



**PERFORMANSA DAYALI LOJİSTİK İÇİN DİNAMİK BİR PERFORMANS
DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ**

Mustafa AĞDAŞ

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

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2020

Mustafa AĞDAŞ tarafından hazırlanan “PERFORMANSA DAYALI LOJİSTİK İÇİN DİNAMİK BİR PERFORMANS DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Tedarik ve Lojistik Yönetimi Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Cevriye GENCER

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Fatih Emre BORAN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye: Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye: Doç. Dr. Babek ERDEBİLLİ

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 24/06/2020

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

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa AĞDAŞ

24/06/2020

PERFORMANSA DAYALI LOJİSTİK İÇİN DİNAMİK BİR PERFORMANS
DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

(Doktora Tezi)

Mustafa AĞDAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2020

ÖZET

Son zamanlarda sistemlerin bakım ve onarımı için malzeme tedariki yerine, performanslarına odaklanması prensibine dayalı performansa dayalı lojistik (PDL) yaklaşımı yeni bir strateji olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışmada, kamu kurumunun malzeme hazır bulunuşluk ihtiyacını PDL yaklaşımı kapsamında karşılayarak performans değerlendirmesi ile en uygun lojistik destek sağlayıcı firmanın seçimi sağlamaya yönelik dinamik bir performans değerlendirme modeli önerilmektedir. Model; nicel ve nitel ölçüt havuzunun oluşturulduğu ilk aşama; nicel verilerle değerlendirmeye yönelik VZA-MTFV endeksi yönteminin kullanıldığı ikinci aşama; nitel verilerle değerlendirmeye yönelik sezgisel bulanık küme teorisinde sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA), dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (DIFWA) ve sezgisel bulanık Choquet integrali (IFCI) operatörlerinin kullanıldığı üçüncü aşama ve her iki yöntemle bulunan sonuçlar birleştirilerek en uygun alternatifin seçiminin gerçekleştirildiği son aşama olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. PDL sözleşmesi yapılabilecek birden fazla alternatifin bulunması, alternatiflerin değerlendirilmesinde nitel ve nicel ölçütlerin kullanılması, verilerin birkaç yılı kapsayacak dinamik bir yapıda olması nedeniyle, problem, kamu kurumları için dinamik bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi haline gelmektedir. Önerilen model, en uygun yerli akü üretici firmanın seçiminde uygulanmıştır. Gerçek verilerin kullanıldığı uygulamada; on bir ölçüt, üç karar verici ve on iki alternatif kullanılarak sonuçlar elde edilmiş ve en iyi performans değerine sahip firma seçilmiştir.

Bilim Kodu : 90615

Anahtar Kelimeler : Performansa Dayalı Lojistik, Performans Değerlendirmesi, Veri Zarflama Analizi, Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama Operatörü, Dinamik Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama Operatörü, Sezgisel Bulanık Choquet İntegrali Operatörü.

Sayfa Adedi : 179

Danışman : Prof. Dr. Cevriye GENCER

A DYNAMIC PERFORMANCE EVALUATION MODEL SUGGESTION FOR
PERFORMANCE BASED LOGISTICS

(Ph. D. Thesis)

Mustafa AĞDAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2020

ABSTRACT

Recently, a performance-based logistics (PBL) approach based on the principle of focusing on performance instead of product supply for maintenance and repair of systems has come to the fore as a new strategy. In this study, a dynamic performance evaluation model is proposed to meet the material availability requirement of the public institution within the scope of PBL approach and select the most appropriate logistics support provider company with performance evaluation. Model consists of four stages. In the first stage is the set of quantitative and qualitative criteria is created. The second stage is the use of Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Total Factor Productivity (MTFP) index method for evaluating with quantitative data. The third stage is the use of intuitionistic fuzzy set theory for evaluation with qualitative data. In this stage, intuitionistic fuzzy weighted average (IFWA), dynamic intuitionistic fuzzy weighted average (DIFWA), and intuitionistic fuzzy Choquet integral (IFCI) operators are used. The final stage is the choice of the most suitable alternative which is realized by combining the results by both methods. The problem becomes a dynamic Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem for public institutions, as there are more than one alternative for PDL contracts, the use of qualitative and quantitative criteria in the evaluation of alternatives, and the data has a dynamic structure to cover several years. The proposed model is applied in the selection of the most suitable domestic battery manufacturer. In numerical study based on real-life data; eleven criteria, three decision makers and twelve alternatives are used, then the results obtained from both methods are combined and finally the company with the best performance value is chosen.

Science Code : 90615

Keywords : Performance Based Logistics, Performance Evaluation, Data Envelopment Analysis, Intuitionistic Fuzzy Weighted Average Operator, Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Average Operator, Intuitionistic Fuzzy Choquet Integral Operator.

Page Number : 179

Supervisor : Prof. Dr. Cevriye GENCER

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ürün olarak ortaya çıkarılmasında öneri ve yorumları ile çok önemli katkı sağlayan, beni yönlendiren ve destekleyen değerli danışmanım Sayın hocam Prof. Dr. Cevriye GENCER'e teşekkür ederim. Bu çalışmayı yürütürken yaptıkları anlamlı öneri ve eleştiriler ile çalışmanın doğru şekilde ilerlemesine destekte bulunan tez izleme jürimdeki hocalarım Doç. Dr. Fatih Emre BORAN ve Doç. Dr. Hakan ÇERÇİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Lisansüstü eğitimim boyunca derslerime giren, fikir ve önerileri ile beni yönlendirerek eğitim ufkumu açan ve akademik yaşamıma değer katan tüm hocalarıma da çok teşekkür ederim. Son olarak bu süreçte fikirleri ve başarı dilekleri ile bana destek olan eşime, kızıma, kardeşime, eşine ve tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. PDL YAKLAŞIMI.....	7
2.1. PDL Kavramı.....	10
2.2. PDL Yaklaşımının Özellikleri.....	12
2.3. PDL Yaklaşımına Geçiş Sebepleri.....	14
2.4. PDL ile Geleneksel Yaklaşım Arasındaki Farklılıklar.....	17
2.5. PDL Yaklaşımının Faydaları.....	18
2.5.1. Sistem hazır bulunuşluğunu artırması.....	19
2.5.2. Ömür devri maliyetini azaltması.....	20
2.5.3. Lojistik bekleme (yanıt) süresini kısaltması.....	22
2.5.4. Yüksek performans sağlaması.....	23
2.5.5. Temel yeteneklere odaklanması.....	24
2.5.6. Şeffaflık, geniş hizmet ağı ve esneklik sunması.....	24
2.5.7. Sistemlerin güvenilirlik seviyesini artırması.....	25
2.6. PDL Yaklaşımının Mahsurları.....	25
2.6.1. En iyi tedarikçiler (üreticiler) ile iş yapma zorunluluğu.....	25

	Sayfa
2.6.2. Savunma bütçesinin doğru planlanamaması.....	26
2.6.3. Kazanılmış temel yetenek ve eğitilmiş personelin kaybedilmesi.....	26
2.6.4. Desteğin çatışma ortamında kesintiye uğrayabilmesi.....	26
2.6.5. Uzun dönemli ilişkilerin getirdiği riskler.....	26
2.7. PDL Yaklaşımı Uygulamaları.....	27
2.7.1. ABD.....	27
2.7.2. İngiltere.....	32
2.7.3. Türkiye.....	32
2.7.4. Diğer ülkeler.....	35
2.8. PDL Yaklaşımı ile Lojistik Yönetimi Performans Ölçüt ve Metrikleri.....	35
2.9. Literatür.....	41
3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA).....	53
3.1. VZA’da Kullanılan Temel Kavramlar.....	54
3.2. VZA’nın Temel Özellikleri.....	56
3.3. VZA’da Kullanılan Modeller.....	58
3.3.1. CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modeli.....	58
3.3.2. BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modeli.....	63
3.4. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFV).....	66
3.5. VZA Uygulama Aşamaları.....	68
3.5.1. Karar verme birimlerinin belirlenmesi.....	69
3.5.2. Girdi ve çıktı faktörlerinin seçilmesi.....	69
3.5.3. Verilerin toplanması.....	70
3.5.4. Modelin seçilmesi.....	70
3.5.5. Etkinlik değerlerinin hesaplanması.....	71

	Sayfa
3.5.6. Sonuçların yorumlanması.....	71
3.6. Literatür.....	71
4. SEZGİSEL BULANIK KÜME (SBK).....	77
4.1. SBK ile İlgili Temel Tanımlar.....	78
4.2. SBK'yi Bulanık Kümeye Dönüştüren Operatörler.....	79
4.3. SBK'lerde Birleştirme Operatörleri.....	80
4.3.1. Sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA) operatörü.....	83
4.3.2. Dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (DIFWA) operatörü.....	84
4.3.3. Sezgisel bulanık Choquet integral (IFCI) operatörü.....	85
4.4. Literatür.....	86
5. METODOLOJİ.....	91
6. UYGULAMA.....	99
6.1. Problemin Tanımı.....	99
6.2. Nitel ve Nicel Ölçütlerin Belirlenmesi, Seçilmesi ve Alternatif Kümesinin Oluşturulması	100
6.3. Alternatiflerin VZA-MTFV Endeksi ile Performanslarının Değerlendirilmesi..	100
6.3.1. Karar verme birimlerinin seçimi.....	100
6.3.2. Girdi ve çıktı faktörlerinin belirlenmesi.....	101
6.3.3. Verilerin toplanması.....	102
6.3.4. VZA modelinin seçimi.....	104
6.3.5. Analiz ve performans ölçümü.....	104
6.4. Sezgisel Bulanık Değerlendirmelerin Üç Ayrı Sezgisel Bulanık Birleştirme Operatörü Yardımı ile Birleştirilmesi ve Alternatiflerin Sıralanması.....	118
6.4.1. Karar vericilerin ve ölçüt kümesinin seçilmesi.....	118
6.4.2. Alternatiflerin karar vericiler tarafından sezgisel bulanık ifadeler ile değerlendirilmesi.....	120

Sayfa

6.4.3. Ölçüt, karar verici ve yılların sezgisel bulanık ağırlıklarının belirlenmesi..	129
6.4.4. Karar verici değerlendirmelerinin IFWA operatörü ile birleştirilmesi....	132
6.4.5. Yıllara ait değerlendirmelerin DIFWA operatörü ile birleştirilmesi.....	136
6.4.6. Skor fonksiyonu ile kesinlik fonksiyonu değerlerinin hesaplanması.....	138
6.4.7. Ölçütlere göre alternatiflerin aldığı değerlerin skor ve kesinlik fonksiyonuna göre sıralanması.....	138
6.4.8. Sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesinin hesaplanması.....	139
6.4.9. Kompleks sezgisel bulanık matrisinin IFCI operatörü ile birleştirilmesi..	141
6.4.10. Alternatiflerin sıralanması.....	141
6.4.11. Duyarlılık analizi.....	143
6.5. Bütünleşik Performans Değerlendirmesi ve Nihai Seçim ile Alternatiflerin Sıralanması.....	148
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	153
KAYNAKLAR.....	157
EK-1. DEAP 2.1 programı sonuç çıktısı.....	172
EK-2. SPSS programı korelasyon analizi çıktısı.....	176
EK-3. SPSS programı Mann-Whitney U testi çıktısı.....	177
ÖZGEÇMİŞ.....	178

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. ABD Savunma Bakanlığı ile firmaların lojistik süreçlerinin kıyaslanması..	15
Çizelge 2.2. ABD Savunma Bakanlığını PDL uygulamasına iten olan faktörler.....	17
Çizelge 2.3. Geleneksel yaklaşım ile PDL stratejisi arasındaki farklılıklar.....	18
Çizelge 2.4. PDL uygulamalarına ait bazı hazır bulunuşluk oranları.....	20
Çizelge 2.5. PDL toplam maliyet faydası.....	21
Çizelge 2.6. Bazı PDL uygulamaları lojistik cevap verme süreleri.....	23
Çizelge 2.7. ABD Savunma Bakanlığınca ödüle layık görülen PDL projeleri.....	29
Çizelge 2.8. PDL yönetimi araştırmasında lojistik hizmetlerde kullanılabilecek ölçütler..	40
Çizelge 2.9. PDL yaklaşımına ilişkin sayısal çalışmalar.....	49
Çizelge 3.1. VZA yöntemi ile lojistik alanında yapılan çalışmalar.....	72
Çizelge 4.1. Sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü ile ilgili çalışmalar.....	87
Çizelge 6.1. AÜF'lerin temsili kodları ve bölgeleri.....	101
Çizelge 6.2. Girdi (G) ve çıktı (Ç) faktörleri ve açıklamaları.....	101
Çizelge 6.3. Korelasyon katsayıları.....	102
Çizelge 6.4. AÜF'lerin 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait değerleri.....	103
Çizelge 6.5. 2015-2018 yıllarına ait AÜF'lerin etkinlik değerleri.....	105
Çizelge 6.6. Performans değerlendirme özeti.....	105
Çizelge 6.7. 2015-2018 dönemi firmaların Malmquist endeksi TFV değişimi.....	108
Çizelge 6.8. AÜF ortalamalarının Malmquist endeksi özeti.....	113
Çizelge 6.9. Performans değerlerine göre AÜF'lerin sıralanması.....	114
Çizelge 6.10. 2018 yılı etkinlik skorları.....	115
Çizelge 6.11. Alternatif AÜF'ler için potansiyel iyileştirme önerileri.....	116
Çizelge 6.12. Karar verici (KV) özellikleri.....	118

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.13. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler.....	120
Çizelge 6.14. KV'lerin 2015 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi.....	121
Çizelge 6.15. KV'lerin 2016 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi.....	122
Çizelge 6.16. KV'lerin 2017 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi.....	123
Çizelge 6.17. KV'lerin 2018 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi.....	124
Çizelge 6.18. 2015 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler...	125
Çizelge 6.19. 2016 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler...	126
Çizelge 6.20. 2017 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler...	127
Çizelge 6.21. 2018 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler...	128
Çizelge 6.22. İkili karşılaştırma için kullanılan dilsel ifadeler.....	129
Çizelge 6.23. İkili karşılaştırma matrisi.....	130
Çizelge 6.24. Ölçütlerin bulanık önem ağırlıkları (w_j).....	130
Çizelge 6.25. KV'lerin önem derecelerini belirlemede kullanılan dilsel ifadeler.....	131
Çizelge 6.26. KV'lerin önem ağırlıkları δ_k	132
Çizelge 6.27. Yılların önem ağırlıkları α_t	133
Çizelge 6.28. KV'lere ait değerlendirmelerin 2015 yılı bazında birleştirilmesi $R(t_1)$...	134
Çizelge 6.29. KV'lere ait değerlendirmelerin 2016 yılı bazında birleştirilmesi $R(t_2)$...	134
Çizelge 6.30. KV'lere ait değerlendirmelerin 2017 yılı bazında birleştirilmesi $R(t_3)$...	135
Çizelge 6.31. KV'lere ait değerlendirmelerin 2018 yılı bazında birleştirilmesi $R(t_4)$...	136
Çizelge 6.32. Kompleks sezgisel bulanık karar matrisi (R).....	137
Çizelge 6.33. Skor fonksiyonu ile kesinlik fonksiyonu değerleri.....	138
Çizelge 6.34. Yeniden sıralanan kompleks sezgisel bulanık karar matrisi.....	139
Çizelge 6.35. Alternatifler için ölçüt sezgisel bulanık ağırlıkları kümesi.....	140
Çizelge 6.36. IFCI sonuçları	141

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.37. Alternatiflerin sıralanması.....	142
Çizelge 6.38. Senaryolara göre değiştirilen ölçüt önem ağırlıkları.....	143
Çizelge 6.39. Senaryolara göre değiştirilen karar verici önem ağırlıkları.....	145
Çizelge 6.40. Senaryolara göre değiştirilen yılların önem ağırlıkları.....	147
Çizelge 6.41. Genel performans değerlendirmesi.....	149
Çizelge 6.42. Seçim için bütünleşik performans değerlendirmesi.....	151
Çizelge 6.43. PDL sözleşmesi için AÜF'lerin sıralanması.....	152

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. 2019 yılında en yüksek harcama yapan ülkelerin savunma payları.....	8
Şekil 2.2. Bir savunma sistemi için teorik ömür devri maliyetleri.....	8
Şekil 2.3. Uçak lastiği stok seviyesi.....	29
Şekil 3.1. VZA uygulama aşamaları.....	68
Şekil 5.1. Metodoloji.....	97
Şekil 6.1. Akü üretici firmaların etkinlik değerleri dağılımı.....	106
Şekil 6.2. Akü üretici firmaların yıllara göre etkinlik değerleri ortalama dağılımı.....	106
Şekil 6.3. 2015-2016 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi.....	108
Şekil 6.4. 2016-2017 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi.....	109
Şekil 6.5. 2017-2018 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi.....	110
Şekil 6.6. Malmquist endeksi dönemlere göre etkinlik değişimi.....	111
Şekil 6.7. Ölçüt ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması.....	143
Şekil 6.8. KV ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması.....	145
Şekil 6.9. Yıl ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması.....	146

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
μ	Üyelik değeri
ν	Üye olmama değeri
π	Tereddüt değeri
S	Skor fonksiyon değeri
H	Kesinlik fonksiyon değeri
w_j	j'nci ölçüt önem ağırlığı
δ_k	k'nci karar verici önem ağırlığı
α_t	t'nci yılın önem ağırlığı
Kısaltmalar	Açıklamalar
AHS	Analitik hiyerarşi süreci
AÜF	Akü üretici firma
BCC	Banker, Charnes ve Cooper
CCR	Charnes, Cooper ve Rhodes
CGI	Common Gateway Interface
ÇÖKV	Çok ölçütlü karar verme
DIFWA	Dynamic Intuitionistic Fuzzy Weighted Average
ED (ECH)	Etkinlik değişimi (Efficiency change)
GKV	Grup karar verme
IFCI	Intuitionistic Fuzzy Choquet Integral (Sezgisel bulanık Choquet integrali)

Kısaltmalar	Açıklamalar
IFWA	Intuitionistic Fuzzy Weighted Average
IMOS	Integrated Merlin Operational Support
KV	Karar verici
KVB	Karar verme birimi
LBS	Lojistik bilgi sistemi
MTFV	Malmquist toplam faktör verimliliği
OEÜ	Orijinal ekipman üreticisi
PDL (PBL)	Performansa dayalı lojistik (Performance based logistics)
ÖE (SE)	Ölçek etkinlik (Scale efficiency)
ÖED (SECH)	Ölçek etkinlik değişimi (Scale efficiency change)
SBS (IFN)	Sezgisel bulanık sayı (Intuitionistic fuzzy number)
SBK (IFS)	Sezgisel bulanık küme (Intuitionistic fuzzy set)
SED (PECH)	Saf etkinlik değişimi (Pure efficiency change)
SIPRI	Stockholm International Peace Research Institute
SSB	Savunma Sanayi Başkanlığı
SSM	Savunma Sanayi Müsteşarlığı
STE	Saf teknik etkinlik (Pure technical efficiency)
TED	Teknolojik değişimi
TFV	Toplam faktör verimliliği
TTE	Toplam teknik etkinlik (Overall technical efficiency)
TİM	Türkiye İhracatçılar Meclisi
TZY	Tedarik zinciri yönetimi
VZA	Veri zarflama analizi

1. GİRİŞ

21'inci yüzyıl; yenilik ve gelişmeler ile birlikte risk, kriz ve tehditleri de beraberinde getirmektedir. Ülkeler, sürekli değişim ve dönüşüm anlayışı içerisinde, bulundukları coğrafi konumu da içine alacak şekilde karşılaştıkları bu risk, kriz ve tehditleri değerlendirerek savunma güvenliklerini almak zorundadır. Ülkeler savunma güvenliklerini daha yeni ve teknolojik olarak gelişmiş araç, platform ve sistemleri tedarik ederek karşılamaktadır. Bu tür platform ve sistemler genellikle pahalı ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Ülke güvenliğinden sorumlu makamların, savunma sistem ihtiyaçlarını öngörerek hesaplaması, tedarik etmesi, depolaması, dağıtımını gerçekleştirmesi ve işletme idamesini yapması gerekmektedir.

Günümüzün savunma sistemleri; ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında ileri teknoloji kullanımı gerektiren, kendisinden istenilen performans değerlerinde görev yapılabilirliği zor, nihayetinde ömür devir maliyeti yüksek, pahalı ve karmaşık sistemlerdir. Savunma ve güvenlik amaçlı kullanılan bu tür sistemlerin tedarik, işletme ve idamesi, özel sektörde olduğu gibi kamu sektörü ve lojistik destek sağlayıcı firma planlayıcıları için de sürekli bir problem sahası olarak karşısına çıkmaktadır. Kamu kuruluşları ve özel sektör firmalar tarafından bu tür sistemlerin üretilmesi ve kullanım süreci içerisinde geliştirilmesi, etkin ve verimli bir şekilde kullanılması, maliyeti düşük bakım ve onarımlarının yapılması, kısacası işletme ve idamesi büyük önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, savunma sistemlerine yapılan harcamanın büyük bir kısmı işletme ve idame safhasında yapılan harcamalardır. ABD Savunma Bakanlığının 2009 yılı verilerine göre, envanterinde mevcut kara, deniz ve hava araçlarının işletme-bakım maliyetlerinin toplam ürün yaşam döngüsü içindeki oranının % 61-73 aralığında olduğu ve sistemlerin karmaşıklığının artması ile birlikte artma eğiliminin her geçen yıl yükseldiği (Özdemir, 2016), yine İngiltere Savunma Bakanlığının su üstü gemileri, denizcilik elektroniği, döner kanat (helikopter ile ilgili) ve deniz altı platformlarını içeren çalışmalarında, işletme-bakım maliyetlerinin toplam ürün yaşam döngüsü içindeki maliyet oranının % 60-80 aralığında olduğu görülmektedir (Gansler, Lucyshyn ve Harrington, 2012). Bu maliyetlerin en az indirilmesinde, kullanılan tedarik süreç ve sistemlerinin (uygulama, teknik ve yöntemler) önemi büyüktür. Tedarik sistemlerinde, ürünün

zamanında teslimine kadar geçen süreçte ortaya çıkan tüm maliyetlerin de dikkatlice planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir.

Günümüze kadar gelen süreçte; tedarik sürecini hızlandırmak, teslim süresini kısaltmak ve ömür devri maliyetlerini en aza indirmek için tam zamanında üretim, yalın tedarik, akıllı alıcı, akıllı tedarik, entegre lojistik destek gibi birçok yaklaşım kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Son zamanlarda bu yaklaşımlara yeni eklenen ve özellikle savunma sistemlerinin işletme idamesi için ihtiyaç duyulan ürün ve hizmetin tedarik edilmesi yerine malzeme hazır bulunuşluğuna odaklanan ve sistemlerin hazır bulunuşluk performans değerlerinin satın alınmasını amaçlayan performans dayalı lojistik (PDL) yaklaşımı ön plana çıkmaktadır. PDL yaklaşımı, son kullanıcının ihtiyaçlarını desteklemek üzere, savunma sistemlerinin kabiliyetleri ile hazırlık seviyelerini artırmak maksadıyla, lojistik destek sağlayıcıları ile uzun dönemli ve uygun teşvik modellerine dayalı sözleşmelerin yapıldığı bütünleşik bir tedarik ve işletme-idame stratejisi olarak tanımlanmaktadır (Berkowitz, Gupta, Simpson ve McWilliams, 2005).

PDL'ye yönelik literatür incelediğinde ilk olarak savunma sektörü ile literatüre kazandırıldığı, yoğun olarak savunma sektöründe uygulandığı görülmekle birlikte, günümüzde hem kamu hem de özel sektör uygulamaları ile karşılaşılmaktadır. PDL yaklaşımı hem maliyet hem de performans açısından önemli fayda, tasarruf ve kazanımlar sağlamaktadır. Bu yaklaşım kapsamında yapılan sözleşmeler ile sistemlerin hazır bulunuşluğunun performans değerleriyle sağlanmasının yanı sıra malzeme hazır bulunuşluğu (ürün teslimi) ile de performans hedeflerine ulaşıldığı PDL uygulamalarıyla çokça karşılaşılmaktadır. PDL yaklaşımı benimsemiş programlar, geleneksel tedarik yaklaşımlarına göre milyarlarca dolar tasarruf ederken, sistem çalışma sürelerinde yüzde 40'lık artış, lojistik cevap sürelerinde yüzde 70'lik azalış yaşamaktadır. PDL yaklaşımlarının hedefi, maliyetlerin kontrol edilmesini sağlayacak, sistemlerin güvenilirliğinin yükseltilmesine yönelik harcamaların yapılmasını teşvik eden, kâr marjlarını aynı oranda kalmasını sağlayan ve kamu maliyetlerinin düşmesini sağlayan sözleşme tabanlı bir yapı oluşturmaktır (Randall, Pohlen ve Hanna, 2010). ABD Savunma Bakanlığı bünyesinde yapılan PDL anlaşmalarının, birim performans maliyetlerini düşürürken, sistem, alt sistem ve yedek parça hazır bulunuşluk seviyelerini artırdığı tespit edilmiştir (Boyce ve Banghart, 2012). Geleneksel tedarik anlayışı yerine uzun süreli

anlaşmaları hedefleyen bu yaklaşımın, ileride birçok gelişmekte olan ülke tarafından kullanılması öngörülmektedir.

Kamu kurumları, bünyelerine kattıkları yeni nesil ürün, sistem ve platform çeşitlerinin artması, teknoloji gelişim süreçlerinin kısılması, sistemlerin karmaşıklığı sebebiyle yeni, eēitilmiş ve yetkin personel eksikliği, buna baēlı olarak tedarik, personel ve eēitim maliyetlerinin artması, kurumların öz yeteneklerine odaklanma nceliēi, uzun süreli anlaşmalar ile riskin paylaşımı ve kurumların sistemlerin hazır bulunuřluēunu saēlamada yetersiz kalması gibi nedenlerden dolayı yeni tedarik yaklaşımı arayışlarına gitmektedirler. Aynı zamanda kamu kurumları, ani ihtiyaçlar, talep dalgalanmaları, birimlerin konuş deēiřikliği vb. nedenlerden dolayı birimlerinin ve kullandığı sistemlerin ihtiyaç duyduēu ürün/yedek parçalarını zamanında karşılamakta sıkıntılar yaşayabilmektedirler. Bu da sistemlerinin hazır bulunuşluk oranlarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, PDL yaklaşımı kapsamında kurumları destekleyecek, doēru üretici firmanın (malzeme destek saēlayıcının) performans deēerlerine göre seçimi için deterministik yöntem ve sezgisel bulanık operatörlerin birlikte kullanıldığı dinamik bir çözüm modeli sunmaktır. Bu tez çalışmasında, kamu kurumlarının malzeme hazır bulunuşluk ihtiyacını PDL yaklaşımı kapsamında karşılayarak performans deēerlendirmesi ile en uygun lojistik destek saēlayıcı firmanın seçimini saēlamaya yönelik bir performans deēerlendirme modeli önerilmektedir.

Kamu kurumları PDL yaklaşımını kullanarak, sistemlerinin ve ürünlerinin desteklenme oranlarını iyileştirmeyi ve hazır bulunuşluk oranlarını artırmayı amaçlamaktadırlar. Bu amaçla, öncelikle malzeme hazır bulunuřluēu kapsamında bir PDL sözleşmesi yapmaları gerekmektedir. Kamu kurumlarının PDL sözleşmesi yapabileceēi alternatif birçok üretici firma bulunabilir ve PDL sözleşmesi, uzun süreli ve performans deēerlendirmesi üzerine odaklanmaktadır. Firma performanslarının deēerlendirilmesinde, hem nitel hem de nicel ölçüt kullanılması doēru sonuçların elde edilmesi ve yorumlanmasında önem arz etmektedir.

Ayrıca, günümüzde üretici firmanın sadece mevcut yıl performansına bakılarak bir deēerlendirme ve seçim yapılması yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden üretici firma ile PDL

kapsamında uzun süreli sözleşme yapılabilmesi için firmaların geçmiş en az 3-10 senelik performanslarının değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

PDL sözleşmesi yapılabilecek birden fazla alternatifin bulunması, alternatiflerin değerlendirilmesinde nitel ve nicel ölçütlerin kullanılması, verilerin birkaç yılı kapsayacak dinamik bir yapıda olması nedeniyle problem, kamu kurumları için dinamik bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi haline gelmektedir.

ÇÖKV probleminde kullanılan ölçütlerin hem nicel hem de nitel olması, kullanılacak performans ölçüm tekniklerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi, karar birimlerinin performans değerlendirmesinde pek çok alanda başarı ile uygulanan ve literatürde sıklıkla kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir analiz tekniğidir. Karar birimlerinin geçmiş yıllara ait performans verilerini değerlendirmek için kullanılan Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) endeksi ise dinamik yapıda problemi ele alma imkânı sağlayan ve VZA ile birlikte yıllara ait toplam verimlilik gelişimini gösteren bir araçtır. Bu kapsamda, karar verme birimlerinin nicel ölçütler ile dinamik yapıda performanslarını inceleme imkânını sunan en uygun yöntem olan VZA yöntemi performans değerlendirilmesinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Karar vericilerin nitel ölçütler ile firmaların performanslarını değerlendirmelerindeki kararsızlıklar, belirsizlik, yaşadıkları tereddütler ve bilgi eksikliği performans analiz yöntemi olarak sezgisel bulanık küme (SBK) teorisine yönlendirmektedir. Bulanık kümeler, belirsizlik ve kesin olmayan verilerin çözümünde kullanılan mükemmel araçlar olarak tanımlanmaktadır. SBK'ler hem üyeliği hem de üyelik olmayan değerlerin tanımlayan bulanık kümelerdir. Sezgisel bulanık sayılar, karşılaşılan bu belirsizlik ve karar vermedeki tereddüt payını hesaba katan en doğru yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmada önerilen model bir kamu kurumu ile özel sektör arasında PDL yaklaşımı kapsamında yapılacak malzeme hazır bulunuşluk sözleşmesi için en uygun yerli akü üretici firmanın (AÜF) seçiminde uygulanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Çalışmada önerilen performans değerlendirme modelinin literatüre katkıları, geleneksel lojistik ölçütler ile PDL özelinde kullanılan ölçütlerin birlikte kullanılması; PDL sözleşmecisi seçimi kapsamında, performans değerlendirmesine yönelik yapılan ilk çalışma

olması; PDL firma seçiminin ilk kez dinamik bir ÇÖKV problemi olarak ele alınması; problemin çözümünde VZA-MTFV endeksi yöntemi ile SBK teorisinin bütünleşik kullanılması; sezgisel bulanık sayıların birleştirilmesinde ilk kez üç ayrı operatörden aynı problemde bir sıra dâhilinde faydalanılması; ölçüt, karar verici ve yıl olmak üzere üç farklı önem ağırlığının ilk kez birlikte ele alınması; problemin dinamik yapıda olması nedeniyle IFCI operatörünün de dinamik bir probleme ilk kez uygulanması şeklinde sıralanabilir.

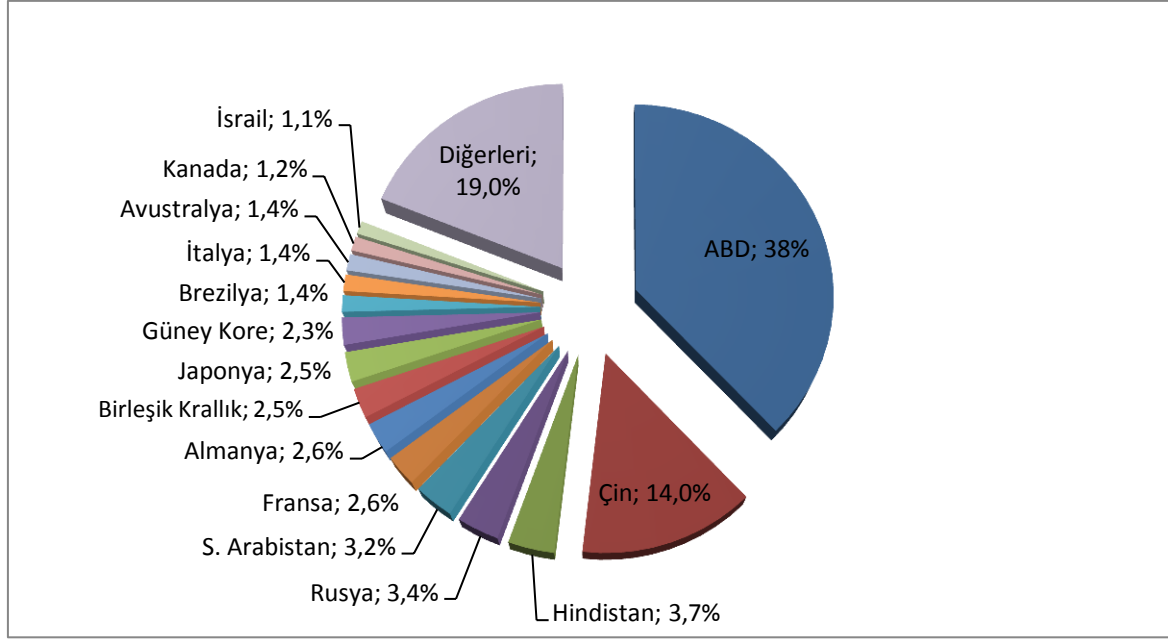
Çalışmanın ikinci bölümünde, PDL kavramı, PDL yaklaşımının özellikleri, geçiş sebepleri, geleneksel yaklaşımdan farklılıkları, fayda ve mahsurları, uygulamaları, kullanılan ölçüt ve metrikler ile literatür araştırması; üçüncü bölümde VZA kavramı, özellikleri, kullanılan temel modeller, MTFV endeksi, VZA uygulama aşamaları ile lojistik alanda yapılan VZA literatürü; dördüncü bölümde SBK teorisi kavramı, SBK’lerde birleştirme operatörleri ile sezgisel bulanık Choquet integral (IFCI) operatörü literatürü; beşinci bölümde önerilen metodoloji; altıncı bölümde savunma sektöründe yer alan bir kamu kurumu için AÜF seçimi uygulaması ve yedinci bölümde sonuç ve öneriler bulunmaktadır.

Çalışmanın uygulama bölümünde, karar vericilerin AÜF’ler ile ilgili yapmış olduğu değerlendirmelerin objektif olduğu, kamu kurumu adına karar verme, değerlendirme ve kurumu temsil etmeye yetkili kişiler olduğu bu tez çalışmasının en temel varsayımını oluşturmaktadır. AÜF’lerin belli bir dağıtım ağına sahip olduğu ve sözleşme süresince üretim yapacağı varsayılmıştır. Çalışmada, Türkiye’de üretim yapan yalnızca yerli akü üretici firmalar ile sınırlıdır. Kamu kurumunun ihtiyaç noktaları Türkiye ve birkaç Avrupa ülkesi ile sınırlıdır. Nicel veriler son dört sene ile sınırlandırılmıştır. Firmaların 2019 yılına ait verileri henüz yayımlanmadığı için kullanılamamıştır. Bazı üretici firmalar, bilgi paylaşmaması ve verilerinin diğer iletişim kanallarından elde edilememesi nedeniyle çalışmaya dâhil edilememiştir. Bu sebeple, görüşmeyi ve bilgi paylaşımını kabul eden AÜF’ler probleme dâhil edilmiştir.

2. PDL YAKLAŞIMI

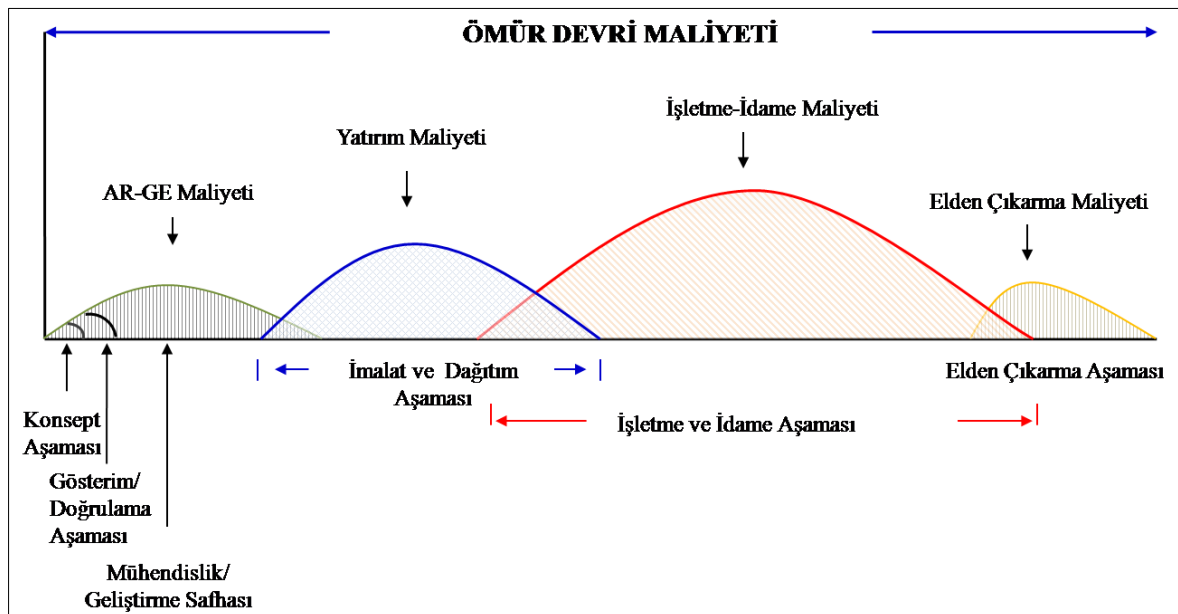
Geleneksel destek yaklaşımlarında, ürün tedariki ile ürün ömür devri boyunca işletme-idame, bakım ve sürdürülebilirliği ayrı ayrı süreçler olarak ele alınmış, işleme tabi tutulmuş ve hiçbir zaman eşit öneme sahip olmamıştır. Geleneksel destek sistemlerinde yöneticilerin öncelikli odağı teknoloji ve sistemlerin satın alınması olmuştur. Ayrıca, sistemlerin sürdürülebilirliği, teknoloji transferi, uzun süreli ürün desteği için endüstri alanının geliştirilmesi de ikincil odaklanma alanına girmiştir. Sistemin ömrü devri süresince performansını en üst seviyeye çıkarmak için dünya üzerinde yapılan en iyi uygulamaları bulmak, anlamak, incelemek, araştırmak, geliştirmek ve uygulamak gerekmektedir. Yapılan bu uygulamaların kullanılması ile savunma harcamaları ve maliyetlerde bir azalış, ürün performans artış, süreçlerde bir iyileşme gibi olumlu sonuçlara ulaşılabilmektedir. Savunma sistemleri, havacılık, telekomünikasyon gibi sermaye yoğun ve karmaşık ürünlerin desteklenmesinin önemi küresel gelişmeler göz önüne alındığında gün geçtikçe artan bir öneme sahip olmaktadır. Bu karmaşıklığın yanında, bu gibi sistemlerin gün geçtikçe eskimesi, eskidikçe de bakım ve onarım maliyetleri artma eğilimi göstermektedir.

İsveç merkezli Stockholm Barış Araştırmaları Enstitüsü (Stockholm International Peace Research Institute, SIPRI) kurulduğu andan bugüne kadar savunma harcamaları alanında inceleme ve araştırmalar yapmaktadır. Bu araştırmalar sonucu oluşturduğu raporları yıllık olarak internet ağı üzerinden yayımlamaktadır. SIPRI tarafından hazırlanan ve 2020 yılı içinde yayınlanan savunma harcamaları raporunda, tüm dünyada yapılan savunma harcamalarının 2019 yılında % 3,6 artış ile 1 trilyon 917 milyar \$'a ulaştığı yer almaktadır. Söz konusu raporda, ABD'nin, 732 milyar dolar ile yıllık en çok savunma harcaması için bütçe ayıran ülke olarak birinci sırada, Çin'in 261 milyar dolar ile ikinci sırada, Hindistan'ın 71,1 milyar dolar ile üçüncü sırada, Rusya'nın 65,1 milyar dolar ile dördüncü sırada, S. Arabistan'ın 61,9 milyar dolar ile beşinci sırada yer aldığı görülmektedir. Türkiye 2018 yılı savunma harcamalarına göre, 2019 yılında % 5,4 oranında bir artış sağlayarak 20,4 milyar \$ ile 16'ncı sırada yer almaktadır. Yayımlanan raporda, Türkiye'nin 2019 yılında, dünyada savunma için en fazla harcama yapan ilk kırk ülke arasında en fazla artış gösteren ülkelerin arasında yer aldığı ifade edilmektedir. 2019 yılı savunma harcama payları Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Tian, Kuimova, Da Silva, Wezeman ve Wezeman, 2020).



Şekil 2.1. 2019 yılında en yüksek harcama yapan ülkelerin savunma payları

Bir sistemin ömür devri maliyet kalemleri temel olarak; ARGE, yatırım, işletme-idame ve elden çıkarma maliyetlerinden oluşmaktadır. Sistemlerinin toplam ömür devri maliyetlerini oluşturan maliyet kalemlerinin oranlarına bakıldığında, yapılan harcamaların büyük çoğunluğunun sistemlerin işletme ve idame safhasında gerçekleştiği görülmektedir. Bu maliyetlerin teorik dağılımı Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Jones, White, Ryan ve Ritschel, 2014).



Şekil 2.2. Bir sistem için teorik ömür devri maliyetleri

ABD Savunma Bakanlığının 2009 yılı verilerine göre, envanterinde mevcut kara, deniz ve hava araçlarının işletme-idame maliyetlerinin toplam ürün yaşam döngüsü içindeki oranının % 61-73 aralığında olduğu ve sistemlerin karmaşıklığının artması ile birlikte artma eğiliminin her geçen yıl yükseldiği (Özdemir, 2016), yine İngiltere Savunma Bakanlığının su üstü gemileri, gemi elektroniği, helikopter ve deniz altı platformlarını içeren çalışmalarında, işletme-idame maliyetlerinin toplam ürün yaşam döngüsü içindeki maliyet oranının % 60-80 aralığında olduğu görülmektedir (Gansler ve diğerleri, 2012).

21'nci yüzyılın başlarından itibaren savunma sektöründeki pahalı ve karmaşık savunma sistemlerinin işletme ve idame safhasında yaşanan zorluklar, yüksek maliyetler ve kullanılan yöntemlerin lojistik destek ihtiyacını yeterince karşılayamaması, sistem yöneticileri ile orijinal ekipman üreticilerini sürekli olarak yeni yöntemler geliştirmeye zorlamıştır. Günümüz şartlarında, sistemlerin operasyonel hazır bulunuşluluğu, güvenilirliği ve istenilen performans hedeflerinin karşılanması gibi faktörler müşterinin öncelikli amacı olmuştur. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak özellikle üretimdeki hızlanma, rekabet ve buna bağlı olarak lojistik sektörde yaşanan hızlı gelişme, özellikle özel sektörde performans artırımı ile birlikte maliyet minimizasyonu gibi zıt amaçları beraber kullanabilen en iyi uygulamaların sayısını artırmıştır. Özel sektörde yaşanan bu gelişmeler kamu sektörünün de dikkatini çekmiş ve yapılan anlaşmalarda tüm süreçleri sorumluluğu tek başına üstlenme ve yürütme yerine, maliyetleri paylaşma, özel sektör hızından faydalanma, işbirliği yapma, risk paylaşımı gibi hususları ön planda yer almıştır.

Birçok ülkenin savunma birimlerince, envanterinde bulunan büyük platform ve savunma sistemlerinin uzun süreli kullanımından dolayı eskimesi, işletme ve idame maliyetlerinin artması, yeni teknoloji sistemlerin tedarikinin eski sistemlere nazaran yüksek maliyetlere sahip olması ve bu sistemlerinde envantere dâhil edildikten sonraki teknolojik gelişime bağlı olarak yeni bakım ve idame maliyetlerin oluşması nedeniyle bu sürecin kullanılan geleneksel lojistik yaklaşımlar ile yönetilemeyeceği görülmüş, bunun yerine kamu-özel sektör işbirliğine dayalı, düşük maliyetli, hızlı ve esnek yapıda, uzun soluklu ve malzeme tedariki yerine sistemin performans parametrelerini dikkate alan yeni bir yaklaşımın ortaya çıkmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu süreçte, başta ABD olmak üzere PDL dünya çapında büyük ilgi görmeye başlamış ve özellikle savunma sanayinde dünyada tercih edilen bir satın alma ve lojistik destek yaklaşımı olarak ortaya çıkmıştır (Kumar, Nowicki, Ramírez Márquez ve Verma, 2007).

Savunma, ulaştırma, altyapı ve haberleşme gibi büyük yatırım isteyen sektörlerde geniş işletim süresine ihtiyaç duyan sistemlerde uzun yaşam döngüsü bulunmaktadır. Taraflar bu geniş süre içerisinde yatırım maliyetlerine karşılık gelen hasılayı geri almayı beklemektedirler. Alınan neticeler, çoğunlukla tarafları tatmin etmediğinden bu sistemlerin etkin bir şekilde sürdürülebilirliğı için alternatif destek yaklaşımları geliştirilmektedir. Geliştirilen alternatif yaklaşımlardan bir tanesi de PDL'dir (Sols, Nowicki ve Verma, 2007).

2.1. PDL Kavramı

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, PDL yaklaşımının önce savunma sektöründe uygulanmaya başlandığı, daha sonra özel sektörde yayılmaya devam ettiğı görölmektedir. Hizmete dayalı bir kavram olması nedeniyle, performansa dayalı sözleşme olarak tanımlanmakla birlikte, havacılık alanında “saatte güç”, İngiltere’de “hazır bulunuřluğā dayalı sözleşme” ya da “hazır bulunuřluğā dayalı ödeme” olarak da ifade edilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda PDL kavramı literatürde tek bir tanımlama altında toplanmamaktadır. Ancak, yapılan tanımlamalarda üç ortak temanın ortaya çıktığı görölmektedir. Bu üç ana tema;

- Toplam sistem ömür devri için lojistik desteğın ve tedarik sürecinin entegrasyonu,
- Teşvikler,
- Performans hedefleridir (Berkowitz ve diğerkleri, 2005).

Berkowitz ve diğerkleri (2005) PDL'yi, son kullanıcının ihtiyaçlarını desteklemek üzere, savunma sistemlerinin kabiliyetleri ile hazırlık seviyelerini artırmak maksadıyla, organik ya da dış lojistik destek sağlayıcılarla, uzun dönemli ilişki ve uygun teşvik düzenine dayalı bütünleşik bir tedarik ve sürdürülebilirlik yaklaşımı olarak tanımlamaktadır.

Kobren (2009) ise PDL'yi, son kullanıcıların görev başarısını sağlamak için ihtiyaç duyduğı yer ve zamanda savunma sistemlerinin güvenilir, sürdürülebilir ve hazır bulunabilir olmasını sağlayan, sistemlerin performans çıktılarına odaklanan ve bu sistemlerin yaşam çevriminde maliyet etkin bir şekilde işletme-idamesinin yapılmasını amaçlayan bir ürün/malzeme destek yaklaşımı olarak ifade etmektedir.

Goure (2009), PDL stratejisini sade bir bakış açısıyla tanımlayarak ürün veya hizmetlerin tedariki yerine performans sonuçlarının alınması olarak açıklamaktadır.

Casner ve Bieber (2015) PDL'yi, müşteri, PDL destek sağlayıcısı ve tedarikçi üssü arasında uzun vadeli ilişkiler kurarak sürdürülebilirliği sağlayan, performans gelişimine yönelik teşvik mekanizması oluşturan ve sistemlerin operasyonel hazırlık seviyelerini önemli ölçüde artıran lojistik destek yaklaşımı olarak tanımlamaktadır.

ABD Savunma Bakanlığı PDL el kitabına (2016) göre PDL; savaşçıların ihtiyaçlarının karşılamak üzere, çıktıları performansa dayalı anlaşmalar yolu ile elde edilen, maliyetleri azaltmak üzere teknolojik yenilikler marifetiyle ürün destek sağlayıcılarını teşvik eden ve ömür devri boyunca performansa dayalı ürün desteği sağlayan bir yaklaşımdır. PDL anlaşmaları, sanayi veya hükümetler arası anlaşmalarla yapılan sözleşmelerdir (US Department of Defense Performance Based Logistics Guidebook, 2016).

Özdemir (2016) yaptığı tez çalışmasında PDL'yi, “yeni bir karmaşık savunma sistemi için malzeme çözümü aşamasından, envanterdeki bir sistem için ise işletme idame aşamasından başlamak üzere ömür devrinin tüm safhalarını kapsayan, uzun vadeli bir destek stratejisi doğrultusunda; belirlenen performans hedeflerinin elde edilebilmesi maksadıyla, kamu-özel sektör imkân ve kabiliyetlerinin, tüm paydaşların kendi öz yeteneklerine odaklanmasını sağlayacak şekilde bir araya getirilerek tasarlanan ve uygun bir teşvik mekanizması ile hayata geçirilen bütünleşik lojistik stratejisi” olarak tanımlamaktadır.

Dirican (2016) yaptığı tez çalışmasında PDL'yi, “bir sistemin toplam ömür devri maliyetini düşürecek şekilde sürdürülebilirliğini sağlamak, son kullanıcının ihtiyacını performans hedeflerine odaklanarak karşılamak, uygun teşvik mekanizması içeren uzun dönemli sözleşmeler aracılığıyla savunma sistemlerinin hazır bulunuşluğunu artırmak için lojistik desteğin satın alınması” olarak tanımlamaktadır. Ayrıca PDL'yi, ne ürün desteğinin tamamen yükleniciye devredilmesi ne de kurumun tamamen kendi içyapısındaki birimleriyle desteğin yürütülmesi olarak ifade etmektedir.

ABD Savunma Bakanlığı Tedarik Topluluğu PDL'yi, savunma sistemlerinin operasyonel hazır bulunuşluğunu optimize etmek maksadıyla bütünleşik ve minimum maliyetle performans çözümleri planlayan ve ortaya çıkaran sonuç odaklı bir malzeme destek

stratejisi olarak tanımlamaktadır (US Department of Defense Acquisition Community Connection, 2020).

Bu kapsamda PDL, geleneksel yaklaşımdan farklı olarak, karmaşık ve pahalı sistemlerin ömür devri boyunca düşük maliyetle hazır bulunuşluğunu artırmak ve performans hedeflerine odaklanarak son kullanıcının gereksinimlerini karşılamak maksadıyla, sistemlerin araştırma geliştirme safhasından ömür devri sonuna kadar sürekli iyileştirme anlayışı içerisinde, uzun dönemli, kamu özel sektör işbirliği ile teşvike dayalı anlaşmalar yaparak daha güvenilir sistemlerin oluşturulmasını hedefleyen bütünleşik bir tedarik ve lojistik destek stratejisi olarak tanımlanabilir.

2.2. PDL Yaklaşımının Özellikleri

Geleneksel lojistik sistemi; araç, helikopter, uçak, gemi vb. platformların, buna bağlı veya diğer sistemlerin hazır bulunuşluklarını maksimum seviyede tutmayı sağlamak için ürün tedariki ve hizmet alımı şeklinde kamu/ticari alım yöntemlerini kullanmaktadır. Burada, tedarik birimleri; öncelikle ihtiyaç miktarlarını stok miktarları ile birlikte çeşitli yöntemlerden faydalanarak bir öngörü yaklaşımı içinde hesaplamakta, ürünü tedarik etmekte, depolamakta ve son kullanıcıya kadar dağıtımını sağlamaktadır. Öngörülemeyen ihtiyaç miktarları için ya yeniden tedarik yöntemine başvurulmakta ya da önceden fazla miktar tedarik edilerek yapılan stok rakamlarından karşılanmaktadır. Bu da ihtiyaç makamları için ilave maliyetlere neden olmaktadır. Burada tedarik makamında çalışan karar birimlerinin envanterinde mevcut her tür sistem ve platformun maksimum hazır bulunuşluğu için yeterli yedek parça ve malzemelere sahip olmaya odaklanmalarını gerektirmektedir. Belirsizlik ve oluşabilecek talep dalgalanmalara karşı, en uzak noktadaki ihtiyaç makamının yukarı doğru ilettiği talep miktarındaki bir birim artış, kamçı etkisi yaratmakta ve gerektiğinden fazla tedarik miktarı ile stok bulundurmalarla neden olmaktadır. Fazla tedarik ve stok; ilave satın alma, işgücü, depolama, dağıtım ve yönetim maliyetlerine yol açarak, ihtiyaç ve tedarik makamı üzerinde gereksiz lojistik yük oluşturmaktadır. Bu da yöneticilerin doğru yöne odaklanması engelleyerek kaynakların etkin kullanılmamasına, yedek parça ve malzemenin hazır bulunuşluk sürelerinin uzamasına ve dolayısıyla sistemlerin hazır bulunuşluklarının maksimize edilmesine engel olmaktadır. PDL yaklaşımında, malzeme ya da işçilik tedariki yerine, çıktılarına odaklanılarak performans hedeflerinin satın alınması söz konusudur.

PDL yaklaşımı benimsemiş programlar, geleneksel yaklaşımlara göre milyarlarca dolar tasarruf ederken, sistem çalışma sürelerinde yüzde 40'lık artış, lojistik cevap sürelerinde yüzde 70'lik azalış yaşamaktadır. PDL yaklaşımlarının hedefi, maliyetlerin kontrol edilmesini sağlayacak, sistemlerin güvenilirliğinin yükseltilmesine yönelik harcamaların yapılmasını teşvik eden, kâr marjlarını aynı oranda kalmasını sağlayan ve kamu maliyetlerinin düşmesini sağlayan sözleşmeye dayalı bir yapı oluşturmaktır (Randall ve diğerleri, 2010).

PDL ile yapılan uygulamalarda, % 20-40 oranında performans değerlerinde artış sağlanırken, % 15-20 oranında maliyetlerde azalış görülmektedir (Goure, 2009). Ayrıca, uzun dönemli PDL tedarik yöntemi ile bir yıllık klasik tedarik yöntemi karşılaştırmasının yapıldığı “Bakım Sözleşmelerinde PDL ile Sağlanan Maliyet Tasarrufu” isimli çalışmadan elde edilen bulgulara göre PDL sözleşmelerinde diğer rekabetçi anlaşmalara nazaran maliyetlerde % 20 tasarruf olduğu sonucuna varılmıştır (Straub, 2009).

PDL yaklaşımı, savunma sistemlerinin kullanımı süresince ömür devri maliyetini düşürerek hazır bulunuşluk seviyelerini artırmayı, güvenilirliği artırmayı ve lojistik ayak izini azaltmayı sağlamak için tasarlanmıştır (Doerr, Lewis ve Eaton, 2004). Bu amaçların gerçekleştirilebilmesi için kurumun, lojistik destek sağlayıcıya performansın dağıtımının belirlenmesi, teknolojik yeniliğe yapılacak yatırım, maliyet tasarrufu ve kâr elde etme konularında serbestlik sağlaması gerekmektedir (Randall, 2013).

PDL yaklaşımı uygulamalarında, uzun süreli sözleşmeler tercih edilmektedir. PDL, destek sağlayıcıları sistem ve ürün güvenilirliğini geliştirmeye yönelik motive ederek kârlarını artırmaya odaklandırmaktadır. Ayrıca, bu motivasyonun destek sağlayıcının yatırım kabiliyetleriyle bağlantılı olması gerekmektedir. Dolayısıyla, bu motivasyonun oluşması, destek sağlayıcının yatırımına geri dönüş alabilmesine uygun sözleşme süresinin sağlanması ile mümkün olabilmektedir (Bayram, 2010).

PDL anlaşmaları, riskleri kamudan lojistik destek sağlayıcıya kaydırmayı planlamaktadır. Eş zamanlı olarak da destek sağlayıcının teşvik gücünü artırmaktadır. Geleneksel tedarik yaklaşımında risk tamamıyla kamu sektöründe bulunmaktadır. Yedek parçanın satın alınmasına yönelik yapılan anlaşma kapsamında, arıza oranlarının giderek artması, yedek parçaların hazır bulunmaması ve sistemlerin ömrünü tamamlaması kamunun karşı karşıya

kaldığı riskler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu risklere karşı önlem almak adına güvenlik stok seviyesi artırılmaktadır (Gardner, Ogden, Kahler ve Brady, 2015).

Çok daha karmaşık ve uzun vadeli sözleşmeleri içeren PDL yaklaşımı, fiyat ve kalite ile birlikte hem ürün/hizmet hem de süreç açısından gelişme ve yeniliği (inovasyon) hedeflemektedir. Bu yaklaşım geleneksel tedarik sisteminden daha fazla yeniliğin kullanılmasına önem vermektedir. Lojistik destek sağlayıcının; sistemin yeniden tasarımına, ömür devri boyunca süreçlerin iyileştirilmesine ve teknolojik yeniliğe yatırım yaptığı sürece PDL'de kâr elde etmişlerdir (Randall, Nowicki ve Hawkins, 2011).

Performansa dayalı sözleşme ile lojistik destek sağlayıcıya, yaptığı bakım, onarım ve arıza giderimi işlemlerinden ziyade sistemin performansına göre ödeme yapılmaktadır. Bu sistem altında, yıldan yıla bakım ve onarıma ayrılan maliyetlerin, toplam satın alma maliyetlerini düşürecek şekilde ürünün gelişimine odaklı yatırımlara yönlendirildiği sürece; destek sağlayıcının kârı, sistemlerin performansı ve kullanıcının maliyetleri olumlu yönde değişim göstermektedir (Nowicki, Ramirez-Marquez, Murynets ve Randall, 2011). PDL yaklaşımı, gelişmekte olan ülkelerde pilot çalışmalar göz önüne alındığında 20 yıldan fazla bir süredir kullanılmakta ve hala geliştirilmeye devam edilmektedir. Bununla birlikte, silahlı kuvvetlerin savunma sistemlerinin bakımında diğer ülkelerde PDL'nin benimsenmesine bakıldığında, dünyadaki literatür nadirdir, ancak bazı ustalık düzeyindeki çalışmalara rastlanmaktadır (Usgurlu, 2018).

2.3. PDL Yaklaşımına Geçiş Sebepleri

ABD ve İngiltere başta olmak üzere dünyadaki güçlü savunma sistemlerine sahip ülkeler tarafından 2000'li yılların başından itibaren hayata geçirilen PDL stratejisinin, savunma sistemlerinin hazır bulunuşluk oranlarında elde ettiği değerler, toplam ömür devri maliyetlerinde sağlamış olduğu maliyet tasarrufları sayesinde uygulama alanının gittikçe genişlemesine ve hâlihazırda en etkin lojistik destek stratejisi olarak karşımızda bulunmasını sağlamıştır (Dirican, 2016).

