



**TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNDE SÜREÇ  
AŞAMALI BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR  
VERME YÖNTEMLERİ İLE HATA ANALİZİ**

**Pelin POYRAZ**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR  
Doç. Dr. Özer UYGUN**

**TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNDE SÜREÇ AŞAMALI BULANIK  
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE HATA ANALİZİ**

**Pelin POYRAZ**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR  
Doç. Dr. Özer UYGUN**

**KARABÜK**

**Şubat 2021**

Pelin POYRAZ tarafından hazırlanan “TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNDE SÜREÇ AŞAMALI BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE HATA ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR .....  
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Özer UYGUN .....  
Tez Danışmanı, Sakarya Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği/Oy Çokluğu ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 08/02/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Buket KARATOP (İÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muharrem ÜNVER (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ (KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Özer UYGUN (SAÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Pelin POYRAZ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİNDE SÜREÇ AŞAMALI BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE HATA ANALİZİ**

**Pelin POYRAZ**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR**

**Doç. Dr. Özer UYGUN**

**Şubat 2021, 164 sayfa**

Teknolojinin hızlı gelişimi, rekabetin artması sonucu tedarik zinciri risk yönetimi işletmelerin müşterilerine daha hızlı, daha düşük maliyetle daha iyi ürün ve hizmetleri sunmalarına yardımcı olan önemli bir yönetim süreci haline gelmiştir. Bu çalışmada, tedarik zinciri risk yönetimi ve risk analizi kapsamlı şekilde incelenerek iklimlendirme ve ısıtma sektöründeki bir talep planlama sürecinin hataları analiz edilmiştir. Hataları analiz edebilmek için ilk olarak süreç HTEA yöntemi kullanılmıştır. Süreç HTEA yönteminin karar vericilerin objektif değerlendirmelerini göz önüne almaması nedeniyle hesaplamadaki zayıflıkları iyileştirmek amaçlanmıştır. Risk analizi için Bulanık Swara ve Bulanık Copras tabanlı süreç aşamalı ÇKKV modeli önerilmiştir. Kriterlerin önem düzeylerini belirleyebilmek için Swara yöntemi, hataları sıralayabilmek için Copras yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı klasik HTEA yöntemi ile Swara ve Copras yöntemlerini

karşılaştırabilmek, risk analizine Swara-Copras tabanlı süreç aşamalı yeni bir yaklaşım getirerek literatüre katkıda bulunmaktır. Çalışmanın sonucunda en önemli hataların talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi, sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında farkedilmesi ve sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi olduğu tespit edilmiştir. Süreç bazlı Bulanık Swara-Copras yönteminin daha başarılı sonuç verdiği görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** Tedarik zinciri, Risk analizi, Süreç HTEA, Bulanık Swara Yöntemi, Bulanık Copras Yöntemi.

**Bilim Kodu** : 90611

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

# **FAULT ANALYSIS WITH PROCESS PHASE FUZZY MULTICRITERIAL DECISION MAKING METHODS IN SUPPLY CHAIN RISK MANAGAMENT**

**Pelin POYRAZ**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Industrial Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assit. Prof. Dr. Fuat ŞİMŞİR**

**Assoc. Prof. Dr. Özer UYGUN**

**February 2021, 164 pages**

As a result of the rapid development of technology and increasing competition, supply chain risk management has become an important management process that helps businesses to offer better products and services to their customers faster and at lower costs. In this study, the supply chain risk management and risk analysis are comprehensively examined and the errors of a demand planning process in the air conditioning and heating sector are analyzed. In order to analyze the errors, the process FMEA method was used first. The process is aimed at not taking into account the objective evaluations of decision makers and improving weaknesses in the calculation of FMEA method. Fuzzy Swara and Fuzzy Copras based process step MCDM model is proposed for risk analysis. The Swara method was used to determine the importance levels of the criteria, and the Copras method was used to

rank the errors. The aim of the study is to compare the classical FMEA method with Swara and Copras methods, and to contribute to the literature by bringing a Swara-Copras-based process-step new approach to risk analysis. As a result of the study, it was determined that the most important errors are the incomplete production noticed in the SF report as a result of incomplete or incorrect demand numbers, the incomplete production being noticed at the S&OP meeting as a result of incomplete or incorrect demand numbers loaded into the system and the incomplete production being noticed in the SF report as a result of incomplete or incorrect demand numbers loaded into the system. It has been observed that the process based Fuzzy Swara-Copras method gives more successful results.

**Key Word** : Supply chain, Risk analysis, Process FMEA, Fuzzy Swara method, Fuzzy Copras Method.

**Science Code** : 90611



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Fuat ŞİMŞİR'e ve Doç. Dr. Özer UYGUN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hata türü ve etkileri analizinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Selen Cansu Kayacan, Serhat Murat Talaylı ve İnci Pınar'a teşekkür ederim.

Desteğini her zaman hissettiğim sevgili annem, babam ve ablama manevi hiçbir yardımını esirgemediğim yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	7
TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ.....	7
2.1. TEDARİK KAVRAMI .....	7
2.2. TEDARİK ZİNCİRİ.....	7
2.2.1. Tedarik Zinciri Kavramının Tarihçesi .....	8
2.2.1. Tedarik Zincirinin Kapsamı.....	8
2.2.2. Tedarik Zincirlerinin Yapısı ve Süreçleri .....	10
2.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ .....	12
2.3.1. Literatürde Tedarik Zinciri Yönetimi Tanımları .....	12
2.3.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi.....	13
2.3.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Üyeleri.....	14
2.3.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Süreçleri .....	14
2.3.5. Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları.....	15
2.4. RİSK KAVRAMI.....	16
2.4.1. Literatürde Risk Tanımları .....	17
2.5. TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ .....	20

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.5.1. Tedarik Zinciri Riski .....	21
2.5.2. Literatürde Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Tanımları .....	22
2.5.3. Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Amaçları .....	23
2.5.4. Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Süreçleri .....	24
2.5.5. Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sürecindeki Hatalar .....	28
2.5.6. Tedarik Zinciri Risklerinin Kaynakları .....	28
2.5.7. Tedarik Zinciri Risklerinin Sınıflandırılması .....	30
2.5.8. Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Stratejileri .....	34
2.6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	37
BÖLÜM 3 .....	74
RİSK ANALİZİ .....	74
3.1. RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ .....	75
3.1.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) .....	76
3.1.1.1. Süreç HTEA Analizi .....	79
3.1.1.2. Tasarım HTEA Analizi .....	80
3.1.1.3. Servis HTEA Analizi .....	80
3.1.1.4. Sistem HTEA Analizi .....	81
3.1.2. Bulanık Mantık .....	81
3.1.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	85
3.1.3.1. Swara Yöntemi .....	87
3.1.3.2. Bulanık Swara Yöntemi .....	90
3.1.3.3. Copras Yöntemi .....	91
3.1.3.4. Bulanık Copras Yöntemi .....	93
BÖLÜM 4 .....	96
UYGULAMA .....	96
4.1. PROBLEMİN TANIMI .....	96
4.2. SÜREÇ-HTEA ANALİZİNİN UYGULANMASI .....	100
4.3. HİBRİT ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE RİSK ANALİZİ .....	107
4.3.1. Bulanık Swara Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi .....	109
4.3.2. Bulanık Copras Yöntemi ile Risklerin Sıralanması .....	114

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI .....	136
BÖLÜM 5 .....	141
SONUÇLAR VE YORUMLAR .....	141
KAYNAKLAR .....	143
ÖZGEÇMİŞ .....	164

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Tedarik zinciri ağı.....	9
Şekil 2.2. Tedarik zincirlerinde lojistik faaliyeti.....	10
Şekil 2.3. Tedarik zinciri ağ yapısı.....	11
Şekil 2.4. Tedarik zinciri yönetimi süreçleri.....	15
Şekil 2.5. Bütünsel risk bulmacasının komple resmi.....	19
Şekil 2.6. Tedarik zinciri risk yönetimi için beş yıllık gruplar halinde yayınlar. ....	21
Şekil 2.7. Tedarik ağı risk araçları.....	26
Şekil 2.8. Tedarik zinciri risk yönetimi süreci.....	27
Şekil 2.9. Tedarik zincirlerinde oluşan risklerin kaynakları.....	29
Şekil 2.10. Şirketlerin tedarik zinciri riskini azaltmak için attığı adımlar.....	36
Şekil 2.11. Yıllara göre tedarik zinciri risk yönetimi için yapılan çalışmalar.....	37
Şekil 3.1. Risk yönetim süreci.....	75
Şekil 3.2. HTEA analizinin süreç akışı.....	78
Şekil 3.3. Bulanık mantık çıkarım sistemi.....	83
Şekil 3.4. Bulanık HTEA yönteminin akış diyagramı.....	84
Şekil 3.5. Swara yönteminin akış diyagramı.....	88
Şekil 4.1. Ulusal satış merkezleri için talep planlama süreci.....	97
Şekil 4.2. Araştırma metodolojisi.....	100
Şekil 4.3. Süreç HTEA Analizi sonucu hata türlerinin sıralanması.....	106
Şekil 4.4. Talep planlama sürecinde hataların analizi ve önceliklendirilmesi.....	108
Şekil 4.5. Hata türlerinin sıralanması için oluşturulan bulanık hiyerarşik yapı.....	109
Şekil 4.6. Swara yöntemi için kullanılan bulanık üçgensel sayılar.....	110
Şekil 4.7. Copras yönteminde kullanılan üçgensel bulanık sayılar.....	115
Şekil 4.8. Bulanık Copras yöntemi sonucu hata türlerinin sıralanması.....	135
Şekil 4.9. HTEA ve Bulanık Swara-Copras yönteminin hata sıralarının sapması.....	140

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Tedarik zinciri risk yönetimi çalışmasının geçici eğilimleri.....	21
Çizelge 2.2. Tedarik zinciri risk kategorileri. ....	33
Çizelge 2.3. Tedarik zincirlerinde risk azaltma stratejileri .....	36
Çizelge 2.4. Literatür özeti.....	68
Çizelge 3.1. HTEA analizinin tarihçesi. ....	76
Çizelge 4.1. Hata türleri ve açıklamaları.....	101
Çizelge 4.2. Şiddet değerlendirme skalası. ....	103
Çizelge 4.3. Olasılık değerlendirme skalası.....	104
Çizelge 4.4. Tespit edilebilme değerlendirme skalası.....	105
Çizelge 4.5. Kriterler için dilsel değişkenler.....	110
Çizelge 4.6. Kriterlerin karar vericilere göre sırası.....	110
Çizelge 4.7. Kriterlerin Sj değerleri. ....	111
Çizelge 4.8. Kriterlerin Kj değerleri. ....	112
Çizelge 4.9. Kriterlerin Qj Değerleri. ....	112
Çizelge 4.10. Kriterlerin Wj değerleri. ....	113
Çizelge 4.11. Kriterlerin durulaştırılmış ağırlıkları. ....	113
Çizelge 4.12. Kriterlerin nihai ağırlıkları.....	114
Çizelge 4.13. Alternatifler için dilsel değişkenler.....	114
Çizelge 4.14. KV1 için hataların kriterler açısından bulanık matrisi.....	116
Çizelge 4.15. KV2 için Hataların Kriterler Açısından Bulanık Matrisi.....	118
Çizelge 4.16. KV3 için hataların kriterler açısından bulanık matrisi.....	120
Çizelge 4.17. KV1, KV2, ve KV3 için hataların birleştirilmiş bulanık matrisi. ....	122
Çizelge 4.18. Hataların durulaştırılmış matrisi. ....	124
Çizelge 4.19. Hataların normalize karar matrisi. ....	126
Çizelge 4.20. Hataların ağırlıklı normalize karar matrisi.....	128
Çizelge 4.21. Kriterlerin faydalı/faydasız durumu.....	129
Çizelge 4.22. Faydalı kriterlerin karar matrisinde gösterilmesi.....	130
Çizelge 4.23. Hatalar için Pi ve Ri değerleri.....	132

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.24. Hataların görelî önem değerleri. ....	133
Çizelge 4.25. Hataların önemlilik yüzdeleri. ....	134
Çizelge 4.26. Uygulanan üç yönteme göre hataların sıraları. ....	136
Çizelge 4.27. Uygulanan yöntemlere göre hata sıralarının mutlak sapması. ....	138

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$f$  : fonksiyon

$j$  : kriter

$S_j$  : ortalama değerin karşılaştırmalı önemi

$K_j$  : kriterin katsayısı

$W_j$  : bulanık ağırlık

$Q_j$  : ara ağırlık ağırlık

$K_j$  : karar vericilerin sayısı

$X_{ij}$  : j.değerlendirme ölçütü bakımından i. alternatifin değeri

$P_i$  : faydalı kriterlerin değerleri

$R_i$  : faydasız kriterlerin değerleri

$Q_i$  : alternatiflerin görelî önem değerleri

$N_i$  : performans indeks değerleri



## KISALTMALAR

HT	: Hata Türü
TZ	: Tedarik Zinciri
TZR	: Tedarik Zinciri Riski
R	: Risk
TE	: Tespit Edilebilirlik
O	: Olasılık
HTEA	: Hata Türü ve Etkileri Analizi
FC	: Forecast (Talep Tahmini)
RÖS	: Risk Öncelik Sıralaması
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
TZRY	: Tedarik Zinciri Risk Yönetimi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
SCN	: Supplier Chain Network (Tedarik Zinciri Ağı)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
FAHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi)
NSC	: National Sales Company (Ulusal Satış Ofisi)
KV	: Karar Verici
KDS	: Karar Destek Sistemi
SCOR	: Supply Chain Operations Reference Model (Tedarik Zinciri İşlemleri Referans Modeli)
DSM	: Design Structure Matrix (Tasarım Yapı Matrisi)
ISM	: Interpretative Structural Modeling (Yorumlayıcı Yapısal Modelleme)
SEM	: Structural Equation Modeling (Yapısal Eşitlik Modellemesi)
UML	: Unified Modeling Language (Birleşik Modelleme Dili)
MAS	: Multi-Agents System (Çoklu Aracılar Sistemi)
SFA	: Substance Flow Analysis (Madde Akışı Analizi)
HSC	: Hydrogen Supply Chain (Hidrojen Tedarik Zinciri)
VM	: Veri Madenciliği
NAHP	: Nötrofilik Analitik Hiyerarşi Prosesi
LDA	: Linear Discriminant Analysis (Doğrusal Ayrımcı Analizi)
CPV	: Commodity Price Variability (Mal Fiyatındaki Değişkenlik)

FMCG	: Fast Moving Consumer Goods (Hızlı Tüketim Ürünleri)
BBN	: Bayesian Belief Network (Bayesian İnanç Ağları)
EUT	: Expected Utility Theory (Beklenen Fayda Teorisi)
FTA	: Fault Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi)
SSCND	: Sustainable Supply Chain Network Design (Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı)
IMSS	: International Manufacture Strategy Survey (Uluslararası Üretim Stratejisi Anketi)
CLSC	: Closed Circuit Supply Chain (Kapalı Devre Tedarik Zinciri)
MASD	: Mean Absolute Semi Deviation (Ortalama Mutlak Yarı Sapma)
VBA	: Visual Basic for Applications (Uygulamalar için Visual Basic)
MV	: Mean Variance (Ortalama Varyans)
MPSC	: Mega Project Supply Chain (Mega Proje Tedarik Zincirleri)
BDD	: Binary Decision Diagram (İkili Karar Diyagramı)
CVAR	: Conditional Value At Risk (Koşullu Riske Maruz Değer)
MILP	: Model of Integer Linear Programming (Tamsayılı Doğrusal Programlama Modeli)
DCSC	: Dual Channel Supply Chain (Çift Kanallı Tedarik Zinciri)
ESS	: Evrimsel Stabilitate Stratejisi
DEA	: Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekanslı Tanımlama)
BNP	: Best Nonfuzzy Performance Value (En İyi Bulanık Olmayan Performans Değeri)
IBP	: Integrated Business Planning (Entegre İş Planlaması)
SNP	: Supplier Network Planner (Tedarik Ağı Planlayıcısı)
DOC	: Days of Cover (Günlük Tutulması Gereken Stok)
S&OP	: Satış ve Operasyon Planlama
KPI	: Key Performance Indicator (Anahtar Performans Göstergesi)
SCNRM	: Supply Chain Risk Network Management (Tedarik Zinciri Risk Ağı Yönetimi)
MPSCIR	: Mega Project Supply Chains Infectious Risks (Mega Proje Tedarik Zincirleri Bulaşıcı Riskleri)

- ARIMA : Auto Regressive Integrated Moving Average (Otomatik Regresif Entegre Hareketli Ortalama)
- COPRAS : Complex Proportional Assessment (Karmaşık Oransal Değerlendirme)
- SWARA : Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi)
- OSB : Organize Sanayi Bölgesi
- TOPSIS : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Sipariş Tercihi Tekniği)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Küreselleşen dünyamızda iklim değişikliği, doğal afetlerin artması, teknolojinin hızla gelişmesi, ürün ömrünün kısalması, maliyetlerin artması, politik sebepler, arz ve talepteki belirsizlikler nedeniyle işletmelerin sürekli değişen, gelişen pazar ve üretim koşullarına uyum sağlaması zorlaşmıştır. Artan rekabet ortamında bu değişim ve gelişime ayak uydurabilen, doğru kararlar alabilen kurumlar faaliyetlerine devam edebilmektedir.

Norrman ve Jansson, dünya çapındaki bazı gelişmelerin riskleri çoğalttığını ve tedarik zincirlerinin savunmasızlığını artırdığını belirtmiştir. Aşağıda sıralanan gelişmeler yeni risklerin oluşumunu etkilemekte, mevcut riskleri de artırmaktadır [1].

- Küreselleşmenin artması,
- Bilişim ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi,
- Dış kaynak kullanımının üretimde, araştırma geliştirmede ve servis hizmetlerinde artması,
- Şirketler arasındaki bağımlılığın artması,
- Müşteri beklentilerinin artması,
- Tedarik sürelerinin azalması,
- Ürün ömürleri/ömür çevrimlerinin azalması

Dünyanın değişen yapısı ve gerekliliklerinden dolayı tedarik zincirinden kaynaklanan riskler artmış ve araştırmacıların tedarik zinciri risk yönetimi konusuna olan ilgisini de artırmıştır.

Günümüzde modern ekonomilerde tedarik zincirleri, mal veya hizmetlerin üretimini için önemli yapılar haline gelmiştir. Tedarik zincirleri üreticileri, perakendecileri ve dağıtıcıları kapsarken tüketicileri de içermesinden dolayı, değişen dünyada artan risk ve belirsizliklere cevap verebilecek sağlamlıkta olmalıdır [2].

İşletmeler, rakiplerine göre daha fazla tercih edilebilir olmak, müşteri beklentilerini karşılayabilmek, ürün veya hizmet sundukları sektörde pazar paylarını artırabilmek ve sürdürülebilirliklerini korumak için belirli rekabet stratejileri izlemektedirler. İşletmelerin rekabet edebilmesi için iç pazar ve uluslararası ticaret faaliyetlerini artırmaları gereklidir. Bunun için de kaliteli ürün veya hizmetleri, hızlı bir biçimde ve en düşük fiyat ile müşterilerine sunmak zorundadırlar.

İletişim ağının yıldan yıla gelişmesi sonucu firmalar kaynaklara ve müşterilere daha kolay ulaşmaktadırlar. Bunun sonucunda firmalar rakiplerine göre daha hızlı olmalıdırlar. Rekabet ortamında müşteri taleplerine en hızlı cevap veren ve müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılayan kuruluşlar rakiplerinin önüne geçmektedir [3].

Tedarik zincirinin önemi son yıllarda oldukça artmış, işletmeler maliyetlerini düşürebilmek için bu konu üzerine yoğunlaşmışlardır. Bunun nedenleri, işletme maliyetleri arasında büyük bir bölümün tedarik zinciri giderleri tarafından oluştuğunun farkına varılması ve işletmelerin üretim maliyetlerini en uygun noktaya getirmeleridir. Ayrıca işletmeler satış ağını genişletmek, rekabet edebilmek, yüksek kar marjı ile uygun fiyatlı ürün ve hizmetleri müşterilerine sunabilmek için tedarik zinciri yönetimine önem vermelidirler. İşletmeler bu amaçlara ulaşabilmek için etkili yöntemin tedarik zinciri yönetimi olduğunu fark etmişler, müşterileri ve tedarikçileri ile olan ilişkilerini sağlamlaştırmaya başlamışlardır. Çünkü rekabet ortamında işletmelerin tek başına var olması ve başarılı olması zordur.

Son yıllarda sürdürülebilirlik risklerinin artması, radyo frekanslı tanımlama (RFID) gibi yeni teknolojilerin kullanılması ve terörizm de tedarik zincirlerini karmaşık hale getirmiş ve tedarik zinciri risklerinin araştırılması konusunda beklentiler artmıştır [4].

Günümüzde rekabetçi avantaj bireysel işletmeleri, tedarik zincirlerinin yapısını ve riski değiştirdiğinden risk yönetiminin tedarik zinciri bakış açısından ele alınması gerektiği anlaşılmıştır [5].

Pazarların genişlemesi sonucu verimlilik çalışmalarının artması sebebiyle işletmeler kendilerine katma değer yaratacak süreçlere odaklanmışlardır. İşletmelerin lojistik faaliyetleri hammaddenin tedarikçisinden son tüketiciye kadar bütünlük bir yaklaşımı içerir [6]. Bu süreçteki faaliyetlerin analiz edilmesi ve risklerin iyileştirilmesi başta maliyet olmak üzere firmalara birçok avantaj sağlayabilmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminde işletmeler, iş süreçlerinin, hizmetlerinin, ürün tasarımlarının, sistemlerin doğru ve etkin şekilde ilerlemesini sağlamalıdır. Güçlü bir sisteme, süreçlere ve ürün tasarımlarına sahip işletmeler rekabet etmeye de hazır olacaklardır. Bu amaçla tedarik zincirinde işletmelerin öncelikle iç süreçlerini, prosedürlerini, tasarımlarını ve sistemlerini amaçlarına uygun şekilde kullanabilmeleri gereklidir. Mevcut faaliyetleri iyileştirebilmek için risk analizi ve hata analizleri yapılarak bu faaliyetlerde bulunan hatalar ve hataların sonuçları olan riskler tespit edilmeli, minimum seviyeye indirilmeli, bu riskler oluşmadan engellenmelidir. Hataların nedenleri araştırılarak alınacak önlemler ile çıkacak problemlerin müşterilere aktarılmadan çözülmesi ilk amaçtır. İşletmenin prestijini koruyabilmesi ve rekabet edebilmesi için hata ve risk analizleri büyük önem taşımaktadır. Kalite problemleri, zamanında teslimat problemleri, doğru miktarda teslim problemleri, talep müşterilerin en sık karşılaştığı problemlerdir. Problemler oluşmadan nedenleri tespit etmek, karşılaşılabilecek senaryoları görmek, bunlar için önleyici aksiyonlar alarak iyileştirmenin yapılmasını sağlamak gerekmektedir. İşletmeler bu çalışmaları tedarik zinciri risk yönetimi kapsamında gerçekleştirmektedirler.

Müşterilerin karşılaştığı tedarik zinciri problemleri dışında işletme içinde en sık karşılaşılan problemler kalite problemleri, üretim planlama problemleri, talep tahmini problemleri, tedarik problemleri ve finansal problemlerdir. Üretim sürecine; müşterilerin talebinin planlanması, şirket içi stokların kontrolü, malzeme planlamalarının yapılması, malzemelerin satın alınması, üretim sürelerinin ve

sevkiyat sürelerinin hesaplanarak üretim planının oluşturulması, iş çizelgelerinin çıkarılması, işçi sayısının hesaplanması gibi birçok alt süreç girmektedir. Ürün tasarımları, bakım faaliyetleri, kalite kontrol işlemleri gibi yan süreçler de bulunmaktadır. Tüm süreçler üretim yapma veya hizmet verme amacına yöneliktir. Bu süreçlerin etkin, kolay uygulanabilir, insan ve sistem hatasına en az açık halde tasarlanması işletmelerin rakiplerine üstünlük sağlamasına önemli katkı sağlayacaktır. Üretim sürecinde birbirleriyle ilişki içinde bulunan birçok girdi, birçok amaç bulunmaktadır. Üretim süreci bu özelliği ile çok kriterli bulunan karmaşık bir problemdir.

Tedarik zinciri risk yönetimi konusunda dünya çapında 600 finans yöneticisinin katılımı ile yapılan bir çalışmada, tedarik zinciri riskinin firmanın gelirlerini diğer tüm risklerden daha fazla olumsuz etkileyebildiği görülmüştür [7]. Ray ve Black'in hazırladığı bir araştırmada işletmelerin sadece %10'nun tedarik zinciri bozulmalarıyla başa çıkabilecek detaylı planları olduğu belirtilmiştir [8].

Norrman ve Jansson, doğal afetler ve kazaların firmaların tedarik zincirlerinde beklenmeyen aksaklıklar ve kayıplar yarattığını ifade etmiştir. Dünyadaki en iyi örneklerden biri ise Ericsson firmasının, tedarikçilerinin yarı iletken fabrikasında 2000 yılında ortaya çıkan yangından sonra 400 milyon Euro kaybetmesidir [1].

Sodhi ve Tang, "Managing Supply Chain Risk" adlı kitabında büyük çaplı firmaların karşılaştıkları risklerden bahsetmişlerdir. Ford firmasının 11 Eylül 2001'de düzenlenen terör saldırısının sonucu hava trafiğinin geçici olarak durdurulması sonucu 5 fabrikasını belirli bir süre kapatmak zorunda kaldığını, Land Rover firmasının 2001 yılında tedarikçisinin iflas etmesi sonucu 1400 çalışanını işten çıkardığını, Dole firmasının Güney Amerika'da 1998 yılında meydana gelen Mitch kasırgasının muz tarlalarını harap etmesi sonucu yüksek miktarda gelir kaybı yaşadığını belirtmişlerdir [9].

2006 yılında yapılan bir araştırmada, küresel çaplı faaliyet gösteren firmaların yöneticilerinin yaklaşık %67'si tedarik zinciri risklerinin son 5 yılda arttığını belirtmişlerdir. Araştırmaya katılan firmaların yaklaşık %25'nin planlı bir risk

değerlendirme sistemine sahip olmadıkları, %50'sinin riskleri azaltarak yönetebilecek işletme çapında bir standartlarının bulunmadığı görülmüştür [10]. Örnekte görüldüğü gibi risklerinin farkında olan işletmeler çoğunlukta da olsa, kapsamlı bir risk yönetimi sürecine sahip olan şirketler çok az sayıdadır.

2015 yılında yapılan bir araştırmada ise küresel çaplı firmaların tedarik zinciri riski nedeniyle ortalama gelir kayıplarının 2011 yılında %28 seviyesinden, 2013 yılında %42 seviyesine çıktığı belirlenmiştir [11]. Sadece iki yılda %14 oranında ciddi artış görülmüştür.

MIT Forum'da yayımlanan çalışmaya göre Nissan'ın bir doğal afet karşısında nasıl bir strateji izlediği anlatılmıştır. 11 Mart 2011'de Nissan Motor ve tedarikçileri Japonya'nın doğusundan vuran 9 büyüklüğünde deprem yaşamıştır. Deprem kaydedilen en güçlü 5 depremden biridir. Tsunami dalgaları 40 metreden fazlaya ulaşmış ve dalgalar şehrin 10 km içerisine kadar ulaşmıştır. 25.000 kişi ölmüş kaybolmuş veya yaralanmıştır. 125.000 bina hasar görmüş ve ekonomik kaybın 200 milyar dolar olduğu tahmin edilmiştir. Takip eden haftalarda, Japonya'daki otomotiv firmalarının %80'i üretimlerini askıya almıştır. Nissan'ın üretim kapasitesinin rakiplerine oranla felaketten en fazla zarar gördüğü tespit edilmiştir. Nissan'ın 6 üretim tesisi ve kritik tedarikçilerinden 50'si ciddi hasar görmüştür. Üretim kapasitesine eşit oranda 270.000 otomobil kaybı yaşanmıştır. Bu duruma rağmen Nissan'daki iyileşme dikkat çekmiştir. İlerleyen altı ayda Nissan'ın üretimi, sektör genelinde %24,8 olurken Japonya'ya göre sadece %3,8 azalmıştır. Sanayi genelinde %9,3 azalma olurken, Nissan %9,3 artış ile 2011 yılını kapatmıştır. Bunun sebebi, Nissan'ın risk yönetimi felsefesi bulunması ve riskleri olabildiğince erken teşhis etmeye, aktif olarak analiz etmeye ve önlemler alarak hızlı bir şekilde uygulamaya odaklanmasıdır. Şirket tedarikçilerini de kapsayan bir hazırlık planı yapmıştır. Nissan bu stratejileri risk yönetiminde ve tedarik zincirinde kullanmıştır. Ayrıca yönetimleri uzun analizlere gerek olmadan yerel kararlar alabilme yetkisine sahiptir, tedarik zinciri modelleri esnekler. Bu sebeple 2011 yılını artışla kapatabilmiştir [12].

Bu çalışmada ısıtma ve iklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın global çaplı müşterileri için tedarik zinciri operasyonlarından olan talep planlama



süreç akışı incelenecek, risk analizi yapılacaktır. İncelenen süreç ulusal satış ofisleri için yapılacak olan üretimin talep planlama aşamasıdır. Talep planlama sürecindeki hatalar öncelikle Proses HTEA yöntemi ile analiz edilecek, ardından bulanık swara yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılarak bulanık copras yöntemi ile sıralanacaktır. Çalışmanın amacı riskleri farklı yöntemler ile analiz ederek sonuçları karşılaştırabilmek ve literatüre katkı sağlamaktır.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde tedarik zincirinin önemi ve gelişiminden bahsedilmiş, gerçek örnekler ve analizler verilmiştir. İkinci bölümde tedarik zinciri risk yönetimi kapsamında genel kavramlar açıklanacak ve literatür araştırması verilecektir. Üçüncü bölümde risk analizi ve risk analizinde kullanılan yöntemlerden bahsedilecektir. Dördüncü bölümde yapılan uygulama ve beşinci bölümde ise sonuçlar ve yorumlar verilecektir.

## BÖLÜM 2

### TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ

Son yıllarda rekabetin artması, teknolojinin hızla gelişmesi, müşteri taleplerinin değişkenliği, kıt kaynakların verimliliğinin artırılması gerekliliği sonucu tedarik zinciri risk yönetimi işletmeler için iyileştirilmesi gereken önemli bir konu olmuştur. Tedarik zinciri risk yönetimi firmaların stratejik bir yönetim faaliyetidir.

Bu bölümün amacı tedarik zinciri risk yönetimini oluşturan kavramları açıklamaktır. Bölümün son kısmında tedarik zinciri risk yönetimine ait literatür araştırması ve yapılan çalışmalar sunulacaktır.

#### 2.1. TEDARİK KAVRAMI

Tedarik kelimesi, sözlük anlamına göre “araştırıp bulmak, sağlamak” anlamına gelmektedir. İşletme biliminde ise, mühendislik ve malzeme talep yetkisi bulunan şirket içinde departmanlardan talep edilen malzemelerin, doğru nitelik ve miktarda satın alınmasıdır. Bu işlemlerden tedarik veya satın alma bölümü sorumludur [13].

Tedarik zinciri yönetiminin yapıtaşını oluşturan tedarik kavramı genel anlamıyla talep edilen ürün veya hizmetin, uygun ve kaliteli hizmet veren tedarikçilerden satın alınması sürecini kapsar. Bu süreç tedarikçi araştırması, uygun tedarikçi seçme, satın alma, malzemeyi teslim alma, stok kontrol, nakliye gibi süreçleri de kapsamaktadır.

#### 2.2. TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik zincirini birbirleri ile etkileşimde bulunan birçok tedarik faaliyetinin oluşturduğu sistem olarak tanımlayabiliriz. Tedarik zincirinin tarihçesi ve literatürdeki yerinden bahsedilecektir.

### **2.2.1. Tedarik Zinciri Kavramının Tarihçesi**

Tedarik zinciri kavramı ilk kez Jay W. Forrester'in 1958 yılında Harvard Business Review'de yayınlanan makalesinde yer almıştır. Forrester bu makalesinde yönetimin, endüstriyel firmaların başarısındaki bilgi akışı, malzeme, para, insan gücü ve sermaye arasındaki etkileşime bağlı olduğunu ifade etmiştir [14].

Firmalar müşterilerinin sadakatini sağlamak amacıyla 1960-1970'lerde detaylı pazarlama stratejileri geliştirmeye başlamışlardır. 1980'lerde pazara sunulan yeni ürün ve hizmetlere talep artmıştır. Kuruluşların mevcut ürünleri geliştirmeye esnek olmaları ve devamlı değişen müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yeni ürünler geliştirmeleri gerekmiştir. Yöneticiler 1990'lı yıllarda, şirket içi üretim kapasiteleri arttığında kaliteli ürün üretmenin yeterli olmadığını anlamışlardır. Müşterilerin talep ettiği ürünün istenen nitelikte, istenen yerde ve zamanda, doğru miktarda karşılanması için maliyetleri etkin yönetmenin rekabet avantajı sağladığını fark etmişlerdir [15].

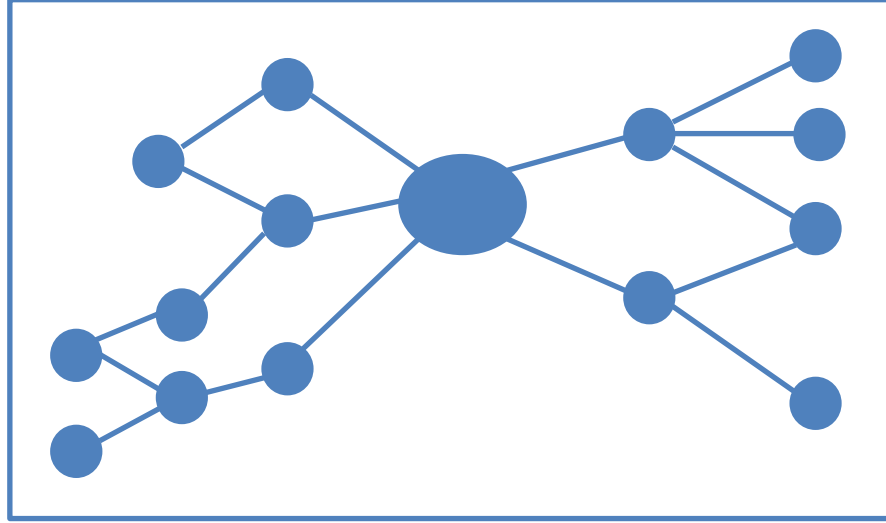
Cooper ve Ellram, tedarik zincirlerinin envanter yatırımını azaltmak, müşteri hizmetlerini artırmak ve rekabet avantajı oluşturmak şeklinde üç ana amaç üzerinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Envanter yatırımını azaltmak şirketlere büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır [16].

### **2.2.1. Tedarik Zincirinin Kapsamı**

Tedarik Zinciri Konseyi tedarik zincirini "Lojistik profesyonelleri tarafından giderek daha fazla kullanılan tedarik zinciri, tedarikçinin tedarikçisinden müşterinin müşterisine nihai ürünün üretilmesi ve teslim edilmesini kapsayan her faaliyeti içermektedir." şeklinde tanımlamaktadır.

Lummus ve Vokurka ise hammaddelerin tedarik edilmesi, imalat ve montajlarının yapılması, depolama ve stok takibi, sipariş yönetimi, tedarik kanallarına dağıtım ve müşteriye teslimat süreçlerini yönetmek için gerekli sistemler olarak tanımlamışlardır. Tedarik zinciri, zincirdeki tüm ortakları, tedarikçiler, taşıyıcılar,

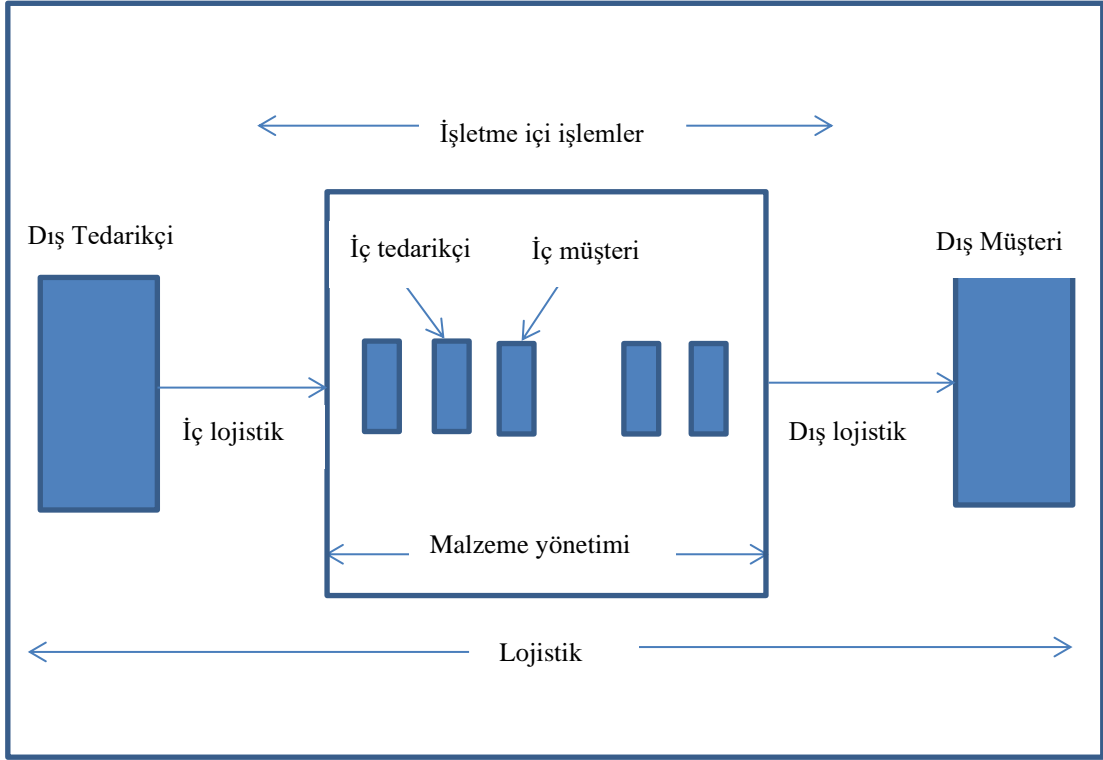
üçüncü taraf firmalar ve bilgi teknolojileri sağlayıcılarını içermek üzere dış ortakları birbirine bağlar [17]. Şekil 2.1 firmanın bir müşteri ve tedarikçi ağının merkezinde olması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 2.1. Tedarik zinciri ağı [16].

Tedarik zinciri ağlarının oyuncularını farklı aşamalarda birbirine bağlaması sebebiyle, olumlu veya olumsuz bir etkinin tüm zinciri etkileyeceği söylenebilir. Singhal vd. tedarik zincirinin oyuncuları arasında işbirliği ve ortaklık sağlamasına rağmen aynı zamanda risklerin üretildiği ve tüm ağa yayıldığı bir ortam olduğunu vurgulamıştır [18].

Tedarik zinciri ağındaki lojistik faaliyeti ise Şekil 2.2'deki gibi ifade edilebilir. Waters lojistiğin, malzemeleri iç tedarikçilerden alıp iç müşterilere ulaştırarak işletmenin farklı bölümlerine malzeme, bilgi, yarı ürün, nihai ürün, enerji, para vb. akışını sağladığını ifade etmiştir. Lojistik, malzemelerin tedarikçilerden işletmeye ve işletmeden müşteriye ulaştırılmasından, işletme içi süreçlerin geçişinden sorumludur. Malzemelerin dış tedarikçiden firmaya ulaştırılması sürecine iç lojistik, firmadan dış müşteriye ulaştırılması sürecine ise dış lojistik denmektedir. Malzemelerin firma içindeki hareketine malzeme yönetimi denmektedir. Firma içinde her birim birbirlerinin iç tedarikçisi veya iç müşterisi durumundadır. Firmanın dışındaki tedarikçi dış tedarikçi ve pazardaki müşteri de dış müşteri şeklinde bilinmektedir [19].

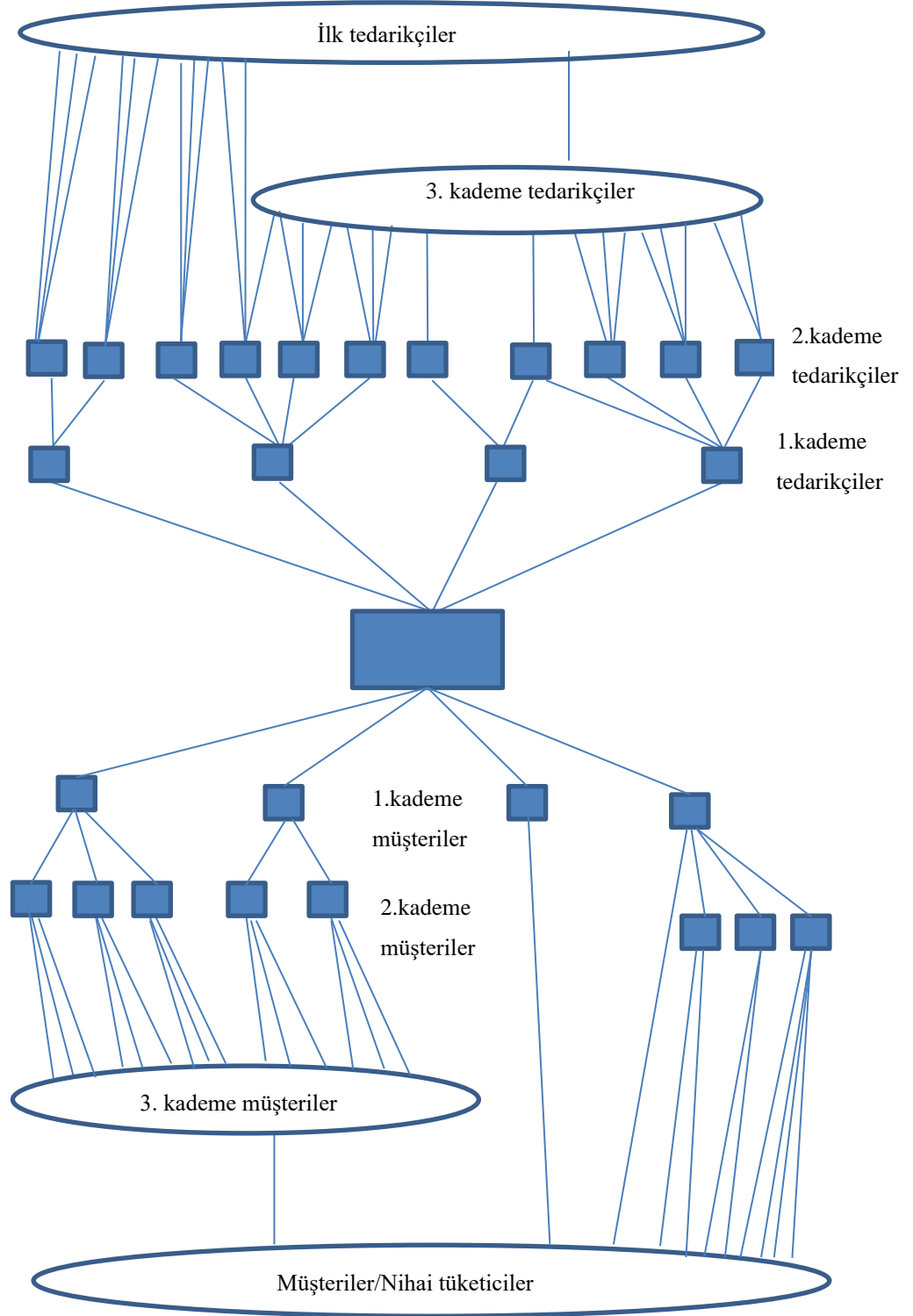


Şekil 2.2. Tedarik zincirlerinde lojistik faaliyeti [20].

### 2.2.2. Tedarik Zincirlerinin Yapısı ve Süreçleri

Tedarik zincirleri işletmelerin organizasyon yapısına, büyüklüklerine, faaliyet alanlarına göre değişebilir. Tedarik zinciri ağına perakendeci, toptancı, taşıyıcı, distribütör, imalatçı ve 3.parti hizmet alınan firmalar (lojistik, finans, danışmanlık, ürün ayıklama, işgücü sağlama, pazarlama gibi alanlarda destek sağlayan firmalar) da girebilir.

Douglas vd.'ne göre tedarik zincirinin yapısı yatay, dikey ve merkezde bulunan işletmenin tedarik zincirindeki yatay konumu olarak üç boyuttan oluşmaktadır. Yatay yapı, tedarikçi ve müşterilerin düzeylerinin sayısını ifade eder. Dikey yapı ise her düzeydeki tedarikçi/müşterinin sayısıdır. Üçüncü boyut olan merkezde bulunan işletmenin tedarik zincirindeki yatay konumu ise bir işletmenin ham madde kaynağına yakın bir yerde, son kullanıcı/müşteriye yakın bir yerde veya bu noktaların arasında konumlanabileceğini ifade etmektedir [21].



Şekil 2.3. Tedarik zinciri ağ yapısı [21].

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi tedarik ağının merkezindeki işletme alt ve üst kademeler ile tüketiciler ve tedarikçilerine bağlıdır. Bowersox vd., tedarik zincirini yukarı ve aşağı yönlü akışlar olarak ifade etmiştir. Tedarikçi ağı yukarı yönlü akışların olduğu

ham madde tedarikçisinden başlamaktadır. Müşteriye/son kullanıcıya doğru olan dağıtım kanalı ise aşağı yönlü akışlardan oluşmaktadır [22].

Kotler ve Armstrong, tedarik zinciri üyelerini asıl ve destekleyici üyeler olarak iki gruba ayırmıştır. Asıl üyeler, müşteriye veya pazara sunulmak üzere ürün/hizmet üretmek için kurulmuş iş süreçlerindeki operasyonel faaliyetleri yerine getiren bağımsız firmalar veya stratejik işletmelerdir. Destekleyici üyeler ise, asıl üyelere sadece bilgi, kaynak, hizmet veya mevduat sağlayan işletmelerdir [23]. Destekleyici üyelere hammadde veya yardımcı malzeme tedarik edilen tedarikçiler, marka yönetimi, işe alma, atık danışmanlığı, iş sağlığı ve güvenli gibi konularda destek alınan danışmanlık firmaları, 3.parti kalite kontrol firmaları, finansal faaliyetlerde bankalar, lojistik için kargo firmaları örnek verilebilir.

### **2.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ**

Tedarik zinciri yönetimine ilgi, şirketlerin kendi organizasyonları içinde ve ötesinde işbirlikçi ilişkilerin faydalarını gördüğü 1980'lerden beri giderek artmaktadır. Bu bölümde tedarik zinciri yönetiminden bahsedilecektir.

#### **2.3.1. Literatürde Tedarik Zinciri Yönetimi Tanımları**

Tedarik zincirini etkin şekilde yönetebilmek için tüm tedarik zincirinin doğru bir şekilde anlaşılması gereklidir. Shukla vd. tedarik zinciri yönetimini müşteri memnuniyetini artırmak ve rakiplere üstünlük sağlamak amacıyla tedarik zinciri ağında malzeme, para, insan ve bilginin yönetilmesi şeklinde tanımlamışlardır [24].

Tedarik zincirinin maliyet yönüne vurgu yapan Christopher tedarik zinciri yönetimini daha düşük maliyet ile pazara değer yaratan tedarikçiler, firmalar ve müşteriler arasında aşağı ve yukarı yönlü ilişkileri bulunan sistemin yönetimi olarak tanımlamıştır [25].

Monczka ve Morgan, müşteri odaklı bakış açısı ile entegre tedarik zinciri yönetimini “dış müşteriden giderek daha sonra müşteriye değer sağlayan tüm süreçlerin yatay

bir şekilde yönetilmesi” olduğunu belirtmişler ve firmaların değil tedarik zincirlerinin rekabet ettiğine inanmışlardır [26].

Ross ise bu kavramı işletmeyi operasyonları içinde yatay olarak ve tedarik zinciri ağının dışında dikey olarak etkileyen problemler ile baş etmek amacıyla kullanılan bir iş felsefesi olarak ifade etmiştir [27].

Azadeh ve Alem, bireysel ihtiyaçlara vurgu yapmışlardır. Firmanın kendi ihtiyaçları önemli bir faktör olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Tedarik zinciri yönetimini tüm zincirin performansını artırmak için bir araya gelmiş bağımsız kurumların koordinasyonu” olarak tanımlamışlardır [28].

