
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BULANIK ORTAMDA ÜÇLÜ PERFORMANS YAKLAŞIMINA DAYALI SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Ahmet DOĞAN

DOKTORA TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

KASIM 2017

Ahmet DOĞAN tarafından hazırlanan "BULANIK ORTAMDA ÜÇLÜ PERFORMANS YAKLAŞIMINA DAYALI SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Uğur ÖZCAN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~ .....

Başkan : Prof. Dr. Türksel KAYA BENSGHİR

Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü (TODAİE)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~ .....

Üye : Prof. Dr. Haluk SOYUER

İşletme, Ege Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~ .....

Üye : Doç. Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~ .....

Üye : Doç. Dr. Metehan TOLON

İşletme, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum/~~onaylamıyorum~~ .....

Tez Savunma Tarihi : 28/11/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Bünyamin CİYLAN

Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- 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 çalışmasında 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 DOĞAN

BULANIK ORTAMDA ÜÇLÜ PERFORMANS YAKLAŞIMINA DAYALI SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ

(Doktora Tezi)

Ahmet DOĞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Kasım 2017

ÖZET

Son yıllarda tüm dünyada artan çevre bilinci, sivil toplum örgütlerinin baskısı, yasal düzenlemeler vb. gelişmelerle birlikte, dünyayla entegre olan işletmeler stratejik hedeflerini sürdürülebilir bir anlayışla yeniden tasarlama çalışmaları içerisine girmektedirler. Çünkü günümüzde işletmeler sadece üretilen mal ve hizmetlere göre değil aynı zamanda topluma yarattığı fayda ile de değerlendirilmektedirler.21. yüzyılın getirdiği bu gerçeklerle birlikte işletmelerden beklenen, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlardan oluşan ve üçlü performans yaklaşımı olarak da adlandırılan sürdürülebilirlik yaklaşımını tüm operasyonel süreçlerde uygulanmak üzere ilke haline getirmeleridir. Politik ve ekonomik nedenler, maliyet avantajı, personel ve zaman tasarrufu, nakliye maliyetlerinin ucuzlaması, yeni iletişim teknolojileri vb. nedenlerden dolayı işletmeler bu operasyonel süreçlerden biri olan dış kaynak kullanımına daha fazla yönelmektedirler. Dış kaynak kullanımının en önemli alanlarından birini ise tedarikçi seçimi oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de akü sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, akü imalatında kullanılan plastik malzemeleri temin ettiği Fransa (1), Bulgaristan (1), Türkiye (3) olmak üzere toplam beş tedarikçisiarasından üçlü performans yaklaşımına dayalı en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirmektir. Bu kapsamda öncelikle geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Sonra, literatür araştırması, sektör uzmanları ve akademik uzmanlar ile değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Daha sonra birçok kullanım alanı olan doğruluğu ve güvenilirliği ispatlanmış bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri (BÇKKV) ile sürdürülebilir tedarikçi seçim problemi (STSP) ele alınarak çözüm gerçekleştirilmiştir. STSP'nin çözümünde bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerle alternatiflerin sıralaması yapılarak en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Son olarak her bir yöntemden elde edilen uygulama sonuçları Spearmankorelasyon analizi ile karşılaştırılarak aralarındaki ilişki analiz edilmiştir.

Bilim Kodu : 114606
Anahtar Kelimeler : Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir tedarikçi seçimi, üçlü performans yaklaşımı, bulanık küme teorisi, bulanık çok kriterli karar verme, bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR, bulanık TODIM
Sayfa Adedi : 214
Danışman : Doç. Dr. Uğur ÖZCAN

SELECTION OF SUSTAINABLE SUPPLIERS BASED ON TRIPLE BOTTOM LINE IN FUZZY ENVIRONMENT

(PhD. Thesis)

Ahmet DOĞAN

GAZİ UNIVERSITY

INFORMATICS INSTITUTE

November 2017

ABSTRACT

Recently, within several emerging developments such as rising global environmental awareness, the pressure of non-governmental organizations, legislative regulations; globally integrated businesses are determined to redesign their strategic goals with a sustainable perspective. Because currently, businesses are evaluated not only by the goods and services they produce, but also by the social benefit they create. Within the realities of the 21st century, those businesses are expected to adopt the sustainability approach; which features economic, environmental and social dimensions and is also known as "triple bottom line approach"; principally in all operational processes. Due to several reasons; such as politics and economics, cost advantage, staff and time savings, fall in transportation costs, new communication technologies etc.; businesses head towards outsourcing, which is one of these operational processes. One of the most important fields of outsourcing is supplier selection. The aim of this study is to select the best sustainable supplier of a business which operates in vehicle battery industry in Turkey among five suppliers; that the business provide the plastic materials used in manufacturing; from France (1), Bulgaria (1) and Turkey (3), based on triple bottom line approach. In this context, firstly an extensive literature review was conducted. Then, the criteria were determined according to the literature review and the evaluations of the sectoral and academic experts. Afterwards, the solution of the sustainable supplier selection problem (SSSP) was performed by using fuzzy multi criteria decision making methods (FMCDM) which have many areas of utilization and proven to be accurate and reliable. Fuzzy TOPSIS, fuzzy VIKOR and fuzzy TODIM methods were used in SSSP solution. Within these methods, the best sustainable supplier selection was performed by sorting the alternatives. Finally, the results of each method were compared and the relationships were analyzed using Spearman correlation analysis.

Science Code : 114606
Key Words : Sustainability, sustainable supplier selection, triple bottom line, fuzzy set theory, fuzzy multi-criteria decision making, fuzzy TOPSIS, fuzzy VIKOR, fuzzy TODIM
Page Number : 214
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Uğur ÖZCAN

TEŞEKKÜR

Bu çalışma da bana maddi manevi destek veren ve her konuda yardımlarını esirgemeyen, beni yetiştiren, iyi bir akademisyen olmanın yanısıra hoşgörülü bir insan olan, değerli danışman hocam Doç.Dr. Uğur ÖZCAN'a tüm katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinin her aşamasında yapıcı yönlendirmeleri ile desteklerini herzaman hisettiğim, Doç. Dr. Metehan TOLON ve Doç. Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN hocalarıma ve çalışmaya değerli görüşleriyle katkıda bulunan Prof. Dr. Türksel Kaya BENSGHİR ve Prof. Dr. Haluk SOYUER hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Uzaktan duaları ile herzaman yanımda olan bana herşeyden önce iyi insan olmayı öğreten, sevgili Hatice anacığıma ve Ejder babama, Figen ve Fatma ablalarıma ve kardeşim Hakan'a sonsuz minnet ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Doktora sürecini birlikte göğüslediğimiz, zor ve çetin bir süreç olan bu süreçte fedakârlıklarıyla benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her umutsuzluğa düştüğümde elimden tutup kaldıran, bana benden daha çok inanan sevgili eşim Aslıhan DOĞAN'a unutulmaz destekleri, fedakârlıkları ve sabrı için çok teşekkür ederim. Klavyenin her başına geçtiğimde baba benimle oynarmısın dediğinde yine mi çalışacaksın baba deyip boynunu büküp giden, birlikte geçireceğimiz vakti çaldığım yavrum, biricik kızım Mihrişahıma da çok teşekkür ederim. Doktora savunmasından sonra hocalarımın teveccüh gösterip bana giydirdiği cübbemi bana esas giydiren tüm aileme armağan ediyorum.

Son olarak bu süreçte esnek ve yapıcı yaklaşımlarıyla bizi teşvik eden ve her zaman yanımızda olan Enstitü yönetimi ve çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca her birinin yanımda ayrı bir yeri olan ve çok özel anılar paylaştığım değerli akademisyen çalışma arkadaşlarıma bu unutulmaz Ankara günleri için çok teşekkür eder, bundan sonraki süreçte çalışmalarında başarılar dilerim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 7

2.1. Literatür Araştırma Metodolojisi 7

2.2. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimiyle İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar 8

2.3. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Literatürü Frekans Analizi 19

3. KARAR VERME 23

3.1. Karar Verme Süreci 24

3.2. Karar Verme Türleri 26

3.2.1. Kriterlere göre karar verme 26

3.2.2. Karar ortamlarına göre karar verme 30

3.2.3. Karar verici durumuna göre karar verme 31

3.2.4. Yapılarına göre karar verme 33

3.3. Kararsızlık Nedenleri ve Sonuçları 34

4. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME 37

4.1 Bulanık Mantık 37

Sayfa

4.2. Bulanık Küme Teorisi 38
4.2.1. Bulanık kümelerin temel karakteristik özellikleri 41
4.2.2. Bulanık sayılar 44
4.2.3. Üçgensel bulanık sayılar 44
4.2.4. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler 45
4.2.5. Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonları 47
4.2.6. Dilsel değişkenler 48
4.2.7. Durulaştırma 49
4.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri 51
4.3.1. Bulanık TOPSIS.....52
4.3.2. Bulanık VIKOR 59
4.3.3. Bulanık TODIM.....65
5. SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ 75
5.1. Geleneksel Tedarikçi Seçim Yaklaşımı 75
5.2. Yeşil Tedarikçi Seçim Yaklaşımı 76
5.3. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Yaklaşımı 78
5.3.1. Sürdürülebilirlik.....79
5.3.2. Sürdürülebilirlikle ilgili tarihsel gelişmeler.....81
5.3.3. Üçlü performans yaklaşımı 83
5.3.4. Sürdürülebilir tedarik zinciri.....85
5.3.5. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi.....87
5.3.6. Sürdürülebilir tedarikçi seçim problemi 91
5.3.7. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri.....92
5.3.8. Sürdürülebilir tedarikçi seçim yöntemleri 95

Sayfa

6. UYGULAMA 99

6.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı 99

6.2. Uygulamada Kullanılacak Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi 100

6.2.1. Ekonomik kriterler 104

6.2.2. Çevresel kriterler 107

6.2.3. Sosyal kriterler 111

6.3. STS Probleminin Çözümünde Kullanılacak Olan Modelin Oluşturulması 114

6.4. STS Probleminin Çözümünde Kullanılacak Olan Yöntemlerin Belirlenmesi 116

6.5. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık TOPSIS Uygulaması 120

6.5.1. Karar vericilerin ve alternatiflerin belirlenmesi 120

6.5.2. Karar vericilerin karar kriterlerini ve karar kriterlerine göre alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirmesi 121

6.5.3. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi 123

6.5.4. Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması 125

6.5.5. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması 130

6.5.6. Bulanık pozitif ve bulanık negatif ideal çözümlerin belirlenmesi 132

6.5.7. Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması 132

6.5.8. Yakınlık katsayılarının hesaplanması 137

6.5.9. Alternatiflerin sıralanması 138

6.5.10. Duyarlılık analizi 138

6.6. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık VIKOR Uygulaması 141

6.6.1. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve bulanık karar matrisinin oluşturulması 141

6.6.2. Bulanık en iyi değerlerin ve bulanık en kötü değerlerin belirlenmesi 141

Sayfa

6.6.3. En iyi bulanık değerlere olan uzaklıkların toplamı ve en kötü bulanık değerlere olan maksimum uzaklığın belirlenmesi....143

6.6.4. Maksimum grup faydasının ve karşıt görüşlerin minimum pişmanlığının bir arada değerlendirilmesi (Qi) 147

6.6.5. Durulaştırma 148

6.6.6. Uzlaşık çözümün belirlenmesi....149

6.6.7. Alternatiflerin sıralanması 150

6.6.8. Duyarlılık analizi 151

6.7. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık TODIM Yönteminin Uygulanması....153

6.7.1. Dilsel değişkenlerin belirlenmesi ve belirlenen dilsel değişkenlerle alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilmesi 153

6.7.2. Bulanık kriter ağırlıklarının normalize edilmesi....153

6.7.3. Kazanç ve kayıp matrislerinin belirlenmesi....155

6.7.4. Kriterlerin göreli ağırlıklarının belirlenmesi....158

6.7.5. Baskınlık derecesi matrislerinin belirlenmesi....158

6.7.6. Alternatiflerin sıralanması 163

6.7.7. Duyarlılık analizi 165

6.8. Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması....168

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 171

KAYNAKLAR 177

EKLER....195

EK-1. Karar verici 1'in tedarikçileri sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre dilsel değişkenlerle değerlendirmesi....196

EK-2. Karar verici 2'in tedarikçileri sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre dilsel değişkenlerle değerlendirmesi....197

EK-3. Karar verici 3'ün sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre tedarikçileri dilsel değişkenlerle değerlendirmesi....198

Sayfa

EK-4. Alternatiflerin değerlendirilme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi 199

EK-5. Karar kriterleri için elde edilen kazanç ve kayıp matrisleri 204

EK-6. Karar kriterleri için elde edilen baskınlık skoru matrisleri 207

ÖZGEÇMİŞ 211

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Kriterlerin önem ağırlığının belirlenmesinde kullanılan dilsel değişkenler 53

Çizelge 4.2. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler.....54

Çizelge 4.3. Herhangi bir A_i alternatifinin kabul edilme koşulu 58

Çizelge 5.1. Üçlü performans yaklaşımı.....84

Çizelge 5.2. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi tanımlar 87

Çizelge 5.3. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri ekonomik boyut 93

Çizelge 5.4. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri çevresel boyut 93

Çizelge 5.5. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri sosyal boyut 94

Çizelge 6.1. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri.....100

Çizelge 6.2. Literatürde yer alan sürdürülebilir tedarikçi seçimi değerlendirme kriterleri 101

Çizelge 6.3. STS literatüründe kullanılan yöntemler.....116

Çizelge 6.4. Kriterlerin karar vericiler tarafından dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi.....121

Çizelge 6.5. Sürdürülebilir kriterlerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi.....122

Çizelge 6.6. Kriterlerin önem ağırlıkları.....124

Çizelge 6.7. Bulanık karar matrisi 127

Çizelge 6.8. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi 129

Çizelge 6.9. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi 131

Çizelge 6.10. Bulanık ideal çözümlere olan uzaklık değerleri 135

Çizelge 6.11. Alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin d_i^* ve d_i^- değerleri 136

Çizelge 6.12. Bulanık TOPSIS yöntemi duyarlılık analizi sonuçları 139

Çizelge 6.13. Kriterlerin bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerleri.....142

Çizelge 6.14. Alternatif tedarikçilerin en iyi bulanık değere olan uzaklıkları.....145

Çizelge 6.15. Alternatif tedarikçilerin $\tilde{S}_i$ değerleri 146

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.16. Alternatif tedarikçilerin $\tilde{R}_i$ değerleri 147

Çizelge 6.17. $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$ ve $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ değerleri 147

Çizelge 6.18. Sürdürülebilir alternatif tedarikçilerin $\tilde{Q}_i$ değerleri 148

Çizelge 6.19. S_i, R_i ve Q_i indeks değerleri ve alternatiflerin sıralanması.....149

Çizelge 6.20. Bulanık VIKOR yöntemi duyarlılık analizi sonuçları 151

Çizelge 6.21. Bulanık kriter ağırlıklarının durulaştırılması 154

Çizelge 6.22. Normalize edilmiş değerler.....155

Çizelge 6.23. Kriterlerin göreli/nispi ağırlıkları 158

Çizelge 6.24. E3 kriterinin kazanç baskınlık skorları 159

Çizelge 6.25. E3 kriterinin kayıp baskınlık skorları 160

Çizelge 6.26. E3 kriterinin toplam baskınlık skorları 161

Çizelge 6.27. Bulanık TODIM yöntemi duyarlılık analizi sonuçları.....165

Çizelge 6.28. Uygulamada kullanılan bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçları 168

Çizelge 6.29. Spearman sıralama korelasyon katsayısı ile uygulama sonuçların karşılaştırılması 169

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Literatür araştırma metodolojisi 7

Şekil 2.2. Makale sayılarının yıllara göre dağılımı.....19

Şekil 2.3. Uygulama alanlarının sektörel dağılımı.....20

Şekil 2.4. STS uygulamalarının yapıldığı ülkeler.....21

Şekil 3.1. Karar verme aşamaları.....24

Şekil 4.1. Yüksek ateş problemi için klasik küme ve bulanık küme yaklaşımları.....40

Şekil 4.2. Ateşin şiddeti için tanımlanmış kümeler 40

Şekil 4.3. Normal ve normal olmayan bulanık küme örnekleri.....41

Şekil 4.4. A bulanık kümesinin desteği ve merkezi.....42

Şekil 4.5. Konveks bulanık küme örneği 43

Şekil 4.6. Konveks ve konveks olmayan bulanık küme örnekleri.....43

Şekil 4.7. Bulanık sayı aralıkları.....44

Şekil 4.8. Üçgensel bulanık sayı örneği.....45

Şekil 4.9. Örnek bulanık sayı işlemleri.....46

Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının alabildiği şekiller.....47

Şekil 4.11. Genç için uyumluluk fonksiyonu.....48

Şekil 4.12. Çözüm uzayında X ile Y alternatiflerinin ideal ve ideal olmayan çözüme uzaklıkları.....53

Şekil 4.13. Kriterler için dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları.....54

Şekil 4.14. Alternatifler için dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları 55

Şekil 4.15. İdeal ve uzlaşık çözümler 59

Şekil 4.16. Beklenti teorisinin değer fonksiyonu/TODIM yönteminin değer fonksiyonu 66

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.1. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi 90

Şekil 5.2. Modelleme yaklaşımları kategorisinin sınıflandırılması 96

Şekil 5.3. Tedarikçi değerlendirme ve seçiminde analitik yaklaşımlar 97

Şekil 6.1. Çevresel faktörlerin ürün ve süreç tasarımına sistematik olarak entegrasyonu.....108

Şekil 6.2. Sürdürülebilir tedarikçi seçim modeli 115

Şekil 6.3. STS literatüründe kullanılan yöntemlerin yüzdesel dağılımı 118

Şekil 6.4. Çalışmanın genel çerçevesi.....119

Şekil 6.5. Sürdürülebilir tedarikçi seçimi için $d_i^* \ ve \ d_i^-$ değerlendirmesi 136

Şekil 6.6. Sürdürülebilir tedarikçilerin yakınlık katsayıları.....138

Şekil 6.7. FTOPSIS duyarlılık analizi sonuçları 140

Şekil 6.8. Alternatiflerin Q_i indeks değerleri.....150

Şekil 6.9. FVIKOR duyarlılık analizi sonuçları 152

Şekil 6.10. Sürdürülebilir tedarikçi adaylarının tam değerleri.....164

Şekil 6.11. FTODIM duyarlılık analizi sonuçları 166

Şekil 6.12. Bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması.....169

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
$\sim$	Bulanık küme
$\widetilde{w}_j$	Kriter ağırlığı
$\widetilde{\mathbf{D}}$	Bulanık karar matrisi
$\widetilde{R}$	Normalize bulanık karar matrisi
$\widetilde{V}$	Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi
$d(.,.)$	İki bulanık sayı arasındaki uzaklık ölçüsü
CC_i	Yakınlık katsayısı
$\tilde{f}_j^*$	Bulanık en iyi değer
$\tilde{f}_j^-$	Bulanık en kötü değer
$\tilde{S}_i$	En iyi bulanık değere olan uzaklık toplamı
$\widetilde{R}_i$	En kötü bulanık değere olan maksimum uzaklık
α	Kazanç
β	Kayıp
$\mathbf{A}$	Ölçülebilir/sınırlı alternatif küme
$\widetilde{X}$	Karar matrisi
S	Ölçülebilir/sınırlı dilsel terimler kümesi
$\widetilde{A}$	Üçgensel bulanık sayı
θ	Kaybı azaltma katsayısı
$\mathbf{A_i}$	Alternatif

Kısaltmalar	Açıklama
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
ANP	Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
BNP	Bulanık Olmayan En İyi Performans Değeri (The Best Nonfuzzy Performance)
COG	Alan Merkezi (Center of Area)
DE	Diferansiyel Evrim
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
ELECTRE	Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (Elimination Et Choix Traduisant La Realité)
FAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
FANP	Bulanık Analitik Ağ Süreci (Fuzzy Analytic Network Process)
FDEMATEL	Bulanık Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (Fuzzy Decision Making and Trial Evaluation Laboratory)
FIS	Bulanık Çıkarım Sistemi (Fuzzy İnference Systems)
FST	Bulanık Küme Teorisi (Fuzzy Set Theory)
FTODIM	Bulanık İnteraktif ve Çok Kriterli Karar Verme (Fuzzy Interactive and Multi-Criteria Decision Making)
FTOPSIS	Bulanık İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralama
FVIKOR	Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm
ISM	Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (İnterpretative Structural Modelling)

Kısaltmalar	Açıklama
KV	Karar Verici
MOM	En Büyüklerin Ortalaması (Mean of Maximum)
QFD	Kalite Fonksiyon Yayılımını (Quality Function Deployment)
SOM	Kendini Düzenleyen Haritalar (Self-Organization Maps)
STS	Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi
TODIM	İnteraktif ve Çok Kriterli Karar Verme (Interactive and Multi-Criteria Decision Making)
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralama (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
VIKOR	Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (Vıše Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
VZA (DEA)	Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
YBS	Yönetim Bilişim Sistemleri

1. GİRİŞ

Günümüzde tedarik zincirleri, artan rekabete, kaynakların tükenmesine, daha sıkı düzenlemelere ve paydaşların gereksinimlerine maruz kalmaktadır. Ayrıca işletmelerin tedarik zinciri yönetimlerine proaktif olarak sürdürülebilirlik ilkelerini dâhil etmeleri gereği konusunda toplumun her kesimi tarafından artan bir farkındalık oluşmuştur [1]. Walmart'a göre faaliyetleriyle ilgili toplam emisyonlarının %90'ından fazlası tedarik zincirlerinden kaynaklanmaktadır. Daha ilginç bir gerçek ise dünyanın en büyük 2500 küresel şirketinin dünyadaki sera gazı emisyonlarının %20'sinden fazlasından sorumlu olmasıdır [2]. Buna benzer gelişmelerin getirdiği gerçeklerle birlikte, işletmelerin uzun vadede ekonomik performanslarını iyileştirmede kritik iş süreçlerinin koordinasyonunda ekonomik, çevresel ve sosyal hedeflerinin bütünleşmesi ve gerçekleşmesi için sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi anlayışı ortaya çıkmıştır [1].

İşletmelerin sürdürülebilirliği benimsemesi ve tedarik zinciri faaliyetlerinde sürdürülebilir bir anlayışa yönelmeleri bazı önemli gelişmeler sayesinde mümkün olmuştur. Sürdürülebilirlik ilk olarak 1972'de Stocholm konferansında gündeme gelmiştir. 1987 Brundtland Raporu aracılığıyla dünya çapında siyasi gündeme taşınmıştır. 1992 Rio zirvesi sürdürülebilirlikle ilgili en önemli etkinliklerden biri olarak tarihe geçmiştir. 1997 Kyoto protokolü, 1997 küresel raporlama girişimi, 2000 BM küresel iklim sözleşmesi, 2005 BM sorumlu yatırım prensipleri, 2009 sürdürülebilir borsalar girişimi, 2012 Rio+20 zirvesi, 2013 uluslararası entegre raporlama çerçevesi tüm dünyada sürdürülebilir bir anlayışın hakim olmasına katkıda bulunan diğer önemli gelişmelerdir.

Küresel çapta yaşanan bu gelişmelerin bir yansıması olarak Türkiye'de faaliyet gösteren işletmeler, yasal ve ulusal kararlar ile birlikte sürdürülebilirlik anlayışını geliştirmektedir. Sürdürülebilirlik unsurlarını benimseyen işletmelerin, küresel alanda rekabet gücünü arttırarak rekabet avantajı elde edeceği görülmektedir. Özellikle değişen ve gelişen tüketici konsepti doğal kaynakların korunması, ürün verimliliğin artırılması, ürün sorumluluğu, çevresel ve toplumsal uygulamaların gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda hızla gelişen sürdürülebilirlik konusu ekonomik, çevresel ve sosyal alanlarda farklı uygulamalar, politikalar, modeller, stratejiler ve projelerle gelişimini sürdürmektedir. Türkiye'nin Onuncu Kalkınma Planı'nda sürdürülebilir kalkınmanın yer alması, Bakanlıklar

ile ortak araştırmaların ve raporların hazırlanması, Borsa İstanbul'da 2014 yılında Sürdürülebilirlik Endeksinin işlem görmeye başlaması, Türkiye'nin sürdürülebilirlik gündemini hızla ele aldığını göstermektedir [3].

Dünyada ve Türkiye'de işletmelerin yönetim anlayışlarını etkileyen ve etkilemesi gereken bu yeni yaklaşım, işletme faaliyetlerini özelliklede uluslararası alanda faaliyet gösteren işletmelerin faaliyetlerini araştıran ve takip eden sivil toplum örgütleri, sendikalar, öğrenci grupları vb. baskı grupları tarafından çok hızlı bir şekilde kabul görmüştür. Bu gelişmelerle birlikte sürdürülebilirlik, önde gelen küresel işletmeler tarafından ileriye yönelik faaliyetler kapsamında temel bir işletme prensibi olarak benimsenmiştir. Bir işlemenin sürdürülebilir olabilmesinin en önemli anahtarı olarak, ekonomik faktörlerin yanında sosyal ve çevresel faktörlere de eğilimli olması gösterilmiştir. İşletmelerde ortaya çıkan güçlü yaşam tarzı taleplerinin getirmiş olduğu sosyal sorunlar ile toprak, hava, su, biyoçeşitlilik, yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklara ilişkin çevresel sorunlar işletme yönetiminin temel sorunları haline gelmiştir. İşletmelerin bu gibi sorunların üstesinden gelebilmek ve sürdürülebilirliği sağlayabilmek için ekonomik konuların yanı sıra çevresel, sosyal ve insani konularda da tedarikçileriyle işbirliğini artırması neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir [4].

Tedarikçilerle sürdürülebilirlik açısından işbirliğini arttırmak en temelde tedarik zincirinin başarılı bir şekilde yönetilmesinden geçmektedir. Tedarik zincirlerinin aksamasına yol açan belirsizlikler nedeniyle küresel tedarik zincirlerinin yönetimi oldukça zor bir hale gelmiştir. Bu durum, tedarik zincirlerinin yalnızca etkin ve verimli olmasını değil aynı zamanda bu aksaklıkların giderilmesine yönelik operasyonlarında esnek olmasını gerektirmektedir. Tedarik zincirlerini etkileyen en önemli tedarik zinciri üyesinin çoğunlukla tedarikçiler olduğu düşünüldüğünde, bir işletmenin tedarik zinciri sürecinde yaşanabilecek herhangi bir aksaklığın üstesinden gelebilmesi için tedarikçi seçiminde esnek ve sürdürülebilir olması gerekir [5].

En iyi tedarikçiyi seçmek, etkin bir iş ilişkisi oluşturmak ve başarıyla rekabet etmek için vazgeçilmez ve kritik bir konu olarak kabul edilmiştir [6]. Tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci, etkileyen faktörlerin çeşitliliği, nicel ve nitel seçim kriterlerinin karışımı, tedarik zincirinde yer alan tedarikçilerin genişliği ve çeşitliliği gibi nedenlerden dolayı oldukça karmaşıktır. Dış kaynak kullanımına ve maliyet avantajı sebebiyle ülke dışı üretime eğilimin artması, karmaşık ve sıkılaştırılmış yönetimsel ve bölgesel politikalar, çelişkili örgütsel ve

tedarik zinciri hedefleri vb. konular tedarikçi seçim kararlarının önemini ve karmaşıklığını arttırmıştır [7]. Bununla birlikte geleneksel olarak firmaların tedarikçi performansını değerlendirmede kullandıkları fiyat, kalite ve tam zamanında üretim gibi kriterler çevresel kriterler olarak tedarikçi değerlendirilmesinde yeterli olmamaktadır. Firmalar artık tedarikçilerin çevresel performansını ölçme ve değerlendirmede çevresel konuları dikkate almakta ve bu kapsamda yeşil tedarik zinciri uygulamalarına yönelmektedirler [8]. Yeşil tedarik zinciri uygulamalarından birisi olan yeşil tedarikçi seçimi, ekonomik kriterlerin yansıra çevresel performansın direk ölçüldüğü, çevresel yönetim sistemleri, yeşil imaj, eko-dizayn vb. gibi çevresel kriterlerinde seçime dahil edildiği bir süreci ifade etmektedir.

Dünya çapında yaşanan gelişmeler, tüketicilerin artan çevre farkındalığı, yasal düzenlemeler, sivil toplum örgütlerinden gelen baskılar vb. gibi nedenlerden dolayı işletmeler için artık sadece yeşil tedarik zinciri uygulamaları yeterli olmamaktadır. Bu bağlamda, işletmeler BM küreresel ilkeler sözleşmesinin maddeleri arasında da yer alan, insan hakları ihlallerine fırsat tanımama, çocuk işçi çalıştırılmasının önüne geçme, işe alım ve çalışma süreçlerinde ayrımcılığın önüne geçme vb. sosyal perspektifin, ekonomik ve çevresel perspektifle birlikte sürece dâhil edildiği ve "sürdürülebilirlik" olarak adlandırılan yeni bir konsepte yönelmekte ve bunun bir sonucu olarak sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarına ağırlık vermektedirler. Sürdürülebilir tedarik zinciri uygulamalarından birisi olan sürdürülebilir tedarikçi seçimi, bu yeni konseptte yer alan üç temel boyutu birlikle ele alarak tedarikçi seçimini gerçekleştirmeyi ifade etmektedir.

İşletmelerin bu yeni konsepte adapte olabildiği ölçüde tedarik zincirlerinin performanslarını arttırabileceği, tedarikçi seçiminde ise en iyi sürdürülebilir performansı yakalama şansına sahip olabileceğini söylemek mümkündür.

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde, tedarikçi seçiminin doğası gereği karmaşık olan süreç biraz daha kapsamlı hale gelmektedir. İşletmeler en iyi sürdürülebilir tedarikçiyi seçerken birden çok amaç ve/veya birden çok nitelik düşünmek durumunda kalmaktadırlar. İşletmelerin karşı karşıya kaldığı bu zorluğu aşmada çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) işletmelere yardımcı olmaktadır. ÇKKV yöntemleri birden çok amaç ve/veya birden çok niteliği bir arada değerlendirerek karşılaşılan problemlerin çözümünde karar vericilere öneriler sunmaktadır. ÇKKV yöntemleri temelde çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve çok nitelikli/ölçütlü (ÇNKV/ÇÖKV) karar verme olmak üzere ikiye

ayrılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yöntemler ikinci kategoride yer almaktadır. Bu nedenle çalışmada ifade edilen ÇKKV terimi ÇNKV/ÇÖKV yöntemlerine atıfta bulunmak için kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de akü sektöründe faaliyet gösteren bir ana üretici işletmenin, akü imalatında kullanılan plastik malzemeleri temin ettiği Fransa (1), Bulgaristan (1) ve Türkiye (3)'de faaliyet gösteren toplam beş tedarikçisi arasından üçlü performans yaklaşımına dayalı en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimini bulanık ÇKKV yöntemleri kullanarak gerçekleştirmektir. Bu amaçla çalışmada, sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin çözümünde bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemlerinin kullanılması hedeflenmiştir. Bu yöntemlerle öncelikle alternatiflerin sıralaması yapılarak en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiş daha sonra ise elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. *İlk bölümde,* çalışma konusu ele alınmış dünya ve Türkiye'de sürdürülebilirlikle ilgili gelişmelerden bahsedilmiş, amaç ve yöntemle birlikte genel hatlarıyla çalışmada neler yapıldığı ifade edilmiştir. *İkinci bölümde,* sürdürülebilir tedarikçi seçimiyle ilgili literatürde yer alan çalışmalar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümler çalışmanın kavramsal çerçevesini oluşturmaktadır. Buna göre *üçüncü bölümde*, karar verme, karar verme süreci ve karar verme türlerine değinilmiştir. *Dördüncü bölümde*, bulanık çok kriterli karar verme, bulanık mantık, bulanık küme teorisi (FST), bulanık kümelerin temel karakteristik özellikleri, bulanık sayılar, dilsel değişkenler, durulaştırma konuları ele alınmış ve çalışmada kullanılan bulanık ÇKKV yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. *Beşinci bölümde*, öncelikle tedarikçi seçimi geleneksel, yeşil ve sürdürülebilir aşamalarıyla ele alınarak bütünsel bir bakış açısı ortaya konmaya çalışılmıştır. Daha sonra, genel olarak sürdürülebilirlik ve sürdürülebilirlikle ilgili gelişmelere, çalışmanın temel dayanak noktasını oluşturan üçlü performans yaklaşımına ve destekleyici unsurlarına, sürdürülebilir tedarik zincirine, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine, sürdürülebilir seçim problemine, sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine ve son olarak sürdürülebilir tedarikçi seçim yöntemlerine değinilmiştir.

Altıncı bölüm, bu bölüm çalışmanın uygulama kısmını oluşturmaktadır. Bu bölümde öncelikle uygulamanın yapıldığı işletme hakkında kısa bilgi verilmiştir. Sonra, uygulamada kullanılacak sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterler belirlenirken literatürden elde edilen bilgilerden, karar verici komitede yer alan sektör uzmanlarından ve akademik uzmanların görüşlerinden faydalanılmıştır. doğrultusunda belirlenmiştir. Daha sonra sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılacak olan hiyerarşik model oluşturulmuştur. Son olarak uygulamada kullanılacak çözüm yöntemleri belirlenerek bu yöntemlerle sürdürülebilir tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

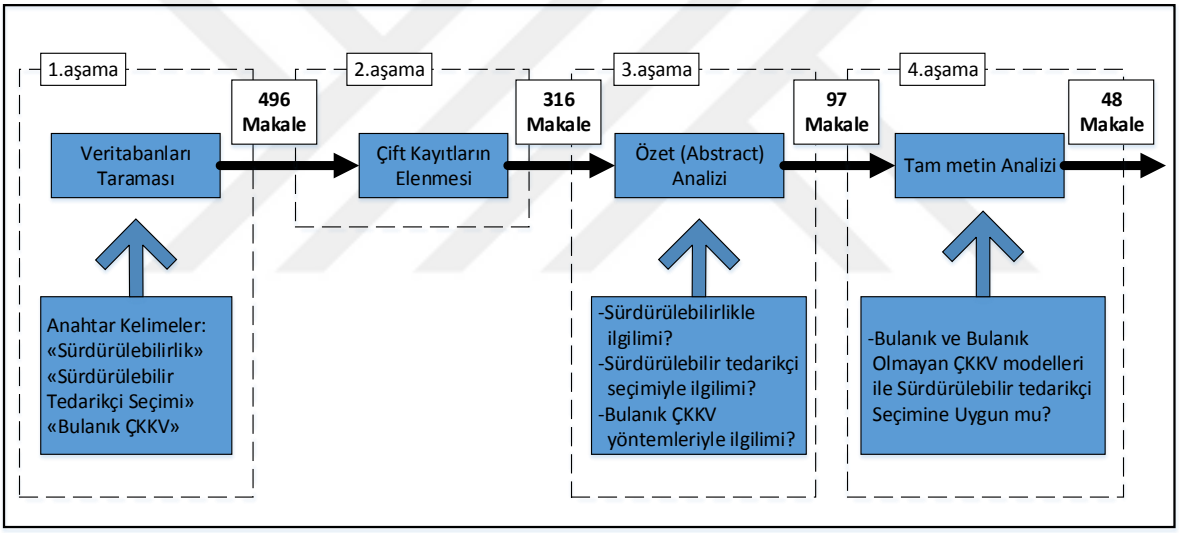
Son bölümde sürdürülebilir tedarikçi seçimiyle ilgili elde edilen sonuçlarla birlikte çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak bundan sonra yapılabilecek çalışmalara dair önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde sürdürülebilir tedarikçi seçimine yönelik literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimi (STS) bulanık ÇKKV'ye dayalı olarak gerçekleştirilmesine rağmen, literatür araştırmasında STS ile ilgili bulanık ve bulanık olmayan tüm ÇKKV çalışmalarına yer verilmiştir.

2.1. Literatür Araştırma Metodolojisi

Literatür araştırması belirli bir metodoloji gözetilerek gerçekleştirilmiştir. STS kapsamında incelenen çalışmaların metodolojisi aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1. Literatür araştırma metodolojisi

Şekil 2.1'deki metodolojiye göre literatür araştırması dört aşamada gerçekleştirilmiştir. 1. aşamada scopus, web of science, science direct, gazi search, google akademik veri tabanlarında anahtar kelimelerle yapılan taramalar sonucu ulusal ve uluslararası alanda yayınlanmış toplam 496 makaleye ulaşılmıştır. 2. aşamada incelenen yayınlar arasında çift kayıtlar olduğu tespit edilmiş ve elemeler sonucu makale sayısı 316'ya indirilmiştir. 3. aşamada özet (abstract)'lar incelenmiş ve makale sayısı 97'ye indirilmiştir. Son aşamada ise tam metinler incelenerek sürdürülebilir tedarikçi seçimiyle doğrudan ilgili 48 makalenin çalışmada yer almasına karar verilmiştir

2.2. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimiyle İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar

STS ile ilgili, çalışma kapsamına dâhil edilen 48 makaleyi tanımlayan özet bilgiler aşağıda belirtildiği gibidir.

Luthra, Govindan, Kannan, Mangla ve Garg (2017) çalışmalarında AHP ve TOPSIS yöntemleri ile bütünleşik bir model önererek Hindistan'da otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede sürdürülebilir tedarikçi seçimi (STS) ve değerlendirmesi yapmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, çevresel maliyetler, ürün kalitesi, ürün fiyatı, iş sağlığı ve güvenliği ve çevresel yetkinlikler sürdürülebilir tedarikçi seçiminde en iyi beş kriter olarak sıralanmıştır. Çalışmanın hem tedarikçi seçim kriterleri hem de etkili STS açısından işletme profesyonellerine ve yöneticilere yol gösterebileceği belirtilmiştir.

Zimmer, Fröhling ve Schultmann (2016) STS izlenmesi ve geliştirilmesinde karar vermeyi destekleyen modellere odaklanarak ilgili bilimsel literatürü analiz etmişlerdir. Bu kapsamda 1997-2004 yılları arasında 143 makaleyi incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucu, son yıllarda akademik çevrelerce bu konunun gittikçe daha popüler hale geldiği, analitik hiyerarşi süreci, analitik ağ süreci ve bulanık tabanlı yaklaşımların araştırmalarda daha baskın olduğu, nihai değerlendirme ve seçim sürecine odaklanıldığı, sosyal ve niceliksel ölçütlerin ise çalışmalarda çok az kullanıldığı gibi başlıca bulguları tespit etmişlerdir.

Jauhar ve Pant (2016a) yeni bir diferansiyel evrim (DE) stratejisi ile Hindistan'da otomotiv sektöründe iki uygulama yapmışlardır. Bu çalışmalarda, DEA (data envelopment analysis) tabanlı matematiksel model için bir optimizasyon aracı olan DE uygulanmış ve çözüme gidilmiştir. Bu yöntemle, iki uygulama için ayrı ayrı olmak üzere sürdürülebilir tedarikçilerin etkinlik skorları belirlenerek tedarikçilerin sıralaması yapılmıştır.

Jauhar ve Pant (2016b) başka bir çalışmalarında, Hindistan'da otomotiv sektöründe DE algoritması ve DEA kullanarak sürdürülebilir tedarikçilerin seçim ve değerlendirmesini yapmışlardır. Önceki çalışmalarından farklı olarak burada aynı girdi ve çıktılarla DE algoritması ve DEA ile problem ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçların etkinlik karşılaştırılması yapılarak etkin veya etkin olmayan sürdürülebilir tedarikçiler belirlenmeye çalışılmıştır.

Jauhar ve Pant (2017) çalışmalarında ise, Hindistan otomotiv sektöründe geleneksel çok kriterli performans değerlendirme aracı olan VZA ile DE algoritması ve daha sonra çok amaçlı diferansiyel evrim (MODE) 'i birlikte kullanarak sürdürülebilir tedarikçi seçimi için etkin bir sistem geliştirmeye çalışmışlardır. Önerilen model ile elde edilen sonuçlara göre, VZA'ın DE ve MODE ile birlikte entegrasyonunun DEA'nın dezavantajlarının bertaraf edilmesini ve dolayısıyla daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağladığı görülmüştür.

Girubha, Vinodh ve Kek (2016) yorumlayıcı yapısal modelleme (ISM-interpretative structural modelling) ile çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini bütünleştirerek Hindistan'da elektronik anahtar sektöründe üretim yapan bir işletmenin en iyi STS'ni gerçekleştirmeye çalışmışlardır. Tedarikçi seçim probleminin: kriterler arasındaki etkileşimin anlaşılması, adlandırılması, ağırlıkların hesaplanması ve tedarikçilerin sıralanması gibi en önemli üç aşamasında, ISM- ANP-ELECTRE II ve ISM-ANP-VIKOR olmak üzere iki hibrit yaklaşım ele alınmıştır. Bu yaklaşımlar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak en iyi sürdürülebilir tedarikçi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sarkis ve Dhavale (2015) spesifik seçim amaçları doğrultusunda tedarikçi seçimi ve sıralaması yapabilmek için Bayes teoremine ve Monte Carlo Markov zinciri simülasyonuna dayanan yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımın daha yeni ve daha karmaşık karakteristikleri (daha küçük ve hatalı veri) olan sürdürülebilir karar ortamları gibi ortamlarda da etkili olduğu ifade edilmiştir. Önerilen model varsayımsal olarak çözülmüş, simülasyondan elde edilen sonuçların tedarikçi performansı hakkında zengin bilgi sağladığı belirtilmiştir.

Orji ve Wei (2015) sürdürülebilir tedarikçi seçiminde bulanık mantık ve sistem dinamiklerinin yenilikçi bir şekilde bütünleştirilmesini sağlamışlardır. Bulanık ortamlarda tedarikçi davranışları hakkındaki bilgiler ile sistem dinamikleri simülasyon modelleme yöntemini bütünleştirerek daha güvenilir ve sorumlu bir karar destek sistemi oluşturulmasını sağlayan yeni bir modelleme yaklaşımı sunmuşlardır. Çin'de dişli üretiminde bulunan bir işletmede yapılan simülasyon sonuçları, tedarikçilerin sürdürülebilirlik yatırım oranlarındaki bir artışın toplam sürdürülebilirlik performansında da anlamlı bir artışa neden olduğunu ortaya koymuştur. Son olarak, bir dinamik çok kriterli karar alma modeli sunularak sistem dinamiği modelinin sonuçları ile bu modelin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Gold ve Awasthi (2015) sürdürülebilir küresel tedarikçi seçimi için, alt tedarikçilerden gelen sürdürülebilirlik risklerini de kapsayan iki aşamalı bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) yaklaşımını önermişlerdir. Önerilen model bir imalat işletmesinde uygulanarak işletmenin küresel tedarikçilerinin sürdürülebilirlik açısından kapsamlı bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

Azadnia, Saman, Wong, Ghadimi ve Zakuan (2012) yapmış oldukları çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin çözümü için, genellikle veri kümelemede kullanılan ve sinir ağlarının bir çeşidi olan kendini düzenleyen haritalar (SOM/Self-Organization Maps) ile çok kriterli karar alma yöntemlerini (F-AHP ve TOPSIS) bütünleştiren bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşım üç aşamada gerçekleşmektedir. 1. aşamada; karar vericilerin görüşleri doğrultusunda kriter ve alt kriterler değerlendirilerek kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir. 2. aşamada: kendini düzenleyen haritalar yöntemi ile tedarikçiler kümelenmiştir. 3.aşamada; TOPSIS yöntemi ile tedarikçiler sıralanarak en iyi tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelin verimliliği, İran otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulanarak değerlendirilmiştir.

Azadnia, Saman ve Wong (2015) sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve siparişlerin karşılanmasında karşılaşılan problemlerin (sipariş sürelerinin sıklığı, ürün çeşitliliği) çözümü için kural tabanlı ağırlıklandırılmış bulanık yöntem, F-AHP ve çok amaçlı matematiksel programlamayı (MOMP) bütünleştirerek yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Önerilen model, gıda sektöründe faaliyet gösteren ve aynı zamanda İran'ın en büyük ve en ünlü et üreticisi olan bir işletmede uygulanmıştır. Uygulama sonuçları, tek amaçlı maliyet tabanlı yaklaşım ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, ekonomik, çevresel ve sosyal kriterlerin modelde yer almasıyla birlikte sürdürülebilir satın alımların toplam değerinin tek amaçlı maliyet tabanlı yaklaşıma göre daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Dawei, Hamid ve Chin (2014) geleneksel tedarikçi seçimi, sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve Çin'de gerçekleştirilen tedarikçi seçimi çalışmalarıyla ilgili karşılaştırmalı bir literatür araştırması yapmışlardır. Bu araştırma sonuçlarından elde edilen bulgularla birtakım değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Ghadimi ve Heavey (2014) kural tabanlı bulanık çıkarım sistemi (FIS-fuzzy inference systems) ile sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Bulanık çıkarım sistemi ile İrlanda'da tıbbi cihaz endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmenin sürdürülebilir tedarikçilerini belirleyerek sürdürülebilir bir satın almanın bir üreticiyi sürdürülebilir üretime yönlendirebileceği sonucuna varmışlardır.

Ghadimi, Dargi ve Heavey (2017a) bulanık çıkarım sistemi (FIS) tabanlı denetleme kontrol listesi yaklaşımı ile sürdürülebilir tedarikçilerin performans skorlarını belirlemeye çalışmışlardır. Önerilen yaklaşım İran'da otomotiv yedek parça üreticisi olan bir işletmede uygulanarak çalışmanın teorik ve pratik sonuçları ortaya konulmuştur.

Amindoust, Ahmed, Saghafinia ve Bahreininejad (2012) çalışmalarında, STS kriterleri ve alt kriterlerini belirleyerek bu kriter ve alt kriterlere dayalı tedarikçi değerlendirilmesi ve sıralanması için bulanık çıkarın sistemine dayalı (FIS) bir metodoloji önermişlerdir. Üç aşamadan oluşan ve bulanık çıkarım sistemine dayalı bu yeni sıralama metodu bir işletmede uygulanarak öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Büyüközkan ve Çifçi (2011) sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde kilit bir rol oynayan tedarikçi seçim süreci için sürdürülebilir ilkelere dayalı etkili bir modelin belirlenmesi problemini ele almışlardır. Bu kapsamda karar vericilerin zaman baskısı, deneyim eksikliği vb. karşı karşıya kalabileceği durumları da dikkate alan bulanık analitik ağ sürecine (F-ANP) dayalı yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirilen değerlendirme modelinin geçerliliği, Türkiye'de beyaz eşya endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmenin bazı tedarikçilerinin sürdürülebilirliği analiz edilerek ortaya konmaya çalışılmıştır.

Shalke, Paydar ve Keshteli (2017) çalışmalarında, sipariş sürelerinin sık olduğu, geniş ürün gamına sahip ve çok çeşitli tedarikçilerin yer aldığı tedarik zincirlerinde, STS ve siparişin karşılanmasını eş zamanlı olarak gerçekleştirebilmek için çok amaçlı matematiksel programlama (MOMP) modeli tasarlamışlardır. İran'da protein odaklı gıda ürünlerinin üretimi ve ambalajlanmasında aktif olarak faaliyette bulunan bir işletmede tasarlanan modelin uygulanabilirliği incelenmiştir.

Kumar, Rahman ve Chan (2017) ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere sürdürülebilirliğin üç boyutunu göz önünde bulundurarak tedarikçiler arasında siparişlerin

nasıl optimize edileceğini gösteren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma ile yazarlar, siparişlerin optimizasyonunda bu boyutları ihmal eden önceki çalışmalardan farklı olarak, gelişmiş bir tedarik zinciri oluşturabilmek için F-AHP ve çok amaçlı doğrusal programlamayı (MOMP) bütünleştiren bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Bu yaklaşım, Hindistan'da otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulanarak öneri ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Kaur, Singh ve Glardon (2016) AHP-FAHP, TOPSIS-F-TOPSIS, IRP (Yorumlayıcı Sıralama süreci), W-IRP gibi çok kriterli karar alma tekniklerinden elde edilen çeşitli sıralamaları birleştirerek tedarikçi seçimi için bir tamsayılı doğrusal programlama modeli (integer linear programming model) önermişlerdir. Önerilen bu model tedarikçileri sürdürülebilirlik ve esneklik bakış açısına göre değerlendirmektedir. Bu yaklaşım, İsviçre'de ambalajlama endüstrisi için makine ve hizmet sağlayan küresel bir işletmenin Hindistan, Almanya ve İsviçre'de yer alan tedarikçilerinin değerlendirilmesinde kullanılmış, böylelikle modelin geçerliliğinin incelenmesi sağlanmıştır.

Kaur ve Singh (2017) çalışmalarında, küresel tedarik zinciri için sadece kalite, güvenilirlik, sosyal ve çevresel gibi nitelik değişkenleri değil aynı zamanda maliyet, tedarikçi kapasitesi ve taşıma kapasitesi gibi nicel değişkenleri de kapsayan esnek, dinamik bir sürdürülebilir tedarik çerçevesi (Flexible dynamic sustainable procurement) sunmuşlardır. Niteliksel ve niceliksel değişkenleri birlikte ele alan model üretim alanında faaliyet gösteren bir işletmede uygulanarak, işletmenin en çok ve en az tercih edilen tedarikçi ve taşıyıcıları belirlenmiştir.

Fallahpour, Olugu, Musa, Wong ve Noori (2017) analitik hiyerarşi sürecinin en yeni ve en doğru bulanık modifikasyonlarından biri olan bulanık tercih programlamasını (fuzzy preference programing), bulanık TOPSIS ile bütünleştirerek yeni bir hibrit model geliştirmişlerdir. Hibrit model, İran'da tekstil üretiminde bulunan bir işletmede uygulanarak belirlenen kriterlere göre en iyi sürdürülebilir tedarikçi tanımlanmaya çalışılmıştır.

Winter ve Lasch (2016) moda ve giyim endüstrisinde faaliyet gösteren altı işletmeyi ele almış, bu işletmelerde satın alma, ürün geliştirme, sürdürülebilirlik (sürdürülebilir raporlar, sürdürülebilir ithalat, ihracat vb.) vb. pozisyonlarda çalışan uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirerek ampirik bir çalışma ortaya koymuşlardır. Tedarikçi değerlendirilmesinde çevresel ve sosyal konuların ele alındığı bu görüşmeler sonucunda

farklı işletme yaklaşımları tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırma bulguları ile tedarikçi değerlendirmesinde sosyal ve çevresel kriterlerin uygulanması ve önemi üzerine sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi literatürüne katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

Tavana, Yazdani ve Di Caprio (2017) çalışmalarında sürdürülebilir değişkenlerin birbirlerini nasıl geliştirdiğini ve etkilediğini sistematik bir şekilde analiz etmeye duyulan ihtiyaçtan dolayı sürdürülebilir tedarikçi seçim problemi için yeni bir bütünleşik çok kriterli karar verme yaklaşımını ele almışlardır. Bu yaklaşımda öncelikle ANP ve kalite fonksiyon yayılımı (quality function deployment) birleştirilmiş daha sonra oran analizine dayalı çok amaçlı optimizasyon ve bütünleşik ağırlıklı toplam ve çarpım modeli ile tedarikçilerin sıralaması yapılmıştır. Buna göre önerilen yöntem, müşteri değişkenleri ve teknik karar kriterleri arasında var olan bağımlılığın sistematik analizini ortaya koymuştur. Önerilen model İran'da süt endüstrisinde faaliyet gösteren küresel bir işletmede uygulanarak modelin geçerliliğinin incelenmesi sağlanmıştır.

Shahryari Nia, Olfat, Esmaeili, Rostamzadeh ve Antuchevičienė (2016) yeşil tedarik zinciri yönetimini, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimini ve tedarikçi seçim yaklaşımlarını inceledikten sonra sürdürülebilir tedarikçi seçimi için modifiye edilmiş bir Delphi yaklaşımı önermişlerdir. Buna göre, tedarikçi değerlendirilmesinde öznellikten ve belirsiz yargılardan kaçınmak için sezgisel bulanık değer ile sezgisel bulanık aralıklı değer kullanılmıştır. Bulanık choquet integrali operatörü ve bulanık ölçümler kullanılarak en iyi tedarikçi seçilmiş, sezgisel bulanık değer ile sezgisel bulanık aralıklı değer arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu yaklaşım, önerilen metodolojinin uygulanabilirliğini değerlendirmek için İran'da otomotiv üretim endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmeye uygulanmıştır.

Neumüller, Lasch ve Kellner (2015) bir işletmenin geleneksel, performansa ilişkin ve sürdürülebilir hedefleri açısından en uygun stratejik tedarikçi portföyünün şekillendirilmesi için kapsamlı bir metodoloji ve probleme ilişkin bir model önermişlerdir. Buna göre, stratejik tedarikçi portföy seçimini kurumsal sürdürülebilirlik hedefleriyle birlikte değerlendirebilmek için ANP ve amaç programlamayı (goal programming) bütünleştiren hibrit bir model geliştirmişlerdir. Modelin uygulanabilirliği ve güvenilirliği, otomotiv üreticilerinin sürdürülebilirlik performansına önemli katkılar sunan ve hibrit modeller için üretimde bulunan bir işletmede incelenmiştir.

Mukherjee (2016) müşteri siparişlerinde herhangi bir nedenden kaynaklanan olumsuzlukların önüne geçilebilmesine ve dengeli bir stok yönetiminin gerçekleştirilebilmesine olanak sağlayan erteleme stratejisi ile sürdürülebilir tedarik zinciri konseptini bütünleştirerek sürdürülebilir satın alma sürecini başlatan yenilikçi bir yöntem önermişlerdir. İki aşamalı olan bütünleşik yaklaşım, IF-AHP (intuitionsitic fuzzy analytic hierarchy) ve çok amaçlı genetik algoritmadan (multi-objective genetic algorithm) oluşmaktadır. Önerilen metodun, basit ve uygulanabilir olması, stokastik ve deterministik talepler için siparişe dayalı üretim sistemlerinin tekli ve çoklu kalemlerinde kullanılabilmesi, oluşabilecek risklere karşı tedarik güvenliğini dikkate alması gibi bazı avantajlarının olduğuna vurgu yapılmıştır. Son olarak, önerilen modelin geçerliliği Hindistan'da yer alan bir işletmede uygulanarak analiz edilmiştir.

Lin, Madu, Kuei, Tsai ve Wang (2015) ANP yöntemi ile Tayvan'da elektronik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede STS gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, sürdürülebilir ve yeşil tedarik zinciri yönetimi için tedarikçi seçiminde en önemli faktörün ürün tasarımı olduğu tespit edilmiştir.

Jia, Govindan, Choi ve Rajendran (2015) tekstil ve giyim endüstrisinde belirledikleri 12 kriter ile TOPSIS yöntemini kullanarak STS gerçekleştirmişlerdir. Belirlenen yöntem ile Hindistan'da tekstil ve giyim endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede uygulama yapılmıştır. Çalışmanın sektörle ilgili yöneticilere önemli katkılar sağlayabileceği belirtilmiştir.

Azadi, Jafarian, Saen ve Mirhedayatian (2015) sürdürülebilir tedarikçi seçim yöntemlerinden birisi olan DEA yöntemini genişleterek yeni bir model önermişlerdir. Önerilen model, İran'da kimyasal reçine üretimi gerçekleştiren bir işletmede uygulanmıştır. Elde edilen uygulama sonuçlarının belirsiz ortamlarda etkinliği, verimliliği ve üretkenliği başarılı bir şekilde ölçebildiği belirtilmiştir.

Güray, Yayla ve Yıldız (2015) bulanık tabanlı choquet integral yöntemi ile tedarikçilerin sürdürülebilir performanslarını ölçümlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda, Türkiye'de inşaat endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede önerilen yöntem başarıyla uygulanmış ve işletmenin en iyi sürdürülebilir tedarikçisi tespit edilmiştir.

Orji ve Wei (2014) F-DEMATEL ve TOPSIS tabanlı bir model önerisi ile STS gerçekleştirmişlerdir. Önerilen model Çin'de dişli üretiminde faaliyet gösteren bir işletmede uygulanarak tedarikçi performansları değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre, sürdürülebilir tedarikçi performanslarını sıralamada en önemli unsurun sosyal faktörler olduğu sonucu elde edilmiştir.

Mehregan, Hashemi ve Karimi (2014) çalışmalarında ISM ve F-DEMATEL'in bir arada kullanıldığı hibrit bir yaklaşımla sürdürülebilir tedarikçi seçiminde kullanılan kriterleri ve aralarındaki ilişkileri incelemeye çalışmışlardır. Bu hibrit yaklaşımın uygulaması, İran'da gaz endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular göre, "teknoloji", "yerel kalkınma" ve "yetişmiş insan kaynağı" kriterlerinin çalışmada belirtilen diğer kriterlere göre ön plana çıktığı ve aynı zamanda diğerlerini güçlü bir biçimde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Gimenez ve Tachizawa (2012) ortaya koydukları çalışmada, sürdürülebilir bir anlayışın tedarikçilerde nasıl daha etkin olabileceğine ilişkin bir literatür araştırması yapmışlardır. Çalışmanın amacını tedarikçilerin sürdürülebilir uygulamaları genişletmede kullandıkları yönetim yapıları (tedarikçi değerlendirmesi, tedarikçi işbirliği) üzerine odaklamışlardır. Bu kapsamda 1996-2011 yılları arasında yayınlanan 41 makaleyi incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucu, işletmelerin yönetim yapılarında hem değerlendirme hem de işbirliği yaklaşımını benimsemeleri gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Chiou, Chen ve Hsu (2011) DEMATEL yöntemi ile işletmelerin kurumsal sosyal sorumluluk performanslarını geliştirmelerine katkıda bulunmak için sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin önemini belirlemeye çalışmışlardır. Belirlenen yöntem ile Tayvan'da elektronik üretim endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda işletmenin ekonomik, çevresel, sosyal ve yönetim performanslarını, belirledikleri 20 kriter ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonuçlarına göre kalite, iş sağlığı ve güvenliği kriterlerinin kurumsal sosyal sorumluluk performansı üzerine en etkili kriterler olduğu ve diğer tüm kriterleri etkilediği görülmüştür.

Govindan, Khodaverdi ve Jafarian (2013) bulanık TOPSIS yöntemi ile üçlü performans yaklaşımına dayalı olarak bir işletmenin tedarikçilerinin sürdürülebilir performanslarını ölçümlemişlerdir. Varsayımsal olarak belirlenen işletmenin tedarikçilerini sıralamış ve en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Azadnia, Ghadimi, Saman, Wong ve Heavey (2013) sürdürülebilir tedarikçi seçimini bulanık mantık (fuzzy logic) ve bulanık AHS'yi birleştiren bütünleşik bir yaklaşımla ele almışlardır. Önerilen bütünleşik yaklaşımla İran'da gaz ve petrol boru hattı alanında faaliyet gösteren bir işletmede uygulama gerçekleştirmişlerdir. Uygulama sonucunda işletmenin altı tedarikçisi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçiyi belirlemişlerdir.

Wittstruck ve Teuteberg (2012) çalışmalarında en iyi sürdürülebilir partner seçimi için bulanık AHP-TOPSIS tabanlı bütünleşik bir model önermişlerdir. Partner seçimi, bir işletmenin elektrik elektronik atıkların geri dönüşümü sektöründe faaliyetlerini gerçekleştiren beş tedarikçi arasından (eğlence elektroniği, telekomünikasyon, tıbbi teknoloji vb. alanları) hangisini tercih etmesi gerektiği varsayımına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu tedarikçilere ilişkin internet üzerinden elde edilen veriler ve belirlenen kriterlerle yapılan değerlendirmeler sonucu, Almanya elektrik elektronik endüstrisi için en uygun sürdürülebilir tedarikçi önerisinde bulunulmuştur. (yazarlar bu çalışmanın benzerini 2011 yılında kurgusal olarak da gerçekleştirmişlerdir).

Sarkis, Meade ve Presley (2012) inşaat sektöründe yer alan taşeronların sürdürülebilir bir bakış açısıyla değerlendirilebilmesi ve seçimi için karar vericilere bir karar modeli ve çerçevesi sunmuşlardır. AHP ve ANP kullanılarak oluşturulan karar modeli varsayımsal olarak test edilmiştir. Bu çalışmayla birlikte yazarlar, inşaat sektöründe sürdürülebilirlik ve karar modelleriyle ilgili büyük bir boşluk olduğunu vurgulamışlardır.

Dai ve Blackhurst (2012) çalışmalarında AHS ve kalite fonksiyon yayılımını (QFD) bütünleştirerek oluşturdukları model ile satın alma yöneticilerinin sürdürülebilir tedarikçi değerlendirme ve seçimlerinde daha etkin kararlar vermelerine yardımcı olmaya çalışmışlardır. Ortaya konulan model, müşteri beklentileri ve işletmenin sürdürülebilirlik stratejisini birleştirme (1.aşama), işletmenin sürdürülebilirlik stratejisini ve satın alma önceliklerini birleştirme (2.aşama), satın alma ve tedarikçi değerlendirme kriterlerini birleştirme (3.aşama), tedarikçi değerlendirme kriterlerine göre tedarikçilerin

performanslarını ölçümleme (4.aşama) olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Önerilen model büyük ölçekte perakende satış gerçekleştiren bir işletmede uygulanarak modelin geçerliliğinin ve güvenilirliğinin test edilmesi sağlanmıştır.

Verdecho, Alfaro-Saiz, Rodríguez-Rodríguez (2010) anahtar performans göstergeleri ile performans yönetimi çerçevesinde, ANP yöntemine dayalı sekiz aşamadan oluşan yeni bir model önererek en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Bu yaklaşım sürdürülebilir kriterler kapsamında işbirliği yapılan işletmelerin performansını ölçmek için İspanya'da otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede uygulanmıştır. Performansın dengelenmiş skor kartlarına bağlı olarak değerlendirildiği bu yeni modelin, ortak bir strateji doğrultusunda tedarikçilerin seçilmesinin ve sürdürülebilirlik ilişkileri geliştirilmesinin bir aracı olarak işletmelerde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bai ve Sarkis (2010) tedarik zinciri yönetiminde işletmelerin daha etkili kararlar alabilmesi için bir karar destek aracı ve metodolojisi önermişlerdir. Sürdürülebilir tedarikçi seçimi için önerilen bu yeni yaklaşımda gri sistem ve kaba küme teorisi (grey system-rough set theory) bütünleştirilmiştir. Önerilen model varsayımsal olarak test edilmiş ve uygulanabilirliği incelenmiştir. Bu çalışma sürdürülebilir tedarikçi seçimi literatüründe önemli çalışmalardan biri olarak gösterilmektedir.

Özçelik ve Öztürk (2014) sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin önündeki engeller ve STS kriterleri üzerine uygulamalı bir araştırma yapmışlardır. Araştırma, Türkiye'de sürdürülebilirlik raporu yayınlayan işletmelere anket uygulaması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, "finansal maliyetler" ve "kültür "' sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin önünde en önemli engeller olarak görülmüştür. Çalışmanın bir başka çıktısı sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin önem derecelerinin belirlenmiş olmasıdır. Buna göre, araştırma sonucu elde edilen en önemli kriterler "çocuk işgücü çalıştırmama", "çalışma koşulları", "kalite ve güvenilirlik" olarak ifade edilmiştir.

Ghadimi, Azadnia, Heavey, Dolgui ve Can (2016) sürdürülebilir satın alma bağlamında alıcı tedarikçi ilişkilerini incelemeye yönelik bir literatür araştırması yapmışlardır. Buna göre 2008-2014 yılları arasında alanında önde gelen uluslararası dergilerde yeşil ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi ile ilgili yayınlanan makaleleri incelemişlerdir. 7 araştırma sorusu ile

incelenen araştırma sonucu, bu alanla ilgili literatürdeki boşluklara değinilerek gelecek araştırmalara yön gösterilmeye çalışılmıştır.

Ghadimi, Dargi ve Heavey (2017b) çalışmalarında sürdürülebilirliğe dayalı tedarikçi seçimi ve siparişin karşılanması gibi kararlarda, yöneticilere karar vermenin bir aracı olarak F-ANP tabanlı bir model önermişlerdir. Önerilen modelin uygulanabilirliği İran'da otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu yeni modelin STS ve siparişin karşılanması problemlerinde başarıyla uygulanabileceği ifade edilmiştir.