PDL'nin ortaya çıkmasında en büyük sebep savunma sektöründe yapılan harcamalardaki büyük artışa karşın savunma bütçelerindeki yaşanan azalmalar gösterilmektedir. Yapılan harcamaların büyük bir çoğunluğunu envanterde mevcut eski sistemlerin işletme ve

bakımlarında kullanılan maliyetler oluşturmaktadır. Bu maliyetlerin oluşma sebebi ise geleneksel destek stratejisi kapsamında sistem ömür devri boyunca tedarik edilen yedek parça stok maliyetleridir (Özdemir, 2016) ABD Savunma Bakanlığınca ABD Deniz Kuvvetleri tarafından geleneksel destek stratejisi kapsamında satın alınan 155.000 adet yedek parçanın atıl durumda bulunduğu ve bu durumun maliyetinin 4 milyar dolar civarında olduğu, yine İngiltere Savunma Bakanlığı tarafından 2011 yılı içinde tedarik edilen yedek parçalardan 2,1 milyar dolar tutarındaki bir kısmın stokta bekletildiği ve ortalama yıllık 400 milyon dolar yedek parça satın alma maliyetinin olduğu tespit edilmiştir (Harding, 2012). ABD Savunma Bakanlığı kullanılmayan yedek parçalar için yıllık 1 milyar dolar maliyete katlanmaktadır (Erwin, 2015; Dirican, 2016).

ABD Savunma Bakanlığını, lojistik dönüşüme iten faktörler arasında, işletme ve idame maliyetlerinin yeni sistemler ile birlikte artması, özellikle savaş uçaklarında görülen uzun müşteri bekleme süreleri, yeni ve öngörülemeyen savunma ortamında esneklik ve çeviklik gereksinimi sayılmaktadır. Bu faktörler, bütçe kısıtları ve ticari lojistik destek operasyonlarında görülen ve raporlanan gelişmeler ile birleştiğinde, geleneksel destek modellerinden kurtulmak gerektiği açıkça görülmektedir (Bayram, 2010). ABD Savunma Bakanlığı lojistik süreçleri ile küresel pazara sahip özel firmaların lojistik süreçleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.1’de gösterilmektedir (Gansler ve Lucyshyn, 2006).

Çizelge 2.1. ABD Savunma Bakanlığı ile firmaların lojistik süreçlerinin kıyaslanması

Süreç	ABD Savunma Bakanlığı	Özel Firmalar		
Dağıtım Süresi (Stoktan)	21 gün (Ort.)	1 gün (Motorola)	3 gün (Boeing)	2 gün (Caterpillar)
Onarım Süresi (Çevrim)	4-144 gün	3 gün (Compaq)	14 gün (Boeing electronics)	14 gün (Detroit Diesel)
Onarım Süresi (Kademe)	8-35 gün (Tank/Kamyon)	1 gün (Compaq)	10 gün (Boeing electronics)	5 gün (Detroit Diesel)
Tedarik Süresi (Zamanında Teslimat)	88 gün	4 gün (Texas Inst.)	0.5 gün (Portland General)	Dakikalar (Boeing)

PDL'nin tedarik stratejisi olarak tercih edilme nedenlerinden bir diğeri de tedarik ve ürün yaşam süreci sürdürülebilirliğini birleştirmektir (Berkowitz ve diğerleri, 2005). Bu yaklaşım altında belirlenen lojistik metrikler, muharip unsurların ihtiyaçlarının karşılanmasından ziyade, lojistik süreçlerin kendi içerisindeki etkinliğine odaklanmaktadır. Bu metriklerin gerçekleştirilmesine odaklanan çabalar da savunma sistemi seviyesinde çok verimli sonuçlar doğurmamaktadır (Devries, 2005).

PDL'ye geçiş nedenlerinden bir başkası ise, geleneksel tedarik stratejilerinde tedarik edilen sistemlerin desteklenmesinden ziyade bu sistemlerin ve kullanılan teknolojinin satın alınmasına odaklanılmasıdır (Berkowitz, Simpson, Kallam, Jones ve Gundlach, 2011). Geleneksel bakım sistemi, arızalı olan malzeme/bileşen/yedek parçanın değiştirilmesine ve/veya bu malzemenin onarımı veya hurdaya atılmasına dayanmaktadır. Burada; onarım ve değiştirme, tamir et ve değiştir işlemi baskın lojistik tedarikçilerin yüksek gelir ve karlar elde etmesine yol açarken, sistemin kullanıcısı ya da sahibine savunma sisteminin sürdürülebilirliği için teknolojik veya ticari açıdan yenilikçi çözümler getirememektedir. Ayrıca, yedek parça stoklarında önemli bir artışı da sistem sahibi üstlenmektedir (Randall, Hawkins, Haynie, Nowicki, Armenakis ve Geary, 2015:35). PDL yaklaşımında ise ürünün tedarik edilmesinden ziyade, performans hedeflerinin satın alınması amaçlanmaktadır. PDL yaklaşımı ile son müşterinin gereksiniminin belirlendiği, malzeme tedariki yerine performans değerlerinin satın alındığı, tedarikçiye nasıl değil, ne istendiğinin belirtildiği, stratejik bağın oluşturulduğu, risk paylaşımının yapıldığı, program yönetimi bakış açısının hâkim olduğu, bütün ortakların temel yeteneklerine odaklandığı ve odak noktasının yaşam döngüsü olduğu bir çevre oluşturulması amaçlanmaktadır (Berkowitz ve diğerleri, 2005).

ABD Savunma Bakanlığı'na PDL konusunda yapılan bir araştırmada, PDL'yi bir malzeme destek stratejisi olarak seçmeye ve uygulamaya yönlendiren faktörleri belirlemişlerdir. Bu faktörler Çizelge 2.2'de gösterilmiştir (Berkowitz, Gupta, Simpson, McWilliams, Delayne, Brown, Cameron ve Sparks, 2003; Özdemir, 2016)

Çizelge 2.2. ABD Savunma Bakanlığını PDL uygulamasına iten olan faktörler

S. No.	Faktörler
1.	Yeni tedarik edilen ve envanterde bulunan eski savunma sistemlerinin tüm bakım, onarım ve destek maliyetlerinin yükselmesi
2.	Yeni bir lojistik yaklaşıma ihtiyaç duyulması ve ABD kongresinin bu konuda almış olduğu kararların olması
3.	Son kullanıcıların uzun lojistik cevap sürelerini kısaltma ihtiyacı
4.	Harekât yeteneğini artırmak için savunma sistemlerinin yenileştirme gereksinimi
5.	Savunma sistemlerindeki eskime ve yıpranma sorunlarına ilişkin çözüm arayışı
6.	Ticari firma uygulama ve yaklaşımlarından elde edilecek kazanımlar konusunda farkındalıklar elde edilmesi
7.	PDL uygulamalarından elde edilen olumlu sonuçlar

2.4. PDL ile Geleneksel Yaklaşım Arasındaki Farklılıklar

PDL yaklaşımı ile geleneksel (üretim sonrası ürün desteği) yaklaşım arasında iki temel fark bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, ayrı ürün ve hizmetler için ardı ardına sözleşme yapmak yerine performans sözleşmesi yapılmasıdır. PDL yaklaşımında, satın alınan ya da desteklenen sistemin bütünsel performansına odaklanması, yalnızca ilave değer katan ürün ve hizmet desteğinin satın alınması, stratejik anlamda uzun dönemli ilişkilerin kurulması söz konusudur. Geleneksel yaklaşımda, ürün tedarik etmek, hedeflenen performans seviyesine ulaşabilmek ya da hizmeti elde edebilmek için tek seferlik ve kısa zamanlı sözleşmeler yapılmaktadır (Randall ve diğerleri, 2011). İkincisi uzun süreli anlaşmaların sağladığı güven ilişkisidir. Uzun süreli ilişki, lojistik destek ağlarının, yedek parça ve onarım gibi hizmetlerin sürekli tedarik edilmesinin aksine, belirli güvenilirlik konularının yeniden tasarım yoluyla gidermek için tedarikçi ağına zaman kazandırır (Randall ve diğerleri, 2010).

Bir başka önemi farklılık ise, geleneksel yaklaşımda toplam sistem performansına hiçbir ilave değer katmayan ve toplam yaşam döngüsü maliyetlerini artıran ihtiyaç fazlası yedek parça stokunun bulunmasıdır.

Geleneksel yaklaşım ile PDL stratejisi arasındaki diğer farklılıklar Çizelge 2.3'de sunulmuştur (Sols ve diğerleri, 2007; Randall ve diğerleri, 2010; Dirican 2016).

Çizelge 2.3. Geleneksel yaklaşım ile PDL stratejisi arasındaki farklılıklar

Geleneksel Yaklaşım	PDL Yaklaşımı
Ürün ya da hizmete odaklanılması	Performans sonuçlarına odaklanılması
Uzun bekleme süreleri	Minimum lojistik cevap süreleri
Bir defalık kısa dönemli sözleşmelerin yapılması	Uzun dönemli anlaşmaların yapılması
Yedek parça başına ödeme	Sistem kullanım başına ödeme
Değişik sayıda yedek parça alımı	Önceden belirlenen sistem faaliyet oranı
Sahiplik ve kontrol ihtiyaç makamında	Sahiplik ve kontrol destek sağlayıcıda
Lojistik işlemlerde farklı sorumluluklar	Tek sorumlu makam üretici/destek sağlayıcı
Riskin ihtiyaç makamında olması	Hem ihtiyaç makamının hem de destek sağlayıcının belli oranda riski paylaşması
İhtiyaç makamının yüksek miktarda stok bulundurması	Üretici/Destek sağlayıcısının optimum miktarda stok bulundurması
İşlev odaklı	Son kullanıcı odaklı
Özel ve kamusal roller	Paydaşlar, birlikte hareket etme
Sonradan harekete geçme (Reaktif)	Önceden harekete geçme (Proaktif)
Maliyet minimizasyonu	Performans optimizasyonu
Farklı bilgi erişim noktaları	Birbiri ile bağlantılı bilgi erişim ağı
Değişik hizmet düzeyleri	Güvenilir ve tutarlı hizmet düzeyi
Birçok kaynak	Tek noktaya güven

2.5. PDL Yaklaşımının Faydaları

ABD Savunma Tedarik Üniversitesi platformundan yer alan ve savunma birimlerinin aldığı tecrübelerden elde ettiği performansa dayalı tedarik için yedi adım çalışma rehberinde ortaya konulan PDL yaklaşımının faydaları aşağıda sunulmuştur (Sade, 2005):

- Görev ihtiyaçlarının karşılanma olasılığını arttırması,
- Sürece değil, amaçlanan sonuçlara odaklanması,
- Daha iyi fiyat ve gelişmiş performans elde edilmesi,
- Daha az performans riski,
- Ayrıntılı spesifikasyon veya işlem açıklamasına ihtiyaç duyulmaması,
- Çözüm önerisinde yüklenicinin esnekliğinin bulunması,
- Sadece yükleniciler için değil, çözümler için de daha iyi rekabet fırsatı sağlaması,
- Yüklenicinin katılımı ve ortak çıkarların olması,

- Paylaşılan teşviklerin inovasyon ve maliyet etkinliği sağlaması,
- Protesto olasılığının düşük olması,
- Daha az sıklıkta, daha anlamlı denetleme yapılması,
- Seçim yapabileceğiniz çeşitli çözüm imkânlarının olmasıdır.

2.5.1. Sistem hazır bulunuşluğunu artırması

PDL, ürün tedarikinin aksine bir hizmet anlayışlı tedarik ve destek sistemidir. Yapılan araştırmalarda bu tedarik sisteminin birçok faydasının bulunduğu ifade edilmektedir. Bunlardan önemlisi, sistemlere ait hazır bulunuşluk seviyesini artırmasıdır. ABD Savunma Bakanlığı bünyesinde yapılan PDL anlaşmalarının, birim performans maliyetlerini düşürürken, sistem, alt sistem ve yedek parça hazır bulunuşluk seviyelerini artırdığı tespit edilmiştir (Boyce ve Banghart, 2012). ABD Havacılık Endüstrisi Birliği'nin 23 adet PDL uygulamasına yönelik yapmış olduğu incelemeye göre, PDL ile ortalama yıllık 21 milyon dolar civarında bir kazanç sağlandığı ve hazır bulunuşluk seviyelerinde ise yaklaşık % 16 oranında iyileşme elde edildiği görülmüştür (Goure, 2009). ABD'de PDL uygulamalarından elde edilen sonuçlar üzerinde yapılan bir diğer araştırmada; hazır bulunuşluk değişkeni değerlerinde F/A-18 programında % 23, deniz kuvvetleri uçak lastiklerinde % 17, F-22 uçak platformlarında % 15, UH-60 helikopterlerinin aviyoniklerinde % 14, F404 motorlarında % 46 oranında iyileşme elde edildiği görülmüştür (Fowler, 2009; Özdemir,2016:34).

İngiltere Savunma Bakanlığınca, 2005 yılında, BAE Systems firması ile Kraliyet Hava Kuvvetleri arasında, Tornado GR4 savaş uçağının bakım ve modernize anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma, PDL'ye dayalı veya İngiltere'de kullanıldığı şekli ile hazır bulunuşluk sözleşmesinin ilk adımıdır. Bu malzeme yönetim sözleşmesi, tamamen performans ilkelerine dayalı, Tornado GR4'ün tüm sürdürülebilirlik sürecini kapsayan bir hizmettir. BAE Systems, bütün savunma sisteminin (100.000 üzerinde eleman, montaj ve yedek parçalar) hazır bulunuşluk ve planlama yönetiminden, bakım ve onarım süreçlerinin koordinesinden ve performans seviyelerine ulaşıldığından sorumlu olmuştur. Bu projeden, geliştirilmiş F3 radar sistemi hazır bulunuşluğunda % 98 artış, klasik bakım işçi/saat gereksinimlerinde % 47 azalış ile: ATTAC anlaşması süresince 1,3 milyar £ tasarruf olmak üzere daha iyi kazanımlar (performans gelişimi, maliyet kazanımları ve hazır bulunuşluk) elde edilmiştir (Goure, 2009).

Uygulanan bazı PDL yaklaşımları ile elde edilen hazır bulunuşluk oranları ile önceki yaklaşımlara ait oranlar Çizelge 2.4’de gösterilmiştir (Vitasek, Cothran, Geary ve Rutner, 2006; Gansler ve Lucyshyn, 2006; Goure, 2009; Dirican, 2016).

Çizelge 2.4. PDL uygulamalarına ait bazı hazır bulunuşluk oranları

S.No.	Program Adı	PDL	
		Öncesi	Sonrası
1.	Depo Yönetimi	% 65	% 98 ↑
2.	Lastik	% 81	% 98 ↑
3.	Telsiz ARC 210	% 70	% 98 ↑
4.	F404 Uçak motoru	% 43	% 96 ↑
5.	Yardımcı güç ünitesi E/F	% 70	% 90 ↑
6.	Yardımcı güç ünitesi C/D	% 70	% 100 ↑
7.	F-14	% 73	% 90 ↑
8.	H-60 Avionik sistemi	% 71	% 85 ↑
9.	F/A-18 SMS	% 65	% 98 ↑
10.	FLIR	% 44	% 100 ↑
11.	CIWS sistemi	% 80	% 89 ↑

2.5.2. Ömür devri maliyetini azaltması

PDL yaklaşımı, birincil hedef olarak son kullanıcının bakım onarım destek ihtiyaçlarını karşılamayı, performans hedeflerine ulaşmayı, sistem ömür devri maliyetini azaltmayı ve katma değer yaratmayı amaçlamaktadır. ABD Savunma Bakanlığı, destek sağlayıcı firmalar ile PDL kullanımını hem maliyet hem de etkinlik açısından kazanımları nedeniyle kurumsallaştırmıştır. ABD’de yapılan araştırmalarda; PDL ile birlikte toplam ürün yaşam döngüsü maliyetlerinde ortalama % 15-20 oranında bir azalış, sistem hazır bulunuşluk seviyelerinde ise ortalama % 20-40 oranında iyileşme meydana geldiği tespit edilmiştir (Kobren, 2009).

Balafas, Krimizas ve Stage (2010) çalışmalarında, ABD Savunma Bakanlığı bünyesinde yürütülen savunma sistemlerine ait PDL projelerinden elde edilen maliyet tasarruflarını bir çizelge halinde sunmuşlardır. Yapılan çalışmada elde edilen milyon dolar seviyesindeki tasarruflar Çizelge 2.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. PDL Toplam maliyet faydası

Program	Toplam maliyet tasarrufu (Milyon \$)	Program	Toplam maliyet tasarrufu (Milyon \$)	Program	Yıllık maliyet tasarrufu (Milyon \$)
F22	14,000 \$	ARC-210	\$5,4 (8,6%)	F-22	\$500 (39%)
ALR67(v)3	62,7 \$ (40%)	TH-57	\$15,3 (7,9%)	CASS CSP	\$30 (54%)
TOW-ITAS	350\$	H-60	\$41 (6,5%)	TOW-ITAS	\$6,3 (34,5%)
F/A-18	\$688	Sea Sparrow	\$2,2 (6,3%)	ARCI	\$4 (24,7%)
CGS	\$10,3 (65%)	AN/WSN-7	\$0,88 (1,3%)	Mk41 VLS	\$1,1 (16,4%)
MIDs-LVT	\$62 (54%)	AN-PSS14	\$17	F-117	\$124 (14,5%)
AN/AAS-44	\$31 (25,2%)	Sentinel	\$301,7	Dz.K. Lastik	\$46 (15%)
APUs	\$4 (20,9%)	T-45	\$85	GBMD	\$1,6
AEGIS FCS	\$8 (19,3%)	C-17	\$477	TAIS	\$0,01
F-405 Motor	\$61 (17,2%)	Dz. Ekipm.	\$1	H-46	\$0,35
Kokpit Göstergesi	\$71 (16,5%)	AN/ALQ12 6B	\$2,1	Program	Uçuş Saati Maliyet Azalımı
F100	\$2 (16,3%)	AN/USM-638	\$0,5	LANTRIN	\$9,6 (14,6%)
AH64 & CCAD	\$100	C-17	59%	F-404 Motoru	\$79 (13,4%)
CH-47 (UK)	\$250	Tornado (UK)	51%	F-414 Motoru	\$6,4
Javelin	10%	Harrier (UK)	44%	Patriot	\$1 (13,1%)
RFTLTS	\$0,5	Nimrod (UK)	8%		

İngiltere Savunma Bakanlığı ve savunma firmalarının üst düzey yöneticileri ile mülakat tekniği ile yapılan bir araştırmada; 25 yılı kapsayan Integrated Merlin Operational Support (IMOS) programının ilk 5 yılında sözleşme ve idame maliyetlerinin % 33 oranında azaltıldığı tespit edilmiştir (Ward, 2013). Ayrıca, Hollanda’da PDL yaklaşımı kapsamında tatbik edilen bir yapı projesinin toplam yaşam döngüsü maliyetinde % 20 oranında bir tasarruf sağlandığı görülmüştür (Randall ve diğerleri, 2011).

2.5.3. Lojistik bekleme (yanıt) süresini kısaltması

Klasik anlamdaki lojistik destek yaklaşımında stok seviyesi problemleri ile iki farklı durumda karşılaşılmalıdır. Bunlardan birincisi; kurumun ihtiyacından fazla stok bulundurması, ikincisi talep dalgalanmaları, ani/beklenmeyen durumlarda ortaya çıkan ihtiyaçlar ve tahmin edilemeyen miktarları karşılayacak elde stok miktarının bulundurulmamasıdır (Dirican, 2016). İhtiyaç fazlası stok miktarı, hazır bulunuşluk seviyesi için bir güvence gibi gözüküyor olsa da yüksek maliyeti beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte stok elde bulundurmama sebebiyle kritik öneme haiz savunma sitemlerinin istenilen zaman ve şartta ihtiyaç duyulan performansı göstermemesi ve kurumdan son kullanıcıya kadar olan ihtiyacın karşılanmamasına neden olmaktadır.

PDL yaklaşımında, özel sektör destek sağlayıcılarının dünya sınıfı seviyesinde başarılı tedarik zinciri uygulamalarından faydalanılmaktadır. Geleneksel destek stratejilerinde, kamu sektöründe sıklıkla karşılaşılan dikey hiyerarşik yapı, stoka dayalı malzeme akışı, teknolojik ya da altyapı eksiklerine bağlı eksik bilgi akışı, eğitimli personel ihtiyacı ve kamu tedarik sistemlerinin gerektirdiği yasal uzun işlem süreçleri gibi nedenlerden dolayı lojistik cevap süreleri uzamaktadır. Küresel seviyede hizmet desteği sağlayan lojistik destek sağlayıcıların, sahip olduğu geniş tedarik zincir ağı, en iyi uygulamalara yönelik başarılı işlem süreçleri ve rekabete yönelik hıza önem vermeleri lojistik cevap sürelerinde kamu sektörüne kıyasla daha başarılı seviyelerde olduğu göstermektedir.

ABD Savunma Bakanlığının PDL uygulamaları incelendiğinde lojistik cevap süresi değerlerinde, F/A-18 programında % 74, deniz kuvvetleri uçak lastiklerinde % 92, F-22 uçak platformlarında % 20, UH-60 helikopterlerinin aviyoniklerinde % 85, F404 motorlarında ise % 25 oranında iyileşme tespit edilmiştir (Fowler, 2009; Özdemir, 2016). Lockheed Martin firması sözleşme süresi boyunca, cevap sürelerini 80 saatten 23,4 saate, mühendislik işlemleri cevap süresini 190 saatten 2,1 saate düşürerek F-117 uçaklarının harekâta hazırlık oranlarını geliştirmiştir (Dirican, 2016).

ABD’de gerçekleşen bazı program ve projelerdeki lojistik cevap verme süreleri Çizelge 2.6’da yer almaktadır.

Çizelge 2.6. Bazı PDL uygulamaları lojistik cevap verme süreleri

Program	PDL öncesi	PDL sonrası
Uçak lastikleri	28,9 gün	2 gün (Yurtiçi) 4 gün (Yurtdışı)
ARC-210 Telsiz	22,8 gün	5 gün
F/A-18 Savunma yönetim sistemi	42,6 gün	2 gün (Yurtiçi) 7 gün (Yurtdışı)
H-60 Helikopter aviyonik	52,7 gün	8 gün
F-14 LANTIRN	56,9 gün	5 gün

2.5.4. Yüksek performans sağlaması

PDL yaklaşımında, hem kurum hem de destek sağlayıcı açısından kazan-kazan durumu söz konusudur. Bu şartlarda kullanıcının/kurumun beklentisi, üründen daha az arıza sıklığı, uzun çalışma süresi ve yüksek performans getirisi. Lojistik destek sağlayıcı ise ömür devri boyunca ürüne yönelik ARGE safhasından itibaren yapmış olduğu destek ile ürünün performansını artırmaya yönelik çabalarına değer almaktadır. Bu sayede kullanıcı daha düşük maliyetle daha az sayıda sistemle daha verimli ürün performansı elde ederken destek sağlayıcı üretici firma sürdürülebilir ürün ömrü sayesinde daha fazla kar ve kazanım elde edecektir (Önel ve Kambur, 2013).

F-117 Nighthawk PDL sözleşmesi, Lockheed Martin Aeronautics'in ana yüklenicilik ve tüm sistem performans sorumluluğunu aldığı 3 yıl artırım opsiyonu olan 5 yıllık sözleşme 1998 yılında yapılmıştır. Lockheed Martin, tüm sistem performansından sorumludur. Sözleşmede % 7 teşvik, % 3 ödül primi mevcuttur (Cicioğlu, 2009). PDL ile ilgili yapılan araştırmalarda, bu yaklaşımının % 20-40 performans verimliliği sağladığı, bunu sağlarken de maliyetlerde % 15-20 tasarrufların sağlandığı görülmüştür (Goure, 2009).

2.5.5. Temel yeteneklere odaklanması

ABD Savunma Tedarik Üniversitesi PDL kılavuzunda (2005), kurumların öncelikle temel yetenekleri, bilgi ve becerilerini belirlemelerini, daha sonra bunların dışında kalan faaliyetleri ise PDL yaklaşımıyla sürdürmeleri tavsiye edilmektedir. Böylece kurumların,

personelini, tecrübesini, gücünü, zamanını ve diğer tüm kaynaklarını tamamen asıl işini yapmaya yönlendirebilecekleri vurgulanmaktadır (US Department of Defense, Defense Acquisition University Performance Based Logistics Guidebook, 2005).

Klasik bakım onarım destek yaklaşımlarında, maksimum savunma sistemi hazır bulunuşluğu elde etmek için hizmet ve yedek parça tedarik edilmektedir. Bu tür işlemlerin yönetilmesinde kamu birimleri ihtiyaçları tahmin etmek ve hesaplamak, daha sonra satın almak, depolamak ve ihtiyaç duyulan gerekli yerlere ulaştırmak zorundadırlar. Dolayısıyla kamu lojistik birimlerinin odak noktası bu süreçlerin sağlıklı ve sürdürülebilir yönetimi olmaktadır (Gansler ve Lucyshyn, 2006).

PDL ile talebi tahmin etmek, envanteri yönetmek, bakım onarımı planlamak gibi aktif lojistik destek yönetim konuları destek sağlayıcının sorumluluğuna geçmektedir. Böylece lojistik destek yöneticileri, harekâtın desteklenmesine yönelik gerekli olan lojistik desteğin kapsamı, ihtiyaçların tespiti gibi daha üst seviyedeki konulara odaklanmaktadır (Dirican, 2016).

2.5.6. Şeffaflık, geniş hizmet ağı ve esneklik sunması

PDL yaklaşımının izlenebilir olması nedeniyle belirlenen performans hedeflerine ulaşılması ile maliyetler net olarak bilinmekte ve takip edilebilmektedir. Küresel üretici firmaların en iyi tedarik zinciri uygulamalarına sahip olmaları, sürekli gelişim ve rekabet içinde bulunması daha geniş oranda lojistik ağ yapısını sunma olanağına imkân tanımaktadır. Buda her bölgede destek sağlama, zamanında müdahale ile süratle çözüm önerisi sunma esnekliğine olanak sağlamaktadır (Dirican, 2016).

2.5.7. Sistemlerin güvenilirlik seviyesini artırması

Güvenilirlik, bir sistemin verilen bir görevi belirli bir zaman ve koşulda arızasız olarak icra edebilme olasılığı ya da görev başarı hedeflerini karşılama yüzdesidir. Sisteme bağlı olarak, görev hedefi bir sorti, fırlatma, ulaşılan hedef veya farklı bir hizmet olabilir. PDL sözleşmelerinin amacı, son müşteriye daha yüksek seviyelerde etkin ve verimli hizmet desteği sağlamak ve daha güvenilir ürün üretmektir (Gansler ve Lucyshyn, 2016). PDL yaklaşımı, sistemlerin güvenilirliğini artırmaya yönelik harcamaları destekleyen ve teşvik

eden bir yapıdır (Randall ve diğerleri, 2010). ABD Savunma Bakanlığınca imzalanarak uygulamaya konulan F/A-18E/F PDL sözleşmesinde Boeing firması PDL yüklenicisidir ve sözleşme kapsamında; ikmal zinciri desteği, güvenilirlik iyileştirmeleri, demode malzeme yönetimi, teknik yayın ve destek ekipmanı yönetimini içeren kapsamlı bir destek vermektedir (Cicioğlu, 2009).

Ürün güvenilirliği havacılık sektöründe en önemli performans ölçütü olarak kabul edilmektedir. Bunun sebebi sadece ürün kullanımının önemli bir faktörü olması değil, aynı zamanda hatalı ürünlerin havacılık sektöründe can kaybı gibi tehlikeli sonuçların yanında, büyük miktarlarda finansal kayıplara da neden olmasıdır (Dirican, 2016:43).

2.6. PDL Yaklaşımının Mahsurları

2.6.1. En iyi tedarikçiler (üreticiler) ile iş yapma zorunluluğu

PDL'nin avantajları yanında bazı mahsurları da bulunmaktadır. Örneğin, yanlış destek sağlayıcı seçimidir. PDL yaklaşımı, uzun süreli anlaşmaları zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle başarısız yükleniciler ile çalışılması halinde bu durumun oluşturacağı verimsizlikler, mali kayıpların yanı sıra görevin icrasını da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. En iyi tedarikçiler ile iş yapma zorunluluğu vardır. Performans izleme ve ölçümü için işlem ve personel maliyetleri oluşmakta olup sistemin başarısı performans değerlendirilmesine bağlıdır. Performans değerlendirme ve izleme sürecinde karşılaşılabilecek bir olumsuzluk bütün bir sistemi etkilemektedir. Performans ölçütlerinin doğru ve istenen şekilde belirlenmemesi durumunda istenen performans elde edilememektedir. Maliyetin bir performans ölçütü olmadığı “maliyet artı” sözleşme tiplerinde beklenenin üzerinde maliyetler oluşabilmektedir. Ayrıca, destek sağlayıcıların beklenen performansı göstermemesi durumunda, kullanıcının PDL sözleşmesi kapsamında ceza işlemi haricinde farklı bir işlem yapma imkânı bulunmamaktadır.

2.6.2. Savunma bütçesinin doğru planlanamaması

PDL'nin en zor kısımlarından biri performansın tanımlanmasından ziyade bunun gerçekleştirilmesidir. PDL kapsamında destek sağlayıcının performansını, hem savunma sistemlerin hazır bulunuşluk seviyesi hem de maliyetleri düşürmesi bakımından

değerlendirirken, kamunun performansını da sözleşme kapsamında belirlenen ödeme dönemlerine ve ödeme tutarlarına olan bağlılığı noktasında değerlendirebiliriz. Bu noktada karşılaşılabilecek en büyük dezavantaj savunma bütçesinin doğru planlanması ve tutarlılığıdır (Dirican, 2016).

2.6.3. Kazanılmış temel yetenek ve eğitimli personelin kaybedilmesi

PDL yaklaşımının dezavantajlardan en önemlilerinden biri de kurumun sahip olduğu temel yeteneklerin kaybedilmesidir. Kurumlar, sahip olduğu temele yeteneklerini en iyi şekilde analiz edip belirlemelidir. Bunların içinden kaybedilmemesi gereken temel yeteneklerde ayrıca tespit etmelidir. ABD Savunma Bakanlığı PDL kılavuzunda, kurumların, paylaşılmasında sakınca bulmadığı temel yeteneklerini karşılaştacağı riskleri ortaya koymadan özel sektör ile paylaşması ve PDL sözleşmesi yapması durumunda farkında olmadan temel yeteneklerini kaybedebileceği vurgulanmaktadır (US Department of Defense Performance Based Logistics Guidebook, 2014).

PDL yaklaşımı doğası gereği bir işbirliği yapısı gerektirmektedir. Ancak PDL yaklaşımına, dış kaynak mantığıyla yaklaşıldığında bu işbirliği yapısı sağlanamamaktadır. Kamu-özel sektör işbirliği mantığı altında gerçekleştirilecek iş yükü paylaşımının bir tanımlaması ve sınırlandırması bulunmamaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta, güvenlik gibi hayati öneme haiz bir sorumluluğu yerine getiren unsurları yetenek kaybına uğratabilecek planlamanın yapılmamasıdır. Aksi takdirde oluşabilecek yetenek kaybı, hem lojistik desteğin sağlanması konusunda destek sağlayıcıya olan bağımlılığı daha da artıracak hem de ömür devri maliyetlerini düşürme amacı taşırken daha yüksek maliyetlerle yüz yüze kalınmasına neden olacaktır (Dirican, 2016).

2.6.4. Desteğin çatışma ortamında kesintiye uğrayabilmesi

Destek sağlayıcının, barış şartlarındaki tedarik zinciri ağı yapısı ile sağladığı lojistik desteğin çatışma alanındaki yetenekleri ile aynı olmaması, muharebe sahasının yakınlığının getirdiği güvenlik sorunları, lojistik desteğin zamanında müdahalesini engelleyebilecek ve kesintiye uğramasına neden olabilecektir. Bu kapsamda, lojistik destek sağlayıcının çatışma ortamına yönelik çatışan unsurlarla beraber hareket edebilecek ve özellikle performans desteği sağladığı savunma sistemlerini takip edebilecek mobil

unsurlara barış şartlarından itibaren sahip olması gerekmektedir. Nitekim ABD'nin Irak Harekâtında destek sağlayıcı, uçakların bakım onarımını gerçekleştirmek üzere muharip unsurlarla beraber harekât alanında bulunmuş ve uçakların hazır bulunuşluk oranlarına önemli derecede katkı sağlamıştır (Dirican, 2016).

2.6.5. Uzun dönemli ilişkilerin getirdiği riskler

PDL uygulamalarında ticari firmalar ile yapılan uzun dönemli stratejik beraberliklerin, kamu sektöründe yüksek düzeyde risk oluşturabileceği ve bu riskin yönetilmesinin çok zor olduğu vurgulanmaktadır. PDL sözleşmelerinde, kamu ile özel sektör için değişik risklerin olduğunu belirtilmektedir. Özel sektör, finansal riskini azaltmak için taahhüt ettiği performans çıktılarını iyi değerlendirmesi gerekmekte, ayrıca yatırımlarının karşılığını alabilmek için kamudan daha uzun süreli ve daha fazla iş beklentisi içinde olmaktadır. Kamunun en önemli riski ise işletme ve idame için ihtiyaç duyulan performansın karşılanamamasıdır (Gardner, 2008).

ABD Sayıştay'ı tarafından, PDL uygulamalarının birkaçı için kapsamlı bir iş analizinin yapılmaması ve uzun sözleşme süreleri nedeniyle kamu tarafının esnekliğinin kaybolması konularında bazı PDL uygulamaları eleştirilmektedir (Goure, 2009). Özellikle savunma sistemlerinin PDL yaklaşımı kapsamında bakım ve onarımına yönelik PDL sözleşmecilerinin güvenilirliği konusundaki endişeler, sözleşme sürelerinin uzunluğu ve uygulama sonuçlarının sağlıklı bir biçimde değerlendirilememesi PDL yaklaşımına ait üç ana sorun olarak görülmektedir (Büyükgöral, 2009).

2.7. PDL Yaklaşımı Uygulamaları

2.7.1. ABD

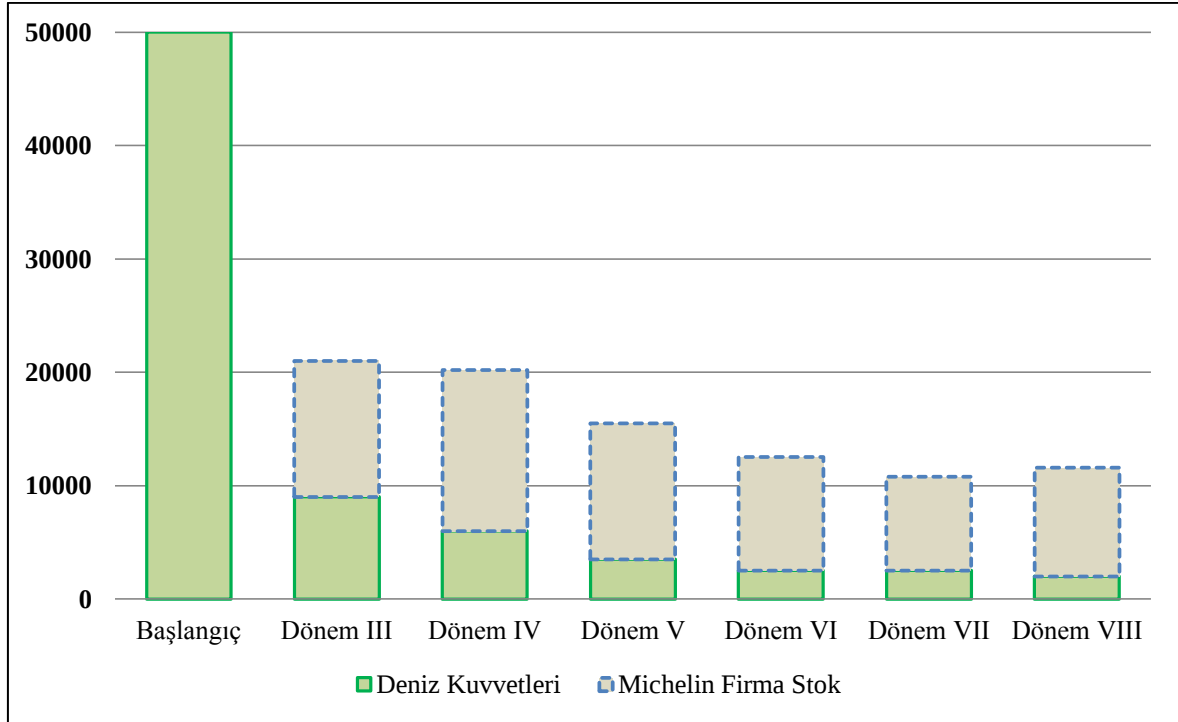
PDL uygulaması ilk olarak, 1996 yılında ABD Savunma Bakanlığı tarafından hava kuvvetleri envanterindeki F-117 uçaklarının depo seviyesi bakımı için Lockheed Martin Aerospace firması ile yapılmış ve sonuçları analiz edilmiştir (Vitasek ve diğerleri, 2006). PDL yaklaşımı, uzay, havacılık, savunma ve güvenlik alanları başta olmak üzere gelişmiş ülkelerde yaygınlaşmaya başlamıştır (Mahon, 2007; Goure, 2009).

PDL dünya çapında büyük ilgi görmüş ve kamu sektörü başta olmak üzere (özellikle savunma sanayinde) tercih edilen bir ürün destek stratejisi olarak ortaya çıkmıştır. PDL yaklaşımları, savaş uçakları ve benzeri savunma sistemleri gibi büyük ölçekli, onarılabılır sistemler için ürün desteğine odaklanmaktadır. Şu anda PDL sözleşmesi kapsamında yaklaşık 100 savunma tedarik programı bulunmaktadır ve PDL sözleşmeleri en az 15 programda uygulanmıştır.

Kirk ve DePalma (2005), PDL yaklaşımının ABD Deniz Kuvvetleri'nde 1999'dan beri kullanıldığını ve bu yaklaşımın temel olarak kar elde etmek için değil, özellikle eski sistemleri korumak veya iyileştirmek için kullanıldığını belirtmektedir. Bununla birlikte, PDL sözleşmesi ve geleneksel yaklaşım ile yapılan sözleşmelerin kıyaslandığında uzun dönemde yeni sistemler için maliyet tasarrufu ve ilave olarak hazır bulunuşluk ve güvenilirlik artışı beklenmektedir.

PDL'ye yönelik uygulamaları incelediğimizde hem kamu hem de özel sektör uygulamaları ile karşılaşılmaktadır. Kamu sektöründe çoğunlukla savunma ve güvenlik alanlarında yapılan çalışmalar göze çarpmaktadır. Spesifik bir uygulamayı örnek vermek gerekirse, ABD Deniz Kuvvetleri 2001-2005 yılları arasında, Michelin firması ile bünyesinde bulundurduğu birliklerin lastik ihtiyaçlarının desteklenmesi için 67,4 milyon dolar tutarında beş yıllık bir PDL sözleşmesi yapmıştır. Bu sözleşme kapsamında ABD Deniz Kuvvetlerinin kullandığı 16 uçak tipi için 23 farklı cinsten lastiğin desteklenmesi planlanmıştır. Sözleşme destek yüzdesi % 95 hazır bulunuşluk üzerine inşa edilmiştir. Sözleşme dönemi olan 2001-2005 yılları arasındaki performans değerleri % 96,4 destek seviyesi ile başlamış ve % 98,7 değerine ulaşmıştır. Gerçekleşen müşteri bekleme süresi yurtiçi ortalama 33 saat, yurtdışı 59 saat olmuştur. Yürütülen PDL projesiyle, sözleşme süresi boyunca envanterde 50000 lastik stoğu 13000 adede düşmüş (bunlardan sadece 2200 adedi deniz kuvvetlerinde bulunmaktadır.), ABD Deniz Kuvvetleri 46 milyon dolarlık tasarruf elde etmiştir (Gansler ve Lucyshyn, 2006).

Tutulan lastik seviyesi ve gelişimi Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Uçak lastiği stok seviyesi

ABD Savunma Bakanlığı, PDL uygulamalarının yaygınlaştırılması ve elde edilen deneyimleri paylaşmak maksadıyla, savunma projelerindeki en iyi PDL uygulamalarını 2005 yılından itibaren yıllık olarak yayınlamaktadır. ABD savunma projelerinde başarılı bulunarak ödüle layık görülen projeler Çizelge 2.7’de sunulmuştur (US Department of Defense Performance Based Logistics annual awards, 2020).

Çizelge 2.7. ABD Savunma Bakanlığınca ödüle layık görülen PDL projeleri

Yıl	Ödül Seviyesi	Program	Hizmet Yeri	Destek Sağlayıcı
2005	Sistem	F-117 nighthawk uçağı	ABD Hv.K.	Lockheed Martin
	Alt Sistem	F-404 motoru	ABD Dz.K.	General Electric
	Parça	Deniz APU	ABD Dz.K.	Honeywell
2006	Sistem	HIMARS	ABD K.K.	Lockheed Martin
	Alt Sistem	H-60 FLIR	ABD Dz.K.	Raytheon
	Parça	F/A-18 & F-14D kokpit gösterge	ABD Dz.K.	Rockwell

Çizelge 2.7. (devam) ABD Savunma Bakanlığınca ödüle layık görülen PDL projeleri

Yıl	Ödül Seviyesi	Program	Hizmet Yeri	Destek Sağlayıcı
2007	Sistem	F/A-18 (FIRST) savaş uçağı	ABD Dz.K.	Boeing
	Alt Sistem	ITAS silah sistemi	ABD K.K.	Raytheon
	Parça	GE T700 motoru	ABD Dz.K.	General Electric
2008	Sistem	F-22 savaş uçağı	ABD Hv.K.	Lockheed Martin
	Alt Sistem	ARL-67 radar ikaz sistemi	ABD Dz.K.	Raytheon
	Parça	TAIS ATC sistemi	ABD K.K.	General Dynamics
2009	Sistem	CASS otomatik destek sistemleri	ABD Dz.K.	Lockheed Martin
	Sistem	HIMARS roketatar sistemi	ABD K.K.	Lockheed Martin
	Alt Sistem	AN/ALQ-126B ECS	ABD Dz.K.	BAE Systems
	Alt Sistem	F-404 senkronize tedarik zinciri	Sav.Loş. Ajansı	General Electric
	Parça	AN/UYQ-70(V) gösterge sistemi	ABD Dz.K.	Lockheed Martin
2010	Sistem	Shadow taktik seviye İHA	ABD K.K.	AAI
	Alt Sistem	AH-64D Apache helikopter	ABD K.K.	Boeing
	Parça	H-46 / H-53 APU helikopter	ABD Dz.K.	Hamilton Sundstrand
2011	Sistem	Joint STARS toplam sistem desteğı sorumluluk ekibi	ABD Hv.K.	Northrop Grumman
	Alt Sistem	AH-64D Apache sensörleri	ABD K.K.	Lockheed Martin
	Parça	Lastik PDL timi	ABD Dz.K.	Michelin
2012	Sistem	C-17 Globemaster entegre sürdürülebilirlik ortaklığı	ABD Hv.K.	Boeing
	Alt Sistem	P-3 AN/APS-137D(V)5 radar	ABD Dz.K.	Raytheon
	Parça	Sanayi baş tedarikçisi, depo sarf malzemeleri	Savunma Loş. Ajansı	Lockheed Martin

Çizelge 2.7. (devam) ABD Savunma Bakanlığınca ödüle layık görülen PDL projeleri

Yıl	Ödül Seviyesi	Program	Hizmet Yeri	Destek Sağlayıcı
2013	Sistem	Harekât merkezi, TSQ-239(V)	ABD Dz.K. ABD Dz.P.	General Dynamics
	Alt Sistem	Apache sensörleri, modernize ADS/PNVS (M-TADS/PNVS)	ABD K.K.	Lockheed Martin
	Parça	Global Patriot hava savunma sistemi	ABD K.K.	Raytheon
	Parça	F414 uçak motoru	ABD Dz.K.	General Electric
2014	Sistem	F-22 savaş uçağı	ABD Hv.K.	Lockheed Martin, Boeing, P&W
	Alt Sistem	Sniper geliştirilmiş hedef podu	ABD Hv.K.	Lockheed Martin
	Parça	H-53E helikopter	ABD Dz.K.	Sikorsky
2015	Sistem	Javelin lazer güdümlü silahı iş ortaklığı	ABD K.K.	Raytheon & Lockheed Martin
	Alt Sistem	AN/ARC-210 telsiz seti	ABD Dz.K.	Rockwell Collins
	Parça	EA-6B Hidrolik sistemi	ABD Dz.K.	Textron Systems (AAI)
2016	Sistem	Çekili topçu sistemi (TAS)	ABD Dz.P. ABD K.K.	BAE Systems
	Alt Sistem	İkincil güç lojistik çözümleri (SPLS)	ABD Hv.K.	Honeywell
	Parça	AN/SLQ-32(V) Elektronik savaş sistemi	ABD Dz.K.	Belirtilmedi.
2017	Sistem	COBRA DANE Sistem sürdürülebilirlik timi	ABD Hv.K.	Raytheon
	Alt Sistem	AMC/MSD PDL Bilgisayar timi	ABD Dz.K.	General Dynamics
	Parça	Deniz Kuvvetleri PDL lastik timi	ABD Dz.K.	Lockheed Martin
2018	Ödül dağıtımı yapılmamıştır.			
2019	Sistem	H-60 Seahawk helikopteri PDL timi	ABD Dz.K.	Dz.Hlkp. Des. Şirketi
	Alt Sistem	Keskin nişancı tüfeğı	ABD Hv.K.	Lockheed Martin

2.7.2. İngiltere

PDL yaklaşımı, İngiltere'de "Hazır Bulunuşluğa Dayalı Sözleşme (availability-based contracting)" ve "Hazır Bulunuşluğa Dayalı Ödeme (availability-based payment)" olarak tanımlanmaktadır. Hazır bulunuşluğa dayalı sözleşme kavramı, ilk kez İngiltere’de 2002 yılında hazırlanan “Savunma Sanayi Siyaset Belgesi’nde” geçmiştir. Daha sonra harekât alanında yer alan sistemlerin işletilmesi ve sürdürülebilirliğinde kullanılmıştır (Kiat ve Fang, 2010). İngiltere Savunma Bakanlığı ile BAE firması arasında, çeşitli uçak programlarında olumlu sonuçlar elde edilen PDL sözleşmeleri yapılmıştır (Goure, 2009).

İngiltere Savunma Bakanlığı’nın 2006 yılı içinde, CH-47 Chinook helikopterlerinin tedarik zinciri yönetimi (TZY), en üst seviye bakım ve yedek parça yönetimi süreçlerini kapsayacak şekilde Boeing firması ile Through Life Customer Support - TLCS (Ömür Boyu Müşteri Desteği) programı kapsamında uzun dönemli yaptığı performansa dayalı sözleşme de olumlu sonuç elde edilen bir diğer PDL uygulaması olarak gösterilmektedir (Goure, 2009; Özdemir, 2016). Ayrıca, İngiltere Savunma Bakanlığı tarafından PDL yaklaşımı, Sea King ve EH101 Merlin tipi helikopter projeleri ile orta sınıf helikopterlerin uçuş personeli eğitiminde uygulanmıştır (Cicioğlu, 2009). Bir diğer başarılı PDL uygulaması, EH101 Merlin tipi helikopterlerin 25 yıllık süre ile ömür devri desteğini sağlayan ve halen sözleşme süresi devam eden Integrated Merlin Operational Support-IMOS (Entegre Merlin operasyonel destek) programıdır (Gansler ve diğerleri, 2012).

2.7.3. Türkiye

Türk Savunma Sanayi Başkanlığınca (SSB), sistemlerin ömür devri süresince işletme, bakım ve onarımına yönelik daha özgün bir yaklaşım olan PDL’yi benimsemeye ilişkin çalışmalarına 2012 yılında başlatmıştır. SSB tarafından Ağustos 2012 genelgesiyle PDL örnek model olarak kabul edildikten sonra, görev ve sorumluluklarının belirlendiği "5P" olarak adlandırılan genel bir PDL yaklaşım modeli oluşturulmuştur. Model; program yöneticisi, ürün destek yöneticisi, ürün destek entegratörü, ürün destek sağlayıcı firmalar ve son kullanıcıdan oluşmaktadır. Odak noktası son kullanıcı olan bir modeldir. Proje yöneticilerine "Ürün Destek Yöneticisi", son kullanıcı pozisyonunda bulunan birlik personeline ise yüklenici firmalar tarafından gerçekleştirilen bakım-onarım faaliyetlerinde kontrol ve izleme görevi verilmektedir (Yıldız, 2016).

Savunma sistemlerine ilişkin ihtiyacın tanımlanması, tasarımının gerçekleştirilmesi, üretilmesi, idame ve işletmesinin sağlanması ve elden çıkarılmasına kadar olan tüm süreçleri bir bütün halinde ele alan “Ömür Devri Yönetimi” yaklaşımına ilişkin fikri alt yapının oluşturulabilmesi ve uygulama alanlarının tespiti amacıyla SSB başkanlığında tedarik lojistiği konferansları düzenlenmiştir. Düzenlenen konferanslar sonucunda, savunma sistemlerinin ömür devri yönetimi yaklaşımı ile tedarik edilmesi yönündeki çalışmaların yaygınlaştırılması ve yüksek harbe hazırlık seviyesinde maliyet-etkin olarak idame ve işletmesinin sağlanmasına ilişkin modellerin ortaya konulabilmesi amacıyla tüm paydaşların katılım ve katkı sağlayabileceği bir platform kurulmasının gerekliliği ifade edilmiştir. Geniş katılımlı olarak gerçekleştirilen konferanslar ve çalışmalardan elde edilen sonuçlara paralel olarak savunma sistemlerinin ömür devri yönetiminde milli bünyemize uygun ülkemize özgü çözümler üretmek amacıyla 13.10.2017 tarihli ve 2017-O-31848 sayılı Müsteşar Oluru ile Savunma Sanayi Müsteşarlığı (SSM) çatısı altında faaliyet göstermek üzere “Türk Savunma Sanayi Ömür Devri Yönetimi Platformu” kurulmuştur.

Savunma Sanayi Başkanlığı’nın (SSB) geçmiş dönemden bugüne kadar olan süreçte uygulanan veya uygulanması planlanan PDL yaklaşımına ilişkin projeleri şu şekildedir:

- *Sahil Güvenlik Helikopteri - Martı Projesi* : Sahil Güvenlik Komutanlığı için Agusta firmasından orta sınıf AB412EP arama-kurtarma helikopteri tedarik edilen projede helikopterlerin göreve hazır olması esasına dayalı “Lojistik Destek Hizmetleri Programı” uygulanmıştır. Program süresince Agusta firması, iş başı eğitimi vermekten, teknik/lojistik destek sağlamaktan, tüm bakım faaliyetlerinde (birinci ve ikinci seviye) Sahil Güvenlik Komutanlığı’na destek vermekten, planlı ve plansız bakımlar için malzeme desteği sağlamaktan sorumludur. Sahil Güvenlik Komutanlığı ise, Agusta personelinin rehberliğinde birinci ve ikinci seviye bakımları gerçekleştirmekten, yakıt ve yağların sağlanmasından sorumludur. 39 aylık bir süre için imzalanmış olan sözleşmenin Ekim 2006’da süresi dolmuştur (Cicioğlu, 2009; Timur, 2013).

- *A400M Ulaştırma Uçağı Projesi*: Bu projede, iki şekilde PDL uygulaması imkânı bulunmuştur. Birincisi: ana yüklenici firmanın PDL yaklaşımına benzer bir şekilde; “Filo Servis Anlaşması (FSA)” hizmet sunma önerisi mevcuttur. FSA hizmeti için belirlenen temel ölçütler aşağıda açıklanmıştır.

- Filonun göreve hazır olması; bir ülke filosunda mevcut uçakların belirlenen bir yüzdesinin, belirli görevleri yerine getirebilmesidir.
- Filonun hazır olması; bir ülke filosunda yer alan uçakların belirlenen bir yüzdesinin, her tür görevi yerine getirebilmek üzere hazır olmasıdır.
- Filonun operasyonel olarak güvenilir olması; görev kaybı olmaksızın gerçekleşen planlı uçuş yüzdesidir.
- Filonun sevkiyat güvenilirliği; yerde görev kaybı olmaksızın gerçekleşen planlı uçuş yüzdesidir. FSA içerisinde malzeme destek ve taşıma hizmetleri, envanter yönetimi, yedek parça havuzu kullanımı, bakım gereksinimleri ve yönetim hizmetleri, güvenilirlik/bakıma elverişlilik/test edilebilirlik araştırma hizmetleri, sahada teknik yardım hizmetleri, ana üs dışı genel yardım hizmetleri ile ilgili modüllerin yer alması planlanmaktadır. Her bir modülün içerisinde ayrı performans ölçütleri ve ödeme şartları bulundurmaktadır. Türkiye belirleyeceği lojistik destek konseptine bağlı olarak FSA içerisinde yer alan çeşitli modüllerden faydalanabilecektir.

İkincisi: Eğitim hizmetleri için kamu mali girişimi/kamu özel ortaklık yöntemi ile hizmet sağlanması. Bu yaklaşım ile eğitim için gerekli yatırımları kamu kurumu yerine firmanın yapması, kamu kurumunun ise kurulacak tesislerden belirli bir süre için ve belirli miktarda hizmet almayı taahhüt etmesi gerekmektedir (Cicioğlu, 2009; Timur, 2013).

• *Müşterek Taarruz Uçağı Projesi* : Proje kapsamında, performansa dayalı sözleşmenin sabit fiyatlı ve 8 yıllık olması, her üç yılda bir de gözden geçirilmesi üzerinde durulmaktadır. Fiyatlandırma yapılırken sabit ve değişken kısımların ayrı ayrı belirtilmesi ve fiyatların her yıl % 1-2 oranında iyileşmesi beklenmektedir. Ödemelerin 15 günde bir veya aylık olarak yapılması ve başlangıç yedeklerinin devlet tarafından tedariki öngörülmektedir. Ayrıca ilk düşük yoğunluklu üretim fazı için ölçütler şu şekilde belirlenmiştir; faaliyet oranı, görev başarı oranı, sorti üretim oranı, lojistik intikal büyüklüğü. Müşterek taarruz uçağı projesi kapsamında ortaya konulan PDL yaklaşımı “Otonom Lojistik” ve “Küresel Destek” ile iki önemli özelliği ön plana çıkartmaktadır. İlki, sistemin otonom olacak şekilde tasarlanması, ikincisi ise çok uluslu müşterek taarruz uçağı filosunun küresel olarak desteklenmesini sağlayabilecek bir altyapının inşasını gerekli kılmasıdır. Küresel olarak desteklenmesi öngörülen bu sistem içerisinde, ülke imkân ve kabiliyetlerinin azami kullanımı ve teknolojik altyapının bu ve benzeri sistemleri rahatlıkla destekleyebilecek seviyeye çıkarılması için bir dizi çalışma yapılmaktadır (Timur, 2013).

2.7.4. Diğer ülkeler

Yukarıda belirtilen ülkeler dışında; sistemlerin tedarik ve ömür devri yönetiminde Almanya, Avustralya, Fransa, Güney Afrika, Japonya ve Kanada'da PDL uygulamalarına rastlanılmaktadır (Cicioğlu, 2009). Ayrıca Amerika kıtasında; uçak platformlarının ömür devri yönetiminde Brezilya, Ekvador, Paraguay ve Şili'nin de PDL yaklaşımlarına benzer uygulamaların olduğu görülmektedir (Yükselen, 2012). Norveç şehirlerarası demiryolu taşımacılığı sorununu teşviklerin uygulandığı performansa dayalı sözleşme tasarlayarak çözmüştür (Sols, 2007). Literatürde ayrıca, diğer özel sektör PDL uygulamaları şu şekildedir:

- ABD'de yapılan bir araştırmada General Motors firmasının satış sonrası lojistik destek hizmetinden 9 milyar dolar ciro yaptığı, bu cironun da 2 milyar dolarlık bir kâr sağladığı ve bu karın aynı dönemde yapılan 150 milyar dolarlık araç satışındaki kâr oranından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Kim, Cohen ve Netessine, 2007).
- Caterpillar, Honeywell, Rolls-Royce ve Allison firmaları da sattıkları ağır makine, jeneratör ve motorların desteğini PDL yaklaşımı ile sağlamaktadırlar (Goure, 2009).
- Sivil havacılıkta kullanılan uçakların 45 milyar dolar değerindeki toplam işletme idame maliyetlerinin yaklaşık %70'lik kısmı, PDL uygulamaları kapsamında harcanmaktadır (Randall ve diğerleri, 2010).
- Hollanda'da çok farklı bir sektör olan inşaat sektöründe yapılan bir araştırmada; PDL uygulanan büyük çaplı bir inşaat projesinde toplam ömür devri maliyetinde %20 oranında bir düşüş sağlandığı tespit edilmiştir. (Randall ve diğerleri, 2011)

2.8. PDL Yaklaşımı ile Lojistik Yönetimi Performans Ölçüt ve Metrikleri

PDL yaklaşımının temelini, yapılan sözleşmeler ile satın alınması istenilen hizmetlerin izlenmesi, kontrol edilmesi ve ölçülebilmesini sağlamak maksadıyla basitçe anlaşılabilir ve elde edilebilir performans parametrelerinin tayin edilmesi oluşturmaktadır. (US Department of Defense Product Support Manager Guidebook, 2011). PDL'nin temeli olan performans, operasyonel hazır bulunuşluk gibi sisteme dair hedefler bakımından tanımlanmalıdır. Sözleşmede belirlenen metriklerin performansla bağlantısı kurulduğu sürece, sağlam bir PDL yapısı oluşturulabilmektedir (Mirzahosseinian ve Piplani, 2011). Performans metrikleri, arasında paylaşılabilecek sorumlulukların atanmasına etki etmektedir. Belirlenen performans metrikleri, destek sağlayıcıya verilecek sorumluluk ve desteğin

kapsam uyumlu olmalıdır (Dirican, 2016). PDL kapsamında belirlenecek performans ölçütlerinin taşınması gereken özellikler şunlardır;

- Performansın geliştirilmesinde ve elde edilmesinde anahtar rol oynamalı,
- Sistem seviyesindeki hedeflerle ilişkilendirilmeli,
- Uygulanacak desteğin kapsamına ve sorumluluklara uygun olmalı,
- Destek sağlayıcının süreçlere üzerindeki yetki ve sorumluluklarını yansıtmalı,
- Ölçüm birimine özgü olmalı,
- Kabul edilebilir bir aralıkta veya eşikte olmalı,
- Uzun dönemde destek sağlayıcıdan beklenen davranışları motive etmeli,
- Anlaşılabilir ve kabul edilebilir olmalı,
- Hakkında kolayca veri toplanabilmeli ve doğrulanabilir olmalı,
- Elde edilebilir olmalı,
- Zamanında geri bildirim sağlayabilmelidir.