Stadtler, tedarik zincirindeki rekabetin artırılması gerektiğinden bahsetmiştir. Tedarik zinciri yönetimini bir tedarik zincirinde yer alan organizasyonel birimlerin birleştirilmesi ve tedarik zinciri rekabetinin bütün halinde artırılması, bilgi, malzeme ve finansal akışların müşteri taleplerinin karşılanması amacıyla eş zamanlı yürütülmesi şeklinde tanımlamıştır [29].

### **2.3.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi**

1980’li yıllarda potansiyel fayda ve kayıp kavramlarının tartışılması sonucu tedarik zinciri yönetiminin ortaya çıktığı bilinmektedir. 1982 yılında Oliver ve Webber satın alma, üretim, satış ve dağıtım gibi içinde malzeme ve bilgi akışı bulunan faaliyetlerin entegrasyonunun işletmeye sağlayacağı potansiyel faydayı araştırmışlardır. Tedarik zincirinin ise Booz Allen Hamilton firmasında çalışan ve lojistik danışmanı olan Oliver ve Webber tarafından literatüre kazandırıldığı bilinmektedir. Ayrıca Oliver tedarik zinciri ve tedarik zinciri yönetimi terimlerini bir araya getirmesi ile ünlüdür [30].

Toyota’nın kendi tedarikçilerini yönetme isteği ve bu amaçla bir sistem oluşturması sonucu tedarik zinciri yönetiminin ortaya çıktığı da bilinmektedir [31]. Tedarik zinciri yönetiminin müşterilerin taleplerinin değişmesi sonucu pazardaki kısa ürün ömrü, müşterilerin kaliteli ürün ihtiyaçlarının artması, maliyet yönetiminin önem



kazanması, teknolojinin hızla gelişmesi ve rekabetin artması ile kendiliğinden oluştuğu söylenebilir.

### 2.3.3. Tedarik Zinciri Yönetiminin Üyeleri

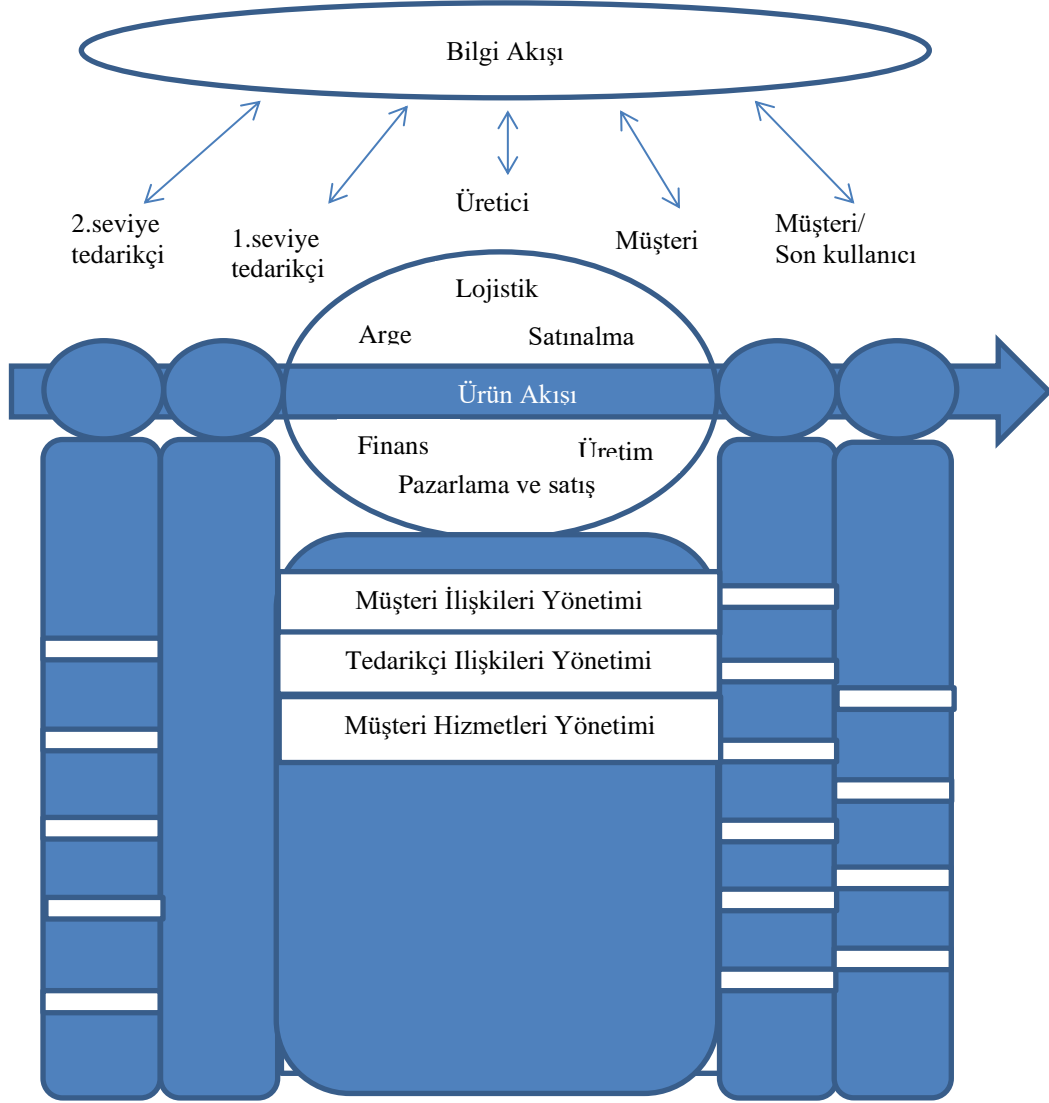
Tedarik zinciri yönetiminin ana üyeleri olan tedarikçi, ürün veya hizmet üreten kuruluş, tüketici ve dağıtıcıdan oluşmaktadır ve aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- **Tedarikçi:** Bir işletmenin ana girdilerini oluşturan malzeme, materyalleri doğadan ya da bir işletmeden alarak işleyen, bunları hammadde veya yarı mamüle dönüştüren ve tedarik eden tedarik zincirinin ilk üyesidir.
- **Fabrika:** Tedarikçilerinden tedarik ettiği hammadde, yarı mamül veya bilgileri kullanarak işletme içinde üretim, kalite, arge gibi faaliyetlerle geliştirerek ürüne dönüştüren ve müşterilerine pazarlayan üyedir. Tedarik zincirinin merkezinde yer almaktadır.
- **Dağıtıcı:** Müşteri ile fabrika arasında bulunan malzeme veya ürün akışını sağlayan elemandır.
- **Müşteri:** İhtiyacı olan hizmet veya ürünleri talep eden, sipariş veren tedarik zincirinin son üyesidir.

### 2.3.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Süreçleri

Tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerine bağlı olarak müşteri ilişkileri yönetimi, talep yönetimi, üretim yönetimi gibi farklı süreçlerden oluşmaktadır.

Cooper vd. tedarik zinciri yönetimi süreçlerini Şekil 2.4'teki gibi ifade etmiştir. Tedarikçi, üretici ve müşteriler ile bilgi akışının bulunduğu sistemde, ürün akışında arge, lojistik, satınalma, finans, pazarlama ve satış ve üretim faaliyetleri bulunmaktadır. Bu faaliyetler sonucu tedarik zinciri yönetiminin süreçleri de oluşmaktadır. Ürün akışı 2. Seviye tedarikçiden son kullanıcıya doğru ilerlemektedir.



Şekil 2.4. Tedarik zinciri yönetimi süreçleri [21].

### 2.3.5. Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları

Tedarik zincirinin amaçları tedarik zinciri süreçlerinin en etkin ve doğru şekilde yürütülmesini sağlamaktır. Akanle ve Zhang, tedarik zincirinin amacının en az maliyetle ve doğru zamanda son kullanıcının taleplerini karşılamak olduğunu belirtmişlerdir. Tedarik zinciri yönetimi birçok amacın bulunduğu bir yapılandırma problemidir. Belli zaman aralığında, en iyi kalitede minimum maliyetle ve maksimum güvenilirlikle esnek bir tedarik zinciri oluşturmak zincir üyelerinin ortak amacıdır [32].

Shukla vd. maliyet performans indeksini göz önüne almışlardır. Tedarik zinciri yönetiminin amacını en yüksek değer yaratan ürün veya hizmetin rakiplere göre en düşük maliyet ile elde edilebilmesi için süreçlerin optimize edilmesi olarak ifade etmişlerdir [24].

Tedarik zinciri yönetimini etkili şekilde yönetebilmek için şirketler hedeflerine yönelik eylemler almalı ve performans kriterleri belirlemelidir. Bu performans kriterleri; hataların en aza indirilmesi, maliyet, pazar payı, teslimat süresi, ürün veya hizmetin kalitesi, ürün veya hizmetten elde edilen kar, esneklik, teknolojiye ve müşteri beklentilerine uyum, müşteri memnuniyet oranı olabilir. Bu kriterlere göre işletmeler yıllık planlarını oluşturmalıdırlar.

## **2.4. RİSK KAVRAMI**

Risk terimi birçok sektörde kullanılmaktadır, fakat tedarik zinciri risk yönetimi konusunun önemi son yıllarda artmıştır. Risk, evrensel bir kavramdır ve sözlük anlamı tesadüf, rastlantı anlamındadır.

Merna ve Al-Thani, “Risk” kelimesinin kökenin Arapça “risq” ya da Latin “riscum” kelimelerinden geldiğini belirtmiştir [33]. Özbilgin, Bilişim Dergisi’nde yayınladığı yazıda risk kelimesinin aslının zarara uğrama tehlikesi anlamına gelen “riziko” olduğunu ve Fransızca kökenli olduğunu ifade etmiştir [34]. Heckmann, risk kelimesinin yerine belirsizlik, tehlike, bozulma, felaket ve kriz gibi farklı kelimelerin kullanıldığını ve risk kelimesinin kökenin net bir şekilde belirlenemediğini ifade etmiştir çünkü bu terimin farklı kültürlerde kökleri olduğu görülmüştür [35].

Heckmann’ın aksine Norrman ve Jansson risk ve belirsizliğin farklı olduğunu belirtmişlerdir. Belirsizlikler bilinemezken riskler ölçülebilir [1]. Knight da yazdığı “Risk, Belirsizlik ve Kâr” isimli kitabında, risk ve belirsizliğin en önemli farklarının ölçülebilir olup olmadıkları olduğunu ifade etmiştir. Risk, belli dereceye kadar ölçülebilirken, belirsizlik ölçülemeyen bir kavramdır. Risklerin olasılığı ve şiddeti tanımlanırken, belirsizliklerin olasılığı ve şiddeti tanımlanamaz. Risklerin olumlu ya da olumsuz sonuçları tahmin edilebilirken, belirsizlik ise tahmin bile yürütülemeyen

bir kavramdır [36]. Risklerin temel kaynağı belirsizlik ortamıdır. Riskin farkında olmamak, riskleri gözardı etmek riski oluşturan en büyük tehlikedir.

Bradley, riskin ölçülebilir ölçüsünü bir olayın gerçekleşmeden önce veya sonra tespit edilebilme ihtimali olarak ifade etmiştir [37]. Riskin gerçekleşmeden tespit edilme ihtimalinin yüksek olması beklenir.

Riskin yapılan araştırmalarda daha çok finansal veriler ile ilişkilendirildiği ve bu alanda birçok çalışma yapıldığı görülmüştür. Türkiye’de de 1958 yılında kurulmuş Türkiye Bankalar Birliği’nin veri merkezi ve aynı zamanda TCMB sistemik risk veri takip sistemi bulunmaktadır.

#### **2.4.1. Literatürde Risk Tanımları**

Risk kavramı pek çok bilim dalıyla ilişkilidir fakat tanımı işletmelerin faaliyet alanlarına, fonksiyonlarına göre farklılık gösterebilmektedir.

Özbilgin’e göre risk istenmeyen sonuçlarla karşılaşma olasılığıdır. Riskin temel nedeni gelecek durumlar hakkında net bilgiye sahip olunmamasıdır. Risklerin tümünden yok edilmesi mümkün olmadığından riski azaltmak ve iyi yönetmek, risk kavramının amacını oluşturmaktadır [34].

Lowrence, riski olumsuz etkilerin olasılığının ve büyüklüğünün beraber ölçüsü olarak tanımlamıştır ve riskleri altı ana tehlike sınıfı halinde aşağıdaki gibi ifade etmiştir.

- Bulaşıcı ve dejeneratif hastalıklar;
- Doğal felaketler;
- Büyük teknolojik sistemlerin başarısızlığı;
- Ayrık, küçük ölçekli kazalar;
- Düşük seviye, gecikmeli etki tehlikeleri
- Sosyopolitik aksaklıklar [38].

Holton, riski net olmayan bir probleme maruz kalma olarak tanımlamıştır. Risk belirsizlik ve maruz kalma olarak iki unsurdan oluşur. Örneğin; uçaktan paraşütsüz atlayan birisi için bir belirsizlik yoktur ve hiçbir riskle karşılaşmaz, çünkü kesinlikle ölecektir [39].

March ve Shapira, riski klasik karar teorisi perspektifinden incelemiştir. Olası sonuçların, ihtimallerin ve öznel değerlerin dağılımındaki sapma şeklinde tanımlamışlardır. Yöneticilerin tercih ettiği değer pozitif sonuç şeklinde, risk ise negatif sonuç şeklinde ele alınmıştır [40].

Risk kayıpların olasılığı olarak bilinirken, Yates ve Stone risk için; potansiyel kayıplar, kayıpların önemi ve kayıpların belirsizliği tanımını önermişlerdir. Risk, alternatifler ve karar verici arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Karar vericinin bakış açısından bir alternatifin değeri aşağıdaki gibi bulunur;

$$\text{Değer} = f(\text{Risk}, \text{Diğer Koşullar})$$

Bir kayıp riski, kayıpların olasılığı ve önemin birleşimi olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$\text{Risk}_n = \text{Olasılık (Kayıplar}_n) \times \text{Önem (Kayıplar}_n) \text{ [41].}$$

Mitchell, potansiyel bir kaybın diğer sonuçlara bakılmaksızın toplam riske katkısının değişmeyeceğini belirtmiştir. Bir karardan kaynaklanan belli bir finansal riskin, diğer risklerin varlığı nedeniyle değişmeyeceğini aşağıdaki eşitlik ile göstermiştir.

$$\text{Toplam Risk} = \text{Risk}_1 + \text{Risk}_2 + \dots \text{ [42].} \quad (2.1)$$

Bir süreçteki risklerin birbiri ile bağlantısı olabilir veya işletme içinde bir departmandaki risk diğerini tetikleyebilir. Bu bağlamda risklerin etkileşim içinde olduğunu kabul etmek gerekir. Riskler karşılaştığımız kişisel ve kurumsal risklerin bir bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütünsel risklerin bağlantıları Şekil 2.5'te ifade edilmiştir.



Şekil 2.5. Bütünsel risk bulmacasının komple resmi [43].

Manuj ve Manetzer'e göre "risk olayları" denilen belirsiz bir olayın beklenen sonucu olarak riskler oluşurlar. Küresel tedarik zincirlerinde riskin hızı ve sıklığı daha önemlidir. Riskin hızı; Risk olayının oluşma hızına, kayıpların oluşma hızına ve riskin tespit edilme hızına bağlıdır. Riskin sıklığı ise benzer bir risk olayının ne sıklıkta meydana geldiğini ifade eder [44].

Riskler tedarik zincirleri için her zaman var olan olaylar olmuşlardır. Hagigi ve Sivakumar, riskin bir işletmenin engellenemez bir parçası olduğunu ifade etmişlerdir. Riskleri oluşturan iç ve dış unsurlar, firmanın faaliyet gösterdiği alanda bulunan tedarikçilerin, dağıtıcıların vb. belirsizliklerini ve çevresel belirsizlikleri içerir. Risk yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar daha çok riskin bireysel hatalarına odaklanmışlardır. Yöneticiler, bu tür tanımlanmış bireysel hatalardan kaynaklanan kayıpları tamamen kaldırmak veya azaltmak için risk yönetimi stratejileri belirlemişlerdir [45].

Risklerin tamamen yok edilmesi için risk kaynağının ortadan kaldırılması gerekmektedir. Riskin önemi genel olarak riskin oluşma olasılığı, bu riskin

oluşturacağı şiddet ve riskin tespit edilebilirliğine göre hesaplanmaktadır. Fakat bazı durumlarda riskin sayısal olarak ifade edilmesi daha yüksek şiddet derecesine sahip hataların göz ardı edilmesine sebep olabilir. Yöneticiler risklerin sonuçlarına veya şirketlerine vereceği zarara, etkiye odaklanırlar ve çoğunlukla şiddeti yüksek olan riskleri önemserler. Bu sırada şiddeti daha az fakat gerçekleşme olasılığı sık olan riskler göz ardı edilmiş olur. Son yıllarda bu eksiklik fark edilmiş olup riskin ölçütü incelenen sürece veya probleme göre farklılaşabilmektedir.

## **2.5. TEDARİK ZİNCİRİ RİSK YÖNETİMİ**

Tedarik zinciri risk yönetiminin yeni bir çalışma alanı olduğu söylenilmektedir. Tedarik zinciri risk yönetimi, tedarik zinciri ve risk yönetiminin birleşimi ile meydana gelmiştir. Tedarik zincirinde bulunan malzeme veya hizmetin kalitesini, bilgi akışını, finansal durumu etkileyebilmekte, üretim faaliyetlerinde durmalara neden olabilmektedir. Belirtilen durumlardan dolayı firmaların pazarlama ve satış faaliyetleri etkilenebilmektedir.

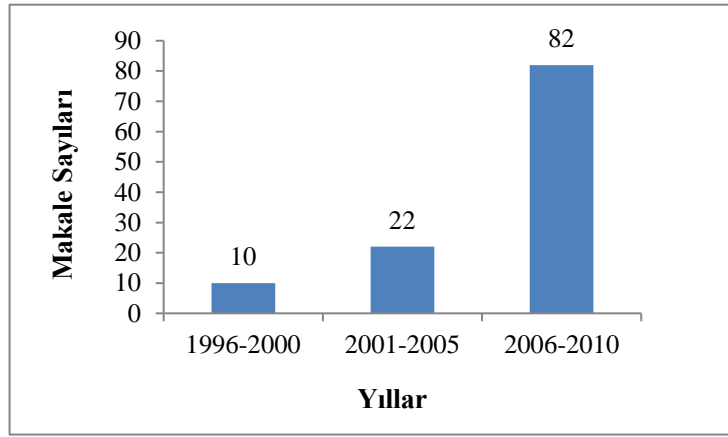
TZRY, 2000 yılında New Mexico'daki Philips yarı-iletken fabrikasında çıkan yangın gibi tedarik zinciri risk olaylarının meydana gelmesi ile 1990'lı yılların sonunda önem kazanmıştır [46].

Tedarik zinciri risk yönetimi alanındaki periyodik büyümeyi göstermek için Singhal vd. Çizelge 2.1.'de 1996-2010 yılları arasında yayınlanan hakemli dergilerden alınan 114 makaleyi üç zaman bloğuna bölmüşlerdir. 1996-2000 yılları arasında riskler tanımlanarak ağırlıkla finansal riskler ele alınmıştır. 2001-2005 yılları arasında talep arz dengesi ve küresel risk konuları önem kazanmıştır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle bilgi güvenliği ve marka imajı önem kazanmıştır. Ayrıca pazarın hızlı değişen yapısı için çeviklik ve esneklik konuları da incelenmiştir. Tedarik zinciri risklerinin yönetilmesi yıllara göre farklı eğilimler göstermiştir.

Çizelge 2.1. Tedarik zinciri risk yönetimi çalışmasının geçici eğilimleri [18].

Dönem	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Tedarik Zinciri Risk Yönetimi çalışmalarındaki eğilimler	Risk tanımları ve genellikle finansal risk analizinden etkilenen odak firma perspektifleri için araştırma	Küresel risk konularının ele alınması, Envanter politikaları, talep ve arz gibi operasyonel parametrelerin incelenmesi, Kapasite planlaması	Ülkeler arası ilişki sorunları, Bilgi paylaşımı ve güvenliği ile ilgili konular, marka imajına odaklanma ve kapsamlı tedarik zinciri risk yönetimi programı, çeviklik ve esneklik sorunları

Şekil 2.6'da beş yıllık gruplar halinde TZRY yayınlarının sayısı verilmiştir. TZRY alanında yapılan çalışmaların katlanarak arttığı görülmektedir.



Şekil 2.6. Tedarik zinciri risk yönetimi için beş yıllık gruplar halinde yayımlar [24].

Risk yönetimi süreci bir kuruluşta karşılaşılabilecek risklerle ilgiliyken, tedarik zinciri risk yönetimi ise tedarik zincirini kapsayan tüm riskler ile ilgilidir.

### 2.5.1. Tedarik Zinciri Riski

Tedarik zinciri riskini literatürde ilk defa 1983 yılında Kraljic kullanmıştır. Kraljic çalışmasında üretim kaynaklarının tükenmesi, siyasi kargaşa, devlet müdahalesi, rekabetin artması gibi sebeplerle şirketlerin süregelen satınalma faaliyetlerinin zorlaştığını belirtmiştir [47].



Craighead vd. tedarik zinciri risklerini, tedarik zincirinin akışını kesintiye uğratan ve tehlikeye sokan, operasyonel-finansal çıktılarının olumsuz sonuçlar vermesine neden olan beklenmeyen olaylar olarak nitelendirmişlerdir [48].

Tedarik zincirlerinin verimliliği ve etkin yönetilmesi tüm süreçleri etkilemektedir. Heckmann vd. tedarik zincirinin hedef verimlilik ve etkinlik değerlerinde sapmaya neden olan kayıplar şeklinde tedarik zinciri risklerini ifade etmişlerdir [35].

Tedarik zincirinin risklerinden biri olan tedarik riskini ise Lee ve Billington, malzeme ve hizmet tedarikindeki önemli ve hayal kırıklığı yaratan başarısızlık ve hatalar olarak belirtmiştir [49].

Tedarik zinciri riskleri konusunda yapılan araştırmalar oldukça fazladır. Bu çalışmalarda tedarik zinciri riskleri nedenlerine, etkilerine, görüldüğü alanlara göre sınıflandırılmaktadır. Tedarik zinciri riskleri; tedarikçi riski, talep riski, çevresel riskler, finansal riskler, güvenlik riskleri, sürdürülebilirlik riskleri gibi birçok sınıftan oluşmaktadır.

### **2.5.2. Literatürde Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Tanımları**

Tedarik zinciri risklerini etkin yönetebilmek için tedarik zinciri yönetiminin süreçlerini, amaçlarını, stratejilerini iyi kavrayabilmek gereklidir.

Blos vd. ile Giannakis ve Louis, TZRY'nin maliyet ve karlılık etkilerine vurgu yapmışlardır. Blos vd. tedarik zincirinin karlılığı ve devamlılığı çerçevesinde, tedarik zinciri üyelerinin iş birliği ve koordinasyonu ile risklerin yönetilmesi olarak tanımlamışlardır. Giannakis ve Louis, zincirin toplam karlılığını etkileyen aksaklık, belirsizlik gibi olayların erken tespit edilmesi için performans kriterlerinin kontrol edilmesi ve zinciri ilgilendiren karar verme ve düzeltme faaliyetleri şeklinde ifade etmişlerdir [50,51].

Tedarik zincirinin risklere açık bir yapısı bulunmaktadır. Jüttner ve Tang da tedarik zincirinin savunmasızlığını ve risklerini minimize etmek, tedarik zincirinin

sürdürülebilirliğini artırmak için risklerin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve stratejiler kapsamında yönetilmesi şeklinde TZRY sürecini tanımlamışlardır [52,53].

Briggs, hazırladığı doktora tezinde TZRY' nin risk olaylarını tanımlamak, risklerin olasılıklarını ve etkilerinin önem derecesini değerlendirmek, riskleri önceliklendirmek ve son aşama olarak riski azaltmayı içerdiğini belirtmiştir [54].

Tedarik zincirindeki tüm riskler aslında zincirin üyeleri tarafından paylaşılmakta ve bir risk tüm zinciri etkileyebilmektedir. Christopher da buna değinerek tedarik zincirinin güvenliğini sağlayabilmek için zincirdeki dahili ve harici risklerin tedarik zinciri üyeleri tarafından paylaşılarak bir uyum halinde tanımlanması ve yönetilmesi gerektiğini belirtmiştir [55].

### **2.5.3. Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Amaçları**

Tedarik zinciri risk yönetiminin amacı öncelikle riskleri tanımlamak ve farkında olmak, sonraki aşamalarda risklerin etkilerini ölçmek, risklere karşı önleyici aksiyonlar almak ve iyileştirme stratejileri belirlemektir.

Rowat, ilk TZRY çalışmasının Büyük Britanya'da 2003'te yapıldığını belirtmiştir [56]. TZRY çalışmalarında risklerin ve hataların analizi önem taşımaktadır. Chapman vd. TZRY'nin potansiyel risk alanlarını tanımlamayı ve riskler için uygun stratejiler uygulamayı amaçladığını belirtmiştir [57].

Risk yönetimi için önemli bir aşama olan risklerin tanımlanmasında risklerin birbirine etkileri veya tüm sürece etkileri de tespit edilmedi. Riski oluşturan bir hata zincirleme olarak tüm süreci veya tedarik ağını olumsuz etkileyebilir. Hallikas vd. risklerin aralarındaki ilişkileri ve etkilerini belirlemenin TZRY nin bir amacı olduğunu ifade etmiştir. Bu aşamadan sonra riskleri önlemek veya etkin bir risk planı uygulamak ve minimum hasar ile süreci yönetmek büyük önem taşımaktadır [58].

Risklerin tespit edilmesi ne kadar erken olursa oluşacak hatalar da o kadar erken fark edilerek şiddetleri düşürülebilir. Bunun yanında risklerin şiddeti düşürülürken

maliyetleri de düşürülmüş olacaktır. Öner, hazırladığı doktora tezinde riskli olayların oluşma ihtimalini azaltmak ve iyileştirme yapmanın önemli olduğunu belirtmiştir. Riskleri önceden analiz ederek olası kayıpları bilmek ve önlemler almak tedarik zincirinin üretim, depolama, taşıma, sigortalama, dağıtım, katma değerli işlemler, gümrükleme olmak üzere tüm faaliyetlerini risklerden korumak anlamına gelmektedir [59].

Jüttner vd. tedarik zincirinin güvenli bir şekilde yönetilmesi potansiyel risk kaynaklarının belirlenmesi ve uygun önleyici aksiyonların alınması gerektiğini belirtmiştir. TZRY'nin kritik dört temel yapısı aşağıda verilmiştir.

- Tedarik zinciri risk kaynaklarının analiz edilmesi
- En çok karşılaşılan risklerin etkilerinin ve tedarik zincirindeki risk kavramının tanımlanması
- Tedarik zinciri stratejisinde risk oluşturabilecek yapıların takip edilmesi
- Tedarik zincirinde bulunan risklerin en aza indirilmesi [60].

Tedarik zinciri riskleri tedarik ağına bağlı olarak değişebilmektedir. Tedarik ağı uluslararası olan kuruluşların risk kapsamı daha geniştir. Chopra ve Sodhi de bir çalışmada buna değinerek uluslararası faaliyette bulunan işletmelerin, tedarik zinciri risk yönetimi konusuna yerel şirketlere göre daha fazla önem vermesi gerektiğini ifade etmiştir. Toyota, Dell, Motorola ve diğer lider üreticiler tedarik zincirlerindeki riskleri tespit etme ve risklerin olumsuz etkilerini azaltan stratejileri oluşturma konusunda oldukça başarılıdırlar [61].

#### **2.5.4. Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Süreçleri**

Tedarik zincirlerinin sağlam bir yapıya sahip olması için aksaklıkların bulunması, risklerin öngörülmesi ve risk planlarının oluşturulması gereklidir. Risklerin doğru tespit edilmesi ve olası sonuçların tahmin edilmesi için uzman tecrübeleri de önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalarda TZRY süreçleri birkaç farklı adımdan oluşmaktadır.

Hallikas vd.'ne göre risk yönetimi süreci dört aşamadan oluşmaktadır;

- Risklerin belirlenmesi
- Risklerin değerlendirilmesi
- Risk yönetimindeki faaliyetlerin kararının alınması ve uygulanması
- Risklerin izlenmesi [62].

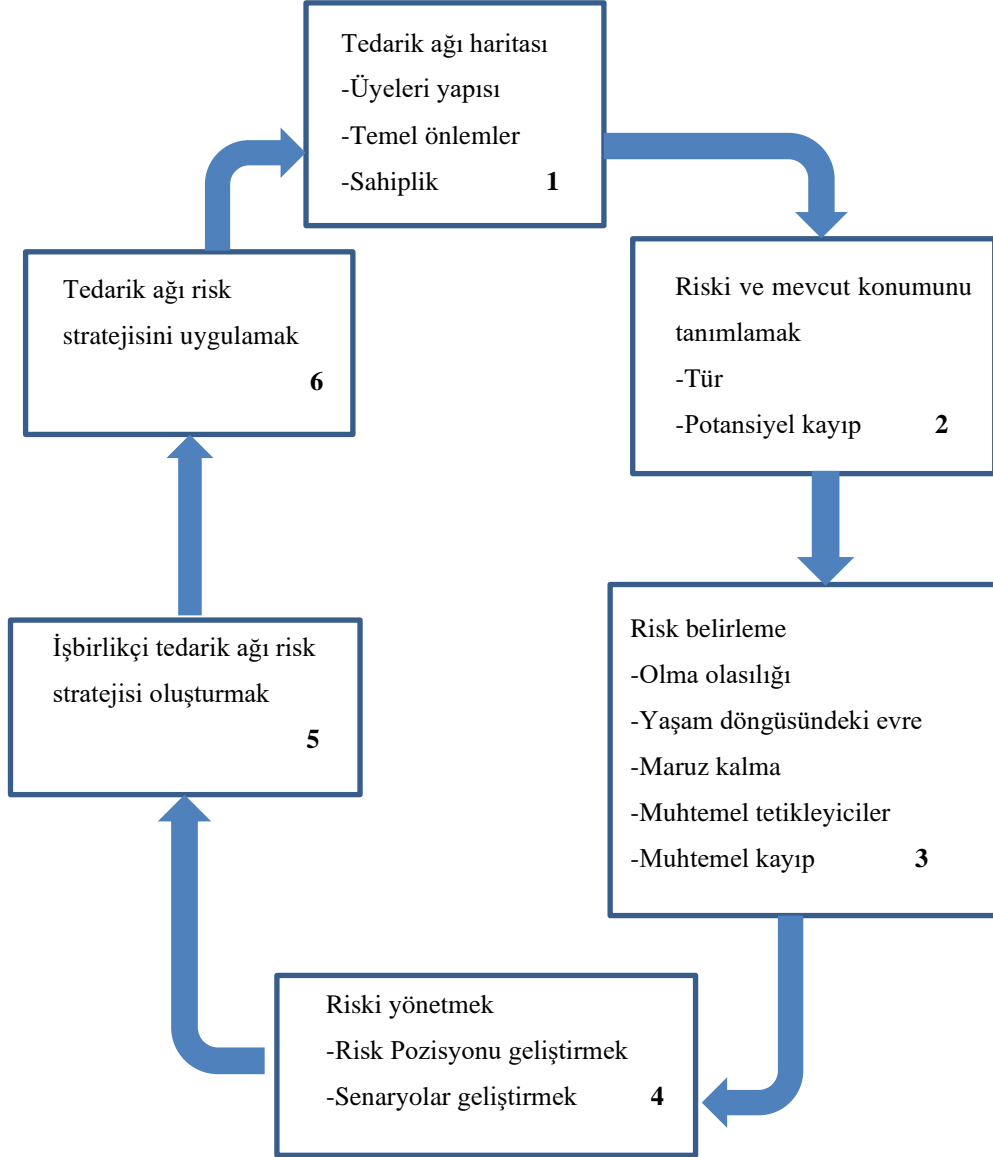
Jüttner vd. ise bu süreci aşağıdaki gibi ifade etmiştir. Süreçte risklerin gözlenmesi ve takip edilmesi aşaması bulunmamaktadır.

- Risklerin kaynaklarının tespit edilmesi
- Risk kavramının ve risklerin beklenmeyen etkilerinin tanımlanması
- Riskleri çoğaltan yapıların belirlenmesi
- Risklerin minimize edilmesi [60].

Manuj ve Mentzer, yapmış oldukları çalışmayla en fazla kullanılan risk yöntemini sürecini önermişlerdir. Tedarik zinciri risk yönetimi aşağıdaki gibi beş adımdan oluşmaktadır. Risklerin ölçülmesi ve değerlendirilmesinin amacı ilk adımda bulunan risklerin olasılıklarının tespit edilmesi ve en uygun risk iyileştirme stratejisinin bulunması için önceliklerin belirlenmesidir.

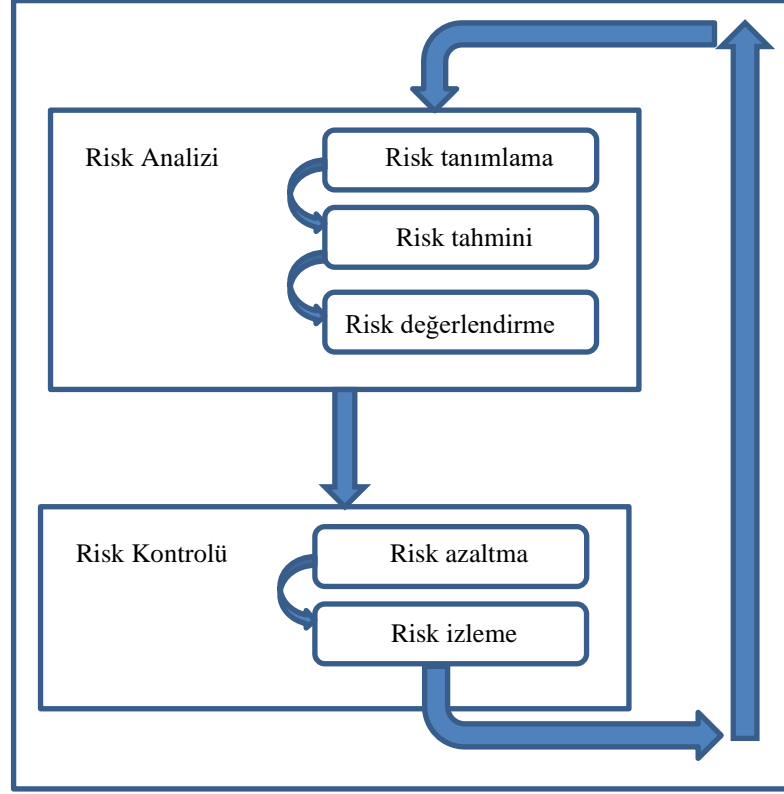
- Risklerin tanımlanması
- Risklerin analiz edilmesi
- En uygun risk yönetimi stratejisinin seçilmesi
- Tedarik zinciri risk yönetimi stratejisinin izlenmesi
- Tedarik zincirindeki risklerin iyileştirilmesi [44].

Harland ise altı aşamadan oluşan Şekil 2.7'deki süreci önermiştir. Bu süreç tedarik ağının haritalanmasını içeren ilk aşamadan başlayarak bölümlere ayrılmıştır. İkinci aşamada haritalandırılacak tedarik ağı ile ilgili problemler tanımlanmaktadır. Diğer aşamalar riskleri belirlemek, yönetmek, işbirlikçi tedarik ağı risk stratejisi oluşturmak ve tedarik ağı risk stratejisini uygulamaktır.



Şekil 2.7. Tedarik ağı risk araçları [62].

Musa, tedarik zinciri risk yönetimi sürecini tedarik zinciri risk analizi ve risk kontrolü şeklinde iki bölüme ayırmıştır. Risk analizi süreci risk belirleme, risk tahmini ve risk değerlendirmesi adımlarını içermektedir. Risk kontrolü süreci de risk azaltma ve risk izleme basamaklarından oluşmaktadır ve süreçler Şekil 2.8'deki gibi ifade edilmiştir [63].



Şekil 2.8. Tedarik zinciri risk yönetimi süreci [63].

Olson'a göre genel TZRY süreci risk belirleme, risk değerlendirme, riskten kaçınma ve risk azaltma süreçlerini içermektedir. Bu adımlar, küresel tedarik zincirlerinin etkilendiği birçok riskle başa çıkmak için kullanılabilir [64]. Risklerin izlenmesi de önem taşımaktadır.

İlk aşama olan riskleri belirleme aşamasında olası riskler, risklerin kaynakları, etkileri, tespit edilme dereceleri incelenir. Risklerin önceliklendirilmesi de doğru değerlendirme yapabilmek için önem taşımaktadır. Klasik risk analizi yöntemine göre RÖS (risk öncelik derecesi) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$RÖS = \text{Şiddet} \times \text{Olasılık} \times \text{Tespit edilebilirlik}$$

RÖS değerlerine göre riskler sıralanır ve eşik değer üzerindeki riskler için iyileştirme aksiyonları alınır. Bu aksiyonlar ile risk derecesinin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Risklerin belli aralıklarla analiz edilmesi ve takip edilmesi gerekmektedir. Ayrıca olası durumlara karşı risk stratejileri belirlenmelidir.

### **2.5.5. Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Sürecindeki Hatalar**

Ürün veya hizmetin kalitesini, performansını olumsuz etkileyen faktörlere hata denmektedir. Bir süreçte insan, makine, çevresel faktörler, finansal faktörler sebebiyle hatalar oluşabilir. Bu hatalar da risklerin oluşmasını tetiklerler.

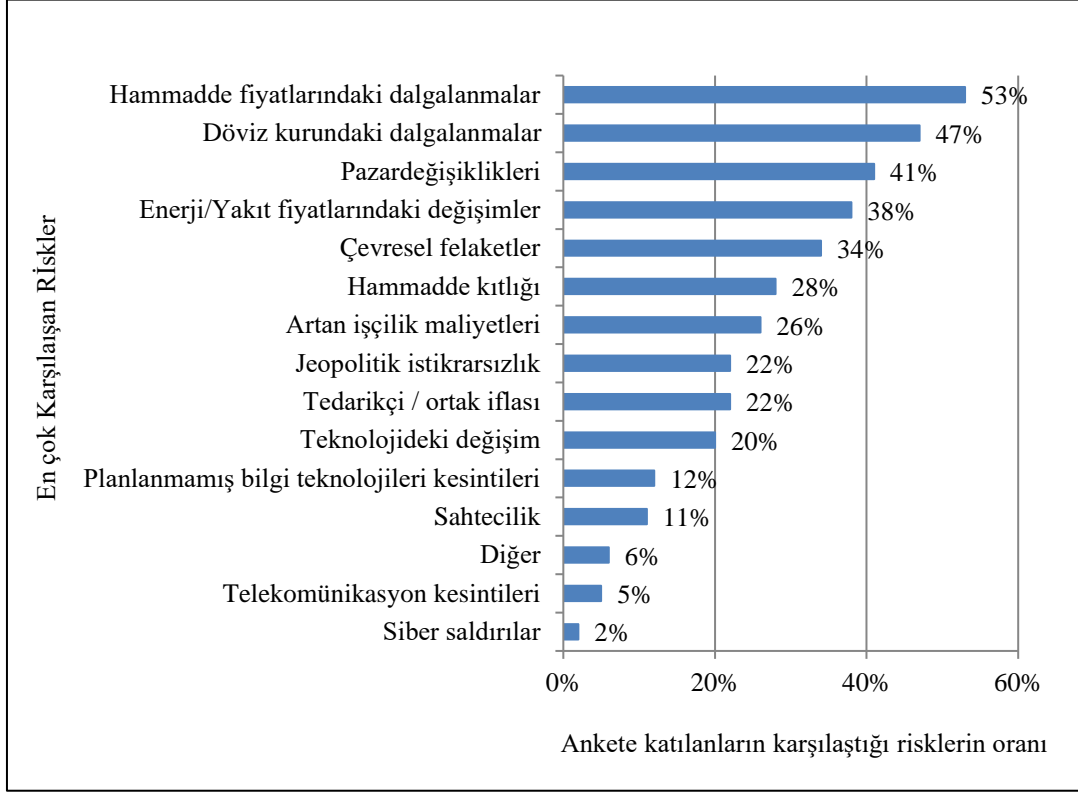
Süreçlerin bozukluğu, işlerin işleyişindeki düzensizlik, prosedürlerin ve kuralların eksikliği ve sürecin çıktılarının müşterinin beklentisini karşılamaması gibi olumsuz sonuçlar doğuran her durum hata olarak kabul edilmektedir. Hataların bazıları önceden tespit edilebildiği gibi bazıları aniden gelişen daha önce hiç karşılaşılmamış olaylar da olabilir. Tedarik zinciri yönetimindeki daha önce karşılaşılmamış durumları öngörerek gerekli planların oluşturulması amacıyla risk analizi iyi bir yöntemdir.

Doğru bir risk analizi için öncelikle hataların doğru analiz edilmesi ve daha sonra etkisinin azaltılması gereklidir. Hataların doğru analiz edilmesi için uzman bilgisine ihtiyaç olduğu gibi, uzmanların subjektif değerlendirmelerine de ihtiyaç bulunmaktadır. Literatürde çoğu kez kullanılan HTEA analizi eşit ağırlıklara sahip olasılık, şiddet ve tespit edilme kriterlerinin çarpımından oluşmaktadır. Bulanık yargıların yer almadığı bu yöntemde hataların analizi doğru yapılamamaktadır. Risk yönetimi sürecinin etkili olabilmesi için hataların tespit edilmesi, analiz edilmesi ve sıralanması önem taşımaktadır.

### **2.5.6. Tedarik Zinciri Risklerinin Kaynakları**

Tedarik zincirleri birçok risk içerdiği gibi bu risklerin de birçok kaynağı bulunmaktadır. Tedarik zincirlerinde ürün, bilgi veya para akışlarında yaşanacak aksamalar müşteri ihtiyaçlarına doğru ve zamanında karşılık verebilme konusunda kesintilere yol açabilir. Bu da bir firmanın prestijini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu gibi durumlarla karşı karşıya kalmamak için her unsur olası risk faktörü olarak değerlendirilmeli ve bu risklerin kaynakları belirlenmeli, önleyici aksiyonlar alınmalıdır.

PwC&MIT Forum'da 2013 yılında yapılan ankete katılanlara göre tedarik zincirlerinin maruz kaldığı en büyük riskler aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.9. Tedarik zincirlerinde oluşan risklerin kaynakları [12].

Jüttner vd. risk kaynaklarını çevresel faktörler, ağ kaynaklı faktörler ve örgütsel faktörler olarak incelemiştir. Çevresel faktörler yangın, terör saldırıları veya kaza gibi dış çevreden kaynaklanan risklerdir. Tedarik zinciri ağı kaynaklı faktörler zincirde oluşan karışıklık sebebi ile tedarik zinciri üyelerinin bir dış etkene karşı sorumluluk almasına ve harekete geçmesine engel olan tepkisizliği ifade eder. Örgütsel faktörlere ise makinaların arızalanması, grev veya bilişim sistemlerinde meydana gelen uyumsuzluklar örnek verilebilir [60].

Sinha vd. risk kaynaklarını standartlar, tedarikçi, teknoloji ve uygulamalar olarak dört başlıkta incelemiştir. Şirketin benimsediği ölçümlerde ve prosedürlerde oluşan hatalar veya anlaşmazlıklar standartlara örnek verilmiştir. Tedarikçi kaynaklı risklere düşük kalite, satıcılara bağımlılık örnek verilmiştir. Satıcılara bağımlılık tek kaynak olan tedarikçiden veya alternatifi oluşturulmamış tedarikçiden kaynaklı olabilir. Tek



tedarikçi ile çalışma durumu riskleri paylaşmak için olabildiğince az olmalıdır. Sinha teknoloji risklerini kapasite eksikliği ve teknolojideki belirsizlik olarak tanımlamıştır. Uygulama riskleri ise maliyet rekabeti ve fazla stok tutulmasını kapsamaktadır [65].

Kapsamlı bir inceleme ile Chopra ve Sodhi, tedarik zinciri risklerinin kaynaklarını diğerlerinden farklı olarak bozulmalar, tahmin, gecikmeler, sistemler, entelektüel sermaye, tedarik, kapasite, alacaklar ve envanterler şeklinde dokuz sınıfta incelemiştir [61].

### **2.5.7. Tedarik Zinciri Risklerinin Sınıflandırılması**

Tedarik zinciri riskleri kaynaklarına, etkiledikleri faaliyetlere, işletme içi veya dışı olup olmadıklarına göre farklı şekillerde ele alınmıştır.

Risklerin işletme içi hatalardan veya işletme dışı hatalardan kaynaklanmasına göre Radivojević ve Gajović ile Huang ve Zhang, içsel ve dışsal riskler olarak ayırım yapmışlardır [66,67].

- **Dışsal riskler:** Doğal çevre, ekonomik çevre, sosyal çevre ve perakende rekabeti gibi faktörlerin sonucu oluşmaktadır.
- **İşletme riskleri:** Tedarikçi riski, bilgi iletişim bozukluğu riski, envanter riski, lojistik operasyonlar riski, işletmelerdeki farklı kültür risklerinden kaynaklanmaktadır. Yabancı tedarikçilerle çalışan firmaların daha fazla tedarikçi riski ile karşılaştığı söylenebilir.

Şirket içi riskler yöneticilerin verdiği yanlış kararlardan kaynaklanabilir. Bunlara emniyet stok seviyeleri, tedarikçi seçimi, finansal ve yönetsel kararlar, üretim süreçleri, teslimat takvimleri örnek verilebilir. Waters iç risklerin kazalar, insan hataları, yönetici kararlarından oluşabileceğini belirtmiştir. Tedarik zinciri riskleri teslim süreleri, güvenilirlik, teslimat aksamaları, talep dalgalanmaları, ödemeler, sipariş süreçleri kaynaklı olabilir. Dış riskler ise yıkıcı/bozucu risklerdir [68].

Chen vd. tedarik zinciri boyunca ürün akışını etkileyen ve arz ile talebin eşit olmasını engelleyen her şeyin tedarik zincirlerinde değişkenlik yarattığını belirtmiştir. Bu değişkenlikler tedarikçiden üreticiye doğru yukarı akışlı, üreticiden müşterilere doğru aşağı akışlı veya üreticinin iç süreçlerinden kaynaklanabilmektedir. Riskleri ise tedarik riski, talep riski ve süreç riski olmak üzere sınıflandırmışlardır [69].

- **Tedarik riski:** Siparişlerin gecikmesi veya tedarik süresi ile tamamlanamaması, sipariş miktarı veya kalitesindeki değişkenliklerdir. Aynı zamanda tedarikçilerin performanslarındaki sapmalar da tedarik riskine yol açmaktadır. 2007 yılında yapılan bir çalışmada tedarikçinin başarısızlığının en önemli risk faktörü olduğu tespit edilmiştir. Üretim kapasite kısıtları, makinalardaki arıza, kalite kontrolün yetersizliği tedarikçi performansını etkilemektedir. Buna ek olarak finansal değişiklikler de şirketleri etkileyen önemli bir faktördür [69].
- **Talep riski:** Talep tahminleri ile gerçekleşen talepler arasındaki sapmaları ifade eder. Tedarik zincirlerinde arz ve talep dengeli olmalıdır. Fakat bu dengeyi bozan değişiklikler hedeflere ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Arz ve talep arasındaki sapmalar tedarik zincirlerinin verimliliğini ve etkinliğini azaltmaktadır. Talep riski zincirde aşağı doğru akışlarda oluşan hatalardan meydana gelmektedir. Ürünlerin dağıtımında taşıma veya dağıtım merkezlerinde meydana gelen aksaklıklar, tahmin edilemeyen talepler talep riskine örnek verilebilir [69].
- **Süreç riski:** Operasyonel risklerin alt bileşeni şeklinde ifade edilmiştir. Herhangi bir faaliyette bulunan iş sürecinin verimlilik ve etkinliğindeki eksikliklerdir. Süreç riskleri sonuç olarak gelir kaybına yol açarlar [69].

Tedarik zinciri faaliyetlerindeki riskler çoğu çalışmada talep riski, üretim riski, tedarikçi riski, finansal riskler gibi ayrı ayrı ele alınmıştır. Tang, tedarik zinciri risklerini faaliyet riskleri ve bozulma riskleri olarak iki sınıfa ayırmıştır. Faaliyet riskleri müşteri talebinin belirsizliği, tedarik sürecindeki belirsizlikler, maliyetlerdeki

belirsizlikleri içerir. Bozulma riskleri ise doğal veya insan kaynaklı bozulmaları ifade etmektedir [53].