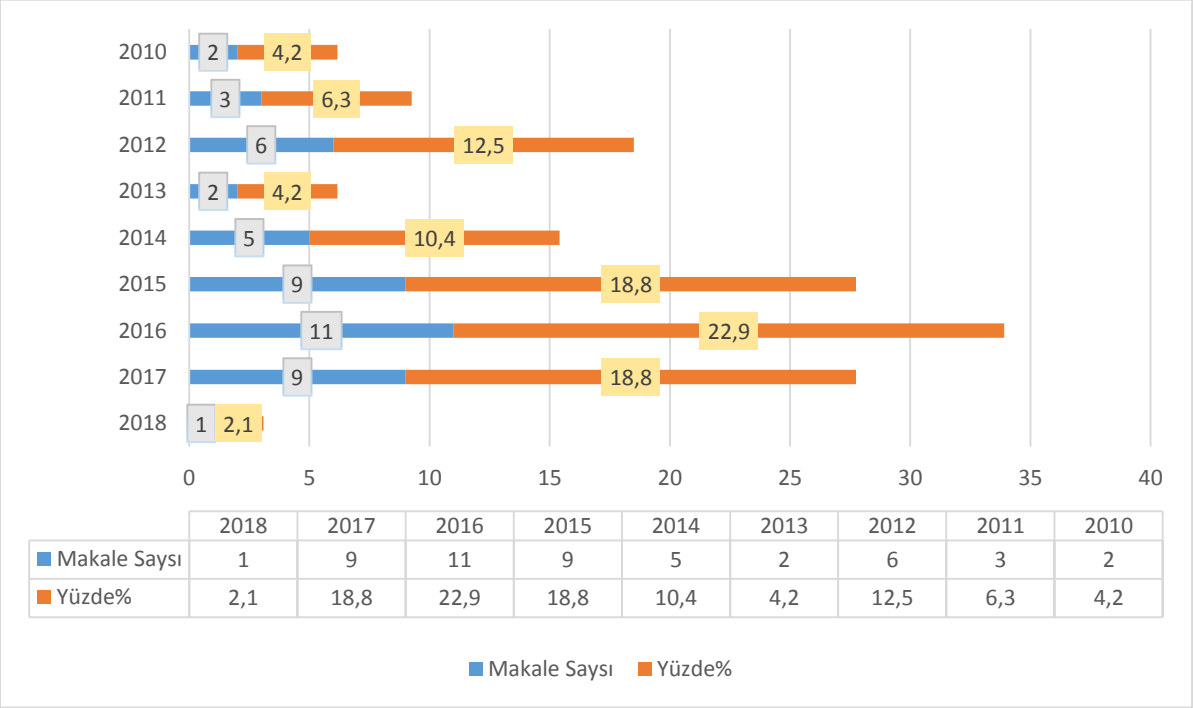
Ahmadi, Petrudi ve Wang (2016) STS'ne yönelik AHP ve geliştirilmiş gri ilişkisel analiz yöntemlerini (improved grey relational analysis) bütünleştirerek sürdürülebilir tedarikçileri değerlendirmek için hibrit bir karar modeli önermişlerdir. Önerilen model İran'da Telekom endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede uygulanmış ve başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Amindoust ve Saghafinia (2017) STS için karar vericilerin yargılardaki öznelliği özelliğini dikkate alarak bulanık küme teorisi (fuzzy set theory) ve bulanık çıkarım sistemi (Fuzzy Inference System)'ne dayalı modüler bir model önermişlerdir. Bu yaklaşım ile Malezya'da tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmenin verilerine dayalı gerçek hayat problemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modelin etkililiğine vurgu yapılmıştır.

Awasthi, Govindan ve Gold (2018) çalışmalarında F-AHP ve F-VIKOR'a dayalı çok katmanlı bir model çerçevesi sunmuşlardır. Bu modelin çevresel ve sosyal riskleride içeren katmanlı yapısının sürdürülebilir ve küresel tedarikçi seçiminin gerçekleştirilmesine olanak sağladığı belirtilmiştir. Önerilen model elektronik ürünler üretimi gerçekleştiren küresel bir işletmede uygulanarak işletmenin en iyi sürdürülebilir tedarikçisi tespit edilmiştir. Buna ek olarak değerlendirme kriterleri arasında (ekonomik, kalite, çevre, sosyal, ve küresel risk) en yüksek öneme sahip kriterin "ekonomik" en düşük öneme sahip kriterin ise "küresel risk" olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2.3. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Literatürü Frekans Analizi

STS literatüründe incelenen çalışmalar kapsamında, 48 makaleyle ilgili makalelerin yayınlandıkları yıllar, uygulama alanları ve uygulamaların yapıldığı ülkeler ile ilgili frekans dağılımlarının analizi yapılmıştır. Kullanılan yöntemlerle ilgili bilgiye ise uygulama bölümünde yer verilmiştir. Bu kapsamda ilk frekans analizi olan makalelerin yayınlandıkları yıllara göre dağılımı Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir.



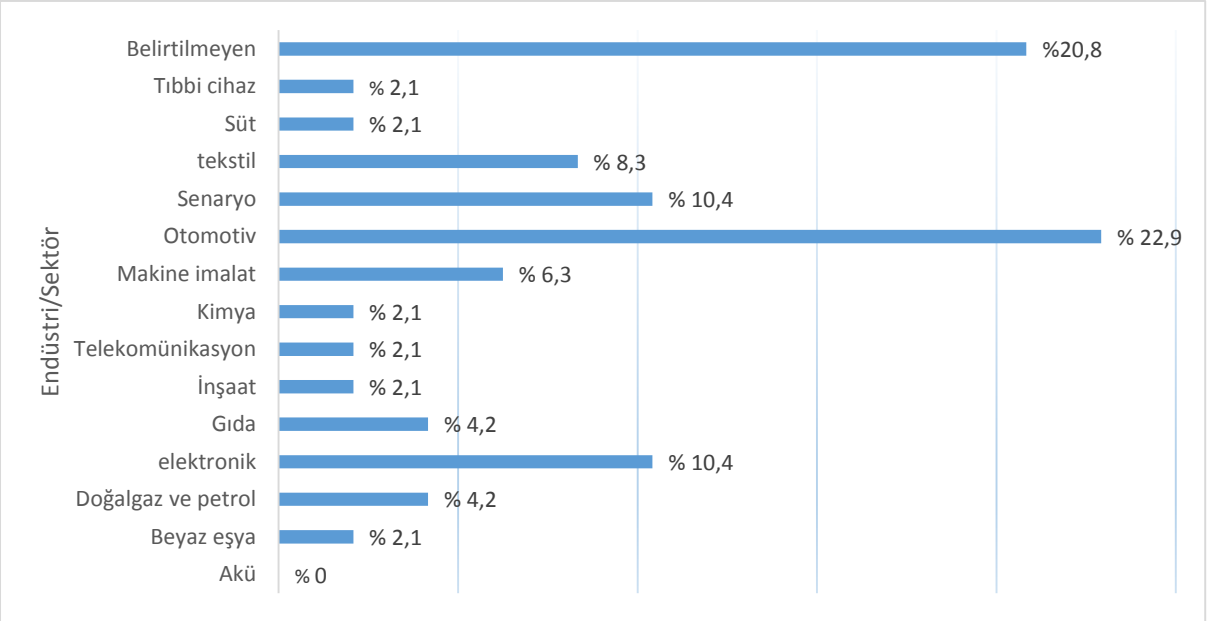
	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Makale Sayısı	1	9	11	9	5	2	6	3	2
Yüzde%	2,1	18,8	22,9	18,8	10,4	4,2	12,5	6,3	4,2

Şekil 2.2. Makale sayılarının yıllara göre dağılımı

Şekil 2.2'deki makalelerin yıllara göre dağılımına bakıldığında, 2010-2018 yılları arasında yayınlanan makalelerin yaklaşık % 70'dan fazlasının son beş yıl içerisinde gerçekleştiği görülmektedir.

2016 yılı % 22,9'luk bir oranla, alanla ilgili en fazla makalenin yayınlandığı yıl olarak öne çıkmıştır. 2010 ve 2013 yılları ise % 4,2'lik bir oranla tüm yıllar içerisinde en düşük değeri alarak en az makale yayınlanan yıllar olmuştur.

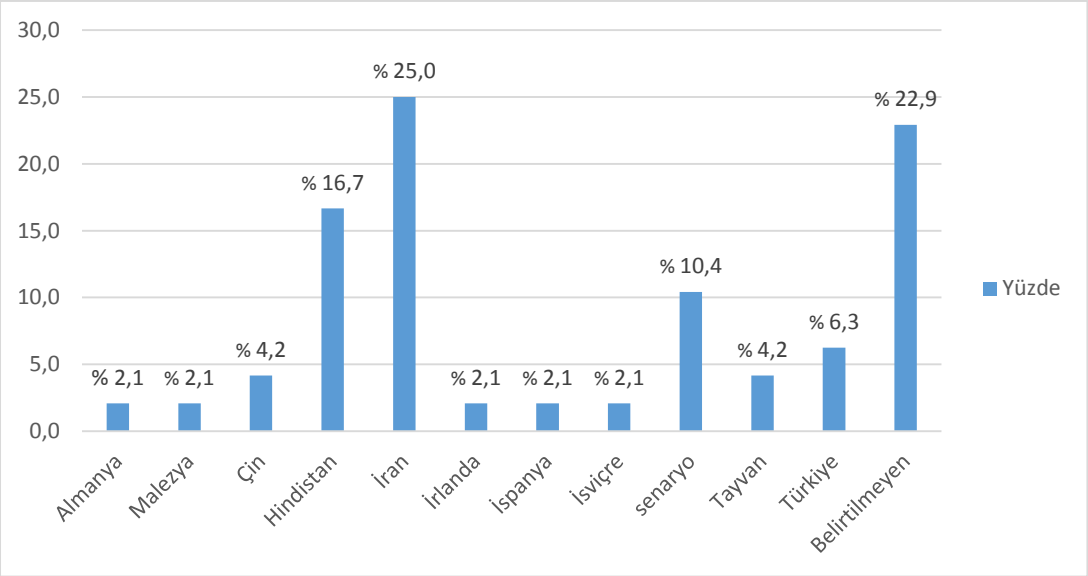
Elde edilen sonuçlara göre, son yıllarda sürdürülebilirliğe olan ilginin artması paralelinde sürdürülebilir tedarikçi seçiminin de popüler olmaya başladığı söylenebilir.



Şekil 2.3. Uygulama alanlarının sektörel dağılımı

Şekil 2.3'deki uygulama alanlarının sektörel dağılımına bakıldığında, STS ile ilgili en fazla uygulamanın % 22,9'luk bir oranla otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren işletmelerde yapıldığı görülmektedir. % 20,8 ile "belirtilmeyen" olarak ifade edilen kısım literatür araştırmalarından veya yazarların uygulama sektörünü belirtmemesinden kaynaklanmaktadır. Otomotiv endüstrisinden sonra, en fazla uygulama % 10,4 ile elektrik-elektronik endüstrisinde yapılmıştır. Bu endüstrileri % 8,3 ile tekstil, % 6,3 ile makine imalat, % 4,2 ile gıda, doğalgaz ve petrol sektörleri takip etmektedir.

STS ile en az uygulamanın yapıldığı endüstriler ise % 2,1'lik bir orana sahip tıbbi cihaz, süt, kimya, telekomünikasyon, inşaat ve beyaz eşya endüstrileri olarak tespit edilmiştir. Son olarak uygulama yapılan tüm endüstri alanları incelendiğinde, bu çalışmanın uygulama alanını oluşturan akü sektöründe herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmüştür.



Şekil 2.4. STS uygulamalarının yapıldığı ülkeler

Şekil 2.4'deki uygulamaların gerçekleştirildiği ülkelerin dağılımına bakıldığında, STS ile ilgili uygulamaların % 25,0'lik bir oranla en fazla İran'da faaliyet gösteren işletmelerde yapıldığı görülmektedir. % 22,9 ile "belirtilmeyen" olarak ifade edilen kısım literatür araştırmalarından veya yazarların uygulama sektörünü belirtmemesinden kaynaklanmaktadır. İran'dan sonra en fazla uygulamanın yapıldığı ülke olarak % 16,7 ile Hindistan gelmektedir. Bu ülkeleri % 6,3 ile Türkiye, % 4,2 ile Çin ve Tayvan ülkeleri takip etmiştir. STS alanında en az uygulamanın yapıldığı ülkeler ise % 2,1'lik bir oranla Almanya, Malezya, İrlanda, İspanya ve İsviçre olarak tespit edilmiştir.

İncelenen bu çalışmalara ek olarak, Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi'nde konuya ilişkin bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre, "sürdürülebilir tedarikçi seçimi", "sürdürülebilir tedarikçi" tarama terimleriyle yapılan arama sonucu bu konuda yayınlanan herhangi bir teze ulaşılamamıştır. "Bulanık ortam" tarama terimi ile yapılan arama sonuca göre ise 15 adet teze ulaşılmıştır. Bu tezler içerisinde, tedarikçi seçimiyle ilgili olarak biri geleneksel (doktora) diğeri ise sürdürülebilir tedarikçi seçimi (yüksek lisans) olmak üzere iki çalşmaya ulaşılmıştır. Bunlardan ikincisinde, Şenocak (2016) yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, bulanık ortamda sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için çok kriterli karar verme ve doğrusal programlamaya dayalı bir uygulama gerçekleştirmiştir.

“Sürdürülebilirlik” tarama terimi ile yapılan arama sonucuna göre ise 256 teze ulaşılmıştır (02.11.2017). Elde edilen tezlerin yıllara göre dağılımına bakıldığında, 2012 ve sonrasında çalışılan tezlerin % 65.23’lük bir dilimi oluşturduğu görülmüştür (% 9,4 (2017), % 13,7 (2016), % 10,5 (2015), % 11,3 (2014), % 9,8 (2013), % 10,5 (2015)). Bu sonuç akademik alanda çalışılan tezlerde sürdürülebilirlik konusuna ilginin son beş yıl içerisinde büyük bir ivme kazandığını göstermektedir.

Çalışmaların tez merkezinde belirtilen “konu” başlığı altında yer alan dağılımı yönetim bilişim sistemleri (YBS) açısından incelendiğinde, bu alanın temelini oluşturan işletme (%12,5), endüstri mühendisliği (%3,5) ve bilgisayar mühendisliği (%1,2) alanlarını ilgilendiren konuların toplam %17,2’lik bir yüzdeye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bir başka açıdan YBS incelendiğinde, YBS anabilim dalı seçilerek yukarıda belirtilen tarama terimleriyle yapılan arama sonucu 189 tez arasından tedarikçi değerlendirmesiyle ilgili 3 adet yüksek lisans tez çalışması elde edilmiştir (09.11.2017). Bu tezler geleneksel tedarikçi değerlendirilmesine yönelik olup, bu çalışmalardan 2’sinde karar destek sistemi temelli 1’inde ise AHP temelli yaklaşımlar kullanılmıştır.

3. KARAR VERME

İşletme kaynaklarının verimli bir biçimde kullanılması, yöneticilerin alternatifler karşısında vereceği seçim kararıyla doğrudan ilgilidir. Yöneticilerin aldığı kararlar bir işletmenin başarılı veya başarısız olmasında anahtar bir rol oynamaktadır. İşletmeler için bu derece kritik bir öneme sahip olan karar verme, modern işletmecilikte yönetme işinin temeli olarak kabul edilir. Karar verme "alternatifler arasından tercih ve seçim yapmak ve sonuca ulaşmak veya diğer bir ifadeyle, çeşitli şeyler arasından seçim ve tercih yapmakla ilgili bedensel ve zihinsel çabaların toplamıdır" şeklinde tanımlanabilir [56].

Her insan günlük yaşantısında ne zaman kalkacağı, ne yiyeceği, ne zaman işe gideceği, ne giyeceği vb. birçok konuda bir karar vermek zorundadır. İş hayatında yöneticilik görevi üstlenen kişiler ise kişisel kararlarının yanı sıra organizasyonel kararlar da vermek zorundadırlar. Karar verme durumunda olan kişiler amaçlarına göre "ekonomik kişiler" ve "yönetsel kişiler" olarak ikiye ayrılırlar. "Ekonomik kişiler" tüm seçeneklerin sonuçlarına ve kararlara etki eden çeşitli koşulların olasılığı üzerine bilgi sahibidir. Bu kişilerin amacı doyumdan ziyade makzimizasyondur. "Yönetsel kişiler" tüm elverişli seçeneklerin farkında olmamakla birlikte başka seçeneklerden birini seçmenin ne getireceğini de bilmemektedirler. "Yönetsel kişiler" sınırlı bilgilerle karar verirler ve amaçları da makzimizasyondan ziyade doyuma ulaşmaktır [57].

Herhangi bir konuda "karar" kelimesinin kullanımı olası iki ya da daha fazla davranış biçimi arasından birinin seçimini ifade eder. Eğer, tek davranış biçimi varsa seçim yoktur ve dolayısıyla bir karar alma işleminden bahsedilemez. Karar problemi, karar verici yani yönetici ile şans arasında oynanan bir oyun olarak tanımlanabildiği gibi olağan stratejilerden birini seçmektir biçiminde de ifade edilebilir.

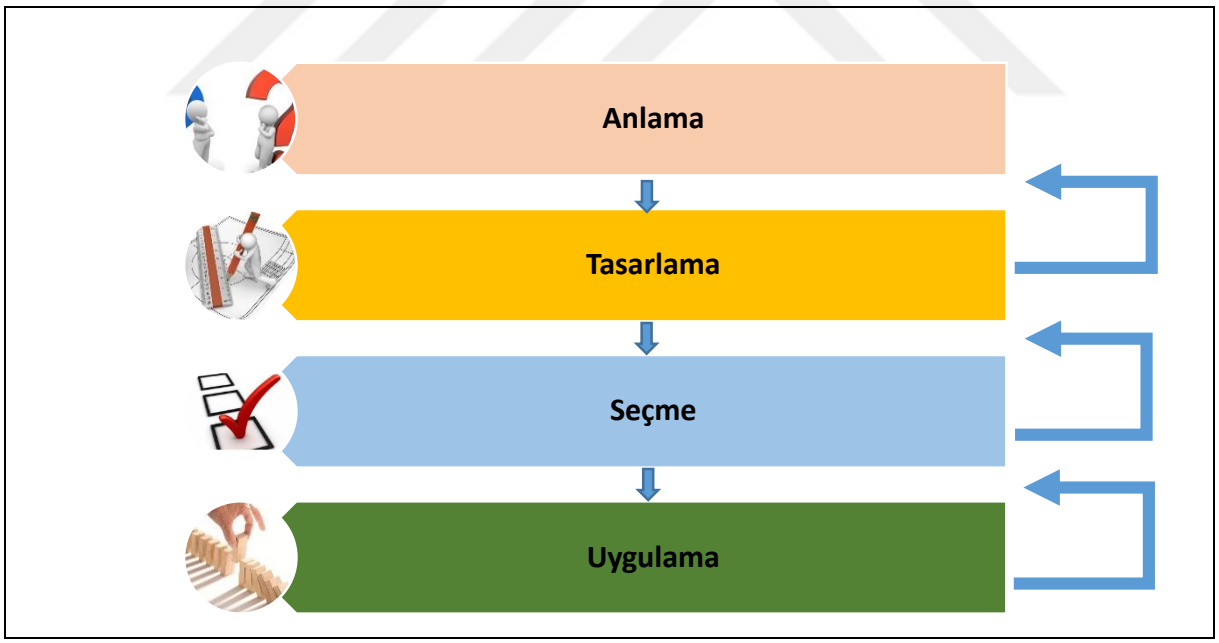
Örneğin;

Olağan stratejiler (S_i)	Sonuçlar (a_j)	(3.1)
S_1	a_1	
S_2	a_2	
S_3	a_3	
$\vdots$	$\vdots$	
S_n	a_n	

Eş. 3.1'de bir karar vericinin en uygun kararı verebilmesi için hangi sonucu ve hangi stratejiyi seçmesi gerektiği gösterilmiştir. Buna göre, karar verici öncelikle en uygun kararı verebilmek için sonuçlara yani a_j'lere bakar ve en uygun sonucu yani a_j'lerden birini seçer. Daha sonra seçilen sonuca bağlı olarak olağan stratejiye yani S_i'ye karar verir [58].

3.1. Karar Verme Süreci

Karar verme, alternatifler arasında bir hareket biçiminin seçilmesine yol açan bilişsel bir süreçtir. Her karar verme süreci bir çözüm olarak da adlandırılan son bir seçim üretir. Genel olarak karar verme süreci, herhangi bir karar problemi için bir çözüm bulunması gerektiğinde başlar ancak karar vericiler tarafından çözümün ne zaman ve hangi durumlarda kabul edildiği bu süreçte bilinemez. Karar verme, rasyonel veya irrasyonel ve açık varsayımlara veya kapalı varsayımlara dayanan bir akıl yürütme süreci olarak da görülebilir [59]. Karar verme, çok aşamalı bir süreçtir. Karar vermede dört farklı aşama tanımlanmıştır. Bu aşamalar: Anlama, tasarlama, seçme ve uygulamadır [60].



Şekil 3.1. Karar verme aşamaları [60]

Temel olarak karar verme sürecinin aşamaları Şekil 3.1'de gösterildiği gibidir. Burada, bu aşamaların her birisi için oluşturulan adımlara da değinmek gerekmektedir. Buna göre bu aşamaları kapsayan karar verme sürecinin adımları aşağıda belirtildiği gibidir [59]:

1. Adım problemin tanımlanması: Bir karar problemini tanımlamak, yönetimsel varsayımlar, organizasyonel sınırlar ve arzu edilen durumlar ile ilgili iyi bir anlayışı gerektirir. Problemin tanımlanmasının amacı, karar problemini açık bir şekilde ifade ederek problemle ilgili net bir durum ortaya koymaktır.

2. Adım ihtiyaçların analizi: İhtiyaçlar problemin kabul edilebilir bir çözümünün gerçekleşebilmesi için gerekli koşulların sağlanmasıdır. Örneğin matematiksel bir modelde bu gereksinimler, karar probleminin uygulanabilir çözümlerinin kümesini açıklayan kısıtlardan oluşmaktadır. İhtiyaçlar, veri toplayarak veya karar durumları analiz edilerek belirlenebilir.

3. *Adım amaç ve hedeflerin belirlenmesi:* Karar verme sürecinin tasarım aşaması bu adım ile birlikte başlar ve altıncı adıma kadar devam eder. Bu adımda karar problemi ve hedefler için amacın önemi tanımlanır.

4. *Adım alternatiflerin belirlenmesi:* Bir önceki adımdan elde edilen amaçlar alternatiflerin oluşturulmasına yardımcı olabilmek için kullanılır. Bununla birlikte herhangi bir alternatifin ihtiyaçları karşılaması gerekmektedir. Eğer alternatif sayısı sınırlı ise, alternatiflerin ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığı tek tek kontrol edilerek ihtiyacı karşılamayanlar elenebilir. Böylelikle amaç ve hedeflere uygun bir alternatif listesi hazırlanabilir. Eğer alternatif sayısı sınırsız ise alternatifler kümesi, ihtiyaçların matematiksel biçimdeki kısıtlamalarını karşılayan çözümler olarak düşünülür.

5. Adım kriterlerin belirlenmesi: Amaç ve hedeflere yönelik alternatifleri karşılaştırmak ve alternatifler arasında bir ayrım yapabilmek için bazı kriterlere ihtiyaç duyulur. Bu adımda ihtiyaç duyulan kriterlerin belirlenmesi gerçekleştirilir.

6. Adım karar verme yönteminin veya aracının belirlenmesi: Genel olarak, bir karar probleminin çözümü için her zaman çok çeşitli yöntemler veya araçlar bulunur. Uygun bir yöntem veya aracın seçimi somut karar problemine ve karar vericilerin tercihlerine bağlı olarak değişiklik gösterir.

7. Adım kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi: Karar vermenin seçim aşaması bu adım ile başlamaktadır. Bu adımda, seçilen yöntem veya aracın desteğiyle belirlenmiş kriterler kullanılarak amaçlara yönelik alternatifler değerlendirilir ve geçici bir karar verilir.

8. Adım tanımlanan probleme yönelik çözümün geçerliliği: Bu adımda geçici olarak seçilen alternatifin dikkate değer olumsuz sonuçları çıkmazsa seçim gerçekleştirilir. Bununla birlikte, uygulanan karar verme yöntemi veya aracı tarafından seçilen alternatifler her zaman karar probleminin ihtiyaçlarına ve amacına göre doğrulanmalıdır.

9. Adım problemin uygulaması: Bu adımda karar problemi için elde edilen çözüm kullanılır.

3.2. Karar Verme Türleri

Bu bölümde kriter sayılarına, karar ortamlarına, karar verici durumlarına ve yapılarına göre karar verme gibi yaygın olarak kullanılan karar verme türlerinden bazılarına değinilmiştir.

3.2.1. Kriterlere göre karar verme

Kriterlere göre karar verme tek kriterli karar verme ve çok kriterli karar verme olmak üzere iki temel başlık altında incelenmiştir.

Tek kriterli karar verme

Karar verme sürecinin adımları arasında yer alan kriter seçiminde, tek bir kriter üzerinden çözüme gidilmesini yani karar vericilerin tek bir kriter üzerinden karar vermesini ifade eder. Doğrusal programlama tek kriterli karar almaya örnek olarak gösterilebilir. Doğrusal programlama desteği ile karar vermede öncelikle giderlerin minimuma indirilmesi ya da faydanın maksimuma çıkarılması beklenir. Giderleri minimuma indirmeye maliyetlerin minimizasyonu, faydayı maksimuma çıkarmaya ise kar maksimizasyonu örnek olarak verilebilir [61].

Çok kriterli karar verme

Mevcut bir alternatif setini değerlendirmek için tek bir kriterin yetersiz olduğu sıklıkla ifade edilmektedir. Bu eksikliğin giderilmesi için ortaya çıkan çok kriterli karar verme (ÇKKV), karar alternatiflerinin çok sayıda kriterlere göre analiz edildiği operasyonel bir araştırma alanıdır [62].

ÇKKV yöntemleri;1960'lı yıllarda, karar verme işlemine yardımcı olacak bir takım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır. ÇKKV yöntemleri bilim alanında, iş dünyasında, devletlerde ve mühendislik alanında karar verme metodolojisinde kullanılan en yaygın yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri karar verme sürecinde karar vericiler tarafından alınacak kararların kalitesini geliştirmek için, karar vericilerin daha açık ve anlaşılır, daha mantıklı ve daha etkili kararlar vermelerine yardımcı olmaktadır. ÇKKV yöntemlerinin, esnek üretim sistemleri, plan/düzenleme (layout) dizaynı, üretim sistemleri entegrasyonu ve teknoloji yatırım kararlarının değerlendirilmesi vb. birçok uygulama alanı bulunmaktadır [63][64].

Literatürde ÇKKV yöntemleri çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve çok nitelikli karar verme (ÇNKV) olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. ÇAKV sınırsız veya çok sayıda alternatif seçenek ile aralıksız ya da tamsayılı bir alanda belirlenmiş karar değişkenlerine sahiptir. Belirlenecek en iyi alternatifin karar vericilerin kısıtlamaları ve tercih önceliklerini karşılaması gerekmektedir. Diğer taraftan, ÇNKV ise sınırlı ve önceden belirlenmiş alternatif seçenek ile aralıklı bir alanda belirlenmiş karar değişkenlerine sahiptir. Bu yöntem ile belirlenecek en iyi alternatifin de karar vericiyi tercihleri doğrultusunda tatmin etmesi beklenir [65].

Geniş bir uygulama alanına sahip olan ÇKKV ile ilgili bazı temel kavramlar aşağıda belirtildiği gibidir [66]:

Kriterler: Kabul edilebilirliği test etmek için yargıların standartlarını ya da kurallarını şekillendirir. Kriterler ÇKKV literatüründe amaçları ve/veya nitelikleri temsil eder.

Amaçlar: Karar vericilerin (KV) isteklerinin bir yansımasıdır. Amaçlar KV'lerin yoğunlaştığı yönü gösterir. Bu bağlamda ÇAKV problemleri, KV'cilerin amaçlarını optimize edebilen veya bu amaçları tatmin edici bir şekilde karşılayabilen alternatiflerin oluşturulmasını sağlamalıdır.

Hedefler: KV tarafından belirli bir zaman ve mekanda arzu edilen noktaya ulaşmayı tanımlar. Amaçlar arzu edilen istikameti, hedefler ise ulaşılmak istenen seviyeyi ifade eder.

Nitelikler: Alternatiflerin karakteristik özelliklerinden, niteliklerinden ve performans parametrelerinden oluşur. Buna göre ÇNKV problemleri, önceden belirlenen alternatiflerin niteliklere göre değerlendirilerek en iyi alternatifin seçimini ifade eder.

Alternatifler: ÇAKV ve ÇNKV modellerinin oluşturulmasında en önemli aktördür. Sınırlı veya sınırsız alternatif arasından her zaman "en iyi" alternatife ulaşılması hedeflenir.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin amacı, bir takım değerlendirme kriterlerine göre, en yüksek skoru alan alternatifi seçmektir. Aşağıda en yaygın kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinin bir özeti yer almaktadır [67]:

Analitik hiyerarşi süreci (analytic hierarchy process): Saaty tarafından geliştirilen ilk çok kriterli karar alma yöntemidir. Karar, en üstten en alta doğru hiyerarşik olarak bölünerek problem yapılandırılır. AHP'de en üst kademede amaç yer alır, orta kademede kriter ve alt kriterler, hiyerarşinin en alt kademesinde ise alternatifler yer alır. Uzman ve karar vericilerden elde edilen girdilerle, ikili karşılaştırma yapılarak en yüksek skora göre alternatifler sıralanır ve en iyi alternatif seçilir.

Analitik ağ süreci (analytic network process): ANP'nin genel işleyişi AHP'ye benzemektedir, her ikisi de Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP'nin kullanımı ve uygulaması kolay olmasına rağmen, tek yönlü ilişki karakteristiğinden dolayı çoğu karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte ANP ise problemi, alternatifler ile kriterler arasındaki karmaşık ilişkileri bütün unsurları ile birbirine bağlayabilen bir ağ olarak ele alır. Cheng ve Li deneysel bir çalışmada ANP kullanımını tanımlamışlardır.

PROMETHEE (preference ranking organization method for enrichment evaluation): Bu yöntem, kullanımı kolaylaştırmak ve karmaşıklığı azaltmak için geliştirilmiştir. PROMETHEE alternatifleri sıralamak için üstünlük ilkesini kullanır ve alternatiflerin çok sayıda ki kriterleri ile ilgili sıralama yapmak için alternatiflerin ikili karşılaştırmasını yapar.

ELECTRE (the elimination and choice translating reality): Bu yöntem, hem niceliksel hem de niteliksel farklı kriterleri ele alarak alternatiflerin tamamıyla düzenlenmesini sağlar. Bu yöntemde analiz, alternatifler arasında ki ilişkinin üstünlüğü üzerine odaklanır. Aynı zamanda üstünlük ilişkilerine ve fikir uyumundan istifade etmeye dayalıdır. Üstünlüğü alternatifler arasında ikili karşılaştırma yaparak belirler. ELECTRE yöntemine zamanla ELECTRE I, II, III, IV yöntemleri de dâhil edilmiştir.

TOPSIS (the technique for order preference by similarity to ideal solutions): Bu yöntemin temel amacı, tüm kriterler içerisinde en iyi değeri alan alternatiflerden birini seçmektir. Bu değer pozitif ideal çözüme en yakın negatif ideal çözüme ise en uzak olan değerdir.

Genel olarak çok kriterli karar verme yöntemleri karar vericilerin en etkili ve rasyonel kararlar almasına destekte bulunmak için 4 temel adımı izler. Bu adımlar aşağıda belirtildiği gibidir [67]:

1. Karar sürecini yapılandırma, alternatif seçimi ve kriterlerin belirlenmesi,
2. Kriterler arası ödünleşimi gösterme ve kriterlerin ağırlıklarını belirleme,
3. Kabul edilebilir ödünleşimlere ilişkin değer yargısı oluşturma ve değerlendirme,
4. Nihai toplamı hesaplama ve karar alma.

ÇKKV yöntemleri literatürde yaygın bir şekilde karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Çok çeşitli alanlarda kullanılan bu yöntemlere bir kısım yazarlar büyük bir rağbet gösterirken bir kısım yazarlar ise eleştirmektedir. Eleştirel araştırmacılar, bu yöntemlerin doğru olan şeyi yanlış, yanlış olan şeyi ise doğru gösterebilme kabiliyetiyle münipülasyona açık olduğunu ve dolayısıyla güvenilir sonuçlar vermede kuşkulu olduğu savını desteklemektedirler. Aksi yönde düşünen ve çoğunlukta olan diğer kesim ise, bu yöntemlerin şeffaf, sistematik, uygulanabilir, tarafsız vb. özellikleriyle birden fazla kriter ve birden fazla amaç olan birçok alanda başarıyla uygulanarak güvenilir sonuçlar verdiğini ileri sürmektedirler [68].

3.2.2. Karar ortamlarına göre karar verme

Karar analizi, alternatiflerin en iyisini seçmek için akılcı bir sürecin kullanılmasıyla ilgilenir. Seçilen bir alternatifin "iyiliği" karar durumunun tanımında kullanılan verinin kalitesine bağlıdır. Bu durumda, bir karar verme süreci aşağıdaki üç sınıftan birine girebilir [69]:

1. Verinin deterministik olarak bilindiği *belirlilik* ortamında karar verme.
2. Verinin olasılık dağılımlarıyla yayımlanabildiği *risk* ortamında karar verme.
3. Verinin, karar sürecindeki ilişki derecesini temsil eden bağıl ağırlıklara atanamadığı *belirsizlik* ortamında karar verme.

Belirlilik altında karar verme

Karar vericilerin, verdikleri karar sonucunda ortaya çıkacak olan durum tam anlamıyla biliniyorsa, belirlilik ortamında karar verme durumu söz konusudur. Belirlilik altında herhangi bir kararın verilebilmesi için karar verme problemindeki bütün hareket biçimlerinin sonuçları ve bu sonuçların doğuracağı hangi olası durumun meydana geleceğinin kesinlikle bilinmesi gerekir. Karar vericiler, mevcut alternatiflerin her birinin hangi şartlar altında gerçekleştiği ve bu sürece ilişkin davranışların doğuracağı sonuçlar konusunda tam ve kesin bir bilgiye sahiptir. Karar vericiler deterministik yöntemler kullanarak optimal sonuçlara ulaşır ve bu sonuçlara göre karar verirler [70]. Belirlilik altında karar vermeye örnek olarak doğrusal programlama verilebilir. Bu modeller, alternatiflerin kendi aralarında iyi tanımlanmış matematiksel doğrusal fonksiyonlarla ilişkilendirilebileceği durumlara uygundur [69].

Risk altında karar verme

Yöneticilerin olayları sıralayarak olasılıklarını bildiği varsayıldığında, belirlilik altında karar vermeden daha az fakat belirsizlik altında karar vermeden daha çok bilgi elde mevcuttur. Bu ortalama durumda *beklenen değer* karar kuralı kullanılmaktadır. Beklenen değerler sonuçların olasılıklarıyla ağırlıklandırılarak ve toplanarak elde edilir. Elde edilen beklenen değerler arasında en iyi beklenen değerli alternatifin (kar için en yüksek ve gider için en düşük) seçimi yapılır [71].

Belirsizlik altında karar verme

Belirsizlik altında karar vermede, karar verici doğanın sunduğu olayların olasılıkları hakkında kesin bir bilgiye sahip değildir. Yani olaylara ait gerçekleşme olasılıkları bilinmiyorsa, belirsizlik altında karar vermeden bahsedilebilir. Belirsizlik altında karar verme sürecinde karar vericilerin kişisel bilgileri, tecrübeleri, bağlı olduğu organizasyon politikası büyük rol oynamaktadır. Belirsizlik altında karar verilirken, karar vericiler aşağıdaki adımları uygulamalıdır [72]:

1. Öncelikle ele alınacak problem açıkça tanımlanmalı
2. Bilgiyi toplamak için mevcut tüm olası seçeneklerin listesi oluşturulmalı
3. Ortaya çıkabilecek tüm olası olaylar listelenmeli
4. Olaylar ve bu olaylara ait farklı alternatif hareket biçimlerinin getirilerini gösteren kar-zarar tablosu oluşturulmalı
5. Karar yöntemi belirlenmeli
6. Belirlenen yöntem uygulanmalı ve karar verilmelidir.

3.2.3. Karar verici durumuna göre karar verme

Karar verici durumuna gör**e** karar verme bireysel karar verme ve grup karar verme olmak üzere iki temel başlık altında incelenmiştir.

Bireysel karar verme

Günlük yaşamda bireysel karar vermenin önemi; aile bütçesinin düzenlenmesi, vücut ağırlığının boy ve yaşa göre izlenmesi, karşılaşılan bireysel bir problem karşısında karar verme süresine girilmesi, hastalık sırasında vücut sıcaklığının ve tansiyonun ölçülmesi, bunların sonuçlarının normal istatistiklerle karşılaştırılması ve gereken önlemlerin alınması, vb. ihtiyaçların hayatımızda yer almasından kaynaklanmaktadır. Ancak belirsizlik altında verilecek en küçük boyuttaki bir kararda bile, dört olası durumdan bahsedilebilir. Bu olası durumlardan ikisi doğru, ikisi ise yanlış karar verme durumudur. Örneğin, sabah evden çıkarken yanımıza şemsiye alıp almayacağımıza ilişkin vereceğimiz karar için bile, bu dört olası durum geçerlidir. Bahsedilen örnekle ilgili dört olası karar verme durumu aşağıda belirtildiği gibidir [73]:

Yağmurun yağmayacağının düşünülmesi ve yağmurun yağmaması: Doğru karar
Yağmurun yağacağının düşünülmesi ve yağmurun yağması: Doğru karar
Yağmurun yağacağının düşünülmesi ve yağmurun yağmaması: Yanlış karar
Yağmurun yağmayacağının düşünülmesi ve yağmurun yağması: Yanlış karar

Grup karar verme

Etkili ve uygun bir ortak karar alabilme insanlık için vazgeçilmez bir önkoşul olarak kabul edilebilir. Uygarlık için belirtilen anlamı düşünüldüğünde, grup karar vermenin hem bireyler hem de işletmeler için hayati derecede önemli olduğunu söylemek mümkündür [74]. Grup karar verme "birden fazla kişinin bulunduğu bir karar durumu" olarak tanımlanmaktadır. Grup üyelerin kendine özgü tutum ve davranışları vardır. Bu öznellikten dolayı, grup üyeleri ortak bir problemin varlığını kabul ederek buna yönelik ortak bir karar almaya çalışırlar. Grup karar verme sürecinde genellikle birçok belirsiz faktör görülür. Bu faktörlerden bazıları, grup karar verme sürecinde, rasyonel ya da politik grup karar modeli belirlendikten sonra ortaya çıkabilecek üç belirsiz durumdur. Bunlar: karar vericilerin rolleri, alternatiflerin tercihi ve değerlendirme kriterlerine ilişkin belirsizlikler şeklindedir [59]. Bulanık ortamlarda karar alırken, karar vermenin sonucu bu belirsiz ve kesin olmayan faktörlerden önemli derecede etkilenir [75]. Bu bağlamda bulanık grup karar vermenin buna benzer belirsiz ortamlarda, etkili ve tatmin edici bir grup kararı almada grup üyelerine güçlü bir şekilde yardımcı olduğu söylenebilir.

Grup karar vermenin işletmeler içerisinde yer alan karar gruplarına (karar komitesi) daha faydalı olabilmesi için birtakım özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu özellikler aşağıda belirtildiği gibidir [59].

- Grup, karar verme görevini yerini getirir.
- Grup kararı, problem çözümü için fikir üretmekten üretilen çözümü uygulamaya kadar bütün süreci kapsar.
- Grup üyeleri aynı veya farklı yerlerde olabilir.
- Grup üyeleri aynı veya farklı zamanlarda çalışabilir.
- Grup üyeleri işletme içerisinde aynı veya farklı departmanlarda çalışabilir.
- Grup, yönetimle ilgili herhangi bir seviyede olabilir.

- Grup karar verme sürecinde, grup üyeleri arasında fikir çatışması olabilir.
- Karar görevinin kısa sürede tamamlanması gerekebilir.
- Grup üyeleri karar görevlerinde yeterli bilgiyi elde edemeyebilir.
- Bir karar için gerekli olan veri ve bilgiye, işletme içi veya işletme dışı kaynaklardan erişilmesi gerekebilir.

Son olarak grup karar vermenin bireysel karar vermeye göre ne gibi avantajlar sağladığına değinmenin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Buna göre bireysel karar vermeye göre grup karar vermenin avantajları şunlardır [66]:

- Grup karar verme, grup içerisinde yer alan kişilerin her türlü entelllektüel birikiminden faydalanılması açısından bireysel karar vermeye üstünlük kurmaktadır.
- Grup karar verme, çeşitli uzmanların katılımıyla karara ilişkin elde edilen ve işlenen büyük miktardaki bilgiye dayalı iş yükünün grup üyeleri arasında dağılımını sağlayarak daha rahat bir çalışma imkânı sağlar.
- Grupta yer alan herhangi bir grup üyesi kişisel çıkarlarını işletmenin çıkarlarından üstün tutmaya çalışırsa, grup buna tepki gösterir ve nihai kararı işletmenin çıkarları doğrultusunda verir.

3.2.4. Yapılarına göre karar verme

Yapılarına göre kararlar yapılandırılmamış, yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

Yapılandırılmamış kararlar

Karar vericinin problemi çözmek için muhakeme, değerlendirme ve sezgisini kullanması gerekmektedir. Bu kararların her biri, alışılmamış, önemli ve rutin olmayan kararlardır ve onlarla ilgili kararlar verilirken iyi anlaşılmış veya daha önce kararlaştırılmış herhangi bir prosedür bulunmamaktadır [60]. Aynı zamanda yapılandırılmamış kararlar, karmaşık, önemli ve tekrarlanmayan problemlerle ve fırsatlarla ilgili kararlardır. Her yeni durumla ilgili yeni bir karar alma ihtiyacının doğası gereği, alternatiflerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve en iyisinin seçilmesi ve uygulanması gibi aşamalardan geçilmesi gerekmektedir. Bu tip kararlar

yönetici kabiliyetine göre, hem işletme hem de yönetici geleceği açısından fırsat veya tehdide dönüşebilir [56].

Yapılandırılmış kararlar

Yapılandırılmamış kararların tersine, basit, genel, sık sık karşılaşılan ve çözüm yolları önceden belirlenmiş kararlardır. İşletmeler rutin olarak tekrarlanan durumlarda verilecek kararlar için kurallar, politikalar ve ayrıntılı prosedürler geliştirirler. Böylelikle alternatiflerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve yeni kararın verilmesi için ayrılan zamanı daha efektif kullanarak işletmenin verimliliğini arttırmaya çalışırlar [56].

Yarı Yapılandırılmış kararlar

Çoğu kararlar, her iki karar türünün bir unsurudur ve yarı yapılandırılmış kararlar olarak adlandırılırlar. Problemin sadece bir bölümü, kabul görmüş bir prosedür ile elde edilen belirgin bir cevaba sahiptir [60].
Genel olarak yapılandırılmamış kararlar işletmenin üst düzey yönetim kademelerinde, yapılandırılmış kararlar alt düzey yönetim kademelerinde, yarı yapılandırılmış kararlar ise orta düzey yönetim kademelerinde daha çok görülmektedir.

3.3. Kararsızlık Nedenleri ve Sonuçları

Yöneticilik işinin temelde karar verme olarak tanımlanmasına rağmen zaman zaman yöneticiler herhangi bir konuda alınması gereken kararlarda kararsız bir tutum içerisine girmekte ve bir seçim yapamamaktadırlar. İşletmelerde karar verici durumunda olan yöneticileri kararsızlığa iten faktörler aşağıda belirtildiği gibidir [76]:

- Bilgi enformasyon ve veri yetersizliği yüzünden, karar verici amaç belirlemek veya sorun tanımlamak için gerekli bilgiden yoksundur. Bu nedenle karar verme sürecini işletemiyor olabilir.
- Amaçlar veya problemler açıkça belirtilmediği için alternatifler arasında bir seçim yapmak zorlaşabilir.
- Alternatifler yetersiz ve tatmin edici olmaktan uzak olabilir.

- Seçim kriteri belirsiz olabilir.
- Çözüm alternatifleri birbirine çok yakın olduğu için karar verici seçim yapmakta zorlanabilir.
- Karar verici karar sürecini kullanma yetkisine sahip olmayabilir. Dolayısıyla karar vermek durumunda olmayabilir.
- Karar verici vereceği kararın uygulamada yaratacağı muhtemel sorunlardan dolayı tercihte bulunmakta zorlanabilir.
- Tercih edilen alternatifin olumsuz bir neticeyle sonuçlanması halinde katlanılması gereken zararlar ve sorumluluklar nedeniyle karar verici tercih yapmakta zorlanabilir.
- Karar verici risk almak istemeyebilir. Bundan dolayı riski yüksek alternatifler karşısında seçim yapmakta zorlanabilir.
- Karar verici kişilik özellikleri itibariyle "kararsız" bir karakterde olabilir.
- Karar verici herhangi bir seçimde hata yapma olasılığı ve eleştirilme korkusuyla kararsız kalabilir.
- Karar vericinin çıkarlarıyla işletme çıkarları çatışabilir. Bu nedenle karar verici çekimser kalabilir.

Bu ve buna benzer kararsızlık nedenlerinden dolayı karar vericiler kararsız bir tutum içerisine girebilirler. Yönetimde karar vermenin en önemli sonucu zaman maliyetinin işlemesidir. Zamanında verilmeyen kararlar ve yapılmayan tercihlerden dolayı işletmeler çok büyük kayıplar yaşayabilir. Bu kayıpları telafi etmek için ise daha fazla kaynak ve daha fazla zaman gerekebilir [76].

4. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), karmaşık mühendislik problemlerine modelleme yoluyla çözüm sağlayan metodolojik bir araçtır. Karar vericiler, ÇKKV problemlerinde eksik ve belirsiz bilgilerden kaynaklanan birçok sorunla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu sorunlar, ele alınan problemlerin karakteristik yapılarından dolayı bu tür bilgilere daha fazla ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmaktadır. Bu noktada, bahsedilen sorunlara çözüm getirebilmek için bulanık küme yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Bulanık küme yaklaşımları insan bilgisinin modellenmesi gerektiğinde ve insan değerlendirmelerine ihtiyaç duyulduğunda kullanılmaya uygundur. Yıllar içerisinde ÇKKV problemlerinin çözümünde bulanık küme teorisi başarılı bir şekilde uygulanmıştır. ÇKKV bulanık küme teorisinin geniş bir uygulama alanı bulduğu dallardan biri olarak ifade edilmektedir [77].

Bulanık çok kriterli karar verme, insanların etkili bir şekilde karar alma sürecinde, doğasında olan izlenim, belirsizlik ve öznellikle ilişkili bir yaklaşımdır. Bulanık çok kriterli karar verme sistematik bir tedarikçi seçim süreci geliştirmek için teknik, ekonomik ve performans kriterlerini ortaya çıkarmak ve bu kriterleri önceliklendirmek için gereklidir. Tedarikçi seçim problemlerinde genellikle birden fazla kriter yer alır ve bu kriterler normal şartlar altında birbiriyle çelişen veya zıt olan kriterlerdir. Bu yüzden bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri uygun tedarikçi seçiminde anahtar bir rol oynamaktadır [78].

4.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık doğrusal olmayan, karmaşık, modellemesi güç ve bilgilerin niteliklerinin belirsiz veya kesin olmadığı durumlarda proseslerin kontrolünde oldukça başarılı bir metot olarak kullanılmaktadır [79].

Bulanık mantık, gerçek dünya problemlerine çözüm üretmede daha gerçekçi olduğundan doğrusal olmayan denetim için alternatif bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Kurallar, üyelik fonksiyonları ve sonuca varma işlemi sistemlerin doğrusal olmayan karakteristikleri olarak kabul edilir. Bulanık mantık yaklaşımının kullanımı sistem performansının artması, uygulamanın basitleşmesi, mali giderlerin azaltılması vb. birçok katkı sağlayabilir [80].

Klasik sayısal mantıkta, bir eleman herhangi bir kümeye ya aittir ya da değildir. Diğer bir ifadeyle bir elemanın üyelik derecesi ya 1'dir ya da 0'dır. Klasik mantıktaki bu ikili mantık sistemine alternatif olarak bulanık mantık, çok değerli bir mantık sistemini önerir. Klasik mantıkta siyah ve beyaz dünyalar vardır, ancak gerçek hayat problemleri hiçbir zaman bu kadar net olamaz. Bulanık mantık gerçeğin her zaman bu kadar kesin olamayacağını ve doğrunun bir derecesi olduğunu ifade eder [81].

Günümüzde kontrol sistemi uygulamalarında bulanık mantık ile denetim önemli hale gelmiştir. Klasik sayısal (0,1) mantığının ötesine geçmiş bir yaklaşım olan bulanık mantık, bu iki değer arasında çok seviyeli değerler üretebilmesi sonucunda denetimin daha doğru kararlar üretmesini, böylece performansın ve verimin artmasını sağlamaktadır [82].

4.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından yeni bir yaklaşım olarak ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım zaman içerisinde birçok araştırmacıya önemli katkılar sağlamıştır. Bulanık küme teorisi önemli bir problem modelleme ve çözüm tekniği olarak kabul edilmektedir [77].

Çoğu zaman, gerçek fiziksel dünyada karşılaşılan nesnelerin tam olarak tanımlanmış üyelik kriterleri yoktur. Örneğin, hayvan sınıfı açık bir şekilde köpekler, atlar, kuşlar vb. içerdiğinden onların üyelikleri kapsamına net bir şekilde kayalar bitkiler vb. dâhil edilmez. Bununla birlikte, denizyıldızı, bakteri vb. nesneler hayvanlar sınıfına göre belirsiz bir statüye sahiptirler. Aynı türden belirsizlik 1'den büyük olan tüm gerçek sayıların sınıfı ile ilişkili olarak 10 gibi bir sayı içinde geçerlidir. Net bir ifadeyle "1'den büyük olan gerçek sayı sınıfı", "güzel kadın sınıfı", "uzun boylu erkek sınıfı" gibi kümelerin hiçbiri olağan matematiksel anlamda sınıf veya küme oluşturmamaktadırlar. Bu tür yanlış tanımlanmış "sınıflar" insan düşüncesinde, özellikle de model oluşturma, bilgi iletişimi ve soyutlama alanlarında hayati bir rol oynamaktadır [83].

Zadeh yukarıda belirtilen türden yanlış sınıflandırmalar yerine kullanılabilecek alternatif bir yaklaşım olan "bulanık küme" kavramını ileri sürerek sıradan kümeler için kullanılan çerçeveye birçok açıdan benzerlik gösteren yeni bir görüş ortaya koymuştur [83]. Bulanık görüş temel olarak, insan yargılarının belirsizliği, ikilemi ve öznelliğini çözmede karar verici

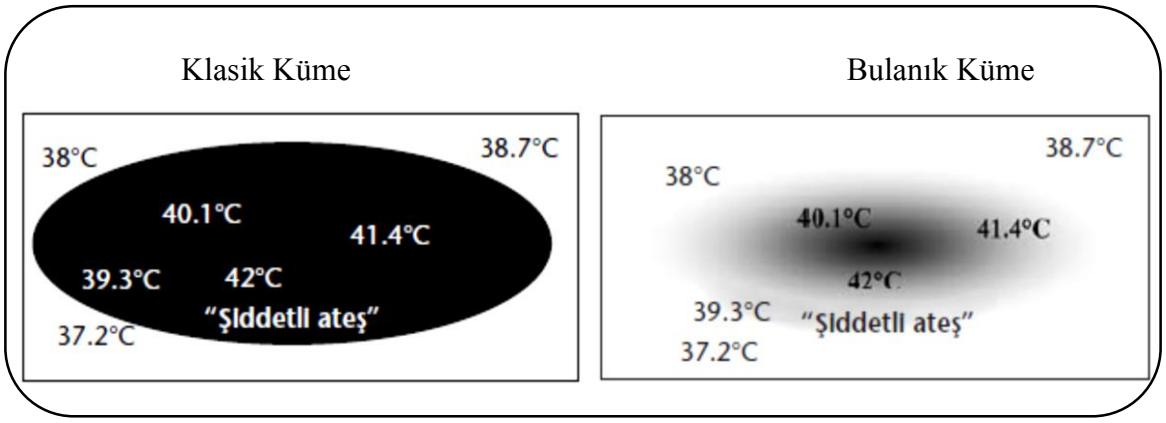
tarafından sayısal rakamlar yerine dilsel ifadeler kullanılmasına dayanmaktadır [42]. Diğer bir ifadeyle bulanık küme teorisi az, sık, orta, düşük, çok, birçok gibi dilbilimsel yapıları kullanarak dereceli veri modellemesini gerçekleştirmektedir. Böylece olayların modellenmesinde daha gerçekçi ve doğala yakın sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, belirsiz bilgileri işleyebilme ve kesin rakamlar ile ifade edilemeyen durumlarda karar vermeyi kolaylaştırmaktadır [84]. Bu yeni yaklaşımın daha genel olmakla birlikte potansiyel olarak daha geniş uygulama alanlarına sahip olabileceği ve özellikle de model sınıflandırılması ve bilgi işleme alanlarında uygulanabilirliğinin daha fazla olabileceği, ileri sürüldüğü yıllarda belirtilmiştir. Bu yaklaşımın günümüzde kullanılabilirliğine ve uygulama alanlarına bakıldığında bu öngörünün gerçekleştiğini söylemek mümkündür [83]. Klasik küme teorisinde bir varlık kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse, varlık kümenin elemanı olduğunda "1" elemanı olmadığında ise "0" değerini almaktadır. Bulanık mantıktaki kümeler yukarıda Zadeh'inde belirttiği gibi klasik kümelerin genişletilmiş halidir. Bulanık varlık kümesinde her bir varlığın üyelik derecesi vardır. Varlık üyelik derecesi [0,1] aralığında herhangi bir değer alabilir. Üyelik derecesi μ(x) ile gösterilir. Örneğin; yüksek ateş probleminin bulanık küme teorisine uygulanması Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Buna göre, çeşitli ateş derecelerinin "şiddetli ateş" bulanık kümesine üyelikleri aşağıdaki eşitliklerde gösterildiği gibi olabilir:

$$\mu\text{ŞA}\ (35°C) = 0,\ \mu\text{ŞA}\ (38°C) = 0.1,\ \mu\text{ŞA}\ (41°C) = 0.9 \tag{4.1}$$

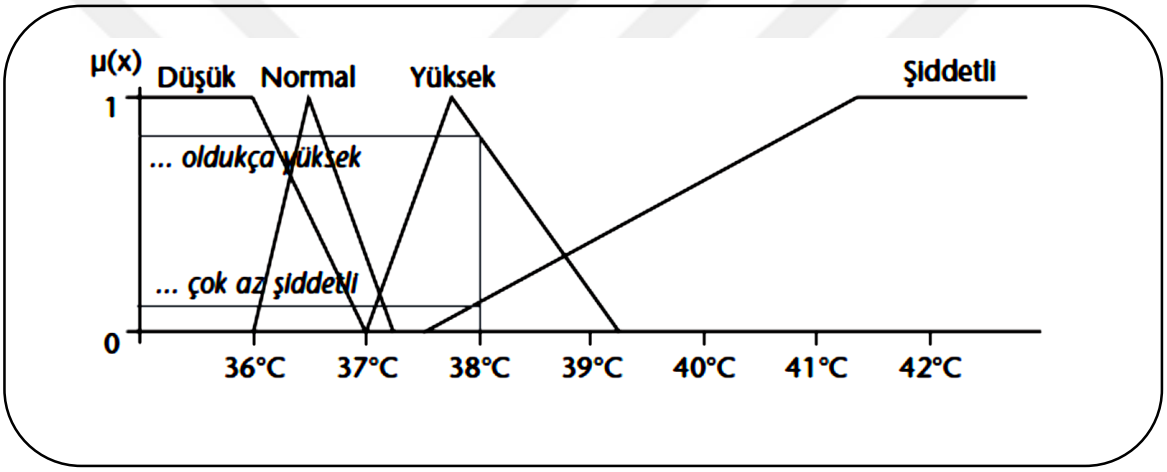
$$\mu\text{ŞA}\ (36°C) = 0,\ \mu\text{ŞA}\ (39°C) = 0.35,\ \mu\text{ŞA}\ (42°C) = 1 \tag{4.2}$$

$$\mu\text{ŞA}\ (37°C) = 0,\ \mu\text{ŞA}\ (40°C) = 0.65,\ \mu\text{ŞA}\ (43°C) = 1 \tag{4.3}$$

Bulanık mantıkta bir değer birden fazla kümenin elemanı olabilir. Ateşin şiddeti için tanımlanmış bulanık kümeler (düşük ateş, normal ateş, yüksek ateş, şiddetli ateş) ve bu kümelerin üyelik fonksiyonları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Buna göre 38°C'lik ateş değeri yüksek ateş kümesine büyük ölçüde üye iken, aynı zamanda şiddetli ateş kümesine ise az üyedir [85].



Şekil 4.1. Yüksek ateş problemi için klasik küme ve bulanık küme yaklaşımları [85]



Şekil 4.2. Ateşin şiddeti için tanımlanmış kümeler [85]

Zadeh'in ileri sürdüğü bu teori 1960 ve 1970'lerde yavaş bir ilerleme göstermiştir. Fakat 1970'lerin ikinci yarısıyla birlikte, bulanık kontrol olarak adlandırılan (ısıtma sistemleri, çimento fabrikaları, vb.) bulanık kural tabanlı sistemler vasıtasıyla teknolojik süreçlerin kontrolündeki ilk başarılı uygulamalar bu alana olan ilgiyi dikkate değer şekilde artırmıştır. Özellikle Japonya'da, çamaşır makineleri, video kameralar, vinçler, metro trenleri vb. alanlarda yapılan başarılı uygulamalar 1980'lerde bu alana yönelik ilgi ve araştırmaların tetikleyicisi olmuştur. Bu gelişmelerle birlikte 1984'te yaklaşık 4000, 2000'de ise 30.000'den fazla bu alana yönelik yayın yapılmıştır. Son yıllarda bulanık küme teorisinin iki ana hat üzerinde, genel olarak aşağıdaki gelişmeleri gösterdiği söylenebilir [86]:

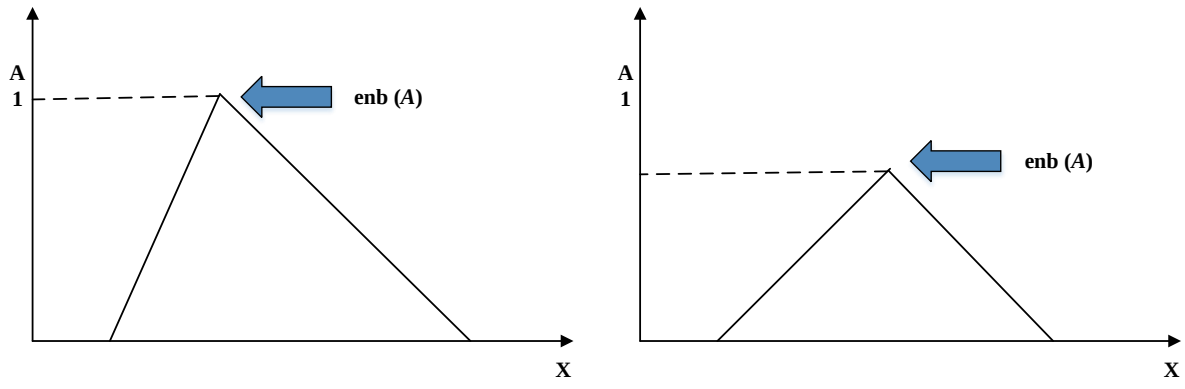
Teorik gelişim: Bulanık küme teorisi resmi bir teori olarak olgunlaştıkça, daha sofistike bir hale gelmeye başlamıştır. Bulanık küme teorisi, cebir, graf teorisi, topoloji gibi klasik matematiksel alanları genelleştirme ya da bulanıklaştırma yoluyla kucaklayarak orijinal fikirler ve kavramlar ile genişletilmiştir. Bu genişleme ve gelişme halen devam etmektedir.

Pratik gelişim: Uygulamaya yönelik bulanık teknoloji gelişimini ifade eder. Bu yaklaşımın zaman içerisinde gelişimiyle birlikte modelleme, problem çözme ve veri madenciliğinin bir aracı olarak birçok durumda mevcut yöntemlerden daha üstün olduğu kanıtlanmıştır. Buna ek olarak, klasik yaklaşımların kullanıldığı başka durumlarda ise çekici bir eklenti olarak bu yaklaşımlara problem çözümünde yardımcı olmaktadır.

4.2.1. Bulanık kümelerin temel karakteristik özellikleri

Bulanık kümelerin temel karakteristik özellikleriyle ilgili tanımlayıcılar; normallik, normalizasyon, destek, merkez, a-keseni, konvekslik ve nicelik olarak ifade edilmektedir. Bu tanımlayıcılar ile ilgili açıklamalar aşağıda gösterildiği gibidir [66]:

Bulanık kümenin normalliği: Bir A bulanık kümesi $\sup A(x) = 1$ şartını sağlıyorsa normal, bu şartı sağlamıyorsa anormal bulanık küme olarak ifade edilir. Bir başka ifadeyle, Bir A bulanık kümesinin normal olabilmesi için üyelik fonksiyonunun 1'e eşit olması gerekir.



Şekil 4.3. Normal ve normal olmayan bulanık küme örnekleri [66]

Bulanık kümenin normalizasyonu: Normalizasyon işlemi Norm (A), normal olmayan bir A bulanık kümesini normal hale getiren bir mekanizmadır. Bu işlem başlangıç değerinin bulanık kümenin en büyük değerine bölünmesiyle gerçekleşir.

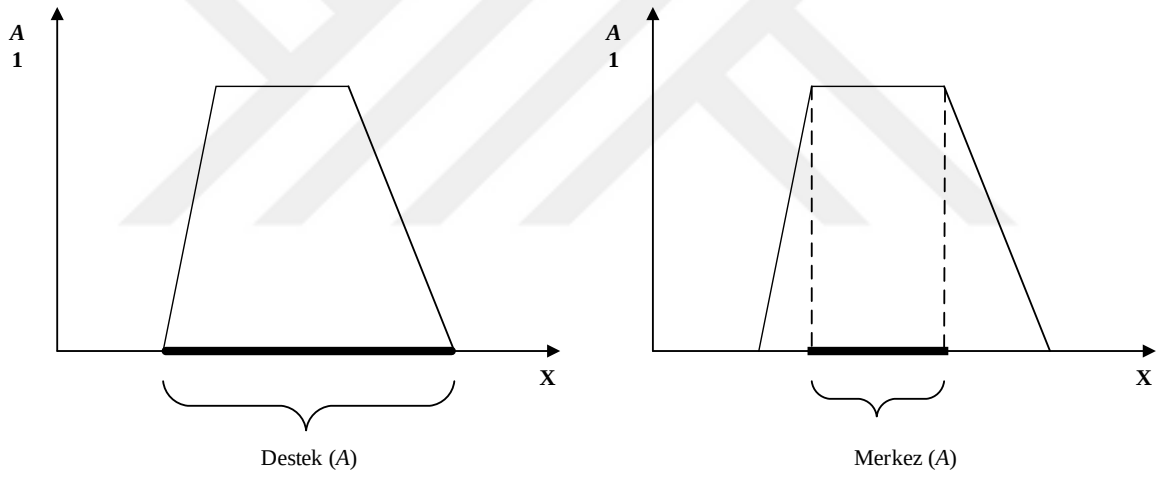
$$\text{Norm}\ (A) = \frac{A(x)}{enb(A)} \tag{4.4}$$

Bulanık kümenin desteği: Supp A ile gösterilen *A* bulanık kümesinin desteği üyelik derecesi sıfır olmayan elemanlarından oluşur.

$$Supp\ (A) = \{(x \in X | A(x) > 0)\} \tag{4.5}$$

Bulanık kümenin merkezi: Core A ile gösterilen *A* bulanık kümesinin merkezi üyelik derecesi 1'e eşit olan elemanlarından oluşur.

$$Core\ (A) = \{(x \in X | A(x) = 1)\} \tag{4.6}$$



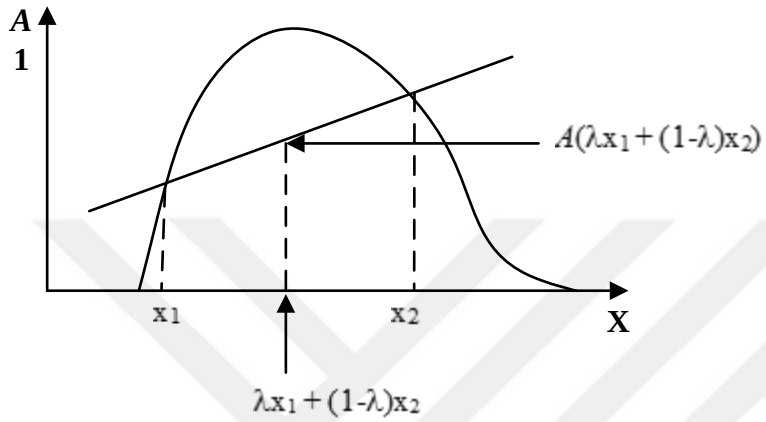
Şekil 4.4. A bulanık kümesinin desteği ve merkezi [66]

Bulanık kümenin a –keseni: A_a ile gösterilen bir *A* bulanık kümesinin *a* –keseni, üyelik değerleri belirli bir eşik seviyesine ulaşan veya bu eşik seviyesini aşan evrenin elamanlarından oluşan bir kümedir. Burada $a \in [0,1]$'dir.

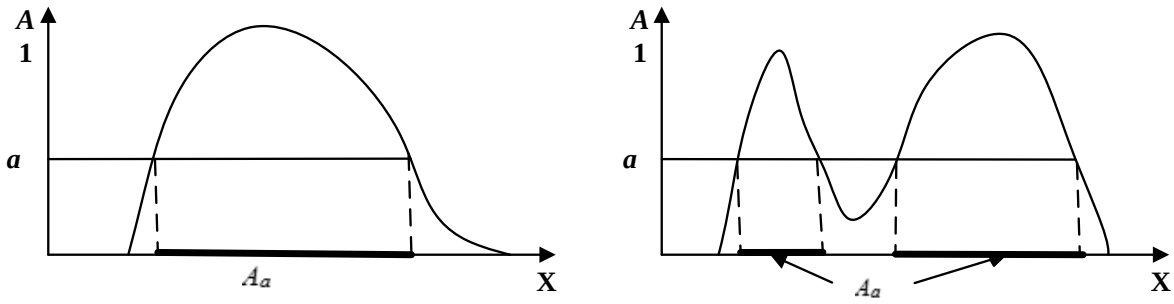
$$A_a = \{(x \in X | A(x) \geq a)\} \tag{4.7}$$

Bulanık kümenin konveksliği **:** Bir A bulanık kümesi $\forall\, x_1, x_2 \in X\ ve\ \lambda \in [0,1]$ aşağıdaki koşulu sağlıyorsa konveks olarak kabul edilir.

