



**TEDARİKÇİ SEÇİMİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK SBTİ-SMAA-2 METODU
UYGULAMASI**

Ahmet İLBAŞ

**DOKTORA TEZİ
TEDARİK VE LOJİSTİK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Ahmet İLBAŞ
20/01/2023

TEDARİKÇİ SEÇİMİ İÇİN BÜTÜNLEŞİK SBTİ-SMAA-2 METODU UYGULAMASI

(Doktora Tezi)

Ahmet İLBAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Alternatifler arasından en iyi seçeneğin karar verici (KV)'ler tarafından belirlenmesi zor bir süreçtir. KV'ler, bazen uzmanı olmadıkları bir konuda değerlendirme yapmayarak tercihleri ile diğer KV'leri etkilemek istemezler. Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA), kriterlere ilişkin bilgilerin eksik olduğu veya karar vericilerin görüş belirtmek istememesi durumunda kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemidir. ÇKKV sürecinde, ÇKKV sürecinde, Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi (SBTİ), KV'ler karar probleminde ait eksik bilgiye sahip oldukları zaman problem hakkındaki görüşlerini ifade etmelerine olanak sağlayan bir yöntemdir. Çalışmada, karar vericilerden SBTİ yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak, stokastik süreçlerden yararlanmak amacıyla SMAA yöntemi JSMAA programına entegrasyonu ile SBTİ – SMAA-2 yöntemi önerilmiştir. Çalışmanın amacı, SBTİ ile elde edilen KV'lerin kriter değerlendirmeleri ile SMAA yöntemini birleştirerek belirsiz verilerin etkisini azaltmak, özgün bir karar verme süreci planlayarak, tedarikçi seçimi için yeni bir yöntem sunmaktır. Önerilen yöntem, araç kiralama hizmeti tedarikçi seçiminde uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 90615
Anahtar Kelimeler : Sezgisel bulanık tercih ilişkisi, stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA-2), JSMAA, tedarikçi seçimi
Sayfa Adedi : 95
Danışman : Prof. Dr. Fatih Emre BORAN

INTEGRATED INTUITIONISTIC FUZZY PREFERENCE RELATION (IFPR) -
STOCHASTIC MULTI CRITERIA ACCEPTABILITY ANALYSIS (SMAA-2)
METHOD FOR SUPPLIER SELECTION

(Ph. D. Thesis)

Ahmet İLBAŞ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
January 2023

ABSTRACT

Determining the best option is a very difficult process. Sometimes, decision-makers (DM) do not want to evaluate their choices for different disciplines in order not to affect the decision group or because they are not field experts. Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis (SMAA) is a preferred Multi Criteria Decision Making (MCDM) method in case the information about the criteria is missing or the decision makers do not want to express their opinions. In the process of MCDM, an Intuitionistic Fuzzy Preference Relation (IFPR) is a method that allows DM's to express their opinions when they have incomplete information about the decision problem. In the study, using the criterion weights obtained from the DMs by IFPR method, the SMAA method was integrated into the JSMAA program in order to benefit from the stochastic processes, and the IFPR – SMAA-2 method was proposed. The aim of the study is to reduce the impact of uncertain data by combining the criteria evaluations of DM's obtained with IFPR and the SMAA method and to offer a new method for supplier selection by planning an independent decision-making process. The proposed method has been applied to the selection of the best supplier for the vehicle rental service and the results of the new method have been evaluated.

Science Code : 90615
Key Words : Intuitionistic fuzzy preference relation, stochastic multi criteria acceptability analysis (SMAA-2), JSMAA, supplier selection
Page Number : 95
Supervisor : Prof. Fatih Emre BORAN

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının da beni destekleyen ve fikirleri ile bana yol gösteren danışmanım Prof.Dr. Fatih Emre BORAN'a, bilgisi ve desteğini esirgemeyen tez izleme komitesi üyeleri Doç.Dr. Babek ERDEBİLLİ ile Prof. Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN'e, tüm doktora eğitimim boyunca bana sabreden eşim Duygu, kızım İlayda ve oğlum Erdem'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ	5
2.1. Tedarik Kavramı	5
2.2. Tedarik Zinciri.....	5
2.3. Tedarik Zinciri Amacı ve Yapısı.....	11
2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi	12
2.5. Tedarik Zinciri Yönetimi Amacı ve Süreçleri.....	15
3. TEDARİKÇİ SEÇİMİ.....	19
3.1. Genel	19
3.2. Tedarikçi Seçim Problemi.....	20
3.3. Tedarikçi Seçim Kriterleri.....	22
3.4. Tedarikçi Seçim Süreci (TSS).....	24
4. LİTERATÜR TARAMASI.....	27
4.1. Giriş.....	27
4.2. Tedarikçi Seçiminde Uygulanan Karar Verme Modelleri	30
4.2.1. Doğrusal ağırlıklıklandırma modelleri	31
4.2.2. Maliyet tabanlı modeller	35

	Sayfa
4.2.3. Matematiksel programlama (MP) modelleri	35
4.2.4. İstatistiksel modeller	38
4.2.5. Yapay zekâ tabanlı modeller	39
4.2.6. Tümlleşik modeller.....	39
5. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER.....	41
5.1. Bulanık ve Sezgisel Bulanık Kümeler	41
5.2. Bulanık ve Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi	43
5.3. Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama (IFWA) Operatörü	45
5.4. Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi Metodu (SMAA)	46
6. HİBRİT SBTİ-SMAA-2 METODU VE UYGULANMASI	49
6.1. Hibrit SBTİ-SMAA-2 Metodu	49
6.2. Tedarikçi Seçiminde Hibrit SBTİ-SMAA-2 Metodunun Uygulaması	54
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	77
EKLER	87
EK-1. Kriter Önem Derecelerini Belirleme Formu	88
EK-2. Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu	90
EK-3. KV'lerin Tedarikçi Değerlendirme Sonuçları.....	93
EK-4. KV'lerin Tedarikçi Değerlendirme Sonuçları (Belirsiz durum senaryosu)	94
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Dickson'ın TS kriterleri.....	23
Çizelge 6.1. Kriterlerin önemini belirlemek için KV'lerin verdiği cevaplar.....	56
Çizelge 6.2. KV'lerden sağlanan sezgisel bulanık tercih ilişkilerinin $\hat{B}^d$ matrisi.....	57
Çizelge 6.3. KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları (Öncelik vektörleri)	57
Çizelge 6.4. KV'lerden 8 farklı senaryo ile elde edilen kriter ağırlıkları.....	58
Çizelge 6.5. KV'ler bazında aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi.....	59
Çizelge 6.6. IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi	59
Çizelge 6.7. KV'ler bazında aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi (Belirsiz durum senaryosu)	60
Çizelge 6.8. IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi	60
Çizelge 6.9. Sıra kabul edilebilirlik indisleri	63
Çizelge 6.10. Güven faktörü karşılaştırılması.....	64
Çizelge 6.11. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri (Belirsiz durum senaryosu)	67
Çizelge 6.12. Güven faktörü karşılaştırılması (Belirsiz durum senaryosu)	68
Çizelge 6.13. Firma D için güven faktörü ve ağırlık vektörü	68
Çizelge 6.14. Firma D için Güven Faktörü ve Ağırlık Vektörü (Belirsiz Durum Senaryosu)	72

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tedarik zinciri.....	5
Şekil 2.2. Tedarik zinciri kanalları	6
Şekil 2.3. Tek safhalı tedarik zinciri	8
Şekil 2.4. Çok safhalı tedarik zinciri	8
Şekil 2.5. Tedarik zinciri yapısı	11
Şekil 2.6. Tedarik zinciri yönetimi	12
Şekil 3.1. TS problemi karar adımları.....	21
Şekil 6.1. Önerilen yöntemin akış şeması.....	50
Şekil 6.2. SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indeksi.....	64
Şekil 6.3. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) sıra kabul edilebilirlik indeksi.....	65
Şekil 6.4. SMAA-2 güvenilirlik faktörü değerleri	66
Şekil 6.5. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) güvenilirlik faktörü değerleri	66
Şekil 6.6. SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indeksi (Belirsiz durum senaryosu).....	69
Şekil 6.7. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) sıra kabul edilebilirlik indeksi (Belirsiz durum senaryosu).....	70
Şekil 6.8. SMAA-2 güvenilirlik faktörü değerleri (Belirsiz durum senaryosu).....	71
Şekil 6.9. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) güvenilirlik faktörü değerleri (Belirsiz durum senaryosu).....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

μ

Bulanık kümesine üye olma derecesi

ν

Bulanık kümesine üye olmama derecesi

π

Bulanık kümesi tereddütlük derecesi

Kısaltmalar

Açıklamalar

AHP

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process)

ANP

Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)

BKT

Bulanık Küme Teorisi

ÇKKV

Çok Kriterli Karar Verme

ÇÖKV

Çok Ölçütlü Karar Verme

DP

Doğrusal Programlama

KV

Karar verici

MP

Matematiksel Programlama

SBK

Sezgisel Bulanık Küme

SBTİ

Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi (Intuitionistic Fuzzy Preference Relation)

SMAA

Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis)

TS

Tedarikçi Seçimi

TSS

Tedarikçi Seçim Süreci

1. GİRİŞ

Hızla gelişen ve küreselleşen iş dünyasında firmalar, artan rekabetçi koşullara ayak uydurabilmek için tedarik zinciri yönetimine önem vermişlerdir. Firmalar, tedarik zincirinde iş süreçlerini geliştirip, müşteri memnuniyet seviyesini artırırken, maliyetleri en aza indirmek için her türlü gereksiz faaliyetleri ortadan kaldırmak için çalışmaktadır. Tedarik zincirinin en önemli fonksiyonlarından biri olan TS, birçok etkenin dikkate alınmasını gerektiren bir karar problemidir ve firmaların başarısında büyük rol oynayan kararlardan birisidir.

Tedarik zinciri yönetiminde yer alan TS, firmaların önemli kararları arasındadır. TS, ÇKKV yöntemleri kullanılarak alternatifler arasından ihtiyaca göre belirlenen kriterler dikkate alınarak en iyi tedarikçi seçme süreci olarak değerlendirilmektedir. TS’de amaç, ihtiyaçlarını en uygun fiyat seviyesinde kesintisiz olarak karşılayabilecek nitelikli tedarikçi firmaları belirlemektir. Tedarikçilerin değerlendirilmesi sürecinde öncelikle uzmanlar tarafından kriterler belirlenir ve alternatifler tedarikçi, kalite, teknik yeterlilik vb. gibi niteliksel ve fiyat, teslimat süresi vb. gibi niceliksel kriterlere göre çok kriterli karar verme metodlarıyla değerlendirilerek, elde edilen verilerin sınıflandırılması ve seçme adımlarını sırasıyla uygulanmasıyla en uygun tedarikçi belirlenir.

İşletmelerin taleplerine göre en uygun tedarikçi firmaların belirlenen kriterlere göre alternatifler arasından tespit edilmesinin amaçlandığı TS problemi, birbiriyle çelişen, çok kriteri içeren çok kriterli karar verme(ÇKKV) problemidir.

ÇKKV problemlerinde, kriter ağırlıklarının KV’ler tarafından doğru belirlenmesi ve alternatiflerin de kriterlere göre aldıkları değerlerin doğruluğu doğru kararın verilmesine etki etmektedir. Genel olarak söz konusu değerler tam olarak doğru belirlenememekte ve doğru karara ulaşmak zorlaşmaktadır. Birden fazla KV’nin olduğu, veriler çok çeşitli olduğunda, kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin kriterlere göre aldıkları değerlerin belirlenmesi daha da zor olmaktadır.

ÇKKV yöntemleri, alternatifler hakkındaki bilgilerin değerlendirilmesi açısından deterministik, stokastik ve bulanık olarak sınıflandırılabilir.

Bulanık küme teorisi (BKT), kesin kümelerin genelleştirilmesidir ve bir elemanın bir kümeye ait olma derecesinin 0 veya 1 gibi ikili değer yerine, Zadeh (1965) tarafından önerilen yaklaşımla üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında değişen herhangi bir değer alacağı belirtilmiştir. Bulanık kümelerde üyelik derecesi parametre olarak alınır. Atanassov (1986), bulanık kümelerde üyelik derecesi ile birlikte üye olmama ile tereddüt derecesini de belirterek BKT'ye katkı sağlamıştır. Atanassov'un tanımladığı Sezgisel Bulanık Küme Kavramı (SBK) ve Zadeh tarafından tanımlanan bulanık kümedeki üye olup olmama dışında kalan üyelik bilgisi olmayan kısım tereddüt derecesi olarak ifade edilmiştir.

KV'ler, uzmanı olmadıkları bir konuda değerlendirme yapmayarak tercihleri ile diğer KV'leri etkilemek istemezler. Bu nedenle alternatiflerin parametre değerlerine ulaşamadığı ve alternatifler için kriterler değerlerinin belirlenemediği durumlarda alternatifler hakkındaki bilgileri değerlendirmede stokastik yöntemler kullanılmaktadır.

Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis-SMAA), kriterlere ilişkin bilgilerin eksik olduğu veya güvenilmediği, değerlendirme yapılamadığı zaman kullanılan ÇKKV yöntemidir.

ÇKKV problemi, KV'nin bilgisinin çoğu zaman belirsiz olduğu, birbiriyle çelişen birçok kriteri içerir. Literatürde birçok karar probleminde KV'ler, karar problemine ait eksik bilgiye sahip oldukları zaman görüşlerini belirtmek istememekte, ancak KV'lerin uzmanlık alanları içerisinde yer alan kriterlerin ağırlık değerlerini ise belirtmek istemektedir. KV'lerin kriterlere ilişkin çok görüş bildirmesi çözümün doğruluğu arttırmaktadır.

ÇKKV problemleri için alternatifleri sıralamak ve alternatifler arasından en iyisini seçmek için geliştirilmiş yöntem olan SMAA-2, KV'lerin veya uzmanlarının kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kriterlere ilişkin görüşlerini ifade etmelerine olanak sağlayan SBTİ yöntemini birleştirerek elde edilecek çözümün doğruluğunu ve geçerliliğini arttıracığı değerlendirilmiş olup, SBTİ ve SMAA-2 yöntemlerinin entegre edilmesiyle oluşturulan yeni yöntemin adımları ve iş akışları aşağıda sunulmuştur.

Bu tez çalışmasında, 2. Bölümde tedarik zinciri kavramı, amacı ve yapısı, tedarik zinciri yönetimi kavramı, amacı ve süreçleri açıklanmış, TS yönetimine 3. Bölümde değinilmiş, TS problemi, kriterleri ve süreci konusu ele alınmıştır. 4. Bölümünde literatür taraması yapılmış

ve tedarikçi seçiminde uygulanan modeller ve 5. Bölümde önerilen uygulamada kullanılan yöntemler açıklanmış, 6. Bölümde hibrit SBTI-SMAA-2 metodu açıklanarak önerilen yöntem bir çalışmaya uygulanmış ve son bölüm olan 7. Bölümde tez çalışmasının sonuç ve önerileri sunulmuştur.

2. TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ

2.1. Tedarik Kavramı

Tedarik, sözlük anlamı itibariyle “arayıp bulmak, temin etmek, elde etmek, sağlamak” anlamlarına gelmektedir. İktisadi olarak “Firmaların üretimi gerçekleştirebilmek için üretim akışında ihtiyaç duydukları hammadde ve malzeme gibi girdileri temin etmeleri” şeklinde ifade edilmekte olup, söz konusu girdileri temin eden kişi veya kurumlara da tedarikçi denir. Firma açısından tedarik; üretim akışı dikkate alınarak ihtiyaç duyulan malzeme satın alınmasından sorumlu özel bir bölüm olarak değerlendirilebilir. Bu tedarik bölümü, ihtiyaç duyulan malzemelerin ne tür ve ne miktarda satın alınmasından sorumlu olup, firmanın işletme organizasyonu içinde satın alma bölümünde bulunmaktadır (Teigen, 1997).

2.2. Tedarik Zinciri

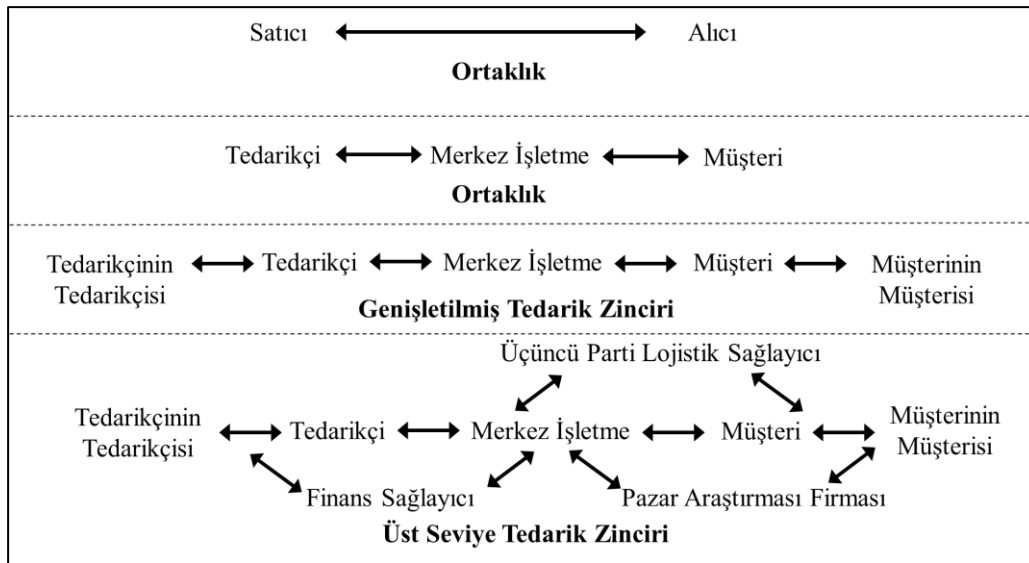
Tedarik zinciri, hammaddeleri tedarik eden, bunları ara mallara ve bitmiş mamule dönüştüren, paketlenme, depolanma ve müşteriye ulaştırma hizmet desteğini sağlayan, tedarikçi, üretici, toptancı, perakendeci ve müşterilerin oluşturduğu, fiziksel ve bilgi akışını içeren bir yapıdır (Lee ve Billington, 1992). Tedarik zinciri genel olarak Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Tedarik zinciri (Yıldıztekin ve Atilla, 2012)

Diğer bir ifade ile tedarik zinciri; tedarikçi, üretici, toptancı, perakendeci, nakliyecisi ve tüketicileri kapsayan ve aralarında malzemenin, ürünün ve bilginin akışının sağlandığı bir ağ olarak açıklanmaktadır (Kopczak, 1997).

Satıcı olarak da ifade edebileceğimiz tedarikçiden, alıcı olarak ifade edebileceğimiz son kullanıcı arasında tedarik zinciri ilişki kanalları; “Temel”, “Genişletilmiş” ve “Üst Seviye” tedarik zinciri şeklinde Şekil 2.2’de gösterildiği gibi açıklanabilir.



Şekil 2.2. Tedarik zinciri kanalları (Mentzer ve diğerleri, 2001)

Kavram olarak tedarik zinciri ilk kez 1982 de Kith Oliver tarafından bir vizyon geliştirmek için kullanılmaya başlanmıştır (Oliver ve Webber, 1982).

İhtiyaç duyulan doğru ürünleri tasarlamak, üretmek ve tüketicilere dağıtılması birlikte çalışma ve koordine gerektirir. Bu koordineli çalışma kısaca tedarik zinciri şeklinde özetlenebilir. Bilginin ve iletişimin gelişmesi ve yönetim yaklaşımları, tedarik zincirinin yönetilmesinin önemini arttırmıştır. Firmaların birbiri ile rekabet içinde olduğu durumda tedarik zinciri içinde faaliyetlerin hepsininde uzmanlaşması ve tüm faaliyetleri yalnız bir şekilde yerine getirmesi düşünülemez. Tedarik zinciri içinde firmaların, koordine içinde işbirliği yaparak çalışması gerekmektedir.

Tedarik zinciri içerisinde yer alan kuruluşlara hammadde ve malzeme temini tedarikçi kuruluşların sorumluluğundadır. Tedarik zincirini; üreticiler, nakliye firmaları, toptancılar ve

perakendeciler gibi organizasyonlardan oluşmaktadır. Üreticilerin hedefi hammadde ve malzemeleri kullanarak ürünleri üretmek, toptancı, perakendeci ve dağıtımını sağlayan kuruluşların hedefi ise söz konusu ürünlerin nihai kullanıcı olan tüketiciye ulaştırılmasıdır. Tedarik zinciri içinde banka ve finans kuruluşları para akışının sağlanmasında, telekomünikasyon kuruluşları haberleşmenin sağlanmasında yeri olan kuruluşlardır (Nebol ve diğerleri, 2013).

Tedarik zinciri, müşteri memnuniyetini sağlayacak hizmet seviyesini sağlarken genel olarak faaliyet maliyetini azaltmak için doğru miktarda ürün üretmek ve bunları zamanında doğru yerlere dağıtmak için tedarikçileri, üreticileri, toptancı ve perakendecileri entegre etmek için kullanılan bir dizi yaklaşım olarak da ifade edilebilir.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere tedarik zinciri, tedarikçilerden ve imalatçı tesislerine, toptancı depolarından dağıtım merkezlerine ve perakendecilere kadar, tüketici ihtiyaçlarını karşılayan ürünlerin tedarik edilmesinde ve finansmanında etkisi olan tüm unsurları içerir. Hatta tedarikçilerin de tedarikçileri ve müşterilerinin de müşterileri, tedarik zinciri performansında etkisi olduğundan bazı tedarik zinciri analizlerine dâhil edilmektedir.

İkinci olarak, tedarik zinciri sistemi, hammaddenin ulaştırılması, iş süreçleri, nakliye ve nihai ürün maliyetlerinin en aza indirilmesini içeren, tüm iş sisteminde verimlilik ve maliyet etkinliği sağlamaktır. Bundan dolayı sadece nakliye maliyetlerinin en aza indirilmesi veya stok maliyetlerinin düşürülmesi yerine tedarik zinciri yönetimi bir sistem yaklaşımıyla değerlendirilmelidir.

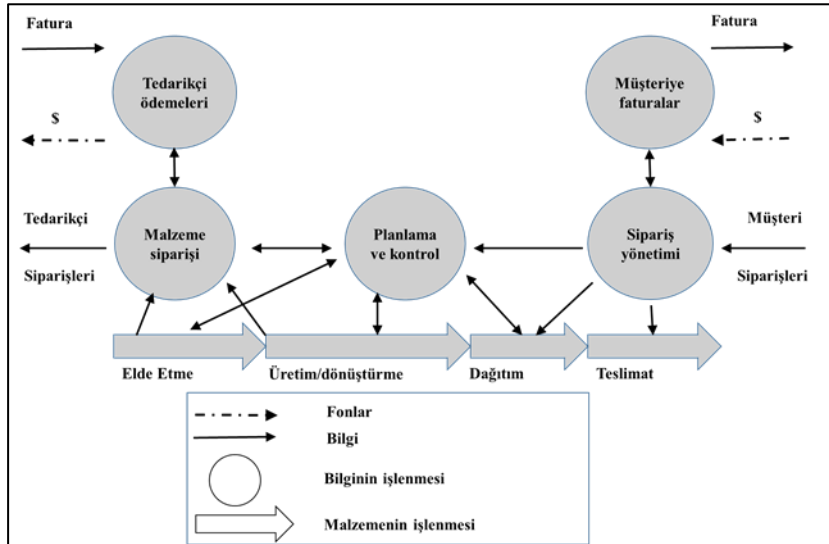
Nihai olarak tedarik zinciri tedarikçilerin, üreticilerin, toptancıların ve perakendecilerin etkin entegrasyonunu sağlama fikrini vurguladığı için stratejik seviyeden taktik düzeye kadar bir işletmenin birçok yönünü ihtiva eder (Simchi ve Kaminsky, 2003).

Tedarik zinciri çeşitleri;

Tedarik zincirleri, karmaşık bir yapıya sahiptir ve yapısına göre tek safhalı ve çok safhalı şeklinde iki şekilde açıklanabilir.

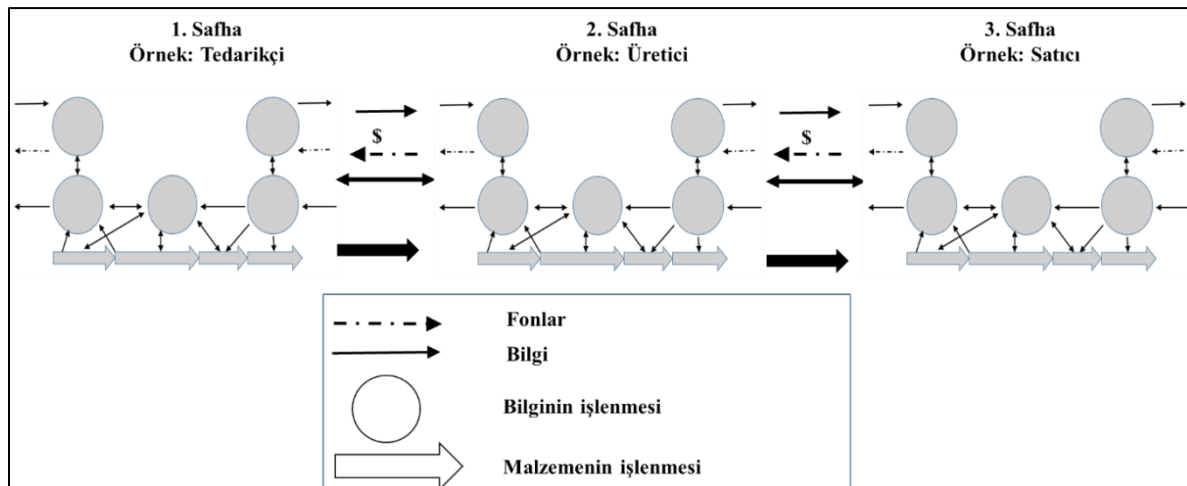
Tek safhalı tedarik zinciri, bir işletmenin hammadde ve malzemelerin tedarik edilmesi, imalat ve sevkiyat/teslimat faaliyetleri arasında malzeme akışını sağlar. Ayrıca Şekil 2.3’de

gösterildiği gibi tek safahalı temel tedarik zincirinde bilginin işlenmesi, fon/paranın yönetilmesi ve karar verme süreçleri vardır.



Şekil 2.3. Tek safhalı tedarik zinciri (Metz, 1998)

Çok safhalı tedarik zinciri, birden çok tek safhalı tedarik zincirleri bir arada olup, birçok işletmelerden oluşmaktadır. Özellikle dış kaynak kullanımı olan işletmelerde çok safhalı tedarik zinciri söz konusu olmaktadır. Şekil 2.4'te çok safhalı bir tedarik zinciri gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Çok safhalı tedarik zinciri (Metz, 1998)

Günümüzde tedarik zinciri kavramına ilişkin yapılan çalışmalarda aşağıda belirtilen yeni yaklaşımlar üzerinde durulmaktadır.

- Yeşil tedarik zinciri;

Yeşil tedarik zinciri, ürün geliştirme ve çevre dostu ürün/hizmet üretim stratejilerinin birleştirildiği, kaynak, malzeme, hizmet ve bilgi akışının başından sonuna kadar verimli bir şekilde çalışmasını temel alan yeni bir yaklaşımdır. Yeşil tedarik zinciri, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil sevkiyat ve tersine lojistik süreçlerinden oluşmakta olup, tersine lojistik süreci, malzemelerin tekrar kullanılması, tekrar üretilmesi ve/veya başka malzemelere veya piyasa değeri olan diğer ürünlere dönüştürülmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Yeşil tedarik zinciri sürecinin amacı, kimyasal içeren katı atıklar gibi her türlü atığın çevre üzerindeki olumsuz risklerini azaltacak şekilde ekolojik etkililiği sağlamaktır.

- Çevik tedarik zinciri;

Çevik tedarik zinciri, tedarik zinciri süreçlerinde esnek ve hızlı hareket etmeyi gerektiren çeviklik kavranımı ile hızlı çözüm üreten yöntem olarak ifade edilebilir. En büyük özelliği esnek ve hızlı olmasıdır. Günümüzde firmalar arasında rekabetin artmasıyla, işletmeler tüketicilerin ihtiyaçlarını daha hızla hareket ederek, değişikliklere çok çabuk adapte olarak, maliyet etkin, yeni ve esnek strateji uygulayarak karşılamak durumundadırlar. Çevik tedarik zincirinde, zinciri oluşturan birimler hızla değişen piyasa koşullarına ve tüketici taleplerine, hızlı ve koordineli işbirliği temelinde cevap verebilmektedir.

- Yalın tedarik zinciri;

Yalın tedarik zinciri, hammadde ve malzemeden itibaren ürünlerin müşteriye ulaştırılması ve sonrasında da içerecek şekilde satın alma, imalat, stok tutma, depolama, dağıtım ve müşteri hizmetleri gibi tedarik zincirinin tüm süreçlerinde israfı azaltmaya yönelik yaklaşım olarak ifade edilebilir. Yalın tedarik zincirinin amacı, katma değeri olmayan faaliyet, kaynak ve süreçlerin elenerek, maliyetlerin azaltılmasıdır.

