_{mRE}} \\ \vdots \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(K)})' \cdot w_{x_{mRE}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{YRE} = \begin{bmatrix} v_{YRE}^{(1)} \\ v_{YRE}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{YRE}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N (y_n^{(1)})' \cdot w_{y_{nRE}} \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(2)})' \cdot w_{y_{nRE}} \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(K)})' \cdot w_{y_{nRE}} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}_{Z_{RS}} = \begin{bmatrix} v_{Z_{RE}}^{(1)} \\ v_{Z_{RE}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Z_{RE}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{b=1}^B (z_b^{(1)})' \cdot w_{z_{nRE}} \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(2)})' \cdot w_{z_{nRE}} \\ \vdots \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(K)})' \cdot w_{z_{nRE}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{T_{RS}} = \begin{bmatrix} v_{T_{RE}}^{(1)} \\ v_{T_{RE}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{T_{RE}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^P (t_p^{(1)})' \cdot w_{t_{pRE}} \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(2)})' \cdot w_{t_{pRE}} \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(K)})' \cdot w_{t_{pRE}} \end{bmatrix} \quad (12)$$

RR ağırlık seti $(\vec{w}_{X_{RR}}, \vec{w}_{Y_{RR}}, \vec{w}_{Z_{RR}}, \vec{w}_{T_{RR}})$ ile;

$$\vec{v}_{X_{RR}} = \begin{bmatrix} v_{X_{RR}}^{(1)} \\ v_{X_{RR}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{X_{RR}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{m=1}^M (x_m^{(1)})' \cdot w_{x_{mRR}} \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(2)})' \cdot w_{x_{mRR}} \\ \vdots \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(K)})' \cdot w_{x_{mRR}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{Y_{RR}} = \begin{bmatrix} v_{Y_{RR}}^{(1)} \\ v_{Y_{RR}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Y_{RR}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N (y_n^{(1)})' \cdot w_{y_{nRR}} \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(2)})' \cdot w_{y_{nRR}} \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(K)})' \cdot w_{y_{nRR}} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}_{Z_{RR}} = \begin{bmatrix} v_{Z_{RR}}^{(1)} \\ v_{Z_{RR}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Z_{RR}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{b=1}^B (z_b^{(1)})' \cdot w_{z_{bRR}} \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(2)})' \cdot w_{z_{bRR}} \\ \vdots \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(K)})' \cdot w_{z_{bRR}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{T_{RR}} = \begin{bmatrix} v_{T_{RR}}^{(1)} \\ v_{T_{RR}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{T_{RR}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^P (t_p^{(1)})' \cdot w_{t_{pRR}} \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(2)})' \cdot w_{t_{pRR}} \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(K)})' \cdot w_{t_{pRR}} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Adım 10. Her kriter grubu için en uygun ağırlık setinin bulunması.

Dört kriter grubu (X,Y,Z,T) ve üç ağırlıklandırma yöntemi (RS, RE, RR) olması nedeniyle toplamda $3^4 = 81$ farklı kombinasyon ile hangi kriter grubu için hangi ağırlıklandırma yönteminin uygun olduğu belirlenebilir. Bu belirleme yapılırken Eşitlikler (14) ve (15)'teki seçim prosedürü uygulanır.

Eşitlik (15)'te ise Eşitlik (14) ile elde edilen F durumlar vektörü üzerindeki minimum uzaklık bilgisinin elde edilmesini sağlayan ağırlık grubu Adım 11'de alternatiflerin sıralaması için kullanılacak ağırlık grubunu belirlemektedir.

$$F = |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{Y_c}| + |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{Z_c}| + |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{T_c}| + |\vec{v}_{Y_c} - \vec{v}_{Z_c}| + |\vec{v}_{Y_c} - \vec{v}_{T_c}| + |\vec{v}_{Z_c} - \vec{v}_{T_c}| \quad c \in \{RS, RE, RR\} \quad (14)$$

$$F_* = \min F \quad (15)$$

Burada F_* 'ı sağlayan ağırlık grubu $(\vec{w}_{X_{c*}}, \vec{w}_{Y_{c*}}, \vec{w}_{Z_{c*}}, \vec{w}_{T_{c*}})$ olarak belirlenir.

Adım 11. Alternatiflerin sıralanması.

Adım 10'da her bir kriter grubu için seçilmiş olan ağırlık grubu ($\vec{w}_{X_{c^*}}, \vec{w}_{Y_{c^*}}, \vec{w}_{Z_{c^*}}, \vec{w}_{T_{c^*}}$) normalize karar matrisi ile çarpılarak her kriter grubu için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri Eşitlik (16)'daki gibi oluşturulur.

$$\vec{v}_{X_{c^*}} = \begin{bmatrix} v_{X_{c^*}}^{(1)} \\ v_{X_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{X_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{m=1}^M (x_m^{(1)})' \cdot w_{x_{m_{c^*}}} \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(2)})' \cdot w_{x_{m_{c^*}}} \\ \vdots \\ \sum_{m=1}^M (x_m^{(K)})' \cdot w_{x_{m_{c^*}}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{Y_{c^*}} = \begin{bmatrix} v_{Y_{c^*}}^{(1)} \\ v_{Y_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Y_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N (y_n^{(1)})' \cdot w_{y_{n_{c^*}}} \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(2)})' \cdot w_{y_{n_{c^*}}} \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (y_n^{(K)})' \cdot w_{y_{n_{c^*}}} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v}_{Z_{c^*}} = \begin{bmatrix} v_{Z_{c^*}}^{(1)} \\ v_{Z_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Z_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{b=1}^B (z_b^{(1)})' \cdot w_{z_{b_{c^*}}} \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(2)})' \cdot w_{z_{b_{c^*}}} \\ \vdots \\ \sum_{b=1}^B (z_b^{(K)})' \cdot w_{z_{b_{c^*}}} \end{bmatrix} \quad \vec{v}_{T_{c^*}} = \begin{bmatrix} v_{T_{c^*}}^{(1)} \\ v_{T_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{T_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{p=1}^P (t_p^{(1)})' \cdot w_{t_{p_{c^*}}} \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(2)})' \cdot w_{t_{p_{c^*}}} \\ \vdots \\ \sum_{p=1}^P (t_p^{(K)})' \cdot w_{t_{p_{c^*}}} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Sonrasında Eşitlik (16)'da bulunan vektörler Eşitlik (17)'deki gibi toplanarak \vec{u} vektörünü oluşturur. Her bir alternatifin performans değerini gösteren \vec{u} vektörünün elemanları büyükten küçüğe doğru sıralanır. Performans değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

$$\vec{u} = \vec{v}_{X_{c^*}} + \vec{v}_{Y_{c^*}} + \vec{v}_{Z_{c^*}} + \vec{v}_{T_{c^*}} = \begin{bmatrix} v_{X_{c^*}}^{(1)} \\ v_{X_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{X_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{Y_{c^*}}^{(1)} \\ v_{Y_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Y_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{Z_{c^*}}^{(1)} \\ v_{Z_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{Z_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{T_{c^*}}^{(1)} \\ v_{T_{c^*}}^{(2)} \\ \vdots \\ v_{T_{c^*}}^{(K)} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Önerilen dört boyutlu KEMIRA-M yaklaşımın algoritmasına ait sözde kod sistemi aşağıda verilmiştir.

MATLAB kodunu çalıştırmak için gerekli veri paketi içeriği X, Y, Z, T kriter grupları için ayrı ayrı yapılandırılan başlangıç karar matrislerinden oluşur. Bu matrisler, ayrı ayrı her bir kriter grubu için alternatiflerin kriter gruplarına göre aldıkları değerleri içerir. Ayrıca, her karar vericinin, her grup içinde bulunan kriterler için yaptıkları sıralamalar ve fayda/maliyet türü kriter bilgileri de veri paketinde içerilmektedir. Bu verileri, MATLAB'da excel'den çekmek mümkün olduğu gibi notepad üzerinden de kolaylıkla MATLAB'a yükleme yapılabilir.

Algoritma 1: Normalize karar matrisi elde edilmesi

Fonksiyon: Normalizasyon

INPUT=Başlangıç Karar Matrisi $[D] = [[D_X] : [D_Y] : [D_Z] : [D_T]]$

```
FOR  $m = 1:M$ 
  if  $x_m =$  maliyet kriteri;
     $x_m = 1/x_m$ 
  else
    EndIF
ENDFOR Y Z T için tekrarla
```

```
FOR  $m = 1:M$ 
  For  $k = 1:K$ 
     $(x_m^{(k)})' = \frac{x_m^{(k)} - x_{min}^{(k)}}{x_{max}^{(k)} - x_{min}^{(k)}} ;$ 
  EndFor
ENDFOR Y Z T için tekrarla
```

OUTPUT=Normalize Karar Matrisi $[D]'$

Algoritma 2: MPC sıralamalarının bulunması

Girdi: Karar vericilere ait sıralama matrisleri $[R_X] [R_Y] [R_Z] [R_T]$

```
FOR  $s = 1:S$ 
  For  $m = 1:M$ 
    For  $v = 1:M$ 
       $ref = (r_X)_{(m,s)}$ ;
      if  $ref - (r_X)_{(v,s)} \geq 0$ 
         $(p_X)_{(s,m,v)} = 0$ ;
      else
         $(p_X)_{(s,m,v)} = 1$ ;
      EndIF
    EndFor
  EndFor
ENDFOR REPEAT for  $[P_Y] [P_Z] [P_T]$ 
```

```
FOR  $s = 1:S$ 
  For  $m = 1:M$ 
    For  $v = 1:M$ 
       $(\rho_X)_s = \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^M \sum_{v=1}^M |(p_X)_{(s^*,m,v)} - (p_X)_{(s,m,v)}|$ 
    Endfor
  Endfor
ENDFOR REPEAT for Y Z T
For  $s = 1:S$ 
 $P_X = \min\{(\rho_X)_s\}$ 
Endfor REPEAT for  $P_Y, P_Z, P_T$ 
```

OUTPUT = MPC Sıralama Matrisi $\{P_X, P_Y, P_Z, P_T\}$

Algoritma 3: Rank Sum ile Kriter Ağırlıklandırma

INPUT = MPC Sıralama Matrisi $\{P_X, P_Y, P_Z, P_T\}$

FOR $m = 1:M$

$$(w_{x_m})_{RS} = \frac{(M - x_{*(m)} + 1)}{\sum_{m=1}^M (M - x_{*(m)} + 1)}$$

ENDFOR REPEAT for $Y Z T$

OUTPUT = RS Ağırlık Seti $\{\vec{w}_{X_{RS}}, \vec{w}_{Y_{RS}}, \vec{w}_{Z_{RS}}, \vec{w}_{T_{RS}}\}$