Koşul: $\rightarrow \quad A\,(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2 \geq \min(A\,(x_1), A(x_2))$ Konveks ve konveks olmayan kümeler ait örnekler Şekil 4.5'te ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Konveks bulanık küme örneği [66]



Şekil 4.6. Konveks ve konveks olmayan bulanık küme örnekleri [66]

Bulanık kümenin niceliği: Sınırlı ve sayılabilir X evreninde tanımlanmış ve card (A) ile gösterilen bulanık küme A'nın niceliği aşağıdaki toplam biçiminde ifade edilir.

$$\text{Card}\,(A) = \sum_{x \in X} A(x) \tag{4.8}$$

4.2.2. Bulanık sayılar

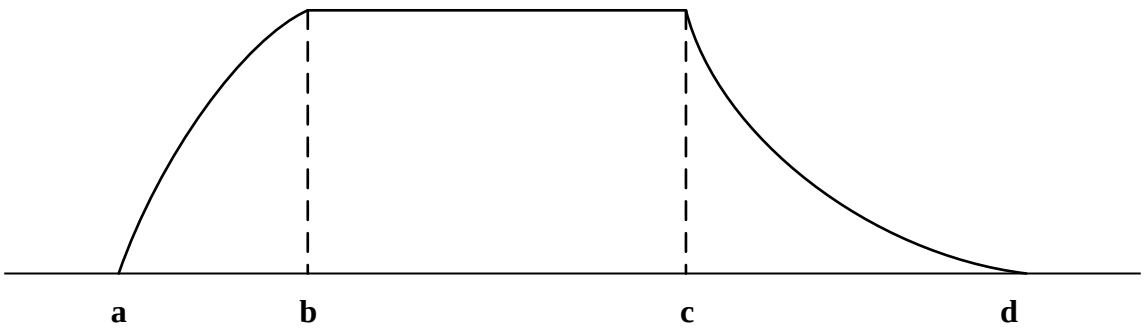
Gerçek sayıların bulanık alt kümeleri olan bulanık sayılar kavramı, sayısal bilgi içerisindeki belirsizliği (kesin olmama) temsil eden güçlü bir paradigmadır [87]. $M \in F(R)$ olmak üzere bir sayının bulanık sayı olarak ifade edilebilmesi için aşağıdaki koşulları sağlaması gerekir [88]:

1) $x_0 \in R$ ve $\mu(x_0) = 1$ (4.9)

2) $a \in [0,1]$ (4.10)

$$A_a = \left[x, \mu_{A_a}(x) \geq a\right] \quad (4.11)$$

Burada $F(R)$ bulanık kümenin tamamını, R ise gerçek sayılar kümesini temsil etmektedir. Bulanık bir sayının $[a,b][b,c][c,d]$ şeklinde üç aralığı vardır. Buna göre, $[a,b]$ artış eğilimi, $[b,c]$ 1'e eşit olma eğilimi, $[c,d]$ ise 0'e eşit olma eğilimi gösterirler [89].



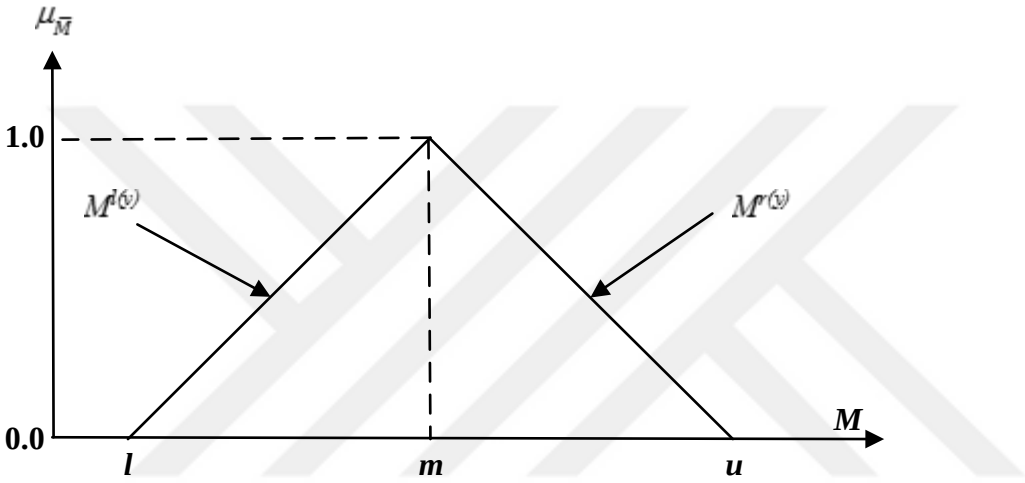
Şekil 4.7. Bulanık sayı aralıkları [89]

4.2.3. Üçgensel bulanık sayılar

Bir sayının bulanık kümeyi temsil edip etmediği üzerindeki "~" sembolüne bakılarak anlaşılabilir. Eğer sayı bulanık kümeyi temsil ediyorsa üzerinde "~" sembolü olması gerekir. Şekil 4.8'de bir üçgensel bulanık sayı olan $\widetilde{M}$ örnek olarak gösterilmiştir. Bir üçgensel bulanık sayı basitçe (*l, m, u*) şeklinde gösterilebilir. Burada *l, m, u* sırasıyla, en küçük olası

değer, en olası değer (en iyi değer) ve en büyük olası değeri temsil eder. Bir üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır [90]:

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \dfrac{x-l}{m-l}, & l \le x \le m \\ \dfrac{u-x}{u-m}, & m \le x \le u \\ 0, & x > u \end{cases} \tag{4.12}$$



Şekil 4.8. Üçgensel bulanık sayı $\tilde{M}$ [90]

Şekil 4.8'de yer alan *l(y)* ve *r(y)* bulanık bir sayının sırasıyla sol ve sağ tarafını temsil etmektedir.

4.2.4. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

Bulanık sayılarda yapılan aritmetik işlemler, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme şeklinde ele alınmıştır. Daha önce (*l, m, u*) olarak ifade edilen bir üçgensel bulanık sayı burada *(a,b,c)* şeklinde gösterilmiştir. Toplama ve çarpma ile ilgili işlemler aşağıda belirtildiği gibidir [91]:

Toplama:

$$(a_1, b_1, c_1) \oplus (a_2, b_2, c_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \tag{4.13}$$

Çarpma:

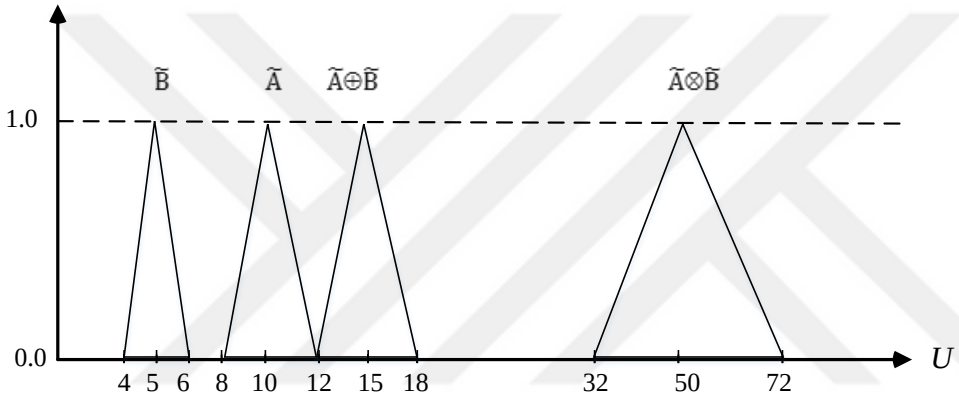
$$(a_1, b_1, c_1) \otimes (a_2, b_2, c_2) = (a_1 * a_2, b_1 * b_2, c_1 * c_2) \tag{4.14}$$

Örneğin $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ iki üçgensel bulanık sayıyı temsil etmek üzere Eş. 4.13 ve 4.14'e göre aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

$\tilde{A} = (8,10,12)$ ve $\tilde{B} = (4,5,6)$,

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (8,10,12) \oplus (4,5,6) = (12,15,18), \quad (4.15)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (8,10,12) \otimes (4,5,6) = (32,50,72) \quad (4.16)$$



Şekil 4.9. Örnek bulanık sayı işlemleri [91]

Örnekte verilen iki üçgensel bulanık sayıya ait işlem sonuçları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Çıkarma ve bölme ile ilgili işlemler $\tilde{A} = (a_1, b_1, c_1)$ ve $\tilde{B} = (a_2, b_2, c_2)$ olmak üzere aşağıda belirtildiği gibidir [92]:

Çıkarma:

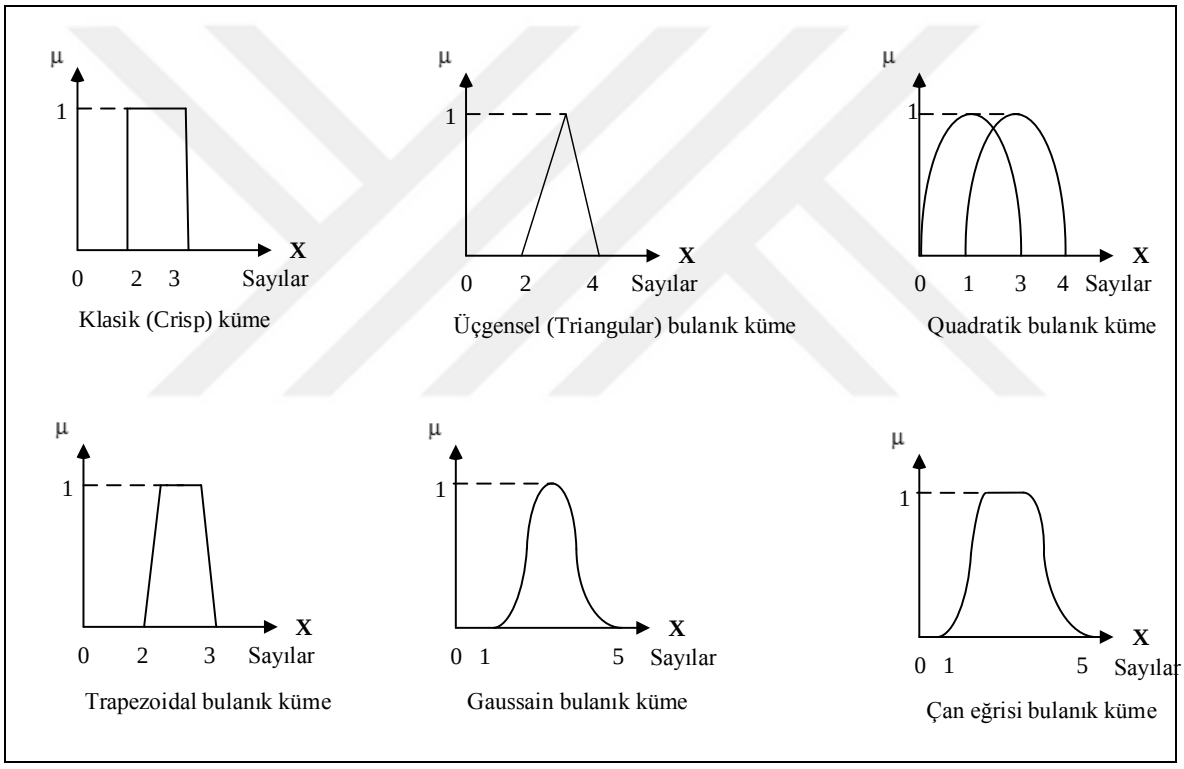
$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2) \quad (4.17)$$

Bölme:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = \left(\frac{a_1}{c_2}, \frac{b_1}{b_2}, \frac{c_1}{a_2}, \right) \quad (4.18)$$

4.2.5. Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonları

Bulanık mantıkta üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir. Belirlenen üyelik fonksiyonları dilsel ifade kolaylığı sağlayacak bölgelerin sınırlarını tanımlamada ve algılayıcı bilgilerine (gerçek bilgiler) ait üyelik ağırlıklarının tespit edilmesinde kullanılır. Üyelik fonksiyonları, sistem parametrelerini tanımlar. Üyelik fonksiyonlarının şekli ve sayısıyla ilgili herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu alanla ilgili literatüre bakıldığında, çalışmalarda en fazla kullanılan üyelik fonksiyonlarının üçgensel, yamuk ve çan eğrisi şeklinde olduğu görülmektedir [93].

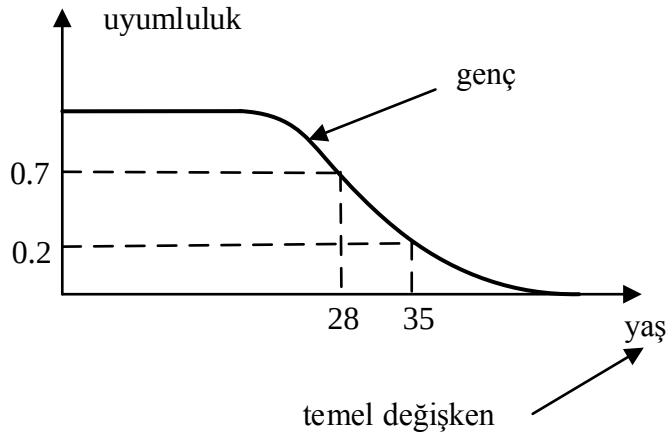


Şekil 4.10. Üyelik fonksiyonlarının alabildiği şekiller [93]

Üyelik fonksiyonlarının alabileceği muhtemel temel şekiller Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

4.2.6. Dilsel değişkenler

Doğal veya yapay bir dilde değerleri sayısal olarak değil kelime veya cümle olarak temsil edilen değişkenler dilsel değişkenler olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, "John genç biridir" cümlesi "John 25 yaşındadır" cümlesine göre daha az kesinlik ifade etmektedir. Bu cümledeki genç ifadesi yaş değişkeninin dilsel değeri olarak kabul edilebilir. Burada "genç" ifadesinin "25" sayısal değeri ile aynı rolü oynadığı ancak daha az kesinlik ifade ettiği görülmektedir. Benzer şekilde çok genç, genç değil, aşırı genç, çok genç değil, … vb. gibi ifadeler 20, 21, 22, 23… şeklinde gösterilen sayısal değerler yerine dilsel değerler olarak ifade edilebilir. Yaş değişkenin de sayısal karşılıkları 0, 1 ,2 ,3 ,4 ,5…..100 olan değerler yaş için temel değişkenler olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte bu değişkenlere karşılık gelen "genç" bulanıklığı ifade etmektedir. Temel değişken değerlerinin bulanıklığı uyumluluk fonksiyonu ile karakterize edilir ve [0,1] arasında ki değerlerden oluşur. Örneğin sayısal olarak 22, 28 ve 35 olan yaşların "genç" olarak belirtilen "bulanık kısıtlaması" ile uyumluluğu 1, 0,7 ve 0,2 olabilir. Şekil 4.11'de *yaş* temel değişkenine göre *gencin* uyumluluk fonksiyonu gösterilmiştir [94].



Şekil 4.11. Genç için uyumluluk fonksiyonu [94]

"John genç" ifadesi geleneksel olarak John'un erkek sınıfının bir üyesi olduğu anlamına gelir. Bununla beraber, gençler sınıfının bulanık bir küme olduğu düşünüldüğünde genç olmayla genç olmama arasında keskin bir geçisin olmadığı görülmektedir. Böyle bir keskin geçişin olmamasından dolayı, John genç erkek sınıfının üyesidir iddiası kesin matematiksel

tanımlama (bir üyesidir) ile tutarsızlık göstermektedir. Bu noktada, buna benzer zorlukların aşılmasında dilsel değişkenlerin araştırmacılara yardımcı olduğu söylenebilir [94].

4.2.7. Durulaştırma

Durulaştırma problemi bulanık karar vermede kullanılan her algoritmada ortaya çıkmaktadır. [95]. Durulaştırma, bulanık sayıları gerçek (kesin) sayılara dönüştüren bir tekniktir. Durulaştırma işlemi, bulanık olmayan en iyi performans değerini (the Best Nonfuzzy Performance (BNP)) tespit etmek için kullanılır [96]. Bulanık bir kümenin durulaştırılması sonucu elde edilen değer, tercih edilecek alternatife olan güveni olabildiğince iyi yansıtır [95]. Literatürde en yaygın kullanılan durulaştırma yöntemleri; en büyüklerin ortalaması (mean-of-maxima), alan merkezi (center-of-area), ve α-kesimi (α-cut) olarak yer almaktadır [96].

En büyüklerin ortalaması (mean-of-maximum-MOM): Bu yöntemin güvenilirliği zayıf fakat çözümü daha kolaydır. Bu yöntemde nihai durulaştırma, maksimum yüksekliğe sahip üyelik fonksiyonu bulanık çıktısının orta noktası olarak hesaplanır. Eş. 3.16'da MOM hesaplama formülü verilmiştir. Buna göre, *n* bulanık çıktının şekillendirilmesine katkıda bulunan toplam üyelik fonksiyonu sayısını, m_i üyelik fonksiyonunun i^{th} bulanık çıktısının orta noktasını ifade etmektedir [97].

$$\mathrm{MOM} = \mathrm{Maximum}(m_i)\ 1 \leq i \leq n \tag{4.19}$$

Alan merkezi (center-of-area): Alan merkezi veya ağırlık merkezi (center of gravity) olarak da bilinen bu yöntem, en iyi durulaştırma yöntemlerinden biri olarak kabul edilir. Üyelik fonksiyonu altındaki alanın ağırlık merkezini hesaplayan temel bir durulaştırma yöntemidir. Eş. 4.20'de beklenen değerin yani durulaştırılmış değerin hesaplaması gösterilmektedir. Burada, *A* bir olasılık dağılımını ifade etmektedir [98].

$$\mathrm{COG}(A) = \sum_{x_{min}}^{x_{max}} x.A(x) \Big/ \sum_{x_{min}}^{x_{max}} A(x) \tag{4.20}$$

α -kesimi (α - cut): Bu yöntem, kriterlerin performans matrisini, bulanık ağırlıklarını ve her bir kriter için alternatiflerin aldığı değerleri hesaplar. Kriterlerle ilişkili bulanık ağırlık vektörü ile her bir kriter altındaki alternatiflerin karar matrisi çarpılarak ve elde edilen vektörler toplanarak bulanık ağırlıklı toplam performans matrisi (*P*) elde edilebilir [99].

$$\tilde{P} = \begin{pmatrix} (l_1, m_1, u_1) \\ (l_2, m_2, u_2) \\ \vdots \\ (l_n, m_n, u_n) \end{pmatrix} \qquad n = \text{alternatiflerin sayısı} \qquad (4.21)$$

α - kesim yöntemi, *A* ve *B* gibi iki bulanık sayıyı $A_\alpha = [a_\alpha -, a_\alpha +]$ ve $B_\alpha = [b_\alpha -, b_\alpha +]$ gibi α – kesimleri açısından karşılaştırmaktadır. Verilen aralıklar, *A* ve *B*'nin üyelik fonksiyonlarının α'dan büyük veya eşit olduğu alt ve üst sınırları ifade etmektedir. Eğer A, B'den küçük ise α'nın [0,1] aralığında alabileceği tüm değerleri için, $A \leq B, a_\alpha - < b_\alpha -$, $a_\alpha + < b_\alpha +$ olduğu söylenebilir. α – kesimi toplam ağırlıklı performans matrislerini aralık performans matrislerine dönüştürmek için uygulanabilir. Son olarak, temelde α - kesim yöntemi seçilen bulanık aralıktaki belirsizliği hesaplar. Bu durumda daha fazla α – kesim incelemesi yapmanın daha güvenilir sonuçlar verebileceği söylenebilir [99].

4.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri sonlu veya sonsuz alternatif arasından en iyi alternatifin seçilmesini sağlar. İlk bahsedilen problem sınıflarında yani sonlu problemlerde çok nitelikli karar verme (ÇNKV- Multiple attribute decision making) yöntemleri kullanılmaktadır. ÇKKV alanı 1960'lardan itibaren çok hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. 1960'dan bu yana toplamsal yöntem, Spearman korelasyon sıralama yöntemi, ELECTRE, PROMETHEE, AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, COPRAS, MOORA vb. yöntemler birçok çalışmada kullanılmıştır [100].

Klasik ÇKKV yöntemleri genellikle tüm kriterlerin ve kriter ağırlıklarının gerçek/kesin değerlerle ifade edildiğini ve alternatiflerin değerlendirilmesinin ve nihayetinde sıralamanın sorunsuz bir şekilde gerçekleşebileceğini varsaymaktadır. Gerçek hayat problemlerindeki karar durumlarında ise bilginin doğasında bulunan ve belirsizlik içeren kriterlerden dolayı, klasik ÇKKV yöntemleri uygulamada birçok kısıtla karşı karşıya kalabilirler.
Çoğu durumda, kriterlerin performansı nitel olarak ya da dilsel terimler kullanılarak ifade edilebilir, bu ise kesinlikle daha uygun bir yöntemin kullanılmasını gerektirir. Klasik yöntemlerin yetersiz kaldığı bu gibi durumların üstesinden gelebilmek için kullanılan yöntemler; bulanık ÇKKV yöntemleri olarak ifade edilebilir. Burada "bulanık" terimi genelde, tanımın uygulandığı gözlem setinin iyi tanımlanmış sınırlarının bulunmaması nedeniyle, nitelik veya hedefin net bir şekilde tanımlanamayacağı bir durumu ifade eder [77].

Literatüre bakıldığında sürdürülebilir tedarikçi seçiminde çok sayıda bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu bölümde çalışmada kullanılan, bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Genel olarak tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemlere ise ilerleyen bölümlerde daha ayrıntılı olarak değinilecektir. Bu çalışmada ÇKKV terimi ÇNKV yöntemlerine atıfta bulunmak için kullanılmıştır.

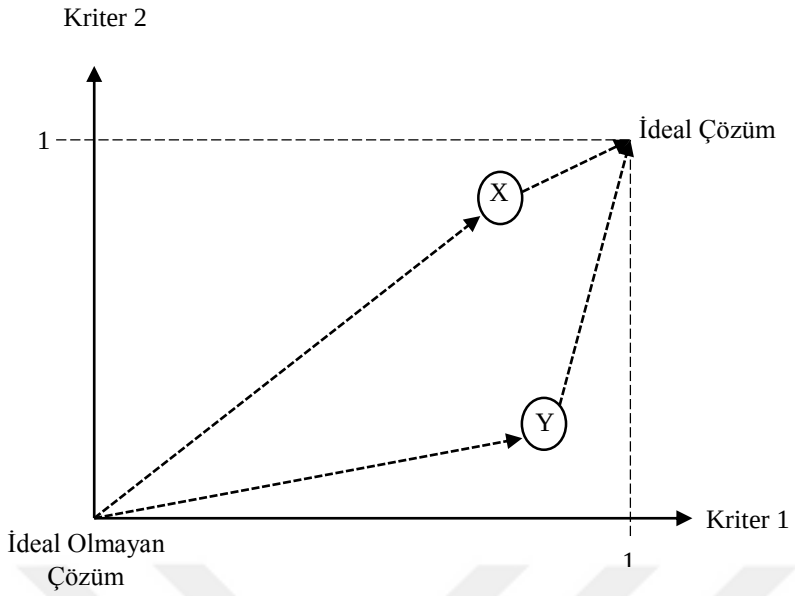
4.3.1. Bulanık TOPSIS

TOPSIS yöntemi literatürde geniş bir şekilde kullanılan popüler bir ÇKKV yaklaşımıdır. Bu yöntem zaman içerisinde bulanık ÇKKV problemlerinde kullanılarak genişletilmiştir [101]. Bu genişlemenin sebebi TOPSIS yönteminin karar verme süreçlerindeki belirsizliği yakalamada yetersiz kalmasıdır [102].

Bulanık TOPSIS örnekleri incelendiğinde, ilk olarak Tsaur, Chang ve Yen (2002)'in bulanık olmayan bir ÇKKV probleminin ağırlık merkezini bulanıklaştırarak TOPSIS yöntemiyle çözdüğü görülmüştür. Chen ve Tzeng (2004) bulanık olmayan bir ÇKKV yöntemini bulanık integral kullanarak bulanık bir ÇKKV problemine dönüştürmüştür. Burada uzaklığı kullanmanın yerine her bir alternatifin göreli yakınlığını tanımlamak için gri ilişki sınıfı kullanmışlardır. Chen (2000) iki bulanık sayı arasında kesin bir öklid mesafesi tanımlayarak bulanık grup karar verme durumlarında TOPSIS yöntemini genişletmiştir [101].

TOPSIS yöntemi sonlu sayıda seçenekten bir çözüm üretebilmek için 1981'de Hwang ve Yoon tarafından önerilen bir ÇKKV yöntemidir. Bu yöntem, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması prensibine dayanır (Şekil 4.12).

Bulanık TOPSIS yöntemi ise değerlendirme ve yargılar içerisindeki belirsizlikle mücadele edebilmek ve bulanık ortamlarda ÇKKV problemlerini çözmek için Chen (2000) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde, bir kriter setine göre seçenekler değerlendirilmek zorundadır. Bununla birlikte karar verici komitenin doğası gereği belirsiz, öznel ve kesin olmayan değerlendirmeleri için bulanık küme teorisi kullanılmalı ve dilsel olarak seçeneklerin değerlendirilmesi yapılmalıdır. Karar verici komitenin dilsel değerlendirmelerini açıklamak için ise üçgensel bulanık sayılar kullanılabilir [106].



Şekil 4.12. Çözüm uzayında X ile Y alternatiflerinin ideal ve ideal olmayan çözüme uzaklıkları [107]

Bu çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimi için önerilen yöntemin algoritması aşağıda belirtildiği gibidir [104] [108]:

Önerilen yöntemin ilk adımında karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur, komite oluşturulduktan sonra değerlendirilecek alternatifler ve seçim kriterleri belirlenir. Bu adımdan sonra alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan dilsel değişkenler seçilir. Dilsel değişkenler belirlendikten sonra karar verici komite alternatif ve kriterleri bu dilsel değişkenlere göre değerlendirir. Karar verici komite tarafından yapılan değerlendirmeler üçgensel bulanık sayılar şeklinde ifade edilir. Çalışmada karar verici komite tarafından alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de gösterildiği gibidir.

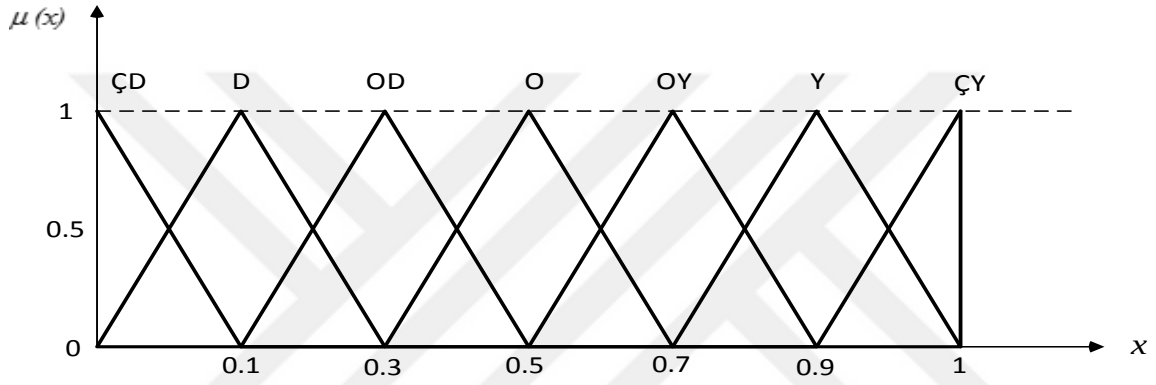
Çizelge 4.1. Kriterlerin önem ağırlığının belirlenmesinde kullanılan dilsel değişkenler [104]

Dilsel Değişkenler	**Kısaltma**	**Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı**
Çok Düşük	ÇD	(0, 0, 0.1)
Düşük	D	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük	OD	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta	O	(0.3, 0.5, 0.7)

Çizelge 4.1. (devam) Kriterlerin önem ağırlığının belirlenmesinde kullanılan dilsel değişkenler [104]

Dilsel Değişkenler	Kısaltma	Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı
Orta Yüksek	OY	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek	Y	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek	ÇY	(0.9, 1.0, 1.0)

Çizelge 4.1'de tanımlanan dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları Şekil 4.13'teki gibi gösterilebilir:

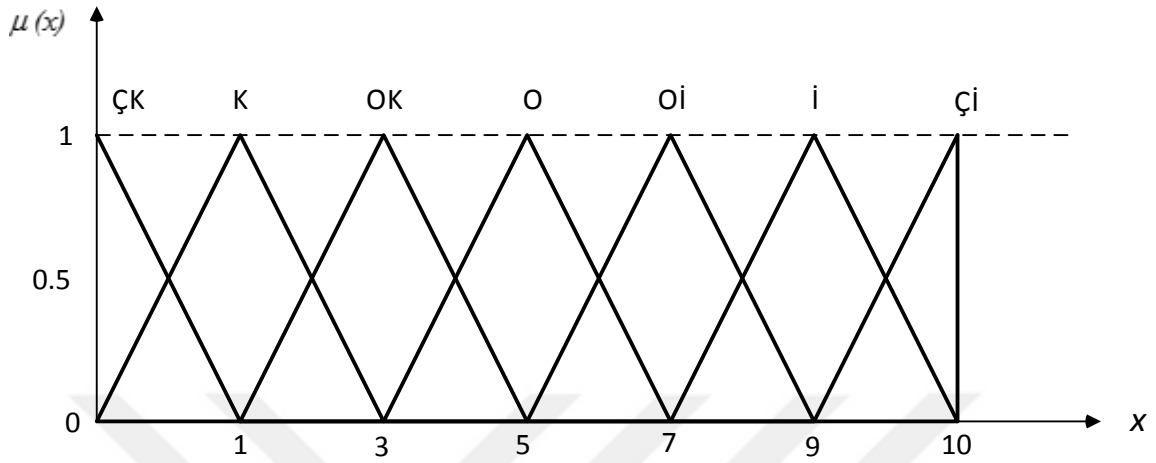


Şekil 4.13. Kriterler için dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları [61]

Çizelge 4.2. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler [104]

Dilsel Değişkenler	Kısaltma	Üçgensel Bulanık Sayı Karşılığı
Çok Kötü	ÇK	(0, 0, 1)
Kötü	K	(0, 1, 3)
Orta Kötü	OK	(1, 3, 5)
Orta	O	(3, 5, 7)
Orta İyi	Oİ	(5, 7, 9)
İyi	İ	(7, 9, 10)
Çok İyi	Çİ	(9, 10, 10)

Çizelge 4.2'de tanımlanan dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları Şekil 4.14'teki gibi gösterilebilir.



Şekil 4.14. Alternatifler için dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları [61]

K tane karar vericiden oluşan karar grubunun, alternatiflerin değeri ve kriterlerin önem ağırlığını her bir kritere göre değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin tek bir değere indirgenmesi aşağıda yer alan formüllerde belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K}\left[\tilde{x}_{ij}^{1}(+)\,\tilde{x}_{ij}^{2}(+)\cdots\cdots(+)\tilde{x}_{ij}^{K}\right] \tag{4.22}$$

$$\widetilde{w}_{j} = \frac{1}{K}\left[\widetilde{w}_{j}^{1}(+)\,\widetilde{w}_{j}^{2}(+)\cdots\cdots(+)\widetilde{w}_{j}^{K}\right] \tag{4.23}$$

Burada $\tilde{x}_{ij}^{K}$, K karar vericinin i. alternatifinin değerlendirilmesini gösterirken, $\widetilde{w}_{j}^{K}$ ise K'nıncı karar vericinin değerlendirdiği karar kriterlerinin önem ağırlığını göstermektedir. Kriter ve alternatiflerin tamamı için tek bir değer elde edildikten sonra karar probleminin matrisini şu şekilde göstermek mümkündür;

$$\widetilde{\mathrm{D}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathrm{x}}_{11} & \tilde{\mathrm{x}}_{12} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{1\mathrm{n}} \\ \tilde{\mathrm{x}}_{21} & \tilde{\mathrm{x}}_{22} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{2\mathrm{n}} \\ \tilde{\mathrm{x}}_{31} & \tilde{\mathrm{x}}_{32} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{3\mathrm{n}} \\ \vdots & \vdots & \cdots\cdots & \\ \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{m1}} & \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{m2}} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{mn}} \end{bmatrix} \qquad \widetilde{w} = [\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \cdots\cdots \widetilde{w}_n] \tag{4.24}$$

Burada, $\tilde{x}_{ij}$, $\forall i$, j ve $\tilde{w}_j$, için j= 1,2,…..,n dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler üçgensel bulanık sayılar olup, $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde tanımlanabilir. $\tilde{D}$ bulanık karar matrisini, $\tilde{W}$ ise karar kriterlerinin önem ağırlıklarından oluşan bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar martisinin normalize edilmesidir. Normalize işlemi yapılırken, klasik topsis yönteminde kullanılan karışık normalizasyon yönteminden kaçınmak ve çeşitli kriter ölçeklerini kıyaslanabilir bir ölçeğe dönüştürmek için lineer ölçek dönüştürme kullanılmıştır. Yani, lineer normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Bulanık karar matrisine aşağıdaki formüller uygulanarak normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{R}$ elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{mxn}, \qquad i = 1,2,\dots\dots,m \qquad j = 1,2,\dots\dots,n \tag{4.25}$$

B ve C karar kriterleri, *B* fayda kriteri ve C maliyet kriteri olmak üzere,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), \qquad \text{Eğer } j \in B \; ise, \qquad c_j^* = \max_i c_{ij} \tag{4.26}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right), \qquad \text{Eğer } j \in C \; ise, \qquad a_j^- = \min_i a_{ij} \tag{4.27}$$

Yukarıda değinilen normalizasyon metodu, normalize edilmiş üçgensel bulanık sayılara ait olan [0,1] aralığında olma özelliğini korumak için kullanılmıştır. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra karar verici komite tarafından belirlenen ve değerlendirilen her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi aşağıda belirtildiği gibi oluşturulmaktadır;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{mxn}, \qquad i = 1,2,\dots,\mathrm{m} \qquad \mathrm{J} = 1,2,\dots,\mathrm{n} \tag{4.28}$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(.)\,\tilde{w}_j \tag{4.29}$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre, , $\forall i,\ j$ için $\tilde{v}_{ij}$ elemanları normalize edilmiş pozitif üçgensel bulanık sayılardır. Bu adımdan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (BPİÇ (A^*)) ve bulanık negatif ideal çözüme (BNİÇ (A^-)) geçilir. Bu çözümler aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots \dots \tilde{v}_n^*), \tag{4.30}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots \dots \tilde{v}_n^-), \tag{4.31}$$

$$\tilde{v}_j^* = \max_i\{v_{ij3}\}, \qquad \tilde{v}_j^- = \min_i\{v_{ij1}\}, \quad i = 1,2, \dots \dots, m \ \ ve \ \ j = 1,2, \dots \dots, \mathrm{n} \tag{4.32}$$

Her alternatifin BPİÇ (A^*) ve BNİÇ (A^-) 'e olan uzaklıkları sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1,2, \dots \dots, m, \tag{4.33}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1,2, \dots \dots, m, \tag{4.34}$$

Burada, $d(.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklık ölçüsünü ifade etmekte olup bu uzaklık vertex metodu ile bulunmaktadır. Sırasıyla her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları vertex metodu kullanılarak hesaplanır. Vertex metodu aşağıda belirtilen hesaplamaları içermektedir.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \tag{4.35}$$

Yukarıda değinilen metot ile pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar belirlendikten sonra, tüm alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için yakınlık katsayıları hesaplanır (CC_i). Her bir alternatifin yakınlık katsayısı;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \ , \qquad i = 1,2,\dots,m \tag{4.36}$$

Eş. 4.36'da yer alan formül ile hesaplanarak bulunur. Yakınlık katsayısının 1'e yaklaşması herhangi A_i alternatifinin tercih edilme olasılığının arttığını ifade etmektedir. Chen ve diğerleri (2006)'ya göre yakınlık katsayısına göre herhangi bir A_i alternatifinin kabul koşulları aşağıda belirtildiği gibidir.

Çizelge 4.3. Herhangi bir A_i alternatifinin kabul edilme koşulu [108]

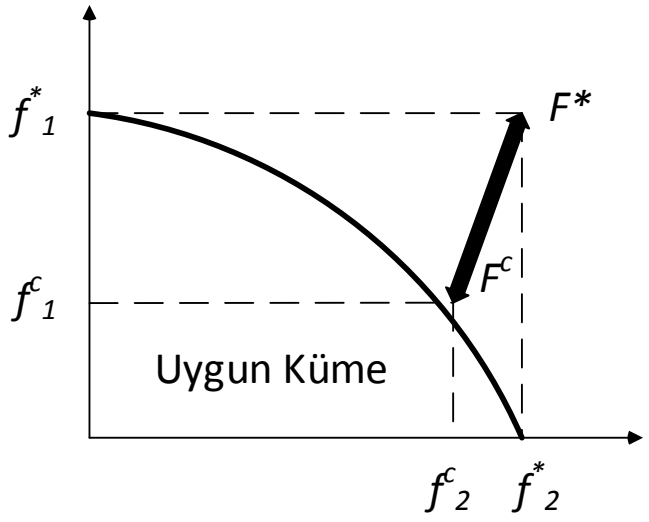
Yakınlık Katsayısı CC_i	**Değerlendirme Durumu**
$CC_i \in [0, 0.2)$	Tavsiye Edilmez
$CC_i \in [0.2, 0.4)$	Yüksek Risk İle Birlikte Kabul Edilir
$CC_i \in [0.4, 0.6)$	Düşük Risk İle Birlikte Tavsiye Edilir
$CC_i \in [0.6, 0.8)$	Kabul Edilir
$CC_i \in [0.8, 1.0]$	Kabul Edilir ve Tercih Edilir

Çizelge 4.3' de yer alan kabul koşullarına göre, her bir tedarikçinin değerlendirme durumunu belirleyebilmek için dilsel değişkenler kullanılabilir. Bununla birlikte, eğer herhangi iki tedarikçi aynı sınıfta yer alıyorsa bu tedarikçileri sıralayabilmek için yakınlık katsayı değerlerine bakılır ve ona göre bir sıralama yapılabilir. Yukarıda açıklanan Bulanık TOPSİS algoritmasının adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. *Adım:* Öncelikle karar verici komite oluşturulur ve daha sonra değerlendirme kriterleri belirlenir.
2. *Adım:* Karar verici komite, karar kriterlerini ve alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirirler.
3. *Adım:* Komitenin değerlendirmelerinden sonra dilsel değişkenler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür, bu dönüştürme işlemi karar kriterlerinin önem ağırlığı ve alternatiflerin kriterlere göre değerleri için ayrı ayrı uygulanır.
4. *Adım:* Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.
5. *Adım:* Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.
6. *Adım:* Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir.
7. *Adım:* Sırasıyla, her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları hesaplanır.
8. *Adım:* Her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır.
9. *Adım:* Hesaplanan yakınlık katsayılarına göre, tüm alternatifler sıralanır.

4.3.2. Bulanık VIKOR

Opricovic (1998), Opricovic and Tzeng (2002) , Opricovic and Tzeng (2004) tarafından geliştirilen VIKOR (sırpça:VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)'un anlamı çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm olarak ifade edilmiştir [112]. VIKOR yöntemi karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiştir. Bu yöntem başlangıçta elde edilen ağırlıklarla uzlaşık bir çözüm elde ederek seçeneklerin bu uzlaşık çözüme göre sıralanmasını sağlar [111]. Burada uzlaşık çözüm ile ifade edilmek istenen, ideale en yakın uygun bir çözüm kümesidir (Şekil 4.15). Uzlaşık ile ilgili bir başka kastedilen şey ise ortak konsensüs tarafından bir anlaşmaya varılmasıdır [113]. VIKOR birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu durumlarda bir dizi alternatifin sıralamasına ve seçimine odaklanmaktadır. Bu yöntem, çok kriterli sıralama endeksini "ideal" çözüme "yakınlık" ilkesine dayandırmaktadır. VIKOR, özelikle karar vericinin sistem tasarımının en başında kendi tercihini tam olarak ifade edemediği veya hangi tercihte bulunması gerektiğini bilemediği ortamlarda çok kriterli karar vermede faydalı bir araç olarak düşünülebilir. Yöntem ile elde edilen uzlaşık çözüm karar vericiler tarafından kabul edilebilir çünkü yöntem çoğunluğun maksimum "grup faydasını" sağlarken aynı zamanda "karşıt görüşlerin" minumum bireysel pişmanlığını da sağlamaktadır [111].



Şekil 4.15. İdeal ve uzlaşık çözümler [111]

Klasik çok kriterli karar verme tekniklerinde olduğu gibi VIKOR yönteminde de kriterlerin ağırlıklarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır. Ancak, gerçek yaşam problemlerinin birçoğunda kesin değerlere ulaşmak güçleşmektedir. Tercihleri içeren insan kararları

genellikle muğlaktır ve kesin sayısal değerlerle ifade etmeyi zorlaştırmaktadır. Bu tür problemlerde karar verici, kesin olmayan veya belirsiz bilgiyi de dikkate almalıdır. Kesin olmayan veya belirsiz bilgiyi çözüme dâhil etmenin yöntemlerinden biri de dilsel değerlendirmeleri kullanmaktır. Bulanık VIKOR yöntemi, bulanık mantığın VIKOR yöntemine uygulanmasıdır. Yöntem, dilsel değerlendirmeleri dikkate alarak, en iyi çözümü ve uzlaştırıcı çözümü bulmada rasyonel ve sistematik süreçler sunmaktadır [114].

Bulanık VIKOR yöntemi temelde, çelişen kriterlerin olduğu çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirilmiştir. Bu yöntem hem kriterlerin hem de ağırlıkların bulanık kümeler halinde olabileceği bulanık ortamlarda problemleri çözmektedir. Üçgensel bulanık sayılar kesin olmayan sayısal nicelikleri ele almak için kullanılır. Bulanık VIKOR metodu, herhangi bir alternatifin ideal çözüme olan uzaklığını temsil eden bulanık değer kümelerini esas alan bir çözüm yaklaşımı önermektedir [115].

Bu çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçiminde ikinci yöntem olarak Chen ve Wang (2009) tarafından geliştirilen bulanık VİKOR yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemin algoritması aşağıda belirtildiği gibidir [116] [117]:

Önerilen yöntemin *ilk adımında*, karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur, komite oluşturulduktan sonra değerlendirilecek, alternatifler ve değerlendirme kriterleri belirlenir. Alternatif sayısı *m*, değerlendirme kriterleri *k,* karar verici komitede yer alan karar verici sayısı ise *n* olarak ifade edilebilir. *İkinci adımda*, dilsel değişkenler ve bunların üçgensel bulanık sayı karşılıkları belirlenir. Belirlenen dilsel değişkenler, çeşitli değerlendirme kriterlerine göre kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemek ve alternatifleri derecelendirmek için kullanılır. Çalışmada karar verici komite tarafından kriterleri ve alternatifleri değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de gösterildiği gibidir.

Üçüncü adımda, kriterlerin ve alternatiflerin bulanık ağırlıkları için karar verici komitenin değerlendirmeleri tek bir değere indirgenir. Bu değerlendirmelerin tek bir değere indirgenmesi, her bir kriterin bütünleştirilmiş bulanık ağırlığının (*n* karar verici sayısını göstermek) Eş. 4.37'de yer alan formülde belirtildiği gibi hesaplanmasıyla gerçekleştirilir.

$$\widetilde{w}_j = \frac{1}{n}\left[\sum_{e=1}^{n} \widetilde{w}_j^e \right] \quad , \quad j = 1,2, \dots \dots \dots k \tag{4.37}$$

Her bir alternatifin yani *i.'ninci* alternatifin *j* kriterine göre *n* karar verici tarafından değerlendirildiği bütünleştirilmiş bulanık ağırlığı Eş. 4.38'te belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n}\left[\sum_{e=1}^{n} \tilde{x}_{ij}^e \right] \quad , \quad i = 1,2, \dots \dots \dots m \tag{4.38}$$

Dördüncü adımda, her bir kriter ve her bir alternatif için bütünleştirilmiş bulanık ağırlıklı ortalama değerler elde edildikten sonra, bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\widetilde{\mathrm{D}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathrm{x}}_{11} & \tilde{\mathrm{x}}_{12} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{1\mathrm{j}} \\ \tilde{\mathrm{x}}_{21} & \tilde{\mathrm{x}}_{22} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{2\mathrm{j}} \\ \tilde{\mathrm{x}}_{31} & \tilde{\mathrm{x}}_{32} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{3\mathrm{j}} \\ \vdots & \vdots & \cdots\cdots & \\ \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{m1}} & \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{m2}} & \cdots\cdots & \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{mk}} \end{bmatrix} \quad , \quad i = 1,2, \dots \dots \dots m \qquad j = 1,2, \dots \dots \dots k \tag{4.39}$$

$$\widetilde{W}_j = [\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \cdots\cdots \widetilde{w}_k] \quad , \qquad j = 1,2, \dots \dots \dots k \tag{4.40}$$

Burada, $\tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{ij}}$ *j* kriterine göre *i* alternatifinin derecesini, $\widetilde{w}_j$ ise *j*'ninci kriterin önem ağırlığını ifade etmektedir.

Beşinci adımda, bulanık en iyi değer (BEİD) ve bulanık en kötü değer (BEKD) belirlenir. Bu değerleri belirleme işlemi Eş. 4.41 kullanılarak gerçekleştirilir.

$$\tilde{f}_j^* = \max_i \tilde{x}_{ij} \qquad , \quad \tilde{f}_j^- = \min_i \tilde{x}_{ij} \tag{4.41}$$

Altıncı adımda, bulanık en iyi değer ve bulanık en kötü değer hesaplandıktan sonra, bütün kriterlere göre i alternatifinin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını ifade eden $\tilde{S}_i$ değeri ve *j*'ninci kitere göre *i* alternatifinin bulanık en kötü değerlere olan maximum uzaklığını

ifade eden $\tilde{R}_i$ değeri belirlenir. Bu değerler $j = 1,2, \dots \dots \dots k$ için hesaplanır burada $\tilde{w}_j$ ise kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{k} \left[\tilde{w}_j . \frac{(\tilde{f}_j^* - \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{ij}})}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} \right] \tag{4.42}$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\tilde{w}_j . \frac{(\tilde{f}_j^* - \tilde{\mathrm{x}}_{\mathrm{ij}})}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} \right] \tag{4.43}$$

Yedinci adımda, algoritmanın bu adımında öncelikle $\tilde{S}^*$ve $\tilde{R}^*$ değerleri belirlenir. $\tilde{S}^*$ $\tilde{S}_i$'nin minimum değerini ve bununla birlikte maksimum çoğunluk kuralı veya maksimum grup faydasını ifade eder. $\tilde{R}^*$ ise, $\tilde{R}_i$'nin minimum değerini ve bununla birlikte karşıt görüşlerin minimum bireysel pişmanlığını ifade eder. $\tilde{S}^*$ ve $\tilde{R}^*$ değerleri elde edildikten sonra $\tilde{Q}_i$ indeksinin hesaplanmasına geçilir. Böylelikle $\tilde{Q}_i$ indexi hem grup faydasına hem de karşıt görüşlerin minimum bireysel pişmanlığına dayalı olarak elde edilmiş olur.

$\tilde{Q}_i$ indexi hesaplanırken *v* kriterlerin çoğunluğunun veya maksimum grup faydasının stratejik ağırlığını, 1-v ise karşıt görüşlerin bireysel pişmanlığının ağırlığını ifade eder. Uzlaşmacı çoğunluk (fikir birliği) için *v* değeri genellikle 0.5 olarak kabul edilir [115][117].

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i \quad , \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \tag{4.44}$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i \quad , \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \tag{4.45}$$

$$\tilde{Q}_i = v \left[\frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}^*}{\tilde{S}^- - \tilde{S}^*} \right] + (1 - v) \left[\frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}^*}{\tilde{R}^- - \tilde{R}^*} \right] \tag{4.46}$$

Sekizinci adımda, bu aşamada durulaştırma yapılır. Üçgensel bulanık sayı $\tilde{Q}_i$ durulaştırılarak Q_i elde edilir. Durulaştırılarak elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve bu sıralamada en küçük değer en iyi çözüm olarak kabul edilir. Yani Q_i indeks değeri en küçük olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir. Literatürde birçok durulaştırma

yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada Hsieh vd. (2004)'nin yapmış oldukları çalışmada önerdikleri bulanık olmayan en iyi performans değeri (best nonfuzzy performance value) yöntemi kullanılmıştır. Buna göre, durulaştırma işlemi Eş. 4.47 kullanılarak gerçekleştirilir.

$$BNP_i = \frac{(c_i - a_i) + (b_i - a_i)}{3} + a_i \qquad (4.47)$$

Dokuzuncu adımda, Q_i indeks değerleri kullanılarak bir uzlaşık çözüm belirlenir. Bu uzlaşık çözüm en iyi çözüm olarak kabul edilir. Uzlaşık çözümü belirleyebilmek için aşağıda yer alan iki koşulun uygunluğu kontrol edilir.

Kabul edilebilir avantaj koşulu (Koşul 1):

$$\mathrm{Q}\,(\mathrm{A}'') - \mathrm{Q}(\mathrm{A}') \geq \mathrm{DQ} \qquad (4.48)$$

Burada, A'' Q indeks değerine göre sıralama listesinde ikinci sırayı alan alternatifi belirtirken, A' ise birinci sırayı alan alternatifi ifade etmektedir.

$$\mathrm{DQ} = \frac{1}{m-1}\ (\mathrm{DQ} = 0.25 \text{ eğer } \mathrm{m} \leq 4\ ) \qquad \mathrm{m} = \text{alternatif sayısı} \qquad (4.49)$$

Kabul edilebilir tutarlılık koşulu (Koşul 2):

Bu koşul altında, Alternatif A', S ve/veya R değerlerine göre de yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır.

- Eğer birinci koşul kabul edilmezse ve $\mathrm{Q}\,(\mathrm{A}^{\mathrm{m}}) - \mathrm{Q}(\mathrm{A}') < \mathrm{DQ}$ olursa o zaman A^{m} ve A' aynı uzlaşık çözümde yer alırlar. Bununla birlikte, A' herhangi bir karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olamaz. Bu yüzden $\mathrm{A}', \mathrm{A}'' \ldots\ldots\ldots \mathrm{A}^{\mathrm{m}}$ 'nin uzlaşık çözümleri aynı olur.

- Eğer 2. Koşul kabul edilmezse A' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olmasına rağmen karar vermede tutarlılık yetersiz kalmış olur. Bu sebeple, A' ve A'''nin uzlaşık çözümleri aynı olur.

Onuncu adımda, bütün alternatifler arasında en küçük Q_i değerine sahip olan alternatif en iyi çözüm olarak yani en iyi alternatif olarak seçilir.

Yukarıda açıklanan Bulanık VIKOR algoritmasının adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. *Adım:* Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur, değerlendirilecek alternatifler ve kriterler belirlenir.
2. *Adım:* Dilsel değişkenler ve bunların üçgensel bulanık sayı karşılıkları belirlenir.
3. *Adım:* Kriterlerin ve alternatiflerin bulanık ağırlıkları için karar verici komitenin değerlendirmeleri tek bir değere indirgenir.
4. *Adım:* Bulanık karar matrisi oluşturulur.
5. *Adım:* Bulanık en iyi değer (BEİD) ve bulanık en kötü değer (BEKD) belirlenir.
6. *Adım:* $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri belirlenir.
7. *Adım:* Öncelikle $\tilde{S}^*$ve $\tilde{R}^*$ değerleri belirlenir. $\tilde{S}^*$ ve $\tilde{R}^*$ değerleri elde edildikten sonra $\tilde{Q}_i$ indeksinin hesaplanmasına geçilir.
8. *Adım:* Durulaştırma yapılır.
9. *Adım:* Q_i indeks değerleri kullanılarak bir uzlaşık çözüm belirlenir.
10. *Adım:* Bütün alternatifler arasında en küçük Q_i değerine sahip olan alternatif en iyi çözüm olarak yani en iyi alternatif olarak seçilir.

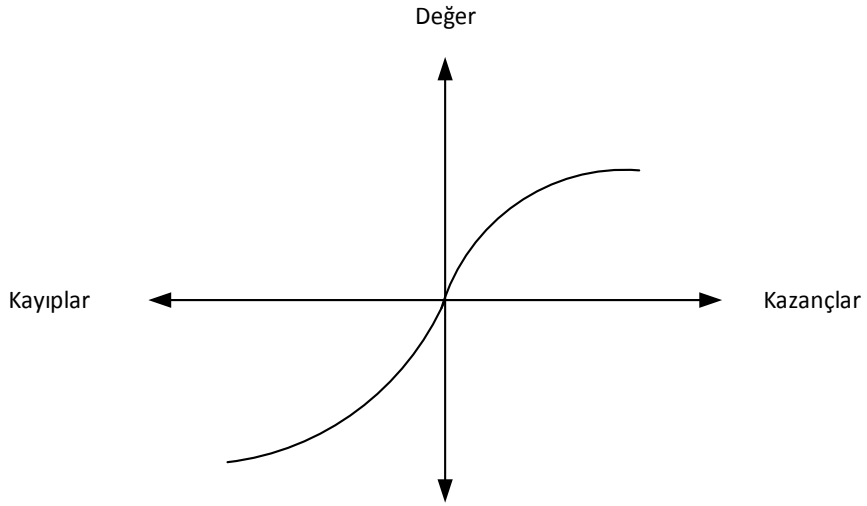
4.3.3. Bulanık TODIM

TODIM, Portekizcede "interaktif ve çok kriterli karar verme"' (an acronym in Portuguese for Interactive and Multi-Criteria Decision Making)' nin kısaltması olarak ifade edilmektedir [119]. TODIM, ELECTRE ve PROMETHEE gibi diğer ÇKKV yöntemlerine benzerlik göstermektedir [120]. Orijinal TODIM yönteminin kökeni beklenti teorisi temeline dayanır yani beklenti teorisi temelli çok kriterli bir sıralama metodudur. Günümüzde TODIM yönteminin genişletildiği bazı çalışmalar literatürdeki yerini almıştır [121].

TODIM ilk olarak Gomes ve Lima (1992) tarafından ileri sürülmüştür. Daha sonra zaman içerisinde farklı alanlarda çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Literatürde TODIM yöntemiyle ilgili bazı çalışmalar: Gomes ve Rangel (2009) konut özelliklerinin değerlendirilmesi, Gomes ve diğerleri (2009) Brezilya'da doğalgaz rezervleri için en iyi varış yerinin seçimi, Tseng ve diğerleri (2014) yeşil tedarik zinciri uygulamaları değerlendirilmesi, Tosun ve Akyüz (2015) tedarikçi seçimi, Adalı (2016) sağlık sektöründe personel seçimi, Wang ve diğerleri (2016) lojistik dış kaynak kullanımının değerlendirilmesi, Qin ve diğerleri (2017) yeşil tedarikçi seçimi vb. uygulamalı ÇKKV analizleri şeklinde yer almaktadır. Beklenti teorisine dayanan klasik TODIM yönteminde, öncelikle çok nitelikli bir değer fonksiyonu kullanılarak her bir alternatifin diğerlerine oranla baskınlık derecesi ölçülür ve böylelikle karar vericilerin kaynağa güvenme ve kayıptan kaçınma gibi davranışsal özellikleri yansıtılmış olur [129]. Davranışsal özelliklerin yansıtılması yani karar vericinin psikolojik karakterinin dikkate alınması TODIM yönteminin en büyük avantajını oluşturur [130]. Son olarak, her bir alternatifin toplam değeri hesaplanarak alternatiflerin sıralaması elde edilir [129]. Genel olarak TODIM yönteminin nitel ve nicel kriterler olmak üzere her iki kriter türü içinde kullanılabildiğini söylemek mümkündür [131].

Beklenti teorisinde kullanılan ve dolayısıyla TODIM yönteminde de kullanılan değer fonksiyonu aşağıdaki ifadeye göre bir güç yasası şeklinde tanımlanmaktadır [132]:

$$v(x) = \begin{cases} x^{\alpha} & \text{if } x \geq 0 \\ -\theta(-x)^{\beta} & \text{if } x < 0 \end{cases} \tag{4.50}$$



Şekil 4.16. Beklenti teorisinin değer fonksiyonu/TODIM yönteminin değer fonksiyonu [132][124].

Burada gösterilen α ve β parametreleri sırasıyla kazanç ve kaybı temsil etmektedir. θ parametresi ise kazançtan daha ziyade kayıpları temsil etmektedir. Şekil 4.16'da bir beklenti değer fonksiyonu gösterilmektedir. Beklenti değer fonksiyonunu ifade eden ve S şeklinde gösterilen içbükey ve dışbükey şekiller ise sırasıyla kazanç ve kaybı göstermektedir [132].

Krohling ve Souza (2012) ÇKKV problemlerinde bulanık sayıları kullanarak TODIM yöntemini genişletmişlerdir. Gerçek hayatta proje seçimi, taşıma sistemi seçimi gibi problemin karmaşıklığı ve belirsizliği nedeniyle çeşitli nitelik değerlerinin yer aldığı bütünleşik ÇKKV problemleri vardır. Bu problemler içinde yer alan nitelik değerleri genellikle; kesin sayılar, aralıklı sayılar, bulanık sayılar, dilsel değişkenler vb. şeklinde ifade edilir. Örneğin tedarikçi seçiminde bir karar verici, fiyat, teslim süresi, kalite, yeşil imaj, sosyal sorumluluk vb. nitelik değerlerini göz önünde bulundurmaya ihtiyaç duyar. Bu nitelik değerlerinden fiyat, teslim süresi, kalite değerleri genellikle, kesin sayılar, aralıklı sayılar ve bulanık sayılar formatındadır.

Klasik TODIM yöntemi nitelik değerlerinin bahsedilen çeşitliliği nedeniyle bütünleşik ÇKKV problemlerini çözmede yetersiz kalmaktadır [129]. Çünkü bu yöntem sadece nitelik değerlerinin kesin/belirli olduğu ÇKKV problemlerinde uygulanabilmektedir [133]. Bu sebeplerden dolayı TODIM yönteminin genişletilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu genişleme formlarından bir tanesi de bulanık TODIM yöntemidir [129].

Karar vericilerin peşin hükümlerinin ve alternatifleri sıralamadaki önyargılarının etkilerinden sakınmak için bulanık küme teorisi geleneksel TODIM yöntemine entegre edilerek bulanık TODIM yaklaşımı ortaya çıkmıştır [134].

Bu çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçiminde, üçüncü yöntem olarak Zhang ve Fan (2011) tarafından geliştirilen bulanık TODIM yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yöntemin algoritması aşağıda belirtildiği gibidir [135] [126]:

Önerilen yöntemin adımlarına geçmeden önce bazı ön bilgilendirmeler yapılması uygun görülmüştür.

$M = \{1,2,3.....m\}$
$N = \{1,2,3.....n\}$
$A = \{A_1, A_2, A_3, \ldots\ldots\ldots\ldots, A_m\}$

A ölçülebilir/sınırlı alternatif kümeyi temsil etmektedir. Burada, A_i i'ninci alternatifi simgelemektedir.

$C = \{C_1, C_2, C_3, \ldots\ldots\ldots\ldots, C_n\}$ C ölçülebilir/sınırlı kriter kümesini temsil etmektedir. Burada, C_j j'ninci kriteri simgelemektedir.

$w = (w_1, w_2, w_3, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, w_n)^T$ burada, "w" kriter ağırlık vektörünü temsil etmektedir. "w_j " ise C_j kriterinin önem derecesini veya kriterlerin ağırlığını simgelemektedir. Örneğin,

$$\sum_{j=1}^{n} w_j j = 1 \quad ve \quad 0 \leq w_j \leq 1 \quad j \in N \tag{4.51}$$

$S = \{S_f, \mid f = O, 1, \ldots\ldots\ldots\ldots, T\}$ S ölçülebilir/sınırlı dilsel terimler kümesini temsil etmektedir. Burada, S_f, S kümesinin f'ninci dilsel değişkenini simgelemektedir.

$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{mxn}$ $\tilde{X}$ karar matrisini temsil etmektedir. Burada, $\tilde{x}_{ij}$ C_j kriterine göre A_i alternatifinin dilsel değerlendirilmesini ifade etmekle birlikte $\tilde{x}_{ij} \in S, i \in M, j \in N'$dir.

Birinci adımda, dilsel değişkenler belirlenir. Dilsel değişkenler dilsel terimlerle birlikte verilir. $S= \{S_f, \mid f = O, 1, \ldots\ldots\ldots\ldots, T\}$ S ölçülebilir/sınırlı ve tamamen sıralı tek niceliğe sahip bir dilsel terimler kümesini temsil etmektedir. Burada S_f, S kümesinin f'ninci dilsel değişkenini simgelemekle birlikte $T+1$ ise S kümesinin niceliğini ifade etmektedir. Örneğin yedi terimli bir dilsel terim kümesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$S= \{S_0 = \text{kesinlikle düşük}, S_1 = \text{çok düşük}, S_2 = \text{düşük}, S_3 = \text{orta}, S_4 = yüksek, S_5 = \text{çok yüksek}, S_6 = \text{kesinlikle yüksek}\}$

Bir dilsel değişken olan s_f aşağıda yer alan formül kullanılarak üçgensel bulanık sayılarla temsil edilir.

$$\tilde{A} = (l, m, u) = \left(\max\left(\frac{f-1}{T}, 0\right), \frac{f}{T}, \min\left(\frac{f+1}{T}, 1\right)\right) \tag{4.52}$$

İkinci adımda, alternatifleri ve kriterleri değerlendirmek için dilsel değişkenler kullanılır. Değerlendirmede kullanılacak olan dilsel değişkenler belirlendikten sonra bu değerlendirmeleri yapmak üzere karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur. Bu komitenin, öznelliği azaltmak ve objektifliği arttırmak için birden fazla uzmandan oluşması gerekir. Karar verici komitenin değerlendirmelerinden sonra bu değerlendirme skorları tek bir değere indirilerek bütünleştirilir. *d* tane karar vericiden oluşan bir karar komitesi için; her bir kriterin bütünleştirilmiş bulanık ağırlıkları ve her bir alternatifin bütünleştirilmiş bulanık ağırlıkları aşağıda yer alan formüllerde belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$cw_j = \frac{1}{d}\left[\sum_{e=1}^{d} cw_j^e\right] \qquad j = 1,2,\ldots n \tag{4.53}$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{d}\left[\sum_{e=1}^{d} \tilde{x}_{ij}^e\right] \qquad i = 1,2,\ldots m \tag{4.54}$$

Bulanık $\tilde{x}_{ij}$ değerleri kazanç ve kayıp matrisleri oluşturulurken üçgensel bulanık sayı olarak kullanılmaktadır.

Üçüncü adımda, bulanık kriter ağırlıkları için normalizasyon işlemi yapılır. Literatürde farklı normalizasyon yöntemleri yer almaktadır. Önerilen yöntemin bu adımında Abdel-Kader and Dugdale (2001) tarafından geliştirilen normalizasyon yöntemi kullanılması uygun görülmüştür. Bu yöntemde bulanık hesaplamalar için üçgensel bulanık sayıların (tam üyelik, sağ tarafta yer alan kısmi üyelik, sol tarafta yer alan kısmi üyelik) üç parametresi kullanılmaktadır. Bununla birlikte sıralama sürecinde iyimserlik indeksinden (a) faydalanılmıştır. Bu indekse göre büyük değerler karar verici komitede yer alan karar vericilerin iyimser bir eğilim gösterdiğini, küçük değerler ise karar vericilerin kötümser bir eğilim gösterdiğini ifade etmektedir. (a) parametresi karar vericilerin özelliklerini, risk alma davranışlarını ve farklı çevresel koşulları yansıtmak için kullanılmaktadır. Örneğin bir karar verici, belirsizliğin yüksek olduğu bir ortamda belirsizliğin getirebileceği risklerden kaçınmak için daha düşük bir iyimserlik indeksini tercih etmektedir. Bunun yanı sıra, kararın duyarlılığını incelemek için hesaplamalar farklı indeks değerleri ile yeniden yapılabilmektedir.

(a) iyimserlik indeksi [0,1] değerleri arasında olacak şekilde belirlenmeli yani (a) $\in$ [0,1] olmalıdır. Bir üçgensel bulanık sayı için $\tilde{A}_{ij} = (l_j, m_j, u_j) \quad j = 1,2, \dots n;\ V(\tilde{A}_j)$ $\tilde{A}_j$'nin değeri olacak şekilde hesaplanabilir.

Buna göre $V(\tilde{A}_j)$ aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$V(\tilde{A}_j) = m_j \begin{Bmatrix} a\left[\dfrac{u_j - x_{min}}{x_{max} - x_{min} + u_j - m_j}\right] \\ +(1-a)\left[1 - \dfrac{x_{max} - l_j}{x_{max} - x_{min} + m_j - l_j}\right] \end{Bmatrix} \tag{4.55}$$

Burada;

$$x_{min} = \text{Enk}\, S \tag{4.56}$$

$$x_{mAX} = \text{Enb}\, S \tag{4.57}$$

$$S = \bigcup_{j=1}^{n} S_j \tag{4.58}$$

$$S_j = (l_1, m_1, u_1 \dots \dots \dots l_n, m_n, u_n) \quad j = 1,2, \dots n) \tag{4.59}$$

Hesaplanan ağırlıklar aşağıda yer alan formül ile normalize edilir:

$$w_j = \frac{V(\tilde{A}_j)}{\sum_{j=1}^{n} V(\tilde{A}_j)} \tag{4.60}$$

Dördüncü adımda, kazanç ve kayıplar hesaplanır. Her bir alternatifin diğerlerine göre kazanç ve kayıplarını hesaplayabilmek için öncelikle alternatiflerin nitelik değerleri ikili olarak karşılaştırılmalıdır. Örneğin $\tilde{x}_{ij}$ ve $\tilde{x}_{kj}$'nin C_j niteliğine göre A_i *ve* A_k alternatiflerinin nitelik değeri olduğunu varsayalım. Burada $i, k \in M,\ j \in N$'dir. Bununla birlikte s_f ve s_g'nin yine C_j niteliğine göre A_i *ve* A_k alternatiflerinin dilsel değerlendirilmeleri olduğunu varsayalım. Burada $f, g = 0, 1, \dots,$ T'dir. Bu varsayımlar altında $\tilde{x}_{ij}$ve $\tilde{x}_{kj}$'nin ikili karşılaştırma kuralları aşağıda gösterildiği gibidir:

1. Eğer $s_f > s_g$ ise; $\tilde{x}_{ij} > \tilde{x}_{kj}$ olur.
2. Eğer $s_f = s_g$ ise; $\tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{kj}$ olur.
3. Eğer $s_f < s_g$ ise; $\tilde{x}_{ij} < \tilde{x}_{kj}$ olur.