ABD Savunma Bakanlığına, PDL yaklaşımı uygulanan savunma sistemlerinin yaşam döngüsü süresince desteklenebilirliğine yönelik belirlenen performans parametreleri; temel performans parametreleri, temel sistem nitelikleri ve diğer başlıklar altında toplanmaktadır (US Department of Defense, Defense Acquisition Guidebook, 2017).

Temel performans parametreleri: Bir askerî yeteneğin etkin olarak sürekli kullanılabilmesi için önemli ve zorunlu sistem karakteristikleri olarak ifade edilmektedir. Bu başlık altında “*Malzeme hazır bulunuşluk* (Material Availability)” ile “*Sistem hazır bulunuşluk* (Operational Availability)” parametreleri yer almaktadır (US Department of Defense, Deputy Undersecretary of Defense for Logistics and Materiel Readiness, 2007; Özdemir, 2016:39).

- *Malzeme hazır bulunuşluk*, belirli bir zamanda verilen bir görevi icra edebilecek (malzeme durumu açısından göreve hazır) durumdaki sistemlerin sayısının envanterdeki toplam sistem sayısına oranı olarak tanımlanmaktadır.
- *Sistem hazır bulunuşluk* ise, bir birimin envanterinde yer alan sistem veya sistem gruplarının, verilen bir görevi etkin olarak icra edebileceği zamansal yüzdesidir. Faal çalışma süresinin toplam süreye (faal süre + gayri faal süre) oranıdır.

Temel sistem nitelikleri, temel performans parametresi olarak belirlenmemiş, ancak etkin bir askerî yetenek için kritik ve gerekli sistem nitelikleri olarak tanımlanmıştır. Bu özellikler kapsamında “*Güvenilirlik (Reliability)*” ile “*Sahip olma maliyeti (Ownership Cost)*” parametrelerine yer verilmiştir.

- *Güvenilirlik*, bir sistemin verilen bir görevi belirli bir zaman ve koşulda arızasız olarak icra edebilme olasılığıdır. Başlangıçta, arızasız zaman aralığı olarak ifade edilmekte, daha sonra arıza sıklığı şeklinde gereksinime dönüştürülmektedir.
- *Sahip olma maliyeti*, bir envanter kümesinin idamesini sağlamak için katlanılan toplam maliyet olarak tanımlanmaktadır. Güvenilirliğin artırılması için işletme-idame maliyetlerinin en üst düzeyde bulundurulmasına yönelik bir etmen olarak açıklanmaktadır.

Diğer parametre olan “*Ortalama arıza süresi (Mean Down Time)*”, temel performans parametresi ile temel sistem nitelikleri başlığı dışında belirlenen ancak ihtiyaç sahibi makam tarafından önem verilen diğer bir parametredir. Ortalama arıza süresi, sistemde meydana gelen arızanın rapor edilmesinden sistemin tekrar çalışır hale getirilmesine kadar geçen zamanı kapsamaktadır.

Yukarıda ele alınan parametrelere ilave olarak, son kullanıcı ihtiyaçlarına ve savunma sisteminin özelliklerine bağlı olarak tedarik süreci (*mükemmel talep karşılanma oranı, müşteri bekleme süresi, sipariş yanıt süresi, tedarik planı doğruluğu vb.*), dağıtım süreci (*maksimum bekleme zamanı, teslimat hasarı yüzdesi, ulaştırma zamanı, üretim zamanı, zamanında performans yüzdesi, teslimat doğruluğu, vb.*) ve diğer faaliyetlere yönelik olarak maliyet parametreleri ile satış sonrası hizmet ve müşteri memnuniyeti parametreleri de kullanılmaktadır (US Defense Acquisition Guidebook, 2017).

ABD Savunma Bakanlığı Tedarik Üniversitesi’ne göre, PDL’nin en üst seviye ölçütleri şu şekilde sıralanmış ve tanımlanmıştır; operasyonel hazır bulunuşluk, operasyonel güvenilirlik, birim kullanım maliyeti, lojistik ayak izi ve lojistik yanıt süresidir.

- *Operasyonel hazır bulunuşluk (A₀)*: Sistemin bir görevin operasyon temposunu sürdürebilmek amacıyla kullanılabilir olduğu süre yüzdesidir.
- *Operasyonel güvenilirlik (R)*: Sistemin, görev başarı hedeflerini karşılama yüzdesidir.

Sisteme bağılı olarak, görev hedefi bir sorti, fırlatma, ulaşılan hedef veya farklı bir hizmet olabilir.

- *Birim kullanım maliyeti* (CPU): Bir sistemde, toplam işletme maliyetinin belirli bir ölçü birimine bölünmesi sonucu bulunan sonuçtur. Sisteme bağılı olarak, ölçü birimi uçuş saati, kalkış, kat edilen yol veya başka bir sisteme özel ölçüt olabilir.
- *Lojistik ayak izi* (Logistics Footprint): Bir sistemin harekete geçirilmesi, sürdürülmesi veya yürütülmesi için gerekli olan lojistik desteğin idare/tedarikçi boyutudur.
- *Lojistik Yanıt Süresi* (Logistics Respond Time): Lojistik talep sinyalinin gönderilmesinden, bu talebin karşılandığı zamana kadar geçen süreyi ifade eder. Lojistik talep, sistemin lojistik desteği için gerekli sistemler, elemanlar veya kaynakları (işgücü dâhil) ifade etmektedir.

Lojistik Yönetimi Enstitüsü'nün (Logistics Management Institute - LMI) yaptığı çalışmada, savunma tedarik zincirine uygulanabilecek birçok faktör değerlendirilmiştir. ABD Savunma Bakanlığı'nın kullanımı için geliştirilen bir dizi performans ölçütü şu şekilde tanımlamaktadır (Klapper, Hamblin, Hutchison, Novak ve Vivar, 1999).

- *Siparişi mükemmel şekilde karşılama oranı*: Müşteri siparişini; istenilen miktarda, müşterinin istediği zamanda, eksiksiz ve doğru belgelendirme ile kullanılabilir durumda ve müşteri tarafından kullanılacak doğru konfigürasyonda teslim edilmesidir.
- *Tedarik zinciri yanıt süresi*: Tedarik zincirinin toplam ortalama uzunluğudur (gün olarak ölçülür). Bu metrik ortalama plandan, kaynaktan, sürdürme (onarım) ve döngü süreleri sağlamadan türetilmiştir. Genel olarak, “en iyi” tedarik zincirleri “en kısa” tedarik zincirleridir. ABD Savunma Bakanlığı yöneticileri son zamanlarda tedarik zinciri cevaplama süresinin bir çeşitliliğine odaklanmıştır: “*Müşteri bekleme süresi* - Customer wait time (CWT)”.
 - *Müşteri bekleme süresi*: Parça tedarikinde yaşanan gecikmeden dolayı yaşanan bakım gecikmesi nedeniyle bir sistemin gün veya saat cinsinden gayri faal kaldığı süredir. Müşteri bekleme süresi ölçütü ayrıca müşteri ihtiyacının girilmesinden gerekli malzemenin teslimine kadar geçen süreyi de kapsamaktadır.
 - *Enflasyona kıyasla müşteri fiyatındaki yüzde değişim*: Bu müşteri odaklı maliyet ölçümü, malzeme maliyetlerinin (en iyi fiyatı elde etmek) ve TZY maliyetlerinin birleşik etkisini ölçer. Metrik, tüketici fiyat endeksini hesaplamada kullanılabilecek bir “pazar

sepeti” yaklaşımı kullanılarak hesaplanmaktadır.

- *Satışların yüzdesi olarak TZY maliyetleri (standart fiyata):* Bu metrik, lojistik sistemini içinden geçen malzeme miktarına göre işletmek için bir ek yük ölçüsüdür. TZY maliyetleri, tedarik zinciri ile ilgili yönetim bilgi sistemi, finans ve planlama, envanter taşıma, malzeme alımı ve sipariş yönetimi maliyetlerini içermektedir.
- *Satın alma fiyatının bir yüzdesi olarak savunma sistemi lojistiği maliyetleri (enflasyona göre düzeltilmiş):* Bu ölçüt, bireysel savunma sistemlerinin satın alma fiyatlarının bir fonksiyonu olarak sahip olma maliyetini temsil eder.
- *Stok devir hızı:* Bu metrik, satın alma fiyatındaki toplam satışların, satın alma fiyatındaki stok değerine bölünmesi; varlıkların ne kadar etkili bir şekilde yönetildiğini ölçer. Hesaplamanın dışında kalanlar savaş rezervi hesaplarında tutulan varlıklardır (Çünkü barış zamanı tüketimi için değildirler).
- *Üst düzey üretim esnekliği:* Bu ölçüt, en zorlu mevcut operasyonel senaryoları desteklemek için onarım da dâhil olmak üzere, üretimde plansız ve sürdürülebilir bir artış sağlamak için gereken gün sayısıdır.
- *Savunma sistemi görev yapamaz oranları:* Bu metrik, bir savunma sistemi filosunun tedarik (parça eksikliği), bakım (bakım kaynakları eksikliği) veya her ikisi ile ilgili sorunlar nedeniyle görev yapamadığı zaman yüzdesini temsil eder. Önemli savunma sistemleri için görev yapamaz oranları üretilmeli ve savunma sistemi tarafından filtrelenebilecek diğer performans ölçütleriyle birlikte kullanılmalıdır (örneğin, kusursuz sipariş gerçekleştirme ve tedarik zinciri yanıt süresi).
- *Savaş rezervi oranı:* Bu ölçüt, eldeki savaş rezervi varlıklarının savaş rezervi gereksinimine oranıdır. Bu önlem, en talepkâr durumdaki operasyonel senaryoları sınırlı baz harekete geçinceye kadar sürdürmeye hazır olduğunun bir göstergesidir.

Büyükgüral (2009) çalışmasında, PDL sözleşmelerinde kullanılabilecek ölçütleri şu şekilde örneklendirmiştir; operasyonel hazır bulunuşluk, güvenilirlik, kullanılan birimin maliyeti, lojistik kabiliyetler/kazanımlar, lojistik cevaplama süresidir.

PDL uygulamasında kullanılan ölçütlere ilişkin bir diğer çalışma Harada (2010) tarafından yapılmıştır. Harada (2010), Japonya Deniz Kuvvetleri tarafından uygulanacak PDL yönetimi araştırmasında lojistik hizmetlerde kullanılabilecek ölçütleri belirlemiştir. Söz konusu ölçütler Çizelge 2.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. PDL yönetimi araştırmasında lojistik hizmetlerde kullanılabilecek ölçütler

Kategori 1	Kategori 2	Örnek Ölçüt
Etkinlik	Hazır bulunuşluk	Görev kabiliyet oranı
		Operasyonel hazır bulunuşluk
		Kısmi görev kabiliyet tedariki
		Görev kabiliyet dışı tedarik
		Görev kabiliyet dışı bekleyen parçalar
		Sistem ve alt sistem hazır bulunuşluğu
		Platform hazır bulunuşluğu
	Hazır olma	Konu etkinliği
		Stok etkinliği
		Zamanında temin oranları
	Güvenilirlik	Onarımlar arası ortalama süre
		Arızalar arası ortalama süre
		Arıza oranları
		Sökümler arası ortalama uçuş saati
		Plansız söküm arası ortalama uçuş saati
		Görev güvenilirliği
		Arızalı kalma zamanı
	Müşteri görüşleri	Müşteri tatmini (Nitel ölçüt)
		Müşteri katma değeri(Nitel ölçüt)
Yeterlilik	Kullanılan ünite başına maliyet	
	Lojistik kapasite (Footprint)	
Cevaplama süresi	Tamirden dönüş süresi	
	Ortalama tamir süresi	
	Lojistik cevap süresi	

PDL performans ölçütleri ile TZY temel performans ölçütleri de analiz edilmiştir. Burada, müşterilere ürünlerini zamanında ulaştırma ve teslim etme sayısı, zamanında teslim süresi oranı, lojistik cevap süresi, satış getirileri, toplam satılan ürün arasındaki iade ürün oranı, envanterin nakde dönme oranı, ürün teslim süresi, teslimat zamanına uyma, üretimden net satış gibi birçok nicel ölçütün kullanıldığı tespit edilmiştir (Görçün, 2013).

Lojistik yönetimi satış sonrası hizmetler alanında yapılan bir performans değerlendirmesi çalışmasında; Onar, Öztayşı ve Kahraman (2017), bir elektronik firması için lojistik destek sağlayıcıların performanslarını değerlendirmişlerdir. Sezgisel bulanık sayıların kullanıldığı çalışmada, müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi, finansal başarı, algılanan hizmet değeri, müşteriye elde tutma başarısı, yeniden satın alma, marka sadakati, tavsiye edilme ve marka imajı nitel ölçütleri ele alınmıştır.

2.9. Literatür

PDL yaklaşımı ve performansa dayalı sözleşme (Performance Based Contracting - PBC) kapsamında literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde daha çok kavramsal çalışmaların yapıldığına rastlanılmaktadır. PDL yaklaşımı kapsamına nitel çalışmalarına ilişkin literatür taramasında, Selviaridis ve Wynstra (2015) 241 makaleyi incelemiştir. Çalışmalarında, performansın tanımlanması ve ölçülmesinin önemini, performans esaslı sözleşmelerde teşviklerin faydalarını, risk yönetimini, özellikle performansa dayalı sözleşme tasarım ve yönetiminin daha iyi anlaşılması konusunda araştırmaların gerekliliğini vurgulamışlardır. Literatürde bu kavramsal çalışmalara nazaran sayıca az da olsa nicel uygulamaların da yapıldığı görülmektedir. Yapılan bu nicel çalışmaların özeti aşağıda sunulmuştur.

Kumar ve diğerleri (2007), tasarım aşamasında en iyi alternatifin seçilmesinde birbiriyle çelişen 4 amaç fonksiyonunu hedef programlama yöntemi kullanarak modellemişlerdir. Geliştirdikleri model sonucunda mevcut alternatifler arasından PDL destek stratejisi altında performans hedeflerini karşılayacak şekilde en iyi alternatifin seçilebildiğini göstermişlerdir.

Kim ve diğerleri (2007) çalışmalarında, satış sonrası hizmet tedarik zincirlerinin yönetiminde sözleşmeyle ilgili hususları ortaya koymaktır. Performansa dayalı ilişkilerin etkilerini analiz etmek için “asil vekil” modelini önermişlerdir. Bu modeli, sabit fiyat, maliyet artı ve performansa dayalı sözleşme düzenlemeleri tarafından sağlanan teşvikleri analiz etmek için kullanmışlardır. Ayrıca, hizmet tedarik zincirlerinde iki önemli sözleşme konusu olan performans gereksinimi tahsisi ve risk paylaşımını incelemişlerdir. Çalışmada yenilik olarak, âdemi merkezîyetçi karar verme açıkça modellenmekte ve firmaların hem destek maliyetlerinden hem de ürün performansından kaynaklanan belirsizliklerle karşılaştıklarında nasıl davrandıklarını göz önünde bulundurulmaktadır. Sonuç olarak, lojistik destek sağlayıcı ile ürün ömür devri boyunca sözleşme imzalanırsa riskten uzak olduğu durumlarda daha fazla kazanım elde ettiği, ürün geliştikçe maliyetlerin azalarak yerini teşviklerin alacağı neticesine ulaşmışlardır.

Nowicki, Kumar, Steudel ve Verma (2008), çalışmalarında PDL'de destek sağlayıcısının kârını artıracak şekilde yedek parça miktarının belirlenmesine yönelik çok kademeli bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, klasik satın alma

yaklaşımlarının aksine, sadece maliyete odaklanmak yerine kazancın da dikkate alınmasını vurgulanmıştır. Modellerinde; kazanç, teşvik, hazır bulunuşluk ve yok satmama kısıtlarını kullanmışlar ve destek sağlayıcıyı karını artırırken optimum yedek parça miktarını belirlemeye çalışmışlardır.

Öner, Kiesmüller ve vanHoutum (2010), maliyet bedelinin ürün yaşam dönemi boyunca uzatıldığı bir bileşenin güvenilirlik optimizasyonu problemini ele almışlardır. Tasarım aşamasındaki kritik bir tamir edilebilir bileşenin güvenilirlik seviyesine ilişkin kararı desteklemek için nicel bir model sunmuşlardır. Modelde genel bir sistem sayısı geliştirilmiştir. Söz konusu bileşenin yedek parça envanter seviyesi de bir karar değişkenidir ve arıza durumunda mümkün olan en kısa süreyi korumak için modele uyum içerisinde tanımlanmış bir acil durum prosedürü dâhil edilmiştir. Model, bileşen güvenilirlik ve stok seviyelerine bağlı olarak, tasarım, üretim, bakım ve arıza maliyetlerinden oluşan ürün ömür devri maliyetini en aza indirecek şekilde kurulmuştur. Tasarım aşamasında kritik bir bileşenin güvenilirlik seviyesine odaklanmış ve bileşenlerin değerinin, sistem sayısının, arıza cezası oranının ve kullanım safhasının uzunluğunun bileşenin güvenilirliğini etkilediğini göstermiştir. Sonuç olarak, optimal güvenilirlik oranının toplam sistem sayısına, parçanın ucuz veya pahalı olmasına ve aksaklık süresi ceza oranına bağlı olduğuna ulaşmışlardır.

Kim, Cohen, Netessine ve Veeraraghavan (2010), normal şatlar dışındaki doğal afet, yıkım gibi durumlarda performansa dayalı sözleşme yapılan kritik sistemlerin yenileme ve iyileştirmelerinin modellenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Kurulan modelde yaygın olarak kullanılan iki sözleşmenin (biri örnek ortalama arıza süresine diğeri kümülatif arıza süresine dayanan) verimliliğini karşılaştırmışlardır ve tedarikçinin arıza sıklığını etkileme yeteneğini, hangi sözleşmenin daha iyi sonuç vereceğini belirlemede önemli bir faktör olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, ekipmanın çok güvenilir olması durumunda performansa dayalı sözleşme uygulamasının yüksek maliyet yaratabileceği gösterilmiştir.

Mirzahosseinian ve Piplani (2011), PDL sözleşmesi kapsamında çalışan tamir edilebilir parçalardan oluşan sistem için bir stok modeli geliştirmişlerdir. Kapalı döngü stok sistemi, bileşen arızalarının poisson dağıldığı ve hizmet tesisinde onarım sürelerinin üssel olduğu varsayımı altında modellenmiştir. Klasik tamir edilebilir parça stok modeli geliştirilerek

PDL sistemini kuyruk ağı modeli olarak modellenmiştir. Kullanılan modelde, sabit arıza oranı, sabit onarım oranı ve onarım tesisinde sınırsız kapasite gibi bazı kısıtlayıcı varsayımlar gevşetilerek klasik model iyileştirilmektedir. Aynı zamanda kurulan model ile stok yönetimi, bileşen güvenilirliği ve onarım tesisi verimliliği arasındaki etkileşime de odaklanmaktadır. Ayrıca modelin analiz edilmesiyle, sistem hazır bulunuşluğu üzerinde önemli etkiye sahip olan faktörler belirlenmiştir. Sonuç olarak, yedek parçaların temel stok seviyesinin sistemin hazır bulunuşluğunu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra, arzu edilen bir hazır bulunuşluk seviyesine ulaşmak için, tedarikçinin yedek parça stokuna yatırım yapması yerine, parça güvenilirliğini ve tamir süresini iyileştirmesi gerektiği vurgusu yapılmıştır. Kullanılan model ile tedarikçiye ve müşteriye, hedef hazır bulunuşluğu sağlama konusunda esneklik sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Jin, Nalajala ve Jimenez (2011), PDL lojistik hizmet sağlayıcıların maliyetlerini en aza indirecek ve ekipman kullanılabilirliğini en üst düzeye çıkararak sürdürülebilirlik faaliyetlerini optimize etmelerine yardımcı olacak birçok ölçütlü optimizasyon modeli oluşturmuşlardır. Modelde karar değişkenlerini arıza oranı ve stok seviyesini seçmişlerdir. Amaç fonksiyonu hazır bulunuşluk değerini maksimize etmek, maliyeti minimize etmektir. Modelde doğrusal olmayan karışık tamsayılı programlama probleminin çözümü için genetik algoritma yönteminden faydalanılmıştır. Sonuç olarak hazır bulunuşluk değerini maksimize etmek için daha fazla miktarda stok yedek parça miktarına ihtiyaç olduğuna ulaşılmıştır.

Nowicki, Randall ve Ramirez-Marquez (2012), PDL kapsamında çok kademeli, kurtarılabılır parça kontrolü problemlerinin etkinliğini artıracak yeni bir sezgisel algoritma geliştirmişlerdir. Söz konusu karar probleminin amacı, bir bütçe kısıtlamasına tabi bir sistemin operasyonel hazır bulunuşluğu en üst düzeye çıkaran ya da operasyonel bir hazır bulunuşluk hedefine tabi maliyetini en aza indiren yedek parçaların konumunu ve miktarını sistematik olarak belirlemektir. Modelde, yok satma ihtimali performansı etkileyen en önemli ölçüt olarak tespit edilmiştir. Geliştirilen algoritmanın etkinliği ve doğruluğu sayısal bir çalışma ile analiz edilmiş, algoritma, % 99,9 doğruluğunu korurken hesaplama verimliliğinde % 94 iyileşme göstermiştir. Geliştirilen algoritmaların, hem sistem operatörleri hem de sistem destek sağlayıcıları için artan karlılık ve sürdürülebilirlik için net bir etkiye sahip olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Jin ve Wang (2012), güvenilirliğin ve sistem kullanım oranının belirsiz olduğu durumlarda performansa dayalı sözleşmelerin nasıl yapılması gerektiği üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında beş performans ölçütünü (doğal arıza oranı, kullanım oranı, yedek parça envanteri, tamir süresi ve filo büyüklüğü) kullanarak sistemin operasyonel hazır bulunuşluğunu dikkate alan analitik bir model önermişlerdir. Performansa dayalı sözleşme kapsamında, hizmet sağlayıcının seçebileceği maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonu amaçlarına göre model çeşitlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; kullanım oranı, filo büyüklüğü ve tamir süresi arttıkça doğal arıza oranı ve yedek parça stokunun arttığı, stok seviyesindeki mevcut miktardaki artışın operasyonel hazır bulunuşluğa önemli bir etkisinin olmadığına ulaşılmıştır. Bunun yanı sıra operasyonel hazır bulunuşluğu artırmak için arıza oranı, kullanım oranı ve tamir süresinin düşürülmesine, tamir süresinin uzaması durumunda istenen operasyonel hazır bulunuşluk seviyesine ulaşmak için yedek parça stok seviyesinin artırılmasına gerek olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Guajardo, Cohen, Kim ve Netessine (2012), çalışmalarında büyük bir uçak motoru üreticisi tarafından sağlanan gerçek veri setini kullanarak, iki farklı satış sonrası bakım destek sözleşmesinin (geleneksel yani zaman ve malzeme sözleşmesi ile performansa dayalı sözleşme) kullanılmasından ürün güvenilirliğinin nasıl etkilendiğini ampirik olarak araştırmışlardır. Çalışmalarına kullandığı iki aşamalı ekonometrik model ile üretici firmaya ait motorların çalışma zamanı, uçuş süresi, onarım süresi gibi değişkenleri analiz edilmiştir. Çalışmalarında, PDL sözleşmelerinin klasik sözleşmeler ile karşılaştırıldığında % 25-40 oranında daha yüksek ürün güvenilirliğine sahip olduğu çıkarımı yapılmıştır.

Jin ve Tian (2012), performansa dayalı sözleşme çerçevesinde güvenilirliğin tasarımı yoluyla sistem hazır bulunuşluğunu artırmaya çalışırken lojistik ayak izlerini en aza indirmeye yönelik bir çalışma hazırlamışlardır. Çalışmalarında zamanla değişen parça talebini karşılamak için stoğu uyarlamalı olarak destekleyen dinamik bir stoklama politikası önermişlerdir. Talep sayısının sabit değil zamana göre değiştiği modelde poisson süreci ile birlikte talep tahmini (toplam filo başarısızlıklarının ortalaması ile varyansı) için yenileme teorisinden faydalanılmıştır. Sabit olmayan talep akışını karşılamak için stok kalitesini dinamik olarak ayarlayan çok aşamalı uyarlanabilir bir stok politikası geliştirilmiştir. Doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama ile kurulan modelin çözümü için iki parçalı çözüm algoritması ile birlikte genetik algoritmasından faydalanılmıştır. 2 ve 5 yıllık iki ayrı sözleşme tipi senaryosu altında çalıştırılan model

sonucunda, kısa süreli sözleşmelerin güvenilirliği geliştirmede, 5 yıllık sözleşme tipinin güvenilirliği % 15 oranında artırdığı, aynı zamanda yıllık maliyetlerde de azalmaya yol açtığı görülmüştür. Daha sonra elde edilen çözüm Monte Carlo simülasyonu kullanılarak test edilmiş ve onaylanmıştır. Sonuçlar, çok aşamalı ikmal politikasının, yedek parçaları değişen bir montaj tabanına tahsis etmede oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

Mirzahosseinian ve Piplani (2013), performansa dayalı sözleşme kapsamında, toplam sistem miktarının ortalama sipariş yok satma sayısı etkinliği üzerindeki rolünü değerlendirmek için parametrik analiz yöntemini kullanmışlardır. Modelde, farklı sistem sayıları altında bulundurulması gereken stok seviyesini ve ortalama yok satma siparişi miktarını hesaplamaya çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlar müşterinin ortalama yok satma sayısını negatif bir teşvik olarak kullandığında, sistem sayısının tedarikçinin kararını nasıl doğrudan etkilediğini göstermiştir.

Bakshi, Kim ve Savva (2015), PDL sözleşmesi ile kaynağa dayalı klasik yaklaşım altında yeni ürün güvenirliliğinin satış sonrası hizmetlere (bakım, onarım vb.) olan etkisini incelemek üzere asil-vekil modelini kullanmışlardır. Çalışmalarında, tedarikçinin sözleşme şartlarını kullanarak güvenirliliği işaret etmesinden kaynaklanan yeni dinamikleri ve yedek parça envanterine yatırım yaparak maliyetleri en aza indirme (eşdeğerde karı maksimize etme) konusundaki teşviki açığa çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda, stok olarak elde mevcut ve güvenirlilik derecesi hem alıcı hem de satıcı tarafından bilinen ürünlerin yerine, güvenirlilik derecesi bilgisine satıcının hâkim olduğu yeni üretimi yapılan ürünlere ilişkin kaynağa dayalı destek (klasik) yaklaşımı ile performansa dayalı sözleşme yaklaşımı uygulamaları sonuçları kıyaslanmıştır. Karşılaştırma neticesinde, her iki yaklaşımın sinyal güvenirliliği aktarım kabiliyetleri bakımından önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiş ve buradan envanterin şeffaflığının çok önemli bir rol oynadığı sonucu çıkarılmıştır. Envanterin doğrulanabilir olduğu durumda, her iki yaklaşımın da yeni ürün güvenirliliğinin bilgi paylaşımı açısından etkin sonuçlar doğurduğu görülmüştür. Ancak, doğrulanamayan envanter durumunda aynı sonuçlar söz konusu olmamış ve performansa dayalı sözleşme yaklaşımı daha tercih edilebilir bir yaklaşıma dönüşmüştür.

Patriarca, Costantino, Di Gravio ve Tronci (2016), PDL kapsamında yapılan sözleşmede havayolu müşterisi için stok parça miktarı optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Çalışmada performansa dayalı sözleşme ile sistem performans hedefini ulaşılırken, havayolu

müşterisinin sahip olma maliyetini azaltmayı amaçlamışlardır. Önerilen modelde, PDL yaklaşımı ile havayolu şirketinin yedek parça tedarik maliyeti ile birlikte hazır bulunuşluk gereksinimlerini en aza indirecek yenilikçi bir yaklaşım sunmuşlardır. PDL-Metrik adı ile kurulan iki aşamalı algoritma ile çok aşamalı, çok parçalı, tek sözleşmeli ve çok taşımali bir ağı modellemişlerdir. Öncelikle, iki ayrı ulaşım ağını (hızlı ve standart) belirlemek için hızlı seçim algoritmasını, müteakiben stok seviyesini belirlemek için yerel bölüm kiti tahsis algoritmasını oluşturmuşlardır. Problemin çözümünde, problemin optimizasyon fonksiyon ve kısıtlarının karmaşıklığı, doğrusal olmayan ve olasılık dağılımı değişkenlere sahip olması nedeniyle genetik algoritmadan faydalanılmıştır. Sonuçlardan, önerilen iki aşamalı PDL-Metrik algoritma modelinin, havayolu müşterisi için stokta tutmaya daha değer olan yedek parçaları tespit ederek çoklu taşıma seçenekleri arasından seçim yapmasına yardımcı olduğu hususu belirtilmiştir.

Kim, Cohen ve Netessine (2017), klasik destek stratejileri (kaynağa dayalı) ile PDL stratejisinin her ikisinin de fayda ve mahsurları ortaya konulmuş ve oyun teorisi yöntemini kullanılarak kıyaslamışlardır. Çalışmada, ürün ömrü boyunca tamir ve bakım gerektiren karmaşık ekipman için satış sonrası desteğinde yaygın olarak görülen iki sözleşme kapsamında güvenilirlik iyileştirme yatırımları ile yedek varlıklara yapılan değişimleri incelenmiştir. Tamir süreci ve performans ölçümünü, maliyet yapısını, sözleşme tipini modelleyerek, sistem performansı için yedek parça stok miktarından ya da güvenilirlikten hangisinin daha önemli olduğunu bulmaya çalışmışlardır. Klasik destek yaklaşımına göre, tedarikçiler güvenilirlik yatırımı pahasına yedek parça envanterini artırarak hazır bulunuşluk hedefine ulaşma eğiliminde olduğu, performansa dayalı sözleşme yaklaşımı altında ise, aksine, tedarikçiler hazır bulunuşluk hedefine yedek parça stok miktarının artırılması kadar güvenilirliğinde de artırılması ile ulaştığı sonucunu çıkarmışlardır. Elde edilen sonuçlardan edinilen gözlemlerde, müşteri ile tedarikçi arasındaki teşviklerin performansa dayalı sözleşme ile daha uyumlu olduğunu açıkça ortaya koyduğu ve dahası ürün sahipliğinin tedarikçiye devredilmesini kolaylaştırdığı görülmüştür. Ayrıca yapılan analizler neticesinde, tedarikçileri yatırım yapmaya teşvik etmede klasik yaklaşımın performansa dayalı sözleşmeler kadar etkili olmadığı görülmüştür.

Lopes, Scarpel, Abrahão, Galar ve Ciani (2017), çalışmalarında öncelikle PDL sözleşme tipleri, sözleşmelerde kullanılan güvenilirlik, hazır bulunuşluk, bakım yapılabilirlik ve desteklenebilirlik performans ölçütlerinin tanımlanması ile matematiksel ifadelerini

yapmışlardır. Müteakiben bu ölçütlerin amaç fonksiyonu olarak yer aldığı dört farklı senaryoya dayalı çok amaçlı optimizasyon problemini, ϵ -kısıt ve öncelikli hedef programlama yöntemlerinden faydalanarak çözmüşlerdir. Senaryoya dayalı olarak oluşturdukları; iki üssü olan ve tek bir depodan desteklenen, tek tip on hava aracından oluşan tek bir filonun dört amaç fonksiyonu (operasyonel hazır bulunuşluk, bakım yapılabilirlik, güvenilirlik ve desteklenebilirlik) olan bir problemi ele almışlardır. Problemlerin çözümünde önce hedef programlama yönteminden sonra da önleyici yöntemden faydalanılmış ve her iki yöntem sonuçları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, hedef programlamanın tüm amaç fonksiyonlar için daha eşit dengelemeyi sağladığı ve bu kapsamda daha iyi bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Sharifi ve Kwon (2018), performans dayalı sabit maliyet ve maliyet artı sözleşmelerde maliyet belirsizliği riski altında önemli sözleşme parametrelerinin belirlenmesi için, iki amaç fonksiyonunu dengelemek isteyen (müşteri maliyetini minimize ederken tedarikçinin kazancını maksimize eden) senaryoya dayalı stokastik iki-seviyeli programlama yaklaşımını önermişlerdir. Tedarikçi ile müşteri arasındaki etkileşimi analiz etmek için problem asil vekil modeli olarak ele alınmıştır. Çalışmada müşteri; teşvik değerini, tedarikçinin maliyet payı yüzdesini, sabit ödemeyi ve azami teminat sayısını belirterek, tedarikçiler tarafından sunulan farklı tekliflerden en iyi sözleşmeyi seçmeyi amaçlamaktadır. Tedarikçi ise, bakım, yedek parça stoku ve onarım kapasitelerini koordine ederek kârını en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Ayrıca maliyet belirsizliği riski de probleme bir risk ölçütü olarak dâhil edilmiştir. Problem önce belirlenen deterministik değerler ile çözülmüş müteakiben maliyetle ilgili performans belirsizliğinin (riskten kaçınmanın çözümü nasıl etkileyebileceğini) ortaya konulması için kesin olmayan değişken değerleri ile stokastik iki -seviyeli programlama yöntemi ile yeni çözüm değerleri elde edilmiştir. Modellerin optimal çözümlerinin elde edilmesinde doğrusal olmayan çözüm için GAMS programından faydalanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, daha yüksek riskten kaçınma seviyelerinde, müşterinin tedarikçiye daha fazla ödeme yapmaya istekli olduğunu ve aynı zamanda tedarikçi ile müşteri arasındaki ortak maliyetin daha küçük bir yüzdesini kabul ettiğini, bu da riskin tedarikçiye kaydığını gösterdiği yönünde bir çıkarım yapılmıştır.

Hur, Keskin ve Schmidt (2018) çalışmalarında, ömür devrini tamamlayan uçak yedek parçalarının envanter kontrolü problemini ele almışlar ve son sipariş miktarını hesaplayan

bir algoritma geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, envanter sürecini sürekli zamanlı bir Markov zinciri olarak modelleyerek, tek ve iki parça durumu için kapalı formulu analitik çözüm yaklaşımları sunmuşlardır. Problemden, kullandıkları parça miktarı arttırıldığında, kullanım alanlarını üssel olarak büyümüş ve çözüm için analitik yaklaşım kullanımını imkânsız hale getirmiştir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için gradyan tabanlı bir simülasyon-optimizasyon modeli kullanılmıştır. Bu modelin doğrulanması ile ana parametrelerin çözümler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Patra, Kumar, Nowicki ve Randall (2019) çalışmalarında, sistem kullanılabilirliğinin performans ölçütü olarak kullanıldığı tedarikçi perspektifi bakış açısından performans sözleşmelerini incelemişler ve Orijinal Ekipman Üreticisinin (OEÜ) net karını gerçek makine kullanılabilirliğinin (çalışma saatleri) bir fonksiyonu olarak modelleyerek makro düzeyde konumlandırmışlardır. Bu kapsamda, tek dönemli ve çok dönemli performans modelleri geliştirmişler ve bir tedarikçinin farklı senaryolar altında net karını en üst düzeye çıkarmak için optimum hazır bulunuşluğunu ölçmüşlerdir. Çalışmada, tedarikçinin kazandığı birim başına gelir arttığında optimum hazır bulunuşluğun arttığını, tedarikçi tarafından yapılan operasyonlarda ve birim bakım maliyetlerinde bir artış ile optimum hazır bulunuşluğun azaldığını, yine, bir periyotta beklenen makine çalışma saatlerinde bir artış ile optimum hazır bulunuşluğun azaldığı sonucu çıkarılmıştır. Çalışmalarında, ayrıca, geliştirilen zaman serisi modellerinin, tedarikçinin gelecekteki karlarını tahmin etmesine yardımcı olduğu sonucu çıkarılmıştır. Kullanılan zaman serisi modelleri, gelecekte beklenen net kârın, model parametrelerinin belirli değerleri için en üst düzeye çıkarılabileceğini göstermektedir.

Wang, Zhao ve Guo (2019), performansa dayalı sözleşme kapsamında, tedarikçilerin kârını maksimize ederken, sistem hazır bulunuşluğunu geliştiren yeni bir optimum bakım politikası önerisinde bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmaların aksine bu çalışmada amaç sistem hazır bulunuşluğu arttırmak ya da maliyetleri en aza indirmek yerine kar maksimizasyonu sağlamaktır. Model, kısıtlı çok değişkenli optimizasyon problemi olarak kurulmuştur ve bu tür doğrusal olmayan programlama probleminin analitik çözümünü elde etmek için döngüsel koordinat çözüm algoritmasından faydalanılmıştır. Bakım politikası ve sistem hazır bulunuşluğu aynı anda ele alınmıştır. Modelde, düzeltici bakım, önleyici bakım ve fırsatçı bakım olmak üzere üç bakım işlemi kullanılmış ve amaç olarak, tedarikçilerin karını en üst düzeye çıkarmayı hedeflemiştir. Maksimum kâr, sera gazı

emisyonları ve sistem hazır bulunuşluğu indisleri altında klasik yaklaşım modeli ile önerilen model karşılaştırılmış ve doğrusal kazanç ve üssel kazanç durumları altında duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizinde teşvik edici parametrelerin amaç fonksiyonunu nasıl etkilediği ortaya konulmuştur. Çalışmada önerilen modelin, diğer klasik yaklaşımlar göre üstün ve etkin olduğu çıkarımı yapılmıştır.

Literatürde son yıllarda yer alan PDL yaklaşımına ilişkin sayısal çalışmaların özeti Çizelge 2.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. PDL yaklaşımına ilişkin sayısal çalışmalar

Yazarlar	Yıl	Konu	Yöntem
Kumar ve diğerleri	2007	PDL destek stratejisi altında tasarım aşamasında en iyi alternatifin seçilmesi	Hedef programlama
Kim ve diğerleri	2007	Satış sonrası hizmet tedarik zincirlerinde performans sözleşmesi	Klasik stok modeli ile manevi zarar modeli
Nowicki, Kumar, Steudel ve Verma	2008	PDL kapsamında, destek sağlayıcının kârını maksimize edecek optimum yedek parça miktarının belirlenmesi	Yedek parça tahsis algoritması
Öner, Kiesmüller ve vanHoutum	2010	PDL kapsamında kritik parçaların güvenilirliklerinin belirlenmesi	Nicel bir karar destek modeli
Kim, Cohen, Netessine ve Veeraraghavan	2010	Kritik görev sistemlerinin yenileme ve iyileştirmelerinin performansa dayalı sözleşme altında modellenmesini	Doğrusal programlama
Mirzahosseinian ve Piplani	2011	PDL sözleşmesi altında tamir edilebilir yedek parçaların envanter sisteminin belirlenmesi	Markov modeli ve parametrik analizi
Jin, Nalajala ve Jimenez	2011	PDL kapsamında destek sağlayıcının faaliyetlerine yön vermede kullanabileceği çok kriterli karar modeli	Genetik algoritma
Nowicki, Randall ve Ramirez-Marquez	2012	PDL kapsamında, metrik-tabanlı problemler için hazır bulunuşluğun maksimizasyonunu sağlayan yedek parça miktarının belirlenmesi	Sezgisel algoritma
Jin ve Wang	2012	Güvenilirliğin ve sistem kullanım oranının belirsiz olduğu durumlarda performansa dayalı sözleşmelerin planlanması	Genetik algoritma

Çizelge 2.9. (devam) PDL yaklaşımına ilişkin sayısal nitelikli çalışmalar

Yazarlar	Yıl	Konu	Yöntem
Jin ve Tian	2012	Performansa dayalı sözleşme çerçevesinde güvenilirliğin tasarımı yoluyla sistem hazır bulunuşluğunun artırılması	İki parçalı çözüm algoritması ile genetik algoritma
Guajardo, Cohen, Kim ve Netessine	2012	PDL ve geleneksel sözleşmelerin ürün güvenilirliğine etkisi	Ekonometrik model
Mirzahosseinian ve Piplani	2013	PDL kapsamında sistem miktarının destek sağlayıcı hizmet seviyesine olan etkisi	Parametrik analiz yöntemi
Bakshi, Kim ve Savva	2015	Yeni ürün güvenilirliğinin satış sonrası hizmet sözleşmelerine (klasik yaklaşım ve PDL yaklaşımı) etkisi	İletişim oyunu teorisi (Signaling game) ve ilk en iyi modeli
Patriarca, Costantino, Di Gravio ve Tronci	2016	Performansa dayalı sözleşme kapsamında bir havayolu firması için stok optimizasyonu	Genetik algoritma
Kim, Cohen ve Netessine	2017	Geleneksel destek stratejileri ile PDL stratejisinin kıyaslanması	Oyun teorisi
Lopes Scarpel, Abrahão, Galar ve Ciani	2017	PDL sözleşmelerinde kullanılan ölçütler, matematiksel ifadesi ve ölçütlerin senaryoya dayalı optimizasyonu	ε-kısıt ve hedef programlama
Sharifi ve Kwon	2018	Performansa dayalı sözleşme tasarımının maliyet belirsizliği altında incelenmesi	İki seviyeli programlama/GAMS
Hur ve diğerleri	2018	PDL kapsamında ömür devrini tamamlayan uçak yedek parçalarının stok miktarının optimizasyonu	Markov zinciri, gradyan tabanlı simülasyon optimizasyon modeli
Wang ve diğerleri	2019	Performansa dayalı sözleşme kapsamında rüzgâr türbininin bakım politikalarının optimize edilmesi	Döngüsel koordinat çözüm algoritması
Patra ve diğerleri	2019	Performansa dayalı sözleşme kapsamında optimum hazır bulunuşluk ile OEÜ kârının maksimize edilmesi	Tek ve çok periyotlu matematiksel modelleme

Literatürde PDL yaklaşımı kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda sayısal nitelikte olan çalışmalara olan ilginin arttığı görülmektedir. Bu çalışmalarda, daha çok stok optimizasyonu ile sistem hazır bulunuşluk seviyesinin ya da güvenilirliğinin artırılmasını amaçlayan problemlere çözüm önerisi sunulmaktadır. Literatürde, PDL sözleşmesi yapılacak firmaların seçimi için firmaların performansını dinamik anlamda analiz eden, değerlendiren ve nicel/nitel performans parametrelerini kullanarak PDL sözleşmeci firma seçimi yapan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışma, PDL yaklaşımı kapsamında, uzun süreli sözleşme yapılacak firmaların performanslarının değerlendirmesine yönelik yapılan ilk çalışma olması nedeniyle literatüre önemli bir katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Çalışma, literatürde çoğunlukla karşılaşılan kavramsal çalışmalardan ziyade nispeten az sayıda yapılan sayısal çalışmalardan bir tanesidir. Bununla birlikte, kamu kurumunun lojistik destek sağlayıcı ile yapacağı performansa dayalı sözleşme öncesi kurum için bir tutamak olacağı düşünülmektedir.

3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

VZA'nın, çıkış noktası Farrell'in ağırlıklı çıktıları ağırlıklı girdilere oranlanması ile performans ölçümünün yapıldığı “toplam faktör verimliliği” modelidir. Tek girdi ve tek çıktı olması durumunda etkinlik değeri, çıktının girdiye oranı olarak hesaplanmaktadır. Ancak, girdi ve çıktı sayısının birden fazla olması durumunda etkinlik değeri, ağırlıklı çıktının ağırlıklı girdiye oranı şeklinde bulunmaktadır (Ramanathan, 2003). VZA, ilk olarak 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, Farrell'in 1957 yılındaki “Üretim Sınırı (Production Frontier)” yaklaşımı temel alınarak, çok sayıda girdi ve çıktıya sahip karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirdikleri çalışma ile ortaya konulmuştur. Önerilen bu ilk model kesirli bir yapıya sahiptir (Tütek, Gümüsoğlu ve Özdemir, 2016:223).

VZA, temeli doğrusal programlamaya dayanan ve simpleks algoritmalar yoluyla çözüme ulaşan parametrik olmayan bir yöntemdir. VZA'nın amacı benzer girdilerle benzer çıktılar üreten homojen karar birimlerinin etkinliklerini ölçmektir. En iyi üretim yapan karar birimleri referans alınarak yapılan bu karşılaştırma şekli, VZA tekniğinin bir uç sınır yaklaşımı olduğunu göstermektedir (Ruggiero, 2007). Parametrik yöntemlerin aksine çok girdili-çok çıktıli üretim yapan firmalarda performans kıyaslamasına olanak tanımaktadır. Etkinliği ölçülecek olan homojen yapıdaki firmaları birbiriyle kıyaslar ve etkin olmayan karar birimlerine referans oluşturacak karar birimlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Charnes, Cooper, Lewin ve Seiford, 2013).

Bununla birlikte, etkin olmayan her bir karar birimini daha etkin hale getirmek üzere girdi-çıkış hedef değerlerini belirlemektedir. Analizlerde girdi ve çıktıların aynı ölçüm birimlerine sahip olmasını gerektirmeyen bir yapıya sahiptir. VZA ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır ve bu varsayım altında geliştirilen model Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) modelidir. Daha sonra Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından 1984 yılında ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında değiştirilmiştir ve BCC modeli olarak adlandırılmıştır (Charnes ve diğerleri, 2013).

VZA, anlaşılması ve yorumlanması kolay, birden çok girdi ve çıktıyı aynı anda analiz edebilen, her karar biriminin ayrı ayrı optimal ağırlıklarını hesaplayan bir etkinlik ölçümü

yaklaşımıdır. Etkinlik ölçümüne dâhil edilen karar birimlerinin etkin sınıra olan uzaklıkları, bu karar birimlerinin etkinlik skorunu vermektedir. Hesaplanan etkinlik skoru mutlak bir etkinlik anlamına gelmemektedir. Etkin olmayan karar birimleri için hangi girdi ve çıktıların bu duruma neden olduğunu belirleyerek ortaya koymaktadır. Etkin olmayan karar birimleri için etkin karar birimlerini referans alarak öneriler sunmaktadır (Cooper, Seiford ve Tone, 2006). VZA metodunun, girdi ve çıktı odaklı olmak üzere iki temel kullanım özelliği bulunmaktadır. Girdi odaklı modelin kullanımında, belirli çıktı miktarıyla kullanılacak en az girdi miktarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çıktı odaklı modelin kullanımında, belirli girdi miktarıyla elde edilebilecek çıktı miktarını maksimize etmeyi amaçlamaktadır (Charnes ve diğerleri, 2013).

3.1.VZA’da Kullanılan Temel Kavramlar

VZA’da zarflama analizinde kullanılan temel kavramların tanımları ile bunların açıklamaları aşağıda sunulmuştur:

- *Performans*: Nitel ya da nicel çeşitli faktör değerleri ile gösterilebilen, planlanmış belli bir amaca ulaşmak için gerçekleştirilen süreç/süreçlerin sonunda elde edilen çıktı ya da sonuçtur. İşletme performansı; üretim miktarı, işçilik verimliliği, maliyetler, finansal göstergeler, çalışan devir hızı vb. sayısal faktörler ile ifade edilebileceği gibi, müşteri memnuniyeti, talep esnekliği, kalite standartlarına uygunluk vb. nitel faktörler ile de tanımlanabilir(Tütek ve diğerleri, 2016:226).
- *Verimlilik*: En kısa tanımıyla çıktı miktarının o çıktıyı üretmek için kullanılan girdi miktarına oranıdır (Tütek ve diğerleri, 2016:226). Verimlilik, işletme bazında çıktıların girdilere oranlaması ile elde edilen ve göreceli olmayan, sadece o işletmeye has bir performans ölçümüdür (Yücel, 2017: 9). Bir başka ifadeyle, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi, vb.) etkin bir şekilde kullanımıdır (Prokopenko, 2001:1).
- *Etkinlik*: Belirlenen amaçlara ulaşmada gösterilen başarıdır. Etkinlik, işletmelerin mevcut girdilerinde önlenemeyen nedenlerle meydana gelebilecek kayıpları göz önünde bulundurularak hesaplanan fiili performansın oranıdır (Tütek ve diğerleri, 2016:226).
- *Karar verme birimi (KVB)*: Verimlilik analiz için üzerinde çalışılan organizasyonlardır. Karar verme birimleri, girdileri çıktılarına dönüştüren ve performansı ölçülen birim olarak

kabul edilmektedir.

- *Girdi:* Bir organizasyonda, hizmetlerin yerine getirilebilmesi için; personel, tüketilebilen kaynak, sermaye, nakit gibi üretim sürecine sokulan faktörlerin her biridir.
- *Çıktı:* Girdilerin kullanılması ile üretim süreci sonunda elde edilen ürün veya hizmete denir.
- *Etkinlik değeri:* VZA, her KVB için bir etkinlik değeri türetmektedir. Bu değer 0 ile 1 arasındadır ve bu değere sahip KVB etkindir. %100'den daha küçük değer alan KVB'ler ise etkin değildir.
- *Etkin birim:* Etkin birim, analizlerdeki diğer KVB'ler tarafından başarılan gerçek performansla karşılaştırıldığında, aynı çıktıları daha az girdilerle üretebilen ya da daha yüksek seviyedeki çıktıları aynı miktardaki girdilerle üretebilen KVB'ler olarak tanımlanmaktadır.
- *Homojenlik:* Homojenlik, birimler arasında benzerlik derecesini ifade etmektedir. VZA analizi homojen karar verme birimleri kümesini gerektirmektedir.
- *Ölçeğe göre sabit getiri:* Tüm girdilerin sabit bir oranla değişmesi ile çıktı miktarında görülen değişimi ifade etmektedir. Eğer elde edilen çıktı miktarındaki artış oranı, girdi miktarı ile aynı ise *ölçeğe göre sabit getiri* söz konusudur.
- *Ölçeğe göre değişken getiri:* Girdilerdeki artış orandan farklı oranda değişim olması söz konusudur. Çıktı miktarında, girdilerdeki artış oranından daha az oranda artma durumu varsa "*ölçeğe göre azalan getiri*", girdilerdeki artış oranından daha fazla oranda artma durumu varsa "*ölçeğe göre artan getiri*" söz konusudur.
- *Teknik etkinlik:* Bir işletmenin belirli bir girdi bileşimiyle en yüksek çıktıyı elde edebilmedeki başarısı olarak tanımlanır. Bu kapsamda, girdi bileşiminin optimum şekilde kullanılması ve maksimum çıktının üretilmesi gerekmektedir.
- *Tahsis (fiyat) etkinlik:* Bir işletmenin girdi fiyatlarını dikkate alarak optimal girdi bileşimini belirlemedeki başarısıdır. Doğru girdi bileşenlerinin belirlenmesi ile maliyetlerde oluşan oransal azalış ölçülmektedir.
- *Saf teknik etkinlik:* Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında girdilerin verimli kullanılamaması nedeniyle hesaplanan etkinlik değerinden uzaklaşma derecesini göstermektedir.
- *Ölçek etkinlik:* Bir birimin uygun ölçekte üretim yapma başarısı olarak ifade edilmektedir. Ölçek etkinlik değerinin 1 değerini alması, o birimin en verimli ölçek büyüklüğünde üretim yaptığını göstermektedir (Tütek ve diğerleri, 2016:227).

3.2. VZA'nın Temel Özellikleri

VZA'da karar birimleri, istatistiksel tekniklerdeki ortalama verimlilik hesaplamasından ziyade en verimli birime göre kıyaslama yapılarak gerçekleştirilmektedir. VZA'nın temel özellikleri ve bu doğrultuda sağladığı birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanmaktadır (Tütek ve diğerleri, 2016:224,225):

- Parametrik olmayan bir yöntem olması nedeniyle, VZA ile üretim fonksiyonu bilinmeksizin birimlere ilişkin girdi ve çıktı verileri kullanılarak görelî etkinlik ölçümü yapılabilmektedir.
- VZA ile etkinlik ölçümü en iyiye kıyasla yapıldığından, görelî etkinliği verir ve ortalama fonksiyon değeri değil en iyi performansı sahip birimin etkinliği ile oluşan etkin sınıra göre değerlendirme yapılmaktadır.
- VZA ile farklı ölçü birimlerine (miktar, satış cirosu, personel sayısı vb.) sahip çok sayıda girdi ve çıktının söz konusu olduğu karar verme birimleri için etkinlik ölçümü yapılabilmektedir.
- VZA ile sübjektif ya da önceden belirlenmiş çeşitli ağırlıklar kullanmaksızın çok sayıda girdi ve çıktıya sahip birimler için etkinlik ölçümü yapılabilir. Karar vericilerin etkinlik hesaplamasında kullanılan ağırlıkları değiştirerek daha yüksek etkinlik sonucu elde etmelerini önlemek üzere VZA'dan ağırlıkların negatif olmaması koşulu ve de tüm birimleri görelî etkinlik değerlerinin birden büyük olmaması koşulları yer almaktadır. VZA'da fiyat bilgisi kullanılmadan da etkinlik ölçümü yapılabilir fakat istenirse girdi-çıktı faktörlerinin ağırlıkları için fiyatlar da kullanılabilir.
- VZA ile etkinliği ölçülen birimlerden etkin olmayanlar için etkin olmanın nedenleri belirlenebilir. VZA, karar verme birimleri (KVB) optimal ölçek büyüklüğü ile ilgili olarak yol göstermektedir.
- VZA'da BCC modeliyle birimlerin ölçeğe göre değişken getiri varsayım altında etkinlikleri de değerlendirilebilir. Bu da karar vericilerin tercihlerinin modele dâhil edilebilmesini sağlamaktadır.

VZA'nın dezavantajları ise, sonuçların seçilen girdi-çıktı faktörleri ve bu faktörlerin ağırlıkları doğrultusunda farklılaşması ve de etkin olan birimlerin sayısının da girdi-çıktı faktörlerinin sayısı arttıkça artış göstermesidir. Diğer dezavantajları ise tüm KVB'ler için ayrı ayrı doğrusal programlama modelinin çözümü gerektirmesi, etkinlik ölçümünün belirli

bir periyottaki verilere göre yapılması, etkin değerlerinin seçilen KVB kümesine göre farklılaşması ve KVB'lerin mutlak (görelî olmayan) etkinliklerin incelenememesi olarak sıralanabilir.

3.3. VZA'da Kullanılan Modeller

VZA modelleri ilk olarak ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi ve çıktı odaklı (yönlü) CCR modellerinin kullanımı (1978) ile ortaya çıkmıştır. Müteakiben ölçeğe göre değişken getiri varsayımının kabul edildiği BCC modelleri (1984) kullanılmaya başlanmıştır. Hem CCR hem de BCC modeli iki grupta incelenebilmektedir. Bunlar girdi odaklı ve çıktı odaklı modellerdir. Girdi odaklı modellerde çıktılar sabit tutularak minimum girdilerin kullanılmasına çalışılırken çıktı odaklı modellerde ise kullanılan girdiler ile maksimum çıktı elde edilmeye çalışılmaktadır. Literatürde daha sonra yapılan çalışmalarda, VZA'da kullanılan pek çok model geliştirilmiştir. Bunlardan sıklıkla kullanılan CCR ve BCC modelleridir. VZA, temeli kesirli programlamaya dayanmaktadır. Kurulan modelin simpleks yöntemi ile çözülebilmesi için kesirli programlama modelinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmesi gerekmektedir.