Yalın tedarik zincirinde, ihtiyaç fazlası üretim, duraklama zamanları, gereksiz yer değiştirme, yanlış işlem, kontrolsüz stoklama, lüzümsüz faaliyetler, gereksiz işlemler ile arıza, tamir ve

fireler israfın oluştuğu alanlar olarak sayılabilir. Bu israf alanları verimi ve kaliteyi düşürürken, toplamda maliyet ve zaman kaybını artırmaktadır (Genç, 2009). Yalın tedarik zinciri üretim sürecinde, israfların tespit edilip yok edilmesi, tüketicinin ihtiyaçları doğrultusunda taleplerini zamanında ve kaliteli bir şekilde karşılanması hedeflenmektedir.

- İnsani tedarik zinciri;

İnsani yardım lojistiği; Afet ve acil durum gibi olağanüstü durumlarda etkilenenlere yardımcı olmak için bilginin, ihtiyaç olan malzemeler ve hizmetlerin lojistik faaliyetlerini olarak tanımlanabilir.

Afet ve acil durumlarda insani yardım faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan etkin lojistik faaliyetlerin tedarik zinciri mantığında uygulanması sonucunda insani tedarik zinciri kavramı gelişmiştir Dünyada herhengi bir bölgesinde veya ülkesinde doğal afet olması sonrasında uluslararası kuruluşlar ve ülkelerin afet müdahale timleri afetin yaşandığı bölgeye insani yardım ulaştırmakta ve yardımda bulunmak istemektedirler. Afet bölgesinde ihtiyaç olan ürünlerin tespitinin yapılması ve talepte bulunulması, gelen yardım malzemelerinin afet bölgesine ulaştırılması, depolanması ve bölgede bulunan ihtiyaç sahiplerine dağıtılması planlama ve koordine gerektirmekte olup, tüm bu lojistik faaliyetler insani tedarik zinciri kapsamındadır.

- Sürdürülebilir tedarik zinciri;

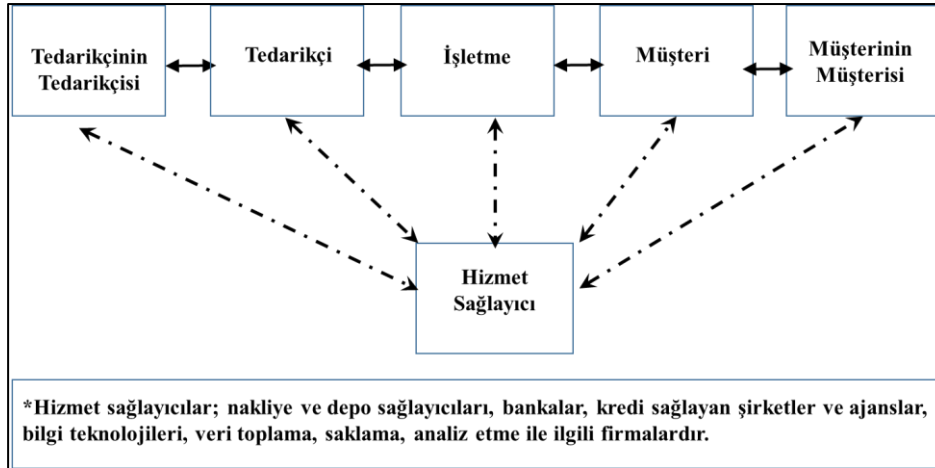
Hammadde ve malzemelerin tedarik edilmesinden, ürünün tüketiciye ulaştırılmasına kadar tedarik zincirinin her sürecinde ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarda sürdürülebilirlik çok önemlidir. İhtiyaçlar sınırsız fakat buna karşı kaynakların kısıtlı olduğu ve toplumsal farkındalığın giderek arttığı günümüz dünyasında tedarik zinciri içerisinde dolaşımda olan hammadde, malzeme, bilgi ve sermaye devamlılığının sağlanması sürdürülebilir tedarik zinciri kavramının doğmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir tedarik zincirinde, firmalar tedarik zinciri içerisindeki tedarikçilerin çevre ve toplum duyarlılığı yüksek şekilde malzeme tercih ederek, karbon ayak izini düşürerek, her türlü atığın çevre üzerindeki olumsuz risklerini azaltacak şekilde ekolojik etkililiği önemsyerek birlikte çalışmaktadır (Seuring ve Müller 2008).

2.3. Tedarik Zinciri Amacı ve Yapısı

Tedarik zincirinin amacı; işletmelere rakipleri karşısında rekabet etmesini kolaylaştıracak, hizmet sağlayıcı birimler ile hammaddenin tedarik edilmesinden ürünü müşteriye ulaştırma safhasındaki faaliyetleri birbirine bağlamaktır.

Tedarik zincirini oluşturan her birimin amacı, en güncel bilgiyi birbirine ileterek arz ve talep arasında denge sağlamaktır. Tedarik zincirinde en kısa sürede tutulan stokların eritilip tüketici isteklerine hızlı bir şekilde cevap verebilmek hedeflenirken müşteri taleplerini karşılarken ürünleri en kısa sürede en az maliyetle sevk edip, pazarı genişletip işletmenin kazancının artırmak amaçlanmaktadır.

Tedarik zincirinin yapısının merkezinde işletme, söz konusu işletmenin ihtiyaçlarını karşıladığı tedarikçileri ve ürünlerini kullanan tüketiciler yer almaktadır. Genişletilmiş tedarik zincirinin yapısında temel yapıya ilave olarak ilk tedarikçinin tedarikçileri, yapının sonunda ise müşterinin müşterileri bulunmaktadır. Ayrıca tedarik zincirinde bulunan tüm işletmelere lojistik hizmet sağlayıcı olarak hizmet veren firmalar bulunmaktadır. Tedarik zinciri yapısı genel olarak Şekil 2.5’de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Tedarik zinciri yapısı (Hugos, 2003)

Tedarik zinciri yaygın ürün ve hizmetler yelpazesinden oluştuğu için birçok farklı bileşen içermektedir. Genel olarak bakıldığında tedarik zinciri üç bileşenden oluşmaktadır:

Aktörler: Tedarik zinciri içinde aktif olarak bulunan tedarikçi, imalatçı, toptancı, perakendeci, nakliye ve dağıtım sorumluları ve depoları içeren lojistik hizmet sağlayıcılardan oluşan bileşenlerdir.

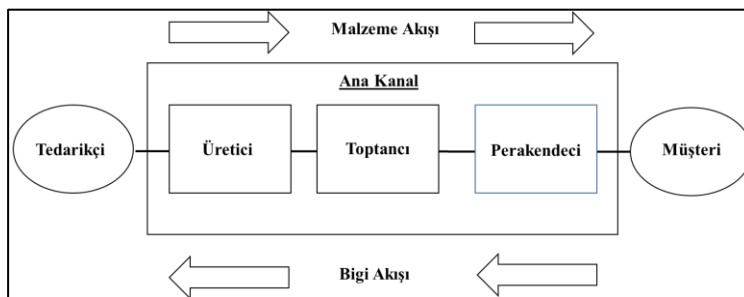
Kaynaklar: Tedarik zinciri içerisinde hammadde, yarı mamul, malzeme, bilgi, finansal varlıklar ve çalışanlar kaynaklar olarak ifade edilmektedir.

Faaliyetler: Tedarik zincirinde yer alan kaynağı diğer kaynaklarla ilişkilendiren ve dönüştüren planlama ve işlemlerdir.

2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi

Ürünler fiziksel olarak üretildiklerinden tüketildikleri yere kadar devamlı yer değiştirmekte ve insanoğlu var olduğundan beri ihtiyaçları devamlı artmış ve değişiklik göstermiştir. Toplumlar, bu ihtiyaçları karşılamak için ellerinde fazla olan ürünleri diğer ürünlerin arzı için kendileri arasında mübadelede bulunmuşlar ve zamanla bu alışverişlerle ilgili kanallar oluşturmuşlardır.

Tedarik zincirinin yönetimi, hammadde, yarı mamul veya malzemenin temin edilmesinden hizmetin veya ürünün tedarikçilerden müşterilere dağıtımın sağlanmasına kadar geçen sürede tedarikçi, üretici, perakendeci, dağıtıcılar ve müşteriler arasında tüm malzeme, bilgi ve para akışlarının kontrol ve koordinasyonun sağlandığı yönetimdir. Şekil 2.6'da tedarik zinciri yönetimi gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Tedarik zinciri yönetimi (Chuang ve Shaw, 2000)

Tedarik zinciri yönetimi ürünlerin müşterilere sevkiyatın işletme dışında hizmet olarak yapılması fikri olarak ilk 1960 sonrasında görülmeye başlanmıştır (Bowersox ve diğerleri,

1969). 1970 sonrasında Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sisteminin ortaya çıkmasıyla, yöneticiler tarafından iş süreçlerinin planlanması neticesinde maliyetlerin azaltılabildiği ve tedarik için gereken zamanın kısaltılabildiği anlaşılmıştır. Oliver ve Webber (1982) tarafından ilk defa yeni bir pazarlama yaklaşımını ifade etmek için kullanılan "tedarik zinciri yönetimi" terimi, üretici ve tüketicilerin ihtiyaçlarını en uygun bir şekilde tedarik edebilmek için tedarik zinciri içindeki faaliyetleri planlamak, uygulamak ve kontrol etmek şeklinde açıklamışlardır. 1980'li yılların sonlarından itibaren maliyetleri azaltmalarına ve rekabet edebilmelerine yardımcı olan yeni üretim teknoloji ve stratejilerin gelişmesiyle firmalar tarafından bu terim etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tedarik zincirinin ülkeler tarafından anlaşılmaya başlanması ve etkili bir şekilde kullanılması sonrasında ulusal ve uluslararası pekçok firma rekabet etmeye başlamıştır (Kağnıcıoğlu, 2007).

İlk kez 1980 sonlarında duyulmaya başlanan tedarik zinciri konsepti daha geniş kesimler tarafından 1990'dan sonra kullanılır olmuştur. Bu dönemlerden önce tedarik zinciri yerine lojistik yönetimi gibi birçok kavramsal tanım ortaya atılmıştır. Lojistik ve Tedarik zincirinin yönetimi tanımları farklıdır. Lojistik, bir işletme veya firma gibi dar bir yapının eylemlerini karakterize ederken, tedarik zinciri, ürünlerin üretim ve dağıtım aşamasında birçok işletmenin koordineli faaliyetlerinin ifade eder. Genel olarak klasik lojistik yaklaşımında satın alma, ulaştırma, depolama gibi fonksiyonlar üzerinde durulurken, tedarik zinciri yönetimi söz konusu fonksiyonlara ilave olarak ürünün geliştirilmesi, satışı, müşteriyle ilişkiler gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Tedarik zinciri perspektifinden bakıldığında, bu ek faaliyetler, tüketicinin ihtiyaçlarını karşılamak için gereken işin tamamlayıcı fonksiyonlarıdır. Tüketici ihtiyaçlarının, ürünlerin ve hizmetlerin koordinesiyle kaliteli bir şekilde karşılayabilmek için için gereken farklı eylemleri anlamak ve yönetmek için yeni bir anlayış gerekmektedir. Bu yeni anlayış ihtiyaçları karşılamak için yeni bir konsept oluşturup faaliyetlerin aralarında gelişmesine engeller.

Tüketici hizmetleri seviyesinde ve tedarik zincirindeki firmaların dâhili operasyonel faaliyetlerinde iyileştirmeler, tedarik zincirinin etkiliğini artırır. Tüketici hizmetleri seviyesi; müşterinin ihtiyaçlarının doğru bir şekilde ve tam zamanında karşılama, buna bağlı olarak düşük geri bildirim olarak düşünülebilir. Firmaların dâhili operasyonel faaliyetlerinde iyileştirmeler; Bu, sermaye açısından tatmin edici getiri alabilmek ve giderlerini azaltmanın bir yolunu bulmak anlamına gelir.

Tedarik zincirinde bulunan firmalar, aşağıda belirtilen beş fonksiyona yönelik faaliyetlerinde tek veya toplu olarak karar vermelidir:

1. *Üretim*: Talep gören ürünler nelerdir? Ne kadar ve ne zaman üretilmeli? Üretim faaliyeti, işletmenin kapasitesi, iş yoğunluğu ve ekipman bakımını da öncelikleyen ana üretim planının mevcudiyetini gerektir.

2. *Stok*: Tedarik zinciri süreçlerinde elde tutulması gereken stok seviyesi ne kadar olmalıdır? Üretim için gerekli hammaddenin, yarı mamul veya mamul olarak ne kadar stok tutulmalıdır? Stok bulundurmanın arkasındaki niyet, tedarik zincirindeki belirsizliğe karşı bir tedbir görevi görmektir. Ancak stok bulundurma maliyetlidir, bu nedenle optimum stok seviyesi ve siparişin tekrar edilmesi seviyesi belirlenmelidir.

3. *Lokasyon*: İşletmelerin üretmek ve depolamak için en uygun ve minimum maliyet gerektiren lokasyonlar neresidir? Bu lokasyonlarda artan talepler mevcut tesisler geliştirilerek veya yenileri yapılarak mı karşılanmalıdır? Bu sorular karşısında belirlenen yerler, ürünlerin tüketiciye ulaştırılması ve akışın sağlanması için uygun rotayı belirleyecektir.

4. *Sevkiyat*: Tedarik zinciri içerisinde stokta tutulan ürünler bir noktadan ihtiyaç duyulan diğer noktaya nasıl sevk edilmelidir? Hava ve karadan nakliye genel olarak hızlı ancak maliyeti yüksektir. Deniz ve demiryolu nakliyesi daha az maliyetli olmasına rağmen ulaştırma süresi daha uzundur. Nakliyede sürenin uzaması neticesinde oluşan teslim zamanı belirsizliği belirli seviyede envanter tutularak ortadan kaldırılabılır.

5. *Bilgi*: Tedarik zinciri içerisinde verilerin toplanması ve paylaşımı nasıl olmalı? Plan dâhilinde toplanan ve paylaşılan doğru bilgi, işletmeler arasında koordineyi arttırırken nihai kararlara etkisi olur. Doğru bilgi, neyin ne kadar üretileceği, stokların ne miktarda ve nerede tutulacağı ve en iyi ulaştırma vasıtasının ne olacağı konusunda kararların verilmesinde etkili olur.

Yukarıda ifade edilen kararlar, tedarik zincirindeki firmaların kapasitesi ve etkinliği belirlemede yardımcı olur (Hugos, 2003). Tedarik zinciri yönetiminde dönem uzunlukları (uzun, orta, kısa dönem) ve karar seviyeleri (stratejik, taktik ve operasyonel) bakımından iki grup şeklinde kararlar alınmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminde dönem uzunluğuna göre kararlar;

Uzun dönemli kararlar; Tedarik zincirinde boyunca oluşacak maliyetleri (tedarik ve sevkiyat vb.) en aza indirebilmesi ve rekabet yapabilmesi için alınan lojistik planlamaları içeren kararlardır.

Orta dönemli kararlar; Bilgi akışının ve kullanılan teknolojik sistemlerin kullanımına ilişkin alınan kararlardır.

Kısa dönemli kararlar; Üretimin tekrarlanmasına, elde bulunan stoklara, dağıtım kanalları ve rotaların değerlendirip belirlenmesine ilişkin kararlardır.

Tedarik zinciri yönetiminde karar seviyelerine göre kararlar üç seviyede alınmaktadır.

Stratejik seviyede kararlar; Geleceğe ilişkin ve uzun sürede sonuçları görülecek kararlardır. Üretim tesisinin planlanması, kurulacağı lokasyon, üretim kapasitesi, en uygun kaynakların belirlenmesi gibi işletmenin geleceğini etkileyecek, taktik ve operasyonel kararların temeli olan uzun vadeli kararlardır.

Taktik seviyede kararlar; Stratejik seviyede alınan kararların uygulanması, stratejik karar alma seviyesinden daha kısa sürede tedarik zamanı gerektiren üretim için gerekli hammadde ve malzemenin temin edilmesi gibi aylar içinde alınan kararlardır.

Operasyonel seviyede kararlar; Taktik seviyede alınan kararların uygulanması için ve işletme içi, dar bir kapsamı olan kısa süreli işler için alınan kararlardır. Ürünlerin sevk edilmesi, imalatın aksamaması için arızalanan iş makinesinin hemen faal hale getirilmesi gibi günlük, haftalık alınan kararlardır.

2.5. Tedarik Zinciri Yönetimi Amacı ve Süreçleri

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin amaçları

Müşteri memnuniyetini artırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak: Ürünlerin tedarikçilerden ve imalatçı tesislerine, toptancı depolarından dağıtım merkezlerine ve perakendecilere gönderilerek müşteri hizmetleri seviyesinin yükseltilmesiyle tüketici memnuniyetini

arttırılmak ve düzenli iş akışı sağlanarak sürdürülebilirliğin devamının sağlanması hedeflenmiştir.

Çevrim süresini kısaltmak: İşletmeler arasında kurulacak itimat ve birlikte çalışabilirlik sonucunda risklerin paylaşılarak ürün geliştirilmesi ve pazar sürelerinin kısaltılması, işletmeler arasındaki engellerin azaltılması ve esnekliğinin artması ile işletmelerin rekabet edebilirliğini arttırmakta ve avantajlar sağlanabilmektedir.

Uygun maliyetli ve verimli malzeme kullanımını artırmak: Atık, bozulma ve fire gibi malzeme kayıplarının azaltılması ile malzeme artık ve kalıntılarının değerlendirilmekte, standardizasyon ve değer analiziyle malzeme kullanımının ölçülü ve hesaplı olmasına çalışılmaktadır.

Bazı sebeplerden malzemenin yer değiştirmesinde aksamalar, gecikmeler veya fazla yığılma meydana gelmekte ve bunlar maliyeti artıran etkiye sahiptir. İş süreçleri arasında aksamayan ve koordineli üretim akışı uygulanarak sistemden veya çalışanlardan kaynaklanan zaman kayıpları azaltılabilir.

İşletmeye vaktinde gelmeyen malzeme, nakliye, indirme/bindirme, depolama veya muhafaza edilmesi esnasında ürün bozulma veya kayıp sebebiyle imalattaki hata miktarı artmaktadır.

Satın alma ve imalat faaliyetlerinin birbiriyle uyum içinde koordineli bir şekilde olması, ürün kayıplarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Çalışanların neden olduğu israf, eğitim veya teşvik sistemi yoluyla da azaltılabilir.

Kazanç artırmak: İşletmeler, kazançlarını artırabilmeleri için diğer firmalardan daha üst düzeyde olmaları ve tüketici ihtiyaçlarına yoğunlaşmaları gerekmektedir. Bunu sağlamak için ürünlerini en uygun yer, zaman, talep edilen miktarda ve koşullarda maliyet etkin bir fiyata düzenlenmesi gerekmektedir. Bunları başaramayan firmalar rakiplerinin gerisinde kalmışlardır (Keskin, 2015).

Faaliyet maliyetini azaltmak: İşletmelerin tedarik zincirinden beklediği bir başka amaç da müşteri taleplerini karşılarken tedarik zincirindeki toplam faaliyet maliyetini en aza indirmektir. Hammadde, tedarik, ulaştırma, yatırım, imalat, dağıtım merkezi, depolama maliyetleri, en aza indirilmesi gereken toplam maliyetlerdir.

Bu hedeflere ulaşmak için işletmelerin ihtiyacı olan hammadde ve malzemeleri sağlayan tedarikçi ile onların tedarikçileri ile tüketiciler arasında tedarik zincirinin tamamında iletişim ve bilgi paylaşımını artırarak sürdürmelerine ihtiyaç vardır. Üretime ilişkin bilgi ve planlarının şirketlerin aralarında paylaşması tedarik zincirinin etkin olmasını ve rekabetin canlanmasını sağlar. Artık şirketlerin kendi arasında yaşadıkları rekabetten çok tedarik zincirleri arasındaki rekabetten bahsedilmeye başlanmıştır.

Birçok evreyi içeren tedarik zinciri süreçleri aşağıdaki belirtildiği şekilde açıklanabilir:

Talep ve sipariş yönetme süreci; tedarik zincirinin süreçlerinin ilk parçasını oluşturur. Müşterilerin talepleri doğrultusunda siparişlerin tam ve sorunsuz bir şekilde yerine getirilmesi için siparişlerin yönetilmesidir.

Satın alma (Kaynak) süreci; Üretimde kullanılacak tüm hammadde ve malzemelerin zamanında, eksiksiz ve tam olarak temin edilmesi sürecidir.

Planlama süreci; İşletmelerin üretim ve hizmet faaliyetinin maliyeti hesaplanarak, bir strateji dâhilinde üretime ilişkin miktarı ve zaman planlaması yapılır. Müşterilerden gelen talepleri karşılayacak arzın sağlanması için denge sağlanır.

Üretim süreci; Tedarik zincirindeki işletmeler için en önemli süreçlerinden biri olan üretim süreci, talebin değerlendirilmesi sonrasında tedarik edilen hammadde ve malzemelerin akışının sağlanarak, istenilen zaman ve kalitede uygun yöntemler belirlenerek en az fire ile üretim faaliyeti sürecidir.

Stok yönetim süreci; İşletmelerin üretim planına uygun olarak ihtiyaç olarak belirlenen hammadde ve malzemelerin stok seviyesinin kontrol altında tutulduğu, üretimin devamını sağlamak için stok eksildiğinde tamamlanması için yürütülen süreçtir.

Depo yönetim süreci; Stok yönetim süreci ile koordineli olarak belirlenen stok seviyesinde satın alınan hammadde ve malzemelerin depolanması, dağıtımına hazır hale getirilmesi sürecidir.

Sevkiyat (Teslim) süreci; Bitmiş ürünlerin tedarik zinciri içinde toptancı veya perakendecilere ve nihayetinde son kullanıcıya teslim edilme sürecidir.

Müşteri hizmetleri süreci; Ürün tesliminden sonra kullanıcılardan iade, yeni sipariş, bakım desteği gibi geri bildirimlerin yönetildiği süreçlerdir.

Tedarik zincirini oluşturan birimlerin arasındaki ilişkinin koordine edilmesi, yönetimi ve kontrolü çok güç ve tüm zinciri görüp algılabilecek bir fonksiyona ihtiyaç vardır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için bazı yazılımlar geliştirilmiştir. Söz konusu yazılımlar;

- Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP),
- Tedarik Zinciri Planlaması (Supply Chain Planning-SCP),
- Sipariş Yönetim Sistemleri (Order Management Systems-OMS),
- Üretim Sistemleri (Manufacturing Execution Systems-MES),
- Depo Yönetim Sistemleri (Warehouse Management Systems-WMS),
- Dağıtım Yönetimi Sistemleri (Transportation Management Systems-TMS) 'dir

Yukarıda listelenen yazılımların herbiri tedarik zincirinin bir sürecinde yardımcı olmaktadır.

Tüm bu yazılımlar, tedarik zinciri sürecini takip edip izleyebilmek için veriye ihtiyaç duymakta ve analitik yöntemler olarak doğrusal programlama, tamsayılı programlama, karışık tamsayılı programlama gibi yöntemler kullanılmaktadır.

3. TEDARİKÇİ SEÇİMİ

3.1. Genel

İşletmelerin başarısı tedarik sürecinin düzgün işlemesi ile ilişkilidir. İşletmeler, hedeflerini gerçekleştirmek için tedarik sürecini düzgün olarak yönetmelidirler. İşletme ve tedarikçi arasında maliyetlerin azaltılması için yapılan çalışmalar bütünü Tedarik yönetimi olarak ifade edilebilir. İşletmeler, tedarik fonksiyonun aksamaması için tedarik sürecini düzgün olarak yönetmelidir. Tedarik fonksiyonunun unsurlarından olan tedarikçilerin değerlendirilmesi ve belirlenmesi, satın alma maliyetlerini azaltırken işletmenin rekabet edebilirliğini arttırmaktadır. Tedarik maliyeti, işletmelerin maliyetin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

İşletmeler üretimde kullandıkları hammaddelerin, yarı mamul ve diğer malzemelerin bir kısmını başka işletmelerden tedarik etmekte olup bu işletmelere tedarikçi denir. İşletmenin, üretim için gerekli malzemelerin (hammadde, yarı mamul vb.) ne miktarda ne zaman ve hangi tedarikçiden temin edileceğinin belirlenmesi tedarikçi seçimi, alternatif tedarikçilerin hangileri olacağının tespiti ve alternatifler arasından en uygun tedarikçinin belirlenmesi tedarikçi seçim problemi olarak tanımlanabilir (Benyoucef ve diğerleri, 2003). TS, alternatif tedarikçiler arasından hangi tedarikçiden ve ne miktarda tedarik edileceğinin belirlenmesi sürecidir (Ellram, 1995).

TS, işletmelerde hiyerarşik birçok niceliksel ve niteliksel etkeni içeren Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) problemidir. Bu süreçte alternatif tedarikçilerin sayısı artmakta ve seçim süreci zorlaşmaktadır. Firmalar, tedarikçilerin performans değerlerini kendi kriterlerine göre belirleyerek, bu değerleri karar modelleri üzerinden değerlendirmekte ve sonuç olarak alternatifler arasından en uygun tedarikçi ya da tedarikçiler seçilmektedir (Cedimoğlu ve diğerleri, 2007).

İşletmeler tedarikçileri seçerken, uygun fiyatla, doğru zamanda, doğru miktarda ve yüksek kalitede isteklerini karşılayabilecek bir tedarikçiyi değerlendirme kriterleri ve uygun yöntemler ile belirlemelidir. Bu kriterler işletmenin önceliklerini, ihtiyaçlarını, tedarik ve teknolojik stratejilerini yansıtacak şekilde belirlenmelidir.

TS, işletmelerin alacağı en önemli kararlardan birisidir ve uygun tedarikçilerin belirlenmesi tedarik maliyeti üzerinde azaltıcı etki yaparken işletmenin rekabet edebilirliğini güçlendirmektedir. Yanlış verilen tedarik kararları işletmelerde sorunlara neden olmaktadır. Genel olarak en uygun tedarikçiyi seçmek, tedarik maliyetini aşağı çekerken, kesintisiz üretim ile üretimin artmasını ve müşteri memnuniyetini sağlamakta ve kuruluşun rekabet edebilirliğine artırmada katkıda bulunabilir. İşletmelerin ürettikleri ürünlerin kalitesi, imalat kapasitesi kadar tedarikçinin sağladığı hammaddeye de bağlıdır. Tedarikçilerle uzun süre iş yapabilmek için alternatifler arasından uygun tedarikçiyi belirlemek çok önemlidir (Özbek, 2014).

3.2. Tedarikçi Seçim Problemi

İşletmeler ihtiyaç duydukları ürünleri tedarik edecekleri tedarikçileri seçmek isterler. Alternatif olarak belirlenen tedarikçiler içinden işletmenin seçtiği kriterler ile uyumlu tedarikçiyi seçmek ise tedarikçi seçim problemini oluşturmakta olup, en uygun seçeneğin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. İşletmelerin alternatif tedarikçileri belirlerken karşılaşılabilecekleri güçlüklerin 3 ana sebebi vardır. Birincisi, işletme tedarikçiyi seçerken belirlediği birçok kriter ve bu kriterlerin alt kriterleri mevcutsa, belirlenen kriterler niteliksel ve niceliksel olarak ifade ediliyorsa, işletmeler kriterleri değerlendirme esnasında zorluklar yaşayabilir. İkincisi, alternatif tedarikçi sayısı fazla ise, işletmeler tedarikçi seçimini yapmakta zorlanabilmektedir. Son olarak, TS aşamasında çelişki içeren ve birbiri ile ilişkili kriterlerin varlığı seçim yapan işletmenin karşılaşılabilecekleri sorunlardan biridir (Coşkun ve diğerleri, 2015). Tedarikçi seçim problemi, işletmelerin belirledikleri kriterlerde üretim yapan tedarikçiler arasından hangi tedarikçilerin uygun olduğunun tespiti olarak da tanımlanabilir.

Firmaların tedarik seçim problemini doğru bir şekilde tanımlanması, TS sürecinde hangi model kullanılarak çözüme gidilmesi gerektiği belirlemede yardımcı olur.

TS probleminin parametreleri;

Tedarik edilmesi planlanan ürüne göre ürünün yeni olması, mevcut olması ve ürünün değiştirilmesi olarak üç grupta,

Kısıtların olmadığı, ihtiyaçların bir tedarikçiden karşılandığı tek kaynaklı ve kısıtların olduğu, ihtiyaçların birden fazla tedarikçiden karşılandığı çok kaynaklı olarak tedarikçi sayısına göre iki grupta,

Tedarikçilerle ilişkiler açısından statik ve dinamik olarak iki grupta ifade edilebilir (Ghodsypour ve O'Brein, 1998).

İşletme TS probleminde tek tedarikçi ile çalışacaksa, alternatif tedarikçilerden birini belirleyerek ihtiyacını karşılar. Eğer işletme birden çok tedarikçi seçmek, tedarik ihtiyacı daha fazla tedarikçiden karşılanıyorsa, işletme alternatif tedarikçiler arasından hangi tedarikçiden ve ne kadar ürün alacağını belirlemesi gerekmektedir. Genel olarak bu ve benzer TS problemleri Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) problemi şeklinde tanımlanmaktadır.

Statik TS problemlerinde, belirlenen tedarikçilerle uzun sürecek ticari ilişki kurulacak olup, dinamik TS problemlerinde ise genel olarak tedarikçinin süreç içinde gösterdiği performansa göre ticari ilişkinin devam etmesi veya sonlanması kararı verilir.

Tedarikçi seçimi probleminde kullanılan ÇKKV modelleri maliyeti en aza indirecek alternatif tedarikçileri değerlendirerek KV'lere karar vermelerine katkı sağlamaktadır. Tedarikçi seçim problemi çözümünde kullanılan karar adımları Şekil 3.1'de gösterilmektedir (De Boer ve diğerleri, 2001).