Burada $\tilde{x}_{ij}$ ve $\tilde{x}_{kj}$ üçgensel bulanık sayılarla temsil edilmektedir. Örneğin $\hat{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^u)$ ve $\hat{x}_{kj} = (x_{kj}^l, x_{kj}^m, x_{kj}^u)$ $i, k \in M,\ j \in N$'dir.

$\tilde{x}_{ij}$ ve $\tilde{x}_{kj}$ arasındaki aralığı ölçmek için, iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı ölçmemizi sağlayan aşağıdaki formül kullanılır:

$$d(\hat{x}_{ij}, \hat{x}_{kj}) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[\left(x_{ij}^l - x_{kj}^l\right)^2 + \left(x_{ij}^m - x_{kj}^m\right)^2 + \left(x_{ij}^u - x_{kj}^u\right)^2\right]} \tag{4.61}$$

İki bulanık sayı arasındaki uzaklık hesaplandıktan sonra, C_j niteliğine (kriterine) göre A_k alternatifine ilişkin olarak, A_i alternatiflerinin kazanç ve kayıpları aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:
fayda kriteri için,

$$G_{ik}^{j} = \begin{cases} d(\hat{x}_{ij}, \hat{x}_{kj}), & \tilde{x}_{ij} \geq \tilde{x}_{kj} \\ 0, & \tilde{x}_{ij} < \tilde{x}_{kj} \end{cases} \qquad i,k \in M \quad , \quad j \in N \tag{4.62}$$

$$L_{ik}^{j} = \begin{cases} 0, & \tilde{x}_{ij} \geq \tilde{x}_{kj} \\ -d(\hat{x}_{ij}, \hat{x}_{kj}), & \tilde{x}_{ij} < \tilde{x}_{kj} \end{cases} \qquad i,k \in M \quad , \quad j \in N \tag{4.63}$$

maliyet kriteri için,

$$G_{ik}^{j} = \begin{cases} 0, & \tilde{x}_{ij} \geq \tilde{x}_{kj} \\ d(\hat{x}_{ij}, \hat{x}_{kj}), & \tilde{x}_{ij} < \tilde{x}_{kj} \end{cases} \qquad i,k \in M \quad , \quad j \in N \tag{4.64}$$

$$L_{ik}^{j} = \begin{cases} -d(\hat{x}_{ij}, \hat{x}_{kj}), & \tilde{x}_{ij} \geq \tilde{x}_{kj} \\ 0, & \tilde{x}_{ij} < \tilde{x}_{kj} \end{cases} \qquad i,k \in M \quad , \quad j \in N \tag{4.65}$$

Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak kazanç $G_j = \left[G_{ik}^{j}\right]_{mxm}$ ve kayıp $L_j = \left[L_{ik}^{j}\right]_{mxm}$ matrisleri oluşturulur.

Beşinci adımda, öncelikle referans kriteri belirlenir. Buna göre en yüksek değere sahip olan kriter referans kriteri olarak seçilir. Daha sonra her bir kriterin referans kriterine dayalı göreli ağırlıkları hesaplanır. TODIM metodu referans kriterine göre herhangi iki alternatifin sonuçları arasındaki farkın yansımasına dayanır. C_r referans kriterini temsil etmek üzere, C_r'ye göre C_j kriterinin göreli ağırlığı w_{jr} aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$w_{jr} = \frac{w_j}{w_r} \qquad j \in N \qquad \text{burada,} \quad w_r = \max\left\{ w_j | j \in N \right\} \tag{4.66}$$

Altıncı adımda, her bir kriterin baskınlık derecesi/baskınlık skoru matrisi oluşturulur. Öncelikle Cj kriteri için A_i alternatifinin A_k alternatifi üzerine baskınlık derecesi hesaplanır. Kazanç ($\Phi_{ik}^{j(+)}$) ve kayıp ($\Phi_{ik}^{j(-)}$) için baskınlık skorları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\Phi_{ik}^{j(+)} = \sqrt{G_{ik}^{j} w_{jr} \Big/ \left(\sum_{j=1}^{n} w_{jr} \right)} \tag{4.67}$$

$$\Phi_{ik}^{j(-)} = -\frac{1}{\theta} \sqrt{-L_{ik}^{j} \left(\sum_{j=1}^{n} w_{jr} \right) \Big/ w_{jr}} \tag{4.68}$$

Burada, θ kaybı azaltma katsayısını başka bir deyişle kayıptan kaçınma katsayısını ifade etmektedir. Kazanç ve kayıp net olarak $0 < \Phi_{ik}^{j(+)} < 1$ ve $\Phi_{ik}^{j(-)}$ şeklindedir. Daha sonra, Φ_{ik}^{j} için kazanç ve kayıp baskınlık derecesi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\Phi_{ik}^{j} = \Phi_{ik}^{j(+)} + \Phi_{ik}^{j(-)} \quad i,k \in M \quad , \quad j \in N \tag{4.69}$$

Baskınlık skoru elde edildikten sonra, C_j kriterine göre baskınlık derecesi matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\Phi_j = \left[\Phi_{ik}^{j}\right]_{mxm} \tag{4.70}$$

Yedinci adımda, Φ_j matrisine dayalı tüm baskınlık derecesi matrisleri tek bir baskınlık derecesi matrisi olarak aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\delta_{ik} = \sum_{j=1}^{n} \Phi_{ik}^{j} \quad , \quad i,k \in M \tag{4.71}$$

$$\Delta = [\delta_{ik}]_{mxm} \tag{4.72}$$

Sekizinci adımda, her bir alternatifin toplam değeri hesaplanır ve alternatiflerin sıralaması yapılır. Δ matrisine dayalı olarak yapılan bu işlemler için A_i alternatifinin toplam değeri $\xi(A_i)$ aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\xi(A_i) = \frac{\sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} - \min_{i \in M} \left\{ \sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} \right\}}{\max_{i \in M} \left\{ \sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} \right\} - \min_{i \in M} \left\{ \sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} \right\}} \quad , \quad i, \in M \qquad (4.73)$$

Yukarıda açıklanan Bulanık TODIM algoritmasının adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. *Adım:* Dilsel değişkenler belirlenir.
2. *Adım:* Belirlenen dilsel değişkenlere göre alternatifleri ve kriterleri değerlendirmek üzere karar verici komite oluşturulur. Karar verici komitenin değerlendirmelerinden sonra bu değerlendirme skorları tek bir değere indirilerek bütünleştirilir.
3. *Adım:* Normalizasyon yapılır.
4. *Adım:* Kazanç ve kayıplar hesaplanır.
5. *Adım:* Referans kriteri belirlenir. Daha sonra her bir kriterin referans kriterine dayalı göreli ağırlıkları hesaplanır.
6. *Adım:* Her bir kriterin baskınlık derecesi/skoru matrisi oluşturulur.
7. *Adım:* Tüm baskınlık derecesi matrisleri tek bir baskınlık derecesi matrisine dönüştürülür.
8. *Adım:* Her bir alternatifin toplam değeri hesaplanır ve alternatiflerin sıralaması yapılır.

5. SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Bu bölümde tedarikçi seçimi genel olarak, geleneksel tedarikçi seçimi, yeşil tedarikçi seçimi ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi olmak üzere üç evrede incelenmiştir. Bu bölümün üç evrede incelenmesinin altında yatan sebep, tedarikçi seçiminde ki üç evrenin birbirini tamamlayıcı özellik taşıması ve konu bütünlüğü açısından daha yararlı olabileceği düşüncesidir.

5.1. Geleneksel Tedarikçi Seçim Yaklaşımı

Tedarikçi değerlendirmesi ve seçim kararları karar verme sürecinde çeşitli kriterlerin göz önüne alınması gerekliliği sebebiyle karmaşık bir süreçtir. 1960'lardan beri birçok bilim adamı ve araştırmacı tedarikçi performansını ölçmek ve tedarikçi seçiminde bulunmak için birçok çalışma ortaya koymuştur. Genel olarak 1960'larla birlikte başladığı kabul edilen tedarikçi seçiminin ilk evresi olan ve geleneksel tedarikçi seçimi olarak adlandırılan bu evrenin Gary W. Dickson'ın (1966) birçok bilim adamı ve araştırmacıya referans olan çalışmasıyla başladığı söylenebilir. Tedarikçi seçim sisteminin ve verilen kararların analizinin yapıldığı bu çalışmada tedarikçi seçimi için 23 kriter belirlenmiştir. Yaklaşık 50 yıl öncesinde belirlenen bu kriterler arasında ; "ürün kalitesi", "tam zamanında teslim", "performans geçmişi" ve "garanti politikası" kriterleri en önemli kriterler olarak ön plana çıkmıştır [138].

Dickson ve sonrasında yapılan çalışmalara bakıldığında geleneksel tedarikçi seçiminin, ağırlıklı olarak "fiyat", "kalite", "maliyet", "teslim", "finansal durum" vb. ekonomik faktörlere dayanan bir anlayış çerçevesinde şekillendiği görülmektedir. Ancak 50 yıl öncesi ile günümüz şartlarının aynı olmadığı birçok alanda baş döndürücü değişimin yaşandığı düşünüldüğünde, bu değişim ve gelişimden tedarikçi seçim kararlarının ve bu kararları etkileyen seçim kriterlerinin etkilenmemesi düşünülemez. Üreticinin hâkim olduğu süreçten tüketicinin hâkim olduğu sürece geçilmesi, küresel ısınma, çevre farkındalığının artması, politik aktörlerin rolü, sivil toplum örgütlerinin etkinliği, sosyal sorumluk, iş ve işçi haklarında meydana gelen değişimler vb. faktörlerin bu süreci tetikleyen en önemli faktörler olduğu söylenebilir. Tüm dünyada toplumsal farkındalığın artmasıyla birlikte popülaritesi her geçen gün yükselişe geçen bu faktörler, zorlayıcı bir güç olarak endüstriyel alanda

işletmeleri yeni arayışlara yöneltmiştir. Böylelikle günümüz işletmeleri stratejilerini planlarken sadece ekonomik aktörlere değil aynı zamanda çevresel ve sosyal aktörlere de yönelmek zorunda kalmıştır. İşletmelerin bu faktörlere yönelmesiyle birlikte, yeşil tedarikçi seçimi ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi evrelerinin tedarikçi seçimlerinde etkinliği artmıştır. Burada, yeşil tedarikçi seçimi ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi, geleneksel tedarikçi seçiminin ikamesi olarak düşünülmemelidir. Bu yaklaşımlar, geleneksel tedarikçi seçimini tamamlayan yeni yaklaşımlar olarak düşünülebilir.

5.2. Yeşil Tedarikçi Seçim Yaklaşımı

Yıllarca havaya yayılan zararlı gazlar, suya karıştırılan kimyasal maddeler, katı atıklar vb. işletmelerin meydana getirdiği kirliliğin boyutlarının dünyaya olan etkileri yeterince dikkate alınmamıştır. 90'lı yılların sonlarına doğru ulusal ve uluslararası ortamlarda bu farkındalığın hissedilmeye başlandığı görülmüştür. Bu bağlamda, günümüzde "çevre duyarlılık çağı" olarak ifade edilen bu çağ, işletmelerin endüstriyel gelişimlerinin tamamlarken aynı zamanda çevreyi de korumaları gerekliliği yönünde bir hedef sunmaktadır. Otomotiv, tekstil, beyaz eşya, akü vb. birçok farklı endüstri alanında faaliyet gösteren firmalar, bu yaklaşımla birlikte ürün geliştirme, satış sonrası hizmet vb. ürün yaşam eğrisinin her aşamasında ekonomik değer yaratmanın yanı sıra ekolojik değer yaratmaya da odaklanmakta, böylelikle yeşil uygulamalar ön plana çıkmaktadır. Bilinçlenen tüketicilerin çevresel duyarlılık konusundaki talepleri göz ardı edilmemelidir. Tüketiciler için çevrecilik 1960'larda bir "uyanma zamanı", 1970'lerde "harekete geçme dönemi", 1980'lerde "hesaplı olma zamanı" ve 1990'larda "pazardaki güç olarak" tanımlanmıştır. 2000'li yılları içeren bu son dönemde ise, tüketiciler, doğal kaynakları kullanmanın sınırları olduğunun ve düşünülenden çok daha hassas gerçekleri bulunduğunun farkına varmışlardır. Bu sebeple bugün işletmelerin, çevresel stratejilerini belirlemesi ve yeşil tedarik zinciri uygulamalarına geçmesi kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır [139].

İkinci evre olarak adlandırabileceğimiz yeşil tedarikçi seçimi evresinde, eko-dizayn, çevresel yönetim sistemleri, kirlilik üretimi ve denetimi, yeşil imaj, çevresel yetkinlikler vb. çevresel kriterlerin tedarikçi seçiminde önemli olduğunu söylemek mümkündür.

Literatüre bakıldığında yeşil tedarikçi seçiminde dört temel unsurun kilit rol oynadığı görülmektedir. Bu temel unsurlar aşağıdaki gibi özetlenebilir [140]:

Bir organizasyonun bütün yeşil stratejisinin tedarikçi seçiminde sıralanması: Birinci temel unsur, organizasyonun bütün stratejileriyle ilgili olarak "yeşil" 'den kastedilen şeyin ne olduğu algısını oluşturmaktır. Bu algının oluşturulmasıyla birlikte özelliklede tedarikçi seçimi söz konusu olduğunda organizasyonun satın alma fonksiyonu içeriğinin önemine dikkat çekilmektedir.

Yeşil tedarikçi seçiminde karar verme araçlarının ve modellerinin rolü: Öncelikle "yeşil" 'in stratejik anlamı belirlenmeli ve daha sonra tedarikçi seçimi için somutlaştırılmalı, yeşil tedarikçi seçim sürecini desteklemek için araçlar dikkate alınmalıdır. Böylelikle ortaya konan modelin ikinci unsuru oluşturulur. Mantıklı oluşturulan karar destek sistemlerinin, daha fazla kriterin değerlendirilmesine ve birbirleriyle ilgili makul değişikliklerin yapılmasına olanak sağlaması açısından, karışık tedarikçi seçimlerini desteklemek için çevresel unsurları dikkate almasına gereksinim duyulmaktadır. Genel olarak karar destek sistemleri ve modellerinin faydalılığı üzerine ortak bir görüş olmamasına rağmen, ileri analitik yaklaşımlar ile tedarikçi seçimi ve finansal ve finansal olmayan tedarikçi performansının ölçülmesi bakımından karar çıktılarının kalitesi arasında açık ve pozitif bir ilişki olduğu ileri sürülmektedir.

Bir dizi birbiriyle ilişkili karar ve bilgi işleme faaliyeti olarak yeşil tedarikçi seçimi: Bir organizasyon ilk başta tedarikçi seçim sürecinde "yeşil" 'in ne anlama geldiğini kavramaya çalışır, daha sonra tedarikçi seçim sürecinin çeşitli aşamalarında nasıl ve ne şekilde uygulayabileceğini belirler. Firmaların yeşil stratejileriyle birlikte sıralanan tedarikçi seçiminde en önemli aşama kriterlerin belirlenmesidir. Literatüre bakıldığında yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin bir organizasyonun ürün ya da hizmet alımına bağlı olarak özelleştiği görülmektedir. Etkili bir yeşil tedarikçi seçimi, tedarikçi seçim sürecinin yapısının bölümlere ayrılması gerekliliğinin farkına varılmasını ve bu sürecin başarıyı yakalamasında bütün aşamaların uyum içerisinde olması gerekliliğini içerir.

Yeşil tedarikçi seçiminde daha geniş bir tedarik zinciri şartlarının meydana gelmesi: Etkili bir yeşil tedarikçi seçimi, örgüte ilişkin ve örgüt içi daha geniş değerlendirmeleri içermelidir. Böylelikle tedarikçi seçim sürecinde yeşil algı söz konusu olduğunda organizasyon imkânlarının ve yapabileceklerinin üzerine odaklanabilir.

5.3. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Yaklaşımı

Bir tedarik zinciri içerisinde, tedarik zincirinin üstünde yer alan işletmeler (upstream) malzeme temini, yarı mamul temini, parça ya da hizmet temini gibi aktiviteleri gerçekleştirerek bu ürünlere tedarik zincirinin altındaki (downstream) işletmelerin ulaşmasını sağlarlar. Buna karşılık, alttaki işletmeler ise kendisinin altındaki işletmelere ürünler sağlarlar. Diğer işletmelere ürün sağlayan tedarik zincirinin üstündeki faaliyetlerini gerçekleştiren işletmeler "tedarikçi" olarak tanımlanırken, diğer işletmelerden ürün satın alan alttaki işletmeler ise "müşteri/alıcı" olarak adlandırılmaktadır. Her işletme üstü için bir tüketici altı için ise bir tedarikçidir. Bu ilişkilerden dolayı son tüketiciler dışında, tedarik zincirindeki tüm işletmeler "tedarikçi" olarak geniş anlamda tanımlanmaktadır. Tedarikçiler sürdürülebilir tedarik zincirinin vazgeçilmez bir parçasıdır ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasında hayati bir öneme sahiptir [20].

Sürdürülebilir tedarik zinciri ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için bu kadar önemli olan tedarikçileri, değerlendirmek ve seçmekte bir o kadar önemli bir konudur. Son zamanlarda tedarikçi seçiminde bu zorluğun aşılmasına yardımcı olabilmek için sürdürülebilir tedarikçi seçimi yaklaşımı popüler olmaya başlamıştır. Tedarikçi seçiminin üçüncü evresi olan bu evrede; işletmelerin topluma karşı olan sorumlulukları, iş sağlığı ve güvenliği, kültür, paydaşların çıkarları vb. kriterler tedarikçi seçiminde önemli rol oynamaktadır. Sürdürülebilir tedarikçi seçimi (STS), yeşil tedarikçi seçiminde de olduğu gibi geleneksel tedarikçi seçiminin tamamlayıcısı durumundadır. Yani STS'de ekonomik, çevresel ve sosyal kriterler bir arada kullanılarak tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi yapılmaktadır.

5.3.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, yeşil düşünce bağlamında kilit bir oyuncu olarak görülmektedir. Sürdürülebilirlik konusunda birçok tanım bulunmasına rağmen, 1987 yılında yayınlanan "Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun Raporu: Ortak Geleceğimiz" başlıklı raporda kapsamlı ve yaygın olarak kabul edilen bir tanım bulunmaktadır. Buna göre sürdürülebilirlik "gelecek nesilleri kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme becerisinden yoksun bırakmadan mevcut ihtiyaçların karşılanmasını sağlayarak sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirebilme" şeklinde tanımlanmıştır. Çevresel kaynaklar ve biyosferin, mevcut teknoloji ve sosyal organizasyonlar ile insan faaliyetlerinin etkilerini azaltmada yetersiz ya da sınırlı kaldığı düşünülebilir. Ancak teknoloji ve sosyal organizasyonlar daha iyi yönetilerek bu durumla mücadelede başarı sağlanabilir [141].

Sürdürülebilirlikle ilgili çoğunlukla atıfta bulunulan Brundtland raporunda sürdürülebilir kalkınma anlayışı ağırlıklı olarak tek boyutlu yani çevreye dayalı olarak düşünülmektedir. Ancak sürdürülebilir kalkınma/gelişme tek boyutlu olarak düşünülmemeli daha teknik, pozitivist bir anlayış ya da sosyal bilim temelli bir yaklaşım olarak dikkate alınmalıdır. Yani sürdürülebilirliğin düzenleyici bir fikir olarak ele alınmasının daha doğru bir yaklaşım olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, sürdürülebilirlik toplumsal konuları ve üç boyutun (ekonomik, çevresel, sosyal) birbiriyle olan ilişkisini kapsayacak şekilde bütünleşik bir yaklaşım olarak ele alınmalıdır [142].

Brundtland raporundan bu zamana sürdürülebilirlikle ilgili önemli gelişmeler yaşandığını söylemek mümkündür. Bu gelişmeler, insani ve toplumsal değerlerde yaşanan değişikliklerden işletmelerin yönetim anlayışlarında meydana gelen değişikliklere kadar birçok alanda önemli etkilere sebep olmuştur. Sürdürülebilirliğin devrim niteliğinde etkilediği alanlar aşağıda "yedi sürdürülebilirlik devrimi" olarak açıklanmaktadır [143].

1) Sürdürülebilirliğin piyasalar üzerine etkisi: Sürdürülebilirlik, piyasaya rekabet ortamının daha fazla hâkim olmasını sağlayacaktır. Yakın bir gelecekte işletmeler, ulusal ve uluslararası alanda rekabete açık olan piyasalarda daha fazla iş hacmine sahip olacaklardır. İşletmelerin hareket alanlarının genişlemesiyle birlikte, ortaya çıkacak olan çarpıcı ekonomik sonuçlar dünyayı dönüştürecektir. Değişen dünyanın getirdiği bu yeni ortamda, işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal performansları gittikçe daha fazla önem

kazanacak, müşteri ve finansal çevrelerin bu yönde baskıları artarak devam edecektir. Bu baskıların farkına varabilen ve bu yönde ihtiyaçları karşılayabilen işletmeler gelecekte hayatta kalabilecektir.

2) Değerler: Değerlerdeki devrim, dünya çapında yaşanan insani ve toplumsal değerlerin değişimini ifade etmektedir. Dünya çapında çok güçlü görünen işletmeler, değerlerde yaşanan bu değişime ayak uyduramadıkları takdirde bir anda her şeylerini kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabilirler. Filipinlerdeki barışçıl devrim, 1989'da doğu Avrupa'nın yaşadığı sıra dışı değişim, dev petrol şirketi Shell'in Brent Spar petrol depolama platformunda yaşanan olaylardan dolayı Nijerya'da çıkan tartışmalar üzerine, bundan sonra yapılacak olan yatırımlar ve geleceğe yönelik adımlara ilişkin insan hakları ve çevreyle ilgili konularda sivil toplum örgütlerinin görüşlerinin alınacağını duyurması vb. olaylar değerlerde ki değişimlere örnek olarak verilebilir.

3) Şeffaflık: Bu devrim, uluslararası şeffaflığın gücünü ve hızını artıracaktır. Bunun bir sonucu olarak işletmelerin, öncelikleri, taahhütleri, aktiviteleri dünya çağında yoğun bir incelemeye ve gözleme maruz kalacaktır. Bu incelemeler sonucu işletmeler gönüllü veya gönülsüz kamuoyunu tatmin edecek açıklamalar yapmak zorunda kalacaklardır.

4) Yaşam çevrimi teknolojisi: Bu devrimde, şirketlerden bazıları sürdürülebilirliğe karşı direnç gösterirken bazıları ise hammaddenin çıkarılmasından geri dönüşüm ve atık yok etmeye kadar birçok alanda bu değişimi kabul etme eğilimi göstermektedirler. 21. Yüzyıl ticaretinin odak noktası, bataryalar, jumbo jetler, deniz petrol sahaları vb. ürünlerin yaşam çevrimi teknolojilerini fark yaratarak yönetmek olacaktır. Dünya çapında bu alanın öncüsünün Nike olduğu söylenebilir.

5) Ortaklıklar: Beşinci devrim, işletmeler arasında ve işletmelerle bazı önde gelen kampanya grupları arasında ki yeni ortaklık biçimlerini önemli ölçüde artıracak ve hızlandıracaktır. Birbirleri ile derin düşmanlıkları olan gruplar ve oluşumlar bile bu yeni düzende başarıya ulaşmak için birbirleriyle yeni ilişkiler geliştirmek zorunda kalacaklarıdır.

6) Zaman: En yeni haberlerin, dünyanın öbür ucunda meydana gelen olayların saniyeler içinde uluslararası kanallar tarafından dünyaya servis edildiği ve dünyada günlük 1 trilyon dolarlık ticaret gerçekleştiği düşünüldüğünde zamanın her zamankinden daha "geniş" hale

geldiği görülmektedir. Bu "geniş zamanlı dünyada" işletmeler, her gün, her dakika, hatta çevrimiçi olarak raporlama gereksinimine ihtiyaç duyarlar. Zamana dayalı rekabet "tam zamanında" gibi platformlar üzerinden yürütülürken işletmelerin iş düşünce ve planlamasında daha güçlü bir "geniş zaman" ihtiyacı her geçen gün artacaktır.

7) Kurumsal yönetim: Bu devrim diğer tüm devrimleri yöneten devrimdir. Çünkü ortaya çıkan süreç ne olursa olsun veya neyi gerektirirse gerektirsin bunu benimseyecek ve uygulayacak olan işletme kurullarıdır. Örneğin, hangi iş ne için yapılmalı? İşletmelerde işlerin yürütülmesiyle ilgili kim konuşmalı? Hissedarlar ve diğer menfaat sahipleri arasında uygun bir denge nasıl kurulmalı? Sürdürülebilirlik (ekonomik, çevresel, sosyal) politikalarında nasıl bir denge kurulmalı? vb. şirket geleceğini ilgilendiren kararlar ancak iyi bir kurumsal sürdürülebilirlik yönetim anlayışıyla mümkün olacaktır.

5.3.2. Sürdürülebilirlikle ilgili tarihsel gelişmeler

Sürdürülebilir bir anlayışın ortaya çıkması ve bu anlayışın zaman içerisinde tüm dünyada kitleler tarafından kabul görmesi bazı önemli gelişmeler sayesinde mümkün olmuştur. Bu önemli gelişmeler bazen bir konferansta ele alınan bir tartışma, bazen bir raporda yer alan önemli bir tanımlama, bazen de tüm dünyayı ilgilendiren protokol ve ilkelerde varılan uzlaşma şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirliğin kilometre taşları olarak da ifade edilen önemli tarihsel olgular aşağıda belirtildiği gibidir [144]:

1972 - Stokholm konferansı: Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk olarak 1972 yılında Stokholm-İsveç'te düzenlenen, Birleşmiş Milletler'in Stokholm konferansı sırasında gelişmiş ülkelerin küresel kalkınmanın çevresel sonuçları üzerindeki kaygıları ile gelişmekte olan ülkelerin kendi ekonomik kalkınmaları için duydukları ihtiyaçları arasında bir orta yol bulma girişimi olarak gündeme gelmiştir.

1987 - Brundtland raporu: "Bizim Ortak Geleceğimiz": Sürdürülebilir kalkınma 1987 yılında BM tarafından yayınlanan, Brundtland raporu olarak da bilinen "Bizim Ortak Geleceğimiz" isimli raporda "gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme imkânlarını tehlikeye sokmadan bugünkü kuşakların ihtiyaçlarını karşılamak" olarak tanımlanmıştır.

1992 – Rio zirvesi: Brezilya'nın Rio kentinde düzenlenen ve Rio zirvesi olarak da bilinen BM Çevre ve Kalkınma konferansı, toplum nezdinde çevre ve iklim değişikliği sorunlarının konuşulduğu en önemli etkinlik olarak tarihe geçmiştir. Zirveye 172 hükümetin 116'sı en üst düzeyde katılım sağlamış, 2400 sivil toplum kuruluşu 17 bin kişi ile dâhil olmuştur. Zirvenin iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi, biyolojik çeşitlilik sözleşmesi ve BM çölleşme ile mücadele sözleşmesi gibi çıktıları olmuş ve bu sözleşmeler imzaya açılmıştır.

1997 – Kyoto protokolü: Japonya'nın Kyoto kentinde imzalanan protokol, BM iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi'dir. Bu protokole imza atan ülkeler karbondioksit ve diğer beş sera gazı salınımlarını azaltma konusunda belli taahhütler vermektedir.
Protokol 2005 yılında Rusya'nın da katılımıyla yürürlüğe girmiştir. Türkiye ise bahsi geçen protokol'ü 2009 yılında imzalamıştır.

1997 - Küresel raporlama girişimi (global reporting ınitiative, GRI): ABD'deki çevresel sorumlu ekonomiler koalisyonu ve Tellus Enstitüsü tarafından BM çevre programı desteğiyle oluşturulan GRI, ilk defa 1997 yılında sürdürülebilirlik raporlaması rehberi'ni yayınlamıştır. GRI, organizasyonların daha sürdürülebilir olması ve sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunması amacıyla sürdürülebilirlik raporlarını teşvik edici çalışmalar yürütür.

2000 - BM küresel ilkeler sözleşmesi (UN global compact, UNGC): Ortak bir küresel kalkınma kültürü yaymak amacıyla dünya liderlerinin desteğiyle 2000 yılında oluşturulan küresel ilkeler sözleşmesi girişimi, dünyanın her tarafından binlerce şirketin, uluslararası çalışma ve sivil toplum örgütünün katılımı ile ortak vizyon, amaç ve değerler doğrultusunda 10 evrensel prensibin yerine getirilmesini sağlamak için çalışmaktadır.

2005 - BM sorumlu yatırım prensipleri (UN principles for responsible investment, UN PRI) Girişimi: 2005 yılında BM genel sekreteri'nin davetiyle bir araya gelen 12 ülkeden 20 büyük kurumsal yatırımcı tarafından oluşturulmuştur. Dünya genelinde 1200'den fazla imzacısı bulunan, çevresel, sosyal ve kurumsal yönetime ilişkin konuların yatırım analizlerinde ve karar verme süreçlerinde dikkate alınmasını teşvik eden ve buna ilişkin ilkeler yayınlamış bir platformdur.

2009 - Sürdürülebilir borsalar girişimi (sustainable stock exchanges initiative, SSE): Borsaların yatırımcılar, düzenleyiciler ve şirketlerle iş birliği ile çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim konularında kurumsal şeffaflığın ve performansın artırılmasına ve sürdürülebilir yatırımların gelişmesine nasıl katkı sağlayabileceklerini araştıran, BM destekli bir girişimdir. Girişim, 2012'de Borsa İstanbul'un da aralarında bulunduğu beş borsanın, piyasalarında sürdürülebilirliğe ilişkin farkındalığı artırmaya yönelik yaptığı gönüllü taahhüt ile farklı bir boyut kazanmıştır. İlerleyen dönemde birçok farklı borsa da girişime dâhil olmuştur.

2012 – Rio+20 zirvesi: Rio+20 BM sürdürülebilir kalkınma konferansı, 1992'de Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde yapılan BM çevre ve kalkınma konferansı'nın 20. yıldönümünde yine Rio'da gerçekleştirilmiştir. Zirvenin çıktı belgesi olarak "istediğimiz gelecek (the future we want)" başlıklı rapor kamuoyuna sunulmuştur.
2013 – Uluslararası entegre raporlama (ER) çerçevesi: Uluslararası entegre raporlama konseyi (IIRC), 2013 yılı aralık ayında "uluslararası entegre raporlama (ER) çerçevesi"ni yayımlamıştır.

5.3.3. Üçlü performans yaklaşımı (triple bottom line)

Sürdürülebilirlik konusundaki popüler görüş işletme çıkarlarına karşı doğanın korunmasına ilişkin dar kapsamlı tartışmalar üzerinden yürütülmektedir. Ancak kirliliğin olmadığı, toksik atıksız, sağlıklı bir çevre ortamı oluşturulması suretiyle uzun dönemli istikrarlı bir ekonominin temelleri atılabilir. Aynı zamanda böyle bir ortam oluşturulması yani işletme çıkarları ile doğanın çıkarlarının bütünleştirilmesi, çatışmacı bir ortam yerine tamamlayıcı bir ortam oluşturma çabaları olarak da görülebilir. Bu dünya görüşü kısaca "3E" olarak da adlandırılan üçlü performans yaklaşımına dayanmaktadır [145].

Üçlü performans yaklaşımı (triple bottom line) ilk olarak 1994 yılında John Elkington tarafından ileri sürülmüştür [146]. Bu yaklaşımda yer alan birinci *E, çevresel/ekolojik (environmental/ecological)* sürdürülebilirliği temsil eder. Birinci *E* hava ve su gibi büyük ekosistemlerin uzun dönemli olarak sağlıklı ve yaşanabilir olmasının sağlanması açısından çok önemli bir yer tutmaktadır. İkinci *E, ekonomik/finansal (economic/financial)* sürdürülebilirliği temsil eder. İkinci *E* ekosistemimizin sağlığını tehlikeye atmadan güvenli, uzun dönemli ekonomik istikrar sağlamanın önemini fark etmesiyle geleneksel çevrecilik

anlayışından ayrılmaktadır. Üçüncü *E, sosyal eşitlik/toplum (social equity/community)* sürdürülebilirliğini temsil eder. Üçüncü *E* ortak refahın sürdürülebilir bir toplum anlayışını ifade eder. Burada, toplumun üyeleri, bireysel ve daha büyük toplumların refahının birbirine bağlı olduğunun farkına varırlar [145].

Çizelge 5.1. Üçlü performans yaklaşımı [146]

Üçlü performans ölçütleri	**Ekonomik**	**Çevresel/Ekolojik**	**Sosyal/Eşitlik**
	Satışlar, kâr, yatırım kârlılığı	Kirlilik üretimi	İş sağlığı ve güvenliği
	Vergi ödemeleri	Karbon ayak izi	Topluma olan etkiler
	Para/Fon akışları	Geri dönüşüm ve yeniden kullanım	İnsan hakları
	Oluşturulmuş işler	Enerji ve su kullanımı	Üretim sorumluluğu
	Tedarikçi ilişkileri	Üretimin etkileri	Çalışanlarla ilişkiler
	Toplam	Toplam	Toplam

Üçlü performans yaklaşımı Çizelge 5.1'de gösterildiği gibidir. Buna göre, üçlü sorumluluk anlayışı sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği ve aralarındaki ilişkiyi ifade etmektedir [146].

Üçlü Performans Yaklaşımının Destekleyici Unsurları

Sürdürülebilir literatürde risk yönetimi, şeffaflık, strateji ve kültür açıkça tanımlanmamıştır. Üçlü performans yaklaşımının destekleyici unsurları olarak adlandırılan bu unsurlar sürdürülebilirlik yaklaşımında önemli bir yer tutmaktadır. Üçlü performans yaklaşımının destekleyici unsurları aşağıdaki gibi özetlenebilir [147]:

1) Strateji: İşletmenin genel sürdürülebilirlik stratejisini destekleyen bireysel sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi girişimlerini bütüncül ve amaçlı olarak kapsayan stratejileri tanımlar.

2) Risk yönetimi: Tedarik zincirinin hem altında hem de üstünde yer alan işletmeler için beklenmedik durumlara karşı bir acil durum planlamasını ifade eder.

3) Organizasyonel kültür: Örgütsel vatandaşlığı kapsayan, yüksek etik standartları ve beklentileri içeren, örgüt içinde ve dışında topluma saygı ile doğal çevreyi içeren bir organizasyon kültürünü tanımlar.

4) Şeffaflık: İşletme için kritik öneme sahip paydaşlarla iletişim kurma şeffaflığı ile tedarik zincirinin altında ve üstünde gerçekleşen operasyonlarda izlenebilirliği ve görünürlüğü sağlamayı tanımlar.

Üçlü performans yaklaşımının destekleyici unsurları birbirinden bağımsız veya birbirini dışlamaya yönelik değildir. Aralarında birbirlerini bütüncül olarak tamamlayan bir ilişki söz konusudur. Örneğin, paydaşlarla iyi ilişkiler kurma şeffaflığı geliştirmenin bir yoludur. Çünkü bu ilişkilere dayalı şeffaflık sayesinde tüketici boykotları ve sivil toplum örgütlerinin eylemleri karşısında oluşabilecek riskler azaltılabilir hatta bu unsurlar örgüt stratejisinin bir parçası haline getirilebilir. Buna benzer ilişkilerden ve bu ilişkilerden doğan karşılıklı kazanımlardan dolayı, bu destekleyici dört unsurun sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi (STZY) uygulamalarının bütüncül bir parçası olarak değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır [148].

5.3.4. Sürdürülebilir tedarik zinciri

Sürdürülebilirlik tartışmaları tedarik zinciri performansının sadece kârlar üzerinden değil aynı zamanda zincirin ekolojik ve sosyal sistemlere olan etkileri açısından da ölçülmesi gerektiği temel düşüncesine dayanmaktadır. Sürdürülebilir bir tedarik zinciri, hem geleneksel kâr ve zarar ölçümleri hem de toplumsal ve çevre boyutlarının dâhil edildiği geniş bir performans konsepti üzerinde iyi bir performans gösterebilen bir tedarik zinciridir. Böyle bir performans konsepti ise genellikle üçlü performans yaklaşımına dayanır [149].

Bir işletmenin tedarik zincirini sürdürülebilir kılabilmesi için 7 temel adımı gerçekleştirmesi gerekmektedir. Önerilen bu adımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir [150]:

1. Kararlılık gösterme: işletmeler vizyon, misyon ve stratejik hedeflerini, tedarikten nihai tüketiciye ulaşana kadar olan tüm iş süreçler için sürdürülebilirliğe dayalı olarak revize etmeli gerçekleştirilen bu değişim oluşabilecek örgüt içi veya örgüt dışı dirençlere karşı üst yönetim tarafından her platformda sahiplenilmelidir. İlkelerin herkesin temel sorumluluğu olduğu ve ancak tüm çalışanların sahiplenmesi ile sürdürülebilir tedarik zincirinin sağlanabileceği üzerinde hassasiyetle durulmalıdır.

2. Politika oluşturma: Tedarik zincirinin sürdürülebilir olarak yeniden yapılandırılması için verilen taahhütlerin departmanların hedef ve stratejilerine entegre edilmesi gerekmektedir. Hedeflere ulaşmada politikaların bütüncül bir yaklaşımla hazırlanması esas olmalıdır.

3. *Süreçleri tanımlama:* Sürdürülebilir tedarik zincirine ilişkin kararlılığın en üst seviyede ortaya konmasının ve ilkelerin tüm yöneticiler ve çalışanlar tarafından benimsenmesinin ardından, atılacak adımlara ilişkin politika ve süreçler hazırlanmalıdır. Şirket satın alma sözleşmeleri yeni ilkeler doğrultusunda revize edilmeli, tedarikçi değerlendirme kriterleri belirlenmeli, şirket içi iş bölümü ve görev tanımları gözden geçirilmelidir.

4. Tedarikçileri sınıflandırma: Tedarikçiler faaliyette bulundukları sektör, tedarik edilen miktar ve fiyat, kritik malzemeler veya sundukları hizmetler vb. kriterlere göre sınıflandırılmalıdır. Özellikle çok sayıda tedarikçinin bulunduğu sektörlerde zaman ve kaynak kısıtı sebebi ile stratejik önemi yüksek, riski düşük olan tedarikçiler tercih edilmelidir.

5. Denetleme: Denetleme, sürdürülebilir tedarik zinciri hedefleri doğrultusunda tedarikçilerin performanslarının takibi ve değerlendirilmesi tedarik zincirinin sağlıklı işlemesi için önemli bir kriterdir. Denetleme iki şekilde yapılabilir. *Bunlardan birincisi,* tedarikçilerin çevresel ve sosyal alanlardaki performansının ayrı bir denetimle takip edilmesi, *ikincisi ise,* mevcut denetim süreçlerine sürdürülebilirlik kriterlerinin dâhil edilmesi şeklindedir.

6. İyileştirme: Bu adımda denetim sonucu yapılan değerlendirmeler ile tedarikçilerin mevcut durumu tespit edilerek elde edilen sonuçlar tedarikçiler ile şeffaf bir şekilde paylaşılmalıdır. Tedarikçi ile iyileştirme gereken alanlar görüşülerek iyileştirme için bir eylem planı hazırlanmalıdır. Tedarik zincirinin sürdürülebilir olmasında, tedarikçinin iyileştirme programına dâhil edilmesinin anahtar bir rol oynadığı unutulmamalıdır. Bu sebeple tedarikçi, iyileştirme programı hakkında yeterince bilgilendirilmeli ve bu programa dâhil edilmesi gerekliliğinin önemi üzerinde odaklanılmalıdır.

7. Performans değerlendirme ve iletişim kurma: Buraya kadar atılan adımların başarısını görebilmek, hedeflere ulaşılıp ulaşılmadığını ve hedeflerin gerçekleşme oranını tespit edebilmek için performansın düzenli olarak takip edilmesi gerekmektedir. Yapılacak

değerlendirmenin, tedarik zinciri sürdürülebilirliği ölçütlerini yansıtan ve performansın devamlı olarak izlendiği ve kaydedildiği bir sistem üzerinden yapılması önerilir. Belirlenen hedeflerle mevcut durum arasındaki fark karşılaştırılarak "tedarik zincirini daha etkin ve sürdürülebilir kılmak için neler yapılabilir?" sorusu sorulmalı, gerekiyorsa hedefler ve stratejiler tekrar gözden geçirilmeli, iyileştirilmeye açık alanlar belirlenmelidir. Performans değerlendirmesinin sonuçları tüm paydaşlarla açık ve şeffaf biçimde paylaşılmalıdır.

5.3.5. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin kavramsal çerçevesinin araştırıldığı Seuring ve Müller (2008)'in yapmış oldukları çalışma bu alanla ilgili ana makalelerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada yer alan tanıma göre, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi "materyal, bilgi ve sermaye akışının yönetimi ve tedarik zinciri boyunca şirketler arasındaki işbirliğini gerçekleştirirken müşteri ve paydaşların ihtiyaçları doğrultusunda sürdürülebilir gelişmenin üç boyutunu oluşturan ekonomik, çevresel ve sosyal amaçları da yerine getirebilme" olarak tanımlanmıştır [142]. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ile ilgili literatürde yer alan diğer tanımlamalar Çizelge 5.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi tanımlar [151]

Tanım	**Yazar(lar)**
Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, tedarik zinciri boyunca ortaya çıkan sosyal ve çevresel etkilerden işletmelerin sorumlu tutulabileceği ölçüde sürdürülebilir gelişme konularını içerir. Bu yönetim anlayışı, işletmelerin çevresel ve sosyal yönlerini sadece işletme içine değil, aynı zamanda işlerinin ekonomik değerini belirleyen tedarik zincirleri boyunca alınacak karar ve eylemlere de entegre etmelerini gerektirir.	Wolters (2003)
Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, belirli bir işletmenin ve o işletmenin tedarik zincirlerinin uzun vadeli ekonomik performanslarını iyileştirmek için, kritik işletmeler arası iş süreçlerinin sistemli koordinasyonundaki sosyal, çevresel ve ekonomik hedeflerinin stratejik, şeffaf entegrasyonu ve bu hedeflerin elde edilmesi olarak tanımlanabilir.	Carter and Rogers (2008)
Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, güçlü, sağlıklı ve adil bir toplumun oluşturulması, çevreye duyarlı bir şekilde yaşam alanı oluşturulması ve iyi bir yönetim gibi sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumlu bir tedariği ifade eder.	Walker and Brammer (2009)
Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirinin her üyesinin geleneksel ekonomik kazanımlarla birlikte sosyal ve çevresel faydaları gerçekleştirmek için, klasik ekonomik, teknik ve hukuki konuların ötesinde bir vizyonla zinciri genişletme düşüncesi ve kabiliyeti olarak tanımlanabilir.	Spence and Bourlakis (2009)

Çizelge 5.2. (devam) Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi tanımlar [151]

Tanım	Yazar(lar)
Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, işletmelerin paydaşları tarafından tedarik zinciri yönetimi stratejileri ve operasyonel süreçlerinde üçlü performans yaklaşımına dayalı (ekonomik, çevresel, sosyal) baskıların arttırılmasıdır.	Tate et al. (2010)

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin çeşitli tanımlamaları incelendiğinde (Çizelge 5.2), bu tanımlamalara göre sürdürülebilir işletmenin ve tedarik zinciri yönetiminin bazı karakteristik özelliklerinin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu karakteristik özellikler aşağıda açıklandığı gibidir [156]:

Sürdürülebilir iş/işletme karakteristikleri:

Ekonomik: Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunu ifade etmektedir.

Çevresel: Sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu ifade etmektedir.

Sosyal: Sürdürülebilirliğin sosyal boyutunu ifade etmektedir.

Paydaşlar: Paydaşlar, müşterileri, tüketicileri ve tedarikçileri ifade eder. Ancak paydaşlar bu gruplarla sınırlı değildir.
Gönüllülük: Sürdürülebilir iş/işletme'nin gönüllü niteliğini tanımlar.

Esneklik: Beklenmedik durumlar ya da değişiklikler karşısında işletmenin her zaman hazır olmasını ve/veya bu durumlara kolayca adapte olabilmesini ifade eder.

Uzun Dönem: Sürdürülebilirliğin uzun dönemli niteliğini ifade eder. Kullanım ömrü sonunda yönetim, yeniden kullanım, geri dönüşüm, tersine lojistik, kapalı döngü tedarik zinciri, ürün yaşam döngüsü, uzun dönemli odaklanmanın göstergeleri olarak ifade edilmektedir.

Tedarik zinciri yönetimi karakteristikleri:

Akış: Materyallerin, hizmetlerin veya bilgilerin akışını ifade eder. Tedarik zincirinden kastedilen şeyin bu alan olduğu düşünülür.

Koordinasyon: İşletme veya işletmeler arası koordinasyonu ifade eder. Tedarik zinciri, ürün yaşam seyri ya da kanallardaki faaliyetlerle kastedilen şeyin bu alanla ilgili olduğu düşünülür.

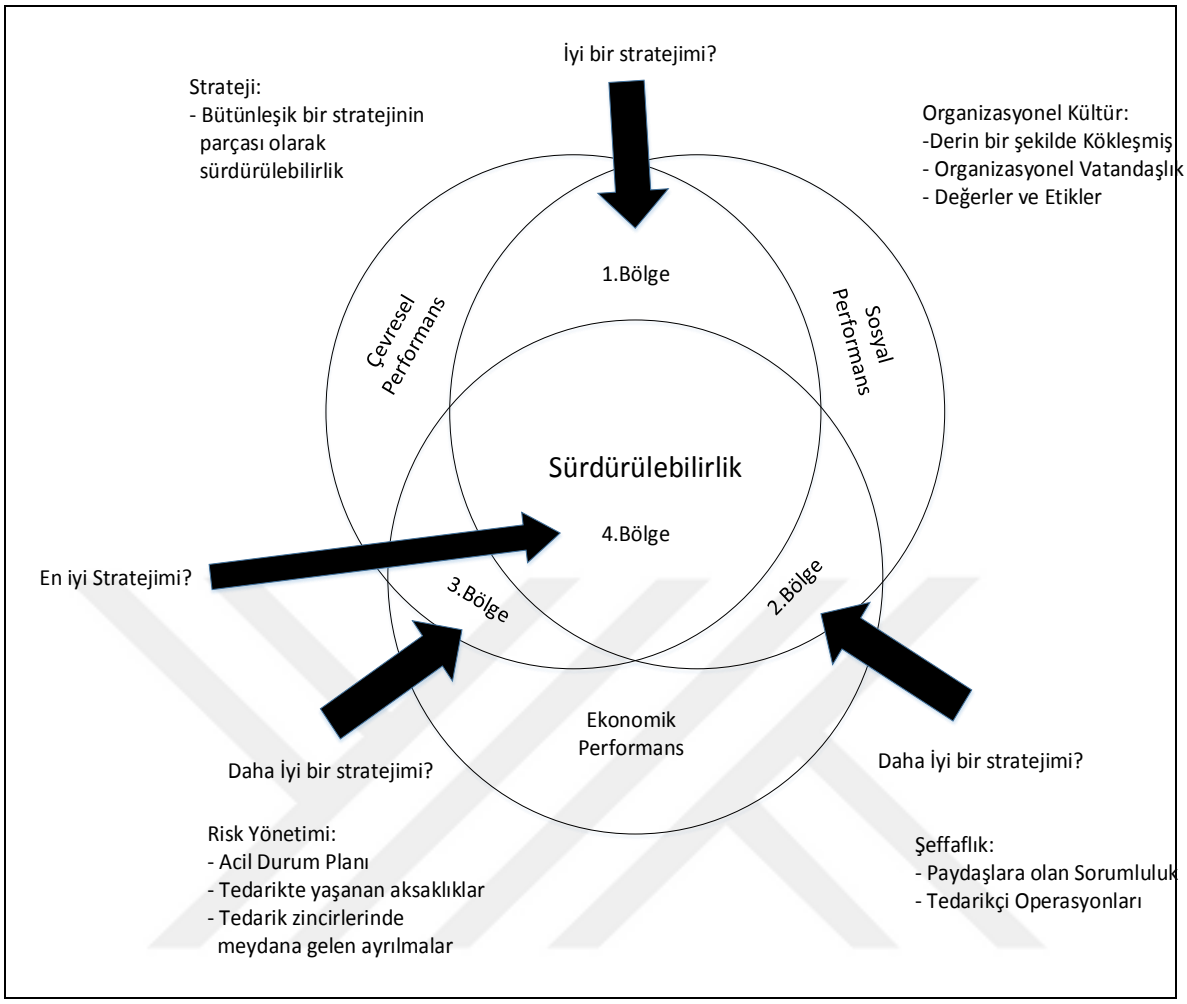
Paydaşlar: Paydaşlar, müşterileri, tüketicileri ve tedarikçileri ifade eder. Ancak paydaşlar bu gruplarla sınırlı değildir.

İlişkiler: İlişkiler, işletmenin iç ve dış ilişki ağlarını ifade eder. Bu tanımlamaya işletmeler arası koordinasyonda dâhil edilebilir.

Değer: Kârlılığı ya da pazar payını artırmak ve kaynakları kullanılabilir faydalı ürünlere dönüştürebilmek için değer yaratmak olarak tanımlanabilir.

Verimlilik: Girdi miktarlarının azaltılmasını ifade eder.

Performans: Performans, performans ölçümlerini uygulama, performans geliştirme, rekabet gücünü geliştirme, izleme ve hedeflere ulaşmayı içerir.



Şekil 5.1. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi [148]

Üçlü performans yaklaşımına dayalı sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin Şekil 5.1'de en sade şekliyle özetlendiği söylenebilir. Buna göre, bir işletmenin 1. bölgeye yani "çevresel ve sosyal performansa" yönelik bir strateji izlemesinin iyi bir strateji olup olmadığının soru işareti olduğu belirtilmektedir. Çünkü işletmelerden her ne kadar çevresel ve sosyal faktörleri göz ardı etmemesi beklense de en temelde katma değer yaratarak ülkenin ekonomik istikrarı ve kalkınmasına katkıda bulunması beklenir. Bu sebeple biz, sadece "çevresel ve sosyal performansa" yönelmenin doğru bir strateji olmadığını savunmaktayız. 2. ve 3. bölgeye yani "ekonomik ve sosyal performans" ile "ekonomik ve çevresel performansa" yönelik bir işletme stratejisi 1. bölgeye yönelik stratejiye göre daha uygun olabilir. Tedarik zinciri yönetimindeki bu strateji, bir önceki stratejiye göre daha iyi görülmesine rağmen tam olarak sürdürülebilirliği karşılamamaktadır. Bu durumda, 4. bölgeye yani "ekonomik, çevresel ve sosyal performansa" yönelik son strateji en ideal sürdürülebilir strateji olarak kabul edilebilir. Sürdürülebilir tedarik zincirinin en ideal

yönetiminin ekonomik, çevresel ve sosyal performansın bütüncül bir şekilde ele alındığı bu bölgede gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

5.3.6. Sürdürülebilir tedarikçi seçim problemi

Tedarikçi seçimi karar verme sürecinde, stratejik ve organizasyonel faktörler ile ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok kriter ve alt kriter yer almaktadır. Tedarikçi seçimi, tüm bu kriterlerin dikkate alınmasını ve karar verme sürecine birçok departman yöneticisinin veya karar vericinin dahil edilmesini gerektiren, zor bir karar problemidir. Tedarikçilerin seçilmesinde kullanılan kriterler işletmeden işletmeye farklılık gösterse de ulaşılmak istenen ortak amaç, ürünü veya hizmeti tedarik etme olasılığı yüksek tedarikçileri saptamak ve bunlardan en iyisini seçebilmektir [157].

Tedarikçiler, tedarik zinciri yönetimindeki kritik rolleri ve işletmenin sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkileri nedeniyle dikkatli bir şekilde değerlendirilmeli ve seçilmelidir [1]. Çünkü tedarikçi seçimi ve yönetimi bir ürünün hammadde satın alımından o ürünün yaşam ömrünün sonlanmasına kadar olan tüm ürün yaşam evrelerini kapsamaktadır [42].

Geçmişte, tedarikçileri değerlendirmek ve seçmek için satın alma departmanındaki yöneticiler tarafından genellikle fiyat, kalite, teslim vb. ekonomik kriterler kullanılır çevresel ve sosyal kriterler ise görmezden gelinirdi [1]. Son yıllarda ise, tedarikçi seçiminde çevresel ve sosyal ölçütlerin giderek arttığını görmek mümkündür [15]. Tam bu noktada, sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin tanımlanmasının iyi yapılması gerektiği söylenebilir. Buna göre, sürdürülebilir tedarikçi seçim problemi "tedarikçi seçimi ve performansının değerlendirilmesi için ekonomik unsurların yanı sıra çevresel ve sosyal unsurlarında dikkate alındığı geleneksel bir tedarikçi seçimi" olarak ifade edilebilir [11].

Sürdürülebilir tedarikçi seçim problemlerinde başarılı bir çözüme ulaşmada iki etken hayati bir rol oynamaktadır. Bunlardan birincisi, seçim kriterleri, ikincisi ise tedarikçilerin sürdürülebilir performansları'dır. Bu iki önemli etkenin uygun karar vericilerle doğrulanmaya ihtiyaç duyduğunu belirtmek gerekir [11]. Doğrulama sürecinde, karar vericiler soruları sayısal yerine dilsel terimlerle cevaplamayı tercih ederler. Dilsel terimler kullanılmasının algıları ifade etmede basit ve ölçülebilir olması, işletme bilgilerini gizlemesi

vb. avantajları vardır. Bu süreçte karar vericilerden sıklıkla nitel sorulara nicel cevaplar verilmesi beklenir. Bu durumda insan yargılarındaki öznelliğin dikkate alınmadığı görülür. Belirtilen durumun üstesinden gelebilmek için, sürdürülebilir tedarikçi seçim problemlerinde bulanık mantık yaklaşımları kullanılmaktadır [23].

5.3.7. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri

Tedarikçi seçiminde en önemli zorluklardan birisi doğru kriter seçimidir. Tedarikçi performansının değerlendirilmesini sağlayan kriterlerin tedarikçi seçimini doğrudan etkilediği söylenebilir. Tedarikçi seçiminde etkin bir rol oynayan kriterleri belirlemek sürdürülebilir tedarikçi seçim çalışmalarında geleneksel ve yeşil tedarikçi seçimine göre biraz daha zordur. Çünkü sürdürülebilir tedarikçi seçiminde, performansa göre tedarikçi seçiminin yapılabilmesi ve bu performansın izlenebilmesi için geleneksel tedarikçi kriterlerinin yanı sıra çevresel ve sosyal kriterleri de dikkate alan bir tedarikçi seçim problemi ile mücadele edilmesi gerekmektedir [53].

Tedarikçi seçim literatürüne bakıldığında, kalite, maliyet, teslimat ve hizmet gibi ekonomik yönleri dikkate alan yayınların yani geleneksel tedarikçi çalışmalarının büyük bir oranda ağır bastığı görülmektedir [54]. Bu çalışmalarda, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik faktörlerine vurgu yapılmamıştır. Geleneksel tedarikçi seçimi çalışmalarına göre daha az olan yeşil tedarikçi seçimiyle ilgili çalışmalarda ise, sosyal sürdürülebilirdik boyutu göz ardı edilerek genel bir sürdürülebilirlik yaklaşımı ortaya koyulamamıştır [49]. Bununla birlikte üreticilerin, tedarik zincirindeki uygulamaları ileriye taşıyabilme adına sürdürülebilir değerlere olan ilgisinin gün geçtikçe arttığını söylemek mümkündür. Sürdürülebilirlik yaklaşımı üç boyuttan oluşur: doğal çevrenin korunması, ekonomik canlılığın korunması ve belirli toplumsal konuların yerine getirilmesi. Sürdürülebilirliğin bu boyutları da düşünüldüğünde, işletmelerin geleneksel tedarikçi seçim kriterlerine çevresel ve sosyal yönleri de kapsayan yeni kriterler eklemesi gerekliliği kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır [54].

Sürdürülebilir tedarikçi seçim literatüründe yer alan ve üçlü performans yaklaşımın boyutlarını oluşturan kriterlerin yer aldığı bazı çalışmalar aşağıda belirtildiği gibidir (Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5).

Çizelge 5.3. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri (ekonomik boyut)

Ekonomik Boyut		
Yazar(lar)	Yıl	Kriterler
Bai ve Sarkis	2010	Maliyet, kalite, zaman, esneklik, yenilikçilik, kültür, teknoloji, ilişkiler
Amindoust vd.	2012	Maliyet/fiyat, kalite, teknolojik yetkinlikler, üretim imkânları ve kapasite, finansal kapasite, yönetim ve organizasyon, teslim, hizmet, ilişkiler, esneklik
Azadnia vd.	2012	Maliyet, kalite, teslim
Ghadimi ve Heavey	2014	Kalite, teslim/hizmet, maliyet, teknik yeterlilikler
Azadnia vd	2015	Maliyet, kalite, teslim, sadakat, teknik yeterlilikler
Zimmer	2016	Yönetim ve organizasyon, finansal performans, yeterlilikler, dış algı
Mukherjee	2016	Geçmiş finansal performans, fiyat, kalite, hizmet
Ghadimi vd.	2016	Kalite, fiyat, üretim kapasitesi, teknik kapasite, hizmet ve teslim, işletme ünü, coğrafi konum
Luthra vd.	2017	Fiyat, ürün karlılığı, kalite, esneklik, teknolojik ve finansal yeterlilikler, üretim imkânları ve kapasitesi, hizmet ve teslim, teslim süresi, taşıma maliyeti
Fallahpour vd.	2017	Maliyet, kalite, teslim ve hizmet, esneklik

Çizelge 5.4. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri (çevresel boyut)

Çevresel Boyut		
Yazar	Yıl	Kriterler
Bai ve Sarkis	2010	Kirlilik kontrolü, kirlilik önleme, çevresel yönetim sistemleri, kaynak tüketimi, kirlilik üretimi
Amindoust vd.	2012	Çevresel maliyetler, yeşil tasarım, çevresel yönetim sistemleri, çevresel yetkinlikler, yeşil Ar-Ge, kirlilik kontrolü, yeşil üretim, kaynak tüketimi, enerji için Eko-dizayn gereklilikleri, ozona zararsız kimyasallar, atık elektrik ve elektronik ekipmanı, geri dönüşüm, yeşil tedarik zinciri yönetimi, yenilik
Azadnia vd.	2012	Kirlilik, çevre dostu üretim dizaynı, çevresel yönetim sistemleri
Ghadimi ve Heavey	2014	Yeşil imaj, kirlilik kontrolü, yeşil yetkinlikler
Azadnia vd	2015	Çevresel yönetim sistemleri, kirlilik, yeşil işletme emisyonu
Zimmer	2016	Çevresel uygulamalar, çevresel performans
Mukherjee	2016	Çevresel yetkinlikler, çevresel yönetim sistemleri, yeşil paketleme, yeşil ürün tasarımı
Ghadimi vd.	2016	Çevresel performans, yeşil imaj, kirlilik kontrolü, yeşil yetkinlikler

Çizelge 5.4. (devam) Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri (çevresel boyut)

Çevresel Boyut		
Yıl	Kriterler	
Luthra vd.	2017	Çevresel yönetim sistemleri, yeşil tasarım ve satın alma, yeşil üretim, yeşil yönetim, yeşil paketleme ve etiketleme, atık yönetimi ve kirlilik önleme, çevresel maliyetler, çevresel yetkinlikler, yeşil Ar-Ge
Fallahpour vd.	2017	Çevresel yönetim sistemleri, yeşil üretim, yeşil depolama, Eko-dizayn, yeşil teknoloji, yeşil taşıma

Çizelge 5.5. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri (sosyal boyut)

Sosyal Boyut		
Yazar	Yıl	Kriterler
Bai ve Sarkis	2010	İş/istihdam uygulamaları, sağlık ve güvenlik, içerisinde bulunulan topluma katkı, sözleşmeli hissedarlara etki, diğer hissedarlara etki
Amindoust vd.	2012	Çalışan hakları ve çıkarları, hissedarların çıkarları, iş sağlığı ve güvenliği, bilgi açıklığı, politikalara uyma
Azadnia vd.	2012	İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri, hissedarların çıkarları
Ghadimi ve Heavey	2014	İş sağlığı ve güvenliği, iş/istihdam uygulamaları
Azadnia vd	2015	İş sağlık ve güvenlik yönetim sistemleri, İşçi sağlığı ve güvenliği, eğitim ve topluma fayda
Zimmer	2016	İşletme içi sosyal uygulamalar, sosyal performans, işletme dışı sosyal uygulamalar
Mukherjee	2016	Sağlık ve güvenlik, eğitim, hissedarlarla ilişkiler
Ghadimi vd.	2016	Sağlık ve güvenlik, iş/istihdam uygulamaları
Luthra vd.	2017	İş sağlık ve güvenlik sistemleri, çalışan hakları ve çıkarları, hissedarların çıkarları, bilgi açıklığı
Fallahpour vd.	2017	İşçi hakları, sağlık ve güvenlik, işçiler için destekleyici faaliyetler

Çizelgeler incelendiğinde yapılan çalışmalarda, sürdürülebilir tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerden bazılarının diğer kriterlere göre biraz daha ön plana çıktığı görülmektedir. Örneğin, *ekonomik boyutta*; fiyat, maliyet, teslim, kalite, *çevresel boyutta*; çevresel yönetim sistemleri, kirlilik kontrolü, yeşil yetkinlikler, *sosyal boyutta*; iş sağlığı ve güvenliği, çalışan hakları ve çıkarları gibi kriterlerin sürdürülebilir tedarikçi seçiminde daha sık kullanıldığını söylemek mümkündür.

5.3.8. Sürdürülebilir tedarikçi seçim yöntemleri

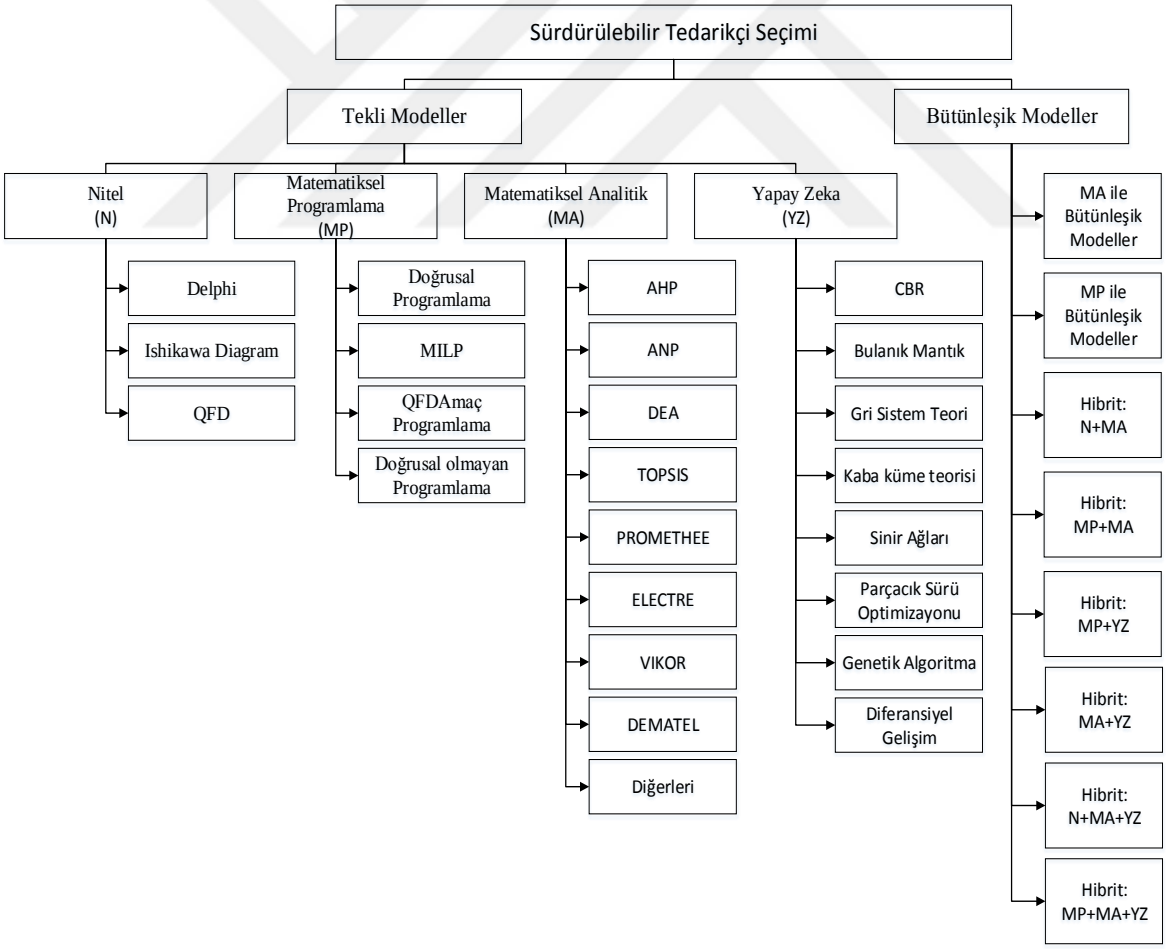
Hangi endüstriyel sektörde yer alırsa alsın tüm işletmeler için, tedarikçilerin doğru değerlendirilmesi ve seçimi ilerleme ve gelişme için çok önemlidir. Yöneticiler, kurumsal sistemlerin geniş kullanımı ve kalite geliştirme konseptleri üzerinde durarak para ve maddeye odaklı geleneksel yapının ötesine geçme ve evrenin yeni imkânlarını keşfetmeye yönelmektedirler [158]. Burada teknolojik devrimler, değişen müşteri tedarikçi ilişkileri, çevresel farkındalık ve toplumsal sosyal baskılar vb. faktörlerin yöneticileri geleneksel yaklaşım tarzı dışında bir anlayışa yönelttiğini söylemek mümkündür.