Performans analizi yapılacak n adet KVB'nin olduğu bir süreç düşünüldüğünde, m adet girdi ve s adet çıktı olsun. Girdiler x , çıktılar ise y ile gösterilmek üzere, i 'nci girdi x_i , r 'nci çıktı y_r ile temsil edilsin. v_i i 'nci girdinin ağırlığı, u_r r 'nci çıktının ağırlığı olsun. Bu kapsamda; bir KVB için tüm girdilerin ağırlıklarından oluşan sanal (toplam) girdi ve tüm çıktılarının ağırlıklarından oluşan sanal (toplam) çıktı sırasıyla eşitlik 3.1. ve 3.2'de gösterilmiştir (Tütek ve diğerleri, 2016:231).

$$\sum_{i=1}^m v_i x_i \quad (3.1)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_r \quad (3.2)$$

Oluşturulan bu çıktı ve girdi eşitliklerinin oranlanmasıyla KVB'lerinin etkinliği (verimliliği) eşitlik 3.3 ile hesaplanır.

$$Etkinlik = \sum_{r=1}^s u_r y_r / \sum_{i=1}^m v_i x_i \quad (3.3)$$

3.3.1. CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modeli

CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Bu model kesirli programlama modeli olarak geliştirilmiştir. Doğrusal programlama modeline dönüştürülerek her KVB için çözüm üretilmektedir. Çözüm sonucu her KVB'nin toplam teknik etkinlik değerleri elde edilmektedir. Bu modeller girdi ve çıktı odaklı olmak üzere iki farklı yapıda kurulabilir. Girdi odaklı modelde çıktılar sabit olmak üzere en az girdiyi, çıktı odaklı modelde ise girdi sabit olmak üzere maksimum çıktıyı elde etmeyi amaçlanmaktadır. Modellerde genel olarak kullanılan ortak notasyon aşağıda özetlenmiştir (Golany ve Roll, 1989):

İndisler

j: karar verme birimi (j=1,...,n)

i: girdi (i=1,..., m)

r: çıktı (r=1,..., s)

Veriler

x_{ik} : k. KVB'nin tükettiği i. girdi değeri

x_{ij} : j. KVB'nin tükettiği i. girdi değeri

y_{rk} : k. KVB'nin ürettiği r. çıktı değeri

y_{rj} : j. KVB'nin ürettiği r. çıktı değeri

ϵ : Küçük pozitif bir sayı

Değişkenler

h_k : k. KVB'nin göreceli etkinlik değeri

s_i : i girdisine karşılık gelen aylak değişken

s_r : r çıktısına karşılık gelen aylak değişken

u_r : r. çıktının sanal ağırlığı

v_i : i. girdinin sanal ağırlığı

u_{rk} : k. KVB'nin r. çıktı ağırlığı

v_{ik} : k. KVB'nin i. girdi ağırlığı

Kurulacak kesirli programlama modeli ise aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011; Tütek ve diğerleri, 2016:232-237). Performansı ölçülmek üzere n adet KVB belirlensin. Her bir KVB'nin performansının ölçülmesi için farklı m adet girdi faktörü, s adet çıktı faktörü seçilsin. Bu kapsamda, j . KVB ($j = 1, 2, \dots, n$) y_{rj} çıktısını elde etmek için x_{ij} miktarında girdiyi kullanmaktadır. Hem girdi hemde çıktı miktarlarının 0'a eşit ya da büyük olduğu kabul edilmektedir.

$$x_{ij} \geq 0, y_{rj} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.4)$$

Girdi odaklı olarak oluşturulan k 'nci KVB için görelî olarak hesaplanan model aşağıda gösterilmektedir. Daha sonra her bir KVB için ayrı ayrı model oluşturulmakta ve bütün KVB'leri için performans değerleri hesaplanmaktadır.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{maks } h_k = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} / \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} \quad (3.5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.6)$$

$$v_i \geq 0, u_r \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.7)$$

İlk kısıt, alternatifler içinde yer alan her bir KVB'nin performans değerinin 1'i aşamayacağını göstermektedir. Bu kısıt sayesinde amaç fonksiyonu (h_k) da maksimum 1 değerini alacaktır. Amaç fonksiyonu sayesinde k 'nci KVB'nin görelî performansını maksimize eden u_r ve v_i ağırlıklarının hesaplanmasıdır. İkinci kısıt, KVB'leri için elde edilen tüm girdi ve çıktı faktörlerinin negatif olmama koşulunun olması gerektiğini belirtmektedir. Bu ağırlıkların 0'dan farklı bir değer almasını sağlamak üzere pozitif bir reel sayı olan 10^{-5} ya da 10^{-6} değeri alınabilir ve genellikle bu sayı “ ϵ ” temsil edilmektedir.

$$u_r, v_i \geq \epsilon > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.8)$$

Yukarıda belirtilen kesirli programlama modeli daha sonra doğrusal programlama modeline dönüştürülmüş ve ortaya çıkan *girdi odaklı CCR primal model* eşitlik 3.9-3.12’de gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\max \eta_k = \sum_{r=1}^s \alpha_r y_{rk} \quad (3.9)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ik} = 1 \quad (3.10)$$

$$\sum_{r=1}^s \alpha_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.11)$$

$$\alpha_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.12)$$

Amaç fonksiyon değeri $\eta_k^* = 1$ ise KVB_k , CCR etkindir. KVB_k ’nın alacağı diğer sonuç değerleri için ise görel etkinsizlik söz konusudur. *Girdi odaklı CCR dual modeli* ise eşitlik 3.13-3.16’da gösterilmiştir:

Amaç fonksiyonu:

$$\min z_k - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right] \quad (3.13)$$

Kısıtlar:

$$-\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + z_k x_{ik} - s_i^- = 0 \quad (i = 1, \dots, m) \quad (3.14)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + y_{rk} - s_r^+ = 0 \quad (r = 1, \dots, s) \quad (3.15)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r \quad (3.16)$$

Girdi odaklı dual modelde belirtilen amaç fonksiyonu, belirli bir çıktı miktarı için girdilerin ne kadar azaltılabileceğini ifade etmektedir. Çıktı odaklı olarak oluşturulan ve k 'ncü KVB için göreceli olarak hesaplanan *CCR kesirli programlama modeli* eşitlik 3.17-3.19'da gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\min g_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} / \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (3.17)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} / \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.18)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.19)$$

Çıktı odaklı CCR kesirli programlama modeli de, girdi odaklı kesirli programlama modeline benzer şekilde, doğrusal programlama modeline dönüştürülür. Oluşturulan *çıktı odaklı CCR primal model* eşitlik 3.20-3.23'de gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\min \theta_k = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ik} \quad (3.20)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} = 1 \quad (3.21)$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3.22)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3.23)$$

Her KVB için girdi odaklı CCR primal modelin optimal çözümü (η_k^*) çıktı odaklı primal modelin optimal çözüm değerinin (θ_k^*) tersine eşittir. Bundan dolayı ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi ya da çıktı odaklı CCR modellerinden biri kullanılarak diğerinin sonucu elde edilebilir (Tütek ve diğerleri, 2016:235). *Çıktı odaklı CCR dual modeli* ise eşitlik 3.24-3.27’de gösterilmiştir:

Amaç fonksiyonu:

$$\text{maks } \varphi_k + \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right] \quad (3.24)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - x_{ik} + s_i^- = 0 \quad (i = 1, \dots, m) \quad (3.25)$$

$$-\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + \varphi_k y_{rk} + s_r^+ = 0 \quad (r = 1, \dots, s) \quad (3.26)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r \quad (3.27)$$

Çıktı odaklı dual modelin amaç fonksiyonu belirli miktarda girdi kullanıldığında çıktı miktarının ne kadar arttırılabileceğini bulmaya çalışmaktadır. Dual modellerde yer alan s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenlerdir. s_i^- aylak değişkeni, belirli miktarda tüketilen i girdisinden kullanılan fazla miktarı bir başka deyişle azaltılabilir miktarı temsil etmektedir. s_r^+ aylak değişkeni, belli bir miktarda girdi kullanılarak ulaşılması gereken çıktı miktarı ile ulaşılan çıktı miktarı arasındaki farkı yani artırılabilir miktarı göstermektedir.

Girdi odaklı dual modelde, KVB’nin amaç fonksiyon değeri $z_k^* = 1$ ise ve elde edilen aylak değişkenler $s_i^{-*} = 0$ ve $s_r^{+*} = 0$ ise etkindir. Diğer taraftan, amaç fonksiyonu $z_k^* = 1$ olduğu durumda ve aylak değişkenler $s_i^{-*} \neq 0$ ve $s_r^{+*} \neq 0$ ise zayıf etkinlik, $z_k^* = 1$ ve aylak değişkenlerin tamamı sıfıra eşit ise Pareto Koopmans etkinliği (güçlü etkinlik) söz

konusudur. Çıktı odaklı dual modelde, KVB'nin amaç fonksiyon değeri $\varphi_k^* = 1$ ise ve elde edilen aylak değişkenler $s_i^{-*} = 0$ ve $s_r^{+*} = 0$ ise etkindir.

3.3.2. BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modeli

BCC modeli, ilk olarak 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dönüştürülerek analiz yapmak üzere ortaya konulmuştur. BCC modelinin CCR modelinden tek farkı, CCR modellerinin duallerine eklenen konvekslik kısıtıdır. Bu kısıt eşitlik 3.28'de gösterilmiştir.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.28)$$

CCR modelleriyle doğrusal üretim sınırı elde edilirken, BCC modelindeki konvekslik kısıtı ile parçalı doğrusal üretim sınırı ortaya çıkmaktadır. BCC ile elde edilen üretim sınırı, CCR modellerinde meydana gelen üretim sınırında altında kalmaktadır. Böylece, CCR modeli ile yapılan analiz sonucu elde edilen etkinlik değeri, BCC modeli ile elde edilen etkinlik değerinden küçük ya da bu değere eşit olmaktadır.

Girdi odaklı BCC modeli kesirli programlama modeli eşitlik 3.29-3.32'de gösterilmiştir (Tütek ve diğerleri, 2016:237).

Amaç fonksiyonu:

$$\text{maks } h_k = \sum_{r=1}^s u_{kr} y_{rk} - u_0 \left/ \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} \right. \quad (3.29)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 \left/ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \right. \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.30)$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, \dots, s) \quad (3.31)$$

$$u_0 \text{ işareti kısıtlanmamıştır.} \quad (3.32)$$

Girdi odaklı BCC kesirli programlama modelinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmesi sonucu girdi odaklı BCC primal doğrusal programlama modeli elde edilmiş ve eşitlik 3.23-3.37’de gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\max \eta_k = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} - \mu_0 \quad (3.33)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ik} = 1 \quad (3.34)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \mu_0 \leq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.35)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, \dots, s) \quad (3.36)$$

$$\mu_0 \text{ işareti kısıtlanmamıştır.} \quad (3.37)$$

Çıktı odaklı BCC modeli kesirli programlama modeli aşağıda gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\min g_k = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - v_0 \bigg/ \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (3.38)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 \bigg/ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 1 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.39)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, \dots, s) \quad (3.40)$$

$$v_0 \text{ işareti kısıtlanmamıştır.} \quad (3.41)$$

Çıktı odaklı BCC kesirli programlama modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülmesi sonucu *çıktı odaklı BCC primal doğrusal programlama modeli* elde edilmiş ve eşitlik 3.42-3.46'da gösterilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

$$\min \theta_k = \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ik} - \omega_0 \quad (3.42)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} = 1 \quad (3.43)$$

$$\sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \omega_0 \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3.44)$$

$$\mu_r, \omega_i \geq \varepsilon > 0 \quad (i = 1, \dots, m) \text{ ve } (r = 1, \dots, s) \quad (3.45)$$

$$\omega_0 \text{ i\u015fareti kısıtlanmamıştır.} \quad (3.46)$$

Girdi ve çıktı odaklı CCR modellerinin çözümünde elde edilen sonuçlar birbirinin matematiksel olarak tersi iken, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altındaki BCC modellerinde bu husus geçerli değildir. Girdi ve çıktı odaklı BCC primal modellerinin dualinin alınması sonucu elde edilen dual modelleri (zarflama modelleri), CCR dual modelleri ile benzerlik taşımaktadır. Bu modeller arasındaki tek fark BCC dual modellerine eklenmiş konvekslik kısıtıdır. Bu nedenle BCC modellerinin dualine yer verilmemiştir.

μ_0 değişkeninden faydalanılarak KVB'nin ölçeğe göre getiri türü belirlenebilmektedir. Optimal çözümde, KVB; $\mu_0 < 0$ ise ölçeğe göre artan getiri, $\mu_0 > 0$ ise ölçeğe göre azalan getiri özelliğine sahiptir. CCR modeliyle hesaplanan toplam teknik etkinlik (TTE) değeri ve BCC modeliyle hesaplanan saf teknik etkinlik (STE) değeri kullanılarak ölçek

etkinliği hesaplanmaktadır. Bu kapsamda girdi odaklı CCR ve BCC modellerinin sonuçları arasındaki ilişki eşitlik 3.47’de gösterilmektedir.

$$TTE = STE \times \ddot{O}E \Rightarrow \eta_{kCCR}^* = \eta_{kBCC}^* \times \ddot{O}E \quad (3.47)$$

Bu eşitlikten hareketle $\ddot{O}E$ değeri, aşağıdaki oranlama ile elde edilmek üzere gösterilmiştir.

$$\ddot{O}E = \frac{\eta_{kCCR}^*}{\eta_{kBCC}^*} \quad (3.48)$$

Bir KVB, CCR ve BCC etkinlik değerlerinin her ikisinde de etkinse en verimli ölçek büyüklüğünde faaliyet göstermektedir. Eğer KVB, BCC etkinliğine sahipken (yani STE değerinin 1’e eşit olması) CCR etkinliğine sahip değilse (yani TTE değerinin 1’den küçük olması) lokal olarak etkin ancak global olarak etkin olmadığı sonucu çıkarılır. Diğer bir durum da, hem CCR hem de BCC etkinlik değerlerinin 1’den küçük olmasıdır. Bu durumda, KVB’nin hem lokal hem de global etkinsizliğinin olduğu, bir başka ifadeyle hem etkin olmayan üretim (STE) hem de dezavantajlı koşullardan ($\ddot{O}E$) kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır.

3.4. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFV)

VZA, karar verme birimi verileri ile tek bir sürecin etkinlik ölçümü yapan statik bir analiz yöntemidir. KVB’lerinin performans değerlendirme ve etkinlik analizinde tek bir dönem dışında diğer dönemlerin de zamana bağlı değişiminin ölçülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. İki farklı dönemdeki KVB’lerinin etkinlik değerleri, farklı sınırlara göre kıyaslandıkları için doğrudan karşılaştırılmazlar. Dönemler arası kıyaslama ihtiyacını karşılamak üzere ilk olarak Sten Malmquist tarafından 1953 yılında önerilen MTFV endeksi geliştirilmiştir. Malmquist endeksi, iki ayrı gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişimi veya gelişimini iki zaman periyodu süresince gözlemlemek için kullanılmaktadır. Bu ölçüm için uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır ve şu şekilde çalışmaktadır (Wang, 2019). Bir KVB, t periyodunda, $x^t \in R_+^m$ olmak üzere m girdilerine ait bir vektör tükettiğini ve $y^t \in R_+^s$ olmak üzere s çıktılarına ait bir vektör ürettiğini varsayalım. (x^t, y^t) , KVB’nin t periyodundaki girdi-çıkıtları çiftlerini, (x^z, y^z) , z periyodunda aynı KVB’nin girdi-çıkıtları

çiftlerini ifade etsin. Bu KVB'nin , z dönemi ile t dönemi arasındaki Malmquist endeksi eşitlik 3.49'da gösterilmiştir.

$$MI^{t,z}(x^z, y^z, x^t, y^t) = \sqrt{\left[\frac{D^t(x^z, y^z)}{D^t(x^t, y^t)} * \frac{D^z(x^z, y^z)}{D^z(x^t, y^t)} \right]} \quad (3.49)$$

t : mevcut yıl, z : bir sonraki yıldır. $D^t(x^t, y^t)$ ve $D^z(x^t, y^t)$ sırasıyla, t dönemindeki KVB (x^t, y^t) ile t ve z dönemlerinin sınırları arasındaki mesafelerdir. $D^z(x^z, y^z)$ ve $D^t(x^z, y^z)$ sırasıyla, z dönemindeki KVB (x^z, y^z) ile z döneminin t ve z dönemlerinin sınırları arasındaki mesafelerdir.

Bir KVB'nin sınıra uzaklığı, çıktıların mümkün olan maksimum genişlemesinin karşılığı olarak tanımlanmaktadır. Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu x ile üretilebilecek mümkün y 'lerin kümesi S ile gösterilmek üzere eşitlik 3.50'de tanımlanmıştır.

$$D(x, y) = 1/\max\{\theta: (x, \theta y) \in S\} \quad (3.50)$$

MTFV; etkinlik değişimlerinin sebebini teknik etkinlikteki ve teknolojiye dayandırmaktadır ve bu iki bileşen yardımıyla ölçüm yapmaktadır. MTFV endeks değerinin 1'den büyük olması mevcut dönemden bir sonraki döneme toplam faktör verimliliğinin büyüdüğünü, 1'den az olması ise toplam faktör verimliliğinin azaldığını göstermektedir. Etkinlik değişiminin nedenini belirlemek için Malmquist endeksini, etkinlik değişimi ($EFFCH^{t,z}$) ve teknolojik etkinlik değişimi ($TECHCH^{t,z}$) olmak üzere iki bileşen ürünü olarak ayırabiliriz. Burada, etkinlik değişimi ($EFFCH^{t,z}$) = saf etkinlik değişimi ($PECH^{t,z}$) $\times$ ölçek etkinliği ($SECH^{t,z}$) olması gerekmektedir.

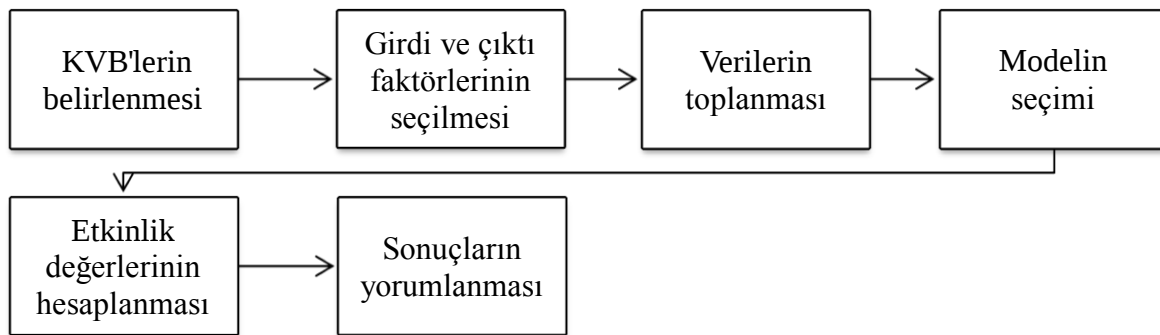
Malmquist endeksinin, bu bileşenlerin gösterimi ile yeniden ifade edilmiş şekli eşitlik 3.51'de gösterilmiştir.

$$MI^{t,z}(x^z, y^z, x^t, y^t) = \underbrace{\frac{D^z(x^z, y^z)}{D^z(x^t, y^t)}}_{EFFCH^{t,z}} * \underbrace{\sqrt{\frac{D^t(x^z, y^z)D^t(x^t, y^t)}{D^z(x^z, y^z)D^z(x^t, y^t)}}}_{TECHCH^{t,z}} \quad (3.51)$$

Etkinlik değişimi ($EFFCH^{t,z}$), z dönemindeki KVB'lerinin etkinliğinin ve t dönemindeki etkinliğine oranıdır ve her ikisi de aynı dönemde KVB'nin etkin sınıra olan uzaklığın kıyaslanması sonucu elde edilir. Burada, etkinlikteki değişim karar verme birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesidir. Teknik etkinlik değişimi ($TECHCH^{t,z}$) genellikle teknik değişikliğe atfedilen etkin sınır değişiminin etkisine karşılık gelir. Teknik etkinlikteki değişim etkin sınırın zaman içindeki değişimini vermektedir.

3.5. VZA Uygulama Aşamaları

VZA benzer girdiler ile benzer çıktılar üreten homojen karar birimlerinin göreceli etkinliğini ölçen parametrik olmayan bir yöntemdir. Herhangi bir fonksiyonel ilişkiye ihtiyaç duymaksızın birden fazla girdi ve çıktı faktörünü birlikte kullanarak KVB'lerin etkinlik ölçümünü yapabilmektedir. Girdi ve çıktı faktörlerinin aynı ölçü biriminde olması gerekmemektedir. Ancak, etkinlik değerlendirilmesinin doğru yapılabilmesi için bazı şartların dikkate alınması önem arz etmektedir. Bunlar sırasıyla, girdi ve çıktı faktörlerinin üretim sürecini en doğru tanımlayacak şekilde belirlenmesi, KVB'lerin sayıca yeterli olması ve VZA modellerinden en uygun olanının seçilmesidir (Yücel, 2017:34). VZA uygulama süreci aşamaları bir sıra dâhilinde yapılabilmesi amacıyla Şekil 3.1'de gösterilmiştir (Tütek ve diğerleri, 2016:228-231).



Şekil 3.1. VZA uygulama aşamaları

3.5.1. Karar verme birimlerinin belirlenmesi

VZA ile etkinliğin ölçümünde KVB'lerin hesaplanan etkinlik değerleri, referans kümesinde yer alan en iyi performansa sahip KVB'lere göre ölçümü yapıldığından göreceli

etkinlik değerleridir. Buradaki etkinlik ölçüm değerleri 0-1 değerleri arasında değişen rakamlardır. En iyi performans gösteren KVB'nin etkinlik değeri 1'dir ve % 100 etkin olduğu çıkarımı yapılır. Daha önce de ifade edildiği gibi bu ölçüm en iyi KVB'ye kıyasla yapılmaktadır. Etkinlik analizinin yapılacağı KVB'lerin, karşılaştırma yapılabilmesi için homojen yapıda olması gerekmektedir. Yani ürettiği ürün ya da hizmetler benzer olmalı, aynı girdi ve çıktı faktörlerinin kullanılması gerekmektedir. Bir diğer husus, analiz edilecek KVB'lerinin sayısının belirlenmesidir (Bowlin, 1998).

KVB sayısı belirlenirken girdi-çıkıtı değişkenlerinin sayısı da önem arz etmektedir. KVB'lerin sayısının girdi ve çıktı faktörlerinin sayısının toplamından az olması durumunda, gerekenden daha fazla sayıda KVB'nin etkin olması hali söz konusu olacağından, KVB'ler arasındaki etkinlik ayırt edici gücü güçleşecektir (Bowlin, 1998). Bu sebeple, incelenecek KVB'lerin sayısı girdi ve çıktı faktörleri sayısından büyük olması gerekmektedir (Kuo, Lee ve Hu, 2010).

VZA'dan anlamlı sonuçlar elde edilmesi ve performans değerlendirilmesi yapabilmesi için KVB sayısı belli bir sayının altında olmaması gerekmektedir. Literatürde, KVB sayısını belirlemek için farklı sınırlamalar gerektiren eşitsizlikler kullanılmaktadır (Golany ve Roll, 1989; Bowlin, 1998; Boussofiane, Dyson ve Thanassoulis, 2001; Dyson, Allen, Camanho, Podinovski, Sarrico ve Shale, 2001; Ramanathan, 2003; Cooper ve diğerleri, 2006; Kuo ve diğerleri, 2010; Cooper ve diğerleri, 2011; Tütek ve diğerleri, 2016:229).

Dyson ve diğerleri (2001), m girdi faktör sayısını, n çıktı faktör sayısını göstermek üzere KVB sayısının $(n) = 2mxs$ olması gerektiğini savunmuştur. Ramanathan (2003), KVB sayısının (n) belirlenmesinde iki kuralı esas almış ve ilk olarak $n > m \times s$ kuralını, ikinci olarakta $n \geq 2(m + s)$ ya da $n \geq 3(m + s)$ kuralını ortaya koymuştur. Cooper ve diğerleri (2006) ise, KVB sayısının $n \geq maks\{m \times s, 3(m \times s)\}$ kuralında gösterildiği şekilde belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Son olarak, Cooper ve diğerleri (2011), en az $3(m + s)$ KVB'nin analiz edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

3.5.2. Girdi ve çıktı faktörlerinin seçilmesi

VZA'nın yapılma amacı, KVB'lerinin etkinlik değerlerinin ölçülmesidir. KVB'lerin göreceli etkinliklerinin değerlendirilmesi için kullanılan girdilerin ve çıktıların da bu doğrultuda

amaca uygun faktörler arasından seçilmesi doğru sonuçların elde edilmesinde büyük önem taşımaktadır. Seçilen girdi faktörleri kullanılan kaynakları içermeli, seçilen çıktı faktörleri ise KVB'lerin uygulama alanlarına ilişkin performans ölçütlerini kapsamalıdır. Etkin analizinde tüm KVB'ler için aynı girdi ve çıktı faktörleri kullanılması gerekmektedir. VZA yönteminde analiz edilen birim sayısı arttıkça ya da birim sayısına göre değişken sayısı arttıkça VZA yönteminin ayrıştırıcılık özelliği azaldığı bilinmektedir. (Zhang ve Bartels, 1998)

Girdi ve çıktı faktörlerinin seçilmesi karar verici tarafından uzman görüşü alınarak ya da ÇÖKV yöntemleri kullanılarak yapılabilmektedir. Girdi ve çıktı faktörlerinin sayısına ilişkin genel bir kural bulunmamaktadır. Ancak KVB'lerin sayısının belirlenmesinde kullanılan hesaplama kuralı burada da kullanılabilmektedir. Girdi ve çıktı faktör sayısı belirlenirken göz önünde tutulması gereken husus, kullanılan girdi ve çıktı faktörlerinin sayısı fazlaştıkça, etkinlik değeri 1 olan KVB'lerin sayısının da artması söz konusudur. Bu sebeple, etkinlik analizinde KVB'leri değerlendirmekte kullanılacak tüm faktörler dikkatlice incelenmeli, olması gerekenler dikkate alınmalı ve fakat bu sayı makul bir seviyede tutulmalıdır (Tütek ve diğerleri, 2016:230).

3.5.3. Verilerin toplanması

VZA'da kullanılacak girdi ve çıktı faktörleri belirlendikten sonra bu faktörlere ilişkin veriler toplanmaktadır. Girdi ve çıktı faktör değerleri için toplanan verilerde negatif değer olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Girdi ve çıktı faktör değerlerinin aynı ölçü birimlerinde olmasına ihtiyaç bulunmamaktadır. VZA ile farklı ölçü birimlerine (miktar, satış cirosu, personel sayısı vb.) sahip çok sayıda girdi ve çıktının söz konusu olduğu karar birimleri için etkinlik ölçümü yapılabilmektedir (Tütek ve diğerleri, 2016:230).

3.5.4. Modelin seçilmesi

Etkinlik değerlendirme yöntemi olan VZA'da kullanılmak üzere birçok model üretilmiştir. Bu modeller arasında CCR ve BCC modelleri en çok kullanılanlardır. Kullanılacak modelin seçimi, ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale) ya da ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale) varsayımı altında girdi ve çıktı odaklı olacak şekilde yapılabilmektedir. Karar verici, belirli bir çıktı miktarına minimum girdi ile ulaşmak istiyorsa ve girdileri kontrol edebiliyorsa girdi odaklı modeli; belirli bir girdi

miktarı ile maksimum seviyede çıktı elde etmeyi amaçlıyorsa ve çıktı miktarlarını kontrol altında tutabiliyorsa çıktı odaklı modeli tercih etmesi gerekmektedir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modelleri toplam teknik etkinlik (TTE) değerini, ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modelleri ise saf teknik etkinlik (STE) değerini hesaplamaktadır. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında iki modelden elde edilen değerler kullanılarak ölçek etkinlik (ÖE) değeri bulunmaktadır.

3.5.5. Etkinlik değerlerinin hesaplanması

KVB'ler için etkinlik değerleri girdi ve çıktı faktörlerine göre hesaplanmaktadır. Etkinlik değerleri doğrusal programlama modellerine dönüştürüldükten sonra tek tek çözümü yapılır ve etkinlik değerleri hesaplanır. Doğrusal programlama modelleri DS for Windows, WinQsb, Lindo, Lingo vb. paket programlar kullanılarak çözülebilmektedir. Ayrıca, etkinlik değerlerinin hesaplanması için kullanılan birçok hazır yazılım programı da mevcuttur. Bunlar; DEA-Solver-Pro, DEAP, EMS, Warwick DEA, DEAP 2.1, Frontier Analyst, WinDeap, GAMS, Mathematica, PIM DEA'dır (Özden ve Özer, 2012) .

3.5.6. Sonuçların yorumlanması

KVB'lerin etkinlik hesaplamaları sonucunda her bir için değerleri 0-1 değerleri arasında bir etkinlik skoru elde edilir. Etkin olan KVB'ler 1 değerini alır ve referans kümesini oluştururlar. Etkin olmayan KVB'leri ise 1 değerinden daha düşüktür. Etkinlik değerleri 1'den küçük olan KVB'ler göreceli olarak etkin değildirler. Ayrıca, etkin olmayan KVB'lerin etkin olmalarının sağlanabilmesi için ölçek tipine göre hangi girdilerinin iyileştirilmesi (azaltılması) ya da çıktılarının artırılması analiz edilebilmektedir.

3.6. Literatür

Literatürde, performans değerlendirmesi ve etkinlik analizi amacıyla VZA modellerinden birçok farklı alanda faydalandığı görülmektedir (Kuo ve diğerleri, 2010). Faydalanılan bu alanlar arasında; ekonomi, enerji, eğitim, sağlık, adalet, üretim, bankacılık, lojistik, telekomünikasyon, spor vb. yer almaktadır (Aldamak ve Zolfaghari, 2017; Gupta, Mehlatat, Aggarwal ve Charles 2018). Lojistik alanında yapılan etkinlik analizi ve performans değerlendirmesi çalışmaları incelendiğinde; sürdürülebilir tedarikçi seçimi,

TZY sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi, tedarik zinciri kararının verilmesi, havayolu taşımacılığı, yeşil lojistik, atık yönetimi, bakım kademelerinin verimlilik analizi ve bakım stratejilerinin seçimi gibi konularda VZA'nın ya tek başına ya da optimizasyon çözüm teknikleri ile entegre bir biçimde kullanıldığı görülmektedir. VZA ile lojistik alanda yapılan çalışmalara ait özet literatür taraması Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. VZA yöntemi ile lojistik alanında yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar	Yıl	Konu	Girdi Faktörleri	Çıktı Faktörleri
Sampaio, Neto, Sampaio	2008	Bazı Avrupa ülke büyükşehirleri ile Brezilya şehirlerinin toplu taşıma sistemi etkinlik analizi	İşletme maliyeti, eşdeğer araç sayısı, çalışan sayısı	Taşınan yolcu sayısı
Wu ve Blackhurst	2009	İletişim ve havacılık elektroniği tedariki sağlayan küresel bir firma için tedarikçi değerlendirme ve seçimi	Fiyat, özel tasarım ortaklıkları	Kalite, teslimat performansı
Kuo ve diğerleri	2010	Tayvan'da bir küresel otomobil fabrika üreticisi firmanın tedarikçilerinin etkinlik analizi	Uygulama yeteneği (Teslimat planı, maliyet analizi), üretim yeteneği (Ar-Ge yeteneği, üretim süreci yeteneği) kalite sistemi (kalite yönetim sistemi, üretim süreci denetim sistemi, dışa yönelik kalite), esneklik, acil sipariş işleme yeteneği, süreç dışı sipariş cevap hızı, tedarikçi ilişkisi (tedarikçinin finansal kapasitesi, tedarikçileri ile koordinasyonu)	Üretim verimliliği (Üretim hattı verimliliği, çalışanın üretim verimliliği), operasyon verimliliği (iş hacmi oranı, tedarikçinin aktif operasyon etkinliği)
Hong ve Zang,	2010	Havayolu yük ve yolcu taşımacılığı etkinlik analizi	İşgücü ve sermaye	Toplam gelir, km başına yolcu geliri, ton/km başına yük geliri

Çizelge 3.1. (devam) VZA yöntemi ile lojistik alanında yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar	Yıl	Konu	Girdi Faktörleri	Çıktı Faktörleri
Alireza Amirteimoori	2011	Taşımacılık planı etkinlik analizi	Sevkiyat ücreti	Sevkiyat değeri, kâr
Chen ve Yan	2011	Tedarik zincirlerinde kaynak israfının azaltılması amaçlı performanslarının değerlendirilmesi	Başlangıç ürün girdisi miktarı, ara ürün girdisi miktarı	Ara ürün çıktısı miktarı, final ürün çıktısı miktarı
Falagario, Sciancalepore, Costantino ve Pietroforte	2012	Kamu sektöründe yenileme işi yapan bir fabrika tedarikçilerinin etkinliğinin değerlendirmesi	Fiyat, uygulama süresi	Teslimat sonrası bakım, geliştirme planları
Azadeh, Sheikhalishahi, Firoozi ve Khalili	2013	Optimum bakım politikası seçimi	Öngörülemeyen arıza sayısı, periyodik bakım sayısı, periyodik bakım standart sapması, makineler için ortalama kuyruk sayısı, makineler için maksimum kuyruk sayısı, bakım operatörleri için ortalama bekleme süresi	Bakım stratejileri
Samoilenko ve Osei-Bryson	2013	Geçiş ekonomisi ile temsil edilen 18 ülke telekomünikasyon hizmetlerinin etkinlik ve verimliliğinin analizi	Kişi başına GSYİH, tam zamanlı personel, her çalışan için yıllık yatırım, yıllık telekom yatırımları, kişi başına yıllık yatırım, çalışan başına yıllık yatırım	Her telekom çalışanı için toplam hizmet geliri, toplam telekom hizmetleri geliri, çalışan başına toplam hizmet geliri, kişi başına düşen toplam hizmet geliri
Chang, Zhang, Danao ve Zhang	2013	Çin taşımacılık sisteminin çevresel etkinlik analizi	İşgücü, sermaye, enerji	Katma değer (istenilen), CO ₂ salınımı (istenmeyen)

Çizelge 3.1. (devam) VZA yöntemi ile lojistik alanında yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar	Yıl	Konu	Girdi Faktörleri	Çıktı Faktörleri
Chen, Delmas ve Lieberman	2013	Araç üreticisi firma performanslarının değerlendirilmesi	Sermaye, çalışan sayısı	Katma değer
Kumar, Jain ve Kumar	2014	Yeşil tedarikçi seçimi	Net fiyat, mesafe, raf ömrü, teslim süresi, karbon ayak izi	Sanayi sıralaması, tedarik puanı ve iş bitirme kalitesi, iş geçmişi ve iletişim, performans geçmişi
Cui ve Li	2014	Çin havayolu taşımacılığı	Enerji, sermaye, işgücü	Yolcu cirosu, Yük cirosu
Azadi, Jafarian, Farzipoor Saen, ve Mirhedayatian	2015	İran'ın lider ve aktif reçine üreticisi fabrikasına sürdürülebilir tedarikçi seçimi	Toplam teslimat maliyeti, fiyat ve aylık sevkiyat sayısı, eko-tasarım maliyeti, iş güvenliği maliyeti ve işçi sağlığı	Zamanında teslim edilen sevkiyat sayısı ve tedarikçiden alınan hatasız teslimat faturalarının sayısı
Khodakarami, Shabani, Farzipoor Saen ve Azadi	2015	Kimyasal ürün üretimi yapan iki aşamalı bir TZY'nin sürdürülebilirliğinin değerlendirmesi	İlk aşama: Yıllık maliyet, yıllık personel cirosu, çevre maliyeti İkinci aşama: Tedarikçiden üreticiye gönderilen ürün sayısı, yeşil üretim planları ortaklık maliyeti	İlk aşama: Tedarikçiden üreticiye gönderilen ürün sayısı, yeşil üretim planları ortaklık maliyeti İkinci aşama: iş, güvenlik ve sağlık alanlarındaki eğitimli personel sayısı, yeşil ürün sayısı, gelir.
Ji, Wu ve Zhu	2016	Sürdürülebilir TZY'de bir klima üreticisi için malzeme taşımacılığı tasarımı	Toplam kapasite, toplam sermaye, toplam maliyeti, emek	Toplam enerji tüketimi, toplam CO2 emisyonu
Kao, Simpson, Shao ve Lin	2017	ABD'deki farklı sektörlerdeki kamu firmaları tedarik zinciri ve firmaların etkinliğinin analizi	Sermaye, işgücü	Firmanın toplam satışları

Çizelge 3.1. (devam) VZA yöntemi ile lojistik alanında yapılan çalışmalar

Yazar/Yazarlar	Yıl	Konu	Girdi Faktörleri	Çıktı Faktörleri
Hatami-Marbini, Ebrahimnejad ve Lozano	2017	Sürdürülebilir TZY için tedarikçi seçimi	Örnek-1: Tüketilen iki farklı girdi (üçgen bulanık sayı) Örnek-2: Toplam teslimat maliyeti, fiyat ve aylık sevkiyat sayısı, eko-tasarım maliyeti, iş güvenliği maliyeti ve işçi sağlığı	Örnek-1: Üretilen iki farklı girdi (üçgen bulanık sayı) Örnek-2: Zamanında teslim edilen sevkiyat sayısı ve tedarikçiden alınan hatasız teslimat faturalarının sayısı
Chen	2018	Çin lojistiğinin genel performans değerlendirilmesi	Sabit yatırım maliyetleri, çalışan sayısı, ulaştırma yolları uzunluğu	Yük trafiği, yük ağırlığı, üründen elde edilen bölgesel fayda
Gupta ve diğerleri	2018	Tedarik zinciri dağıtım ağı için farklı rotalardaki araçların verimliliklerinin ölçülmesi	Aracın zaman güvenilirliği, hasar görmüş ürünün oranı	Operasyon kazancı, taşımacılık cirosu, kaza oranı
Rashidi ve Cullinane	2019	Sürdürülebilir lojistik hizmet sağlayıcı seçimi	Lojistik hizmetlerin maliyeti, kalite, enerji ve kaynak tüketimi	Çevresel yönetim sistemi, iş güvenliği ve çalışan sağlığı
Struve, B., Anke, T.C. ve Klumpp	2019	Küresel tedarik zinciri 13 otomobil üreticisi firmanın sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi	Boyama işlemleri kimyasalları, üretim sürecinde sera etkisine neden olan gazlar, tüketilen su, kullanılan enerji	Eşitlik, kâr, çalışan sayısı, bayan çalışan sayısı, Ar-Ge harcamaları

Çalışmada, PDL yaklaşımında istenilen temel önceliğin sözleşmede belirtilen performans hedeflerinin karşılanması olması, lojistik sektörünün sonuç odaklı ve müşteri memnuniyetine yönelik hizmet anlayışı ile AÜF'lerin eldeki kaynakları etkin kullanarak en yüksek çıktıyı elde etme amacı nedeniyle VZA'nın çıktı odaklı CCR modeli kullanılmıştır.

4. SEZGİSEL BULANIK KÜME (SBK)

Bulanık mantık, günlük yaşamda karşılaşılan bulanıklık, belirsizlik, bilinmezlik ortamındaki kesin olmayan bilgiler, insanlar yargı ve düşüncelerini içeren şüpheli ifadeler ve tanımlamalar (uzun boylu kişiler, zengin insanlar, yüksek yapılar) ile oluşturan kümelerin bölgelere göre değişmesi vb. nedenlerden dolayı klasik mantığın çözüm üretemediği sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Bulanık küme teorisi, ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından bulanık mantıkta karşılaşılan bu tür problemlerin çözülebilmesi için ortaya konulmuştur. Bu teorinin temeli üyelik derecesi mantığına dayanmaktadır. Klasik mantıkta bir eleman bir kümeye aittir veya değildir. Bu durum 0 veya 1 ile ifade edilir. Ancak bulanık küme teorisinde bir elemanın o kümeye ait olma olabilirliği 0 ve 1 dâhil olmak üzere bu iki değer arasındaki bir üyelik derecesi ile ifade edilmiştir. Üyelik derecesi “0” ise o kümeye ait değildir. “1” ise kesinlikle üyesidir. “0.3” derecesin ise o olabilirlikte o kümenin üyesidir (Ersen, 2019:37-38).

Bulanık kümelerin temel özelliği şudur: üyelik işlevi, X evrenindeki her x ögesine $[0,1]$ aralığında bir üyelik derecesi μ_A atamaktadır. Üyelik olmama derecesi ν_A ise üyelik değerinin bir eksikliğine eşittir (Tan ve Chen, 2010). Bulanık bir küme sembolize edilmek istenildiğinde ilk olarak X evrensel kümesinin boş olmadığı ve x elemanlarının X evrensel kümesine ait olduğu varsayımı yapılmaktadır. Bu x elemanları, X evrensel kümesinde yer alan $\tilde{A}$ bulanık kümesini oluşturmaktadır ve bu kümeye üyelik dereceleri $\mu_{\tilde{A}}(x)$ üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Böylelikle $\tilde{A}$ bulanık kümesi aşağıdaki gibi ifade edilir (Ersen, 2019:38).

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\} \quad (4.1)$$

Bulanık kümeler belirsizlik ve kesin olmayan verilerin çözümünde kullanılan mükemmel araçlardır. Ancak, bu teoride tek üyelik değeri bize bilgi eksikliğinden bahsetmemektedir. Bununla birlikte, gerçek uygulamalarda, bulanık bir konsepte karşılık gelen bir nesnenin bilgisi eksik olabilir, yani, bulanık bir konsepte tekabül eden bir evrendeki üyelik derecesi ile üye olmama derecesinin toplamı birden küçük olabilir. Bulanık küme teorisinde, bilgi eksikliğini üyelik dereceleriyle birleştirmenin bir yolu bulunmamaktadır (Tan ve Chen, 2010). Bu nedenle Atanassov, 1983 yılında bulanık küme teorisinin genelleştirilmiş hali olan SBK teorisini tanımlamıştır (Atanassov, 1986).

4.1. SBK ile İlgili Temel Tanımlar

Üyelik fonksiyonu ile üye olmama fonksiyonu ile karakterize edilen SBK'nin genelleştirilmesi ile oluşturulmuştur. SBK ile ilgili temel tanımlar aşağıda gösterilmiştir.

4.1. Tanım: X boş olmayan bir küme ve $I = [0,1]$ kapalı birim aralık olsun. “A” SBK'si şu şekilde yazılır:

$$A = \{(x, \mu_A(x), v_A(x)) \mid x \in X\} \quad (4.2)$$

Burada, $\mu_A(x) \rightarrow I = [0,1]$ ve $v_A(x) \rightarrow I = [0,1]$ ve her $x \in X$ olmak üzere aşağıdaki eşitliği karşılar. Eşitlikte, x elemanının A SBK'sine üyelik derecesi $\mu_A(x)$, üye olmama derecesi $v_A(x)$ ile sembolize edilmiştir (Atanasov, 1986).

$$0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1 \quad (4.3)$$

4.2. Tanım: X boş olmayan bir küme olsun. A , X 'de bir SBK'dir.

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \quad (4.4)$$

Burada, π , x 'in A kümesine üye olup olmamasını gösteren sezgisel bulanık tereddüt derecesidir. Bu derece, değerlendiricinin bilgi eksikliği ya da hatasından meydana gelmektedir. Eğer $\pi_A(x)$ değeri küçükse x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha kesindir. Eğer $\pi_A(x)$ değeri büyükse x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha belirsizdir. $\pi_A(x)$ değeri 0' a eşit olduğunda x elemanı hakkındaki bilgi kesindir. Özellikle, eğer her $x \in X$ için, $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) = 0$ ise bu durumda SBK bulanık küme olmaktadır. Burada $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$ 'dir (Boran, 2009; Bali, 2014).

4.3. Tanım: X boş olmayan bir küme olsun. A ve B , X 'de SBK'ler olmak üzere,

$A = \{(x, \mu_A(x), v_A(x)) \mid x \in X\}$ ve $B = \{(x, \mu_B(x), v_B(x)) \mid x \in X\}$ $0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1$, $0 \leq \mu_B(x) + v_B(x) \leq 1$, $\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$ ve $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $\mu_B(x): X \rightarrow [0,1]$ ve $v_B(x): X \rightarrow [0,1]$ şeklinde olsun. Bu durumda aşağıdaki temel işlem ve ilişkiler tanımlanabilir (Atanasov, 1986; Boran, 2009; Wu, Chen, Nie ve Zang, 2013; Bali, 2014);

$$\tilde{A} \subset \tilde{B} \text{ eğer } (\forall x \in A)(\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x) \text{ ve } v_{\tilde{A}}(x) \geq v_{\tilde{B}}(x)) \quad (4.5)$$

$$\tilde{A} = \tilde{B} \text{ eğer } \tilde{A} \subset \tilde{B} \text{ ve } \tilde{B} \subset \tilde{A} \quad (4.6)$$

$$\tilde{A} = \{\langle x, v_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (4.7)$$

$$\tilde{A} \cap \tilde{B} = \{\langle x, \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \max(v_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{B}}(x)) \rangle \mid x \in X\} \quad (4.8)$$

$$\tilde{A} \cup \tilde{B} = \{\langle x, \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \min(v_{\tilde{A}}(x), v_{\tilde{B}}(x)) \rangle \mid x \in X\} \quad (4.9)$$

$$\tilde{A} + \tilde{B} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x), v_{\tilde{A}}(x) \cdot v_{\tilde{B}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (4.10)$$

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = \{\langle x, \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x), v_{\tilde{A}}(x) + v_{\tilde{B}}(x) - v_{\tilde{A}}(x) \cdot v_{\tilde{B}}(x) \rangle \mid x \in X\} \quad (4.11)$$

$$\alpha \tilde{A} = \{\langle x, 1 - (1 - \mu_{\tilde{A}}(x))^\alpha, (v_{\tilde{A}}(x))^\alpha \rangle \mid x \in X\} \quad \alpha \geq 0 \text{ için (skaler çarpım)} \quad (4.12)$$

$$\tilde{A}^\alpha = \{\langle x, [\mu_{\tilde{A}}(x)]^\alpha, 1 - (1 - v_{\tilde{A}}(x))^\alpha \rangle \mid x \in X\} \quad \alpha \geq 0 \text{ için (üs alma)} \quad (4.13)$$

4.2. SBK'yi Bulanık Kümeye Dönüştüren Operatörler

Atanassov (1989), çalışmasında sezgisel bulanık sayılar ile yapılabilen matematiksel bazı işlemler ile bu sayıları bulanık sayıya dönüştürebilen işlemleri açıklamışlardır. Bu işlemler $\alpha \in [0,1]$ sabit bir sayı ile SBK'yi bulanık kümeye dönüştürmektedir.

Burada, $\alpha \in [0,1]$ sabit bir sayı olmak üzere, $D_\alpha (A)$ operatörü eşitlik 4.14'te tanımlanmıştır.

$$D_\alpha (A) = \{\langle x, \mu_A(x) + \alpha \cdot \pi_A(x), v_A(x) + (1 - \alpha) \cdot \pi_A(x) \rangle \mid x \in X\} \text{ olur.} \quad (4.14)$$

$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) + v_A(x)$ olduğu için bu tanımlamadan hareketle, $D_\alpha (A)$ bulanık küme olur, çünkü eşitlik 4.15 sağlanmaktadır.

$$\mu_A(x) + \alpha \cdot \pi_A(x) + v_A(x) + (1 - \alpha) \cdot \pi_A(x) = \mu_A(x) + v_A(x) + \pi_A(x) = 1 \quad (4.15)$$

Atanassov (1989) tarafından SBK'yi bulanık kümeye dönüştürmek için tanımlanan başka bir operatörde ise, $\alpha \in [0,1]$ ve $\beta \in [0,1]$ sabit birer sayılar ve $\alpha + \beta \leq 1$ olmak üzere, $F_{\alpha,\beta}(A)$ sezgisel bulanık operatörü eşitlik 4.16'da tanıtmıştır.

$$F_{\alpha,\beta}(A) = \{\langle x, \mu_A(x) + \alpha \cdot \pi_A(x), v_A(x) + \beta \cdot v_A(x) \rangle | x \in X\} \quad (4.16)$$

4.3. SBK'lerde Birleştirme Operatörleri

Birleştirme operatörleri farklı bilgi parçalarını birleştirmekte kullanılan matematiksel işlevlerdir. Veri (veri tipleri) üzerindeki varsayımlar ile modele dâhil edilebilen bilgi türlerine göre farklılık gösteren çeşitli miktarda ve çok sayıda birleştirme operatörü mevcuttur. Birleştirme operatörleri n adet farklı ölçüte sahip n adet değeri birleştirir (Bobillo ve Straccia, 2013). Bir başka ifade ile bileşenleri belli olan bir kümeden alınan n boyutlu vektörü, bu kümeden bir elemana götürür. Bu şekilde farklı kaynaklardan alınan veri parçaları aynı anda kullanılmış olur (Boran, 2009:38).

Birleştirme operatörlerine bazı örnekler vermek gerekirse; maksimum, minimum, sıra istatistiği, aritmetik ortalama, geometrik ortalama, ağırlıklı ortalama (veya ağırlıklı toplam), sıralı ağırlıklı ortalama, ağırlıklı maksimum, ağırlıklı minimum ve medyan gösterilebilir (Bobillo ve Straccia, 2013). Bununla birlikte, birleştirme sürecini yerine getirmek için minimum ve maksimum işlemleri kullanan yukarıda bahsedilen tekniklerin temel problemi, bilgi kaybı ve dolayısıyla nihai sonuçlardaki hassasiyet eksikliğidir. Sezgisel bulanık değerlerin bilgi kaybı olmadan birleştirilmesi önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Xu, 2007). Bu amaçla, bu açıklığın giderilmesine yönelik olarak çalışmalar yapılmış ve farklı birleştirme operatörleri geliştirilmiştir.

SBK'lerde birleştirme operatörüne yönelik olarak Xu ve Yager (2006), geometrik ortalama operatörünü genişletmişler ve sezgisel bulanık ağırlıklı geometrik ortalama (Intuitionistic fuzzy weighted geometric operator-IFWG), sezgisel bulanık sıralı ağırlıklı geometrik ortalama (Intuitionistic fuzzy ordered weighted geometric-IFOWG) ile sezgisel bulanık hibrit geometrik ortalama (Intuitionistic fuzzy hybrid geometric-IFHG) operatörlerini üretmişlerdir.

Xu (2007), ağırlıklı ortalama (Weighted Averaging – WA) ve sıralı ağırlıklı ortalama (Ordered weighted averaging - OWA) operatörleri hesaplama işlemi üzerinden sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (Intuitionistic fuzzy weighted averaging - IFWA), sezgisel bulanık sıralı ağırlıklı ortalama (Intuitionistic fuzzy ordered weighted averaging - IFOWA) ve sezgisel bulanık hibrit ortalama (Intuitionistic fuzzy hybrid averaging - IFHA) operatörlerini tanımlamışlardır.

Xu ve Yager (2008), sezgisel bulanık çevreler için dinamik (çok dönemli) çok nitelikli karar verme problemlerini incelemişler ve bu problemlerin çözümünde dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (Dynamic intuitionistic fuzzy weighted averaging - DIFWA) operatörü ve belirsiz dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (Uncertain dynamic intuitionistic fuzzy weighted averaging - UDIFWA) operatörünü önermişlerdir.

Wei (2009), sezgisel bulanık ağırlıklı geometrik operatörünü farklı dönemlerdeki sezgisel bulanık bilgileri birleştirmek amacıyla geliştirerek dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı geometrik ortalama (Dynamic intuitionistic fuzzy weighted geometric - DIFWG) operatörü ile belirsiz dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı geometrik ortalama (Uncertain dynamic intuitionistic fuzzy weighted geometric -UDIFWG) operatörünü tanımlamışlardır.

Tan ve Chen (2010), çok ölçütlü karar verme problemlerinde ölçütler arasındaki bağımlılığı ve etkileşimi dikkate alan sezgisel bulanık Choquet integrali (IFCI) operatörünü tanıtmışlardır.

Xu (2011), Yager'in 2001 yılında tanımladığı güçlü ortalama operatörünü sezgisel bulanık sayılarda kullanmak üzere grup karar verme (GKV) SBK problemleri için genişleterek sezgisel bulanık güçlü ortalama (Intuitionistic fuzzy power weighted average - IFPWA) operatörünü tanımlamışlardır.

Wang ve Liu (2011), ağırlıklı geometrik ortalama ve sıralı ağırlıklı geometrik operatörlerinden faydalanarak sezgisel bulanık ortam altında Einstein hesaplama işlemlerini kullanmışlar ve sezgisel bulanık Einstein ağırlıklı geometrik ortalama operatörü (Intuitionistic fuzzy Einstein weighted geometric operator - IFEWG) ve sezgisel bulanık Einstein sıralı ağırlıklı geometrik ortalama operatörünü (Intuitionistic fuzzy Einstein ordered weighted geometric operator - IFEOWG) geliştirmişlerdir.

Xu ve Chen (2011) sezgisel bulanık ortamda girdi argümanları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve sezgisel bulanık bilgileri birleştirmek için aralık değerli sezgisel bulanık Bonferroni ortalama (Interval-valued intuitionistic fuzzy Bonferroni mean - IVIFBM) operatörünü ve ağırlıklı aralık değerli sezgisel bulanık Bonferroni ortalama (Weighted interval-valued intuitionistic fuzzy Bonferroni mean - WIVIFBM) operatörünü önermişlerdir.

Wei ve Zhao (2012), uzman ağırlıkları ile ölçüt ağırlıklarının bağlantılı (ilişkili ya da benzer) olduğu özellik değerlerinin sezgisel bulanık ya da aralık değerli olduğu GKV problemlerinde iki yeni birleştirme operatörü geliştirmişlerdir. Bu operatörler; uyarılmış sezgisel bulanık korelasyonlu ortalama (Induced intuitionistic fuzzy correlated aggregating - I-IFCA) operatörü ve uyarılmış sezgisel bulanık korelasyonlu geometrik (Induced intuitionistic fuzzy correlated geometric aggregating - I-IFCG) birleştirme operatörleridir.

Yu (2013), ölçütler ile karar vericilerin farklı öncelik seviyelerine sahip olduğu ve önceliklendirme ilişkisi bulunan gerçek yaşam GKV problemleri için ilk olarak, sezgisel bulanık öncelikli ağırlıklı ortalama (Intuitionistic fuzzy prioritized weighted average - IFPWA) operatörünü daha sonra da sezgisel bulanık öncelikli ağırlıklı geometrik (Intuitionistic fuzzy prioritized weighted geometric - IFPWG) operatörünü önermiştir.

Huang (2014), SBK'lerin birliğini kesişimini tanımlamak için Hamacher işlemlerini kullanmışlar ve sezgisel bulanık Hamacher ağırlıklı ortalama (Intuitionistic fuzzy Hamacher weighted averaging - IFHWA) operatörü, sezgisel bulanık Hamacher sıralı ağırlıklı ortalama (Intuitionistic fuzzy Hamacher ordered weighted averaging - IFHOWA) operatörü ile sezgisel bulanık Hamacher hibrit ortalama (Intuitionistic fuzzy Hamacher hybrid averaging - IFHHA) operatörünü geliştirmişlerdir.

Tan, Yi ve Chen (2015), sezgisel bulanık kümelerde Arşimet işlem kurallarına göre genelleştirilmiş Arşimet sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (Generalized Archimedean intuitionistic fuzzy weighted geometric - GAIFWG), genelleştirilmiş Arşimet sezgisel bulanık sıralı ağırlıklı ortalama (Generalized Archimedean intuitionistic fuzzy ordered weighted geometric - GAIFOWG) ve genelleştirilmiş Arşimet sezgisel bulanık hibrit geometrik ortalama (Generalized Archimedean intuitionistic fuzzy hybrid geometric - GAIFHG) operatörlerini tanımlamışlardır.

Garg (2016), Einstein işlemlerini kullanan genelleştirilmiş interaktif geometrik etkileşim operatörlerini önermiştir. Bu operatörleri; genelleştirilmiş sezgisel bulanık Einstein ağırlıklı geometrik etkileşim ortalama (Generalized intuitionistic fuzzy Einstein weighted geometric interaction averaging - GIFEWGIA) operatörü, genelleştirilmiş sezgisel bulanık Einstein sıralı ağırlıklı geometrik etkileşim ortalama (Generalized intuitionistic fuzzy Einstein ordered weighted geometric interaction averaging - GIFEOWGIA) operatörü ile genelleştirilmiş sezgisel bulanık Einstein hibrit geometrik etkileşim ortalama (Generalized intuitionistic fuzzy Einstein hybrid geometric interaction averaging - GIFEHGIA) operatörü olarak tanımlamışlardır.

Garg ve Rani (2019) çalışmalarında, kompleks sezgisel bulanık ortamda periyodik nitelikli bilgileri içeren üssel ve logaritmik işlem kurallarının yer aldığı birleştirme operatörlerini tanımlamışlardır. Bu operatörleri, kompleks sezgisel bulanık ortam altında dört farklı biçimde (Genelleştirilmiş telafi ağırlıklı ortalama - GCIFCWA), genelleştirilmiş telafi sıralı ağırlıklı ortalama - GCIFCOWA), genelleştirilmiş telafi geometrik ağırlıklı ortalama (GCIFCWG) ve genelleştirilmiş telafi geometrik sıralı ağırlıklı ortalama - GCIFCOWG) olarak geliştirmişlerdir.

4.3.1. Sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA) operatörü

Xu (2007), sezgisel bulanık birleştirme operatörlerine yönelik yapmış olduğu çalışmasında sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama operatörünü (IFWA) aşağıda gösterilen şekilde tanıtmıştır.

4.4. Tanım:

$\tilde{a}_j = (\mu_j, \nu_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) toplanan sezgisel bulanık değerler olsun.

IFWA: $\Omega^n \rightarrow \Omega$, eğer

$$IFWA_w(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3, \dots, \tilde{a}_n) = w_1 \tilde{a}_1 \oplus w_2 \tilde{a}_2 \oplus \dots \oplus w_n \tilde{a}_n = \sum_{j=1}^n w_j \tilde{a}_j \quad (4.17)$$

$w_j = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $\tilde{a}_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$)'nin ağırlık vektörüdür. $w_j \in [0, 1]$ ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 'dir.

Özellikle, eğer $w = (\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n})^T$ yani ağırlık vektörlerinin eşit olması durumunda IFWA operatörü ağırlıklı ortalama operatörüne (IFA) dönüşmektedir.

$$IFA(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, a_3, \dots, \tilde{a}_n) = \frac{1}{n}(\tilde{a}_1 \oplus \tilde{a}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{a}_n). \quad (4.18)$$

$\tilde{a}_j = (\mu_j, \nu_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) toplanan sezgisel bulanık değerler olmak üzere sezgisel bulanık değerleri birleştirmek üzere kullanılan IFWA operatörü eşitlik 4.19'da gösterilmiştir.

$$IFWA = \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\nu_j)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (1 - \mu_j)^{w_j} - \prod_{j=1}^n (\nu_j)^{w_j} \right] \quad (4.19)$$

4.3.2. Dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (DIFWA) operatörü

Xu ve Yager (2008), sezgisel bulanık çevreler için çok dönemli sezgisel bulanık değerlerin birleştirilmesinde dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama operatörünü (DIFWA) geliştirmişler ve aşağıda gösterilen şekilde tanıtmışlardır.

4.5. Tanım:

t bir zaman değişkeni olsun. $\mu_{a(t)} \in [0,1]$, $\nu_{a(t)} \in [0,1]$, $\mu_{a(t)} + \nu_{a(t)} \leq 1$, $\pi_{a(t)} = 1 - \mu_{a(t)} - \nu_{a(t)}$ olduğu durumda, $a(t) = (\mu_{a(t)}, \nu_{a(t)}, \pi_{a(t)})$ ($j = 1, 2, \dots, n$) bir sezgisel bulanık değişken olarak adlandırılır.

$a(t) = (\mu_{a(t)}, \nu_{a(t)}, \pi_{a(t)})$ bir sezgisel bulanık değişkeni için, eğer $t = t_1, t_2, \dots, t_p$ ise, $a(t_1), a(t_2), \dots, a(t_p)$ p farklı dönemde toplanan p sezgisel bulanık sayılarını göstermektedir. Burada, t_k ($k = 1, 2, \dots, p$) olmak üzere, $\delta(t) = (\delta(t_1), \delta(t_2), \dots, \delta(t_p))^T$ dönemine ait ağırlık vektörüdür. Bu bilgiler ışığında, DIFWA operatörü eşitlik 4.20'de gösterilmiştir.

$$DIFWA = \left[1 - \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{a(t_k)})^{\delta(t_k)}, \prod_{k=1}^p (v_{a(t_k)})^{\delta(t_k)}, \prod_{k=1}^p (1 - \mu_{a(t_k)})^{\delta(t_k)} - \prod_{k=1}^p (v_{a(t_k)})^{\delta(t_k)} \right] \quad (4.20)$$

$$\text{olmak üzere } \delta(t_k) \geq 0, (k = 1, 2, \dots, p) \text{ ve } \sum_{k=1}^p \delta(t_k) = 1 \text{ 'dir.} \quad (4.21)$$

4.3.3. Sezgisel bulanık Choquet integral (IFCI) operatörü

IFCI operatörü, gerçek yaşam karar verme problemleri için, ölçütlerin veya tercihlerin birbirinden bağımsız olmadığı durumlarda karar verme problemlerinde ölçütler arasındaki etkileşim olaylarını modellemek için güçlü bir araç olarak ortaya çıkarılmıştır (Tan ve Chen, 2010). Bir bileştirme operatörü olarak, Choquet integrali etkileşimli ölçütleri toplamak için ağırlıklı aritmetik ortalamanın veya OWA operatörünün yeterli bir alternatifi olarak önerilmiştir. Ağırlıklandırılmış aritmetik ortalama veya OWA modelinde, her bir ölçüt i 'ye, $w_i [0; 1]$ olmak üzere kararda bu kriterin önemini gösteren bir ağırlık verilir. Ölçütlerin bağımlı olabileceği Choquet integral modelinde, her ölçüt kombinasyonunun ağırlığını tanımlamak için bulanık bir ölçek (g) kullanılır, böylece ölçütler arasında var olan etkileşimin modellenmesi mümkün olur. Evrensel kümenin X sonsuz olması durumunda, ekstra bir süreklilik aksiyomunun eklenmesi gerekir. Bulanık ölçek (g) = $[0,1]$ arasında değer alır.