Şekil 3.1. TS problemi karar adımları (De Boer ve diğerleri, 2001)

*Problemin tanımlanması adımı*nda, TS'i sonucunda ne hedeflendiği ve amacın ne olduğu belirlenerek problem tanımlanmaktadır. İşletme ile tedarikçi ilişkisi nasıl bir ilişki düzeyi olacağı belirlendiği bu aşamada kalitatif araçlar kullanılır.

*Seçim Kriterlerini belirleme adımı*nda, TS yapacak işletme tarafından belirlenen öncelikler kalitatif araçlar kullanılarak seçim kriterlerine dönüştürülür. Dickson (1966) tarafından TS'nde kullanılabilecek kriterlerin belirlenmesi kapsamında detaylı bir çalışma yapmış ve 23 ölçüt belirlemiştir.

*Nitelikleri belirleme adımı*nda, alternatif tedarikçilerin, işletme tarafından belirlenen TS kriterlerine göre kantitatif araçlar kullanılarak karşılama dereceleri belirlenmektedir.

*Son seçim adımı*nda, TS kriterleri ve alternatif tedarikçilerin söz konusu kriterleri karşılama dereceleriyle kantitatif araçlar kullanılarak tedarikçi seçimi gerçekleştirilmektedir.

3.3. Tedarikçi Seçim Kriterleri

İşletmeler, TS sürecinde en uygun tedarikçiyi seçmek için belirledikleri kriterlerinden yararlanmaktadırlar. İşletmelerin belirledikleri öncelikler TS kriterlerine dönüşerek bir anlamda tedarikçilerin işletme için en uygun olan alternatifin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Dickson, 1966 yılında TS yönelik yaptığı ilk çalışmasında, 273 işletmede yapmış olduğu anketler sonucunda TS'ye etki eden 23 adet kriter belirlemiştir (Dickson, 1966). Söz konusu kriterler Çizelge 3.1'de belirlenen önem sırasına göre sıralanmıştır. Kriterin önem sırasını birinci sütun, tedarikçi seçimin kriterlerini ikinci sütun, kriterin önem puanını üçüncü sütun ve ilgili kriterin değerlendirme sonucunu dördüncü sütun göstermektedir.

Sıralama puanı sütununda, ankete katılımcılarının verdiği önem puanına göre sıralamada ilgili kriterlerin aldığı puan gösterilmekte, kriterin değerlendirme sütununda önem derecesi sözel şekilde belirtilmektedir. 1966 yılında da, sıralama da en önemli beş kriter olan kalite, teslimat, performans, garantiler, üretim tesisi ve kapasitenin, tedarikçi seçiminde yüksek etki derecesi olduğu görülmektedir. Maliyet kriteri ise ancak altıncı sırada yer almıştır (Dickson, 1966).

Çizelge 3.1. Dickson'ın TS kriterleri

Önem	Tedarikçi Seçim Kriterleri	Önem Puanı	Değerlendirme
1	Kalite	3,508	Çok Önemli
2	Teslimat	3,417	Oldukça Önemli
3	Performans	2,998	
4	Garantiler	2,849	
5	Üretim tesisi ve kapasitesi	2,775	
6	Maliyet	2,758	
7	Teknik yeterlilik	2,545	
8	Finansal durum	2,514	
9	Teklif yöntemine uyum	2,488	Orta Derece Önemli
10	İletişim sistemi	2,426	
11	Sanayideki itibar ve pozisyonu	2,412	
12	Çalışma isteği	2,256	
13	Yönetim ve organizasyon	2,216	
14	Operasyonel maliyetler	2,211	
15	Tamir ve bakım hizmeti	2,187	
16	Tutum ve davranışlar	2,120	
17	İzlenim	2,054	
18	Paketleme kabiliyeti	2,009	
19	Çalışan ilişkileri	2,003	
20	Coğrafi konum	1,872	
21	İş tecrübesi	1,597	
22	Eğitim destekleri	1,537	
23	Karşılıklı anlaşmalar	0,610	Önem Derecesi

Dickson'dan sonra TS ile ilgili Weber ve arkadaşları, 1966-1990 yılları arasında literatür taraması yapmış, analiz ettikleri 74 makaleden 47 çalışmada birden fazla kriter kullanıldığı ve fiyat kriterinin %80, teslimat kriterinin %59, ürün kalitesi kriterinin %54 çalışmada üzerinde durulan kriterler olduğunu tespit etmişlerdir (Weber ve diğerleri, 1991).

Chao ve diğerleri (1993) altı kriteri TS'nin temel kriterleri olarak belirterek, tedarikçileri değerlendirme süreçlerindeki benzerliklere göre güvenilir teslimat, fiyat/maliyet değerlendirmeleri veya ürün kalitesi açısından üç kümeye ayırmıştır. Wilson (1994) 20. yüzyılın sonlarında TS kriterlerindeki değişimi, Swift (1995) tekli ve çoklu kaynak kullanımını tercih eden tedarik sorumlularının TS kriterlerini incelemiştir. Huang ve Keskar (2007) çalışmasında ürün odaklı (güvenilirlik, hassasiyet, esneklik), tedarikçi odaklı (maliyet ve altyapı) ve topluma ilişkin (güvenlik ve çevre) şeklinde 3 grup olmak üzere toplam 107 metrik seçilmiştir. Kar ve Pani'de (2014) TS kriterlerine ilişkin önem derecelerini

incelemişler ve 7 kriterin (kalite, teslimat, maliyet, üretim gücü, teknolojik kabiliyet, finansal yapı ve elektronik işlem kabiliyeti) önem seviyesini kritik olarak belirlemişlerdir. TS kriterleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, ekonomik kriterlerin yanı sıra çevresel ve sosyal kriterlere de ağırlık verilmiştir (Ghoushchi ve diğerleri, 2018).

3.4. Tedarikçi Seçim Süreci (TSS)

Karar çeşitli aşamalardan geçerek oluşan bir süreçtir. Genel anlamda süreç, belirli bir sona ulaştıran bir dizi eylem ve çalışmaların tümüdür. Bundan dolayı, etkin bir karara ulaşmak için karar verme sürecinin hangi aşamalardan oluştuğunu bilmek gerekmektedir (Karakaya ve diğerleri, 2003). Problemin ortaya çıkmasından TS'ye kadar TSS 4 maddeden oluşur (De Boer ve diğerleri, 2001).

1. TS ile amacın/hedefin tanımının yapılması; İşletmeler belirli niteliklere sahip ürünleri temin edebilmek için sürekli uygun tedarikçi aramaktadırlar. TS problemi tanımlanırken, tedarik sürecinde ilk olarak TS ile amacın/hedefin tanımlanması gerekir.
2. TS kriterlerin tespit edilmesi; KV'ler tedarikçi seçiminde kullanacakları nicel ve nitel yapıda kriterleri tespit etmelidirler.
3. Ön Değerlendirme ve amaçlara uymayan aday tedarikçilerin elenmesi; Bu aşamada mevcut tedarikçiler arasında amaçlara uymayan veya işletme tarafından belirlenen ön seçim koşullarını yerine getiremeyen tedarikçiler ön değerlendirme sonucunda elenmektedir.
4. Tedarikçiler için son değerlendirilmenin yapılması (TS'de kullanılan modeller): Bu aşamada tedarikçi seçim kriterlerine göre tedarikçi seçim modelleri kullanılarak son değerlendirme yapılarak en uygun TS yapılır.

Tedarikçiler genel olarak;

- Ürün veya hizmetin gerektirdiği kaliteyi karşılama kabiliyeti,
- Teknik seviyelerde makina, donanım ile insan gücünün varlığı,
- Ticari ve mali varlığı,
- Kalite teminin sağlanması bazında değerlendirilmelidir.

Değerlendirmeyi yapacak KV'lerin, bilgi, beceri, tavır ve tecrübesine ilişkin aşağıda belirtilen nitelikler aranır:

1. Belli başlı eğitim ekipmanlarının yanı sıra, değerlendirmeye ilişkin bilgi sahibi olmalı, alternatif tedarikçileri ve tedariği planlanan ürün ve hizmetleri tanımalı,
2. Hem kendi işletmesi hemde tedarikçilerin sebep olduğu sorunları hızlı bir şekilde kavrayabilme ve çözebilme becerisine sahip olmalı,
3. Problem çözümüne bakışı ölçülü ve değişime açık olmalı, tedarikçi firmalarla seviyeli irtibatı ve ilişkisi olmalı, itimat sahibi olmalı ve işletme sadakati olmalıdır.
4. KV'lerin işletme içi deneyim ve değerlendirme yöntemine aşinalığı, elde edilecek sonuçlar için bir diğer önemli özelliktir (De Boer, 2001).

Tedarikçi seçim sürecinde, KV'ler için TS kararını zorlaştıran bazı faktörler vardır (Weber ve diğerleri, 2000). Bu faktörler;

- Tedarikçi seçim kararı stratejik bir karardır,
- Problemin çözüm sürecinde KV'lerin ortak görüşüne ihtiyaç duyulduğu için çok sayıda KV'nin katılımı gerekebilmektedir,
- Tedarikçi seçiminde ürün kalitesi, maliyet gibi çoğunlukla birbiriyle çelişen birçok kriter dikkate alınmaktadır,
- Tedarikçiler farklı kriterler için farklı performans göstermektedir,
- Seçim çok sayıda aday tedarikçi arasından yapılmaktadır,
- Tedarikçi ilişkileri yönetimi kısıtları ve işletmenin üretim yaptığı ortamdan kaynaklanan kısıtlamalar TS'i zorlaştırmaktadır.

Mevcut tedarikçilerden yeni ürün satın alınması veya yeni tedarikçilerden ürün veya hizmet satın alınması söz konusu olduğunda birçok TS kriterine göre değerlendirme yapılması yüksek belirsizliğin olduğu durumlarda karar almayı gerektirir. Belirsizliği değerlendirmeye yansıtmakta bulanık karar verme yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Ghorabae ve diğerleri, 2017).

4. LİTERATÜR TARAMASI

4.1. Giriş

Literatürde birçok alanda, ÇKKV yöntemleri ile tedarikçi seçmeye yönelik araştırmaya rastlanmaktadır. ÇKKV, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterler arasından en iyisinin seçilmesini sağlayan bir yöntemdir. KV'ler açısından ele alınırsa da çok fazla sayıda birbirinden bağımsız faktörün nasıl etkili olduğunu dikkate alarak, probleme ve faktörlere göre en uygun kararın verilmesini sağlayan yöntemlerdir. Aynı zamanda kriterlerin birbiriyle çeliştiği durumunda veya kriterlerin sayısal bir değer ile ifade edilemediği durumlarda çıkarımlar sunarak değerlendirme yapabilen yöntemlerdir (Arslankaya ve Göraltay, 2009). Literatür taramasında karşılaştığımız karar verme yöntemlerinin çoğunda TS'de kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, tedarikçi seçiminde en yüksek faydayı sağlayacak şekilde birçok alternatif göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir (Dursun, 2018).

Literatürde TS yöntemlerini inceleyen çalışmalar mevcut olup, bu çalışmalarda TS'nin ne kadar önemi olduğu ortaya çıkarılmıştır (Dickson, 1966; Weber ve diğerleri, 1991; Banker ve Khosola, 1995; Narashiman ve diğerleri, 2001; Ho ve diğerleri, 2010; Agarwal ve diğerleri, 2001; Govindan ve diğerleri, 2015; Wetzstein ve diğerleri, 2016; Ghorabae ve diğerleri, 2017; Mardani ve diğerleri, 2015; 2018).

Bahsedilen tedarikçi değerlendirme ve seçme yöntemlerindeki eksiklikler, araştırmacıları, çeşitli matematiksel programlama yöntemlerine başvurulmuştur. Bunlara örnek verecek olursak; Mardani ve diğerleri (2015) 2000 ile 2014 arasında yayınlanan 393 makale üzerinde ÇKKV teknik ve uygulama alanlarına ilişkin yaptığı çalışmada, ÇKKV yöntemlerinin kullanımına ilişkin bazı sonuçlar elde etmiş ve en çok %32,57 oranında AHP, %11,4 oranında TOPSIS ve %8,65 oranında ELECTRE yöntemlerinin kullanıldığı, hibrit ÇKKV yöntemlerinin ise %16,28 oranında kullanıldığını belirlemiştir. Mardani ve diğerleri (2015) aynı yıl içerisinde yaptıkları başka bir çalışmada 1994-2014 arasında bulanık ÇKKV uygulamaları ile ilgili yayınlanmış 403 makaleyi incelemişler ve ÇKKV yöntemleri içerisinde bulanık kümenin kullanıldığı uygulamalar %9,53 oranında Bulanık AHP, %7,31 oranında Bulanık TOPSIS ve % 2,41 oranında Bulanık ANP olduğunu belirlenmiştir. Tedarikçi değerlendirmeye ilişkin Ghorabae ve diğerleri (2017) bulanık ÇKKV yöntemine ilişkin

çalışmasında, AHP ve TOPSIS yöntemlerinin hem tekli hem de bütünleşik yaklaşımlarda en çok kullanılan bulanık yöntemler olduğu belirlemiştir.

Özkan (2007), AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerini personel seçimi için kullanmıştır. AHP ve TOPSIS aynı sonucu verirken ELECTRE farklı sonuç vermiştir.

Yıldız (2013) Otomotiv sektöründe tedarikçi seçimiyle ilgili olarak bulanık TOPSIS, bulanık ANP ve Choquet İntegrali yöntemlerini kullanarak yaptıkları çalışmada, bulanık ANP ve Choquet İntegrali aynı sonucu verirken bulanık TOPSIS farklı sonuç vermiştir. Keçek ve Yıldırım (2010) AHP yöntemi ile analizler yapılarak otomotiv sektöründe bulunan iki işletmeden elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) Sisteminin seçimine ilişkin çalışma yapmışlardır. Ayık ve Klavuz (2013) Analitik Ağ Süreci ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak yaptıkları çalışmada, kullandıkları öğrenci işleri bilgi sistemi yazılımını değiştirmeyi düşünen üniversitelerin yazılım seçimi konusunda göz önünde bulundurdıkları kriterler ve ağırlıkları tespit edilerek piyasada mevcut olan 14 yazılım ürünü bu kriterlere göre sıralandırılmasını gerçekleştirmişlerdir.

Literatürde, SMAA yönteminin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. SMAA yöntemi ile yapılan çalışmalardan bazıları şöyledir: Lahdelma ve diğerleri (1998) 6 alternatif ve 4 kritere sahip bir arazi planına ilişkin SMAA yöntemini kullanmışlardır. Hokkanen vd. (1999), SMAA ile yirmi dört alternatif ve on bir kritere göre, Helsinki’de kurulması planlanan en uygun liman yerini belirlemeye çalışmışlardır. Lahdelma ve Salminen (2001) Helsinki’de liman bölgesi seçimi problemini en iyi alternatifini tespit etmek yerine, alternatifleri sıralamayı sağlayan SMAA-2 yöntemi ile tekrar ele almışlardır, Çalış ve diğerleri (2016) mühendislik alanına ilişkin bilimsel araştırma için 8 alternatif çalışma konusuna yönelik olarak ÇKKV yöntemlerinden AHP, SMAA-2 ve hibrit olacak şekilde üç yöntem ile altı kritere göre değerlendirmiş ve alternatifler arasında sıralama yapmıştır.

Okul ve diğerleri (2013) ilaç ve makineli tüfek seçim problemlerin de Stokastik ÇKKV için hibrit SMAA ve TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Karabay ve diğerleri (2014) ELECTRE-TRI metodunun kriter değerleri ve kriter ağırlıklarında belirsizliğe müsaade edilerek geliştirilen SMAA-TRI yöntemi ile tesis yeri seçiminde çözüm önermiş ve değerlendirmede bulunmuştur. Eroğlu (2014) Bakım/Onarım hizmeti için alternatiflerinin değerlendirilmesi çalışmasında Bulanık Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (The Decision

Making Trial and Evaluation Laboratory-DEMATEL) ve SMAA-2 yöntemlerini kullanmıştır. Kriterlerin önem derecelerini Bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlenerek SMAA-2 yöntemiyle alternatifler sıralanmıştır. Durmaz (2019) Savunma Sanayinde, Entegre Lojistik Destek kriterleri temelinde Hv.K.K.lığı ihtiyacı için eğitim uçağının belirlenmesinde bağımsız bir karar verme süreci tasarımı ile SMAA yöntemini entegre ederek belirsiz ve belirsiz verilerin etkisini azaltmak için Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA)-SMAA-2 yöntemini önermiştir.

TS ve değerlendirmesi genel olarak bilgi eksikliğinde çok kriterli karar problemi şeklinde kabul edildiğinden belirsizliğin modellenmesi için BKT yararlanılmaktadır. BKT performans kriterlerinin ağırlıklarını ölçütlere göre belirleyerek, belirsiz tercihleri modellemenin matematiksel bir yolunu sunar. Tercih ilişkileri (ikili karşılaştırma matrisleri, muhakeme matrisleri), KV'lerin kritik karar verme sırasında konuya ilişkin bilgilerini yansıtmak için kullanılan en yaygın temsil şeklidir. Bulanık Tercih İlişkisi (BTİ), Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi (SBTİ) ve Çarpımsal Tercih İlişkileri gibi çeşitli tercih ilişkileri biçimleri önerilmiştir. Bulanık küme teorisinin uygulanmasıyla birlikte literatürde bulanık küme teorisinin uzantılarına da uygulandığı görülmüştür.

Piengang ve diğerleri (2019) planlama ve programlama yazılımı seçiminde bulanık AHP ile kriter ağırlıklarını, bulanık VIKOR ile kriterler ve alternatifler arasındaki ilişki sıralamıştır. Göçer (2020) yazılım seçimi probleminde belirsiz ya da kesin olmayan bilgilerin modellenmesindeki etkin faydasından dolayı Sezgisel Bulanık Kümelerin Grup Karar Verme temelli AHP ve MULTIMOORA yöntemlerini ilk kez bir araya getirmiştir. Yücenur ve diğerleri (2020) küçük ev aletleri tasarımındaki teknik gereksinimleri sıralamak için bulanık VIKOR kullanmıştır.

Bulut ve Sakallı (2021) çalışmasında, uzman görüşlerini almakta, müşteri istekleri önem derecesini ağırlıklandırmada ve teknik gereksinimleri önem derecelerine göre sıralamada ki zorlukların aşmak ve sözel değişkenlerde belirsizliğin üstesinden gelebilmek için, müşteri isteklerini ağırlıklandırılırken sezgisel bulanık AHP, müşteri istekleri ve teknik gereksinimlerin birbirleri ile ilişkileri incelenirken sezgisel bulanık VIKOR yöntemine başvurmuştur. Koyuncu ve diğerleri (2021) şirketin uygulayacağı Endüstri 4.0 modelini belirlemek için bulanık TOPSIS ve sezgisel bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Yurtyapan ve Aydemir (2022) firmaların kullanımına en uygun ERP yazılımını seçmek için

de sezgisel bulanık ve aralıklı gri sayı tabanlı MACBETH metodu kullanmıştır. Dalkılıç ve Demirtaş (2022) çalışmasında sezgisel bulanık parametrelere sahip sezgisel bulanık esnek kümeler için KV'ler tarafından ifade edilen sezgisel bulanık değerleri daha doğru ifade edilebilmek için sanal alt ve üst sezgisel bulanık yaklaşım kavramları tanımlanmış ve sezgisel bulanık esnek kümeler önerilmiştir.

Bu çalışmada, KV'lerden kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının belirlenemediği, eksik veya muğlak olduğu durumda kriter ağırlıklarının SBTİ yöntemi ve ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilen SMAA-2 yöntemi kullanılarak sonuçların karşılaştırılması ve yorumlanması hedeflenmektedir.

4.2. Tedarikçi Seçiminde Uygulanan Karar Verme Modelleri

İşletmeler TS yaparken çoğu zaman birbiri ile çelişen birden fazla seçim kriterini, uygulanacak yöntemin zayıf ve güçlü yanlarının dikkate alarak tedarikçilerini farklı yöntemlerle seçebilirler. ÇKKV, KV'nin genellikle birden fazla alternatif arasından birbiriyle çelişen kriterler ile yaptığı seçim sürecidir. TS de uygulanan yöntemler bilim adamları tarafından yıllarca çalışmalar sonucunda geliştirilmiş ve kategorilendirilmiştir (Kazançoğlu, 2008). ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir (Ballı, 2005).

ÇKKV seçenek sayısına göre; Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) olarak sınıflandırılır (Tabucanon, 1988).

Ayrıca literatürde ÇÖKV ile ÇKKV aynı anlamda kullanılabilir. ÇKKV yöntemleri, alternatifler hakkındaki bilgileri değerlendirilme açısından deterministik, stokastik ve bulanık olarak sınıflandırılabilir (Pohekar ve Ramachandran, 2004). Deterministik ÇKKV yöntemlerinde, uzmanlara sorular sorularak ve analitik yöntemler kullanılarak hedeflerin önemini gösteren ağırlıklar elde edilir (Saaty, 1980).

TS probleminin çözümü için geliştirilen TS modelleri genel olarak;

- Doğrusal ağırlıklandırma modelleri, maliyete dayalı modeller, matematiksel modeller, istatistiksel modeller (De Boer ve diğerleri. 2001);

- Bir veya çoklu ürün tedarik edilmesine, stok yönetimini dikkate alıp almamasına göre (Degreave ve diğerleri, 2000),
- Problemin çözümünde faydalanılan teknik göz önünde bulundurularak; ÇKKV teknikleri, matematiksel programlama, yapay zekâ ve uzman sistemler ve çok değişkenli istatistiksel analiz modelleri (Sönmez, 2006),
- Tedarik için alternatif tedarikçi sayısı göz önünde bulundurularak; tek kaynak ve çok kaynak modelleri olarak (Aissoui ve diğerleri, 2006) toplanmıştır.

Çalışmamızda TS probleminin çözümünde kullanılan teknik temel alınarak geliştirilen modeller; doğrusal ağırlıklandırma modelleri, maliyet tabanlı modeller, matematiksel programlama modelleri, istatistiksel modeller, yapay zekâ tabanlı modeller ve tümleşik modeller olmak üzere altı ana grupta toplanmıştır.

4.2.1. Doğrusal ağırlıklıklandırma modelleri

Doğrusal ağırlıklandırma modellerinin karşılaştırmayı temel alır. TS için kriterlerin önem ağırlıkları belirlenir ve KV (0-1) aralığında toplamı 1 edecek şekilde en yüksek ağırlığa sahip kriterlere en yüksek önem derecesi verilir. Diğer kriterler kendi içlerindeki önem derecelerine göre değerlendirilir ve önem ağırlıkları hesaplanır Kriterler ağırlık katsayıları ile çarpılarak alternatifler derecelendirilir. Toplamda en yüksek performansa sahip tedarikçi en iyi tedarikçidir. Ağırlık nokta yöntemi olarak da adlandırılan söz konusu yöntem sayısal olmakla birlikte genellikle subjektif değerlendirmeler kullanılarak uygulanmaktadır. Bu yöntemin avantajı esnek, uygulanabilir ve maliyetinin düşük olması, olumsuz yanı ise performans değerlendirmesinde kullanılan kriterlerin 0-100 ölçeği veya yüzdesel değerlendirmeler gibi kriterlerin özelliklerini yansıtmayan kriterler kullanmasıdır (De Boer ve diğerleri, 2001).

Literatürde doğrusal ağırlıklandırmaya ilişkin yöntemler yer almaktadır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process-AHP) Yöntemi; Belirsizlik durumlarında daha olumlu sonuçlar elde etmek için doğrusal ağırlıklandırma modellerinde uyarlamalar yapılmıştır. Belirsizlik, bir alternatifin bir kriterle ilişkin puanını ya da bazı kriterlerin önemini yüksek doğrulukla belirlemenin güç olduğunu belirtmektedir. Belirsizliği ortadan kaldırmaya yönelik olarak Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen AHP, literatürde çok karmaşık TS probleminin çözümünde geniş olarak yer tutmakla ve modern ÇKKV

tekniklerinin yapı taşıdır. AHP yöntemdeki hiyerarşik yapı kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşmaktadır. AHP, doğrusal ağırlıklandırma yöntemindeki performans puanlamasındaki gibi, kriter ağırlıkları için nokta tahminler yapar. AHP, KV'ye bir kriterin diğerine göre önemi ve bir kriter için bir alternatifin diğerine göre önceliği hakkında sözlü nitel ifadeler üretmektedir (Nydick ve Hill, 1992; Barbarosoglu ve Yazgaç, 1997; Yahya ve Kingsman, 1999; Masella ve Rangone, 2000; Chan ve Kumar, 2007).

Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process-ANP); AHP'nin genelleştirilmiş bir versiyonu ise ANP'dir. ANP, karmaşık karar problemlerinin doğru bir şekilde modellenebilmesi için karar verme kriterleri ile alternatiflerin kendi içinde ve arasında geri bildirim ve karşılıklı bağımlılığa izin veren bir yaklaşımdır. Problemin hiyerarşik bir yapıda olmadığı ancak alternatif ve kriterlerin birbirini etkilediği bileşenlerin ağırlıklarını bulmak için yararlanılmaktadır. Hiyerarşik düzende olduğu gibi alternatiflerin önemi sadece kriterlerin önemine göre belirlenmez, aynı zamanda alternatiflerin önemine göre kriterlerin önemi de belirlenebilir. Başka bir deyişle AAP, TS problemindeki bileşenler arasındaki ilişkileri ve yönlerini tanımlar ve bunu bir ağ olarak tanımlanmaktadır (Sarkis ve Talluri, 2002; Bayazit, 2006; Gencer ve Gürpınar, 2007). AAP ile AHP'nin en dikkat çeken faydası nicel verilerin, nitel verilerle de karşılaştırmaya olanak sağlamasıdır.

Kümeleme Analizi: Bu yöntem, çok sayıda ve değişik özelliklere sahip elemanın olduğu gruplar için bir sınıflandırma algoritması kullanır. Bu sınıflama algoritması, sayısal olarak atanan puanlar kümesi ile tanımlanan parçaları gruplandırarak bir küme oluşturur. Analiz, alternatifler arasından benzer özellikleri olanların beraber bulunması beklenir. Küme adı verilen ve aynı özelliklere sahip elemanları içeren bu gruplar kendi içlerindeki farklılaşma minimum iken, kümeler arası fark maksimumdur. Kümeleme analizi, bir grup içindeki alternatifleri çeşitli kriterlere göre karşılaştırmak için kullanılabilir. Bu sonuç, karşılaştırılan küme içindeki alternatifler için bir sınıflandırmadır. Kümeleme analizi, sezgiselliği azalttığı için uygun olabilecek alternatifin sürecin erken aşamalarında elenme olasılığını azaltır (Holt, 1998; Chen ve diğerleri, 2006).

Ağırlık Noktası Metodu: Bu yöntemde, TS için önemli olduğu düşünülen kriterlere ağırlık tespit edilir. Alternatiflerin kriterlere yönelik puanları o kriterin ağırlığı ile çarpılarak toplanır, her alternatif için toplam puan hesaplanır. En yüksek puana ulaşan alternatif seçilir. Kategorik yöntem ile arasındaki fark, her bir kritere yönelik olumlu, olumsuz ve nötr olarak 3 seçenek

yerine tercih derecesine göre alternatiflere 1 ile 10 (bazen 1 ile 100) arasında puanlayabilmesidir. Nitel yargının eksik olması, kategorik analizde bu yöntemin zayıf tarafıdır.

Sıralama yöntemleri

Alternatiflerin ikili karşılaştırmasına dayanır. KV yeterli bilgiye sahip değilse, sıralama ilişkisi a en az b kadar iyidir olarak ifade edilir. Yeterli bilginin olmadığı durumlarda, kriterlere göre toplam puanları ve birbirlerine üstünlüklerini belirlemek için alternatiflerin göreceli önem derecelerine bakılır.

Tek kanallı TS problemi için yaygın olarak kullanılan yöntemlerin ilki doğrusal ağırlıklandırma yöntemleridir. Tam telafi özelliğine sahip olması doğrusal ağırlıklandırma yöntemlerinin karakteristik özelliğidir. Bu durum, TS de göz ardı edilmemesi gereken problemlere yol açabilmektedir. Örnek; kalite dışındaki kriterlerde diğer alternatiflerden üstün olan bir alternatif bu yöntemle üst puanlara sahip olacaktır. Fakat işletme için kalite kriterinin vazgeçilmez olarak düşünüldüğünde bu TS beklenen sonucu sağlamayacaktır.

Sıralama yöntemi, bu gibi istenmeyen durumlarda bir sınırlama sağlasa da, alternatiflerin karşılaştırılmasındaki zorluklar ve muğlaklıklar nedeniyle doğrusal ağırlıklandırma yöntemine yalnızca kısmi olarak iyileştirme sunar.

Çok kriterli karar verme problemlerinde literatürde kullanılan sıralama yöntemler; Gerçekliği Yansıtan Eleme ve Seçim (Elimination and Choice Expressing Reality-ELECTRE) Yöntemi; (De Boer ve diğerleri, 1998), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-TOPSIS) Yöntemi; (Chen ve diğerleri, 2006; Boran ve diğerleri, 2009), Değerlendirmeyi Zenginleştirmek için Tercih Sıralamasının Organizasyonu (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations-PROMETHEE) Yöntemi (Dulmin ve Mininno, 2003) yöntemleridir.