İşletme yönetimi literatürü, tedarik ağı içerisinde tedarikçi ilişkilerinin çok önemli bir yere sahip olduğunu vurgulamıştır. Düşmanca bir ilişki perspektifinden işbirliği ve karşılıklı güvene dayanan bir perspektife geçişe duyulan ihtiyaç birçok araştırmacı tarafından gözlemlenmiştir. İlişkilerin değişen bu konseptinde herhangi bir dış kaynak kullanımı kararında tedarikçi seçimi daha kritik bir rol oynamaya başlamıştır. Bu bağlamda, tedarikçi değerlendirme sürecinin, piyasa gereksinimlerine ve yenilik dinamiklerine hızlı bir şekilde tepki verebilen bir tedarik ilişkisi sistemi geliştirmek için uygun tedarikçilerin seçimini mümkün kıldığı söylenebilir [159].

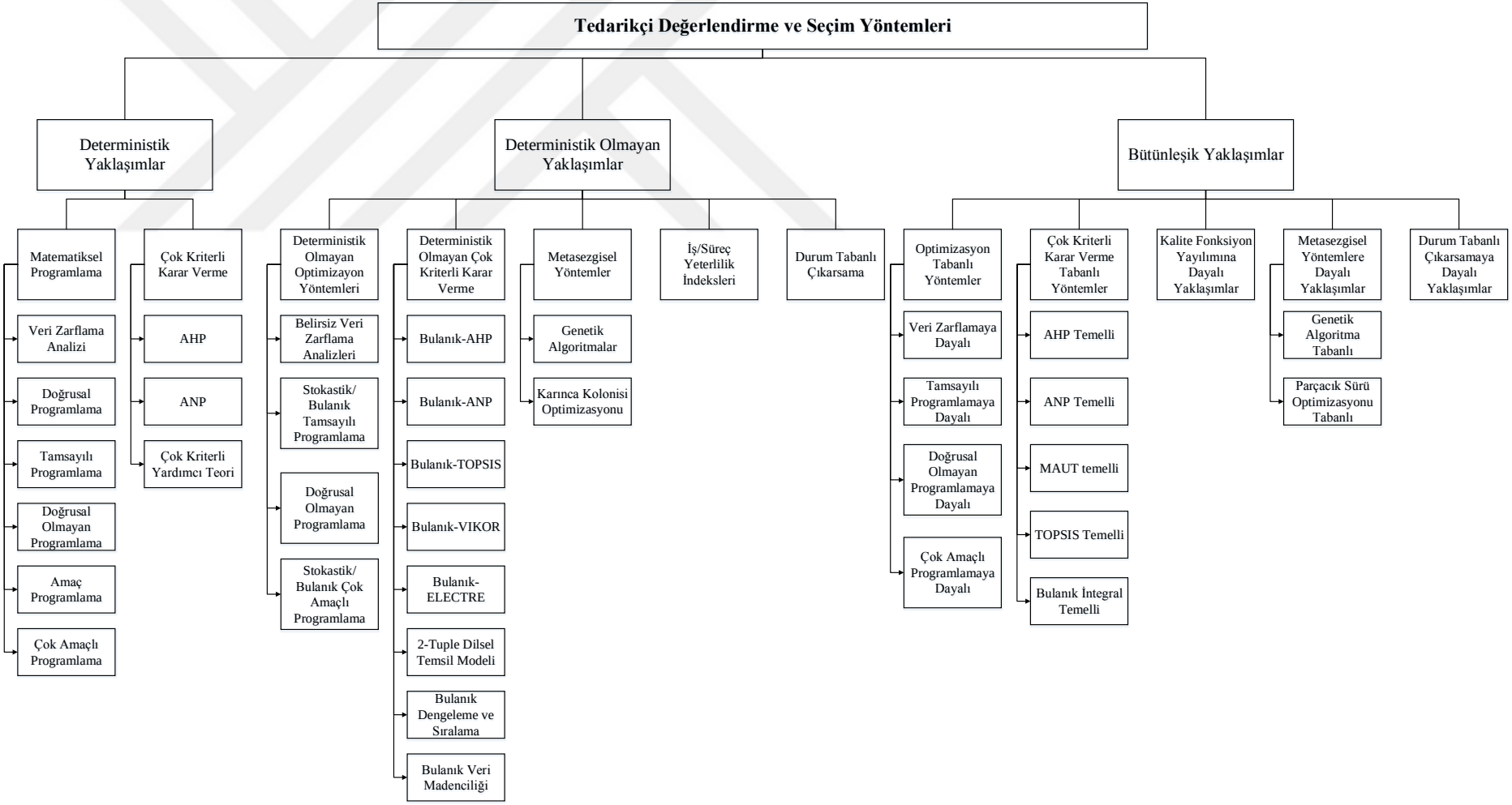
Son yıllarda, satın alma ve tedarikçi seçimi konularına yönelik daha sistematik bir yaklaşım için akademik ilgi gittikçe artmaktadır [160]. Artan bu ilgiyle birlikte birçok araştırmacı tedarikçi seçim problemine çözüm bulabilmek için birçok yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerden bazıları, AHP, ANP, matrix metodu, yapay sinir ağları, bulanık teori, genetik algoritma, matematiksel programlama, basit çok kriterli oran tekniği, GRA ve bu ve benzeri yöntemlere dayalı bütünleşik yöntemler olarak literatürde tedarikçi değerlendirilmesinde ve seçiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemlere ait detaylı bilgi Chai ve diğerleri (2013), Boer ve diğerleri (2001) ve Ho ve diğerleri (2010) 'dan elde edilebilir [164].

Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında son zamanlarda tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha fazla kullanıldığı görülmektedir. ÇKKV yöntemleri yöneticilere, karar alma süreçlerinde sınırlı sayıda alternatif arasından en iyi alternatife ulaşmada yardımcı olabilmek için tavsiye niteliğinde metodolojik bir çerçeve sunar [161]. Tedarikçi değerlendirme ve seçiminde ÇKKV yöntemlerinin çeşitli sınıflamaları mevcuttur. Örneğin, Ho (2010) bu sınıflamayı bireysel ve bütünleşik ÇKKV

yöntemleri olarak ikiye ayırmaktadır. Bireysel yöntemler; veri zarflama analizi, matematiksel programlama (doğrusal programlama, tam sayılı doğrusal programlama, tam sayılı doğrusal olmayan programlama, amaç programlama, çok amaçlı programlama), AHP, durum tabanlı çıkarsama, ANP, bulanık küme teorisi, basit çok kriterli oran tekniği, genetik algoritma şeklindedir. Bütünleşik yöntemler ise; Bütünleşik AHP yaklaşımları, bütünleşik bulanık yaklaşımlar ve diğer yaklaşımlar şeklinde belirtilmiştir [163]. Bununla birlikte, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te yer alan çalışmalarda tedarikçi seçim yöntemleri daha kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Buna göre, Zimmer ve diğerleri (2016) yapmış oldukları çalışmalarında sürdürülebilir tedarikçi yönetimi kapsamında tedarikçi seçim yöntemlerini Şekil 5.2'de görüldüğü gibi sınıflandırmışlardır. Dursun (2013) hazırlamış olduğu doktora tezinde ise, tedarikçi seçim yöntemlerini deterministik, deterministik olmayan ve bütünleşik yöntemler olmak üzere üç kategoride kapsamlı olarak incelemiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.2. Modelleme yaklaşımları kategorisinin sınıflandırılması [10]



Şekil 5.3. Tedarikçi değerlendirme ve seçiminde analitik yaklaşımlar [165]

Sonuç olarak literatüre bakıldığında, yukarıda değinilen ve genel olarak Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te bir arada verilen tedarikçi seçim yöntemlerinin, hem geleneksel hem yeşil hem de sürdürülebilir tedarikçi değerlendirilmesinde ve seçiminde yaygın bir şekilde kullanıldığını söylemek mümkündür.

6. UYGULAMA

Çalışmanın uygulaması, Türkiye'de akü üretimi endüstriyel alanında faaliyet gösteren ve sektörün en önde gelen işletmelerinden olan bir işletmede gerçekleştirilmiştir. İşletme Ar-Ge çalışmaları sonucunda geliştirdiği inovatif ürünleriyle sektörde fark yaratan bir şirket konumundadır. İşletme 5 kıtada 72 ülkeye ihracat yapan küresel bir oyuncudur. Söz konusu akü firması, Türkiye'nin 2023 vizyonu kapsamında belirlediği hedefler doğrultusunda ekonomiye katkıda bulunmaya, teknolojisini geliştirmeye, ihracat ilişkilerini ve rakamlarını arttırmaya gayret göstermektedir. Diğer bir yönüyle işletme, kaliteli, çevre dostu, inovatif ürünler üreterek ve her şeyden önce insana değer vererek sürdürülebilir bir vizyonla faaliyetlerine devam etmektedir.

6.1. Uygulamanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada yer alan araştırma problemi, karar verme süreci kapsamında aşağıdaki şekilde ifade edilerek özetlenmiştir.

Problemin tanımlanması: Üçlü performans yaklaşımına dayalı en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçim kararırın verilmesi olarak tanımlanmıştır.

İhtiyaçların analizi: Matematiksel modellerle gerçekleştirilen çözümlerde, kabul edilebilir bir çözümünün gerçekleşebilmesi için karar komitesi, dilsel değişkenler, dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı karşılıkları, sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri ve sürdürülebilir tedarikçi adayları belirlenmiştir.

Amaç ve hedeflerin belirlenmesi: Çalışmanın amacı, Türkiye'de akü sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, akü imalatında kullanılan plastik malzemeleri temin ettiği bazı tedarikçileri arasından üçlü performans yaklaşımına dayalı en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirme olarak belirlenmiştir. Bu amaca yönelik olarak sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminde bazı bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılması hedeflenmiştir.

Alternatiflerin belirlenmesi: Fransa (1), Bulgaristan (1), Türkiye (3) olmak üzere toplam beş alternatif belirlenmiştir.

Kriterlerin belirlenmesi: Ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar kapsamında 20 kriter belirlenmiştir.

Prolemin çözümünde kullanılacak karar verme yöntemlerinin belirlenmesi: Çalışma kapsamında problemin çözümü için, FTOPSIS, FVIKOR ve FTODIM modelleri önerilmiştir.

Probleme yönelik kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi: Kriterler ve alternatifler karar verici komite tarafından değerlendirilmiştir.

Probleme yönelik çözümün geçerliliği: Probleme yönelik çözümün geçerliliği için duyarlılık analizleri ve Spearman sıralama korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

Problemin uygulaması: Problem çözümü için uygulamaya geçilmiştir.

6.2. Uygulamada Kullanılacak Sürdürülebilir Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Uygulamada kullanılacak sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri literatürden elde edilen bilgiler, karar verici komite ve akademik uzmanların görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Buna göre üçlü performans yaklaşımına dayalı olarak ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar kapsamında 20 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler, bu kriterlerle ilgili çalışmanın ilerleyen bölümlerinde de kullanılacak olan kısaltmalar ve bu kısaltmalara ait kısa açıklamalar Çizelge 6.1'de verilmiştir. Ayrıca STS değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlere ilişkin literatürde yer alan çalışmalardan bazıları Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. Çizelgenin ardından ise değerlendirme kriterleri ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.

Çizelge 6.1. Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri

Ekonomik	**Çevresel**	**Sosyal**
E1: Maliyet	Ç1: Eko-Dizayn	S1: İlişkiler
E2: Fiyat	Ç2: Çevresel Yönetim Sistemleri	S2: Müşteri Hizmetleri
E3: Kalite	Ç3: Kirlilik Üretimi	S3: Paydaşların Çıkarları
E4: Teslim	Ç4: Yeşil İmaj	S4: Sosyal Sorumluluk
E5: Esneklik	Ç5: Çevresel Yetkinlikler	S5: İş Sağlığı ve Güvenliği
E6: Teknolojik Yetkinlikler	Ç6: Kaynak Tüketimi	S6: Kültür
E7: Finansal Durum		
E8: Yönetim ve Organizasyon		

Çizelge 6.2. Literatürde yer alan sürdürülebilir tedarikçi seçimi değerlendirme kriterleri

Yazarlar	*Ekonomik Boyut*								*Çevresel Boyut*						*Sosyal Boyut*					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Luthra vd. (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
Tavana vd. (2017)		✓	✓	✓			✓			✓	✓			✓				✓	✓	
Shalke vd. (2017)	✓		✓	✓		✓				✓	✓								✓	✓
Fallahpour vd. (2017)	✓		✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓				✓		✓	
Kumar vd. (2017)	✓		✓	✓							✓			✓				✓		
Kaur ve Singh. (2017), Kaur vd. (2016)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓
Qin vd. (2017)	✓		✓						✓	✓	✓	✓	✓							
Yazdani vd. (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓						
Jauhar ve Pant. (2017), Jauhar ve Pant. (2016), Jauhar ve Pant. (2016)		✓	✓	✓							✓					✓				
Parkouhi ve Ghadikolaei (2017)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓		✓				✓	✓
Denizhan ve Yalçıner (2017)	✓		✓	✓		✓	✓						✓			✓				
Amindoust ve Saghafinia (2017)	✓		✓	✓						✓	✓								✓	
Ahmadi vd. (2016)	✓		✓						✓	✓		✓				✓			✓	
Ghadimi vd., (2016)									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Mukherjee (2016)		✓	✓				✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	
Shahryari Nia vd., (2016)	✓		✓	✓						✓		✓	✓				✓	✓		

Çizelge 6.2. (devam) Literatürde yer alan sürdürülebilir tedarikçi seçimi değerlendirme kriterleri

Yazarlar	*Ekonomik Boyut*								*Çevresel Boyut*						*Sosyal Boyut*					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Zimmer vd. (2016)	✓		✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Doğan vd. (2016)									✓	✓		✓	✓							
Chen vd., (2016)	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓
Winter ve Lasch (2016)									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Şişman (2016)	✓		✓	✓		✓			✓	✓		✓								
Girubha vd. (2016)	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Sarkis ve Dhavale. (2015)	✓		✓	✓							✓		✓			✓		✓		
Orji ve Wei. (2015)			✓						✓				✓		✓				✓	
Gold ve Awasthi. (2015)	✓		✓	✓	✓						✓			✓	✓		✓	✓		✓
Azadnia vd. (2015), Azadnia vd. (2012)	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	
Kannan vd. (2015)		✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Govindan vd. (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Simic vd. (2015)	✓		✓	✓		✓	✓								✓	✓				
Ghadimi ve Heavey. (2014)	✓		✓	✓		✓					✓	✓				✓			✓	
Özçelik ve Öztürk (2014)	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Kannan vd. (2014)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓		

Çizelge 6.2. (devam) Literatürde yer alan sürdürülebilir tedarikçi seçimi değerlendirme kriterleri

Yazarlar	*Ekonomik Boyut*								*Çevresel Boyut*						*Sosyal Boyut*					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Kuo vd. (2010)	✓		✓	✓					✓	✓			✓		✓	✓	✓			
Lee vd. (2009)	✓		✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓				
Chiou vd. (2008)	✓		✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		
Huang ve keskar. (2007)	✓				✓		✓				✓			✓		✓			✓	✓
Chan ve Kumar (2007)	✓	✓	✓	✓		✓	✓								✓	✓				
Kahraman vd., (2003)	✓		✓			✓	✓	✓								✓				
Humphreys vd. (2003)								✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Dawei vd. (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓				✓
Govindan vd. (2013)	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tseng ve Geng *(2012)*			✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓					
Wong vd. (2012)		✓	✓	✓							✓		✓	✓					✓	
Büyüközkan. ve Çiftçi (2012)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓				
Amindoust vd. (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Punniyamoorthy vd. (2011)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓					✓	✓			✓	
Büyüközkan. ve Çifçi (2011)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓		✓			✓		✓
Awasthi vd. (2010)									✓	✓	✓	✓	✓	✓						

6.2.1. Ekonomik kriterler

Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin ekonomik boyutunda; maliyet, fiyat, kalite, teslim, esneklik, teknolojik yeterlilikler, finansal durum, yönetim ve organizasyon kriterleri yer almaktadır. Bu kriterlerle ilgili açıklamalar aşağıda belirtildiği gibidir.

Maliyet

Maliyet kriteri satın alımlarla ilgili maliyetlerin önemli bir unsurudur. Bir ürünle ilişkili en bariz maliyetler, satın alma fiyatı, nakliye masrafı ve vergiler gibi sarf edilmiş harcamalar olarak dikkat çekmektedir. Genellikle seçim sırasında bu maliyetlerin göz önüne alındığı söylenebilir. Maliyeti kabul etmeme veya itiraz etme, işlem maliyeti gibi operasyonel giderler de bu maliyetlere dahil edilebilir, ancak bu maliyetleri tahmin etmek çok da kolay değildir. Bir firma validasyon ve kalitifikasyon sürecinde maliyete çok önem vermeli ve ayrıntılı bir şekilde yeniden değerlendirmelidir [180].

Fiyat

Ekonomik boyut düşünüldüğünde, tedarikçi seçimi için literatürde yer alan mevcut çalışmalara bakıldığında tedarikçi değerlendirilmesinde fiyat kriterinin hemen hemen tüm çalışmalarda yer aldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda, tedarikçilerin pazar şartlarını dikkate alarak doğru, yerinde ve zamanında oluşturacakları fiyat politikalarıyla pazar paylarını arttırabileceği ve rekabet avantajı sağlayabileceğine vurgu yapılmıştır.

İşletmeler karlılığı arttırmak için bir ürünün fiyatının her zaman minumum olmasını talep ederler. Bundan dolayı, firmalar ürünle ilgili üretim maliyetlerini en aza indirebilecek tedarik üsleri bulmak zorunda kalmaktadırlar. İşlem maliyeti, bakım maliyeti, garanti maliyeti, ve ürünün üretimiyle ilgili diğer maliyetler ürünün toplam fiyatını belirlemektedir [179].

Kalite

Ürün kalitesi kriteri son derece önemlidir. Herhangi bir ürünün kaliteli olabilmesi için önemli bir kalite düzeyinin tedarikçi tarafından sağlanması gerekmektedir [9]. Kalite, müşteri tedarikçi ilişkisinin önemli bir yönünü oluşturur. Düşük kalite, tedarikçinin finansal

performansıyla birlikte müşteriye ve pazara karşı olan itibarını da büyük ölçüde etkiler. Aynı zamanda kalite, kalite kontrol denetiminden sonra kabul oranı olarak ölçülür. Bu oranın ise genel olarak % 80 ile % 100 arasında değiştiği kabul edilir [15]. Kaliteyi etkileyen faktörler: kişiselleştirmeye yönelik kalite uyumu, kalite sertifikasyonu (ISO sertifikasyonu, kontrol süreci veya çeşitli sertifikasyonlar), altı sigma veya toplam kalite yönetimi vb. olarak vurgulanmaktadır [174]. Son olarak kalitenin, kusurları minimize etmeyi, verimliliği ve etkinliği ise en üst düzeye çıkarmayı kapsadığı ifade edilmektedir [16].

Teslim

Modern pazarlar müşterilerin talep ettiği sevkiyatları zamanında teslim edebilecek güvenirliğe sahip tedarikçilere ihtiyaç duyulan rekabetçi iş ortamlarıdır [187]. Teslim performansını değerlendirmenin dört ölçütü vardır. Bu ölçütler; işlem süresi, teslim süresi, geç teslimatların yüzdesi ve ortalama gecikme şeklinde belirtilmiştir. İşlem süresi ve teslim süresi teslimat hızını, geç teslimatların yüzdesi ve ortalama gecikme ise teslim güvenirliğini temsil eder.

Birinci ölçüt işlem süresi: Bir siparişin üretim başlangıcından siparişin tamamlanana kadar olan süreyi tanımlamakla birlikte genellikle üretim zamanı olarak bilinmektedir. *İkincisi teslim süresi:* Bir siparişin verilmesinden müşteriye sevkiyatına kadar geçen ortalama gerçek zamandır. *Üçüncüsü güvenilirlik*: Geç teslimatların yüzdesi söz verilen teslim süresinden sonra teslim edilmiş müşteri siparişlerine dayanmakla birlikte genellikle tedarikçinin "hizmet seviyesi" olarak ifade edilir. *Son olarak ortalama gecikme*: Siparişlerin gecikmesi ve teslimatta yaşanabilecek gecikmeler müşteriler tarafından istenmeyen durumlardır. Buna göre siparişlerde yaşanabilecek herhangi bir gecikmenin bir yansıması olarak müşteriler tarafından teslim alınan siparişler geç teslim edilmiş siparişler olarak kabul edilir [188].

Bunların yanı sıra, önceden belirlenen sipariş miktarına uyma yani verilen siparişi karşılamada ki başarı oranı, siparişin sıklığı vb. faktörlerinde tedarikçi performansında önemli bir rol oynadığı söylenebilir [175].

Esneklik

Esneklik gittikçe artan rekabet ortamında piyasalar için rekabet gücünün belirleyici bir faktörü olarak düşünülmektedir. Esneklik ihtiyacı büyük ölçüde, bir tedarik zincirinin yürüttüğü faaliyetler ve çevre özelliklerine göre belirlenir. Piyasaların oynaklığının artması, ürün yaşam evrelerinin gittikçe daha da kısalması, çok yönlü alıcılar gibi etkenler esnekliğin yeni bir stratejik zorunluluk olarak ortaya çıkmasına katkıda bulunmuşlardır. Bunun yanı sıra belirsizlik ve küresel rekabet esneklik ihtiyacının ardındaki diğer faktörler olarak düşünülebilir [189]. Tıbbi ürünler, elektronik ve otomotiv gibi kişiye özgü üretimlerin ve dolayısıyla dinamikliğin çok yoğun bir şekilde hissedildiği pazarlarda, pazar oyuncuları büyük bir oranda yeni ürün temelinde rekabet ediyor gibi görülebilir. Gerçekte ise ürün yeniliğinde rekabetin temel dayanağını, işletmenin esnek işlem kapasitesi ve üretimi değişen şartlara uyarlayabilme yeteneği oluşturmaktadır [190].

Tedarikçiler için esnekliği etkileyen birçok ölçüt vardır. Bu ölçütlerden bazıları; dönüş kapasitesini hızlı bir şekilde artırabilme kabiliyeti, sipariş esnekliğinin alt ve üst sınırı, üretim esnekliğinin alt ve üst sınırı, teslim esnekliğinin alt ve üst sınırı, sevkiyat esnekliği alt ve üst sınırı vb. ölçütlerden oluşmaktadır [178].

Teknolojik yetkinlikler

Potansiyel tedarikçiler, teknik özelliklerinde ve dolayısıyla arzu edilen özelliklerde ve faaliyet planına göre bir bileşen üretme kabiliyetlerinde farklılık gösterebilirler. İşletmeler ilgili faaliyetleri tekrar tekrar yaparak yeteneklerini geliştirebilirler. Bundan dolayı, geçmiş faaliyetlerdeki farklılıkların işletmeler için heterojen yeteneklere yol açtığı söylenebilir [191]. Tedarikçiler gittikçe artan bir şekilde ürün ve süreç yeniliğinin önemli bir kaynağı haline gelmişlerdir [192]. Bu duruma iki önemli unsurun etki ettiği söylenebilir. Ekonominin küreselleşmesi ve teknolojik değişim olarak ifade edilen bu unsurların, firmalar için ortaya çıkan yeni fırsatlar ve zorluklarla birlikte iş çevrelerini en fazla değiştiren iki fenomen olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda teknolojik değişim, firmalar yeteneklerini kullanmaya ve bu yeni fırsatlardan tam olarak yararlanmaya çalıştıklarından dolayı hem ulusal hem de uluslararası rekabeti artırabilir. Sonuç olarak, firmanın yenilikçi kabiliyeti pazar küreselleşmesinden, teknolojik gelişmelerden ve bilginin yoğunlaşmasından ortaya çıkan talepleri ve zorlukları karşılama kabiliyetinde kritik bir faktördür [193].

Yenilikçi teknolojik yetkinlikler temel, orta ve ileri olmak üzere üç seviyeye ayrılmıştır. *Temel seviye:* küçük uyarlamaları ve kalitenin kademeli olarak iyileştirilmesini, *orta seviye:* çeşitli ürün ve süreç tipleri için tasarım ve mühendisliği, *ileri seviye ise:* yeni ürün ve süreç tasarımları için bilgi tabanının geliştirilmesini ve araştırma tabanlı olduğundan dolayı AR-GE'yi ifade etmektedir [194].

Finansal durum

Tedarikçinin finansal performansı, taraflar arasında tedarik ilişkisi başladıktan sonra müşterilerin satın alınan ürün veya hizmet için katlanmak zorunda oldukları toplam sahip olma maliyetiyle ilgili beklentilerinin değerlendirmesini yansıtır [195]. Bununla birlikte, tedarikçinin performansını ve kontrolünü ekonomik olarak gösteren faktörleri içerdiği söylenebilir. Mali durum, ekonomik istikrar ve fiyat stratejisi vb. faktörler finansal performansın göstergeleri olarak kabul edilebilir. Finansal durum ve mali istikrar, tedarikçi işletmelerin sürekliliği ve pazar şartlarında hayatta kalabilmeleri açısından kaçınılmaz bir gerçektir [24].

Yönetim ve organizasyon

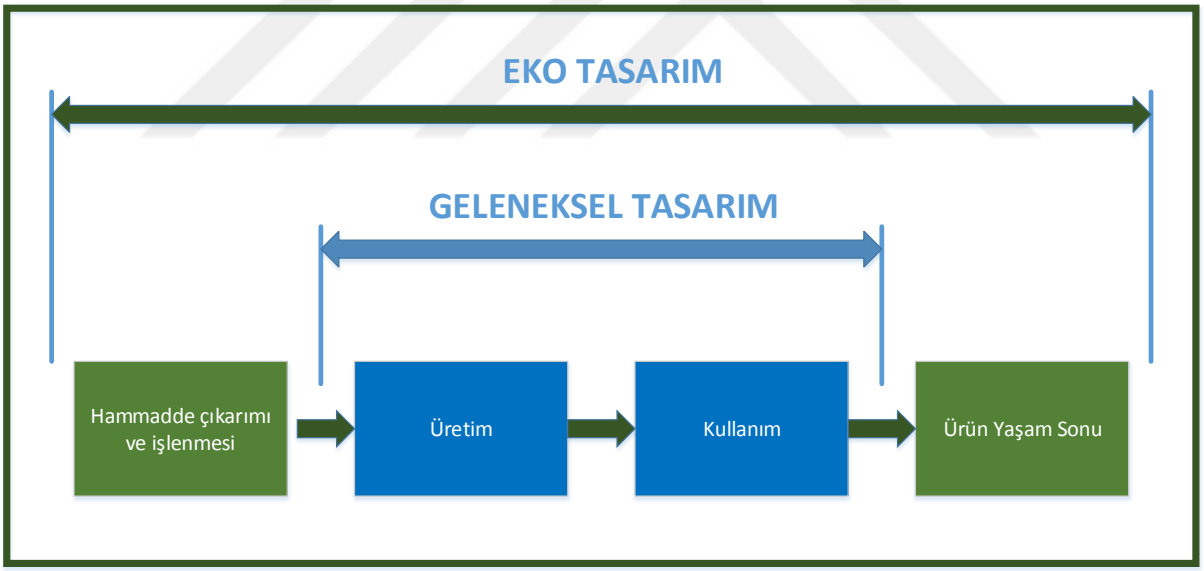
Yönetim ve organizasyon, üretici tarafından, tedarikçi seçimini etkileyen faktörlerden biri olarak görülür. Geçmiş literatüre ve uzman deneyimlerine dayalı olarak yönetim ve organizasyonu etkileyen faktörler: Organizasyonun fiziksel boyutu, coğrafi konumu, faaliyet alanı olan endüstrideki konumu ve ünü, etik standartları, insan kaynaklarının eğitim kalitesi, vb. olarak ifade edilir. Bu faktörlerin hem tedarikçilerden beklenen organizasyon ve standartların doğasını oluşturduğu hem de tedarikçinin vizyonunun bir parçası olduğu söylenebilir [185].

6.2.2. Çevresel kriterler

Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin çevresel boyutunda: Eko-dizayn, çevresel yönetim sistemleri, kirlilik üretimi, yeşil imaj, çevresel yetkinlikler, ve kaynak tüketimi kriterleri yer almaktadır. Bu kriterlerle ilgili açıklamalar aşağıda belirtildiği gibidir.

Eko-dizayn

Günümüzde elektrik ve elektronik atıkların sadece Avrupa'da yıllık 6-7 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir [196]. Dünyanın geri kalanı içinde durumun pek farklı olmadığını söylemek mümkündür. Buna benzer nedenlerden dolayı, işletmeler tarafından imalat endüstrisinin çevreye olan zararlı etkisini azaltabilmek için eko-verimlilik yaklaşımları benimsenmeye başlanmıştır. Bu yaklaşımlar içerisinde, özellikle eko-dizayn giderek artan bir şekilde sürdürülebilir ve ileri ürün geliştirmenin önemli bir anahtarı olarak görülmektedir. Eko-dizayn'ın birçok faydası olmasına rağmen işletmeler için en önemli kazanımları; rekabet gücünü korumak, üretim maliyetlerini azaltmak, yeni fırsatlar bulmak ve mevzuata uygun hareket etmek olarak görülmektedir. Bir işletmenin eko-dizayna dayalı üretim yapabilmesi için belirli aşamaları gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu aşamalar: 1) ürün gelişimi, 2) ürünün yeniden tasarımı, 3) yeni ürün konseptinin tanımlanması, 4) yeni üretim sisteminin tasarlanması şeklindedir [197].



Şekil 6.1. Çevresel faktörlerin ürün ve süreç tasarımına sistematik olarak entegrasyonu [197]

Malzeme seçimi ile eko-dizayn arasında önemli bir iliş vardır. Eko-dizayn, ürünlerin çevreye olan yıkıcı etkisini azaltmak için malzeme seçimini de kapsamaktadır [198]. Böylelikle hem üretim öncesi hem de üretim sonrası aşamalarda ürünlerin çevreye olan zararlı etkisinin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Buna göre, Şekil 6.1 incelendiğinde geleneksel tasarımın sadece üretim ve kullanıma yönelik olduğu görülmektedir. Eko-dizayn sürece dahil olduğunda tasarım sürecinin genişlediği ve geleneksel tasarımdan farklı olarak,

hammaddenin çıkarılması ve işlenmesi ile ürünün kullanım sonrası değerlendirilmesi aşamalarının çevreye uygun olarak tasarlanmasının sisteme entegre edildiği görülmektedir.

Çevresel yönetim sistemleri

Çevresel yönetim sistemleri (ÇYS) ilk olarak Avrupa birliği ve uluslararası standartlar örgütü tarafından (ISO), şirketlerin çevresel hedefleri ve rekabet hedeflerini eş zamanlı olarak izleyebilmesini mümkün kılan politik bir araç olarak önerilmiştir [199]. 1966'da ISO'nun çevresel yönetim sistemi standartlarını ISO 14001 olarak tasarlamasından bu yana bu standartlar zaman içerisinde büyük bir ilgi görmüşlerdir. Sistematik olarak ÇYS'ni benimseyen işletmeler: Doğal çevreyi pozitif etkileyecek çevresel politika geliştirme, çevreyi etkileyen iç süreçlerini değerlendirerek amaç ve hedefler oluşturma gibi çevreci politikaları dikkate alarak bunları yönetim biçimi haline getirmeye çalışırlar [200]. ISO 14000 standart serisi birçok standart içermektedir. Bu standartlar içerisinde en önemlileri: ISO 14001, ISO 14004, ISO 14031, ISO 14040 olarak öne çıkmaktadır.

Kirlilik üretimi

Geçtiğimiz yarım yüzyılda kentleşme/sanayileşme hızının yüksek olması; nüfus patlaması, yaşam kalitesinin artması ve bunun paralelinde çevre üzerinde olumsuz baskılar oluşmasını önemli ölçüde tetiklemiştir. Hava kirliliği ve çevresel kriz gibi kentleşmenin getirmiş olduğu hastalıklar, aşırı demografik genişleme ve endüstriyel büyümenin eşliğinde ortaya çıkmaktadır. Günümüz dünyasında yaşanan bu gelişmeler, dünyanın karşılaştığı en önemli sorun olarak küresel bir endişe haline gelmiştir [201]. Kirlilik üretiminin endüstri içerisinde nasıl gerçekleştiğine değinmek gerekirse, endüstriyel üretim içerisinde günlük ölçüm periyotlarına göre değerlendirilen kirlilik üretiminin: Hava emisyon kirliliği, atık su, katı atıklar ve zararlı maddeler gibi çevreye zararlı olan kirlilik unsurlarının ortalama miktarlarından oluştuğu belirtilmiştir [119]. Ürün başına atık üretimi ise, bir yıl içerisinde üretilmiş toplam atık/üretilmiş parçaların toplam sayısı olarak ifade edilmektedir [26].

Yeşil İmaj

İşletmelerin yeşil yönetimsel faaliyetlere olan eğilimi olarak gösterilen "yeşillenme" çalışmaları işletmelere birçok katkı sağlamaktadır. Yeşillenme faaliyetleri kapsamında, işletmelerin atıklarının bertaraf edilmesi yoluyla kaynak tasarrufu sağladığı belirtilmektedir. Yeşillenme girişimleri işletmelerin sadece çevreye olan zararlı etkilerini azaltmamakta, aynı zamanda verimliliklerini arttırarak onlara yenilik ve süreçlerde önemli bir rekabet avantajını da sağlamış olmaktadır [139]. Tedarikçi seçimi dikkate alındığında, bir işletmenin yeşil imaja sahip olabilmesi için yeşil tedarik zincirine uygun faaliyetlerde bulunması gerekir. Çünkü yeşil tedarik zinciri yönetiminin (GSCM), endüstriyel eko-sistem, endüstriyel ekoloji, ürün yaşam seyri analizi, üreticilerin sorumluluğunun artması ve ürünlerin yönetimi gibi organizasyonlar arası çevresel konularla ilgili çok güçlü bir ilişkisi vardır [169]. İşletmenin yeşil tedarik zinciri içerisindeki yeşil faaliyetleri: Yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım, yeşil paketleme, tersine lojistik (geri dönüşüm, yeniden üretim, yeniden kullanım, bertaraf etme) olarak belirtilmiştir [139].

Çevresel yetkinlikler

Çevresel farkındalık arttıkça, tedarikçi müşteri ilişkisinin de bu farkındalığa paralel olarak bir değişim gösterdiği görülmektedir. Müşteriler artık düşük maliyet, yüksek kalite, kısa teslim süresi ile beraber çevresel sorumluluğu da yerine getirebilecek tedarikçilerden mal ve hizmetlerini satın alam eğilimi göstermektedirler [175]. Çevresel yetkinlikler, etkin bir çevre yönetimi için gerekli olan tüm bilgi ve becerileri kapsar [16]. Örneğin, çevre dostu teknoloji kullanımı, çevre dostu materyal kullanımı, yeşil bilgi sistemleri, personel eğitimi, çevre sorumluluğu gibi unsurların etkin bir çevre yönetimi için işletmelerin çevresel becerilerini doğrudan etkilediği ifade edilebilir.

Kaynak tüketimi

Endüstrilerin çarpıcı ve hızlı bir şekilde büyümesi kaynak tüketiminin de aynı hızla büyümesine neden olmuştur. İstatistikler ve araştırmalar, endüstrideki enerji tüketiminin % 90'ınından imalat sanayinin sorumlu olduğunu işaret etmektedir [202]. Bu durum dikkate alındığında sürdürülebilir tedarikçiden, üretim kalitesini ve miktarını düşürmeden, gelişmiş teknolojiler ve gelişmiş endüstriyel süreçler vb. kullanarak çevre hassasiyetine duyarlı

olması ve kaynakların verimliliğini sağlaması beklenmektedir. Tüketicilerinde büyük sorumluluğu olan imalat endüstrisinin içerisinde bulunduğu bu durumda, ihtiyaçları karşılayabilmek adına yapılacak üretimin eko sistemin yeniden üretme ve özümseme kapasiteleri dâhilinde, yani sürdürülebilir olması gerekmektedir [203]. Genel olarak kaynak tüketiminin unsurları, enerji tüketimi, hammadde tüketimi ve su tüketimi şeklinde ifade edilmiştir [49][8].

6.2.3. Sosyal kriterler

Sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerinin sosyal boyutunda: İlişkiler, müşteri hizmetleri, paydaşların çıkarları, sosyal sorumluluk, iş sağlığı ve güvenliği ve kültür kriterleri yer almaktadır. Bu kriterlerle ilgili açıklamalar aşağıda belirtildiği gibidir.

İlişkiler

Müşterilerle olan ilişkiler, rekabetçi iş dünyasındaki tedarikçiler için her zaman çok önemli olmuştur. Müşterilerle olan güvenilir ilişkiler, tedarikçilerin gelişmiş envanter yönetimini başarıyla uygulamalarına, daha fazla operasyonel verimlilik elde etmelerine ve yeni ürün başarısı sağlamalarına katkıda bulunur. Bu katkıların tamamı, üretimde marjinal maliyetlerin azalmasına, farklı ürün geliştirilmesine ve müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasına olanak sağlar. Eğer müşteriler sürdürülebilir büyüme fırsatları arıyorlarsa, değer yaratma süreci boyunca tedarikçileriyle birlikte bu sürece destek vermeli ve işbirliği yapmaya istekli olmalıdırlar. Bu durumun her iki taraf açısından ürün piyasasında rekabet avantajı sağlayabileceği söylenebilir [204]. Müşteriler ile tedarikçiler arasındaki uzun dönemli ilişkiler, ilişki yakınlığı, bilgi açıklığı ve güven unsurlarının ilişkileri etkileyen en önemli unsurlardan bazıları olduğu söylenebilir.

Müşteri hizmetleri

Son yıllarda üretim endüstrisi birçok zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Ürünlerle ilgili kalite ve maliyet seviyesi uluslararası pazarlarda asimile olmuştur. Bu nedenden dolayı geleneksel benzersiz satış avantajı sağlayan fiyat ve kalite gibi faktörler uzun dönemli ilişkilerde artık bir rekabet avantajı sağlamamaktadır [205]. Buna ek olarak, işletmelerin müşterileri ile kurduğu ilişkilerin karmaşıklığı artmış giderek daha rekabetçi hale gelen

pazarlarda, potansiyel ve yeni müşterilerle olan ilişkilerin önemi çok daha önemli bir hale gelmiştir. Müşteri ilişkileri yönetimi (MİY), işletmeler ve müşteriler açısından değişen ve gelişen pazar şartlarında, müşteri memnuniyeti ve müşteri ilişkisi gibi kurumsal hedeflerin iyileştirilmesine yardımcı olabilir. MİY faaliyetlerinin işletmelere, yeni müşteri kazanımında, verimliliğin artırılmasında, maliyetlerin azaltılmasında, satış ve karlılığın artırılmasında, müşteri yaşam boyu değerinin arttırılmasında, müşteri hizmetlerinin yerine getirilmesinde ve müşteri sadakati oluşturarak mevcut müşterilerin korunmasında etkili bir şekilde destek olduğunu söylemek mümkündür [206][207]. Buna ek olarak, MİY çerçevesinde yer alan, ürün hizmetleri sistemleri, tam hizmet sözleşmeleri, operatör sözleşmeleri gibi hizmetler ürün yaşam evrelerinin tamamında müşterileri destekleme fırsatı sunarlar [205].

Paydaşların çıkarları

Freeman paydaşları, "işletmelerin amaçlarını gerçekleştirmeyi etkileyebilen veya bu amaçlardan başarıyla etkilenen herhangi bir grup veya kişi" olarak tanımlanıştır. Genellikle paydaşların işletme sahipleri ve hissedarlardan oluştuğu düşünülen geleneksel görüşün aksine grup ve bireylerin stratejik önemini açıkça ortaya koyan bu görüş yönetim alanına çok büyük bir katkı sağlamıştır [208]. Bu görüşe göre bir işletmenin paydaşlarını: İşletme sahipleri, müşteriler, çalışanlar, tedarikçiler, hükümetler, rakipler, tüketici koruma dernekleri, çevreciler, özel çıkar grupları ve medya oluşturmaktadır [209]. İşlemeler bu paydaş gruplarının çıkarları arasında bir denge gözeterek yönetim stratejilerini belirlemelidirler.

Sosyal sorumluluk

Günümüz müşterileri, çevreyi kirleten kalitesiz ürün üreten ya da iş süreçleri iyi olmayan işletmelerle iş yapmak istememektirler. Çalışanlar, sosyal bilince sahip olmayan işletmelerde çalışmayı tercih etmemektedirler. Uluslar veya topluluklar ise toplumdan her şeyi alan ancak topluma yararlı bir şeyler bırakmayan işletmelere karşı negatif bir tutum sergileme eğilimi göstermektedirler. Genel olarak hemen her toplumda kabul gören bu gibi nedenlerin tedarikçiler açısından da sosyal sorumluluk konusunda bir baskı unsuru olduğu ifade edilebilir [210].

Çevresel sürdürülebilirlikle ilgilenen bir tedarikçinin sosyal sorumluluk ve sosyal sürdürülebilirlik ile de ilgilenebileceği söylenebilir. Genellikle bu iki amacın çok yakın ilişki içerisinde olduğu ve eğer birisi başarılırsa diğerinin de başarılı olacağı düşünülür. Sürdürülebilir bir operasyon sürdürülebilir bir iş gücüne ve topluluğa ihtiyaç duyar. Sosyal açıdan sorumlu bir tedarikçi, faaliyet gösterdiği toplumu geliştirmek ve çalışanları için istikrarlı ve yardımsever çalışma koşulları sağlamak için çalışır [15]. Bütün bunlarla beraber sosyal sorumlu olmak, bir işletmenin öncelikli ekonomik misyonunu terk etmesi gerektiği ya da sosyal sorumlu bir işletmenin, daha az sorumlu davranan işletmeler kadar karlı olamayacakları anlamına gelmez. Sosyal sorumluluk, işletmenin kar elde etmekle, bu karı elde etmek için katlandığı maliyetler arasında denge kurmasını gerektirir [210].

İş sağlığı ve güvenliği

Modern ekonomiler ziraat, üretim ve hizmet endüstrileri tarafından yönetilmektedir. Bu yönetim unsurları, iş sağlığı ve güvenliğini ulusal ekonomik büyüme ve gelişme içerisinde göz ardı etmektedirler. Buna yönelik düzenleyici bir yönetim şekli benimsenmediğinden bu ihmalin kazalara neden olduğu söylenebilir. Dün, iş sağlığı ve güvenliği tüm kesimler için bir endişe olarak görülmüyordu. Ancak bugün sağlık ve güvenlik en önemli küresel endişelerden biri olmaya başlamıştır [211]. Ele alınan birçok araştırmada genel olarak, sağlıklı işyerlerinin ve sağlıklı çalışanların, verimliliği artırmanın yanı sıra sosyal, ekonomik ve sürdürülebilir bir gelişmenin ön koşulunu oluşturduğu ifade edilmektedir [212].

Son araştırmalar, iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemlerinin (İSGYS): İş sağlığı ve güvenliği ile karşılaşılan zorluklarla mücadelede, çalışan güvenliğinin iyileştirilmesinde, işyeri risklerinin azaltılmasında ve daha iyi ve güvenli ortamlar oluşturulmasında önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. İşletmeler arasında en popüler olan ve gittikçe daha da yaygınlaşan İSGYS: iş sağlığı ve güvenliği değerlendirme serisi (OHSAS 18000), iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin gönüllü koruma programı ve uluslararası işgücü organizasyonları rehberi (ILO-OHS 2001) sistemleridir [213].

Kültür

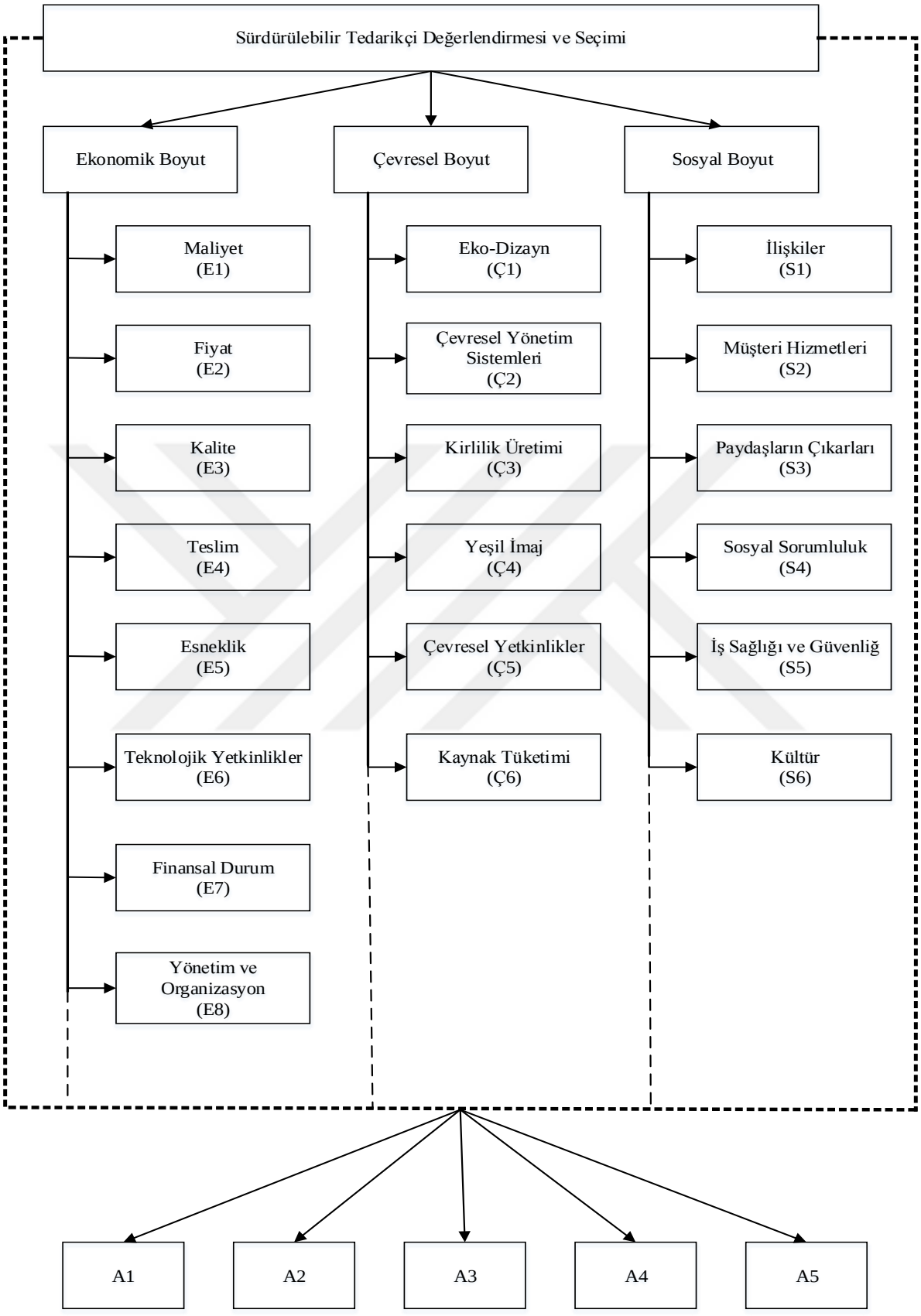
Tedarikçi seçiminde kültür, güven duyma, yönetimin gelecekteki tutumu ve stratejik uyum olarak üç açıdan incelenebilir [167]:

Güven duyma: Tarafların birbirlerine karşı güven duyması, hem işletme içerisinde hem de tedarik zincirinin üyeleri arasında ortak çalışma ve işbirliğini kolaylaştırıcı önemli bir rol oynar. Diğer taraftan, tarafların birbirlerine karşı güvensizlikleri ise tedarik zinciri risklerini artıran başlıca faktörlerden biri olarak düşünülür. Güven, müşteri-tedarikçi ilişkilerinde esnekliği ve dayanıklılığı geliştirebilir.

Yönetimin gelecekteki tutumu: Yönetimin gelecekteki tutumu, tedarikçinin, beklenmedik durumlarla karşılaşmaya ve buna yönelik uygun bir reaksiyon göstermeye hazırlanmasını sağlar. Böylelikle tedarikçi, hem yaşanabilecek herhangi bir olumsuzluğa karşı direnç oluşturabilir hem de bu durumları fırsata çevirebilir.
Stratejik uyum: Stratejik uyum, değişken müşteri ihtiyaçlarını hızlı bir şekilde karşılayabilmek için rekabet stratejileri ve tedarik zinciri stratejileri arasındaki uyumu sağlar.

6.3. STS Probleminin Çözümünde Kullanılacak Olan Modelin Oluşturulması

Bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımlarına dayalı sürdürülebilir tedarikçi değerlendirme ve seçimiyle ilgili oluşturulan hiyerarşik model Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Buna göre üçlü performans yaklaşımını oluşturan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar kapsamında yer alan 20 kritere modelde yer verilmiştir.



Şekil 6.2. Sürdürülebilir tedarikçi seçim modeli

6.4. STS Probleminin Çözümünde Kullanılacak Olan Yöntemlerin Belirlenmesi

Sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin değerlendirme kriterleri belirlendikten ve hiyerarşik yapı modeli oluşturulduktan sonra, sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılacak bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Uygulamada seçilen yöntemler problemin yapısına ve literatürde yer alan çalışmalara bağlı olarak belirlenmiştir. Buna göre literatürde sürdürülebilir tedarikçi seçimiyle ilgili yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda uygulanan yöntemler incelenerek Çizelge 6.3 ve Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

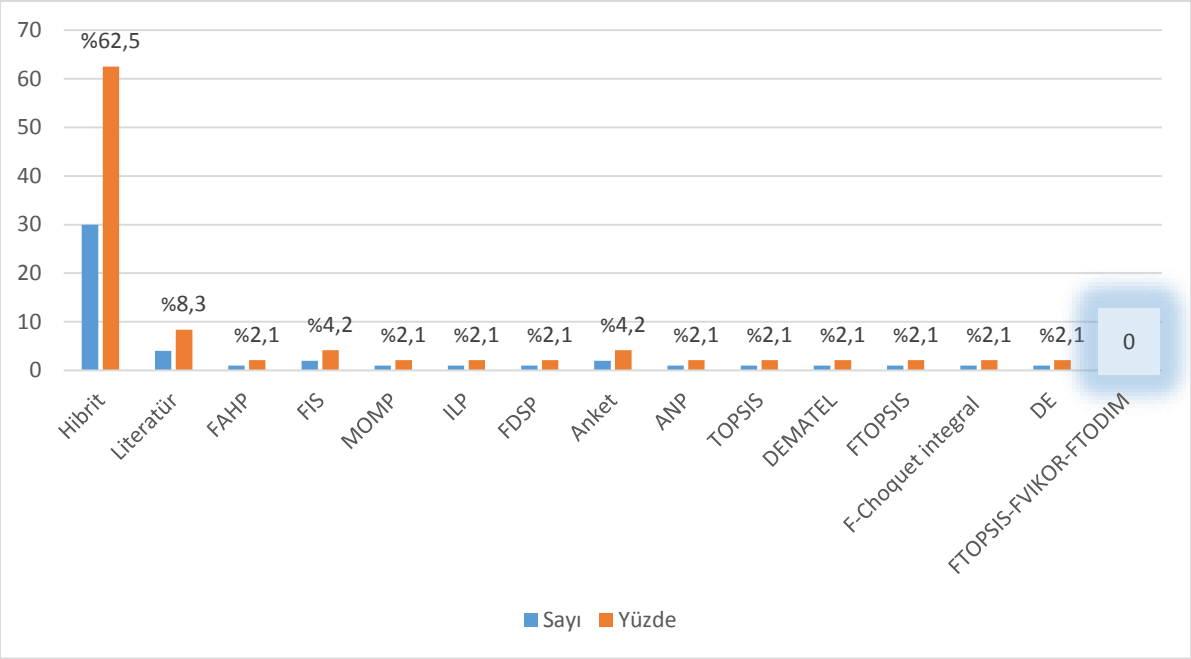
Çizelge 6.3. STS literatüründe kullanılan yöntemler

Yazar	*Yöntem*	*FTOPSIS-FVIKOR-FTODIM*
Luthra vd.	AHP-TOPSIS(h)	-
Zimmer vd.	Literatür	-
Jauhar ve Pant	DE	-
Jauhar ve Pant	DE VE VZA(h)	-
Jauhar ve Pant	DEA-DE-MODE (h)	-
Girubha vd.	ISM-ANP-ELECTRE II-VIKOR (h)	-
Sarkis ve Dhavale	Bayes teoremi-Monte Carlo Markov Zinciri (h)	-
Orji ve Wei	FL-SD (h)	-
Gold ve Awasthi	FAHP	-
Azadnia vd.	FAHP-SOM-TOPSIS (h)	-
Azadnia vd.	FM-FAHP-MOMP (h)	-
Dawei vd.	Literatür	-
Ghadimi ve Heavey	FIS	-
Ghadimi vd.	FIS	-
Amindoust vd.	FIS (h)	-
Büyüközkan ve Çifçi	FANP (h)	-
Shalke vd	MOMP	-
Kumar vd.	FAHP-MOMP (h)	-
Kaur vd.	ILP	-
Kaur ve Singh	FDSP	-
Fallahpour vd.	FPP-FTOPSIS	-
Winter ve Lasch	Anket	-
Tavana vd.	ANP-QFD (h)	-
Nia vd.	Delphi-Bulanık Choquet (h)	-
Neumüller vd.	ANP-GP (h)	-
Mukherjee	IF-AHP-MOGA	-
Lin vd.	ANP	-

Çizelge 6.3. (devam) STS literatüründe kullanılan yöntemler

Yazar	*Yöntem*	*FTOPSIS-FVIKOR-FTODIM*
Jia vd.	TOPSIS	-
Azadi vd.	DEA (h)	-
Güray vd.	F-Choquet integral	-
Orji ve Wei	FDEMATEL-TOPSIS (h)	-
Mehregan vd.	ISM-FDEMATEL (h)	-
Gimenez ve Tachizawa	Literatür	-
Chiou vd.	DEMATEL	-
Govindan vd.	FTOPSIS	-
Azadnia vd.	FL-FAHP	-
Wittstruck ve Teuteberg	FAHP-TOPSIS	-
Wittstruck ve Teuteberg	FAHP-TOPSIS	-
Sarkis vd.	AHP-ANP	-
Dai ve Blackhurst	AHP-QFD	-
Verdecho vd.	ANP (h)	-
Bai ve Sarkis	GS-RST	-
Özçelik ve Öztürk	Anket	-
Ghadimi vd.	Literatür	-
Ghadimi vd.	F-ANP (h)	-
Ahmadi vd.	AHP-IGRA (h)	-
Amindoust ve Saghafinia	FST-FIS	-
Awasthi vd	FAHP-FVIKOR	-

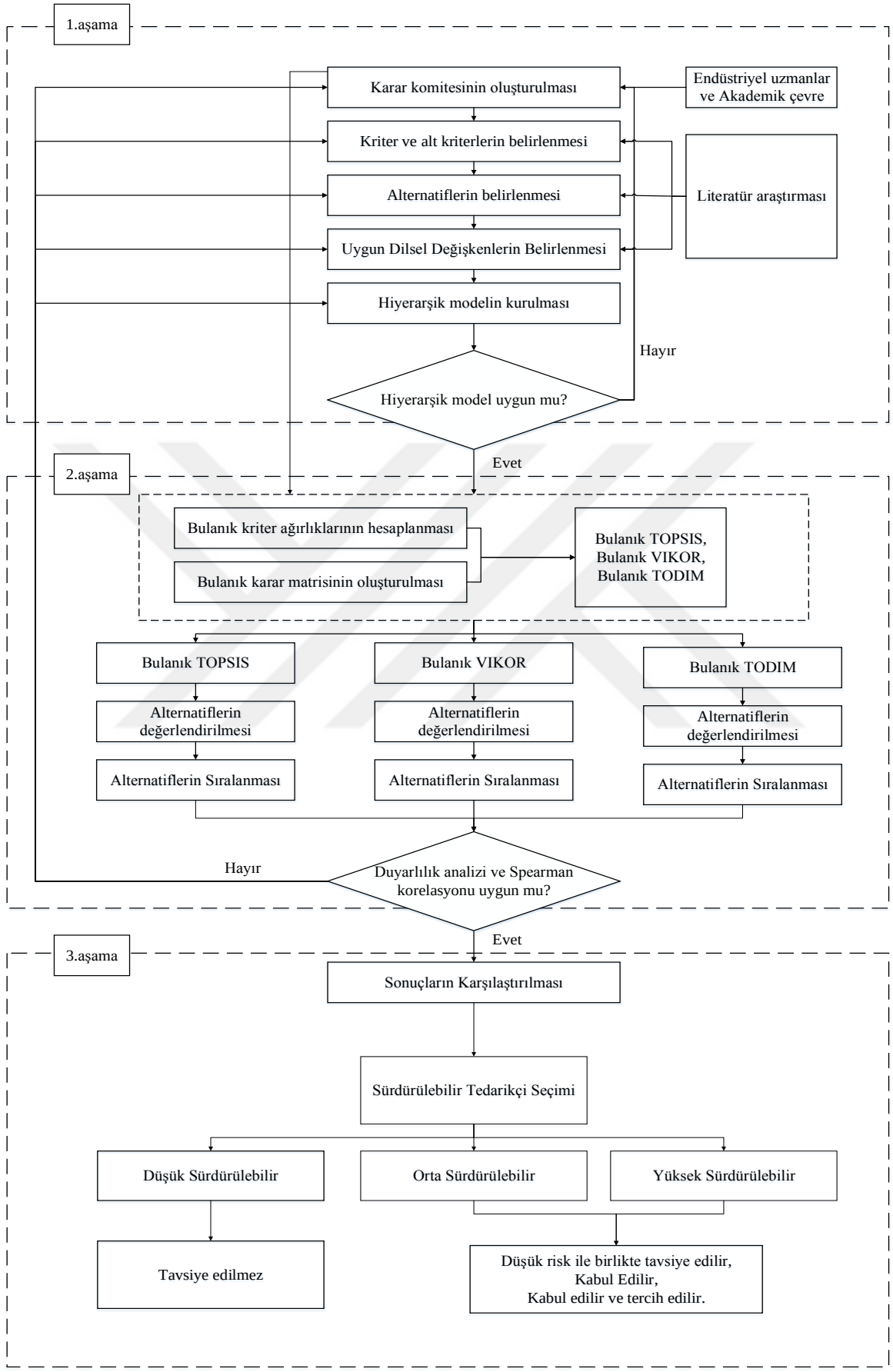
Literatürde yer alan yöntemler incelendiğinde bütünleşik yaklaşımların daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Genel olarak tüm yöntemler içerisinde ise bulanık mantık, bulanık küme teorisi, bulanık çıkarım sistemi gibi bulanık ağırlıklı çalışmaların sürdürülebilir tedarikçi seçim problemlerinde daha fazla kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmalarda ağırlıklı olarak AHP-ANP/FAHP-FANP yöntemlerine dayalı yaklaşımların diğer yaklaşımlar arasında öne çıktığı görülmüştür. Elde edilen bir başka sonuca göre, ÇKKV yaklaşımları içerisinde ÇNKV çalışmalarının ÇAKV yaklaşımlarına göre çok yüksek bir oranda daha fazla çalışılmış olmasıdır. Son olarak, incelenen tüm ÇKKV yaklaşımları içerisinde çalışmanın uygulaması için belirlenen FTOPSIS-FVIKOR-FTODIM yaklaşımlarının bir arada kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmadığı hatta FTODIM'in kullanıldığı ilk çalışma olduğu sonucu elde edilmiştir (Çizelge 6.3).



Şekil 6.3. STS literatüründe kullanılan yöntemlerin yüzdesel dağılımı

STS literatüründe kullanılan yöntemlerin yüzdesel dağılımı bakıldığında ise (Şekil 6.3), % 62,5 ile en fazla kullanılan yöntemlerin hibrit yaklaşımlara dayalı yöntemler olduğu görülmektedir. Hibrit yaklaşımlardan sonra % 8,3 ile literatür araştırmaları gelmektedir. Diğer yöntemlerin yaklaşık olarak aynı oranda çalışmalarda kullanıldığını söylemek mümkündür.

Uygulama bölümünde son olarak, önerilen bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımlarına dayalı sürdürülebilir tedarikçi değerlendirme ve seçiminin genel çerçevesi (Şekil 6.4) sunularak çalışma kapsamında önerilen modeller FTOPSIS, FVIKOR ve FTODIM ile problemin çözümüne geçilmiştir.



Şekil 6.4. Çalışmanın genel çerçevesi

6.5. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık TOPSIS Uygulaması

Çalışmanın bu bölümünde, Chen (2000) ve Chen ve diğerleri (2006) tarafından geliştirilen bulanık TOPSİS yöntemi ile sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminin çözümlenmesi hedeflenmiştir. Buna göre akü sektöründe faaliyet gösteren bir ana üretici işletmenin, akü imalatında kullanılan plastik malzemeleri temin ettiği Fransa (1), Bulgaristan (1), ve Türkiye (3) olmak üzere toplam beş tedarikçisi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçim kararı verilecektir.

6.5.1. Karar vericilerin ve alternatiflerin belirlenmesi

İşletmenin birçok tedarikçisi arasından çalışma kapsamına dâhil edilecek tedarikçileri belirlemek ve değerlendirmek üzere ilk önce karar komitesinin (karar vericiler) oluşturulması gerekmektedir. Karar komitesi aynı zamanda karar kriterlerini de değerlendirmektedir. İşletme ile yapılan görüşmeler ve değerlendirmelerimiz sonucu; satın alma, üretim planlama ve lojistik, ve kalite departmanlarında çalışan uzmanların yer aldığı 3 kişilik bir karar komitesi oluşturulmuştur. Karar komitesinin bu şekilde oluşturulması sebebi; yurtiçi ve yurtdışı tedarikte satın alma departmanının önemli bir etkisinin olması, üretimin zamanında ve doğru gerçekleştirilmesi, tedarikçi iyileştirme çabaları vb. alanlarda üretim planlama ve lojistik departmanının kritik bir öneme sahip olması, satın alımlarda işletme politikalarına uyumluluk açısından kalite departmanının önemli bir yere sahip olması gibi nedenlerden dolayı tedarikçileri en iyi değerlendirebilecek konumda olmaları, işletme işleyiş ve yönetiminde kritik görevlerde yer almalarıdır. Uzmanlardan oluşan karar ekibi belirlendikten sonra karar ekibinde yer alan karar vericilerin görüşleri doğrultusunda işletmeye plastik malzeme tedarik eden beş alternatif tedarikçi A_1 (Fransa), A_2 (İstanbul-1), A_3 (İstanbul-2), A_4 (Ankara), A_5 (Bulgaristan) değerlendirme kapsamına alınmıştır. Burada firma isimleri işletmeyle yapılan görüşmede işletmenin gizlilik esası ilkeleri gereği kodlanarak belirtilmiştir.