4.6. Tanım: X üzerindeki bir bulanık ölçek $g: P(X) \rightarrow [0,1]$ bir küme fonksiyonu olmak üzere, aşağıdaki şartları karşılar:

$$g(\emptyset) = 0, \quad g(X) = 1 \text{ (sınır şartları)} \quad (4.22)$$

$$\text{Eğer } A, B \in P(X) \text{ ve } A \subseteq B \text{ ise } g(A) \leq g(B) \text{ 'dir. (tekdüze işlev)} \quad (4.23)$$

X evrensel kümesi sonsuz olduğu durumda, ekstra bir devamlılık aksiyomu ilave etmek gerekir. Bununla birlikte, gerçek uygulamada, sonlu evrensel kümeyi dikkate almak yeterlidir. Burada $g(S)$, S kümesinde karar kriterlerinin subjektif önem derecesi olarak görülebilir. Böylece, kriterlerin ayrı ayrı alınan olağan ağırlıklarına ek olarak, herhangi bir

ölçüt kombinasyonu üzerindeki ağırlıklar da tanımlanmış olur. Bu durum, ölçütler arasındaki etkileşimin temsilini mümkün kılmaktadır.

Tan ve Chen (2010), sezgisel bulanık Choquet integrali operatörünü ölçütler arasındaki etkileşimi dikkate alarak geliştirmişler ve aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır.

4.7. Tanım: $\tilde{a}_i = (\mu_{\tilde{a}_i}, \nu_{\tilde{a}_i}) (i = 1, 2, \dots, n)$ X kümesinde toplanan sezgisel bulanık değerler olsun. Yine g X kümesindeki bir bulanık ölçek olsun. g bulanık ölçeğe göre $\tilde{a}_i$ sezgisel bulanık Choquet integrali (kesikli) eşitlik 4.24'te tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned} IFC_g(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) \\ = \tilde{a}_{(1)}(g(A_{(1)}) - g(A_{(2)})) \oplus \tilde{a}_{(2)}(g(A_{(2)}) - g(A_{(3)})) \oplus \dots \\ \oplus \tilde{a}_{(n)}(g(A_{(n)}) - g(A_{(n+1)})) = \sum_{i=1}^n \oplus \tilde{a}_{(i)}(g(A_{(i)}) - g(A_{(i+1)})) \quad (4.24) \end{aligned}$$

Burada $(.)$ X kümesindeki permütasyonu gösterir ve öyle ki $\tilde{a}_{(1)} \leq \tilde{a}_{(2)} \leq \dots \leq \tilde{a}_{(n)}$ ve $A_{(i)} = (i = 1, 2, \dots, n), A_{(n+1)} = \emptyset$ 'dir. $\tilde{a}_i = (\mu_{\tilde{a}_i}, \nu_{\tilde{a}_i}) (i = 1, 2, \dots, n)$ X kümesinde toplanan sezgisel bulanık değerler olsun. Bu değerlerin IFC_g operatörü kullanılarak birleştirilmesi sonucu oluşan değer de bir sezgisel bulanık değerdir. Bu durumda;

$$IFC_g(\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n) = \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{a}_{(i)}})^{g(A_{(i)}) - g(A_{(i+1)})}, \prod_{i=1}^n (\nu_{\tilde{a}_{(i)}})^{g(A_{(i)}) - g(A_{(i+1)})} \right) \quad (4.25)$$

(*) işlemi X kümesindeki bir permütasyonu gösterir. Öyle ki $\tilde{a}_{(1)} \leq \tilde{a}_{(2)} \leq \dots \leq \tilde{a}_{(n)}$ ve $A_{(i)} = (i = 1, 2, \dots, n), A_{(n+1)} = \emptyset$ 'dir.

4.4. Literatür

Son zamanlarda, SBK, karar verme problemlerinde geniş kullanım alanlarına sahip olmaktadır. Literatürde, SBK teorisine yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında, personel seçimi, cihaz seçimi, performans değerlendirmesi, tedarik zinciri partner seçimi, hastalık tanısı, satış sonrası hizmetlerin değerlendirilmesi vb. konularda karşılaşılan problemlere çözüm önerisi olarak sunulduğu görülmektedir. Yine, bu problemlerin çözümünde birçok

sezgisel bulanık operatör kullanılmıştır. Bu operatörlerin tanımı ve geliştirilmesine ilişkin bilgiler SBK’lerde birleştirme operatörleri kısmında anlatılmıştır. SBK birleştirme operatörlerinden, sezgisel bulanık Choquet integrali operatörüne ilişkin literatür Çizelge 4.1’de gösterilmektedir (Büyüközkan, Feyzioğlu ve Göçeri, 2018).

Çizelge 4.10. Sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü ile ilgili çalışmalar

Yazarlar	Konu	Yöntem/Ölçüt		Uygulama
Tan ve Chen (2010)	IFCI birleştirme operatörü	IFCI		Metodoloji önerisi
Xu (2010)	IFCI birleştirme operatörü	IFCI	Aralık değerli IFCI	Metodoloji önerisi
Tan (2011)	Aralık değerli IFCI GKV yaklaşımı	Aralık değerli IFCI	TOPSIS	Metodoloji önerisi
Tan ve Chen (2011)	Uyarlanmış IFCI operatörü	IFCI		Metodoloji önerisi
Ashayeri, Tuzkaya ve Tuzkaya (2012)	Tedarik zinciri partnerleri ve konfigürasyon seçimi	IFCI	Kapasite, TZY yeteneği, güvenilirlik, esneklik, bilgi altyapısı, küresel pazarlama	Olay uygulaması
Meng, Zhang ve Cheng (2013)	İki yeni Choquet integral aralık değerli IFCI birleştirme operatörü önerisi	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Tuzkaya (2013)	Tedarik değerlendirme süreci	IFCI	Çevre, güvenilirlik, maliyet, çeviklik, varlık durumu, cevaplama süresi	Olay uygulaması
Qin ve Liu (2013)	GKV’ye dayalı aralık değerli IFCI yaklaşımı	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Wu ve diğerleri (2013)	IFCI birleştirme özelliklerini gösterme	IFCI		Metodoloji önerisi
Beg ve Rashid (2014)	Yamuksal sezgisel bulanık geometrik birleştirme operatör	Yamuk sayılar ile IFCI	TOPSIS	Metodoloji önerisi
Meng, Cheng ve Zang (2014a)	Yeni uyarlanmış hibrid aralık değerli IFCI operatörü tanımlanması	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi

Çizelge 4.1. (devam) Sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü ile ilgili çalışmalar

Yazarlar	Konu	Yöntem/Ölçüt		Uygulama
Meng, Chen ve Zang (2014b)	İki fonksiyon kullanılarak aralık değerli IFCI operatörü önerisi	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Xu, Wang ve Merigó (2014)	Yeni sezgisel bulanık birleştirme operatörü tanımı	Sezgisel bulanık Einstein Choquet integrali		Metodoloji önerisi
Wei, Lin, Zhao ve Wang (2014)	ÇÖKV problemlerinin SBK'ler ile araştırılması	Uyarlanmış IFC IFCI		Metodoloji önerisi
Cheng ve Tang (2015)	Aralık değerli ÇÖKV için genelleştirilmiş Shapley geometrik Choquet yaklaşımı	Aralık değerli IFCI	Genelleştirilmiş Shapley değeri	Metodoloji önerisi
Liu, Wu ve Liang (2015)	Davranışsal sıralama, önceliklendirme ve birleştirme	IFCI		Metodoloji önerisi
Meng, Zhang ve Zhan (2015)	Banzhaf aralık değerli sezgisel bulanık geometrik Choquet operatör	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
De Miguel Bustince, Pekala, Bentkowska, Da Silva, Bedregal, Mesiar ve Ochoa (2016)	Choquet integrali ile aralık değerli sezgisel geometrik OWA birleştirmesinin kullanılması	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Joshi ve Kumar (2016)	Aralık değerli, tereddüt değerli IFCI operatörü kullanılması	Aralık değerli IFCI	TOPSIS	Metodoloji önerisi
Qin, Liu ve Pedrycz (2016)	Aralık değerli GKV için IFCI yaklaşımı	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Wang, Shen ve Zhang (2016)	IFCI veri birleştirme	IFCI		Metodoloji önerisi

Çizelge 4.1. (devam) Sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü ile ilgili çalışmalar

Yazarlar	Konu	Yöntem/Ölçüt		Uygulama
Shahryari Nia ve diğerleri (2016)	Sezgisel bulanık ortamda çevresel ölçütleri içeren tedarikçi seçimi	IFCI ve delfi yöntemi	Ekonomik, çevre ve sosyal sorumluluk ölçütleri	Olay uygulaması
Qu, Qu, Zhang ve Wang (2017)	SBK'lerde IFCI korelasyon katsayısı ilişkisi	IFCI		Metodoloji önerisi
Meng ve Tan (2017)	GKV'ye dayalı aralık değerli IFCI yaklaşımı	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Wang ve Sun (2018)	Einstein operatörü kullanılarak yeni bir GKV tabanlı Choquet integral operatörü önerisi	Aralık değerli sezgisel bulanık Einstein Choquet İntegral Operatörü		Metodoloji önerisi
Büyüközkan ve diğerleri (2018)	Sürdürülebilir şehir içi ulaşım alternatifleri olarak şehir içi otobüs teknolojilerinin seçimi	IFCI, 2-toplamalı Choquet integrali	TOPSIS	Olay uygulaması
Yu, Wang ve Bao (2018)	Aralık değerli sezgisel bulanık Choquet integrali kalite fonksiyonu yayılımı önerisi	Aralık değerli IFCI		Metodoloji önerisi
Büyüközkan ve Göçer (2018)	Kalp hastaları için giyilebilir izleme cihazlarının seçimi	IFCI	VIKOR, TOPSIS, COPRAS, MOORA ve MULTIMOORA	Olay uygulaması
Yu ve Xu (2019)	Personel pozisyon eşleştirmesi	IFCI		Olay uygulaması

Bu tez çalışmasında, AÜF'lerin nitel ölçütler açısından sezgisel bulanık performanslarının değerlendirilmesinde, IFWA, DIFWA ve IFCI operatörü olmak üzere üç farklı operatör kullanılmıştır. Ölçüt önem ağırlıkları ikili karşılaştırmaya imkân tanıyan bulanık AHS yöntemi, karar verici ve yılların önem ağırlıkları ise sezgisel bulanık değerlendirmeler ile hesaplanmıştır.

5. METODOLOJİ

Çalışmada, kamu kurumunun malzeme hazır bulunuşluk ihtiyacını PDL yaklaşımı kapsamında karşılayarak performans değerlendirmesi ile en uygun lojistik destek sağlayıcı firmanın seçimi sağlamaya yönelik bir performans değerlendirme modeli önerilmektedir.

PDL sözleşmesi yapılabilecek birden fazla alternatifin bulunması, alternatiflerin değerlendirilmesinde nitel ve nicel ölçütlerin kullanılması, verilerin birkaç yılı kapsayacak dinamik bir yapıda olması nedeniyle problem, kurumlar için dinamik bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi haline gelmektedir.

PDL kapsamında uzun süreli sözleşme yapılabilmesi için firmaların geçmiş en az 3-10 senelik performanslarının değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. 3-10 senelik performans değerlendirmesinin zamana bağlı performans değerlendirmesi olması, ölçüt değerlerinin kesin sayı, dinamik yapıda, doğrusal tabanlı olması ve belli bir üretim fonksiyonuna bağlı olmaması nedeniyle literatürde sıklıkla kullanılan VZA ile MTFV endeksinden faydalanılmış ve nicel verilere dayalı bir performans değerlendirilmesi yapılmış, bir sıralama elde edilmiştir.

PDL yaklaşımı için performans değerlendirilmesinde nicel verilerin yanı sıra talep esnekliği, müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi gibi sübjektif değerlendirmeye dayalı nitel verilerin de kullanılması gerekmektedir. Karar vericilerin bilgi eksikliği, tereddütlü ifadeleri ve kesin ifadeler ile değerlendirme yapamamalarından dolayı kişisel nitel verilerin probleme dâhil edilebilmesi için SBK teorisinden faydalanılmıştır. Karar verici ağırlıkları ile yılların önem ağırlıklarının belirlenmesinde sezgisel bulanık ifadeler, saf ölçüt önem ağırlıklarının belirlenmesinde ÇÖKV yöntemlerinden ikili karşılaştırma imkânı tanıyan bulanık AHS yönteminden yararlanılmıştır. Sezgisel bulanık değerlendirmelerin ve karar verici ağırlıklarının birleştirilmesinde, sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (IFWA) operatörü; IFWA operatörü ile elde edilen değerlerin yılların ağırlıkları ile birleştirilmesinde dinamik sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama (DIFWA) operatörü; DIFWA operatörü ile alternatiflerin aldığı sezgisel bulanık değerlerin ölçüt etkileşimli ağırlıklarının birleştirilmesi ve seçiminde sezgisel bulanık Choquet integrali (IFCI) operatörü olmak üzere üç farklı sezgisel bulanık operatör kullanılmıştır. Ölçütlerin etkileşimli sezgisel

bulanık önem ağırlıklarının hesaplanması için bulanık ölçek-Choquet integral hesaplama sistemi Common Gateway Interface (CGI) yazılımından faydalanılmıştır.

Bütünleşik bir değerlendirme yapabilmek için, VZA-MTFV endeksiyle yapılan performans değerlendirmesi sonucu elde edilen değer ile sezgisel bulanık değerlendirme IFCI operatöründen elde edilen değer literatürde (Rayendough, 2011) tarafından önerilen işlem ile birleştirilerek seçim yapılmaktadır.

Dinamik ÇÖKV problemi için önerilen performans değerlendirme modelinin aşamaları aşağıda verilmektedir.

Modelde, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ m adet alternatiflerin kümesini, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ n adet ölçütlerin kümesini ve $KV = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_l\}$ l tane karar vericilerin kümesi olsun ve $T = \{t_1, t_2, \dots, t_p\}$ ise p tane farklı yılı temsil etsin.

Aşama 1: Nicel ve nitel ölçütlerin belirlenmesi, seçilmesi ve alternatif kümesinin oluşturulması:

Bu aşama üç adımdan oluşmaktadır. İlk adımda literatürde lojistik ve TZY ile PDL çalışmalarında kullanılan ölçüt havuzu oluşturulur. İkinci adımda, oluşturulan ölçüt havuzundan problemin özeline uygun ölçütler karar vericiler tarafından seçilir. Bu aşamanın son adımında ise problemin özeline uygun alternatif kümesi belirlenir.

Aşama 2: Alternatiflerin VZA-MTFV endeksi ile performanslarının değerlendirilmesi

Bu aşama beş adımdan oluşmaktadır. İlk adımda, karar verme birimleri belirlenir. Bunun için alternatif kümesinin her bir elemanı KVB olarak adlandırılır. İkinci adımda, KVB'lerin değerlendirilmesi için uygun nicel ölçütler belirlenir. Bu ölçütler, performans değerlendirilmesi için girdi ve çıktı faktörleri olarak adlandırılır. Üçüncü adımda, KVB'lerin dinamik yapıda değerlendirilmesi maksadıyla geçmiş yıllara ait girdi ve çıktı faktör verileri toplanır. Dördüncü adımda problemin amacına uygun olarak VZA modeli seçimi yapılır. Beşinci adımda, KVB'lerin etkinlik skorları literatürde VZA'da kullanılan programlar yardımı hesaplanır, yıllara göre MTFV gelişim değerleri elde edilir ve VZA sonuçları yorumlanır. İlk performans değerlendirmesi için KVB'lerin etkinlik değerlerinin

geometrik ortalamaları hesaplanır. Bu çalışmada ayrıca, KVB'lerin etkin olabilmesi için potansiyel iyileştirme önerilerinde bulunmaktadır.

Aşama 3: Sezgisel bulanık değerlendirmelerin üç ayrı sezgisel bulanık birleştirme operatörü yardımı ile birleştirilmesi ve alternatiflerin sıralanması

Bu aşama on adımdan oluşmaktadır. İlk adımında karar vericiler ve nitel ölçütler belirlenir. İkinci adımda alternatifler, karar vericiler tarafından ölçütler açısından sezgisel bulanık ifadeler ile değerlendirilir. Aynı zamanda, sezgisel bulanık ifadeler sezgisel bulanık sayılara dönüştürülür. Burada karar vericilerin her yıl için alternatifleri ayrı ayrı değerlendirdiği k 'nci karar verici sezgisel bulanık karar matrisi R_{tp}^k oluşturulur.

$R_{tp}^k = (r_{ijtp}^k)_{m \times n}$ k 'nci karar vericinin t_p dönemindeki sezgisel bulanık karar matrisidir. $r_{ijtp}^k = (\mu_{ijtp}^k; \nu_{ijtp}^k; \pi_{ijtp}^k)$ k 'nci karar verici tarafından alternatifin t_p dönemindeki sezgisel bulanık değerlendirmesidir. μ_{ijtp}^k k 'nci karar vericiye göre j ölçütü açısından i 'nci alternatifin aldığı üyelik değeri, ν_{ijtp}^k k 'nci karar vericiye göre j ölçütü açısından i 'nci alternatifin aldığı üyelik olmama değeri ve π_{ijtp}^k k 'nci karar vericiye göre j ölçütü açısından i 'nci alternatifin aldığı tereddüt değeridir.

Üçüncü adımda, seçilen ölçütlerin bulanık önem ağırlıkları w_j , karar vericilerin önem ağırlığı δ_k ve yılların önem ağırlıkları α_t belirlenir. Ölçüt, karar verici ve yılların önem ağırlıkları, ölçütün kişiye göre değişen değerlendirmesi, karar vericinin bilgi ve tecrübesi, yakın yılların önemi vb. nedenlerden dolayı farklı önem değerine sahip olabilmektedir. Bu adımda, ölçütlerin bulanık önem ağırlıkları (w_j) ölçütlerin ikili karşılaştırmasına imkân tanıyan bulanık AHS yöntemi ile hesaplanmıştır. Karar vericilerin ve yılların önem derecelerini belirlemek için ise sezgisel bulanık dilsel ifadeler kullanılmıştır. Bu dilsel ifadeler sezgisel bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

$b_k = (\mu_k; \nu_k; \pi_k)$ k 'nci karar vericinin ağırlığını gösteren bir sezgisel bulanık sayı olsun. k 'nci karar vericinin ağırlığı (δ_k) eşitlik 5.1'e göre hesaplanmaktadır.

$$\delta_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k} \right) \right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k} \right) \right)} \quad (5.1)$$

olmak üzere $\delta_k > 0$, $k = 1, 2$ ve 3 ve $\sum_{k=1}^l \delta_k = 1$

Son olarakta yılların sezgisel bulanık önem ağırlıkları (α_t) önem sırasına göre, toplam ağırlığı 1 olacak şekilde sezgisel bulanık sayılar ile ifade edilir. Bu çalışmada yılların önem ağırlıkları en önemli yıl en son yıl olacak şekilde aritmetik serilere göre belirlenmiştir.

Dördüncü adımda, karar vericilerin alternatifleri ölçütler açısından her dönem için ayrı ayrı yapmış olduğu sezgisel bulanık değerlendirmelerin birleştirilmesi yapılır. Bu değerlendirmelerin birleştirilmesinde Xu (2007) tarafından geliştirilen IFWA operatörü kullanılır. Bu adımda karar verici ağırlıkları dahil edilir ve birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi R_{t_p} oluşturulur.

Beşinci adımda, yıllara ait değerlendirmelerin oluşturduğu birleştirilmiş karar matrisinin R_{t_p} tek bir matrise dönüştürülmesi için birleştirme işlemi yapılmaktadır. Yıllara ait değerlendirmelerin birleştirilmesinde Xu ve Yager (2008) tarafından geliştirilen DIFWA operatörü kullanılır. Bu adımda yılların ağırlığı hesaplamaya dâhil edilir ve kompleks sezgisel bulanık karar matrisi R oluşturulur. Değerlendirme sonucu oluşturulan kompleks sezgisel bulanık karar matrisi R aşağıda gösterilmiştir.

$$R = \begin{pmatrix} \tilde{a}_{11}, & \tilde{a}_{12} & \dots, & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21}, & \tilde{a}_{22} & \dots, & \tilde{a}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{m2} & \dots, & \tilde{a}_{mn} \end{pmatrix}$$

Altıncı adımda alternatiflerin sıralaması ve seçimi için, sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü kullanılır (Tan ve Chen, 2010; Shahryari Nia, Olfat, Esmaeili, Rostamzadeh, ve Antuchevičienė, 2016). Bu adımda, skor fonksiyonları S ve H kesinlik fonksiyonları hesaplanır. Sezgisel bulanık sayıların ikili karşılaştırılmasında faydalanılan skor ve kesinlik fonksiyonları şu şekilde hesaplanır. $\tilde{a} = (\tilde{t}_{\tilde{a}}, \tilde{f}_{\tilde{a}})$ ve $\tilde{b} = (\tilde{t}_{\tilde{b}}, \tilde{f}_{\tilde{b}})$ iki sezgisel

bulanık sayı olsun. Bulanık sayılarının sırası ile skor ve kesinlik fonksiyonları eşitlik 5.2’de gösterilmiştir.

$$S(\tilde{a}) = t_{\tilde{a}} - f_{\tilde{a}}, S(\tilde{b}) = t_{\tilde{b}} - f_{\tilde{b}} \text{ ve } H(\tilde{a}) = t_{\tilde{a}} + f_{\tilde{a}}, H(\tilde{b}) = t_{\tilde{b}} + f_{\tilde{b}} \quad (5.2)$$

$\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ sezgisel bulanık sayıları için;

- Eğer $S(\tilde{a}) < S(\tilde{b})$ ise, $\tilde{a}$ sezgisel bulanık sayısı $\tilde{b}$ ’den küçüktür.
- Eğer $S(\tilde{a}) = S(\tilde{b})$ ise,
- $H(\tilde{a}) < H(\tilde{b})$ durumuna bakılır. Eğer $H(\tilde{a}) < H(\tilde{b})$ ise, $\tilde{a}$ sezgisel bulanık sayısı $\tilde{b}$ ’den küçüktür.
- Eğer $H(\tilde{a}) = H(\tilde{b})$ ise, $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ sezgisel bulanık sayıları aynı bilgiyi temsil etmektedir.

Bu da her iki sezgisel bulanık sayının eşit olduğu anlamına gelir.

Yedinci adımda, her bir alternatifin ölçütlerden aldığı değerler skor ve kesinlik fonksiyonlarına göre yeniden sıralanır. $S_{\tilde{a}_{ij}}$ i alternatifinin j ölçütü açısından aldığı skor değeridir. $\tilde{a}_{ij}$ sezgisel bulanık değerleri $S_{\tilde{a}_{ij}}$ değerinden faydalanarak sıralanır. Eğer iki skor fonksiyonu $S_{\tilde{a}_{ij}}$ ve $S_{\tilde{a}_{ik}}$ arasında bir fark bulunmuyorsa, H kesinlik fonksiyonu hesaplanır. $H_{\tilde{a}_{ij}}$ ve $H_{\tilde{a}_{ik}}$ i alternatifinin j ölçütü açısından aldığı kesinlik derecesidir. Böylece, $\tilde{a}_i$ alternatifinin $\tilde{a}_{ij}$ sezgisel bulanık değerleri kesinlik derecelerine göre yeniden sıralanır.

Sekizinci adımda, bulanık ölçü ile ölçütlerin etkileşimli bulanık ağırlıkları kümesi oluşturulur. Bulanık ölçüyü belirlemenin farklı birçok yolu vardır. Bunlar; doğrusal yöntemler, ikinci dereceden yöntemler, sezgisel tabanlı yöntemler, genetik algoritmalar ve benzeri yöntemlerdir (Tan ve Chen, 2010). Bu çalışmada, ölçütler kümesi etkileşimli sezgisel bulanık ağırlıklarının hesaplanmasında bulanık ölçek - Choquet integrali hesaplama sistemi olan CGI yazılımı kullanılmıştır (Takahagi, 2000).

Dokuzuncu adımda, kompleks sezgisel bulanık karar matrisi ile ölçütlerin etkileşimli bulanık ağırlıklarının birleştirilmesinde sezgisel bulanık Choquet integrali operatörü kullanılır. Böylece a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatiflerin kompleks sezgisel bulanık karar

matrisi i 'nci satırındaki sezgisel bulanık değerleri tek bir değer olacak şekilde birleştirilmiş ve ağırlıklı kompleks sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulmuş olur.

Onuncu adımda, a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) alternatiflerinin birleştirilmiş şekilde elde edilen sezgisel bulanık sayıları $\tilde{a}_i = (\mu_{\tilde{a}_i}, \nu_{\tilde{a}_i})$ skor ve kesinlik fonksiyonlarına göre (ikinci adımdaki hesaplama yöntemleri ile benzer şekilde) büyükten küçüğe olacak şekilde bir sıralama yapılır ve en yüksek sezgisel bulanık değere sahip alternatif seçilir. Ayrıca; karar vericilerin istekleri doğrultusunda ölçüt, karar verici ve yılların önem değerlerinin değiştirildiği senaryolar oluşturularak duyarlılık analizi yapılabilir. Bu çalışmada 13 farklı senaryo oluşturularak duyarlılık analizi yapılmıştır.

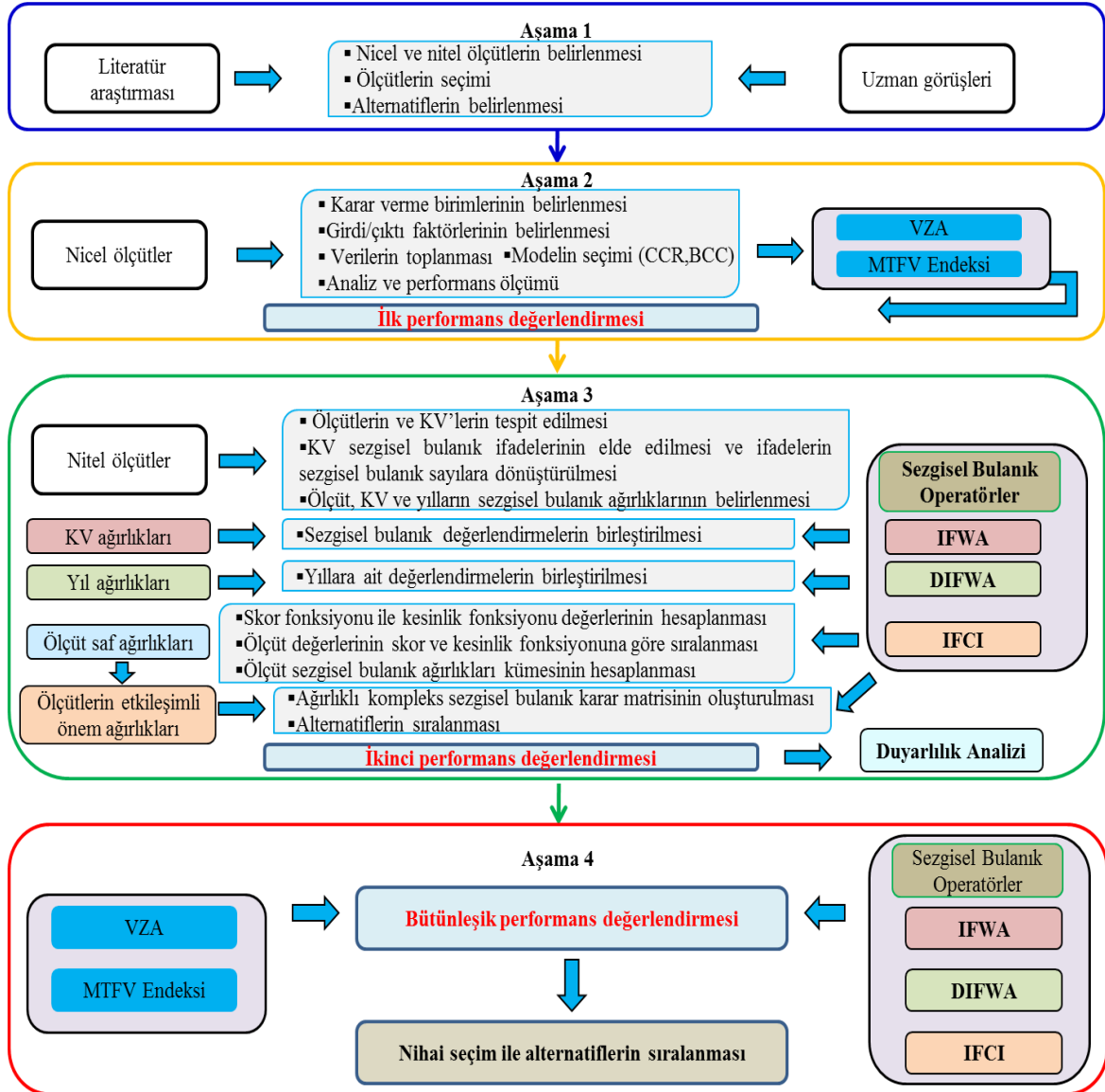
Aşama 4: Bütünleşik performans değerlendirmesi ve nihai seçim ile alternatiflerin sıralanması

Son aşamada, bütünleşik sıralama ve nihai seçim için her iki yöntem sonucunda elde edilen değerler birleştirilir ve bütünleşik yeni bir sıralama elde edilir. Alternatifleri tek bir değer ile bütünleşik olarak gösterebilmek için öncelikle sezgisel bulanık model yaklaşımından elde edilen sezgisel bulanık değer eşitlik 5.3 yardımı ile alternatifler bazında tek bir sayıya indirgenir. Müteakiben ise her iki yöntemden elde edilen değerler eşitlik 5.4 yardımı ile tek bir sayıya dönüştürülür ve alternatifler bu değerlere göre seçim için yeniden sıralanır (Rouyendegh, 2011).

$$\tilde{U} = \frac{\mu}{(\mu + \nu)} \quad (5.3)$$

$$B = Z * \tilde{U} \quad (5.4)$$

Tez çalışmasının metodolojisi görsel olarak Şekil 5.1'de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Metodoloji

6. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında önerilen model, bir kamu kurumu ile özel sektör arasında PDL yaklaşımı kapsamında yapılacak malzeme hazır bulunuşluk sözleşmesi için en uygun yerli AÜF'nin seçiminde uygulanmıştır.

6.1. Problemin Tanımı

Bir kamu kurumunun lojistik bölümü, kurumun yurt içi ve yurt dışında bulunan birimlerinin akü ihtiyacını her yıl geleneksel tedarik yöntemi ile ihale yaparak karşılamaktadır. Lojistik bölümünün yetkilileri, geleneksel tedarik süreci aşamasında; ürün hazır bulunuşluk oranlarındaki düşüklük, uzun cevaplama süreleri, belirsizlik ve talep dalgalanmaları, maliyetler, tedarikçi firma ile satış sonrası hizmetlerde karşılaşılan problemler vb. olumsuzlukların üstesinden gelebilmek için üretici firma ile uzun süreli bir anlaşma yapmayı ve ürün tedarik etmek yerine malzeme hazır bulunuşluk tipi performansa dayalı hizmet sözleşmesi imzalamayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, yeterli üretim kapasitesine sahip, belli bir dağıtım ağı organizasyonu olan ve talebi zamanında karşılayabilecek yerli akü üreticisi firmasını performans değerlendirmesi yaparak seçmeyi planlamaktadır.

Akü, kurumun lojistik bölümünde tutulan raporlara göre en sık arızalanan malzemeler arasındadır. Her yıl geleneksel yöntem ile belirlenen sayıda tedarik edilmesi, olağan dışı isteklerin zamanında karşılanamamasına, bu taleplerin yıl içinde daha yüksek maliyetler ile yeniden tedarik edilmesine ve kurumun bütçesini etkin kullanılmamasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda, olağan dışı isteklerin zamanında karşılanamaması kritik araç ve sistemlerin operasyon hazır bulunuşluk ve güvenilirliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Lojistik bölüm, her yıl arızalanan aküyü tipi, cinsi ve dağıtım miktarı ile dağıtım yerini belirleme, tahmini stok miktarını hesaplama, ürün dağıtım ve depolama maliyetlerinde tasarruf etme ile birlikte talep dalgalanmaları, ani fiyat değişiklikleri vb. tüm diğer riskleri paylaşma isteğindedir.

Uygulamanın yapıldığı kamu kurumunun envanterinde yaklaşık 80.000 adet araç bulunmaktadır ve araçların bir kısmında 1 adet bir kısmında ise 2 ve daha fazla adet akü kullanılmaktadır. Envanterindeki araçlar ile birlikte elektrik kesintileri ve sistemlerin

çalışması için kullanılan jeneratörler de eklendiğinde döngüye giren akü miktarı 120.000 adede ulaşmaktadır. Aynı zamanda, ana depo ile ara depoda talep dalgalanmaları ve ani ihtiyaç halinde kullanılmak üzere dönemsel olarak değişen miktarda 20.000-30.000 adet stok tutulmaktadır. Lojistik bölüm, bu kapsamda her yıl ortalama 14 farklı tipte toplam 65.000-75.000 adet arası akü alımı yapmaktadır. Önerilen modele göre belirlenen uygulama aşamaları aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.

6.2. Nitel ve Nicel Ölçütlerin Belirlenmesi, Seçilmesi ve Alternatif Kümesinin Oluşturulması

İlk adımda literatürde lojistik ve TZY ile PDL çalışmalarında kullanılan performans ölçüt havuzu oluşturulmuştur. Akü üreticisi firmaların performanslarının değerlendirilmesi için, oluşturulan performans ölçütü havuzundan problemin özeline uygun dört nicel (iki girdi ve iki çıktı faktörü) ve yedi nitel ölçüt olmak üzere toplam on bir ölçüt, literatürden ve kurum görüşü alınarak seçilmiştir. Kamu kurumunun PDL yaklaşımı ile sözleşme yapabileceği alternatif yerli on iki akü üreticisi firma, kurumda bu alanda uzman ve yetkili personel tarafından kapasite, dağıtım ağı, yeterlilik, kurum ile olan çalışma geçmişi, yerli üretici olması gibi ölçütler dikkate alınarak grup çalışması sonucu alınan karar ile belirlenmiştir.

6.3. Alternatiflerin VZA-MTFV Endeksi ile Performanslarının Değerlendirilmesi

AÜF'lerin performans değerlendirmesi için önerilen modelin ikinci aşamasında belirlenen beş adım aşağıda gösterilmiştir.

6.3.1. Karar verme birimlerinin belirlenmesi

VZA'da değerlendirmeye alınacak karar verme birimleri yani alternatif AÜF'ler, aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmeli, yani homojen olmalıdır. Seçilen AÜF'ler ürettiği ürün itibarıyla homojen yapıdadır. AÜF sayısı, girdi sayısı "m", çıktı sayısı "s" olmak üzere, en az " $3 \times (m+s)$ " olması kuralına göre belirlenmiştir. AÜF'lerin ortak talebi doğrultusunda isimlerine yer verilmemiştir. Söz konusu on iki adet AÜF'ün temsili kodları ve bulunduğu yer/bölge isimleri ile Çizelge 6.1'de sıralanmıştır.

Çizelge 6.1. AÜF’lerin temsili kodları ve bölgeleri

S.No.	Firma Kodu	Firma Yeri/Bölgesi	S.No.	Firma Kodu	Firma Yeri/Bölgesi
1.	A AÜF	Kocaeli/Marmara	7.	G AÜF	İstanbul/Marmara
2.	B AÜF	Ankara/İç Anadolu	8.	H AÜF	Manisa/Ege
3.	C AÜF	İstanbul/Marmara	9.	I AÜF	İzmir/Ege
4.	D AÜF	Aydın/Ege	10.	J AÜF	İstanbul/Marmara
5.	E AÜF	Kayseri/İç Anadolu	11.	K AÜF	Ankara/İç Anadolu
6.	F AÜF	Antalya/Akdeniz	12.	L AÜF	İstanbul/Marmara

6.3.2. Girdi ve çıktı faktörlerinin belirlenmesi

AÜF’lerin performans ölçümü ve değerlendirmesi için iki adet girdi ve iki adet çıktı faktörü olacak şekilde toplam dört adet performans ölçütü seçilmiştir. Firmaların performanslarını değerlendirmek üzere belirlenen girdi (G) ve çıktı (Ç) faktörleri ile açıklamaları Çizelge 6.2’de sunulmuştur.

Çizelge 6.2. Girdi (G) ve çıktı (Ç) faktörleri ve açıklamaları

Faktörler	Açıklama
Ürün maliyeti (G_1)	Akünün o yıl için belirlenen satış fiyatıdır.
Ücretle çalışanlar ortalaması (G_2)	Firmada akü üretiminde çalışan beyaz ve mavi yaka çalışan sayısıdır.
Malzeme hazır bulunuşluk (Ç_1)	Firmanın yıl içerisinde ürettiği ve herhangi bir sebep ile iade işlemine tabi tutmadan kamu kurumuna teslim ettiği akü sayısıdır. Zamanında teslim edilmeyen her bir akü kullanıldığı araç ve sistemin arızalı kalmasına sebebiyet vermektedir.
Üretimden net satış (Ç_2)	Firmanın o yıl üretimden elde ettiği net satış geliridir.

Korelasyon katsayısı, değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü gösteren ölçü olarak ifade edilmektedir. Denklemle hesaplanan korelasyon katsayısı -1 ile +1 değerleri arasındadır. “-1” ters yönlü tam doğrusal ilişkiyi, “+1” aynı yönlü tam doğrusal ilişkiyi ve “0” değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığını göstermektedir. Korelasyon katsayısı ne kadar büyürse korelasyon ilişkisi de o kadar güçlenmektedir (Newbold, Carlson ve Thorne, 2013:65). VZA uygulamasına başlanmadan önce veriler arasındaki

korelasyona (ilişkiye) IBM SPSS Statistics 22 programı yardımı ile bakılmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayıları orijinal program çıktısı EK-2’de yer almaktadır. Korelasyon değerleri Çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Korelasyon katsayıları

	Ürün maliyeti (G ₁)	Ücretle çalışanlar ortalaması (G ₂)	Mlz. Hazır bulunuşluk (Ç ₁)	Üretimden net satış (Ç ₂)
Ürün maliyeti (G ₁)	1	0,120	0,137	0,215
Ücretle çalışanların ortalaması (G ₂)	0,120	1	0,991	0,971
Hazır bulunuşluk (Ç ₁)	0,137	0,991	1	0,978
Üretimden net satış (Ç ₂)	0,215	0,971	0,978	1

Çizelge 6.3. incelendiğinde, korelasyon analizi çıktısına göre, girdi değişkenleri olan ürün maliyeti ile ücretle çalışanlar ortalaması arasında güçlü bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Bu da yöntemin ayırtıcılığını artırmaktadır. Aynı zamanda, ürün maliyeti ile çıktı değişkenleri arasında da güçlü bir ilişki görülmemektedir. Ancak, ücretle çalışan sayısı ile hazır bulunuşluk ve net satış değişkenleri arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Bu da ücretli çalışan sayısının artması ile akü hazır bulunuşluğunu ve satış gelirlerini yükselttiğini göstermektedir. Ancak bu durumun verimli olup olmadığı yapılacak etkinlik analizi sonucunda görülecektir. Yine iki çıktı değişkeni arasında da olumlu yönde güçlü bir ilişki mevcuttur. Bu da hazır bulunuşluk sayısının artması ile elde edilen net satış gelirlerinin arttığı şekilde yorumlanabilir.

6.3.3. Verilerin toplanması

Burada girdi ve çıktı faktör değerleri; ISO 500-Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait verileri, Türkiye İhracatçılar Meclisinin (TİM) yayınladığı yıllık raporlar, firmaların internet ana sayfalarında yer alan bilgiler ve firmaların iletişim kanalları ile yapılan yazışma ve görüşmelerden elde edilmiştir. AÜF’lerin son dört yıllık verileri toplanmıştır. Akü üreticisi on iki firmanın girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin değerleri Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. AÜF'lerin 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait değerleri

S.No.	Firma kodu	Yıl	Çıktı ₁	Çıktı ₂	Girdi ₁	Girdi ₂
			Mlz. hazır bulunuşluk (Bin adet)	Üretimden net satış (Milyon TL)	Ürün maliyeti (TL)	Ücretle çalışanlar ortalaması
1.	A AÜF	2015	348	81,1	285	153
2.	B AÜF		1507	301,8	290	540
3.	C AÜF		2063	493,5	310	805
4.	D AÜF		219	61,5	265	159
5.	E AÜF		192	65,4	310	146
6.	F AÜF		167	59,5	305	176
7.	G AÜF		153	52,6	300	158
8.	H AÜF		1573	478,8	290	674
9.	I AÜF		201	67,5	305	184
10.	J AÜF		142	58,5	290	148
11.	K AÜF		239	84,2	305	177
12.	L AÜF		269	97,5	330	180
1.	A AÜF	2016	358	99,4	325	164
2.	B AÜF		1811	391,9	325	640
3.	C AÜF		2425	605,5	350	899
4.	D AÜF		248	72,0	320	172
5.	E AÜF		204	68,9	355	162
6.	F AÜF		183	65,6	335	188
7.	G AÜF		169	54,9	340	169
8.	H AÜF		1865	405,9	335	676
9.	I AÜF		214	63,3	330	166
10.	J AÜF		157	57,5	340	147
11.	K AÜF		228	76,5	355	163
12.	L AÜF		289	105,9	360	185
1.	A AÜF	2017	371	114,5	365	172
2.	B AÜF		2018	597,1	355	750
3.	C AÜF		2461	873,9	380	950
4.	D AÜF		238	78,3	365	179
5.	E AÜF		194	70,1	365	163
6.	F AÜF		196	68,9	355	169
7.	G AÜF		177	59,1	370	164
8.	H AÜF		2037	594,7	370	696
9.	I AÜF		219	62,6	360	171
10.	J AÜF		158	56,3	360	145
11.	K AÜF		249	73,2	375	169
12.	L AÜF		304	103,6	390	185

Çizelge 6.4. (devam) AÜF'lerin 2015, 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait değerleri

S.No.	Firma kodu	Yıl	Çıktı ₁	Çıktı ₂	Girdi ₁	Girdi ₂
			Mlz. hazır bulunuşluk (Bin adet)	Üretimden net satış (Milyon TL)	Ürün maliyeti (TL)	Ücretle çalışanlar ortalaması
1.	A AÜF	2018	388	123,5	405	174
2.	B AÜF		2015	664,3	430	743
3.	C AÜF		2701	981,6	445	942
4.	D AÜF		247	84,7	430	187
5.	E AÜF		199	77,6	420	165
6.	F AÜF		191	65,6	425	171
7.	G AÜF		184	64,7	440	163
8.	H AÜF		1958	638,3	445	684
9.	I AÜF		221	57,2	425	169
10.	J AÜF		161	55,9	420	139
11.	K AÜF		242	80,6	440	163
12.	L AÜF		297	104,5	435	178

6.3.4. VZA modelinin seçimi

PDL yaklaşımında istenilen temel önceliğin sözleşmede belirtilen performans hedeflerinin karşılanması olması, lojistik sektörünün sonuç odaklı ve müşteri memnuniyetine yönelik hizmet anlayışı ile AÜF'lerin eldeki kaynakları etkin kullanarak en yüksek çıktıyı elde etme amacı nedeniyle VZA'nın çıktı odaklı CCR modeli kullanılmıştır.

6.3.5. Analiz ve performans ölçümü

VZA ile performans değerlendirmesi için birçok bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımlar içerisinde kullanıcı dostu, ücretsiz ve kolay ulaşılabilir olması nedeniyle en çok kullanılanı DEAP 2.1 programı'dır (Hollingsworth, 2003). 2015, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında, yerli on iki akü üreticisi firmanın, iki girdi ve iki çıktı değişkeni kullanılarak ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çıktı odaklı veri zarflama modeline ilişkin performans ölçümü DEAP 2.1 yazılım programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. DEAP orijinal çıktısı EK-1'de gösterilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen etkinlik değerleri Çizelge 6.5'de yer almaktadır.

Çizelge 6.5. 2015-2018 yıllarına ait AÜF'lerin etkinlik değerleri

S.No.	Alternatif firmalar	Etkinlik değerleri			
		2015 Yılı	2016 Yılı	2017 Yılı	2018 Yılı
1.	A AÜF	0,865	0,900	0,762	0,778
2.	B AÜF	1,000	1,000	0,969	0,946
3.	C AÜF	1,000	1,000	1,000	1,000
4.	D AÜF	0,568	0,622	0,489	0,461
5.	E AÜF	0,631	0,631	0,468	0,451
6.	F AÜF	0,476	0,518	0,445	0,390
7.	G AÜF	0,469	0,482	0,401	0,394
8.	H AÜF	1,000	0,980	1,000	0,998
9.	I AÜF	0,516	0,566	0,438	0,456
10.	J AÜF	0,556	0,581	0,422	0,404
11.	K AÜF	0,670	0,697	0,506	0,518
12.	L AÜF	0,762	0,850	0,618	0,582

Çizelge 6.5. incelendiğinde, 2015 yılında 3 AÜF, 2016 ve 2017 yıllarında 2 AÜF, 2018 yılında ise 1 AÜF'nin 1,000 etkinlik değeri ile %100 etkin olduğu görülmektedir. Tüm dönemlerde %100 etkinlik oranı ile etkin olan görülen tek firma C AÜF'dir. 2015 ve 2016 yıllarında B AÜF, 2015 ve 2017 yıllarında ise H AÜF %100 etkinlik değeri ile etkin olarak görülmektedir. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında G AÜF sırasıyla % 46,9, % 48,2 ve % 40,1 oranıyla, 2018 yılında F AÜF % 39 etkinlik oranı ile en düşük performansı göstermişlerdir. AÜF'lere ait performans değerlendirme analizi sonucu elde edilen özet bilgiler Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Performans değerlendirme özeti

Bilgiler	2015	2016	2017	2018
AÜF sayısı	12	12	12	12
Etkin AÜF sayısı	3	2	2	1
Etkin olmayan AÜF sayısı	9	10	10	11
Etkin AÜF'ler	B-C-H	B-C	C-H	C
En düşük etkinlik değeri	0,469	0,482	0,401	0,390
En yüksek etkinlik değeri	1,000	1,000	1,000	1,000
Ortalama etkinlik değeri	0,709	0,736	0,626	0,615

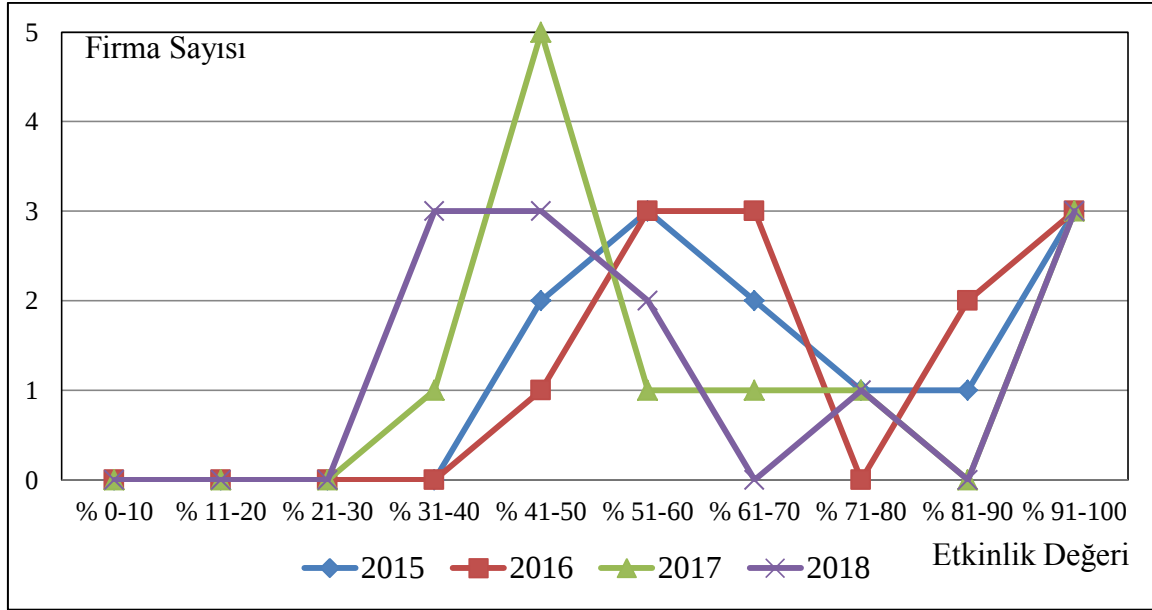
Çizelge 6.5. incelendiğinde, 2015 yılında; 2 firma % 41-50 arasında, 3 firma % 51-60 arasında, 2 firma % 61-70 arasında, 1 firma % 71-80 arasında, 1 firma % 81-90 arasında, 3 firma ise % 91-100 arasında etkinlik değerine sahip olduğu görülmektedir. B, C ve H akü üretici firmaları % 100 etkin olarak performans göstermiştir. B, C ve H akü üretici firmaları haricinde diğer tüm AÜF'ler % 46,9 - % 86,5 etkinlik değeri arasında değişen oranlarda etkin olmayan performans göstermişlerdir. AÜF'lerin ortalama etkinlik değeri % 70,9 olarak gerçekleşmiştir.

2016 yılında 1 firma % 41-50 arasında, 3 firma % 51-60 arasında, 3 firma % 61-70 arasında, 2 firma % 81-90 arasında, 3 firma ise % 91-100 arasında etkinlik değeri göstermişlerdir. B ve C AÜF'leri % 100 etkin olarak performans göstermiştir. B ve C AÜF'leri haricinde diğer firmalar % 48,2 - % 90 etkinlik değeri arasında değişen oranlarda etkin olmayan performans göstermişlerdir. AÜF'lerin ortalama etkinlik değerinde bir önceki yıla göre 2,7'lik bir artış söz konusudur.

2017 yılında 1 firma % 31-40 arasında, 5 firma % 41-50 arasında, 1 firma % 51-60 arasında, 1 firma % 61-70 arasında, 1 firma % 71-80 arasında, 3 firma ise % 91-100 arasında etkinlik değeri göstermişlerdir. C ve H AÜF'leri % 100 etkin olarak performans göstermiştir. Bu iki firma haricinde diğer firmalar % 48,2 - % 90 etkinlik değeri arasında değişen oranlarda etkin olmayan performans göstermişlerdir. Bu yıl AÜF'lerin ortalama etkinlik değerinde % 11'lik bir düşüş söz konusudur.

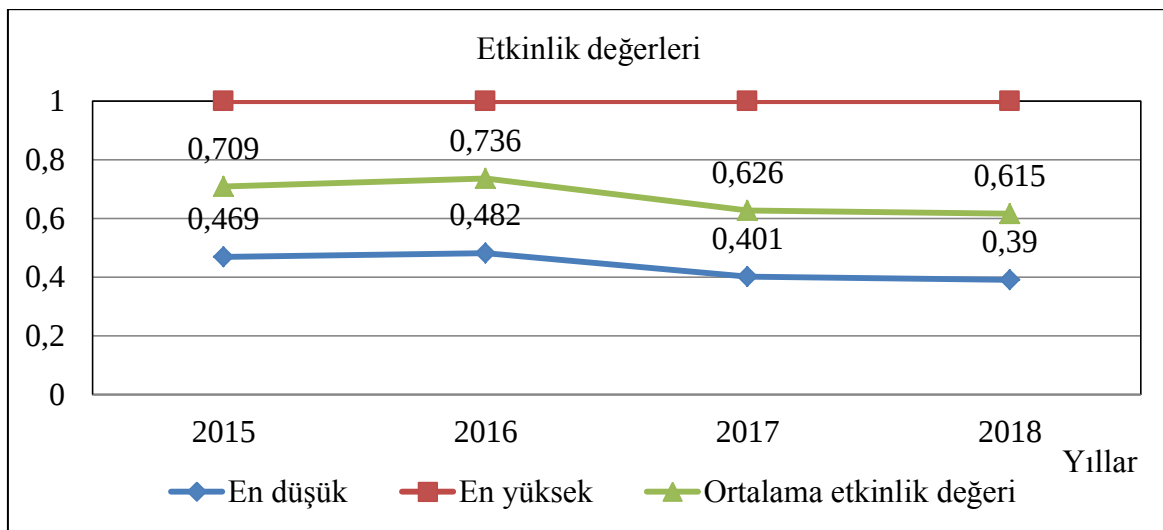
2018 yılında 3 firma % 31-40 arasında, 3 firma % 41-50 arasında, 2 firma % 51-60 arasında, 1 firma % 71-80 arasında, 3 firma ise % 91-100 arasında etkinlik değeri göstermişlerdir. Bu yıl sadece C AÜF % 100 etkindir. Diğer firmalar ise etkin performans göstermemiştir. AÜF'lerin ortalama etkinlik değerinde bir önceki yıla göre 2,7'lik bir artış söz konusudur.

AÜF'lerin yıllara göre gösterdiği etkinlik değerleri dağılımı Şekil 6.1'de ve AÜF'lerin yıllara göre ortalama, en küçük ve en büyük etkinlik değerleri ortalamaları dağılımı Şekil 6.2'de sunulmuştur.



Şekil 6.1. AÜF'lerin etkinlik değerleri dağılımı

Şekil 6.1. incelendiğinde, 2016 yılı haricinde diğer yıllarda bir azalış söz konusu olduğu görülmektedir. Burada üretici firmaların girdi faktörlerinde özellikle maliyet kaleminde belirli bir artış olmasına rağmen, çıktı faktörü olarak üretimden net satış kaleminde istenilen rakamlara ulaşamadığı, hazır bulunuşluk rakamlarında ise özellikle 2018 yılında büyük bir artış olmadığı görülmekte ve bu durumun, 2018 yılında yaşanan ekonomik krizin önemli ölçüde AÜF'leri etkilediği değerlendirilmektedir. 2015 yılında üç AÜF %100 etkin iken 2018 yılı için tek AÜF'nin %100 etkin olması ve % 62 oranındaki ortalama etkinlik değeri bu durumun en önemli göstergesi olarak görülmektedir.