Algoritma 4: Rank Reciprocal ile Kriter Ağırlıklandırma

INPUT = MPC Sıralama Matrisi $\{P_X, P_Y, P_Z, P_T\}$

FOR $m = 1:M$

$$(w_{x_m})_{RR} = \frac{\left(\frac{1}{x_{*(m)}}\right)}{\sum_{m=1}^M \left(\frac{1}{x_{*(m)}}\right)}$$

ENDFOR REPEAT for $Y Z T$

OUTPUT = RR Ağırlık Seti $\{\vec{w}_{X_{RR}}, \vec{w}_{Y_{RR}}, \vec{w}_{Z_{RR}}, \vec{w}_{T_{RR}}\}$

Algoritma 5: Rank Exponent ile Kriter Ağırlıklandırma

INPUT = MPC Sıralama Matrisi $\{P_X, P_Y, P_Z, P_T\}$

FOR $m = 1:M$

$$(w_{x_m})_{RE} = \frac{(M - x_{*(m)} + 1)^i}{\sum_{m=1}^M ((M - x_{*(m)} + 1)^i)} \quad i = 2$$

ENDFOR REPEAT for $Y Z T$

OUTPUT = RE Ağırlık Seti $\{\vec{w}_{X_{RE}}, \vec{w}_{Y_{RE}}, \vec{w}_{Z_{RE}}, \vec{w}_{T_{RE}}\}$

Algoritma 6: En uygun alternatifin seçilmesi

//Rank Sum ağırlık seti ile bulunan ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

FOR $m = 1:M$

for $k = 1:K$

$$[V_X]_{RS} = (x_m^{(k)})' * w_{x_{mRS}}$$

Endfor

ENDFOR REPEAT for $Y Z T$

//Rank Exponent ağırlık seti ile bulunan ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

FOR $m=1:M$

for $k=1:K$

$$[V_X]_{RE} = (x_m^{(k)})' * w_{x_{mRE}}$$

Endfor

ENDFOR REPEAT for $Y Z T$

//Rank Reciprocal ağırlık seti ile bulunan ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

FOR $m=1:M$

for $k=1:K$

$$[V_X]_{RR} = (x_m^{(k)})' * w_{x_{mRR}}$$

Endfor

ENDFOR REPEAT for Y Z T

For $\forall c \in \{RS, RE, RR\}$

$$F = |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{Y_c}| + |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{Z_c}| + |\vec{v}_{X_c} - \vec{v}_{T_c}| + |\vec{v}_{Y_c} - \vec{v}_{Z_c}| + |\vec{v}_{Y_c} - \vec{v}_{T_c}| + |\vec{v}_{Z_c} - \vec{v}_{T_c}|$$

Endfor

$$F_* = \min F // F_* = \{\bar{w}_{X_c^*}, \bar{w}_{Y_c^*}, \bar{w}_{Z_c^*}, \bar{w}_{T_c^*}\}$$

$$\text{Siralama} = \vec{V}_{X_c^*} + \vec{V}_{Y_c^*} + \vec{V}_{Z_c^*} + \vec{V}_{T_c^*}$$

$$\text{EnUygunAlternatif} = \text{Siralama}_{max}$$

4. ÖNERİLEN DÖRT BOYUTLU KEMIRA-M'NİN SUNUCULAR İÇİN TEDARİKÇİ SEÇİMİ PROBLEMİNE MATLAB İLE UYGULANMASI

Tez çalışmasında önerilen dört boyutlu KEMIRA-M yaklaşımının uygulaması, ülkemizde savunma sanayisinin yazılım teknolojileri alanında ürünler geliştiren bir firmada gerçekleştirilmiştir. Söz konusu firmanın, yıllık yaklaşık olarak 2mUSD'lık ticaret hacmine sahip bir satın alma faaliyeti bulunmaktadır. Bu tutar kapsamında, çok gelişmiş yazılımları çalıştıracak bilgisayarlar, sunucular, network cihazları, firmada yazılım geliştirme maksadıyla kullanılan yardımcı yazılımlara ait lisanslar, uygulama geliştirme ve test bilgisayarları vb. bilgisayar teknolojisi ürünleri satın alınmaktadır. Firmada, mevcut durumda AHP yöntemiyle kurgulanmış bir satın alma prosedürü bulunmaktadır.

Firmada, genel müdüre bağlı çalışan, satın alma departmanından sorumlu bir direktör ve sorumlu direktöre bağlı çalışan bir satın alma uzmanı bulunmaktadır. Satın alma departmanı projelerin sözleşme imzasından önce, projeye istinaden hazırlanan fiyat teklifi çalışmalarını sırasında proje ekibiyle birlikte, projede ihtiyaç duyulacak satın alma kalemleri, bu kalemlere ait uygun teslimat zamanları ve yaklaşık bütçe tahmini ile birlikte bir satın alma planı oluşturur. Proje için sözleşmenin imzalanmasını takiben satın alma uzmanı, proje ekibinin talebi doğrultusunda tedarikçilerle görüşerek ihtiyaca yönelik alternatif çözümlere ait teklifleri tedarikçi firmalardan ister. Proje ekibi, tedarikçiler tarafından sağlanan teklifleri önceden belirlenmiş teknik kriterlere göre değerlendirerek puanlar. Satın alma uzmanı ise, önceden belirlenmiş idari kriterlere göre teklifleri değerlendirerek puanlar ve gerekliyse tedarikçi firmalardan teklifleri için iyileştirme ister. Bu iyileştirme ve değerlendirmeler sonucunda, tüm teklifler için kriterlere göre verilen puanlar doğrultusunda bir sıralama yapılır. Bu sıralama sonucunda, satın alma uzmanı tarafından proje ekibinde çalışan sorumlu mühendis, proje müdürü, satın alma uzmanı, satın alma direktörü, finans direktörü, genel müdür yardımcısı ve genel müdürün onayı alınarak aksi bir karar çıkmadıysa tercih sırasında birinci olan tedarikçi ile satın alma kalemi için sözleşme yapılır.

Hali hazırda firmada uygulanan tedarikçi seçim süreci, firma içerisinde karar vericiler ile birlikte (proje mühendisi, proje yöneticileri, kalite sistem yöneticileri ve ilgili direktörler) toplantılar yapılarak ilerlenebilen ve kriter ağırlıklarının her tedarik kalemi için aynı kaldığı bir şekilde yürütülmektedir. Aslında, prosedüründe AHP tabanlı bir model bulunmasına

rağmen bu modelin işletilmesi de MATLAB vb. yazılımlarla desteklenmediğinden tedarik yöneticisi tarafından hesaplanması gereken zaman alıcı bir prosedürdür. Bu tez çalışmasının önerdiği tedarikçi seçim yaklaşımı iki, üç ve dört boyutlu veri setleriyle yürütülmek istenen tedarikçi seçim süreçlerinde otonom bir şekilde çalışabilir. Karar verici otoritelerin de böylelikle bir toplantı saati ayarlamaları ve vakit kaybetmelerine gerek olmaz. Ayrıca, tedarik yöneticisinin de günlük iş kalemlerinin hafiflemesi açısından yardımcı olur.

Örnek olarak; herhangi bir işletme belirli bir kapsamda satın alacağı aynı tip ürünler için karar verici otoritelerden bir kez bilgisayar ortamında kriter öncelik değerlendirmesi yapmasını isteyebilir ve böylelikle arka planda yazılım her bir tedarik kalemi için kriter ağırlıklarını hesaplamış olur. Bu sayede, aynı tip ürünlerin satın alımı için birden çok kez tedarikçi değerlendirme toplantıları yapılmasına gerek kalmaz.

Bu tez çalışmasında önerilen tedarikçi değerlendirme yaklaşımının verimliliğe olduğu kadar şeffaflığa da katkısı olacaktır. Herhangi bir işletmede kullanılabilir olması, öznelliğin önüne geçecek ve tedarikçi seçim sisteminin gerekli olduğu her işletmede tedarikçi seçim süreci ile ilgili takip edilebilir ve şeffaf kayıtlar tutacaktır. Bu sayede de, bu tez çalışmasında önerilen yaklaşımın kullanıldığı firmalar tedarik ile ilgili denetlemeler gerektiren kalite değerlendirme süreçlerinde daha başarılı olabileceklerdir. Aşağıda, önerilen dört boyutlu KEMIRA-M yaklaşımının ilgili firma için uygulama adımları yer almaktadır.

Adım 1. Kriterlerin, alternatiflerin ve karar verici grubun belirlenmesi.

Bu tez çalışmasında tedarikçi seçim problemi için firmanın tedarik ettiği IT ürünleri arasından sunucular seçilmiştir. Sunucuların seçilme sebebi, oldukça karmaşık bir konfigürasyona sahip bilgisayarlar olan sunucuların içerisinde çok sayıda farklı elektronik kart, işlemci, elektronik portlar vb. parçaların bulunması sebebiyle 4 boyutlu kriter yapısının sağladığı esnekliğin doğru bir şekilde yansıtılabileceğinin değerlendirilmesidir. Bu çalışmada dikkate alınan dört farklı kriter grubu firmanın talepleri doğrultusunda belirlenmiştir. Bu gruplar içerisinde yer alan kriterler aşağıdaki gibidir:

X kriter grubu, idari kriterleri oluşturmaktadır. Bu grupta; $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ olmak üzere beş kriter yer almaktadır. Bu kriterler aşağıda sıralanarak açıklanmıştır.

x_1 : Geçmişte ilgili tedarikçiyle çalışılmış olması (çalışıldıysa “1”, çalışılmadıysa “0”

Sunucu firmaları genellikle, çok sayıda farklı IT ürünü imal edip satmaları sebebiyle daha önceden ilgili firma ile çalışılmış olması ürüne bağlı yaşanabilecek olumsuzlukları öngörmek açısından önemlidir. Bu açıdan düşünüldüğünde, söz konusu tedarikçi firma ile daha önceden çalışılmış olması istenen bir durumdur.