6.5.2. Karar vericilerin karar kriterlerini ve karar kriterlerine göre alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirmesi

Karar kriterlerini ve alternatif tedarikçileri dilsel değişkenlerle değerlendirmek için literatürde çeşitli aralıklarda ölçekler bulunmaktadır. Bu çalışmada, kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde oldukça hassas bir ölçüm yapan 7 aralıklı değerlendirme ölçeği tercih edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1 ve 4.2). Buna göre; kriterlerin önem ağırlığının belirlenmesinde kullanılan dilsel değişkenler çok düşük (ÇD) ile çok yüksek (ÇY) aralığında (Çizelge 4.1), karar kriterlerine göre alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ise çok kötü (ÇK) ile çok iyi (Çİ) aralığında değerlendirilmiştir (Çizelge 4.2). Bu dilsel değişkenlerin üçgensel bulanık sayı olarak sayısal karşılıkları da aynı çizelgeler içerisinde yer almaktadır. Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan E1 (maliyet) kriteri için karar komitesinde yer alan üç karar vericinin, kriterlerin önem ağırlıklarına ilişkin değerlendirmeleri "yüksek", "çok yüksek", "orta yüksek" şeklindedir. Diğer kriterler için değerlendirmeler Çizelge 6.4'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.4. Kriterlerin karar vericiler tarafından dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi

	Ekonomik Kriterler								**Çevresel Kriterler**					
Karar Vericiler	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
KV1	Y	ÇY	Y	ÇY	O	O	OY	Y	ÇY	Y	ÇY	O	O	ÇY
KV2	ÇY	ÇY	Y	Y	OY	Y	Y	Y	ÇY	O	ÇY	OY	OY	Y
KV3	OY	ÇY	ÇY	OY	O	OY	O	OY	Y	O	Y	O	O	ÇY
	Sosyal Kriterler													
Karar Vericiler	S1	S2	S3	S4	S5	S6								
KV1	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	O								
KV2	ÇY	ÇY	ÇY	OY	ÇY	Y								
KV3	ÇY	ÇY	ÇY	Y	Y	O								

Karar verici komite tarafından yapılan dilsel değerlendirmeler kriterlerin önem ağırlıkları çizelgesinin oluşturulabilmesi için gerekli hesaplamalarda kullanılmak üzere Çizelge 6.5'te yer alan üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür. Bir karar verici herhangi bir karar kriterine ilişkin *"çok yüksek"* değerlendirmesinde bulunmuşsa, bu değerlendirmeye üyelik fonksiyonu olarak *(0.9, 1.0, 1.0)* değeri verilerek, karar verici tarafından yapılan değerlendirme üçgensel bulanık sayıya dönüştürülmüştür. Örneğin çevresel boyut kapsamında yer alan Ç1 (eko-dizayn) kriteri için karar komitesinde yer alan üç karar vericinin, kriterlerin önem ağırlıklarına ilişkin değerlendirmelerinin üyelik fonksiyonu

değerleri, "*(0.9, 1.0, 1.0)", "(0.9, 1.0, 1.0)", "(0.7, 0.9, 1.0)"* şeklindedir. Diğer kriterler için değerlendirmeler Çizelge 6.5'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.5. Sürdürülebilir kriterlerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Kriterler		**Karar Vericiler**		
		KV1	KV2	KV3
Ekonomik Kriterler	E1	0,7, 0,9, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,5, 0,7, 0,9
	E2	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
	E3	0,7, 0,9, 1,0	0,7, 0,9, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
	E4	0,9, 1,0, 1,0	0,7, 0,9, 1,0	0,5, 0,7, 0,9
	E5	0,3, 0,5, 0,7	0,5, 0,7, 0,9	0,3, 0,5, 0,7
	E6	0,3, 0,5, 0,7	0,7, 0,9, 1,0	0,5, 0,7, 0,9
	E7	0,5, 0,7, 0,9	0,7, 0,9, 1,0	0,3, 0,5, 0,7
	E8	0,7, 0,9, 1,0	0,7, 0,9, 1,0	0,5, 0,7, 0,9
Çevresel Kriterler	Ç1	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,7, 0,9, 1,0
	Ç2	0,7, 0,9, 1,0	0,3, 0,5, 0,7	0,3, 0,5, 0,7
	Ç3	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,7, 0,9, 1,0
	Ç4	0,3, 0,5, 0,7	0,5, 0,7, 0,9	0,3, 0,5, 0,7
	Ç5	0,3, 0,5, 0,7	0,5, 0,7, 0,9	0,3, 0,5, 0,7
	Ç6	0,9, 1,0, 1,0	0,7, 0,9, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
Sosyal Kriterler	S1	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
	S2	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
	S3	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,9, 1,0, 1,0
	S4	0,7, 0,9, 1,0	0,5, 0,7, 0,9	0,7, 0,9, 1,0
	S5	0,7, 0,9, 1,0	0,9, 1,0, 1,0	0,7, 0,9, 1,0
	S6	0,3, 0,5, 0,7	0,7, 0,9, 1,0	0,3, 0,5, 0,7

Kriter önem ağırlıklarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesinden sonra, karar vericiler Çizelge 4.2'de yer alan alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenleri kullanarak kriterlere göre alternatif sürdürülebilir tedarikçileri değerlendirmişlerdir. Örneğin sosyal boyut kapsamında yer alan S1 (ilişkiler) kriteri için karar komitesinde yer alan üç karar vericinin, "A_1" alternatifine ilişkin değerlendirmeleri, KV_1 için; "orta İyi", KV_2 için; "iyi", KV_3 için; "iyi" şeklindedir. Diğer kriterler için değerlendirmeler Ek-1, Ek-2 ve Ek-3'de verilmiştir.

Karar vericilerin dilsel değerlendirmeleri, bulanık karar matrisi çizelgesinin oluşturulabilmesi için gerekli hesaplamalarda kullanılmak üzere üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür. Bir karar verici herhangi bir karar kriterine göre herhangi bir alternatif için

"çok iyi" değerlendirmesinde bulunmuşsa, bu değerlendirmeye üyelik fonksiyonu olarak *(9, 10, 10)* değeri verilerek, karar verici tarafından yapılan değerlendirme üçgensel bulanık sayıya dönüştürülmüştür. Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan E2 (fiyat) kriteri için karar komitesinde yer alan üç karar vericinin, "A_1" alternatifine ilişkin değerlendirmelerinin üyelik fonksiyonu değerleri, KV_1 için; "*(5, 7, 9)*", KV_2 için; "*(1, 3, 5)*", KV_3 için; "*(1, 3, 5)*" şeklindedir. Diğer karar kriterleri için alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin değerlendirmeleri Ek-4'de verilmiştir.

6.5.3. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi

Her bir karar kriterinin dilsel değişkenlerle değerlendirilip bu değerlendirmelerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesinden sonra, karar kriterlerinin önem ağırlıklarının hesaplanmasına geçilir. Kriterlerin önem ağırlıklarının her bir kritere göre değerlendirilmesi ve bu değerlendirilmelerin tek bir değere indirgenmesi Eş. 4.23'ten yararlanılarak yapılır. Buna göre, K karar vericiye göre hesaplanan kriter önem ağırlıkları Çizelge 6.6'da gösterildiği gibidir. Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan E3 (kalite) kriterinin karar verici komite tarafından değerlendirilmesi "yüksek", "yüksek", "çok yüksek" olarak ifade edilmiştir. Bu dilsel değişkenlerin Çizelge 4.2'den yararlanılarak elde edilen üçgensel bulanık sayı karşılıkları ise , "(0.7, 0.9, 1)", "(0.9, 1.0, 1.0)", ve "(0.9, 1.0, 1.0)" şeklindedir. Üçgensel bulanık sayı değerleri elde edildikten sonra Eş. 4.23 kullanılarak karar vericilerin değerlendirmeleri tek bir değere indirgenmiştir. Ekonomik boyut kapsamında yer alan kriterlere ait önem ağırlıkları aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\widetilde{w}_{E1} = \frac{1}{3}\left[(0.7, 0.9, 1.0) + (0.9, 1.0, 1.0) + (0.5, 0.7, 0.9)\right] = (0.700, 0.867, 0.967)$$

$$\widetilde{w}_{E2} = \frac{1}{3}\left[(0.9, 1.0, 1.0) + (0.9, 1.0, 1.0) + (0.9, 1.0, 1.0)\right] = (0.900, 1.000, 1.000)$$

$$\widetilde{w}_{E3} = \frac{1}{3}\left[(0.7, 0.9, 1.0) + (0.7, 0.9, 1.0) + (0.9, 1.0, 1.0)\right] = (0.767, 0.933, 1.000)$$

$$\widetilde{w}_{E4} = \frac{1}{3}\left[(0.9, 1.0, 1.0) + (0.7, 0.9, 1.0) + (0.5, 0.7, 0.9)\right] = (0.700, 0.867, 0.967)$$

$$\widetilde{w}_{E5} = \frac{1}{3}\left[(0.5, 0.7, 0.9) + (0.5, 0.7, 0.9) + (0, 0, 0.1)\right] = (0.367, 0.567, 0.767)$$

$$\widetilde{w}_{E6} = \frac{1}{3}\left[(0.3, 0.5, 0.7) + (0.7, 0.9\ ,1.0) + (0.5, 0.7, 0.9)\right] = (0.500, 0.700, 0.867)$$

$$\widetilde{w}_{E7} = \frac{1}{3}\left[(0.5, 0.7, 0.9) + (0.7, 0.9\ ,1.0) + (0.3, 0.5, 0.7)\right] = (0.500, 0.700, 0.867)$$

$$\widetilde{w}_{E8} = \frac{1}{3}\left[(0.7, 0.9\ ,1.0) + (0.7, 0.9\ ,1.0) + (0.5, 0.7, 0.9)\right] = (0.633, 0.833, 0.967)$$

Diğer kriterlere ait önem ağırlıkları içinde benzer hesaplamalar yapılmış ve tüm kriter değerleri tek bir değere indirgenmiştir (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6. Kriterlerin önem ağırlıkları

Kriterler		**Önem Ağırlıkları**		
		a	*b*	*c*
Ekonomik Kriterler	E1	0,700	0,867	0,967
	E2	0,900	1,000	1,000
	E3	0,767	0,933	1,000
	E4	0,700	0,867	0,967
	E5	0,367	0,567	0,767
	E6	0,500	0,700	0,867
	E7	0,500	0,700	0,867
	E8	0,633	0,833	0,967
Çevresel Kriterler	Ç1	0,833	0,967	1,000
	Ç2	0,433	0,633	0,800
	Ç3	0,833	0,967	1,000
	Ç4	0,300	0,500	0,767
	Ç5	0,367	0,567	0,767
	Ç6	0,833	0,967	1,000
Sosyal Kriterler	S1	0,900	1,000	1,000
	S2	0,900	1,000	1,000
	S3	0,900	1,000	1,000
	S4	0,633	0,833	0,967
	S5	0,767	0,933	1,000
	S6	0,433	0,633	0,800

Çizelge 6.6'da ekonomik, çevresel ve sosyal boyut kapsamında yer alan kriterler incelendiğinde, en büyük önem ağırlığına sahip karar kriterlerinin, E2 (fiyat), S1 (ilişkiler),

S2 (müşteri hizmetleri) ve S3 (paydaşların çıkarları) olduğu, en düşük önem ağırlığına sahip karar kriterinin ise Ç4 (yeşil imaj) olduğu görülmektedir.

6.5.4. Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Her bir karar kriterine göre alternatiflerin dilsel değişkenlerle değerlendirilip bu değerlendirmelerin üçgensel bulanık sayıya dönüştürülmesinden sonra, bulanık karar matrisinin oluşturulmasına geçilir. Bulanık karar matrisi çizelgesi, alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin karar kriterlerine göre değerlendirilme sonuçlarından faydalanılarak oluşturulur. Bu karar matrisini elde etmek için Eş. 4.22'den yararlanılır. Buna göre, tüm karar kriterlerine göre karar komitesi tarafından ayrı ayrı değerlendirilen alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin değerlendirilmeleri tek bir değere indirgenmiş ve bunun sonucunda bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan E4 (teslim) kriterine göre tedarikçi A_1'in karar komitesi tarafından değerlendirilmesi "orta iyi", "orta iyi" ve "iyi" olarak ifade edilmiştir. Bu dilsel değişkenlerin Çizelge 4.2 'den yararlanılarak elde edilen üçgensel bulanık sayı karşılıkları, "(5, 7, 9)", "(5, 7, 9)", ve "(7, 9, 10) şeklindedir. Üçgensel bulanık sayı değerleri elde edildikten sonra Eş. 4.22 kullanılarak karar vericilerin değerlendirmeleri tek bir değere indirgenmiştir. Bulanık karar matrisinde alternatif sürdürülebilir tedarikçi A_1'in ekonomik kriterlere göre alacağı değerler aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E1} = \frac{1}{3}\left[(5,7,9) + (0,1,3\,) + (0,1,3\,)\right] = (1.667, 3{,}000, 5{,}000)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E2} = \frac{1}{3}\left[(5,7,9) + (1,3,5) + (1,3,5)\right] = (2.333, 4{,}333, 6{,}333)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E3} = \frac{1}{3}\left[(5,7,9) + (7,9,10) + (7,9,10)\right] = (6.333, 8.333, 9{,}667)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E4} = \frac{1}{3}\left[(5,7,9) + (5,7,9) + (7,9,10)\right] = (5.667, 7.667, 9{,}333)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E5} = \frac{1}{3}\left[(3,5,7) + (1,3,5) + (3,5,7)\right] = (2.333, 4.333, 6.333)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E6} = \frac{1}{3}\left[(7,9,10) + (7,9,10) + (7,9,10)\right] = (7.000, 9.000, 10.000)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E7} = \frac{1}{3}\left[(7,9,10) + (7,9,10) + (7,9,10)\right] = (7.000, 9.000, 10.000)$$

$$\tilde{x}_{\mathrm{A1}E8} = \frac{1}{3}\left[(7,9,10) + (5,7,9) + (7,9,10)\right] = (6.333, 8.333, 9.667)$$

Tedarikçi A_1 ve diğer tedarikçilerin tüm kriterlere göre değerlendirilerek, benzer şekilde yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bulanık karar matrisi Çizelge 6.7'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.7. Bulanık karar matrisi

Kriterler		Alternatifler														
		A1			A2			A3			A4			A5		
EKONOMİK	EK1	1,667	3,000	5,000	3,000	5,000	6,667	3,000	5,000	6,667	9,000	10,000	10,000	1,667	3,000	5,000
	EK2	2,333	4,333	6,333	4,333	6,333	8,000	4,333	6,333	8,000	9,000	10,000	10,000	2,333	4,333	6,333
	EK3	6,333	8,333	9,667	3,000	5,000	7,000	5,000	7,000	8,667	7,667	9,333	10,000	6,333	8,333	9,667
	EK4	5,667	7,667	9,333	7,000	9,000	10,000	6,333	8,333	9,667	9,000	10,000	10,000	7,000	9,000	10,000
	EK5	2,333	4,333	6,333	5,667	7,667	9,000	3,000	5,000	7,000	7,000	9,000	10,000	2,333	4,333	6,333
	EK6	7,000	9,000	10,000	6,333	8,333	9,667	4,333	6,333	8,333	5,667	7,667	9,333	6,333	8,333	9,667
	EK7	7,000	9,000	10,000	7,000	9,000	10,000	5,000	7,000	8,667	7,000	9,000	10,000	6,333	8,333	9,667
	EK8	6,333	8,333	9,667	5,000	7,000	8,667	4,333	6,333	8,000	8,333	9,667	10,000	4,333	6,333	8,333
ÇEVRESEL	ÇV1	5,000	7,000	8,667	5,000	6,667	8,000	1,333	3,000	5,000	7,000	8,667	9,667	4,333	6,333	8,000
	ÇV2	7,667	9,333	10,000	7,000	8,667	9,667	2,333	4,333	6,333	7,667	9,333	10,000	5,000	7,000	8,667
	ÇV3	5,000	7,000	8,667	3,000	5,000	7,000	2,333	4,333	6,333	6,333	8,000	9,000	4,333	6,333	8,000
	ÇV4	4,333	6,333	8,000	4,333	6,333	8,000	3,667	5,667	7,667	6,333	8,000	9,333	3,000	5,000	7,000
	ÇV5	6,333	8,333	9,667	4,333	6,333	8,000	3,000	5,000	7,000	7,667	9,333	10,000	5,000	7,000	9,000
	ÇV6	6,333	8,333	9,667	4,333	6,333	8,333	4,333	6,333	8,333	7,667	9,333	10,000	3,667	5,667	7,667
SOSYAL	SO1	6,333	8,333	9,667	7,000	8,667	9,667	3,000	5,000	7,000	9,000	10,000	10,000	4,333	6,333	8,333
	SO2	5,667	7,667	9,333	7,000	8,667	9,667	5,000	7,000	8,667	8,333	9,667	10,000	5,667	7,667	9,333
	SO3	6,333	8,333	9,667	5,667	7,667	9,333	2,333	4,333	6,333	7,000	9,000	10,000	3,000	5,000	7,000
	SO4	4,333	6,333	8,000	3,000	5,000	6,667	3,000	5,000	7,000	5,000	7,000	8,667	3,667	5,667	7,667
	SO5	6,333	8,333	9,667	5,667	7,667	9,333	5,000	7,000	8,667	7,000	9,000	10,000	3,667	5,667	7,667
	SO6	6,333	8,333	9,667	6,333	8,333	9,667	4,333	6,333	8,333	8,333	9,667	10,000	4,333	6,333	8,000

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi lineer normalizasyon yöntemi gereği, Eş. 4.25, 4.26, ve 4.27'de yer alan formüller kullanılarak oluşturulmuştur. Her bir fayda kriteri için üçgensel bulanık sayıların üçüncü bileşenlerinin maksimum değeri (c_j^*), maliyet kriteri için ise üçgensel bulanık sayıların ilk bileşenlerinin minimum değeri (a_j^-) kullanılarak normalizasyon gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, ekonomik boyut kapsamında yer alan "E1" kriteri, maliyet kriteri olarak, bunun dışında kalan tüm kriterler ise fayda kriteri olarak değerlendirilmiştir. Buna göre fayda kriteri için, bulanık karar matrisinin her bir satırındaki bulanık sayıların *"c"* değerlerinin en büyüğü dikkate alınmış ve bu değere o satırdaki tüm satır değerleri bölünmüştür. Örneğin; bulanık karar matrisinde ekonomik kriterler arasında yer alan "E5" (esneklik) kriteri fayda kriteri olduğundan, *c* değerlerinin maksimum değeri *"10.000"* dikkate alınmış ve bu değere ilgili kriterin satırında yer alan tüm satır değerleri bölünmüştür. Ekonomik kriterler arasında yer alan ve tüm kriterler arasında tek maliyet kriteri olan "E1" (maliyet) kriteri için ise, *a* değerlerinin minumum değeri alınmış ve alınan bu değer her bir alternatifin sırasıyla, *c, b, a* değerlerini bölmüştür. Tedarikçi A_1'in fayda ve maliyet kriterlerine ilişkin örnek çözümü aşağıda gösterildiği gibidir. Fayda kriterlerinin çözümü için Eş. 4.26'dan, maliyet kriterinin çözümü için ise Eş. 4.27'den yararlanılmıştır.

Fayda kriteri için $j \in B$ olmak üzere;

$$\tilde{r}_{A1E5} = \left(\frac{2.333}{10.000}, \frac{4.333}{10.000}, \frac{6.333}{10.000}\right) = (0.233, 0.433, 0.633)$$

Maliyet kriteri için $j \in C$ olmak üzere;

$$\tilde{r}_{A1E1} = \left(\frac{1{,}667}{5.000}, \frac{1{,}667}{3.000}, \frac{1{,}667}{1{,}667}\right) = (0.333, 0.556, 1.000)$$

Yukarıda belirtilen işlemler tüm kriterlere göre her bir alternatif tedarikçi için uygulandıktan sonra, Çizelge 6.8'de gösterilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 6.8. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriterler	Alt Kriterler	Alternatifler														
		A1			A2			A3			A4			A5		
EKONOMİK	EK1	0,333	0,556	1,000	0,250	0,333	0,556	0,250	0,333	0,556	0,167	0,167	0,185	0,333	0,556	1,000
	EK2	0,233	0,433	0,633	0,433	0,633	0,800	0,433	0,633	0,800	0,900	1,000	1,000	0,233	0,433	0,633
	EK3	0,633	0,833	0,967	0,300	0,500	0,700	0,500	0,700	0,867	0,767	0,933	1,000	0,633	0,833	0,967
	EK4	0,567	0,767	0,933	0,700	0,900	1,000	0,633	0,833	0,967	0,900	1,000	1,000	0,700	0,900	1,000
	EK5	0,233	0,433	0,633	0,567	0,767	0,900	0,300	0,500	0,700	0,700	0,900	1,000	0,233	0,433	0,633
	EK6	0,700	0,900	1,000	0,633	0,833	0,967	0,433	0,633	0,833	0,567	0,767	0,933	0,633	0,833	0,967
	EK7	0,700	0,900	1,000	0,700	0,900	1,000	0,500	0,700	0,867	0,700	0,900	1,000	0,633	0,833	0,967
	EK8	0,633	0,833	0,967	0,500	0,700	0,867	0,433	0,633	0,800	0,833	0,967	1,000	0,433	0,633	0,833
ÇEVRESEL	ÇV1	0,517	0,724	0,897	0,517	0,690	0,828	0,138	0,310	0,517	0,724	0,897	1,000	0,448	0,655	0,828
	ÇV2	0,767	0,933	1,000	0,700	0,867	0,967	0,233	0,433	0,633	0,767	0,933	1,000	0,500	0,700	0,867
	ÇV3	0,556	0,778	0,963	0,333	0,556	0,778	0,259	0,481	0,704	0,704	0,889	1,000	0,481	0,704	0,889
	ÇV4	0,464	0,679	0,857	0,464	0,679	0,857	0,393	0,607	0,821	0,679	0,857	1,000	0,321	0,536	0,750
	ÇV5	0,633	0,833	0,967	0,433	0,633	0,800	0,300	0,500	0,700	0,767	0,933	1,000	0,500	0,700	0,900
	ÇV6	0,633	0,833	0,967	0,433	0,633	0,833	0,433	0,633	0,833	0,767	0,933	1,000	0,367	0,567	0,767
SOSYAL	SO1	0,633	0,833	0,967	0,700	0,867	0,967	0,300	0,500	0,700	0,900	1,000	1,000	0,433	0,633	0,833
	SO2	0,567	0,767	0,933	0,700	0,867	0,967	0,500	0,700	0,867	0,833	0,967	1,000	0,567	0,767	0,933
	SO3	0,633	0,833	0,967	0,567	0,767	0,933	0,233	0,433	0,633	0,700	0,900	1,000	0,300	0,500	0,700
	SO4	0,500	0,731	0,923	0,346	0,577	0,769	0,346	0,577	0,808	0,577	0,808	1,000	0,423	0,654	0,885
	SO5	0,633	0,833	0,967	0,567	0,767	0,933	0,500	0,700	0,867	0,700	0,900	1,000	0,367	0,567	0,767
	SO6	0,633	0,833	0,967	0,633	0,833	0,967	0,433	0,633	0,833	0,833	0,967	1,000	0,433	0,633	0,800

6.5.5. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra karar verici komite tarafından belirlenen ve değerlendirilen her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur. Bu matris, kriterlerin önem ağırlıkları (Çizelge 6.6) ve normalize edilmiş bulanık karar matrisinden (Çizelge 6.8) yararlanılarak oluşturulur. Matris oluşturulurken Eş. 4.28 ve 4.29'dan faydalanılır. Buna göre, normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki her bir alternatif için, kriterlere ait değerler bulundukları satırdaki kriterin önem ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Örneğin, normalize edilmiş bulanık karar matrisinin birinci satırında gösterilen ve ekonomik boyut kapsamında yer alan "E1" (maliyet) kriteri için tedarikçi A_1'in alacağı değerler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\tilde{v}_{A1E1} = [(0{,}333 * 0.700), (0.556 * 0.867), (1.000 * 0.967)] = (0.233, 0.481, 0{,}967)$$

Yukarıda belirtilen işlemler tüm kriterlere göre her bir alternatif tedarikçi için uygulandıktan sonra, Çizelge 6.9'da gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 6.9. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriterler		Alternatifler														
		A1			A2			A3			A4			A5		
EKONOMİK	EK1	0,233	0,481	0,967	0,175	0,289	0,537	0,175	0,289	0,537	0,117	0,144	0,179	0,233	0,481	0,967
	EK2	0,210	0,433	0,633	0,390	0,633	0,800	0,390	0,633	0,800	0,810	1,000	1,000	0,210	0,433	0,633
	EK3	0,486	0,778	0,967	0,230	0,467	0,700	0,383	0,653	0,867	0,588	0,871	1,000	0,486	0,778	0,967
	EK4	0,397	0,664	0,902	0,490	0,780	0,967	0,443	0,722	0,934	0,630	0,867	0,967	0,490	0,780	0,967
	EK5	0,086	0,246	0,486	0,208	0,434	0,690	0,110	0,283	0,537	0,257	0,510	0,767	0,086	0,246	0,486
	EK6	0,350	0,630	0,867	0,317	0,583	0,838	0,217	0,443	0,722	0,283	0,537	0,809	0,317	0,583	0,838
	EK7	0,350	0,630	0,867	0,350	0,630	0,867	0,250	0,490	0,751	0,350	0,630	0,867	0,317	0,583	0,838
	EK8	0,401	0,694	0,934	0,317	0,583	0,838	0,274	0,528	0,773	0,528	0,806	0,967	0,274	0,528	0,806
ÇEVRESEL	ÇV1	0,431	0,700	0,897	0,431	0,667	0,828	0,115	0,300	0,517	0,603	0,867	1,000	0,374	0,633	0,828
	ÇV2	0,332	0,591	0,800	0,303	0,549	0,773	0,101	0,274	0,507	0,332	0,591	0,800	0,217	0,443	0,693
	ÇV3	0,463	0,752	0,963	0,278	0,537	0,778	0,216	0,465	0,704	0,586	0,859	1,000	0,401	0,680	0,889
	ÇV4	0,139	0,339	0,657	0,139	0,339	0,657	0,118	0,304	0,630	0,204	0,429	0,767	0,096	0,268	0,575
	ÇV5	0,232	0,472	0,741	0,159	0,359	0,613	0,110	0,283	0,537	0,281	0,529	0,767	0,183	0,397	0,690
	ÇV6	0,528	0,806	0,967	0,361	0,612	0,833	0,361	0,612	0,833	0,639	0,902	1,000	0,306	0,548	0,767
SOSYAL	SO1	0,570	0,833	0,967	0,630	0,867	0,967	0,270	0,500	0,700	0,810	1,000	1,000	0,390	0,633	0,833
	SO2	0,510	0,767	0,933	0,630	0,867	0,967	0,450	0,700	0,867	0,750	0,967	1,000	0,510	0,767	0,933
	SO3	0,570	0,833	0,967	0,510	0,767	0,933	0,210	0,433	0,633	0,630	0,900	1,000	0,270	0,500	0,700
	SO4	0,317	0,609	0,892	0,219	0,481	0,744	0,219	0,481	0,781	0,365	0,673	0,967	0,268	0,545	0,855
	SO5	0,486	0,778	0,967	0,434	0,716	0,933	0,383	0,653	0,867	0,537	0,840	1,000	0,281	0,529	0,767
	SO6	0,274	0,528	0,773	0,274	0,528	0,773	0,188	0,401	0,667	0,361	0,612	0,800	0,188	0,401	0,640

6.5.6. Bulanık pozitif ve bulanık negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra, bu matris değerleri kullanılarak Eş. 4.30, 4.31 ve 4.32 yardımıyla tüm alternatif tedarikçiler için her bir karar kriterine göre A^* ve A^- değerleri belirlenir. Buna göre, ele alınan problemin çözümünde karar kriteri *n=20* olduğundan A^* ve A^- değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$A^* = \begin{Bmatrix} (0.117, 0.117, 0.117), (1.000, 1.000, 1.000), (1.000, 1.000, 1.000), (0.967, 0.967, 0.967), \\ (0.767, 0.767, 0.767), (0.867, 0.867, 0.867), (0.867, 0.867, 0.867), (0.967, 0.967, 0.967), \\ (1.000, 1.000, 1.000), (0.800, 0.800, 0.800), \quad (1.000, 1.000, 1.000), (0.767, 0.767, 0.767), \\ (0.767, 0.767, 0.767), (1.000, 1.000, 1.000), (1.000, 1.000, 1.000), (1.000, 1.000, 1.000), \\ (1.000, 1.000, 1.000), (0.967, 0.967, 0.967), (1.000, 1.000, 1.000), (0.800, 0.800, 0.800). \end{Bmatrix}$$

$$A^- = \begin{Bmatrix} (0.967, 0.967, 0.967), (0.210, 0.210, 0.210), (0.230, 0.230, 0.230), (0.397, 0.397, 0.397, \\ (0.086, 0.086, 0.086), (0.217, 0.217, 0.217), (0.250, 0.250, 0.250), (0.274, 0.274, 0.274), \\ (0.115, 0.115, 0.115), (0.101, 0.101, 0.101), (0.216, 0.216, 0.216), (0.096, 0.096, 0.096), \\ (0.110, 0.110, 0.110), (0.306, 0.306, 0.306), (0.270, 0.270, 0.270), (0.450, 0.450, 0.450), \\ (0.210, 0.210, 0.210), (0.219, 0.219, 0.219), (0.281, 0.281, 0.281), (0.188, 0.188, 0.188). \end{Bmatrix}$$

6.5.7. Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması

Alternatif tedarikçilerin bulanık pozitif ideal çözüme (BPİÇ (A^*)) ve bulanık negatif ideal çözüme (BNİÇ (A^-)) olan uzaklıklarını hesaplamak için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinden ve A^* ve A^- kümelerinde yer alan değerlerden yararlanılır. Öncelikle vertex yöntemi ile Eş. 4.35 kullanılarak her bir alternatifin A^* ve A^-'e olan uzaklıklarının hesaplanması gerekir. Örneğin, tedarikçi A_1'in ekonomik boyut kapsamında yer alan karar kriterlerine göre BPİÇ (A^*) ve BNİÇ (A^-)'e olan uzaklıkları aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tedarikçi A_1 BPİÇ (A^*):

$$d\left(\widetilde{A_{1/E1}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.117 - 0.233)^2 + (0.117 - 0.481)^2 + (0.117 - 0.967)^2} = 0.538$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E2}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.210)^2 + (1.000 - 0.433)^2 + (1.000 - 0.633)^2} = 0.600$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E3}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1.000 - 0.486)^2 + (1.000 - 0.778)^2 + (1.000 - 0.967)^2} = 0.324$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E4}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.967 - 0.397)^2 + (0.967 - 0.664)^2 + (0.967 - 0.902)^2} = 0.374$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E5}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.767 - 0.086)^2 + (0.767 - 0.246)^2 + (0.767 - 0.486)^2]} = 0.521$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E6}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.867 - 0.350)^2 + (0.867 - 0.630)^2 + (0.867 - 0.867)^2} = 0.328$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E7}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.867 - 0.350)^2 + (0.867 - 0.630)^2 + (0.867 - 0.867)^2} = 0.328$$

$$d\left(\widetilde{A_{1/E8}}, \widetilde{A^*}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.967 - 0.401)^2 + (0.967 - 0.694)^2 + (0.967 - 0.934)^2]} = 0.363$$

Tedarikçi A_1 BNİÇ (A^-)*:*

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E1}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.967-0.233)^2 + (0.967-0.481)^2+(0.967-0.967)^2]} = 0.508$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E2}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.210-0.210)^2 + (0.210-0.433)^2+(0.210-0.633)^2]} = 0.276$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E3}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.230-0.486)^2 + (0.230-0.778)^2+(0.230-0.967)^2]}$$
$$= 0.550$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E4}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.397-0.397)^2 + (0.397-0.664)^2+(0.397-0.902)^2} = 0.330$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E5}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.086-0.086)^2 + (0.086-0.246)^2+(0.086-0.486)^2]} = 0.249$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E6}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.217-0.350)^2 + (0.217-0.630)^2+(0.217-0.867)^2]} = 0.451$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E7}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.250-0.350)^2 + (0.250-0.630)^2+(0.250-0.867)^2} = \ 0.422$$

$$\mathrm{d}\left(\widetilde{A_{1/E8}}, \widetilde{A^-}\right) = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.274-0.401)^2 + (0.274-0.694)^2+(0.274-0.934)^2} = 0.458$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer alternatif tedarikçiler içinde uygulandıktan sonra, her bir tedarikçinin BPİÇ'e ve BNİÇ'e uzaklık değerleri Çizelge 6.10'da gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 6.10. Bulanık ideal çözümlere olan uzaklık değerleri

Kriterler		$\mathbf{d}(\mathbf{A_i}, \mathbf{A}^*)$					$\mathbf{d}(\mathbf{A_i}, \mathbf{A}^-)$				
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
EKONOMİK	EK1	0,508	0,264	0,264	0,039	0,538	0,508	0,651	0,651	0,820	0,508
	EK2	0,600	0,427	0,427	0,110	0,600	0,276	0,432	0,432	0,732	0,276
	EK3	0,324	0,568	0,416	0,249	0,324	0,550	0,304	0,450	0,614	0,550
	EK4	0,374	0,296	0,334	0,203	0,296	0,330	0,400	0,364	0,447	0,400
	EK5	0,521	0,378	0,489	0,330	0,521	0,249	0,409	0,285	0,474	0,249
	EK6	0,328	0,358	0,456	0,388	0,358	0,451	0,420	0,320	0,391	0,420
	EK7	0,328	0,328	0,422	0,328	0,358	0,422	0,422	0,321	0,422	0,392
	EK8	0,363	0,442	0,486	0,270	0,482	0,458	0,372	0,323	0,525	0,340
ÇEVRESEL	ÇV1	0,376	0,394	0,709	0,242	0,431	0,592	0,551	0,256	0,727	0,530
	ÇV2	0,296	0,322	0,533	0,296	0,400	0,511	0,481	0,255	0,511	0,400
	ÇV3	0,342	0,512	0,574	0,252	0,397	0,550	0,375	0,316	0,623	0,484
	ÇV4	0,443	0,443	0,467	0,379	0,495	0,354	0,354	0,331	0,436	0,293
	ÇV5	0,353	0,432	0,489	0,312	0,401	0,426	0,325	0,266	0,460	0,376
	ÇV6	0,295	0,442	0,442	0,216	0,497	0,495	0,354	0,354	0,563	0,301
SOSYAL	SO1	0,267	0,228	0,539	0,110	0,422	0,545	0,569	0,282	0,673	0,393
	SO2	0,316	0,228	0,370	0,146	0,316	0,335	0,397	0,281	0,469	0,335
	SO3	0,267	0,316	0,600	0,221	0,539	0,603	0,555	0,276	0,652	0,331
	SO4	0,430	0,531	0,526	0,386	0,476	0,453	0,338	0,358	0,512	0,413
	SO5	0,324	0,368	0,416	0,283	0,514	0,503	0,461	0,405	0,546	0,315
	SO6	0,342	0,342	0,429	0,276	0,432	0,394	0,394	0,303	0,442	0,289

Her bir karar kriterine göre tüm alternatifler için uzaklık değerleri hesaplandıktan sonra Eş. 4.33 ve 4.34 kullanılarak her bir tedarikçinin (d_i^*) ve (d_i^-) değerleri bulunur. Örneğin tedarikçi A_1'in $\mathrm{d_i^*}$ ve $\mathrm{d_i^-}$ değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$d_{A1}^* = \begin{bmatrix} (0{,}538) + (0{,}600) + (0{,}324) + (0{,}374) + (0{,}521) + (0{,}328) + (0{,}328) \\ +(0{,}363) + (0{,}376) + (0{,}296) + (0{,}342) + (0{,}443) + (0{,}353) + (0{,}295) \\ +(0{,}267) + (0{,}316) + (0{,}267) + (0{,}430) + (0{,}324) + (0{,}342) \end{bmatrix}$$

$$= 7{,}428$$

$$d_{A1}^- = \begin{bmatrix} (0{,}508) + (0{,}276) + (0{,}550) + (0{,}330) + (0{,}249) + (0{,}451) + (0{,}422) \\ +(0{,}458) + (0{,}592) + (0{,}511) + (0{,}550) + (0{,}354) + (0{,}426) + (0{,}495) \\ +(0{,}545) + (0{,}335) + (0{,}603) + (0{,}453) + (0{,}503) + (0{,}394) \end{bmatrix}$$

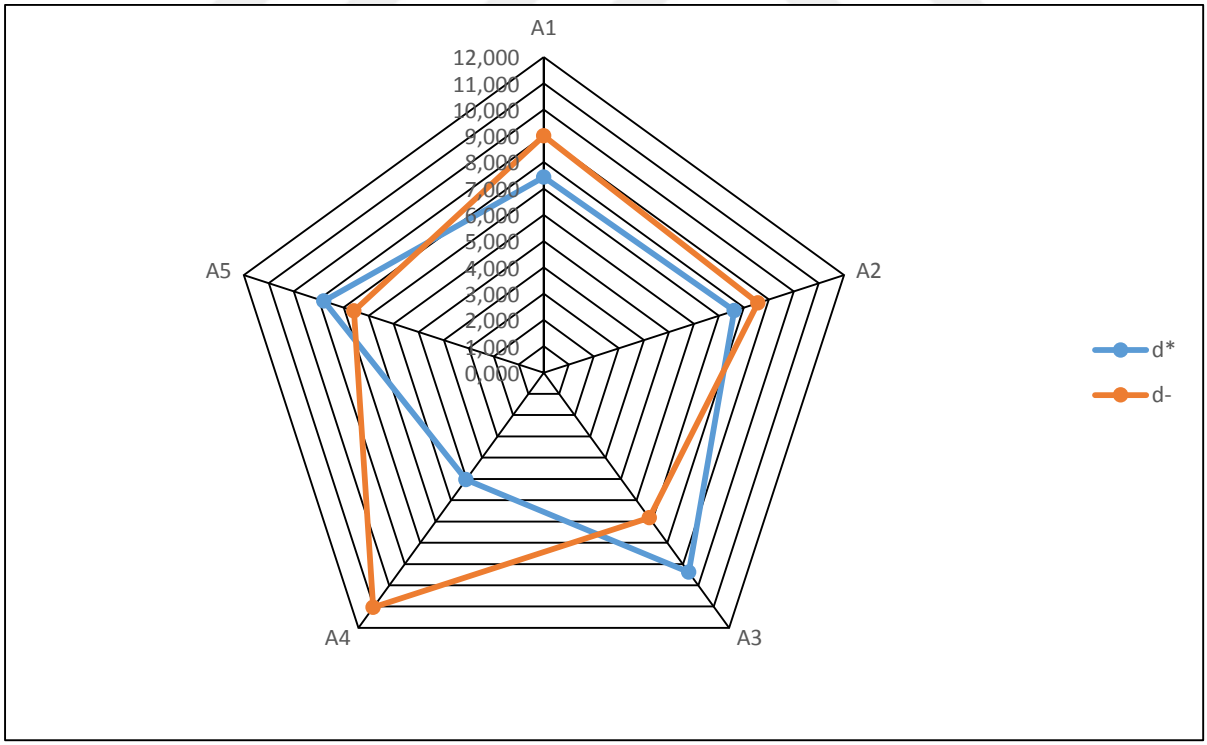
$$= 9{,}005$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer tedarikçiler içinde uygulandıktan sonra, her bir tedarikçinin BPİÇ'den ve BNİÇ'den uzaklıklarının toplamını ifade eden d_i^* ve d_i^- değerleri Çizelge 6.11'de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 6.11. Alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin d_i^* ve d_i^- değerleri

Alternatifler	d_i^*	d_i^-
A_1	7,428	9,005
A_2	7,615	8,565
A_3	9,387	6,826
A_4	5,036	11,039
A_5	8,796	7,596

Şekil 6.5'e bakıldığında sürdürülebilir alternatif tedarikçi adaylarının BPİÇ'den ve BNİÇ'den olan uzaklıkları net bir şekilde görülmektedir. Buna göre BPİÇ'e en yakın tedarikçinin A_4, en uzak tedarikçinin ise A_3 olduğu, BNİÇ'e en uzak tedarikçinin A_4, en yakın tedarikçinin ise yine A_3 görülmektedir.



Şekil 6.5. Sürdürülebilir tedarikçi seçimi için d_i^* ve d_i^- değerlendirmesi

6.5.8. Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden olan uzaklıklar hesaplandıktan sonra, her bir tedarikçinin yakınlık katsayıları Eş. 4.36 kullanılarak bulunur. Buna göre, tüm tedarikçilerin yakınlık katsayıları sırasıyla aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır;

$$CC_{A_1} = \frac{9{,}005}{16{,}433} = 0{,}548$$

$$CC_{A_2} = \frac{8{,}565}{16{,}180} = 0{,}529$$

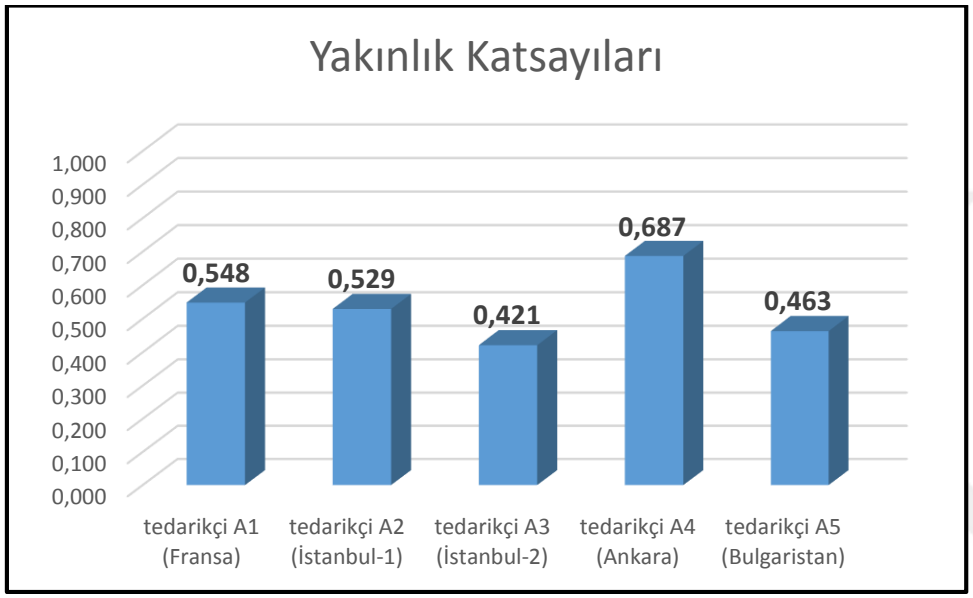
$$CC_{A_3} = \frac{6{,}826}{16{,}213} = 0{,}421$$

$$CC_{A_4} = \frac{11.039}{16{,}075} = 0{,}687$$

$$CC_{A_5} = \frac{7{,}596}{16{,}392} = 0{,}463$$

6.5.9. Alternatiflerin sıralanması

Yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla alternatif sürdürülebilir tedarikçiler sıralanmış olur. Beş alternatif sürdürülebilir tedarikçi adayının, sürdürülebilir tedarikçi seçim modelinde yer alan kriterlere göre karar komitesi tarafından gerçekleştirilen değerlendirilmeleri sonucu elde edilen sıralamaları aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 6.6. Sürdürülebilir tedarikçilerin yakınlık katsayıları

Şekil 6.6'da gösterilen yakınlık katsayıları dikkate alındığında alternatif sürdürülebilir tedarikçi sıralamasının, $A_4 > A_1 > A_2 > A_5 > A_3$ şeklinde elde edilmiş olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, tedarikçi *A_4'ün en iyi sürdürülebilir tedarikçi* olarak seçilebileceği, tedarikçi A_1'in ikinci, tedarikçi A_2'nin üçüncü, tedarikçi A_5'in ise dördüncü alternatif sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği görülmektedir.

6.5.10. Duyarlılık analizi

Alternatiflerin sıralanması ve seçiminden sonra kurulan modelin sonuçlarının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu incelemenin temelde iki amaca hizmet ettiği söylenebilir. Bunlardan birincisi, yargılara veya hiyerarşik yapıya ilişkin ihtiyaç duyulan düzeltme alanlarına işaret etmesi, ikincisi ise alternatiflerin sıralamalarının ve nihai kararın yargılardaki değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunun değerlendirilmesidir [214]. Bu amaçlardan hareketle çalışmamızda, farklı karar vericilerin veya farklı kriterlerin seçilmesi

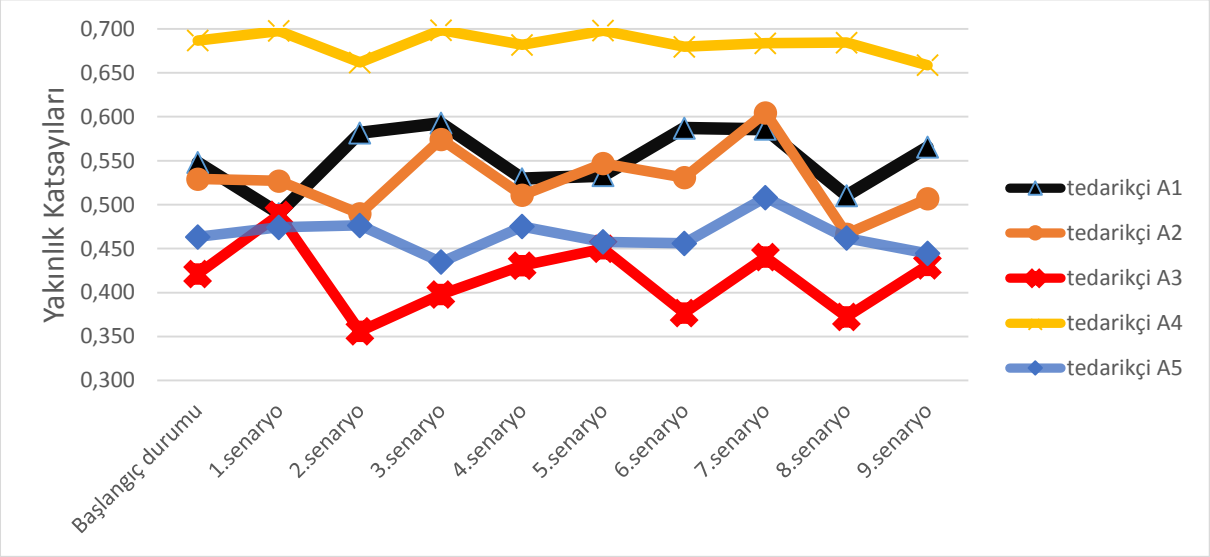
durumunda tedarikçi sıralamasının nasıl değişeceğini gözlemlemek için dokuz farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryoların sonuçları ve sonuçlara ait ilgili görseller Çizelge 6.12 ve Şekil 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Bulanık TOPSIS yöntemi duyarlılık analizi sonuçları

Senaryolar	**Karar kriterleri**	**Karar vericiler**	**Tedarikçi sıralaması**
Başlangıç durumu	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
1. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A3, Tedarikçi A5
2. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
3. senaryo	S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
4. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
5. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
6. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
7. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
8. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV2	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
9. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3

Çizelge 6.12'ye bakıldığında başlangıç durumu haricinde dokuz farklı senaryo oluşturulduğu görülmektedir. Oluşturulan her bir senaryo için model yeniden çözülmüş, elde edilen yeni sonuçlar ile başlangıç durumu kıyaslanarak karar vericilerin ne derece tutarlı olduğu değerlendirilmeye çalışılmıştır. Örneğin, 1. durumda sadece "ekonomik" kriterler dikkate alınarak karar vericilerin değerlendirmeleri ile model çözülmüş ve buna göre yeni bir sürdürülebilir tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. 7. duruma kadar karar kriterleri değişmiş ancak karar vericiler değişmemiştir. 7. 8. ve 9.'uncu durumlarda ise, "ekonomik", "çevresel" ve "sosyal" kriterlerin tamamının her bir karar verici tarafından ayrı ayrı

değerlendirilmeleri durumu dikkate alınarak model çözülmüş ve buna göre yeni bir sürdürülebilir tedarikçi sıralaması elde edilmiştir.



Şekil 6.7. FTOPSIS duyarlılık analizi sonuçları

Bu duyarlılık analizinin sonuçlarına göre, bulanık ağırlıklardaki değişimlerin tedarikçi sıralamasını da değiştirdiği görülmüştür. Sürdürülebilir tedarikçilerin sıralamalarında ki değişime rağmen bulanık ağırlıkların değiştiği bütün senaryolarda en iyi sürdürülebilir tedarikçi ve sonuncu sürdürülebilir tedarikçi değişmemiştir. Buna göre bütün durumlarda tedarikçi A_4 en iyi sürdürülebilir tedarikçi, tedarikçi A_3 ise sonuncu sürdürülebilir tedarikçi olarak sıralanmıştır. Çünkü tedarikçi A_4'ün bulanık ağırlıkların değiştirilmesinden sonra ki tüm durumlarda (1-9) en yüksek yakınlık katsayısına sahip olduğu görülmüştür. Şekil 6.7'de yer alan duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında da, tedarikçi A4 'ün en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği görsel olarak net bir şekilde görülmektedir.

6.6. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık VIKOR Uygulaması

Bu bölümde, işletmenin alternatif beş tedarikçisi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçinin belirlenebilmesi için Chen ve Wang (2009) tarafından geliştirilen bulanık VIKOR yaklaşımı temel alınarak bu yöntemin algoritma yapısında yer alan adımlar izlenmiş ve tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir. Ele alınan yöntemin çözüm algoritmasından yer alan adımlar ile bulanık TOPSIS yönteminin çözüm algoritmasında yer alan adımlar bir arada değerlendirilerek problemin çözümüne gidilmiştir. Buna göre, öncelikle bulanık TOPSIS yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları ve bulanık karar matrisi kullanılmış daha sonra ise bulanık VIKOR algoritmasıyla probleme devam edilerek çözüm elde edilmeye çalışılmıştır.

6.6.1. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve bulanık karar matrisinin oluşturulması

Yöntemin bu aşamasında bulanık TOPSIS yöntemiyle bir önceki bölümde elde edilen kriter ağırlıkları ve bulanık karar matrisi ile çözüme devam edilecektir (Bkz. Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7). Çizelge 6.6'da yer alan üçgensel bulanık sayılardaki *a,b,c* üyelik fonksiyonu değerleri sırasıyla *a* en düşük değer, *b* en net değer *c* ise en yüksek değeri ifade etmektedir.

6.6.2. Bulanık en iyi değerlerin ve bulanık en kötü değerlerin belirlenmesi

Ele alınan yöntemin algoritması gereği bulanık kriter ağırlıklarının ve bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık en iyi değer (BEİD) ve bulanık en kötü değerlerin (BEKD) hesaplanmasına geçilir. En iyi değerler ve en kötü değerler hesaplanırken Eş. 4.41 kullanılarak işlemlere devam edilir. Buna göre BEİD ve BEKD, bulanık karar matrisinin her bir satırındaki bulanık sayıların *"a, b, c"* değerlerinin sırasıyla en büyüğü ve en küçüğü dikkate alınarak belirlenmiştir. Örneğin, "E1" kriterinin bulanık en iyi değer ve bulanık en kötü değerleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

a üyelik fonksiyonu değerleri için:

$$\tilde{f}_{E1}^{*} = \max\left[(1.667), (3.000), (3.000), (9.000), (1.667)\right] = 9.000$$

b üyelik fonksiyonu değerleri için:

$$\tilde{f}_{E1}^{*} = \max\left[(3.000), (5.000), (5.000), (10.000), (3.000)\right] = 10.000$$

c üyelik fonksiyonu değerleri için:

$\tilde{f}_{E1}^{*} = \max\left[(5.000), (6{,}667), (6{,}667), (10.000), (5.000)\right] = 10.000$

a üyelik fonksiyonu değerleri için:

$\tilde{f}_{E1}^{-} = \min\left[(1.667), (3.000), (3.000), (9.000), (1.667)\right] = 1.667$

b üyelik fonksiyonu değerleri için:

$\tilde{f}_{E1}^{-} = \min\left[(3.000), (5.000), (5.000), (10.000), (3.000)\right] = 3.000$

c üyelik fonksiyonu değerleri için:

$\tilde{f}_{E1}^{-} = \min\left[(5.000), (6{,}667), (6{,}667), (10.000), (5.000)\right] = 5.000$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer kriterler içinde uygulanmış ve tüm kriterlerin bulanık en iyi değerleri ve bulanık en kötü değerleri elde edilmiştir (Çizelge 6.13).

Çizelge 6.13. Kriterlerin bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerleri

Kriterler	*f**			*f-*		
	a	***b***	***c***	***a***	***b***	***c***
EK1	9,000	10,000	10,000	1,667	3,000	5,000
EK2	9,000	10,000	10,000	2,333	4,333	6,333
EK3	7,667	9,333	10,000	3,000	5,000	7,000
EK4	9,000	10,000	10,000	5,667	7,667	9,333
EK5	7,000	9,000	10,000	2,333	4,333	6,333
EK6	7,000	9,000	10,000	4,333	6,333	8,333
EK7	7,000	9,000	10,000	5,000	7,000	8,667
EK8	8,333	9,667	10,000	4,333	6,333	8,000
ÇV1	7,000	8,667	9,667	1,333	3,000	5,000
ÇV2	7,667	9,333	10,000	2,333	4,333	6,333
ÇV3	6,333	8,000	9,000	2,333	4,333	6,333
ÇV4	6,333	8,000	9,333	3,000	5,000	7,000
ÇV5	7,667	9,333	10,000	3,000	5,000	7,000
ÇV6	7,667	9,333	10,000	3,667	5,667	7,667

Çizelge 6.13. (devam) Kriterlerin bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerleri

Kriterler	*f**			*f-*		
	a	***b***	***c***	***a***	***b***	***c***
SO1	9,000	10,000	10,000	3,000	5,000	7,000
SO2	8,333	9,667	10,000	5,000	7,000	8,667
SO3	7,000	9,000	10,000	2,333	4,333	6,333
SO4	5,000	7,000	8,667	3,000	5,000	6,667
SO5	7,000	9,000	10,000	3,667	5,667	7,667
SO6	8,333	9,667	10,000	4,333	6,333	8,000

6.6.3. En iyi bulanık değerlere olan uzaklıkların toplamı ve en kötü bulanık değerlere olan maksimum uzaklığın belirlenmesi

Bulanık en iyi değer ve bulanık en kötü değer hesaplandıktan sonra $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanmasına geçilir. $\tilde{S}_i$ bütün kriterlere göre i alternatifinin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamını, $\tilde{R}_i$ ise bütün kriterlere göre *i* alternatifinin en kötü bulanık değerlere olan maximum uzaklığını ifade etmektedir. Buna göre, i alternatifinin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamı Eş. 4.42, en kötü bulanık değerlere olan maximum uzaklığı ise Eş. 4.43 yardımıyla çözümlenir. Örneğin, A_1 tedarikçisinin "ekonomik", "çevresel" ve "sosyal" kriterler için $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır. $\tilde{S}_i$ değerlerinin hesaplanabilmesi için öncelikle A_1 tedarikçisinin üçgensel bulanık sayı değerlerinin her bir üyelik fonksiyonunun en iyi bulanık değere olan uzaklıklarının hesaplanması gerekmektedir.

Ekonomik kriterlerin a üyelik fonksiyonu değerleri için en iyi bulanık değere olan uzaklıklarının hesaplanması:

$$\mathrm{E}_1\ için \rightarrow \quad \left[(0.700) * \frac{(9.000) - (1.667)}{(9.000) - (1.667)}\right] = 0.700$$

$$\mathrm{E}_2\ için \rightarrow \quad \left[(0.900) * \frac{(9.000) - (2.333)}{(9.000) - (2.333)}\right] = 0.900$$

$$\mathrm{E}_3\ için \rightarrow \quad \left[(0.767) * \frac{(7.667) - (2.333)}{(7.667) - (6.333)}\right] = 0.219$$

$$\mathrm{E}_4\ için \rightarrow \quad \left[(0.700) * \frac{(9.000) - (5.667)}{(9.000) - (5.667)}\right] = 0.700$$

$$\mathrm{E}_5\ için \rightarrow \quad \left[(0.367) * \frac{(7.000) - (2.333)}{(7.000) - (2.333)}\right] = 0.367$$

$$\mathrm{E}_6\ için \rightarrow \quad \left[(0.500) * \frac{(7.000) - (7.000)}{(7.000) - (4.333)}\right] = 0.000$$

$$\mathrm{E}_7\ için \rightarrow \quad \left[(0.500) * \frac{(7.000) - (7.000)}{(7.000) - (5.000)}\right] = 0.000$$

$$\mathrm{E}_8\ için \rightarrow \quad \left[(0.633) * \frac{(8.333) - (6.333)}{(8.333) - (4.333)}\right] = 0.317$$

Çevresel kriterlerin a üyelik fonksiyonu değerleri için iyi bulanık değere olan uzaklıklarının hesaplanması:

$$\mathrm{Ç}_1 = 0.294, \mathrm{Ç}_2 = 0.000, \mathrm{Ç}_3 = 0.278, \mathrm{Ç}_4 = 0.180, \mathrm{Ç}_5 = 0.105, \mathrm{Ç}_6 = 0.278$$

Sosyal kriterlerin a üyelik fonksiyonu değerleri için iyi bulanık değere olan uzaklıklarının hesaplanması:

$$\mathrm{S}_1 = 0.400, \mathrm{S}_2 = 0.720, \mathrm{S}_3 = 0.129, \mathrm{S}_4 = 0.211, \mathrm{S}_5 = 0.153, \mathrm{S}_6 = 0.217$$

Yukarıdaki hesaplamalara benzer şekilde tüm sürdürülebilir tedarikçi adaylarının üyelik fonksiyon değerleri için en iyi bulanık değere olan uzaklıklar hesaplanmış, hesaplanan bu değerlere Çizelge 6.14'te yer verilmiştir.

Çizelge 6.14. Alternatif tedarikçilerin en iyi bulanık değere olan uzaklıkları

Kriterler	A_1			A_2			A_3			A_4			A_5		
	a	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*	*a*	*b*	*c*
E1	0,700	0,867	0,967	0,573	0,619	0,644	0,573	0,619	0,644	0,000	0,000	0,000	0,700	0,867	0,967
E2	0,900	1,000	1,000	0,630	0,647	0,545	0,630	0,647	0,545	0,000	0,000	0,000	0,900	1,000	1,000
E3	0,219	0,215	0,111	0,767	0,933	1,000	0,438	0,503	0,444	0,000	0,000	0,000	0,219	0,215	0,111
E4	0,700	0,867	0,967	0,420	0,371	0,000	0,560	0,619	0,483	0,000	0,000	0,000	0,420	0,371	0,000
E5	0,367	0,567	0,767	0,105	0,162	0,209	0,314	0,486	0,627	0,000	0,000	0,000	0,367	0,567	0,767
E6	0,000	0,000	0,000	0,125	0,175	0,173	0,500	0,700	0,867	0,250	0,350	0,347	0,125	0,175	0,173
E7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,700	0,867	0,000	0,000	0,000	0,167	0,233	0,217
E8	0,317	0,333	0,161	0,528	0,667	0,644	0,633	0,833	0,967	0,000	0,000	0,000	0,633	0,833	0,806
Ç1	0,294	0,284	0,214	0,294	0,341	0,357	0,833	0,967	1,000	0,000	0,000	0,000	0,392	0,398	0,357
Ç2	0,000	0,000	0,000	0,054	0,084	0,073	0,433	0,633	0,800	0,000	0,000	0,000	0,217	0,296	0,291
Ç3	0,278	0,264	0,125	0,694	0,791	0,750	0,833	0,967	1,000	0,000	0,000	0,000	0,417	0,439	0,375
Ç4	0,180	0,278	0,438	0,180	0,278	0,438	0,240	0,389	0,548	0,000	0,000	0,000	0,300	0,500	0,767
Ç5	0,105	0,131	0,085	0,262	0,392	0,511	0,367	0,567	0,767	0,000	0,000	0,000	0,210	0,305	0,256
Ç6	0,278	0,264	0,143	0,694	0,791	0,714	0,694	0,791	0,714	0,000	0,000	0,000	0,833	0,967	1,000
S1	0,400	0,333	0,111	0,300	0,267	0,111	0,900	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,700	0,733	0,556
S2	0,720	0,750	0,500	0,360	0,375	0,250	0,900	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,720	0,750	0,500
S3	0,129	0,143	0,091	0,257	0,286	0,182	0,900	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,771	0,857	0,818
S4	0,211	0,278	0,322	0,633	0,833	0,967	0,633	0,833	0,806	0,000	0,000	0,000	0,422	0,556	0,483
S5	0,153	0,187	0,143	0,307	0,373	0,286	0,460	0,560	0,571	0,000	0,000	0,000	0,767	0,933	1,000
S6	0,217	0,253	0,133	0,217	0,253	0,133	0,433	0,633	0,667	0,000	0,000	0,000	0,433	0,633	0,800

$\tilde{S}_i$ değerinin hesaplanabilmesi için ikinci adım, hesaplanan en iyi bulanık değerlerin toplanarak tek bir değer elde edilmesidir. A_1 tedarikçisinin üçgensel bulanık sayı değerlerinden *a* üyelik fonksiyonu değeri için tüm karar kriterlerine göre hesaplanan $\tilde{S}_i$ değeri aşağıda gösterildiği gibidir:

$$\tilde{S}_{A1} = \begin{bmatrix} (0.700) + (0{,}900) + (0{,}219) + (0{,}700) + (0{,}367) + \\ (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}317) + (0.294) + (0.000) + \\ (0.278) + (0.180) + (0.105) + (0.278) + (0.400) + \\ (0.720) + (0.129) + (0.211) + (0.153) + (0.217) \end{bmatrix} = 6.166$$

A_1 tedarikçisinin *b ve c* üyelik fonksiyonu değerleri ve diğer alternatifler için hesaplanan $\tilde{S}_i$ değerleri Çizelge 6.15'te gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.15. Alternatif tedarikçilerin $\tilde{S}_i$ değerleri

A_i	$\tilde{S}_i$		
	a	*b*	*c*
A1	6,166	7,013	6,278
A2	7,400	8,639	7,989
A3	11,776	14,447	15,317
A4	0,250	0,350	0,347
A5	9,713	11,629	11,242

$\tilde{S}_i$ değerleri elde edildikten sonra $\tilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanmasına geçilir. Her bir alternatifin $\tilde{R}_i$ değerlerini hesaplayabilmek için Çizelge 6.14'te elde edilen değerlerden faydalanılmıştır. Buna göre, tüm kriterlere göre A_1 alternatifinin, üçgensel bulanık sayı değerlerinden *a* üyelik fonksiyonu değerleri için en kötü bulanık değerlere olan maximum uzaklık aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

$$\tilde{R}_{A1} = \max \begin{bmatrix} (0.700), (0{,}900), (0{,}219), (0{,}700), (0{,}367) \\ (0{,}000), (0{,}000), (0{,}317), (0.294), (0.000), \\ (0.278), (0.180), (0.105), (0.278), (0.400), \\ (0.720), (0.129), (0.211), (0.153), (0.217) \end{bmatrix} = 0.900$$

A_1 alternatifinin *b ve c* üyelik fonksiyonu değerleri ve diğer alternatifler için hesaplanan $\tilde{R}_i$ değerleri Çizelge 6.16'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.16. Alternatif tedarikçilerin $\tilde{R}_i$ değerleri

A_i	$\tilde{R}_i$		
	A	*b*	*C*
A1	0,900	1,000	1,000
A2	0,767	0,933	1,000
A3	0,900	1,000	1,000
A4	0,250	0,350	0,347
A5	0,900	1,000	1,000

6.6.4. Maksimum grup faydasının ve karşıt görüşlerin minimum pişmanlığının bir arada değerlendirilmesi (Qi)

Alternatiflerin $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri belirlendikten sonra, maksimum çoğunluk kuralı veya maksimum grup faydasını ifade eden $\tilde{S}^*$ ve karşıt görüşlerin minimum bireysel pişmanlığını ifade eden $\tilde{R}^*$'ı bir arada değerlendiren $\tilde{Q}_i$ indexinin hesaplanmasına geçilir. $\tilde{Q}_i$ indeksinin hesaplanabilmesi için öncelikle $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$ ve $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ değerlerinin elde edilmesi gerekir. $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$ değerleri Eş. 4.44 $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ değerleri ise Eş. 4.45 yardımıyla elde edilir. Burada, $\tilde{S}^*$ve $\tilde{S}^-$ $\tilde{S}_i$'nin en iyi ve en kötü değerini, $\tilde{R}^*$ve $\tilde{R}^-$ ise $\tilde{R}_i$'nin en iyi ve en kötü değerini ifade etmektedir. Bununla birlikte $\tilde{Q}_i$ indeksi için *v* değerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada *v* değeri araştırmanın çerçevesine bağlı olarak uzlaşmada fikir birliği sağlanması açısından 0,5 olarak belirlenmiştir. Gerekli değerler elde edildikten sonra $\tilde{Q}_i$ indeksi Eş. 4.46 yardımıyla çözümlenir. Çizelge 6.15 ve Çizelge 6.16'daki $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerlerine göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerler Çizelge 6.17'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.17. $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$ ve $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ değerleri

	a	***b***	***c***
$\tilde{S}^*$ **(MİN.)**	0,250	0,350	0,347
$\tilde{S}^-$ **(MAX.)**	11,776	14,447	15,317
$\tilde{R}^*$ **(MİN.)**	0,250	0,350	0,347
$\tilde{R}^-$ **(MAX.)**	0,900	1,000	1,000

$\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$ değerleri ve $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ değerleri elde edildikten sonra A_1 alternatifinin üçgensel bulanık sayı değerlerinden *a* üyelik fonksiyonu değeri için, $\tilde{Q}_i$ değeri Eş. 4.46'ya göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\tilde{Q}_{A1} = (0{,}5) * \left[\frac{6.166 - 0.250}{11.776 - 0.250}\right] + (0{,}5) * \left[\frac{0.900 - 0.250}{0.900 - 0.250}\right] = 0.757$$

A_1 alternatifinin *m ve u* üyelik fonksiyonu değerleri ve diğer alternatifler için hesaplanan $\tilde{Q}_i$ indeks değerleri Çizelge 6.18'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.18. Sürdürülebilir alternatif tedarikçilerin $\tilde{Q}_i$ değerleri

A_i	$\tilde{Q}_i$		
	a	*b*	*c*
A1	0,757	0,736	0,698
A2	0,708	0,743	0,755
A3	1,000	1,000	1,000
A4	0,000	0,000	0,000
A5	0,910	0,900	0,864

6.6.5. Durulaştırma

Maksimum grup faydasını ve karşıt görüşlerin minimum bireysel pişmanlığını birlikte değerlendiren $\tilde{Q}_i$ indeksinin belirlenmesinden sonra durulaştırma işlemine geçilir. Durulaştırma ile ilgili literatürde birçok yöntem mevcuttur. Bu çalışma kapsamında Hsieh vd. (2004)'nin yapmış oldukları çalışmalarında önerdikleri bulanık olmayan en iyi performans değeri (BNP- best nonfuzzy performance value) yöntemi kullanılmıştır. Durulaştırma işlemi $\tilde{S}_i$, $\tilde{R}_i$ ve $\tilde{Q}_i$ 'nin elde edilen bulanık değerlerinin yani üyelik fonksiyonu değerlerinin daha anlaşılır hale gelebilmesi için yapılır. Örneğin, Eş. 4.47'ye göre *A_1* alternatifinin $\tilde{Q}_i$ değerlerinin durulaştırılması sonucu elde edilen Q_i değeri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$BNP_{A1} = \left[\frac{(0{,}698 - 0{,}757) + (0{,}736 - 0{,}757)}{3}\right] + 0{,}757 = 0.730$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer alternatifler içinde uygulandıktan sonra, Çizelge 6.19'da yer alan S_i, R_i ve Q_i indeks değerleri ve alternatiflerin sıralaması elde edilmiştir.