Faisal vd. yaptığı çalışmada bilgi kaynaklı riskler aşağıdaki gibi dört sınıfa ayrılmıştır [70].

- **Bilgi güvenliği/bozulma riskleri:** Bilgi paylaşımının tüm TZ üyeleri arasında artmasıyla önemli hale gelmiştir. Casus yazılımlar, virüsler, bilgisayar korsanlığı, iç çalışanların sistemdeki hileleri, hizmetleri engelleyen saldırılar, terörist saldırıları ve doğal afetler sonucunda bilişim riskleri oluşabilir.
- **Tahmin riskleri:** Bilgi eksikliği veya yanlışlığı sonucu oluşan tahmin hatalarıdır.
- **Entelektüel sermaye riskleri:** Örnek olarak Çin ve Hindistan'da oluşan düşük üretim maliyetlerinin, onaylı üreticilerin prestijini olumsuz etkilemesidir.
- **Bilgi teknolojisi/bilgi sisteminin dış kaynaktan sağlanma riski:** Maliyet avantajı amacı ile işletmelerin bilişim altyapısını uzman firmalara devretmesi sonucu ticari sırların dışarıya sızma riskinin artmasıdır [70].

Tang ve Musa, tedarik zincirindeki akışlara göre riskleri aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır [71].

- **Malzeme akışı riski:** Malzeme akışı riskine dış kaynak kullanımı, tek tedarikçi bulunması riski ve tedarik kapasitesi örnek verilebilir.
- **Finansal akış riski:** Uygun olmayan yatırımlar ve ödemelerin yapılamamasını içerir. Döviz kurundaki dalgalanmalar, tedarik zincirindeki firmaların mali durumu, maliyet ve fiyat risklerini kapsamaktadır.

- **Bilgi akışı riski:** Bilgi akışı, malzeme akışı ve finans akışı arasında bağlantı kurmaktadır. Bilginin net olmaması, bilgi sistem güvenliğinin bozulması, entelektüel sermaye unsurları bilgi akışını etkilemektedir [71].

Olson, çeşitli çalışmalarda bulunan tedarik zinciri risklerine kitabında Çizelge 2.2'deki gibi yer vermiştir [64]. Çizelge 2.2'ye devam eden Covid-19 salgını eklenmiştir.

Çizelge 2.2. Tedarik zinciri risk kategorileri [64].

Kategori	Risk	Örnek
<b>Dış/Harici Riskler</b>		
Doğa	Doğal Afetler: Sel, Deprem	Çin 2010, Japonya 2011
	Orman Yangını	
	Hastalıklar, Salgın Hastalıklar	SARS, Covid-19 devam ediyor
Siyasi Sistem	Savaş, Terör	Irak 1991, Irak 2002, Libya 2011
	İş uyuşmazlıkları	Avrupa'da devam ediyor
	Gümrük ve Yönetmelikler	ABD, Japonya'da devam ediyor
<b>İç/Dahili Riskler</b>		
Kullanılabilir Kapasite	Kapasite maliyeti	
	Finansal kapasite/sigorta	
	Üretimi artırma yeteneği	
	Yapısal kapasite	
	Tedarikçi iflası	
İç operasyonlar	Tahmin yanlışlığı	
	Güvenlik (işçi kazaları)	
	Kamçı etkisi	
	Çeviklik/Esneklik	
	Tutma maliyeti/Sipariş ödemeleri	
	Zamanında teslimat	
	Kalite	
	Mevzuata uygunluk	Ürün güvenliği iptali
Bilgi sistemleri	Bilgi sistemi arızaları	Bilgisayar sistemi çökmesi
	Çarpık bilgi	
	Entegrasyon	
	Virüsler/Dinleme cihazı/Hackerler	

Demirkol vd. tedarikçi riskini kendi içinde zamanında teslimat riski, istenen miktarda teslimat riski, istenen kalitede teslimat riski, tedarikçilerle doğru ve tam bilgilerin paylaşımı riski, ulaştırma riski ve doğru tedarikçinin seçimi riski olarak incelemişlerdir. Firma içine veya dışına yapılan taşımalarda ulaştırma riski oluşmaktadır. Demirkol vd. çevresel risk değerlendirmesinin doğrudan veya dolaylı işletme faaliyetlerine etki eden harici riskleri bulmak, bu risklerin performansa etkilerini analiz etmek ve kontrol etmek amacıyla yapıldığı belirtmişlerdir. Risk yönetiminde çevresel riskler değerlendirilirken, ulaştırma maliyetleri artması riski, finansal risk, talep riski, ithalat ve ihracat riskleri ve bürokratik risk gibi risk faktörlerine odaklanılmalıdır [72].

### **2.5.8. Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Stratejileri**

Risk yönetiminin süreçlerinden biri olan risklerin iyileştirilmesi için etkin risk stratejileri belirlenmelidir. Risk stratejileri şirketler arasındaki ilişkileri ve risk unsurlarını içermelidir. Bu stratejiler faaliyet alanlarına ve tedarik ağının çeşitliliğine göre değişebilmektedir. Tedarik zincirindeki firmaların aynı hedefleri belirlemesi sonucu zincirin bir bütün şeklinde faaliyet göstermesi sağlanabilmektedir.

Hallikas vd. TZRY için fazlaca kullanılan stratejileri risk transferi, risk alma, risklerin seçilmesi, risklerin azaltılması, risklerin paylaşılması ve risklerin ayrı ayrı analizi şeklinde ifade etmişlerdir [58]. Risk transferine 3.parti firmalar, danışmanlık firmaları, sigorta şirketleri örnek verilebilir.

Risklerin azaltılmasında işbirliği yaklaşımına çoğu kez rastlanmıştır. Cristopher ve Lee işbirliği ile talep ve tedarik süreçlerindeki risklerin en aza indirilebileceğini belirtmişlerdir. İşbirliği, tedarik zinciri üyeleri arasında bilginin paylaşımını ve tedarik zinciri görünürlüğünü arttırarak belirsiz durumların azaltılmasını sağlamaktadır [73]. Barratt'a göre yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde işbirliği mevcuttur. Yatay işbirliği, ilişkileri bulunmayan veya rekabetçi olan birden fazla işletmenin fiziksel kaynaklarını ve bilgiyi paylaşmalarını kapsamaktadır. Yatay işbirliğinde işletmelerin aynı sektörde veya bir bağlantı halinde olmalarına gerek bulunmamaktadır. Dikey işbirliği ise aynı müşteri grubunu hedef olarak gören farklı

firmaların işbirliğini kapsamaktadır [74]. Yatay iş birliğine lojistik şirketleri ve üreticiler arasındaki ilişki örnek olarak verilebilir.

Tedarikçiler ile işbirliğinin yanında müşteriler ile işbirliği de oldukça önemlidir. Chen vd. müşteriler ile işbirliğine talep planlarının ve talep tahminlerinin birlikte oluşturulmasını, pazara sunulan ürün çeşitliliğine ortak karar verilmesini, ürünlerin konumlandırılmasını amaçlayan pazarlama stratejilerinin birlikte belirlenmesini örnek vermiştir. Stok seviyeleri ve konumlandırılmasına yönelik kararlar da müşteri işbirliğine örnektir. Müşteri talebine göre ürünlerin üretilmesini, müşterinin beklediği ürün çeşitliliğinin oluşturulmasını ve ürünlerin doğru yerlerde konumlandırılmasını hedefleyen kararlar, talepten sapmaları ve talebin karşılanamaması risklerini azaltmaktadır [69].

Tedarik zincirinde işletmeler, firmalar arası işbirliği ile var olarak tek başlarına gerçekleştiremeyecekleri değerlere sahip olurlar. Şirketlerin rekabetçi iş ortamında işbirliği ile avantaj sağlamaları gerekmektedir. İşbirlikçi yaklaşımın amacı en düşük maliyetle, en hızlı, en doğru şekilde ve yüksek müşteri hizmet seviyesi ile müşteri ihtiyacını karşılayabilmektir. Tedarik zincirinde ürün akışları veya üretime/hizmet sürecine giren ana unsur akışları kesintisiz olduğunda müşteri ihtiyaçlarına cevap verilebilmektedir. Bu akışlar her zaman kesintisiz olmadılarından işbirlikçi faaliyetlerin de risk analizlerini yapmak önem taşımaktadır.

Xia ve Chen, tedarik zinciri risklerini azaltmak için bölme, transfer etme, zayıflatma, kaçınma ve sigortalama stratejilerini önermişlerdir. Risk azaltmada etkili sonuç alabilmek için risk yönetimi stratejileri ile kurumun amaçlarının örtüşmesi gerektiğini belirtmişlerdir [75].

PwC&MIT Forum'da katılımcılara yapılan anket sonucu şirketlerin tedarik zinciri riskini azaltmak için, tedarik zincirinin potansiyel aksamalara maruz kalmasını önlemek ve etkisini azaltmak için attığı adımlar Şekil 2.10'daki gibidir. Katılımcıların %82'si iş sürekliliği planlarının hazır olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.10. Şirketlerin tedarik zinciri riskini azaltmak için attığı adımlar [12].

Jüttner vd. tedarik zincirlerinde risk azaltma stratejileri ve örneklerini Çizelge 2.3'teki gibi ifade etmişlerdir.

Çizelge 2.3. Tedarik zincirlerinde risk azaltma stratejileri [60].

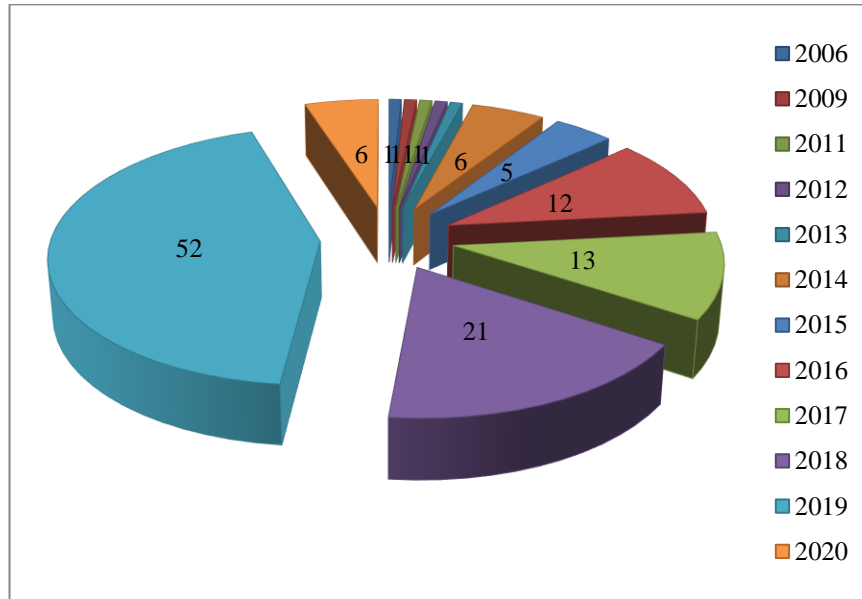
Strateji	Örnekler
Kaçınma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Belirli ürünleri, coğrafi pazarları, tedarikçileri, müşterileri, kurumları bırakma</li> </ul>
Kontrol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dikey entegrasyon</li> <li>Depolama miktarında artış ve tampon stok kullanımı</li> <li>Üretim, stok, tüketim veya ulaşımda yüksek kapasite kullanımı</li> <li>Tedarikçiye sözleşme ile yükümlülükler sağlama</li> </ul>
İşbirliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tedarik zinciri görünürlüğü ve anlayışını geliştirme</li> <li>Riskli bilgileri paylaşma</li> <li>Tedarik zinciri devamlılık planları oluşturma</li> </ul>
Esneklik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erteleme</li> <li>Çok kaynaktan tedarik</li> <li>Yerel kaynaktan tedarik</li> </ul>

Etkili bir tedarik zinciri risk yönetimi için şirketlerin yaptığı en büyük hata sadece kendi risklerine odaklanmalarıdır. Bir organizasyon tedarikçisi, müşterisi, rakipleri, iş ortakları ile bir bütündür. Şirketler tedarik zincirinin diğer üyeleri de risk analizi

yapmalıdırlar. Bunun için tedarikçilerini, iş ortaklarını veya rakiplerini, ekonomi durumunu, piyasadaki değişimleri, teknolojideki değişimleri ve müşterilerin beklentilerini yakından takip etmelidirler. Şirketler faaliyet gösterdikleri pazardaki değişimleri, fırsatları ve riskleri bilmelidir. İşletmelerin oluşabilecek acil durumlara karşı hazırlanmış aksiyon planlarının bulunması, riskler için önceden önlemler alınması ve risklerin tüm tedarik zincirine etkisinin göz önünde bulundurulması önemlidir.

## 2.6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tedarik zinciri risklerini yönetmek için literatürde birçok sektörlerde, farklı yöntemler ile çalışmalar yapılmıştır. Araştırma sonucu son yıllarda tedarik zinciri risk yönetimi konusunda yapılan çalışmaların giderek arttığı görülmüştür. 119 çalışma özet olarak aşağı verilmiştir. Bu çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Yıllara göre tedarik zinciri risk yönetimi için yapılan çalışmalar.

Mensaha vd. bir kütük üretim şirketinde risklerin analizi için Matlab programını kullanarak simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Hava şartlarının etkilemesiyle ulaşım risklerinin ve yumuşak toprak ve mevsimlerden dolayı hasat makinası



parçalanmasının üretime etkisi analiz edilmiştir. Risklerin etkisi teslimatın müşterilere gecikmesi veya üretim durmasıdır. Simülasyon modeli 100 kez çalıştırılarak en yüksek verimin Mart ayı olduğu elde edilmiştir [76].

Jiang vd. Çin'deki Qingdao limanındaki tedarik zinciri risklerini SCOR modelini kullanarak analiz etmişlerdir. Riskler altı gruba ayrılmış, toplam 37 risk ele alınmıştır. Risklerin ağırlıklandırılmasında AHP yöntemi kullanılmıştır. 168 kişiye anket uygulanmıştır. Ağırlıklandırılan riskler puanlarına göre önceliklendirilmiştir. Risk kontrolünü güçlendirecek önlemler önerilmiştir [77].

Nuss vd. tedarik zinciri sürecini haritalandırmışlardır. Sürecin bileşenlerinin alt sınıfları düğümler şeklinde haritalanmış, her çift arasında ağ oluşturulmuştur. Smart ağ haritalama yöntemi ile tedarik zinciri şematik olarak gösterilmiştir. Beş ürün için beş adet risk tablosu oluşturulmuştur [78].

Gu vd. tedarik zincirinde bulunan mevcut riskleri ölçmek için bir model önermişlerdir. Riskler normal (doğal) ve giderek yayılan riskler olarak ayrılmıştır. Riskleri ayırtmak için bulanık tercih ilişkileri yöntemi kullanılmıştır. Normal riskler ile giderek artan riskler için farklı risk değerlendirme veya risk iyileştirme metodları kullanılabilir. Giderek artan risklerin azaltılmasının sistemdeki birçok sürece etki ettiği görülecektir [79].

Liu vd. bozulabilir ürünlerin kalite riskleri için Renkli Petri Ağları ve Zaman Serileri ile riskleri tanımlamışlardır. Risk tanımlamasında sıcaklık ve zaman faktörleri ele alınmıştır. Bozulabilir ürünlerin risklerini azaltmak için stok ve üretim planlaması da yapılabilir. Talep tahminlerine göre, ekonomik durumlara göre, stoka veya siparişe göre üretim yapılarak bozulma risklerinin azaltılması sağlanabilir [80].

Cubea vd. lojistik finansal riskleri ele alarak Monte Carlo simülasyonu ile riskleri birleştirmişlerdir. Ortalama değer yerine standart sapma ile risk değer aralıkları belirlenmiştir. Bu değerlere göre finansal risk önlemleri için model önerilmiştir. Literatürde finansal riskler için yapılmış birçok araştırma mevcuttur [81].

Wang vd. tedarik zincirini bozulma riski açısından analiz etmişlerdir. DSM (tasarım yapı matrisi) modeline dayalı tedarik zinciri ağının karmaşıklığı için nicel bir ölçüm yöntemi önerilmiştir [82].

Yang vd. çok değişkenli parçalı regresyon analizi ve finansman karar etkinliği oyununa dayanarak finansal risk yönetimi modeli oluşturmuşlardır. Bulanık karar yöntemi, risk değerlendirmesini analiz etmek için kullanılmıştır. Simunic modeli, internet tedarik zincirindeki risk yönetimi korelasyon modelini analiz etmek için kullanılmıştır. Model finansal risk yönetimi ve tedarik zincirinin performans değerlendirmesi için uygulanmış ve internet tedarik zincirinin finansal riskini azaltabildiği görülmüştür [83].

Valinejad ve Rahmani, telekomünikasyon şirketlerinde tedarik zincirinin sürdürülebilirlik risklerini yönetmek için bir çerçeve önermişlerdir. Bazı büyük İran internet servis sağlayıcıları incelenmiş ve HTEA yöntemi ile analiz edilmiştir. Her riskin kök nedenleri ve potansiyel sonuçları belirlendikten sonra, sektörün kapasitelerine dayalı bir iyileştirme önerilmiştir. Telekomünikasyon şirketlerinde en tehlikeli sürdürülebilirlik riskleri, kritik risklerin yaklaşık % 66'sını oluşturan teknik ve kurumsal risklerdir. % 53'lük kritik risk payına sahip tedarikçiler, bu şirketlerdeki tedarik zincirini sürdürmek için en büyük tehdittir [84].

Qazi ve Akhtar, risk matrisi kaynaklı TZRY olarak adlandırılan yinelemeli bir süreç sunmuşlardır. Karar vericilerin risk tutumu için yakın zamanda ortaya çıkan fayda ve kayıtsızlık eğrileri temelli risk matrisi oluşturulmuştur. Birbirine bağlı riskleri değerlendirmek ve azaltmak için algoritmalar sunulmuş ve simülasyon çalışması ile önerilen sürecin uygulaması yapılmıştır. Maliyet-fayda analizi yöntemi kullanılarak, karar vericiye risk azaltma stratejisi belirleme konusunda yardımcı olabilecek ve optimal çözümleri seçebilecek ikinci bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışmada Genie 2.0. Programı kullanılmıştır. Karar vericinin risk açısından tarafsız olduğu varsayılmış ve altı potansiyel risk azaltma stratejisi dikkate alınmıştır [85].

Shojaei ve Haeri, inşaat projelerinde bulanık bilişsel haritalama ve gri ilişkisel analizleri kullanarak TZRY yaklaşımı önermişlerdir. Önerilen yaklaşımla risk

azaltma senaryoları geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir, en iyi risk azaltma senaryoları belirlenmiştir. Karar vericilerin farklı risk azaltma stratejilerinin riskler üzerindeki uzun vadeli etkilerini tahmin etmeleri ve daha bilinçli kararlar vermeleri sağlanmıştır. Altı farklı risk azalma senaryosu tanımlanmıştır. Önerilen yaklaşım, yöneticilerin risk azaltma senaryolarını en düşük maliyetle simüle etmelerini incelemelerini ve bu senaryoların istenmeyen sonuçlarına hazırlıklı olmalarını sağlamaktadır [86].

Brosas vd. bitkisel gıda takviyesi firmasında riskleri analiz etmek için bulanık parametrelerle arz odaklı girdi-çıkıta analizine dayanan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bulanık arz-talep modeli kullanılmıştır. Sistem dinamik etkenlere açık olmalıdır [87].

Schaefer vd. tedarikçilerin konumuna göre su kıtlığı riskini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla tasarlanan endeks puanına ilişkin göstergeleri bir araya getirmek için Monte Carlo Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak ahierarşik çerçeve oluşturmuşlardır. 75 ülkedeki 1066 tedarikçi incelenmiş, yüksek su kıtlığı riski olan 340 tedarikçi belirlenmiş ve kritik durumda 3 ülke seçilmiştir. Su kıtlığı önlemleri konusunda tedarikçileri önceliklendirmek için stratejik, veri tabanlı bir yaklaşım sağlanmasına yardımcı olmuştur [88].

Prakash vd. otomobil endüstrisinin tedarik zincirinde karşılaşılan başlıca riskleri değerlendirmişlerdir. Çok kriterli karar sorunu tanımlanarak hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Risk değerlendirmesi için FAHP (bulanık analitik hiyerarşi prosesi) karar verme tekniği kullanılmış, model için dört temel risk faktörü belirlenmiştir ve her birinin üç alt kriteri vardır. IBM SPSS programı ile anket uygulamasındaki veriler, ikili karşılaştırma matrisinin formülasyonu için kullanılmış ve tutarlılık analizleri yapılmıştır. Chang'ın Extent analiz yöntemi ise, bulanık değerleri hesaplamak için kullanılmıştır [89].

Venkatesh vd. Hindistan'da konfeksiyon perakende tedarik zincirlerinin risklerini analiz etmişlerdir. Risklerin diğer tedarik zincirleri için oluştuğu riskler ve tedarik zincirleri arasındaki ilişkiler, Delphi tekniği ve ardından ISM (yorumlayıcı yapısal modelleme) tekniği ve Bulanık MICMAC analizi kullanılarak yorumlanmıştır. ISM

ve Bulanık MICMAC metodolojisini kullanarak risk öncelik numarası (RÖS) hesaplaması için yeni bir model önerilmiştir. Uzmanların örneklem büyüklüğü küçüktür ve görüş önyargısını ortadan kaldırmak için Yapısal Eşitlik Modellemesi (SEM) kullanılarak model daha da doğrulanabilir [90].

Deng vd. yoğurt üretimi tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini artırmak için uygulanabilecek önlemler ortaya koymuşlardır. İlk olarak Tropos Hedef Risk çerçevesini kullanarak bozulabilir bir ürün tedarik zinciri modellenmiştir ve risk yayılma zinciri çıkarılmıştır. Üç boyutlu tedarik zinciri risk yayılım modeli önerilmiştir. Risk yönetimi stratejileri üç boyutlu modele dayalı ve karmaşıklıklarla başa çıkılarak önerilmiştir [91].

Gallab vd. Fransa'da bulunan LPG tedarik zincirindeki karmaşıklığı modellemek ve bakım faaliyetlerinin risklerini analiz etmek için birleşik modelleme dilini (UML) ve Multi-Agents Systems'i (MAS) kullanarak yeni bir modelleme yaklaşımı sunmuşlardır. Hem risk analizini hem de modelleme ve simülasyonu kapsayan bir metodoloji sunulmuştur. Önerilen modelin simülasyonu, AnyLogic platformu tarafından gerçekleştirilmiştir. Metodolojinin özü, LPG tedarik zincirindeki bakım hatası senaryolarını simüle etmek ve bu arıza senaryolarının bakım servisi üzerinde ve özellikle tedarik zinciri boyunca akıcı olmadığını vurgulamaktır [92].

Oliveira vd. tedarik zinciri risk yönetimi için simülasyon ve optimizasyon yöntemlerinin rolünü ve katkısını analiz etmişlerdir. Tedarik zincirlerindeki risklerin dinamiklerini ve karmaşıklığını, özellikle gerçek dünya / gerçek zamanlı uygulamalarda temsil etmek için simülasyon önemlidir. Tedarik zinciri risk yönetimi için hibrit ve esnek simülasyon temelli optimizasyon modelleri karar verme sürecini iyileştirebilir [93].

Liu vd. Çin'in demir çelik endüstrisinin sorunlarını çözecek şekilde bir model ve problemler için özelleştirilmiş risk azaltma stratejileri oluşturmuşlardır. Çin'deki kaynak yönetimi ve demir çelik endüstrisinin geri dönüşümü için öneriler sunulmuştur. Tedarikçilerin risk değerlendirmesi için yeni tedarik zincirine ve madde akışı analizine (SFA) dayanarak birleştiren bir model önerilmiştir [94].

Wenyan vd. iki kademeli bir tedarik zincirindeki opsiyon sözleşmeleri için riskleri incelemişlerdir. Ortalama varyans yaklaşımı ile opsiyon sözleşmelerini kullanarak tedarik zinciri koordinasyonu araştırılmıştır. Tedarik zincirinin farklı elemanlarının davranışları gözlenmiştir. Modeldeki hem tedarikçi hem de perakendeci sınırsız sermaye ile donatılmıştır. Perakendecinin riskten kaçınma eşiğinin tedarikçi tarafından bilinip bilinmediğine bağlı olarak iki durumda dağıtılmış bir tedarik zinciri için Stackelberg oyun modeli analiz edilmiştir. Sayısal simülasyon ile sonuçlar gösterilmiştir [95].

Markert ve Hansen, gelecekteki hidrojen tedarik zincirlerinin güvenlik risklerini değerlendirmişlerdir. Statik ve dinamik risk değerlendirme yöntemleri detaylandırılmış ve simülasyon yaklaşımı kullanan bir vaka çalışması gösterilmiştir. Çalışmada HSC (Hydrogen Supply Chain) modeli oluşturulmuştur. Hidrojen tedarik zincirlerinin, güvenlik sorunlarını çözmek için kapsamlı risk değerlendirmesi gerektiren karmaşık sistemler olduğu anlaşılmıştır [96].

Jasiński vd. otomotiv üretiminde kullanılan otuz bir hammadde için arz güvenliğini değerlendirmek üzere sekiz tedarik riski değerlendirme kriterinin seçilmesi için şeffaf seçim prosedürü tanıtmışlardır. Risk sınıflarındaki hammaddelerin tedarik riski kriterlerine göre sınıflandırılması için (SMAA-TRI ve IRIS) birleşik kullanımı önerilmiştir. Hammaddelere atanan risk seviyelerinin göreceli bir sıklıkta görselleştirildiği stokastik ve optimizasyon ÇKKV yöntemlerine dayanan sağlamlık analizinin ardından risk sınıfları önerilmiştir [97].

Gallab vd. LPG tedarik zincirindeki bakım başarısızlık senaryolarının risk seviyesini değerlendirmek için bulanık kümeler teorisine dayanan bir model önermişlerdir. Risk Öncelik Numarası (RÖS) ölçümü sıklık, tespit edilebilirlik ve şiddet parametreleri ile hesaplanmıştır. Üç parametreye ilişkin farklı puanların kombinasyonları sonucu aynı RÖS değerine ulaşılabilir. Bu yüzden bulanık mantık tercih edilmiştir. Çalışmada Matlab Programı kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, bulanık kümeler teorisi kullanarak LPG tedarik zincirinde bakım aktiviteleri gerçekleştirirken ortaya çıkabilecek risk ve başarısızlıkları ölçmektir. Elde edilen sonuçlar önerilen modelin uygulanabilirliğini onaylamaktadır [98].

Sherwin vd. gecikme risklerini tanımlamak ve düşük hacimli, yüksek değerli bir tedarik zincirinde uygun maliyetli bir azaltma stratejisi önermek için hata ağacı analizini kullanmışlardır. Bir ürünü bir müşteriye teslim etmedeki gecikme ve daha düşük seviyeli olaylar olarak ürünün tedarik zincirindeki kalite ve yetenek eksikliklerinden kaynaklanan gecikmeler önemsenmiştir. Tedarikçilerin sistemini bir hata ağacı olarak temsil ederek ve optimum azaltma stratejisini belirleyerek, malzeme akışındaki gecikme ihtimalini azaltmak için bir yöntem sunulmuştur [99].

Qazi vd. riskler ve risk azaltma stratejileri arasındaki karşılıklı bağımlılığı yakalayan ve risk yönetimi sürecinin tüm aşamalarını birleştiren Bayesian İnanç Ağlarının teorik çerçevesine dayanan entegre bir TZRY süreci tanıtmışlardır. Tedarik ağını haritalandırmak yerine, uygun olan risk ağını modellemek için Arıza Modları ve Etki Analizi kullanılmıştır. Kaynakların kritik risklere tahsis edilmesi için oyun teorisi alanındaki Shapley değeri kavramı kullanılmıştır. Süreç, bütçe ve kaynak kısıtlamalarına tabi potansiyel risk azaltma stratejilerine (hem önleyici hem de reaktif) öncelik verilmesinde yardımcı olmaktadır. Süreci simülasyon ile gösterebilmek için GeNIe (2.0). Programı kullanılmıştır. Gelecek araştırmalarda, riskler sürekli değişkenlerle temsil edilebilir ve ayrıca maliyet tabanlı bir kontrol stratejisi önerilebilir [100].

Song vd. sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminin kritik risk faktörlerini belirlemek için kaba mantığa ve Dematel yöntemine dayanan bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliği ve etkinliği, telekomünikasyon ürünleri sağlayan bir şirkete uygulanarak doğrulanmıştır. Sonuçlar, doğru tedarikçilerin seçilmemesinin sürdürülebilir tedarik zinciri risk yönetimi için en belirgin risk faktörü olduğunu göstermektedir [101].

Erkara vd. tedarik zincirlerinde farklı risk türlerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve azaltılması için veri madenciliği temelli bir çerçeve geliştirmişlerdir. Veri Madenciliği (VM), akıllı ve zamanında karar vermek için birden fazla analitik teknik kullanmaktadır. Fakat tedarik zinciri risk yönetimi için potansiyeli tamamen araştırılmamıştır. VM'nin akıllı risk yönetimi kararları almak için yapılandırılmamış risk verilerinden gizli ve faydalı bilgiler keşfetmeye nasıl destek verdiğini

gösterilmiştir. Çalışma, farklı süreç modüllerini entegre ederek, bir vaka çalışması ile pratik ve uygulaması kolay olan bütünsel bir yaklaşım sağlamıştır [102].

Basset vd. tedarik zincirindeki riskleri ölçmek için bir nötrofilik analitik hiyerarşi süreci (N-AHP) ve nötrofilik teknik içeren entegre bir yöntem göstermişlerdir. Araştırmadaki nötrofilik değerler, risk yönetimi üzerinde önemli bir etkisi olan belirsiz, eksik bilgilerle etkili ve verimli bir şekilde başa çıkabilmektedir. Önerilen metodolojiyi göstermek için gerçek bir vaka çalışması yapılmıştır [103].

Rumson ve Hallett, sigortacılık sektörü için risk değerlendirmelerinde verilerin şu anda ve potansiyel olarak nasıl kullanılabileceğini değerlendirmek için araştırma yapmışlardır. Bu araştırma için Big Data yöntemi kullanılmıştır. Araştırma Londra sigorta piyasasıyla çalışan ve çalışanlarla yapılan 50 röportajdan oluşmaktadır. Sigortanın etkili bir şekilde çalışması ve riski azaltması için doğru verilerin sağlanmasına dayanır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, geniş kapsamlı veri kaynakları ve sunulan analitik tekniklerin sigorta riski analizlerine nasıl etkili bir şekilde dahil edilebileceğini ortaya çıkarmıştır [104].

Zhao vd. petrol piyasasının olası risklerini belirlemek için, risk faktörlerini LDA modeline (bir metin madenciliği teknolojisi) dayanarak ağ haberlerinden çıkaran bir yöntem önermişlerdir. 18.000 haber ögesi elde etmek için veri madenciliği ile web tarayıcı teknolojisi kullanılmıştır. LDA konu modeli haberlerden en uygun konuları çıkarmak için kullanılmıştır. Amaç, başlıca petrol piyasası risk faktörlerini internet haberlerinden çıkarmaktır. 28 risk faktörü belirlenmiştir, bunlar beş gruba ayrılmıştır. LDA Modeli tabanlı petrol piyasası risk faktörleri tanıma algoritması oluşturulmuştur [105].

Ge vd. Kanada'da buğday tedarik zincirini temsil eden bir hibrit optimizasyon simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada sayısal benzetim kullanılmıştır. Buğday kalitesi test stratejilerini etkileyen anahtar değişkenler üzerinde duyarlılık analizi yapılmıştır. Sonuçlar Kanada'da tedarik zincirinde şu anda kullanılan buğday kalite test stratejilerinin kullanımını doğrulamıştır [106].

Xu vd. tedarik zinciri genelinde operasyonel riski, sosyal riski ve çevresel riski ölçerek tedarik zinciri sürdürülebilirlik riskini değerlendirmek için bir çerçeve geliştirmişlerdir. Tedarik zincirinde sürdürülebilirlik riskinin çeşitli yönlerini temsil etmek için literatürde hazır bulunan bir dizi gösterge kullanılmıştır. İki ana tedarik zinciri yapısını temsil eden, iki vaka çalışması sunulmuştur. Vaka çalışmaları endüstri düzeyinde değerlendirmeye odaklanırken, geliştirilen çerçeve herhangi bir sektörde tedarik zinciri sürdürülebilirlik riskini değerlendirmek için esnek bir şekilde uygulanabilmektedir [107].

Pellegrino vd. tedarik zinciri odaklı bir perspektifi benimseyerek, tedarik zinciri finansmanı mal fiyatındaki değişkenlik (CPV) sorununu ele almışlardır. Özellikle, iki TZRY stratejisinin CPV'yi azaltma stratejisinin etkinliği, yani tedarikçilerin ve ikame mallarının değiştirilmesi ve değerlerini etkileyebilecek ana faktörler, bir simülasyon analizi ile incelenmiştir. Gerçek seçenek değerlendirme (ROV) modeli geliştirilmiş ve gerçek CPV azaltma vakaları üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmada, Hızlı Tüketici Ürünleri (FMCG) endüstrisinde bir Fortune 100 şirket liderinin vaka çalışması ele alınmıştır [108].

Wan vd. denizcilik tedarik zincirlerinin risk faktörlerini, Bayesian ağları ve bulanık bir inanç kuralı yaklaşımı ile değerlendirmek için model geliştirmişlerdir. Model, geleneksel risk analizi yöntemleriyle karşılaştırıldığında, risk verilerindeki yüksek belirsizlik altında sonuç doğruluğunu iyileştirebilmektedir. Dünya lideri bir konteyner nakliye şirketinin gerçek bir durumu araştırılmış ve araştırma sonuçları, en önemli risk faktörleri arasında tehlikeli malların taşınması, yakıt fiyatlarındaki dalgalanma, şiddetli rekabet, çekici olmayan pazarlar ve sırayla döviz kurlarının değişmesi olduğunu ortaya koymuştur. [109]

Rahimi vd. bir tedarik zincirinin ekonomik yönü ile birlikte çevresel ve sosyal konularla ilgilenmek için sürdürülebilir tedarik zinciri ağ tasarımı (SSCND) geliştirmişlerdir. Belirsizlik altında bir tedarik zinciri ağını tasarlamak ve planlamak için risk yönünden sürdürülebilir, çok amaçlı bir matematiksel model önerilmiştir. Parametrelerin önerilen matematiksel modeli ve elde edilen Pareto çözümlerini nasıl etkilediğini değerlendirmek için bazı önemli riskten kaçınma parametreleri üzerinde



duyarlılık analizleri yapılmıştır. Modelde 27 farklı senaryo denenmiştir. Çalışmada Gams Programı kullanılmıştır [110].

Lopez ve Benitez, Yorumlayıcı Yapısal Modellemeye (ISM) dayanan havacılık-uzay imalatçısı tedarik zincirinde yeni çok seviyeli sürdürülebilirlik analizi gerçekleştirmişlerdir. Yalın, yeşil ve esnek stratejilerin, havacılık ve uzay endüstrisi tedarik zincirinde spesifik sürdürülebilirlik performans ölçütleri ile birleştirilmesinin etkileri araştırılmıştır. Tedarik zinciri düzeyleri arasındaki zayıf, yeşil ve esnek stratejilerin farklı sürdürülebilirlik boyutları üzerindeki etkileri ortaya koyulmuştur [111].

Cunha vd. sosyal riski incelemeyi ve sosyal tedarik zinciri riskleri üzerine öneride bulunmayı amaçlamışlardır. Risklerin şirket için üretebileceği yirmi dört sosyal risk ve on üç sonuç belirlenip tüm tedarik zincirine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) diyagramı kullanılmıştır [112].

Chan vd. perakendecilerin kararlarını riskten, zarardan ve pişmanlıktan kaçınma davranışlarına göre seçtikleri belirsiz bir SCN denge modeli oluşturulmuşlardır. Perakendecilerin bu üç davranışa yönelik tutumlarını temsil etmek için farklı ağırlıklar kullanarak, perakendecilerin çok özellikli fayda fonksiyonları geliştirilmiştir. Üç sayısal örnek çözülmüş, İlk sayısal örnekte, bu üç davranışın her birinin denge kararları, kazançlar ve karar vericilerin faydaları üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Diğer iki sayısal örnekte, bu üç davranışa yönelik tutumdaki değişikliklerin karar vericilerin denge kararları, karları ve faydaları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Karar vericilerin gerçek piyasalardaki davranışlarının önemi açıklanmıştır [113].

Behzadi vd. tarımsal tedarik zincirleri için nicel risk yönetimi modelleri ile ilgili literatürün kapsamlı bir incelemesini yapmışlardır. Tarımsal tedarik zinciri risk yönetimi literatürünü sınıflandırmışlardır. Tarımsal tedarik zinciri risk yönetimi konusunda hem uygulama hem de gelecekteki araştırmalar için sonuçlar verilmiştir [114].

Sreedevi ve Saranga, firmaların karşılaştığı tedarik zinciri operasyonel riskinin kaynaklarını ve bu risklerin azaltılma koşullarını araştırmışlardır. Uluslararası Üretim Stratejisi Anketi'nin (IMSS) altıncı baskısında yer alan Hint verileri ve yapısal eşitlik modellemesi kullanılmıştır. Çevresel belirsizlik ile tedarik zinciri riski ve tedarik zinciri esnekliğinin ilişkileri araştırılmış, tedarik zinciri riskinin üç ana yönünü azaltmak için uygun esneklik türleri tespit edilmiştir [115].

Mohajeri ve Fallah, Karbon salınımı kısıtlamaları olarak ifade edilen kapalı devre tedarik zinciri (CLSC) için bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Geri gönderilen ürünlerin müşterilerden toplandığı kapalı döngü tedarik zincirinde ortaya çıkan karbon emisyonuna dayalı sorunu ele almışlardır. Bulanık yaklaşım benimsenerek belirsiz durumlarla başa çıkmak için gerçekçi bir model tanıtılmıştır. Model, karbon emisyonlarına önemli katkı sağlayan teknoloji seçimi ve envanter gibi operasyonel faaliyetleri içerecek şekilde genişletilebilir [116].

Erkara, risk yönetiminde daha mantıklı kararlar almak için veri madenciliği temelli bir TZRY modeli önermiştir. Veri madenciliği (VM) ve TZRY'nin ana adımları tek bir çatıda toplanmıştır. Önerilen yapının amacı VM-temelli bir TZRY sistemi geliştirmek ve risk ile ilgili veriyi analiz etmek amacıyla VM araçlarını ve algoritmalarını uygulamaktır. Bu yapı çalışmadaki şirkete kısmen uygulanmıştır. Vaka çalışmasında tedarikçi riskleri tercih edilmiştir. Şirketin temel tedarikçilerini farklı risk çeşitlerine göre sınıflandırmak için k-ortalamar kümeleme algoritması uygulanmıştır. Vaka çalışmasının amacı VM-temelli TZRY modelinin uygulanabilirliğini ve avantajlarını gerçek bir endüstriyel çalışma ile göstermektir [117].

Avcı, küresel tedarik zincirinde risk yönetimi (TZRY) için acil sevkiyatları dikkate alan bir karar destek sistemi (KDS) geliştirmiştir. Önerilen KDS, Avrupa'ya yayılmış bir otomobil tedarik zincirinde hem iç hem de dış risk yönetimi durumları için uygulanmıştır. KDS risklerin belirlenmesi, risk değerlendirme, risk azaltma, risk izleme ve kontrol aşamalarını kapsamaktadır. Risk değerlendirme aşamasında, TOPSIS metodu ve risk azaltma aşamasında ise, benzetim tabanlı optimizasyon kullanılmıştır. Özellikle, optimizasyon aşaması için ayrıştırma temelli çok amaçlı diferansiyel evrim

algoritması geliştirilmiştir. Risk izleme ve kontrol aşamalarında, tedarik zinciri performansı sürekli bir şekilde izlenmekte ve gerek görülmesi durumunda KDS tekrar uygulanmaktadır. Tüm durumlar için önerilen KDS'den elde edilen sonuçlar, tedarik zincirinin mevcut durumuyla ve domine edilmemiş sıralamalı genetik algoritma-II'nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen KDS'nin tüm durumlar için daha iyi risk yönetimi çözümleri sunduğunu ortaya koymaktadır [118].

Jovic, İstanbul'da bulunan bir gıda dağıtım şirketi için tedarik zinciri risk yönetiminin daha iyi anlaşılması için uygulama yapmıştır. İç ve dış risk faktörlerinin, iş akışını ne kadar etkilediği araştırılmıştır. Müşterilerin talebinin en yüksek olduğu günlerde, tedarik zinciri kırılganlığını ve teslimat gecikmesini en büyük risk olarak getiren hatanın düşük kapasite olduğu görülmüştür. Bu problem için en iyi çözüm yükleniciyi bulmak ve en yoğun günlerde işi paylaşmak, doğru kriterleri seçmektir. Kriterlerin seçimi şirket çalışanlarının görüşleri ve literatür ile desteklenmiştir. Risk sıralama kriterleri için DEMATEL metodu uygulanmıştır [119].

Özgüner, tedarik zinciri risklerinin firmanın performansına olan etkisini bulmayı ve tedarikçi ile olan ilişkilerin etkisini bulmayı amaçlamıştır. Araştırma TRC1 Bölgesi'ndeki OSB işletmelerinde uygulanmıştır. 302 orta ve üst düzey yöneticiden alınan veriler, SPSS ve AMOS programlarıyla değerlendirilmiştir. Analizler sonucu tedarik zinciri risklerinin firma performansı üzerinde, tedarikçi ilişkilerinin tedarik zinciri riskleri üzerinde ve dolayısıyla tedarikçi ilişkilerinin tedarik zinciri risklerinin firma performansına anlamlı etkide bulunduğu görülmüştür [120].

Demirkol, otomotiv sektöründe risk yönetimi çalışması için 106 otomotiv yan sanayisinde uygulama yapmıştır. Veriler kolayda örnekleme yöntemi ve firma yöneticileriyle yüz yüze görüşmede toplanmıştır. Sonuçlar, tedarikçi riski (zamanında teslim ve istenilen miktarda teslim), operasyonel risk (sistemin durması, stok ve planlama riski), güvenlik riski (terörizm riski, yangın riski ve doğal afet riski) ve çevresel risklerin (finansal risk, talep riski) tespit edilen düzeyleri ile firma performansına etkileri arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Ekonomik risk, çevresel risk ve tedarikçi riskinin operasyonel riskle pozitif doğrultuda bir

ilişkisi olduğu ve güvenlik riskinin operasyonel riskle anlamlı bir ilişkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Ayrıca süreç yönetimi sonucu tedarikçi ile iyi ilişkilerin olmasının operasyonel riskleri ve tedarikçi riskini azalttığı görülmüştür [121].

Buran, işletmenin dışındaki riskler olarak bilinen talep risklerini ve tedarik risklerini incelemiştir. İşbirliği, tedarikçi işbirliği ve müşteri işbirliği şeklinde ayrılmış ve talep ve tedarik riskleri ile bağlantısı bulunmaktadır. Çalışmanın amacı Türkiye'deki sanayi işletmelerinin tedarik zincirlerindeki operasyonel risklerinin minimize edilmesinde işbirliği stratejisinin etkisinin bulunmasıdır. 2014 yılında İstanbul Sanayi Odası tarafından Türkiye'nin en büyük bin sanayi işletmesi seçilen firmalar için uygulama yapılmıştır. Anketler yoluyla toplam 214 firmadan toplanan veriler analiz edilmiştir. Uygulamada tedarik zinciri riskleri talep, tedarik ve operasyonel süreçler için incelenmiştir. İşbirlikçi faaliyetler ise üç boyutta ele alınmıştır. Risklerin azaltılmasında işbirlikçi faaliyetin etkisinin olduğu görülmüştür [122].

Salkın, geleneksel tedarik zinciri yönetimini benimseyen firmalar ile e-ticaret faaliyetleri benimseyen firmalarda uygulanacak risk yönetimi stratejilerini karşılaştırmış ve sistem üyelerinin birbirine etkilerinin tüm TZRY sistemini nasıl etkilediğini göstermiştir. Bunun için sistem dinamiği yaklaşımı ve POWERSIM 5 Programı kullanılmıştır. Çalışmada tedarik zincirindeki tüm firmaların birbirlerinin performanslarını değerlendirebileceği bütünleşik bir yapı oluşturulmuştur, böylece esnek ve verimli bir zincir oluşabilmektedir [123].

Çalık, otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir TZRY'deki riskleri sıralandırmak ve değerlendirmek amacıyla birleşik AHP ve TOPSIS yöntemi önermiştir. Çalışmada çözüm yöntemi olarak dört aşamadan oluşan birleşik bir yaklaşım benimsenmiştir. Altı risk kategorisi belirlenmiştir. Bu riskler için Operasyonel Risk > Finansal Risk > Tedarik Riski > Bilgi Riski > Sosyal ve Çevresel Risk > Ürün Kurtarma Riski = Talep Riski sıralaması bulunmuştur. Operasyonel risklerin en önemli risk sınıfı olduğu görülmüştür. Sonuçlar, kesin ve bulanık değişkenlerle hesaplanan risk öncelik sayılarının tedarikçilerin sıralamasında bir fark yaratmadığını kanıtlamıştır [124].

Kara ve Fırat, tedarik zinciri literatüründe sıklıkla atıfta bulunulan önemli tedarik zinciri bozulma olaylarını araştırmış ve bu olayların nedenleri, zamanları, gerçekleştiği yer ve sektörler ile sonuçlarını incelemişlerdir. Tedarik zinciri yönetimi alanında fenomen haline gelen bu başarısızlık veya başarı öyküleri konularına göre ayrıştırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca tedarik zinciri risk yönetimindeki trendlere de yer verilmiştir [125].

Venkatachalam ve Narayanan, tedarik zinciri planlamasında risk ölçme için ortalama mutlak yarı sapma (MASD) içeren iki aşamalı stokastik bir program kullanmışlardır. Modeli çözmek için tahmini aşırı risk ölçüsünü temel alan bir sezgisel prosedür önerilmiştir [126].

Özdemir ve Seçme, tedarik zincirinde ulaştırma problemini ele alarak oluşabilecek belirsizlikleri bulanık doğrusal programlama yöntemiyle çözmeye çalışmışlardır. İncelenen problemde sadece maliyetlerin bulanık olması, taleplerin ve kapasitelerin bulanık olması ve hepsinin bulanık olması sonucunda bulunan modeller ele alınmıştır. İncelenen her model ile tüm arz merkezleri ve tüm talep merkezileri arasındaki taşımanın maliyetleri hesaplanmıştır. Çeşitli değişkenler için çeşitli çözüm stratejileri bulmanın, farklı yönetici profillerinde karar alma alternatiflerini geliştirdiği tespit edilmiştir [127].

Düzgün, üç kademeli (tedarikçi, imalatçı ve perakendeci) tedarik zincirinde kontratlarla koordinasyon konusunu incelemiştir. Gazeteci çocuk modeli temelinde geliştirilen geri alım, gelir paylaşımı ve miktar esnekliği kontratları kullanılmıştır. Kontrat türleri için geliştirilen matematiksel modellerin tutarlılığı ve koordinasyon yetenekleri simülasyon çalışmasında denenmiştir. Çalışmada VBA makroları ve Çözücü (Solver) eklentileri kullanılmıştır [128].

Huo vd. risk altındaki ve riskten uzak işletmelerin tedarik zincirinde risk yayılma mekanizmasına etkisi için bir model oluşturmuşlardır. Ortalama alan teorisine dayanan tedarik zinciri riski eşiği ve risk yayılımı ölçeğinin risklerin yayılmasına etkisi sayısal simülasyonla gösterilmiştir. Model risk tercihinin ve sürü

mekanizmasının tedarik zinciri riski üzerindeki etkisini açıklayabilmektedir ve model tedarik zinciri riskinde yayılma problemi için uygulanabilir [129].

Tian ve Guo, yeniden yapılandırma karar vermesini desteklemek için ve imalat tedarik zinciri ağlarının yapılandırmasını optimize etmek için grafik tabanlı bir maliyet modeli önermişlerdir. Yeniden yapılandırma maliyetini etkili bir şekilde ölçmek ve iki tedarik zinciri ağının grafiksel benzerliği ile yeniden yapılandırma maliyeti arasındaki ilişkiyi karakterize etmek amaçlanmıştır. Dış kaynak kullanımı kararları ve tedarik zinciri riskleri de önerilen modele dahil edilmiştir. Tedarikçilerin hangi risk bölgesinde olduğu ve tüm zincire etkileri analiz edilmiştir. Yöntemin etkinliğini göstermek için dizüstü bilgisayar montajı yapan bir tedarik zinciri üzerinde bir vaka çalışması sunulmuştur [130].