x_2 : Tedarikçinin ürün için sağladığı garanti süresi (yıl),

Sunucularla birlikte gelen çok sayıda farklı elektronik parça olması sebebiyle arıza yaşanması hemen hemen kaçınılmazdır. Ayrıca, sunucular ile birlikte bazı yazılımlara ait lisanslar da son kullanıcıya tedarikçi tarafından sağlanır. Tüm bu yapısal parçalara bağlı yaşanabilecek olumsuzluklara karşı en uzun süre sorumluluk alabilecek tedarikçinin seçilmesi firma açısından olumlu olacaktır.

x_3 : Arıza durumunda taahhüt edilen müdahale süresi (gün),

Sunucular genellikle, kullanım yerleri itibariyle firmalar için kritik önem taşıyan ürünlerdir. Bu sebeple, yaşanabilecek herhangi bir olumsuzlukta tedarikçinin servis ağının hızı önemli bir tercih etme ve ya etmeme sebebidir. Çalışmada x_3 için alternatif tedarikçiler kapsamında kullanılan değerler, ilgili tedarikçi firmanın taahhüt ettiği sürelerdir ve bu süreler kontratlarda yer almaktadır.

x_4 : Tamir için taahhüt edilen süre (gün),

Tedarikçi firmanın servis müdahale hızı kadar müdahaleden itibaren çözüm süresi de önemlidir. Bu sürenin uzaması, sunucunun çalışır hale gelmesini de geciktirecektir. Bu nedenle, ortalama tamir süresinin mümkün olduğunca kısa olması istenir. Çalışmada x_4 için alternatif tedarikçiler kapsamında kullanılan değerler, ilgili tedarikçi firmanın taahhüt ettiği sürelerdir ve bu süreler kontratlarda yer almaktadır.

x_5 : Taahhüt edilen azami arızalı ürün sayısı (Satılan her 30 ürün için).

x_5 kriterinin tedarikçi firmalar için değerleri belirlenirken, ilgili firmalar tarafından son bir yılda satışı yapılan sunucu adetleri ve bu sunuculardan kaç tanesinin arızalı olduğu incelenmiştir. Söz konusu veriler, tedarikçilerinden kendileri tarafından sağlanmıştır ve bu sayılar kontratlarda yer almaktadır. Bu kapsamda, tedarikçilerden sağlanan ürünlere ait arıza sayısının düşük olması ilgili tedarikçinin daha çok tercih edilmesini beraberinde getirecektir.

Y kriter grubu, teknik kriterleri oluşturmaktadır. Bu grupta; $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$ olmak üzere beş kriter yer almaktadır. Bu kriterler aşağıda sıralanarak açıklanmıştır.

y_1 : İşlemci serisinin yaşı (yıl),

Sunucular açısından işlemci serisinin kullanılabilirliği çok önemlidir. Üreticinin teknik desteği ve yedek parça üretimini sonlandırması, ilgili işlemcinin kullanıldığı sunucunun artık güvenli bir şekilde kullanılamaz hale gelmesi anlamını taşır. Bu sebeple, işlemci serisinin yaşı önemli bir kriterdir.

Sunucunun yüksek bir yaşa sahip olması, içinde bulundurdukları işlemcilerin kalan ömrü açısından daha az bir sürenin olduğunu gösterir. Bununla birlikte, yazılım desteği

açısından da, bu durum önemlidir. Çünkü işlemci aileleri, dijital dünyadaki bütün güvenlik hizmetleri açısından belirleyicidir. Bu duruma örnek olarak; Windows 7'nin artık Microsoft tarafından firewall hizmeti ile desteklenmiyor oluşu verilebilir. Bunun sebeplerinden bir tanesi, artık Windows 7'yi destekleyen mimarinin günümüz sistemlerinde kullanılmamasıdır.

y_2 : İşlemci serisinin üretimden kalkmadan önceki yıl sayısı,

y_1 kriteri ile paralel olarak, işlemci serisinin üretici tarafından belirlenen kalan ömrü önemli bir kriterdir. Bu sürenin mümkün olduğunca fazla olması istenir. Böylece uzun dönem, yedek parça tedariki anlamında sorun yaşanmayacaktır. Ancak günümüzde, tedarik edilen sunucunun içinde bulunan bir işlemci serisi, gelecekteki 10 yıl boyunca üretimde kalsa bile geliştirilecek olan yeni yazılımlar sebebiyle bir noktadan sonra fiilen kullanılamayacaktır. Bununla birlikte, uygulamanın gerçekleştirildiği firmanın müşterileri silahlı kuvvetlerden oluştuğu için, söz konusu kurumlar uzun süreli işlemci kullanımını talep etmektedirler.

y_3 : İşlemci hızı (3.0 GHz ve üzeri: 1, 3.0 GHz altı: 0),

Sunucuların işlem yapma kapasitesi, buldukları işlemcinin hızıyla doğru orantılıdır. Bu sebeple, en uygun olan hızın seçimi önemlidir. Ancak burada, hız ile karşılığı olan değerlendirme puanı arasında doğru orantı kurulmuştur.

y_4 : İşlemcinin çekirdek sayısı (8 ve üzeri: 1, 4 çekirdek: 0,75 2 çekirdek: 0,55 1 çekirdek: 0,25)

y_4 kriteri için gerçekleştirilen puanlama, piyasada bulunan işlemcilerin kabiliyetleri göz önünde bulundurarak gerçekleştirilmiştir. Genelde, son üründe istenen özelliklere ve/veya dışarıdan satın alımı yapılacak lisans varsa; bu lisansın uyum durumuna göre seçilir ve ya sınırlandırılır. Sunucuda kullanılan işlemcinin çekirdek sayısı, sunucuda kullanılan yazılımların lisanslandırma ücretini de etkiler.

y_5 : Üretim kapasitesi (haftalık ünite sayısı),

Sunucuların kendileri için ya da kapsadıkları parçalar için gerektiği zaman yedek parça tedarik edilmesi planlanır. Bu durumlarda yaşanabilecek olumsuzlukları önlemek adına, üretim kapasitesinin değerlendirme kriteri olarak kullanılması gerekmektedir. y_5 kriteri kapsamında tedarikçi firmaların aldığı değerler, ilgili firmaların taahhütlerinden oluşmaktadır.

Z kriter grubu, kalite kriterlerini oluşturmaktadır. Bu grupta; $Z = \{z_1, z_2, z_3\}$ olmak üzere üç kriter yer almaktadır. Bu kriterler aşağıda sıralanarak açıklanmıştır.

z_1 : Üretilen ürünlerin kalite düzeyi (%),

Bir ürünün üretim kalitesinin denetlenebilmesi açısından, üretilen ürünlerin ne kadarının sağlam olduğu çok önemli bir kriterdir. Buna göre kalite düzeyi, son bir yılda tedarik edilen sağlam ürün miktarının toplam tedarik edilen ürün miktarına oranlanmasıyla elde edilmiştir.

z_2 : Malzemenin çevreye duyarlılığı (Enerji tüketimi A+++ : 100, A++: 75, A+: 50, A+ altında ise: 0),

Sunucular IT cihazları arasında, en fazla güç tüketimine sahip ürünlerden bir tanesidir. Bu sebeple, günümüzde küresel ısınma etkilerinin azaltılabilmesi, sunucunun destekleyeceği sistemlerin mobilitesinin sağlanması vb. sebeplerle enerji tüketimi düşük ürünlerin kullanımı avantaj sağlamaktadır. Buna göre, malzemenin çevreye duyarlılığı kriteri altında enerji tüketiminin denetlenmesi önemlidir.

z_3 : Satış sonrası hizmet kalitesi (geçmiş performans notu 0-50 arası: 0,25 50-75 arası: 0,50 75-90 arası: 0,75 90-100 arası: 1, geçmiş performans notu yoksa: 0,20).

Satış sonrası hizmetlere ait firmanın geçmiş tecrübelerine dayalı performans notu ayırt edici bir kriter olmaya adaydır.

T kriter grubu, maliyet kriterlerini oluşturmaktadır. Bu grupta; $T = \{t_1, t_2, t_3\}$ olmak üzere üç kriter yer almaktadır. Bu kriterler aşağıda sıralanarak açıklanmıştır.

t_1 : Taşıma Sigortası (Taşıma sigortası varsa 1; yoksa 0),

Maliyet kriterlerinin tamamı neredeyse taşıma riskine bağlıdır. Çünkü eğer taşıma sigortası olmayan bir ürün taşıma sırasında arızalanır ve tedarikçi firma tarafından taşıma yolu sigortalanmaz ise, hem süre hem de maliyet açısından olumsuzluklara sebebiyet verilir. Bu sebeple, taşıma sigortası önemli bir maliyet kriteridir.

t_2 : Ürünün satış fiyatı (USD),

Ürünün satış fiyatı, maliyet grubu kriterlerinin tümünün ana çarpanı sayılabilir. Bu sebeple, maliyet kriterleri arasında mutlaka bulundurulmalıdır. t_2 kriterinin tedarikçi firmalar için değerleri, ilgili firmaların son teklif fiyatlarını oluşturmaktadır.

t_3 : Ürünün yıllık elde tutma maliyeti (USD) (Elektrik, sarf malzemesi, kablo, soket vb.)

Sunucular için yıllık elde tutma maliyetleri önemli bir maliyet kriteridir. Bunun sebebi, sunucu bünyesinde bulunan lisansların yenileme periyotlarına göre, sunucu içerisinde bulunan fanlar, kablolar vb. parçaların rutin bakımı ve/veya değişimi ücretleri elde tutma maliyetlerini belirlemesidir. t_3 kriterinin tedarikçi firmalar için aldığı değerler, ilgili firmaların gelecek bir yıl için sözleşmede paylaştıkları fiyat listeleridir.

Uygulamanın yapıldığı firmanın sunucu tedarik ettiği dokuz firma olduğu için bu çalışmada, 9 farklı tedarikçi alternatifi ($A_k, k = 1, \dots, 9$) arasından seçim yapılması kararlaştırılmıştır. Söz konusu tedarikçileri değerlendirmek için ise, beş uzmandan oluşan bir karar verici grubu oluşturulmuştur. Birinci uzman, elektrik-elektronik mühendisidir ve enerji sektöründe proje mühendisi olarak görev yapmaktadır. İkinci uzman, endüstri mühendisidir ve kalite mühendisliğinde yüksek lisansı vardır. Firmada proje kontrol departmanında çalışmaktadır. Üçüncü uzman, makine mühendisidir ve makine mühendisliğinde yüksek lisansına devam etmektedir. Söz konusu uzman, firmada tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır. Dördüncü uzman, makine mühendisidir ve firmada satın alma ve tekliflerden sorumlu yönetici olarak çalışmaktadır. Beşinci uzman, bilgisayar mühendisidir ve yüksek lisansını algoritma teknikleri alanında yapmıştır. Firmada, yazılım mühendisi olarak çalışmaktadır.