Çizelge 6.19. S_i, R_i ve Q_i indeks değerleri ve alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	S_i		R_i		Q_i	
	Indeks	Sıra	Indeks	Sıra	Indeks	Sıra
A_1	6,486	2	0,967	3	0,730	2
A_2	8,009	3	0,900	2	0,735	3
A_3	13,847	5	0,967	3	1,000	5
A_4	0,316	1	0,316	1	0,000	1
A_5	10,861	4	0,967	3	0,891	4

Durulaştırılarak elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve bu sıralamada en küçük değer en iyi çözüm olarak kabul edilir. Yani Q_i indeks değeri en küçük olan alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir.

6.6.6. Uzlaşık çözümün belirlenmesi

Durulaştırma işleminde Q_i indeks değerleri kullanılarak bir uzlaşık çözüm belirlenmiştir. Ancak bu çözümün en iyi uzlaşık çözüm ile elde edilip edilmediğine karar verilebilmesi için kabul koşullarının ne derece sağlandığının incelenmesi gerekmektedir. Buna göre, iki koşuldan ilki olan kabul edilebilir avantaj koşulu için aşağıdaki sonuç elde edilmiştir .

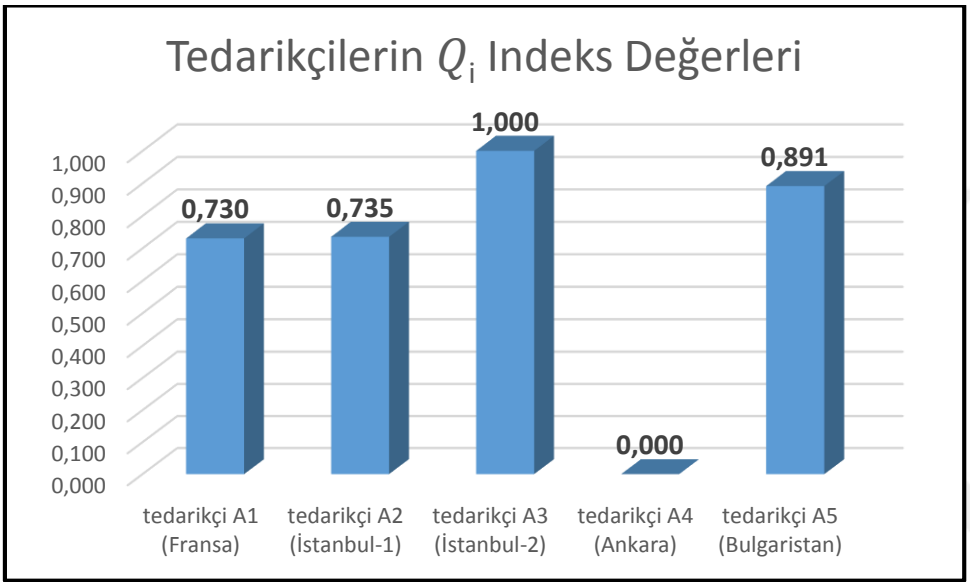
Koşul 1: $Q\ (A'') - Q(A') \geq DQ \ \rightarrow (0.735)\ - (0.000)\ \geq\ 0.25$ *(sağlandı)*

Bu sonuca göre kabul edilebilir avantaj koşulunun sağlandığı görülmektedir. İkinci koşul olan kabul edilebilir tutarlılık koşuluna göre ise, tedarikçi A′, S ve/veya R değerlerine göre de yapılan sıralamada da en iyi sürdürülebilir tedarikçi olmalıdır. Çizelge 6.19'da yer alan S ve/veya R değerlerinin sıralamasına bakıldığında bu koşulunda sağlandığı görülmektedir.

Koşul 2: S ve/veya R değerlerinde en iyi alternatif olma (sağlandı)

6.6.7. Alternatiflerin sıralanması

Uzlaşık çözüm belirlendikten ve bu uzlaşık çözümün en iyi çözüm olup olmadığının kararı verildikten sonra nihai sonuç olan alternatiflerin sıralanmasına geçilir. Alternatifler Q_i indeks değerlerine göre sıralanır ve en küçük Q_i değerine sahip olan alternatif en iyi çözüm olarak kabul edilir.



Şekil 6.8. Alternatiflerin Q_i indeks değerleri

Şekil 6.8'de gösterilen Q_i indeks değerlerine göre uzlaşık çözüm olarak kabul edilen A_4 alternatifinin aynı zamanda koşul 1 ve koşul 2'yi de sağladığı düşünüldüğünde en iyi uzlaşık çözüm olarak yani en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Bu değerler dikkate alındığında alternatif sürdürülebilir tedarikçi sıralamasının, $A_4 > A_1 > A_2 > A_5 > A_3$ şeklinde elde edilmiş olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, *tedarikçi* A_4'ün en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği, *tedarikçi* A_1'nın ikinci, *tedarikçi* A_2'nin üçüncü, *tedarikçi* A_5'in ise dördüncü alternatif sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği söylenebilir.

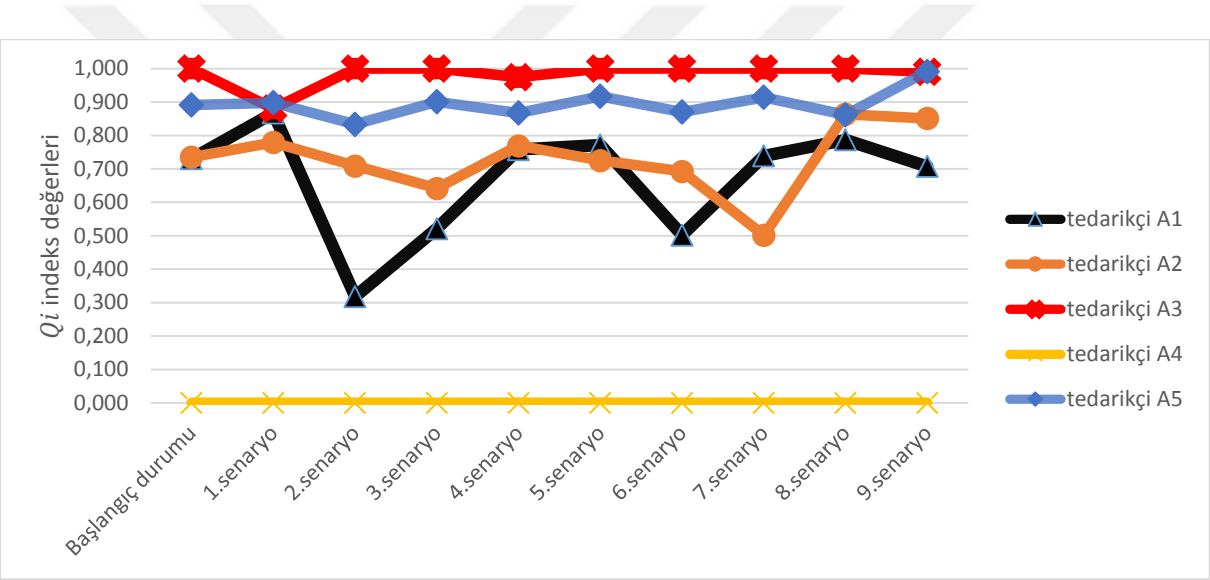
6.6.8. Duyarlılık analizi

Alternatiflerin sıralanması ve en iyi sürdürülebilir tedarikçinin seçiminden sonra bulanık VIKOR yönteminde de kurulan modelin sonuçlarının gözden geçirilmesi, tutarlılığının kontrol edilmesi ve bunun sonucunda ihtiyaç duyulan bir düzeltme alanı varsa gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Çalışmamızda bulanık TOPSIS yönteminin duyarlılık analizinde kullanılan senaryolara benzer şekilde oluşturulan senaryolar ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Buna göre, karar vericilerin veya kriterlerin taban ağırlıklarının değiştirilmesi durumunda tedarikçi sıralamasının nasıl değişeceğini gözlemlemek için dokuz farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryoların sonuçları ile ilgili çıktılar Çizelge 6.20 ve Şekil 6.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.20. Bulanık VIKOR yöntemi duyarlılık analizi sonuçları

Senaryolar	Karar kriterleri	Karar vericiler	Tedarikçi sıralaması
Başlangıç durumu	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
1. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A3, Tedarikçi A5
2. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
3. senaryo	S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
4. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
5. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
6. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
7. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
8. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV2	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A2, Tedarikçi A3
9. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A3, Tedarikçi A5

Çizelge 6.20'ye bakıldığında başlangıç durumu haricinde dokuz farklı senaryo oluşturulduğu görülmektedir. Oluşturulan her bir senaryo için model yeniden çözülmüş, elde edilen yeni sonuçlar ile başlangıç durumu kıyaslanarak karar vericilerin ne derece tutarlı olduğu değerlendirilmeye çalışılmıştır. Örneğin, 1. senaryoda sadece "ekonomik" kriterler dikkate alınarak KV_1, KV_2 ve KV_3'ün birlikte değerlendirmeleri ile model çözülmüş ve A4> A_2> A_1> A_5> A_3 şeklinde yeni bir sürdürülebilir tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. 7. duruma kadar karar kriterleri değişmiş ancak karar vericiler değişmemiştir. 7. 8. ve 9.'uncu durumlarda ise, "ekonomik", "çevresel" ve "sosyal" kriterlerin tamamının her bir karar verici tarafından ayrı ayrı değerlendirilmesi ile model çözülmüş ve buna göre yeni bir sürdürülebilir tedarikçi sıralaması elde edilmiştir.



Şekil 6.9. FVIKOR duyarlılık analizi sonuçları

Bu duyarlılık analizinin sonuçlarına göre, bulanık ağırlıklardaki değişimlerin tedarikçi sıralamasını da değiştirdiği görülmüştür. Sürdürülebilir tedarikçilerin sıralamalarında ki değişime rağmen bulanık ağırlıkların değiştiği bütün senaryolarda en iyi sürdürülebilir tedarikçi ve genel olarak sonuncu sürdürülebilir tedarikçi değişmemiştir. Buna göre bütün durumlarda tedarikçi A_4 en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak ön plana çıkarken, 9 durumun 7'sinde ise tedarikçi A_3'ün son sırada yer aldığı görülmektedir. Q_i indeks değerlerine göre yapılan bu sıralamalarda, oluşturulan tüm senaryolarda koşul 1 ve koşul 2'nin sağlandığı böylelikle elde edilen uzlaşık çözümlerin en iyi uzlaşık çözümler olarak kabul edilebileceği bulgusuna ulaşılmıştır. Şekil 6.9'da yer alan duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında, tedarikçi A_4 'ün en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği, tedarikçi A_3'ün ise genel olarak sonuncu sırada yer aldığı görsel olarak net bir şekilde görülmektedir.

6.7. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Bulanık TODIM Yönteminin Uygulanması

Bu bölümde, işletmenin alternatif beş tedarikçisi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçinin belirlenebilmesi için Zhang ve Fan (2011) tarafından geliştirilen bulanık TODIM yaklaşımı temel alınarak bu yöntemin algoritma yapısında yer alan adımlar izlenmiş ve tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir. Ele alınan yöntemin çözüm algoritmasından yer alan adımlar ile bulanık TOPSIS yönteminin çözüm algoritmasında yer alan adımlar bir arada değerlendirilerek problemin çözümüne gidilmiştir. Bu yöntem ile sürdürülebilir tedarikçi seçimini belirleyebilmek için, Şekil 6.2'de gösterilen sürdürülebilir tedarikçi seçimi modeli temel alınmıştır. Modelde belirtilen hiyerarşik yapıya bağlı olarak alternatif sürdürülebilir tedarikçilerin toplam performansı değerlendirilmiş ve en iyi sürdürülebilir tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir.

6.7.1. Dilsel değişkenlerin belirlenmesi ve belirlenen dilsel değişkenlerle alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilmesi

Belirlenen yöntemin algoritması gereği öncelikle dilsel değişkenler belirlenir. Belirlenen bu dilsel değişkenler alternatifleri ve kriterleri değerlendirmek üzere kullanılır. Buna göre, yöntemin bu aşamasında önerilen çözüm yöntemlerinin objektif bir şekilde karşılaştırılabilmesi ve tutarlılığı açısından problemin çözümünde ortak kullanılan dilsel değişkenler, dilsel değişken değerlendirmelerine göre oluşturulan bütünleşik bulanık kriter önem ağırlıkları ve bulanık karar matrisi ile çözüme devam edilecektir (Bkz. Çizelge 4.1 ve 4.2, Çizelge 6.6 ve 6.7). Çizelge 6.6'da yer alan üçgensel bulanık sayılardaki *a,b,c* üyelik fonksiyonu değerleri sırasıyla *a* en düşük değer (kısmi üyelik), *b* en net değer (tam üyelik) *c* ise en yüksek değeri (kısmi üyelik) ifade etmektedir.

6.7.2. Bulanık kriter ağırlıklarının normalize edilmesi

Bulanık kriter ağırlıklarının ve bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık kriter ağırlıklarının normalize edilmesi aşamasına geçilir. Yöntemin teorik kısmında da ifade edildiği gibi literatürde birçok normalizasyon yöntemleri yer almaktadır. Bu çalışmada, Abdel-Kader and Dugdale tarafından geliştirilen normalizasyon yöntemi kullanılması uygun görülmüştür. Bu yöntemde sıralama sürecinde iyimserlik indeksinden (*a*) faydalanılır. Bu çalışmada, iyimserlik ve kötümserlik arasında denge sağlamak üzere iyimserlik endeksi (α)

değeri 0.5 olarak kullanılmıştır. Buna göre, öncelikle iyimserlik endeksi ve bütünleşik bulanık kriter ağırlık değerleri kullanılarak Eş. 4.55 - 4.59 yardımıyla durulaştırma yapılır.

Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan "E3" (kalite) kriterinin durulaştırılarak elde edilen ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$V(\tilde{A}_{E3}) = 0{,}933 \begin{Bmatrix} 0{,}5\left[\dfrac{1{,}000 - 0{,}300}{1{,}000 - 0{,}300 + 1{,}000 - 0{,}933}\right] \\ +(1 - 0{,}5)\left[1 - \dfrac{1{,}000 - 0{,}767}{1{,}000 - 0{,}300 + 0{,}933 - 0{,}767}\right] \end{Bmatrix}$$

$$V(\tilde{A}_{E3}) = 0{,}767$$

Yukarıdaki hesaplamalara benzer şekilde diğer kriterler için elde edilen ağırlıklar sırasıyla Çizelge 6.21'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.21. Bulanık kriter ağırlıklarının durulaştırılması

Boyut	**Kriterler**	**Boyut**	**Kriterler**	**Boyut**	**Kriterler**
Ekonomik	E1: 0,644	Çevresel	Ç1: 0,848	Sosyal	S1: 0,938
	E2: 0,938		Ç2: 0,300		S2: 0,938
	E3: 0,767		Ç3: 0,848		S3: 0,938
	E4: 0,644		Ç4: 0,176		S4: 0,580
	E5: 0,231		Ç5: 0,231		S5: 0,767
	E6: 0,384		Ç6: 0,848		S6: 0,300
	E7: 0,384				
	E8: 0,580				

Bulanık kriter ağırlıklarını durulaştırma işleminden sonra, ikinci aşama olan normalizasyon işlemine geçilir. Durulaştırılan ağırlıklar Eş. 4.60 ile normalize edilir. Örneğin, ekonomik boyut kapsamında yer alan "E3" (kalite) kriterinin normalizasyon işlemi aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$w_{E3} = \frac{0,767}{12,284} \quad \rightarrow \quad 0,062$$

Tüm kriterler yukarıdaki hesaplamalara benzer şekilde normalize edilmiş ve elde edilen değerler Çizelge 6.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.22. Normalize edilmiş değerler

Ekonomik	**E1:**	**E2:**	**E3:**	**E4:**	**E5:**	**E6:**	**E7:**	**E8:**
	0,052	0,076	0,062	0,052	0,019	0,031	0,031	0,047
Çevresel	**Ç1:**	**Ç2:**	**Ç3:**	**Ç4:**	**Ç5:**	**Ç6:**		
	0,069	0,024	0,069	0,014	0,019	0,069		
Sosyal	**S1:**	**S2:**	**S3:**	**S4:**	**S5:**	**S6:**		
	0,076	0,076	0,076	0,047	0,062	0,024		

6.7.3. Kazanç ve kayıp matrislerinin belirlenmesi

Bulanık kriter ağırlıkları normalize edildikten sonra alternatiflerin kazanç ve kayıplarının hesaplanması işlemine geçilir. Burada kazanç ve kayıp hesaplanırken kriterlerin fayda ve maliyet durumlarına bakılarak hesaplama yapılır. Eğer kriter fayda özelliği taşıyorsa Eş. 4.62 ve 4.63, maliyet özelliği taşıyorsa Eş. 4.64 ve 4.65 kullanılarak işlemlere devam edilir. Bu çalışmada, tüm kriterler fayda kriteri olarak değerlendirilmiştir. Kriterlerin fayda ve maliyet özelliği belirlendikten sonra, her bir alternatifin diğerlerine göre kazanç ve kayıplarını hesaplayabilmek için alternatiflerin üçgensel bulanık sayı değerleri ikili olarak karşılaştırılır. Alternatiflerin üçgensel bulanık sayı değerleri karşılaştırılırken iki bulanık sayı arasındaki uzaklığının da ölçülmesi gerekmektedir. İki bulanık sayı arasındaki uzaklık Eş. 4.61 yardımıyla çözümlenir. Buna göre, çevresel boyut kapsamında yer alan "Ç2 (çevresel yönetim sistemleri)" kriterine göre *A1* tedarikçisinin diğer tedarikçilerle ikili karşılaştırılması sonucu elde edilen kazanç *(G)* ve kayıp *(L)* matrisleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Kazanç matrisi ($G_{Ç2}$):

A_1 ile A_1 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_1Ç_2}$,

$$G_{A_1A_1}^{Ç_2} = 0$$

A_1 ile A_2 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_2Ç_2}$ olduğundan iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın çözümlenmesi gerekir buna göre A_1 ile A_2 arasındaki uzaklık aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d(\hat{x}_{A_1Ç_2}, \hat{x}_{A_2Ç_2}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(7{,}667 - 7{,}000)^2 + (9{,}333 - 8{,}667)^2 + (10{,}000 - 9{,}667)^2}$$

$$G_{A_1A_2}^{Ç_2} = 0{,}577$$

A_1 ile A_3 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_3Ç_2}$ olduğundan iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın çözümlenmesi gerekir buna göre A_1 ile A_3 arasındaki uzaklık aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d(\hat{x}_{A_1Ç_2}, \hat{x}_{A_3Ç_2}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(7{,}667 - 2{,}333)^2 + (9{,}333 - 4{,}333)^2 + (10{,}000 - 6{,}333)^2}$$

$$G_{A_1A_3}^{Ç_2} = 4{,}722$$

A_1 ile A_4 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_4Ç_2}$,

$$G_{A_1A_4}^{Ç_2} = 0$$

A_1 ile A_5 için $\rightarrow$ $A_1 \geq A_5$ olduğundan,

$$d(\hat{x}_{A_1Ç_2}, \hat{x}_{A_5Ç_2}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(7{,}667 - 5{,}000)^2 + (9{,}333 - 7{,}000)^2 + (10{,}000 - 8{,}667)^2}$$

$$G_{A_1A_5}^{Ç_2} = 2{,}186$$

Kayıp matrisi ($L_{Ç2}$):

A_1 ile A_1 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_1Ç_2}$,

$L_{A_1A_1}^{Ç_2} = 0$

A_1 ile A_2 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_2Ç_2}$,

$L_{A_1A_2}^{Ç_2} = 0$

A_1 ile A_3 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_3Ç_2}$,

$L_{A_1A_3}^{Ç_2} = 0$

A_1 ile A_4 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_4Ç_2}$,

$L_{A_1A_4}^{Ç_2} = 0$

A_1 ile A_5 için $\rightarrow$ $\tilde{x}_{A_1Ç_2} \geq \tilde{x}_{A_5Ç_2}$,

$L_{A_1A_5}^{Ç_2} = 0$

Ç2 kriterinin diğer ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen kazanç ($G_j = \left[G_{ik}^{j}\right]_{mxm}$) ve kayıp ($L_j = \left[L_{ik}^{j}\right]_{mxm}$) matrisleri ile tüm karar kriterlerinin benzer hesaplamalar yapılarak elde edilen kazanç kayıp matrisleri Ek-5'te verilmiştir.

6.7.4. Kriterlerin göreli ağırlıklarının belirlenmesi

Her bir karar kriteri için kazanç ve kayıp matrisleri oluşturulduktan sonra kriterlerin göreli ağırlıklarının hesaplanmasına geçilir. Göreli ağırlıkların hesaplanabilmesi için öncelikle referans kriterine ihtiyaç duyulur. Buna göre en yüksek değere sahip olan kriter referans kriteri olarak seçilir. Daha sonra her bir kriterin referans kriterine dayalı göreli ağırlıkları hesaplanır. Kriterlerin göreli ağırlıkları Eş. 4.66'ya göre yapılır. Örneğin, sosyal boyut kapsamında yer alan "S1" (ilişkiler) kriterinin göreli/nispi ağırlığı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\mathrm{S1} = \frac{0{,}076}{0{,}076} \quad \rightarrow \quad 1{,}000$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer kriterler içinde uygulanmış ve tüm kriterlerin göreli ağırlıkları elde edilmiştir (Çizelge 6.23).

Çizelge 6.23. Kriterlerin göreli/nispi ağırlıkları

Ekonomik			**Çevresel**			**Sosyal**		
Kriterler	w_j	w_{jr}	Kriterler	w_j	w_{jr}	Kriterler	w_j	w_{jr}
E1	0,052	0,687	Ç1	0,069	0,905	S1	0,076	1,000
E2	0,076	1,000	Ç2	0,024	0,320	S2	0,076	1,000
E3	0,062	0,818	Ç3	0,069	0,905	S3	0,076	1,000
E4	0,052	0,687	Ç4	0,014	0,188	S4	0,047	0,619
E5	0,019	0,246	Ç5	0,019	0,246	S5	0,062	0,818
E6	0,031	0,410	Ç6	0,069	0,905	S6	0,024	0,320
E7	0,031	0,410						
E8	0,047	0,619						

6.7.5. Baskınlık derecesi matrislerinin belirlenmesi

Kriterlerin göreli ağırlıkları belirlendikten sonra her bir kriterin baskınlık derecesi/skoru matrisi oluşturulması aşamasına geçilir. Öncelikle kriterlere göre her bir alternatifin diğer alternatife baskınlık skoru hesaplanır. Kazanç ve kayıp için baskınlık skorları ayrı ayrı oluşturulur. Kazanç baskınlık skoru Eş. 4.67'ye göre, kayıp baskınlık skoru ise Eş. 4.68'e göre hesaplanır. Burada kayıp baskınlık skoru oluşturulurken daha önce kayıptan kaçınma katsayısı olarak ifade edilen θ değeri çalışma kapsamında 1 olarak alınmıştır. Örneğin,

ekonomik boyut kapsamında yer “E3” (kalite) kriterinin kazanç ve kayıp baskınlık skorları aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Kazanç baskınlık skorları:

$$\Phi_{11}^{E3(+)} = 0$$

$$\Phi_{12}^{E3(+)} \rightarrow G_4 = \sqrt{\frac{3{,}127 * 0{,}818}{13{,}103}} = 0{,}442$$

$$\Phi_{13}^{E3(+)} \rightarrow G_4 = \sqrt{\frac{1{,}232 * 0{,}818}{13{,}103}} = 0{,}277$$

$$\Phi_{14}^{E3(+)} = 0$$

$$\Phi_{15}^{E3(+)} = 0$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer alternatifler içinde gerçekleştirilmiş ve *E3* kriteri için her bir alternatifin diğer alternatife göre kazanç baskınlık skorları hesaplanmıştır (Çizelge 6.24).

Çizelge 6.24. *E3* kriterinin kazanç baskınlık skorları

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\boldsymbol{\Phi_{11}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{12}^{E3(+)} = 0{,}442$	$\Phi_{13}^{E3(+)} = 0{,}277$	$\Phi_{14}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{15}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{21}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{22}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{23}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{24}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{25}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{31}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{32}^{E3(+)} = 0{,}344$	$\Phi_{33}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{34}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{35}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{41}^{E3(+)} = 0{,}248}$	$\Phi_{42}^{E3(+)} = 0{,}504$	$\Phi_{43}^{E3(+)} = 0{,}369$	$\Phi_{44}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{45}^{E3(+)} = 0{,}248$
$\boldsymbol{\Phi_{51}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{52}^{E3(+)} = 0{,}442$	$\Phi_{53}^{E3(+)} = 0{,}277$	$\Phi_{54}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{55}^{E3(+)} = 0$

Kayıp baskınlık skorları:

$$\Phi_{11}^{E3(-)} = 0$$

$$\Phi_{12}^{E3(-)} = 0$$

$$\Phi_{13}^{E3(-)} = 0$$

$$\Phi_{14}^{E3(-)} \rightarrow L_4 = -\sqrt{\frac{0{,}981 * 13{,}103}{0{,}818}} = -3{,}964$$

$$\Phi_{15}^{E3(-)} = 0$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer alternatifler içinde gerçekleştirilmiş ve *E3* kriteri için her bir alternatifin diğer alternatife göre kayıp baskınlık skorları hesaplanmıştır (Çizelge 6.25).

Çizelge 6.25. *E3* kriterinin kayıp baskınlık skorları

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\boldsymbol{\Phi_{11}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{12}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{13}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{14}^{E3(+)} = -3{,}964$	$\Phi_{15}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{21}^{E3(+)} = -7{,}076}$	$\Phi_{22}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{23}^{E3(+)} = -5{,}509$	$\Phi_{24}^{E3(+)} = -8{,}068$	$\Phi_{25}^{E3(+)} = -7{,}076$
$\boldsymbol{\Phi_{31}^{E3(+)} = -4{,}442}$	$\Phi_{32}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{33}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{34}^{E3(+)} = -5{,}916$	$\Phi_{35}^{E3(+)} = -4{,}442$
$\boldsymbol{\Phi_{41}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{42}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{43}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{44}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{45}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{41}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{52}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{53}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{54}^{E3(+)} = -3{,}964$	$\Phi_{55}^{E3(+)} = 0$

Tüm kriterlere göre her bir alternatifin diğer alternatiflere göre kazanç ve kayıp baskınlık skorları yukarıdaki hesaplamalara benzer şekilde yapılarak kazanç ve kayıp baskınlık skorları hesaplanmış daha sonra bu skorlar Eş. 4.69'a göre birleştirilerek toplam baskınlık skoru elde edilmiştir. E3 kriteri için, A_1 alternatifinin diğer alternatiflere göre toplam baskınlık skoru aşağıdaki gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\Phi_{11}^{E3} = (0) + (0) = 0$$

$$\Phi_{12}^{E3} = (0{,}442) + (0) = 0{,}442$$

$$\Phi_{13}^{E3} = (0{,}277) + (0) = 0{,}277$$

$$\Phi_{14}^{E3} = (0) + (-3{,}964) = -3{,}964$$

$$\Phi_{15}^{E3} = (0) + (0) = 0$$

Yukarıda belirtilen işlemler diğer alternatifler içinde uygulandıktan sonra, *E3* kriteri için toplam baskınlık skorları elde edilmiştir (Çizelge 6.26).

Çizelge 6.26. *E3* kriterinin toplam baskınlık skorları

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$\boldsymbol{\Phi_{11}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{12}^{E3(+)} = 0{,}442$	$\Phi_{13}^{E3(+)} = 0{,}277$	$\Phi_{14}^{E3(+)} = -3{,}964$	$\Phi_{15}^{E3(+)} = 0$
$\boldsymbol{\Phi_{21}^{E3(+)} = -7{,}076}$	$\Phi_{22}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{23}^{E3(+)} = -5{,}509$	$\Phi_{24}^{E3(+)} = -8{,}068$	$\Phi_{25}^{E3(+)} = -7{,}076$
$\boldsymbol{\Phi_{31}^{E3(+)} = -4{,}442}$	$\Phi_{32}^{E3(+)} = 0{,}344$	$\Phi_{33}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{34}^{E3(+)} = -5{,}916$	$\Phi_{35}^{E3(+)} = -4{,}442$
$\boldsymbol{\Phi_{41}^{E3(+)} = 0{,}248}$	$\Phi_{42}^{E3(+)} = 0{,}504$	$\Phi_{43}^{E3(+)} = 0{,}369$	$\Phi_{44}^{E3(+)} = 0$	$\Phi_{45}^{E3(+)} = 0{,}248$
$\boldsymbol{\Phi_{41}^{E3(+)} = 0}$	$\Phi_{52}^{E3(+)} = 0{,}442$	$\Phi_{53}^{E3(+)} = 0{,}277$	$\Phi_{54}^{E3(+)} = -3{,}964$	$\Phi_{55}^{E3(+)} = 0$

Toplam baskınlık skoru elde edildikten sonra, Eş. 4.70'e göre her bir kriter için baskınlık derecesi/skoru matrisi oluşturulur. E3 kriteri için baskınlık skoru matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$\Phi_{E3} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}442 & 0{,}277 & -3{,}964 & 0 \\ -7{,}076 & 0 & -5{,}509 & -8{,}068 & -7{,}076 \\ -4{,}442 & 0{,}344 & 0 & -5{,}916 & -4{,}442 \\ 0{,}248 & 0{,}504 & 0{,}369 & 0 & 0{,}248 \\ 0 & 0{,}442 & 0{,}277 & -3{,}964 & 0 \end{bmatrix}$$

Yukarıda *E3* kriteri için belirtilen işlemler diğer kriterler içinde uygulanmış ve tüm kriterler için baskınlık derecesi/skoru matrisleri ayrı ayrı oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucu, her bir kriter için elde edilen baskınlık derecesi/skoru matrisleri Ek-6'da verilmiştir.

Baskınlık derecesi matrisleri belirlendikten sonra kapsamlı baskınlık derecesi matrisi oluşturma aşamasına geçilir. Buna göre, Φ_j matrisine dayalı tüm baskınlık derecesi matrisleri tek bir matris elde edilecek şekilde Eş. 4.71 yardımıyla hesaplanır. Örneğin tedarikçi A_1'in kapsamlı baskınlık derecesi matrisi aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$\delta_{11} = [(0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000)] = 0{,}000$$

$$\delta_{12} = [(-5{,}674) + (-4{,}983) + (0{,}442) + (-4{,}692) + (-15{,}230) + (0{,}134) + (0{,}000) + (0{,}241) + (0{,}172) + (0{,}119) + (0{,}362) + (0{,}000) + (0{,}189) + (0{,}353) + (-2{,}375) + (-3{,}586) + (0{,}210) + (0{,}251) + (0{,}190) + (0{,}000)] = -33{,}876$$

$$\delta_{13} = [(-5{,}674) + (-4{,}983) + (0{,}277) + (-3{,}317) + (-14{,}203) + (0{,}273) + (0{,}238) + (0{,}299) + (0{,}511) + (0{,}340) + (0{,}420) + (0{,}091) + (0{,}242) + (0{,}353) + (0{,}489) + (0{,}226) + (0{,}538) + (0{,}241) + (0{,}277) + (0{,}210)] = -23{,}152$$

$$\delta_{14} = [(-11{,}154) + (-8{,}472) + (-3{,}964) + (-6{,}736) + (-17{,}072) + (0{,}190) + (0{,}000) + (-5{,}446) + (-4{,}830) + (0{,}000) + (-3{,}770) + (-10{,}849) + (-7{,}226) + (-3{,}770) + (-4{,}891) + (-5{,}071) + (-2{,}750) + (-3{,}757) + (-3{,}041) + (-7{,}575)] = -110{,}184$$

$$\delta_{15} = [(0{,}000) + (0{,}000) + (0{,}000) + (-4{,}692) + (-15{,}230) + (0{,}134) + (0{,}134) + (0{,}292) + (0{,}215) + (0{,}231) + (0{,}215) + (0{,}133) + (0{,}147) + (0{,}412) + (0{,}371) + (0{,}000) + (0{,}489) + (0{,}165) + (0{,}392) + (0{,}215)] = -16{,}375$$

Tedarikçi A_1 için yapılan işlemler diğer tedarikçilere de uygulanarak aşağıda verilen kapsamlı baskınlık derecesi matrisi elde edilmiştir (Eş. 4.72).

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0{,}000 & -33{,}876 & -23{,}152 & -110{,}184 & -16{,}375 \\ -53{,}674 & 0{,}000 & -3{,}555 & -121{,}236 & -18{,}519 \\ -112{,}282 & -94{,}756 & 0{,}000 & -168{,}169 & -72{,}198 \\ -0{,}996 & 1{,}410 & 7{,}593 & 0{,}000 & 2{,}366 \\ -82{,}852 & -69{,}441 & -24{,}624 & -143{,}539 & 0{,}000 \end{bmatrix}$$

6.7.6. Alternatiflerin sıralanması

Kapsamlı baskınlık derecesi matrisi (Δ) elde edildikten sonra algoritmanın son aşamasına geçilir. Bu aşamada nihai sonuca ulaşılarak alternatiflerin sıralaması yapılır. Alternatiflerin sıralanması Eş. 7.73 yardımıyla (Δ) matrisine dayalı olarak yapılır. Bu eşitlikten faydalanılarak hesaplamalar yapılabilmesi için öncelikle bazı değerlere ihtiyaç duyulur. Bu değerler, her bir alternatifin toplam değeri, toplam değerlerin maksimum ve minimum değerleri ve alternatiflerin tam değerleridir. Buna göre tedarikçilerin toplam değerleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$tedariçi\ \mathrm{A1} \rightarrow \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} + \delta_{14} + \delta_{15} = (0{,}000) + (-33{,}876) + (-23{,}152) + (-110{,}184) + (-16{,}375) = -183{,}586$$

$$tedariçi\ \mathrm{A2} \rightarrow \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23} + \delta_{24} + \delta_{25} = (-53{,}674) + (0{,}000) + (-3{,}555) + (-121{,}236) + (-18{,}519) = -196{,}984$$

$$tedariçi\ \mathrm{A3} \rightarrow \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33} + \delta_{34} + \delta_{35} = (-112{,}282) + (-94{,}756) + (0{,}000) + (-168{,}169) + (-72{,}198) = -447{,}406$$

$$tedariçi\ \mathrm{A4} \rightarrow \delta_{41} + \delta_{42} + \delta_{43} + \delta_{44} + \delta_{45} = (-0{,}996) + (1{,}410) + (7{,}593) + (0{,}000) + (2{,}366) = 10{,}373$$

$$tedariçi\ \mathrm{A5} \rightarrow \delta_{51} + \delta_{52} + \delta_{53} + \delta_{54} + \delta_{55} = (-82{,}852) + (-69{,}441) + (-24{,}624) + (-143{,}539) + (0{,}000) = -320{,}456$$

Tedarikçilerin toplam değerleri belirlendikten sonra toplam değerlerin maksimum ve minimum değerlerinin belirlenmesi gerekir. Buna göre, maximum ve minimum değerler aşağıda belirtildiği gibidir.

$$\max_{i \in M} \left\{ \sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} \right\} = 10{,}373$$

$$\min_{i \in M} \left\{ \sum_{k=1}^{m} \delta_{ik} \right\} = -447{,}406$$

Maksimum ve minimum değerlerde belirlendikten sonra her bir alternatifin tam değerlerinin hesaplanmasına geçilir. Alternatiflerin tam değerleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

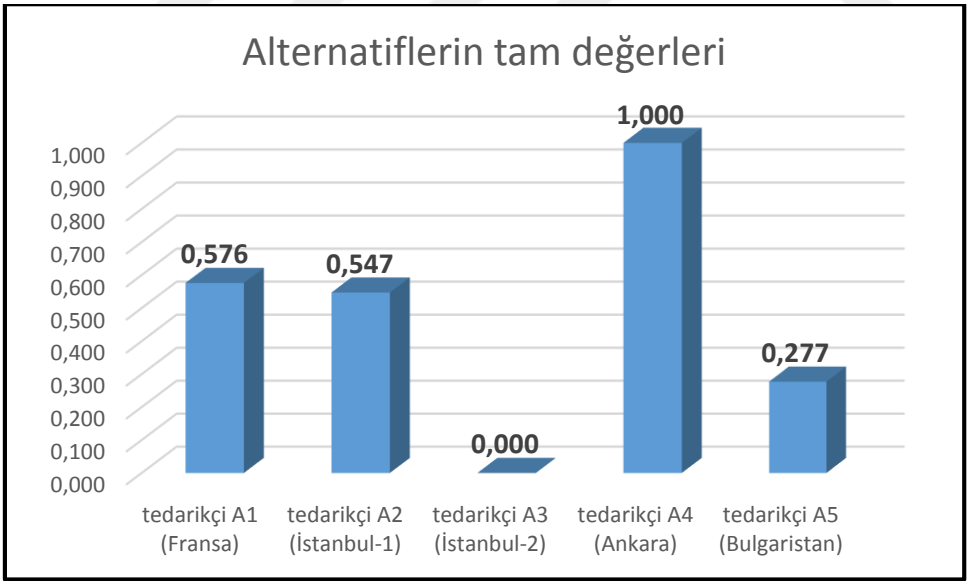
$$\xi(A_1) = \frac{(-183{,}586) - (-447{,}406)}{(10{,}373) - (-447{,}406)} = 0{,}576$$

$$\xi(A_2) = \frac{(-196{,}984) - (-447{,}406)}{(10{,}373) - (-447{,}406)} = 0{,}547$$

$$\xi(A_3) = \frac{(-447{,}406) - (-447{,}406)}{(10{,}373) - (-447{,}406)} = 0{,}000$$

$$\xi(A_4) = \frac{(10{,}373) - (-447{,}406)}{(10{,}373) - (-447{,}406)} = 1{,}000$$

$$\xi(A_5) = \frac{(-320{,}456) - (-447{,}406)}{(10{,}373) - (-447{,}406)} = 0{,}277$$



Şekil 6.10. Sürdürülebilir tedarikçi adaylarının tam değerleri

Alternatiflerin tam değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla alternatif sürdürülebilir tedarikçiler sıralanmış olur. Yukarıda Şekil 6.10'da gösterilen tam değerler dikkate alındığında alternatif sürdürülebilir tedarikçi sıralamasının, $A_4 > A_1 > A_2 > A_5 > A_3$ şeklinde elde edilmiş olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre, *tedarikçi* A_4'ün en iyi

sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği, *tedarikçi* A_2'nın ikinci, *tedarikçi* A_1'nin üçüncü, *tedarikçi* A_5'in ise dördüncü alternatif sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği görülmektedir.

6.7.7. Duyarlılık analizi

Sürdürülebilir tedarikçi performans sıralaması belirlendikten sonra, bulanık TODIM yöntemi ile ele alınan problemin çözümünün tutarlılığının kontrol edilebilmesi ve varsa ihtiyaç duyulan düzeltmelerin yapılabilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Analiz, çalışmanın bütünlüğü açısından daha önceki iki yöntemde oluşturulan 9 senaryo üzerinden yapılmıştır. Karar problemi için her bir senaryoya göre model yeniden çözülmüş, elde edilen yeni çözümler ile başlangıç çözümü kıyaslanarak karar vericilerin ne derece tutarlı olduğu değerlendirilmeye çalışılmıştır. Buna göre karar vericilerin ve/veya kriterlerin bulanık taban ağırlıklarının değiştirilmesi durumunda tedarikçi sıralamasının nasıl bir değişim göstereceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Duyarlılık analizinin sonuçlarıyla ilgili çıktılara Çizelge 6.27 ve Şekil 6.11'de yer verilmiştir.

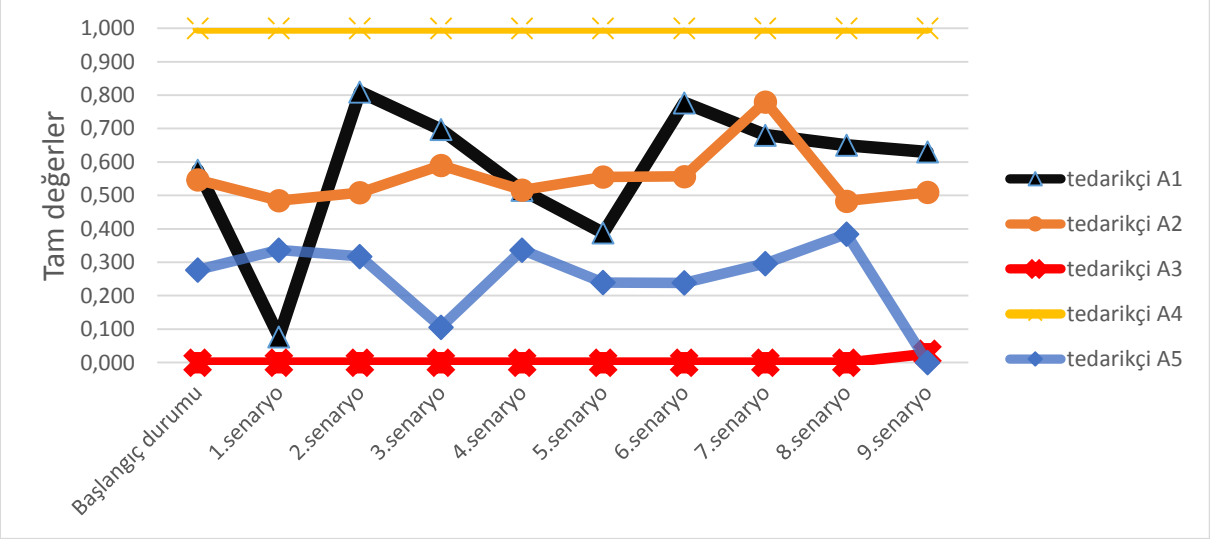
Çizelge 6.27. Bulanık TODIM yöntemi duyarlılık analizi sonuçları

Senaryolar	Karar kriterleri	Karar vericiler	Tedarikçi sıralaması
Başlangıç durumu	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
1. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A1, Tedarikçi A3
2. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
3. senaryo	S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
4. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
5. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
6. senaryo	Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1, KV2, KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
7. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV1	Tedarikçi A4, Tedarikçi A2, Tedarikçi A1, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3

Çizelge 6.27. (dvam) Bulanık TODIM yöntemi duyarlılık analizi sonuçları

Senaryolar	Karar kriterleri	Karar vericiler	Tedarikçi sıralaması
8. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV2	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3
9. senaryo	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, Ç1, Ç2, Ç3, Ç4, Ç5, Ç6, S1, S2, S3, S4, S5, S6	KV3	Tedarikçi A4, Tedarikçi A1, Tedarikçi A2, Tedarikçi A5, Tedarikçi A3

Çizelge 6.27'ye bakıldığında KV1, KV2 ve KV3 tarafından birlikte değerlendirilen 1. durumda "ekonomik", 2. durumda "çevresel", 3. durumda "sosyal", 4. durumda "ekonomik ve çevresel", 5. durumda "ekonomik ve sosyal" 6. durumda "çevresel ve sosyal" karar kriterlerinin bulanık karar matrisi ve bulanık kriter önem ağırlıkları kullanılarak çözümlenmesi sonucu elde edilen yeni sürdürülebilir tedarikçi sıralamaları görülmektedir. 7. 8. ve 9.'uncu durumlarda ise "ekonomik", "çevresel" ve "sosyal" karar kriterleri her bir karar verici tarafından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve buna göre yeni bir sürdürülebilir tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. Oluşturulan senaryolar için, karar vericilerin başlangıç durumundaki kriterler ve alternatifleri dilsel değişkenlere göre değerlendirmeleri ve bu değerlendirilmelerin üçgensel bulanık sayı karşılık değerleri dikkate alınarak çözümlemeler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.11. FTODIM duyarlılık analizi sonuçları

Şekil 6.11'de yer alan duyarlılık analizi sonuçlarına bakıldığında, farklı ağırlık tabanlarındaki değişimlerin aynı zamanda tedarikçi sıralamasını da değiştirdiği görülmektedir. Örneğin, başlangıç durumunda tedarikçiler $A_4>A_1>A_2>A_5>A_3$, 1. durumda

ise $A_4>A_2>A_6>A_1>A_3$ şeklinde sıralanmaktadır. Başlangıç durumuyla 1. durum kıyaslandığında, tedarikçi A_4 dışında ki tüm tedarikçilerin sıralamalarının değiştiği görülmüştür. Bütün durumlar birlikte ele alındığında, sürdürülebilir tedarikçilerin sıralamalarında ki değişime rağmen en iyi sürdürülebilir tedarikçinin, tedarikçi A_4 olarak değişmediği açıkça görülmektedir. Bununla birlikte tedarikçi A_3'ün ise 9.'uncu durum haricinde son sırada yer aldığı görülmüştür. Duyarlılık analizinde yer alan tüm senaryolardaki tedarikçi sıralamaları, her bir alternatifin toplam/tam değerlerinin (overall value) hesaplanması sonucu elde edilmiştir.

6.8. Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Uygulamadan elde edilen sonuçlar Spearman sıralama korelasyon katsayısı ile karşılaştırılmıştır. Spearman sıralama korelasyon katsayısı *(ρ)* doğrudan sıralı (ordinal) olarak elde edilen ya da belli bir kritere göre sıralanmış olan iki değişkenin ilişki miktarını belirlemek amacıyla kullanılır [215].

Spearman sıralama korelasyon katsayısı (ρ):

$$\rho = 1 - \frac{6(\sum d_i^2)}{n(n^2-1)} \quad ile\ verilir. \tag{6.1}$$

d_i= i. Gözlemin sıra numaraları arasındaki farkı,

n : Gözlem sayısını ifade eder.

Spearman'in ρ katsayısı değerleri -1 ile +1 arasında değişir. Uç değerler (yani ρ = -1 ve ρ = +1 ve yakın değerler) iki değişken sıralaması arasında bağlantının çok iyi olduğunu gösterirler. Eğer ρ<0 ise, sıralamalar arasında negatif değişme, ρ>0 ise sıralamalar arasında pozitif değişme, ρ=0 ise sıralamalar arasında hiçbir bağlantını bulunmadığı sonucuna varılır [216].

Buna göre çalışmamızda Spearman sıralama korelasyon katsayısı ile sonuçların karşılaştırılması, uygulamada kullanılan üç yöntemin sıra numaraları dikkate alınarak yapılmıştır (Çizelge 6.28).

Çizelge 6.28. Uygulamada kullanılan bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçları

Alternatifler/Tedarikçiler	**Bulanık TOPSIS**		**Bulanık VIKOR**		**Bulanık TODIM**	
	Değer	Sıra	Değer	Sıra	Değer	Sıra
A_1	0,548	2	0,730	2	0,576	2
A_2	0,529	3	0,735	3	0,547	3
A_3	0,421	5	1,000	5	0,000	5
A_4	0,687	1	0,000	1	1,000	1
A_5	0,463	4	0,891	4	0,277	4

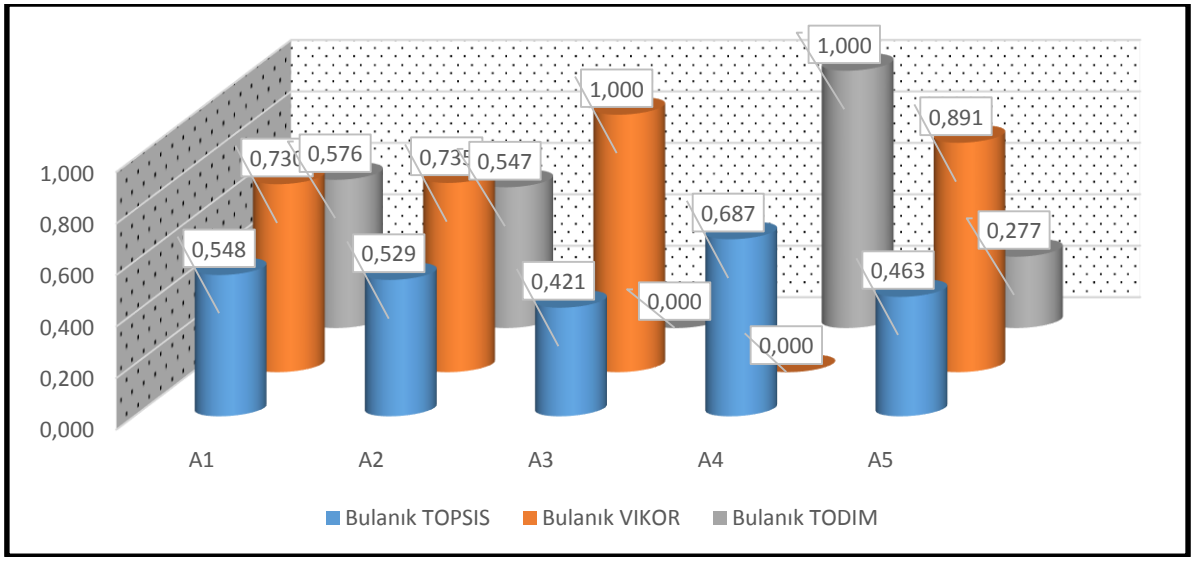
Sürdürülebilir tedarikçi adaylarının sıra numaraları kullanılarak elde edilen karşılaştırma sonuçları aşağıda gösterildiği gibidir (Çizelge 6.29).

Çizelge 6.29. Spearman sıralama korelasyon katsayısı ile uygulama sonuçların karşılaştırılması

İkili Karşılaştırma	**Spearman sıralama korelasyon katsayısı**
	$\rho = 1 - \frac{6(\sum d_i^2)}{n(n^2-1)}$
	Değer
Bulanık TOPSIS-Bulanık VIKOR	1
Bulanık TOPSIS-Bulanık TODIM	1
Bulanık VIKOR- Bulanık TODIM	1

Çizelge 6.29 incelendiğinde üç yöntem arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçlarının ilgili korelasyon katsayı değerlerinin "1" olarak elde edildiği görülmektedir. Buna göre, elde edilen değerler arasında kuvvetli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi probleminin çözümü için ele alınan yöntemlerden elde edilen sonuçların bir başka açıdan karşılaştırılması Şekil 6.12'de gösterilmektedir.



Şekil 6.12. Bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 6.28 ve Şekil 6.12 birlikte ele alındığında, karar problemine uygulanan her üç yöntemin sonuçları neticesinde tedarikçi A_4'ün tüm yöntemlerde 1. sırada yer aldığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre, tedarikçi A_4'ün en iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği söylenebilir. Bununla birlikte diğer tedarikçilerin sıralamalarına bakıldığında üç yöntemin çözümü sonucu farklı değerler almalarına karşın sıralamalarının her üç yöntemde de değişmediği tespit edilmiştir. Örneğin, bulanık TOPSIS yönteminde 2. sırada yer alan tedarikçi A_1 ile bulanık TODIM yönteminde 5. sırada yer alan tedarikçi A_3'ün diğer yöntemlerde de aynı sıralamada yer aldığı görülmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, yapılan bilimsel araştırmalar, basında yer alan haberler, sosyal medya hareketleri, araştırma şirketlerinin yapmış oldukları çalışmalar, hükümetlerin ve sivil toplum örgütlerinin ortay koyduğu raporlar hep ortak bir noktaya vurgu yapmaktadır. Daha sağlıklı bir dünya ve gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir dünya bırakmak. Bu söylemle kastedilen şey sadece kuraklık, küresel ısınma, sera gazı emisyonu, kirlilik vb. çevresel faktörlerin sebep olduğu sorunlarla değil aynı zamanda insan haklarına saygı, fırsat eşitliği, sosyal sorumluluk, yolsuzluk vb. sosyal sorunlarla da mücadele edilmesi ve ancak böylelikle başarının sağlanabileceğidir. Bu faktörlerle birlikte, işsizlik oranının azaltılması, faaliyet içerisinde bulunduğu ülkeye katma değer yaratması, sanayileşme ve modernleşme çabaları vb. ekonomik faktörlerinde bu başarının sağlanmasında en önemli aktör olduğunu söylemek mümkündür. "Sürdürülebilirlik" olarak adlandırılan dünyadaki bu gelişim ve değişim, toplumun her kesimi tarafından hızlı ve büyük bir oranda kabul görmüş bununla birlikte politikacılar ve işletmeler üzerinde bir baskı unsuru haline gelmiştir. Bu gelişmelerin paralelinde organizasyonların bu yeni süreci göz ardı etmeleri mümkün görünmemektedir. Bu nedenden ötürü sürdürülebilir uygulamalara yönelmelerinin organizasyonların sürdürülebilirliği açısından hayati bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılarak Türkiye'de akü sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, akü imalatında kullanılan plastik malzemeleri satın aldığı beş tedarikçisi arasından en iyi sürdürülebilir tedarikçi firmanın seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde bulanık TOPSIS, bulanık VIKOR ve bulanık TODIM yöntemleri kullanılmıştır. Genel olarak bu yöntemlerin kullanılmasının nedeni, insan yargılarını ifade eden tercihlerin genellikle belirsiz olması bundan dolayı dilsel değişkenler kullanmanın daha gerçekçi sonuçlar verebileceği düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Özelde ise bulanık TOPSIS'in ikili karşılaştırmaya gerek duymaması, esnek bir yapıya sahip olması, az karar vericinin bulunduğu problemlere daha uygun olması, bulanık VIKOR'un birbiriyle çelişen farklı kriterlerin yer aldığı durumlarda uygun bir çözüm sunması, bulanık TODIM'in ise karar vericilerin davranışsal özelliklerini seçim sürecine dâhil edebilmesi vb. özellikler gösterilebilir.

Belirlenen yöntemlerle öncelikle sürdürülebilir tedarikçi seçimini gerçekleştirmek üzere satın alma, üretim planlama ve lojistik ve kalite departmanlarında çalışan alanında uzmanların yer aldığı üç kişilik bir karar komitesi (karar vericiler) oluşturulmuştur. Karar verici komite sürdürülebilir konsepti göz önünde bulundurarak çalışmada değerlendirilecek alternatif tedarikçileri belirlemiştir. Buna göre çalışmaya, tedarikçi A_1 (Fransa), tedarikçi A_2 (İstanbul-1), tedarikçi A_3 (İstanbul-2), tedarikçi A_4 (Ankara) ve tedarikçi A_5 (Bulgaristan) dâhil edilmiştir. Daha sonra, literatür araştırması, akademik uzmanlar ve karar komitesi ile değerlendirmeler sonucu alternatiflerin değerlendirileceği karar kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler ve kriterlere göre alternatif tedarikçiler karar verici komite tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçları her üç yöntemin çözümünde ortak veri olarak kullanılmıştır.

Karar verici komitenin karar kriterlerini değerlendirmeleri sonucu sürdürülebilir tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin önem sıralaması tespit edilmiştir. *Ekonomik kriterlerin önem sıralaması sırasıyla;* 1. fiyat, 2. kalite, 3. maliyet ve teslim, 4. yönetim ve organizasyon, 5. teknolojik yetkinlikler ve finansal durum, 5. esneklik. *Çevresel kriterlerin önem sıralaması sırasıyla;* 1. eko-dizayn, kirlilik üretimi ve kaynak tüketimi, 2. çevresel yönetim sistemleri, 3. çevresel yetkinlikler, 4. yeşil imaj. *Sosyal kriterlerin önem sıralaması sırasıyla;* 1. ilişkiler, müşteri hizmetleri, paydaşların çıkarları, 2. iş sağlığı ve güvenliği, sosyal sorumluluk, 3. kültür olarak elde edilmiştir. Buna göre karar verici komitenin, ekonomik açıdan fiyat, çevresel açıdan eko-dizayn, kirlilik üretimi ve kaynak tüketimi, sosyal açıdan ise ilişkiler, müşteri hizmetleri ve paydaşların çıkarları kriterlerini diğer kriterlere göre daha çok önemsedikleri bulgusuna ulaşılmıştır.

Bulanık ÇKKV yöntemlerinin çözümünde ortak girdi olarak kullanılan karar kriterlerinin önem ağırlıkları verisi ile algoritmaların çözümleri gerçekleştirilmiş ve sürdürülebilir tedarikçi adayları sıralanmıştır. Bulanık TOPSIS algoritmasının çözümü ile alternatif sürdürülebilir tedarikçi sıralaması $A_4>A_1>A_2>A_5>A_3$, bulanık VIKOR algoritmasının çözümü ile $A_4>A_1> A_2>A_5>A_3$, bulanık TODIM algoritmasının çözümü ile $A_4> A_1>A_2> A_5>A_3$ şeklinde elde edilmiştir. Herhangi bir alternatifin kabul edilme koşullarına bakıldığında (Bkz. Çizelge 4.3) *tedarikçi A_4 (Ankara)'ün* birinci yöntemde yakınlık katsayısına göre, ikinci yöntemde en iyi uzlaşık çözüme ve üçüncü yöntemde toplam değere göre kabul edilir ve tavsiye edilir nitelikte olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle, *tedarikçi A_4 (Ankara)'ün* en iyi sürdürülebilir tedarikçi performansına sahip olduğu ve dolayısıyla en

iyi sürdürülebilir tedarikçi olarak seçilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte elde edilen sonuçların karar komitesinin görüşleri doğrultusunda bu çalışmaya özgü olduğu, kriterlerin ve kriterlerin önem ağırlıklarının başka bir karar verici komite tarafından değerlendirilmesi durumunda değişebileceği ve dolayısıyla farklı sonuçlar verebileceği unutulmamalıdır.

Sürdürülebilir tedarikçi seçim problemine yönelik çözümlerden elde edilen sonuçların gözden geçirilmesi ve tutarlılığının kontrol edilebilmesi amacıyla duyarlılık analizleri yapılmıştır. Duyarlılık analizi için karar vericilerin veya karar kriterlerinin değiştiği dokuz farklı senaryo ele alınmıştır. Belirlenen dokuz senaryayo göre her üç yöntem için problem çözümleri yeniden gerçekleştirilmiştir. Üç yöntem için toplam 27 farklı durumda gerçekleştirilen çözümlerde diğer tüm tedarikçilerin sıralamalarının değişmesine rağmen tedarikçi A_4'ün sıralamasının değişmediği yani tüm durumlarda yine en iyi sürdürülebilir tedarikçi pozisyonunu koruduğu tespit edilmiştir. Bu tespitlere göre karar komitesinde yer alan karar vericilerin kriterleri ve alternatifleri değerlendirmesinde tutarlı bir davranış sergilediğini ve dolayısıyla tutarlı sonuçlar elde edildiğini söylemek mümkündür. Son olarak üç yöntemden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin doğrusal olup olmadığı ve eğer varsa ilişki yönü ve şiddetinin ne olduğunu istatistiksel olarak ortaya koymak için uygulama sonuçları Spearman sıralama korelasyon katsayısı ile karşılaştırılmıştır. Üç yöntem arasında yapılan ikili karşılaştırma sonuçlarına göre elde edilen değerler arasında doğrusal pozitif yönlü çok yüksek bir korelasyon olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bulanık ÇKKV yöntemleri, pratik olması, zaman ve maliyet avantajı sağlaması, şeffaf, güvenilir ve tatmin edici olması açısından literatürde sıklıkla tedarikçi seçimlerinde kullanılmaktadır. Diğer taraftan genel olarak ÇKKV yöntemlerinin problem çözümlerinde genelde benzer sonuçlar vermesi de literatürde yazarlar tarafından eleştirel bir tartışma konusudur. Bir başka açıdan, bu yöntemler yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış kararlarda karar vericilere sistematik bir çözüm yaklaşımı sunması yönüyle bir karar destek sistemi (KDS) gibi düşünülebilir. Bu yönüyle gelecek çalışmalarda sürdürülebilir tedarikçi seçiminde bulanık ÇKKV yöntemlerinin bütünleştirildiği bir KDS yazılımı geliştirilebilir.

Tedarik zinciri uygulamalarında en önemli aktör olarak gösterilen tedarikçilerin, sürdürülebilir bir çaba içerisine girmelerine yönelik bahsedilen gelişmeler dışında bazı tetikleyici mekanizmaların oluşturulması gerekir. Son dönemlerde IMKB tarafından

yayınlanan “Türk İş Dünyası’nda sürdürülebilirlik uygulamaları değerlendirme raporu ” (2011), Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen “Türkiye’nin 2012 BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansına (Rio+20) Hazırlıkların Desteklenmesi Projesi ”, Türkiye İşveren Sendikaları Kurumu tarafından Herkes İçin Kurumsal Sosyal Sorumluluk Projesi kapsamında hazırlanan “Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlaması Ulusal İnceleme Raporu” (2016), Uluslararası İş Organizasyonu (International Labour Organization-ILO) tarafından 2030 yılına kadar sürdürülebilir gelişme amaçlarının açıklandığı “İyi İş ve Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 gündemi” vb. gibi çalışmaların bu amaca hizmet ettiğini ve artarak devam etmesi gerektiğini söylemek mümkündür. Buna ek olarak bu tetikleyici mekanizmalar, uluslararası kuruluşların onayladığı (GRI- Global Reporting Initiative – Küresel Raporlama İnisiyatifi vb.) Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporları yayınlayan işletmelerin, basın, hükümet, sivil toplum kuruluşları vb. kesimler tarafından ödüllendirilmesi ve belki ileride bu raporların yasal düzenlemeyle zorunlu hale getirilmesi ile daha etkin çalıştırılabilir. Bununla birlikte, işletmeler de tedarikçilerinden buna benzer raporlar talep ederek tedarikçilerinin sürdürülebilir bir anlayışı benimsemelerini teşvik edebilir.

Çalışmada STS literatüründe ve Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Ulusal Tez Merkezi’nde incelenen araştırmalardan sürdürülebilirlik konusuna ilginin son beş yıl içerisinde önemli oranda arttığı sonucu elde edilmiştir. Bununla birlikte YBS açısından konu incelendiğinde, bu ilgiye paralel olarak bir artışın olmadığı gözlemlenmiştir. Örneğin genel anlamda “sürdürülebilirlik” terimi ile yapılan araştırma sonuçlarında, bu alanın temelini oluşturan işletme (%12,5), endüstri mühendisliği (%3,5) ve bilgisayar mühendisliği (%1,2) alanlarını ilgilendiren konuların toplam %17,2’lik bir yüzdeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, çalışma kapsamında incelenen STS literatüründe yer alan yazarların bölümlerinin dağılımına bakıldığında ise yaklaşık olarak, YBS %16,25, işletme %32,5, endüstri mühendisliği %20, bilgisayar mühendisliği % 2,5 toplam %71,25 ile YBS alanının temelini oluşturan bölümlerin büyük bir ağırlığı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlarla birlikte ulusal literatürde sürdürülebilirlik ve STS ile ilgili YBS alanında çalışmaların oldukça düşük olduğu ve litaratürdeki bu boşluğun gelecek çalışmalarla doldurulabileceği söylenebilir. Bu karşılaştırmanın ulusal tezlerle ve genel sürdürülebilirlik terimi ile yapılması ulusal literatürde karşılaştırma yapılacak kadar STS çalışmalarının yer almamasından kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlara göre çalışmanın alana ilgi duyan araştırmacılara katkı sağlayabileceğini ifade etmek mümkündür. Buna ek olarak YBS anabilim dalı tezleri

içerisinde geleneksel, yeşil veya sürdürülebilir bulanık tedarikçi seçimiyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olması da çalışmanın başka bir pozitif çıktısı olarak alana katkı sunabilir.

Gelecek çalışmalarda farklı alanlarda matematiksel programlama, amaç programlama gibi deterministik yaklaşımlar, bulanık PROMETHEE, bulanık ELECTRE, genetik algoritmalar, stokastik gibi deterministik olmayan yaklaşımlar, çok amaçlı programlamaya dayalı ve ÇKKV'ye dayalı bütünleşik yaklaşımlar ile farklı uygulamalar yapılarak sürdürülebilirlik ve STS alanı genişletilebilir.

Sonuç olarak sürdürülebilir tedarikçi seçimi işletmelerin sürdürülebilir operasyonlarından sadece birini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir bir işletme anlayışını benimsemeyen ve sahiplenmeyen bir işletmeden sürdürülebilir bir tedarikçi seçmesi de beklenemez. Bundan dolayı en gelişmiş sistemleri kullanan işletmelerden küçük ve orta ölçekli işletmelere kadar endüstride yer alan bütün aktörler için "sürdürülebilir" bir algı oluşturulmasının daha yaşanılabilir bir dünya ve gelecek nesiller adına hayati bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın bu farkındalığın oluşması açısından da alana katkı sağladığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Song, W., Xu, Z., and Liu, H. C. (2017). Developing sustainable supplier selection criteria for solar air-conditioner manufacturer: An integrated approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *79*, 1461-1471.

2. Dubey, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Childe, S. J., Shibin, K. T., and Wamba, S. F. (2017). Sustainable supply chain management: framework and further research directions. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 1119-1130.

3. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu. (2016). *TÜRKİYE Sürdürülebilirlik Raporlaması Ulusal İnceleme Raporu*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, 1-60.

4. Awasthi, A., Govindan, K., and Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, *195*, 106-117.

5. Kaur, H., and Singh, S. P. (2017). Flexible dynamic sustainable procurement model. *Annals of Operations Research*, 1-41.

6. Kannan, D. (in press). Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process. *International Journal of Production Economics*.

7. Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., and Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, *89*, 337-347.

8. Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., and Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, *74*, 170-179.

9. Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S. K., and Garg, C. P. (2017). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 1686-1698.

10. Zimmer, K., Fröhling, M., and Schultmann, F. (2016). Sustainable supplier management–a review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. *International Journal of Production Research*, *54*(5), 1412-1442.

11. Jauhar S.K., and Pant M. (2016a) Sustainable Supplier Selection: A New Differential Evolution Strategy with Automotive Industry Application. In: Zadeh L., Abbasov A., Yager R., Shahbazova S., Reformat M. (Eds.), *Recent Developments and New Direction in Soft-Computing Foundations and Applications.* Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer, *342*, pp. 353-371.