ELECTRE Yöntemi: 1966 yılında Benayoun ve Roy tarafından sunulan yöntem, seçilen ve seçilmeyen alternatiflerin arasında bir üstünlük ilişkisi bağını esas almaktadır. ELECTRE yönteminin ana konsepti; her bir kriter için ayrı ayrı olmak üzere alternatifler aralarında ikili karşılaştırmalar kullanmaktır. Yöntemde üstünlük ilişkisi kurmak için uyum ve uyumsuzluk

indeksleri oluşturulur. İndeksler, baskın olmalarına göre alternatiflerin seçildiği memnuniyet veya memnuniyetsizlik derecesini belirtmektedir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010).

ELECTRE yöntemi, alternatifler arasından ikili tercih edilebilirliğin üstünlük ilişkisi sistemini getirmektedir. İlave olarak yalnızca favori alternatifleri üretir, daha az favori olanları eleyerek alternatiflerin daha net görülmesini sağlar. Ancak, az kriterli fakat çok alternatifli karar problemleri için uygundur.

TOPSIS Yöntemi: 1980 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen ve KV'ler tarafından tercih edilen TOPSIS yönteminin, kolay ve doğru hesaplama verimliliği vardır (Ömürbek vd., 2014). TOPSIS yönteminde temel olarak, en uygun alternatifin pozitif ideal sonuca en yakın ve negatif ideal sonuca en uzak alternatif olduğu kabulü vardır. İdeal sonuç en çok benzerliğe sahip alternatif seçilir (Şahin ve Supçiller, 2015).

TOPSIS yöntemi ELECTRE temel alınarak geliştirilmiş olup, benzer yöntemlerdir. Aralarındaki fark, ELECTRE alternatifleri aralarındaki üstünlüğe göre nitelendirirken, TOPSIS yönteminde ideal sonuca en yakın alternatifin en uygun alternatif seçilebileceğini belirtmektedir. Her alternatifin kendi değerini alması, TOPSIS'in bir avantajıdır. Böylece alternatiflere ilişkin farklar ve kriterlerin birbirinden hangi oranda farklı olduğuna ilişkin fikir edinilebilir (Triantaphyllou 2000).

PROMETHEE Yöntemi: 1986 yılında Brans vd tarafından geliştirilen yöntemde birden fazla kritere sahip alternatifler arasından en uygun olanının belirlemesini esas almaktadır. Konsept ve uygulama açısından diğer yöntemler göre daha kolay bir sıralama yöntemidir. Yöntemde ikili karşılaştırmalar yapılır ve son aşamada alternatifler eş zamanlı olarak değerlendirilir (Uygurtürk ve Korkmaz, 2015). PROMETHEE yöntemi, genel kriterlerin seçimi, üstünlük ilişkilerinin belirlenmesi, tercihlerin değerlendirilmesi ve alternatifler arasındaki sıralamanın belirlenmesi olarak özetlenebilir.

VIKOR Yöntemi: 1998 yılında Opricovic tarafından geliştirilen yöntem, birden fazla kriter üzerinden alternatiflerin sıralanması ve seçilmesini esas almaktadır. Grup yararının yüksek, bireyselliğin en az olduğu durumlarda, alternatifler ve değerlendirme kriterleri için uzlaşmacı bir çözüm oluşturur. Uzlaşmalı çözüm, alternatifler için çok kriterli bir sıralama indeksi

oluşturarak belirli koşullara göre ideal çözüme en yakın kararı vermekte olup, ideal alternatifte yakınlık değerleri karşılaştırılarak elde edilir (Ömürbek ve diğerleri, 2014).

4.2.2. Maliyet tabanlı modeller

Maliyet tabanlı modellerle tedarikçilere karar verilirken karşılaştırmalarda maliyet esas alınmakta, her bir kritere ilişkin maliyetin toplam maliyet içindeki yüzdesine göre karar verilir (Türkoğlu, 2016). Maliyet tabanlı modeller iki kategoriye ayrılabilir; maliyet oranlama ve toplam sahip olma maliyeti.

Maliyet oranlamada, TS yapılırken, ürünün kalitesizliği ve geç teslim edilmesi gibi işletme maliyetlerini arttıran faktörlerden yararlanılmakta olup, maliyetler hesaplanarak tedarik fiyatına eklenir. Sonunda, tedarikçiler için indeks değerleri elde etmek için toplam tedarik maliyeti toplam maliyete oranlanır. İndeksler işletmelerin verdiği fiyatlara çarpan olarak eklenerek tedarikçi ile iş yapmaktan dolayı ortaya çıkacak gerçek maliyete ulaşılır (Ellram, 1995).

Toplam sahip olma maliyeti ise; işletme, ürünün satın alma, elde bulundurma ve ürünün kullanımı sırasında ortaya çıkan maliyetlerin belirlenmesini gerektiren bir yöntemdir. Bu yöntemde ürün fiyatına ek olarak tedarikçi bulma, değerlendirme, sipariş verme, hatalı ürün nedeniyle üretimin aksamamasından kaynaklanan maliyetler eklenir (Ellram, 1995). Kalite, teslimat ve hizmet maliyetleri de toplanır ve gerektiğinde fayda veya cezaların fiyatı üzerinden yüzde şeklinde gösterilir. Toplam sahip olma maliyeti bütün alternatifler dikkate alınarak hesaplanır ve toplam maliyete en az olan alternatifin en iyi tedarikçi olduğu tespit edilir.

4.2.3. Matematiksel programlama (MP) modelleri

TS de MP modelleri güven veren neticelere ulaşmada kullanılır. TS problemine MP modelleri tatbik edildiğinde, KV'nin sübjektif karar verme olasılığı olmaz. MP uygun bir karar kriteri verildiğinde, KV'nin çeşitli kısıtlar altında matematiksel bir amaç fonksiyonu (karı maksimize veya maliyetleri minimize etmek) dikkate alarak karar problemini formüle etmesini sağlar. MP modellerinin iki önemli avantajından bahsedilebilir. İlk olarak MP modelleri doğru bir şekilde formüle edildiğinde sonuçlar güvenilir olur. İkinci olarak, işletmenin çalışabileceği en iyi tedarikçi sayısı birden çok ise siparişlerin MP modelleri dağıtım imkânı da vermektedir.

MP modelleri tek amaçlı ve çok amaçlı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Aissoui ve diğerleri, 2006);

Tek amaçlı modeller; Doğrusal/Doğrusal Olmayan Programlama, Tamsayılı/Karışık Tamsayılı/ Karışık İkili Tamsayılı Programlama, sezgisel bulanık yaklaşımlar, veri zarflama analizi,

Çok amaçlı modeller; Çok Amaçlı Programlama ve Hedef Programlama.

MP modellerini yukarıda bahsedilen avantajlara ek olarak sınırlayan özellik vardır. MP modelleri deterministiktir. Talep miktarı ve kalite seviyesi vb. özellikleri bilmek gerekir. Kesin olarak ifade edilmesi zor olan, sayısal olmayan kriterler modele dâhil edilmemiştir.

Sistemin özelliklerine göre modellendiğinde, aşağıdaki programlama çeşitleri ile karşılaşırız;

1. Amaç fonksiyonları: Doğrusal veya doğrusal olmayan,
2. Karar değişkenleri: Tamsayılı, karışık tamsayılı veya 0-1,
3. Katsayılar: Deterministik, stokastik veya bulanık,

Gaballa (1974) ilk olarak TS’de matematiksel programlamayı Karışık Tamsayılı Programlamayla tedarikçi maliyetlerini azaltmak için kullanmıştır. TS’de birçok MP yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları;

Doğrusal/Doğrusal Olmayan Programlama (Yan ve Wei, 2002; Ghodsypour ve O’Brien, 1998; Benton, 1991) ile veri zarflama analizi (Braglia ve Petroni, 2000; Weber ve diğerleri, 2000; Kumar ve diğerleri, 2004).

Çok Amaçlı Programlama, Tamsayılı/Karışık Tamsayılı / Karışık İkili Tamsayılı Programlama (Chaudry ve diğerleri, 1993; Weber ve Current, 1993 ; Feng ve diğerleri, 2001; Cakravastia ve diğerleri, 2002; Kumar ve diğerleri, 2004; Hong ve diğerleri, 2005; Hong ve diğerleri, 2005) ve Hedef Programlama (Karpak ve diğerleri, 1999; Kumar ve diğerleri, 2004; Lee ve diğerleri, 2009) sayılabilir.

Doğrusal programlama metodu

Doğrusal programlama yöntemi TS problemine uygulandığında, kriterler amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılar şeklinde belirlenmektedir.

Ghodsypour TS de doğrusal programlama ile AHP'yi beraber uygulamıştır. AHP yöntemi kullanımı ile oluşturulan model sayısal ve sayısal olmayan kriterleri TS sürecine katmaktadır. Söz konusu model de amaç fonksiyonu değeri kalite, talep ile tedarikçi kapasite kriter kısıtlarıyla maksimum olması sağlanmaktadır. Amaç fonksiyonunda, AHP ile ulaşılan değerlendirme neticesinden yararlanılmaktadır.

Kısıt kabul edilen kriter ağırlıklarının eşit olarak alınması TS de doğrusal programlama kullanımının en büyük eksikliğidir (Ghodsypour, 1998).

Tamsayılı programlama

Doğrusal programlama yönteminin bir başka şekli olan tamsayılı programlama, kısıtlar dikkate alarak minimize veya maksimize problemleri için tamsayılardan ibaret optimal sonuca ulaşmayı amaçlayan usuldür. Belirlenecek alternatifler için daha katı kısıtlamalar altında değerlendirmelere yapılacaksa, tamsayılı modelleme yöntemleri, TS'de diğer yöntemlerle veya tek başına kullanılabilir.

Karışık tamsayılı programlama

TS probleminde, karışık tamsayılı programlama bazı karar değişkenlerinin tam sayı olarak ifade edilmesine ihtiyaç olduğunda kullanılır. Bu modelde maliyeti minimize etmek üzere amaç fonksiyonu kurulur. Model tamsayı olmayan kısıtları da içerebildiği için TS probleminin farklı boyutlarda alınmasına olanak sağlar.

Veri zarflama analizi

KV'lerin performanslarını değerlendirmek için farklı ölçü birimlerine sahip birden fazla girdiyi çoklu çıktılara dönüştüren veri odaklı bir yöntemdir (Cooper ve diğerleri, 2004). Alternatifler girdi ile çıktı kriterleriyle değerlendirilirken, çıktıların toplam ağırlığı ile girdilerinin toplam ağırlığının oranlanmasıyla alternatifin etkinliği bulunur. VZA yöntemi

alternatifler için en uygun ağırlık sınıfını tespit ederek KV'ye etkin alternatifler ve etkin olmayan alternatifleri içeren veri seti sunar (Liu, 2000). VZA yönteminde tahsis etkinliği, girdi ve çıktıların maliyetler dikkate alınarak en uygun oranda kullanılmasını, teknik etkinlik ise miktar dikkate alınarak maksimum çıktının alınması veya tam tersi minimum girdi kullanılarak belirli bir çıktı alınması olarak belirtilebilir.

Hedef programlama

Hedef Programlama, birbirleriyle çelişen çoklu amaçların bulunduğu TS problemleri için karar verilmesine yardımcı olan bir yöntemdir. Belirlenen en çok hedefe ulaşmak için her amaç tek tek ele alınıp, hedeflerin ulaşılama ölçüsüyle ilgilenir. Kısıtlar göre hedefler arasındaki sapmaları en aza indirmeye çalışır. Özetle, farklı ve birbiriyle çelişen hedeflerin belirli kararlar çerçevesinde optimize edilmesini sağlayan bir yöntemdir.

Hedef Programlama için, KV'ler hedeflerini önem derecesine göre sıralar ve ulaşmak istenen her hedef için bir değer belirlemesi istenir. Ardından, sonuçlar ve hedef değerler arasındaki sapmalar minimize edilerek çözüm bulunur. Hedef Programlama, çelişen hedefleri yönetmek için kullanılır. KV'lerin olabilecek hatalardan kaçınmak için problemi bir kaç kez farklı önem sırasına ve hedeflere göre çözmesi gerekmektedir (Leung ve diğerleri, 2003).

4.2.4. İstatistiksel modeller

TS problemine ilişkin çok değişkenli istatistiksel teknikler, çok sayıda tedarikçinin incelenmesi gereken durumlarda, KV'ye bir ön analiz ile tedarikçileri sınıflandırma imkanı sağlar. İstatistiksel yöntemler, işletmelerin tedarikçi değerlendirme sürecini daha hızlı ve daha ucuz hale getirmelerini sağlar. TS'deki muğlaklık ile ilgili olarak bu modeller, tedarikçilerin önceki performansına ait verileri yararlanır

Temel bileşenler analizi (Petroni ve Braglia, 2000; Yang ve diğerleri, 2006), bir tedarikçi listesini aynı özellikleri olan tedarikçilerin kümelerine dönüştürmek için kullanılan kümeleme analizi (Holt, 1998), TS kriterlerinin, ürünün dizaynı ve kesintisiz iyileştirme programına katılımı, müşteri memnuniyeti ile işletme başarısı arasındaki ilişkiyi incelenmek için kullanılan doğrulayıcı faktör analizi (Tracey ve Tan, 2001), değişken talep için oranlama modelinde bir simülasyon çözümü (Soukoup, 1987) sayılabilir.

4.2.5. Yapay zekâ tabanlı modeller

Yapay zekâ tabanlı modeller önceki performans verileriyle test edilebilen bilgisayar tabanlı sistemdir. TS de tatbik edilen yapay zekâ teknolojisi, yapay sinir ağları (YSA) ile geliştirilen uzman sistemleri içerir. Sistem işletmeni YSA'larını yalnızca mevcut pozisyon özellikleri ile kurabilir. Mevcut pozisyonun dezavantajı, önceden sisteme dâhil olmayan tedarikçileri gözden geçirememesidir.

TS problemlerinin çözümüne yönelik oluşturulmuş yapay zekâ tabanlı modeller; olay tabanlı çıkarım ve YSA ile oluşturulmuş uzman sistemler olarak iki gruba ayrılabilir.

Olay tabanlı çıkarım yöntemi önceki tedarik verilerini değerlendirerek gelecekteki tedarik problemlerini çözmeye hedefleyen modellerdir. Uzman sistemler, uzmanın geçmiş tecrübesini kullanarak, uzmanların düşünce biçimini taklit ederek problemleri çözmeye yönelik yazılımlardır.

YSA; (Choy ve Lee, 2003; Albino ve Garavelli, 1998), uzman sistemler; (Fasanghari ve diğerleri, 2008; Vokurka ve diğerleri 1996) ile olay tabanlı çıkarım; (Choy ve Lo, 2002) yapay zekâ tabanlı modellerdir.

4.2.6. Tümüleşik modeller

TS probleminde birçok tekniğin birarada kullanılabildiği tümleşik modeller de kullanılmaktadır. Tümüleşik yöntemlerin amacı, bir araya getirilen tekniklerin problemin çözümünde yalnız kullanıldığındaki aksaklıkları yok etmektir. Araştırmacılar, bir yöntemi başka bir yöntemle veya dezavantajlarını ortadan kaldıran yöntemlerle entegre ederek daha güçlü hibrit modeller geliştirmeyi amaçlamışlardır. Örneğin MP teknikleri, KV'lerin tercihlerini niteliksel TS kriterlerini modelin içine almazlar. Matematiksel olmayan teknikler de sübjektif kıymetlendirme mevcuttur ve optimum sonuç üretmez. Fakat iki teknik beraber kullanıldığında zayıf yönleri yok olmaktadır. Ghodsypour ve O'Brien (1998) AHP ve doğrusal programlama, Xia ve Wu (2005) AHP ve çok amaçlı karma tamsayılı programlama, Çebi ve Bayraktar (2003) ile Wang ve diğerleri (2004) AHP ve hedef programlama, Soner ve Ögüt (2006), TS problemini çözmek için AHP ve ELECTRE'den oluşan tümleşik bir yöntem geliştirmişlerdir. Araz ve diğerleri (2006) ise TS problemindeki belirsizlikleri dikkate alan

bulanık hedef programlama ile ÇKKV yöntemlerinden PROMETHEE ile tümleşik yöntem oluşturmuşlardır.

5. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu bölümde, Bulanık ve Sezgisel Bulanık Kümeler, Bulanık ve Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi, Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama-IFWA operatörü ve Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi-SMAA Metoduna ilişkin tanımlara yer verilmiştir.

5.1. Bulanık ve Sezgisel Bulanık Kümeler

Gerçek hayattaki problemler birçok belirsizliğe sahiptir ve KV'ler alternatiflerin sonuçlarını kesin olarak sayısal terimlerle ifade edemezler. Karar verme sürecindeki birçok kriterin kısıtları nedeniyle karar verme süreci bulanık ortamda gerçekleştirilirken karar verme oldukça güçtür. Bu nedenle bulanık mantık, verilerdeki eksiklik ve belirsizlikler için etkili ve uygun yöntemdir. 1965 yılında karar verme süreçlerinde belirsizliklerle başa çıkmak için Zadeh tarafından geliştirilen bulanık küme, kesin değerler yerine yaklaşık değerler kullanarak, bilgi çok az, az, küçük, büyük gibi dilsel ifadeler ile tanımlanmıştır. Bulanık küme teorisi, TS probleminde belirsizlik olduğunda kullanılmaktadır (Demitaş ve diğerleri, 2020).

Küme kavramında bir nesnenin bir kümeye üye olup olmadığı kesin olarak ifade edilmektedir.

Tanım 1. X evrensel kümesindeki bir x elemanının bir alt kümesi olan X_A , herhangi bir eleman için A kümesine üyelik derecesi 1 veya 0 değerleri alan üyelik fonksiyonudur. Klasik A kümesi Eş. 4.1'de gösterilmektedir:

$$X_A : X \rightarrow \{0,1\}$$

$$\forall x \in X, \quad X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (4.1)$$

1 değeri A kümesine ait olmayı, 0 değeri ise ait olmamayı belirtmektedir. Dolayısıyla klasik A kümesindeki aidiyet fonksiyonu 1 ya da 0 değerleri ile belirlenir ve klasik kümelerde bir eleman bir kümeye aittir veya ait değildir.

Klasik küme elemanlarının üyelik durumları kesinlik ifade etmesine rağmen, gerçek dünyada bir kümenin üyesi durumu bazen belirsiz olmakta ve tereddütler içermektedir. Kademeli olarak bir kümeye aidiyeti belirten bulanık küme teorisi bu belirsizliği göz önünde

bulundurarak aidiyet durumu sonsuz bir aralığa bölmektedir. Bir kümeye ait olma derecesi göreceli bir değer alır ve klasik kümelerdeki $\{0,1\}$ ikili değer yerine sıfır ile bir arasında $[0,1]$ değişen herhangi bir değer almaktadır (Zadeh, 1965).

Tanım 2. X evrensel kümesindeki bir x elemanın, bir alt kümesi olan A bulanık kümesinin bir üyelik derecesi Eş. 4.2 ile ifade edilir (Zadeh, 1965):

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in X \}$$

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \text{ üyelik derecesidir.} \quad (4.2)$$

Sonuç olarak, bir bulanık küme, her bir elemanın üyelüğünün derecelendirilebildiği klasik bir kümenin bir genellemesi haline gelir. Bulanık küme kavramına göre tanımlanan A bulanık kümesindeki bir elemanın o kümeye ait olma derecesi μ_A , ait olmama derecesi $1 - \mu_A$ 'dır. Dolayısıyla ait olma ve ait olmama derecesinin toplamı her zaman 1'e eşittir. Ancak, gerçek hayat uygulamalarına bakıldığında bu yaklaşımın uygulamalardaki belirsizliği tam olarak gideremediği için her zaman etkili bir yöntem olmadığı görülmektedir.

Bulanık küme teorisi, sistemdeki karmaşıklığın ve insanların algılarındaki farkların sebebiyle oluşan belirsizlikleri açıklamak için kullanılır. Karmaşıklığın seviyesi arttıkça sistemi tanımlamak zorlaşır, belirsizlik artar ve belirsizlik bulanıklığa sebep olur.

Tanım 3. Atanassov tarafından geliştirilen SBK kavramı $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ evrensel kümesindeki A sezgisel bulanık küme Eş. 4.3 ile gösterilebilir (Atanassov, 1986):

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in X \}, \quad (4.3)$$

$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ ile $\nu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonları sırasıyla üyelik derecesi ve üye olmama derecesini gösterir ve Eş. 4.4 ile gösterilebilir:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1, \quad (4.4)$$

koşulu geçerlidir ve tereddütlik derecesi $\pi_A(x)$ ile ifade edilir ve SBK'nın tereddüt seviyesi Eş. 4.5 ile gösterilebilir:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x), \quad (4.5)$$

burada, x 'in A 'ya ait olup olmadığı konusundaki tereddüt seviyesini gösterir. Tereddütlik derecesi her $x \in X$ için $0 - 1$ arasında değişmektedir,

$$0 \leq \pi_A(x) \leq 1, \quad (4.6)$$

Tereddütlik derecesi $\pi_A(x)$ büyük bir değer ise belirsizliğin fazla olduğu, küçük değer ise belirsizliğin küçük olduğu anlamına gelir ve bize x ile ilgili bilgilerin doğruluğunu gösterir; $\pi_A(x)$ değeri sıfır olduğunda x ile ilgili bilgi kesin doğrudur. SBK'lerde bilgi bulanık kümelerden daha kolay ifade edilir ve belirsizlikle başa çıkmada daha etkilidir.

5.2. Bulanık ve Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi

Tercih ilişkileri (ikili karşılaştırma matrisleri, muhakeme matrisleri), KV'lerin bilgilerini kullanarak seçenekleri birbirlerine göre değerlendiren karar verme problemlerinde kullanılan gösterim biçimidir. Çeşitli tercih ilişkileri biçimleri önerilmiştir. Bu tercih ilişkilerinden Bulanık Tercih İlişkisi (Orlovsky, 1978), Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi (Xu, 2007a; Szmidt ve Kacprzyk, 2002) ve Çarpımsal Tercih İlişkileri (Saaty, 1980) araştırmacıların ilgisini çekmiştir.

Bulanık tercih ilişkisinin tanımı

BTİ kavramı ilk olarak (Orlovsky, 1978) tarafından önerilmiştir. BTİ kavramının temelinde seçeneklerin (kriter veya alternatif) birbirleri arasında karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu kapsamda i alternatif / kriterin, j alternatif / kritere göre üstünlük/önem derecesi t_{ij} ile gösterilir ve alabileceği değer $t_{ij} \in [0,1]$ arasındadır. j alternatif /kriterin, i alternatif /kritere göre üstünlük/önem derecesi ise t_{ji} ile gösterilir ve $t_{ji} = 1 - t_{ij}$ 'e eşittir ve $t_{ij} + t_{ji} = 1$ koşulunu sağlar.

Tanım 4. T bir BTİ olup sonlu bir $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ evrensel uzayında tanımlansın ve $T = (t_{ij})_{n \times n} \subset S \times S$ olarak gösterilsin. T $n \times n$ boyutunda bir matristir ve elemanları t_{ij} ile

gösterilir. t_{ij} , s_i alternatif / kriterin, s_j alternatif/kritere göre üstünlük/önem derecesini gösterir. T bir BTİ olması için $\forall i, j$ 'ler için $0 \leq t_{ij} \leq 1$, $t_{ji} = 1 - t_{ij}$ ve $t_{ii} = 0,5$ şartlarının sağlanması gerekir. Alternatif / kriterler birbirleri ile karşılaştırıldığında üç durum söz konusudur. İlk durum alternatif / kriterlerin önem derecesinin birbirine eşit olması durumudur. Bu durumda karşılaştırılan alternatif / kriterler s_i ve s_j ise $t_{ij} = 0,5$ eşittir. İkinci durum s_i alternatif / kriteri, s_j alternatif /kritere göre üstün/önemli olması durumudur bu durumda $t_{ij} \geq 0,5$ 'dir. Ayrıca $t_{ij} = 1$ ise, s_i , s_j 'ye mutlak suretle tercih edilir. Üçüncü durumda ise s_j alternatif / kriteri, s_i alternatif/kritere göre üstün/önemli olması durumudur bu durumda $t_{ji} \geq 0,5$ 'dir. Ayrıca $t_{ij} = 0$ ise, s_j , s_i 'ye mutlak suretle tercih edilir (Orlovsky, 1978).

Tanım 5. BTİ'lerde çarpımsal geçişlilik kavramı $T = (t_{ij})_{n \times n}$ bir BTİ olsun. T 'de çarpımsal geçişliliğin söz konusu olması için Eş. 4.7'de verilen şartın sağlanması gerekir (Tanino, 1988).

$$\left(\frac{t_{ji}}{t_{ij}} \right) \cdot \left(\frac{t_{kj}}{t_{jk}} \right) = \left(\frac{t_{ki}}{t_{ik}} \right) \quad (4.7)$$

$\forall i, j, k = 1, \dots, n$ için $t_{ij} > 0$.

Tercih bilgisini BTİ'de KV'ler tek bir değer şeklinde açıklarlar, fakat çoğu zaman bet bir şekilde ifade edemez kararsız kalırlar, yani bilgisinden tereddütlük duyabilir. SBTİ KV'lerin tereddütlerini karar bilgisine yansıtabildiği için tercih ilişkilerinin ifade edilmesinde oldukça kullanışlı bir araçtır.

Sezgisel bulanık tercih ilişkisinin tanımı

KV tek bir değer ile bilgisini doğru bir şekilde açıklayamadığından, SBTİ KV'nin bilgisini 1 ya da 0 değerleri ile üye olup olmama ve tereddütlük derecesi ile yansıtmaktadır.

Tanım 6. B bir SBTİ olup sonlu bir $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ evrensel uzayında tanımlansın ve $B, B = (b_{ij})_{n \times n} \subset X \times X$ matrisi olarak gösterilsin., bütün i ve j için $b_{ij} = (\mu_{ij}, \nu_{ij})$, $0 \leq \mu_{ij} + \nu_{ij} \leq 1$, $\mu_{ij} = \nu_{ji}$, $\mu_{ii} = \nu_{ii} = 0.5$ koşulları sağlanır ve b_{ij} , x_i 'nin x_j 'ye tercih edilme

derecesi μ_{ij} olarak, x_i 'nin x_j 'ye tercih edilmeme derecesi ν_{ij} şeklinde iki değerden oluşur. $\pi_{ij} = 1 - \mu_{ij} - \nu_{ij}$ KV'nin tereddütlük derecesini gösterir. Özellikle $b_{ij} = (0,5,0,5)$ x_i ve x_j arasında fark olmadığına, $b_{ij} > (0,5,0,5)$, x_i 'nin x_j 'ye tercih edildiğine, $b_{ij} < (0,5,0,5)$, x_j 'nin x_i 'ye tercih edildiğini ifade eder. Eğer $b_{ij} = (1,0)$ ise, x_i , x_j 'ye kesinlikle tercih edilir; $b_{ij} = (0,1)$ ise, x_j , x_i 'ye kesinlikle tercih edilir; $b_{ij} = (0,0)$ ise karar verici bu konuda tamamıyla kararsızdır (Xu, 2007a).

$B^d = (b_{ij}^d)_{n \times n}$ bir SBTİ matrisi olsun. $\hat{B}^d = (\hat{b}_{ij}^d)_{n \times n}$ ve $\hat{\mu}_{ij}^d$ and $\hat{\nu}_{ij}^d$, $\hat{B}^d$ matrisinin elemanları olup, her $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \hat{\mu}_{ij}^d + \hat{\nu}_{ij}^d \leq 1$ ve $0 \leq \hat{\mu}_{ij}^d \leq 1 - \hat{\nu}_{ij}^d \leq 1$ koşulu sağlanıyorsa, B^d tercih ilişkisi çarpımsal tutarlı bir SBTİ olduğu söylenebilir. Eğer her $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \hat{\mu}_{ij}^d + \hat{\nu}_{ij}^d \leq 1$ ve $0 \leq \hat{\mu}_{ij}^d \leq 1 - \hat{\nu}_{ij}^d \leq 1$ koşulu sağlanmazsa B^d çarpımsal tutarsız bir SBTİ'dir.

SBTİ'de sezgisel bir bulanık tercih ilişkisinin tutarlılığının test edilmesi, tutarlı bir sezgisel tercih ilişkisinin öncelik vektörünün türetilmesi, sezgisel tercih ilişkisinin eksik değerlerinin tahmin edilebilmesi şeklinde sorunlar vardır. Genç (2009) yaptığı çalışmada yukarıdaki sorunları çözmek için bazı yaklaşımlar tanıtmıştır.

5.3. Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama (IFWA) Operatörü

Her bir aday tedarikçi için KV'ler tarafından sağlanan farklı kriterleri karşılama dereceleri birleştirilir ve Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama Operatörü olarak adlandırılan IFWA operatörü ile formüle edilerek hesaplanır.

IFWA operatörü, uzmanların tercihlerini sezgisel bulanık karar matrisinde birleştirmek için kullanılabilir (Genç, 2009). Grup karar verme sürecinde bilgi kaybı olmadan grup görüşü olarak toplu karar matrisini elde etmek için tüm KV'lerin görüşleri birleştirilmelidir.

Tanım 7. (Xu, 2007b). $\alpha_j = (\mu_j, \nu_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) kriterleri karşılayan aday tedarikçilerin dereceleri sezgisel bulanık sayıların bir yığını olsun ve Ω bütün sezgisel bulanık sayıların kümesi olarak $\Omega_n \rightarrow \Omega$ üstünde tanımlı IFWA operatörü Eş. 4.8'deki gibi gösterilir:

$$IFWA_w(\alpha_1, \alpha_2, K, \alpha_n) = \left\{ 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j)^{\omega_j} ; \prod_{j=1}^n \nu_j^{\omega_j} \right\}, \quad (4.8)$$

Bu nedenle, bu makale tüm uzmanların tercihlerini birleştirmek için Eş. 4.8'deki IFWA operatörünü kullanmıştır. Genel bir değerlendirme için her bir KV'nin kararı birleştirilmelidir.