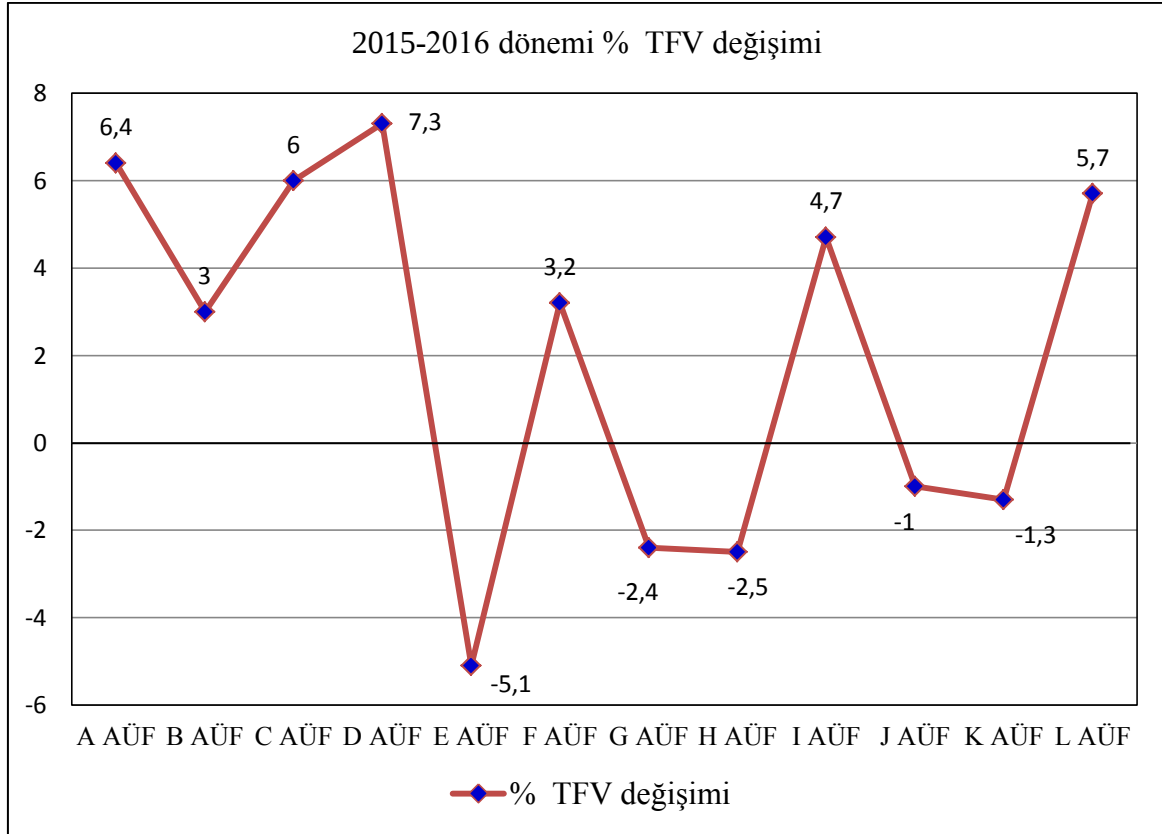
Şekil 6.2. AÜF'lerin yıllara göre etkinlik değerleri ortalamaları dağılımı

Malmquist endeks değeriindeki değerişimin “1” değeriinden büyük olması verimlilikte olumlu yönde bir artışı, küçük olması olumsuz yönde bir azalışı, eşit olması ise herhangi bir gelişimin olmadığını göstermektedir. 2015-2018 yılları arası AÜF’lerin TFV değerişimi Çizelge 6.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. 2015-2018 dönemi firmaların Malmquist endeksi TFV değerişimi

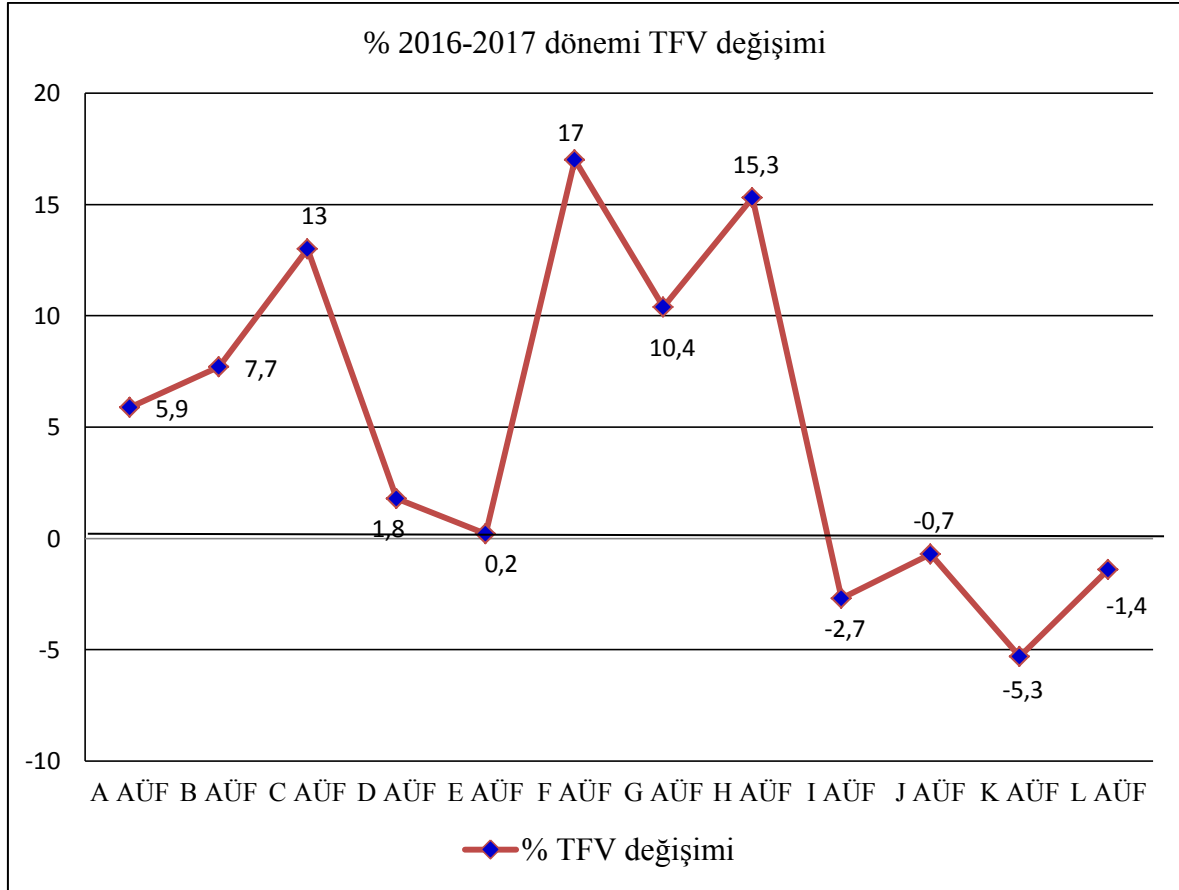
S. No.	Alternatif firmalar	Malmquist endeksi TFV değerişimi			
		2015-2016	2016-2017	2017-2018	TFV Ortalama
1.	A AÜF	1,064	1,059	1,044	1,056
2.	B AÜF	1,030	1,077	1,019	1,042
3.	C AÜF	1,060	1,130	1,030	1,073
4.	D AÜF	1,073	1,018	1,007	1,032
5.	E AÜF	0,949	1,002	1,090	1,012
6.	F AÜF	1,032	1,170	0,956	1,049
7.	G AÜF	0,976	1,104	1,063	1,046
8.	H AÜF	0,975	1,153	1,012	1,044
9.	I AÜF	1,047	0,973	1,021	1,013
10.	J AÜF	0,990	0,993	1,053	1,011
11.	K AÜF	0,987	0,947	1,047	0,993
12.	L AÜF	1,057	0,986	1,026	1,022
Geometrik Ortalama		1,019	1,049	1,030	1,033

Çizelge 6.7. incelendiğinde, AÜF’lerin her yıl için farklı oranlarda gelişim gösterdiği; ayrıca, yıl bazında bakıldığında en yüksek gelişim gösteren AÜF’lerin de birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Tüm AÜF’lerin yıllara göre TFV gelişimini tek bir değerde birleştirmek, söz konusu yıllar arasında hangi AÜF’nin performans gelişiminde daha büyük bir artışı sağladığını görmek ve bu değere göre karşılaştırmak amacıyla TFV ortalama değerişimlerinden faydalanılmıştır. Burada en yüksek TVF gelişimini % 7,3 oranı ile yine C AÜF göstermiştir. AÜF’lerin dönemlere ait Malmquist endeksi gelişimini detaylı incelemek maksadıyla 2015-2016 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değerişimi Şekil 6.3’te gösterilmiştir.



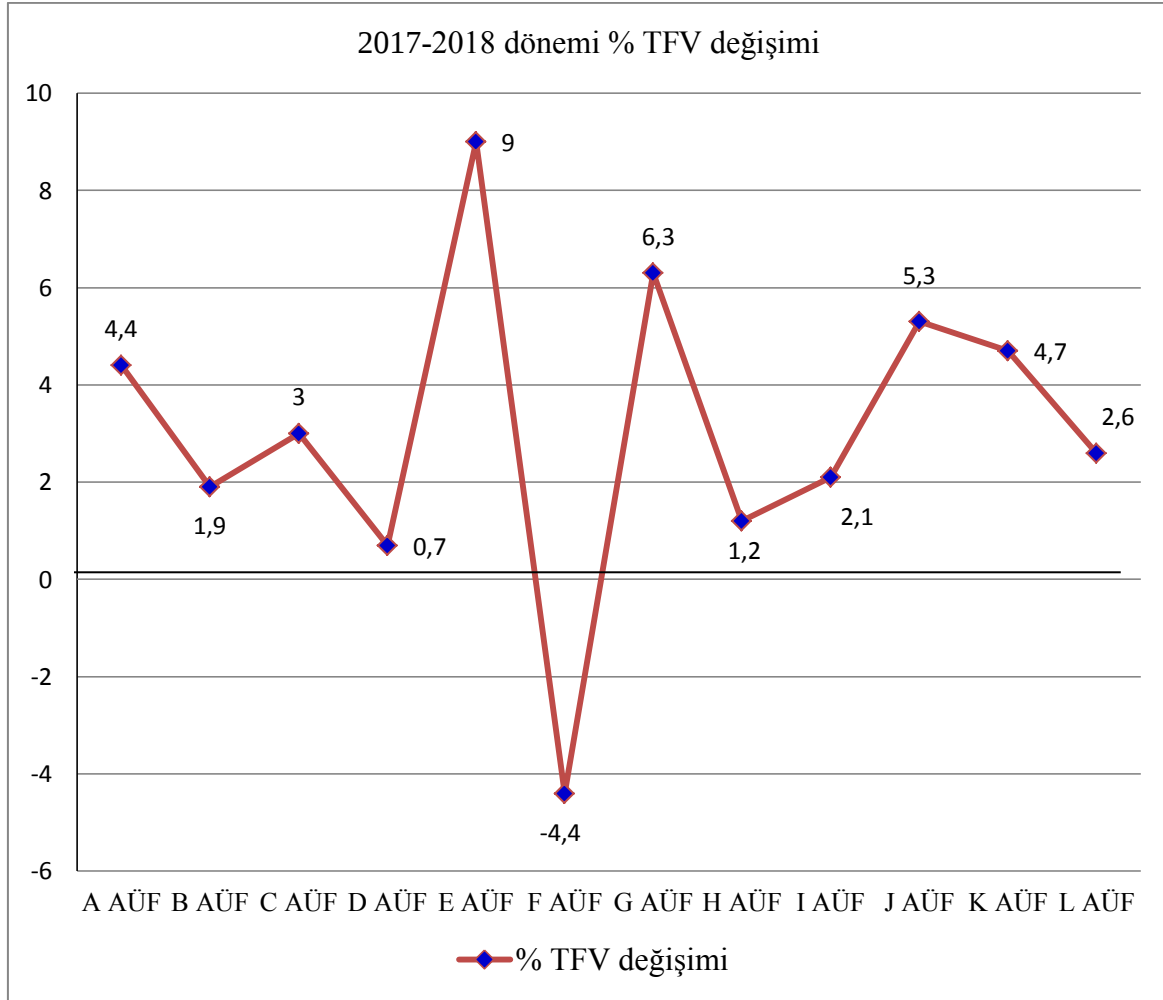
Şekil 6.3. 2015-2016 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi

Şekil 6.3. incelendiğinde, bir önceki yıla göre 7 firma gelişim gösterirken, 5 firmanın TFV gelişimi gösteremediği görülmektedir. Bu dönem, en yüksek TFV gelişimini % 7,3 oranı ile D AÜF; en düşük TFV değişimi % -5,1 oranı ile E AÜF göstermektedir. TFV’de düşüş gösteren E AÜF’nin sonuç çıktı değerleri analiz edildiğinde % -5,2 oranı ile teknolojik etkinlik değişiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Bu dönem bir başka firmanın performans değerleri incelendiğinde, H AÜF’si % -2,5 oranı ile TFV düşüş yaşadığı görülmektedir. Bu firmanın performansının düşüş sebebinin ise hem % -2 oranı ile etkinlik değeri, hem de % -0,5 oranı ile teknolojik etkinlik değerinden kaynaklandığını DEAP 2.1 programı sonuç çıktısına bakarak ifade edebiliriz. Yine bu dönem firmaların TFV gelişimi ortalamasına bakıldığında 12 firmanın % 1,9 oranında bir TFV gelişimi gösterdiğini söyleyebiliriz. Bir sonraki dönem olan 2016-2017 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi Şekil 6.4’de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. 2016-2017 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi

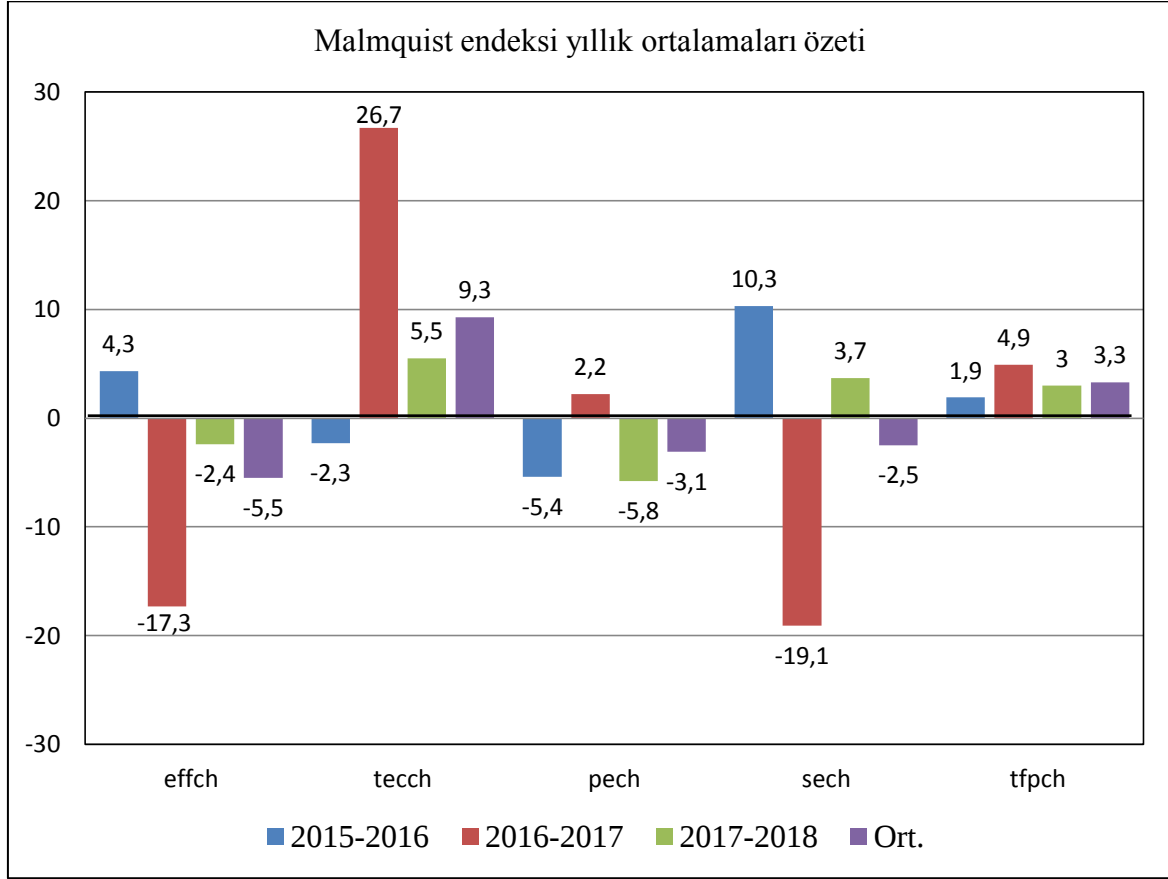
Şekil 6.4. incelendiğinde, bu dönem 8 firmanın TFV’de gelişim, 4 firmanın TFV değişiminde düşüş gösterdiği görülmektedir. En yüksek TFV gelişimini % 17 oranı ile F AÜF gösterirken, K AÜF % -5,3 oranı ile TFV en büyük düşüşü göstermiştir. TFV’de düşüş gösteren K AÜF’nin düşüş sebebine bakıldığında bunun % -27,5 oranı ile etkinlik değişiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Diğer bir firma olan C AÜF’sinin % 13 oranı ile TFV’de gelişim gösterdiği görülmektedir. Bu firmanın performansının gelişim sebebinin ise etkinlik değişimindeki herhangi bir gelişim olmamasına rağmen, %13 oranı ile teknolojik değişiminden kaynaklandığını değerlendirebiliriz. Yine bu dönem firmaların TFV gelişimi ortalamasına bakıldığında 12 firmanın % 4,9 oranında bir TFV gelişimi gösterdiğini ifade edebiliriz. Bir önceki döneme göre (%1,9) firmalar % 3 oranında daha yüksek performans gelişimi göstermişlerdir. Bir sonraki dönem olan 2017-2018 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi Şekil 6.5’de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. 2017-2018 dönemine ait Malmquist endeksi TFV değişimi

Şekil 6.5. incelendiğinde, bu dönem 11 firma gelişim gösterirken, sadece 1 firmanın TFV değişiminde düşüş yaşadığı görülmektedir. En yüksek TFV gelişimini % 9 oranı ile E AÜF gösterirken, F AÜF % -4,4 oranı ile TFV’de en büyük düşüşü yaşamıştır. TFV’de düşüş gösteren F AÜF’nin düşüş sebebinin % -12,4 oranı ile etkinlik değişiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Bu dönem, en yüksek gelişim gösteren farklı bir firmanın etkinlik değerleri incelendiğinde, E AÜF’si % 9 oranı ile TFV’de olumlu yönde bir gelişim gösterdiği görülmektedir. Bu firmanın verimlilik gelişim sebebinin ise etkinlik değişiminde % -3,5 oranında bir düşüş olmasına rağmen, teknolojik etkinlik değişimindeki %13 oranında yükselişten kaynaklandığını söyleyebiliriz. Yine bu dönemin firmaların TFV gelişimi ortalamasına bakıldığında 12 firmanın %3 oranında bir TFV gelişimi gösterdiğini ifade edebiliriz. Bir önceki döneme göre (%4,9) firmaların TFV değişiminde % -1,9 oranında bir düşüş yaşadığı görülmektedir.

DEAP 2.1 programı yardımı ile AÜF'lerin dönemlere göre TFV değişimi de incelenebilmektedir. Malmquist endeksi dönemlere etkinlik değişimini gösteren özet bilgiler Şekil 6.6'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Malmquist endeksi dönemlere göre etkinlik değişimi

Şekil 6.6. incelendiğinde, Malmquist endeksi yıllara göre TFV ortalama gelişiminin (TFPCH) olumlu yönde gösterdiği görülmektedir. AÜF'lerin TFV gelişimi, 2015-2016 dönemi için ortalama % 1,9 oranında, 2016-2017 dönemi için % 4,9 oranında, 2017-2018 dönemi için ortalama % 3 oranında gerçekleşmiştir. Bu üç dönemin TFV gelişimi ise ortalama % 3,3 oranında olmuştur. 2015-2016 dönemi için TFV ortalama gelişimindeki etken % 4,3 oranındaki etkinlik değişimidir. Bu dönem teknolojik değişim oranında % -2,3 olumsuz yönde değişim göstermiştir. Diğer dönemlerde ise, AÜF'lerin etkinlik değişiminde sırasıyla % -17,3 ve % -2,4 oranlarında düşüş yaşanırken, teknolojik değişimde sırasıyla % 26,7 ve % 5,5 oranında gelişim TFV ortalama gelişiminin olumlu yönde artış göstermesini sağlamıştır.

Malmquist endeksi AÜF'lerin ortalamalarına göre etkinlik değişimi özeti Çizelge 6.8'de sunulmuştur.

Çizelge 6.8. AÜF ortalamalarının Malmquist endeksi özeti

S. No.	Alternatif firmalar	Malmquist endeksi firma ortalamaları özeti				
		Etkinlik değişimi (ED)	Teknolojik etkinlik değişimi (TED)	Saf etkinlik değişimi (SED)	Ölçek etkinlik değişimi (ÖED)	TFV değişimi ortalama
1.	A AÜF	0,965	1,094	1,000	0,965	1,056
2.	B AÜF	0,982	1,061	1,000	0,982	1,042
3.	C AÜF	1,000	1,073	1,000	1,000	1,073
4.	D AÜF	0,932	1,107	0,850	1,097	1,032
5.	AÜF	0,895	1,132	0,901	0,993	1,012
6.	F AÜF	0,935	1,122	0,974	0,960	1,049
7.	G AÜF	0,944	1,109	1,007	0,937	1,046
8.	H AÜF	0,999	1,045	1,000	0,999	1,044
9.	I AÜF	0,959	1,056	0,988	0,971	1,013
10.	J AÜF	0,899	1,125	1,000	0,899	1,011
11.	K AÜF	0,918	1,081	0,976	0,940	0,993
12.	L AÜF	0,914	1,119	0,948	0,964	1,022
Geometrik ortalama		0,945	1,093	0,969	0,975	1,033

Çizelge 6.8. incelendiğinde K akü üretici firması haricinde tüm firmaların 2015-2018 döneminde TFV gelişimi gösterdiği görülmektedir. TFV gelişiminde firmalar 4 yıllık süre içinde ortalama % 3,3 oranında gelişim göstermişlerdir. Gelişim gösteren firmaların TFV gelişim göstermesinin nedenini tüm firmaların teknolojik etkinlik değişiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. 4 yıllık süre boyunca C AÜF etkinlik değişimi % 100 iken diğer tüm firmalar etkinlik değerlerinde verimli performans gösterememiştir. H AÜF ise % 99 oranı ile C AÜF'ye en yakın ortalama etkinlik değerine sahip olduğu görülmektedir. C AÜF hem saf etkinlik değerinde hem de ölçek etkinlik değerinde % 100 etkindir. A, B, C, G, H ve J AÜF değerlerinde % 100 değeri ile saf etkin iken, sadece C ve D AÜF'leri ölçek etkindir. Burada, sadece C ve D AÜF'lerin girdilerini 4 yıl süresince etkin kullandığını söyleyebiliriz.

PDL sözleşmesi yapılacak firmanın belirlenmesinde, 2015-2018 yılları arasında AÜF'lerin gösterdiği performans etkinlik değerleri ile söz konusu firmaların TFV ortalama gelişimi değerleri birlikte ele alınmış ve yapılan değerlendirme sonucu ortaya çıkan AÜF'lerin sıralaması Çizelge 6.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9. Performans değerlerine göre AÜF'lerin sıralanması

Alternatif firmalar	Performans değerlendirmesi						Etkinlik ortalamalarına göre sıralama	
	2015	2016	2017	2018	TFV ortalama			
					Değer	Sıra		
C AÜF	1,000	1,000	1,000	1,000	% 7,3	1.	1.	1,000
H AÜF	1,000	0,980	1,000	0,998	% 4,4	5.	2.	0,995
B AÜF	1,000	1,000	0,969	0,946	% 4,2	6.	3.	0,979
A AÜF	0,865	0,900	0,762	0,778	% 5,6	2.	4.	0,826
L AÜF	0,762	0,850	0,618	0,582	% 2,2	8.	5.	0,695
K AÜF	0,670	0,697	0,506	0,518	%-0,7	12.	6.	0,591
E AÜF	0,631	0,631	0,468	0,451	% 1,2	10	7.	0,538
D AÜF	0,568	0,622	0,489	0,461	% 3,2	7.	8.	0,531
I AÜF	0,516	0,566	0,438	0,456	% 1,3	9.	9.	0,491
J AÜF	0,556	0,581	0,422	0,404	% 1,1	11.	10.	0,484
F AÜF	0,476	0,518	0,445	0,390	% 4,9	3.	11.	0,455
G AÜF	0,469	0,482	0,401	0,394	% 4,6	4.	12.	0,435

Çizelge 6.9. incelendiğinde, AÜF'lerin performans değerlendirme sonucuna göre C AÜF tüm yıllar içinde hem etkin performans gösterdiği, hem de TFV ortalama değişiminde %7,3 oranı ile en yüksek gelişimi oranını elde ederek birinci sırada yer aldığı görülmektedir. H AÜF 2015 ve 2017 yıllarında etkin performans göstermiş diğer yıllarda etkin olamamıştır. Yine aynı şekilde B AÜF 2015 ve 2016 yıllarında etkin olarak faaliyet gösterirken devam eden yıllarda etkin olamamıştır. Diğer firmalar ise tüm yıllarda etkin firmalara göreceli olarak etkin değerlere ulaşamamışlardır. Nicel performans verilerine göre yapılan değerlendirme neticesinde, elde edilen etkinlik ortalama değerlerine göre yapılan sıralama sonucu şu şekilde oluşmuştur:

$$C > H > B > A > L > K > E > D > I > J > F > G$$

Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin olmaları için hangi çıktıları artırmaları ya da hangi girdilerini azaltmaları gerektiğini öğrenebilmek maksadıyla firmaların en son yıl olan 2018 yılı verileri DEAP 2.1 programından faydalanılarak çıktı odaklı hem CCR hem de BCC modeli altında analiz edilmiştir. Analiz sonucu etkinlik skorları Çizelge 6.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. 2018 yılı etkinlik skorları

Alternatif Firmalar	Etkinlik skorları	
	CCR	BCC
A AÜF	0,778	1,000
B AÜF	0,946	1,000
C AÜF	1,000	1,000
D AÜF	0,461	0,614
E AÜF	0,451	0,731
F AÜF	0,390	0,557
G AÜF	0,394	0,633
H AÜF	0,998	1,000
I AÜF	0,456	0,622
J AÜF	0,404	1,000
K AÜF	0,518	0,788
L AÜF	0,582	0,817

Çizelge 6.10. incelendiğinde, CCR modeli ile çıktı odaklı yapılan analizde sadece C AÜF etkin iken BCC modelinde; A, B, C, H ve J AÜF’lerin de etkin çıktığı görülmektedir. AÜF’lere yönelik potansiyel iyileştirme önerileri için önce CCR modeli ile analiz yapılmış; analiz sonucu modelde etkin olmayan AÜF’ler için hedeflenen girdi değerlerinin ulaşılması zor ya da maliyet açısından anlamsız çıktığı görülmüş, bu nedenle BCC modeli ile de AÜF’ler için potansiyel iyileştirme analizi yapılmıştır. Örneğin, CCR modeli ile yapılan analiz sonucuna göre, etkin olmayan AÜF’lerin akü ürün maliyetinin 2018 yılı fiyatının 400-450TL’den analiz sonucu 70-80 TL sınırına indirmesi mümkün gözükmemektedir. Bu kapsamda, AÜF’ler için 2018 yılı mevcut değerler ile BCC modeline göre çıktı odaklı yapılan analiz sonucu hedeflenen değerler ve potansiyel iyileştirme oranları Çizelge 6.11’de sunulmuştur.

Çizelge 6.11. Alternatif AÜF'ler için potansiyel iyileştirme önerileri

Alter.	Girdi/çıktı değişkenleri		Mevcut değer	Hedef değer	Potansiyel değişim %
A AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	405	405	0
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	174	174	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	388	388	0
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	123,5	123,5	0
B AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	430	430	0
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	743	743	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	2015	2015	0
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	664,3	664,3	0
C AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	445	445	0
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	942	942	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	2701	2701	0
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	981,6	981,6	0
D AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	430	405,7	-6,17
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	187	187	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	247	427,2	72,96
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	84,7	138	62,93
E AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	420	408,86	-2,65
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	165	165	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	199	329	65,64
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	77,6	106,12	36,75
F AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	425	406,27	-4,47
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	171	171	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	191	368	92,67
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	65,6	117,71	79,59
G AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	440	409,71	-6,88
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	163	163	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	184	316	71,74
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	64,7	102,25	57,96
H AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	445	445	0
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	684	684	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	1958	1958	0
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	638,3	638,3	0

Çizelge 6.11. (devam) Alternatif AÜF'ler için potansiyel iyileştirme önerileri

Alter.	Girdi/çıktı değişkenleri		Mevcut değer	Hedef değer	Potansiyel değişim %
I AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	425	407	-4,24
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	169	169	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	221	355	60,6
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	57,2	113,84	99,02
J AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	420	420	0
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	139	139	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	161	161	0
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	55,9	55,9	0
K AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	440	409,71	-6,88
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	163	163	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	242	316	30,58
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	80,6	102,25	26,87
L AÜF	G ₁	Ürün maliyeti (TL)	435	405,21	-6,84
	G ₂	Ücretle çalışanlar ortalaması(kişi)	178	178	0
	Ç ₁	Mlz. hazır bulunuşluk sayısı (adet)	297	400	34,68
	Ç ₂	Üretimden net satış (TL)	104,5	127,97	22,5

Çizelge 6.11. incelendiğinde, 2018 yılı BCC modeline göre, A, B, C, H ve J AÜF'leri etkin olduğu için bu KVB'lere potansiyel iyileştirme önerilerine ihtiyaç bulunmamaktadır. 2018 yılı etkin olmayan firmalar ise, D, E, F, G, I, K VE L AÜF'lerdir. Etkin olmayan firmaların potansiyel iyileştirme oranları incelendiğinde çalışan sayısı faktörü haricinde diğer girdi ve çıktı faktörleri için iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

2018 yılı analiz sonuçlarına göre; D AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 6,17 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 72,96 oranında, net satışını % 62,93 oranında artırması; E AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 2,65 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 65,64 oranında, net satış gelirini % 36,75 oranında artırması; F AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 4,47 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 92,67 oranında, net satışını % 79,59 oranında artırması; G AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 6,88 oranında

azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 71,74 oranında, net satışı gelirini % 57,96 oranında artırması; I AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 4,24 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 60,6 oranında, net satışını % 99,02 oranında artırması; K AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 6,88 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 30,58 oranında, net satış gelirini % 26,87 oranında artırması; L AÜF'nin etkin firmalar arasında yer alabilmesi için ürün maliyetini % 6,84 oranında azaltması, malzeme hazır bulunuşluk sayısını % 34,68 oranında, net satış gelirini % 22,5 oranında artırması gerekmektedir.

6.4. Sezgisel Bulanık Değerlendirmelerin Üç Ayrı Sezgisel Bulanık Birleştirme Operatörü Yardımı ile Birleştirilmesi ve Alternatiflerin Sıralanması

Sezgisel bulanık operatörler yardımı ile alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçimi için 10 uygulama adımı belirlenmiştir. Bu aşamada yapılan işlemler sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

6.4.1. Karar vericilerin ve ölçüt kümesinin belirlenmesi

Daha önce performans değerlendirmesinde ele alınan on iki AÜF belirlenmiştir. Çalışmada kurumu temsilen üç uzman personel karar verici olarak belirlenmiştir. Karar vericilerin temel özelliklerine bakıldığında, PDL yaklaşımı konusunda bilgi sahibi, lojistik alanda görev yapmış, tecrübeli ve kurumda yetki/karar verme sorumluluğu bulunan yöneticilerdir. Karar vericilerin özellikleri Çizelge 6.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Karar verici (KV) özellikleri

ÖZELLİKLERİ	KV ₁	KV ₂	KV ₃
Pozisyonu	Üst düzey yönetici	Üst düzey yönetici	Orta düzey yönetici
Cinsiyet ve yaşı	Bay, 47	Bayan, 39	Bay, 41
İş tecrübesi	24 yıl	18 yıl	19 yıl
Mevcut görev yeri süresi	6 yıl	5 yıl	8 yıl
Tahsili	Yüksek lisans	Yüksek lisans	Ön lisans
Görevi	Pl.Ş./Tedarik Ş.Md.	Komisyon başkanı	Sayman
Değerlendirme süresi	4 gün	6 gün	5 gün

Üç uzman personel tarafından GKV sonucu, AÜF problemi seçimine yönelik olarak 7 nitel ölçüt belirlenmiş ve belirlenen bu ölçütlere ilişkin açıklamalar aşağıda sunulmuştur:

Talep esnekliği (C₁): AÜF'lerin müşteri talep değişikliklerine (yer, miktar ve zaman açısından) göre göstermiş olduğu reaksiyondur.

Müşteri memnuniyeti (C₂): AÜF'lerin kamu kurumuna sunduğu ürün, alım süreci, satış sonrası ve eğitim hizmetlerinden alınan tatmindir.

Çevreye duyarlılık (C₃): AÜF'lerin ürün üretim süreci ve sonrası ambalajların yok edilmesi ve tersine lojistik süreci kapsamında ömrü bitmiş akü atık yönetimindeki gösterdiği duyarlılıktır. Akü kimyasal bir madde ve atık yönetmeliğine göre yok edilmesi ya da geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Firmanın atık uygulamasındaki durumu dikkate alınmıştır.

Hizmet kalitesi (C₄): AÜF'lerin tedarik aşamasından ürünün elden çıkarılması sürecine kadar verdiği hizmetin kurum tarafından istenilen amaca ulaşma derecesidir. Ürünün kuruma teslim edilmesinden elden çıkarılmasına kadar olan süreçte sözleşme hükümlerine göre alınan hizmet değeri açısından değerlendirilmiştir.

Müşteri elde tutma becerisi (C₅): AÜF'lerin ürününe yönelik talep sürekliliğini sağlama çabasıdır. AÜF'lerin kamu kurumunu elde tutma isteğindeki göstermiş olduğu tutum ve davranışlar açısından değerlendirilmiştir.

Marka imajı (C₆): AÜF'lerin markasının tanıtımı, kendisini geliştirmesi ve pazarda göstermiş olduğu kendini tanıtım çaba ve isteğidir. Kamu kurumu açısından geçmiş dönemlerde elde edilen farklı tecrübe ve deneyimler sonucu markalara yönelik zihinlerde oluşan resim dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Güvenilirlik(C₇): Bir sistemin verilen bir görevi belirli bir zaman ve koşulda arızasız olarak icra edebilme olasılığıdır. AÜF'lerin teslim ettiği ürünün yüksek oranda ve uzun süre arızasız olarak çalışması dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

6.4.2. Alternatiflerin karar vericiler tarafından sezgisel bulanık ifadeler ile değerlendirilmesi

Kurumun lojistik veri tabanı olan Lojistik Bilgi Sistemi (LBS)’nde yer alan akü malzemesine ait üretici firma verileri 2011 yılından itibaren detaylı ve sayısal olarak ürün bilgi paketi şeklinde (ihale sürecinde teslim edilen belgeler, sipariş miktarı, teslim zamanı, teslimat miktarındaki doğruluk, iade cevap süresi, üretici firma promosyonları, üretici firma yetkililerinin iletişim bilgileri, karşılaşılan şikâyetler, ürünün sevkiyatındaki ambalaj durumu, yer değişikliği bildirimleri, sipariş miktarındaki esneklik rakamları, arızalı miktar, iade süreci tarih ve zamanı, yardımcı yayınlar, kullanım kılavuzu ve garanti belgesi, satış sonrası hizmetlere ait eğitim desteği) veri tabanında saklanmaya başlanmıştır. Karar vericiler, LBS veri tabanında yer alan bu bilgileri, iş tecrübesi ve görev süresince karşılaştığı olayları da dikkate alarak AÜF’leri sezgisel bulanık dilsel yargılar ile değerlendirmişlerdir. Uzman karar vericilerin alternatifleri ölçütler açısından değerlendirmede faydalanan sezgisel bulanık dilsel ifadeler ile bunlara karşılık gelen sezgisel bulanık sayılar Çizelge 6.13’de belirtilmiştir (Zhang ve Lui, 2011).

Çizelge 6.13. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler

Dilsel İfadeler	$(\mu; \quad \nu; \quad \pi)$
Mükemmel (M)	(1; 0; 0)
Oldukça iyi (OI)	(0,90; 0,10; 0,00)
Çok iyi (Çİ)	(0,80; 0,10; 0,10)
İyi (İ)	(0,70; 0,20; 0,10)
Biraz iyi (Bİ)	(0,60; 0,30; 0,10)
Orta (O)	(0,50; 0,40; 0,10)
Biraz kötü (BK)	(0,40; 0,50; 0,10)
Kötü (K)	(0,25; 0,60; 0,15)
Çok kötü (ÇK)	(0,10; 0,75; 0,15)
Oldukça kötü (OK)	(0,10; 0,90; 0,00)

Alternatiflerin ölçütler açısından aldıkları sezgisel bulanık değerlendirmeler yıl sırasına göre Çizelge 6.14, Çizelge 6.15, Çizelge 6.16 ve Çizelge 6.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.14. KV'lerin 2015 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi

	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnuniyeti (C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
Alternatif	KV ₁						
A AÜF	O	Bİ	İ	Oİ	İ	O	İ
B AÜF	Bİ	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Bİ	İ
C AÜF	Bİ	İ	O	İ	İ	Çİ	İ
D AÜF	BK	Bİ	Çİ	Bİ	O	BK	İ
E AÜF	O	BK	Bİ	Bİ	BK	O	Bİ
F AÜF	BK	Bİ	O	O	O	BK	O
G AÜF	Bİ	İ	BK	İ	Çİ	Bİ	Bİ
H AÜF	O	Bİ	İ	İ	O	Bİ	İ
I AÜF	O	Bİ	O	Bİ	Çİ	BK	Bİ
J AÜF	Bİ	O	BK	O	O	BK	O
K AÜF	O	Bİ	BK	BK	BK	O	O
L AÜF	Bİ	İ	Bİ	Bİ	O	Bİ	O
Alternatif	KV ₂						
A AÜF	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Bİ	O	Bİ
B AÜF	O	Bİ	O	Bİ	O	Bİ	Bİ
C AÜF	Bİ	Bİ	İ	Çİ	O	İ	İ
D AÜF	İ	Bİ	Çİ	İ	O	Bİ	Bİ
E AÜF	Bİ	BK	Bİ	Bİ	BK	Bİ	O
F AÜF	BK	O	Bİ	BK	BK	O	BK
G AÜF	Bİ	İ	Çİ	İ	İ	Bİ	Bİ
H AÜF	BK	İ	İ	Bİ	BK	İ	O
I AÜF	Bİ	O	O	O	Çİ	İ	Bİ
J AÜF	İ	BK	Bİ	O	O	O	Bİ
K AÜF	Bİ	O	O	BK	İ	Bİ	O
L AÜF	İ	İ	İ	O	Bİ	İ	Bİ
Alternatif	KV ₃						
A AÜF	Bİ	Bİ	O	Bİ	Bİ	Bİ	O
B AÜF	İ	Bİ	Bİ	O	Bİ	İ	İ
C AÜF	BK	Bİ	Bİ	İ	O	İ	Bİ
D AÜF	Bİ	Bİ	İ	İ	İ	Bİ	İ
E AÜF	Bİ	BK	Çİ	Bİ	İ	BK	O
F AÜF	BK	BK	BK	Bİ	BK	O	O
G AÜF	O	Bİ	BK	O	İ	Bİ	İ
H AÜF	İ	İ	Bİ	İ	Bİ	İ	Bİ
I AÜF	K	K	BK	BK	BK	BK	BK
J AÜF	O	Bİ	BK	BK	O	OK	BK
K AÜF	Bİ	BK	ÇK	BK	İ	O	BK
L AÜF	O	O	Bİ	İ	O	O	O

Çizelge 6.15. KV'lerin 2016 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi

	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnuniyeti (C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
Alternatif	KV ₁						
A AÜF	İ	İ	O	İ	Çİ	Bİ	Bİ
B AÜF	İ	Bİ	Bİ	O	O	İ	Bİ
C AÜF	Çİ	Çİ	İ	İ	Bİ	Çİ	İ
D AÜF	Bİ	İ	Çİ	O	O	Bİ	Bİ
E AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	O	Bİ
F AÜF	O	BK	O	BK	O	BK	BK
G AÜF	Bİ	Bİ	BK	İ	Çİ	Bİ	O
H AÜF	İ	İ	Bİ	Bİ	Bİ	Çİ	İ
I AÜF	Bİ	İ	BK	BK	İ	Bİ	O
J AÜF	İ	O	BK	O	Bİ	BK	O
K AÜF	İ	Bİ	BK	O	O	BK	Bİ
L AÜF	Bİ	İ	Bİ	Bİ	O	İ	O
Alternatif	KV ₂						
A AÜF	Bİ	Bİ	O	Bİ	Bİ	İ	O
B AÜF	İ	İ	Bİ	Çİ	İ	Çİ	İ
C AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	İ	O	İ	Bİ
D AÜF	Bİ	Bİ	Çİ	İ	O	Bİ	Bİ
E AÜF	Bİ	O	İ	Bİ	Bİ	Bİ	O
F AÜF	Bİ	BK	O	BK	Bİ	BK	BK
G AÜF	O	İ	Çİ	Bİ	İ	O	Bİ
H AÜF	İ	BK	O	Bİ	İ	O	O
I AÜF	İ	BK	O	Bİ	İ	O	O
J AÜF	O	BK	Bİ	BK	O	BK	O
K AÜF	BK	Bİ	O	Bİ	O	BK	İ
L AÜF	Bİ	BK	Bİ	O	BK	Çİ	Bİ
Alternatif	KV ₃						
A AÜF	O	O	O	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
B AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	İ	O	İ	O
C AÜF	Çİ	Bİ	İ	İ	Bİ	Çİ	İ
D AÜF	İ	İ	Çİ	İ	İ	İ	Bİ
E AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	O	İ	Bİ	O
F AÜF	BK	O	BK	BK	BK	BK	BK
G AÜF	Bİ	Bİ	BK	Bİ	İ	Bİ	Bİ
H AÜF	Çİ	Çİ	İ	Bİ	Çİ	İ	İ
I AÜF	İ	Bİ	O	Bİ	Çİ	İ	Bİ
J AÜF	Bİ	Bİ	O	Bİ	İ	BK	BK
K AÜF	Bİ	BK	BK	BK	İ	O	O
L AÜF	İ	O	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ

Çizelge 6.16. KV'lerin 2017 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi

	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnuniyeti (C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
Alternatif	KV ₁						
A AÜF	O	Bİ	O	O	O	Bİ	O
B AÜF	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Bİ	Çİ	Bİ
C AÜF	O	Bİ	BK	İ	İ	İ	İ
D AÜF	O	İ	Bİ	Bİ	O	Bİ	Bİ
E AÜF	O	BK	Bİ	Bİ	BK	O	O
F AÜF	BK	BK	O	BK	BK	BK	BK
G AÜF	Bİ	İ	İ	İ	İ	Bİ	İ
H AÜF	Bİ	O	İ	O	Bİ	Bİ	Bİ
I AÜF	İ	İ	BK	BK	Bİ	İ	O
J AÜF	Bİ	O	BK	O	Bİ	O	BK
K AÜF	Bİ	İ	BK	O	BK	BK	Bİ
L AÜF	İ	İ	Bİ	İ	O	Bİ	İ
Alternatif	KV ₂						
A AÜF	Bİ	O	İ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
B AÜF	İ	O	İ	İ	İ	İ	İ
C AÜF	O	Bİ	Bİ	Bİ	İ	Bİ	İ
D AÜF	O	BK	İ	Çİ	Bİ	Bİ	İ
E AÜF	O	O	O	BK	BK	BK	Bİ
F AÜF	BK	BK	O	O	Bİ	O	O
G AÜF	İ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	Bİ	Bİ
H AÜF	İ	Bİ	İ	O	İ	İ	İ
I AÜF	Çİ	O	Çİ	İ	Çİ	Bİ	İ
J AÜF	O	O	BK	K	İ	BK	O
K AÜF	BK	BK	O	İ	Bİ	BK	O
L AÜF	İ	O	Bİ	İ	Bİ	Bİ	Bİ
Alternatif	KV ₃						
A AÜF	O	Bİ	Bİ	Bİ	O	O	Bİ
B AÜF	Bİ	İ	İ	İ	İ	Bİ	İ
C AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	Çİ	O	Çİ	İ
D AÜF	O	Bİ	İ	İ	O	İ	İ
E AÜF	O	O	Bİ	Bİ	Bİ	O	Bİ
F AÜF	BK	BK	BK	BK	K	BK	BK
G AÜF	O	İ	Bİ	İ	İ	İ	İ
H AÜF	Bİ	İ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	Çİ
I AÜF	Çİ	İ	BK	O	K	Bİ	Bİ
J AÜF	BK	O	O	BK	K	K	BK
K AÜF	İ	İ	O	BK	Bİ	İ	Bİ
L AÜF	Bİ	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ	İ

Çizelge 6.17. KV'lerin 2018 yılı için AÜF'leri dilsel ifadeler ile değerlendirmesi

	Talep esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnuniyeti (C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
Alternatif	KV ₁						
A AÜF	Bİ	O	İ	İ	Çİ	Bİ	İ
B AÜF	O	O	Bİ	İ	Bİ	İ	Çİ
C AÜF	Bİ	Çİ	İ	İ	İ	İ	Çİ
D AÜF	Bİ	O	İ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ
E AÜF	İ	Bİ	O	Bİ	O	Bİ	Bİ
F AÜF	O	O	Bİ	O	BK	BK	BK
G AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	İ	Bİ	İ	İ
H AÜF	O	İ	İ	İ	O	Çİ	Çİ
I AÜF	Bİ	İ	BK	İ	Bİ	Bİ	İ
J AÜF	O	O	O	O	BK	O	BK
K AÜF	O	Bİ	Bİ	BK	O	O	Bİ
L AÜF	Bİ	İ	İ	İ	Bİ	İ	İ
Alternatif	KV ₂						
A AÜF	İ	Bİ	Bİ	İ	Çİ	İ	Çİ
B AÜF	İ	İ	İ	İ	Çİ	İ	Çİ
C AÜF	Bİ	İ	İ	İ	Bİ	Çİ	Çİ
D AÜF	Bİ	Çİ	İ	Çİ	İ	İ	İ
E AÜF	BK	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	Çİ
F AÜF	O	O	BK	O	O	BK	O
G AÜF	O	Bİ	İ	İ	Çİ	İ	İ
H AÜF	Bİ	Bİ	Bİ	Bİ	O	İ	İ
I AÜF	O	Çİ	Çİ	İ	İ	Çİ	Çİ
J AÜF	BK	BK	BK	Bİ	O	Bİ	O
K AÜF	BK	Bİ	Bİ	Bİ	İ	İ	İ
L AÜF	O	İ	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ
Alternatif	KV ₃						
A AÜF	O	İ	Bİ	Bİ	Oİ	Bİ	Çİ
B AÜF	O	Bİ	İ	Bİ	İ	Bİ	İ
C AÜF	İ	İ	İ	İ	İ	İ	Çİ
D AÜF	İ	Bİ	Oİ	Çİ	O	Bİ	İ
E AÜF	O	O	Çİ	Bİ	Bİ	O	Bİ
F AÜF	Bİ	O	Bİ	O	Bİ	BK	BK
G AÜF	O	O	Bİ	Bİ	İ	O	İ
H AÜF	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ	İ	İ
I AÜF	O	O	Çİ	O	O	Bİ	Bİ
J AÜF	BK	O	O	BK	BK	BK	O
K AÜF	Bİ	İ	O	Bİ	Bİ	İ	Bİ
L AÜF	O	Bİ	İ	İ	Bİ	Bİ	Bİ

AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler sırasıyla 2015 yılı Çizelge 6.18'de, 2016 yılı Çizelge 6.19'da, 2017 yılı Çizelge 6.20'de, 2018 yılı Çizelge 6.21'de verilmiştir.

Çizelge 6.18. 2015 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler

KV ₁	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,9; 0,1; 0)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
B AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
H AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
J AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
L AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)

KV ₂	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
B AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
H AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
I AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
J AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
K AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
L AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

KV ₃	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
B AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
D AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
G AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
I AÜF	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
J AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,1; 0,9; 0)	(0,4; 0,5; 0,1)
K AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,1; 0,75; 0,15)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
L AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

Çizelge 6.19. 2016 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler

KV ₁	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
B AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
C AÜF	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
H AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
J AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
L AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)

KV ₂	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
B AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
D AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
F AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
H AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
I AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
J AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
L AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

KV ₃	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
B AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
C AÜF	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
H AÜF	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
J AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
K AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
L AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

Çizelge 6.20. 2017 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler

KV ₁	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
B AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
C AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
I AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
J AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
K AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
L AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)

KV ₂	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
B AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
G AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
H AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
J AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
L AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

KV ₃	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
B AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
D AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
I AÜF	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
J AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,25; 0,6; 0,15)	(0,4; 0,5; 0,1)
K AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
L AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)

Çizelge 6.21. 2018 yılı AÜF'lerin ölçütler açısından aldığı sezgisel bulanık değerler

KV ₁	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
B AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
D AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
E AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
I AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
J AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
K AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
L AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)

KV ₂	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
B AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
C AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
D AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
F AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
G AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
J AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
L AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

KV ₃	Talep Esnekliği (C ₁)	Müşteri Memnun.(C ₂)	Çevreye Duyarlılık (C ₃)	Hizmet Kalitesi (C ₄)	Müş. Elde Tut. (C ₅)	Marka İmajı (C ₆)	Güvenilirlik (C ₇)
	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)	(μ ; v ; π)
A AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,9; 0,1; 0)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
B AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
C AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)
D AÜF	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,9; 0,1; 0)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
E AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
F AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)
G AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
H AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)
I AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,8; 0,1; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
J AÜF	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,4; 0,5; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)
K AÜF	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)
L AÜF	(0,5; 0,4; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,7; 0,2; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)	(0,6; 0,3; 0,1)

6.4.3. Ölçüt, karar verici ve yılların sezgisel bulanık ağırlıklarının belirlenmesi

Karar vericiler her bir ölçütün farklı önem derecelerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Karar vericilerin ölçüt önem ağırlıklarını belirlemedeki yargı ve tercihlerinin aynı yönde olması nedeniyle ölçüt ağırlıkları ayrı ayrı değerlendirilmemiş grup karar verme sonucu ortak bir değerlendirme sonucu elde edilmiştir. Aynı zamanda ölçütlerin birbirinden bağımsız olmadığı ve ölçütler arasındaki etkileşimin de dikkate alındığı IFCI operatörü ile etkileşimli ölçüt önem ağırlıkları kombinasyonu da hesaplanmıştır. Bu değerler IFCI operatörü ile hesaplama adımıda gösterilmiştir. Ölçüt önem ağırlıkları ikili karşılaştırmaya imkân tanıyan bulanık AHS yöntemi ile hesaplanmıştır. Karar vericiler ölçütleri dilsel ifadeler ile değerlendirilmiştir. Karar vericilerin ölçütleri ikili karşılaştırma yolu ile değerlendirmede kullandıkları dilsel ifadeler Çizelge 6.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.22. İkili karşılaştırma için kullanılan dilsel ifadeler (Takahagi, 2008)

Dilsel Terimler	Kısaltması	Skor Değeri
Kesinlikle tercih edilir (Absolutely More Preferred)	AB	9
Oldukça kuvvetli tercih edilir (Very Preferred)	VP	8
Çok kuvvetli tercih edilir (Very Strongly more Preferred)	VS	7
Kuvvetli tercih edilir (Strongly Preferred)	SP	6
Daha az kuvvetli tercih edilir (Strongly More Preferred)	ST	5
Zayıf tercih edilir (Weakly Preferred)	WP	4
Daha zayıf tercih edilir (Weakly More Preferred)	WK	3
Eşit olarak tercih edilir (Equally Preferred)	EP	2
Daha az eşit tercih edilir (Equally More Preferred)	EQ	1

Ölçüt önem ağırlıklarının bulanık AHS yöntemi ile hesaplamalarında, Takahagi (2000) tarafından geliştirilen bulanık integral tabanlı Choquet integrali CGI yazılım sisteminden faydalanılmıştır. Çalışmada, CGI yazılım sistemi kullanılarak bulanık ölçek değeri ile sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesi hesaplanmıştır. Ölçütlerin etkileşimini dikkate alan sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kombinasyonları IFCI operatörü adımıda gösterilmiştir. Karar vericilerin ölçütleri önem ağırlıklarını belirlemek üzere yapmış olduğu tercihlere göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 6.23’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.23. İkili karşılaştırma matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
C ₁	1	4	5	3	6	7	0,5
C ₂	0,25	1	2	0.5	3	4	0,25
C ₃	0,2	0,5	1	0,3333	2	3	0,2
C ₄	0,3333	2	3	1	4	5	0,3333
C ₅	0,1667	0,3333	0.5	0,25	1	2	0,1667
C ₆	0,1429	0,25	0,3333	0.2	0,5	1	0,1429
C ₇	2	4	5	3	6	7	1

İkili karşılaştırmaların tutarlılık indeksi (Consistency Index- CI) = 0,0427 hesaplanmıştır. CGI sistemine göre hesaplanan bu değerin 0,15 değerinden küçük olması gerekmektedir. Karar vericiler tarafından ikili karşılaştırma sonucu yapılan değerlendirme neticesinde elde edilen ölçüt önem ağırlık değerleri Çizelge 6.24’de sunulmuştur.

Çizelge 6.24. Ölçütlerin bulanık önem ağırlıkları (w_j)

ÖLÇÜTLER (j)		w_j
Talep Esnekliği	C ₁	0.2815
Müşteri Memnuniyeti	C ₂	0.0956
Çevreye Duyarlılık	C ₃	0.0629
Hizmet Kalitesi	C ₄	0.1445
Müşteri Elde Tutma Becerisi	C ₅	0.0419
Marka İmajı	C ₆	0.0294
Güvenilirlik	C ₇	0.3439

Çizelge 6.24. incelendiğinde, en önemli ölçütün 0,3439 bulanık önem değeri ile güvenilirlik olduğu görülmektedir. Bu ölçütü sırasıyla, 0,2815 bulanık önem değeri ile talep esnekliği ve 0,1445 bulanık önem değeri ile hizmet kalitesi takip etmektedir. Ölçütler arasında önem sıralamasında en son gelen ölçüt 0,0294 bulanık önem değeri ile marka imajı ölçütüdür. Alternatifleri belirlenen ölçütler açısından değerlendiren karar vericiler, lojistik alanda farklı statüde bilgi birikimine ve tecrübeye sahip, karar verme bakımından yetkilendirilmiş kişilerdir.

Karar vericilerin kurum tecrübeleri, görev alan ve fonksiyonları bakımından farklı önem ağırlıkları ile temsil edilmelerini gerektirmiştir. Karar vericilerin önem ağırlıklarını belirlemek için dilsel terimler (Zhang ve Lui, 2011) sezgisel bulanık sayılarla ifade edilmiş ve Çizelge 6.25’de verilmiştir.

Çizelge 6.25. KV’lerin önem derecelerini belirlemede kullanılan dilsel ifadeler

Dilsel İfade	Sezgisel Bulanık Sayı (SBS)		
	$(\mu;$	$v;$	$\pi)$
Çok önemli (ÇÖ)	(0,90;	0,10;	0,00)
Önemli (Ö)	(0,75;	0,20;	0,05)
Orta (O)	(0,50;	0,40;	0,10)
Az önemli (AÖ)	(0,35;	0,60;	0,05)
Çok az önemli (ÇAÖ)	(0,10;	0,90;	0,00)

Karar vericilerin ($k=1, 2$ ve 3) önem ağırlığını gösteren $\delta_k = (\mu ; v; \pi)$ bir sezgisel bulanık sayı ise k ’ncı karar vericinin ağırlığı eşitlik 5.1’e göre hesaplanmıştır.

$$\delta_{KV_1} = \frac{\left(0,90 + 0,00 \left(\frac{0,90}{0,90+0,10}\right)\right)}{\left(0,90 + 0,00 \left(\frac{0,90}{0,90+0,10}\right)\right) + \left(0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{0,75+0,20}\right)\right) + \left(0,50 + 0,10 \left(\frac{0,50}{0,50+0,40}\right)\right)}$$

$$= 0,40 \quad (6.1)$$

$$\delta_{KV_2} = \frac{\left(0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{0,75+0,20}\right)\right)}{\left(0,90 + 0,00 \left(\frac{0,90}{0,90+0,10}\right)\right) + \left(0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{0,75+0,20}\right)\right) + \left(0,50 + 0,10 \left(\frac{0,50}{0,50+0,40}\right)\right)}$$

$$= 0,35 \quad (6.2)$$

$$\delta_{KV_3} = \frac{\left(0,50 + 0,10 \left(\frac{0,50}{0,50+0,40}\right)\right)}{\left(0,90 + 0,00 \left(\frac{0,90}{0,90+0,10}\right)\right) + \left(0,75 + 0,05 \left(\frac{0,75}{0,75+0,20}\right)\right) + \left(0,50 + 0,10 \left(\frac{0,50}{0,50+0,40}\right)\right)}$$

$$= 0,25 \quad (6.3)$$

Karar vericilerin önem dereceleri dilsel ifadeyle ve önem ağırlıkları sezgisel bulanık sayılar ile Çizelge 6.26’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.26. KV’lerin önem ağırlıkları δ_k

Karar Verici (k)	Dilsel İfade	$(\mu;$	$v;$	$\pi)$	δ_k
KV ₁	ÇÖ	(0,90;	0,10;	0,00)	0,40
KV ₂	Ö	(0,75;	0,20;	0,05)	0,35
KV ₃	O	(0,50;	0,40;	0,10)	0,25

Karar vericiler tarafından 2015, 2016, 2017 ve 2018 yılları (t=1, 2, 3 ve 4) önem ağırlıklarına ilişkin yapılan değerlendirme sonucuna göre, en yakın yıla ait değerlerin daha önemli olduğu varsayımından hareketle yıllara ait önem değerleri $\alpha_{(t)}$ Çizelge 6.27’de belirlenmiştir.