Ali vd. Bangladeş'teki gıda işleme şirketlerinde gıda israfını azaltmak için sürdürülebilir bir çerçeve geliştirmişlerdir. Gıda şirketlerinden 130 uzmanın geri bildirimlerine dayanarak risk tanımlaması için bir pareto analizi geliştirilmiştir. Belirlenen ana riskler arasındaki ilişkileri değerlendirmek için Gri (DEMATEL) yöntemi kullanılmıştır. En büyük önceliğe sahip riskler; kalifiye personel eksikliği, zayıf liderlik, bilgi teknolojilerindeki başarısızlık, kapasite ve düşük müşteri ilişkileridir. Bu riskler için risk azaltma stratejileri de sunulmuştur [131].

Baryannis vd. makine öğrenmesi yöntemi ile bir tedarik zinciri risk tahmin çerçevesi önermişlerdir. Çalışma tedarik zincirlerini, oluşumlarını öngörerek ve olumsuz etkilerini azaltarak, aksaklıklardan korumayı amaçlamaktadır. Gerçek dünyadaki çok katmanlı bir imalat tedarik zincirinde teslimat gecikmelerini öngörmek için bu çerçeveyi uygulayarak tahmin performansı ile yorumlanabilirlik arasındaki dengeyi araştırmışlardır. Ortalama hassasiyet puanları konusunda belirli bir uzlaşmanın olması gerekmektedir. Makine öğrenmesi son yıllarda tedarik zincirinde uygulanmaya başlamıştır [132].

Jajja vd. şirketlerdeki dayanıklılık performansını artırmak için tedarik zinciri riskinin, tedarik zincirlerini entegre etme konusunda etkisini açıklamışlardır. Yapısal eşitlik modellemesi, Uluslararası Üretim Stratejisi Anketinin altıncı versiyonundan elde

edilen 770 imalat şirketinin verilerini kullanarak hipotezleri test etmek için kullanılmıştır. Şirketlerin, çeviklik performansını artıran tedarikçiler ve müşterilerle bütünleştirici uygulamaları kullanarak tedarik zinciri riskiyle başa çıkabildiklerini görülmüştür [133].

Chowdhury vd. Bangladeş'te hazır giyim endüstrisinin tedarik zinciri ağı için potansiyel tedarik zinciri risklerini tanımlamış ve etkileşimlerini analiz etmişlerdir. Yorumlayıcı yapısal modelleme (ISM) yaklaşımı uygulanarak hiyerarşik yapısal model geliştirilmiştir. Riskleri sınıflandırmak için MICMAC analizi yapılmıştır. Bulgular, bozulma riskinin hazır giyim endüstrisinde en etkili risk olduğunu ortaya koymuştur [134].

Wu vd. Çin'in elektrikli araç tedarik zinciri için belirsiz durumlarda potansiyel risk faktörlerini tanımlamış ve değerlendirmişlerdir. Üç farklı yönden ve bunlarla ilişkili 15 endeksten oluşan elektrikli araç tedarik zinciri için bir risk değerlendirme endeksi sistemi oluşturulmuştur. Bulanık sentetik değerlendirme yöntemi ile birleşik bulanık dilbilimsel terim geliştirilmiştir. Sonuçlar, Çin'deki elektrikli araç tedarik zincirlerinin risk seviyesinin “genel” ile “yüksek” arasında olduğunu göstermektedir. Çalışmada uygun risk önleme stratejileri geliştirilmiştir [135].

Choi vd. küresel lojistik tedarik zinciri operasyonlarının hava lojistiği riskini bulmak için ortalama-varyans (MV) yaklaşımının uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için hava lojistik operasyonları, talep yönetimi, tedarik yönetimi ve arz-talep koordinasyonu olmak üzere dört alan incelenmiştir. Ortalama varyans risk analizinin uygulanmasını kolaylaştırmak için blok zinciri teknolojisinin nasıl uygulanabileceği açıklanmıştır [136].

Zhao, mega proje tedarik zincirlerini bulaşıcı risklerden (MPSCIR) korumak için sinerji teorisini önermiş, risk yayılma hızını, yayılma yoğunluğunu ve risk bağlantılarını tanımlamıştır. Konvansiyonel riskler bulaşıcı risklerden ayrılmış ve büyük projelerin karşı karşıya olduğu riskleri tanımlanmıştır. Sonuçlar, MPSC sistemindeki bulaşıcı risklerin periyodik olduğunu göstermektedir. Yayılma hızı,

basıncı ve yönüne bağılı olarak, bulaşıcı risk yayılma kabiliyeti ve yayılma enerji dağılımını tespit edilmiştir [137].

Adeseun vd. İngiltere Tarımsal Gıda endüstrisindeki farklı seviyelerde çalışanların tedarik zinciri riskleri konusundaki farkındalığı ve bu farkındalığın risk azaltma performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada IBM SPSS programı kullanılmıştır. Çalışan algılarının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini belirlemek için, bir dizi hipotez geliştirilmiş ve analiz edilmiştir. Katılımcıların risklerin niteliklerini ve sonuçlarını bildiklerinde tedarik zinciri risklerinin daha iyi önlendiği görülmüştür. Çalışanın deneyim seviyesi örgütsel seviyeyi değil, tedarik zinciri risk farkındalığı seviyesini belirlemektedir [138].

Hsu vd. operasyonel belirsizlik altında inşaat projeleri için riskten bağımsız lojistik konfigürasyonların tasarımı ve optimizasyonu için bir matematiksel model tasarlamışlardır. Model, en uygun depo yerlerinin seçimi ile birlikte imalat, depolama ve montaj aşamalarını dikkate almaktadır. Model kötü hava koşulları, geç teslimatlar, iş gücü verimliliği dalgalanmaları ve vinç arızaları dahil olmak üzere inşaat sahalarındaki program sapmalarının genel nedenlerini açıklamaktadır. Bir okul yurdu inşaatı projesi örnek olay incelemesi olarak kullanılmıştır [139].

Oliveira vd. çevresel risklerin hem iç hem de dış faktörlerini, bunların tedarik zinciri yönetimi üzerindeki etkilerini ve literatür çalışması yoluyla azaltma stratejilerini analiz etmişlerdir. 767 özet ve 70 tam makaleyi analiz ettikten sonra, on dört çevresel risk, üç ana sonuç ve bu riskleri yönetmek için on dokuz strateji belirlemişlerdir. Konuyla ilgili mevcut bilgi birikimini kapsayan bir çevresel TZRY sistemi geliştirilmiştir [140].

Ming vd. bir riskten kaçınan üretici ve iki riskten kaçınan perakendecinin bulunduğu toplu özelleştirme tedarik zincirinde optimal fiyat kararlarını araştırmışlardır. Üretici, perakendecilere toptan fiyatlandırma sözleşmesi sunan Stackelberg lideridir. Toptan satış fiyatı aldıktan sonra, her bir satıcı, aynı anda ürün için perakende satış fiyatına karar vermektedir. Çalışmada IBM SPSS programı ve Pareto analizi kullanılmıştır. Daha riskli bir üreticinin düşük toptan satış fiyatı sunacağını ve bunun da piyasaya



sunulan perakende satış fiyatlarının düşmesine yol açacağı tespit edilmiştir. Üreticinin daha fazla risk alması veya talep korelasyonunun daha yüksek olması durumunda, perakendecilerin daha fazla kredi ödemesi yapmaları gerektiği tespit edilmiştir [141].

Liu ve Xue, ikili karar diyagramına (BDD) dayanarak tedarik zinciri hata riskleri için Birnbaum öneminin hesaplanmasını kolaylaştırmak amacıyla bir yöntem önermişlerdir. Tedarik zinciri arıza riskleri örnek olarak alınarak hata ağacı analizine (FTA) dayalı BDD'nin modelleme yöntemi tanıtılmıştır. Risk olasılığı BDD ile hesaplanmış ve BDD'yi temel alan Birnbaum önem analizi yöntemi önerilmiştir. Son olarak, bir tedarik zinciri arıza riskinin FTA'sına göre, BDD modellemesi ve Birnbaum önem hesaplama sürecini göstermek için bir vaka çalışması yapılmıştır. Sonuçlar BDD'nin, zayıf yanları belirlemek, riskleri ve maliyetleri azaltmak için kullanılan tedarik zincirindeki Birnbaum önemini değerlendirmek için uygun bir çerçeve sağladığını göstermiştir [142].

D'Amore vd. karbon tutma teknolojileri tasarım problemi için bir Avrupa tedarik zincirinin ekonomik tedarik optimizasyonunda bir tamsayı doğrusal programlama yaklaşımı önermişlerdir. Avrupa karbon yakalama zincirinin optimize edilmesi için bir model önerilmiştir. Sosyal risk analizi, karbon tutma modeline dahil edilmiştir. Risk azaltma önlemleri yerel risk azaltma seçeneklerine dahil edilmiştir. Farklı risk tanımlarını ve politikalarını değerlendiren senaryolar uygulanmıştır [143].

Vilko vd. deniz tedarik zincirlerinde risklerin görünürlüğü ve kontrolü için yaklaşım önermişlerdir. Güney Finlandiya ve Finlandiya Körfezi'nde faaliyet gösteren firmalardan alınan geniş tabanlı, nitel görüşme verileri uzman paneli ile değerlendirilmiştir. Oyuncular arasında risk belirleme ve görünürlük seviyesinde yüksek düzeyde farklılık bulunmuştur. Risklerin farkındalığı ve kontrol mekanizmalarının farklı şirketlerde bulunduğundan TZRY'de işbirliğinin gerekli olduğu anlaşılmıştır. Deniz tedariki zinciri için TZRY modeli geliştirilmesinin gerekliliği ortaya konulmuştur [144].

Hosseini vd. tedarik zinciri esnekliğinin kantitatif modellenmesine ilişkin literatürü incelemişlerdir. Tedarik zincirlerinin dayanıklılığını artıran özellikleri belirlemiş, analitik yaklaşımları ve tedarik zinciri esnekliği probleminin matematiksel modellemesini anlatmışlardır. Farklı kapasite esnekliği seviyelerinde nicel yöntemlerin kullanılabilmesi konusunda yapısal analiz ve öneriler sunmuşlardır. Mevcut TZR literatüründeki boşluklar ve sınırlamalar tanımlanmış ve gelecekteki araştırma olanakları önerilmiştir [145].

He vd. talep ve fiyat belirsizliği sonucu arz kesintilerine maruz kalan bir perakendeci için optimal sipariş karar politikasını incelemişlerdir. Optimal sipariş miktarı seçmek ve iki aşamalı bir tedarik zincirinde stok planlamasını optimize etmek için bir modelleme yaklaşımı önerilmiştir. Bozulma riskinin azaltılmasını sağlayan ikili kaynak bulma stratejisi benimsenmiştir. Yaklaşım, yöneticiler tarafından her dönemin başında sipariş miktarlarını belirlemeye karar vermektedir. Böylece beklenen kar en üst seviyeye çıkarılabilmektedir. Birincil tedarikçinin kesinti riski ile talep ve fiyat belirsizliği ilişkilendirilebilmektedir [146].

Wu vd. rekabet riski taşıyan tedarik zincirlerinin asimetrik duopol modellerini finansman riski ile birlikte incelemişlerdir. Yeşil tedarik zincirinin kapasite yatırımının finansman riski, geleneksel tedarik zincirinde eksiksiz veya eksik bilgi şeklinde mevcut olabilir. Her iki durumda da en uygun miktarları, en uygun fiyatları ve en uygun karları analiz ederek ve karşılaştırarak, kapasite yatırımının finansman riskinin, tüm bilgi durumundaki denge miktarları ve fiyatlarının seçim zincirini etkilemediğini tespit edilmiştir [147].

Thun ve Hoenig, TZRY uygulamalarının ampirik analizini yapmışlardır. Alman otomotiv endüstrisinde 67 üretim tesisi ile bir anket yapılmıştır. Tedarik zincirlerinin kırılganlığı ve tedarik zinciri risklerinin temel kaynakları incelenmiştir. Risklerin ortaya çıkma ihtimalleri ve tedarik zinciri üzerindeki potansiyel etkilerini analiz edilerek tedarik zinciri risklerini belirlenmiştir. Sonuçlar, iç ve dış tedarik zinciri risklerini birbirinden ayıran olasılık-etki matrisinde görselleştirilmiştir. Şirketler iyi bir TZRY sistemi olanlar, sınırlı uygulamaya sahip olanlar ve hiç TZRY sistemi

uygulamamış olanlar şeklinde kümeleme analizi ile gruplandırılmıştır. TZRY kullanan gruplar karşılaştırılarak genel bir analiz elde edilmiştir [148].

Yan vd. dolandırıcılık riski analizinin kalite kontrol sürecini nasıl etkileyeceğini araştırmışlardır. Ürün kalitesi konusunda etik dışı tedarikçilerin alıcıları dolandırıcılık riski vardır. Tedarik sözleşmeleri, tedarikçilerin kar arama tutumunu da etkileyebilir. Dolandırıcılık riskinin etkisini incelemek için süt tedarik zincirinde bir laboratuvar deneyi yapılmıştır. Deney, sözleşmede dolandırıcılık için güçlü bir cezai terimin bulunmaması durumunda, sahtekârlık niyet analizinin, denetim maliyeti ve tedarikçilerin niyeti açısından, alıcıların karar alma verimliliğini artırabileceğini göstermiştir [149].

Aguila vd. ürün mimarisini ve tedarik zincirini aynı anda kurmak için stratejik karar verme aşamasında kullanılmak üzere bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Model karar vericilerin risk perspektiflerinin her iki tasarım üzerindeki etkisini analiz edebilmektedir. Modelde risk tutumlarının tasarımları nasıl etkileyebileceğinin analizi baz alınmıştır. Hedef programlama modeli karar vericilere farklı kriterler için tercihlerini ekleme esnekliği sağlar. Risk perspektifinin tedarik zincirlerini ve ürün mimarisi tasarımını etkilediği, dolayısıyla karar vericilerin eşzamanlı tasarımda riske yönelik yetkinliklerinin dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır [150].

Pulido vd. Meksika taşımacılarının lojistik zincirine ve mesleki risklere karşı bilgilerini araştırmış ve hayvan taşımacılığına nasıl etki ettiğini ölçmüşlerdir. Küme analizine dayanan tek değişkenli ve çok değişkenli istatistikler kullanılmıştır. 8 saatten daha uzun süren yolculuklar, yolda kaza geçirme ihtimalinin yüksek olduğunu göstermiştir. İşçilerin refahı, hayvan refahı ve çevresel riskler arasındaki ilişkiyi anlamak için bu sektörde çalışmalar çoğaltılmalıdır [151].

Zare vd. tarım sektöründe verimi belli olmayan bir tedarikçi ve talepleri belli olmayan birden fazla alt perakendeciye içeren tedarik zincirinde oyun teorisi ile arz riski paylaşım mekanizmasını incelemiştir. Mekanizmayı incelemek amacı ile sunulan modelleri göstermek için sayısal örnekler ve yönetimsel içgörüler verilmiştir. Perakendecilerin en uygun sipariş kararlarına ve tedarikçinin üretim

kararlarına analitik çözümler geliştirilmiştir. Talep belirsizliğinin, üretim maliyetlerinin paylaşılmasının ve toptan eşya fiyat düşürme yaklaşımlarının etkileri incelenmiştir. Sözleşme, tedarikçinin depolama maliyetlerini azaltabilmektedir [152].

Dallasega ve Sarkis, yeşil tedarik zinciri için yakınlık analizi çalışması yapmışlardır. Tedarik zinciri oyuncularındaki farklılıklar yakınlık sorunlarına yol açabilir. Çalışmada yakınlık; örgütsel, coğrafi, bilişsel ve teknolojik yakınlık olarak incelenmiştir. Endüstri 4.0 kavramları, yakınlık boyutlarının hepsinin yeşil tedarik zincirleri üzerindeki etkilerini azaltabilmekte veya artırabilmektedir [153].

Rajagopal vd. tedarik zinciri riskini azaltmak için karar verme modellerinin analizini sunmuşlardır. 2005 - 2016 yılları arasında Akademik Dergi Rehberinde yayınlanan 538 araştırma makalesi toplanmış ve son aşamada 126 makale daha yer almıştır. Çalışmanın amacı TZR'nin azaltılması için temel kavramları açıklamak TZR'leri, azaltma stratejilerini ve TZR'yi azaltmak için en çok kullanılan karar alma modellerini tanımlamaktır. Stokastik programlama ve karışık tamsayı doğrusal programlama, yaygın olarak kullanılan modelleme yöntemleridir [154].

Vandana ve Kaur, bir ürünü son müşterilere satan tek bir perakendeciye ürün tedarik eden bir tedarikçiden oluşan iki kademeli tedarik zincirini incelemişlerdir. Tedarikçinin dağıtımsız optimal sipariş miktarını ve toplam kredi zincirinin karlılığını en üst seviyeye çıkarmak için uygun bir kredi süresi belirlemek amaçlanmıştır. Tedarikçi ve perakendeci için en uygun çözümü bulmak için matematiksel formülasyon geliştirilmiştir. Temel parametrelerin duyarlılık analizi yapılmıştır [155].

Fan vd. hem alıcının hem de tedarikçinin riske duyarlı olduğu alıcı liderliğindeki bir tedarik zincirinde opsiyon sözleşmesini incelemişlerdir. Opsiyon fiyatı ve opsiyon kullanım fiyatının etkileri, şartlı riske maruz değer (CVaR) minimizasyonu ile araştırılmıştır. Alıcı ve tedarikçi açısından risk ve faydalara göre fiyat belirleyebilmek için Stackelberg oyun modeli oluşturulmuştur. Her iki fiyatın da, özellikle opsiyon fiyatlarının artmasının, tedarikçiye fayda sağladığı ancak alıcıya zarar verdiği tespit edilmiştir. Tedarikçi opsiyon fiyatını yükselttiğinde, riski daha

yüksek olan alıcının, tedarikçinin azaltılmış riskinden daha fazla risk taşıdığı görülmüştür [156].

Silva vd. çevresel etkileri parasallaştırarak ve CVaR yöntemini kullanarak aynı amaç fonksiyonunda ekonomik ve çevresel performansları hesaba katan karışık bir tamsayılı doğrusal programlama modeli (MILP) önermişlerdir. Bir Avrupa tedarik zinciri vaka çalışması incelenmiştir. Amaç, ilişkili riski en aza indirirken beklenen net bugünkü değer ile çevresel etki arasındaki farkı maksimize etmektir. Arttırılmış cons-kısıtlama yöntemi, objektif fonksiyonlar arasındaki dengeyi belirlemek amacıyla bir Pareto-optimal eğri oluşturmak için kullanılmıştır. Karar vericilerin risk profilini ve para kazanmanın karar vericinin kararını nasıl destekleyebileceğine bağlı olarak model kurulmuştur [157].

Raza ve Govindaluri üreticinin ve perakendecinin riskten kaçındığı çift kanallı tedarik zinciri (DCSC) koordinasyon modelleri geliştirmişlerdir. Tek bir üreticinin standart ürünü doğrudan çevrimiçi bir kanal üzerinden sunduğu standart bir çift kanallı tedarik zinciri ve geleneksel bir fiziksel mağaza kanalı üzerinden sunduğu tedarik zinciri araştırılmıştır. Önerilen DCSC koordinasyon modelleri, sabit oranlar yerine geleneksel düzenli ve çevrimiçi kanallarla ilişkili pazar payının değişen oranlarına izin vermektedir. Gelir ve maliyet paylaşım sözleşmeleri altındaki tedarik zinciri koordinasyonunu araştırılmıştır. Riskten kaçınma, talep kaçağı ve piyasa belirsizliğinin tedarik zinciri faaliyetlerinin performansı üzerindeki etkisi için detaylı bir sayısal deney yapılmıştır [158].

Akinrolabu vd. bulut sağlayıcılarının kendi hizmetlerini değerlendirmeleri için geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinin zayıf yönlerini vurgulamak amacıyla literatürü incelemişlerdir. Yeni bir risk değerlendirme modeli (CSCCRA) oluşturulmuş ve üç yerleşik yaklaşımla değerlendirilmiştir. Her yaklaşım için hedefler, risk değerlendirme süreci, kararlar, değerlendirmenin kapsamı ve riskin kavramsallaştırılma şekli ele alınmıştır. Bulut riskini değerlendirmek için tasarlanmış dinamik modellere ihtiyaç duyulduğu görülmüştür [159].

Lai vd. bir deniz tedarik zincirinde limandan gelen tahmini bilgi paylaşımının sürdürülebilirlik yatırım kararları konusunda taşıyıcının risk davranışına etkisini incelemişlerdir. Taşıyıcıların hizmet sağlayıcıları olarak limanlar, piyasa tahmin bilgilerini paylaşarak bu kararları vermede taşıyıcılara yardımcı olabilirler. Bunun için iki dönemlik oyun teorisi ile çerçeve önerilmiştir. Oyunda, hem liman hem de taşıyıcı ilk dönemde piyasa belirsizliği ile karşı karşıyadır. Liman, piyasa tahmini bilgilerini taşıyıcıyla paylaşıp paylaşmayacağını belirlemekte ve taşıyıcının sürdürülebilirlik yatırım seviyesine karar vermesi gerekmektedir. İkinci dönemde, müşterilere verilen liman servis ücreti ve taşıyıcı nakliye ücreti belirlenmektedir. Taşıyıcının risk davranışı türlerine ve limanın tahmin bilgilerini paylaşıp paylaşmamasına göre dört farklı senaryo analiz edilmiştir [160].

Brusset ve Bertrand, hava risklerini temel alan firmalara ulaştırmak ve hava durumu endeksine dayalı finansal araçlar kullanarak satış dalgalanmasını azaltmak için bir yaklaşım sunmuşlardır. Birçok ürünün satışı, hava koşullarından olumlu veya olumsuz yönde etkilenebilir. Yaklaşımında, olumsuz hava koşulları riski, geçmişte gözlenen olumsuz koşullar baz alınarak SPSS programında hesaplanmıştır. Hava durumu tahminleri kullanılmamıştır. Otomotiv yedek parçaları üreten bir şirket, bir giyim şirketi ve güneş koruyucu ürünler üreten bir şirket üzerinde çalışma yapılmıştır. Nakit akışı belirsizliği ve olumsuz hava koşullarından kaynaklanan potansiyel kayıpları azaltmanın satış verimliliğine etkisi gösterilmiştir [161].

Qazi vd. riskler arasındaki ilişkileri, performans önlemlerini ve risk azaltma stratejilerini bulan bir tedarik zinciri risk ağı yönetimi (SCRNM) süreci geliştirmişlerdir. Süreç, karar vericinin risk davranışına özgü risk ve stratejilerin önceliklendirilmesinde yardımcı olmaktadır. Süreç, küresel bir imalat tedarik zincirinde yürütülen bir vaka çalışması ve risk yönetimi uzmanları ile odak grup toplantıları ile gösterilmiştir. Model Bayesian İnanç Ağları (BBN'ler) ve Beklenen Fayda Teorisi (EUT) çerçevesine dayanmaktadır. Hata Ağacı Analizi (FTA) için yukarıdan aşağıya bir yaklaşım kullanmıştır. Birbirine bağlı risklerin tüm performans önlemleri üzerindeki yayılım etkisini bulmak için 'olasılık-koşullu beklenen fayda' matrisi önerilmiştir. Riskler ve stratejiler arasındaki bağımlılık modellemesinin önemi açıklanmıştır [162].

Honglu vd. deniz tedarik zincirlerinde kullanılan farklı “güvenlik açığı” kavramlarını analiz ederek güvenlik açıklarını tespit etmek için bir çerçeve geliştirmişlerdir. Asya-Avrupa güzergahındaki Maersk nakliye hattının gerçek bir örneği incelenmiştir. Araştırılan ağın, rastgele hatalara ve kasıtlı saldırılara karşı daha güçlü bir yapıya sahip olduğu sağlamlık analizi ile bulunmuştur. Ağın korunmasız düğümlerini tanımlamak için, çok merkezli bir model ve bir sağlamlık analiz modeli ile iki farklı analiz yapılmıştır. Sağlamlık analizi ile tahmin edilen güvenlik açıkları, her iki analizde tanımlandığında klasik merkeziyet yöntemleriyle tespit edilmişlerdir. [163]

Scmitt ve Singh, tedarik zinciri ağına odaklanarak sistem esnekliğinin nasıl geliştirilebileceğini göstermişlerdir. Çok kademeli bir ağda envanter yerleştirme ve yedekleme yöntemleri analiz edilmiş ve bunların tedarik zinciri riskini azaltma üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hem tedarik aksaklıklarından hem de belirsizlikten kaynaklanan risklerin etkileri ve azaltma stratejileri karşılaştırılmıştır. Ambalaj üreten bir şirket için bir Arena programında oluşturulmuş simülasyon modeli kullanılmıştır. Çok kademeli ağlar için analizler sunulmuş ve ağ kullanımı ve proaktif planlamanın tedarik zincirindeki bozulmayı azalttığı gösterilmiştir [164].

Giannakis ve Papadopoulos, tedarik sürdürülebilirlik risklerinin yönetimi için analitik bir süreç oluşturmuşlardır. Veri toplama ve analizi için karma yöntem yaklaşımı benimsenmiştir. Üç ana sürdürülebilirlik sınıfında (çevresel, sosyal ve ekonomik) 30 risk tanımlanmıştır. Sürdürülebilirlik risklerinin boyutlarını değerlendirmek için iki tekstil imalat şirketinde iki keşifli deneysel inceleme yapılmıştır. Başarısızlık modu ve etki analizi (HTEA) tekniği, seçilen risklerin göreceli önemini değerlendirmek, potansiyel nedenlerini ve etkilerini belirlemek ve tespit edilen riskler arasındaki potansiyel korelasyonları test etmek için kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik riskleri için risk stratejileri önerilmiştir [165].

Fanhimnia vd. tedarik zinciri risklerini yönetmek için nicel ve analitik modelleri (matematiksel, optimizasyon ve simülasyon modelleme) incelemişlerdir. Önceki çalışmalarda bulunmayan tespitleri göstermek için bibiyometrik ve ağ analizi araçları kullanılmıştır. Kavramları, teorileri, araçları tanımlayan temel araştırma kümelerini kapsayan literatürün sistemik haritası çıkarılmıştır [166].

Sakli vd. güçlü bozulmalara ve eşik kısıtlamalarına maruz kalan stokastik bir ürün akışı modeline dayanan tedarik ağlarının risk analizini incelemişlerdir. ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) modeli ile çok aşamalı sistemin simülasyonundan kaynaklanan güvenlik açığı endeksleri tanımlanmıştır [167].

Schur vd. fiyatlandırma kararların gerçekten uygulanmasını sağlamak ve yalnızca gelecekte gerçekleşebilecek durumlara bağlı olmak için dinamik bir risk ölçütü kullanmışlardır. Birçok firma, sınırlı bir tahmin ile sabit bir kapasite satışından elde edilen geliri en üst düzeye çıkarmak için operasyonel düzeyde dinamik fiyatlandırma kullanmaktadır. Finans, enerji veya tedarik zinciri yönetimi gibi alanlarda çok kullanılan Koşullu Riske Maruz Değer riski (CVaR) uygulanmıştır. Risk ve gelir değişimi değerlendirilmiş ve yeni yaklaşım literatürdeki mevcut yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır [168].

Yang, lojistik finansal risk ontolojisi önermiş ve erken uyarı ve ön kontrolde riskin değişkenliği, karmaşıklığına uyum sağlamak için bu modeli yapılandırmıştır. Lojistik finansal risklerini bulmak lojistik finansmanın sağlıklı bir şekilde yürütülmesini etkilemektedir. Makine öğrenmesi yönetimi ile risk kaynakları bulunmuştur. Apriori algoritması, gizli risk tehlikesi veri tabanında risk analizi yapmak için benimsenmiştir [169].

Dong ve Cooper, tedarik zinciri risklerini etkileyen somut ve maddi olmayan unsurları karşılaştırmak için bir büyüklük sıralama temelli tedarik zinciri risk değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. İhtiyaç duyulan karşılaştırma sayısını önemli ölçüde azaltabilecek ve herhangi bir AHP kararında ikili karşılaştırma matrisleriyle tutarlılığı artırabilecek bir yöntem önerilmiştir. Önerilen TZRY çerçevesi risk tanımlaması, risk değerlendirmesi, risk sıralaması ve analizi aşamalarından oluşmaktadır. Önerilen çerçevenin etkinliğini göstermek için bir örnek verilmiştir. Riskler olasılıklarına ve şiddetlerine göre iki yönlü risk matrisinde düzenlenerek duyarlılık analizi ile sağlamlık açısından test edilmiştir [170].

Basole ve Bellamy, karmaşık sistemler, ağ analizi ve risk yönetimi olarak tedarik zincirleri teorilerine dayanarak, tedarik ağı risk değerlendirmesi için görsel karar



desteğinin önemini açıklamışlardır. Elektronik endüstrisi tedarik ağında görselleştirme örnekleri ile yaklaşım ampirik olarak gösterilmiştir. Çalışma görsel tedarik ağı karar destek sistemlerinin ve gelecekteki araştırma fırsatlarının açıklanması ile sonuçlandırılmıştır [171].

Leblanc vd. Kanada'da paketlenmeye hazır marul ve yeşil yapraklı sebzeler için ülke çapında ticaret verilerinin ilişkisel bir veri tabanını tasarlamak için bir yaklaşım sunmuşlardır. Veri tabanı, bulaşıcı gıda risklerinin mekânsal dağılımını göstermek ve halk sağlığı riskini tahmin etmek için bir simülasyon aracının geliştirilmesinde kullanılmıştır. Çalışmada CanGRASP simülasyon aracı kullanılmıştır. Veritabanında, beş yerli işlemcinin, 28 ürün dağıtım merkezinin ve Kanada'daki ilk 10 perakende zincirinin beşinden 2946 perakende satış noktasının coğrafi koordinatları bulunmaktadır. Veri tabanı, acil durum hazırlık planlaması risk değerlendirme çalışmaları sırasında kullanılmıştır [172].

Zimmer vd. yaptıkları çalışmada, küresel tedarik zincirleri boyunca sosyal riskleri etkin bir şekilde tahmin etmek ve değerlendirmek için bir model geliştirmişlerdir. Leontief'in Girdi Çıktı modeli, ülke riskleri ve sektöre özgü işgücü yoğunluğu ile birleştirilmiştir. Çeşitli analitik riskleri değerlendirmek için bulanık bir analitik hiyerarşi süreci (FAHP) kullanılmıştır. Model, bir Alman premium otomobil üreticisinin vaka çalışmasına uygulanmıştır. Sonuçlar, farklı tedarikçilerle ilişkili sosyal risklerde ve ayrıca tedarik zinciri boyunca farklı risk yapılarında büyük farklılıklar olduğunu göstermiştir. Model, satın alma işlevlerinde büyük bir yarar sağlamıştır [173].

Peng ve Pang riskten kaçınan ve verim belirsizliği olan bir çiftçi, riskten bağımsız bir tedarikçi ve hükümetin çiftçiye tarımsal destek sağladığı bir distribütörden oluşan üç seviyeli sözleşmeli tarım tedarik zincirini modellemişlerdir. CVaR kriteri, çiftçinin riskten kaçınma davranışını tanımlamak için kullanılmıştır. Tedarik zincirinin optimal stratejileri önerilmiş ve devlet sübvansiyonunun ve diğer faktörlerin etkilerini araştırmak ve verim belirsizliği seviyesini ölçmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Sonuçlar, sübvansiyon arttıkça çiftçinin toplam hedef üretiminin arttığını göstermiştir. Toplam üretim artışının genellikle artan çiftlik büyüklüğünden

kaynaklandığını ve çiftçinin çabalarının azaldığı görülmüştür. Tedarikçi ve distribütörün kârı sübvansiyona bağlı olarak artmaktadır [174].

Cauwenberge vd. finansal ve finansal olmayan sektörlerdeki firmaların sistemik riske olan katkısını ölçmüşlerdir. Bireysel firmaların ekonomiye olası risk yayılımlarının sistemik etkisi ölçülmüştür. 2006-2015 yılları arasında 67 Hollandalı şirkete ait uluslararası ticaret ve doğrudan yabancı yatırımlara ilişkin verileri günlük hisse senedi verileriyle birleştiren bir veri seti kullanılmıştır. Yüksek sistemik risk katkılarının yalnızca finansal sektörde olmadığı, ekonominin diğer sektörlerinde de olduğu gösterilmiştir. Sistemik riski izlemeye yönelik makro ihtiyati politikanın finansal olmayan sektörlerle yayılması ve doğrudan yabancı yatırımlar ve küresel tedarik zincirleri gibi küreselleşme önlemlerinin önemi açıklanmıştır [175].

Oliva, Brezilyalı şirketlerin tedarik zincirindeki kurumsal risk yönetimini analiz etmiştir. Yeni Kurumsal Ekonomi, Tedarik Zinciri ve Kurumsal Risk Yönetimi olmak üzere üç teori kabul edilmiştir. Araştırma uzmanlarla yapılan görüşmeler, büyük Brezilyalı şirketlerin yöneticileri ile yapılan anketler ve sonuçların aynı uzmanlarla analiz edilmesinden gelen tekliflerin doğrulanması olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Sonuçlar yazışma analizi, faktör analizi, küme analizi ve çok terimli lojistik regresyon gibi çok değişkenli istatistiksel teknikler ile analiz edilmiştir. Büyük bir Brezilyalı şirketin tedarik zincirindeki kurumsal risk yönetimindeki vade düzeyinin analizi ve kurumsal risk analizi için bir model önerisi sunulmuştur [176].

Kang vd. düşük karbon tedarik zincirinde işletme davranışı, devletin düşük karbon politikaları ve düşük karbonlu pazarla ilgili stratejik konuları incelemişlerdir. Dört perakendeci ve üreticiden oluşan düşük karbonlu strateji kombinasyonlarını çözmek için Stackelberg oyun yaklaşımı kullanılmıştır. Bu stratejiler evrimsel bir stabilite stratejisinin (ESS) belirlendiği evrimsel bir teorik oyun yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlara göre hükümet karbon üst sınırı koymak yerine karbon fiyatlarını kontrol ederek işletmeleri karbon emisyonlarını düşürmeye teşvik etmelidir. İşletmeler tüketici taleplerine odaklanmalıdır. Perakendeciler karbon finansmanı faiz oranını düşürmelidir [177].

Xiaohui vd. risk azaltma stratejilerini risk paylaşımı, bilgi paylaşımı, envanter kontrolünün değiştirilmesi ve tedarik zinciri esnekliği açısından matematiksel programlama ile özetlemişlerdir. Tedarik zinciri işletme kaynakları, malzeme akışı, bilgi akışı, nakit akışı ve ortak ilişkisi dahil olmak üzere farklı açılardan risk oluşturmaktadır. TZRY konusunda güncel araştırmalardaki sorunlara değinilmiş ve gelecekteki araştırmaların eğilimi sunulmuştur [178].

Kırılmaz ve Erol, bir TZRY sürecini araştırmış ve risk azaltma için prosedür önermişlerdir. Önerilen prosedürün ilk aşamasında maliyet kriteri birinci öncelik olarak alınmıştır. Doğrusal bir programlama modeliyle bir tedarik planı oluşturmuşlardır. İkinci aşamada, risk kriterini planlamaya ikinci öncelik olarak eklenmiştir. Prosedürün amacı proaktif planlama sağlamak ve arz risklerini azaltmaktır. Model, varsayımsal bir veri seti ile test edilmiştir ve prosedürün performansını değerlendirmek için maliyet analizi yapılmıştır. Önerilen prosedürü içeren TZRY süreci, uluslararası bir otomotiv şirketine uygulanmıştır [179].

Vieira vd. spesifik TZ problemlerini modellemek için Büyük Veri Ambarı (BDW) ve bir simülasyon modeli tarafından desteklenen bir Karar Destek Sistemi önermişlerdir. Tedarik zincirlerinde kullanılan çeşitli sistemler giderek daha yüksek miktarlarda ve hızlarda veri ürettiğinden Big Data bağlantılı simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Model birden fazla kaynaktan gelen verileri depolayarak birleştirmektedir. Senaryoların analiz edilmesine olanak sağlamakta, verilerdeki bilgilerin hareketlerini üretmektedir. Çalışmanın Büyük Veri bağlamlarında gelecekteki TZ simülasyon çalışmaları için örnek olması amaçlanmıştır [180].

Markmann vd. Delphi uzman anketi tekniğinin uzun vadeli karar verme desteği ve risk analizi için önemli bir araç olduğunu göstermişlerdir. Küresel tedarik zincirlerinde insan kaynaklı risklere odaklanılmıştır. Delphi tabanlı bir risk analizi yapılmıştır. Karmaşık ve çok organizasyonlu ortamlarda risk değerlendirmesi için hangi tekniklerin ve araçların en uygun olduğunu açıklamışlardır [181].

Sabouhi vd. esnek bir tedarik zinciri tasarlamak için veri zarflama analizine (DEA) ve matematiksel programlama yöntemine dayalı entegre bir hibrid yaklaşım

sunmuşlardır. Atra ilaç şirketinde potansiyel tedarikçilerin verimliliği bulanık bir DEA modeli ile değerlendirilmiştir. Bulunan verimlilik kullanılarak, kesinti ve operasyonel riskler altında entegre tedarikçi seçimi ve tedarik zinciri tasarımı için iki aşamalı bir olasılıksal-stokastik programlama modeli geliştirilmiştir. Model, tedarikçilerin kısmi ve eksiksiz kesintileri ile çeşitli hammadde tedariklerinde miktar indirimini kapsamaktadır. Acil durumlarda takviye amaçlı çalışılan tedarikçilerdeki takviye ve acil durum envanterinin belirlenmesi ve tedarik zincirinin esnekliğini artırmak için çoklu kaynak kullanımı gibi proaktif stratejiler kullanılmıştır. Önerilen model onaylanmış ve esneklik stratejilerinin etkisi görülmüştür [182].

Gu vd. genel kredi riskini, kendiliğinden ve bulaşıcı kredi riski şeklinde ayırarak tedarik zinciri kurumsal kredi riskini değerlendirmek için bir model önermişlerdir. Tedarik zinciri işletmeleri için bir değerlendirme gösterge sistemi kurduktan sonra, bulanık tercih ilişkilerini kullanarak kendiliğinden oluşan kredi risklerini belirlemişlerdir. Kendiliğinden kredi riski sonucu oluşan bulaşıcı kredi riskini ölçmek ve kümülatif etkisini analiz etmek için bir risk sayısal matrisi oluşturmuşlardır. Önerilen modelin TZ işletme kredi riskini değerlendirmek ve nasıl uygulanabileceğini göstermek için bir vaka çalışması sunmuşlardır [183].

Chen vd. tedarik zincirindeki riskten bağımsız bir üreticiden ve riskten uzak bir perakendeciden oluşan envanterlerin yanlış yerleşim sorunlarını gidermek için radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisini incelemişlerdir. RFID'nin sabit ve etiket maliyetini göstermek için tütün endüstrisindeki bir vaka çalışması sunulmuştur. Perakendecinin risk tutumunu ölçmek için merkezi yarı sapma benimsenmiştir. Merkezi olmayan durumda toptan satış fiyatı sözleşmesi, gelir paylaşım sözleşmesi ve kanal koordinasyonu için risk paylaşım sözleşmesi olmak üzere üç tür sözleşme incelenmiştir. Merkezi olmayan durumda, hem üreticinin hem de perakendecinin RFID maliyetlerine karşılık gelen eşik değerlerine sahip olduğu görülmüştür [184].

Lueg vd. sürdürülebilirlik raporlarını açıklama ve risk değişimi arasındaki çift yönlü ilişkiyi araştırmışlardır. Riskli uygulamalara sahip şirketlerin, sürdürülebilirlik raporlamalarını ve raporlamaların şeffaflığının artırılması sonucu şirket riskinin azaltılması da mümkündür. 2012 ve 2016 yılları arasında Güney Afrika'dan 59 şirket

incelenmiştir. Sürdürülebilirlik raporlarını açıklamanın toplam, sistematik ve sürdürülebilirlik riski üzerindeki etkisini değerlendirmek için çevresel, sosyal ve devlet puanları kullanılmıştır. Araştırmada sabit etkiler panel regresyonu, istatistiksel modelleme ve Granger nedensellik testleri kullanılmıştır. Sürdürülebilirliğin ve özellikle sosyal sürdürülebilirlik konularının açıklanmasının sonraki dönemlerde sistematik riski azalttığı kanıtlanmıştır [185].

Rentizelas vd. uluslararası biyokütle tedarik zincirlerinin alternatif yollarının etkinliğini değerlendirmişlerdir. Alternatifler, farklı biyokütle menşe bölgeleri, taşıma modları, ihracat limanları ve işleme teknolojilerini içermektedir. Veri Zarflama Analizi (DEA), ilk defa alternatif biyokütle tedarik zinciri yollarının Latin Amerika'da etkinliğini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ekonomik maliyetler gibi ekonomik ve çevresel performansı etkileyen birden fazla kriter incelenmiştir. DEA yaklaşımı, biyokütle kaynaklarını planlanmayı ve çoklu karar kriterleri altında karar vermeyi kolaylaştırmıştır [186].

Serrano vd. tedarikçilere yapılan ödemelerin değişkenliği riskinin nasıl yaratıldığını ve yukarı akışa etkilerini araştırmışlardır. Bir tedarik zincirinin finansal süreci, endüstri raporlarına ve finans literatüründeki bulgulara dayanarak modellenmiştir. Tedarik zincirindeki politikalar ve kısıtlamalar modellenmiş, gerçek tedarik zincirlerinde uygulanan davranış üretilmiştir. Değişkenliğin yayılmasına neden olan faktörler (endüstri riski, firmanın operasyonel kaldıraç oranı, finansal kaldıraç hedefinin varlığı ve borç maliyeti) belirlenmiştir. Model, ödeme değişkenliğinin ciddi nakit kısıtlamaları altında riski büyütülebileceğini göstermiştir [187].

Rajesh ve Ravi, elektronik tedarik zincirlerinde tedarik zinciri riskinin azaltılmasının yollarını araştırmışlardır. Tedarik zinciri riskinin azaltılmasını sağlayan faktörler arasındaki sebep / sonuç ilişkilerini bulmak için Gray teorisi ve DEMATEL yaklaşımlarının bir karışımı kullanılmıştır. Çözümlerin güvenilirliğini sağlamak için sonuçların duyarlılık analizi de yapılmıştır. Sonuçlar, tedarik zinciri riskini azaltma stratejilerinin birleştiğini ve bir faktörün bir veya daha fazla faktörlerin nedeni/etkisi olabileceği görülmüştür. Sebep-sonuç ilişkileri, yöneticilerin tedarik zincirinin kırılganlık sorunlarını önlemek için riskleri tespit etmeyi kolaylaştırmıştır [188].

Mıt Forum’da bulunan tedarik zinciri operasyonlarını analiz etmek ve tedarik zinciri risklerini genel bir bakış açısıyla özetlemek için anket çalışması yapılmıştır. Tedarik zincirinde risk azaltılmasına karşı hangi şirketlerin en güçlü durumda olduğu analiz edilmiştir. Çalışmada belirlenen beş prensibe göre tedarik zinciri risk yönetimi çerçevesi belirlenmiştir. Çalışma şirketlerin çoğunun karlarını en üst düzeye çıkarma, maliyetlerini en aza indirme ve hizmet kalitelerini korumak istediğini kanıtlamıştır. Tedarik zinciri esnekliğine yatırım yapan şirketler, yatırım yapmayan şirketlere göre aksamalara karşı daha esnek ve güçlü durumdadırlar [12].

Basset ve Mohamed, tedarik zinciri sürdürülebilirlik riskleri için model önermişlerdir. Tercih sırasına göre karar vermek için ÇKKV yöntemi olan TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Kriterler arası korelasyonu hesaplamak için Critic yöntemi kullanılmıştır. Modeli değerlendirmek için telekomünikasyon ekipmanları şirketinde bir uygulama yapılmıştır. Üç telekomünikasyon ekipmanının sıralanması için yöntem uygulanarak başarılı sonuç vermiştir [189].

Chu vd. doğru tedarikçi seçimi yoluyla esnekliğin artırılması ve maliyetlerin azaltılmasını amaçlamışlardır. Metin madenciliği kullanılarak iki aşamalı küresel tedarik zinciri risk yönetimi çerçevesi önerilmiştir. Literatürdeki küresel tedarik zinciri riskleri toplanmış ve metin tabanlı yaklaşımlar kullanılarak analiz edilmiştir. Belirli risk türlerine göre seçilen çevrimiçi haber makaleleri ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Risk hiyerarşisi ve duyarlılık analizi sonuçları küresel tedarik zinciri risklerini anlamada ve tedarikçi seçiminde kolaylık sağlamaktadır [190].

Dias vd. bir otomobil üreticisinin riskleri nasıl belirlediğini ve yönettiğini analiz etmişlerdir. Brezilyalı bir otomobil üreticisinden veriler görüşmelerle toplanmış ve AHP yöntemi risk faktörlerini sıralamak için kullanılmıştır. Oluşturulmuş risk matrisinin şirketin karar vermesi için önemli bir araç olduğu belirtilmiştir [191].

Hosseini ve Ivanov Bayesian ağlarının tedarik zinciri risklerinin analizi çalışmalarındaki yerini araştırmışlardır. TZ esneklik ve risk analizinde mevcut durumları gözden geçirmek için yöntem kullanılmaktadır. TZ belirsizliği alanında Bayesian ağları hakkında uygulama ve yayın sayısı oldukça azdır. 2007-2019 yılları

arasındaki akademik makaleler görselleştirme temelli siyentometrik analiz ve kümeleme analizi kullanılarak incelenmiştir. Bayesian ağlarının makine öğrenmesi algoritmaları ile beraber uygulanabileceği tartışılmıştır [192].

Choirun vd. tarımsal gıda endüstrisi zincirinde sürdürülebilir risk yönetimi konusunda 2010-2019 yılları arasında 30 bildiri incelenmiştir. Tarımsal gıda endüstrisinin sürdürülebilirliğini ekonomik, sosyal, çevresel, teknik ve kurumsal etkenler etkilemektedir. Bazı çalışmalarda sadece ekonomik, sosyal ve çevresel riskler ele alınmıştır. Güvenlik riskleri, politik riskler, teknolojik sistemler de göz önüne alınmalıdır. Sürdürülebilirlik risklerine çok boyutlu bir yaklaşım geliştirilmiştir [193].

Babu vd. Hintli imalat kobileri için risk değişkenlerini ve risk değişkenleri arasındaki ilişkili geliştirmeyi amaçlamışlardır. Literatür araştırması ve uzmanların görüşüne göre dokuz risk belirlemişlerdir. Risk değişkenleri arasındaki ilişkiyi kurmak için ISM yaklaşımı benimsenmiştir. Risk değişkenleri MICMAC analizi kullanılarak sınıflanmıştır. ISM-MICMAC yaklaşımına dayalı üç Hintli imalat kobisi için uygulama yapılmıştır. Sonuçlar tedarik zinciri yöneticilerine kılavuz olmuştur [194].

İncelenen literatür problemin konusu ve çözüm yöntemlerine göre Çizelge 2.4'teki gibi özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Literatür özeti.