5.4. Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi Metodu (SMAA)

ÇKKV problemlerinde bazı durumlarda; örneğin: KV'lerin yeterli zamana sahip olmadıklarında, kriterleri karşılaştırmakta zorlandıklarında veya fikirlerinin başkaları tarafından bilinmesinden rahatsız olduklarında, fikirlerinin açığa çıkmasını istemeyebilir, değerlendirmesini açık ve net bir şekilde ifade edemeyebilirler. Karar vermek için bu tip durumlarda stokastik çözümler kullanılır (Tervonen ve Figueira, 2008).

SMAA yöntemleri, kriter değerleri ile kriter ağırlıklarına ulaşamadığı durumlarda, muğlak, belirsiz ve kısmen eksik veri içeren ÇKKV problemleri için bir karar destek aracı olarak önerilmiştir (Tervonen ve Lahdelma, 2007). ÇKKV yöntemlerinden SMAA yönteminin en mühim farkı, yöntemin herhangi bir kriter ağırlık değeri olmadan kullanılabilmesidir.

SMAA metodolojisi, ilk olarak Charnestki (1973) ile Charnestki ve Soland (1978) tarafından karşılaştırmalı yüksek hacimli kriter yöntemiyle geliştirilmiştir. SMAA yönteminin temel amacı, stokastik parametre setinde çok boyutlu integraller gibi tanımlayıcı ölçümler yoluyla karar desteği vermektedir. Bu ölçekler Monte Carlo simülasyonları ile hesaplanmaktadır. SMAA geliştirilmeden önce ters ağırlık uzayı mantığına dayalı diğer ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır (Tervonen ve Figueira, 2008).

SMAA yönteminde iki temel yöntem vardır:

- Karşılaştırmalı yüksek hacimli kriter yöntemi,
- Kapsamlı mutabakat kriteri yöntemi.

Karşılaştırmalı yüksek hacimli kriter yöntemi, her bir alternatifi en çok tercih edilen alternatif yapacak çok boyutlu bir ağırlık seti hesaplamasına dayalı olarak, kriterlerin ağırlık değerlerini

doğrusal kısıtlar olarak kabul etmektedir. Ancak, alternatiflerin kriter değerleri deterministik olup, ek fayda fonksiyonları ile sınırlandırılmıştır (Tervonen ve Figueira, 2008).

Kapsamlı mutabakat kriteri yönteminde, KV'lerin tercihlerinde oluşan çelişkilerin üstünde durulmaktadır. Yöntemin dezavantajı yalnızca 3 kriterin kullanılabilmesidir. Söz konusu yöntem bu sebepten dolayı, gerçek hayattaki problemleri tam olarak yansıtamamaktadır.

SMAA yönteminde üç tanımlayıcı ölçü kullanılmıştır (Lahdelma ve diğerleri, 1998);

a. Sıra Kabul Edilebilirlik İndeksi: Bir alternatifin kabul edilmesi için gerekli değeri yüzde olarak tanımlar. Sıra kabul edilebilirlik indeks değeri “0” olduğunda kullanılan ağırlıklarla söz konusu alternatifin ilgili sırada yer alma olasılığı %0, “1” olduğunda ise %100 olduğunu ifade eder. Bu değer, kriter değerlerinin olasılık dağılımları ve kabul edilebilir kriter ağırlıkları üzerinden çok boyutlu integraller ile hesaplanır (Okul, 2012).

b. Merkezi Ağırlık Vektörü: Bir alternatifin ilk sırada olmasını sağlayan uygun ağırlık setinin beklenen ağırlık merkezidir. 1'inci sıradaki her alternatifin seçilmesinde kriter etkisinin ne kadar olduğunu gösterir. Söz konusu tercih modeli ile merkezi ağırlık vektörü, bu alternatifi kullanan KV'nin tercihlerini tanımlar. Merkezi ağırlık vektörü, kriterler ve sıra ağırlık dağılımları üzerinden çok boyutlu integral formülü ile hesaplanır (Okul, 2012).

c. Güven Faktörü: Merkezi ağırlık vektörü seçildiğinde alternatifin seçilme olasılığı şeklinde ifade edilir. Güven faktörü, alternatifin etkili olup olmadığını doğru bir şekilde ayırt etmek için kriterlerin yeterli olduğunu ölçer. Güven Faktörü, kriterlerin dağılımları üzerinden çok boyutlu integrallerle hesaplanır. Benzer bir fikirle, herhangi bir ağırlık vektörü için hesaplanabilir. Güven faktörleri, kriter ölçümlerini ölçmek için verimli alternatifleri ayırt etmek için yeterince doğrudur. Alternatiflerin güven faktörleri düşük olduğunda, alternatifler seçilmez. Alternatifler çekici alternatifler olarak düşünüldüğünde, tutarlı bir karar vermek için daha kesin kriter verileri toplanabilir (Okul ve diğerleri, 2013).

SMAA'nın birçok varyasyonu, ÇKKV'nin farklı tipteki problemlerin (seçim, sıralama ve sınıflandırma) çözümü için kullanılmaktadır (Figueira ve diğerleri, 2005). SMAA-2, ağırlık vektörü kümelerinin alternatiflere göre genişletilmesi sonucunda SMAA yöntemindeki kabul edilebilirlik indekslerinin en iyiden en kötüye doğru sıralanması esas alınarak geliştirilmiştir

(Lahdelma ve Salminen, 2010). SMAA-2 yöntemi alternatifler arasından en iyisini belirlemenin yanısıra diğer alternatifleri de sıralayarak KV'lere diğerlerine göre alternatifleri sıralamada daha faydalı olur. SMAA-3, SMAA'nın fayda fonksiyonu yerine ELECTRE tipi fayda fonksiyonun kullanıldığı yöntemdir (Lahdelma ve diğerleri, 1998). SMAA-D yönteminde fayda fonksiyonu yerine, Veri Zarflama Analizinin etkinlik puanı kullanılmıştır (Lahdelma ve Salminen, 2006). SMAA-O yönteminde, SMAA-2 yöntemi ordinal ve cardinal kriterlere karşılaştırılabilir bir şekilde yaklaşılarak, genişletilmiştir (Lahdelma ve diğerleri, 2003). SMAA-P yöntemi beklenti teorisine dayanmaktadır (Lahdelma ve Salminen, 2009). Diğer SMAA yöntemlerinden farklı olarak, SMAA-TRI, sınıflandırma esasına ile kategori kabul edilebilirlik indeksine, Ref-SMAA, merkezi referans noktası ile referans kabul edilebilirlik indeksine dayalı olarak alternatif tercihlerinin sıralanmasına dayalıdır (Tervonen ve Figueira, 2008).

6. HİBRİT SBTİ-SMAA-2 METODU VE UYGULANMASI

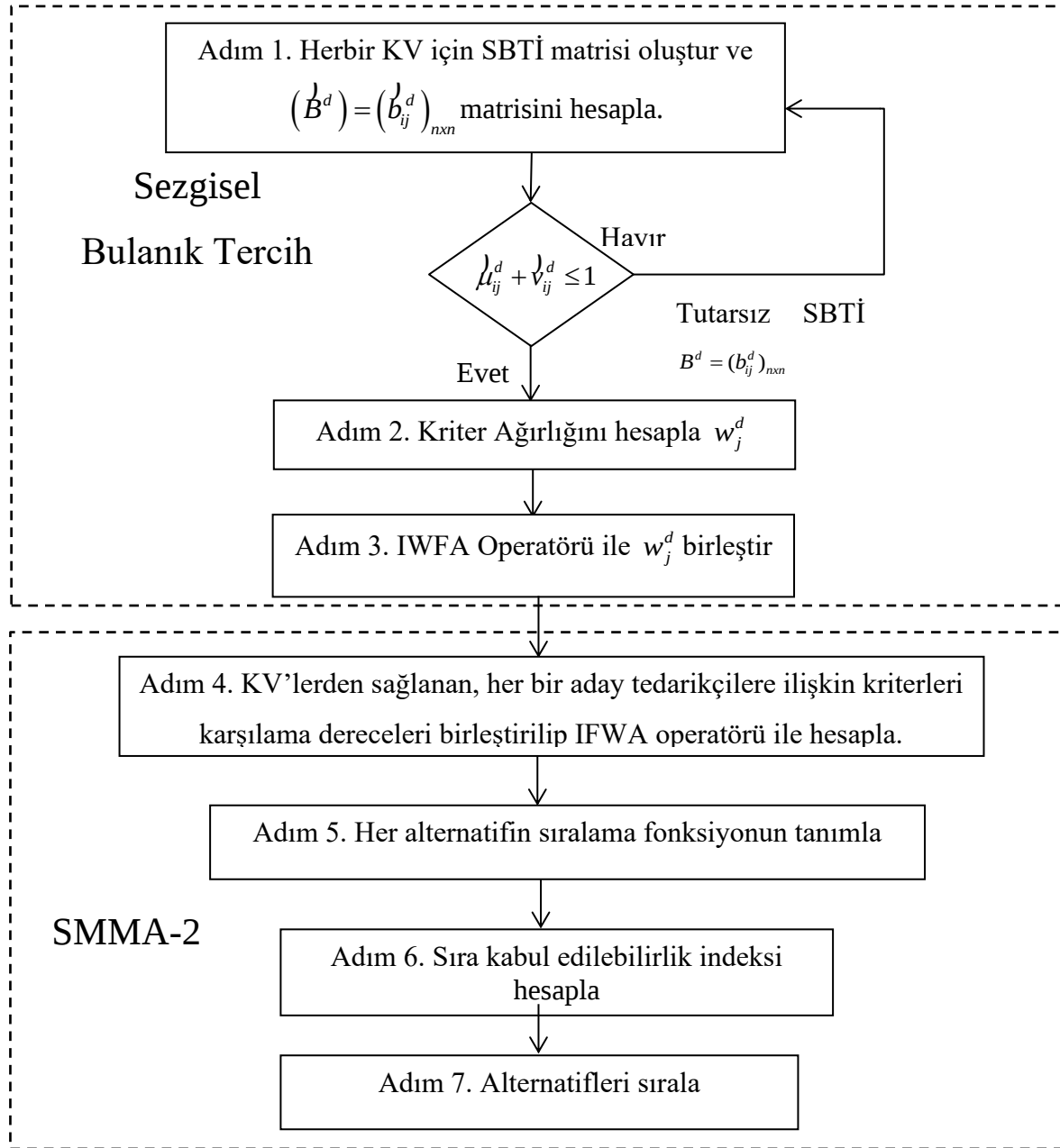
Bu bölümde önerilen hibrit SBTİ-SMAA-2 yöntemi açıklanmış, SBTİ-SMAA-2 karar verme yöntemiyle verilerin gerçek olduğu detaylı veriler ile TS için uygulanmıştır.

6.1. Hibrit SBTİ-SMAA-2 Metodu

ÇKKV problemi, KV'nin bilgisinin genellikle belirsiz olduğu birçok birbiriyle çelişen kriter içerir. Literatürde birçok karar probleminde KV'ler, karar problemine ait eksik bilgiye sahip oldukları zaman görüşlerini belirtmek istemezler, Ancak KV'lerin belirtmediği bilgilerin yanında, uzmanı oldukları ilgi alanları içerisinde yer alan kriterler ağırlık değerlerini de belirtmek istemediği durumlar olabilmektedir. Bu tip durumlar çözümün doğruluğunu artırır.

SMAA-2 alternatifleri sıralamak ve alternatifler arasından en iyisinin seçmek için geliştirilmiş bir ÇKKV metodudur.

SBTİ yöntemi, KV'lerin veya alan uzmanlarının kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde kriterlerin önem derecesi hakkında görüş bildirmelerine imkan sağlar. Söz konusu yöntemlerin birleştirilmesi sonucunda çözümün doğruluk ve geçerliliği artacağı değerlendirilmiş olup, SBTİ ve SMAA-2 yöntemlerini entegre edilmesiyle oluşturulan yeni yöntemin adımları ve iş akışları aşağıda sunulmuştur (İlbaş ve diğerleri, 2023).



Şekil 6.1. Önerilen yöntemin akış şeması

Alternatiflerin kümesi $a = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, ağırlıklar kümesi $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, KV'ler kümesi $d = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$ ve kriterler kümesi $c = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ olsun. Önerilen yöntemin iş akışları Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bazı KV'ler farklı deneyim ve bilgi birikimleri nedeniyle ağırlıkları diğer KV'lerde daha az veya daha çok olabilir. $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l)$ KV'lerin ağırlık

vektörüdür. $\lambda_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, l$ ve $\sum_{d=1}^l \lambda_d = 1$. Önerilen yöntem aşağıdaki adımları içerir:

Aşama 1: Herbir KV için SBTİ matrisi oluşturulması ve $(B^d) = (b_{ij}^d)_{n \times n}$ matrisinin hesaplanması.

$C = (c_1, c_2, K, c_n)$ kümesi üstünde tanımlı bir SBTİ B, $B^d = (b_{ij}^d)_{n \times n} \subset C \times C$ matrisi ile gösterilir, burada $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \mu_{ij}^d + \nu_{ij}^d \leq 1, \mu_{ij}^d = \nu_{ji}^d, \mu_{ii}^d = \nu_{ii}^d = 0.5$ koşulları sağlanır ve $b_{ij}^d = (\mu_{ij}^d, \nu_{ij}^d)$ (μ_{ij}^d tercih edilme derecesi ve ν_{ij}^d tercih edilmeme derecesi) ikili çiftinden oluşur. $\pi_{ij}^d = 1 - \mu_{ij}^d - \nu_{ij}^d$ KV'nin tereddütlük derecesini gösterir. Özellikle $b_{ij}^d = (0, 5, 0, 5)$ c_i^d ve c_j^d arasında fark olmadığı, $b_{ij}^d > (0, 5, 0, 5)$ c_i^d 'nin c_j^d 'ye tercih edildiğini, $b_{ij}^d < (0, 5, 0, 5)$, c_j^d 'nin c_i^d 'e tercih edildiğini, $b_{ij}^d = (1, 0)$ ise c_i^d 'nin c_j^d 'ye kesinlikle tercih edildiğine, $b_{ij}^d = (0, 1)$ ise c_j^d 'nin c_i^d 'ye kesinlikle tercih edildiğine, $b_{ij}^d = (0, 0)$ ise KV kararsızdır anlamına gelmektedir.

$B^d = (b_{ij}^d)_{n \times n}$ bir SBTİ matrisi olsun. $B^d = (b_{ij}^d)_{n \times n}$ ve μ_{ij}^d and ν_{ij}^d , B^d matrisinin elemanları olup, bütün $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \mu_{ij}^d + \nu_{ij}^d \leq 1$ ve $0 \leq \mu_{ij}^d \leq 1 - \nu_{ij}^d \leq 1$ koşulu sağlanıyorsa, B^d tercih ilişkisi çarpımsal tutarlı bir SBTİ olduğu söylenebilir. Eğer bütün $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \mu_{ij}^d + \nu_{ij}^d \leq 1$ ve $0 \leq \mu_{ij}^d \leq 1 - \nu_{ij}^d \leq 1$ koşulu sağlanmazsa B^d çarpımsal tutarsız bir SBTİ'dir.

Aşama 2: Karar vericilerden sağlanan kriter ağırlıklarının (öncelik vektörleri) hesaplanması.

Her bir kriter için kriter ağırlığı, SBTİ'ye dayalı ikili karşılaştırmalar belirlenir. Eğer $B^d = (b_{ij}^d)_{n \times n}$ tercih ilişkisi tutarlıysa, B^d 'nin $w^d = (w_1^d, w_2^d, K, w_n^d)^T$ öncelik vektörü Eş. 5.1'deki formülle hesaplanabilir (Genç, 2009):

$$w_j^d = \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{(1 - \mu_{ij}^d)}{\mu_{ij}^d} \right)}, 1 - \frac{1}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{\nu_{ij}^d}{(1 - \nu_{ij}^d)} \right)} \right) \quad (5.1)$$

Aşama 3: Kriter ağırlıklarının (öncelik vektörleri) IFWA operatörü ile formülize edilerek birleştirilmesi.

Her bir kriter için kriter ağırlıkları, Eş. 5.2'deki IFWA operatörü ile birleştirilerek bulunur.

$$IFWA(w^1_j, w^2_j, K, w^l_j) = \left\{ 1 - \prod_{d=1}^l (1 - \mu_j^d)^{\lambda_d}; \prod_{d=1}^l (\nu_j^d)^{\lambda_d} \right\} \quad (5.2)$$

Aşama 4: KV'lerden sağlanan, her bir aday tedarikçilere ilişkin kriterleri karşılama dereceleri birleştirilip IFWA operatörü ile formülize edilerek hesaplanması.

$R^d = (r_{ij}^d)_{n \times n}$ KV için karar matrisi olsun. Daha sonra, IFWA operatörü kullanılarak her bir KV'nin $r_{ij}^d = (\mu_{ij}^d, \nu_{ij}^d, \pi_{ij}^d)$ ($i = 1, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) karar matrisine dayalı toplu karar matrisi Eş. 5.3'deki IFWA operatörü ile birleştirilerek formüle edilir.

$$IFWA_{\omega}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \left(1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j)^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n \nu_j^{\omega_j} \right) \quad (5.3)$$

Aşama 5: SBTİ tarafından sağlanan kriter ağırlıklarının SMAA-2'ye girilmesi ve alternatiflerin sıralama fonksiyonun belirlenmesi.

KV'lerin tercih yapısını sunmak için, her bir KV'nin ağırlık vektörü (w) vasıtasıyla alternatifleri $u_i(w) = u(x_i, w)$ fayda değerlerine eşleyerek, gerçek değerli bir fayda fonksiyonu $u(x_i, w)$ kullanılır.

SBTİ-SMAA-2 yöntemi kullanılırken, Kriter ağırlıkları SBTİ tarafından sağlanacaktır. Ancak, SMAA-2 yönteminde alan uzmanlarının görüşleri kullanılmayacaktır. SMAA, özellikle ne kriter ağırlıkları ne de kriter değerlerinin tam olarak bilinmediği durumlar için getirilmiştir. Stokastik değişkenler olarak adlandırılan, belirsiz veya kesin olmayan kriter değerleri ξ_j ile kriter olasılık dağılımı $f(\xi)$ ve ağırlık olasılık dağılımları $f(w)$ ile gösterilir. W ağırlık dağılımları, kısmen bilinen veya bilinmeyen KV'lerin tercihlerini modellemek için kullanılır ve Eş. 5.4'deki gibi tanımlanır:

$$W = \left\{ w \in R^n : w \geq 0 \text{ ve } \sum_j w_j = 1 \right\} \quad (5.4)$$

SMAA-2 yöntemi, ÇKKV problemlerinde KV'lerin kendi tercihlerine göre alternatifleri kısmen veya tamamen sıralayarak alternatifler arasından en iyisinin seçmek için geliştirilmiş bir yöntemdir (Lahdelma ve Salminen, 2010). Yöntemin işleyişi aşağıda açıklanmıştır.

Ağırlıklar normalize edilmeli, negatif olmamalı ve sıra değerinin artmasıyla artmamalıdır. SMAA-2 yönteminde alternatiflerin sıralama fonksiyonu ilk sıradaki en iyi ve m'nci sıradaki en kötü şeklinde tanımlanır.

$$rank(i; \xi, w) = 1 + \sum_{k=1} p(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad (5.5)$$

Bu fonksiyon $p(\text{doğru})=1$ ve $p(\text{yanlış})=0$ kuralını içermekte ve SMAA-2 yöntemi, $w_i^r(\xi)$ sıra ağırlık kümelerinin analizi esasında uygulanmaktadır. x_i alternatifinin $w = w_i^r(\xi)$ ağırlığı r sırasını alır.

$$w_i^r(\xi) = \{ w \in W : rank(\xi, w) = r \} \quad (5.6)$$

Aşama 6: Sıra kabul edilebilirlik indeksi hesaplanması.

Kabul edilebilirlik indeksi a_i^r , bir alternatifin tercih edilebilme değeri olarak tanımlanır. Bu değer olasılıklı kriter değerleri ve kabul edilebilir kriter ağırlıkları üzerinde çok boyutlu integraller ile hesaplanır (Okul, 2012).

$$a_i^r = \int_x f(\xi) \int_{w(\xi)} f(w) dw d\xi \quad (5.7)$$

Aşama 7: Alternatiflerin sıralanması ve en iyi alternatifin seçilmesi.

Sıra kabul edilebilirlik indeksi b_i^r , daha önceden tanımlı kabul edilebilirlik indeksinin kesin sıralamaları önemsenerek geliştirilmiş bir şeklidir. En uygun alternatifler, kabul edilebilirliği yüksek alternatiflerdir. Sıra kabul edilebilirlik indeksi 0 ile 1 arasındadır ve herhangi bir

ağırlık için 0 alternatifin sıralamayı sağlayamayacağını, 1 ise sıralamaya her zaman ulaşılacağını gösterir.

$$b_i^r = \int_x f(\xi) \int_{w_i^r(\xi)} f(w) dw d\xi \quad (5.8)$$

Sıra kabul edilebilirlik indeksi, Eş. 5.8 kullanılarak kriterlerin dağılımları ve kabul edilir sıra ağırlıkları üzerinde çoklu bir integral olarak hesaplanır. İlk sıra kabul edilebilirlik indeksi b_i^r , kabul edilebilirlik indeksi a_i 'ye eşittir (Okul ve diğerleri, 2013).

w_i^c merkezi ağırlık vektörüdür. Uygun ağırlık alanının beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanır. Ağırlık ve kriter dağılımlarında çoklu integral olarak şu şekilde hesaplanır:

$$w_i^c = \int_x f(\xi) \int_{w_i(\xi)} f(w) dw d\xi / a_i \quad (5.9)$$

p_i^c güven faktörüdür. Merkezi ağırlık vektörü seçildiğinde alternatifin seçilen olma olasılığı olarak açıklanır. Güven faktörleri, kriter dağılımları üzerinden çoklu integrallerle aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$p_i^c = \int_{\xi u(\xi_i, w_i^c) \geq u(\xi_k, w_k^c)} f(\xi) d\xi \quad (5.10)$$

6.2. Tedarikçi Seçiminde Hibrit SBTİ-SMAA-2 Metodunun Uygulaması

Önerilen yöntem, bir ülkenin silahlı kuvvetlerinin ihtiyaç duyduğu araç kiralama hizmet alımının etkin olarak yapılabilmesi maksadıyla en uygun TS için uygulanmıştır. Lojistik Şube Müdürlüğü, Milli Destek Birliği, Ulaştırma Şube Müdürlüğü, İhale Komisyonu Başkanlığı'ndan 4 kişiden oluşan ekip, tecrübeleri ve literatür çalışmaları ışığı altında, araç kiralama hizmeti alımını karşılayabilecek nitelikte tedarikçi seçiminde problemin hiyerarşik yapısını oluşturan kriterleri belirlemek için bir araya gelmişlerdir. 4 uzman personel tarafından belirlenen alternatif 4 aday tedarikçi (A, B, C ve D), arasında seçim yapmak için aşağıdaki 8 kriter belirlenmiş, SMAA-2 ve hibrit SBTİ-SMAA-2 yöntemleri ile değerlendirilmiş ve alternatifler arasında sıralama yapılmıştır.

- K-1 Maliyet
- K-2 Teknik Özellikler
- K-3 Tedarikçi Güvenilirliği
- K-4 Desteklenebilirlik
- K-5 Performans Geçmişi
- K-6 İletişim Sistemi
- K-7 Yönetim ve Organizasyon
- K-8 Teslimat

SBTİ ve SMAA-2 yöntemlerini entegre ederek, eksik seçim kriterler bilgisi olduğu, bilgiler hakkında kesinlikle bir yargıya ulaşamadığı veya kriterlere ilişkin bilgilere güvenilmediğinde KV'lerin uzman görüşlerinin güçlendirilmesi hedeflenmiştir.

SBTİ yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları, SMAA-2 tabanlı SBTİ-SMAA-2 yöntemi sunularak açık kaynak JSMAA programına eklenmiştir. SMAA yöntemleri, simülasyon kullanımına ihtiyaç duyduğundan manuel şekilde hesaplanmaz. Bu sebepten JSMAA programı geliştirilmiş olup, Java altyapısında oluşturulmuş açık kaynak kodlu bir uygulamadır.

Önerilen yöntemin en önemli özelliği, KV'lerin anlaşılamadıkları veya kararlarını açıklamak istemedikleri durumlarda, ilgili alan uzmanlarının değerlendirmeleri alınarak, tek bir paket program ile stokastik süreçlerde kriter ağırlıklarının kullanılması ve en doğru sonucun alınmasıdır.

Aşama 1: Herbir KV için SBTİ matrisi oluşturulması ve matrisinin hesaplanması.

KV'lerin her bir kritere ne kadar önem verdiğini (kriter ağırlığı) EK-1'de sunulan "Kriter önem derecelerini belirleme formu" ile SBTİ'ye dayalı ikili karşılaştırmalar yapılarak belirlenmiştir.