12. Jauhar S.K., and Pant M. (2016b) Using Differential Evolution to Develop a Carbon-Integrated Model for Performance Evaluation and Selection of Sustainable Suppliers in Indian Automobile Supply Chain. In: Pant M., Deep K., Bansal J., Nagar A., Das K. (Eds.) *Proceedings of Fifth International Conference on Soft Computing for Problem Solving.* Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, *437*, pp. 515-528.

13. Jauhar, S. K., and Pant, M. (2017). Integrating DEA with DE and MODE for sustainable supplier selection. *Journal of Computational Science*, *21*, 299-306.

14. Girubha, J., Vinodh, S., and KEK, V. (2016). Application of interpretative structural modelling integrated multi criteria decision making methods for sustainable supplier selection. *Journal of Modelling in Management*, *11*(2), 358-388.

15. Sarkis, J., and Dhavale, D. G. (2015). Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. *International Journal of Production Economics*, *166*, 177-191.

16. Orji, I. J., and Wei, S. (2015). An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry. *Computers & Industrial Engineering*, *88*, 1-12.

17. Gold, S., and Awasthi, A. (2015). Sustainable global supplier selection extended towards sustainability risks from (1+ n) th tier suppliers using fuzzy AHP based approach. *IFAC-PapersOnLine*, *48*(3), 966-971.

18. Azadnia, A. H., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., Ghadimi, P., and Zakuan, N. (2012). Sustainable supplier selection based on self-organizing map neural network and multi criteria decision making approaches. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *65*, 879-884.

19. Azadnia, A. H., Saman, M. Z. M., and Wong, K. Y. (2015). Sustainable supplier selection and order lot-sizing: an integrated multi-objective decision-making process. *International Journal of Production Research*, *53*(2), 383-408.

20. Dawei, Z. W., Hamid, A. B. A., and Chin, T. A. (2014). Sustainable supplier selection: An international comparative literature review for future investigation. In *Applied Mechanics and Materials*, *525*, 787-790.

21. Ghadimi, P., and Heavey, C. (2014). Sustainable supplier selection in medical device industry: toward sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, *15*, 165-170.

22. Ghadimi, P., Dargi, A., and Heavey, C. (2017a). Sustainable supplier performance scoring using audition check-list based fuzzy inference system: A case application in automotive spare part industry. *Computers & Industrial Engineering*, *105*, 12-27.

23. Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., and Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing*, *12*(6), 1668-1677.

24. Büyüközkan, G., and Çifçi, G. (2011). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computers in Industry*, *62*(2), 164-174.

25. Shalke, P. N., Paydar, M. M., and Keshteli, M. H. (2017). Sustainable supplier selection and order allocation through quantity discounts. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 1-13.

26. Kumar, D., Rahman, Z., and Chan, F. T. S. (2017). A fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming model for order allocation in a sustainable supply chain: A case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *30*(6), 535-551.

27. Kaur, H., Singh, S. P., and Glardon, R. (2016). An integer linear program for integrated supplier selection: A sustainable flexible framework. *Global Journal of Flexible Systems Management*, *17*(2), 113-134.

28. Fallahpour, A., Olugu, E. U., Musa, S. N., Wong, K. Y., and Noori, S. (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Computers & Industrial Engineering*, *105*, 391-410.

29. Winter, S., and Lasch, R. (2016). Environmental and social criteria in supplier evaluation–Lessons from the fashion and apparel industry. *Journal of Cleaner Production*, *139*, 175-190.

30. Tavana, M., Yazdani, M., and Di Caprio, D. (2017). An application of an integrated ANP–QFD framework for sustainable supplier selection. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *20*(3), 254-275.

31. Shahryari Nia, A., Olfat, L., Esmaeili, A., Rostamzadeh, R., and Antuchevičienė, J. (2016). Using fuzzy Choquet Integral operator for supplier selection with environmental considerations. *Journal of Business Economics and Management*, *17*(4), 503-526.

32. Neumüller, C., Lasch, R., and Kellner, F. (2016). Integrating sustainability into strategic supplier portfolio selection. *Management Decision*, *54*(1), 194-221.

33. Mukherjee, K. (2016). An integrated approach of sustainable procurement and procurement postponement for the multi-product, assemble-to-order (ATO) production system. *Production*, *26*(2), 249-260.

34. Lin, C., Madu, C. N., Kuei, C. H., Tsai, H. L., and Wang, K. N. (2015). Developing an assessment framework for managing sustainability programs: A Analytic Network Process approach. *Expert Systems with Applications*, *42*(5), 2488-2501.

35. Jia, P., Govindan, K., Choi, T. M., and Rajendran, S. (2015). Supplier selection problems in fashion business operations with sustainability considerations. *Sustainability*, *7*(2), 1603-1619.

36. Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F., and Mirhedayatian, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & Operations Research*, *54*, 274-285.

37. Güray, E., Yayla, A. Y., and Yildiz, K. (2015, August). *A Choquet integral-based model for sustainable performance of suppliers.* In Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2015 IEEE International Conference on, pp. 1-8.

38. Orji, I. J., and Wei, S. (2014). A decision support tool for sustainable supplier selection in manufacturing firms. *Journal of Industrial Engineering and Management*, *7*(5), 1293-1315.

39. Mehregan, M. R., Hashemi, S. H., Karimi, A., and Merikhi, B. (2014). Analysis of interactions among sustainability supplier selection criteria using ISM and fuzzy DEMATEL. *International Journal of Applied Decision Sciences*, *7*(3), 270-294.

40. Gimenez, C., and Tachizawa, E. M. (2012). Extending sustainability to suppliers: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, *17*(5), 531-543.

41. Chiou, C. Y., Hsu, C. W., and Chen, H. C. (2011, July). *Using DEMATEL to explore a casual and effect model of sustainable supplier selection.* In Business Innovation and Technology Management (APBITM), 2011 IEEE International Summer Conference of Asia Pacific, pp. 240-244.

42. Govindan, K., Khodaverdi, R., and Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, *47*, 345-354.

43. Azadnia, A. H., Ghadimi, P., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., and Heavey, C. (2013). An integrated approach for sustainable supplier selection using fuzzy logic and fuzzy AHP. In *Applied Mechanics and Materials*, *315*, 206-210.

44. Wittstruck, D., and Teuteberg, F. (2012). Integrating the concept of sustainability into the partner selection process: A fuzzy-AHP-TOPSIS approach. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *12*(2), 195-226.

45. Wittstruck, D., and Teuteberg, F. (2011). Towards a holistic approach for sustainable partner selection in the electrics and electronics industry. M. Nüttgens et al. (Eds.). *International Federation for Information Processing.* Governance and Sustainability in Information Systems. Managing the Transfer and Diffusion of IT, Springer, 366, pp. 45-69.

46. Sarkis, J., Meade, L. M., and Presley, A. R. (2012). Incorporating sustainability into contractor evaluation and team formation in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, *31*, 40-53.

47. Dai, J., and Blackhurst, J. (2012). A four-phase AHP–QFD approach for supplier assessment: a sustainability perspective. *International Journal of Production Research*, *50*(19), 5474-5490.

48. Verdecho, M. J., Alfaro-Saiz, J. J., and Rodríguez-Rodríguez, R. (2010). An approach to select suppliers for sustainable collaborative networks. L.M. Camarinha-Matos et al. (Eds.). *International Federation for Information Processing*, In Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, 336, pp. 304-311.

49. Bai, C., and Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, *124*(1), 252-264.

50. Özçelik, F., and Avcı Öztürk, B. (2014). A research On Barriers To Sustainable Supply Chain Management And Sustainable Supplier Selection Criteria. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *16*(2), 259-279.

51. Ghadimi, P., Azadnia, A. H., Heavey, C., Dolgui, A., and Can, B. (2016). A review on the buyer–supplier dyad relationships in sustainable procurement context: past, present and future. *International Journal of Production Research*, *54*(5), 1443-1462.

52. Ghadimi, P., Dargi, A., and Heavey, C. (2017b). Making sustainable sourcing decisions: practical evidence from the automotive industry. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *20*(4), 297-321.

53. Ahmadi, H. B., Petrudi, S. H. H., and Wang, X. (2017). Integrating sustainability into supplier selection with analytical hierarchy process and improved grey relational analysis: a case of telecom industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *90*(9-12), 2413-2427.

54. Amindoust, A., and Saghafinia, A. (2017). Textile supplier selection in sustainable supply chain using a modular fuzzy inference system model. *The Journal of The Textile Institute*, *108*(7), 1250-1258.

55. Şenocak, A. A. (2016). *Bulanık Ortamda Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi Problemi İçin Çok Kriterli Karar Verme ve Doğrusal Programlamaya Dayalı Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Denizli.

56. Mucuk, İ., (2014). *Modern İşletmecilik* (Ondokuzuncu Baskı). İstanbul: Türkmen Kitabevi.

57. Öztürk, A. (2007). *Yöneylem Araştırması* (Onbirinci Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi.

58. Esin, A. (2003). *Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri* (Dördüncü Baskı). Ankara: Gazi Kitapevi.

59. Lu, J., Zhang, G., Ruan, D., and Wu, F. (2007). *Multi-objective group decision making: methods, software and applications with fuzzy set techniques*. London: Imperical College Press.

60. Laudon K. C. and Laudon J. P. (2011). Yönetim Bilişim Sistemleri: Digital İşletmeyi Yönetme. (Çev. Ed. Yozgat, U., Çev. Oktal, Ö.) On İkinci Basımdan Çeviri. Ankara: Nobel Yayıncılık. (Eserin Orijinali 2011'de yayınlandı).

61. Ecer, F. (2007). *Fuzzy Topsis Yöntemiyle İnsan Kaynağı Seçiminde Adayların Değerlemesi Ve Bir Uygulama.* Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.

62. Ishizaka, A., and Siraj, S. (2018). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research, 264*(2), 462-471.

63. Wang, X., and Triantaphyllou E. (2006). Ranking Irregularities When Evaluating Alternatives by Using Some Multi-Criteria Decision Analysis Methods, A. Badiru (Ed.). *Handbook of Industrial and Systems Engineering.* Boca Raton: CRC Press.

64. Wang, X., and Triantaphyllou E. (2008). Ranking İrregularities When Evaluating Alternatives By Using Some Electre Methods. *Omega, 36*(1), 45 – 63.

65. Rao, R. V. (2007). *Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods.* London: Springer.

66. Pedrycz, W., Ekel, P., and Parreiras, R. (2011). *Fuzzy multicriteria decision-making: models, methods and applications*. Chichester: John Wiley & Sons.

67. Taha, R.A., and Daim, T. (2013). Multi-criteria applications in renewable energy analysis, a literature review. Tugrul, D., Oliver, T., Kim, J. (Eds.). *Research and Technology Management in the Electricity Industry*. London: Springer.

68. Zardari, N.H., Ahmet, K., Shirazi, S.M., and Yusop, Z.B. (2015). *Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*. London: Springer.

69. Taha, H.A. (2000). *Yöneylem Araştırması* (çev. Ş. A. Baray ve Ş. Esnaf). İstanbul: Literatür Yayıncılık. (Eserin Orijinali 1997'de yayınlandı).

70. Kuru A. (2011). *Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar Ve Uygulamaları*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

71. Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., and Malhotra, M. K. (2014). *Üretim yönetimi:süreçler ve tedarik zincirleri* (çev. Ed. S. Birgün, çev. F. S. Onursal). Ankara: Nobel Yayınevi.

72. Bayram, N. (2015). Belirsizlik altında karar verme., M. Aytaç ve N. Gürsakal (Editörler). *Karar verme*. Bursa: Dora Yayınevi.

73. Işığıçok, E. (2015). Karar vermeye giriş., M. Aytaç ve N. Gürsakal (Editörler). *Karar verme*. Bursa: Dora Yayınevi.

74. Kilgour, D. M., Chen. Y., and Hipel KW. (2010). Multiple Criteria Approaches to Group Decision and Negotiation., M. Ehrgott, J. R. Figueira and S. Greco (Eds.). *Trends in multiple criteria decision analysis*. London: Springer.

75. Tzeng, G. H., and Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Boca Raton: CRC Press.

76. Koçel, T. (2010). *İşletme Yöneticiliği* (Onikinci Baskı). İstanbul: Beta Yayınevi.

77. Kahraman, C. (Ed.). (2008). *Fuzzy multi-criteria decision making: theory and applications with recent developments*. London: Springer.

78. Chatterjee, N.C., and Bose, G.K. (2013). Selection of vendors for wind farm under fuzzy MCDM environment. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, *4*(4), 535-546.

79. Tiryaki, A. E., ve Kazan, R. (2007). Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, *48*(565), 3-8.

80. Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, *62*, 80-85.

81. Kömür, M., ve Altan, M. (2011). Deprem hasarı gören binaların hasar tespitinde bulanık mantık yaklaşımı. *itüdergisi/d mühendislik*, *4*(2), 43-52.

82. Akyazı, Ö., Usta, M. A., ve Akpınar, A. S. (2011, May). Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi. In *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*.

83. Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, *8*(3), 338-353.

84. Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

85. Demirhan, A., Kılıç, Y. A., ve İnan, G. (2010). Tıpta yapay zeka uygulamaları. *Yoğun Bakım Dergisi*, *9*(1), 31-41.

86. Zimmermann, H. J. (2010). Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, *2*(3), 317-332.

87. Filev, D. P., and Yager, R. R. (1997). Operations on fuzzy numbers via fuzzy reasoning. *Fuzzy Sets and Systems*, *91*(2), 137-142.

88. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, *95*(3), 649-655.

89. Delgado, M., Vila, M. A., and Voxman, W. (1998). On a canonical representation of fuzzy numbers. *Fuzzy sets and systems*, *93*(1), 125-135.

90. Kahraman, C., Cebeci, U., and Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, *87*(2), 171-184.

91. Chen, S. M. (1996). Evaluating weapon systems using fuzzy arithmetic operations. *Fuzzy sets and systems*, *77*(3), 265-276.

92. Giachetti, R. E., and Young, R. E. (1997). A parametric representation of fuzzy numbers and their arithmetic operators. *Fuzzy sets and systems*, *91*(2), 185-202.

93. İnternet: Çobanoğlu, B. (Kasım, 2000). Bulanik mantik ve bulanik küme teorisi. Web: https://cobanoglu.wikispaces.com/file/view/bulanikmantik.pdf adresinden 12 Kasım 2017'de alınmıştır.

94. Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information sciences*, *8*(3), 199-249.

95. Filev, D. P., and Yager, R. R. (1991). A generalized defuzzification method via BAD distributions. *International Journal of Intelligent Systems*, *6*(7), 687-697.

96. Tsaur, S. H., Chang, T. Y., and Yen, C. H. (2002). The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism management*, *23*(2), 107-115.

97. Mahdiani, H. R., Banaiyan, A., Javadi, M. H. S., Fakhraie, S. M., and Lucas, C. (2013). Defuzzification block: New algorithms, and efficient hardware and software implementation issues. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *26*(1), 162-172.

98. Leekwijek, W. V., and Kerre, E. E. (1999). Defuzzification: criteria and classification. *Fuzzy sets and systems*, *108*, 159-178.

99. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., and Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of environmental management*, *90*(10), 3048-3056.

100. Baležentis, A., Baležentis, T., and Misiunas, A. (2012). An integrated assessment of Lithuanian economic sectors based on financial ratios and fuzzy MCDM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, *18*(1), 34-53.

101. Wang, Y. M., and Elhag, T. M. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert systems with applications*, *31*(2), 309-319.

102. Kannan, D., de Sousa Jabbour, A. B. L., and Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, *233*(2), 432-447.

103. Chen, M. F., and Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. Mathematical and Computer Modelling, 40, 1473–1490.

104. Chen, C. T. (2000). Extension of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems, 114, 1–9.

105. Hwang, C. L., and Yoon C. L. (1981). *Multiple Attribute Decision Making*. London: Springer.

106. Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A. A., Ghorbani, M. A., and Shahbazi, F. (2018). Application of SAW, TOPSIS and fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. *Geoderma*, *310*, 178-190.

107. Özdemir, M. (2015). TOPSIS., B.F. Yıldırım ve E. Önder (Editörler). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınevi.

108. 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*(2), 289-301.

109. Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*, *2*(1), 5-21.

110. Opricovic, S., and Tzeng, G. H. (2002). Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, *17*(3), 211-220.

111. Opricovic, S., and Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, *156*(2), 445–455.

112. Sanayei, A., Mousavi, S. F., and Yazdankhah, A. (2010). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, *37*(1), 24-30.

113. Opricovic, S., and Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European journal of operational research*, *178*(2), 514-529.

114. Akyüz, G. (2012). BulanIk Vikor yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, *26*(1), 197-215.

115. Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, *38*(10), 12983-12990.

116. Chen, L. Y., and Wang, T. C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, *120*(1), 233-242.

117. Wang, T. C., Liang, J. L., and Ho, C. Y. (2006, October). Multi-criteria decision analysis by using fuzzy VIKOR. In *Service Systems and Service Management, 2006 International Conference on* (Vol. 2, pp. 901-906). IEEE.

118. Hsieh, T. Y., Lu, S. T., and Tzeng, G. H. (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International journal of project management*, *22*(7), 573-584.

119. Qin, Q., Liang, F., Li, L., Chen, Y. W., and Yu, G. F. (2017). A TODIM-based multi-criteria group decision making with triangular intuitionistic fuzzy numbers. *Applied Soft Computing*, *55*, 93-107.

120. Salomon, V. A. P., and Rangel, L. A. D. (2015). Comparing rankings from using TODIM and a fuzzy expert system. *Procedia Computer Science*, *55*, 126-138.

121. Araújo, R. M. (2015). Multicriteria Classification with TODIM-FSE. *Procedia Computer Science*, *55*, 559-565.

122. Gomes, L.F.A.M., and Lima, M.M.P.P. (1992). TODIM: Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, *16* (4), 113-127.

123. Gomes, L. F. A. M., and Rangel, L. A. D. (2009a). An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. *European Journal of Operational Research*, *193*(1), 204-211.

124. Gomes, L. F. A. M., Rangel, L. A. D., and Maranhão, F. J. C. (2009b). Multicriteria analysis of natural gas destination in Brazil: An application of the TODIM method. *Mathematical and Computer Modelling*, *50*(1), 92-100.

125. Tseng, M. L., Lin, Y. H., Tan, K., Chen, R. H., and Chen, Y. H. (2014). Using TODIM to evaluate green supply chain practices under uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, *38*(11), 2983-2995.

126. Tosun, Ö., and Akyüz, G. (2015). A fuzzy TODIM approach for the supplier selection problem. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, *8*(2), 317-329.

127. Adali, E. A. (2016). EVAMIX ve TODIM Yöntemleri İle Sağlık Sektöründe Personel Seçimi. *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, *4*(2), 69-84.

128. Wang, J., Wang, J. Q., and Zhang, H. Y. (2016). A likelihood-based TODIM approach based on multi-hesitant fuzzy linguistic information for evaluation in logistics outsourcing. *Computers & Industrial Engineering*, *99*, 287-299.

129. Fan, Z. P., Zhang, X., Chen, F. D., and Liu, Y. (2013). Extended TODIM method for hybrid multiple attribute decision making problems. *Knowledge-Based Systems*, *42*, 40-48.

130. Huang, J., Li, Z. S., and Liu, H. C. (2017). New approach for failure mode and effect analysis using linguistic distribution assessments and TODIM method. *Reliability Engineering & System Safety*, *167*, 302-309.

131. Ramooshjan, K., Rahmani, J., Sobhanollahi, M. A., and Mirzazadeh, A. (2015). A new method in the location problem using fuzzy TODIM. *Journal of Human and Social Science Research*, *6*(1), 1-13.

132. Krohling, R. A., and de Souza, T. T. M. (2012). Combining prospect theory and fuzzy numbers to multi-criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, *39*(13), 11487-11493.

133. Lourenzutti, R., and Krohling, R. A. (2015). TODIM based method to process heterogeneous information. *Procedia Computer Science*, *55*, 318-327.

134. Hanine, M., Boutkhoum, O., Tikniouine, A., and Agouti, T. (2016). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TODIM methods for landfill location selection. *SpringerPlus*, *5*(501), 1-30.

135. Zhang, X., and Fan, Z. P. (2011, August). A method for linguistic multiple attribute decision making based on TODIM. In *Management and Service Science (MASS), 2011 International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.

136. Abdel-Kader, M. G., and Dugdale, D. (2001). Evaluating investments in advanced manufacturing technology: A fuzzy set theory approach. *The British Accounting Review*, *33*(4), 455-489.

137. Dickson G.W. (1966). An analysis of vendor selection system and decisions. *Journal of Purchasing*. *2*(1), 5-17.

138. Simić, D., Kovačević, I., Svirčević, V., and Simić, S. (2017). 50 years of fuzzy set theory and models for supplier assessment and selection: A literature review. *Journal of Applied Logic*, *24*, 85-96.

139. Büyüközkan, G., ve Vardaloğlu, Z. (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi. *Lojistik Dergisi*, *8*, 66-73.

140. Igarashi, M., de Boer, L., and Fet, A. M. (2013). What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *19*(4), 247-263.

141. İnternet: Brundtland, G. H. (April, 1987). Common Future : Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Web: http://www.ask-force.org/web/Sustainability/Brundtland-Our-Common-Future-1987-2008.pdf adresinden 12 Kasım 2017'de alınmıştır.

142. 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.

143. İnternet: Elkington, J. (August, 2004). Enter the Triple Bottom Line. Web: http://kmhassociates.ca/resources/1/Triple%20Bottom%20Line%20a%20history%201961-2001.pdf adresinden 12 Kasım 2017'de alınmıştır.

144. İnternet: Şirketler İçin Sürdürülebilirlik Rehberi. (2014, Kasım). Web: http://www.borsaistanbul.com/data/kilavuzlar/surdurulebilirlik-rehberi.pdf adresinden 13 Ekim 2017'de alınmıştır.

145. Bridges, C. M., and Wilhelm W. B. (2008). Going Beyond Green: The why and how of ıntegrating sustainability ınto the marketing curriculum, *Journal of Marketing Education, 30*(1), 33-46.

146. Savitz, A.W., and Weber, K. (2014). *Triple Bottom Line : How today's best-run companies are achieving economic, social and environmental success - and how you can too*. San Francisco: Jossey-Bass A Wiley Brand.

147. Carter, C. R., and Liane Easton, P. (2011). Sustainable supply chain management: evolution and future directions. *International journal of physical distribution & logistics management, 41*(1), 46-62.

148. Carter, C. R., and Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management, 38*(5), 360-387.

149. Pagell, M., and Wu, Z. (2009). Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 exemplars. *Journal of supply chain management, 45*(2), 37-56.

150. İnternet: 7 Adımda Sürdürülebilir Tedarik Zinciri. (2013, Kasım). Web: http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/7254-7-adimda-surdurulebilir-tedarik-zinciri adresinden 28 Eylül 2017'de alınmıştır.

151. Touboulic, A., and Walker, H. (2015). Theories in sustainable supply chain management: a structured literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 45*(1/2), 16-42.

152. Wolters, T. (2003). Transforming international product chains into channels of sustainable production: the imperative of sustainable chain management. *Greener Management International, 43*, 6-13.

153. Walker, H., and Brammer, S. (2009). Sustainable procurement in the United Kingdom public sector. *Supply Chain Management: An International Journal, 14*(2), 128-137.

154. Spence, L., and Bourlakis, M. (2009). The evolution from corporate social responsibility to supply chain responsibility: the case of waitrose. *Supply Chain Management: An International Journal, 14*(4), 291-302.

155. Tate, W. L., Ellram, L. M., and Kirchoff, J. F. (2010). Corporate social responsibility reports: a thematic analysis related to supply chain management. *Journal of supply chain management, 46*(1), 19-44.

156. Ahi, P., and Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production, 52*, 329-341.

157. 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 Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

158. 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.

159. Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., and Passaro, R. (2012). AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *18*(3), 159-172.

160. De Boer, L., and van der Wegen, L. L. M. (2003). Practice and promise of formal supplier selection: a study of four empirical cases. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *9*(3), 109-118.

161. Chai, J., Liu, J. N. K., and Ngai, E. W.T. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, *40*(10), 3872-3885.

162. 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.

163. Ho, W., Xu, X., & 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.

164. Hashemi, S. H., Karimi, A., & Tavana, M. (2015). An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. *International Journal of Production Economics*, *159*, 178-191.

165. Dursun Usta, M. (2013). *Multı-Criteria Decision Making Approaches For Supplier Selection*. Doctor of Philosophy Thesis, Galatasaray University Institute of Science and Engineering, İstanbul.

166. Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., and Zolfani, S. H. (2017). Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 3728-3740.

167. Parkouhi, S. V., and Ghadikolaei, A. S. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, *161*, 431-451.

168. Denizhan, B., Yılmaz Yalçıner, A., ve Berber Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *6*(1), 63-78.

169. Doğan, A., Söylemez, İ., & Özcan, U. (2016). Green supplier selection by using fuzzy topsis method. In *Uncertainty Modelling in Knowledge Engineering and Decision Making: Proceedings of the 12th International FLINS Conference*,World Scientific, *10*, pp. 638-645.

170. Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., & Yu, T. H. K. (2016). A fuzzy MCDM approach for Green supplier selection from the economic and environmental aspects. *Mathematical Problems in Engineering*, *2016*(6), 1-10.

171. Şişman, B. (2016). Bulanık MOORA yöntemi kullanılarak yeşil tedarikçi geliştirme programlarının seçimi ve değerlendirilmesi. *Journal of Yaşar University*, *11*(44), 302-315.

172. Kannan, D., Govindan, K., and Rajendran, S. (2015). Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, *96*, 194-208.

173. 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.

174. Simić, D., Svirčević, V., and Simić, S. (2015). A hybrid evolutionary model for supplier assessment and selection in inbound logistics. *Journal of Applied Logic*, *13*(2), 138-147.

175. Kuo, R. J., Wang, Y. C., and Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of cleaner production*, *18*(12), 1161-1170.

176. 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.

177. Chiou, C. Y., Hsu, C. W., and Hwang, W. Y. (2008, December). Comparative investigation on green supplier selection of the American, Japanese and Taiwanese electronics industry in China. In *Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE International Conference*, 1909-1914.

178. Huang, S. H., and Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *International journal of production economics*, *105*(2), 510-523.

179. Chan, F. T., and Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega*, *35*(4), 417-431.

180. Kahraman, C., Cebeci, U., and Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, *16*(6), 382-394.

181. Humphreys, P. K., Wong, Y. K., and Chan, F. T. S. (2003). Integrating environmental criteria into the supplier selection process. *Journal of Materials processing technology*, *138*(1), 349-356.

182. Tseng, M. L., and Geng, Y. (2012). Evaluating the green supply chain management using life cycle assessment approach in uncertainty. *management*, *44*(8), 133-157.

183. Wong, T. N., Lee, L. H., and Sun, Z. (2012). CSR and environmental criteria in supplier selection. In *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012*. APIEMS, 74-84.

184. Büyüközkan, G., and Çifçi, G. (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 3000-3011.

185. Punniyamoorthy, M., Mathiyalagan, P., and Parthiban, P. (2011). A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection. *Expert Systems with Applications*, *38*(1), 458-474.

186. Awasthi, A., Chauhan, S. S., and Goyal, S. K. (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics*, *126*(2), 370-378.

187. Guiffrida, A. L., and Jaber, M. Y. (2008). Managerial and economic impacts of reducing delivery variance in the supply chain. *Applied mathematical modelling*, *32*(10), 2149-2161.

188. Vachon, S., and Klassen, R. D. (2002). An exploratory investigation of the effects of supply chain complexity on delivery performance. *IEEE Transactions on engineering management*, *49*(3), 218-230.

189. Pujawan, I. N. (2004). Assessing supply chain flexibility: a conceptual framework and case study. *International Journal of Integrated Supply Management*, *1*(1), 79-97.

190. Ariss, S. S., & Zhang, Q. (2002). The impact of flexible process capability on the product–process matrix: An empirical examination. *International Journal of Production Economics*, *76*(2), 135-145.

191. Hoetker, G. (2005). How much you know versus how well I know you: selecting a supplier for a technically innovative component. *Strategic Management Journal*, *26*(1), 75-96.

192. Azadegan, A., & Dooley, K. J. (2010). Supplier innovativeness, organizational learning styles and manufacturer performance: An empirical assessment. *Journal of Operations Management*, *28*(6), 488-505.

193. Flor, M., & Oltra, M. J. (2005). The influence of firms' technological capabilities on export performance in supplier-dominated industries: the case of ceramic tiles firms. *R&D Management*, *35*(3), 333-347.

194. Ariffin, N., & Figueiredo, P. N. (2004). Internationalization of innovative capabilities: counter-evidence from the electronics industry in Malaysia and Brazil. *Oxford development studies*, *32*(4), 559-583.

195. Kaufmann, L., Kreft, S., Ehrgott, M., & Reimann, F. (2012). Rationality in supplier selection decisions: The effect of the buyer's national task environment. *Journal of Purchasing and Supply Management*, *18*(2), 76-91.

196. Zuidwijk, R., & Krikke, H. (2008). Strategic response to EEE returns:: Product eco-design or new recovery processes?. *European Journal of Operational Research*, *191*(3), 1206-1222.

197. Knight, P., & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of cleaner production*, *17*(5), 549-558.

198. Bovea, M. D., & Gallardo, A. (2006). The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design. *Materials & Design*, *27*(3), 209-215.

199. Iraldo, F., Testa, F., & Frey, M. (2009). Is an environmental management system able to influence environmental and competitive performance? The case of the eco-management and audit scheme (EMAS) in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, *17*(16), 1444-1452.

200. Darnall, N., & Edwards, D. (2006). Predicting the cost of environmental management system adoption: the role of capabilities, resources and ownership structure. *Strategic management journal*, *27*(4), 301-320.

201. Zeng, X. T., Tong, Y. F., Cui, L., Kong, X. M., Sheng, Y. N., Chen, L., & Li, Y. P. (2017). Population-production-pollution nexus based air pollution management model for alleviating the atmospheric crisis in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, *197*, 507-521.

202. Hassanzadeh, A., & Rasti-Barzoki, M. (2017). Minimizing total resource consumption and total tardiness penalty in a resource allocation supply chain scheduling and vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, *58*, 307-323.

203. Hekimci, F. (2012). Sürdürülebilir Yarınlar İçin; Sürdürülebilir Tüketim ve Enerji Verimliliği. *Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Anahtar Dergisi*, *226*, 10-15.

204. Krolikowski, M., & Yuan, X. (2017). Friend or foe: Customer-supplier relationships and innovation. *Journal of Business Research*, *78*, 53-68.

205. Dombrowski, U., & Fochler, S. (2017). Impact of Service Transition on After Sales Service Structures of Manufacturing Companies. *Procedia CIRP*, *64*, 133-138.

206. Büyüközkan, G., Güleryüz, S., & Karpak, B. (2017). A new combined IF-DEMATEL and IF-ANP approach for CRM partner evaluation. *International Journal of Production Economics*, *191*, 194-206.

207. Haleem, A., Sushil, Qadri, M. A., & Kumar, S. (2012). Analysis of critical success factors of world-class manufacturing practices: an application of interpretative structural modelling and interpretative ranking process. *Production Planning & Control*, *23*(10-11), 722-734.

208. Clement, R. W. (2005). The lessons from stakeholder theory for US business leaders. *Business Horizons*, *48*(3), 255-264.

209. Freeman, R. E. (2010). *Strategic management: A stakeholder approach*. Cambridge: Cambridge university press.

210. Doğan, A. (2009). *İşletmelerin sosyal sorumluluklarının tüketici davranışına etkisine ilişkin Adana, Gaziantep ve Kahramanmaraş gıda işletmelerinde yapılan karşılaştırmalı bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.

211. Jilcha, K., & Kitaw, D. (2017). Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development. *Engineering science and technology, an international journal*, *20*(1), 372-380.

212. Molamohamadi, Z., & Ismail, N. (2014). The relationship between occupational safety, health, and environment, and sustainable development: a review and critique. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, *5*(3), 198-202.

213. Mohammadfam, I., Kamalinia, M., Momeni, M., Golmohammadi, R., Hamidi, Y., & Soltanian, A. (2017). Evaluation of the quality of occupational health and safety management systems based on key performance indicators in certified organizations. *Safety and health at work*, *8*(2), 156-161.

214. Kuruüzüm, A., & Atsan, N. (2001). Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanindaki uygulamalari. *Akdeniz Universitesi Iktisadi ve Idari Bilimler Fakultesi Dergisi*, *1*(1), 83-105.

215. İnternet: Satıcı, Ö. (Ağustos, 2014). Korelasyon Analizi, Spearman Korelasyon Analizi. Web: http://www.dicle.edu.tr/Contents/05ec89ab-2b9b-492d-a161-effe635296f9.pdf adresinden 10 Ağustos 2017'de alınmıştır.

216. Kuru, A., & Akın, B. (2012). Entegre yönetim sistemlerinde çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanımına yönelik yaklaşımlar ve uygulamaları. *Öneri Dergisi*, *10*(38), 129-144.

217. İnternet: Decent work and the 2030 agenda for sustainable development. (2013, Ekim). Web: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_436923.pdf adresinden 28 Ekim 2017'de alınmıştır.

EKLER

EK-1. Karar Verici 1'in tedarikçileri sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre dilsel değişkenlerle değerlendirmesi

	Ekonomik Kriterler								Çevresel Kriterler					
KV1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
A1	Oİ	Oİ	Oİ	Oİ	O	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ	İ
A2	İ	İ	Oİ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ	Oİ	O	İ	İ	Oİ
A3	İ	İ	İ	İ	O	Oİ	İ	O	O	O	OK	Oİ	O	O
A4	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ	İ	İ	Çİ	Çİ	İ	O	Çİ	İ	Çİ
A5	Oİ	Oİ	Oİ	İ	OK	İ	İ	Oİ	İ	İ	İ	Oİ	Oİ	O
	Sosyal Kriterler													
	S1	S2	S3	S4	S5	S6								
A1	Oİ	Oİ	İ	İ	İ	İ								
A2	Çİ	Çİ	Oİ	İ	Oİ	İ								
A3	OK	Oİ	O	Oİ	İ	Oİ								
A4	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	İ								
A5	Oİ	Oİ	O	Oİ	O	İ								

EK-2. Karar Verici 2'in tedarikçileri sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre dilsel değişkenlerle değerlendirmesi

	Ekonomik Kriterler								Çevresel Kriterler					
KV2	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
A1	K	OK	İ	Oİ	OK	İ	İ	Oİ	O	Çİ	O	O	İ	Oİ
A2	OK	O	O	İ	O	Oİ	İ	O	O	Çİ	O	O	O	O
A3	OK	O	O	Oİ	OK	O	O	O	OK	O	O	O	O	Oİ
A4	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Oİ	İ	Çİ	Oİ	Çİ	Çİ	Oİ	Çİ	İ
A5	K	OK	İ	İ	O	İ	Oİ	Oİ	O	Oİ	O	O	Oİ	O
	Sosyal Kriterler													
	S1	S2	S3	S4	S5	S6								
A1	İ	İ	Oİ	O	Oİ	Oİ								
A2	Oİ	Oİ	Oİ	OK	İ	Oİ								
A3	Oİ	O	O	O	O	O								
A4	Çİ	İ	İ	Oİ	İ	Çİ								
A5	Oİ	Oİ	O	O	Oİ	O								

EK-3. Karar Verici 3'ün sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterlerine göre tedarikçileri dilsel değişkenlerle değerlendirmesi

	Ekonomik Kriterler								Çevresel Kriterler					
KV3	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
A1	K	OK	İ	İ	O	İ	İ	İ	Oİ	İ	Oİ	O	Oİ	İ
A2	OK	O	OK	İ	İ	İ	İ	Oİ	O	İ	O	O	O	Oİ
A3	OK	O	Oİ	İ	Oİ	Oİ	Oİ	İ	K	OK	O	O	O	Oİ
A4	Çİ	Çİ	İ	Çİ	İ	Oİ	İ	İ	İ	İ	İ	Oİ	İ	İ
A5	K	OK	İ	İ	O	Oİ	İ	O	O	O	O	OK	Oİ	Oİ
	Sosyal Kriterler													
	S1	S2	S3	S4	S5	S6								
A1	İ	Oİ	İ	O	İ	İ								
A2	İ	İ	İ	OK	Oİ	İ								
A3	O	İ	OK	OK	Oİ	Oİ								
A4	Çİ	Çİ	İ	O	İ	Çİ								
A5	O	İ	O	O	O	O								

EK-4. Alternatiflerin/tedarikçilerin değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Sürdürülebilirlik Boyutları	Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
			KV1	KV2	KV3
EKONOMİK	E1	A_1	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
		A_2	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
		A_3	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
		A_4	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)
	E2	A_1	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
		A_2	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_4	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
	E3	A_1	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_2	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
		A_3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	E4	A_1	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_3	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_4	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)

EK-4. (devam) Alternatiflerin/tedarikçilerin değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Sürdürülebilirlik Boyutları	Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
			KV1	KV2	KV3
EKONOMİK	E5	A_1	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
		A_2	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
		A_3	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	E6	A_1	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_2	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
		A_5	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
	E7	A_1	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_2	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
	E8	A_1	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
		A_4	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)

EK-4. (devam) Alternatiflerin/tedarikçilerin değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Sürdürülebilirlik Boyutları	Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
			KV1	KV2	KV3
ÇEVRESEL	Ç1	A_1	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_2	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_3	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)
		A_4	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	Ç2	A_1	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_2	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
		A_4	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	Ç3	A_1	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_2	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_3	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_4	(3, 5, 7)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	Ç4	A_1	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_2	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_4	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
		A_5	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)

EK-4. (devam) Alternatiflerin/tedarikçilerin değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Sürdürülebilirlik Boyutları	Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
			KV1	KV2	KV3
ÇEVRESEL	Ç5	A_1	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
		A_2	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_4	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	Ç6	A_1	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_3	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
		A_4	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
SOSYAL	S1	A_1	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_2	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_3	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
		A_4	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S2	A_1	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
		A_2	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
		A_4	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)

EK-4. (devam) Alternatiflerin/tedarikçilerin değerlendirme sonuçlarının üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Sürdürülebilirlik Boyutları	Kriterler	Alternatifler	Karar Vericiler		
			KV1	KV2	KV3
SOSYAL	S3	A_1	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_3	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
		A_4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	S4	A_1	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
		A_2	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
		A_3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
		A_4	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
		A_5	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	S5	A_1	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)
		A_3	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
		A_5	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	S6	A_1	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_2	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
		A_3	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
		A_4	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
		A_5	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)

EK-5. Karar kriterleri için elde edilen kazanç ve kayıp matrisleri

$$G_{E1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,689 & 0 & 0 & 0 & 1,689 \\ 1,689 & 0 & 0 & 0 & 1,689 \\ 6,526 & 4,903 & 4,903 & 0 & 6,526 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E1} = \begin{bmatrix} 0 & 1,689 & 1,689 & 6,526 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4,903 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4,903 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,689 & 1,689 & 6,526 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,895 & 0 & 0 & 0 & 1,895 \\ 1,895 & 0 & 0 & 0 & 1,895 \\ 5,477 & 3,616 & 3,616 & 0 & 5,477 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E2} = \begin{bmatrix} 0 & 1,895 & 1,895 & 5,477 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3,616 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3,616 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,895 & 1,895 & 5,477 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E3} = \begin{bmatrix} 0 & 3,127 & 1,232 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1,895 & 0 & 0 & 0 \\ 0,981 & 4,064 & 2,186 & 0 & 0,981 \\ 0 & 3,127 & 1,232 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,981 & 0 \\ 3,127 & 0 & 1,895 & 4,064 & 3,127 \\ 1,232 & 0 & 0 & 2,186 & 1,232 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,981 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,155 & 0 & 0,577 & 0 & 0 \\ 0,577 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2,380 & 1,291 & 1,826 & 0 & 1,291 \\ 1,155 & 0 & 0,577 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E4} = \begin{bmatrix} 0 & 1,155 & 0,577 & 2,380 & 1,155 \\ 0 & 0 & 0 & 1,291 & 0 \\ 0 & 0,577 & 0 & 1,826 & 0,577 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,291 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4,359 & 0 & 0,577 & 0 & 0 \\ 3,791 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5,477 & 1,291 & 1,826 & 0 & 1,291 \\ 4,359 & 0 & 0,577 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E5} = \begin{bmatrix} 0 & 4,359 & 3,791 & 5,477 & 4,359 \\ 0 & 0 & 0 & 1,291 & 0 \\ 0 & 0,577 & 0 & 1,826 & 0,577 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,291 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E6} = \begin{bmatrix} 0 & 0,577 & 2,380 & 1,155 & 0,577 \\ 0 & 0 & 1,805 & 0,577 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,232 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1,805 & 0,577 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{E6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,577 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2,380 & 1,805 & 0 & 1,232 & 1,805 \\ 1,155 & 0,577 & 0 & 0 & 0,577 \\ 0,577 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

EK-5. (devam) Karar kriterleri için elde edilen kazanç ve kayıp matrisleri

$$G_{E7} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1{,}805 & 0 & 0{,}577 \\ 0 & 0 & 1{,}805 & 0 & 0{,}577 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1{,}805 & 0 & 0{,}577 \\ 0 & 0 & 1{,}232 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{E7} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}805 & 1{,}805 & 0 & 1{,}805 & 1{,}232 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}577 & 0{,}577 & 0 & 0{,}577 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{E8} = \begin{bmatrix} 0 & 1{,}232 & 1{,}895 & 0 & 1{,}805 \\ 0 & 0 & 0{,}667 & 0 & 0{,}577 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}401 & 2{,}582 & 3{,}220 & 0 & 3{,}156 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{E8} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1{,}401 & 0 \\ 1{,}232 & 0 & 0 & 2{,}582 & 0 \\ 1{,}895 & 0{,}667 & 0 & 3{,}220 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}805 & 0{,}577 & 0 & 3{,}156 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{Ç1} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}430 & 3{,}781 & 0 & 0{,}667 \\ 0 & 0 & 3{,}459 & 0 & 0{,}430 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}610 & 1{,}895 & 5{,}354 & 0 & 2{,}261 \\ 0 & 0 & 3{,}115 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{Ç1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1{,}610 & 0 \\ 0{,}430 & 0 & 0 & 1{,}895 & 0 \\ 3{,}781 & 3{,}459 & 0 & 5{,}354 & 3{,}115 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}667 & 0{,}430 & 0 & 2{,}261 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{Ç2} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}577 & 4{,}722 & 0 & 2{,}186 \\ 0 & 0 & 4{,}150 & 0 & 1{,}610 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}577 & 4{,}722 & 0 & 2{,}186 \\ 0 & 0 & 2{,}560 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{Ç2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}577 & 0 & 0 & 0{,}577 & 0 \\ 4{,}722 & 4{,}150 & 0 & 4{,}722 & 2{,}560 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2{,}186 & 1{,}610 & 0 & 2{,}186 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{Ç3} = \begin{bmatrix} 0 & 1{,}895 & 2{,}560 & 0 & 0{,}667 \\ 0 & 0 & 0{,}667 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}981 & 2{,}835 & 3{,}491 & 0 & 1{,}610 \\ 0 & 1{,}232 & 1{,}895 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{Ç3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0{,}981 & 0 \\ 1{,}895 & 0 & 0 & 2{,}835 & 1{,}232 \\ 2{,}560 & 0{,}667 & 0 & 3{,}491 & 1{,}895 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}667 & 0 & 0 & 1{,}610 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{Ç4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0{,}577 & 0 & 1{,}232 \\ 0 & 0 & 0{,}577 & 0 & 1{,}232 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}667 \\ 1{,}689 & 1{,}689 & 2{,}261 & 0 & 2{,}919 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{Ç4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1{,}689 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1{,}689 & 0 \\ 0{,}577 & 0{,}577 & 0 & 2{,}261 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}232 & 1{,}232 & 0{,}667 & 2{,}919 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{Ç5} = \begin{bmatrix} 0 & 1{,}895 & 3{,}127 & 0 & 1{,}155 \\ 0 & 0 & 1{,}232 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}981 & 2{,}835 & 4{,}064 & 0 & 2{,}126 \\ 0 & 0{,}793 & 2{,}000 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad L_{Ç5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0{,}981 & 0 \\ 1{,}895 & 0 & 0 & 2{,}835 & 0{,}793 \\ 3{,}127 & 1{,}232 & 0 & 4{,}064 & 2{,}000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1{,}155 & 0 & 0 & 2{,}126 & 0 \end{bmatrix}$$

EK-5. (devam) Karar kriterleri için elde edilen kazanç ve kayıp matrisleri

$$G_{Ç6} = \begin{bmatrix} 0 & 1,805 & 1,805 & 0 & 2,465 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,667 \\ 0,981 & 2,762 & 2,762 & 0 & 3,410 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{Ç6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,981 & 0 \\ 1,805 & 0 & 0 & 2,762 & 0 \\ 1,805 & 0 & 0 & 2,762 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2,465 & 0,667 & 0 & 3,410 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3,127 & 0 & 1,805 \\ 0,430 & 0 & 3,491 & 0 & 2,186 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,826 & 1,401 & 4,830 & 0 & 3,559 \\ 0 & 0 & 1,333 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{S1} = \begin{bmatrix} 0 & 0,430 & 0 & 1,826 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,401 & 0 \\ 3,127 & 3,491 & 0 & 4,830 & 1,333 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,805 & 2,186 & 0 & 3,559 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,667 & 0 & 0 \\ 0,981 & 0 & 1,610 & 0 & 0,981 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,963 & 0,981 & 2,582 & 0 & 1,963 \\ 0 & 0 & 0,667 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{S2} = \begin{bmatrix} 0 & 0,981 & 0 & 1,963 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,981 & 0 \\ 0,667 & 1,610 & 0 & 2,582 & 0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,981 & 0 & 1,963 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S3} = \begin{bmatrix} 0 & 0,577 & 3,791 & 0 & 3,127 \\ 0 & 0 & 3,226 & 0 & 2,560 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,577 & 1,155 & 4,359 & 0 & 3,697 \\ 0 & 0 & 0,667 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{S3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,577 & 0 \\ 0,577 & 0 & 0 & 1,155 & 0 \\ 3,791 & 3,226 & 0 & 4,359 & 0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3,127 & 2,560 & 0 & 3,697 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S4} = \begin{bmatrix} 0 & 1,333 & 1,232 & 0 & 0,577 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,192 & 0 & 0 & 0 \\ 0,667 & 2,000 & 1,895 & 0 & 1,232 \\ 0 & 0,793 & 0,667 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{S4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,667 & 0 \\ 1,333 & 0 & 0,192 & 2,000 & 0,793 \\ 1,232 & 0 & 0 & 1,895 & 0,667 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,577 & 0 & 0 & 1,232 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S5} = \begin{bmatrix} 0 & 0,577 & 1,232 & 0 & 2,465 \\ 0 & 0 & 0,667 & 0 & 1,895 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1,232 \\ 0,577 & 1,155 & 1,805 & 0 & 3,037 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad L_{S5} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,577 & 0 \\ 0,577 & 0 & 0 & 1,155 & 0 \\ 1,232 & 0,667 & 0 & 1,805 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2,465 & 1,895 & 1,232 & 3,037 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G_{S6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1,805 & 0 & 1,895 \\ 0 & 0 & 1,805 & 0 & 1,895 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,192 \\ 1,401 & 1,401 & 3,156 & 0 & 3,220 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1,401 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1,401 & 0 \\ 1,805 & 1,805 & 0 & 3,156 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1,895 & 1,895 & 0,192 & 3,220 & 0 \end{bmatrix}$$

EK-6. Karar kriterleri için elde edilen baskınlık derecesi/skoru matrisleri

$$\Phi_{E1} = \begin{bmatrix} 0 & -5{,}674 & -5{,}674 & -11{,}154 & 0 \\ 0{,}298 & 0 & 0 & -9{,}667 & 0{,}298 \\ 0{,}298 & 0 & 0 & -9{,}667 & 0{,}298 \\ 0{,}585 & 0{,}507 & 0{,}507 & 0 & 0{,}585 \\ 0{,}000 & -5{,}674 & -5{,}674 & -11{,}154 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E2} = \begin{bmatrix} 0 & -4{,}983 & -4{,}983 & -8{,}472 & 0 \\ 0{,}380 & 0 & 0 & -6{,}883 & 0{,}380 \\ 0{,}380 & 0 & 0 & -6{,}883 & 0{,}380 \\ 0{,}647 & 0{,}525 & 0{,}525 & 0 & 0{,}647 \\ 0 & -4{,}983 & -4{,}983 & -8{,}472 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E3} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}442 & 0{,}277 & -3{,}964 & 0 \\ -7{,}076 & 0 & -5{,}509 & -8{,}068 & -7{,}076 \\ -4{,}442 & 0{,}344 & 0 & -5{,}916 & -4{,}442 \\ 0{,}248 & 0{,}504 & 0{,}369 & 0 & 0{,}248 \\ 0 & 0{,}442 & 0{,}277 & -3{,}964 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E4} = \begin{bmatrix} 0 & -4{,}692 & -3{,}317 & -6{,}736 & -4{,}692 \\ 0{,}246 & 0 & 0{,}174 & -4{,}961 & 0 \\ 0{,}174 & -3{,}317 & 0 & -5{,}899 & -3{,}317 \\ 0{,}353 & 0{,}260 & 0{,}309 & 0 & 0{,}260 \\ 0{,}246 & 0 & 0{,}174 & -4{,}961 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E5} = \begin{bmatrix} 0 & -15{,}230 & -14{,}203 & -17{,}072 & -15{,}230 \\ 0{,}286 & 0 & 0{,}104 & -8{,}288 & 0{,}000 \\ 0{,}267 & -5{,}543 & 0 & -9{,}856 & -5{,}543 \\ 0{,}321 & 0{,}156 & 0{,}185 & 0 & 0{,}156 \\ 0{,}286 & 0 & 0{,}104 & -8{,}288 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E6} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}134 & 0{,}273 & 0{,}190 & 0{,}134 \\ -4{,}295 & 0 & 0{,}238 & 0{,}134 & 0 \\ -8{,}722 & -7{,}596 & 0 & -6{,}275 & -7{,}596 \\ -6{,}075 & -4{,}295 & 0{,}196 & 0 & -4{,}295 \\ -4{,}295 & 0 & 0{,}238 & 0{,}134 & 0 \end{bmatrix}$$

EK-6. (devam) Karar kriterleri için elde edilen baskınlık derecesi/skoru matrisleri

$$\Phi_{E7} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0{,}238 & 0 & 0{,}134 \\ 0 & 0 & 0{,}238 & 0 & 0{,}134 \\ -7{,}596 & -7{,}596 & 0 & -7{,}596 & -6{,}275 \\ 0 & 0 & 0{,}238 & 0 & 0{,}134 \\ -4{,}295 & -4{,}295 & 0{,}196 & -4{,}295 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{E8} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}241 & 0{,}299 & -5{,}446 & 0{,}292 \\ -5{,}108 & 0 & 0{,}177 & -7{,}393 & 0{,}165 \\ -6{,}335 & -3{,}757 & 0 & -8{,}257 & 0 \\ 0{,}257 & 0{,}349 & 0{,}390 & 0 & 0{,}386 \\ -6{,}182 & -3{,}496 & 0 & -8{,}175 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{Ç1} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}172 & 0{,}511 & -4{,}830 & 0{,}215 \\ -2{,}497 & 0 & 0{,}489 & -5{,}240 & 0{,}172 \\ -7{,}401 & -7{,}078 & 0 & -8{,}807 & -6{,}717 \\ 0{,}333 & 0{,}362 & 0{,}608 & 0 & 0{,}395 \\ -3{,}108 & -2{,}497 & 0{,}464 & -5{,}723 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{Ç2} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}119 & 0{,}340 & 0 & 0{,}231 \\ -4{,}862 & 0 & 0{,}318 & -4{,}862 & 0{,}198 \\ -13{,}906 & -13{,}036 & 0 & -13{,}906 & -10{,}240 \\ 0 & 0{,}119 & 0{,}340 & 0 & 0{,}231 \\ -9{,}461 & -8{,}120 & 0{,}250 & -9{,}461 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{Ç3} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}362 & 0{,}420 & -3{,}770 & 0{,}215 \\ -5{,}240 & 0 & 0{,}215 & -6{,}408 & -4{,}225 \\ -6{,}090 & -3{,}108 & 0 & -7{,}111 & -5{,}240 \\ 0{,}260 & 0{,}442 & 0{,}491 & 0 & 0{,}333 \\ -3{,}108 & 0{,}292 & 0{,}362 & -4{,}830 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{Ç4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0{,}091 & -10{,}849 & 0{,}133 \\ 0 & 0 & 0{,}091 & -10{,}849 & 0{,}133 \\ -6{,}344 & -6{,}344 & 0 & -12{,}553 & 0{,}098 \\ 0{,}156 & 0{,}156 & 0{,}180 & 0 & 0{,}205 \\ -9{,}268 & -9{,}268 & -6{,}817 & -14{,}263 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{Ç5} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}189 & 0{,}242 & -7{,}226 & 0{,}147 \\ -10{,}043 & 0 & 0{,}152 & -12{,}282 & -6{,}498 \\ -12{,}899 & -8{,}098 & 0 & -14{,}706 & -10{,}316 \\ 0{,}136 & 0{,}231 & 0{,}276 & 0 & 0{,}200 \\ -7{,}839 & 0{,}122 & 0{,}194 & -10{,}635 & 0 \end{bmatrix}$$

EK-6. (devam) Karar kriterleri için elde edilen baskınlık derecesi/skoru matrisleri

$$\Phi_{Ç6} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}353 & 0{,}353 & -3{,}770 & 0{,}412 \\ -5{,}114 & 0 & 0 & -6{,}326 & 0{,}215 \\ -5{,}114 & 0 & 0 & -6{,}326 & 0{,}215 \\ 0{,}260 & 0{,}437 & 0{,}437 & 0 & 0{,}485 \\ -5{,}975 & -3{,}108 & -3{,}108 & -7{,}029 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S1} = \begin{bmatrix} 0 & -2{,}375 & 0{,}489 & -4{,}891 & 0{,}371 \\ 0{,}181 & 0 & 0{,}516 & -4{,}285 & 0{,}408 \\ -6{,}401 & -6{,}763 & 0 & -7{,}956 & -4{,}180 \\ 0{,}373 & 0{,}327 & 0{,}607 & 0 & 0{,}521 \\ -4{,}864 & -5{,}352 & 0{,}319 & -6{,}829 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S2} = \begin{bmatrix} 0 & -3{,}586 & 0{,}226 & -5{,}071 & 0 \\ 0{,}274 & 0 & 0{,}351 & -3{,}586 & 0{,}274 \\ -2{,}956 & -4{,}593 & 0 & -5{,}817 & -2{,}956 \\ 0{,}387 & 0{,}274 & 0{,}444 & 0 & 0{,}387 \\ 0 & -3{,}586 & 0{,}226 & -5{,}071 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S3} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}210 & 0{,}538 & -2{,}750 & 0{,}489 \\ -2{,}750 & 0 & 0{,}496 & -3{,}890 & 0{,}442 \\ -7{,}048 & -6{,}502 & 0 & -7{,}558 & -2{,}956 \\ 0{,}210 & 0{,}297 & 0{,}577 & 0 & 0{,}531 \\ -6{,}401 & -5{,}792 & 0{,}226 & -6{,}960 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S4} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}251 & 0{,}241 & -3{,}757 & 0{,}165 \\ -5{,}313 & 0 & -2{,}019 & -6{,}507 & -4{,}099 \\ -5{,}108 & 0{,}095 & 0 & -6{,}335 & -3{,}757 \\ 0{,}177 & 0{,}307 & 0{,}299 & 0 & 0{,}241 \\ -3{,}496 & 0{,}194 & 0{,}177 & -5{,}108 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S5} = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}190 & 0{,}277 & -3{,}041 & 0{,}392 \\ -3{,}041 & 0 & 0{,}204 & -4{,}300 & 0{,}344 \\ -4{,}442 & -3{,}267 & 0 & -5{,}377 & 0{,}277 \\ 0{,}190 & 0{,}269 & 0{,}336 & 0 & 0{,}435 \\ -6{,}282 & -5{,}509 & -4{,}442 & -6{,}974 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{S6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0{,}210 & -7{,}575 & 0{,}215 \\ 0 & 0 & 0{,}210 & -7{,}575 & 0{,}215 \\ -8{,}598 & -8{,}598 & 0 & -11{,}369 & 0{,}069 \\ 0{,}185 & 0{,}185 & 0{,}278 & 0 & 0{,}280 \\ -8{,}810 & -8{,}810 & -2{,}807 & -11{,}484 & 0 \end{bmatrix}$$

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	:	DOĞAN, Ahmet
Uyruğu	:	T.C.
Doğum tarihi ve yeri	:	01/04/1983 Kahramanmaraş
Medeni Hali	:	Evli
Telefon İş	:	0312 202 38 27
Telefon Cep	:	0536 327 69 52
Faks	:	0312 202 38 01
E-Posta Adresi	:	ahmetdogan_46@hotmail.com doganahmet@gazi.edu.tr

Eğitim Derecesi		**Okul/Program**	**Mezuniyet Yılı**
Doktora	:	Gazi Üniversitesi / Bilişim Enstitüsü / Yönetim Bilişim Sistemleri A.B.D.	2017
Yüksek Lisans	:	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü / Yönetim ve Organizasyon A.B.D.	2009
Lisans	:	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/ İ.İ.B.F / İşletme	2006
Lise	:	Kahramanmaraş Süper Lise	2001

İş Deneyimi, Yıl		**Çalıştığı Yer**	**Görev**
2012-Devam ediyor	:	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2010-2012	:	Ege Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2010 (5 ay)	:	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dili

İngilizce

Projelerde Yaptığı Görevler

1. Akü imalatı yapan bir işletmede sevkiyat ve dağıtım sistemler optimizasyonu, üniversite-sanayi işbirliği destek programı, TÜBİTAK-1505, Bursiyer, 01/10/2015- 31/ 05 /2017.

Yayınlar

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

1. Akça B., Doğan A., ve Özcan, U. (2015). Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak kişi takip cihazı seçimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *8*(1), 20-35.
2. Çakır Ö., Calp M. H., ve Doğan, A**.** (2015)**.** Uzaktan eğitimde içerik geliştirme süreci: Gazi üniversitesi Bilişim Enstitüsü örneği. *Cumhuriyet International Journal of Education, 4*(1), 1-20.
3. Arı S., Özköse H., Doğan A., ve Calp, M. H. (2016), İstanbul Borsası'nda İşlem Gören Firmaların Finansal Performanslarının Kümeleme Analizi ile Değerlendirilmesi. *Bilişim Teknolojileri D*ergisi, *9*(1), 33-39.
4. Söylemez, İ., Doğan, A., ve Özcan, U. (2016). Trafik Kazalarında Birliktelik Kuralı Analizi: Ankara İli Örneği. *Ege Akademik bakış*, *16*, 11-20.
5. Doğan, A., Soylemez, I., and Özcan, U. (2016). Measurıng effectıveness usıng data envelopment analysıs: a case of unıversıty. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, *5*, 70-75.

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler

1. Doğan A., Çavuş M.F. (2012). *Sosyal Sorumluluk Faaliyetlerinin Tüketici Davranışına Etkisi*. 10. Uluslararası Türk Dünyası Sosyal Bilimler Kongresi, Kırım, Ukrayna.
2. Arı S., Calp M. H., Doğan A., Özköse H. (2013). *Eğitim Programı Düzeylerine Göre Uzaktan Eğitim Algısı: Gazi Üniversitesi Örneği.* International Conference On Innovation and Challenges In Education, Kütahya, Turkey.
3. Çakır Ö., Calp M. H., Doğan A. (2013). *Uzaktan Eğitimde İçerik Geliştirme Süreci: Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Örneği.* International Conference On Innovation and Challenges In Education, Kütahya, Turkey.
4. Erensayın E., Topaloğlu N., Calp M. H., Doğan A. (2014). *Bilgisayar Ekranlarının Yaydığı Manyetik Alanlar Üzerinde Kaktüs Bitkisinin Etkisi*. International Science And Technology Conference, Doha, Katar.

5. Söylemez İ., Doğan A., Özcan U. (2015). *Finding Suitable Conveyor Velocity for a* Company. International *Conference on Advances in Management*, Economics and Social Science, Roma, Italy.

6. Calp M. H., Doğan A. (2015). *Technology Management Process and Encountered Problems in Organizations*. International Conference on Advances in Management, Economics and Social Science, Roma, Italy.

7. Özcan U., Doğan A., Söylemez İ., (2016). *Evaluation Of Research Projects Of Undergraduate Students. In An Engineering Department Using Topsis Method*. International Conference on Research in Education & Sicience, Bodrum, Turkey

8. Söylemez İ., Doğan A., Özcan U. (2016). *Selectıon Of Final Project Topic Using Ahp And Topsis Method: A Case Study*, International Conference on Research in Education & Sicience, Bodrum, Turkey.

9. Doğan A., Söylemez İ., Özcan U. (2016). *Importance Of Informatıon Systems For Organizations In Terms Of Disaster Recovery. International Conference on Research in Education & Sicience*, Bodrum, Turkey.

10. Doğan A., Söylemez İ., Özcan U. (2016). *Measuring Effectiveness Using Data Envelopment Analysis: A Case Of University.* International Conference on Research in Education & Sicience, Bodrum, Turkey.

11. Özcan U., Söylemez İ., Doğan A. (2016), *An Evaluation Of The Performance Of Engineering Departments In A Turkısh Unıversity*. International Conference on Research in Education & Sicience, Bodrum, Turkey

12. Söylemez İ., Doğan A., Özcan U. (2016), *A Mathematical Model For Resource Constrained Mixed-Model Assembly Line Balancing*, International Conference on Research in Education & Sicience, Bodrum, Turkey.

13. Doğan A., Söylemez İ., Özcan U. (2016). *Green Supplier Selection By Using Fuzzy TOPSIS Method*. The 12th International Fuzzy Logic and Intelligent Technologies in Nuclear Science (FLINS) Conference, Roubaix, France (Ei Compendex Elsevier).

14. Söylemez İ., Doğan A., Özcan U. (2016). *Sustainable Economic Development Indicators: The Case Of Turkey,* The 12th International Fuzzy Logic and Intelligent Technologies in Nuclear Science (FLINS) Conference, Roubaix, France. (Ei Compendex Elsevier).

15. Doğan, A., Soylemez, İ., Özcan, R., Özcan, U., Demirhan, B., Tuna, M. ve Evcil, E. (2017) *"What Does University Give us? What Does the Sector Want from us?" A Case Study*. International Congress of the New Approaches and Technologies for Sustainable Development, Isparta / Turkey.

16. Doğan, A., Soylemez, İ., Özcan, R., Özcan, U., Tosun, A., Erdoğdu, M., ve Sivri, Y. (2017). *Evaluation of Perspective of Students with University-Industry Collaboration, A Case Study*. International Congress of the New Approaches and Technologies for Sustainable Development, Isparta / Turkey.

17. Soylemez, İ., Doğan, A., Özcan, R., Özcan, U. (2017). *Data Envelopment Analysis for Sustainable Economic Development Indicators: A Case Study*. International Congress of the New Approaches and Technologies for Sustainable Development, Isparta / Turkey.

18. Özcan, U., İltürk, S., Doğan, A. ve Soylemez, İ. (2017). *An applıcatıon on the determınatıon of the maın contractor ın defence ındustry projects*. International Conference on Research in Education & Sicience, Kuşadası, Turkey.

19. Özcan, U., Altunay, K., Doğan, A. ve Soylemez, İ. (2017). A multıple crıterıa decısıon makıng approach to determıne the company to be awarded International Conference on Research in Education & Sicience, Kuşadası, Turkey.
20. Özcan, U., Kökhan, S., Binbaşıoğlu, F., Söylemez, İ., Doğan, A. (2017). *Professıon ıdentıfıcatıon decısıon support system*. International Conference on Research in Education & Sicience, Kuşadası, Turkey.
21. Özcan, U., Kökhan, S., Fidancı, A. Y., Söylemez, İ., Doğan, A. (2017). a study on course expectatıon and satısfactıon of an engıneerıng department students. International Conference on Research in Education & Sicience, Kuşadası, Turkey.
22. Doğan, A., Calp, M. H., Tüfekci, A. ve Bensghir, T. K. (2017). *The Analysis of Management Information Systems Field Undergraduate Level Curriculum of Private Universities within the Scope of Industry 4.0 in Turkey*. 4th International Management Information Systems Conference, İstanbul, Turkey.
23. Calp, M. H., Doğan, A., Tüfekci, A. ve Bensghir, T. K. (2017). *A Study on Turkish State Universities Mis Undergraduate Curriculiums of the Relations and Readiness to Industrial 4.0*. 4th International Management Information Systems Conference, İstanbul, Turkey.

C. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Doğan A., Calp M. H., ve Arı, S., Özköse H. (2015). İnsan bilgisayar etkileşimi kapsamında beyin bilgisayar arayüzleri üzerine bir inceleme: özellikleri ve çalışma prensibi. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, *1*(2), 1-10.

D. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler

1. Doğan A., Calp M. H., Arı S., Özköse H. (2014). *İnsan Bilgisayar Etkileşimi Kapsamında Beyin Bilgisayar Arayüzleri Üzerine Bir İnceleme: Özellikleri Ve Çalışma Prensibi*, Yönetim Bilişim Sistemleri Kongresi, İstanbul, Türkiye
2. Calp M. H., Doğan A., Özköse H., Arı S. (2015). *Müşteri İlişkileri Yönetiminin Tüketici Davranışları Üzerine Etkisi*. Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir, Türkiye
3. Doğan A., Söylemez İ., Özcan U. (2015). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yeşil Tedarikçi Seçimi.* Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Türkiye
4. Söylemez İ., Doğan A., Özcan U. (2015). *Veri Madenciliği Tekniklerinden Birliktelik Kuralı ile Ankara Şehir İçi Trafik Kazalarının Analizi*. Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Türkiye
5. Özköse H., Arı S., Doğan A., Calp M. H. (2015). *Araç Rotalama Yöntemi Kullanılarak Firma Kârlılığının Arttırılması: Bir Uygulama Örneği*. Uluslararası Katılımlı Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İzmir, Türkiye.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.