Çizelge 6.27. Yılların önem ağırlıkları α_t

α_{t_1}	α_{t_2}	α_{t_3}	α_{t_4}
0,10	0,20	0,30	0,40

6.4.4. Karar verici değerlendirmelerinin IFWA operatörü ile birleştirilmesi

Alternatif akü üreticisi firmalarının üç uzman karar verici tarafından 7 nitel ölçüt açısından sezgisel bulanık sayılar ile her yıl için ayrı ayrı yapmış olduğu değerlendirme sonucu oluşan 3 farklı sezgisel bulanık karar matrisi yıl bazında birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi için Eş. 4.19’da yer alan IFWA operatöründen faydalanılmıştır. Bu adımda, karar verici ağırlıkları hesaplamaya dâhil edilmiştir. Birleştirilmiş karar matrisinin her bir eleman değerinin IFWA operatörü yardımı ile nasıl hesaplandığını göstermek için 2015 yılı birleştirilmiş ilk elemanına ait sezgisel bulanık değerler aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir. Karar vericilerin her yıl için ayrı ayrı değerlendirmelerinin yıl bazında birleştirilmesi sonucu oluşan birleştirilmiş sezgisel bulanık karar matrisi (R (t₁), R (t₂), R (t₃) ve R (t₄)) sırasıyla 2015 yılı Çizelge 6.28’de, 2016 yılı Çizelge 6.29’da, 2017 yılı Çizelge 6.30’da, 2018 yılı Çizelge 6.31’de gösterilmiştir.

$$\mu_{11} = 1 - ((1 - 0,50)^{0,40} \times (1 - 0,60)^{0,35} \times (1 - 0,60)^{0,25}) = 0,563 \quad (6.4)$$

$$v_{11} = ((0,40)^{0,40} \times (0,30)^{0,35} \times (0,30)^{0,25}) = 0,337 \quad (6.5)$$

$$\pi_{11} = 1 - 0,563 - 0,337 = 0,100 \quad (6.6)$$

Çizelge 6.28. KV'lere ait değerlendirmelerin 2015 yılı bazında birleştirilmesi R(t₁)

Birleştirilmiş R(t ₁)			2015 Yılı		
	(C ₁)	(C ₂)	(C ₃)	(C ₄)	
	(μ; v; π)	(μ; v; π)	(μ; v; π)	(μ; v; π)	
A AÜF	(0,563; 0,337; 0,100)	(0,638; 0,260; 0,101)	(0,623; 0,274; 0,103)	(0,770; 0,193; 0,036)	
B AÜF	(0,598; 0,300; 0,103)	(0,600; 0,300; 0,100)	(0,615; 0,282; 0,103)	(0,577; 0,322; 0,101)	
C AÜF	(0,557; 0,341; 0,102)	(0,643; 0,255; 0,101)	(0,605; 0,292; 0,103)	(0,740; 0,157; 0,103)	
D AÜF	(0,575; 0,319; 0,106)	(0,600; 0,300; 0,100)	(0,779; 0,119; 0,102)	(0,663; 0,235; 0,101)	
E AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)	(0,400; 0,500; 0,100)	(0,664; 0,228; 0,108)	(0,600; 0,300; 0,100)	
F AÜF	(0,400; 0,500; 0,100)	(0,521; 0,377; 0,102)	(0,516; 0,382; 0,102)	(0,496; 0,402; 0,102)	
G AÜF	(0,577; 0,322; 0,101)	(0,678; 0,221; 0,101)	(0,592; 0,285; 0,124)	(0,659; 0,238; 0,103)	
H AÜF	(0,531; 0,364; 0,105)	(0,663; 0,235; 0,101)	(0,678; 0,221; 0,101)	(0,668; 0,230; 0,101)	
I AÜF	(0,488; 0,400; 0,111)	(0,494; 0,395; 0,112)	(0,477; 0,423; 0,100)	(0,521; 0,377; 0,102)	
J AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)	(0,496; 0,402; 0,102)	(0,479; 0,418; 0,102)	(0,477; 0,423; 0,100)	
K AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)	(0,521; 0,377; 0,102)	(0,377; 0,512; 0,111)	(0,400; 0,500; 0,100)	
L AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)	(0,659; 0,238; 0,103)	(0,638; 0,260; 0,101)	(0,598; 0,300; 0,103)	
	(C ₅)	(C ₆)	(C ₇)		
	(μ; v; π)	(μ; v; π)	(μ; v; π)		
A AÜF	(0,643; 0,255; 0,101)	(0,527; 0,372; 0,101)	(0,623; 0,274; 0,103)		
B AÜF	(0,568; 0,332; 0,101)	(0,628; 0,271; 0,101)	(0,668; 0,230; 0,101)		
C AÜF	(0,592; 0,303; 0,104)	(0,745; 0,152; 0,104)	(0,678; 0,221; 0,101)		
D AÜF	(0,560; 0,336; 0,104)	(0,530; 0,368; 0,102)	(0,668; 0,230; 0,101)		
E AÜF	(0,495; 0,398; 0,107)	(0,516; 0,382; 0,102)	(0,543; 0,357; 0,101)		
F AÜF	(0,442; 0,457; 0,100)	(0,462; 0,437; 0,100)	(0,467; 0,432; 0,100)		
G AÜF	(0,745; 0,152; 0,104)	(0,600; 0,300; 0,100)	(0,628; 0,271; 0,101)		
H AÜF	(0,496; 0,402; 0,102)	(0,663; 0,235; 0,101)	(0,615; 0,282; 0,103)		
I AÜF	(0,737; 0,150; 0,114)	(0,529; 0,363; 0,108)	(0,557; 0,341; 0,102)		
J AÜF	(0,500; 0,400; 0,100)	(0,377; 0,536; 0,087)	(0,516; 0,382; 0,102)		
K AÜF	(0,604; 0,289; 0,107)	(0,538; 0,362; 0,101)	(0,477; 0,423; 0,100)		
L AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)	(0,638; 0,260; 0,101)	(0,563; 0,337; 0,101)		

Çizelge 6.29. KV'lere ait değerlendirmelerin 2016 yılı bazında birleştirilmesi R(t₂)

Birleştirilmiş R(t ₂)				2016 Yılı								
	(C ₁)			(C ₂)			(C ₃)			(C ₄)		
	(μ;	ν;	π)	(μ;	ν;	π)	(μ;	ν;	π)	(μ;	ν;	π)
A AÜF	(0,623;	0,274;	0,103)	(0,623;	0,274	0,103)	(0,500;	0,400;	0,100)	(0,643;	0,255;	0,101)
B AÜF	(0,678;	0,221;	0,101)	(0,638;	0,260	0,101)	(0,600;	0,300;	0,100)	(0,681;	0,207;	0,112)
C AÜF	(0,745;	0,147;	0,108)	(0,697;	0,193	0,110)	(0,668;	0,230;	0,101)	(0,700;	0,200;	0,100)
D AÜF	(0,628;	0,271;	0,101)	(0,668;	0,230	0,101)	(0,800;	0,100;	0,100)	(0,632;	0,264;	0,104)
E AÜF	(0,600;	0,300;	0,100)	(0,568;	0,332	0,101)	(0,638;	0,260;	0,101)	(0,577;	0,322;	0,101)
F AÜF	(0,516;	0,382	0,102)	(0,427;	0,473	0,100)	(0,477;	0,423;	0,100)	(0,400;	0,500;	0,100)
G AÜF	(0,568;	0,332;	0,101)	(0,638;	0,260	0,101)	(0,592;	0,285;	0,124)	(0,643;	0,255;	0,101)
H AÜF	(0,729;	0,168;	0,103)	(0,700;	0,194	0,106)	(0,663;	0,235;	0,101)	(0,600;	0,300;	0,100)
I AÜF	(0,663;	0,235;	0,101)	(0,589;	0,305	0,106)	(0,462;	0,437;	0,100)	(0,530;	0,368;	0,102)
J AÜF	(0,615;	0,282;	0,103)	(0,496;	0,402	0,102)	(0,503;	0,395;	0,102)	(0,496;	0,402;	0,102)
K AÜF	(0,589;	0,305;	0,106)	(0,557;	0,341	0,102)	(0,437;	0,462;	0,100)	(0,516;	0,382;	0,102)
L AÜF	(0,628;	0,271;	0,101)	(0,566;	0,328	0,107)	(0,600;	0,300;	0,100)	(0,598;	0,300;	0,103)
	(C ₅)			(C ₆)			(C ₇)					
	(μ;	ν;	π)	(μ;	ν;	π)	(μ;	ν;	π)			
A AÜF	(0,697;	0,193;	0,110)	(0,638;	0,260;	0,101)	(0,568;	0,332;	0,101)			
B AÜF	(0,582;	0,314;	0,104)	(0,740;	0,157;	0,103)	(0,618;	0,280;	0,103)			
C AÜF	(0,568;	0,332;	0,101)	(0,770;	0,127;	0,103)	(0,668;	0,230;	0,101)			
D AÜF	(0,560;	0,336;	0,104)	(0,628;	0,271;	0,101)	(0,600;	0,300;	0,100)			
E AÜF	(0,628;	0,271;	0,101)	(0,563;	0,337;	0,101)	(0,543;	0,357;	0,101)			
F AÜF	(0,516;	0,382;	0,102)	(0,400;	0,500;	0,100)	(0,400;	0,500;	0,100)			
G AÜF	(0,745;	0,152;	0,104)	(0,568;	0,332;	0,101)	(0,563;	0,337;	0,101)			
H AÜF	(0,636;	0,252;	0,112)	(0,718;	0,175;	0,107)	(0,668;	0,230;	0,101)			
I AÜF	(0,729;	0,168;	0,103)	(0,598;	0,300;	0,103)	(0,527;	0,372;	0,101)			
J AÜF	(0,598;	0,300;	0,103)	(0,400;	0,500;	0,100)	(0,477;	0,423;	0,100)			
K AÜF	(0,560;	0,336;	0,104)	(0,427;	0,473;	0,100)	(0,618;	0,280;	0,103)			
L AÜF	(0,531;	0,364;	0,105)	(0,720;	0,174;	0,106)	(0,563;	0,337;	0,101)			

Çizelge 6.30. KV'lere ait değerlendirmelerin 2017 yılı bazında birleştirilmesi R(t₃)

Birleştirilmiş R(t ₃)		2017 Yılı			
	(C ₁)	(C ₂)	(C ₃)	(C ₄)	
	(μ ; ν ; π)	(μ ; ν ; π)	(μ ; ν ; π)	(μ ; ν ; π)	
A AÜF	(0,538; 0,362; 0,101)	(0,568; 0,332; 0,101)	(0,605; 0,292; 0,103)	(0,563; 0,337; 0,101)	
B AÜF	(0,638; 0,260; 0,101)	(0,641; 0,255; 0,104)	(0,663; 0,235; 0,101)	(0,663; 0,235; 0,101)	
C AÜF	(0,527; 0,372; 0,101)	(0,600; 0,300; 0,100)	(0,530; 0,368; 0,102)	(0,700; 0,194; 0,106)	
D AÜF	(0,500; 0,400; 0,100)	(0,589; 0,305; 0,106)	(0,663; 0,235; 0,101)	(0,708; 0,185; 0,108)	
E AÜF	(0,500; 0,400; 0,100)	(0,462; 0,437; 0,100)	(0,568; 0,332; 0,101)	(0,539; 0,359; 0,102)	
F AÜF	(0,400; 0,500; 0,100)	(0,400; 0,500; 0,100)	(0,477; 0,423; 0,100)	(0,437; 0,462; 0,100)	
G AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)	(0,668; 0,230; 0,101)	(0,678; 0,221; 0,101)	(0,740; 0,157; 0,103)	
H AÜF	(0,638; 0,260; 0,101)	(0,593; 0,304; 0,103)	(0,700; 0,200; 0,100)	(0,527; 0,372; 0,101)	
I AÜF	(0,765; 0,132; 0,103)	(0,641; 0,255; 0,104)	(0,592; 0,285; 0,124)	(0,550; 0,343; 0,107)	
J AÜF	(0,521; 0,377; 0,102)	(0,500; 0,400; 0,100)	(0,427; 0,473; 0,100)	(0,397; 0,487; 0,116)	
K AÜF	(0,571; 0,324; 0,105)	(0,618; 0,276; 0,107)	(0,462; 0,437; 0,100)	(0,562; 0,332; 0,106)	
L AÜF	(0,678; 0,221; 0,101)	(0,615; 0,282; 0,103)	(0,628; 0,271; 0,101)	(0,700; 0,200; 0,100)	
	(C ₅)	(C ₆)	(C ₇)		
	(μ ; ν ; π)	(μ ; ν ; π)	(μ ; ν ; π)		
A AÜF	(0,538; 0,362; 0,101)	(0,577; 0,322; 0,101)	(0,563; 0,337; 0,101)		
B AÜF	(0,663; 0,235; 0,101)	(0,726; 0,168; 0,106)	(0,663; 0,235; 0,101)		
C AÜF	(0,659; 0,238; 0,103)	(0,700; 0,194; 0,106)	(0,700; 0,200; 0,100)		
D AÜF	(0,538; 0,362; 0,101)	(0,628; 0,271; 0,101)	(0,663; 0,235; 0,101)		
E AÜF	(0,458; 0,440; 0,102)	(0,467; 0,432; 0,100)	(0,563; 0,337; 0,101)		
F AÜF	(0,450; 0,438; 0,113)	(0,442; 0,457; 0,100)	(0,437; 0,462; 0,100)		
G AÜF	(0,740; 0,157; 0,103)	(0,628; 0,271; 0,101)	(0,668; 0,230; 0,101)		
H AÜF	(0,696; 0,198; 0,106)	(0,696; 0,198; 0,106)	(0,696; 0,198; 0,106)		
I AÜF	(0,633; 0,243; 0,124)	(0,643; 0,255; 0,101)	(0,605; 0,292; 0,103)		
J AÜF	(0,577; 0,310; 0,114)	(0,410; 0,479; 0,111)	(0,437; 0,462; 0,100)		
K AÜF	(0,530; 0,368; 0,102)	(0,495; 0,398; 0,107)	(0,568; 0,332; 0,101)		
L AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)	(0,600; 0,300; 0,100)	(0,668; 0,230; 0,101)		

Çizelge 6.31. KV'lere ait değerlendirmelerin 2018 yılı bazında birleştirilmesi R(t₄)

Birleştirilmiş R(t ₄)			2018 Yılı				
	(C ₁)		(C ₂)		(C ₃)		(C ₄)
	(μ; ν; π)		(μ; ν; π)		(μ; ν; π)		(μ; ν; π)
A AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)		(0,593; 0,304; 0,103)		(0,643; 0,255; 0,101)		(0,678; 0,221; 0,101)
B AÜF	(0,582; 0,314; 0,104)		(0,605; 0,292; 0,103)		(0,663; 0,235; 0,101)		(0,678; 0,221; 0,101)
C AÜF	(0,628; 0,271; 0,101)		(0,745; 0,152; 0,104)		(0,700; 0,200; 0,100)		(0,700; 0,200; 0,100)
D AÜF	(0,628; 0,271; 0,101)		(0,657; 0,229; 0,114)		(0,772; 0,168; 0,060)		(0,736; 0,155; 0,109)
E AÜF	(0,566; 0,328; 0,107)		(0,577; 0,322; 0,101)		(0,632; 0,256; 0,112)		(0,600; 0,300; 0,100)
F AÜF	(0,527; 0,372; 0,101)		(0,500; 0,400; 0,100)		(0,539; 0,359; 0,102)		(0,500; 0,400; 0,100)
G AÜF	(0,543; 0,357; 0,101)		(0,577; 0,322; 0,101)		(0,638; 0,260; 0,101)		(0,678; 0,221; 0,101)
H AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)		(0,668; 0,230; 0,101)		(0,668; 0,230; 0,101)		(0,643; 0,255; 0,101)
I AÜF	(0,543; 0,357; 0,101)		(0,704; 0,187; 0,109)		(0,690; 0,190; 0,120)		(0,659; 0,238; 0,103)
J AÜF	(0,442; 0,457; 0,100)		(0,467; 0,432; 0,100)		(0,467; 0,432; 0,100)		(0,516; 0,382; 0,102)
K AÜF	(0,496; 0,402; 0,102)		(0,628; 0,271; 0,101)		(0,577; 0,322; 0,101)		(0,530; 0,368; 0,102)
L AÜF	(0,543; 0,357; 0,101)		(0,678; 0,221; 0,101)		(0,668; 0,230; 0,101)		(0,700; 0,200; 0,100)
	(C ₅)		(C ₆)		(C ₇)		
	(μ; ν; π)		(μ; ν; π)		(μ; ν; π)		
A AÜF	(0,832; 0,100; 0,068)		(0,638; 0,260; 0,101)		(0,765; 0,132; 0,103)		
B AÜF	(0,708; 0,185; 0,108)		(0,678; 0,221; 0,101)		(0,779; 0,119; 0,102)		
C AÜF	(0,668; 0,230; 0,101)		(0,740; 0,157; 0,103)		(0,800; 0,100; 0,100)		
D AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)		(0,638; 0,260; 0,101)		(0,663; 0,235; 0,101)		
E AÜF	(0,563; 0,337; 0,101)		(0,577; 0,322; 0,101)		(0,686; 0,204; 0,110)		
F AÜF	(0,491; 0,407; 0,102)		(0,400; 0,500; 0,100)		(0,437; 0,462; 0,100)		
G AÜF	(0,708; 0,185; 0,108)		(0,659; 0,238; 0,103)		(0,700; 0,200; 0,100)		
H AÜF	(0,527; 0,372; 0,101)		(0,745; 0,152; 0,104)		(0,745; 0,152; 0,104)		
I AÜF	(0,618; 0,280; 0,103)		(0,686; 0,204; 0,110)		(0,720; 0,174; 0,106)		
J AÜF	(0,437; 0,462; 0,100)		(0,516; 0,382; 0,102)		(0,462; 0,437; 0,100)		
K AÜF	(0,605; 0,292; 0,103)		(0,604; 0,289; 0,107)		(0,638; 0,260; 0,101)		
L AÜF	(0,638; 0,260; 0,101)		(0,643; 0,255; 0,101)		(0,643; 0,255; 0,101)		

6.4.5. Yıllara ait değerlendirmelerin DIFWA operatörü ile birleştirilmesi

Karar vericilerin değerlendirmeleri her yıl için ayrı değerlendirmeleri yıl bazında birleştirilerek her yıl için birleştirilmiş karar matrisi bir önceki adımda yapılmıştır. Bu adımda yıllara ait değerlendirmeler (2015 yılı, 2016 yılı, 2017 yılı ve 2018 yılı) ile yılların ağırlığı Çizelge 6.27'de belirtildiği gibi sırasıyla (0,10; 0,20; 0,30; 0,40) olarak hesaplamaya dâhil edilmiştir. Her bir yıl için elde edilen sezgisel bulanık karar matrisleri Eş. 4.20 yardımı ile birleştirilerek oluşturulan kompleks sezgisel bulanık karar matrisi (R)

Çizelge 6.32’de sunulmuştur. Kompleks sezgisel bulanık karar matrisinin her bir elemanını nasıl hesaplandığını göstermek için birinci alternatifin C_1 ölçütü açısından dört yılın ağırlığı dâhil edilerek aldığı değerler Eş. 4.20 yardımı ile birleştirilmiştir. Bu kapsamda matrisin, ilk sezgisel bulanık değerin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

$$\mu_{11} = 1 - ((1 - 0,563)^{0,10} \times (1 - 0,623)^{0,20} \times (1 - 0,538)^{0,30} \times (1 - 0,618)^{0,30}) = 0,591 \quad (6.7)$$

$$v_{11} = ((0,337)^{0,10} \times (0,274)^{0,20} \times (0,362)^{0,30} \times (0,280)^{0,40}) = 0,307 \quad (6.8)$$

$$\pi_{11} = 1 - 0,591 - 0,307 = 0,102 \quad (6.9)$$

Çizelge 6.32. Kompleks sezgisel bulanık karar matrisi (R)

Yılların birleştirilmesi (R)												
	(C ₁)			(C ₂)			(C ₃)			(C ₄)		
	(μ;	v;	π)	(μ;	v;	π)	(μ;	v;	π)	(μ;	v;	π)
A AÜF	(0,591;	0,307;	0,102)	(0,597;	0,301;	0,102)	(0,604;	0,293;	0,103)	(0,652;	0,255;	0,094)
B AÜF	(0,621;	0,275;	0,103)	(0,622;	0,275;	0,103)	(0,647;	0,251;	0,102)	(0,665;	0,231;	0,104)
C AÜF	(0,623;	0,270;	0,107)	(0,688;	0,206;	0,107)	(0,640;	0,257;	0,104)	(0,704;	0,193;	0,102)
D AÜF	(0,588;	0,310;	0,102)	(0,635;	0,257;	0,109)	(0,751;	0,162;	0,087)	(0,702;	0,189;	0,108)
E AÜF	(0,554;	0,343;	0,103)	(0,527;	0,371;	0,102)	(0,619;	0,274;	0,107)	(0,578;	0,321;	0,101)
F AÜF	(0,477;	0,421;	0,101)	(0,460;	0,440;	0,101)	(0,506;	0,392;	0,102)	(0,462;	0,437;	0,101)
G AÜF	(0,575;	0,323;	0,102)	(0,629;	0,269;	0,102)	(0,638;	0,255;	0,108)	(0,690;	0,207;	0,103)
H AÜF	(0,622;	0,273;	0,105)	(0,654;	0,242;	0,104)	(0,678;	0,221;	0,101)	(0,606;	0,292;	0,102)
I AÜF	(0,644;	0,246;	0,110)	(0,647;	0,244;	0,110)	(0,604;	0,275;	0,122)	(0,591;	0,303;	0,105)
J AÜF	(0,524;	0,373;	0,103)	(0,486;	0,413;	0,101)	(0,464;	0,435;	0,101)	(0,475;	0,420;	0,106)
K AÜF	(0,545;	0,351;	0,104)	(0,602;	0,295;	0,104)	(0,500;	0,398;	0,103)	(0,526;	0,371;	0,104)
L AÜF	(0,612;	0,286;	0,103)	(0,637;	0,259;	0,104)	(0,640;	0,258;	0,101)	(0,672;	0,226;	0,102)
	(C ₅)			(C ₆)			(C ₇)					
	(μ;	v;	π)	(μ;	v;	π)	(μ;	v;	π)			
A AÜF	(0,724;	0,184;	0,092)	(0,611;	0,288;	0,102)	(0,665;	0,226;	0,109)			
B AÜF	(0,659;	0,234;	0,106)	(0,702;	0,194;	0,104)	(0,708;	0,185;	0,107)			
C AÜF	(0,640;	0,257;	0,103)	(0,735;	0,160;	0,105)	(0,738;	0,158;	0,105)			
D AÜF	(0,578;	0,319;	0,103)	(0,623;	0,275;	0,102)	(0,652;	0,246;	0,101)			
E AÜF	(0,542;	0,355;	0,103)	(0,537;	0,361;	0,101)	(0,612;	0,280;	0,108)			
F AÜF	(0,480;	0,416;	0,105)	(0,419;	0,480;	0,100)	(0,433;	0,467;	0,100)			
G AÜF	(0,729;	0,166;	0,105)	(0,627;	0,271;	0,102)	(0,659;	0,239;	0,102)			
H AÜF	(0,604;	0,287;	0,108)	(0,718;	0,176;	0,106)	(0,705;	0,190;	0,105)			
I AÜF	(0,660;	0,227;	0,112)	(0,643;	0,250;	0,107)	(0,639;	0,253;	0,108)			
J AÜF	(0,522;	0,371;	0,107)	(0,450;	0,446;	0,103)	(0,463;	0,436;	0,101)			
K AÜF	(0,574;	0,322;	0,104)	(0,534;	0,359;	0,107)	(0,600;	0,298;	0,102)			
L AÜF	(0,589;	0,308;	0,103)	(0,648;	0,248;	0,104)	(0,629;	0,269;	0,102)			

6.4.6. Skor fonksiyonu ile kesinlik fonksiyonu değerlerinin hesaplanması

Çizelge 6.32’de oluşturulan kompleks sezgisel bulanık karar matrisinin değerlerinin yeniden sıralanması için skor fonksiyon değeri ile kesinlik fonksiyon değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu fonksiyon değerleri Eş. 5.2 yardımı ile hesaplanmış ve bulunan değerler Çizelge 6.33’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.33. Skor fonksiyonu ile kesinlik fonksiyonu değerleri

	S(C ₁)	H(C ₁)	S(C ₂)	H(C ₂)	S(C ₃)	H(C ₃)	S(C ₄)	H(C ₄)	S(C ₅)	H(C ₅)	S(C ₆)	H(C ₆)	S(C ₇)	H(C ₇)
A AÜF	0,284	0,897	0,296	0,898	0,312	0,897	0,397	0,906	0,539	0,908	0,323	0,898	0,438	0,891
B AÜF	0,346	0,897	0,348	0,897	0,395	0,898	0,434	0,896	0,425	0,894	0,508	0,896	0,523	0,893
C AÜF	0,353	0,893	0,482	0,893	0,383	0,896	0,511	0,898	0,383	0,897	0,576	0,895	0,580	0,895
D AÜF	0,278	0,898	0,378	0,891	0,589	0,913	0,513	0,892	0,258	0,897	0,348	0,898	0,406	0,899
E AÜF	0,211	0,897	0,156	0,898	0,344	0,893	0,257	0,899	0,187	0,897	0,176	0,899	0,331	0,892
F AÜF	0,056	0,899	0,020	0,899	0,114	0,898	0,025	0,899	0,064	0,895	-0,061	0,900	-0,034	0,900
G AÜF	0,251	0,898	0,360	0,898	0,383	0,892	0,483	0,897	0,563	0,895	0,356	0,898	0,421	0,898
H AÜF	0,349	0,895	0,411	0,896	0,457	0,899	0,314	0,898	0,317	0,892	0,541	0,894	0,515	0,895
I AÜF	0,397	0,890	0,403	0,890	0,329	0,878	0,288	0,895	0,433	0,888	0,393	0,893	0,386	0,892
J AÜF	0,150	0,897	0,072	0,899	0,029	0,899	0,055	0,894	0,152	0,893	0,004	0,897	0,028	0,899
K AÜF	0,195	0,896	0,307	0,896	0,102	0,897	0,155	0,896	0,253	0,896	0,176	0,893	0,301	0,898
L AÜF	0,326	0,897	0,378	0,896	0,382	0,899	0,447	0,898	0,280	0,897	0,399	0,896	0,360	0,898

6.4.7. Ölçütlere göre alternatiflerin aldığı değerlerin skor ve kesinlik fonksiyonuna göre sıralanması

Skor ve kesinlik fonksiyon değerleri hesaplandıktan sonra, kompleks sezgisel karar matrisi bu değerler dikkate alınarak küçükten büyüğe olacak şekilde tüm alternatifler bazında tekrar sıralanır. Birinci alternatifin nasıl hesaplandığı örnek olarak açıklanmıştır.

Öncelikle X_1 alternatifi için hesaplanan skor fonksiyon değerlerine $S(C_i)$ bakılır. Sıralama; " $C_1 < C_2 < C_3 < C_6 < C_4 < C_7 < C_5$ " şeklinde oluşmaktadır. İlk skor değeri 0,284’tür. Bu hesaplanan değere (0,591;0,307;0,103) sezgisel bulanık değeri karşılık gelmektedir. Bu şekilde skor fonksiyon değerlerine karşılık gelen diğer matris değerleri de küçükten büyüğe sıralanır. Bu kapsamda sezgisel kompleks karar matrisi birinci sıra (alternatif) değerleri yeniden oluşturulur.

Tüm alternatiflerin ölçütler kapsamında aldığı kompleks sezgisel bulanık karar matrisinin hesaplanan skor ve kesinlik fonksiyonlarına göre yeniden sıralanmış hali Çizelge 6.34’de sunulmuştur.

Çizelge 6.34. Yeniden sıralanan kompleks sezgisel bulanık karar matrisi

Yeniden Sıralama												
	(C ₁)			(C ₂)			(C ₃)			(C ₄)		
	(μ ;	v;	π)	(μ ;	v;	π)	(μ ;	v;	π)	(μ ;	v;	π)
A AÜF	(0,591;	0,307;	0,103)	(0,597;	0,301;	0,102)	(0,604;	0,293;	0,103)	(0,611;	0,288;	0,102)
B AÜF	(0,621;	0,275;	0,103)	(0,622;	0,275;	0,103)	(0,647;	0,251;	0,102)	(0,659;	0,234;	0,106)
C AÜF	(0,623;	0,270;	0,107)	(0,640;	0,257;	0,104)	(0,640;	0,257;	0,103)	(0,688;	0,206;	0,107)
D AÜF	(0,578;	0,319;	0,103)	(0,588;	0,310;	0,102)	(0,623;	0,275;	0,102)	(0,635;	0,257;	0,109)
E AÜF	(0,527;	0,371;	0,102)	(0,537;	0,361;	0,101)	(0,542;	0,355;	0,103)	(0,554;	0,343;	0,103)
F AÜF	(0,419;	0,480;	0,100)	(0,433;	0,467;	0,100)	(0,460;	0,440;	0,101)	(0,462;	0,437;	0,101)
G AÜF	(0,575;	0,323;	0,102)	(0,627;	0,271;	0,102)	(0,629;	0,269;	0,102)	(0,638;	0,255;	0,108)
H AÜF	(0,606;	0,292;	0,102)	(0,604;	0,287;	0,108)	(0,622;	0,273;	0,105)	(0,654;	0,242;	0,104)
I AÜF	(0,591;	0,303;	0,105)	(0,604;	0,275;	0,122)	(0,639;	0,253;	0,108)	(0,643;	0,250;	0,107)
J AÜF	(0,450;	0,446;	0,103)	(0,463;	0,436;	0,101)	(0,464;	0,435;	0,101)	(0,475;	0,420;	0,106)
K AÜF	(0,500;	0,398;	0,103)	(0,526;	0,371;	0,104)	(0,534;	0,359;	0,107)	(0,545;	0,351;	0,104)
L AÜF	(0,589;	0,308;	0,103)	(0,612;	0,286;	0,103)	(0,629;	0,269;	0,102)	(0,637;	0,259;	0,104)
	(C ₅)			(C ₆)			(C ₇)					
	(μ ;	v;	π)	(μ ;	v;	π)	(μ ;	v;	π)			
A AÜF	(0,652;	0,255;	0,094)	(0,665;	0,226;	0,109)	(0,724;	0,184;	0,092)			
B AÜF	(0,665;	0,231;	0,104)	(0,702;	0,194;	0,104)	(0,708;	0,185;	0,107)			
C AÜF	(0,704;	0,193;	0,102)	(0,735;	0,160;	0,105)	(0,738;	0,158;	0,105)			
D AÜF	(0,652;	0,246;	0,101)	(0,702;	0,189;	0,108)	(0,751;	0,162;	0,087)			
E AÜF	(0,578;	0,321;	0,101)	(0,612;	0,280;	0,108)	(0,619;	0,274;	0,107)			
F AÜF	(0,477;	0,421;	0,101)	(0,480;	0,416;	0,105)	(0,506;	0,392;	0,102)			
G AÜF	(0,659;	0,239;	0,102)	(0,690;	0,207;	0,103)	(0,729;	0,166;	0,105)			
H AÜF	(0,678;	0,221;	0,101)	(0,705;	0,190;	0,105)	(0,718;	0,176;	0,106)			
I AÜF	(0,644;	0,246;	0,110)	(0,647;	0,244;	0,110)	(0,660;	0,227;	0,112)			
J AÜF	(0,486;	0,413;	0,101)	(0,524;	0,373;	0,103)	(0,522;	0,371;	0,107)			
K AÜF	(0,574;	0,322;	0,104)	(0,600;	0,298;	0,102)	(0,602;	0,295;	0,104)			
L AÜF	(0,640;	0,258;	0,101)	(0,648;	0,248;	0,104)	(0,672;	0,226;	0,102)			

6.4.8. Sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesinin hesaplanması

Sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesinin hesaplanmasında λ ve ξ etkileşim değerlerinden faydalanılır. Etkileşim değerleri, maksimum ölçüt değeri ile minimum ölçüt değerinin karşılaştırılması ile belirlenebilir ya da doğrudan bir etkileşim değeri girilebilir.

Bu çalışmada, karar vericiler tarafından maksimum ölçütün minimum ölçütten 3 kat daha önemli olması üzerinde uzlaşmıştır. Ölçütlerin sezgisel bulanık ağırlıkları kümesinin hesaplanması için CGI sisteminden faydalanılmıştır. Ölçüt kümelerinin sezgisel bulanık ağırlıkları ($g(c_j)$) Çizelge 6.35’de yer almaktadır.

Çizelge 6.35. Alternatifler için ölçüt sezgisel bulanık ağırlıkları kümesi

A AÜF	B AÜF	C AÜF
$g(\{C_5\}) = 0,07$	$g(\{C_7\}) = 0,49$	$g(\{C_7\}) = 0,49$
$g(\{C_5, C_7\}) = 0,54$	$g(\{C_6, C_7\}) = 0,53$	$g(\{C_6, C_7\}) = 0,53$
$g(\{C_4, C_5, C_7\}) = 0,68$	$g(\{C_4, C_6, C_7\}) = 0,67$	$g(\{C_4, C_6, C_7\}) = 0,67$
$g(\{C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,71$	$g(\{C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,71$	$g(\{C_2, C_4, C_6, C_7\}) = 0,75$
$g(\{C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,76$	$g(\{C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,76$	$g(\{C_2, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,79$
$g(\{C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,83$	$g(\{C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,83$	$g(\{C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,83$
$g(\{C_1, C_2, C_3, C_6, C_4, C_7, C_5\}) = 1,00$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_5, C_4, C_6, C_7\}) = 1,00$	$g(\{C_1, C_3, C_5, C_2, C_4, C_6, C_7\}) = 1,00$
D AÜF	E AÜF	F AÜF
$g(\{C_3\}) = 0,11$	$g(\{C_3\}) = 0,11$	$g(\{C_3\}) = 0,11$
$g(\{C_3, C_4\}) = 0,32$	$g(\{C_3, C_7\}) = 0,56$	$g(\{C_3, C_5\}) = 0,17$
$g(\{C_3, C_4, C_7\}) = 0,70$	$g(\{C_3, C_4, C_7\}) = 0,70$	$g(\{C_1, C_3, C_5\}) = 0,54$
$g(\{C_2, C_3, C_4, C_7\}) = 0,78$	$g(\{C_1, C_3, C_4, C_7\}) = 0,91$	$g(\{C_1, C_3, C_4, C_5\}) = 0,68$
$g(\{C_2, C_3, C_4, C_6, C_7\}) = 0,80$	$g(\{C_1, C_3, C_4, C_5, C_7\}) = 0,93$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}) = 0,76$
$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_6, C_7\}) = 0,98$	$g(\{C_1, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,98$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_7\}) = 0,99$
$g(\{C_5, C_1, C_6, C_2, C_7, C_4, C_3\}) = 1,00$	$g(\{C_2, C_6, C_5, C_1, C_4, C_7, C_3\}) = 1,00$	$g(\{C_6, C_7, C_2, C_4, C_1, C_5, C_3\}) = 1,00$
G AÜF	H AÜF	I AÜF
$g(\{C_5\}) = 0,07$	$g(\{C_6\}) = 0,05$	$g(\{C_5\}) = 0,07$
$g(\{C_4, C_5\}) = 0,29$	$g(\{C_6, C_7\}) = 0,53$	$g(\{C_2, C_5\}) = 0,22$
$g(\{C_4, C_5, C_7\}) = 0,68$	$g(\{C_3, C_6, C_7\}) = 0,59$	$g(\{C_1, C_2, C_5\}) = 0,58$
$g(\{C_3, C_4, C_5, C_7\}) = 0,74$	$g(\{C_2, C_3, C_6, C_7\}) = 0,68$	$g(\{C_1, C_2, C_5, C_6\}) = 0,61$
$g(\{C_2, C_3, C_4, C_5, C_7\}) = 0,81$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_6, C_7\}) = 0,90$	$g(\{C_1, C_2, C_5, C_6, C_7\}) = 0,88$
$g(\{C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,83$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_5, C_6, C_7\}) = 0,92$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_5, C_6, C_7\}) = 0,92$
$g(\{C_1, C_6, C_2, C_3, C_7, C_4, C_5\}) = 1,00$	$g(\{C_4, C_5, C_1, C_2, C_3, C_7, C_6\}) = 1,00$	$g(\{C_4, C_3, C_7, C_6, C_1, C_2, C_5\}) = 1,00$
J AÜF	K AÜF	L AÜF
$g(\{C_5\}) = 0,07$	$g(\{C_2\}) = 0,16$	$g(\{C_4\}) = 0,23$
$g(\{C_1, C_5\}) = 0,47$	$g(\{C_2, C_7\}) = 0,60$	$g(\{C_4, C_6\}) = 0,28$
$g(\{C_1, C_2, C_5\}) = 0,58$	$g(\{C_2, C_5, C_7\}) = 0,64$	$g(\{C_3, C_4, C_6\}) = 0,36$
$g(\{C_1, C_2, C_4, C_5\}) = 0,71$	$g(\{C_1, C_2, C_5, C_7\}) = 0,86$	$g(\{C_2, C_3, C_4, C_6\}) = 0,48$
$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}) = 0,76$	$g(\{C_1, C_2, C_5, C_6, C_7\}) = 0,88$	$g(\{C_2, C_3, C_4, C_6, C_7\}) = 0,88$
$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_7\}) = 0,99$	$g(\{C_1, C_2, C_4, C_5, C_6, C_7\}) = 0,97$	$g(\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_6, C_7\}) = 0,98$
$g(\{C_6, C_7, C_3, C_4, C_2, C_1, C_5\}) = 1,00$	$g(\{C_3, C_4, C_6, C_1, C_5, C_7, C_2\}) = 1,00$	$g(\{C_5, C_1, C_7, C_2, C_3, C_6, C_4\}) = 1,00$

6.4.9. Kompleks sezgisel bulanık matrisinin IFCI operatörü ile birleştirilmesi

Kompleks sezgisel bulanık karar matrisi, elde edilen ölçüt sezgisel bulanık ağırlıkları kümesi dâhil edilerek eşitlik 4.25’de gösterilen IFCI operatörü yardımıyla birleştirilmiştir. Hesaplanan sezgisel bulanık değerler Çizelge 6.36’da gösterilmiştir. A AÜF’ye ait IFCI değerleri örnek olarak hesaplanmıştır.

$$A = \left(\begin{array}{c} \left(1 - \left((1 - 0,591)^{(1-0,83)} * (1 - 0,597)^{(0,83-0,76)} * (1 - 0,604)^{(0,76-0,71)} \right. \right. \\ \left. \left. * (1 - 0,611)^{(0,71-0,68)} * (1 - 0,652)^{(0,68-0,54)} * (1 - 0,665)^{(0,54-0,07)} \right) \right)^{0,07} \\ \left((0,307)^{(1-0,83)} * (0,301)^{(0,83-0,76)} * (0,293)^{(0,76-0,71)} * (0,288)^{(0,71-0,68)} \right) \\ \left. * (0,255)^{(0,68-0,54)} * (0,226)^{(0,54-0,07)} * (0,184)^{0,07} \right) \end{array} \right)$$

$$= (0,647; 0,248) \quad (6.10)$$

Çizelge 6.36. IFCI sonuçları

	$(\mu;$	$v;$	$\pi)$
A AÜF	(0,647;	0,248;	0,105)
B AÜF	(0,678;	0,216;	0,106)
C AÜF	(0,705;	0,189;	0,106)
D AÜF	(0,662;	0,234;	0,104)
E AÜF	(0,590;	0,304;	0,106)
F AÜF	(0,467;	0,432;	0,101)
G AÜF	(0,655;	0,241;	0,104)
H AÜF	(0,673;	0,221;	0,106)
I AÜF	(0,639;	0,252;	0,109)
J AÜF	(0,496;	0,401;	0,103)
K AÜF	(0,577;	0,320;	0,103)
L AÜF	(0,639;	0,259;	0,102)

6.4.10. Alternatiflerin sıralanması

IFCI operatörü yardımı ile birleştirilen alternatiflerin aldığı sezgisel bulanık değerlerin bir sıralamasının yapılması için skor ve kesinlik fonksiyon değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Alternatiflerin aldığı sezgisel bulanık değerlerin skor ve kesinlik fonksiyon

değerleri eşitlik 5.2 yardımı ile hesaplanmıştır. Bu adımda AÜF'lerin, hesaplanan skor ve kesinlik fonksiyon değerlerine göre büyük değerden küçüğe olacak şekilde bir sıraya konulmuştur. A AÜF'sinin skor ve kesinlik fonksiyon değerleri örnek olarak hesaplanmıştır.

$$S(A\ddot{U}F_A) = 0,647 - 0,248 = 0,399 ; H(A\ddot{U}F_B) = 0,647 + 0,248 = 0,895 \quad (6.11)$$

Alternatif AÜF'lerin skor ve kesinlik fonksiyon değerlerine göre sıralaması Çizelge 6.37'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.37. Alternatiflerin sıralanması

Firma	$(\mu; \quad v; \quad \pi)$	$S(A\ddot{U}F_i)$	$H(A\ddot{U}F_i)$	Sıralama
C AÜF	(0,705; 0,189; 0,106)	0,516	0,894	1.
B AÜF	(0,678; 0,216; 0,106)	0,462	0,894	2.
H AÜF	(0,673; 0,221; 0,106)	0,453	0,894	3.
D AÜF	(0,662; 0,234; 0,104)	0,428	0,897	4.
G AÜF	(0,655; 0,241; 0,104)	0,415	0,896	5.
A AÜF	(0,647; 0,248; 0,105)	0,399	0,895	6.
I AÜF	(0,639; 0,252; 0,109)	0,387	0,890	7.
L AÜF	(0,639; 0,259; 0,102)	0,380	0,897	8.
E AÜF	(0,590; 0,304; 0,106)	0,286	0,894	9.
K AÜF	(0,577; 0,320; 0,103)	0,258	0,897	10.
J AÜF	(0,496; 0,401; 0,103)	0,095	0,897	11.
F AÜF	(0,467; 0,432; 0,101)	0,035	0,899	12.

Çizelge 6.37. incelendiğinde, skor $S(A\ddot{U}F_i)$ ve kesinlik fonksiyon $H(A\ddot{U}F_i)$ değerlerine göre yapılan değerlendirme sonucuna göre, C akü üreticisi firması en iyi alternatif olduğu görülmektedir. Onu sırasıyla B ve H akü üreticisi firma alternatifi izlemektedir. En kötü değere sahip F akü üreticisi firması sonuncu sırada yer almıştır. Bu sonuca göre AÜF'lerin sıralaması aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

$$C > B > H > D > G > A > I > L > E > K > J > F$$

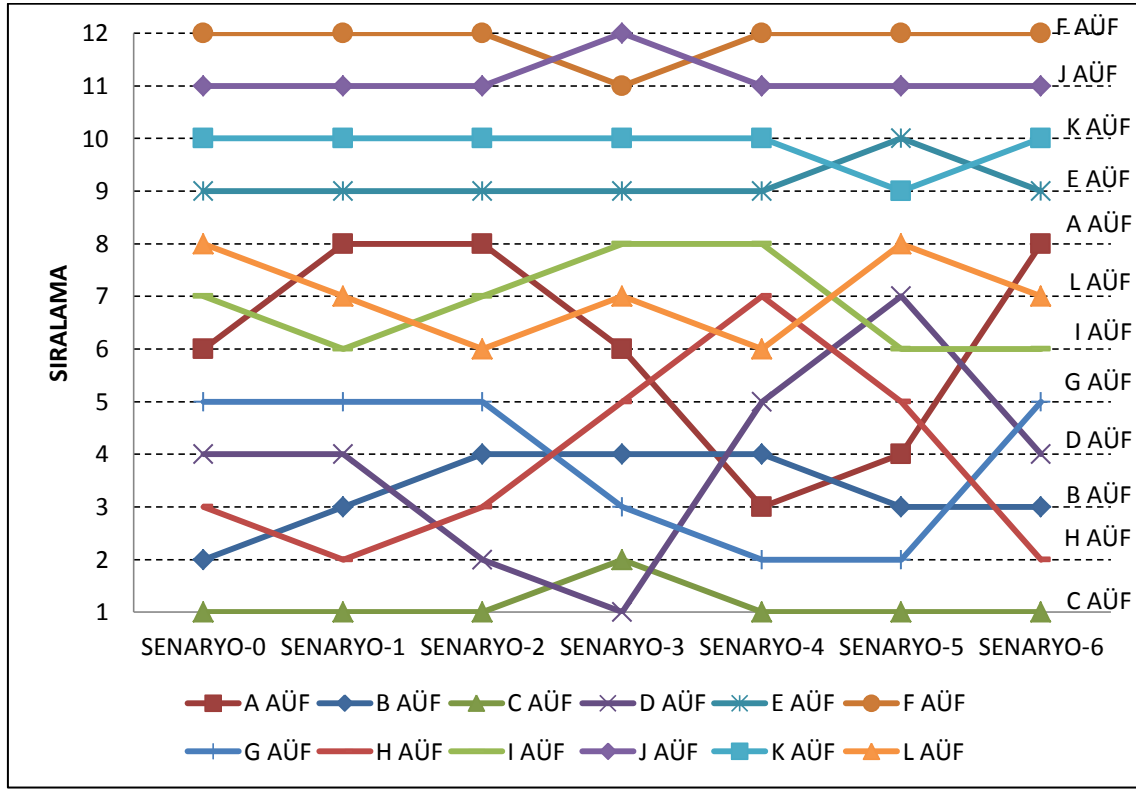
6.4.11. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, sezgisel bulanık ortamdaki hem sezgisel bulanık operatörlerle hem de ÇÖKV teknikleriyle, ölçüt, karar verici, yıl vb. önem ağırlıklarının değişimi ile sıralamanın değişip değişmediğini analiz etmek için yaygın olarak yapılmaktadır. Çalışmada, ilk olarak ölçüt önem ağırlıklarının; ikinci adımda karar verici ağırlıklarının; son olarak ise yılların ağırlıklarının değiştiği durumda duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. İlk adımda sezgisel bulanık ölçüt ağırlıklarının değiştirildiği altı senaryo oluşturulmuştur. Başlangıç senaryosu daha önce orijinal değerlendirmeler sonucu elde edilmiş sezgisel bulanık ölçüt ağırlıklarıdır ve senaryo-0 ile temsil edilmiştir. Diğer altı senaryoda ise önem değerleri sırasıyla değiştirilmiştir. Örneğin, senaryo-3’de, en önemli ölçüt müşteri memnuniyeti, en az önemli ölçüt talep esnekliği ele alınmıştır. Senaryo-4’te ise en önemli ölçüt hizmet kalitesi, en az önemli ölçüt müşteri memnuniyeti ele alınmıştır. Senaryolara göre değiştirilen sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları Çizelge 6.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.38. Senaryolara göre değiştirilen ölçüt önem ağırlıkları

Ölçütler	Senaryo-0	Senaryo-1	Senaryo-2	Senaryo-3	Senaryo-4	Senaryo-5	Senaryo-6
Talep esnekliği	0,281	0,344	0,029	0,042	0,145	0,063	0,096
Müşteri memnuniyeti	0,096	0,281	0,344	0,029	0,042	0,145	0,063
Çevreye duyarlılık	0,063	0,096	0,281	0,344	0,029	0,042	0,145
Hizmet kalitesi	0,145	0,063	0,096	0,281	0,344	0,029	0,042
Müşteriyi elde tutma becerisi	0,042	0,145	0,063	0,096	0,281	0,344	0,029
Marka imajı	0,029	0,042	0,145	0,063	0,096	0,281	0,344
Güvenilirlik	0,344	0,029	0,042	0,145	0,063	0,096	0,281

Alternatif AÜF'lerin 6 farklı senaryo altında yeniden hesaplanan etkileşimli bulanık ölçüt ağırlıkları ile elde edilen sezgisel bulanık değerlendirmelerin IFCI operatörü yardımıyla birleştirilmesi neticesinde elde edilen sıralama Şekil-6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Ölçüt ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması

Şekil 6.7. incelendiğinde, sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları değiştiğinde AÜF'lerin sıralamalarının da değiştiği görülmektedir. Senaryo-1'de, talep esnekliği ve müşteri memnuniyeti ölçütleri, en yüksek önem değerine sahip iki ölçüt kabul edilmiştir. Bu senaryoya göre; C AÜF birinci, H AÜF ikinci ve B AÜF üçüncü sırada yer almıştır. Senaryo-2'de müşteri memnuniyeti ve çevreye duyarlılık ölçütleri, en yüksek önem değerine sahip iki ölçüt kabul edilmiştir. Bu senaryoya göre, C AÜF yine birinci sırada yer almıştır. Ancak, burada D AÜF sıralamada H ve B AÜF'lerden daha iyi performans değerlendirmesi alarak ikinci sırada yer almıştır. Senaryo-3'de çevreye duyarlılık ve hizmet kalitesi ölçütleri, en yüksek önem değerine sahip ölçütler kabul edilmiştir. Bu ölçütlere göre ise, D AÜF daha iyi performans değerlendirmesi elde ederek C AÜF'yi geçmiş ve birinci sırayı elde etmiştir. Burada C AÜF ikinci G AÜF ise üçüncü sırada yer almıştır. Senaryo-4'de, hizmet kalitesi ve müşteriye elde tutma becerisi ölçütleri, en yüksek önem değerine sahip iki ölçüt kabul edilmiştir. Bu senaryoya göre C AÜF birinci, G AÜF

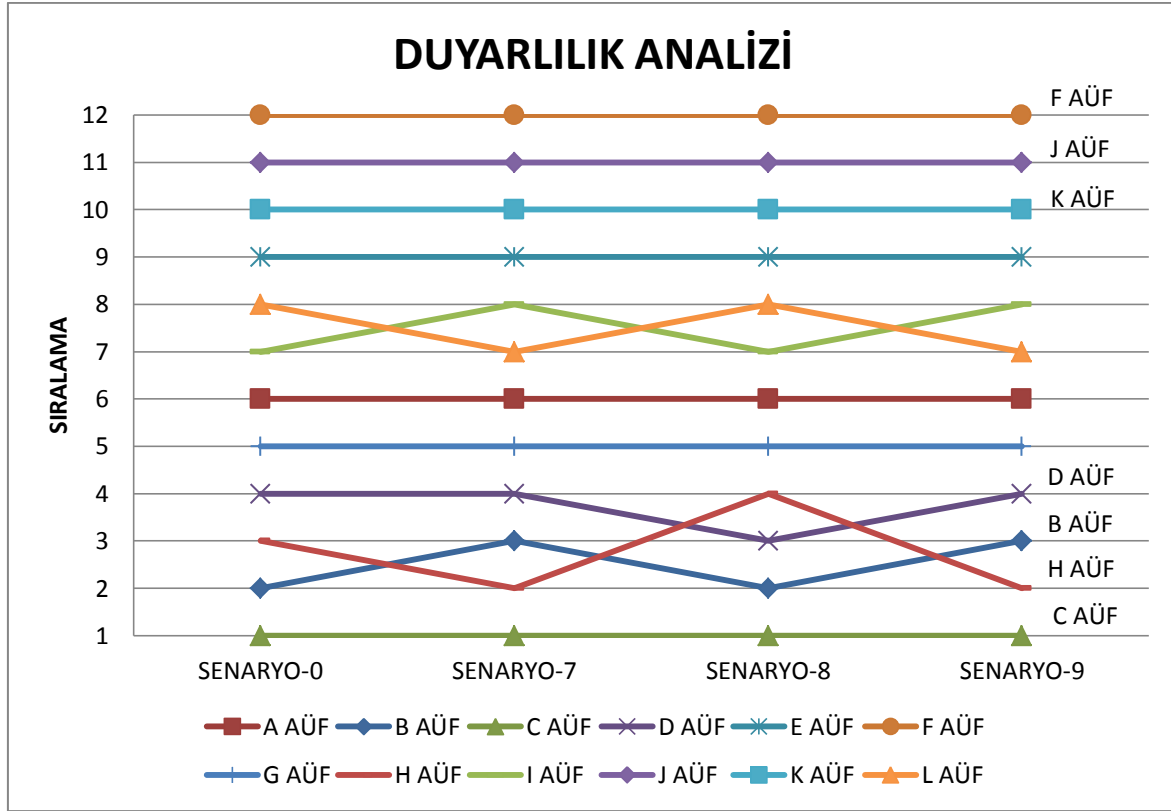
ikinci ve A AÜF üçüncü sırada yer almıştır. Senaryo-5’de müşteriye elde tutma becerisi ve marka imajı ölçütü, en yüksek önem değerine sahip iki ölçüt kabul edilmiştir. Bu senaryoya göre C AÜF yine birinci sırada yer almıştır. Sıralamada G AÜF ikinci ve B AÜF üçüncü sırada yer almıştır. Senaryo-6’da marka imajı ve güvenilirlik ölçütü, en yüksek önem değerine sahip iki ölçüt kabul edilmiştir. Bu ölçütlere göre C AÜF birinci sırayı elde etmiştir. Burada, H AÜF ikinci, B AÜF ise üçüncü sırada yer almıştır. Tüm senaryolara göre yapılan duyarlılık analizine göre, C AÜF senaryo-3 haricinde kalan diğer tüm senaryolarda birinci sırada yer almaktadır. Bunun sebebinin ise C AÜF için, ölçüt önem ağırlıkları değişse bile tüm ölçüt değerlerinde diğer firmalardan daha iyi sezgisel bulanık değerlendirmelere sahip olduğunu söyleyebiliriz. B, G ve H AÜF’leri ise yapılan duyarlılık analizine göre çoğunlukla değişmeli olarak ikinci ve üçüncü sırada yer almaktadır. Tüm senaryolara göre I ve L firmaları genelde orta sıralarda yer almışlardır. Sıralamalarında çoğunlukla değişiklik göstermeyen E, K, J ve F AÜF’leri duyarlılık analizine göre son sıralardan yukarı çıkamamışlardır. Buradan ölçüt önem ağırlıkları değişmesine rağmen sıralamasının değişmemesinin sebebinin bu AÜF’lerin diğer AÜF’lere göre aldığı sezgisel bulanık değerlendirmelerde düşük performans değerlerine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

İkinci adımda karar verici sezgisel bulanık önem ağırlıklarının eşit olduğu ve değiştirildiği durumların ele alındığı üç senaryo Çizelge 6.39’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.39. Senaryolara göre değiştirilen karar verici önem ağırlıkları

	Senaryo-0	Senaryo-7	Senaryo-8	Senaryo-9
KV-1	0,40	0,33	0,25	0,35
KV-2	0,35	0,33	0,40	0,25
KV-3	0,25	0,34	0,35	0,40

Çizelge 6.39. incelendiğinde, Senaryo-7’ye göre üç karar vericinin de sezgisel bulanık önem ağırlıkları eşit, Senaryo-8’de ikinci karar verici, senaryo 9’da üçüncü karar vericinin sezgisel bulanık önem ağırlığının en büyük kabul edildiği görülmektedir. Bu kapsamda, AÜF’lerin 3 farklı senaryo altında karar vericilerin sezgisel bulanık önem ağırlıklarının değiştirilmesi sonucu elde edilen değerlendirmelerin IFWA, DIFWA ve IFCI operatörü yardımıyla birleştirilmesi neticesinde elde edilen sıralama Şekil-6.8’de gösterilmiştir.



Şekil 6.8. KV ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması

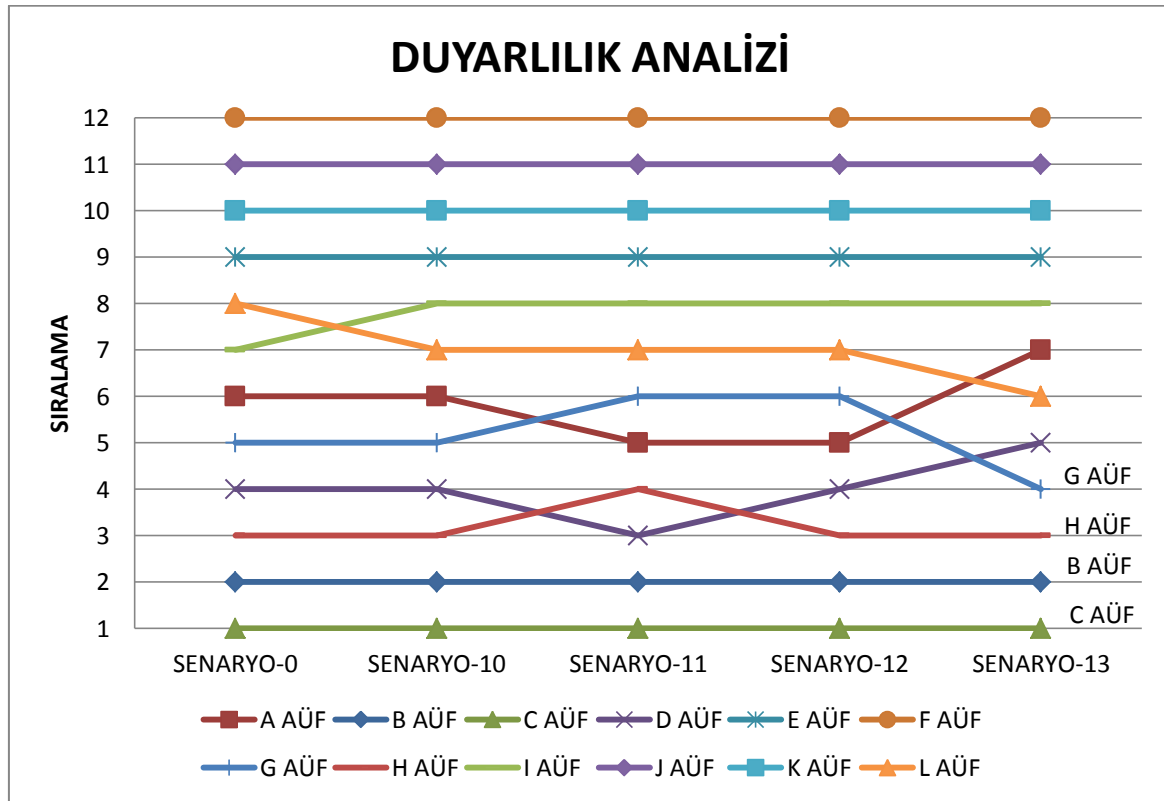
Şekil 6.8 incelendiğinde, Senaryo-7’ye göre C AÜF birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Başlangıç verilerine göre H AÜF ikinci sıraya yükselmiş, B AÜF ise üçüncü sırayı gerilemiştir. Sıralaması değişen diğer firmalardan L AÜF yedinci ve I AÜF sekizinci sırada yer almıştır. Diğer AÜF’lerin sıralaması değişmemiştir. Senaryo-8’de ikinci karar vericinin sezgisel bulanık önem ağırlığı en büyük kabul edilmiştir. Bu duruma göre, C AÜF birinci sırada yer almıştır. B AÜF ikinci sıraya, D AÜF üçüncü sıraya yükselmiş, H AÜF dördüncü sıraya gerilemiştir. Diğer AÜF’lerin sıralaması değişmemiştir. Senaryo 9’da üçüncü karar vericinin sezgisel bulanık önem ağırlığı en büyük kabul edilmiştir. Bu duruma göre, C AÜF birinci sırada yer almıştır. H AÜF ikinci sıraya, B AÜF üçüncü sıraya yükselmiş, D AÜF dördüncü sıraya gerilemiştir. L ve I AÜF’lerinin sıralamaları yer değişmiş yedi ve sekizinci sıralarda yer almışlardır. Diğer AÜF’lerin sıralaması değişmemiştir. Karar vericilerin önem ağırlıklarını değiştirildiği tüm senaryolara göre yapılan duyarlılık analizine göre, alternatifler arasında C AÜF’nin bütün senaryolarda birinci sırada yer aldığı görülmektedir. B, H ve D AÜF’leri oluşturulan üç senaryoya göre ikinci ve üçüncü sıraları değişmeli olarak paylaşmaktadır.

Son adımda yılların sezgisel bulanık önem ağırlıklarının eşit olduğu ve değiştirildiği durumların ele alındığı dört senaryo Çizelge 6.40’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.40. Senaryolara göre değiştirilen yılların önem ağırlıkları

	Senaryo-0	Senaryo-10	Senaryo-11	Senaryo-12	Senaryo-13
α_{t_1}	0,10	0,25	0,40	0,30	0,20
α_{t_2}	0,20	0,25	0,10	0,40	0,30
α_{t_3}	0,30	0,25	0,20	0,10	0,40
α_{t_4}	0,40	0,25	0,30	0,20	0,10

Çizelge 6.40. incelendiğinde, Senaryo-10’a göre dört yılın sezgisel bulanık önem ağırlıkları eşit kabul edildiği; Senaryo-11’de birinci yıl; senaryo 12’de ikinci yıl; senaryo 13’de ise üçüncü yılın sezgisel bulanık önem ağırlığı en büyük değer olarak kabul edildiği görülmektedir. Bu kapsamda alternatif AÜF’lerin 4 farklı senaryo altında yılların sezgisel bulanık önem ağırlıklarının değiştirilmesi sonucu IFWA, DIFWA ve IFCI operatörü yardımıyla birleştirilmesi neticesinde elde edilen sıralama Şekil-6.9’da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Yıl ağırlığı değişimi senaryolarına göre alternatiflerin sıralaması

Şekil 6.9. incelendiğinde, Senaryo-10'a göre C AÜF birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Başlangıç verilerine göre ilk altı firmanın sıralaması değişmemiştir. Sıralaması değişen firmalardan L AÜF yedinci ve I AÜF sekizinci sırada yer almıştır. Son dört AÜF'lerin de sıralamasında bir değişiklik olmamıştır. Senaryo-11'e göre, C AÜF birinci, B AÜF ikinci sırada yer almıştır. Orijinal veri değerleri ile yapılan sıralamaya göre bu senaryoda D AÜF üçüncü sıraya yükselmiş, H AÜF ise dördüncü sıraya gerilemiştir. Son dört AÜF'lerin de sıralamasında yine bir değişiklik olmamıştır. Senaryo-12'ye göre, C AÜF, B AÜF ve H AÜF'lerinin sıralamalarında bir değişiklik olmamıştır. A ve G AÜF'leri beşincide altıncı sırada yer almışlardır. L ve I AÜF'lerinin sıralamaları yer değişmiş yedi ve sekizinci sıralarda yer almışlardır. Diğer AÜF'lerin sıralaması değişmemiştir. Senaryo-13'e göre, C AÜF, B AÜF H AÜF ve D AÜF'lerinin sıralamalarında bir değişiklik olmamıştır. G AÜF dördüncü sıraya yükselmiştir. D AÜF ise beşinci sıraya gerilemiştir. L AÜF altıncı saraya çıkmıştır. A AÜF yedinci, I AÜF sekizinci sıraya gerilemiştir. Diğer AÜF'lerin sıralaması değişmemiştir. Yılların önem ağırlıklarını değiştirildiği tüm senaryolara bakıldığında, alternatifler arasında C AÜF bütün senaryolarda birinci sırada yer almaktadır. B, H ve G AÜF'leri oluşturulan dört senaryoya göre ikinci ve üçüncü sıraları değişmeli olarak paylaşmaktadır.