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[76], [96], [107], [109]	Tedarik Zinciri Riskleri için Simülasyon Modelinin Oluşturulması	HSC Modeli (Simülasyon Çalışması), Sayısal Benzetim, Gerçek Seçenek Değerleme (ROV) Modeli
[78]	Tedarik Zinciri Sürecinin Haritalanması	Smart Ağ Haritalama Yöntemi
[176]	Brezilyalı Şirketlerin Tedarik Zincirindeki Kurumsal Risk Yönetimini Analiz Etmek	Uzman Görüşü, Anket Yöntemi
[143], [79], [87], [98], [89]	Tedarik Zinciri Risk Analizi için Model Önerilmesi	Tamsayı Doğrusal Programlama Yaklaşımı, Bulanık Tercih İlişkileri Yöntemi, Bulanık Arz-Talep Modeli, Bulanık Mantık, TOPSIS

Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[82], [103]	Tedarik Zincirindeki Riskleri Ölçmek İçin Yöntem Önerilmesi	DSM (Tasarım Yapı Matrisi) Modeli, Nötrofilik Analitik Hiyerarşi Süreci (N-AHP), (N-TOPSIS) Yöntemi
[136], [89], [77], [90], [95], [126], [119], [147], [92], [124], [167], [127], [12], [191]	Tedarik Zinciri Risklerinin Analizi	Ortalama-Varyans (MV) Yaklaşımı, SCOR Modeli, AHP Yöntemi, Chang'ın Extent Analiz Yöntemi, FAHP Yöntemi, Delphi Tekniği, ISM (Yorumlayıcı Yapısal Modelleme) Tekniği, Bulanık MICMAC Analizi, Ortalama Varyans Yaklaşımı, Stackelberg Oyun Modeli, Ortalama Mutlak Yarı Sapma (MASD), Birleşik Modelleme Dili (UML), Multi-Agents Systems (MAS), DEMATEL Metodu, TOPSIS, ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) Modeli, Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemi, Anket Yöntemi
[105], [101]	Tedarik Zincirindeki Riskleri Belirlemek İçin Yöntem Önerilmesi	LDA Modeli (Bir Metin Madenciliği Teknolojisi), Veri Madenciliği, Dematel Yöntemi
[80], [148]	Tedarik Zinciri Risklerinin Tanımlanması	Renkli Petri Ağları, Zaman Serileri, Anket Yöntemi, Kümeleme Analizi
[121], [194]	Tz Risklerinin Birbiri ile İlişkisinin Belirlenmesi	Uzman Görüşü, ISM, MICMAC
[134]	Tedarik Zinciri Risklerinin Tanımlanması Ve Etkileşimlerinin Araştırılması	Yorumlayıcı Bir Yapısal Modelleme (ISM), MICMAC (Matriced'ın Etkilerini Etkileyen Çarpma Aplik Ve Sınıflandırma) Analizi
[91], [190]	Tedarik Zincirinin Sürdürülebilirliğini Artırmak İçin Model Önerilmesi	Tropos Hedef Risk Çerçevesi, Veri Zarflama Analizi, Metin Madenciliği, Duyarlılık analizi
[85]	Karar Vericilerin Risk Tutumu İçin Yinelemeli Süreç Oluşturulması	Maliyet-Fayda Analizi Yöntemi
[183], [173], [88], [107], [192]	Tz Riskini Değerlendirmek İçin Çerçeve Oluşturulması	Bulanık Tercih İlişkileri, Leontief'ın Girdi Çıktısı Modeli, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP), Monte Carlo Analitik Hiyerarşi Süreci, Önemlilik Analizi, Kümeleme analizi
[93]	Tedarik Zinciri Risk Yönetimi İçin Simülasyon Ve Optimizasyon Yöntemlerinin Rolünün Ve Katkısının Analiz Edilmesi	Zaman Serileri (Time Series) Yöntemi
[97]	Risk Değerlendirme Kriterlerinin Seçim Prosedürünün Oluşturulması	SMAA-TRI, IRIS Yöntemleri
[104]	Risk Değerlendirmelerinde Farklı Verilerin Kullanımlarının Araştırılması	Big Data Yöntemi



Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[113], [110]	Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı	Maliyet-Fayda Analizi Yöntemi, Pareto Analizi
[111], [193]	Tedarik Zinciri Stratejilerinin Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkisinin Çok Katmanlı Analizi	Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (ISM), Literatür Araştırması
[114]	Risk Yönetimi Modelleri İle İlgili Literatür Araştırması	Literatür Araştırması
[115]	Çevresel Belirsizlik, Tedarik Zinciri Riski Ve Tedarik Zinciri Esnekliğinin İlişkilerinin Araştırılması	Yapısal Eşitlik Modellemesi
[188]	Tedarik Zinciri Riskinin Azaltılmasının Başlıca Olanaklarını Tespit Etmek	Gray Teorisi Ve Dematel, Duyarlılık Analizi
[120]	Tedarik Zinciri Risklerinin İşletme Performansı Üzerindeki Etkisinin Araştırılması	Uzman görüşü, Anket Yöntemi
[99], [182], [83], [84], [86], [94], [100], [102], [179], [157], [170], [169], [163], [131], [165], [81], [112], [109], [116], [152]	Tedarik Zinciri Risk Yönetimi Modelinin Önerilmesi	Hata Ağacı Analizi, Veri Zarflama Analizi (DEA), Matematiksel Programlama, Çok Değişkenli Parçalı Regresyon Analizi, Finansman Karar Etkinliği Oyunu, Bulanık Karar Yöntemi, Simunic Modeli, HTEA Analizi, Bulanık Bilişsel Haritalama, Gri İlişkisel Analizler, Madde Akışı Analizi (SFA), Shapley Değeri, Veri Madenciliği (VM), Doğrusal Programlama, CVAR, Tamsayı Doğrusal Programlama Modeli (MILP), Cons-Kısıtlama Yöntemi, Büyüklük Sıralama temelli AHP, Makine Öğrenmesi, Apriori Algoritması, Uzman Görüşü, Pareto Analizi, Gri (DEMATEL) Modeli, Monte Carlo Simülasyonu, Standart Sapma Yöntemi, PRISMA (Preferred Reporting Items For Systematic Reviews And Meta-Analyses) Diagramı, Bayesian Ağları, Bulanık İnanç Kuralı Yaklaşımı, Bulanık Mantık
[150], [118], [180]	(TZRY) İçin Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi	Matematiksel Modelleme, Topsis Metodu, Benzetim Tabanlı Optimizasyon, Diferansiyel Evrim Algoritması, Sıralamalı Genetik Algoritma, Büyük Veri Ambarı (BDW)
[122]	Tedarik Zincirlerinde Operasyonel Risklerin Azaltılmasında İşbirliğinin Etkisinin Bulunması	Anket Yöntemi
[123]	E-Ticaret ile Çalışan Firmalarda Uygulanacak Risk Yönetimi Sistemlerini Karşılaştırmak ve Model Önermek	Sistem dinamiği yaklaşımı

Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[125]	Tedarik Zinciri Bozulmalarının Nedenleri, Sektörlere Göre Sonuçlarının Araştırılması	Anket Yöntemi
[128]	Tedarik Zincirinde Kontrat Türlerinin Koordinasyon Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi	Gazeteci Çocuk Modeli, Vba Makroları Ve Çözücü (Solver) Eklentileri
[137]	Tedarik Zincirinde Risk Yayılma Mekanizmasının Modelinin Oluşturulması	Ortalama Alan Teorisi
[130]	Yeniden Yapılandırma Maliyetini Dikkate Alan Maliyet Modelinin Önerilmesi	Grafik tabanlı doğrusal programlama
[132]	Tedarik Zinciri Risk Tahmin Çerçevesinin Önerilmesi	Machine Learning Yöntemi
[133]	Tedarik Zinciri Riski Ve Dayanıklılık Performansı Arasındaki İlişkinin Açıklanması	Yapısal Eşitlik Modellemesi
[135]	Belirsiz Durumlarda Potansiyel Risk Faktörlerinin Tanımlanması Ve Değerlendirilmesi	Bulanık Sentetik Değerlendirme Yöntemi
[137]	Mega Proje Tedarik Zincirlerini Bulaşıcı Risklerden Korumak İçin Teori Önerilmesi	Sistem Dinamikleri Teorisi Ve İstikrar Teorisi
[138]	Farklı Seviyelerde Çalışanların Tz Riskleri İçin Farkındalığı Ve Bu Farkındalığın Risk Azaltma Performansı Üzerindeki Etkisinin Bulunması	Anket Yöntemi
[139]	Riskten Bağımsız Lojistik Konfigürasyonların Tasarımı Ve Optimizasyonu İçin Model Önerilmesi	Matematiksel Modelleme
[140]	Çevresel Risklerin Tedarik Zinciri Yönetimi Üzerindeki Etkilerinin Analiz Edilmesi	Literatür Araştırması
[141]	Tedarik Zincirinde Riskten Kaçınmaya Göre Optimal Fiyat Kararlarının Araştırılması	Anket yöntemi, Pareto Analizi
[144]	Risk Belirleme Ve Görünürlük Seviyesindeki Farklılıkların Araştırılması	Uzman Paneli
[142]	Tz Riskleri İçin Birbaum Öneminin Hesaplanmasını Kolaylaştırmak İçin Analitik Bir Yöntem Önerilmesi	Hata Ağacı Analizi (FTA)
[145]	Tedarik Zinciri Esnekliğinin Modellenmesi	Matematiksel Modelleme
[146]	Optimal Sipariş Karar Politikasının İncelenmesi	Matematiksel Modelleme
[149]	Dolandırıcılık Riskinin Kalite Kontrol Sürecine Etkilerinin Araştırılması	Örnekleme yöntemi (Laboratuvar deneyi)
[151]	Hayvan Taşımacılığında Taşımacılarının Lojistik Zincirine Ve Mesleki Risklere Karşı Bilgilerinin Araştırılması	Kümeleme Analizi
[153]	Yeşil Tedarik Zinciri Oyuncuları İçin Yakınlık Analizi Yapılması	Yakınlık analizi
[154]	Tedarik Zinciri Riskini Azaltmak İçin Karar Verme Modellerinin Analizinin Yapılması	Bibexcel ve Gephi Tekniği

Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[155]	İki Kademeli Tedarik Zincirinde Uygun Ticaret Kredi Süresi Belirlemek	Matematiksel Modelleme, Duyarlılık Analizi
[156]	Tedarik Zincirinde Opsiyon Fiyatının Risk Ve Fayda Analizinin Yapılması	(Cvar), Stackelberg Oyun Modeli
[158]	Çift Kanallı Tedarik Zinciri (Dcsc) Koordinasyon Modelleri Geliştirilmesi	Matematiksel modelleme, Nümerik analiz
[159]	Bulut Sağlayıcılarının Kendi Hizmetlerini Değerlendirmek için Geleneksel Risk Değerlendirme Çerçevesinin Zayıf Yönlerinin Vurgulanması	Literatür Araştırması
[160]	Deniz Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirlik Yatırım Kararları İçin Risk Davranışının Etkilerinin İncelenmesi	Oyun Teorisi
[161]	Hava Durumu Risklerinin Satış Dalgalanmasını Azaltmak İçin Bir Yaklaşım Sunulması	Uzman görüşü
[162], [165]	Tedarik Zinciri Risk Ağı Yönetimi (ScrnM) Süreci Geliştirilmesi	Odak Grup Toplantıları, Bayesian İnanç Ağları, Beklenen Fayda Teorisi, Hata Ağacı Analizi, Fmea Tekniği
[164]	Envanter Yerleştirme Ve Yedekleme Metodlarının Tz Risklerinin Azalmasına Etkisi	Simülasyon yöntemi
[166]	Tedarik Zinciri Risklerini Yönetmek İçin Nicel Ve Analitik Modellerin İncelenmesi	Biyometrik Ve Ağ Analizi Araçları
[168]	Fiyatlandırma İçin Tutarlı Risk Ölçütünün Oluşturulması	Riskli Koşullu Riske Maruz Değer Riski (Cvar)
[171]	Tedarik Ağı Risk Değerlendirmesi İçin Görsel Karar Desteğinin Öneminin Gösterilmesi	Altman Z Skoru, Grafikselleştirme
[172]	Ticaret Verilerinin İlişkisel Bir Veri tabanını Tasarlamak Ve Bir Araya Getirmek İçin Yaklaşım Sunulması	Cangrasp Simülasyon modeli
[174]	Tarım Tedarik Zincirinde Çiftçinin Riskten Kaçınma Davranışını Tanımlamak	Cvar Kriteri, Duyarlılık Analizi
[175]	Finansal Ve Finansal Olmayan Sektörlerdeki Firmaların Sistemik Riske Olan Katkısının Ölçülmesi	GJR-GARCH modeli, CVaR analizi
[177]	Düşük Karbon Tedarik Zincirinde Strateji Kombinasyonlarını Çözmek İçin Yaklaşım Önerilmesi	Stackelberg Oyun Yaklaşımı
[178]	Risk Azaltma Önlemlerinin Farklı Açılardan Değerlendirilmesi	Matematiksel Programlama
[181]	Delphi Uzman Anketi Tekniğinin Uzun Vadeli Karar Verme Desteği İçin Etkisi	Delphi Uzman Anketi Tekniği
[184]	Tedarik Zincirinde Radyo Frekansı Tanımlama (Rfid) Teknolojisinin Uygulanması	Merkezi Yarı Sapma Yöntemi

Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Makale	Problem Konusu	Çözüm Yöntemleri
[185]	Sürdürülebilirlik Raporlarını Açıklama İle Risklerin Değişiminin İlişkisi	Sabit Etkiler Panel Regresyonu, İstatistiksel Modelleme Ve Granger Nedensellik Testleri
[186]	Uluslararası Biyokütle Tedarik Zincirlerinin Alternatif Çözümlerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi	Veri Zarflama Analizi (Dea)
[187]	Tedarikçilere Yapılan Ödemelerin Değişkenlik Riski Ve Yukarı Akışa Etkisinin İncelenmesi	Ampirik Modelleme

İncelenen literatürde risk analizi çalışmalarının çoğu gıda ve finans sektörlerinde yapılmıştır. Finans sektöründe opsiyon sözleşmeleri ve fiyat belirleme riskleri daha fazla ele alınmıştır. Denizcilik sektöründe yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Tüm alanlarda tedarik zinciri riskleri incelenirken üretim sektöründe genellikle otomotiv firmalarında risk analizleri yapılmıştır. İklimlendirme ve soğutma sektöründe bir risk analizi çalışmasına rastlanmamıştır. Sürdürülebilirlik riskleri ve yeşil tedarik zinciri üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar artmıştır.

Çalışmaların çoğunda bir süreçte bulunan riskler ve iş adımları ayrı ayrı ele alınmıştır. İş adımlarında bulunan hata ve risklerin birbirini etkileyeceği göz önüne alınmalıdır. Süreçteki iş adımlarının birbirinden bağımsız ele alınması eksik sonuçlar verecektir. Yapılan çalışmalar uzman görüşünü veya belirsizlikleri göz önüne almamaktadır. Hataların sürece etkilerinin minimum olması için hangi hatanın daha yüksek önem derecesine sahip olduğu belirlenmelidir. Talep planlama sürecinde farklı sınıflara ait birçok problem, kısıt ve birçok amaç bulunmaktadır. Çalışmada son yıllarda önerilmiş, literatürde açığı bulunan yeni problem çözme teknikleri olan ÇKKV yöntemlerinden faydalanılmıştır. Önerilen yöntemler ile yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Tedarik zinciri risk yönetiminde bulunan hataların analizi ve sıralanması süreçlerinde belirsizlik ve değişken ifadeler bulunduğundan çalışma Bulanık ÇKKV yöntemleri ile yapılmıştır.

## BÖLÜM 3

### RİSK ANALİZİ

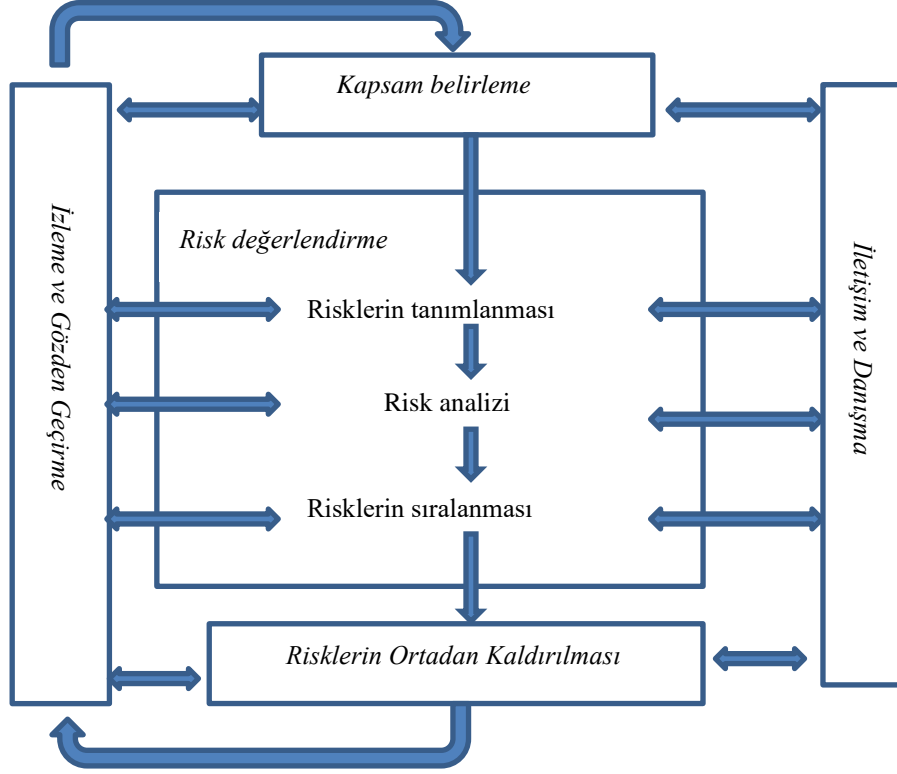
Risk analizi risk yönetiminin bir parçasıdır. Risk analizi sadece tedarik zincirinde değil birçok alanda uygulanan, oluşabilecek tehlikeleri ve bunların sonuçlarını araştırarak, herhangi bir zarar görmeden veya en az kayıp ile süreci atlatabilmek için önlemlerin alındığı bir yöntemdir. Önceleri daha çok iş sağlığı ve güvenliği alanında risk analizleri yapılırken, 2000’li yıllardan itibaren tedarik zinciri risk yönetimi kavramının da oluşmasıyla yapılan çalışmaların attığı görülmüştür. Riskler gelişen koşullara göre sürekli değişmektedir, dolayısıyla risk analizlerinin güncel tutulması önemlidir. Risklerin farkında olmamak en büyük risktir. Bir işletme risk analizi yaptığında eksik yönlerinin de güçlü yönlerinin de farkına varmış olur. Risk analizi aynı zamanda bir organizasyonun strateji belirlemede veya stratejiyi geliştirmesinde de bir araç olarak kullanılmaktadır.

Risk analizi, işletmelerin faaliyetlerinde oluşabilecek risklerin gerçekleşmeden ayrıntılı olarak tanımlanıp analiz edilmesi ve riskleri minimum seviyeye indirecek veya tam olarak ortadan kaldıracak aksiyonların alınması şeklinde tanımlanmıştır [195].

Shtub vd. risk analizinin, bir süreçteki riskleri tanımlamak için yöntem ve araçlara sahip bir uygulama olduğunu belirtmiştir [196]. Risk analizi süreçteki hataları devamlı değerlendirebilecek, riskleri önceliklendirebilecek bir yöntemdir. Bunun sonucunda iyileştirme için stratejiler üretilmesine olanak vermektedir. Karar verme süreçlerinde de risk analizi yöntemi kullanılmaktadır.

Tedarik zinciri risk yönetiminin süreçleri bölümünde risk analizinin aşamalarından bahsedilmiştir. Bu aşamaları kısaca, risk tanımlama, risk analizi, risk azaltma, riskleri

takip etme olarak tanımlayabiliriz. Berg risk yönetim sürecini Şekil 3.1'deki gibi ifade etmiştir [197].



Şekil 3.1. Risk yönetim süreci [197].

### 3.1. RİSK ANALİZİ YÖNTEMLERİ

Yapılan literatür çalışmasında riskleri ölçebilmek için başvurulan birçok yöntem olmasına rağmen en çok kullanılan yöntemlerin aşağıdakiler olduğu görülmüştür.

- Anket Yöntemi/Uzman Görüşü
- Veri Madenciliği
- Dematel Yöntemi
- Neden-Sonuç analizi
- Cvar Modeli
- HTEA analizi
- AHP/FAHP yöntemleri

- Matematiksel modelleme
- Oyun Teorisi
- TOPSİS
- Zaman serileri
- Bayes İnanç Ağları
- Stackelberg oyun modeli
- Ortalama varyans yaklaşımı

Yukarıdaki yöntemlerden HTEA ve Çok kriterli karar verme yöntemleri ayrıntılı olarak incelenecektir. Ayrıca ÇKKV yöntemleri bulanık olarak uygulanacağından bulanık mantık yöntemi de detaylı anlatılacaktır.

### 3.1.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ilk kez 1949 yılında güvenilirlik değerlendirme yöntemi olarak ABD ordusu tarafından kullanılmıştır. HTEA analizinin tarihi gelişimi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir [198]. Bowles vd. ise ilk kez 1960’lı yıllarda mühendisler tarafından geliştirildiğini ifade etmiştir. Havacılık sektöründe yapılan güvenilir uygulamalarda tasarım metodolojisi ve risk analiz metodu olarak kullanılmıştır [199].

Çizelge 3.1. HTEA analizinin tarihçesi [198].

Yıl	Kullanım Alanı
1949	ABD Ordusu tarafından bir güvenilirlik değerlendirme tekniği olarak geliştirildi (MIL-P-1629)
1960-1965	NASA’nın Ayın Yüzeyine İnsan İndirme Projesinde (APOLLO) kullanıldı
1970-1975	Amerika’da havacılık ve uçak sanayiinde kullanıldı.
1975	Japonya’da NEC firmasında ilk endüstriyel uygulamalar başladı.
1980	Ford Motor Company uygulamaya başladı ve tüm yan sanayilerinden HTEA uygulamasını talep etti.

Stamatis’e göre HTEA sistem, tasarım, süreç veya hizmet kaynaklı daha önceden bilinen veya potansiyel hataların müşteriye ulaşmadan tanımlanmasını,

belirlenmesini ve azaltılmasını sağlayan mühendislik yöntemidir [200]. HTEA bir ürünün tasarım aşamasından başlayıp, ürünün yaşam eğrisi boyunca devam edebilir.

HTEA analizi hizmet veya ürününün müşteriye ulaşmasına kadar geçen süreçte oluşabilecek hataların ve risklerin tespit edilmesi, değerlendirilmesi ve risklerin en aza indirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. HTEA'nın amacı ürün veya süreçteki hataları ortaya çıkmadan önlemek için gerekli aksiyonların alınmasıdır. Yöntem birçok alanda kullanılmaktadır. Potansiyel hataları, hataların etkilerini, nedenlerini ve hataların önceliğini belirler, Analiz rekabet avantajını ve müşteri memnuniyetini artırmaktadır. Başarısızlıklardan ve risklerden oluşan maliyetleri azaltır, firmanın daha esnek ve çevik olmasını sağlar. Yöntemin avantajı, bir işletmede farklı birimlerden katılım olmasıyla, katılımcıların belirlenerek sistematik şekilde ilerlenmesidir. Farklı departmanlardan, farklı deneyim sahibi kişilerin katılımı çalışmanın farklı açılardan değerlendirilmesi imkânı sağlayacaktır. Hataların belirlenebilmesi için uzmanların katılımına ve tecrübelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

HTEA bir risk analizi yöntemi olarak yaygın şekilde kullanılmıştır, diğer risk değerlendirme araçlarından farkı, riskler oluşmadan bu hataları belirlemek ve bunlara önlem almaktır. Hataların problemler oluşmadan tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır. Hatalar önem derecesine göre sıralanmakta ve önem derecesi yüksek olanlardan başlanarak önleyici aksiyonlar hayata geçirilmektedir. HTEA analizi, risk yönetimi aşamalarının tümünü içermektedir. Analizde hatalar tanımlanmakta, ölçülmekte, değerlendirilmekte ve iyileştirmeleri yapılmaktadır. Analizin belirli aralıklarla güncel kalması da sağlanmalıdır.

HTEA analizinde tespit edilen hataların risk öncelik sayısı (RÖS) aşağıdaki gibi hesaplanır. Genellikle olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değerleri 1-10 arasında değer alırlar. RÖS değeri ise 1-1000 arasında değişkenlik gösterir. Analizin amacı RÖS değerini 1'e mümkün olduğunca çekmek ve önleyici faaliyetler almaktır.

**Şiddet:** Hataların etkilerini, sonuçlarını değerlendiren bir ölçektir.

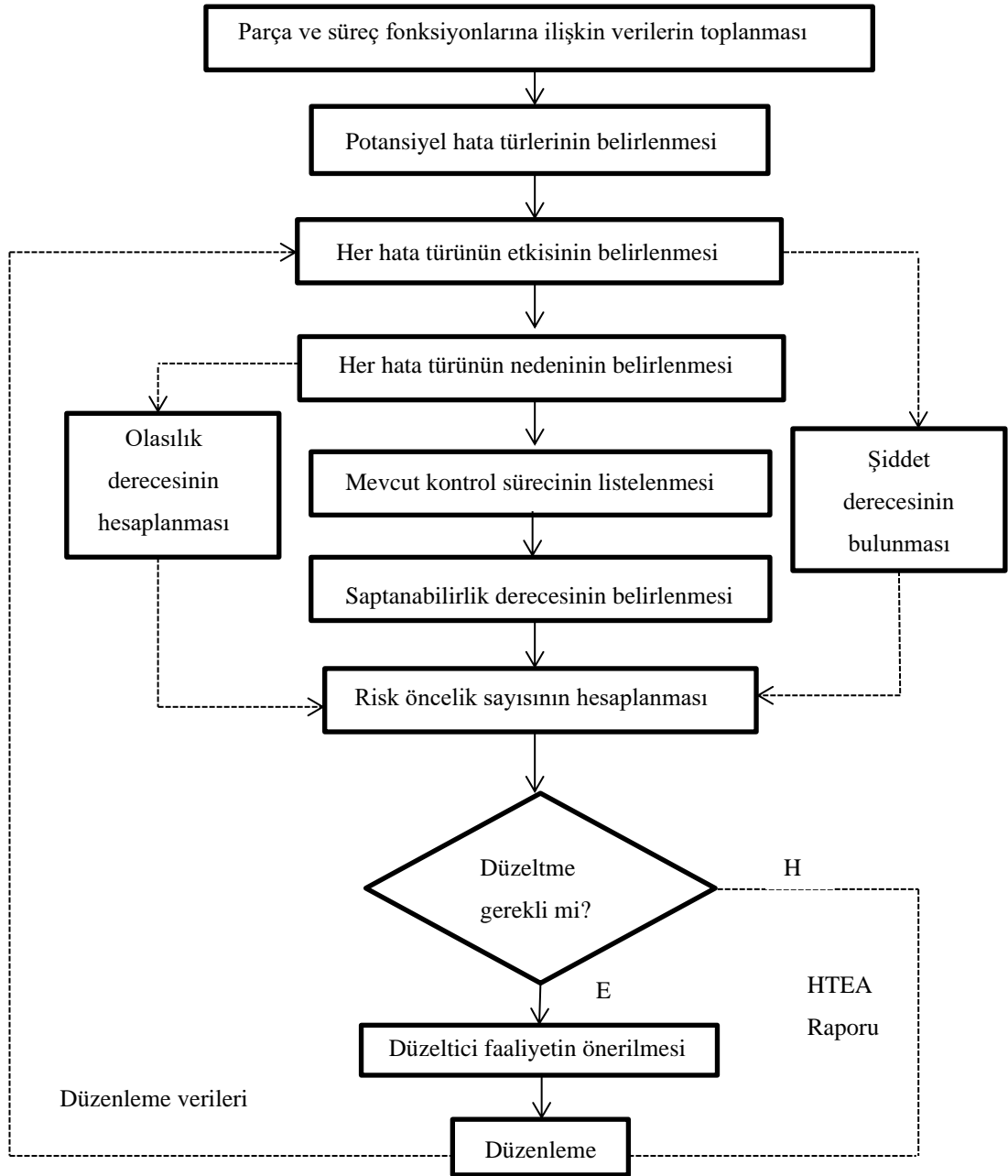
**Olasılık:** Bir hatanın oluşma olasılığıdır.



**Tespit edilebilirlik:** Hatanın sürecinin sonuna gelmeden veya müşteri ulaşmadan fark edilmesi olasılığıdır.

**RÖS = O (Hatanın oluşma olasılığı) \* Ş (Hatanın oluşturacağı şiddet) \* T (Hatanın tespit edilmesindeki zorluk)**

HTEA analizinde uygulanan adımlar süreç akış şeması ile Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. HTEA analizinin süreç akışı [201].

HTEA yönteminin dezavantajları da bulunmaktadır. Şiddet, olasılık ve tespit edilebilirlik değerlerinin çarpımı sonucu RÖS değeri düşük olan bir hata ile yüksek olan bir hata eşit değerlendirilmektedir. Bu şekilde şiddeti yüksek olan hatalar gözden kaçabilmektedir. Şiddet, olasılık ve tespit edilebilirlik değerleri sözel olarak değerlendirildiğinden katılımcılara göre değişebilmektedir. Katılımcılara tecrübe veya yeteneklerine göre ağırlık verilmemesi eksiklik olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca risk faktörlerinin göreceli olan ağırlıklarının belirsizliği ve hata türlerinin çeşitliliği de eleştirilmektedir.

HTEA çalışmaları birçok endüstride uygulanmıştır. Ürün tasarımı, üretim, planlama, lojistik, montaj süreçleri, finansal risklerin izlenmesi, hizmet kalitesinin değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik ve bozulma risklerinin analizi, tedarikçi seçimi gibi alanlarda imalat ve tedarik süreçlerinin iyileştirilmesi için uygulanmıştır.

HTEA analizi uygulandıkları alanlara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Bu analizler kısaca anlatılacaktır.

- Süreç HTEA
- Tasarım HTEA
- Sistem HTEA
- Servis HTEA

#### **3.1.1.1. Süreç HTEA Analizi**

Süreç HTEA uygulama alanına göre bir süreçteki mevcut ya da sonradan gelişebilecek hataları tespit etmek ve değerlendirmek için kullanılmaktadır. Analiz ile sürecin güvenliği ve etkinliği ölçülmekte, hataların büyük sonuçlara sebebiyet vermeden önlenmesi sağlanmaktadır.

Elevli, süreç HTEA'nın genelde üretim ve montaj süreçlerindeki eksiklerden doğan hataları azalmak veya ortadan kaldırmak için uygulandığını belirtmiştir [198].

Akın da süreç HTEA'nın daha çok üretim ve montaj sürecindeki kritik hataları belirlemek, düzeltici aksiyonların önceliklerini belirlemek ve kontrol planı oluşturmak için uygulandığını ifade etmiştir [202].

Süreç HTEA işletmenin kalite kontrol, talep planlama, üretim planlama, kalite iyileştirme süreçlerinde de uygulanabilmektedir.

Baykasoğlu vd. Süreç HTEA'nın, başlangıç ve tanımlama, analiz ve değerlendirme ve karar aşaması olmak üzere üç adımdan oluştuğunu belirtmiştir. Başlangıç ve tanımlama adımında, HTEA ekibi kurularak süreç tanımlanmaktadır. Analiz ve değerlendirme adımında, hata türleri ve hata türlerinin kriterlere göre puanları bulunmaktadır. Üçüncü adımda ise, risk öncelik puanına göre hata türleri sıralanarak önleyici eylemler belirlenmektedir [203].

### **3.1.1.2. Tasarım HTEA Analizi**

Tasarım HTEA bazı çalışmalarda ürün HTEA olarak da yer almaktadır. Üretim gerçekleşmeden, ürünlerin tasarım ve prototip aşamasında hataların analiz edilmesini ve düzeltici faaliyetler ile önlenmesini kapsamaktadır.

Teng vd.'ne göre tasarım HTEA tasarım bitmeden doğru malzemenin kullanılıp kullanılmadığının ve müşteri taleplerinin kontrol edilmesini, kanunî gerekliliklerinin yerine getirilmesini amaçlamaktadır. [201]

### **3.1.1.3. Servis HTEA Analizi**

Servis veya hizmet HTEA, hizmet faaliyetlerindeki hataların ve müşteri şikâyetlerinin analiz edilerek sürecin iyileştirmesini sağlamaktadır. Hizmetlerde kaçınılmaz hatalar bulunabilmektedir. Analizin amacı hizmetin müşteriye ulaşmadan bu hataların önlenmesi veya etkilerinin azaltılmasıdır.

Elevli, ilk servis öncesinde bilinen veya tahmin edilen hataları önlemleri ile beraber ortaya çıkaran yöntem olarak tanımlamaktadır [198].

Müşterinin talep ettiği zamanda, doğru miktarda ve kaliteli olarak hizmet sunulması önem taşımaktadır. Servis HTEA'nın da bu süreçlerdeki müşteri memnuniyetsizliklerine yol açan hata türlerinin belirlenmesinde rolü yüksektir, analiz ile müşterilerin beklentilerinin daha iyi hizmet seviyesinde karşılanması sağlanmaktadır.

#### **3.1.1.4. Sistem HTEA Analizi**

Sistem HTEA işletmedeki sistemleri ve bunların da alt sistemlerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Sistemsel eksikliklerden kaynaklanan sistemi oluşturan kavramların potansiyel hatalarını tanımlamayı ve analiz etmeyi kolaylaştırmaktadır. Sistem HTEA sonucu hedeflere ulaşabilmek için nitel ve nicel tasarımların yapılması ve sistemsel hataların en aza indirilmesi beklenmektedir.

Breeing ve Kunz, sistem HTEA'nın, bir ürün ile bu ürünün sisteme uyumu arasındaki ilişkiyi incelediğini belirtmiştir. Sistem HTEA bazı çalışmalarda kavram HTEA şeklinde de yer almaktadır. Sistem HTEA, ürünün daha çok kavram aşamasında ve tasarım aşamasında uygulanmaktadır [204].

Baykasoğlu vd. HTEA analizi sonucunda tasarım ve kavramların ön aşamalarında sistem ve alt sistemlerin analiz edildiğini, eksikliklerin bulunduğunu, sistemin hedeflenen fonksiyonlarındaki potansiyel hata türlerinin tespit edildiğini belirtmiştir [203].

#### **3.1.2. Bulanık Mantık**

Azeri Kökenli Matematikçi Lotfi A. Zadeh bulanık mantık ve bulanık mantık kurallarını içeren bulanık küme teorisini 1965 yılında geliştirmiş ve "Fuzzy sets" adlı makalesinde yayınlamıştır. Bulanık mantık kavramı 1965 yılında bulunmasına rağmen, bulanık küme kavramı 1975'lerden sonra yer almaya başlamıştır. Zadeh'in 1965 de yayınlanan ilk makalesinden sonraki iki makalesi daha etkileyici olmuştur. Bu makaleler bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabilirliğini içermektedir. Bulanık mantık 1985'lerden sonra Japonların ürünlerinde bulanık

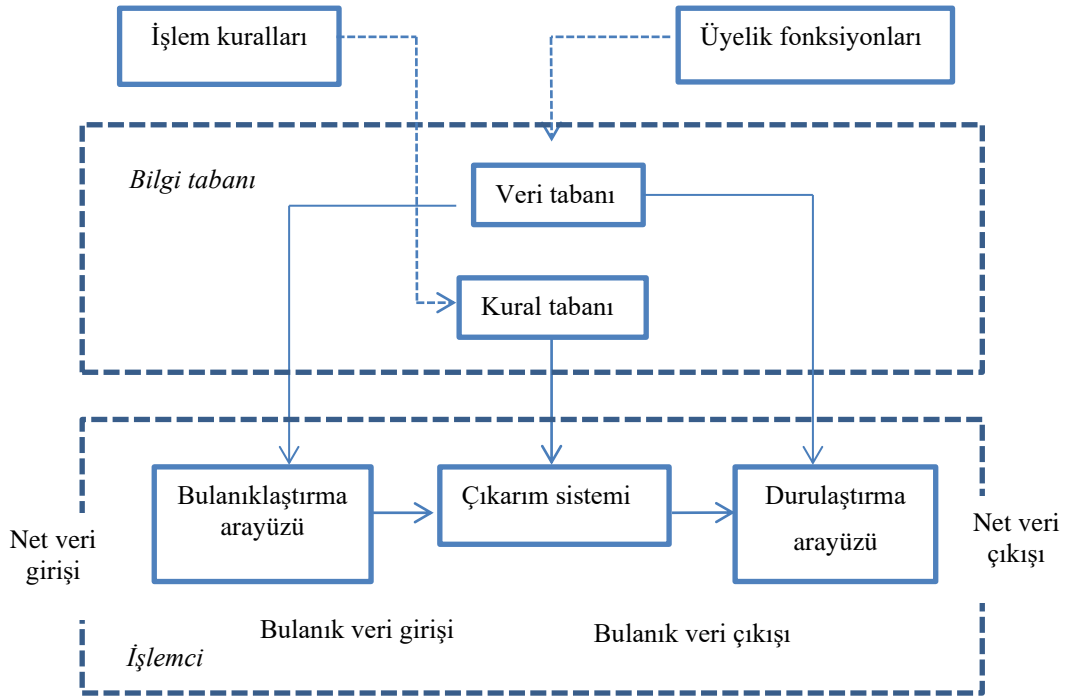
mantığı kullanmaları sonucu önem kazanmış ve günümüzdeki noktaya ulaşmıştır. Bulanık mantık, doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin analizi için uygulanan alternatif bir yaklaşımdır. Gerçek hayattaki sistemlerin nerdeyse hiçbiri doğrusal değildir [205].

Bulanık mantık çalışma sistemine göre insan beynine benzemektedir. Tiryaki ve Kazan, yapay zekânın dallarından biri olan bulanık mantığın bulanık küme teorisine dayan matematiksel bir sistem olduğu ifade etmişlerdir. Sistemin matematiksel modeli olmadan dilsel değişkenler kullanılarak da sistemin kontrolü sağlanabilmektedir. Bulanık mantığın temelinde mantıksal ifadeler ve aralarındaki ilişki bulunmaktadır [206].

Elevli, bulanık mantığın nesnelerin sınıflandırılmasında, karar verme problemlerinde üyelik derecelerinin veya kriterlerin net olmadığı, karmaşık, bilgilerin göreceli olabildiği durumlarda kullanıldığını belirtmiştir. Bulanık mantık yöntemi ile karmaşık makinelerin veya sistemlerin bulanık değerleri kullanarak insanlar gibi karar vermeleri sağlanmaktadır [198].

Bulanık mantık yöntemi tedarik zinciri literatüründe tedarikçi seçimi, tedarikçilerin performansının ölçülmesi, risk analizi, kriterlerin değerlendirilmesi, tedarik zinciri stratejisi seçimi, tedarik zinciri ağının modellenmesi, TZ performansının değerlendirilmesi, dağıtım ağının modellenmesi gibi alanlarda uygulanmıştır.

Bir bulanık çıkarım sistemi Şekil 3.3'te verildiği gibi üç aşamadan meydana gelmektedir. İlk aşama bulanıklaştırma aşamasıdır. Veri tabanında bulunan net veriler bulanıklaştırma ara yüzüne girerler. İlk aşamada sayısal veriler üyelik değişkenleri kullanılarak bulanık değerlere çevrilmektedir. İkinci aşama işlem kurallarını içeren kural tabanlı çıkarım sistemidir. Bulanıklaştırılmış veriler çıkarım sisteminden bulanık veri olarak çıkarlar. Üçüncü aşama ise durulaştırma aşamasıdır. Bulanık veriler durulaştırma ara yüzü ile net veri sağlarlar [207].



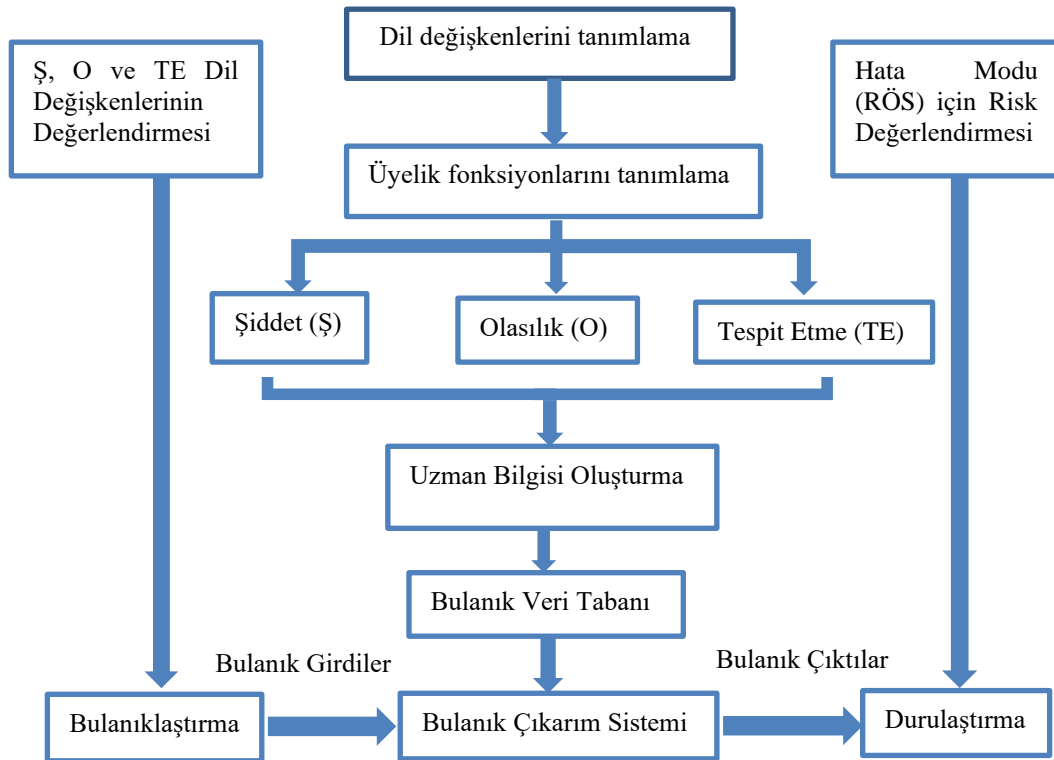
Şekil 3.3. Bulanık mantık çıkarım sistemi [207].

Aristo mantığında önermelerin doğruluk değerleri sadece  $\{0, 1\}$  değerleriyle ifade edilmektedir. Önermelerin veya elemanların alabileceği 0 ve 1 değerleri, o önermenin/elemanın üyelik derecesidir. “1” değeri doğru önermeyi ifade ederken, “0” değeri yanlış önermeleri ifade etmektedir. Bulanık mantıkta her küme bulanık küme olarak bilinmektedir. Bulanık mantıkta her önermenin bulanık kümelerdeki üyelik dereceleri 0 ve 1 arasındaki (0 ve 1 de dahil) bütün reel sayı değerlerini alabilmektedir. Bulanık mantıkta üyelik derecelerinin alabileceği değerler sonsuzdur [208].

Mamdani vd. bulanık mantığı kontrol sistemlerinde ilk kez uyguladıktan sonra, bulanık mantığın kullanım alanları artmıştır. Mamdani'nin bulanık çıkarım yöntemi, bulanık metodolojide en çok uygulanan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Bulanık mantık yönteminin uygulanmasıyla sistemlerin performansının arttığı, uygulamaların kolaylaştığı ve finansal giderlerin azaldığı görülmüştür. Gerçek sisteme en yakın şekilde kural tabanı kullanıldığından doğrusal olmayan analizlerin daha etkili yapıldığı kanıtlanmıştır. Böylece sistemin daha verimli ve duyarlı olması sağlanabilmektedir. Kontrol uygulamaları birçok girdi, birçok parametre

içermektedir. Bunların gerçek hayatta uygulaması zor ve zaman alan işlemler dizisini içermektedir. Bulanık mantık tabanlı kurallar ile doğrusal olmayan kriterler ve durumlar dikkate alınabilmektedir. “If” ve “Then” kuralları çoklu girdileri tekli bir kurala dönüştürebilmektedir. “Ve” kuralı ile iki veya daha fazla girdinin çıktı değerleri birbirine bağlanabilmektedir. Girdi ve çıktılar arasındaki bu kurallar tablo ile de gösterilmektedir [205].

HTEA yönteminin eksiklerini giderebilmek için bulanık HTEA yönteminde şiddet, olasılık ve tespit edilebilirlik kriterlerinin sözel değişkenleri uzman ekip tarafından belirlenmekte ve bulanık üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir. Üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçek bulanık şiddet, bulanık olasılık ve bulanık tespit edilebilirlik değerlerine dönüştürülmektedir. Kural tabanındaki kurallar, olasılık gibi nicel ve şiddet/tespit edilebilirlik gibi nitel verileri tek bir kurala dönüştürmektedir. Kurallar, çıkarım ara yüzünde işlendikten sonra hatanın riskine ilişkin bulanık değerler bulunmaktadır. Durulama ara yüzünde, hata türleri analiz edilerek, risk değerleri bulunmakta ve en son önleyici tedbirler alınmaktadır [209]. Bu adımları Khasha vd. Şekil 3.4’teki gibi göstermişlerdir [210].



Şekil 3.4. Bulanık HTEA yönteminin akış diyagramı [210].

Bulanık mantık tabanlı birçok yöntem problemlere uygulanmıştır. Bunlara Bulanık HTEA, bulanık AHP, bulanık VIKOR, bulanık DEMATEL, bulanık TOPSIS, bulanık tercih ilişkileri, bulanık bilişsel haritalama gibi yöntemler örnek verilebilir.

### **3.1.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**

Organizasyonlar çoğu durumda çok kriterli karar verme problemlerini çözmek durumundadırlar. Yöneticiler veya karar vericiler birden fazla kriterin, birden fazla amacın bulunduğu durumlarda karar vermek durumundadırlar. Çok kriterli karar verme yöntemleri birbiri ile çatışan faktörler ve amaçların bulunduğu bir sistemde optimum çözüme ulaşmak için kullanılırlar. Karar verirken doğru ve güvenilir veriler ile değerlendirmek önem taşımaktadır.

ÇKKV yöntemleri, 1960'lı yıllarda karar verme işleminde bazı yöntemlerin eksikliğini fark edilmesiyle geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemlerini uygulamanın amacı alternatif ve kriterlerin fazla olduğu olaylarda karar verme sürecini kontrol edebilmek ve en iyi kararı daha kolay ve çabuk elde etmektir [211].

ÇKKV yöntemleri seçim, sınıflandırma ve sıralama problemlerinde kullanılırlar. Seçim problemlerindeki amaç problem için en doğru çözümün seçilmesidir. Sınıflama problemlerinde amaç alternatiflerin kriterlere göre sıralanmasıdır. Sıralama problemlerinde ise alternatifler ya da kriterler en iyiden en kötüye doğru ölçülebilir bir şekilde sıralanırlar. Hataların analizi ve sıralanması için de ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. ÇKKV yöntemleri kriterlerin ağırlık değerlerini kullanarak, çatışan birden çok amacın bulunduğu karışık problemlerin çözülmesine yardımcı olurlar.

Phua ve Minowa, ÇKKV'yi birçok kriteri beraber değerlendiren ve alternatiflere değerler verebilen bir yöntem şeklinde belirtmişlerdir. ÇKKV yöntemleri; çok nitelikli karar verme ve çok amaçlı karar verme şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Çok nitelikli karar verme probleminde bazı kriterlerin puanlandırılarak alternatiflerin sıralanması ve en iyisinin seçilmesi temel alınmaktadır. Çok amaçlı karar verme probleminde çelişen birçok amaçlar bulunmakta ve en iyi alternatifin seçilmektedir. Her iki problemde de bir veya daha fazla karar verici bulunmaktadır [212].



ÇKKV problemleri için birçok yöntem uygulanmıştır. Aşağıda bazıları sıralanmıştır, çalışmada kullanılacak yöntemler ayrıntılı olarak incelenecektir.

- AHP
- ANP
- MAUTH
- TOPSIS
- VIKOR
- DEMATEL
- DEA
- ELECTRE
- SWARA
- MOORA
- MULTIMOORA
- ARAS
- WASPAS
- EDAS
- FMEA
- COPRAS
- FDM
- GP
- ERA
- PROMETHEE
- GRA
- SMART
- SMAA-TRI
- GRIP
- MACBETH
- UTADIS

Karar verme sürecinde eksik, sözel veya değişken ifadeler bulunduğu zaman bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımları uygulanmaktadır. Karar verme objektif bir süreç

değildir ve belirsizlikler bulunmaktadır. Belirsiz durumları analiz etmede klasik karar verme yöntemleri yetersiz olduğundan, bulanık karar verme yöntemlerini uygulamak bazen daha doğru sonuçlar vermektedir.