Adım 2. Başlangıç karar matrisinin oluşturulması.

Bu çalışmada dikkate alınan dört farklı kriter grubunda sırasıyla, X idari kriter grubu için 5, Y teknik kriter grubu için 5, Z kalite kriter grubu için 3 ve T maliyet kriter grubu için 3 adet kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerin her biri için alternatiflerin aldıkları değerler X, Y, Z ve T kriter grupları için başlangıç karar matrisleri $[D]_X, [D]_Y, [D]_Z, [D]_T$ 'ni oluşturur. Tablo 4.1, 4.2., 4.3. ve 4.4.'te sırasıyla söz konusu başlangıç karar matrisleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1. İdari kriter grubu için başlangıç karar matrisi,

| Tedarikçiler | İdari Kriterler | | | | |
|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $x_1^{(k)}$ | $x_2^{(k)}$ | $x_3^{(k)}$ | $x_4^{(k)}$ | $x_5^{(k)}$ |
| A_1 | 0 | 2 | 8 | 1 | 3 |
| A_2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| A_3 | 0 | 3 | 2 | 6 | 3 |
| A_4 | 1 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| A_5 | 1 | 5 | 4 | 5 | 3 |
| A_6 | 1 | 5 | 2 | 2 | 5 |
| A_7 | 0 | 5 | 1 | 3 | 4 |
| A_8 | 0 | 2 | 8 | 2 | 6 |
| A_9 | 0 | 2 | 8 | 6 | 4 |

Tablo 4.2. Teknik kriter grubu için başlangıç karar matrisi,

| Tedarikçiler | Teknik Kriterler | | | | |
|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $y_1^{(k)}$ | $y_2^{(k)}$ | $y_3^{(k)}$ | $y_4^{(k)}$ | $y_5^{(k)}$ |
| A_1 | 1 | 8 | 1 | 0,750 | 2000 |
| A_2 | 5 | 3 | 1 | 0,250 | 850 |
| A_3 | 3 | 5 | 1 | 0,750 | 12000 |
| A_4 | 3 | 5 | 0 | 0,500 | 10000 |
| A_5 | 7 | 1 | 1 | 0,250 | 1000 |
| A_6 | 4 | 4 | 1 | 0,750 | 15000 |
| A_7 | 4 | 4 | 0 | 0,500 | 20000 |
| A_8 | 2 | 7 | 0 | 0,500 | 3600 |
| A_9 | 4 | 6 | 0 | 0,500 | 450 |

Tablo 4.3. Kalite kriter grubu için başlangıç karar matrisi,

| Tedarikçiler | Kalite Kriterleri | | |
|--------------|-------------------|-------------|-------------|
| | $z_1^{(k)}$ | $z_2^{(k)}$ | $z_3^{(k)}$ |
| A_1 | 76 | 75 | 0,200 |
| A_2 | 92 | 50 | 0,750 |
| A_3 | 88 | 75 | 1 |
| A_4 | 90 | 100 | 1 |
| A_5 | 87 | 0 | 1 |
| A_6 | 89 | 50 | 0,750 |
| A_7 | 95 | 100 | 0,750 |
| A_8 | 82 | 75 | 0,2000 |
| A_9 | 85 | 75 | 0,20 |

Tablo 4.4. Maliyet kriter grubu için başlangıç karar matrisi,

| Tedarikçiler | Maliyet Kriterleri | | |
|--------------|--------------------|-------------|-------------|
| | $t_1^{(k)}$ | $t_2^{(k)}$ | $t_3^{(k)}$ |
| A_1 | 0 | 12390 | 345 |
| A_2 | 1 | 11000 | 200 |
| A_3 | 1 | 20180 | 168 |
| A_4 | 1 | 15250 | 168 |
| A_5 | 1 | 9600 | 350 |
| A_6 | 1 | 18970 | 235 |
| A_7 | 1 | 14890 | 235 |
| A_8 | 0 | 7490 | 345 |
| A_9 | 0 | 8550 | 420 |

Adım 3. Fayda ve maliyet türü kriterlerin belirlenmesi.

X kriter grubunda yalnızca x_3, x_4 ve x_5 maliyet türü bir kriter olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple, söz konusu kriterler için $\frac{1}{x_3}, \frac{1}{x_4}$ ve $\frac{1}{x_5}$ değerleri kullanılmıştır. Bunun sebebi, her bir alternatifin bu kriterlere göre aldıkları puanlar arttıkça tedarik riskinin artmasıdır.

Y kriter grubunda yalnızca y_1 , maliyet türü bir kriter olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple, söz konusu kriter için $\frac{1}{y_1}$ değerleri kullanılmıştır. Bunun sebebi, her bir alternatifin bu kriterlere göre aldıkları puanlar arttıkça tedarik riskinin artmasıdır.

Z kriter grubunda herhangi bir maliyet türü kriter bulunmamaktadır. Bu nedenle, bütün performans değerleri bu grup için olduğu gibi kullanılmıştır.

T kriter grubunda sadece, t_2 ve t_3 maliyet türü kriterler olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple, söz konusu kriterler, $\frac{1}{t_2}$ ve $\frac{1}{t_3}$ olarak dönüştürülmüştür. Bunun sebebi, her bir alternatifin bu kriterlere göre aldıkları puanlar arttıkça tedarik riskinin artmasıdır.

Adım 4. Normalize karar matrisinin oluşturulması.

Eşitlik (2) kullanılarak her bir kriter grubu için normalize karar matrisi $[D]$ ' Tablo 4.5., 4.6., 4.7. ve 4.8.'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 4.5. İdari kriter grubu için normalize karar matrisi,

| Tedarikçiler | İdari Kriterler | | | | |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $(x_1^{(k)})'$ | $(x_2^{(k)})'$ | $(x_3^{(k)})'$ | $(x_4^{(k)})'$ | $(x_5^{(k)})'$ |
| A_1 | 0,000 | 1,000 | 0,063 | 0,500 | 0,167 |
| A_2 | 1,000 | 0,028 | 0,003 | 0,000 | 0,003 |
| A_3 | 0,000 | 1,000 | 0,167 | 0,056 | 0,111 |
| A_4 | 1,000 | 0,028 | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| A_5 | 1,000 | 0,048 | 0,001 | 0,000 | 0,001 |
| A_6 | 1,000 | 0,048 | 0,003 | 0,003 | 0,000 |
| A_7 | 0,000 | 1,000 | 0,200 | 0,067 | 0,050 |
| A_8 | 0,000 | 1,000 | 0,063 | 0,250 | 0,083 |
| A_9 | 0,000 | 1,000 | 0,063 | 0,083 | 0,125 |

Tablo 4.6. Teknik kriter grubu için normalize karar matrisi,

| Tedarikçiler | Teknik Kriterler | | | | |
|--------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $(y_1^{(k)})'$ | $(y_2^{(k)})'$ | $(y_3^{(k)})'$ | $(y_4^{(k)})'$ | $(y_5^{(k)})'$ |
| A_1 | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| A_2 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,000 | 1,000 |
| A_3 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| A_4 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_5 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 1,000 |
| A_6 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| A_7 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| A_8 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |
| A_9 | 0,001 | 0,013 | 0,000 | 0,001 | 1,000 |

Tablo 4.7. Kalite kriter grubu için normalize karar matrisi,

| Tedarikçiler | Kalite Kriterleri | | |
|--------------|-------------------|----------------|----------------|
| | $(z_1^{(k)})'$ | $(z_2^{(k)})'$ | $(z_3^{(k)})'$ |
| A_1 | 1,000 | 0,982 | 0,000 |
| A_2 | 1,000 | 0,000 | 0,595 |
| A_3 | 0,520 | 0,000 | 1,000 |
| A_4 | 0,000 | 1,000 | 1,000 |
| A_5 | 0,870 | 0,000 | 1,000 |
| A_6 | 1,000 | 0,000 | 0,641 |
| A_7 | 0,800 | 1,000 | 0,000 |
| A_8 | 1,000 | 0,887 | 0,000 |
| A_9 | 1,000 | 0,846 | 0,000 |

Tablo 4.8. Maliyet kriter grubu için normalize karar matrisi,

| Tedarikçiler | Maliyet Kriterleri | | |
|--------------|--------------------|----------------|----------------|
| | $(t_1^{(k)})'$ | $(t_2^{(k)})'$ | $(t_3^{(k)})'$ |
| A_1 | 0,000 | 0,028 | 1,000 |
| A_2 | 1,000 | 0,000 | 0,005 |
| A_3 | 1,000 | 0,000 | 0,006 |
| A_4 | 1,000 | 0,000 | 0,006 |
| A_5 | 1,000 | 0,000 | 0,003 |
| A_6 | 1,000 | 0,000 | 0,004 |
| A_7 | 1,000 | 0,000 | 0,004 |
| A_8 | 0,000 | 0,046 | 1,000 |
| A_9 | 0,000 | 0,049 | 1,000 |

Adım 5. Her bir karar vericiye göre kriterlerin önem sırasının belirlenmesi.