6.5. Bütünleşik Performans Değerlendirmesi ve Nihai Seçim ile Alternatiflerin Sıralanması

PDL kapsamında, orijinal verilere göre on iki adet AÜF'nin performansı hem nitel hem de nicel ölçütler dikkate alınarak dinamik yapıda ele alınmış ve VZA-MTFV endeksi yöntemi ile sezgisel bulanık değerlendirmeler için bulanık birleştirme operatörleri yardımı ile SBK teorisinden faydalanılmıştır. Bu kapsamda her iki yöntemden elde edilen değerlere göre oluşturulan genel performans değerlendirmesi Çizelge 6.41'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.41. incelendiğinde, C AÜF'nin, VZA-MTFV endeksi yöntemi ile yapılan performans değerlendirmesine göre bütün yıllarda etkin olduğu görülmektedir. Ayrıca, TFGV ortalamasında da % 7,3 oranı ile alternatifler arasından en yüksek performans artışını gösteren firma olmuştur. IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise, yine C AÜF'nin alternatifler arasında en yüksek değeri elde ederek en iyi firma olduğu ve birinci sırada yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 6.41. Genel performans değerlendirmesi

Firma	VZA-MTFV endeksi ile performans değerlendirmesi						Dinamik IFCI	
	2015	2016	2017	2018	TFVG değeri	Perf. Ort. değeri ve sıralama	Değer	SIRA
C AÜF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,073	1,000 1.	(0,705;0,189)	1.
H AÜF	1,000	0,980	1,000	0,998	1,044	0,995 2.	(0,673;0,221)	3.
B AÜF	1,000	1,000	0,969	0,946	1,042	0,979 3.	(0,678;0,216)	2.
A AÜF	0,865	0,900	0,762	0,778	1,056	0,826 4.	(0,647; 0,248)	6.
L AÜF	0,762	0,850	0,618	0,582	1,022	0,703 5.	(0,639; 0,259)	8.
K AÜF	0,670	0,697	0,506	0,518	0,993	0,598 6.	(0,577; 0,320)	10.
E AÜF	0,631	0,631	0,468	0,451	1,012	0,545 7.	(0,590; 0,304)	9.
D AÜF	0,568	0,622	0,489	0,461	1,032	0,535 8.	(0,662; 0,234)	4.
I AÜF	0,516	0,566	0,438	0,456	1,013	0,494 9.	(0,639; 0,252)	7.
J AÜF	0,556	0,581	0,422	0,404	1,011	0,491 10.	(0,496; 0,401)	11.
F AÜF	0,476	0,518	0,445	0,390	1,049	0,457 11.	(0,467; 0,432)	12.
G AÜF	0,469	0,482	0,401	0,394	1,046	0,437 12	(0,655; 0,241)	5.

H AÜF, VZA-MTFV endeksi ile yapılan performans değerlendirmesinde, performans ortalama değerlerine göre ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise üçüncü sırada yer almıştır. Burada H AÜF, hem nicel hem de nitel ölçütler açısından yapılan performans analizlerinde ikinci ve üçüncü sırayı alarak tutarlı bir sıralama elde etmiştir. B AÜF, VZA-MTFV endeksi ile yapılan performans değerlendirmesinde, performans ortalama değerlerine göre üçüncü sırada; IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise ikinci sırada yer almıştır. Aynı şekilde, B AÜF, hem nicel hem de nitel ölçütler açısından yapılan performans analizlerinde sırasıyla üçüncü ve ikinci sırayı alarak tutarlı bir sıralama elde etmiştir.

Performans değerlendirmesinde farklı sıralamalarda yer alarak dikkat çeken üç AÜF vardır. Bunlar D, K AÜF ve G AÜF'lerdir. D AÜF, VZA-MTFV endeksi ile yapılan performans değerlendirmesine göre altıncı sırada yer almıştır. Bu değerlendirmenin aksine; IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise dördüncü sırada yer almıştır. KV'ler ile yapılan toplantıda, her iki analiz sonucunda farklı sıralamalar elde eden AÜF'lerin durumu tartışılmış, değerlendirmelerin

kıyaslaması yapılmıştır. Burada karar vericiler D AÜF için, diğer firmalara göre son yıllarda hizmet kalitesi, güvenilirlik ve müşteri memnuniyeti ölçütlerinde çok başarılı olduğu görüşünde bulunmuşlardır.

Performans analizleri sonucu farklı sıralamalarda yer alan diğer bir firma K AÜF'dür. K AÜF, VZA-MTFV endeksi ile yapılan performans değerlendirmesine göre altıncı sırada yer almıştır. Bu değerlendirmenin aksine; IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise onuncu sırada yer almıştır. KV'ler ile yapılan toplantıda, K AÜF'ün bu durumu tartışılmış ve analiz sonuçlarının kıyaslaması yapılmıştır. Burada karar vericiler K AÜF için, E, D, G ve I AÜF'lerine göre talep esnekliği, hizmet kalitesi ve güvenilirlik ölçütlerindeki faaliyetlerinde aksamaların olduğu bu nedenle düşük değerlendirmelere sahip olduğu konusu da görüş birliğinde bulunmuşlardır.

G AÜF, VZA-MTFV endeksi ile yapılan performans değerlendirmesine göre son (12'inci) sırada yer almıştır. Aynı şekilde; IFWA, DIFWA ve IFCI operatörleri yardımı ile yapılan sezgisel bulanık değerlendirme neticesinde ise daha iyi performans göstermiş ve beşinci sırada yer almıştır. Burada karar vericiler G AÜF için müşteriye elde tutma, güvenilirlik ve talep esnekliği ölçütlerinde başarılı faaliyetlerin olduğu ve kurum hafızasında olumlu bilgiler olduğu görüşünde bulunmuşlardır.

Bütünleşik performans değerlendirmesi ile nihai bir sıralama elde etmek için, AÜF'lerin VZA-MTFV endeksi sonucu performans ortalama değerleri ile sezgisel bulanık değerlendirilmelerin IFWA-DIFWA-IFCI operatörleri kullanılarak birleştirilmesi sonucu elde edilen sezgisel bulanık değerler kullanılmıştır. Tüm firmaları tek bir değer ile bütünleşik olarak gösterebilmek için öncelikle sezgisel bulanık model yaklaşımından elde edilen sezgisel bulanık değer eşitlik 5.3 yardımı ile tek bir sayıya indirgenmiş ve AÜF bazında birleştirilmiştir. Müteakiben ise her iki yöntemden elde edilen değerler eşitlik 5.4 yardımı ile tek bir sayıya dönüştürülmüş ve alternatifler bu değerlere göre yeniden sıralanmıştır. AÜF'lerin her iki yöntemden aldığı performans değerleri birleştirilmiş ve tek bir sayıya dönüştürülerek nihai bütünleşik performans değerlendirmesi ve sıralaması elde edilmiştir.

Alternatiflere ait elde edilen performans değerleri ile seçim sıralaması Çizelge 6.42’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.42. Seçim için bütünleşik performans değerlendirmesi

	VZA Performans ortalama değeri (Z)	Dinamik IFCI değeri	Tek değer	Bütünleşik performans değeri $B = Z * \tilde{U}$
		(μ ; ν)	$\tilde{U} = \frac{\mu}{(\mu + \nu)}$	
C AÜF	1,000	(0,705; 0,189)	0,789	0,789
H AÜF	0,995	(0,673; 0,221)	0,753	0,749
B AÜF	0,979	(0,678; 0,216)	0,758	0,742
A AÜF	0,826	(0,647; 0,248)	0,723	0,597
L AÜF	0,695	(0,639; 0,259)	0,712	0,495
D AÜF	0,531	(0,662; 0,234)	0,739	0,392
K AÜF	0,591	(0,577; 0,320)	0,643	0,380
E AÜF	0,538	(0,590; 0,304)	0,660	0,355
I AÜF	0,491	(0,639; 0,252)	0,717	0,352
G AÜF	0,435	(0,655; 0,241)	0,731	0,318
J AÜF	0,484	(0,496; 0,401)	0,553	0,268
F AÜF	0,455	(0,467; 0,432)	0,519	0,236

Çizelge 6.42. incelendiğinde, C AÜF’nin hem VZA-MTFV endeksi yöntemi ile hem de sezgisel bulanık model ile yapılan dinamik performans değerlendirmesinde en iyi değerlere sahip firma olduğu ancak; diğer firmalar incelendiğinde VZA-MTFV endeksi ile sezgisel bulanık model arasında sıralama farklılıklarının olduğu görülmektedir. Burada C AÜF, 0,789 bütünleşik değeri ile bütünleşik performans değerlendirmesinde de birinci sırada yer almıştır. Bu firmayı sırasıyla 0,749 performans değeri ile H AÜF ve 0,742 performans değeri ile B AÜF takip etmiştir. F AÜF 0,237 bütünleşik performans değeri ile son sırada yer almıştır.

Alternatiflerin VZA performans ortalama değerleri ile bu değerlerin VZA-SBK bütünleşik performans değerleri arasındaki uyumu göstermek maksadıyla IBM SPSS Statistics 22 programı yardımı ile Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Bu test her iki yöntemden (VZA ile VZA-SBK bütünleşik değer) elde edilen değerlerin birbirinden anlamlı bir şekilde

farklılık gösterip göstermediğini test etmektedir. Mann-Whitney U testi grupların medyanlarını karşılaştırır. Sürekli değişkenlerin, iki grup içerisindeki değerlerini sıralı hale dönüştürür. Böylece, iki grup arasındaki sıralamanın farklı olup olmadığını değerlendirir. Mann-Whitney U testi uygulandığında, iki yöntemin P değeri 0.033 olarak elde edilmiştir. Burada $p=0.033 < \alpha=0,05$ olduğu için h_0 hipotezi reddedilir. Yani, VZA-SBK bütünleşik performans değerleri ile VZA yöntemi sonucu elde değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur. Mann-Whitney U testi SPSS program çıktısı EK-3’de yer almaktadır.

PDL sözleşmesi yapılmak üzere performansları analiz edilen AÜF’lerin elde ettikleri bütünleşik performans değerlerine göre AÜF’lerin sıralanması Çizelge 6.43’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.43. PDL sözleşmesi için AÜF’lerin sıralanması

Sıralama	Alternatif
1.	C AÜF
2.	H AÜF
3.	B AÜF
4.	A AÜF
5.	L AÜF
6.	D AÜF
7.	K AÜF
8.	E AÜF
9.	I AÜF
10.	G AÜF
11.	J AÜF
12.	F AÜF

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, sistemlerinin sürdürülebilir maliyetle tedarik edilmesi, ürün ömür devri boyunca işletme ve idamesi ile hazır bulunuşluk oranlarının artırılması kurumlar ve lojistik destek sağlayan firmalar için önemli bir çalışma alanıdır. Bu çalışma alanlarında karşılaşılan problemlerin en uygun çözümü için geçmişten günümüze birçok tedarik destek sistemi ve yaklaşımı geliştirilmiştir. Son zamanlarda bu yaklaşımlara yeni eklenen ve sistemlerin işletme idamesi için ihtiyaç duyulan ürün ve hizmetin tedarik edilmesi yerine sistemlerin hazır bulunuşluk performans değerlerinin satın alınmasını amaçlayan PDL yaklaşımı ön plana çıkmıştır. PDL, sistemlerin hazır bulunuşluğunu öncelikle amaç olarak ortaya koyan performans tabanlı bir lojistik destek stratejisidir. PDL yaklaşımı, sistemlerin arıza giderimi ya da işletme idame ve bakım onarımı için ürün ya da malzeme satın alma ve stok tutma yerine sistemlerin hazır bulunuşluğunu önceden belirlenen bir performans hedefini karşılamaya odaklanmaktadır.

Bu çalışmada, kamu kurumunun malzeme hazır bulunuşluk ihtiyacını PDL yaklaşımı kapsamında karşılayarak performans değerlendirmesi ile en uygun lojistik destek sağlayıcı firmanın seçimi sağlamaya yönelik bir performans değerlendirme modeli önerilmiştir. Önerilen model, bir kamu kurumu ile özel sektör arasında PDL yaklaşımı kapsamında yapılacak malzeme hazır bulunuşluk sözleşmesi için en uygun yerli AÜF'nin seçiminde uygulanmıştır. Uygulamada, PDL sözleşmesi yapılabilecek birden fazla alternatifin bulunması, alternatiflerin değerlendirilmesinde nitel ve nicel ölçütlerin kullanılması, verilerin birkaç yılı kapsayacak dinamik bir yapıda olması nedeniyle problem, dinamik bir ÇÖKV problemi olarak ele alınmıştır. Problemden, hem nicel hem de nitel faktörlerin olması, karar vericilerin nitel ölçütler açısından yargılarındaki belirsizlik ve tereddüt, çözüm önerisi olarak iki farklı teknik kullanılmasını gerektirmiştir.

Önerilen performans değerlendirme modeli dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, nicel ve nitel ölçüt havuzu oluşturulmuş, ikinci aşamada nicel verilerle değerlendirmeye yönelik VZA-MTFV endeksi yöntemi; üçüncü aşamada nitel verilerle değerlendirmeye yönelik SBK teorisi kullanılmış ve son aşamada her iki yöntemle bulunan sonuçlar birleştirilerek en uygun alternatifin seçimi hedeflenmiştir. Önerilen performans değerlendirme modelinin uygulaması savunma sektöründe AÜF seçiminde uygulanmıştır.

Uygulamanın ilk aşamasında, oluşturulan nicel ve nitel ölçüt havuzundan problemin özeline uygun olarak on bir ölçüt seçilmiş ve kurumda bu alanda uzman ve yetkili üç personel tarafından on iki AÜF belirlenmiştir.

İkinci aşamada, VZA-MTFV endeksi yöntemi ile yerli on iki adet AÜF'nin; 2015, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında, iki girdi ve iki çıktı değişkeni kullanılarak çıktı odaklı CCR modeline göre performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde dört yıllık süre döneminde sadece C AÜF'nin tüm yıllarda etkin firma olduğu; diğer firmalar arasında B ve H AÜF'lerin ikişer yıl ile etkin olduğu görülmüştür. AÜF'lerin MTFV endeksine göre TFVG değerleri incelendiğinde ise, her dönem farklı oranlarda gelişim gösteren ya da düşüş yaşayan firmalar tespit edilmiştir. Bu firmalar arasında tüm dönemlerin TFVG değerlerini ortalamasına bakıldığında C AÜF'nin en yüksek gelişim gösteren firma olduğu görülmüştür. Ayrıca, etkin olmayan AÜF'lerin etkin olabilmeleri için girdi ve çıktı faktörlerine yönelik potansiyel iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Üçüncü aşamada, AÜF'lerin nitel ölçütler açısından sezgisel bulanık performans değerlendirmeleri ve AÜF'lerin sıralanması yapılmıştır. Sezgisel bulanık performans değerlendirmesi için, on iki AÜF, yedi nitel ölçüt açısından üç profesyonel karar verici tarafından sezgisel bulanık ifadeler ile değerlendirilmiş ve bu ifadeler sezgisel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Ölçüt önem ağırlıkları ikili karşılaştırmaya imkân tanıyan bulanık AHS yöntemi, karar verici ve yılların önem ağırlıkları ise sezgisel bulanık değerlendirmeler ile hesaplanmıştır. Sezgisel bulanık sayıların birleştirilmesi için sırasıyla IFWA, DIFWA ve IFCI operatörü olmak üzere üç farklı operatör kullanılmıştır. Karar vericilere ait her yıl için ayrı ayrı yapılan sezgisel bulanık değerlerin birleştirilmesinde IFWA operatöründen faydalanılmıştır. Bu adımda karar vericilerin sezgisel bulanık ağırlıkları hesaplamaya dâhil edilmiştir. Bir sonraki adımda yıllara ait değerlendirmelerin birleştirilmesi için DIFWA operatörü kullanılmıştır. Bu adımda sezgisel bulanık yılların ağırlıkları hesaplamaya dâhil edilmiştir. Ölçüt ağırlıklarını saf ağırlıkları yerine ölçütlerin etkileşime imkân tanıyan bulanık ölçek değeri ile etkileşimli (sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesi) sezgisel bulanık değerlendirmeleri birleştirme operatörü IFCI operatöründen istifade edilmiştir. AÜF'lerin, IFCI operatörü ile sıralanması için; skor ve kesinlik fonksiyon değerleri ve bulanık ölçek değeri ile etkileşimli sezgisel bulanık ölçüt ağırlıkları kümesi hesaplanmıştır. IFCI operatörü hesaplama adımlarından elde edilen

sezgisel bulanık değerlere göre AÜF'ler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Sıralamada, C AÜF birinci, B AÜF ikinci, H AÜF üçüncü sırada yer almıştır. Ayrıca, orijinal ölçüt, karar verici ve yılların ağırlıklarının değiştirilmesini içeren on üç farklı senaryo oluşturulmuş ve duyarlılık analizleri yapılmıştır. Yapılan duyarlılık analizlerine göre sıralamalarda değişiklik gösteren AÜF'ler gösterilmiş ve sıralama değişikliğine neden olan önem ağırlıklarına ilişkin yorumlarda bulunulmuştur.

Son aşamada, nihai seçim için, AÜF'lerin bütünsel bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Her iki yöntemden elde edilen değerler birleştirilmiş ve bütünsel nihai sıralama elde edilmiştir. Nihai sonuca göre C AÜF kamu kurumunun yapacağı PDL sözleşmesi için en uygun firma olarak birinci sırada yer almıştır. Bu firmayı sırasıyla H AÜF ve B AÜF takip etmiştir. AÜF'ler arasında en kötü performansı ise bu değerlere göre yapılan analiz neticesinde G AÜF'nin gösterdiği görülmüştür.

Çalışmada önerilen performans değerlendirme modelinin literatüre farklı açılardan katkıları olduğu değerlendirilmektedir. Katkılar sırasıyla; geleneksel lojistik ölçütler ile PDL ölçütlerinin birlikte kullanılması; PDL sözleşmeci seçiminde, performans değerlendirmesine yönelik yapılan ilk çalışma olması; PDL firma seçiminin ilk kez dinamik bir ÇÖKV problemi olarak ele alınması; VZA-MTFV endeksi yöntemi ile SBK teorisinin bütünsel kullanılması; sezgisel bulanık sayıların birleştirilmesinde ilk kez üç ayrı operatörün entegre kullanılması; sezgisel bulanık değerlendirmede ölçüt, karar verici ve yıl olmak üzere üç farklı önem ağırlığının ilk kez birlikte ele alınması; problemin dinamik yapıda olması nedeniyle IFCI operatörünün de dinamik bir probleme ilk kez uygulanması şeklinde sıralanabilir.

İleride yapılacak çalışmalara yönelik olarak PDL kapsamında yapılacak firma performans değerlendirmesi için VZA'da kullanılan ölçüt değerlerinin kesin değerler yerine bulanık, aralık değerli ya da sezgisel bulanık sayıların kullanılması farklı bir yaklaşım olarak önerilebilir. Yine yöntem olarak literatürde yeni geliştirilen ve sınırlı sayıdaki çalışmalarda kullanılan farklı sezgisel bulanık birleştirme operatörlerinden faydalanılabilir. Konu olarak, PDL kapsamında ürün/malzeme hazır bulunuşluğu yerine, PDL sözleşmelerinde kullanılan birçok parametre arasından bir sistemin hazır bulunuşluğunu, bir filonun hazır bulunuşluğu maksimize eden ya da bir platformun arızalar arası ortalama süresini en iyi yapan optimizasyon modelleri geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Aldamak, A., and Zolfaghari, S. (2017). Review of efficiency ranking methods in data envelopment analysis. *Measurement*, 106, 161-172.
- Amirteimoori, A. (2011). An extended transportation problem: a DEA-based approach. *Central European Journal of Operations Research*, 19(4), 513-521.
- Ashayeri, J., Tuzkaya, G., and Tuzkaya, U. R. (2012). Supply chain partners and configuration selection: An intuitionistic fuzzy Choquet integral operator based approach. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3642-3649.
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic Fuzzy-Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87-96.
- Azadeh, A., Sheikhalishahi, M., Firoozi, M., and Khalili, S. M. (2013). An integrated multi-criteria Taguchi computer simulation-DEA approach for optimum maintenance policy and planning by incorporating learning effects. *International Journal of Production Research*, 51(18), 5374-5385.
- 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.
- Bakshi, N., Kim, S. H., and Savva, N. (2015). Signaling new product reliability with after-sales service contracts. *Management Science*, 61(8), 1812-1829.
- Bali Ö. (2014). Belirsizlik etmenli dinamik bir çok kriterli karar verme modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 131-140.
- Balafas, A., Krimizas, S., and Stage, J. (2010). *Impact of logistics on readiness and life cycle cost: a life cycle management approach*. Naval Postgraduate School Monterey CA.
- Bayram, M. (2010). *Performansa Dayalı Lojistik, Ulusal Kamu Tedarik Sistemindeki Yeri ve Bulanık Mantık ile Tedarikçi Seçimi Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Beg, I., and Rashid, T. (2014). Multi-criteria trapezoidal valued intuitionistic fuzzy decision making with Choquet integral based TOPSIS. *Opsearch*, 51(1), 98-129.
- Berkowitz, D., Gupta, J. N., Simpson, J. T., McWilliams, J. O. A. N., Delayne, L., Brown, B., Cameron, D., and Sparks, T. (2003). Performance based logistics. *Center for the Management of Science and Technology, Huntsville, AL*, 1-130.
- Berkowitz, D., Gupta, J. N., Simpson, J. T., and McWilliams, J. B. (2005). Defining and implementing performance-based logistics in government. *Defense Acquisition Review Journal*, 11(3), 255-267.

- Berkowitz, D., Simpson, J., Kallam, T., Jones, J., and Gundlach, G. (2011). *A Model for Determining Optimal Governance Structure in DoD Acquisition Projects in a Performance-Based Environment*. Alabama University, Huntsville, 1-54.
- Bobillo, F., and Straccia, U. (2013). Aggregation operators for fuzzy ontologies. *Applied Soft Computing*, 13(9), 3816–3830.
- Boran, F. E. (2009). *Personel seçimi probleminde sezgisel bulanık küme uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Boussofiane, A., Dyson, R.G., and Thanassoulis, E. (2001). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Boyce, J., and Banghart, A. (2012). Performance based logistics and project proof point. *Defense AT&L*, 41(2), 26-30.
- Büyükgüral, F. (2009). *A 4-step process evaluation model to assess the success of performance based logistics contracts*. Master Thesis. Air University Air Force Institute of Technology, Ohio, USA.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., and Göçer, F. (2018). Selection of sustainable urban transportation alternatives using an integrated intuitionistic fuzzy Choquet integral approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 186-207.
- Büyüközkan, G., and Göçer, F. (2018). Smart medical device selection based on intuitionistic fuzzy Choquet integral. *Soft Computing*, 23(20), 10085-10103.
- Casner, G. C., and Bieber, H. J. (2015). Performance based logistics sustainment of automated test equipment systems. In *2015 IEEE AUTOTESTCON*, 38-44.
- Chang, Y.T., Zhang, N., Danao, D., and Zhang, N. (2013). Environmental efficiency analysis of transportation system in China: a non-radial DEA approach. *Energy Policy*, 58, 277–283.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., and Seiford, L. M. (Eds.). (2013). *Data envelopment analysis: Theory, methodology, and applications*. Springer Science & Business Media.
- Chen, C., and Yan, H. (2011). Network DEA model for supply chain performance evaluation. *European journal of operational research*, 213(1), 147-155.
- Chen, C. M., Delmas, M. A., and Lieberman, M. B. (2013). Production frontier methodologies and efficiency as a performance measure in strategic management research. *Strategic Management Journal*, 36(1), 19-36.

- Chen, J. X. (2018). A new approach to overall performance evaluation based on multiple contexts: an application to the logistics of China. *Computers & Industrial Engineering*, 122, 170-180.
- Cheng, H., and Tang, J. (2015). Interval-valued intuitionistic fuzzy multi-criteria decision making based on the generalized Shapley geometric Choquet integral. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(1), 1-16.
- Cicioğlu, B. (2009). Performansa dayalı lojistik: ilkeler ve uygulamalar, *Savunma Sanayi Gündemi*, 29-34.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Springer Science & Business Media, New York, USA.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Zhu, J. (2011). Data envelopment analysis: History, models, and interpretations. In *Handbook on data envelopment analysis*. Springer, Boston, MA, 1-39.
- Cui, Q., and Li, Y. (2014). The evaluation of transportation energy efficiency: An application of three-stage virtual frontier DEA. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 29, 1-11.
- De Miguel, L., Bustince, H., Pekala, B., Bentkowska, U., Da Silva, I., Bedregal, B., Mesiar, R., and Ochoa, G. (2016). Interval-valued Atanassov intuitionistic OWA aggregations using admissible linear orders and their application to decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 24(6), 1586-1597.
- Devries, H. J. (2005). Performance-based logistics barriers and enablers to effective implementation. *Defense Acquisition Review Journal*, 11(3), 242-253.
- Dirican, Ü. (2016). *Performansa dayalı lojistik sözleşmesinde tasarım alternatifi seçimi için model önerisi: Helikopter uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doerr, K., Lewis, I., and Eaton, D. R. (2005). Measurement issues in performance-based logistics. *Journal of Public Procurement*, 5(2), 164.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., and Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.
- Ersen, H.Y. (2019) *Sezgisel bulanık sayılar ile reel opsiyon değerlemesi ve güneş enerjisi yatırımı uygulaması*. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Falagario, M., Sciancalepore, F., Costantino, N., and Pietroforte, R. (2012). Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218(2), 523-529.

- Fowler, R. (2009). Misunderstood superheroes batman and performance-based logistics. *Defense AT&L*, 8-13.
- Gansler, S. J. and Lucyshyn, W. (2006). *Evaluation of performance based logistics*. Maryland: University of Maryland, 1-53.
- Gansler, J. S., Lucyshyn, W., and Harrington, L. H. (2012). An analysis of through-life support: Capability management at the UK's Ministry of Defence. *Report, University of Maryland Center for Public Policy and Private Enterprise*, 1-118.
- Gardner, C. P. (2008). *Balancing government risks with contractor incentives in performance-based logistics contracts*. Master Thesis. Air University, Air Force Institute of Technology, Ohio, USA.
- Gardner, P. C., Ogden, A. J., Kahler, M. H. and Brady, S. (2015). Balancing incentives and risks in performance-based contracts, *Defense Acquisition Research Journal*, 22(4), 472-506.
- Garg, H. (2016). Generalized intuitionistic fuzzy interactive geometric interaction operators using Einstein t-norm and t-conorm and their application to decision making. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 53-69.
- Garg, H. and Rani, D. (2019). Exponential, logarithmic and compensative generalized aggregation operators under complex intuitionistic fuzzy environment. *Group Decision and Negotiation*, 28(5), 991-1050.
- Glas, A. H., Henne, F. U., and Essig, M. (2018). Missing performance management and measurement aspects in performance-based contracting: A systematic process-based literature analysis of an astonishing research gap. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(11), 2062-2095.
- Golany, B., and Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.
- Goure, D. (2009). Performance based logistics: a primer for the new administration. *Lexington Institute Report*, 1-16.
- Görçün, Ö. F., (2013). *Örnek olay ve uygulamalarla tedarik zinciri yönetimi (2.Baskı)*. İstanbul: Beta Yayınları, 190-206.
- Guajardo, J. A., Cohen, M. A., Kim, S. H., and Netessine, S. (2012). Impact of performance-based contracting on product reliability: An empirical analysis. *Management Science*, 58(5), 961-979.
- Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U., and Charles, V. (2018). An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry. *Resources Policy*, 1-12.

- Harada, G. (2010). *Strategic and operational considerations for the implementation of PBL within japan maritime self defense force*. Master Thesis, Naval Postgraduate School, California, USA.
- Hatami-Marbini, A., Ebrahimnejad, A., and Lozano, S. (2017). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis using lexicographic multiobjective approach. *Computers & Industrial Engineering*, 105, 362-376.
- Hong, S., and Zhang, A., (2010). An efficiency study of airlines and air cargo/passenger divisions: a DEA approach. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 3, 137-149.
- Huang, J. Y. (2014). Intuitionistic fuzzy Hamacher aggregation operators and their application to multiple attribute decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27(1), 505-513.
- Hur, M., Keskin, B. B. and Schmidt, C. P. (2018). End-of-life inventory control of aircraft spare parts under performance based logistics. *International Journal of Production Economics*, 204, 186-203.
- Hollingsworth, B. (2003). Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. *Health care management science*, 6(4), 203-218.
- İnternet: Erwin, S. I. (2015). Defense logistics: Too much unwanted inventory, not enough of what is needed. *National Defense*, URL: <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2015/2/28/2015march-defense-logistics-too-much-unwanted-inventory-not-enough-of-what-is-needed>. Son Erişim Tarihi: 08.04.2019.
- İnternet: Harding, T. (2012). Unused military equipment costing Ministry of Defense £300 million a year. *The Telegraph*, URL: <https://www.telegraph.co.uk/news/uknews/defence/9360207/Unused-military-equipment-costing-Ministry-of-Defence-300-million-a-year.html>. Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.
- İnternet: US Department of Defense, Defense Acquisition Guidebook (2017). URL: <https://www.dau.edu/tools/dag>. Son Erişim Tarihi:14.05.2019
- İnternet: US Department of Defense Acquisition Community Connection, PBL definition and overview. (2020). URL:<https://www.dau.edu/cop/pbl/Pages/Topics/PBL%20Overview.aspx>. Son Erişim Tarihi: 10.05.2019.
- İnternet: US Department of Defense PBL Annual Awards Winner. (2020). URL: <https://www.dau.edu/cop/pbl/Pages/Topics/Award%20Winning%20PBL%20Programs.aspx>. Son Erişim Tarihi: 10.02.2020.
- İnternet: Firma verileri (2019). URL: <http://www.tim.org.tr/tr/ihracat-arastirma-raporlari-ilk-1000-ihracatci-arastirmasi.html>. Son Erişim Tarihi: 23.04.2019
- İnternet: Firma verileri (2019) URL: <http://www.iso500.org.tr>. Son Erişim Tarihi: 19.06.2019

- Ji, X., Wu, J., and Zhu, Q. (2016). Eco-design of transportation in sustainable supply chain management: A DEA-like method. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 451-459.
- Jin, T., Nalajala, N., and Jimenez, J. A. (2011). A multi-criteria approach for performance based maintenance with variable fleet size. In *Reliability, Maintainability and Safety*, 909-914.
- Jin, T., and Wang, P. (2012). Planning performance based contracts considering reliability and uncertain system usage. *Journal of the Operational Research Society*, 63(10), 1467-1478.
- Jin, T., and Tian, Y. (2012). Optimizing reliability and service parts logistics for a time varying installed base. *European Journal of Operational Research*, 218(1), 152-162.
- Jones, G., White, E., Ryan, E. T., and Ritschel, J. D. (2014). Investigation into the ratio of operating and support costs to life-cycle costs for DoD weapon systems. *Defense Acquisition Research Journal*, 21(1), 442-464.
- Joshi, D., and Kumar, S. (2016). Interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy Choquet integral based TOPSIS method for multi-criteria group decision making. *European Journal of Operational Research*, 248(1), 183-191.
- Kao, T. W. D., Simpson, N. C., Shao, B. B., and Lin, W. T. (2017). Relating supply network structure to productive efficiency: A multi-stage empirical investigation. *European Journal of Operational Research*, 259(2), 469-485.
- Khodakarami, M., Shabani, A., Saen, R. F., and Azadi, M. (2015). Developing distinctive two-stage data envelopment analysis models: An application in evaluating the sustainability of supply chain management. *Measurement*, 70, 62-74.
- Kiat, K. T., and Fang, F. T. (2010). Performance-based logistics: a potential weapon system support strategy for the SAF. *DSTA/Horizons*, 114-121.
- Kirk R.L., and DePalma T.J. (2005). Performance-Based Logistics Contracts: A Basic Overview. *CNA Research Memorandum*, 1-63.
- Kim, S. H., Cohen, M. A., and Netessine, S. (2007). Performance contracting in after-sales service supply chains. *Management Science*, 53(12), 1843-1858.
- Kim, S. H., Cohen, M. A., Netessine, S., and Veeraraghavan, S. (2010). Contracting for infrequent restoration and recovery of mission-critical systems. *Management Science*, 56(9), 1551-1567.
- Kim, S. H., Cohen, M. A., and Netessine, S. (2017). Reliability or inventory? An analysis of performance-based contracts for product support services. In *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management*, 65-88.

- Klapper, L. S., Hamblin, N., Hutchison, L., Novak, L., and Vivar, J. (1999). *Supply chain management: a recommended performance measurement scorecard*. US DoD, Logistics management Institute, Mclean VA, 110.
- Kobren, B. (2009). What performance based logistics is and what it is not-and what it can and cannot do. *Defense Acquisition University Fort Belvoir United States*, 254-267.
- Kumar, A., Jain, V., and Kumar, S. (2014). A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. *Omega*, 42(1), 109-123.
- Kumar, D. U., Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J. E. and Verma, D. (2007). A goal programming model for optimizing reliability, maintainability and supportability under performance based logistics. *International Journal of Reliability, Quality & Safety Engineering*, 14(3), 251-261.
- Kuo, R. J., Lee, L. Y., and Hu, T.L. (2010). Developing a supplier selection system through integrating fuzzy AHP and fuzzy DEA: a case study on an auto lighting system company in Taiwan. *Production Planning & Control*, 21(5), 468-484.
- Liu, Y., Wu, J., and Liang, C. (2015). Attitudinal ranking and correlated aggregating methods for multiple attribute group decision making with triangular intuitionistic fuzzy Choquet integral. *Kybernetes*, 44(10), 1437-1454.
- Lopes, J. C. O, Scarpel, R., Abrahão, F. T. M., Galar, D., and Ciani, L. (2017). Optimization in performance-based logistics contracts. *International Workshop on Metrology for Aero Space (Metro Aero Space)*, 413-418.
- Mahon, D. (2007). Performance-based logistics: transforming sustainment. *Journal of Contract Management*, 5(1), 53-71.
- Meng, F., Zhang, Q., and Cheng, H. (2013). Approaches to multiple-criteria group decision making based on interval-valued intuitionistic fuzzy Choquet integral with respect to the generalized λ -Shapley index. *Knowledge-Based Systems*, 37, 237-249.
- Meng, F., Chen, X., and Zhang, Q. (2014a). Some interval-valued intuitionistic uncertain linguistic Choquet operators and their application to multi-attribute group decision making. *Applied Mathematical Modelling*, 38(9-10), 2543-2557.
- Meng, F., Cheng, H., and Zhang, Q. (2014b). Induced Atanassov's interval-valued intuitionistic fuzzy hybrid Choquet integral operators and their application in decision making. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 7(3), 524-542.
- Meng, F., Zhang, Q., and Zhan, J. (2015). The interval-valued intuitionistic fuzzy geometric Choquet aggregation operator based on the generalized Banzhaf index and 2-additive measure. *Technological and Economic Development of Economy*, 21(2), 186-215.

- Meng, F., and Tan, C. (2017). A method for multi-attribute group decision making based on generalized interval-valued intuitionistic fuzzy Choquet integral operators. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 25(05), 821-849.
- Mirzahosseini, H., and Piplani, R. (2011). A study of repairable parts inventory system operating under performance-based contract. *European Journal of Operational Research*, 214(2), 256-261.
- Mirzahosseini, H., and Piplani, R. (2013). Impact of operational systems on supplier's response under performance-based contracts. *Procedia Computer Science*, 16, 639-647.
- Newbold, P., Carlson, W. L., and Thorne, B. (2013). *Statistics for business and economics*. Boston, MA. Pearson.
- Nowicki, D., Kumar, U. D., Steudel, H. J., and Verma, D. (2008). Spares provisioning under performance-based logistics contract: profit-centric approach. *Journal of the Operational Research Society*, 342-352.
- Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J., Murynets, I., and Randall, W. (2011). Optimal cost avoidance investment and pricing strategies for performance-based post-production service contracts. *8th Annual Acquisition Research Symposium*, Stevens Institute of Technology, School of Systems and Enterprises, Hoboken, New Jersey, USA, 1-23.
- Nowicki, D. R., Randall, W. S. and Ramirez-Marquez, J. E. (2012). Improving the computational efficiency of metric-based spares algorithms. *European Journal of Operational Research*, 219(2), 324-334.
- Onar, S. Ç., Öztayşi, B., and Kahraman, C. (2017). Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute aftersales performance evaluation. *Complex & Intelligent Systems*, 3(3), 197-204.
- Önel, A. ve Kambur, Ç. (2013). Performansa dayalı lojistik (PDL) yaklaşımları ve uygulamaları, *VII. Ulusal uçak, havacılık ve uzay mühendisliği kurultayı*, Eskişehir, 181-186.
- Öner, K. B., Kiesmüller, G. P., and van Houtum, G. J. (2010). Optimization of component reliability in the design phase of capital goods. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 615-624.
- Özdemir, M. H. (2016). *Savunma sanayiinde performansa dayalı lojistik yaklaşımına yönelik bir model önerisi*. Doktora Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, M. H., ve Özkan G. (2016). Performansa dayalı lojistik sektör değerlendirme raporu. *STM*, 1-29.

- Özden, A., Özer, O. O. ve Çınar, G. (2012). Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Bir Bilgisayar Yazılımı: DEAP 2.1, *Türkiye X. Tarım Ekonomisi Kongresi, 5-7 Eylül 2012, Konya*, 772-780.
- Özkay, K. (2012). Performance based logistics: a global trend in the aerospace & defense sector, *Defense Turkey*, 33, 34-50.
- Patra, P., Kumar, U. D., Nowicki, D. R., and Randall, W. S. (2019). Effective management of performance-based contracts for sustainment dominant systems. *International Journal of Production Economics*, 208, 369-382.
- Patriarca, R., Costantino, F., Di Gravio, G., and Tronci, M. (2016). Inventory optimization for a customer airline in a Performance Based Contract. *Journal of Air Transport Management*, 57, 206-216.
- Prokopenko, J. (2001). *Verimlilik yönetimi: uygulamalı el kitabı*. Türkiye: Milli Produktivite Yayınları, İstanbul, 339.
- Pozetti, A., Bil, C. and Clark, G. (2012). Fuzzy logic controller for performance based contract optimization. *Conference paper, Conference Council of European Aerospace Societies*, Trier, Germany, 1-12.
- Qin, J., and Liu, X. (2013). Study on interval intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision making method based on Choquet integral. *Procedia Computer Science*, 17, 465-472.
- Qin, J., Liu, X., and Pedrycz, W. (2016). Multi-attribute group decision making based on Choquet integral under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9(1), 133-152.
- Qu, G., Qu, W., Zhang, Z., and Wang, J. (2017). Choquet integral correlation coefficient of intuitionistic fuzzy sets and its applications. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 33(1), 543-553.
- Ramanathan, R. (2003). *An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement*. India: Sage Publication, New Delhi, 177.
- Randall, W. S. (2013). *Are the performance based logistics prophets using science or alchemy to create life-cycle affordability? Using theory to predict the efficacy of performance based logistics*. *Defense Acquisition Research Journal*, 20(3), 325-348.
- Randall, W. S., Hawkins, T. G., Haynie, J. J., Nowicki, D. R., Armenakis, A. A., and Geary, S. R. (2015). Performance-based logistics and interfirm team processes: an empirical investigation. *Journal of Business Logistics*, 36(2), 212-230.
- Randall, W. S., Nowicki, D. R. and Hawkins, T. G. (2011). Explaining the effectiveness of performance-based logistics: a quantitative examination. *The International Journal of Logistics Management*, 22(3), 324-348.

- Randall, W. S., Pohlen, T. L., and Hanna, J. B. (2010). Evolving a theory of performance-based logistics using insights from service dominant logic. *Journal of Business Logistics*, 31(2), 35-61.
- Rashidi, K., and Cullinane, K. (2019). A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy. *Expert Systems with Applications*, 121, 266–281.
- Rouyendegh, B.D. (2011). The DEA and intuitionistic fuzzy TOPSIS approach to departments' performances: A pilot study. *Journal of Applied Mathematics*, 1-16.
- Ruggiero, J. (2007). A comparison of DEA and the stochastic frontier model using panel data. *International Transactions in Operational Research*, 14(3), 259-266.
- Sade, M. (2005). Seven steps to performance-based services acquisition. *An Interagency-Industry Partnership in Performance report*, 1-41.
- Sampaio, B. R., Neto, O. L., and Sampaio, Y. (2008). Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning. *Transportation research part A: policy and practice*, 42(3), 445-454.
- Selviaridis, K. and Wynstra, F. (2014). Performance-based contracting: a literature review and future research directions. *International Journal of Production Research*, 53(12), 3505-3540.
- 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.
- Sharifi, M., and Kwon, R. H. (2018). Performance-based contract design under cost uncertainty: A scenario-based bi-level programming approach. *The Engineering Economist*, 63(4), 291-318.
- Sols, A., Nowicki, D. and Verma, D. (2007). Defining the fundamental framework of an Effective performance-based logistics (PBL) contract. *Engineering Management Journal*, 19(2), 40-50.
- Samoilenko, S., and Osei-Bryson, K. M. (2013). Using Data Envelopment Analysis (DEA) for monitoring efficiency-based performance of productivity-driven organizations: Design and implementation of a decision support system. *Omega*, 41(1), 131-142.
- Straub, A. (2009). Cost savings from performance-based maintenance contracting. *International Journal of Strategic Property Management*, 13(3), 205-217.
- Struve, B., Anke, T. C., and Klumpp, M. (2019). DEA sustainability evaluation in automotive supply chains. In *Logistics Management*, Springer, Cham., 203-220.
- Takahagi, E. (2008). A fuzzy measure identification method by diamond pairwise comparisons and $\emptyset_s$ transformation. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 7(3), 219-232.

- Takahagi, E. (2000). On Identification methods of λ -fuzzy measures using weights and λ . *Japanese Journal of Fuzzy Sets and Systems*, 12(5), 665–676.
- Tan, C., and Chen, X. (2010). Intuitionistic fuzzy Choquet integral operator for multi-criteria decision making. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 149-157.
- Tan, C. (2011). A multi-criteria interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making with Choquet integral-based TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3023-3033.
- Tan, C., and Chen, X. (2011). Induced intuitionistic fuzzy Choquet integral operator for multicriteria decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 26(7), 659-686.
- Tan, C., Yi, W., and Chen, X. (2015). Generalized intuitionistic fuzzy geometric aggregation operators and their application to multi-criteria decision making. *Journal of the Operational Research Society*, 66(11), 1919-1938.
- Tian, N., A., Kuimova, A., Da Silva D. L., Wezeman, P. D., & Wezeman, S. T. (2020). Trends in world military expenditure, 2019. SIPRI Fact Sheet, April 2020, 1-12.
- Timur, S. (2013). *Performansa dayalı lojistik (PDL) yönetimi ve Türkiye havacılık ve uzay sanayi anonim şirketi uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tuzkaya, G. (2013). An intuitionistic fuzzy Choquet integral operator based methodology for environmental criteria integrated supplier evaluation process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(3), 423–432.
- Tütek, H., Gümüşoğlu, Ş. ve Özdemir, A. (2016). *Sayısal yöntemler: yönetsel yaklaşım*. Türkiye: Beta Basım, 224.
- US Department of Defense DAU (2005). Performance based logistics: a program manager's support guide, *Defense Acquisition University Press*, 1-75.
- US Department of Defense (2011). Product support manager guidebook, 1-144.
- US Department of Defense (2014). Performance based logistics (PBL) guidebook, 1-177.
- US Department of Defense (2016). *PBL Guidebook, A guide to developing performance based agreements*, Defense Acquisition University Press, 1-222.
- US Department of Defense, Deputy Undersecretary of Defense for Logistics and Materiel Readiness (2007). *Life cycle sustainment outcome metrics*, 1-6.
- Usgurlu, V. (2018). *Performance based logistics (PBL): considerations in Turkish defense sector*. Doktora Tezi, Türk Hava Kurumu Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Vitasek, K., Cothran, J., Geary, S. and Rutner, S. (2006). *Performance-based logistics- The changing landscape in support contracting*. Knoxville: University of Tennessee Center for Executive Education.

- Ward, A. (2013). Information value chain analysis in defense, key findings and recommendations from senior level interviews across mod and industry, *Red Paper Information and Operation Model*, 1-63.
- Wang, D. D. (2019). Performance assessment of major global cities by DEA and Malmquist index analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 77, 101365.
- Wang, J., Zhao, X., and Guo, X. (2019). Optimizing wind turbine's maintenance policies under performance-based contract. *Renewable Energy*, 135, 626-634.
- Wang, Q., and Sun, H. (2018). Interval-valued intuitionistic fuzzy Einstein geometric Choquet integral operator and its application to multiattribute group decision-making. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1-11.
- Wang, W., and Liu, X. (2011). Intuitionistic fuzzy geometric aggregation operators based on Einstein operations. *International Journal of Intelligent Systems*, 26(11), 1049-1075.
- Wang, P., Shen, J., and Zhang, B. (2016). A new method for two-sided matching decision making of PPP projects based on intuitionistic fuzzy Choquet integral. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 31(4), 2221-2230.
- Wei, G. W. (2009). Some geometric aggregation functions and their application to dynamic multiple attribute decision making in the intuitionistic fuzzy setting. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 17(02), 179-196.
- Wei, G., and Zhao, X. (2012). Some induced correlated aggregating operators with intuitionistic fuzzy information and their application to multiple attribute group decision making. *Expert Systems with Applications*, 39(2), 2026-2034.
- Wei, G., Lin, R., Zhao, X., and Wang, H. (2014). An approach to multiple attribute decision making based on the induced Choquet integral with fuzzy number intuitionistic fuzzy information. *Journal of Business Economics and Management*, 15(2), 277-298.
- Wu, T., and Blackhurst, J. (2009). Supplier evaluation and selection: an augmented DEA approach. *International Journal of Production Research*, 47(16), 4593-4608.
- Wu, J., Chen, F., Nie, C., and Zhang, Q., (2013). Intuitionistic fuzzy-valued Choquet integral and its application in multicriteria decision making. *Information Sciences*, 222, 509-527.
- Xu, Z. (2007). Intuitionistic fuzzy aggregation operators. *IEEE Transactions on fuzzy systems*, 15(6), 1179-1187.
- Xu, Z. (2010). Choquet integrals of weighted intuitionistic fuzzy information. *Information Sciences*, 180(5), 726-736.

- Xu, Z. (2011). Approaches to multiple attribute group decision making based on intuitionistic fuzzy power aggregation operators. *Knowledge-Based Systems*, 24(6), 749-760.
- Xu, Z., and Yager, R. R. (2006). Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets. *International journal of general systems*, 35(4), 417-433.
- Xu, Z., and Yager, R. R. (2008). Dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making. *International journal of approximate reasoning*, 48(1), 246-262.
- Xu, Z., and Chen, Q. (2011). A multi-criteria decision making procedure based on interval-valued intuitionistic fuzzy Bonferroni means. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 20(2), 217-228.
- Xu, Y., Wang, H., and Merigó, J. M. (2014). Intuitionistic fuzzy Einstein Choquet integral operators for multiple attribute decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(2), 227-253.
- Yıldız, S. E. (2017). PDL yaklaşımının milli savunma sanayinde uygulanabilirliği. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2), 178-192.
- Yu, D. (2013). Intuitionistic fuzzy prioritized operators and their application in multi-criteria group decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(1), 1-21.
- Yu, D., and Xu, Z. (2019). Intuitionistic fuzzy two-sided matching model and its application to personnel-position matching problems. *Journal of the Operational Research Society*, 1-10.
- Yu, L., Wang, L., and Bao, Y. (2018). Technical attributes ratings in fuzzy QFD by integrating interval-valued intuitionistic fuzzy sets and Choquet integral. *Soft Computing*, 22(6), 2015-2024.
- Yücel, L. İ. (2017). *Veri Zarflama Analizi Frontier Analyst ve WinDeap ile Portföy Etkinlik Ölçümü Örneği ve Çeşitli Uygulamalar*. Türkiye : DER Yayınları. 1-35.
- Yükselen, K. (2012). *An Assessment Tool of Performance Based Logistics Appropriateness*. Master Thesis. Air University Air Force Institute of Technology Ohio, USA.
- Zhang, Y., and Bartels, R. (1998). The effect of sample size on the mean efficiency in DEA with an application to electricity distribution in Australia, Sweden and New Zealand. *Journal of productivity analysis*, 9(3), 187-204.
- Zhang, S. F., and Liu, S. Y. (2011). A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11401-11405.

EKLER

EK-1. DEAP 2.1 programı sonuç çıktısı

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = tez-ins.txt

Data file = tez-dta.txt

Output orientated Malmquist DEA

DISTANCES SUMMARY

year = 1

firm	crs te rel to tech in yr			vrs	te
no.	*****				
	t-1	t	t+1		
1	0.000	0.865	0.824	1.000	
2	0.000	1.000	0.986	1.000	
3	0.000	1.000	0.960	1.000	
4	0.000	0.568	0.574	1.000	
5	0.000	0.631	0.665	1.000	
6	0.000	0.476	0.502	0.603	
7	0.000	0.469	0.494	0.619	
8	0.000	1.000	1.055	1.000	
9	0.000	0.516	0.545	0.644	
10	0.000	0.556	0.587	1.000	
11	0.000	0.670	0.706	0.847	
12	0.000	0.762	0.804	0.959	

mean 0.000 0.709 0.725 0.889

year = 2

firm	crs te rel to tech in yr			vrs	te
no.	*****				
	t-1	t	t+1		
1	0.896	0.900	0.746	1.000	
2	1.046	1.000	0.987	1.000	
3	1.079	1.000	1.070	1.000	
4	0.604	0.622	0.493	1.000	
5	0.599	0.631	0.471	0.729	
6	0.491	0.518	0.379	0.566	
7	0.457	0.482	0.365	0.534	
8	1.024	0.980	0.973	0.983	
9	0.545	0.566	0.444	0.628	
10	0.551	0.581	0.425	1.000	
11	0.661	0.697	0.521	0.789	
12	0.806	0.850	0.622	0.930	

EK-1. (devam) DEAP 2.1 programı sonuç çıktısı

mean 0.730 0.736 0.625 0.847

year = 3

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.988	0.762	0.752	1.000
2	1.182	0.969	0.938	1.000
3	1.366	1.000	1.067	1.000
4	0.649	0.489	0.464	0.648
5	0.639	0.468	0.415	0.737
6	0.605	0.445	0.404	1.000
7	0.535	0.401	0.376	0.608
8	1.269	1.000	1.021	1.000
9	0.544	0.438	0.447	0.768
10	0.576	0.422	0.380	1.000
11	0.643	0.506	0.514	0.717
12	0.831	0.618	0.573	0.815

mean 0.819 0.626 0.613 0.858

year = 4

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.803	0.778	0.000	1.000
2	0.998	0.946	0.000	1.000
3	1.133	1.000	0.000	1.000
4	0.499	0.461	0.000	0.614
5	0.511	0.451	0.000	0.731
6	0.422	0.390	0.000	0.557
7	0.433	0.394	0.000	0.633
8	1.047	0.998	0.000	1.000
9	0.447	0.456	0.000	0.622
10	0.441	0.404	0.000	1.000
11	0.550	0.518	0.000	0.788
12	0.640	0.582	0.000	0.817

mean 0.660 0.615 0.000 0.813

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

EK-1. (devam) DEAP 2.1 programı sonuç çıktısı

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.040	1.023	1.000	1.040	1.064
2	1.000	1.030	1.000	1.000	1.030
3	1.000	1.060	1.000	1.000	1.060
4	1.094	0.981	1.000	1.094	1.073
5	1.001	0.948	0.729	1.373	0.949
6	1.089	0.948	0.938	1.160	1.032
7	1.029	0.948	0.862	1.194	0.976
8	0.980	0.995	0.983	0.996	0.975
9	1.096	0.955	0.975	1.125	1.047
10	1.044	0.948	1.000	1.044	0.990
11	1.041	0.948	0.932	1.117	0.987
12	1.115	0.948	0.970	1.149	1.057
mean	1.043	0.977	0.946	1.103	1.019

year = 3

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	0.847	1.251	1.000	0.847	1.059
2	0.969	1.112	1.000	0.969	1.077
3	1.000	1.130	1.000	1.000	1.130
4	0.787	1.295	0.648	1.214	1.018
5	0.740	1.354	1.011	0.733	1.002
6	0.859	1.363	1.767	0.486	1.170
7	0.830	1.329	1.138	0.730	1.104
8	1.021	1.130	1.017	1.004	1.153
9	0.773	1.259	1.223	0.632	0.973
10	0.727	1.366	1.000	0.727	0.993
11	0.725	1.305	0.908	0.799	0.947
12	0.727	1.356	0.876	0.830	0.986
mean	0.827	1.267	1.022	0.809	1.049

year = 4

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.020	1.023	1.000	1.020	1.044
2	0.976	1.044	1.000	0.976	1.019
3	1.000	1.030	1.000	1.000	1.030
4	0.942	1.068	0.947	0.995	1.007

EK-1. (devam) DEAP 2.1 programı sonuç çıktısı

5	0.965	1.130	0.992	0.973	1.090
6	0.876	1.091	0.557	1.571	0.956
7	0.983	1.082	1.041	0.944	1.063
8	0.998	1.013	1.000	0.998	1.012
9	1.042	0.980	0.809	1.288	1.021
10	0.957	1.101	1.000	0.957	1.053
11	1.024	1.022	1.100	0.932	1.047
12	0.942	1.089	1.003	0.940	1.026

mean 0.976 1.055 0.942 1.037 1.030

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

year	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	1.043	0.977	0.946	1.103	1.019
3	0.827	1.267	1.022	0.809	1.049
4	0.976	1.055	0.942	1.037	1.030

mean 0.945 1.093 0.969 0.975 1.033

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	0.965	1.094	1.000	0.965	1.056
2	0.982	1.061	1.000	0.982	1.042
3	1.000	1.073	1.000	1.000	1.073
4	0.932	1.107	0.850	1.097	1.032
5	0.895	1.132	0.901	0.993	1.012
6	0.935	1.122	0.974	0.960	1.049
7	0.944	1.109	1.007	0.937	1.046
8	0.999	1.045	1.000	0.999	1.044
9	0.959	1.056	0.988	0.971	1.013
10	0.899	1.125	1.000	0.899	1.011
11	0.918	1.081	0.976	0.940	0.993
12	0.914	1.119	0.948	0.964	1.022

mean 0.945 1.093 0.969 0.975 1.033

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]

EK-2. SPSS programı korelasyon analizi çıktısı

		Correlations			
		Urun_maliyeti	Ucretle_calisanlar	Hazir_bulunusluk	Net_satis
Urun_maliyeti	Pearson Correlation	1	,120	,137	,215
	Sig. (2-tailed)		,417	,354	,143
	N	48	48	48	48
Ucretle_calisanlar	Pearson Correlation	,120	1	,991**	,971**
	Sig. (2-tailed)	,417		,000	,000
	N	48	48	48	48
Hazir_bulunusluk	Pearson Correlation	,137	,991**	1	,978**
	Sig. (2-tailed)	,354	,000		,000
	N	48	48	48	48
Net_satis	Pearson Correlation	,215	,971**	,978**	1
	Sig. (2-tailed)	,143	,000	,000	
	N	48	48	48	48

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

EK-3. SPSS programı Mann-Whitney U testi çıktısı

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Deger is the same across categories of teknik.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,033 ¹	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AĞDAŞ, Mustafa
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 24.06.1978, İstanbul
 Medeni hali : Evli
 e-mail : mustafaagdasm@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi/Tedarik ve Lojistik Yönetimi	Devam ediyor
Yüksek lisans	Kara Harp Okulu/Tedarik ve Lojistik Yönetimi	2014
Lisans	Kara Harp Okulu /Sistem Mühendisliği	1999
Lise	Işıklar Askerî Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2018	Kara Kuvvetleri Komutanlığı	Proje Yöneticisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Eroğlu, Ö., Bali, Ö., and Ağdaş, M. (2013). Criteria evaluation model for third party logistics provider selection in fuel transportation. In *XI. Logistics And Supply Chain Congress Bildiriler Kitabı, Kayseri*, 7-9.

Ağdaş, M., Bali, Ö., ve Ballı, H. (2014). Afet lojistiği kapsamında dağıtım merkezi için yer seçimi: SMAA-2 tekniği ile bir uygulama. *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı, Trabzon*, 272-283.

- Ballı, H., Bali, Ö., ve Ağdaş, M. (2014). Alternatif yolların SMMA-TRI yöntemi kullanılarak risk kategorilerine ayrılmasına yönelik bir model önerisi. *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, Trabzon, 66-76.
- Ağdaş, M. (2014). *Çok kriterli karar verme yöntemleri ile lojistik tesis yer seçimi: Kamu sektöründe bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ağdaş, M., ve Eroğlu, Ö. (2015). Risk ortamında lojistik destek üssü yer seçimi için bir karar destek modeli önerisi. *IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, Gümüşhane, 207-218.
- Ağdaş, M., and Eroğlu, Ö. (2016). A decision support model suggestion for logistics support unit in risky environment. *Journal of Economics Bibliography*, 3(1S), 50-62.
- Ağdaş, M., Gencer, C., ve Bali Ö. (2019) Performansa dayalı lojistik kapsamında dinamik bir performans değerlendirmesi: Savunma sektöründe bir uygulama. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(3), 413-432.

Hobiler

Tarihi yerleri gezme, doğa yürüyüşü ve tiyatro.



GAZİ GELECEKTİR..