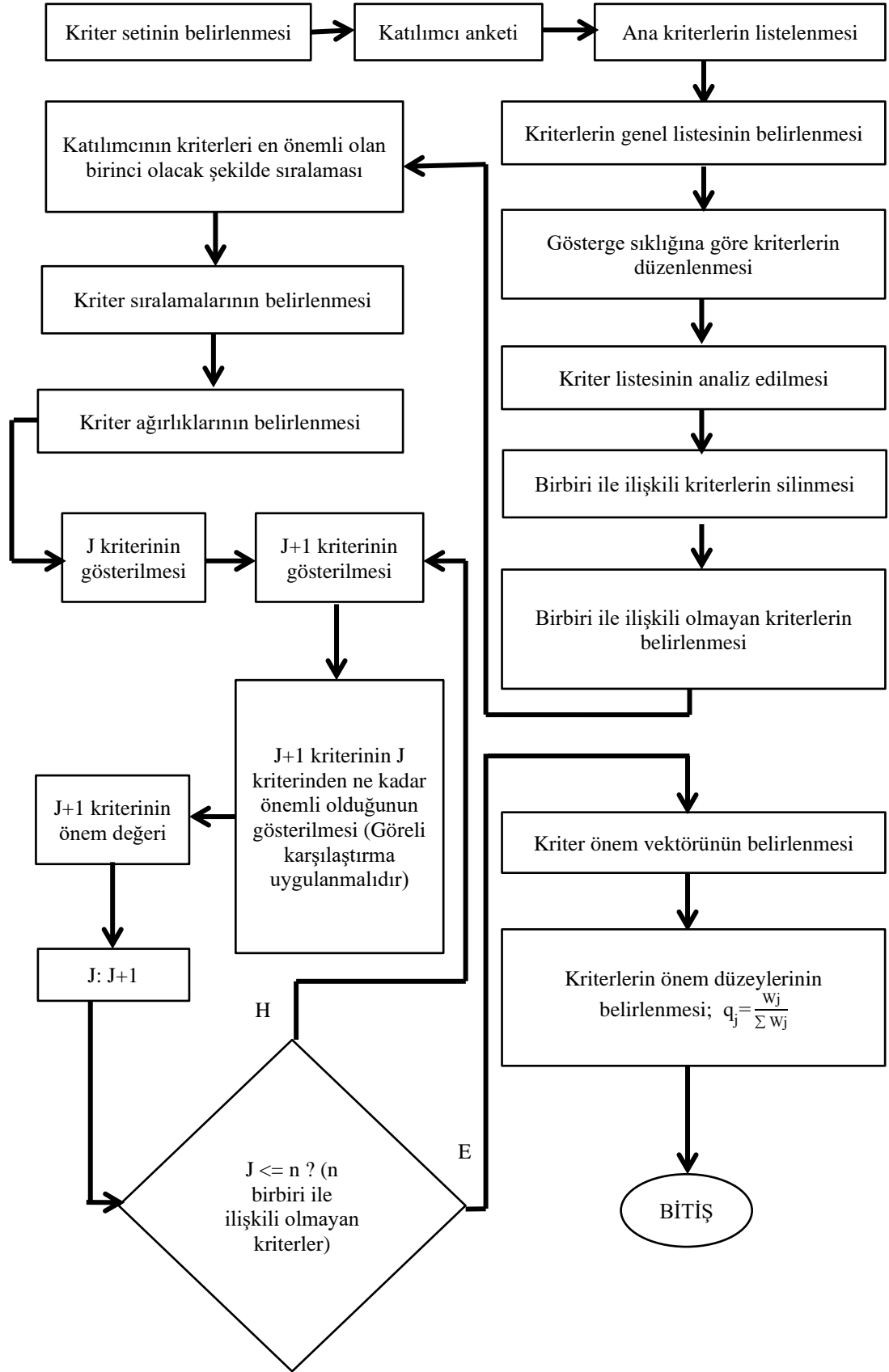
### **3.1.3.1. Swara Yöntemi**

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde çok fazla ÇKKV yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin ortak özelliği, bir ya da daha fazla karar vericinin olduğu grup kararı ile kriter ağırlıklarının belirlenmesidir. Swara yöntemi ÇKKV yöntemleri arasında yeni bir yöntemdir.

SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis-Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi), Keršulienė vd. tarafından bulunan bir yöntemdir. ÇKKV problemlerindeki kriter ağırlıklarının hesaplanması için kullanılmaktadır. Kriterlerin önem değerlerine ait uzman görüşlerini tahmin edebildiğinden uzman odaklı yöntem şeklinde de bilinmektedir. Ayrıca yöntem karar vericiye önceliklerini seçme imkanı sunmaktadır. Uzmanlardan alınan bilgilerin bir araya getirilmesi için yöntem önemlidir. Swara yöntemi, direkt kriterler ve kriterlerin öncelikleri için karar verebildiğinden kriter ağırlıklarının bilindiği problemlerde de kullanılabilir [213].

Çok sayıda karar vericinin bulunduğu problemlere göre, tek karar vericinin olduğu problemlerde Swara yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi daha kolay uygulanmaktadır [214].

Şekil 3.5'te Swara yönteminin akış diyagramı verilmiştir. Öncelikle alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenmekte ve kriterler önem sırasına göre sıralanmaktadır. Kriterler arasında seçim yapılarak önemsiz kriterler ayıklanmaktadır. Önemli kriterlerin önem ağırlıkları her karar vericinin yaptığı sıralama ile hesaplanmaktadır. Uzmanların fikirleri dikkate alındığı için bu yöntem daha subjektif değerlendirmeler için kullanılabilir.



Şekil 3.5. Swara yönteminin akış diyagramı [213].

Swara yönteminde uygulanan adımlar aşağıda açıklanmıştır [214,215].

**1.Adım:** Kriterler ve karar vericilerin bulunduğu karar grubu belirlenir. Problemden  $n$  tane kriterin ( $C_j, j=1,2,\dots,n$ ) ve karar grubunda  $k$  tane karar vericinin ( $KV_k, k=1,2,\dots,K$ ) olduğu varsayılmaktadır.

**2.Adım:** Her karar verici, bilgi ve deneyimlerine dayanarak kriterleri en önemliden başlayarak sıralar. Ardından karar vericiler, kriterleri en önemliden en önemsiz doğru sıralayarak ortak bir sıralama oluştururlar. Bu ortak sıralamada  $C_1$  ve  $C_n$ , en önemli ve en önemsiz kriteri ifade etmektedir.

**3.Adım:** Her karar verici, ikinci sırada bulunan kriterden başlayarak bir önceki kriterle göre ağırlığını karşılaştırmaktadır. Üçüncü sıradaki kriter ikinci sıradaki kriterle göre değerlendirilir. Her  $j$  kriteri ile bir önceki kriter olan  $(j-1)$  karşılaştırılır. Karar vericiler, en önemli kriterle 1,00 puanını vermektedir. Diğer kriterler, en önemli kriterle verilen puana göre 0 ile 1 arasında 5'in katları olacak şekilde puanlanır. Her KV'nin yaptığı karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamaları alınarak her kriterle ait karşılaştırmalı ağırlıkların ortalamaları ( $S_j$ ) hesaplanmaktadır. Örneğin  $s_2$ , 2. önemli kriter ile 3. önemli kriter arasındaki karşılaştırmalı ağırlığın ortalama değerini ifade etmektedir.

**4.Adım:** Her kriter için katsayı ( $K_j$ ) değeri eşitlik (2.2) ile hesaplanmaktadır. Kriterlerin ortak sıralamasında en önemli kriterin  $k_j$  katsayısı, "1" olarak alınmaktadır.

$$K_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ S_{j+1} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (2.2)$$

**5.Adım:** Her kriter için ağırlık ( $W_j$ ), Eşitlik (2.3) ile hesaplanmaktadır. Kriterlerin ortak sıralanmasında en önemli kriterin ( $W_j$ ) değeri "1" olarak alınmaktadır.

$$W_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ \frac{W_{j-1}}{K_j} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (2.3)$$

**6.Adım:** Önceki adımda bulunan kriter ağırlıkları ( $W_j$ ), kriter ağırlıkları toplamına bölünerek eşitlik (2.4) kullanılarak her bir kritere ait nihai ağırlıklar ( $q_j$ ) hesaplanmaktadır.

$$q_j = \frac{W_j}{\sum W_j} \quad (2.4)$$

Swara yönteminin diğer ÇKKV yöntemlerine göre uygulamasının daha kolay olması, diğer yöntemlere göre ağırlıklandırma sürecinde kriterler arasında yapılan karşılaştırmaların daha az olması sonucu işlem maliyetinin de az olması ve öncelikleri belirlerken karar vericilerin görüşlerini önemsemesi sebebiyle çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılması için tercih edilmiştir.

### 3.1.3.2. Bulanık Swara Yöntemi

Kriterlerin önemlerini karar verici bazında bulanık değişkenler ile ifade etmek için bulanık Swara yöntemi kullanılmıştır. Swara yöntemi literatüre son yıllarda girdiğinden oldukça az çalışmada yer almaktadır, bulanık Swara yönteminin uygulandığı çalışmalar ise daha azdır. Bulanık Swara yöntemi karar verme sürecindeki karmaşıklıklar ve zorluklar nedeniyle kolaylık sağlamak ve gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmeye imkan vermektedir.

Bulanık Swara yöntem altı adımdan oluşmaktadır ve aşamaları aşağıda verilmiştir [213] [216].

**1. Adım:** Karar vericiler kriterleri en önemliden önemsiz doğru sıralar.

**2. Adım:** İkinci kriterden itibaren her bir kriter için göreceli önem düzeyi Tablo 4.1'e göre bulunur. Bunun için, j kriteri ile bir önceki kriter (j-1) karşılaştırılır. Keršulienė

vd. (2010) bu orantıyı “ortalama değerin karşılaştırmalı önemi” şeklinde ifade etmiş ve  $s_j$  simgesi ile göstermiştir.

**3. Adım:** Katsayı değeri ( $K_j$ ) eşitlik (2.5) ile hesaplanır.

$$K_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ S_{j+1} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (2.5)$$

**4. Adım:** Önem vektörü olan ara ağırlık değeri  $Q_j$ , eşitlik (2.6) ile hesaplanır.

$$Q_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j=1 \\ \frac{Q_{j-1}}{K_j} & \text{eğer } j>1 \end{cases} \quad (2.6)$$

**5. Adım:** Kriterlere ait bulanık ağırlık değerler ( $w_j$ ) eşitlik (2.7) ile hesaplanır.  $W_j$ ,  $j$ . inci kriterin bulanık ifade ile önemini göstermektedir.

$$W_j = \frac{Q_j}{\sum_{k=1}^n Q_k} \quad (2.7)$$

**6. Adım:** Bulanık olan kriter ağırlıkları eşitlik (2.8) yardımı ile durulaştırılır.

$$W_j = \frac{(W_j^u - W_j^l) + (W_j^m - W_j^l)}{3} + W_j^l \quad (2.8)$$

### 3.1.3.3. Copras Yöntemi

COPRAS (COmplex PROportional ASsesment-Karmaşık Oransal Değerlendirme) yöntemi 1996 yılında Zavadskas ve Kaklauskas tarafından geliştirilmiştir. 2006 yılında Litvanya’da kamu binalarının güçlendirilmesi için uygulanmıştır [217].

Copras yöntemi alternatifleri önem veya fayda puanlarına göre analiz ederek sıralayabilmektedir. Yöntem alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerden faydalı olanların en üst seviyeye çıkarılmasını ve faydasız olanların ise en aza indirilmesini amaçlamaktadır. Copras yöntemi birçok kriterin uygulamaya dahil edildiği bir problemde hem maksimize hem de minimize edilmesi gereken her iki kritere de uygulanabilmektedir [218].

Copras yöntemi ilk olarak bir problemde seçim kriterlerini tespit etmek, bu kriterlere ait bilgileri toplamak ve değerlendirmek için bir projenin veya sistemin verimliliğini analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Alternatiflerin seçiminde etkili bir yöntemdir [219,220].

Copras yöntemi kriterlerin minimizasyon ve maksimizasyon olması gerektiğini göz önüne alarak seçeneklerin sıralanması ve değerlendirilmesi için uygulanmıştır. Diğer yöntemlerden farklı olarak alternatifler birbirleriyle karşılaştırılarak diğer alternatiflere göre ne kadar iyi veya ne kadar kötü olduğu yüzdesel şekilde gösterilebilmektedir.

COPRAS yönteminin sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- TOPSIS ve AHP gibi ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırıldığında çok fazla ve uzun hesaplamaları olmadığından ve daha kolay uygulanabilmektedir [221].
- COPRAS yönteminde hem maksimize hem de minimize değerleri olması gereken kriterlerin her iki değeri için de uygulama yapılabilir ve bu iki kriter ayrı ayrı incelenerek değerlendirilebilmektedir [221].
- COPRAS yöntemi alternatiflerin sisteme fayda değerlerini gösterebilmektedir. Alternatifler birbiriyle karşılaştırılabilir, diğer alternatiflerden ne kadar iyi veya ne kadar kötü olduğu yüzdesel oran ile belirlenebilmektedir. Alternatifler kolayca sıralanabilmektedir [221].

- Yöntem hem nitel hem de kantitatif nicel kriterleri analiz etme imkanı sağlamaktadır [221].
- Copras yönteminde ikili karşılaştırmalar yapılmadığından alternatif sayısının fazla olması işlemleri zorlaştırmamaktadır [219].

Copras yönteminin dezavantajı olarak bu yöntem kriter ağırlıklarını hesaplayamadığından farklı bir ÇKKV yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanmalıdır veya karar vericilere ağırlıklar verilebilir. Copras yönteminin bu dezavantajını giderebilmek adına çalışmada kriter ağırlıkları bulanık Swara yöntemi ile belirlenmiştir.

#### 3.1.3.4. Bulanık Copras Yöntemi

Copras yönteminde, alternatif ve kriterler net değerler olarak ele alındığından gerçek dünyada karar almak için belirsiz ve yetersiz kalmaktadır. Bu belirsizlik ve yetersizliği ortadan kaldırmak amacıyla bulanık Copras yöntemi geliştirilmiştir [222].

Bulanık Copras yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir;

**1.Adım:** Probleme ait kriterler ve alternatifler belirlenir. Bulanık Copras yönteminde kullanılacak sözel ifadelerin bulanık üçgen ya da yamuk sayılar olarak karşılıkları tespit edilir. Alternatifler sözel değişkenlerden yararlanılarak her kriter açısından karar vericiler tarafından değerlendirilir [223].

**2.Adım:** Karar vericilerin oluşturduğu karar matrisleri, Eşitlik (2.9) yardımıyla birleştirilmiş karar matrisine dönüştürülür [224].

K: karar vericilerin sayısı

X<sub>ij</sub>: j. Değerlendirme ölçütü bakımından i. alternatifin değeri

X<sub>ij</sub>= (X<sub>ij1</sub>, X<sub>ij2</sub>, X<sub>ij3</sub>)



$$X_{ij1} = \min \{ X_{ijk1} \} \quad X_{ij2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K X_{ijk2} \quad X_{ij3} = \max \{ X_{ijk3} \} \quad (2.9)$$

**3.Adım:** Birleştirilmiş bulanık karar matrisindeki değerler Eşitlik (2.10) yardımı ile durulaştırılır. Kesin değerlere dönüştürülerek BNP (Best Nonfuzzy Performance Value-En İyi Bulanık Olmayan Performans Değeri) elde edilir [225].

$$BNP = \frac{(u-l)+(m-l)}{3} + l \quad (2.10)$$

**4.Adım:** Eşitlik (2.11) kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi elde edilir [226].

$$X_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} ; \quad i=1, \dots, m \text{ ve } j=1, \dots, n \quad (2.11)$$

**5.Adım:** Ağırlıklı normalize karar matrisi Eşitlik (2.12) ile elde edilir [226].

$$X_{ij} = X_{ij} \cdot W_j \quad ; \quad i=1, \dots, m \text{ ve } j=1, \dots, n \quad (2.12)$$

**6.Adım:** Problemdaki hedef doğrultusunda daha yüksek değerlerin daha iyi durumu gösterdiği faydalı kriterler için Eşitlik (2.13) kullanılarak, ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı bulunur. Daha düşük değerlerin daha iyi durumu gösterdiği faydasız kriterler için ise Eşitlik (2.14) kullanılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı bulunur [227].

$$P_i = \sum_{j=1}^q X_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, q \quad \text{faydalı kriterler} \quad (2.13)$$

$$R_i = \sum_{j=q+1}^n X_{ij} \quad j = q+1, q+2, \dots, n \quad \text{faydasız kriterler} \quad (2.14)$$

**7.Adım:** Alternatiflerin görelî önem değerleri (Qi) eşitlik (2.15) ile hesaplanır [226].

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}} \quad (2.15)$$

**8.Adım:** En yüksek görelî önem değeri Eşitlik (2.16) ile hesaplanır [226].

$$K = \max Q_i ; i=1,2, \dots m \quad (2.16)$$

**9.Adım:** Alternatiflerin performans indeks değeri (Ni) Eşitlik (2.17) ile hesaplanır [226].

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot \%100 ; i=1,2, \dots m \quad (2.17)$$

Yukarıdaki adımlar ile ÇKKV probleminde alternatiflerin kriterler doğrultusunda sıralaması elde edilir. Bulanık Copras yöntemi 9.adımdaki formül ile alternatiflerin yüzdesel performanslarını gösterebilmektedir. Uygulama adımları fazla ve karmaşık olmadığından Bulanık Copras yöntemi işlem maliyetini de azalmaktadır, bu yönüyle tercih edilen bir ÇKKV yöntemi olmuştur.

## **BÖLÜM 4**

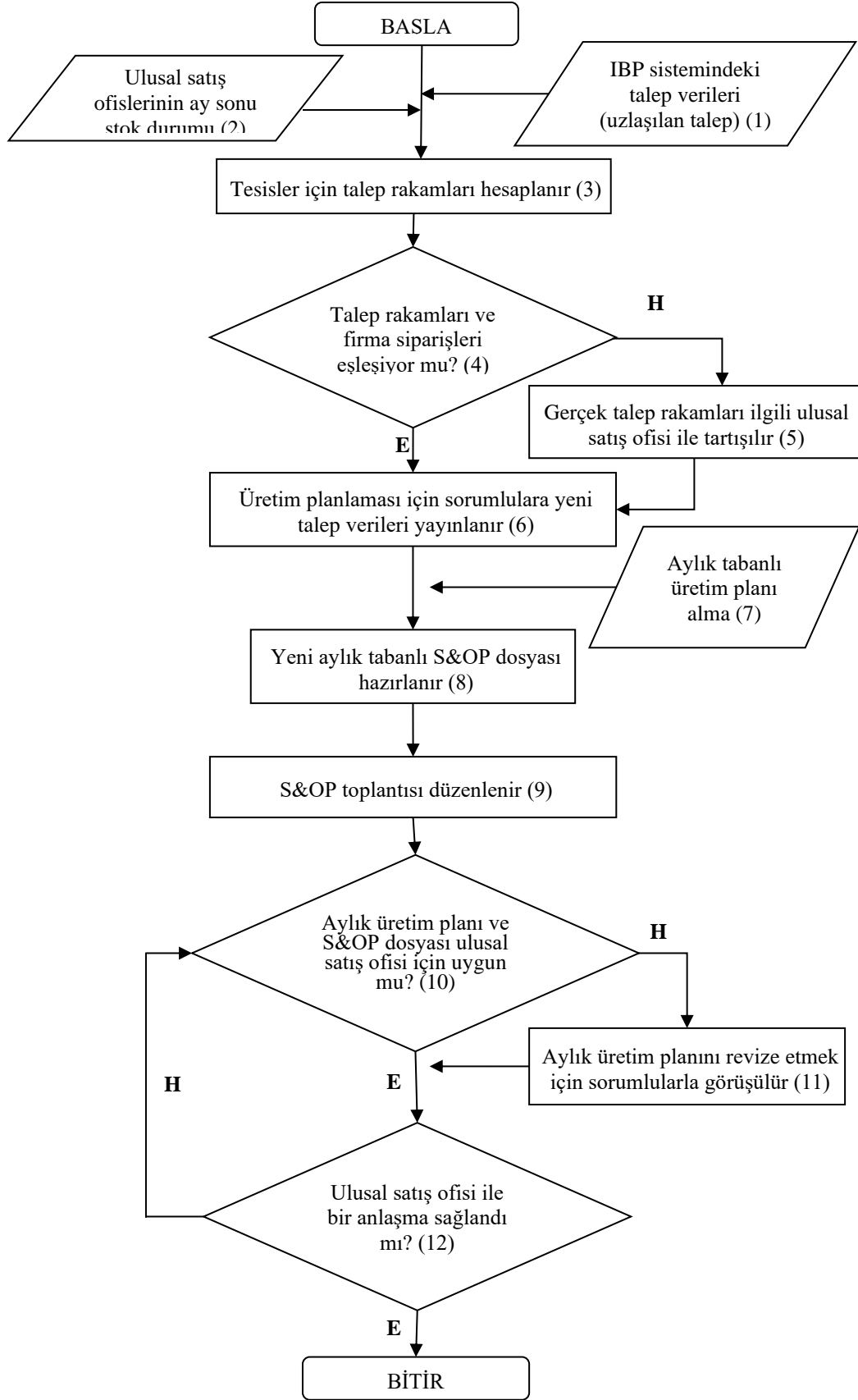
### **UYGULAMA**

Uygulama Isıtma İklimlendirme sektöründe faaliyet gösteren global çapta şubeleri bulunan bir grup şirketinin Türkiye fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Şirkette, yerel pazar, global pazar ve Türkiye haricindeki diğer şubeler, yani ulusal satış ofisleri için üretim yapılmaktadır. Ulusal satış ofislerinin üretimi için talep planlama süreci ele alınmıştır.

#### **4.1. PROBLEMİN TANIMI**

Ulusal satış ofisleri için talep planlama sürecinde kullanılan yöntemler, dış etkenlerden kaynaklı süreçteki aksaklıklar, sistemsel alt yapılar ve insan kaynaklı hatalardan dolayı üretim süresi uzayabilmekte, riskler oluşmaktadır. Tez çalışmasının konusu bu süreçteki hataların analiz edilmesini kapsamaktadır. Talep planlama sürecindeki hatalardan kaynaklı fazla veya eksik üretim yapma sonuçları ile karşılaşmış ve etkileri büyük olmuştur. Grup içindeki prestijin kaybolmaması, süreçlerin doğru ve sistemli ilerlemesi ve hataların bir sonucu olan maliyetlerin azaltılması için konu önem taşımaktadır.

Hangi hataların sürece daha çok etki ettiği ve öncelikli olduğu tespit edilebilir. Bunun için süreç öncelikle incelenerek revize edilmelidir. Yenilenmiş süreçte hatalar, iyileştirilmesi gereken süreç adımları belirlenmelidir, önleyici tespit aksiyonları ve iyileştirme aksiyonları alınmalıdır. Hatalar farklı yöntemler ile analiz edilmelidir. Şekil 4.1’de ulusal satış ofisleri için uygulanan talep planlama iş akış süreci verilmiştir.



Şekil 4.1. Ulusal satış ofisleri için talep planlama süreci.

- Süreçteki ilk adımda, her ulusal satış ofisi için talep miktarları (FC verileri) her ayın 3.haftasında IBP (Entegre İş Planlayıcısı) adı verilen sistemden alınır. Bu rakamlar SNP (Tedarik Ağı Planlayıcısı) 'ler için her ayın son Cumasından bir sonraki Pazartesi günü sistemde mevcut olmalıdır.
- 2.adımda ulusal satış ofislerinin ay sonu stoku SAP'de MCBA modülü üzerinden çekilmektedir.
- 3.adımda firmaya ait üretim satış ve teslimat miktarları MB51 modülü üzerinden indirilir. Ay sonu stok durumu MCBA üzerinden indirilir. Müşteriler için talep rakamları hesaplanır. Her müşteri için DOC (Days of cover) yani müşterinin tutması gereken stoklar hesaplanır.
- 4. adımda müşterinin siparişleri ile hesaplanan talep rakamları karşılaştırılarak analiz yapılır.
- 5. Adımda talep rakamları ve müşteri siparişleri uyuşmuyorsa yapılan karşılaştırmaya göre ihtiyaçlarının artırılması ve azaltılması onayı ulusal satış ofisinden talep edilir.
- 6. Adımda talep rakamları ve firma siparişleri uyuşuyorsa, onaylanmış talep rakamları üretim planlaması için üretim planlama sorumlularına iletilir.
- 7.adımda aylık detaylı üretim planları, üretim planlamacılardan alınır.
- 8.adımda yeni aylık S&OP (Satış ve Operasyon Planlama) dosyaları bir önceki ayın üretim, teslimat, satış ve ay sonu stok durumu ve güncellenmiş aylık tabanlı üretim planı verilerine göre hazırlanır.
- 9.adımda ilgili ulusal satış ofisi ile S&OP toplantısı organize edilir.
- 10. Adımda aylık üretim planı ve S&OP dosyalarının ulusal satış ofisi için uygun olup olmadığına bakılır. Üretim ve teslimat planları ulusal satış ofisi ile

değerlendirilir. Taleplerinin azalması veya artmasına karşılık hazırlanmış S&OP dosyasının ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığı analiz edilir.

- 11.adımda üretim planı ve S&OP dosyası ulusal satış ofisi için uygun değilse, aylık üretim planını gözden geçirmek için üretim planlamacılarla görüşülür.
- 12.adımda ilgili ulusal satış ofisi ile anlaşmaya varılması beklenmektedir ve aylık tabanlı S&OP dosyası doğrulanır ve süreç tamamlanmış olur. Sonrasında hazırlanmış üretim planlarına göre üretimler gerçekleştirilerek, teslimat planlarına uygun olarak müşterilere teslimi yapılmaktadır.

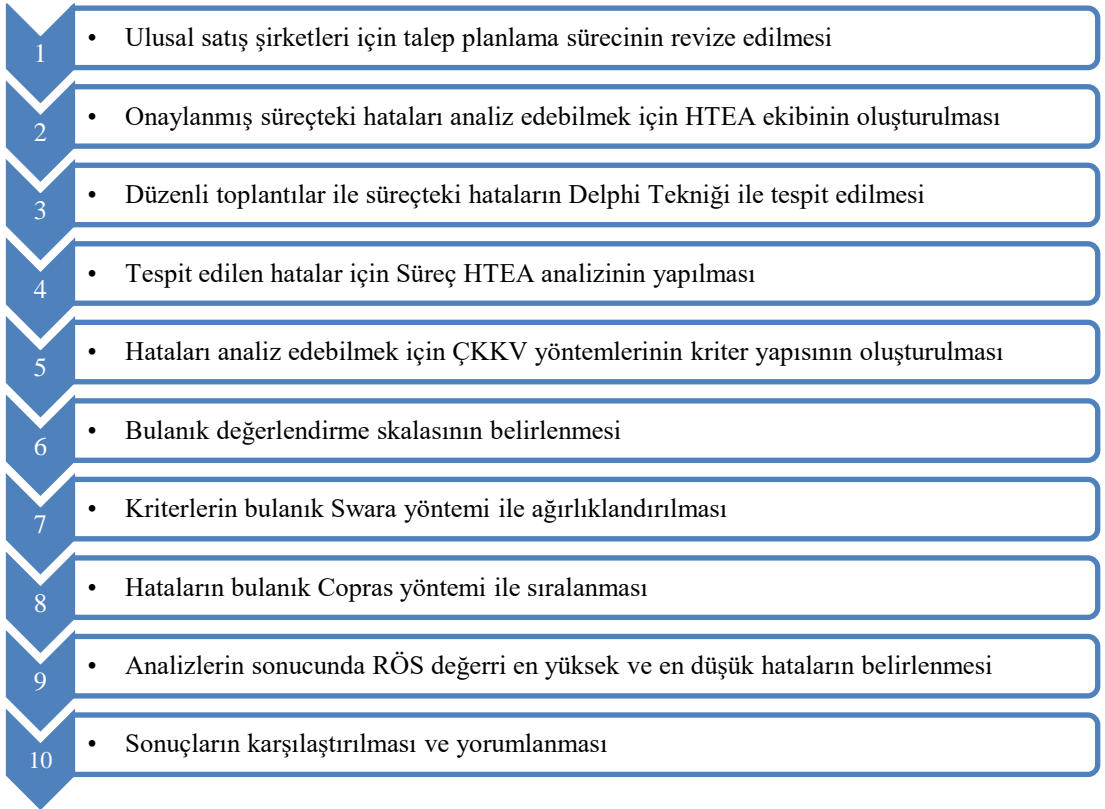
Üretim planlama personelleri o ayın talep rakamlarının, bir önceki ayın talep rakamları ile dengelenmesini ve müşteri siparişlerinin üretim ve teslim süresine göre zamanında girilmesini beklemektedir. Talep planlama personelleri talep rakamlarının önceki ay ile dengelenmesini ve müşterinin uygun teslim süreleri ile doğru siparişler oluşturmasını sağlamaktadır.

Ulusal satış ofisi teyit edilen miktarların zamanında üretilmesini ve teslim edilmesini beklemektedir. Üretim planlamacılar ilgili ayda teyit edilen üretim durumunu kontrol eder ve teslimatları müşteri taleplerine göre düzenler. Talep rakamları ve firma siparişlerine göre müşteri ile uzun vadeli üretim ve teslimat planı için anlaşma yapılması beklenmektedir. Üst yönetim ise KPI'lara (performans göstergeleri) ulaşılmasını beklemektedir. Firmanın yapması gereken ise hedeflere ulaşılmasını dikkate alarak müşteri memnuniyetini sağlamaktır. Aylık performans göstergeleri için bitmiş ürün stok analizi, satış kaybı analizi (shortfall analysis) ve müşteri memnuniyeti kriter olarak belirlenebilir. Burada amaç her ay stok seviyesinin stok hedefinin altında kalmasını sağlamaktır, her ay satış kaybı değeri hedefin altında olmalıdır, müşteri memnuniyeti mümkün olduğunca fazla olmalıdır. Müşteri memnuniyeti birebir veya anketler aracılığı ile ölçülebilir.

Tedarik zinciri risk yönetiminin ilk aşaması olan riskleri oluşturan hatalar belirlendikten sonra, hataların analizi için literatürde ve birçok sektörde çoğu kez kullanılmış olan Süreç HTEA yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemin açık yönlerinin

bulunması sebebi ile bu açıkları kapatabilmek için henüz az sayıda çalışma yapılmış olan Bulanık ÇKKV yöntemleri ile hatalar analiz edilmiş ve Süreç HTEA yönteminde dikkat çekilen eksikler için Bulanık ÇKKV yöntemleri ile sonuçların nasıl değiştiği karşılaştırılmıştır.

Çalışmada izlenen adımların şematik gösterimi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma metodolojisi.

#### 4.2. SÜREÇ-HTEA ANALİZİNİN UYGULANMASI

Süreç HTEA analizini uygulayabilmek için üç kişilik bir HTEA grubu oluşturulmuştur. Ekip lideri önderliğinde üyelerin bilgi ve birikiminden faydalanarak tüm süreç revize edilmiştir. Süreçte bulunan hatalar üyeler ile yapılan düzenli toplantılarda analiz edilmiştir. Süreçteki hatalar, hataların nedenleri, müşterinin beklentileri ve hataların etkileri belirlenmiştir. Analizde her katılımcının tecrübeleri ile şiddet, olasılık ve tespit edilebilirlik değerleri belirlenerek riskler önceliklendirilmiştir.

Çalışmada ele alınan hata türleri Çizelge 4.1'deki gibi ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1. Hata türleri ve açıklamaları.

<b>Hata Türleri</b>	<b>Hataların Açıklaması</b>
<b>HT1</b>	Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında farkedilmesi
<b>HT2</b>	Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT3</b>	Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında farkedilmesi
<b>HT4</b>	Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi
<b>HT5</b>	Talep rakamları belirlenirken master datanın eksik tanımlanması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında farkedilmesi
<b>HT6</b>	Talep rakamları belirlenirken master datanın eksik tanımlanması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında farkedilmesi
<b>HT7</b>	Talep rakamlarının sisteme geç yüklenmesi sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT8</b>	Talep rakamlarının sisteme geç yüklenmesi sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT9</b>	Talep rakamlarının sisteme geç yüklenmesi sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT10</b>	Talep rakamlarının sisteme geç yüklenmesi sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi
<b>HT11</b>	Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT12</b>	Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT13</b>	Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT14</b>	Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu fazla üretimin ay sonu raporunda fark edilmesi
<b>HT15</b>	Ulusal satış ofislerinin ay sonu stok bilgisi için master datanın eksik tanımlanması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT16</b>	Ulusal satış ofislerinin ay sonu stok bilgisi için master datanın eksik tanımlanması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT17</b>	Talep adetlerinin fazla hesaplanması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT18</b>	Talep adetlerinin fazla hesaplanması sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi
<b>HT19</b>	Talep adetlerinin eksik hesaplanması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi



Çizelge 4.1. (devam ediyor)

<b>Hata Türleri</b>	<b>Hataların Açıklaması</b>
<b>HT20</b>	Talep adetlerinin eksik hesaplanması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT21</b>	Fazla Üretim Planı sonucu fazla stokun S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT22</b>	Fazla Üretim Planı sonucu fazla stokun ay sonu stok raporunda fark edilmesi
<b>HT23</b>	Eksik Üretim Planı sonucu üretim açığının S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT24</b>	Eksik Üretim Planı sonucu üretim açığının SF raporunda fark edilmesi
<b>HT25</b>	Eksik veri girişi sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT26</b>	Eksik veri girişi sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi
<b>HT27</b>	Eksik veri girişi sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT28</b>	Eksik veri girişi sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT29</b>	Aylık S&OP dosyası için master datanın eksik tanımlanması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT30</b>	Aylık S&OP dosyası için master datanın eksik tanımlanması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi
<b>HT31</b>	Aylık S&OP dosyası için master datanın eksik tanımlanması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi
<b>HT32</b>	Aylık S&OP dosyası için master datanın eksik tanımlanması sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi

Hata türleri uzmanlar ile yapılan düzenli toplantılarda tespit edilmiştir. Hatalar çevresel etkenler, insan kaynaklı hatalar, kullanılan method/prosedürlerden etkilenmektedir.

RÖS değerinin hesaplanması için kullanılan şiddet kriterinin değerlendirme skalası Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şiddet kriteri için 10’lu değerlendirme skalası kullanılarak uzmanlar tarafından hatalar önem derecesine göre puanlanmıştır.

Çizelge 4.2. Şiddet değerlendirme skalası.

Şiddet				
Müşteriye etkisi	Etki	Skor	Teslimat Denetim Skoru	Açıklama
Etki yok Hata, sistem fonksiyonlarını etkilemeyecek. Sistem tam olarak kullanılabilir durumda. Müşteri hatayı farketmez.	Etki yok	1	-	
Çok hafif etki. Hata önemli değil. Ürüne veya sistem performansına çok az etki Müşteri sistemdeki arıza nedeniyle zor durumda olmayacaktır.	Çok Hafif etki	2	C	Düşük müşteri etkisi
Hafif etki Hata önemli değil Ürüne veya sistem performansına az etki Müşteri sistemdeki arıza nedeniyle zor durumda olmayacaktır.	Hafif etki	3		
Minör etki Ürüne veya sistem performansına minör etki Müşteri minör memnuniyetsizlik yaşar.	Minör	4	B2	Olası müşteri hizmetleri/ Sınırlı olsa bile ürün hala çalışıyor
Küçük etki Müşteri küçük memnuniyetsizlik yaşar.	Az	5		
Majör etki Müşteri bazı memnuniyetsizlik yaşar Ürüne veya sistem performansına orta şiddette etki	Orta derece	6		
Yüksek etki Müşteri çok memnun değil Ürün performansı ciddi biçimde etkilenmiş, fakat güvenli çalışır durumda Sistemin ana fonksiyonları bozuk. Muhtemel müşteri hizmeti	Yüksek	7	B1	Ürünün işlevi yok/sigorta davası
Çok yüksek etki Müşteri son derece hoşnutsuz. Ürün çalışmıyor ama güvenli Sistem çalışmıyor.	Çok yüksek	8		
Ciddi etki Ciddi/Potansiyel tehlike etkisi (Uyarı) Güvenlikle ilgili Yasal düzenlemelere uyulmamış.	Ciddi	9	A2	Endirekt tehlike/norm uygunsuzluğu
Tehlikeli etki Tehlikeli etki (Uyarısız) Güvenlikle ilgili ani hata Yasal düzenlemelere uyulmamış.	Tehlikeli	10	A1	Müşteri için doğrudan tehlike

Olasılık kriterinin değerlendirme skalası 10 farklı gruba ayrılmış olup Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Olasılık değerlendirme skalası.

Oluşma ihtimali				
Tanımlama	Sigma	Hata Oranı [PPM]	Olasılık	Skor
Neredeyse hiç rastlanmaz.	>6	0	Hemen hemen hiç	1
Proses biliniyor, Düşük hata oranına sahip önceki proses ile benzer,	5-6	50	Nadiren	2
Varsayılan nedenin hatanın sebebi olması mümkün değil.	5-6	100	Çok az	3
Proses biliniyor. Orta düzey hata oranına sahip önceki proses ile benzer,	5	250	Az	4
Öngörülen nedenin, hatanın sebebi olması mümkün.	4-5	500	Ara sıra	5
Öngörülen nedenin, hatanın sebebi olması mümkün.	4-5	1000	Ortalama sayıda	6
Proses biliniyor. Yüksek hata oranına sahip önceki proses ile benzer,	4-5	2000	Orta derecede yüksek sayıda	7
Büyük olasılıkla öngörülen neden hatanın sebebidir.	4	4000	Yüksek sayıda	8
Çok büyük olasılıkla öngörülen neden hatanın sebebidir.	3-4	10.000	Çok yüksek sayıda	9
Neredeyse kesin olarak öngörülen neden hatanın sebebidir.	<3	>20.000	Neredeyse kesin	10

Tespit edilme kriteri için değerlendirme skalası 10 farklı gruba ayrılmış olup Çizelge 4.4'te verilmiştir.

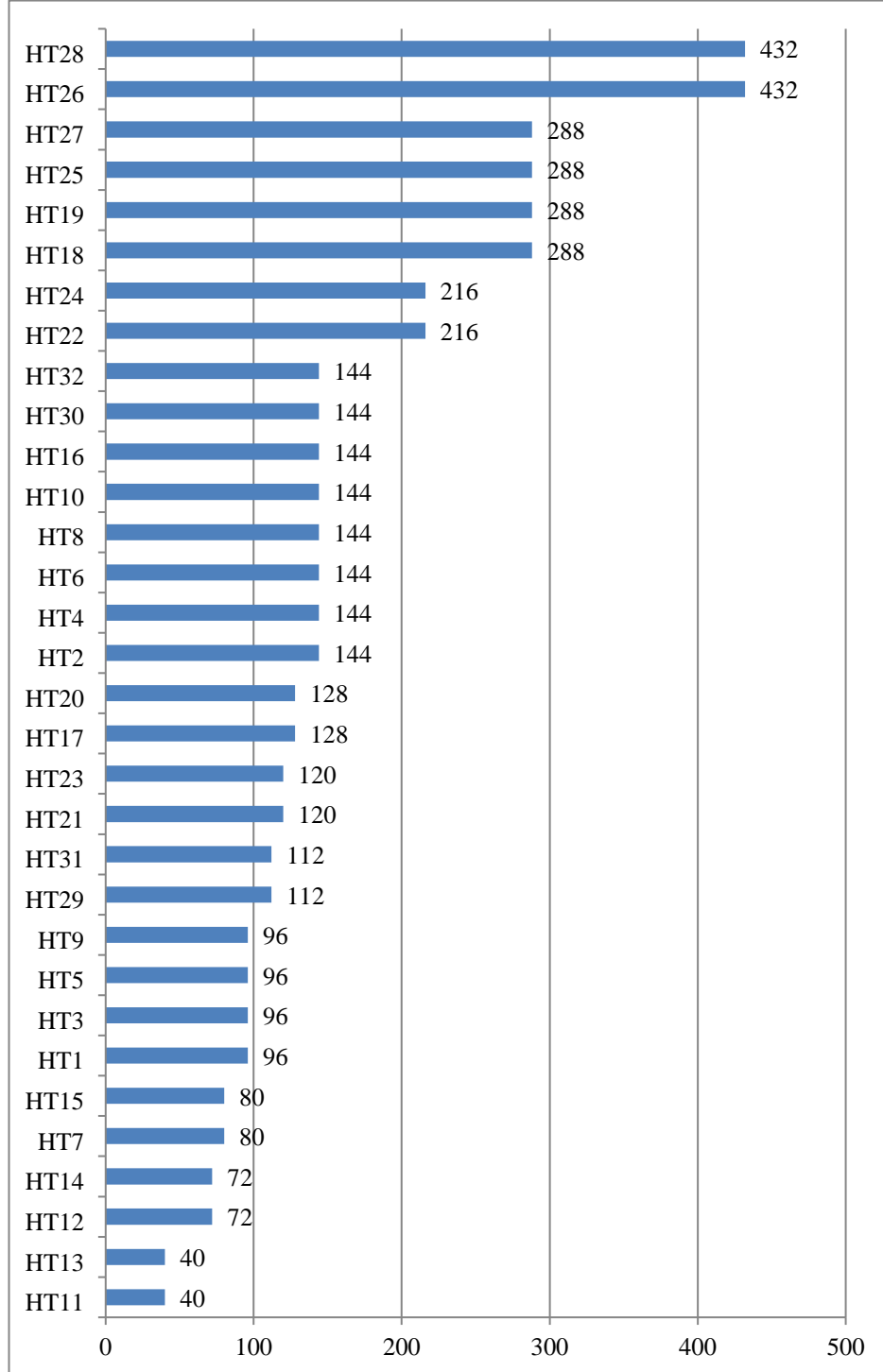
Çizelge 4.4. Tespit edilebilme değerlendirme skalası.

Tespit			
Proses	%	Olasılık	Score
Hata neredeyse kesin tespit edilebilir	100,00%	Neredeyse kesin	1
Benzer süreçler ile güvenilir tespit kontrolleri. Fonksiyonel hatalar bir sonraki iş adımında kesin olarak yakalanır.	98-99,9%	Çok Yüksek	2
Çok büyük olasılıkla test hatayı yakalayacaktır. Güvenilir, bilinen test prosesi ile hata yakalanır. Çalışanın sonuca etkisi yoktur.	95-98%	Yüksek	3
Çok büyük olasılıkla test hatayı yakalayacaktır. Son testte veya otomatik kontrolde tespit edilir. Çalışanın sonuca etkisi yoktur.	90-95%	Orta derece yüksek	4
Çok büyük olasılıkla test hatayı yakalayacaktır. Son testte veya manuel olarak hata yakalanır. Çalışanın sonuca etkisi vardır.	80-90%	Orta derece	5
Çok büyük olasılıkla test hatayı yakalayacaktır. Son testte veya manuel olarak hata yakalanır. Çalışanın sonuca etkisi vardır.	70-80%	Düşük	6
Hata çift kontrol ile tespit edilir. (4 göz)	50-70%	Çok düşük	7
Sadece tek kontrol ile tespit edilir. (2 göz)	30-50%	Uzak	8
Hata sadece endirekt ya da rastgele test edilir. Hata teslimat aşamasında tespit edilir. Kontrol edilemeyen ya da edilmeyen hatadır.	10-30%	Çok uzak	9
Hata tespit edilemez ya da kontrol edilmez.	<10%	Neredeyse imkansız	10

Yukarıdaki değerlendirme skalaları kullanılarak her hata olasılık, şiddet ve tespit edilme değerlerine göre üç karar verici tarafından ortak karar varılacak şekilde puanlanmıştır.

RÖS= Şiddet x Olasılık x Tespit

Süreçte bulunan 32 hata türü için RÖS değerleri ve hataların sıraları Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Süreç HTEA Analizi sonucu hata türlerinin sıralanması.

### 4.3. HİBRİT ÇKKV YÖNTEMLERİ İLE RİSK ANALİZİ

ÇKKV problemlerinde alternatifleri seçmek veya sıralamak için kriter yapısının belirlenmesi gereklidir. Kriterler probleme uygun en doğru kararın verilmesini sağlayacak nitelikte olmalıdır. İncelenen talep planlama sürecinde farklı iş adımları ve bu iş adımlarının risklerini etkileyen kriterler bulunmaktadır. İş adımları birbiri ile bağlantılı olduğundan bir önceki iş adımı sonraki iş adımının hatalarını da etkilemektedir.

Kriterlerin ağırlıkları Swara yöntemi ile hesaplanacaktır. Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra riskler Copras yöntemi ile sıralanacaktır.

Problemin çözümü için oluşturulan çok kriterli yapı Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Aşağıda kriterlerin açıklamaları verilmiştir.

**K1-Müşteri beklentisi:** Her iş adımında iç müşterinin yani süreçten etkilenen kişinin beklentisidir. Bu beklenti her iş adımında farklı olabilmektedir.

**K2-SF (Shortfall) durumu:** Dış müşteri talebinin karşılanamayıp eksik üretim yapılması durumunu ifade etmektedir. Müşteri talebinden az üretim yapılmıştır.

**K3-Fazla stok durumu:** Dış müşteri talebinden fazla üretim yapılmasını, bunun sonucunda fazla stok oluşmasını ifade etmektedir.

**K4-Method/prosedür eksikliği:** Method/prosedür eksikliğinin hatalara etkisidir.

**K5-Çevre:** Sürecin dışında bulunan etkenler, kurumlar, müşterilerin hatalara etkisidir.

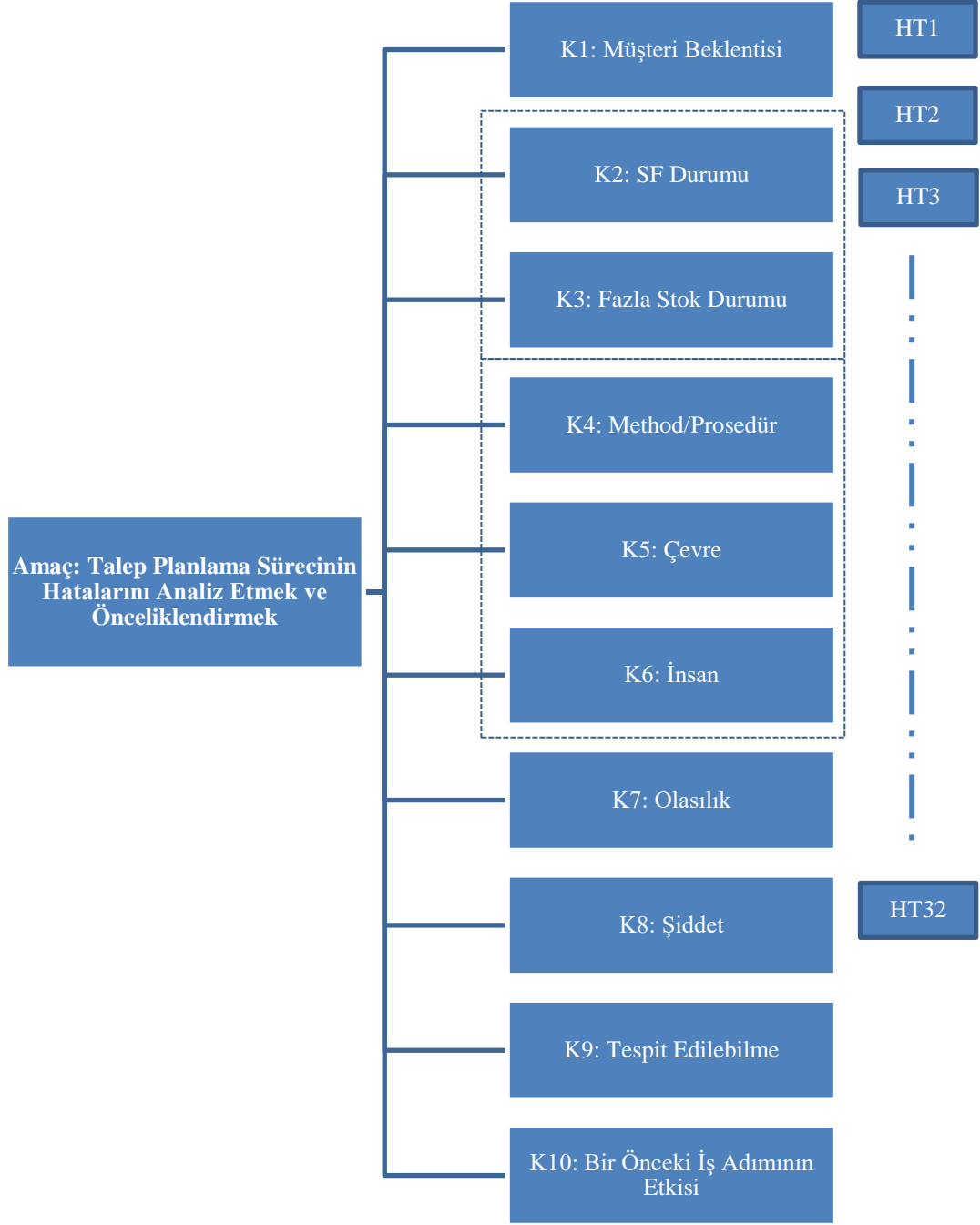
**K6-İnsan:** İş adımını uygulayan personelin hatasının etkisidir.