Her bir karar vericinin kriterler için belirlemiş olduğu önem sırası $[R_X]$, $[R_Y]$, $[R_Z]$, $[R_T]$ şeklinde dört ayrı matris olarak Tablo 4.9., 4.10., 4.11. ve 4.12.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Karar vericilere göre idari kriterler için öncelik sıralamaları

| Karar Vericiler ($E_s, s= 1, \dots, 5$) | İdari Kriterler | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $(r_x)_{(1,s)}$ | $(r_x)_{(2,s)}$ | $(r_x)_{(3,s)}$ | $(r_x)_{(4,s)}$ | $(r_x)_{(5,s)}$ |
| E_1 | 4 | 3 | 1 | 5 | 2 |
| E_2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5 |
| E_3 | 1 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| E_4 | 2 | 3 | 1 | 5 | 4 |
| E_5 | 3 | 2 | 4 | 1 | 5 |

Tablo 4.10. Karar vericilere göre teknik kriterler için öncelik sırası

| Karar Vericiler ($E_s, s= 1, \dots, 5$) | Teknik Kriterler | | | | |
|--|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $(r_y)_{(1,s)}$ | $(r_y)_{(2,s)}$ | $(r_y)_{(3,s)}$ | $(r_y)_{(4,s)}$ | $(r_y)_{(5,s)}$ |
| E_1 | 2 | 4 | 5 | 1 | 3 |
| E_2 | 5 | 2 | 3 | 1 | 4 |
| E_3 | 4 | 1 | 2 | 5 | 3 |
| E_4 | 2 | 5 | 3 | 4 | 1 |
| E_5 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 |

Tablo 4.11. Karar vericilere göre kalite kriterleri için öncelik sıralamaları

| Karar Vericiler ($E_s, s= 1, \dots, 5$) | Kalite Kriterleri | | |
|--|-------------------|-----------------|-----------------|
| | $(r_z)_{(1,s)}$ | $(r_z)_{(2,s)}$ | $(r_z)_{(3,s)}$ |
| E_1 | 1 | 2 | 3 |
| E_2 | 2 | 1 | 3 |
| E_3 | 2 | 3 | 1 |
| E_4 | 1 | 3 | 2 |
| E_5 | 2 | 1 | 3 |

Tablo 4.12. Karar vericilere göre maliyet kriterleri için öncelik sıralamaları

| Karar Vericiler ($E_s, s= 1, \dots, 5$) | Maliyet Kriterleri | | |
|--|--------------------|-----------------|-----------------|
| | $(r_t)_{(1,s)}$ | $(r_t)_{(2,s)}$ | $(r_t)_{(3,s)}$ |
| E_1 | 2 | 3 | 1 |
| E_2 | 1 | 3 | 2 |
| E_3 | 2 | 1 | 3 |
| E_4 | 3 | 2 | 1 |
| E_5 | 3 | 1 | 2 |

Adım 6. Her bir karar verici için öncelik matrislerinin oluşturulması.

Adım 5'te gösterilmiş olan $[R_X]$, $[R_Y]$, $[R_Z]$, $[R_T]$ matrisleri kullanılarak Eşitlik (4) ile $[P_X]_s$, $[P_Y]_s$, $[P_Z]_s$, $[P_T]_s$ matrisleri oluşturulur. Her bir karar verici için yeni bir öncelik matrisi olması nedeniyle, X grubunda toplam 5, Y grubunda toplam 5, Z grubunda toplam 3 ve T grubunda toplam 3 olmak üzere 16 adet öncelik matrisi elde edilir. Bu matrislerden $[P_X]_1$, $[P_Y]_1$, $[P_Z]_1$, $[P_T]_1$ matrisi yani X, Y, Z ve T grupları için bir numaralı karar vericinin (E_1) yapmış olduğu sıralama kullanılarak; elde edilen öncelik matrisleri sırasıyla Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15 ve Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Bir numaralı karar vericiye ait idari kriterler için öncelik matrisi

| İdari Kriterler | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x_1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x_2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x_3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x_5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

Tablo 4.14. Bir numaralı karar vericiye ait teknik kriterler için öncelik matrisi

| Teknik Kriterler | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 | y_5 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| y_1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| y_2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| y_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| y_4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| y_5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablo 4.15. Bir numaralı karar vericiye ait kalite kriterleri için öncelik matrisi

| Kalite Kriterleri | z_1 | z_2 | z_3 |
|-------------------|-------|-------|-------|
| z_1 | 0 | 1 | 1 |
| z_2 | 0 | 0 | 1 |
| z_3 | 0 | 0 | 0 |

Tablo 4.16. Bir numaralı karar vericiye ait maliyet kriterleri için öncelik matrisi

| Maliyet Kriterleri | t_1 | t_2 | t_3 |
|--------------------|-------|-------|-------|
| t_1 | 0 | 1 | 0 |
| t_2 | 0 | 0 | 0 |
| t_3 | 1 | 1 | 0 |

Adım 7. Karar vericilerin kriter öncelikleri arasındaki farkların hesaplanarak MPC'nin belirlenmesi.

Tüm karar vericiler dikkate alındığında diğer karar vericiler ile arasındaki sıralama farkı en az olan karar vericinin öncelik sırası MPC sırası olarak kabul edilir. Dört kriter boyutu için MPC sıralamaları aşağıda gösterilmiştir.

- i. İdari kriterler için: $x_3 > x_5 > x_2 > x_1 > x_4$
- ii. Teknik kriterler için: $y_4 > y_1 > y_5 > y_2 > y_3$
- iii. Kalite kriterleri için: $z_1 > z_2 > z_3$
- iv. Maliyet kriterleri için: $t_3 > t_1 > t_2$

Adım 8. MPC öncelik sırasına uygun olarak kriter ağırlıklarının belirlenmesi.

MPC öncelik sırasına uygun olarak, RS, RR ve RE kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılmasıyla Eşitlik (11), (12) ve (13)'deki gibi X grubu için $\vec{w}_{XRS}, \vec{w}_{XRR}, \vec{w}_{XRE}$, Y grubu için $\vec{w}_{YRS}, \vec{w}_{YRR}, \vec{w}_{YRE}$, Z grubu için $\vec{w}_{ZRS}, \vec{w}_{ZRR}, \vec{w}_{ZRE}$ ve T grubu için $\vec{w}_{TRS}, \vec{w}_{TRR}, \vec{w}_{TRE}$ ağırlık setleri elde edilir.

RS için X, Y, Z ve T gruplarına ait ağırlıklar Tablo 4.17.'de, RE için X, Y, Z ve T gruplarına ait ağırlıklar Tablo 4.18.'de, RR için X, Y, Z ve T gruplarına ait ağırlıklar Tablo 4.19.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. $\vec{w}_{XRS}, \vec{w}_{YRS}, \vec{w}_{ZRS}, \vec{w}_{TRS}$ ağırlık setleri

| \vec{w}_{XRS} İdari Kriterler | \vec{w}_{YRS} Teknik Kriterler | \vec{w}_{ZRS} Kalite Kriterleri | \vec{w}_{TRS} Maliyet Kriterleri |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| $w_{x_{1RS}} = 0,133$ | $w_{y_{1RS}} = 0,267$ | $w_{z_{1RS}} = 0,500$ | $w_{t_{1RS}} = 0,333$ |
| $w_{x_{2RS}} = 0,200$ | $w_{y_{2RS}} = 0,133$ | $w_{z_{2RS}} = 0,333$ | $w_{t_{2RS}} = 0,167$ |
| $w_{x_{3RS}} = 0,333$ | $w_{y_{3RS}} = 0,067$ | $w_{z_{3RS}} = 0,167$ | $w_{t_{3RS}} = 0,500$ |
| $w_{x_{4RS}} = 0,067$ | $w_{y_{4RS}} = 0,333$ | | |
| $w_{x_{5RS}} = 0,267$ | $w_{y_{5RS}} = 0,200$ | | |

Tablo 4.18. $\vec{w}_{X_{RR}}$, $\vec{w}_{Y_{RR}}$, $\vec{w}_{Z_{RR}}$, $\vec{w}_{T_{RR}}$ ağırlık setleri

| $\vec{w}_{X_{RR}}$ İdari Kriterler | $\vec{w}_{Y_{RR}}$ Teknik Kriterler | $\vec{w}_{Z_{RR}}$ Kalite Kriterleri | $\vec{w}_{T_{RR}}$ Maliyet Kriterleri |
|---------------------------------------|--|---|--|
| $w_{x_{1RR}} = 0,110$ | $w_{y_{1RR}} = 0,219$ | $w_{z_{1RR}} = 0,546$ | $w_{t_{1RR}} = 0,273$ |
| $w_{x_{2RR}} = 0,146$ | $w_{y_{2RR}} = 0,110$ | $w_{z_{2RR}} = 0,273$ | $w_{t_{2RR}} = 0,182$ |
| $w_{x_{3RR}} = 0,438$ | $w_{y_{3RR}} = 0,088$ | $w_{z_{3RR}} = 0,182$ | $w_{t_{3RR}} = 0,546$ |
| $w_{x_{4RR}} = 0,088$ | $w_{y_{4RR}} = 0,438$ | | |
| $w_{x_{5RR}} = 0,219$ | $w_{y_{5RR}} = 0,146$ | | |

Tablo 4.19. $\vec{w}_{X_{RE}}$, $\vec{w}_{Y_{RE}}$, $\vec{w}_{Z_{RE}}$, $\vec{w}_{T_{RE}}$ ağırlık setleri

| $\vec{w}_{X_{RE}}$ İdari Kriterler | $\vec{w}_{Y_{RE}}$ Teknik Kriterler | $[W_Z]_{RE}$ Kalite Kriterleri | $[W_T]_{RE}$ Maliyet Kriterleri |
|---------------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| $w_{x_{1RE}} = 0,073$ | $w_{y_{1RE}} = 0,291$ | $w_{z_{1RE}} = 0,643$ | $w_{t_{1RE}} = 0,286$ |
| $w_{x_{2RE}} = 0,164$ | $w_{y_{2RE}} = 0,073$ | $w_{z_{2RE}} = 0,286$ | $w_{t_{2RE}} = 0,071$ |
| $w_{x_{3RE}} = 0,455$ | $w_{y_{3RE}} = 0,018$ | $w_{z_{3RE}} = 0,071$ | $w_{t_{3RE}} = 0,643$ |
| $w_{x_{4RE}} = 0,018$ | $w_{y_{4RE}} = 0,455$ | | |
| $w_{x_{5RE}} = 0,291$ | $w_{y_{5RE}} = 0,164$ | | |

Adım 9. Her bir kriter grubu için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörünün elde edilmesi.

Eşitlik (11), (12) ve (13) kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri $\vec{v}_{X_{RS}}$, $\vec{v}_{X_{RR}}$, $\vec{v}_{X_{RE}}$, $\vec{v}_{Y_{RS}}$, $\vec{v}_{Y_{RR}}$, $\vec{v}_{Y_{RE}}$, $\vec{v}_{Z_{RS}}$, $\vec{v}_{Z_{RR}}$, $\vec{v}_{Z_{RE}}$, $\vec{v}_{T_{RS}}$, $\vec{v}_{T_{RR}}$, $\vec{v}_{T_{RE}}$ oluşturulmuş ve tablo 4.20, 4.21, 4.22 ve 4.23'te gösterilmiştir.