Örneğin ilk KV'nin Maliyet ve Teknik Özellikler kriterlerinin karşılaştırma değerini hesaplamak için "K-3 kriterinin K-5 kriterine göre önemi en az en çok" sorusu sorulmuş ve ilk KV kendi deneyimine göre en az 0,4 en fazla 0,65 yanıtlamıştır. 0,65 değeri üyelik derecesinin aldığı en yüksek değeri gösterdiğinden, üye olmama derecesini hesaplamak

için bu değer 1'den çıkarılır, ilk KV'den elde edilen bu bilgiler onun tecrübesi ışığında, üyelik derecesi 0,4 ve üye olmama derecesi $1 - 0,65 = 0,35$, sezgisel bulanık sayı $(0,4;0,35)$ ile temsil edilir. Tüm KV'lerin EK-1'e verdiği cevaplar Çizelge 6.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 6.1. Kriterlerin önemini belirlemek için KV'lerin verdiği cevaplar

Kriterler									
KV	Kriterler	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
1	K-1	0,50;0,50	0,60;0,70	0,65;0,75	0,55;0,80	0,55;0,65	0,50;0,70	0,45;0,40	0,40;0,80
	K-2		0,50;0,50	0,45;0,60	0,55;0,75	0,35;0,50	0,25;0,40	0,30;0,35	0,30;0,40
	K-3			0,50;0,50	0,45;0,70	0,40;0,65	0,25;0,40	0,20;0,40	0,40;0,40
	K-4				0,50;0,50	0,40;0,55	0,15;0,30	0,10;0,35	0,25;0,45
	K-5					0,50;0,50	0,20;0,40	0,20;0,35	0,20;0,50
	K-6						0,50;0,50	0,30;0,50	0,55;0,80
	K-7							0,50;0,50	0,40;0,80
	K-8								0,50;0,50
2	K-1	0,50;0,50	0,60;0,70	0,65;0,80	0,55;0,75	0,55;0,65	0,60;0,70	0,50;0,60	0,50;0,65
	K-2		0,50;0,50	0,50;0,65	0,45;0,60	0,30;0,50	0,35;0,45	0,30;0,40	0,25;0,35
	K-3			0,50;0,50	0,35;0,55	0,20;0,45	0,30;0,50	0,35;0,50	0,20;0,40
	K-4				0,50;0,50	0,30;0,50	0,20;0,40	0,35;0,55	0,20;0,35
	K-5					0,50;0,50	0,30;0,45	0,30;0,45	0,30;0,50
	K-6						0,50;0,50	0,45;0,60	0,35;0,50
	K-7							0,50;0,50	0,40;0,50
	K-8								0,50;0,50
3	K-1	0,50;0,50	0,50;0,70	0,65;0,75	0,55;0,70	0,60;0,65	0,60;0,70	0,55;0,60	0,50;0,60
	K-2		0,50;0,50	0,50;0,60	0,45;0,60	0,40;0,50	0,35;0,45	0,30;0,50	0,25;0,45
	K-3			0,50;0,50	0,30;0,55	0,30;0,50	0,25;0,50	0,40;0,50	0,30;0,40
	K-4				0,50;0,50	0,30;0,50	0,30;0,45	0,35;0,50	0,20;0,40
	K-5					0,50;0,50	0,50;0,60	0,50;0,60	0,30;0,40
	K-6						0,50;0,50	0,35;0,45	0,30;0,40
	K-7							0,50;0,50	0,35;0,45
	K-8								0,50;0,50
4	K-1	0,50;0,50	0,55;0,70	0,60;0,80	0,50;0,80	0,55;0,65	0,60;0,80	0,50;0,60	0,50;0,75
	K-2		0,50;0,50	0,50;0,60	0,55;0,70	0,30;0,50	0,35;0,45	0,30;0,40	0,35;0,50
	K-3			0,50;0,50	0,50;0,60	0,50;0,45	0,30;0,50	0,40;0,50	0,30;0,45
	K-4				0,50;0,50	0,40;0,45	0,20;0,40	0,30;0,50	0,20;0,30
	K-5					0,50;0,50	0,35;0,45	0,40;0,50	0,35;0,55
	K-6						0,50;0,50	0,35;0,60	0,35;0,50
	K-7							0,50;0,50	0,40;0,50
	K-8								0,50;0,50

Her bir KV'nin $\hat{B}^d$ matrisi hesaplanmış ve Çizelge 6.2'de verilmiştir. $\hat{B}^d$ matrisi $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ için $0 \leq \mu_{ij}^d + \nu_{ij}^d \leq 1$ ve $0 \leq \mu_{ij}^d \leq 1 - \nu_{ij}^d \leq 1$ koşulunu sağladığı için KV'lerin her bir SBTİ matrisinin çarpımsal tutarlı tercih ilişkisi olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.2. KV'lerden sağlanan sezgisel bulanık tercih ilişkilerinin $\hat{B}^d$ matrisi

KV	Kriterler	Kriterler							
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
1	K-1	0,50;0,50	0,60;0,30	0,65;0,25	0,55;0,20	0,55;0,35	0,50;0,30	0,45;0,60	0,40;0,20
	K-2	0,30;0,60	0,50;0,50	0,45;0,40	0,55;0,25	0,35;0,50	0,25;0,60	0,30;0,65	0,30;0,60
	K-3	0,25;0,65	0,40;0,45	0,50;0,50	0,45;0,30	0,40;0,35	0,25;0,60	0,20;0,60	0,40;0,60
	K-4	0,20;0,55	0,25;0,55	0,30;0,45	0,50;0,50	0,40;0,45	0,15;0,70	0,10;0,65	0,25;0,55
	K-5	0,35;0,55	0,50;0,35	0,35;0,40	0,45;0,40	0,50;0,50	0,20;0,60	0,20;0,65	0,20;0,50
	K-6	0,30;0,50	0,60;0,25	0,60;0,25	0,70;0,15	0,60;0,20	0,50;0,50	0,30;0,50	0,55;0,20
	K-7	0,40;0,45	0,65;0,30	0,70;0,20	0,65;0,10	0,65;0,20	0,50;0,30	0,50;0,50	0,40;0,20
	K-8	0,20;0,60	0,60;0,30	0,60;0,40	0,55;0,25	0,50;0,20	0,20;0,55	0,20;0,40	0,50;0,50
2	K-1	0,50;0,50	0,60;0,30	0,65;0,20	0,55;0,25	0,55;0,35	0,60;0,30	0,50;0,40	0,50;0,35
	K-2	0,30;0,60	0,50;0,50	0,50;0,35	0,45;0,40	0,30;0,50	0,35;0,55	0,30;0,60	0,25;0,65
	K-3	0,20;0,65	0,35;0,50	0,50;0,50	0,35;0,45	0,20;0,55	0,30;0,50	0,35;0,50	0,20;0,60
	K-4	0,25;0,55	0,40;0,45	0,45;0,35	0,50;0,50	0,30;0,50	0,20;0,60	0,35;0,45	0,20;0,65
	K-5	0,35;0,55	0,55;0,35	0,55;0,20	0,50;0,30	0,50;0,50	0,30;0,55	0,30;0,55	0,30;0,50
	K-6	0,30;0,60	0,50;0,40	0,50;0,30	0,60;0,20	0,55;0,30	0,50;0,50	0,45;0,40	0,35;0,50
	K-7	0,40;0,50	0,60;0,30	0,50;0,35	0,50;0,30	0,45;0,35	0,40;0,45	0,50;0,50	0,40;0,50
	K-8	0,35;0,50	0,65;0,25	0,60;0,20	0,65;0,20	0,50;0,30	0,50;0,35	0,50;0,40	0,50;0,50
3	K-1	0,50;0,50	0,50;0,30	0,65;0,25	0,55;0,30	0,60;0,35	0,60;0,30	0,55;0,40	0,50;0,40
	K-2	0,30;0,50	0,50;0,50	0,50;0,40	0,45;0,40	0,40;0,50	0,35;0,55	0,30;0,50	0,25;0,55
	K-3	0,25;0,65	0,40;0,50	0,50;0,50	0,30;0,45	0,30;0,50	0,25;0,50	0,40;0,50	0,30;0,60
	K-4	0,30;0,55	0,40;0,45	0,45;0,30	0,50;0,50	0,30;0,50	0,30;0,55	0,35;0,50	0,20;0,60
	K-5	0,35;0,60	0,50;0,40	0,50;0,30	0,50;0,30	0,50;0,50	0,50;0,40	0,50;0,40	0,30;0,60
	K-6	0,30;0,60	0,55;0,35	0,50;0,25	0,55;0,30	0,40;0,50	0,50;0,50	0,35;0,55	0,30;0,60
	K-7	0,40;0,55	0,50;0,30	0,50;0,40	0,50;0,35	0,40;0,50	0,55;0,35	0,50;0,50	0,35;0,55
	K-8	0,40;0,50	0,55;0,25	0,60;0,30	0,60;0,20	0,60;0,30	0,60;0,20	0,55;0,35	0,50;0,50
4	K-1	0,50;0,50	0,55;0,30	0,60;0,20	0,50;0,20	0,55;0,35	0,60;0,20	0,50;0,40	0,50;0,35
	K-2	0,30;0,55	0,50;0,50	0,50;0,40	0,55;0,30	0,30;0,50	0,35;0,55	0,30;0,60	0,35;0,50
	K-3	0,20;0,60	0,40;0,50	0,50;0,50	0,50;0,40	0,50;0,55	0,30;0,50	0,40;0,50	0,30;0,55
	K-4	0,20;0,55	0,30;0,55	0,40;0,50	0,50;0,50	0,40;0,55	0,20;0,60	0,30;0,50	0,20;0,60
	K-5	0,35;0,45	0,50;0,30	0,55;0,30	0,55;0,40	0,50;0,50	0,35;0,55	0,40;0,50	0,35;0,45
	K-6	0,20;0,60	0,55;0,35	0,50;0,30	0,60;0,20	0,55;0,35	0,50;0,50	0,35;0,40	0,35;0,50
	K-7	0,40;0,50	0,60;0,30	0,50;0,40	0,50;0,30	0,50;0,40	0,40;0,35	0,50;0,50	0,40;0,50
	K-8	0,35;0,50	0,50;0,35	0,55;0,30	0,60;0,20	0,45;0,35	0,50;0,35	0,50;0,40	0,50;0,50

Aşama 2: KV'lerden sağlanan kriter ağırlıklarının (öncelik vektörleri) hesaplanması.

Tercih ilişkileri çarpımsal tutarlı SBTİ olduğundan, öncelik vektörleri Eş. 5.1 ile hesaplanmıştır. KV'lerden sağlanan kriter ağırlıkları (öncelik vektörleri) Çizelge 6.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları (Öncelik vektörleri)

Kriterler	Ağırlıklar	Karar Vericiler			
		KV-1	KV-2	KV-3	KV-4
K-1	w_1	(0,159;0,170)	(0,180;0,209)	(0,178;0,201)	(0,170;0,210)
K-2	w_2	(0,083;0,093)	(0,078;0,101)	(0,081;0,101)	(0,090;0,103)
K-3	w_3	(0,065;0,087)	(0,065;0,093)	(0,078;0,104)	(0,089;0,103)
K-4	w_4	(0,048;0,076)	(0,064;0,097)	(0,075;0,099)	(0,064;0,085)
K-5	w_5	(0,082;0,110)	(0,097;0,123)	(0,113;0,129)	(0,102;0,112)
K-6	w_6	(0,148;0,180)	(0,117;0,141)	(0,096;0,116)	(0,121;0,146)
K-7	w_7	(0,211;0,224)	(0,126;0,158)	(0,126;0,133)	(0,131;0,156)
K-8	w_8	(0,111;0,143)	(0,154;0,204)	(0,167;0,203)	(0,134;0,184)

Aşama 3: Kriter ağırlıklarının (öncelik vektörleri) IFWA operatörü ile formüle edilerek birleştirilmesi.

Çizelge 6.3’de sunulmuş kriter ağırlıkları IFWA operatörü ile birleştirilmiş ve kriter ağırlıkları aşağıdaki gibi bulunmuştur:

$$w_1 = (0,172; 0,198), w_2 = (0,083; 0,099), w_3 = (0,074; 0,097), w_4 = (0,063; 0,089),$$

$$w_5 = (0,099; 0,118), w_6 = (0,121; 0,146), w_7 = (0,149; 0,168), w_8 = (0,142; 0,184).$$

KV’lerden 8 farklı senaryo ile elde edilen kriter ağırlıkları Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. KV’lerden 8 farklı senaryo ile elde edilen kriter ağırlıkları

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8
Senaryo 1	(0,172;0,198)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 2	(0,083;0,099)	(0,172;0,198)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 3	(0,074;0,097)	(0,083;0,099)	(0,172;0,198)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 4	(0,063;0,089)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,172;0,198)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 5	(0,099;0,118)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,172;0,198)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 6	(0,121;0,146)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,172;0,198)	(0,149;0,168)	(0,142;0,184)
Senaryo 7	(0,149;0,168)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,172;0,198)	(0,142;0,184)
Senaryo 8	(0,142;0,184)	(0,083;0,099)	(0,074;0,097)	(0,063;0,089)	(0,099;0,118)	(0,121;0,146)	(0,149;0,168)	(0,172;0,198)

Aşama 4: KV’lerden sağlanan, her bir aday tedarikçilere ilişkin kriterleri karşılama dereceleri birleştirilip IFWA operatörü ile formülize edilerek hesaplanması.

KV’ler dört aday tedarikçiyi, EK-2’de sunulan "Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu" çerçevesinde değerlendirilmişlerdir. Bu form, sekiz kriterle ilgili KV’lerin aday tedarikçi hakkındaki bilgisini açıklamasına yardımcı olur. KV’ler, kriterlere ilişkin sorulara katılıyorum (+), katılmıyorum (-) veya fikrim yok veya emin değilim (?) olarak cevaplayarak alternatif tedarikçilerle ilgili fikirlerini EK-3’deki gibi ifade etmişlerdir. KV’lerin konu hakkında hiçbir fikri olmadığı ya da emin olmadığı, tereddüt gösterdiği için KV’nin bilgisi Szmidt ve Baldwin tarafından yapılan çalışmada gösterdikleri gibi sezgisel bulanık sayıya dönüştürülmüş (Szmidt ve Baldwin, 2006) ve Çizelge 6.5’de sunulmuştur. Tüm soruların önem derecesi eşit alınarak olumlu, olumsuz ve emin değilim olarak yanıtları toplam soru sayısına bölünerek üyelik derecesi (üye veya değil) ve tereddüt dereceleri hesaplanmıştır. Örneğin, dördüncü KV’nin A aday tedarikçisinin maliyete ilişkin bilgisi, sekiz sorundan iki soruya fikrim yok ya da emin değilim (?) / tereddüt derecesi (2/8), dört soruya katılıyorum (+) ve iki soruya katılmıyorum (-) cevabı, (4/8;2/8) sezgisel bulanık sayısı (0,500;0,250) ile gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. KV'ler bazında aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi

KV	Alternatifler	Kriterler							
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
1	A	(0,625;0,375)	(0,400;0,600)	(0,500;0,250)	(0,600;0,200)	(0,750;0,250)	(0,600;0,200)	(0,500;0,500)	(0,750;0,250)
	B	(0,625;0,375)	(0,800;0,200)	(0,750;0,250)	(0,800;0,200)	(0,500;0,250)	(0,800;0,200)	(0,625;0,375)	(0,750;0,250)
	C	(0,375;0,625)	(0,400;0,600)	(0,750;0,250)	(0,400;0,600)	(0,500;0,500)	(0,600;0,400)	(0,375;0,625)	(0,250;0,750)
	D	(0,625;0,375)	(0,800;0,200)	(0,500;0,500)	(0,600;0,400)	(0,750;0,250)	(0,800;0,200)	(0,625;0,250)	(0,750;0,250)
2	A	(0,500;0,125)	(0,600;0,400)	(0,500;0,500)	(0,800;0,200)	(0,500;0,250)	(0,600;0,200)	(0,125;0,625)	(0,250;0,500)
	B	(0,500;0,500)	(0,600;0,200)	(0,250;0,500)	(0,200;0,400)	(0,750;0,250)	(0,600;0,400)	(0,500;0,375)	(0,500;0,500)
	C	(0,250;0,750)	(0,600;0,400)	(0,250;0,500)	(0,400;0,600)	(0,500;0,500)	(0,600;0,400)	(0,500;0,500)	(0,250;0,750)
	D	(0,500;0,375)	(0,600;0,400)	(0,750;0,250)	(0,600;0,400)	(0,750;0,250)	(0,800;0,200)	(0,875;0,125)	(0,500;0,500)
3	A	(0,500;0,250)	(0,400;0,200)	(0,500;0,250)	(0,400;0,400)	(0,500;0,500)	(0,400;0,600)	(0,675;0,375)	(0,500;0,250)
	B	(0,500;0,375)	(0,200;0,800)	(0,500;0,250)	(0,400;0,400)	(0,500;0,250)	(0,600;0,200)	(0,500;0,375)	(0,500;0,250)
	C	(0,375;0,375)	(0,400;0,400)	(0,750;0,250)	(0,400;0,400)	(0,750;0,250)	(0,600;0,400)	(0,250;0,750)	(0,500;0,500)
	D	(0,500;0,500)	(0,400;0,400)	(0,500;0,250)	(0,200;0,600)	(0,500;0,250)	(0,400;0,600)	(0,750;0,250)	(0,500;0,500)
4	A	(0,500;0,250)	(0,400;0,400)	(0,500;0,500)	(0,400;0,600)	(0,500;0,250)	(0,400;0,400)	(0,500;0,375)	(0,500;0,250)
	B	(0,500;0,375)	(0,600;0,400)	(0,500;0,500)	(0,600;0,200)	(0,750;0,250)	(0,400;0,400)	(0,500;0,375)	(0,500;0,500)
	C	(0,200;0,375)	(0,400;0,200)	(0,500;0,250)	(0,200;0,400)	(0,500;0,500)	(0,600;0,200)	(0,250;0,500)	(0,500;0,500)
	D	(0,625;0,250)	(0,600;0,200)	(0,750;0,250)	(0,800;0,200)	(0,500;0,250)	(0,400;0,200)	(0,750;0,250)	(0,500;0,250)

IFWA operatörü ile KV'lerden elde edilen değerler birleştirilerek, aday tedarikçilerin kriterleri karşılama derecesi Çizelge 6.6'daki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 6.6. IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi

Alternatifler	Kriterler							
	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
A	(0,535;0,233)	(0,458;0,372)	(0,500;0,354)	(0,588;0,313)	(0,580;0,297)	(0,510;0,313)	(0,484;0,458)	(0,535;0,297)
B	(0,535;0,403)	(0,600;0,336)	(0,535;0,354)	(0,557;0,283)	(0,646;0,250)	(0,628;0,283)	(0,535;0,375)	(0,580;0,354)
C	(0,304;0,507)	(0,458;0,372)	(0,609;0,297)	(0,355;0,490)	(0,580;0,420)	(0,600;0,336)	(0,352;0,596)	(0,388;0,612)
D	(0,567;0,364)	(0,628;0,283)	(0,646;0,297)	(0,600;0,372)	(0,646;0,250)	(0,654;0,263)	(0,767;0,210)	(0,580;0,354)

KV'ler dört aday tedarikçiyi, "Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu" çerçevesinde belirsiz durum senaryosu olarak tekrar değerlendirmişlerdir. KV'ler, kriterlere ilişkin sorulara toplamı %50 den fazla fikrim yok veya emin değilim (?) olarak cevaplayarak alternatif tedarikçilerle ilgili fikirlerini EK-4'deki gibi ifade etmişlerdir. Belirsiz durum senaryosu kapsamında KV'lerin alternatif tedarikçilerle ilgili bilgisi sezgisel bulanık sayıya dönüştürülmüş ve KV'ler bazında aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi Çizelge 6.7'de sunulmuştur.

Çizelge 6.7. KV'ler bazında aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi (Belirsiz durum senaryosu)

KV	Alternatifler	Kriterler							
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
1	A	(0.250;0.500)	(0.200;0.200)	(0.000;0.250)	(0.400;0.000)	(0.500;0.000)	(0.200;0.200)	(0.250;0.500)	(0.250;0.250)
	B	(0.375;0.125)	(0.400;0.000)	(0.250;0.250)	(0.200;0.200)	(0.000;0.250)	(0.200;0.200)	(0.250;0.375)	(0.250;0.250)
	C	(0.375;0.125)	(0.400;0.000)	(0.250;0.000)	(0.000;0.200)	(0.250;0.000)	(0.200;0.200)	(0.250;0.125)	(0.000;0.250)
	D	(0.375;0.250)	(0.400;0.200)	(0.250;0.500)	(0.400;0.400)	(0.500;0.250)	(0.400;0.200)	(0.625;0.000)	(0.500;0.000)
2	A	(0.250;0.500)	(0.400;0.000)	(0.500;0.000)	(0.600;0.000)	(0.250;0.000)	(0.400;0.200)	(0.375;0.500)	(0.500;0.000)
	B	(0.250;0.375)	(0.400;0.000)	(0.000;0.500)	(0.200;0.000)	(0.250;0.250)	(0.200;0.200)	(0.125;0.375)	(0.000;0.250)
	C	(0.250;0.125)	(0.000;0.400)	(0.000;0.000)	(0.000;0.600)	(0.250;0.000)	(0.200;0.400)	(0.125;0.125)	(0.250;0.000)
	D	(0.625;0.000)	(0.400;0.400)	(0.500;0.250)	(0.200;0.200)	(0.500;0.250)	(0.200;0.200)	(0.625;0.125)	(0.500;0.250)
3	A	(0.375;0.500)	(0.400;0.200)	(0.250;0.250)	(0.200;0.400)	(0.250;0.250)	(0.400;0.200)	(0.375;0.250)	(0.250;0.000)
	B	(0.125;0.375)	(0.000;0.200)	(0.250;0.250)	(0.200;0.200)	(0.000;0.250)	(0.200;0.200)	(0.375;0.125)	(0.250;0.250)
	C	(0.125;0.125)	(0.200;0.200)	(0.500;0.000)	(0.400;0.000)	(0.250;0.250)	(0.200;0.200)	(0.375;0.125)	(0.250;0.000)
	D	(0.625;0.125)	(0.400;0.200)	(0.250;0.000)	(0.200;0.200)	(0.250;0.250)	(0.400;0.200)	(0.500;0.125)	(0.500;0.250)
4	A	(0.375;0.250)	(0.200;0.200)	(0.250;0.250)	(0.200;0.600)	(0.250;0.250)	(0.400;0.200)	(0.250;0.500)	(0.250;0.250)
	B	(0.375;0.125)	(0.200;0.200)	(0.000;0.500)	(0.000;0.200)	(0.250;0.250)	(0.200;0.200)	(0.375;0.125)	(0.000;0.250)
	C	(0.375;0.125)	(0.000;0.200)	(0.000;0.500)	(0.200;0.200)	(0.000;0.250)	(0.200;0.200)	(0.375;0.125)	(0.250;0.250)
	D	(0.500;0.125)	(0.600;0.200)	(0.750;0.000)	(0.000;0.400)	(0.500;0.000)	(0.400;0.200)	(0.375;0.250)	(0.250;0.250)

IFWA operatörü ile 9. Senaryo kapsamında KV'lerden elde edilen değerler birleştirilerek, aday tedarikçilerin kriterleri karşılama derecesi Çizelge 6.8'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 6.8. IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi (Belirsiz Durum Senaryosu)

Alternatifler	Kriterler							
	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	K-7	K-8
A	(0.315;0.420)	(0.307;0.000)	(0.272;0.000)	(0.374;0.000)	(0.322;0.000)	(0.355;0.200)	(0.315;0.420)	(0.322;0.000)
B	(0.288;0.217)	(0.267;0.000)	(0.134;0.354)	(0.154;0.000)	(0.134;0.250)	(0.200;0.200)	(0.288;0.217)	(0.134;0.250)
C	(0.288;0.125)	(0.168;0.000)	(0.217;0.000)	(0.168;0.000)	(0.194;0.000)	(0.200;0.328)	(0.288;0.125)	(0.194;0.000)
D	(0.542;0.000)	(0.458;0.238)	(0.485;0.000)	(0.213;0.283)	(0.447;0.000)	(0.355;0.200)	(0.542;0.000)	(0.447;0.000)

Aşama 5: SBTİ tarafından sağlanan kriter ağırlıklarının SMAA-2'ye girilmesi ve alternatiflerin sıralama fonksiyonun belirlenmesi.

Söz konusu TS problemi SMAA-2 ve SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile Java platformunda oluşturulmuş açık kaynak kodlu bir uygulama olan JSMAA 1.0.3 sürümü ile hesaplanmıştır. JSMAA programında alternatiflerin ve kriterlerin değerleri girildikten sonra “Tercih (Preference)” seçilmesi gerekmektedir. Programda “Missing”, “Ordinal” ve “Cardinal” olmak üzere üç çeşit tercih vardır. Kriter için herhangi bir ağırlık veya sıralama değerinin olmadığı “Missing” tercihi, SBTİ gibi yöntemlerle belirlenen ağırlık bilgisi olduğunda

“Cardinal” tercihi ve KV’nin belirlediği bir sıralama olduğunda ise “Ordinal” tercihi kullanılır.

Alan uzmanlarının görüşleri kullanılmadığı için SMAA-2 yöntemiyle çözüm için “Tercih (Preference)” ağırlık bilgisinin olmadığında kullanılan “Missing” tercih olarak seçilmiştir. “Missing” tercihi, sekiz kritere herhangi bir ağırlığın atanmasının muhtemelen eşit olduğunu kabul eder. Olasılık teorisi perspektifinden, ağırlık vektörünün dağılımı düzgün (uniform)’dur ve sıra kabul edilebilirlik indeksi simülasyon araçlarıyla hesaplanmıştır.

SBTİ-SMAA-2 yönteminde SBTİ yönteminin sağladığı kriter ağırlıkları kullanıldığından çözüm için “Tercih (Preference)” değeri “Kardinal (Cardinal)” olarak seçilmiştir. Kriterler için “Artan (Ascending)” ve “Azalan (Descending)” tercih durumları belirtilmelidir. Çalışmada kullanılan maliyet kriteri için azalan diğer yedi kriter fayda fonksiyonunu içerdiğinden artan ifadesi kullanılmıştır.

Aşama 6: Sıra kabul edilebilirlik indeksi hesaplanması.

SMAA-2 ve SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle elde edilen sıralama $Firma D > Firma B > Firma A > Firma C$ şeklinde olduğu ve her iki sonucun da aynı olduğu görülmüştür.

Belirsiz Durum Senaryosu kapsamında IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi kullanılarak SMAA-2 yöntemiyle elde edilen sıralama $Firma D > Firma A > Firma C > Firma B$ şeklinde olduğu ve KV'lerden 1. Senaryo ile elde edilen kriter ağırlıkları girilerek SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle elde edilen sıralama $Firma D > Firma A > Firma C > Firma B$ şeklinde aynı olduğu görülmüştür.

Eksik kriter ağırlıkları ile SMAA-2'den ve KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryo ile SBTİ-SMAA-2'den elde edilen sıra kabul edilebilirlik indeksleri Çizelge 6.9'de sunulmuştur.

Güven faktörü, alternatifleri ayırmak için kullanılan ölçümlerin yeterince doğru olup olmadığını göstermekte olup, SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle ulaşılan güvenilirlik faktörü değerleri, KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryo ile test edilmiş, SMAA-2 ile karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6.10'da sunulmuştur.

Belirsiz durum senaryosu kapsamında; IFWA operatörü ile birleştirilmiş aday tedarikçilerin kriterleri karşılama matrisi kullanılarak eksik kriter ağırlıkları ile SMAA-2'den ve KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryo ile SBTİ-SMAA-2'den elde edilen *sıra kabul edilebilirlik indeksleri* Çizelge 6.11'de sunulmuş, KV'lerden elde edilen kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryo ile SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle ulaşılan *güvenilirlik faktörü değerleri* test edilmiş, SMAA-2 ile karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6.12'de sunulmuştur.

Aşama 7: Alternatiflerin sıralanması ve en iyi sonucun belirlenmesi.

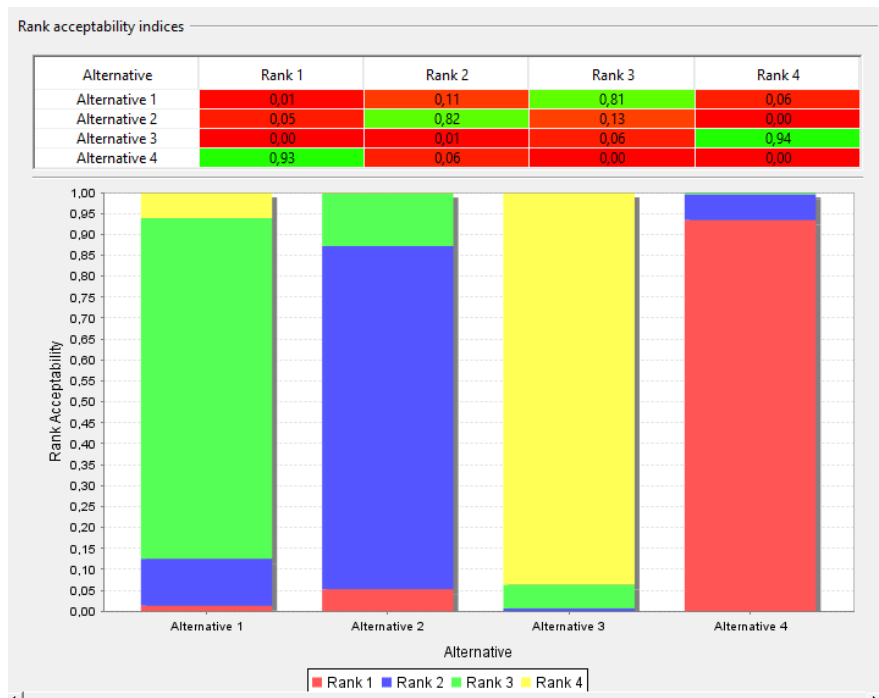
Çizelge 6.9'da sunulan sıra kabul edilebilirlik indeksleri incelendiğinde; kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryodan elde edilen sıra kabul edilebilirlik indekslerinin 1,00 ve 1,00'e yakın değerler hesaplandığı görülmektedir. Farklı senaryolar ile SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen bu sıralama olasılık değerleri, SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerlerinden daha yüksek olup, SBTİ-SMAA-2 yönteminin sonuçlarının daha geçerli olduğunu göstermektedir. JSMAA'dan alınan SMAA-2 yöntemi sıra kabul edilebilirlik indeksi tablosu Şekil 6.2'de, SBTİ-SMAA-2 yöntemi sıra kabul edilebilirlik indeksi Şekil 6.3'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.9. Sıra kabul edilebilirlik indisleri

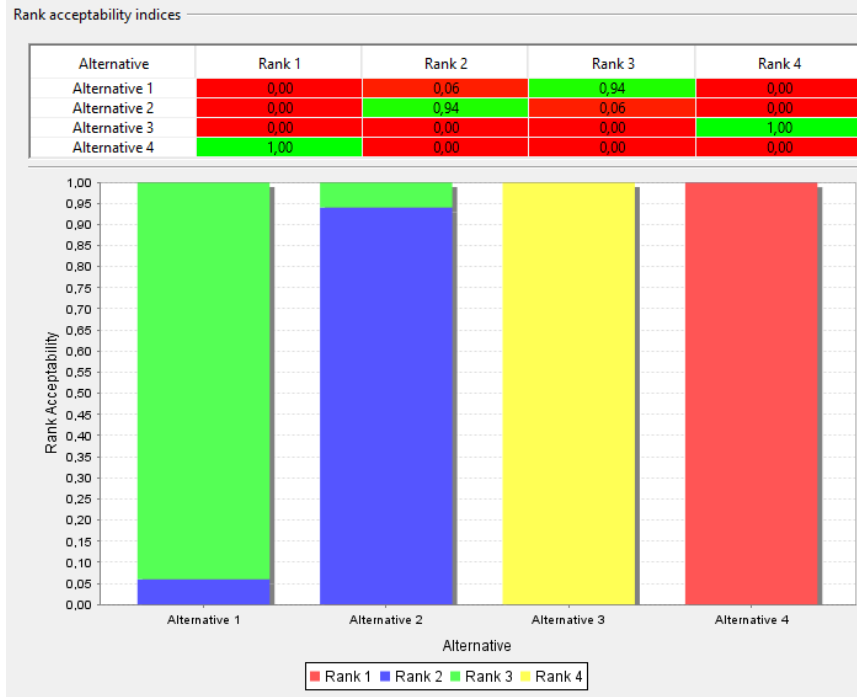
SMAA-2	Alternatifler	Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Eksik Kriter Ağırlıkları	A	0,01	0,11	0,81	0,06
	B	0,06	0,82	0,13	0,00
	C	0,00	0,01	0,06	0,94
	D	0,93	0,06	0,00	0,00
SBTİ SMAA-2		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 1	A	0,00	0,06	0,94	0,00
	B	0,00	0,94	0,06	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 2	A	0,00	0,02	0,98	0,00
	B	0,00	0,98	0,02	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 3	A	0,00	0,04	0,96	0,00
	B	0,00	0,96	0,04	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 4	A	0,00	0,04	0,96	0,00
	B	0,01	0,96	0,04	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 5	A	0,00	0,03	0,97	0,00
	B	0,01	0,96	0,03	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	0,99	0,01	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 6	A	0,00	0,04	0,96	0,00
	B	0,00	0,96	0,04	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 7	A	0,00	0,05	0,95	0,00
	B	0,00	0,95	0,05	0,00
	C	0,00	0,00	0,05	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 8	A	0,00	0,06	0,94	0,00
	B	0,00	0,94	0,06	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	1,00
	D	1,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge 6.10. Güven faktörü karşılaştırılması