**K7-Olasılık:** Hatanın oluşma sıklığıdır.

**K8-Şiddet:** Hatanın etkisinin önemini, şiddetini ifade etmektedir.

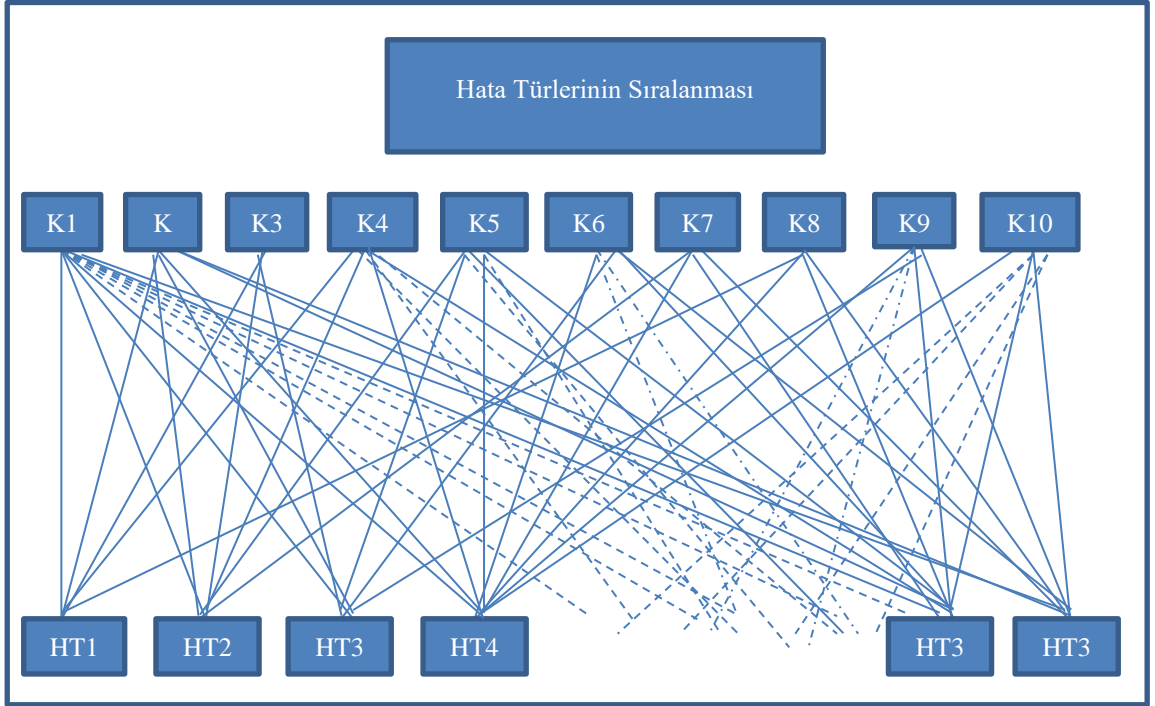
**K9-Tespit edilebilirlik:** Hatanın tespit edilmesindeki kolaylıktır.

**K10-Bir önceki iş adımının etkisi:** Bir önceki iş adımının o hata için etkisidir. Bir önceki iş adımının doğru olması, doğru zamanda yapılması sonraki iş adımlarını da etkilemektedir.



Şekil 4.4. Talep planlama sürecinde hataların analizi ve önceliklendirilmesi.

Çalışmada Bulanık Swara ve Bulanık Copras yöntemlerinin kullanılmasıyla hataların sıralanması için oluşturulan bulanık hiyerarşik yapı Şekil 4.5'teki gibi gösterilmiştir. 10 farklı kriterin 32 tane hatanın üzerindeki etkileri bulunacaktır.



Şekil 4.5. Hata türlerinin sıralanması için oluşturulan bulanık hiyerarşik yapı.

#### 4.3.1. Bulanık Swara Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Hataları sıralamak amacı ile oluşturulan kriterler eşit öneme sahip olmadığından kriterlerin önem düzeyleri Swara yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır.

SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplanırken çok sayıda karar vericinin bulunduğu uygulamalar için literatür incelendiğinde; her karar vericinin kendi görüşüne göre bulduğu sıralamaların SWARA yöntemi adımları uygulandıktan sonra ortalamasının alındığı ve bu şekilde kriterlerin nihai ağırlıklarının hesaplandığı görülmüştür. Fakat grup şeklinde belirlenen sıralamalarda karar vericilerin kriterler için yaptıkları sıralamalar birbirinden çok farklı olabilmektedir. Kriterlerin sıralamalarının yanında, kriter ağırlıklarının da karar vericiler düzeyinde birbirinden farklı olabildiği yapılan çalışmalarda görülmüştür [214].

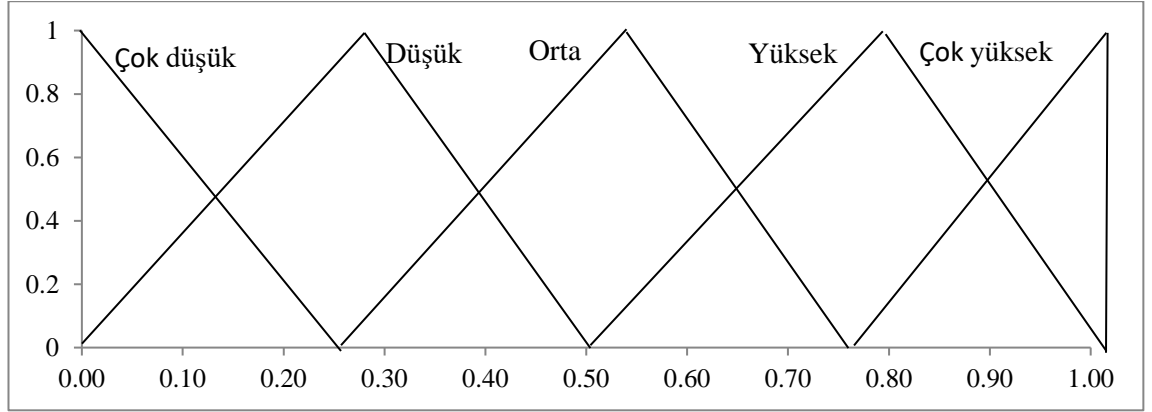
Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan dilsel değişkenler önemlerine göre [0-1] arasında değerler almaktadır. Çizelge 4.5'te verildiği gibi üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Üyelik fonksiyonu değerleri uzmanların tecrübelerine göre belirlenmiştir.



Çizelge 4.5. Kriterler için dilsel değişkenler.

Dilsel Değişkenler	Bulanık sayı (l, m, u)
Çok düşük	(0, 0, 0.25)
Düşük	(0, 0.25, 0.50)
Orta	(0.25, 0.50, 0.75)
Yüksek	(0.50, 0.75, 1)
Çok yüksek	(0.75, 1, 1)

Swara yönteminde kullanılan bulanık üçgensel sayılar Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Swara yöntemi için kullanılan bulanık üçgensel sayılar.

Üç Karar verici kriterleri en önemli kriter birinci olacak şekilde sıralamışlardır. Her j kriteri bir önceki kriter olan j-1 kriteri ile karşılaştırılarak aşağıdaki gibi önem düzeyleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Kriterlerin karar vericilere göre sırası.

Kriterler	KV1		KV2		KV3	
1	K8	-	K2	-	K8	-
2	K2	O	K9	Y	K10	O
3	K10	O	K8	O	K7	ÇY
4	K7	ÇY	K10	O	K9	O

Çizelge 4.6. (devam ediyor)

Kriterler	KV1		KV2		KV3	
5	K3	Y	K3	Y	K2	O
6	K6	Y	K7	Y	K3	O
7	K9	O	K4	O	K4	ÇY
8	K1	O	K1	O	K6	Y
9	K4	ÇY	K6	ÇY	K5	Y
10	K5	Y	K5	Y	K1	O

Çizelge 4.6’da her üç karar vericinin belirlediği önem düzeyleri bulanık sayılar ile Çizelge 4.7’deki gibi gösterilmiştir. Aşağıdaki değerler “ortalama değer in karşılaştırmalı önemi” olarak ifade edilir ve  $S_j$  simgesi ile gösterilir. Çizelge 4.8’de kriterlerin katsayı değerleri  $K_j$  bulunmuştur. Çizelge 4.9’da önem vektörü olan ara ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.10’da bulanık değerler ve Çizelge 4.11’da durulaştırılmış değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Kriterlerin  $S_j$  değerleri.

$S_j$	KV1			KV2			KV3					
		L	M	U		L	M	U		L	M	U
1	K8	0	0	0	K2	0	0	0	K8	0	0	0
2	K2	0,25	0,5	0,75	K9	0,5	0,75	0	K10	0,25	0,5	0,75
3	K10	0,25	0,5	0,75	K8	0,25	0,5	0,75	K7	0,75	1	1
4	K7	0,75	1	1	K10	0,25	0,5	0,75	K9	0,25	0,5	0,75
5	K3	0,5	0,75	1	K3	0,5	0,75	1	K2	0,25	0,5	0,75
6	K6	0,5	0,75	1	K7	0,5	0,75	1	K3	0,25	0,5	0,75
7	K9	0,25	0,5	0,75	K4	0,25	0,5	0,75	K4	0,75	1	1
8	K1	0,25	0,5	0,75	K1	0,25	0,5	0,75	K6	0,5	0,75	1
9	K4	0,75	1	1	K6	0,75	1	1	K5	0,5	0,75	1
10	K5	0,5	0,75	1	K5	0,5	0,75	1	K1	0,25	0,5	0,75

Çizelge 4.8. Kriterlerin K<sub>j</sub> değerleri.

K <sub>j</sub>	KV1				KV2				KV3			
1	K8	1	1	1	K2	1	1	1	K8	1	1	1
2	K2	1,25	1,5	1,75	K9	1,5	1,75	1	K10	1,25	1,5	1,75
3	K10	1,25	1,5	1,75	K8	1,25	1,5	1,75	K7	1,75	2	2
4	K7	1,75	2	2	K10	1,25	1,5	1,75	K9	1,25	1,5	1,75
5	K3	1,5	1,75	2	K3	1,5	1,75	2	K2	1,25	1,5	1,75
6	K6	1,5	1,75	2	K7	1,5	1,75	2	K3	1,25	1,5	1,75
7	K9	1,25	1,5	1,75	K4	1,25	1,5	1,75	K4	1,75	2	2
8	K1	1,25	1,5	1,75	K1	1,25	1,5	1,75	K6	1,5	1,75	2
9	K4	1,75	2	2	K6	1,75	2	2	K5	1,5	1,75	2
10	K5	1,5	1,75	2	K5	1,5	1,75	2	K1	1,25	1,5	1,75

Çizelge 4.9. Kriterlerin Q<sub>j</sub> Değerleri.

Q <sub>j</sub>	KV1				KV2				KV3			
1	K8	1	1	1	K2	1	1	1	K8	1	1	1
2	K2	0,800	0,667	0,571	K9	0,667	0,571	1,000	K10	0,800	0,667	0,571
3	K10	0,640	0,444	0,327	K8	0,533	0,381	0,571	K7	0,457	0,333	0,286
4	K7	0,366	0,222	0,163	K10	0,427	0,254	0,327	K9	0,366	0,222	0,163
5	K3	0,244	0,127	0,082	K3	0,284	0,145	0,163	K2	0,293	0,148	0,093
6	K6	0,163	0,073	0,041	K7	0,190	0,083	0,082	K3	0,234	0,099	0,053
7	K9	0,130	0,048	0,023	K4	0,152	0,055	0,047	K4	0,134	0,049	0,027
8	K1	0,104	0,032	0,013	K1	0,121	0,037	0,027	K6	0,089	0,028	0,013
9	K4	0,059	0,016	0,007	K6	0,069	0,018	0,013	K5	0,059	0,016	0,007
10	K5	0,040	0,009	0,003	K5	0,046	0,011	0,007	K1	0,048	0,011	0,004
$\bar{q}_j$ Değerleri Toplamı		3,545	2,639	2,230		3,489	2,556	3,236		3,479	2,574	2,217

Çizelge 4.10. Kriterlerin W<sub>j</sub> değerleri.

W <sub>j</sub>	KV1				KV2				KV3			
1	K8	0,282	0,379	0,448	K2	0,287	0,391	0,309	K8	0,287	0,389	0,451
2	K2	0,226	0,253	0,256	K9	0,191	0,224	0,309	K10	0,230	0,259	0,258
3	K10	0,181	0,168	0,146	K8	0,153	0,149	0,177	K7	0,131	0,130	0,129
4	K7	0,103	0,084	0,073	K10	0,122	0,099	0,101	K9	0,105	0,086	0,074
5	K3	0,069	0,048	0,037	K3	0,082	0,057	0,050	K2	0,084	0,058	0,042
6	K6	0,046	0,027	0,018	K7	0,054	0,032	0,025	K3	0,067	0,038	0,024
7	K9	0,037	0,018	0,010	K4	0,043	0,022	0,014	K4	0,038	0,019	0,012
8	K1	0,029	0,012	0,006	K1	0,035	0,014	0,008	K6	0,026	0,011	0,006
9	K4	0,017	0,006	0,003	K6	0,020	0,007	0,004	K5	0,017	0,006	0,003
10	K5	0,011	0,003	0,001	K5	0,013	0,004	0,002	K1	0,014	0,004	0,002

Çizelge 4.11. Kriterlerin durulaştırılmış ağırlıkları.

W <sub>j</sub>	KV1		KV2		KV3	
1	K8	0,370	K2	0,329	K8	0,376
2	K2	0,245	K9	0,241	K10	0,249
3	K10	0,165	K8	0,159	K7	0,130
4	K7	0,087	K10	0,108	K9	0,088
5	K3	0,051	K3	0,063	K2	0,061
6	K6	0,031	K7	0,037	K3	0,043
7	K9	0,022	K4	0,027	K4	0,023
8	K1	0,016	K1	0,019	K6	0,014
9	K4	0,009	K6	0,010	K5	0,009
10	K5	0,005	K5	0,006	K1	0,007
<b>Kriter ağırlıklarının toplamı</b>		<b>1,000</b>	<b>1,000</b>		<b>1,000</b>	

Kriterlerin toplam ağırlıkları 1,00 bulunarak Swara yöntemi doğrulanmıştır. Nihai ağırlıkları elde edebilmek için karar vericiler bazında kriterlerin geometrik ortalaması alınarak Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kriterlerin nihai ağırlıkları.

Kriterler	Geometrik Ortalama	
1	K8	0,358
2	K2	0,245
3	K10	0,151
4	K7	0,094
5	K3	0,058
6	K6	0,037
7	K9	0,024
8	K1	0,016
9	K4	0,009
10	K5	0,006

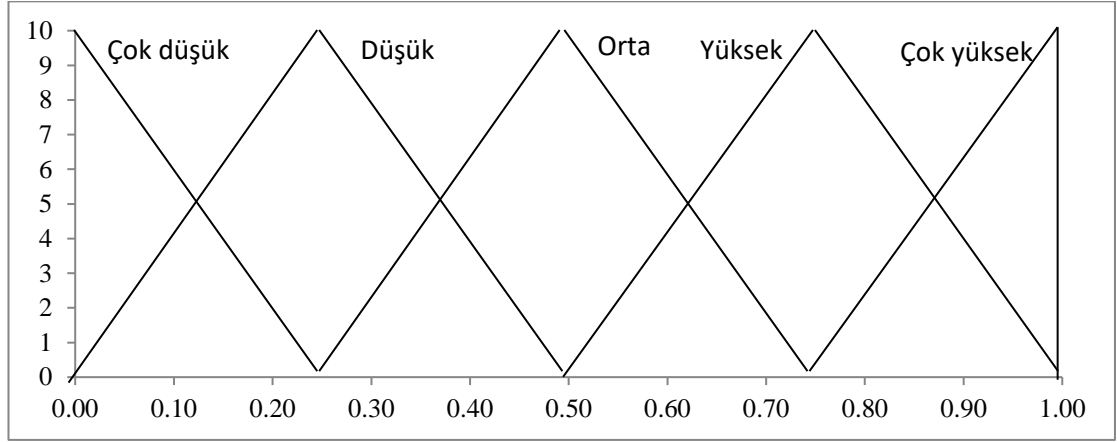
#### 4.3.2. Bulanık Copras Yöntemi ile Risklerin Sıralanması

Bulanık Copras yönteminin uygulanmasında kullanılacak olan üçgensel bulanık sayılar yani alternatifler için dilsel değişkenler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Alternatifler için dilsel değişkenler.

Dilsel Değişkenler	Bulanık sayı (l, m, u)
Çok düşük	(0, 0, 2.5)
Düşük	(0, 2.5, 5)
Orta	(2.5, 5, 7.5)
Yüksek	(5, 7.5, 10)
Çok yüksek	(7.5, 10, 10)

Copras yönteminde kullanılan üçgensel bulanık sayılar Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Copras yönteminde kullanılan üçgensel bulanık sayılar.

Karar vericiler hataları kriterlere göre ağırlıklandırılarak değerlendirmişlerdir. Her bir karar vericiye ait bulanık değerler Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çizelge 4.17’de karar vericilerin birleştirilmiş bulanık karar matrisi verilmiştir. Çizelge 4.18’de tüm karar vericiler için durulaştırılmış karar matrisi bulunmaktadır. Çizelge 4.19’da normalize edilmiş karar matrisi bulunmaktadır. Çizelge 4.20’de Swara yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi verilmiştir. Çizelge 4.21’de kriterler faydalı ve faydasız durumuna göre ayrılmış ve Çizelge 4.22’de faydalı kriterler gösterilmiştir. Çizelge 4.23’te hataların  $P_i$  ve  $R_i$  değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.24’te hataların göreceli önem değerleri elde edilmiş ve Çizelge 4.25’te hataların önemlilik yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 4.14. KV1 için hataların kriterler açısından bulanık matrisi.

KV1	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT1	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT2	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT3	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT4	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT6	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT7	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT8	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT9	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT10	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT11	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT12	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT13	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT14	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT15	0	0	2,5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT16	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT17	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT18	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5

Çizelge 4.14. (devam ediyor)

KV1	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT19	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT20	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT21	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT22	7,5	10	10	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT23	5	7,5	10	0	2,5	5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT24	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT25	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT26	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT27	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT28	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT29	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT30	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT31	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT32	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5



Çizelge 4.15. KV2 için Hataların Kriterler Açısından Bulanık Matrisi.

KV2	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT1	5	7,5	10	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT2	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT3	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT4	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT5	0	2,5	5	0	0	2,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT6	0	2,5	5	0	0	2,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT7	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT8	7,5	10	10	7,5	10	10	0	0	2,5	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT9	0	0	2,5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT10	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT11	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT12	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10
HT13	0	0	2,5	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT14	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10
HT15	0	0	2,5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT16	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT17	0	0	2,5	0	2,5	5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT18	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5

Çizelge 4.15. (devam ediyor)

KV2	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT19	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT20	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT21	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT22	7,5	10	10	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT23	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT24	2,5	5	7,5	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT25	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT26	7,5	10	10	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT27	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT28	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT29	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT30	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5
HT31	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT32	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	2,5	5

Çizelge 4.16. KV3 için hataların kriterler açısından bulanık matrisi.

KV3	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT1	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT2	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT3	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT4	0	0	2,5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT6	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT7	0	0	2,5	7,5	10	10	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT8	0	0	2,5	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	0	0	2,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	2,5	5
HT9	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT10	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT11	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT12	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT13	0	2,5	5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT14	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT15	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	2,5	5	7,5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10
HT16	0	2,5	5	7,5	10	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT17	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT18	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5

Çizelge 4.16. (devam ediyor)

KV3	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
HT19	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT20	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5
HT21	0	0	2,5	0	2,5	5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT22	5	7,5	10	0	2,5	5	7,5	10	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10
HT23	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	0	2,5	0	2,5	5	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	2,5	5
HT24	0	0	2,5	5	7,5	10	0	0	2,5	0	0	2,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5
HT25	5	7,5	10	0	2,5	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10
HT26	5	7,5	10	0	2,5	5	7,5	10	10	7,5	10	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10
HT27	0	2,5	5	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT28	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	2,5	5
HT29	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT30	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	2,5	5	7,5	10	10	2,5	5	7,5	7,5	10	10	0	0	2,5
HT31	5	7,5	10	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	2,5	5	7,5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
HT32	0	0	2,5	0	2,5	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10

Çizelge 4.17. KV1, KV2, ve KV3 için hataların birleştirilmiş bulanık matrisi.

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
<b>HT1</b>	5	7,5	10	0	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5,83	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT2</b>	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5,83	10	0	2,5	5	5	7,5	10	7,5	10	10	2,5	5,83	10	7,5	10	10	0	0,83	5
<b>HT3</b>	0	2,5	10	0	0,83	5	0	4,17	10	2,5	6,67	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	4,17	10	2,5	6,67	10	0	5	10	0	5	10
<b>HT4</b>	0	0	2,5	0	0,83	5	0	6,67	10	2,5	6,67	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	5,83	10	5	7,5	10	0	7,5	10	0	3,33	10
<b>HT5</b>	0	5,83	10	0	6,67	10	0	0	2,5	2,5	6,67	10	0	2,5	5	0	2,5	5	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT6</b>	0	4,17	10	0	2,5	10	0	0	2,5	2,5	6,67	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	5	10	0	5	10
<b>HT7</b>	0	0,83	5	0	5	10	0	1,67	5	0	1,67	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT8</b>	0	5,83	10	5	8,33	10	0	0	2,5	0	2,5	7,5	2,5	6,67	10	0	5	10	0	6,67	10	2,5	5,83	10	7,5	10	10	0	1,67	5
<b>HT9</b>	0	1,67	5	0	0	2,5	5	9,17	10	0	1,67	5	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT10</b>	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	0	1,67	5	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0,83	5
<b>HT11</b>	0	0,83	5	0	4,17	10	0	1,67	5	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	5,83	10	0	0,83	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT12</b>	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	5,83	10	5	9,17	10	2,5	5,83	10	5	9,17	10	0	2,5	10
<b>HT13</b>	0	1,67	5	0	0	2,5	5	9,17	10	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	5,83	10	0	0,83	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT14</b>	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	5,83	10	0	4,17	10	5	7,5	10	5	9,17	10	0	2,5	10
<b>HT15</b>	0	2,5	10	0	4,17	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	3,33	7,5	5	7,5	10	0	5	10	2,5	6,67	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT16</b>	0	7,5	10	5	8,33	10	0	0	2,5	2,5	6,67	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	4,17	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0,83	5
<b>HT17</b>	0	0,83	5	0	0,83	5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	0,83	5	5	7,5	10	0	5	10	0	5	10
<b>HT18</b>	0	0	2,5	0	0	2,5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	5,83	10	5	7,5	10	7,5	10	10	0	0,83	5

Çizelge 4.17. (devam ediyor)

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
<b>HT19</b>	0	2,5	10	0	4,17	10	0	1,67	5	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	3,33	10	2,5	6,67	10	0	5	10	0	5	10
<b>HT20</b>	5	8,33	10	5	8,33	10	0	0	2,5	2,5	6,67	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	7,5	10	2,5	6,67	10	7,5	10	10	0	0,83	5
<b>HT21</b>	0	0	2,5	0	0,83	5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	2,5	5	0	4,17	10	0	2,5	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT22</b>	5	9,17	10	0	0,83	5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	4,17	10	0	4,17	10	0	5	10	5	7,5	10	0	6,67	10	0	4,17	10
<b>HT23</b>	0	3,33	10	0	3,33	7,5	0	0	2,5	0	4,17	7,5	0	1,67	5	0	2,5	5	0	2,5	5	2,5	6,67	10	0	5	10	0	5,83	10
<b>HT24</b>	0	4,17	10	5	7,5	10	0	0	2,5	0	3,33	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	1,67	5	0	4,17	10	7,5	10	10	0	1,67	7,5
<b>HT25</b>	0	3,33	10	0	0,83	2,5	7,5	10	10	2,5	5,83	10	0	4,17	10	0	4,17	10	0	3,33	10	5	7,5	10	0	1,67	5	5	8,33	10
<b>HT26</b>	0	5,83	10	0	0,83	5	7,5	10	10	2,5	6,67	10	0	4,17	10	0	4,17	10	5	7,5	10	5	7,5	10	0	6,67	10	0	4,17	10
<b>HT27</b>	0	0,83	5	0	4,17	10	0	1,67	5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT28</b>	0	5,83	10	2,5	6,67	10	0	0	2,5	2,5	5	7,5	0	2,5	5	0	2,5	5	0	7,5	10	2,5	6,67	10	5	9,17	10	0	1,67	5
<b>HT29</b>	0	3,33	10	0	5	10	0	1,67	5	2,5	6,67	10	0	2,5	5	0	5,83	10	0	0,83	5	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT30</b>	5	8,33	10	5	7,5	10	0	0	2,5	5	7,5	10	0	2,5	5	0	4,17	10	7,5	10	10	2,5	5,83	10	7,5	10	10	0	0,83	5
<b>HT31</b>	0	5,83	10	0	0	2,5	7,5	10	10	5	7,5	10	0	3,33	7,5	0	5,83	10	0	2,5	10	5	7,5	10	0	2,5	5	5	7,5	10
<b>HT32</b>	0	0,83	5	0	0,83	5	5	9,17	10	5	7,5	10	0	2,5	5	0	5,83	10	0	5,83	10	5	7,5	10	0	7,5	10	0	3,33	10

Çizelge 4.18. Hataların durulaştırılmış matrisi.

<b>DURU</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>
<b>HT1</b>	7,50	5,83	0,83	6,11	2,50	7,50	2,50	7,50	2,50	7,50
<b>HT2</b>	7,50	7,50	0,83	6,11	2,50	7,50	9,17	6,11	9,17	1,94
<b>HT3</b>	4,17	1,94	4,72	6,39	2,50	4,72	4,72	6,39	5,00	5,00
<b>HT4</b>	0,83	1,94	5,56	6,39	2,50	7,50	5,28	7,50	5,83	4,44
<b>HT5</b>	5,28	5,56	0,83	6,39	2,50	2,50	2,50	7,50	2,50	7,50
<b>HT6</b>	4,72	4,17	0,83	6,39	2,50	4,72	2,50	7,50	5,00	5,00
<b>HT7</b>	1,94	5,00	2,22	2,22	7,50	7,50	0,83	7,50	2,50	7,50
<b>HT8</b>	5,28	7,78	0,83	3,33	6,39	5,00	5,56	6,11	9,17	2,22
<b>HT9</b>	2,22	0,83	8,06	2,22	7,50	7,50	0,83	7,50	2,50	7,50
<b>HT10</b>	0,83	0,83	9,17	2,22	7,50	7,50	7,50	7,50	9,17	1,94
<b>HT11</b>	1,94	4,72	2,22	6,11	2,50	5,28	1,94	7,50	2,50	7,50
<b>HT12</b>	7,50	7,50	0,83	6,11	2,50	5,28	8,06	6,11	8,06	4,17
<b>HT13</b>	2,22	0,83	8,06	6,11	2,50	5,28	1,94	7,50	2,50	7,50
<b>HT14</b>	0,83	0,83	9,17	6,11	2,50	5,28	4,72	7,50	8,06	4,17
<b>HT15</b>	4,17	4,72	0,83	7,50	3,61	7,50	5,00	6,39	2,50	7,50
<b>HT16</b>	5,83	7,78	0,83	6,39	2,50	7,50	4,72	7,50	9,17	1,94
<b>HT17</b>	1,94	1,94	9,17	6,11	2,50	4,72	1,94	7,50	5,00	5,00
<b>HT18</b>	0,83	0,83	9,17	6,11	2,50	4,72	5,28	7,50	9,17	1,94
<b>HT19</b>	4,17	4,72	2,22	6,11	2,50	4,72	4,44	6,39	5,00	5,00

Çizelge 4.18. (devam ediyor)

<b>DURU</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>
<b>HT20</b>	7,78	7,78	0,83	6,39	2,50	4,72	5,83	6,39	9,17	1,94
<b>HT21</b>	0,83	1,94	9,17	6,11	2,50	4,72	2,50	7,50	2,50	7,50
<b>HT22</b>	8,06	1,94	9,17	6,11	4,72	4,72	5,00	7,50	5,56	4,72
<b>HT23</b>	4,44	3,61	0,83	3,89	2,22	2,50	2,50	6,39	5,00	5,28
<b>HT24</b>	4,72	7,50	0,83	3,61	2,50	2,50	2,22	4,72	9,17	3,06
<b>HT25</b>	4,44	1,11	9,17	6,11	4,72	4,72	4,44	7,50	2,22	7,78
<b>HT26</b>	5,28	1,94	9,17	6,39	4,72	4,72	7,50	7,50	5,56	4,72
<b>HT27</b>	1,94	4,72	2,22	5,00	2,50	2,50	0,83	7,50	2,50	7,50
<b>HT28</b>	5,28	6,39	0,83	5,00	2,50	2,50	5,83	6,39	8,06	2,22
<b>HT29</b>	4,44	5,00	2,22	6,39	2,50	5,28	1,94	7,50	2,50	7,50
<b>HT30</b>	7,78	7,50	0,83	7,50	2,50	4,72	9,17	6,11	9,17	1,94
<b>HT31</b>	5,28	0,83	9,17	7,50	3,61	5,28	4,17	7,50	2,50	7,50
<b>HT32</b>	1,94	1,94	8,06	7,50	2,50	5,28	5,28	7,50	5,83	4,44
<b>TOPLAM</b>	131,94	127,50	138,89	181,94	107,50	166,39	136,67	225,00	175,00	161,39



Çizelge 4.19. Hataların normalize karar matrisi.

<b>NORMALİZE</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>
<b>HT1</b>	0,06	0,05	0,01	0,03	0,02	0,05	0,02	0,03	0,01	0,05
<b>HT2</b>	0,06	0,06	0,01	0,03	0,02	0,05	0,07	0,03	0,05	0,01
<b>HT3</b>	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>HT4</b>	0,01	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
<b>HT5</b>	0,04	0,04	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,05
<b>HT6</b>	0,04	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
<b>HT7</b>	0,01	0,04	0,02	0,01	0,07	0,05	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT8</b>	0,04	0,06	0,01	0,02	0,06	0,03	0,04	0,03	0,05	0,01
<b>HT9</b>	0,02	0,01	0,06	0,01	0,07	0,05	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT10</b>	0,01	0,01	0,07	0,01	0,07	0,05	0,05	0,03	0,05	0,01
<b>HT11</b>	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT12</b>	0,06	0,06	0,01	0,03	0,02	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03
<b>HT13</b>	0,02	0,01	0,06	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT14</b>	0,01	0,01	0,07	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
<b>HT15</b>	0,03	0,04	0,01	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,01	0,05
<b>HT16</b>	0,04	0,06	0,01	0,04	0,02	0,05	0,03	0,03	0,05	0,01
<b>HT17</b>	0,01	0,02	0,07	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
<b>HT18</b>	0,01	0,01	0,07	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,01
<b>HT19</b>	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Çizelge 4.19. (devam ediyor)

<b>NORMALİZE</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>
<b>HT20</b>	0,06	0,06	0,01	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,05	0,01
<b>HT21</b>	0,01	0,02	0,07	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,05
<b>HT22</b>	0,06	0,02	0,07	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
<b>HT23</b>	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
<b>HT24</b>	0,04	0,06	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
<b>HT25</b>	0,03	0,01	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,05
<b>HT26</b>	0,04	0,02	0,07	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03
<b>HT27</b>	0,01	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT28</b>	0,04	0,05	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,05	0,01
<b>HT29</b>	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01	0,05
<b>HT30</b>	0,06	0,06	0,01	0,04	0,02	0,03	0,07	0,03	0,05	0,01
<b>HT31</b>	0,04	0,01	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,05
<b>HT32</b>	0,01	0,02	0,06	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03

Çizelge 4.20. Hataların ağırlıklı normalize karar matrisi.

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>	<b>K10</b>
<b>HT1</b>	0,00092	0,01121	0,00035	0,00031	0,00014	0,00165	0,00172	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT2</b>	0,00092	0,01441	0,00035	0,00031	0,00014	0,00165	0,00629	0,00971	0,00125	0,00182
<b>HT3</b>	0,00051	0,00374	0,00198	0,00032	0,00014	0,00104	0,00324	0,01015	0,00068	0,00467
<b>HT4</b>	0,00010	0,00374	0,00233	0,00032	0,00014	0,00165	0,00362	0,01192	0,00079	0,00415
<b>HT5</b>	0,00065	0,01067	0,00035	0,00032	0,00014	0,00055	0,00172	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT6</b>	0,00058	0,00801	0,00035	0,00032	0,00014	0,00104	0,00172	0,01192	0,00068	0,00467
<b>HT7</b>	0,00024	0,00961	0,00093	0,00011	0,00043	0,00165	0,00057	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT8</b>	0,00065	0,01494	0,00035	0,00017	0,00036	0,00110	0,00381	0,00971	0,00125	0,00207
<b>HT9</b>	0,00027	0,00160	0,00338	0,00011	0,00043	0,00165	0,00057	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT10</b>	0,00010	0,00160	0,00384	0,00011	0,00043	0,00165	0,00515	0,01192	0,00125	0,00182
<b>HT11</b>	0,00024	0,00907	0,00093	0,00031	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT12</b>	0,00092	0,01441	0,00035	0,00031	0,00014	0,00116	0,00553	0,00971	0,00109	0,00389
<b>HT13</b>	0,00027	0,00160	0,00338	0,00031	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT14</b>	0,00010	0,00160	0,00384	0,00031	0,00014	0,00116	0,00324	0,01192	0,00109	0,00389
<b>HT15</b>	0,00051	0,00907	0,00035	0,00038	0,00021	0,00165	0,00343	0,01015	0,00034	0,00700
<b>HT16</b>	0,00072	0,01494	0,00035	0,00032	0,00014	0,00165	0,00324	0,01192	0,00125	0,00182
<b>HT17</b>	0,00024	0,00374	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00133	0,01192	0,00068	0,00467
<b>HT18</b>	0,00010	0,00160	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00362	0,01192	0,00125	0,00182
<b>HT19</b>	0,00051	0,00907	0,00093	0,00031	0,00014	0,00104	0,00305	0,01015	0,00068	0,00467

Çizelge 4.20. (devam ediyor)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
<b>HT20</b>	0,00096	0,01494	0,00035	0,00032	0,00014	0,00104	0,00400	0,01015	0,00125	0,00182
<b>HT21</b>	0,00010	0,00374	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00172	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT22</b>	0,00099	0,00374	0,00384	0,00031	0,00027	0,00104	0,00343	0,01192	0,00075	0,00441
<b>HT23</b>	0,00055	0,00694	0,00035	0,00020	0,00013	0,00055	0,00172	0,01015	0,00068	0,00493
<b>HT24</b>	0,00058	0,01441	0,00035	0,00018	0,00014	0,00055	0,00153	0,00750	0,00125	0,00285
<b>HT25</b>	0,00055	0,00213	0,00384	0,00031	0,00027	0,00104	0,00305	0,01192	0,00030	0,00726
<b>HT26</b>	0,00065	0,00374	0,00384	0,00032	0,00027	0,00104	0,00515	0,01192	0,00075	0,00441
<b>HT27</b>	0,00024	0,00907	0,00093	0,00025	0,00014	0,00055	0,00057	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT28</b>	0,00065	0,01227	0,00035	0,00025	0,00014	0,00055	0,00400	0,01015	0,00109	0,00207
<b>HT29</b>	0,00055	0,00961	0,00093	0,00032	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT30</b>	0,00096	0,01441	0,00035	0,00038	0,00014	0,00104	0,00629	0,00971	0,00125	0,00182
<b>HT31</b>	0,00065	0,00160	0,00384	0,00038	0,00021	0,00116	0,00286	0,01192	0,00034	0,00700
<b>HT32</b>	0,00024	0,00374	0,00338	0,00038	0,00014	0,00116	0,00362	0,01192	0,00079	0,00415

Çizelge 4.21. Kriterlerin faydalı/faydasız durumu.

FAYDALI/FAYDASIZ	SIRA	KRİTERLER	ORTALAMA
FAYDALI	1	K8	0,358
FAYDALI	2	K2	0,245
FAYDALI	3	K10	0,151

Çizelge 4.21. (devam ediyor)

FAYDALI/FAYDASIZ	SIRA	KRİTERLER	ORTALAMA
FAYDALI	4	K7	0,094
FAYDALI	5	K3	0,058
FAYDALI	6	K6	0,037
FAYDASIZ	7	K9	0,024
FAYDALI	8	K1	0,016
FAYDALI	9	K4	0,009
FAYDALI	10	K5	0,006

Çizelge 4.22. Faydalı kriterlerin karar matrisinde gösterilmesi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K10	K9
<b>HT1</b>	0,00092	0,01121	0,00035	0,00031	0,00014	0,00165	0,00172	0,01192	0,00700	0,00034
<b>HT2</b>	0,00092	0,01441	0,00035	0,00031	0,00014	0,00165	0,00629	0,00971	0,00182	0,00125
<b>HT3</b>	0,00051	0,00374	0,00198	0,00032	0,00014	0,00104	0,00324	0,01015	0,00467	0,00068
<b>HT4</b>	0,00010	0,00374	0,00233	0,00032	0,00014	0,00165	0,00362	0,01192	0,00415	0,00079
<b>HT5</b>	0,00065	0,01067	0,00035	0,00032	0,00014	0,00055	0,00172	0,01192	0,00700	0,00034
<b>HT6</b>	0,00058	0,00801	0,00035	0,00032	0,00014	0,00104	0,00172	0,01192	0,00467	0,00068
<b>HT7</b>	0,00024	0,00961	0,00093	0,00011	0,00043	0,00165	0,00057	0,01192	0,00700	0,00034
<b>HT8</b>	0,00065	0,01494	0,00035	0,00017	0,00036	0,00110	0,00381	0,00971	0,00207	0,00125
<b>HT9</b>	0,00027	0,00160	0,00338	0,00011	0,00043	0,00165	0,00057	0,01192	0,00700	0,00034
<b>HT10</b>	0,00010	0,00160	0,00384	0,00011	0,00043	0,00165	0,00515	0,01192	0,00182	0,00125

Çizelge 4.22. (devam ediyor)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K10	K9
HT11	0,00024	0,00907	0,00093	0,00031	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00700	0,00034
HT12	0,00092	0,01441	0,00035	0,00031	0,00014	0,00116	0,00553	0,00971	0,00389	0,00109
HT13	0,00027	0,00160	0,00338	0,00031	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00700	0,00034
HT14	0,00010	0,00160	0,00384	0,00031	0,00014	0,00116	0,00324	0,01192	0,00389	0,00109
HT15	0,00051	0,00907	0,00035	0,00038	0,00021	0,00165	0,00343	0,01015	0,00700	0,00034
HT16	0,00072	0,01494	0,00035	0,00032	0,00014	0,00165	0,00324	0,01192	0,00182	0,00125
HT17	0,00024	0,00374	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00133	0,01192	0,00467	0,00068
HT18	0,00010	0,00160	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00362	0,01192	0,00182	0,00125
HT19	0,00051	0,00907	0,00093	0,00031	0,00014	0,00104	0,00305	0,01015	0,00467	0,00068
HT20	0,00096	0,01494	0,00035	0,00032	0,00014	0,00104	0,00400	0,01015	0,00182	0,00125
HT21	0,00010	0,00374	0,00384	0,00031	0,00014	0,00104	0,00172	0,01192	0,00700	0,00034
HT22	0,00099	0,00374	0,00384	0,00031	0,00027	0,00104	0,00343	0,01192	0,00441	0,00075
HT23	0,00055	0,00694	0,00035	0,00020	0,00013	0,00055	0,00172	0,01015	0,00493	0,00068
HT24	0,00058	0,01441	0,00035	0,00018	0,00014	0,00055	0,00153	0,00750	0,00285	0,00125
HT25	0,00055	0,00213	0,00384	0,00031	0,00027	0,00104	0,00305	0,01192	0,00726	0,00030
HT26	0,00065	0,00374	0,00384	0,00032	0,00027	0,00104	0,00515	0,01192	0,00441	0,00075
HT27	0,00024	0,00907	0,00093	0,00025	0,00014	0,00055	0,00057	0,01192	0,00700	0,00034
HT28	0,00065	0,01227	0,00035	0,00025	0,00014	0,00055	0,00400	0,01015	0,00207	0,00109
HT29	0,00055	0,00961	0,00093	0,00032	0,00014	0,00116	0,00133	0,01192	0,00700	0,00034
HT30	0,00096	0,01441	0,00035	0,00038	0,00014	0,00104	0,00629	0,00971	0,00182	0,00125
HT31	0,00065	0,00160	0,00384	0,00038	0,00021	0,00116	0,00286	0,01192	0,00700	0,00034
HT32	0,00024	0,00374	0,00338	0,00038	0,00014	0,00116	0,00362	0,01192	0,00415	0,00079

Çizelge 4.23. Hatalar için  $P_i$  ve  $R_i$  değerleri.

	$P_i$	$R_i$	$1/R_i$
HT1	0,03522	0,00034	2944,92
HT2	0,03561	0,00125	803,16
HT3	0,02580	0,00068	1472,46
HT4	0,02797	0,00079	1262,11
HT5	0,03333	0,00034	2944,92
HT6	0,02875	0,00068	1472,46
HT7	0,03246	0,00034	2944,92
HT8	0,03318	0,00125	803,16
HT9	0,02693	0,00034	2944,92
HT10	0,02662	0,00125	803,16
HT11	0,03211	0,00034	2944,92
HT12	0,03643	0,00109	913,94
HT13	0,02712	0,00034	2944,92
HT14	0,02621	0,00109	913,94
HT15	0,03276	0,00034	2944,92
HT16	0,03510	0,00125	803,16
HT17	0,02723	0,00068	1472,46
HT18	0,02439	0,00125	803,16
HT19	0,02988	0,00068	1472,46
HT20	0,03373	0,00125	803,16
HT21	0,02981	0,00034	2944,92
HT22	0,02995	0,00075	1325,21
HT23	0,02551	0,00068	1472,46
HT24	0,02810	0,00125	803,16
HT25	0,03037	0,00030	3313,03
HT26	0,03133	0,00075	1325,21
HT27	0,03068	0,00034	2944,92
HT28	0,03045	0,00109	913,94
HT29	0,03297	0,00034	2944,92
HT30	0,03510	0,00125	803,16
HT31	0,02962	0,00034	2944,92
HT32	0,02873	0,00079	1262,11
	<b>TOPLAM</b>	<b>0,02377</b>	<b>57411,20</b>

Çizelge 4.24. Hataların görelî önem değerleri.

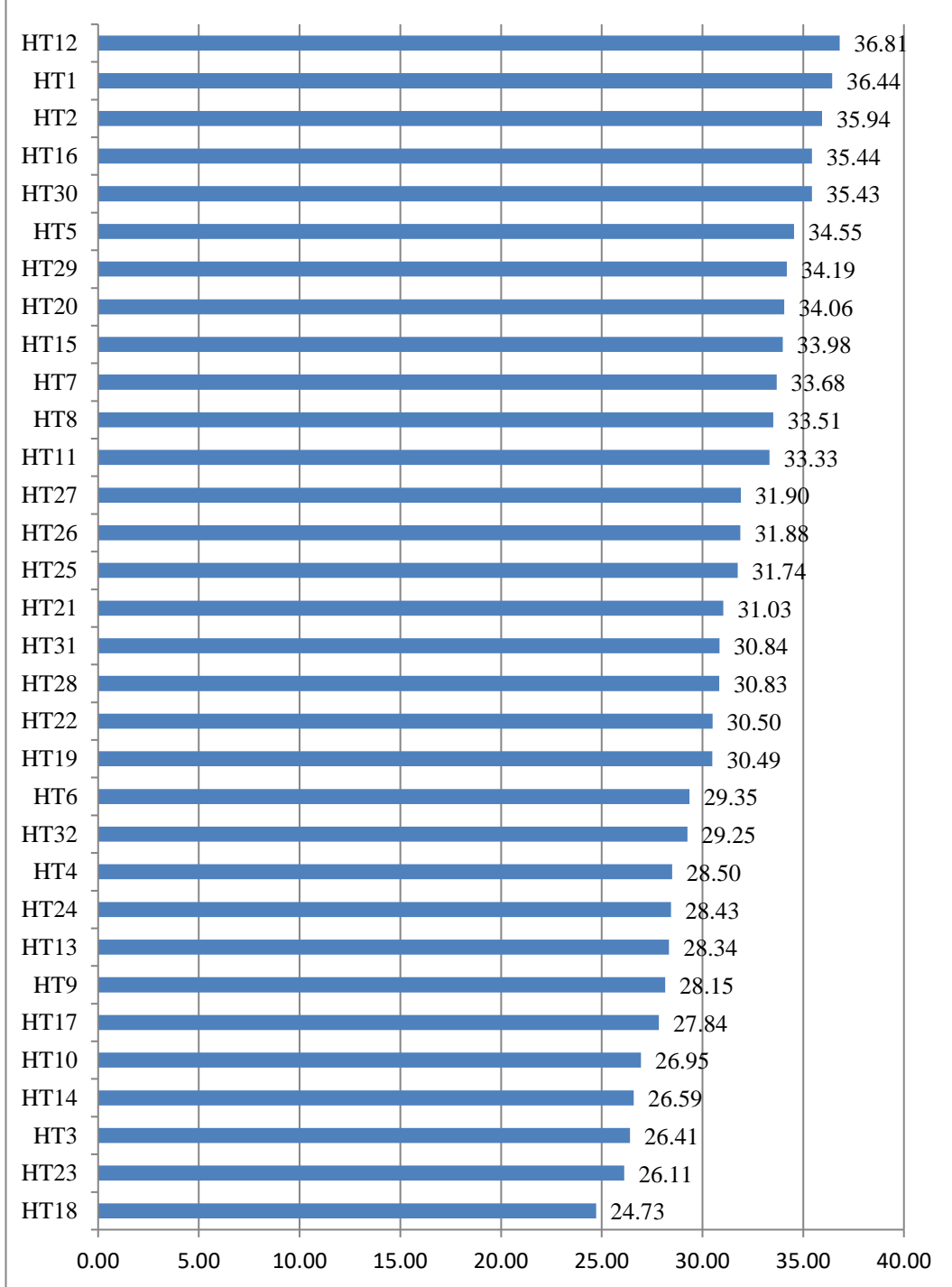
<b>Hatalar</b>	<b>Görelî Önem (Qi)</b>	<b>Normalize (Qi)</b>
HT1	0,03644	36,44157
HT2	0,03594	35,93832
HT3	0,02641	26,40621
HT4	0,02850	28,49753
HT5	0,03455	34,54598
HT6	0,02935	29,35495
HT7	0,03368	33,68007
HT8	0,03351	33,50783
HT9	0,02815	28,15351
HT10	0,02695	26,94938
HT11	0,03333	33,33266
HT12	0,03681	36,80671
HT13	0,02834	28,33978
HT14	0,02659	26,58737
HT15	0,03398	33,97960
HT16	0,03544	35,43719
HT17	0,02784	27,83959
HT18	0,02473	24,72550
HT19	0,03049	30,49069
HT20	0,03406	34,06185
HT21	0,03103	31,02769
HT22	0,03050	30,49619
HT23	0,02611	26,11473
HT24	0,02843	28,43137
HT25	0,03174	31,74443
HT26	0,03188	31,88350
HT27	0,03190	31,90149
HT28	0,03083	30,83007
HT29	0,03419	34,18876
HT30	0,03543	35,43089
HT31	0,03084	30,84095
HT32	0,02925	29,24882



Çizelge 4.25. Hataların önemlilik yüzdeleri.

<b>HT</b>	<b>Q<sub>i</sub></b>	<b>Önemlilik Yüzdeleri</b>
HT12	36,8067	100,00%
HT1	36,4416	99,01%
HT2	35,9383	98,62%
HT16	35,4372	98,61%
HT30	35,4309	99,98%
HT5	34,5460	97,50%
HT29	34,1888	98,97%
HT20	34,0618	99,63%
HT15	33,9796	99,76%
HT7	33,6801	99,12%
HT8	33,5078	99,49%
HT11	33,3327	99,48%
HT27	31,9015	95,71%
HT26	31,8835	99,94%
HT25	31,7444	99,56%
HT21	31,0277	97,74%
HT31	30,8410	99,40%
HT28	30,8301	99,96%
HT22	30,4962	98,92%
HT19	30,4907	99,98%
HT6	29,3550	96,28%
HT32	29,2488	99,64%
HT4	28,4975	97,43%
HT24	28,4314	99,77%
HT13	28,3398	99,68%
HT9	28,1535	99,34%
HT17	27,8396	98,88%
HT10	26,9494	96,80%
HT14	26,5874	98,66%
HT3	26,4062	99,32%
HT23	26,1147	98,90%
HT18	24,7255	94,68%

Şekil 4.8’de Bulanık Swara yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık Copras yöntemi ile hataların sıralaması verilmiştir.