Tablo 4.20. İdari kriterler için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

| Alternatifler | $\vec{v}_{X_{RS}}$ | $\vec{v}_{X_{RE}}$ | $\vec{v}_{X_{RR}}$ |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A_1 | 0,299 | 0,250 | 0,254 |
| A_2 | 0,140 | 0,080 | 0,115 |
| A_3 | 0,290 | 0,273 | 0,250 |
| A_4 | 0,139 | 0,080 | 0,114 |
| A_5 | 0,143 | 0,081 | 0,120 |

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| A_6 | 0,141 | 0,082 | 0,120 |
| A_7 | 0,284 | 0,270 | 0,250 |
| A_8 | 0,260 | 0,221 | 0,214 |
| A_9 | 0,260 | 0,230 | 0,210 |

Tablo 4.21. Teknik kriterler için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

| Alternatifler | \vec{v}_{YRS} | \vec{v}_{YRE} | \vec{v}_{YRR} |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A_1 | 0,203 | 0,165 | 0,146 |
| A_2 | 0,203 | 0,165 | 0,147 |
| A_3 | 0,200 | 0,163 | 0,146 |
| A_4 | 0,200 | 0,163 | 0,146 |
| A_5 | 0,201 | 0,164 | 0,146 |
| A_6 | 0,200 | 0,163 | 0,146 |
| A_7 | 0,200 | 0,163 | 0,146 |
| A_8 | 0,202 | 0,165 | 0,146 |
| A_9 | 0,202 | 0,165 | 0,148 |

Tablo 4.22. Kalite kriterleri için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

| Alternatifler | \vec{v}_{ZRS} | \vec{v}_{ZRE} | \vec{v}_{ZRR} |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A_1 | 0,827 | 0,924 | 0,813 |
| A_2 | 0,599 | 0,685 | 0,654 |
| A_3 | 0,427 | 0,406 | 0,466 |
| A_4 | 0,500 | 0,357 | 0,455 |
| A_5 | 0,602 | 0,631 | 0,656 |
| A_6 | 0,607 | 0,689 | 0,662 |
| A_7 | 0,733 | 0,800 | 0,709 |
| A_8 | 0,796 | 0,896 | 0,787 |
| A_9 | 0,782 | 0,885 | 0,776 |

Tablo 4.23. Maliyet kriterleri için ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

| Alternatifler | \vec{v}_{TRS} | \vec{v}_{TRE} | \vec{v}_{TRR} |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A_1 | 0,505 | 0,645 | 0,551 |
| A_2 | 0,336 | 0,290 | 0,275 |
| A_3 | 0,336 | 0,289 | 0,276 |
| A_4 | 0,336 | 0,289 | 0,276 |
| A_5 | 0,335 | 0,288 | 0,274 |
| A_6 | 0,335 | 0,288 | 0,275 |
| A_7 | 0,335 | 0,288 | 0,275 |
| A_8 | 0,508 | 0,646 | 0,554 |
| A_9 | 0,508 | 0,646 | 0,554 |

Adım 10. Her kriter grubu için en uygun ağırlık setinin bulunması.

Bu adımda, Adım 9.'da elde edilen ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri kullanılarak her bir kriter grubu için ayrı ayrı hangi ağırlıklandırma yönteminin daha uygun olduğu 81 farklı kombinasyon arasından belirlenmiştir. Eşitlik (14) ve (15) kullanılarak elde edilen en uygun ağırlık setleri; X kriter grubu için \vec{w}_{XRR} , Y kriter grubu için \vec{w}_{YRS} , Z kriter grubu için \vec{w}_{ZRR} ve T kriter grubu için \vec{w}_{TRE} olarak bulunmuştur. Eşitlik 14 sonucunda elde edilmiş olan tüm F değerleri Ek.1'de verilmiştir.

Tablo 4.24 Her bir kriter grubu için bulunan en uygun ağırlık setleri

| \vec{w}_{XRR} İdari Kriterler | \vec{w}_{YRS} Teknik Kriterler | \vec{w}_{ZRR} Kalite Kriterleri | \vec{w}_{TRE} Maliyet Kriterleri |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| $w_{x1RR} = 0,110$ | $w_{y1RS} = 0,267$ | $w_{z1RR} = 0,546$ | $w_{t1RE} = 0,286$ |
| $w_{x2RR} = 0,146$ | $w_{y2RS} = 0,133$ | $w_{z2RR} = 0,273$ | $w_{t2RE} = 0,071$ |
| $w_{x3RR} = 0,438$ | $w_{y3RS} = 0,067$ | $w_{z3RR} = 0,182$ | $w_{t3RE} = 0,643$ |
| $w_{x4RR} = 0,088$ | $w_{y4RS} = 0,333$ | | |
| $w_{x5RR} = 0,219$ | $w_{y5RS} = 0,200$ | | |

Adım 11. Alternatiflerin sıralanması.

Adım 10.'da bulunmuş olan, kriter grupları için en uygun ağırlık setleri kullanılarak elde edilmiş olan ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri Tablo 4.25 üzerinde gösterilmiştir. Bu vektörler kullanılarak elde edilen toplam alternatif puanları ve sıralaması ise Tablo 4.25'te görülebilir.

Tablo 4.25. Bütün kriter grupları için bulunan en uygun ağırlıklandırılmış normalize karar vektörleri

| Alternatifler | \vec{v}_{XRR} | \vec{v}_{YRS} | \vec{v}_{ZRR} | \vec{v}_{TRE} | Toplam Puan | Alternatif Sıralaması |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------------|
| A_1 | 0,254 | 0,203 | 0,813 | 0,645 | 1,915 | 1 |
| A_2 | 0,115 | 0,203 | 0,654 | 0,290 | 1,262 | 7 |
| A_3 | 0,250 | 0,200 | 0,466 | 0,289 | 1,205 | 8 |
| A_4 | 0,114 | 0,200 | 0,455 | 0,289 | 1,058 | 9 |
| A_5 | 0,120 | 0,201 | 0,656 | 0,288 | 1,265 | 6 |
| A_6 | 0,120 | 0,200 | 0,662 | 0,288 | 1,270 | 5 |
| A_7 | 0,250 | 0,200 | 0,709 | 0,288 | 1,447 | 4 |
| A_8 | 0,214 | 0,202 | 0,787 | 0,646 | 1,849 | 2 |
| A_9 | 0,210 | 0,202 | 0,776 | 0,646 | 1,834 | 3 |

Tablo 4.25.'te de görülebileceği gibi bir numaralı alternatif (A_1) bu tez çalışması kapsamında en uygun olduğu değerlendirilen tedarikçi firma alternatifidir.

Tüm alternatiflerin sıralaması $A_1 > A_8 > A_9 > A_7 > A_6 > A_5 > A_2 > A_3 > A_4$ olarak elde edilmiştir.

Her bir kriter grubu için ayrı ayrı bulunan en uygun kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre hesaplanmış olan kriter ağırlıkları; idari kriterler grubu için \vec{w}_{XRR} , teknik kriterler grubu için \vec{w}_{YRS} , kalite kriterleri grubu için \vec{w}_{ZRR} ve maliyet kriterleri grubu için \vec{w}_{TRE} , kullanılarak elde edilen toplam alternatif puan sıralamasında ikinci ve üçüncü en uygun alternatifler sırasıyla sekiz numaralı (A_8) ve dokuz numaralı (A_9) alternatifler olmuştur.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, dört kriter grubuna sahip KEMIRA-M yaklaşımı ile tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Buna göre, yapılan literatür araştırmasından da görüldüğü gibi, KEMIRA-M yöntemi ilk defa tedarikçi seçiminde kullanılmıştır. Bununla birlikte, KEMIRA-M yaklaşımı ilk defa iki kriter grubu yerine dört kriter grubu ile uygulanmıştır. Ayrıca, kriter ağırlıklandırmasında RS, RE ve RR yöntemlerinin kullanılması sonucunda her bir kriter grubu için, MPC göz önünde bulundurularak uygun ağırlık seti belirlenmiştir. Gruplar için en uygun kriter ağırlıklandırma yönteminin belirlenmesinde KEMIRA-M'in seçim prosedürü uygulanmıştır. Bu şekilde KEMIRA-M yönteminin MPC sıralaması temel alınarak kriter ağırlığı belirleme prosedürü geliştirilmiştir. Tez çalışmasında önerilen yöntem MATLAB ortamında kodlanarak, bu yaklaşımın esnek bir şekilde kullanılabilmesini sağlanmıştır.

Tez çalışması sonucunda idari ve kalite kriter grupları için RR, teknik kriter grubu için RS ve maliyet kriter grubu için RE en uygun ağırlıklandırma yöntemi olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, her bir kriter grubu için MPC sıralamasına bakıldığında zaman; idari kriterler grubunda tedarikçinin ürün için taahhüt ettiği arızaya müdahale süresi, teknik kriterler grubunda işlemcinin çekirdek sayısı, kalite kriter grubunda üretilen ürünlerin kalite düzeyi ve maliyet kriter grubunda ürünün yıllık elde tutma maliyeti en önemli kriterler olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre A_1 tedarikçisi en uygun firma olarak belirlenmiştir. Bu firma incelendiğinde daha önce çalışılmamış bir firma olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte A_1 tedarikçisinden sağlanan sunucunun en yeni işlemci ailesine sahip olduğu ve en yüksek çekirdek hızına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu firmadan sağlanan sunucunun satış fiyatı diğerlerine göre daha düşük olmasına rağmen daha yüksek elde tutma maliyetine sahiptir.