Yöntem	Senaryo	Alternatiflerin Güvenlik Faktörü			
		Firma A	Firma B	Firma C	Firma D
SMAA-2		0,07	0,14	1,00	1,00
SBTİ-SMAA-2	Senaryo 1	1,00	0,00	1,00	1,00
	Senaryo 2	1,00	0,00	1,00	1,00
	Senaryo 3	1,00	1,00	1,00	1,00
	Senaryo 4	1,00	0,00	1,00	1,00
	Senaryo 5	1,00	0,01	1,00	0,99
	Senaryo 6	1,00	0,00	1,00	1,00
	Senaryo 7	1,00	0,00	1,00	1,00
	Senaryo 8	0,00	0,00	1,00	1,00



Şekil 6.2. SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indeksi

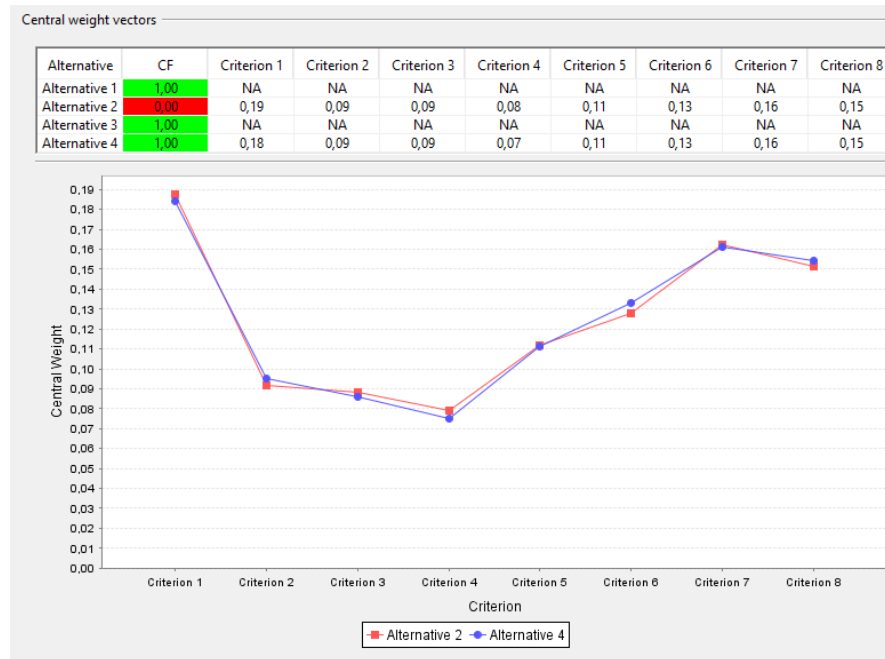


Şekil 6.3. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) sıra kabul edilebilirlik indeksi

Çizelge 6.10 incelendiğinde, güvenilirlik faktörü değerleri SMAA-2 yönteminde sırasıyla 0,07-0,14-1,00-1,00 olarak hesaplanırken, 8 farklı senaryo sonucunda ağırlık faktörleri ile ulaşılan güvenilirlik faktör değerlerinin 1,00 ve/veya 1,00 civarında hesaplandığı görülmekte olup, ilgili çözümlerin güvenilir olduğunu göstermektedir. JSMAA'dan alınan SMAA-2 güven faktörü tablosu Şekil 6.4'de ve SBTİ-SMAA-2 güven faktörü tablosu Şekil 6.5'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. SMAA-2 güvenilirlik faktörü değerleri



Şekil 6.5. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) güvenilirlik faktörü değerleri

Belirsiz durum senaryosu kapsamında Çizelge 6.11’de sunulan sıra kabul edilebilirlik indeksleri incelendiğinde; kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryodan SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerleri, SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerlerinden daha yüksek olup, SBTİ-SMAA-2 yönteminin sonuçlarının daha geçerli olduğunu göstermektedir. JSMAA’dan alınan SMAA-2 yöntemi sıra kabul edilebilirlik

indeksi tablosu Şekil 6.6'da, SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) yöntemi sıra kabul edilebilirlik indeksi Şekil 6.7'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.11. Sıra kabul edilebilirlik indeksleri (Belirsiz durum senaryosu)

SMAA-2	Alternatifler	Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Eksik Kriter Ağırlıkları	A	0,17	0,36	0,32	0,15
	B	0,04	0,12	0,27	0,56
	C	0,14	0,28	0,32	0,26
	D	0,65	0,24	0,09	0,03
SBTİ SMAA-2		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 1	A	0,04	0,42	0,33	0,16
	B	0,01	0,12	0,26	0,61
	C	0,07	0,37	0,39	0,23
	D	0,89	0,10	0,01	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 2	A	0,10	0,43	0,33	0,14
	B	0,02	0,12	0,27	0,59
	C	0,09	0,28	0,36	0,27
	D	0,79	0,17	0,04	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 3	A	0,08	0,46	0,35	0,10
	B	0,00	0,07	0,23	0,70
	C	0,08	0,32	0,40	0,20
	D	0,83	0,14	0,02	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 4	A	0,16	0,42	0,30	0,11
	B	0,03	0,10	0,26	0,62
	C	0,12	0,25	0,37	0,26
	D	0,69	0,23	0,07	0,01
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 5	A	0,08	0,45	0,35	0,12
	B	0,01	0,09	0,24	0,66
	C	0,08	0,31	0,38	0,22
	D	0,83	0,15	0,03	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 6	A	0,07	0,45	0,34	0,13
	B	0,01	0,12	0,26	0,61
	C	0,08	0,30	0,37	0,26
	D	0,84	0,13	0,03	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 7	A	0,04	0,41	0,39	0,16
	B	0,01	0,12	0,26	0,61
	C	0,07	0,36	0,33	0,23
	D	0,88	0,10	0,02	0,00
		Sıra1	Sıra2	Sıra3	Sıra4
Senaryo 8	A	0,05	0,43	0,37	0,14
	B	0,01	0,10	0,26	0,63
	C	0,08	0,34	0,35	0,23
	D	0,86	0,12	0,02	0,00

Çizelge 6.12. Güven faktörü karşılaştırılması (Belirsiz durum senaryosu)

Yöntem	Senaryo	Alternatiflerin Güvenlik Faktörü			
		Firma A	Firma B	Firma C	Firma D
SMAA-2		0,23	0,05	0,10	0,84
SBTİ-SMAA-2	Senaryo 1	0,04	0,01	0,07	0,89
	Senaryo 2	0,10	0,02	0,09	0,79
	Senaryo 3	0,08	0,00	0,08	0,84
	Senaryo 4	0,16	0,03	0,12	0,69
	Senaryo 5	0,08	0,01	0,08	0,83
	Senaryo 6	0,08	0,01	0,07	0,84
	Senaryo 7	0,04	0,01	0,07	0,88
	Senaryo 8	0,06	0,01	0,08	0,86

SMAA-2 ve SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda D Firması en iyi tedarikçi olarak belirlenmiştir. En iyi tedarikçi seçimini etkileyen kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri Çizelge 6.13'de sunulmuştur. D Firmasının %100 ilk sırada tercih edilme olasılığı güvenilirlik oranı %100'dür. D Firmasının 1. Senaryo için tercih edilmesinde, K-1 kriterin % 0,18, K-2 kriterin % 0,09, K-3 kriterin % 0,09, K-4 kriterin % 0,07, K-5 kriterin % 0,11, K-6 kriterin % 0,13, K-7 kriterin % 0,16, K-8 kriterin % 0,15 etkili görünüyor. Bu alternatifin merkezi ağırlık vektörüne baktığımızda, K-1 (maliyet) kriterinin %18 ile en yüksek öneme sahip olduğu görülmektedir. Tercih edilme olasılığı 1,00 olarak hesaplanan A firması ve C firması için merkez ağırlık vektörleri hesaplanmamıştır. NA (Uygulanamaz) kısaltması bu duruma ifade etmektedir.

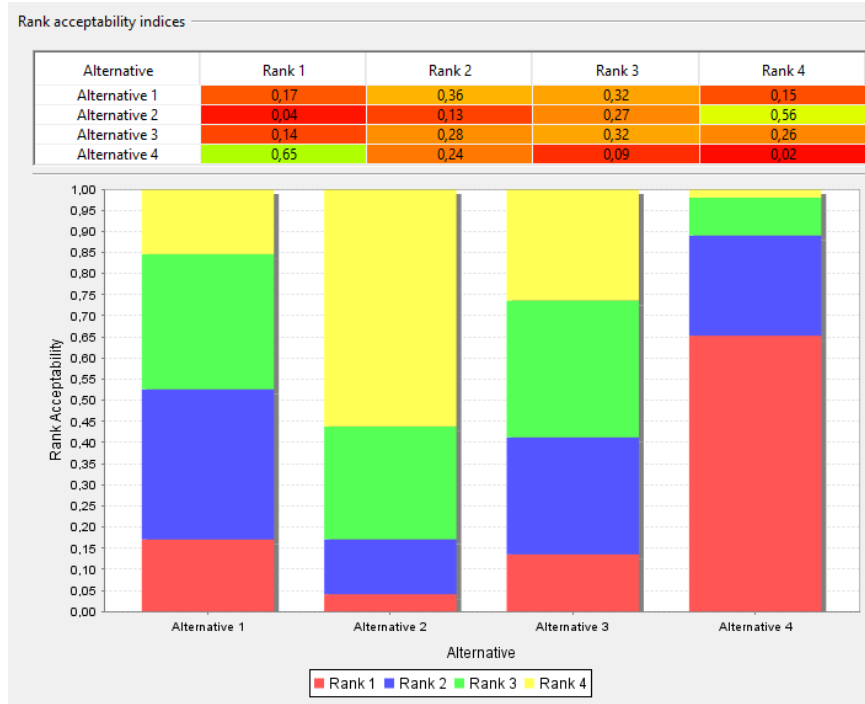
Çizelge 6.13. Firma D için güven faktörü ve ağırlık vektörü

Yöntem	Senaryolar	Firma D için Ağırlık Vektörleri								
		CF	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
SMAA-2		1,00	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12
SBTİ-SMAA-2	Senaryo 1	1,00	0,18	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 2	1,00	0,10	0,18	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 3	1,00	0,09	0,09	0,18	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 4	1,00	0,08	0,09	0,09	0,18	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 5	0,99	0,11	0,09	0,09	0,07	0,18	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 6	1,00	0,13	0,09	0,09	0,07	0,11	0,18	0,16	0,15
	Senaryo 7	1,00	0,16	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,18	0,15
	Senaryo 8	1,00	0,15	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,18

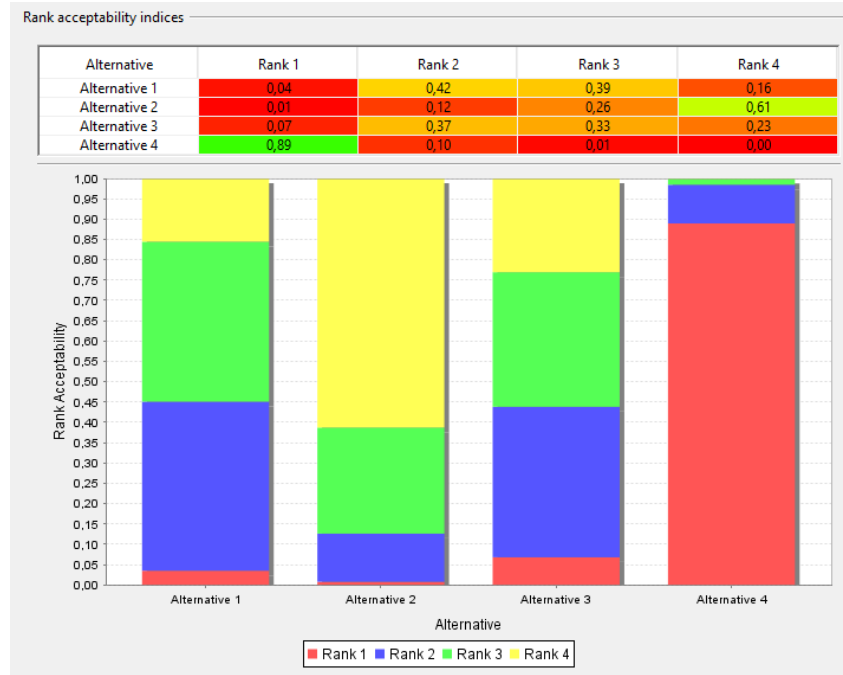
SMAA-2 yönteminde kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri birbirine yakın olduğu için hangi kriterlerin daha etkili olduğunu ayırt etmemize yardımcı olamamaktadır. SBTİ-SMAA-2 yönteminde örneğin 1. Senaryo'da TS en çok maliyet ve teslimat kriterlerinin etkilediği

görülmektedir. SBTİ-SMAA-2 yöntemi, TS de etkili kriterlerin hangisi olduğunu belirlememizi sağlamaktadır.

KV'lerin değerlendirmeleri sonucunda SBTİ-SMAA-2 yönteminde sıra kabul edilebilirlik ve güvenilirlik faktörlerinin 1,00 ve/veya 1,00 civarında olması, D Firması > Firma B > Firma A > Firma C tercihlerinin doğru ve geçerli olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.6. SMAA-2 sıra kabul edilebilirlik indeksi (Belirsiz durum senaryosu)

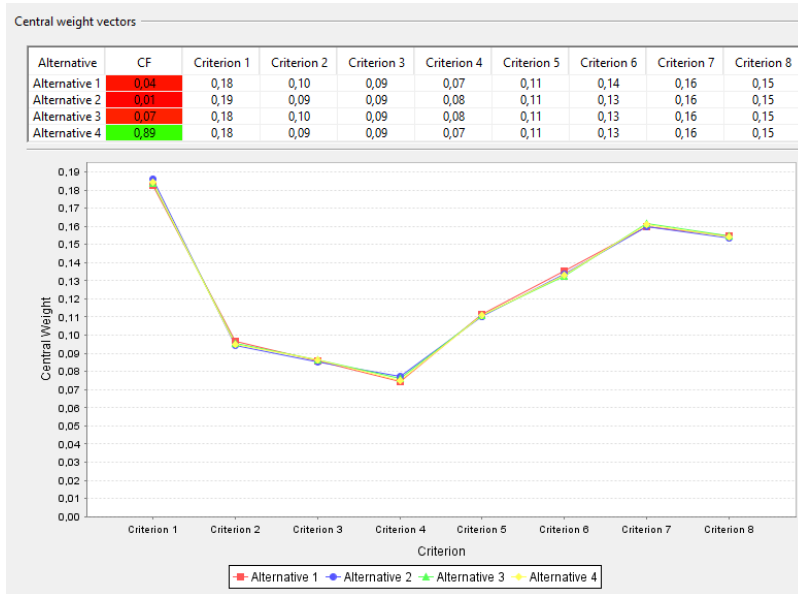


Şekil 6.7. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) sıra kabul edilebilirlik indeksi (Belirsiz durum senaryosu)

Çizelge 6.12 incelendiğinde, güvenilirlik faktörü değerleri SMAA-2 yönteminde sırasıyla 0,23-0,05-0,10-0,84 olarak hesaplanırken, belirsiz durum senaryosu kapsamında 8 farklı senaryo sonucunda ağırlık faktörleri ile ulaşılan güvenilirlik faktör değerlerinin benzer olduğu görülmekte olup, ilgili çözümlerin güvenilirlik değerlerinin çok etkilenmediğini göstermektedir. JSMAA'dan alınan belirsiz durum senaryosu SMAA-2 güven faktörü tablosu Şekil 6.8'de ve belirsiz durum senaryosu SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) güven faktörü tablosu Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.8. SMAA-2 güvenilirlik faktörü değerleri (Belirsiz durum senaryosu)



Şekil 6.9. SBTİ-SMAA-2 (Senaryo 1) güvenilirlik faktörü değerleri (Belirsiz durum senaryosu)

SMAA-2 ve SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile yapılan çalışma sonucunda D Firması en iyi tedarikçi olarak belirlenmiştir. En iyi tedarikçi seçimini etkileyen kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri Çizelge 6.14'de sunulmuştur. 1. Senaryo için D Firmasının ilk sırada tercih edilme olasılığı güvenilirlik oranı %89'dur. D Firmasının 1. Senaryo için tercih edilmesinde K-1 kriterin % 0,18, K-2 kriterin % 0,09, K-3 kriterin % 0,09, K-4 kriterin % 0,07, K-5 kriterin % 0,11, K-6 kriterin % 0,13, K-7 kriterin % 0,16, K-8 kriterin % 0,15 etkili görülmektedir. Bu alternatifin

merkezi ağırlık vektörüne baktığımızda, K-1 (Maliyet) kriterinin %18 ile en yüksek öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6.14. Firma D için Güven Faktörü ve Ağırlık Vektörü (Belirsiz Durum Senaryosu)

Yöntem	Senaryolar	Firma D için Ağırlık Vektörleri								
		CF	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
SMAA-2		0,84	0,14	0,11	0,13	0,11	0,13	0,12	0,14	0,12
SBTİ-SMAA-2	Senaryo 1	0,89	0,18	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 2	0,79	0,10	0,18	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 3	0,84	0,09	0,09	0,18	0,07	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 4	0,69	0,08	0,09	0,09	0,18	0,11	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 5	0,83	0,11	0,09	0,09	0,07	0,18	0,13	0,16	0,15
	Senaryo 6	0,84	0,13	0,09	0,09	0,07	0,11	0,18	0,16	0,15
	Senaryo 7	0,88	0,16	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,18	0,15
	Senaryo 8	0,86	0,15	0,09	0,09	0,07	0,11	0,13	0,16	0,18

Belirsiz durum senaryosu'nda SMAA-2 yönteminde kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri birbirine yakın olduğu için hangi kriterlerin daha etkili olduğunu ayırt etmemize yardımcı olamamaktadır. SBTİ-SMAA-2 yönteminde örneğin 1. Senaryo'da TS en çok K-1 (maliyet) kriterinin etkilediği görülmektedir. SBTİ-SMAA-2 yöntemi, TS de etkili kriterlerin hangisi olduğunu belirlememizi sağlamaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında ÇKKV yöntemleri ayrıntılı olarak incelenerek söz konu yöntemlerin TS’de tek olarak veya farklı yöntemlerle entegre edilerek yapılan çalışmalara ilişkin bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada bulanık kümelerin özelliklerine kısaca değinilmiştir.

SBTİ ve SMAA-2 yöntemlerinin entegre edilerek, KV’lerin alan uzmanlığı ile verdikleri kararların etkisi arttırılmış; bilgiye yönelik eksiklik veya karasızlık durumlarında uzmanı oldukları alanlara ilişkin görüşlerin güçlendirilmesine katkı sağlanmıştır.

Tez çalışmasında, 4 KV tarafından belirlenen 8 kriterin değerlendirilmesi sonucu SBTİ yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları, SMAA tabanlı SBTİ-SMAA-2 yöntemi önerilerek JSMAA program yazılımına eklenmiştir.

Önerilen yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerinden farkı, KV’lerin veya alanında uzman kişilerin anlaşılamadıkları veya düşüncelerini açıklamakdan tereddüt ettiklerinde elde mevcut değerlendirmelerine göre kriter ağırlıklarının oluşturulması, oluşturulan ağırlıklar stokastik süreçlerde kullanılarak bir bilgisayar program ile en optimum sonuca elde edilmesidir.

SBTİ-SMAA-2 yönteminde, kriterler birbirinden bağımsız olduğu durumlarda diğer bütünleşik veya stokastik yöntemlere göre daha uygulanabilir ve basit olduğu, ulaşılan sonuçların daha tutarlı olduğu söylenebilir.

Bu kapsamda, tedarikçi seçim kriterleri göz önünde bulundurularak ilgili yöntem gerçek bir probleme uygulanmış ve bir ülkenin silahlı kuvvetlerinin ihtiyaç duyduğu araç kiralama hizmetinin etkin bir şekilde satın alınması için en uygun araç kiralama firmasının seçimine rehberlik etmesi amaçlanmıştır.

SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle en iyi firma seçiminde 4 alan uzmanının görüşleri alınarak 8 kriter sıralanmıştır. Elde edilen sonuca göre *Firma D > Firma B > Firma A > Firma C* sıralaması oluşturulmuştur.

SMAA-2 ve SBTİ-SMAA-2 yöntemleri ile ulaşılan alternatiflerin sıralamaları aynıdır. Ancak, 8 farklı senaryo ile SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerleri, SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerlerinden daha yüksektir.

Ayrıca, 8 farklı senaryo sonucunda ağırlık faktörleri ile ulaşılan güvenilirlik faktör değerleri 1,00 ve/veya 1,00 civarında bulunmuştur. Bu, SBTİ-SMAA-2 yönteminin çözümlerinin güvenilir olduğunu göstermektedir. SMAA-2 yönteminde kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri birbirine yakın olduğu için hangi kriterlerin daha etkili olduğunu ayırt etmemize yardımcı olamamaktadır. Fakat SBTİ-SMAA-2 yönteminde örneğin, 1. Senaryo'da seçimin en çok maliyet kriterinin etkili olduğu görülmektedir. Bu, TS de hangi kriterlerin daha etkili olduğunu belirlememizi sağlar.

Belirsizlik derecesi artınca sonuçları görmek için ilgili problemde KV'ler dört aday tedarikçiyi, "Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu" çerçevesinde kriterlere ilişkin sorulara toplamı %50 den fazla fikrim yok veya emin değilim (?) olarak cevaplayarak belirsiz durum senaryosu olarak tekrar değerlendirme sonucunda SMAA-2 yöntemiyle ve 1. Senaryo ile SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle elde edilen sıralamanın *Firma D > Firma A > Firma C > Firma B* şeklinde aynı olduğu görülmüştür.

Ancak, belirsiz durum senaryosu SMAA-2 yöntemiyle elde edilen sıra kabul edilebilirlik indeksleri incelendiğinde; kriter ağırlıkları değiştirilerek 8 farklı senaryodan SBTİ-SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerleri, SMAA-2 yöntemi ile elde edilen sıralama olasılık değerlerinden daha yüksek olup, SBTİ-SMAA-2 yönteminin sonuçlarının daha geçerli olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, belirsiz durum senaryosu SMAA-2 yönteminde güvenilirlik faktörü değerleri ve 8 farklı senaryo sonucunda ağırlık faktörleri ile SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle ulaşılan güvenilirlik faktör değerleri benzer olduğu görülmekte olup, ilgili çözümlerin güvenilirlik değerlerinin çok etkilenmediğini göstermektedir.

SMAA-2 yöntemiyle elde edilen kriterlerin merkezi ağırlık vektörleri belirsizlik derecesi artırılmadan önceki sonuçlar gibi birbirine yakın olduğu için hangi kriterlerin daha etkili olduğunu ayırt etmemize yardımcı olamamaktadır. Fakat SBTİ-SMAA-2 yönteminde her durumda TS de etkili kriterlerin hangisi olduğunu belirlememizi sağlamaktadır.

Önerilen yöntem ile farklı alanlarda uzman KV'lerden oluşan grupların uzman oldukları alanlar haricinde de müşterek olarak karar alabilmelerinde etkisi olmaktadır. Sezgisel bulanık tercih ilişkisi ve SMAA-2 yöntemi grup karar verme problemine SBTİ-SMAA-2 yöntemiyle birlikte uygulanmış, TS başta olmak üzere müşterek olarak karar alabilme yönünden doğruluk ve geçerliliğin arttırılması sağlanmıştır.

Gelecekteki TS problemlerinin çözümünde, SBTİ yönteminin farklı stokastik yöntemlerle entegre edilerek oluşturulacak yeni hibrit metodların ÇKKV çalışmalarına katkı vereceği ve tedarikçi seçim süreçlerine fayda sağlayacağı kıymetlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., and Singh, V. (2011). A Review of Multi Criteria Decision Making Techniques for Supplier Evaluation And Selection. *International Journal Of Industrial Engineering Computations*, 2(4), 801-810.
- Aissoui, N., Haouari, M. and Hassini, E. (2006). Supplier Selection and Order Lot Sizing Modelling:A Review, *Computers & Operations Research*, 34(12), 3516-3540.
- Albino, V. and Garavelli, A.C. (1998). A Neural Network Application to Subcontractor Rating in Construction Firms, *Internatioanal Journal of Project Management Journal of Project Management* 16 (1), 9-14.
- Altan Koyuncu, C., Aydemirli, E., and Başarır, A. C. (2021). Selection Industry 4.0 Maturity Model Using Fuzzy and İntuitionistic Fuzzy TOPSIS Methods For A Solar Cell Manufacturing Company. *Soft Computing*, 25(15), 10335-10349.
- Araz C., Mizrak Ozfirat P. and Ozkarahan, I. (2006). An Integrated Multi Criteria Decision Making Methodology for Outsourcing Management, *Computers & Operations Research*, 34(12), 3738-3756.
- Arslankaya S. ve Göraltay K. (2009). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar*, Ankara: İKSAD Yayınevi, 1-106.
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87-96.
- Atanassov K.T. (1996). An Equality Between Intuitionistic Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 79(2), 257-258.
- Ayık Y.Z. ve Klavuz Y. (2013). Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı ve TOPSIS Yöntemi İle Öğrenci İşleri Bilgi Sistemi Yazılımı Seçimi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(4), 1-18.
- Ballı, S. (2005). *Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 3-12.
- Banker, R. D. and Khosla, I. S. (1995). Economics of Operations Management: A Research Perspective, *Journal of Operations Management*, (12), 423-425,
- Barbarosoglu, G. andYazgaç, T. (1997). An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem. *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 14-21.
- Bayazit, O. (2006). Use of Analytic Network Process in Vendor Selection Decisions. *Benchmarking: An International Journal*. 13(5), 566 – 579.
- Benton, W.C. (1991). Safety Stock and Service Levels in Periodic Review Inventory Systems, *Journal of Operations Research Society*, 42(12), 1087-1095.

- Benyoucef L., Ding H. and Xie X. (2003). Supplier Selection Problem: Selection Criteria and Methods, *Research Report, RR-4726*, Unité de recherche INRIA Lorraine, France, 38.
- Boran, F. E., Genc, S., Kurt, M., and Akay, D. (2009). A Multi Criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making for Supplier Selection With TOPSIS Method. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11363-11368.
- Bowersox, D.J., La Londe, B.J., and Smykay, E.W. (1969). *Readings in Physical Distribution Management: The Logistics of Marketing*. MacMillan, New York, 72.
- Bulut M. ve Sakallı Ü.S. (2021). Sezgisel Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı ve Bir Uygulama, *Kırıkkale Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13 (1), 87-103.
- Cakravastia, A., Toha, I. S. and Nakamura, N. (2002). A Two-Stage Model for the Design Of Supply Chain Networks. *International Journal of Production Economics*, 80 (3), 231-248.
- Cedimoğlu, I., H. Yigin, I.H., Taskin, H. and Topal, B. (2007). Supplier Selection: An Expert System Approach, *Production Planning & Control*, 18(1), 16–24
- Chaudry, S., Forst F.G. and Zydiak J.L. (1993). Vendor Selection With Price Breaks, *European Journal of Operational Research*, 70, 52-66.
- Chao, C., Scheuing, E. E., Dubas, K. M., and Mummalaneni, V. (1993). An Assessment of Supplier Selection: Chinese Purchasing Managers' Criteria and Their Implications for Western Marketers. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 23, 31-37.
- Chan, F. T., and Kumar, N. (2007). *Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach*. *Omega*, 35(4), 417-431.
- Chen C.T., Lin, C.T. and Huang, S.F. (2006). A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289-330.
- Choy, K.L. W.B. Lee and Lo, V. (2002). An Intelligent Supplier Management Tool for Benchmarking Suppliers in Outsource Manufacturing, *International Journal of Expert System with Applications*, 22(3), 213-224.
- Choy, K. L. and Lee, W. B. (2003). A Generic Supplier Management Tool For Outsourcing Manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal*, 8(2), 140–154.
- Choy, K. Lee L, and Lo, V. (2002), Development of A Case Base Intelligent Customer-Supplier Relationship Management System, *Expert Systems With Applications*, 23(3), 281-297.
- Chuang, M.L. and Shaw W. (2000), Distinguishing the Critical Success Factors Between E-commerce, Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management. *Engineering Management Society*, New Mexico, 596-601.

- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J. (2004). Data envelopment analysis. Handbook on data envelopment analysis. *International Series in Operations Research Management Science*, 71, 1-40.
- Coşkun, S., Polat, O. ve Kara, B. (2015). Tedarikçi Seçiminde İşletmelerde Sistem Yönetimi ve Güvenliği Kriterlerine Dayalı Bir Karar Modeli ve Modelin Uygulanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4), 134-144.
- Çalış, A., Keskin, İ. ve Gencer, C. (2016). AHP ve SMAA-2 Yöntemleri ile Mühendislik Alanında Bilimsel Araştırma Konularının Seçimi. *Savunma Bilimleri Dergisi*. 15, 1, 257-280,
- Çebi, F. and Bayraktar, D. (2003). An Integrated Approach for Supplier Selection, *Logistics Information Management*, 6, 395-400.
- De Boer, L. Van derWegen, L and Telgen, J. (1998). Outranking Methods in Support of Supplier Selection: A Review of Methods Supporting Supplier Selection, *European Journal of Purchasing & Supply Management* 4(2/3), 109-118.
- De Boer, L., Labro, E., and Morlacchi, P. (2001). A Review of Methods Supporting Supplier Selection. *European journal of purchasing supply management*, 7(2), 75-89.
- Degraeve, Z., Labro, E., and Roodhooft, F. (2000). An Evaluation of Vendor Selection Models From A Total Cost of Ownership Perspective. *European Journal of Operational Research*, 125(1), 34-58.
- Degraeve, Z., Labro, E. and Roodhooft, F. (2004). Total Cost of Ownership Purchasing of a Service: The Case of Airline Selection at Alcatel Bell, *European Journal of Operational Research*, 156, 23-40.
- Demirtaş Ö., Zaralı F. and Doğan S. (2020). Bulanık Ortamda Tedarikçi Seçimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 36(3), 456-471.
- Dickson, G. W. (1966). An Analysis of Vendor Selection Systems And Decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
- Dulmin, R. and Mininno, V. (2003). Supplier Selection Using A Multi Criteria Decision Aid Method, *Journal of Purchasing & Supply Management* 9, 177-187.
- Durmaz K. and Gencer, C. (2019). A New Method in Stochastic Multi Criteria Decision Making: SWARA-SMAA-2 and An Application. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 12(2), 129-135.
- Dursun B. (2018). *TOPSIS ve ELECTRE Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi: Kozmetik Sektöründe Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 3-5.
- Ellram Lisa M. (1995). Total Cost Of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing, *Internatioanal Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(8), 4-23.

- Eroğlu, Ö. (2014). *Bakım/Onarım Alternatiflerinin Bulanık DEMATEL ve SMAA-2 Yöntemleriyle Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 139-141.
- Ertuğrul İ. ve Karakaşoğlu N. (2010). ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme için Bilgisayar Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25 (2), 23-45.
- Fasanghari M., Roudsari F. H. and Chaharsooghi S. K. (2008). Assessing The Impact of Information Technology on Supply Chain Management, *World Applied Sciences Journal*, 4 (1), 87-93
- Feng, C.X., Wang J.W. and Wang J.S.(2001). An Optimization Model for Concurrent Selection of Tolerances and Suppliers, *Computers And Industrial Engineering*, 40, 15-33.
- Figueira, J., Salvatore G. and Matthias E. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, *Springer Science & Business Media*, 233.
- Gaballa, A. (1974). Minimum Cost Allocation of Tenders. *Journal of the Operational Research Society*, 25(3), 389-398.
- Genç S. (2009). *Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisi ve Tedarikçi Seçimine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 21-49.
- Ghodsypour S.H. and O'Brien, C. (1998). A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming, *International Journal of Production Economics*, 56, 199-212.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., and Antucheviciene, J. (2017). Supplier Evaluation and Selection in Fuzzy Environments: A Review of MADM Approaches. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 1073-1118.
- Ghouschi, S.J., Milan, M.D., and Rezaee, M.J. (2017). Evaluation and Selection of Sustainable Suppliers in Supply Chain Using New GP-DEA Model With Imprecise Data. *Journal of Industrial Engineering International* 14(3), 613–625.
- Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., and Murugesan, P. (2015). Multi Criteria Decision Making Approaches For Green Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
- Göçer F. (2020). Sezgisel Bulanık Küme Temelli Entegre AHP ve MULTIMOORA Yöntemleriyle Bilimsel Araştırma Projesi Süreç Yönetim Sistemi Seçimi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 11(1), 1-22.
- Ho, W., Xu, X., and Dey, P. K. (2010). Multi Criteria Decision-Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24.
- Hokkanen, J., Lahdelma, R. and Salminen, P. (1999). A Multiple Criteria Decision Model For Analyzing and Choosing Among Different Development Patterns for The Helsinki Cargo Harbor. *SocioEconomic Planning Sciences*, 33(1), 1-23.

- Holt, G.D. (1998). Which Contractor Selection Methodolgy?, *Internetal Journal of Project Management*, 16, 153-164.
- Hong, G. H., Park, S. C., Jang, D. S., and Rho, H. M. (2005). An Effective Supplier Selection Method for Constructing A Competitive Supply-Relationship. *Expert Systems with Applications*, 28(4), 629-639.
- Huang, S. H., and Keskar, H. (2007). Comprehensive and Configurable Metrics for Supplier Selection. *International Journal of Production Economics*, 105(2), 510-523.
- Hugos, M. H. (2003). *Essentials Of Supply Chain Management*, Third Edition, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 1-39.
- İlbaş, A., Gürdere, A. and Boran, F.E. (2023). An integrated intuitionistic fuzzy set and stochastic multi-criteria acceptability analysis approach for supplier selection. *Neural Computing and Applications*, 35, 3937–3953.
- Keskin M.H. (2015). *Tedarik Zinciri Yönetimi-Arka Planı Gelişimi ve Güncel Uygulamaları*, (2.Baskı), İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık, 14-15.
- Kağnıcıoğlu, C.H. (2007). Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi. *Anadolu Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Yüksekokulu Yayınları*, 27-122.
- Kar, A.K. and Pani, A.K. (2014). Exploring the Importance of Different Supplier Selection Criteria. *Management Research Review*, 37, 89-105.
- Karabay, S., Köse E. ve Kabak M. (2014). Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi, *Ege Akademik Bakış*, 14(3), 361-369.
- Karakaya, K., Yuluğkural Y. ve Aladağ Z., (2003). *İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Kullanarak Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 1-7.
- Karpak, B., Kumcu E., and Kasuganti R. (1999), An Application of Visual Interaktif Goal Programming: A Case in Vendor Selection Decisions, *Journal Of Multi Criteria Decision Analysis*, 8, 93-105.
- Kazançoğlu, Y. (2008). *Lojistik Yönetimi Sürecinde Tedarikçi Seçimi ve Performans Değerlendirilmesinin Yöneylem Araştırması Teknikleri ile Gerçekleştirilmesi: AHP ve DEA*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 60-65.
- Keçek, G. ve Yıldırım E. (2010). Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, 15 (1), 193-211.
- Kopczak, L.R. (1997). Logistics Partnership And Supply Chain Restructuring. Survey Results From The US Computer Industry. *Production and Operations Management*, 6(3), 226-247.
- Kumar, M., Vrat P. and Shankar R. (2004). A fuzzy Goal Programming Approach for Vendor Selection Problem in A Supply Chain, *Computers and Industrial Engineering*, 46, 69-85.

- Lahdelma, R., Hokkanen J. and Salminen P. (1998). SMAA-Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis. *European Journal of Operational Research*, 106(1), 137-143.
- Lahdelma, R., Miettinen K. and Salminen P. (2003). Ordinal Criteria in Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis (SMAA), *European Journal of Operational Research*, 147(1), 117-127
- Lahdelma, R. and Salminen P. (2001). SMAA-2: Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis for Group Decision Making, *Operations Research*, 49 (3), 444-454.
- Lahdelma, R. and Salminen P. (2006). Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis Using the, Data Envelopment Model, *European Journal of Operational Research*, 170(1), 241-252.
- Lahdelma, R. and Salminen P. (2009). Prospect Theory and Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis (SMAA), *Omega*, 37(5), 961-971.
- Lahdelma, R. and Salminen, P. (2010). International Series in Operations Research and Management Science, *Springer New York LLC*, 142, 285-316.
- Lee, H.L. and Billington C. (1992). Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities. *Sloan eManagement Review*, 33(3), 65-73.
- Lee, A. H., Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., and Hung, H.-C. (2009). A Green Supplier Selection Model for High-Tech Industry. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7917-7927.
- Leung, Stephen C.H. Yue Wu and Lai, K.K. (2003). Multi-Site Aggregate Production Planning With Multiple Objectives: A Goal Programming Approach, *Production Planning & Control*, 14(5), 425-436.
- Liu, Jian (2000). Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement, *International Journal of Supply Chain Management*, 5, 143-150.
- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, K., Khalifah, Z., Zakwan, N., and Valipour, A. (2015). Multiple Criteria Decision-Making Techniques and Their Applications—A Review Of The Literature From 2000 to 2014. *Economic Research- Ekonomska Istraživanja*, 28(1), 516-571.
- Mardani, A., Jusoh, A., and Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Techniques and Applications—Two Decades Review From 1994 to 2014. *Expert systems with Applications*, 42(8), 4126-4148.
- Mardani, A., Nilashi, M., Zavadskas, E. K., Awang, S. R., Zare, H., and Jamal, N. M. (2018). Decision Making Methods Based on Fuzzy Aggregation Operators: Three Decades Review from 1986 to 2017. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(2), 391-466.
- Masella, C. and Rangone, A. (2000). A Contingent Approach to the Design of Vendor Selection Systems for Different Types of Co-Operative Customer/Supplier Relationships, *International Journal of Operations and Production Management*, 20, 70-84.

- Metz P.J. (1998). Demystifying Supply Chain Management. *Supply Chain Management Review*, 1(4), 46-55.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., and Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1-25.
- Narasimhan, R., Talluri, S. and Mendez, D. (2001). Supplier Evaluation and Rationalization Via Data Envelopment Analysis: An Empirical Examination. *Journal of Supply Chain Management*, 37(2), 28-37.
- Nebol, E., Uslu T. ve Uzel E. (2013). *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi*. İstanbul: Beta Yayınları. 21-32.
- Nydick R.L, and Hill R.P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure, *Journal of Purchasing and Management*, 28(2), 31-36.
- Okul, D. (2012). *Stokastik Çok Kriterli Karar Vermede Yeni Bir Yöntem: SMAA-TOPSIS Ve Bir Uygulama*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 43-65.
- Okul, D., Gencer C. and Aydoğan E.K. (2013). A Method Based on SMAA-TOPSIS for Stochastic Multi Criteria Decision Making and a Real-World Application, *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 13(5), 957-978.
- Oliver, R.K. and Webber, M.D. (1982). Supply-Chain Management: Logistics Catches Up Withstrategy. *Outlook*, 5(1), 42-47.
- Orlovsky, S.A. (1978). Decision-Making With A Fuzzy Preference Relation, *Fuzzy Sets and Systems*, 1(3), 155-167.
- Ömürbek, N. ve Şimşek A. (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri ile Online Alışveriş Site Seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 22, 306-327.
- Özbek, A. (2014). Tedarikçi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 5(11), 85-101.
- Petroni, A. and Braglia, M. (2000). A Quality Assurance – Oriented Methodology for Handling Trade offs in Supplier Selection, *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, 30 (2), 96-111.
- Piengang, F. C. N., Beauregard, Y., and Kenné, J. P. (2019). An APS Software Selection Methodology Integrating Experts and Decisionsmaker's Opinions on Selection Criteria: A Case Study. *Cogent Engineering*, 6(1), 1594509.
- Pohekar, S.D. and Ramachandran, M. (2004). Application of Multi Criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning a Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365-381.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process *Agricultural Economics Review*, 385-401.

- Sarkis, J. and Talluri, S. (2002). A Model For Strategic Supplier Selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 18-28.
- Seuring, S. and Müller M. (2008). From A Literature Review To A Conceptual Framework For Sustainable Supply Chain Management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E. (2003). *Designing and Managing the Supply Chain—Concepts, Strategies and Case Studies*. Baston: McGraw-Hill Publishing Companies, 2, 7-8.
- Soukoup, W.R. (1987). Supplier Selection Strategies, *Journal of Purchasing and Materials Management*, 23(2), 7-12.
- Soner, S., and Önüt, S. (2006). Multi Criteria Supplier Selection: An ELECTRE-AHP Application, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4, 110-120.
- Swift, C. O. (1995). Preferences For Single Sourcing and Supplier Selection Criteria. *Journal of Business Research*, 32(2), 105-111.
- Szmidt, E. and Baldwin, J. F. (2006). Intuitionistic Fuzzy Set Functions, Mass Assignment Theory, Possibility Theory And Histograms, *2006 IEEE World Congress on Computational Intelligence*, Vancouver, 237–243
- Szmidt, E. and Kacprzyk, J. (2002). Using Intuitionistic Fuzzy Sets in Group Decision Making. *Control and Cybernetics*, 31, 1055-1057.
- Sönmez, M. (2006). A review and Critique of Supplier Selection Process and Practices, *Business School Occasional Working Papers Series*, Loughborough, 1, 1-34
- Şahin Y. ve Supçiller A. A. (2015). Tedarikçi Seçimi için Bir Karar Destek Sistemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (2), 91-104.
- Tabucanon, M.T. (1988). Multiple Criteria Decision Making in Industry, *Studies In Production And Engineering Economics*, Elsevier Science Publication, Amsterdam, The Netherlands, 233-299
- Tanino, T. (1988). Fuzzy Preference Relations in Group Decision Making, Non-conventional preference relations in decision making, *Springer Berlin Heidelberg*, Berlin, 54-71
- Teigen, R. (1997). *Information Flow in a Supply Chain Management System*, Doctoral Thesis, Department of Industrial Economics and Technology Management, Trondheim University, Sweden, 3-4
- Tervonen, T. and Lahdelma, R. (2007). Implementing Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis. *European Journal of Operational Research*. 178, 500-513.
- Tervonen, T. and Figueira, J.R. (2008). A Survey on Stochastic Multi Criteria Acceptability Analysis Methods. *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*, 15(1-2), 1-14

- Tracey, M. and Tan, C. L. (2001). Empirical Analysis of Supplier Selection and Involvement, Customer Satisfaction and Firm Performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 6(4), 174-188.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 139-140.
- Türkoğlu M. (2016). *Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 22-24.
- Uygurtürk, H. ve Korkmaz T. (2015). Türkiye’deki A Grubu Seyahat Acentalarının Tercih Sıralamasının PROMETHEE Yöntemi ile Belirlenmesi. *Business and Economics Research Journal*, 6 (2), 141-155.
- Vokurka, R. J., Choobineh, J. and Vadi, L. (1996). A Prototype Expert System for The Evaluation and Selection of Potential Suppliers. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(12),106-127.
- Wang, G., Huang, S.H. and Dismukes, J.P. (2004). Product-Driven Supply Chain Selection Using Integrated Multi Criteria Decision Making Methodology. *International Journal of Production Economics*, 91(1), 1-15.
- Weber, C. A., Current, J. R., and Benton, W. (1991). Vendor Selection Criteria and Methods. *European journal of operational research*, 50(1), 2-18.
- Weber, C.A. and Current, J.R. (1993). A Multiobjective Approach to Vendor Selection, *European Journal of Operational Research*, 68, 173-184.
- Weber, C. A. Current, J. and Desai, A. (2000). An Optimization Approach to Determining The Number Of Vendors To Employ, *Supply Chain Management: An Internatioanl Journal*, 5(2), 90-98.
- Wetzstein, A., Hartmann, E., Benton Jr, W., and Hohenstein, N.-O. (2016). A Systematic Assessment of Supplier Selection Literature–State-Of-The-Art and Future Scope. *International Journal of Production Economics*, 182, 304-323.
- Wilson, E. J. (1994). The Relative Importance of Supplier Selection Criteria: A Review and Update. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 30(2), 34-41.
- Xia, W. and Wu, Z. (2005). Supllier Selection With Multiple Criteria in Volume Discount Environments, *Omega*, 494-504.
- Xu, Z. S. (2007a). Intuitionistic Preference Relations and Their Application in Group Decision Making. *Information Sciences*, 177(11), 2363-2379.
- Xu, Z. S. (2007b). Intuitionistic Fuzzy Aggregation Operators. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15(6), 1179-1187.

- Yahya, S. and Kingsman, B. (1999). Vendor Rating for An Entrepreneur Development Programme: A Case Study Using Analytic Hierarchy Process Method, *Journal of Operational Research Society*, 50, 916-930.
- Yan H. and Wei, Q. (2002). Determining Compromise Weights for Group Decision Making. *Journal of the Operational Research Society*, 53(6), 680-687.
- Yang, C. C. and Chen, B. S. (2006). Supplier Selection Using Combined Analytical Hierarchy Process and Grey Relational Analysis, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 926-941.
- Yıldız, A. (2013). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi ve Ekonomik Sipariş Miktarının Tespiti: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 189-190.
- Yıldıztekin, A. (2012). *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Sertifika Programı*, Galatasaray Üniversitesi Sürekli Eğitim ve Seminer Merkezi, İstanbul. 87-96.
- Yurtyapan, M. S. and Aydemir, E. (2022). ERP Software Selection Using Intuitionistic Fuzzy And Interval Grey Number-Based MACBETH Method. *Grey Systems: Theory And Application*, 12(1), 78-100.
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.

EKLER

EK-1. Kriter Önem Derecelerini Belirleme Formu

Kriterlerin birbirine göre önem dereceleri aşağıdaki soruları cevaplayarak belirleyiniz (“0” birinci kriter ikinci kritere göre kesinlikle önemsiz, “0,5” birinci ve ikinci kriter eşit önemli, “1” birinci kriter ikinci kritere göre kesinlikle önemli olmak üzere 0-1 aralığında değerlendirme yapınız).

1. Maliyet kriterinin, Teknik Özellikler kriterine göre önem derecesi en az ... en çok ...’dır.
2. Maliyet kriterinin, Tedarikçi Güvenirliği kriterine göre önem derecesi en az .. en çok ..’dır.
3. Maliyet kriterinin, Desteklenebilirlik kriterine göre önem derecesi en az ... en çok ...’dır.
4. Maliyet kriterinin, Performans Geçmişi kriterine göre önem derecesi en az ... en çok ...’dır.
5. Maliyet kriterinin, İletişim Sistemi kriterine göre önem derecesi en az en çok ...’dır.
6. Maliyet kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az ... en çok’dır.
7. Maliyet kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
8. Teknik Özellikler kriterinin, Tedarikçi Güvenirliği kriterine göre önem derecesi en az ... en çok ... ’dır.
9. Teknik Özellikler kriterinin, Desteklenebilirlik kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
10. Teknik Özellikler kriterinin, Performans Geçmişi kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
11. Teknik Özellikler kriterinin, İletişim Sistemi kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
12. Teknik Özellikler kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az ... en çok’dır.
13. Teknik Özellikler kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
14. Tedarikçi Güvenirliği kriterinin, Desteklenebilirlik kriterine göre önem derecesi en az ...en çok ...’dır.

EK-1. (devam) Kriter Önem Derecelerini Belirleme Formu

15. Tedarikçi Güvenirliğı kriterinin Performans Geçmiş kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
16. Tedarikçi Güvenirliğı kriterinin İletişim Sistemi kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
17. Tedarikçi Güvenirliğı kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
18. Tedarikçi Güvenirliğı kriterinin Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
19. Desteklenebilirlik kriterinin, Performans Geçmiş kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
20. Desteklenebilirlik kriterinin, İletişim Sistemi kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
21. Desteklenebilirlik kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
22. Desteklenebilirlik kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
23. Performans Geçmiş kriterinin, İletişim Sistemi kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
24. Performans Geçmiş kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az ... en çok’dır.
25. Performans Geçmiş kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
26. İletişim Sistemi kriterinin, Yönetim ve Org. kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
27. İletişim Sistemi kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.
28. Yönetim ve Org. kriterinin, Teslimat kriterine göre önem derecesi en az en çok’dır.

EK-2. Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu

Firma hakkındaki “Genel Bilgileri” cevaplayınız.

1. Firmanın adı :.....
2. Firmanın faaliyet sektörü :.....
3. Firmanın toplam faaliyet yılı, sektördeki faaliyet yılı :.....

Firmanın “Maliyet” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firmanın alıcıya teklif ettiği net fiyat yüksektir..... + ? -
2. Firma satın alma fiyatında ıskonto yeterli düzeyde değildir..... + ? -
3. Firmanın işletme maliyetleri yüksektir..... + ? -
4. Firmanın nakit akışı yeterli düzeydedir..... + ? -
5. Firmanın geliri ve cirosu yeterli düzeydedir..... + ? -
6. Firma giderlerini zorlanmadan karşılar..... + ? -
7. Firma ekonomik dalgalanmalara karşı direnç gösterebilir..... + ? -
8. Firmanın finansal durumu istikrarlıdır..... + ? -

Firmanın “Teknik Özellikler” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firmadan tedarik edilecek araçların zırh ve güvenlik donanımı işe uygundur... + ? -
2. Firmadan tedarik edilecek araçların yaş ve kilometresi düşüktür..... + ? -
3. Firmadan tedarik edilecek araçların motor gücü işe uygundur + ? -
4. Firmadan tedarik edilecek araçların yakıt tüketimi düşüktür + ? -
5. Firmadan tedarik edilecek araçların yolcu ve yük kapasitesi işe uygundur..... + ? -

Firmanın “Tedarikçi Güvenilirliği” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firma araçları firmanın adına kayıtlıdır..... + ? -
2. Firma sadece araç tedariki konusunda uzmanlaşmıştır..... + ? -

EK-2. (devam) Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu

3. Firma tedarikçi olarak verdiği taahhütleri yerine getir + ? –

4. Firma tedarikçi olarak güven sağlar..... + ? –

Firmanın “Desteklenebilirlik” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firmanın bakım ve onarım servis ağı uygundur..... + ? –

2. Firmanın kaza ve ani arıza desteği uygundur..... + ? –

3. Firma bakım personeli kalitesi uygundur..... + ? –

4. Firma yeterli düzeyde teknik destek sağlar..... + ? –

5. Firmanın araçları müşteri isteklerine uygundur..... + ? –

Firmanın “Performans Geçmişi” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firmanın referansları uygundur..... + ? –

2. Firma araç kiralama iş deneyimi yeterli seviyededir..... + ? –

3. Firma performans geçmişinde sorun bulunmamaktadır..... + ? –

4. Firma tedarikçi olarak güven sağlar..... + ? –

Firmanın “İletişim Sistemi” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firmanın iletişim sistemi teknolojik altyapısı yeter..... + ? –

2. Firma yönetiminin iletişim yeteneği güçlüdür..... + ? –

3. Firmanın iletişim sistemi teknolojik açıdan güvenlidir..... + ? –

4. Firma profesyonel iletişim sistemine sahiptir + ? –

5. Firma beklenmeyen sorunlara ani ve doğru cevap verebilir..... + ? –

Firmanın “Yönetim ve Organizasyon” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-” katılmıyorum).

1. Firma profesyonel yönetim anlayışına sahiptir ve konusunda deneyimli yöneticilere sahiptir + ? –

EK-2. (devam) Tedarikçi Firma Değerlendirme Formu

- 2.Firmanın temel yönetim politikaları vardır..... + ? –
- 3.Firma planlama faaliyetlerine önem verir ve uygular..... + ? –
- 4.Firma yönetimi müşteri istek ve şikâyetlerini önem verir..... + ? –
- 5.Firmanın karar verme mekanizması güçlü ve objektiftir..... + ? –
6. Firma yönetimi karşılıklı düzenlemelere uyar..... + ? –
7. Firmanın organizasyon şeması karışık değildir ve firmadaki yetki ve sorumluluk dağılımı dengelidir..... + ? –
8. Firma toplam kalite yönetimi uygular..... + ? –

Firmanın “Teslimat” durumu ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız (“+” katılıyorum, “?” fikrim yok, “-“ katılmıyorum).

1. Firma araçları zamanında teslim eder..... + ? –
2. Firmanın teslimat süresi kısadır..... + ? –
3. Firma araçları kusursuz teslim eder..... + ? –
4. Firmanın dağıtım ağı uygundur..... + ? –

EK-3. KV'lerin Tedarikçi Değerlendirme Sonuçları

Kriterler	Firmalar Soru No	1				2				3				4			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Maliyet	1	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	?	+
	2	-	-	-	+	+	+	-	+	?	+	-	-	+	-	+	+
	3	+	+	+	+	?	+	-	+	+	+	-	+	?	+	?	+
	4	+	+	+	+	?	-	-	+	?	?	?	+	-	+	?	+
	5	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	?	-	?
	6	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-
	7	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
	8	+	+	-	-	?	-	-	-	+	-	?	-	?	+	+	+
Teknik Özellikler	1	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	?	+
	2	-	+	+	+	+	?	-	+	+	-	?	-	-	+	+	+
	3	+	-	-	-	+	+	+	+	?	-	+	-	+	+	-	?
	4	-	+	+	+	+	-	+	+	?	-	-	?	?	-	+	-
	5	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	?	+
Tedarikçi Güvenirliliği	1	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
	2	-	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	-	+	+	+
	3	?	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	?	+
	4	+	-	-	+	+	?	?	-	?	+	+	?	-	-	-	+
Desteklenebilirlik	1	+	-	-	-	+	?	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+
	2	?	+	-	+	-	-	+	+	-	?	?	+	+	-	-	+
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	?	-	-	-	-	+	?	+
	4	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-
	5	+	+	+	-	+	?	-	-	+	+	+	-	-	+	?	+
Performans Geçmişi	1	+	?	+	+	-	+	-	+	+	+	+	?	+	+	+	+
	2	+	-	+	-	+	+	+	+	-	?	-	-	+	+	+	+
	3	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	?	-	-	-
	4	+	+	-	+	?	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	?
İletişim Sistemi	1	+	+	+	+	+	-	+	+	-	?	+	-	+	-	+	?
	2	-	+	+	+	?	+	-	-	+	+	+	+	?	+	-	+
	3	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	?	+	+
	4	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	?	-
	5	?	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	?
Yönetim ve Organizasyon	1	+	-	-	+	-	?	+	+	+	+	-	+	+	-	?	+
	2	-	-	-	+	?	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
	3	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	?	+
	4	-	+	+	+	-	-	-	+	-	?	+	-	-	+	+	+
	5	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	?	-	+
	6	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-
	7	+	-	+	-	?	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-
	8	+	+	-	?	-	-	+	-	+	-	-	+	?	+	-	+
Teslimat	1	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	?
	2	+	-	-	-	-	+	-	-	?	+	+	-	+	-	+	-
	3	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	?	+	-	+
	4	+	+	+	+	?	-	-	+	+	?	-	+	-	+	+	+

EK-4. KV'lerin Tedarikçi Değerlendirme Sonuçları (Belirsiz durum senaryosu)

Kriterler	Firmalar Soru No	1				2				3				4			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Maliyet	1	-	-	-	+	+	-	?	?	-	?	?	+	+	-	?	+
	2	-	?	?	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	?	?	+
	3	+	+	+	?	?	?	+	+	+	?	?	+	?	+	?	+
	4	?	?	+	+	-	-	?	?	-	?	?	+	-	+	+	?
	5	-	+	?	?	+	?	?	+	?	-	?	?	?	?	-	+
	6	?	+	?	-	?	?	+	+	+	-	+	+	-	?	?	-
	7	+	?	+	-	-	+	?	+	-	?	?	-	+	?	+	?
	8	-	?	?	?	-	-	?	?	+	-	?	?	?	+	+	?
Teknik Özellikler	1	?	?	?	+	?	+	?	?	-	?	?	+	?	-	?	+
	2	?	+	+	?	+	?	-	?	+	-	?	-	-	?	?	+
	3	+	?	?	-	?	?	?	+	?	?	+	?	+	?	-	?
	4	?	+	+	?	+	?	?	+	?	?	-	?	?	?	?	-
	5	-	?	?	+	?	+	-	-	+	?	?	+	?	+	?	+
Tedarikçi Güvenirliliği	1	?	+	?	-	?	-	?	+	-	-	?	?	+	-	?	?
	2	-	?	?	+	+	?	?	+	?	?	+	?	-	?	?	+
	3	?	?	+	-	?	-	?	?	+	?	?	+	?	?	?	+
	4	?	-	?	?	+	?	?	-	?	+	+	?	?	-	-	+
Desteklenebilirlik	1	+	-	?	-	+	?	-	?	-	?	+	?	-	?	-	?
	2	?	+	?	+	?	?	?	+	-	?	?	+	+	-	?	?
	3	+	?	?	+	+	+	?	?	?	-	?	-	-	?	?	-
	4	?	?	-	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	+	-
	5	?	?	?	-	+	?	-	-	+	+	+	?	-	?	?	?
Performans Geçmişi	1	+	?	+	?	?	+	?	+	+	?	+	?	+	+	?	+
	2	?	-	?	-	?	?	?	+	?	?	-	-	?	?	?	+
	3	?	?	?	+	+	?	+	?	-	-	?	?	?	-	-	?
	4	+	?	?	+	?	-	?	-	?	?	?	+	-	?	?	?
İletişim Sistemi	1	?	+	?	+	+	?	+	?	+	+	?	+	+	?	+	?
	2	?	?	?	+	?	?	-	-	?	?	?	+	?	-	?	-
	3	+	?	+	?	-	-	?	?	?	-	-	?	?	?	?	+
	4	?	-	?	-	?	?	?	+	-	?	?	?	+	?	?	+
	5	-	?	-	?	+	+	-	?	+	?	+	-	-	+	-	?
Yönetim ve Organizasyon	1	+	-	?	?	-	?	?	+	+	-	?	+	-	-	-	+
	2	-	+	-	+	-	+	-	+	+	?	?	+	-	?	?	+
	3	?	?	+	+	+	?	?	+	?	+	?	+	+	+	+	?
	4	-	-	?	?	-	?	?	+	-	+	+	?	?	?	+	+
	5	+	?	?	+	?	-	?	?	?	?	-	+	-	+	?	?
	6	?	?	+	+	+	-	+	+	-	?	?	-	?	+	?	-
	7	-	+	?	+	-	?	?	-	+	?	+	?	+	?	+	-
	8	-	-	?	?	+	-	?	?	?	+	+	?	-	?	?	?
Teslimat	1	+	+	?	+	+	?	+	?	?	+	?	+	+	?	+	?
	2	?	?	?	+	?	-	?	-	?	?	?	+	?	?	-	-
	3	?	-	-	?	?	?	?	+	+	?	+	?	-	-	?	?
	4	-	?	?	?	+	?	?	+	?	-	?	-	?	?	?	+



Gazili olmak ayrıcalıktır