Tüm bu incelemeler dikkate alındığında seçilen firma tarafından üretilen sunucunun yüksek hız ile düşük fiyata ve yeni teknolojiye sahip olması açılarından ilgili sunucunun firma tarafından uzun süre kullanabileceği değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında önerilen tedarikçi seçim yaklaşımının uygulanması halinde, şirketlerin günümüzde yaygın olarak nakit, zaman ve iş gücü kaybı yaşadıkları tedarikçi seçim sürecinde kolaylık sağlanacağı değerlendirilmektedir. Buna göre, tedarikçi seçimi için

toplantılar yapılması yerine online olarak her karar verici kendi seçtiği zaman dilimlerinde değerlendirmeyi yapabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] G. Dickson, "An analysis of vendor selection systems and decisions," *Journal of Purchasing*, vol. 2, no. 1, pp. 5-17, 1966, doi: 10.1111/j.1745-493x.1966.tb00818.x
- [2] N. Acar, *Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları*, Ankara: M.P.M. Yayınları pp.15, 1996
- [3] S.H. Ghodsypour and C.A. O'Brien, "Decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming," *Int. J. Production Economics*, no. 56-57 pp 199-212, 1998
- [4] S. Barutçu, "Tedarik zinciri yönetimi ve ürün kalitesinin sürekliliğini sağlamadaki rolü," *YA/EM 2000 Yöneyem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXI. Ulusal Kongresi*, Gazimağusa, K.K.T.C., pp. 363, 2000
- [5] J.R. Meredith, S.M. Shafer, *Operation Management For MBAs*, Second Edition, USA: John Wiley and Sons Inc., pp. 263-264, 2002
- [6] C. Muralidharan, N. Anantharaman and S.G. Deshmukh, "A multi-criteria group decision making model for supplier rating," *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, 2002
- [7] J. Sarkis and S. Talluri, "A model for strategic supplier selection," *Journal of Supply Chain Management*, vol. 38, no. 4, pp. 18-28, 2002
- [8] K.L. Choy, W.B. Lee, and V. Lo, "Development of case based intelligent customer-supplier relationship management system," *Expert Systems with Applications*, vol.23, no.3, pp. 281-297, 2002
- [9] L. Benyoucef, H. Ding and X. Xie, "Supplier selection problem: selection criteria and methods," *INRIA*, vol. 4726., 2003
- [10] C.D.J. Waters, *Logistics: An Introduction to Supply Chain Management*, Gordonsville, VA, USA, Palgrave Macmillan., 2003
- [11] C. Kahraman, U. Cebeci and Z. Ulukan, "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP," *Logistics Information Management*, vol.16, no. 6, pp 382-394, 2003
- [12] F.T.S. Chan, "Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach," *International Journal of Production Research*, vol. 41, no.15, 2003
- [13] A. Filiz, *Ürün Geliştirme*, Accessed: January, 2020 [ONLINE] www.bilgiyonetimi.org, 2004

- [14] G. Büyüközkan, “Yeni nesil ürün geliştirme yönetimi,” *YA/EM’2004: Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, Gaziantep-Adana, pp. 271, 2004
- [15] S. Önal, “Fuzzy analytic hierarchy based approach for supplier selection in a washing machine company,” M.S. thesis, Dokuz Eylül University, İzmir, Türkiye, 2006
- [16] U. Keçeci, “Tedarikçi seçim probleminde analitik ağ süreci,” M.S. thesis, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara., 2006
- [17] M. Sevklı, S.C. Kohz, S. Zaim, M. Demirbağ ve E. Tatoğlu, “An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: a case study of BEKO in Turkey,” *International Journal of Production Research*, vol. 45, no.9, pp. 1973–2003, 2007
- [18] H. Akdeniz ve T. Turgutlu, “Türkiye’de perakende sektöründe analitik hiyerarşik süreç yaklaşımıyla tedarikçi performans değerlendirilmesi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* vol 9, no. 1, 2007
- [19] B. Özel ve B. Özyörük, “Bulanık aksiyomatik tasarım ile tedarikçi firma seçimi,” *Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 22-3, pp. 415-423, 2007
- [20] F. Ecer ve O. Küçük, “Bulanık TOPSIS kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi ve erzurum’da bir uygulama,” *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 3, no. 1, pp. 45-65, 2007
- [21] G. Lia G., D. Yamaguchia D. and M. Nagaib M. , “A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem,” *Mathematical and Computer Modelling* vol. 46, pp. 573–581, 2007
- [22] C. Gencer C and G. Gürpınar, “Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm,” *Applied Mathematical Modelling*, vol. 31, pp. 2475–2486, 2007
- [23] A. Özdemir A., “Tedarikçi seçiminde karar modelleri ve bir uygulama denemesi,” yayınlanmamış doktora tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2007
- [24] K. Kurnaz, “Üretim merkezlerinden hammadde taşımaçılığının karayoluna etkileri,” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007
- [25] A. O. Bayrakçıgil, “Tedarik zinciri yönetiminde analitik hiyerarşi süreci yöntemi ve tamsayılı programlama ile tedarikçi seçimi: hipotetik bir uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas., 2007

- [26] N. Seçme ve A. Özdemir, “Bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile çok kriterli stratejik tedarikçi seçimi: türkiye,” *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol. 22, no. 2, Temmuz 2008
- [27] J.W. Wang, C. Cheng and H. Kun-Cheng, “Fuzzy TOPSIS for supplier selection,” *Applied Soft Computing*, vol. 9, pp. 377–386, 2008
- [28] F.T.S. Chan, N. Kumar, M.K. Tiwari, H.C.W. Lau and K.L. Choy, “Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach,” *International Journal of Production Research*, Vol. 46, no. 14, pp 3825–3857, 2008
- [29] T.Zıngıl, “Supplier selection using topsis and vikor under fuzzy environment,” M.S. Thesis, Bahcesehir University, 2009
- [30] S. Şen, “Multiple criteria decision making (mcdm) in supplier selection,” M.S. Thesis, Marmara University, 2009
- [31] A.H.I. Lee, H.Y. Kang, C.F. Hsu and H.C. Hung, “A green supplier selection model for high-tech industry,” *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 4, pp. 7917–7927., 2009
- [32] H. Şenkayas, M. Öztürk and G. Sezen, “Analytical Hierarchy Process (AHP) method in selection of logistics supplier: an application in mondial company,” *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 5, pp 161-175, 2010
- [33] S. Boran and K. Göztepe, “Development of a fuzzy decision support system for commodity acquisition using fuzzy analytic network process,” *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 1939–1945, 2010
- [34] K. Göztepe, “Yapay sinir ağı temelli bulanık analitik ağ prosesi yaklaşımı ile tedarikçi seçimi,” Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi , 2010
- [35] A. Özdemir, “Ürün grupları temelinde tedarikçi seçim probleminin ele alınması ve analitik hiyerarşi süreci ile çözümlenmesi,” Afyon Kocatepe Üniversitesi, *İ.İ.B.F. Dergisi* vol. 12, no. 1, 2010
- [36] O. Akıcı, “Using fuzzy analytic network process (FANP) for supplier selection,” M.S. Thesis, T.C. Marmara University Institute For Graduate Studies In Pure And Applied Sciences, 138p, 2011
- [37] Ç. Berkol, G. Büyükozan, “Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment,” *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 11, pp 13731-13748, 2011

- [38] A. Aytekin and A. Tektaş, "Supplier selection in the international environment: a comparative case of a turkish and an australian company," *IBIMIA Business Review*, 2011 doi: 10.5171/2011.598845, 2011
- [39] F. Arıkan and Y.S. Küçükçe, "Satın alma faaliyeti için bir tedarikçi seçimi-değerlendirme problemi ve çözümü," *XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Haziran 2011
- [40] C. Evecen, "Sağlık sektöründe tedarikçi seçimi," M.S. Thesis, Istanbul Gelişim Üniversitesi, 2018
- [41] G. Akyüz, "Bulanık vikor yöntemi ile tedarikçi seçimi," *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol. 26, no. 1, 2012
- [42] K. Baynal and E. Yüzügüllü, "Tedarik zinciri yönetiminde analitik ağ süreci ile tedarikçi seçimi ve bir uygulama," *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* vol. 42, no. 1, pp. 77-92, 2013
- [43] H. Şenkayas H. & Hekimoğlu H., Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine Promethee Yöntemi Uygulaması, *Verimlilik Dergisi* , Sayı: 2, Page: 12, 2013
- [44] K. Baynal, I. Cosar, and Ö. Ergül, "Fuzzy analytic hierarchy process and an application of supplier selection in a food company," *Joint International Symposium on The Social Impacts of Developments in Intelligent Manufacturing Systems*, Istanbul, 2014
- [45] P. Kaur, "Selection of vendor based on intuitionistic fuzzy analytical hierarchy process," *Hindawi Publishing Corporation Advances in Operations Research*, 2014
- [46] S. Karagöz, "Denizli belediyesinin toplu konut projeleri için tedarikçi seçiminin gerçekleştirilmesi," yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2014
- [47] B. Çelebi, "Proje tipi bir işletmede 2-tuple multimoora yöntemi ile tedarikçi seçimi," M.S. Thesis, Başkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2014
- [48] R. Galankashi, A. Chegeni and A.M. Soleimanyanadegany, "Prioritizing green supplier selection criteria using fuzzy analytical network process," *Procedia CIRP*, vol. 26, pp 689-694, 2015
- [49] S. Lodha ve M. Ramachandran, "Belirlenen kriterler kullanılarak otomobil sektöründeki bir firma için en uygun radyatörün bulunması," *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 vol.10, no. 11, 2015
- [50] İ. Ar, H. Gökşen ve M. Tuncer, "Kablo sektöründe tedarikçi seçimi için bütünleşik dematel-aas-vikor yönteminin kullanılması," *Ege Academic Review*. vol. 15 no. 2, pp. 285-300, 2015

- [51] H. Gündüz ve M. Güler, “Termal turizm işletmelerinde çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak uygun tedarikçinin seçilmesi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 30, no. 1, pp. 203-222, 2015
- [52] G. Candan ve H. Yazgan, “Tedarik zincirinde hammde tedarikçisi seçimi problemi: bir uygulama,” *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, vol. 3, no. 3, 2015
- [53] F. Zerbini & S. Borghini, “Release capacity in the vendor selection process,” *Journal of Business Research*, vol. 68, pp. 405–414, 2015
- [54] R. Aggarwala, A. Bakshi, “Chance constraint based multi-objective vendor selection using NSGAI,” *Procedia Computer Science*, vol. 48, pp. 699 – 705, 2015
- [55] N.H.Z.S.M. Shirazi, Z.B. Yusop ve K. Ahmed, “Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model,” *Outcomes in Water Resources Management*, ISBN: 978-3-319-12585-5, 2015
- [56] A. Krylovas, E.K. Zavadskas and N. Kosavera, “Multiple criteria decision-making kemira-m method for solution of location alternatives,” *Economic research-ekonomska istraživanja*, vol. 26, 2016.
- [57] E. Tekez ve N. Berk N. “Mobilya sektöründe bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi,” *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* vol. 20, No. 1, pp. 55-63, 2016
- [58] E. Şenyiğit E ve H. Ekinçi, “Değiştirilmiş hata türü ve etkileri analizi yöntemi ile tedarikçi seçimi uygulaması,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, vol. 8, no. 1, 2016
- [59] P. Kaur and K.N.L. Rachana, “An intuitionistic fuzzy optimization approach to vendor selection problem,” *Perspectives in Science*, vol. 8, pp. 348-350, 2016
- [60] L. Cesar, R. Carpinetti and F. Junior, “A multicriteria approach based on fuzzy QFD for choosing criteria for supplier selection,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 101, pp. 269-285, 2016
- [61] F. Dwiri, S. Kumar, S. Khana and V. Jain, “Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry,” *Expert Systems With Applications*, vol. 62, pp. 273–283, 2016
- [62] H. Bağcı ve Y. Esmer, “Promethee yöntemi ile faktoring şirketi seçimi,” *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* vol. 9, no. 2, 2016
- [63] N. Bark, “Bulanık mantık yaklaşımı ile mobilya sektöründe tedarikçi seçimi,” *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 20, No. 1, pp. 55-63, 2016

- [64] Ö. Ergül, T. Sarı and K. Baynal, "Supplier selection with grey relational analysis," *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 2278-9359, 2016
- [65] G. Sarıçalı ve N. Kundakçı, "Forklift alternatiflerinin kemira-m yöntemi ile değerlendirilmesi," *Optimum: Journal of Economics & Management Sciences*, 2017
- [66] M. K. Ghorabae, M. Amiri, E.K. Zavadskas and Z. Turskis, "Extended EDAS method for fuzzy multi-criteria decision-making: an application to supplier selection," *E a M: Ekonomie a Management*, vol. 20, no. 1, pp. 48-68, 2017
- [67] M. Acar and A. Çapkın, "Supplier selection with analytical network process: the case of automotive sector," *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 4, no. 2, pp. 121-134, 2017
- [68] E. Durmaz, E. Akagündüz ve R. Şahin, "Tedarikçi seçim probleminde hedef programlama ve moora yöntemi: uygulama çalışması," *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* vol.19, no. 3, pp. 1021-1044, 2017
- [69] A. Alkan, H. Kasımoğlu, C. Çelik ve Z. Aladağ, "AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile lastik üreticisi bir firma için tedarikçi seçimi," *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 21, no. 2, pp. 261-269, 2017
- [70] G. Sarıçalı, "Çok kriterli karar verme yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin mermer işletmesinde makine seçim sürecine uygulanması," Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2018
- [71] E.K. Delice ve N. Arslan, "KEMIRA-M yöntemi ile drone seçimi," 24. Ulusal Ergonomi Kongresi. 28-30 Eylül Erzurum/Turkey, 2018
- [72] E. Kherkoff, "Çok kriterli karar verme yöntemleriyle tedarikçi seçimi," M.S. Thesis, T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 2018
- [73] M. Toklu, G. Çağıl, E. Pazar ve R. Faydalı, "SWARA-WASPAS metodolojisine dayalı tedarikçi seçimi: türkiye'de demir-çelik endüstrisi örneği," *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* vol. 6, no. 3, 2018
- [74] Z. Guo, H. Liu, D. Zhang and J. Yang, "Green supplier evaluation and selection in apparel manufacturing using a fuzzy multi-criteria decision-making approach," *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 21, no. 2, pp. 261-269, 2018
- [75] T. Liu, and Y. Deng, "Evidential supplier selection based on dematel and game theory," *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 20, no. 4, pp. 1321-1333, 2018
- [76] A. Yalçın, "A model for supplier selection under environmental considerations," 16th International Logistics and Supply Chain Congress, Denizli, Türkiye, 2018

- [77] Y. Aydın ve T. Eren, “Savunma sanayiinde stratejik ürün için çok kriterli karar verme yöntemleri ile tedarikçi seçimi,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 129-148, 2018
- [78] Y. Yücel, “Çok kriterli karar verme teknikleri ile tekstil sektöründe en uygun tedarikçi seçimi ve bir yazılım uygulaması,” Master Tezi, Bartın Üniversitesi, 2018
- [79] S. Pak, C. Ok and C. Ha, “A stochastic simulation-based holistic evaluation approach with DEA for vendor selection,” *Computers and Operations Research* vol. 100, pp. 368–378, 2018
- [80] C. Yu, Y. Shao, K. Wang and L. Zhang,, “A group decision making sustainable supplier selection approach using extended topsıs under interval-valued pythagorean fuzzy environment,” *Expert Systems with Applications*, vol. 121, pp. 1-17, 2019
- [81] V. S. Yadavallia, J.D. Darbarib, N. Bhayanac, P.C. Jhac and V. Agarwalc, “An integrated optimization model for selection of sustainable suppliers based on customers’ expectations,” *Operations Research Perspectives*, vol. 6, pp.100-113, 2019
- [82] A. Memaria, A. Dargi, M.R. Jokar, R. Ahmad and A. Abdul Rahim, “Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 50, pp. 9–24, 2019 doi:10.1016/j.jmsy.2018.11
- [83] P. Guarnieri and F. Trojan, “Decision making on supplier selection based on social, ethical, and environmental criteria: A study in the textile industry,” *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 141, pp. 347–361, 2019
- [84] A. Liu, Y. Xiao, H. Lu, S. Tsai and W. Song, “A fuzzy three-stage multi-attribute decision-making approach based on customer needs for sustainable supplier selection,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 239, 2019
- [85] A. Ulutaş ve D. Çelik, “Transpalet seçimi probleminin ahp ve edas yöntemleri ile değerlendirilmesi,” *Business & Management Studies: An International Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 668-686, 2019
- [86] P. Toktaş and G.F. Can, “Stochastic Kemira-M approach with consistent weightings,” *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 2019.

EKLER

EK 1:TEZ ÇALIŞMASINDA BULUNAN F DEĞERLERİ

Tablo Ek1.1. Tez çalışmasında bulunan F değerleri

| Ağırlık Seti | İdari | Teknik | Kalite | Maliyet | F |
|--------------|-------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | RS | RS | RS | RS | 1,97865 |
| 2 | RS | RS | RS | RE | 1,97866 |
| 3 | RS | RS | RS | RR | 1,97911 |
| 4 | RS | RS | RE | RS | 1,29413 |
| 5 | RS | RS | RE | RE | 1,29413 |
| 6 | RS | RS | RE | RR | 1,29459 |
| 7 | RS | RS | RR | RS | 0,93246 |
| 8 | RS | RS | RR | RE | 0,77651 |
| 9 | RS | RS | RR | RR | 0,77697 |
| 10 | RS | RE | RS | RS | 1,97866 |
| 11 | RS | RE | RS | RE | 1,97867 |
| 12 | RS | RE | RS | RR | 1,97912 |
| 13 | RS | RE | RE | RS | 1,29414 |
| 14 | RS | RE | RE | RE | 1,29414 |
| 15 | RS | RE | RE | RR | 1,29460 |
| 16 | RS | RE | RR | RS | 0,93247 |
| 17 | RS | RE | RR | RE | 0,77652 |
| 18 | RS | RE | RR | RR | 0,77698 |
| 19 | RS | RR | RS | RS | 1,98003 |
| 20 | RS | RR | RS | RE | 1,98003 |
| 21 | RS | RR | RS | RR | 1,98049 |
| 22 | RS | RR | RE | RS | 1,29550 |
| 23 | RS | RR | RE | RE | 1,29551 |
| 24 | RS | RR | RE | RR | 1,29596 |
| 25 | RS | RR | RR | RS | 0,93383 |
| 26 | RS | RR | RR | RE | 0,77789 |
| 27 | RS | RR | RR | RR | 0,77834 |
| 28 | RE | RS | RS | RS | 2,06109 |
| 29 | RE | RS | RS | RE | 2,06109 |
| 30 | RE | RS | RS | RR | 2,06063 |
| 31 | RE | RS | RE | RS | 1,37657 |
| 32 | RE | RS | RE | RE | 1,37656 |
| 33 | RE | RS | RE | RR | 1,37611 |
| 34 | RE | RS | RR | RS | 1,01490 |
| 35 | RE | RS | RR | RE | 0,85894 |
| 36 | RE | RS | RR | RR | 0,85849 |
| 37 | RE | RE | RS | RS | 2,06109 |
| 38 | RE | RE | RS | RE | 2,06109 |
| 39 | RE | RE | RS | RR | 2,06064 |
| 40 | RE | RE | RE | RS | 1,37657 |
| 41 | RE | RE | RE | RE | 1,37657 |
| 42 | RE | RE | RE | RR | 1,37611 |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----------|
| 43 | RE | RE | RR | RS | 1,01490 |
| 44 | RE | RE | RR | RE | 0,85895 |
| 45 | RE | RE | RR | RR | 0,85849 |
| 46 | RE | RR | RS | RS | 2,06155 |
| 47 | RE | RR | RS | RE | 2,06154 |
| 48 | RE | RR | RS | RR | 2,06109 |
| 49 | RE | RR | RE | RS | 1,37702 |
| 50 | RE | RR | RE | RE | 1,37702 |
| 51 | RE | RR | RE | RR | 1,37657 |
| 52 | RE | RR | RR | RS | 1,01535 |
| 53 | RE | RR | RR | RE | 0,85940 |
| 54 | RE | RR | RR | RR | 0,85895 |
| 55 | RR | RS | RS | RS | 1,96893 |
| 56 | RR | RS | RS | RE | 1,96893 |
| 57 | RR | RS | RS | RR | 1,96939 |
| 58 | RR | RS | RE | RS | 1,28441 |
| 59 | RR | RS | RE | RE | 1,28441 |
| 60 | RR | RS | RE | RR | 1,28487 |
| 61 | RR | RS | RR | RS | 0,92274 |
| 62 | RR | RS | RR | RE | 0,76679* |
| 63 | RR | RS | RR | RR | 0,76725 |
| 64 | RR | RE | RS | RS | 1,96894 |
| 65 | RR | RE | RS | RE | 1,96894 |
| 66 | RR | RE | RS | RR | 1,96940 |
| 67 | RR | RE | RE | RS | 1,28442 |
| 68 | RR | RE | RE | RE | 1,28442 |
| 69 | RR | RE | RE | RR | 1,28488 |
| 70 | RR | RE | RR | RS | 0,92275 |
| 71 | RR | RE | RR | RE | 0,76680 |
| 72 | RR | RE | RR | RR | 0,76726 |
| 73 | RR | RR | RS | RS | 1,97031 |
| 74 | RR | RR | RS | RE | 1,97031 |
| 75 | RR | RR | RS | RR | 1,97076 |
| 76 | RR | RR | RE | RS | 1,28578 |
| 77 | RR | RR | RE | RE | 1,28578 |
| 78 | RR | RR | RE | RR | 1,28624 |
| 79 | RR | RR | RR | RS | 0,92411 |
| 80 | RR | RR | RR | RE | 0,76817 |
| 81 | RR | RR | RR | RR | 0,76862 |

*: minimum F değeri