Şekil 4.8. Bulanık Copras yöntemi sonucu hata türlerinin sıralanması.

#### 4.4. SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Klasik Proses HTEA yöntemi ile süreç bazlı Bulanık Swara-Copras yönteminin sonuçlarına göre hataların sıralaması farklılaşmıştır. Uzmanlardan delphi tekniği ile alınan sıralamaya göre her iki yöntemin karşılaştırmalı sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Uygulanan üç yönteme göre hataların sıraları.

HT	Swara-Copras	Uzmanlar	HTEA
HT1	2	9	26
HT2	3	8	16
HT3	30	23	25
HT4	23	24	15
HT5	6	4	24
HT6	21	19	14
HT7	10	17	28
HT8	11	16	13
HT9	26	32	23
HT10	28	31	12
HT11	12	11	32
HT12	1	3	30
HT13	25	25	31
HT14	29	26	29
HT15	9	5	27
HT16	4	1	11
HT17	27	27	18
HT18	32	28	6
HT19	20	12	5
HT20	8	13	17
HT21	16	15	20
HT22	19	14	8
HT23	31	30	19
HT24	24	29	7
HT25	15	7	4
HT26	14	6	2
HT27	13	21	3
HT28	18	22	1
HT29	7	10	22
HT30	5	2	10
HT31	17	18	21
HT32	22	20	9

Süreç HTEA analizi sonucunda en yüksek önem düzeyine sahip ve öncelikle iyileştirilmesi gereken hataların HT28 ve HT26; en düşük önem düzeyine sahip gözardı edilebilecek derecede düşük hataların ise HT13 ve HT11 olduğu görülmüştür. Karar vericiler bazında bu hataların önceliklendirilmesi değişmektedir. Bu değişiklikler eğitim düzeyi, görev alınan pozisyon, tecrübe, subjektif yargılar ve görev tanımı gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır.

**HT28:** Eksik veri girişi sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi

**HT26:** Eksik veri girişi sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi

**HT13:** Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu fazla üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi

**HT11:** Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi

Önerilen süreç bazlı Bulanık Swara-Copras yöntemine göre ise hata değeri en yüksek ve öncelikle iyileştirilmesi gereken hatalar 12. ve 1. hatalardır.

**HT12:** Talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin SF raporunda fark edilmesi

**HT1:** Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması sonucu eksik üretimin S&OP toplantısında fark edilmesi

En düşük öncelik sırasına sahip hatalar ise 18.hata ve 23.hatalardır.

**HT18:** Talep rakamlarının fazla hesaplanması sonucu fazla üretimin ay sonu stok raporunda fark edilmesi

**HT23:** Eksik üretim planı sonucu üretim açığının S&OP toplantısında farkedilmesi

Kriterler belirlenirken en önemli olanları hatanın şiddeti, eksik üretim durumu ve bir önceki iş adımının o hata için etkisi olarak bulunmuştu. HT12'nin şiddet değeri uzmanlar tarafından orta ve yüksek şeklinde belirlenmiştir. Bu hatanın olasılığı ise çok yüksek olup eksik üretim yapma riski de çok yüksektir. Fazla stok durumu çok düşüktür. Talep rakamlarının eksik veya yanlış olmasına method/prosedür eksikliği,

insan hatası, çevre kaynaklı hatalar neden olmaktadır. Aynı zamanda eksik üretim SF raporunda fark edilene kadar birçok hataya sebep olmakta, sürecin yanlış ilerlemesine yol açmaktadır. HT1'in ise şiddeti ve diğer iş adımlarına etkisi yüksek olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda müşteri beklentisi ve olasılığı da yüksektir. Bu hatanın sürecin en başında fark edilmesi sonraki iş adımlarının etkisini veya olasılığını da düşürecektir. Sisteme yüklenen talep rakamlarının eksik veya yanlış olması öncelikle insan kaynaklı, sonra ise kullanılan method/prosedür kaynaklı bir hatadır. Bu iki hata için sisteme doğru talep verilerinin girilebilmesi sağlandığında ve iyileştirici önlemler alındığında süreçteki diğer hataların da azalabileceği tespit edilmiştir.

HT18 fazla stok durumu içerdiğinden tüm uzmanlar tarafından şiddeti ve eksik üretim durumu düşük veya çok düşük olarak belirtilmiştir. Kendinden sonraki iş adımlarını daha az etkiler ve tespit edilebilmesi kolaydır. Bu hata method/prosedür eksikliği, çevre ve insan kriterlerinden etkilenmektedir. HT18 fazla üretim raporunda üretim yapıldıktan sonra farkedildiğinden geri alınamaz. HT23'te eksik üretim planı oluşturulmasının şiddeti yüksek ve olasılığı düşük olarak belirlenmiştir. Bu hata S&OP toplantısında farkedildiğinden düzeltilebilmesi imkanına sahiptir. Eksik üretim planının oluşturulması genelde insan kaynaklı bir hatadır. Talep rakamlarının sisteme geç yüklenmesi, master datanın yanlış tanımlanması veya hesaplanan talep rakamlarının yanlış olmasından kaynaklanmaktadır. Sürecin ilk adımlarındaki hatalar azaltıldığında eksik üretim planı oluşturmanın da azaldığı görülecektir.

Sonuçları yorumlayabilmek için uygulanan HTEA yönteminin ve Bulanık Swara-Copras yönteminin uzmanların sıralamasına göre mutlak sapmaları hesaplanmış ve Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Uygulanan yöntemlere göre hata sıralarının mutlak sapması.

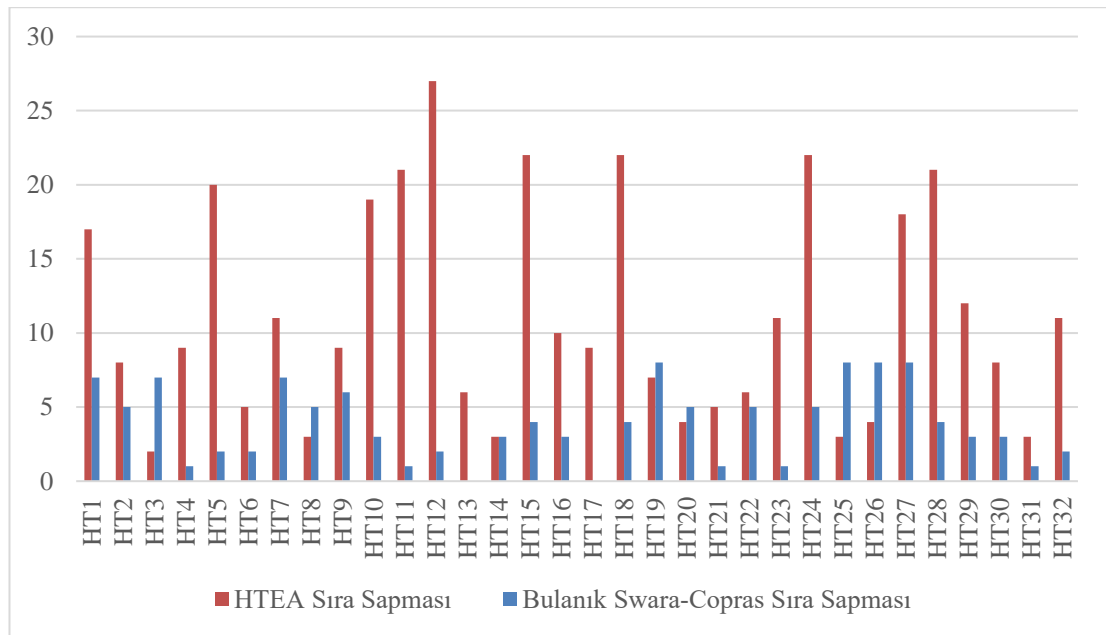
Hatalar	Bulanık Swara-Copras Sıra Sapması	HTEA Sıra Sapması
HT1	7	17
HT2	5	8
HT3	7	2
HT4	1	9

Çizelge 4.27. (devam ediyor)

<b>Hatalar</b>	<b>Bulanık Swara-Copras Sıra Sapması</b>	<b>HTEA Sıra Sapması</b>
HT5	2	20
HT6	2	5
HT7	7	11
HT8	5	3
HT9	6	9
HT10	3	19
HT11	1	21
HT12	2	27
HT13	0	6
HT14	3	3
HT15	4	22
HT16	3	10
HT17	0	9
HT18	4	22
HT19	8	7
HT20	5	4
HT21	1	5
HT22	5	6
HT23	1	11
HT24	5	22
HT25	8	3
HT26	8	4
HT27	8	18
HT28	4	21
HT29	3	12
HT30	3	8
HT31	1	3
HT32	2	11
<b>Sıraların Sapma Toplamı</b>	<b>124</b>	<b>358</b>
<b>Sıraların Sapma Toplamı</b>	<b>3,9</b>	<b>11,2</b>

Uzmanların oluşturduğu yeni sıralama ile beraber Bulanık Swara-Copras yönteminin HTEA yöntemine göre sıralarındaki sapmanın daha düşük olduğu ve daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Uygulanan bulanık Swara-Copras ve Süreç HTEA yöntemlerinin hata sıralarındaki mutlak sapmalar Şekil 4.9'da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9. HTEA ve Bulanık Swara-Copras yöntemlerinin hata sıralarının mutlak sapması.

Bulanık Swara ve Bulanık Copras yöntemi HTEA analizinin eksiklerini tamamlayabildiği ve uygulama kolaylığı olduğu için, ÇKKV problemlerinde kullanım alanı çok yeni olduğundan literatüre katkı sağlaması amacıyla tercih edilmiştir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE YORUMLAR

HTEA yönteminde belirsiz durumların fazla ve risklerin analizinin karmaşık olması sonucu sadece uzmanların bilgileri ve geçmişe ait deneyimleri göz önüne alınmaktadır. Çalışmada, HTEA'nın hataların önem değerlerini hesaplamada yetersiz kalan yönlerine çözüm getirebilmek amacıyla uzman görüşlerini daha iyi yansıtan süreç bazlı Bulanık Swara-Copras modeli önerilmiştir.

Süreç HTEA yöntemi bulanık sayılar ile çalışmadığından risk faktörlerinin farklı öneme sahip olduğunu gözardı etmektedir. Farklı risk önceliklerine sahip hatalar aynı şekilde değerlendirilmektedir. HTEA yöntemi içsel belirsizliği göz önüne almamaktadır ve görüş birliğine varılmasını zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda risk analizinde kriterler işletmenin veya sürecin yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Bu eksiklikler sürecin yanlış işlemesine yol açan ve risklerin sayısını ve şiddetini artıran hataların gözden kaçmasına sebep olmaktadır. Sürecin sonucu olarak da müşterinin taleplerinin yanlış hesaplanmasına talep edilenden fazla veya eksik üretim yapılmasına neden olmaktadır. Fazla ve eksik üretim yapılmasının da ayrıca maliyet, zaman kaybı, prestij kaybı, iş gücünün etkin kullanılamaması gibi önemli etkileri olmaktadır.

Uygulanan süreç bazlı bulanık Swara-Copras yönteminde ise üçgensel bulanık sayılar kullanılarak kriterler ve alternatifler dilsel değişkenler ile ifade edilmiştir. Her karar vericinin kriterleri sıralamasına imkan sunularak Swara yöntemi sonucunda ortak bir kriter ağırlık tablosu elde edilmiştir. Böylece süreç HTEA yönteminin eksikliği olan olasılık, tespit edilebilme ve şiddet kriterlerine eşit ağırlık verilmesinin



önüne geçilmiştir. Ayrıca hataların sıralanmasında bu kriterlerin dışında hataların nedenleri, iç müşterinin beklentisi ve en önemlisi bir önceki iş adımının etkisi kriteri de eklenerek uygulanan ÇKKV modeli ile daha başarılı bir değerlendirme yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalarda bir süreçte bulunan iş adımlarının birbiri ile ilişkilendirildiği çalışma sayısı oldukça azdır. Fakat bir iş akışında bulunan her iş adımı kendinden sonraki iş adımlarını etkilemektedir.

Risk analizi çalışmalarında hataların önceliklendirilmesi için yapılmış çalışmalarda HTEA yöntemi çok kez uygulanmıştır. HTEA yöntemi ile ÇKKV yöntemlerinden Bulanık Swara ve Bulanık Copras yöntemlerinin bir arada kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Isıtma iklimlendirme sektöründe yapılmış bir risk analizi çalışmasına da rastlanmamıştır.

Gelecek çalışmalarda analiz edilen sürece dair iyileştirici önemlerin alınması ve önlemlerin etkinliğinin benzer yaklaşımlarla değerlendirilmesi gerekir. Ayrıca karar destek sistemi entegre edilerek mevcut senaryolar için aksiyon planları alınabilir. Çalışmada önerilen süreç bazlı bulanık Swara-Copras modelinin tedarik zinciri risk analizi problemleri için yol gösterici olması umulmaktadır. Aynı zamanda son yıllarda geliştirilen ve yeni uygulanan Swara ve Copras yöntemlerinin farklı alanlarda uygulanması için literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Norrman, A., Jansson. U., “Ericsson’s proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5): 434-456 (2004).
2. Nagurney, A., Jose C., June D. and Ding Z., “Supply Chain Networks, Electronic Commerce and Supply Side and Demand Side Risk”, *European Journal of Operational Research*, 164 (1): 120-142 (2005).
3. Narasimhan, R., Talluri, S., “Perspectives on risk management in supply chains”, *Journal of Operations Management*, 27: 114-118 (2009).
4. Klaus, P., “Looking out for the Next Generation of Research Questions in Logistics”, *Logistics Research*, 1 (3): 129-130 (2009).
5. Faisal, M. N., Banwet, D. K. and Shankar R., “Supply Chain Risk Management in SMEs: Analysing the Barriers”, *International Journal of Enterprise Development*, 4 (5): 588-607 (2007).
6. Giannoccaro, I., “Assesing the influence of organization in the supply chain management using NK simulation”, *Int.J.Production Economics*, 131: 263-272 (2011).
7. Bosman, R., “The New Supply Chain Challenge: Risk Management in a Global Economy”, *FM Insurance Company Limited*, 4 (6): 3-10 (2006).
8. Ray, S., Black T., “The Downside of Just-in-Time Inventory”, *Bloomberg Business Week*, 28 (3):12-20 (2011).
9. Sodhi, M. S., Tang, C. S., “Managing Supply Chain Risk”, *Springer Science & Business Media*, New York, 6-70 (2012).
10. Enyinda, C. I., Alphonso O. C. B., “Global Supply Chain Risks Management: A New Battle Ground for Gaining Competitive Advantage”, *Proceedings of American Society of Business and Behavioral Sciences*, 15 (1): 278-292 (2008).
11. Li, G., Fan, H., Peter, K. C. L. and Cheng T. C. E., “Joint Supply Chain Risk Management: An Agency and Collaboration Perspective”, *International Journal of Production Economics*, 164: 83-94 (2015).

12. İnternet: PwC&MIT Forum, “Making the right risk decisions to strengthen operations performance”, PwC and the MIT Forum for Supply Chain Innovation,[http://www.pwc.com/en\\_GX/gx/operationsconsultingservices/pdf/wc-and-the-mit-forum-for-supply-chaininnovation\\_making-the-right-risk-decisions-to-strengthen-operations-performance\\_st-13-0060.pdf](http://www.pwc.com/en_GX/gx/operationsconsultingservices/pdf/wc-and-the-mit-forum-for-supply-chaininnovation_making-the-right-risk-decisions-to-strengthen-operations-performance_st-13-0060.pdf), (2013).
13. Sağlam, U., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Satış Dağıtım Fonksiyonunun Performansının Tedarik Zinciri Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul 70-115 (2008).
14. Forrester, J. W., ““Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers,” *Harvard Business Review*, 36 (4): 37-66 (1958).
15. Handfield R. B., Nichols, E. L., “Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems”, *Financial Times Prentice-Hall Inc.*, New Jersey, 3-10 (2002).
16. Cooper, M. C., Ellram L. M., “Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy,” *The International Journal of Logistics Management*, 4 (2): 13-24 (1993).
17. Lummus, R. L., Vokurka, R. J., “Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective and Practical Guidelines,” *Industrial Management & Data Systems*, 99 (1): 11-17 (1999).
18. Singhal, P., Agarwal, G. and Mitaal M. L., “Supply Chain Risk Management : Review , Classification and Future Research Directions,” *International Journal of Business Science and Applied Management*, 6 (3): 15-35 (2011).
19. Kağnıcıoğlu, C. H., Aydın, S., Hadgöl, S. ve Anagün, S., “Üretim Yönetimi”, Anadolu Üniversitesi, *Web-Ofset*, Eskişehir, Türkiye, 193-213 (2012).
20. Waters, D., “Logistics: An Introduction to Supply Chain Management”, *Palgrave Macmillan*, New York, USA, 35-49 (2003).
21. Douglas M. L., Cooper, M. C. and Pagh, J. D., “Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities,” *The International Journal of Logistics Management*, 9 (2): 1-20 (1998).
22. Bowersox, D. J., Closs, D. J. and Cooper, B.M., “Supply Chain Logistics Management, *McGraw-Hill*, New York, USA, 5-10 (2002).

23. Kotler, P., Armstrong, G., “Principles of Marketing 14th Edition”, *Prentice Hall*, New Jersey, 342-343, (2013).
24. Shukla, R. K., Garg, D. and Agarwal, A., “Understanding of Supply Chain: A Literature Review”, *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 3 (3): 2509-2072 (2011).
25. Christopher M., “Logistics and Supply Chain Management 5<sup>th</sup> ed.”, *FT Publishing*, London, 1-5 (1992).
26. Monczka, R. M., Morgan, J., “What’s wrong with supply chain management?”, *Purchasing*, 122 (1): 69-73 (1997).
27. Ross, D. F., ““Competing Through Supply Chain Management; Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships”, *Kluwer Academic Publishers*, Massacuchussets, USA, 1-10 (2000).
28. Azadeh, A., Alem, S.M., “A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis”, *Expert Systems with Applications*, 37 (12): 7438-7448 (2010).
29. Stadtler, H., “Supply Chain Management and Advanced Planning-Basics, Overview and Challenges,” *European Journal of Operational Research*, 163 (3): 575-588 (2005).
30. Christopher, M., “Logistics: The Strategic Issues”, *Chapman and Hall*, London, England, 63-75 (1992).
31. Nagalingam, S., Lin, G., “Latest developments in CIM”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 15 (1): 423-430 (1999).
32. Akanle, O.M., Zhang, D. Z., “Agent based model for optimizing supply chain configurations”, *International Journal of Production Economics*, 115 (2): 444-460 (2008).
33. Merna, T., Al-Thani, F., “Corporate Risk Management 2nd ed.”, *John Wiley & Sons Ltd*, Chichester, 10-24, (2011).
34. Özbilgin, İ. G., “Risk ve Risk Çeşitleri”, *Bilişim Dergisi*, İstanbul, Temmuz: 86-93 (2012).
35. Heckmann, I., Comes, T. and Nickel S., “A critical review on supply chain risk- Definition, measure and modeling”, *Omega*, 52 (4): 119-132 (2015).

36. Knight, F. H., "Risk, Uncertainty and Profit", *Houghton Mifflin Company*, Boston, 3-21 (1921).
37. Bradley, J. R., "An improved method for managing catastrophic supply chain disruptions", *Business Horizons*, 57, 483-495 (2014).
38. Lowrance, W., "The Nature of Risk, *Springer Science+Business Media*, New York, 5-17 (1980).
39. Holton, G. A., "Defining Risk", *Financial Analysts Journal*, 60 (6): 19-25 (2004).
40. March, J. G., Shapira, Z., "Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking," *Management Science*, 33 (11): 1404-1418 (1987).
41. Yates, J.F., Stone E.R., "The Risk Construct", *Wiley & Sons Ltd*, New York, 3-7 (1992).
42. Mitchell, V. W., "Organizational Risk Perception and Reduction: A Literature Review ", *British Journal of Management*, 6 (2): 115–133 (1995).
43. Internet: Saylor.org Academy, "Risk Management for Enterprises and Individuals", [https://saylordotorg.github.io/text\\_risk-management-for-enterprises-and-individuals/s05-the-nature-of-risk-losses-and-.html](https://saylordotorg.github.io/text_risk-management-for-enterprises-and-individuals/s05-the-nature-of-risk-losses-and-.html), (2020).
44. Manuj, I., Mentzer, J. T., ""Global Supply Chain Risk Management Strategies," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38 (3): 192-223 (2008).
45. Hagigi, M., Sivakumar, K., "Managing Diverse Risks: An Integrative Framework," *Journal of International Management*, 15 (3): 286-295 (2009).
46. Takata, S., Yamanaka, M., "BOM based supply chain risk management", *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 62 (1): 479-482 (2013).
47. Kraljic, P., "Purchasing Must Become Supply Management", *Harvard Business Review*, 1-14 (1983).
48. Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., Handfield, R.B., "The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities", *Decisions Sciences*, 38 (1): 131-156 (2007).
49. Zsidisin, G. A., Panelli, A. and Uppton, R., "Purchasing Organization Involvement in Risk Assessments, Contingency Plans, and Risk Management: An Exploratory Study", *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (4): 187-198 (2000).

50. Blos, M., Quaddus, M., Wee, H. M. and Watanabe, K., "Supply Chain Risk Management (SCRM): A Case Study on the Automotive and Electronic Industries in Brazil", *Supply Chain Management: An International Journal*, 14 (4): 247- 252 (2009).
51. Giannakis, M., Louis, M., "A multi-agent based framework for supply chain risk management", *Journal of Purchasing & Supply Management*, 17 (1): 23–31 (2011).
52. Jüttner, U., "Supply chain risk management: understanding the business requirements from a practitioner perspective", *The International Journal of Logistics Management*, 16 (1): 120-141 (2006).
53. Tang, C. S., "Perspectives in supply chain risk management", *International Journal of Production Economics*, 103 (2): 451-488 (2006).
54. Briggs, C. A., "Risk Assessment in the Up Stream Crude Oil Supply Chain: Leveraging Analytic Hierarchy Process, Ph.D. Thesis, *North Dakota University Agriculture and Applied Sciences*, Fargo, 121-125 (2010).
55. Christopher, M., Towill D. R., "Developing Market Specific Supply Chain Strategies", *The International Journal of Logistics Management*, 13 (1): 1-14 (2002).
56. Rowat, C., "LRN Supply-Chain Risk and Vulnerability Workshop", *Logistics & Transport Focus*, 5 (2): 68-69 (2003).
57. Chapman, P., Christopher, M., Jüttner, U., Peck, H. and Wilding, R., "Identifying and Managing Supply Chain Vulnerability," *Logistics & Transport Focus*, 4 (4): 59–70 (2002).
58. Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen, V.M. and Tuominen, M., "Risk management processes in supplier Networks", *International Journal of Production Economics*, 90 (1): 47-58 (2004).
59. Öner, G. R., "Tedarik Zinciri Yönetimi Yapan Şirketlerin Risk Yönetimi Olgunluk Düzeylerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, *Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 1-7 (2017)
60. Jüttner, U., Peck, H. and Christopher, M., "Supply Chain Risk Management: Outlining an Agenda for Future Research", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 6 (4): 199-200 (2003).
61. Chopra, S., Sodhi, M., "Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown", *MIT Sloan Management Review*, 26 (1): 53-61 (2004).

62. Harland, C., Brenchley, R. and Walker, H., "Risk in Supply Networks," *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9 (2): 51-62 (2003).
63. Musa, S. N., "Supply Chain Risk Management: Identification, Evaluation and Mitigation Techniques", *Linköping Studies in Science and Technology*, Sweden, 1459 : 7-27 (2012).
64. Olson, D. L., "Supply Chain Risk Management: Tools for Analysis", The Supply and Operations Management Collection, *Business Expert Press*, New York, USA, 10-15 (2012).
65. Pankaj, R. S., Larry, E. W. and Malzahn, D., "Methodology to Mitigate Supplier Risk in an Aerospace Supply Chain," *Supply Chain Management: An International Journal*, 9 (2): 154-168 (2004).
66. Radivojević, G., Gajović, V., "Supply chain risk modeling by AHP and Fuzzy AHP methods", *Journal of Risk Research*, 17 (3): 337-352 (2014).
67. Huang, X., Zhang, L., "Study on Risk and Prevention of Retail Enterprise-Oriented Supply Chain", *Conference on Education Technology and Management Science*, Atlantis Press, 1320-1322 (2013).
68. Waters, D., "Supply chain risk management: Vulnerability and Resilience in Logistics 2<sup>nd</sup> ed.", *Kogan Page Limited*, London, UK, 99-127 (2011).
69. Chen, J., Sohal A. S. and Prajogo, D. L., "Supply chain operational risk mitigation: a collaborative approach", *International Journal of Production Research*, 51(7): 2186-2199 (2012).
70. Faisal, M. N., Banwet, D. K. and Shankar R., "Information Risk Management in Supply Chains: An Assessment and Mitigation Framework", *Journal of Enterprise Information Management*, 20 (6): 677-699 (2007).
71. Tang, O., Musa, S. N., "Identifying Risk Issues and Research Advancements in Supply Chain Risk Management", *International Journal of Production Economics*, 133 (1): 25-34 (2011).
72. Demirkol, İ., Ünğan, M. C. ve Ayanoglu, M., "Tedarik Zinciri Risklerinin İşletme Performansı Üzerindeki Etkisi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama", *İşletme Bilimi Dergisi*, 3 (1): 20-35 (2015).
73. Christopher, M., Lee, H., "Mitigating supply chain risk through improved confidence building the resilient supply chain", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5): 388-396 (2004).
74. Barrat, M., "Understanding the meaning of collaboration in the supply chain", *Supply Chain Management: An International Journal*, 9 (1): 30 – 42 (2004).

75. Xia, D., Chen, B., “A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain”, *Expert Systems with Applications*, 38 (5): 4957-4966 (2011).
76. Mensaha, P., Merkuryeva, Y., Klavinsa, E. and Manakb, S., “Supply Chain Risks Analysis of a Logging Company: Conceptual Model”, *Procedia Computer Science*, 104: 313-320 (2017).
77. Jiang, B., Li, J. and Shen, S., “Supply Chain Risk Assessment and Control of Port Enterprises: Qingdao port as case study”, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34 (3): 198-208 (2018).
78. Nuss, P., Graedel, T. L., Alonso, E. and Carroll, A., “Mapping supply chain risk by network analysis of product platforms”, *Sustainable Materials and Technologies*, 10: 14-22 (2016).
79. Gu, J., Yang, Y., Xia, X., “The Evaluation of Default Risk: An Empirical Analysis on the White Wine Supply Chain”, *Procedia Computer Science*, 91: 230-237 (2016).
80. Liu, L., Liu, X. and Liu, G., “The risk management of perishable supply chain based on coloured Petri Net modeling”, *Information Processing in Agriculture*, 5 (1): 47-59 (2018).
81. Cubea, J. P., Hartela, L. and Schmitta, R., “Model-based Decision Support in Supply Chains – Requirements for Monetary Supply Risk Quantification”, *Procedia CIRP*, 57: 171-176 (2016).
82. Wang, H, Gu, H, Jin, M., Zhao, R. and Wang, G., “The complexity measurement and evolution analysis of supply chain network under disruption risks”, *Chaos, Solitons & Fractals*, 116: 72-78 (2018).
83. Yang, Q, Wang, Y. and Ren, Y., “Research on financial risk management model of internet supply chain based on data science”, *Cognitive Systems Research*, 56: 50-55 (2019).
84. Valinejad, F., Rahmani, D., “Sustainability risk management in the supply chain of telecommunication companies: A case study”, *Journal of Cleaner Production*, 203: 53-67 (2018).
85. Qazi, A., Akhtar, P., “Risk matrix driven supply chain risk management: Adapting risk matrix based tools to modelling interdependent risks and risk appetite”, *Computers & Industrial Engineering*, 139: 1-17 (2018).



86. Shojei, P., Haeri, S. A. S., “Development of supply chain risk management approaches for construction projects: A grounded theory approach”, *Computers & Industrial Engineering*, 128: 837-850 (2019).
87. Brosas, M. E., Kilatang, M. A., Li, N. B., Ocampo, L., Promentilla, M. A., Yu, K. D., “Novel approach for manufacturing supply chain risk analysis using fuzzy supply inoperability input-output model”, *Manufacturing Letters*, 12: 1-5 (2017).
88. Schaefer, T., Udenio, M., Quinn, S. and Fransoo, J. C., “Water risk assessment in supply chains”, *Journal of Cleaner Production*, 208: 636-648 (2019).
89. Prakash, A., Agarwal, A, and Kumar, A., “Risk Assessment in Automobile Supply Chain”, *Materials Today: Proceedings*, 5(2): 3571-3580 (2018).
90. Venkatesh, V. G., Rathi, S. and Patwa, S., “Analysis on supply chain risks in Indian apparel retail chains and proposal of risk prioritization model using Interpretive structural modeling”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 26: 153-167 (2015).
91. Deng, X., Yang, X., Zhang, Y., Li, Y. and Lu, Z., “Risk propagation mechanisms and risk management strategies for a sustainable perishable products supply chain”, *Computers & Industrial Engineering*, 135: 1175-1187 (2019).
92. Gallab, M., Bouloiz, H., Garbolino, E., Tkiouat, M., Elkilani M. A. and Bureau, N., “Risk analysis of maintenance activities in a LPG supply chain with a Multi-Agent approach”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 47: 41-56 (2017).
93. Oliveira, J. B., Jin, M., Lima, R.S., Kobza, J. E. Montevechi, J. A. B., “The role of simulation and optimization methods in supply chain risk management: Performance and review standpoints”, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 92: 17-44 (2019).
94. Liu, J., An, R., Xiao, R., Yang, Y., Wang, G. and Wang, Q., “Implications from substance flow analysis, supply chain and supplier’ risk evaluation in iron and steel industry in Mainland China”, *Resources Policy*, 51: 272-282 (2017).
95. Wenyan, Z., Lusheng, S. and Honglin, Y., “Mean–variance analysis of option contracts in a two-echelon supply chain”, *European Journal of Operational Research*, 271 (2): 535-547 (2018).

96. Markert, F., Hansen, Z. N. L., “Risk Analysis of Complex Hydrogen Supply Chains”, *Hydrogen Supply Chains: Design, Deployment and Operation*, **Academic Press**, India, 521-552 (2018).
97. Jasinski, D., Cinelli, M., Dias, L.C., Meredith, J. and Kirwan, K., “Assessing supply risks for non-fossil mineral resources via multi-criteria decision analysis”, *Resources Policy*, 58: 150-158 (2018).
98. Gallab, M., Bouloiz, H., Garbolino, E., Alaoui Y. L. and Tkiouat, M., “Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic”, *Procedia Computer Science*, 148: 226-235 (2019).
99. Sherwin, M. D., Medal, H. and Lapp, S. A., “Proactive cost-effective identification and mitigation of supply delay risks in a low volume high value supply chain using fault-tree analysis”, *International Journal of Production Economics*, 175: 153-163 (2016).
100. Qazi, A., Quigley, J., Dickson, A. and Ekici, Ş. Ö., “Exploring dependency based probabilistic supply chain risk measures for prioritising interdependent risks and strategies”, *European Journal of Operational Research*, 259 (1):189-204 (2017).
101. Song, W., Ming, X. and Liu, H. C., “Identifying critical risk factors of sustainable supply chain management: A rough strength-relation analysis method”, *Journal of Cleaner Production*, 143: 100-115 (2017).
102. Er Kara, M., Firat, S. Ü. O. and Gahdge, A., “A data mining-based framework for supply chain risk management”, *Computers & Industrial Engineering*, 139: 1-11 (2018).
103. Basset, M. A., Gunesekaran, M., Mohamed, M. and Chilamkurti, N., “A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain”, *Future Generation Computer Systems*, 90: 489-502 (2019).
104. Rumson, A. G., Hallet, S. H., “Innovations in the use of data facilitating insurance as a resilience mechanism for coastal flood risk”, *Science of The Total Environment*, 661: 598-612 (2019).
105. Zhao, L. T., Guo, S. Q. and Wang, Y., “Oil market risk factor identification based on text mining technology”, *Energy Procedia*, 158: 3589-3595 (2019).

106. Ge, H., Nolan, J., Gray, R., Goetz, S. and Han, Y., "Supply chain complexity and risk mitigation – A hybrid optimization–simulation model", *International Journal of Production Economics*, 179: 228-238 (2016).
107. Xu, M., Cui, Y., Hu, M., Xu, X., Zhang, Z., Liang, S. and Qu, S., "Supply chain sustainability risk and assessment", *Journal of Cleaner Production*, 225: 857-867 (2019).
108. Pellegrino, R., Costantino, N. and Tauro, D., "Supply Chain Finance: A supply chain-oriented perspective to mitigate commodity risk and pricing volatility", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25 (2): 118-133 (2019).
109. Wan, C., Yan, X., Zhang, D., Qu, Z. and Yang, Z., "An advanced fuzzy Bayesian-based FMEA approach for assessing maritime supply chain risks", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125: 222-240 (2019).
110. Rahimi, M., Ghezavati, V. and Asadi, F., "A stochastic risk-averse sustainable supply chain network design problem with quantity discount considering multiple sources of uncertainty", *Computers & Industrial Engineering*, 130: 430-449 (2019).
111. Lopez, C., Benitez, R. R., "Multilayer analysis of supply chain strategies' impact on sustainability", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 26 (2): 1-15 (2019).
112. Cunha, L., Ceryno, P. and Leiras, A., "Social supply chain risk management: A taxonomy, a framework and a research agenda", *Journal of Cleaner Production*, 220: 1101-1110 (2019).
113. Chan, C. K., Zhou, Y. and Wong, K. H., "An equilibrium model of the supply chain network under multi-attribute behaviors analysis", *European Journal of Operational Research*, 275 (2): 514-535 (2019).
114. Behzadi, G., O'Sullivan, M. J., Olsen, T. L. and Zhang, A., "Agribusiness supply chain risk management: A review of quantitative decision models", *Omega*, 79: 21-42 (2018).
115. Sreedevi, R., Saranga, H., "Uncertainty and supply chain risk: The moderating role of supply chain flexibility in risk mitigation", *International Journal of Production Economics*, 193: 332-342 (2017).

116. Mohajeri, A., Fallah, M., “A carbon footprint-based closed-loop supply chain model under uncertainty with risk analysis: A case study”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48: 425-450 (2016).
117. Er Kara, M., “Tedarik zinciri risk yönetiminde veri madenciliği yaklaşımı”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-22 (2017).
118. Avcı, G. M., “Küresel tedarik zinciri risk yönetimi için acil sevkiyatları dikkate alan bir karar destek sistemi”, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-22 (2016).
119. Jovic, S., “Gıda sektöründe tedarik zinciri risk faktörlerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-9 (2014).
120. Özgüner, M., “Tedarik zinciri risklerinin işletme performansına etkisi ve tedarikçi ilişkilerinin moderatör (Düzenleyici) rolü”, Doktora Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep, 1-13 (2017).
121. Demirkol, İ., “Tedarik zinciri risklerinin işletme performansına etkisi: Otomotiv yan sanayisinde bir uygulama”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Sakarya, 1-9 (2016).
122. Buran, A. Ç., “Tedarik zinciri risklerinin azaltılmasında işbirliği yaklaşımı: Üretim işletmelerinde bir araştırma”, Doktora Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kütahya, 85-90 (2016).
123. Salkın, S. C., “Geleneksel ve e-ticaret tedarik zinciri risk yönetiminin sistem dinamiği yaklaşımıyla modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 43-101 (2014).
124. Çalık, A., “Otomotiv Tedarik Zincirinde Risk Değerlendirmesi için Bulanık AHP ve TOPSIS ile Bütünleşik Bir Yaklaşım”, *İşletme Araştırmaları Dergisi, Journal of Business Research-Turk*, 10 (4): 868-886 (2018).
125. Er Kara, M., Fırat, S. Ü. O., “Tedarik Zinciri Risk Yönetiminin Gelişmesini Tetikleyen Risk Olayları Üzerine Bir İnceleme”, Gümüşhane Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, *IV. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Gümüşhane, 326-332 (2015).
126. Venkatachalam, S., Narayanan, A., “Two-stage absolute semi-deviation mean-risk stochastic programming: An application to the supply chain replenishment problem”, *Computers & Operations Research*, 106: 62-75 (2019).

127. Özdemir, A., Seçme, G., “Tedarik Zinciri Ağ Tasarımına Bulanık Ulaştırma Modeli Yaklaşımı”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32: 219-237 (2009).
128. Düzgün, K., “Kontratlar ile Tedarik Zinciri Kombinasyonu: Üç Kademeli Bir Tedarik Zinciri Simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kayseri, 75-105 (2019).
129. Huo, L., Guo, H. and Cheng, Y., “Supply chain risk propagation model considering the herd mentality mechanism and risk preference”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 529: 1-13 (2019).
130. Tian, Q., Guo, W., “Reconfiguration of manufacturing supply chains considering outsourcing decisions and supply chain risks”, *Journal of Manufacturing Systems*, 52: 217-226 (2019).
131. Ali, S. M., Maktadir, M. A., Kabir, G., Chakma, J., Rumi, J. U. and İslam, T., “Framework for evaluating risks in food supply chain: Implications in food wastage reduction”, *Journal of Cleaner Production*, 228: 786-800 (2019).
132. Baryannis, G., Dani, S. and Antoniou, G., “Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability”, *Future Generation Computer Systems*, 101: 993-1004 (2019).
133. Jajja, M. S. S., Chatha, K. A. and Farooq, S., “Impact of supply chain risk on agility performance: Mediating role of supply chain integration”, *International Journal of Production Economics*, 205: 118-138 (2018).
134. Chowdhry, N. A., Ali, S. M., Mahtab, Z., Rahman, T., Kabir, G. and Paul, S. K., “A structural model for investigating the driving and dependence power of supply chain risks in the readymade garment industry”, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 51: 102-113 (2019).
135. Wu, Y., Jia, W., Li, I., Song, Z., Xu, C. and Liu, F., “Risk assessment of electric vehicle supply chain based on fuzzy synthetic evaluation”, *Energy*, 182: 397-411 (2019).
136. Choi, T. M., Wen, X., Sun, X. and Chung, S. H., “The mean-variance approach for global supply chain risk analysis with air logistics in the blockchain technology era”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127: 178-191 (2019).
137. Zhao, N., “Managing interactive collaborative mega project supply chains under infectious risks”, *International Journal of Production Economics*, 218: 275-286 (2019).

138. Adeseun, M. A., Anosike, A. I., Ryas, J. A. G. and Talib, M. A., "Supply Chain Risk Perception: Understanding The Gap Between Theory and Practice", *IFAC-Papers OnLine*, 51(11): 1701-1706 (2018).
139. Hsu, P. Y., Aurisicchio, M. and Angeloudis, P., "Risk-averse supply chain for modular construction projects", *Automation in Construction*, 106: 1-10 (2019).
140. Oliveira, F. N., Leiaras, A. and Ceryno, P., "Environmental risk management in supply chains: A taxonomy, a framework and future research avenues", *Journal of Cleaner Production*, 232: 1257-1271 (2019).
141. Ming, C. T., Cheng, M., Bin, S. and Qi, S., "Optimal pricing in mass customization supply chains with risk-averse agents and retail competition", *Omega*, 88: 150-161 (2019).
142. Li, S., Xue, C., "Birnbaum importance analysis of supply chain fault risks based on binary decision diagram", *Proceeda Manufacturing*, 30: 106-111 (2019).
143. D'Amore, F., Mocellin, P., Vianello, C., Maschio, G. and Bezzo, F., "Economic optimisation of European supply chains for CO2 capture, transport and sequestration, including societal risk analysis and risk mitigation measures", *Applied Energy*, 223: 401-415 (2018).
144. Vilko, J., Ritala, P. and Hallikas, J., "Risk management abilities in multimodal maritime supply chains: Visibility and control perspectives", *Accident Analysis & Prevention*, 123: 469-481 (2019).
145. Hosseini, S., Ivanov, D., Dolgui, A., "Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125: 285-307 (2019).
146. He, J., Alavifard, F., Ivanov, D. and Jahani, H., "A real-option approach to mitigate disruption risk in the supply chain", *Omega*, 88: 133-149 (2019).
147. Wu, T., Zhang, L. G and Ge, T., "Managing financing risk in capacity investment under green supply chain competition", *Technological Forecasting and Social Change*, 143: 37-44 (2019).
148. Thun, J. H., Hoing, D., "An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry", *International Journal of Production Economics*, 131 (1): 242-249 (2011).

149. Yan, J., Li, X., Shi, Y., Sun, S. and Wang, H., "The effect of intention analysis-based fraud detection systems in repeated supply Chain quality inspection: A context of learning and contract", *Information & Management*, 57 (3): 1-14 (2019).
150. Aguila, J. O., Elmaraghy, W. and Elmaraghy, H., "Impact of risk attitudes on the concurrent design of supply chains and product architectures", *Procedia CIRP*, 81: 974-979 (2019).
151. Pulido, M. A., Moreno, L. E., Villarroel, M., Berasain, M. A. M. and Lama, G. C. M., "Transporters knowledge toward preslaughter logistic chain and occupational risks in Mexico: An integrative view with implications on sheep welfare", *Journal of Veterinary Behavior*, 33: 114-120 (2019).
152. Zare, M., Esmaeili, M. and He, Y., "Implications of risk-sharing strategies on supply chains with multiple retailers and under random yield", *International Journal of Production Economics*, 216: 413-242 (2019).
153. Dallasega, P., Sarkis, J., "Understanding greening supply chains: Proximity analysis can help", *Resources, Conservation and Recycling*, 139: 76-77 (2018).
154. Rajagopal, V., Venkatesan, S. P. and Goh, M., "Decision-making models for supply chain risk mitigation: A review", *Computers & Industrial Engineering*, 113: 646-682 (2017).
155. Vandana, Kaur, A., "Two-level trade credit with default risk in the supply chain under stochastic demand", *Omega*, 88: 4-23 (2019).
156. Fan, Y., Feng, Y. and Shou, Y., "A risk-averse and buyer-led supply chain under option contract: CVaR minimization and channel coordination", *International Journal of Production Economics*, 219: 66-81 (2020).
157. Silva, C., Pavao, A. P. B. and Carvalho, A., "Green Supply Chain: Integrating Financial Risk Measures while Monetizing Environmental Impacts", *Computer Aided Chemical Engineering*, 46: 1549-1554 (2019).
158. Raza, S. A., Govindaluri, S. M., "Pricing strategies in a dual-channel green supply chain with cannibalization and risk aversion", *Operations Research Perspectives*, 6: 1- 14 (2019).
159. Akinrolabu, O., Nurse, J. R. C., Martin, A. and New, S., "Cyber risk assessment in cloud provider environments: Current models and future needs", *Computers & Security*, 87: 1-16 (2019).

160. Lai, X., Tao, Y., Wang, F. and Zou, Z., “Sustainability investment in maritime supply chain with risk behavior and information sharing”, *International Journal of Production Economics*, 218: 16-29 (2019).
161. Brusset, X., Bertrand, J. L., “Hedging weather risk and coordinating supply chains”, *Journal of Operations Management*, 64: 41-52 (2018).
162. Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J. and Gaudenzi, B., “Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks”, *International Journal of Production Economics*, 196: 24-42 (2018).
163. Honglu, L., Zhihong, T, Anqiang, H. and Zaili, Y., “Analysis of vulnerabilities in maritime supply chains”, *Reliability Engineering & System Safety*, 169: 475-484 (2018).
164. Schmitt, A. J., Singh. M., “A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain”, *International Journal of Production Economics*, 139 (1): 22-32 (2012).
165. Giannakis, M., Papadopoulos, T., “Supply chain sustainability: A risk management approach”, *International Journal of Production Economics*, 171 (4): 455-470 (2016).
166. Fanhimnia, B., Tang, C. S., Davarzani, H. and Sarkis, J., “Quantitative models for managing supply chain risks: A review”, *European Journal of Operational Research*, 247 (1): 1-15 (2015).
167. Sakli, L., Hennet, J. C. and Mercantini, M. J., “An analysis of risks and vulnerabilities in supply networks”, *IFAC Proceedings Volumes*, 47 (3): 8933-8938 (2014).
168. Schur, R., Gönsch, J. and Hassler, M., “Time-consistent, risk-averse dynamic pricing”, *European Journal of Operational Research*, 277 (2): 587-603 (2019).
169. Yang, B., “Construction of logistics financial security risk ontology model based on risk association and machine learning”, *Safety Science*, 123: 1-10 (2019).
170. Dong, Q., Cooper, O., “An orders-of-magnitude AHP supply chain risk assessment framework”, *International Journal of Production Economics*, 182: 144-156 (2016).



171. Basole, R. C., Bellamy, M. A., “Visual analysis of supply network risks: Insights from the electronics industry”, *Decision Support Systems*, 67: 109-120 (2014).
172. Leblanc, D. I., Villeneuve, S., Beni, L. H., Otten, A., Fazil, A., McKellar, R. and Delaquis, P., “A national produce supply chain database for food safety risk analysis”, *Journal of Food Engineering*, 147: 24-38 (2015).
173. Zimmer, K., Fröhling, M., Breun, P. and Schultmann, F., “Assessing social risks of global supply chains: A quantitative analytical approach and its application to supplier selection in the German automotive industry”, *Journal of Cleaner Production*, 149: 96-109 (2017).
174. Peng, H., Pang, T., “Optimal strategies for a three-level contract-farming supply chain with subsidy”, *International Journal of Production Economics*, 216: 274-286 (2019).
175. Cauwenberge, A. V., Vancauteran, M., Braekers, R. and Vandemaele, S., “International trade, foreign direct investments, and firms’ systemic risk: Evidence from the Netherlands”, *Economic Modelling*, 81: 361-386 (2019).
176. Oliva, F. N., “A maturity model for enterprise risk management”, *International Journal of Production Economics*, 173: 66-79 (2016).
177. Kang, K., Zhao, Y., Zhang, J. and Qiang, C., “Evolutionary game theoretic analysis on low-carbon strategy for supply chain enterprises”, *Journal of Cleaner Production*, 230: 981-994 (2019).
178. Xiaohui, W., Xiaobing, Z., Shiji, S. and Cheng, W., “Study on risk analysis of supply chain enterprises”, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 17 (4): 781-787 (2006).
179. Kırılmaz, O., Erol, S., “A proactive approach to supply chain risk management: Shifting orders among suppliers to mitigate the supply side risks”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 23 (1): 54-65 (2017).
180. Vieira, A. C., Dias, M. S., Santos, M. Y., Pereira, A. B. and Oliveira, J. A., “Simulation of an automotive supply chain using big data”, *Computers & Industrial Engineering*, 137: 1-13 (2019).
181. Markmann, C., Darkow, I. L. and Gracht H. V. D., “A Delphi-based risk analysis — Identifying and assessing future challenges for supply chain security in a multi-stakeholder environment”, *Technological Forecasting and Social Change*, 80 (9): 1815-1833 (2013).

182. Sabouhi, F., Psihvaei, M. S. and Jabalemeli, M. S., “Resilient supply chain design under operational and disruption risks considering quantity discount: A case study of pharmaceutical supply chain”, *Computers & Industrial Engineering*, 126: 657-672 (2018).
183. Gu, J., Xia, X., He, Y. and Xu, Z., “An approach to evaluating the spontaneous and contagious credit risk for supply chain enterprises based on fuzzy preference relations”, *Computers & Industrial Engineering*, 106: 361-372 (2017).
184. Chen, S., Wang, H., Xie, Y. and Qi, C., “Mean-risk analysis of radio frequency identification technology in supply chain with inventory misplacement: Risk-sharing and coordination”, *Omega*, 46: 86-103 (2014).
185. Lueg, K., Krastev, B. and Lueg, R., “Bidirectional effects between organizational sustainability disclosure and risk”, *Journal of Cleaner Production*, 229: 268-277 (2019).
186. Rentizelas, A., Melo, I. C., Junior, P. N. A., Campoli, J. S. and Rebellato, D. A. N., ”Multi-criteria efficiency assessment of international biomass supply chain pathways using Data Envelopment Analysis”, *Journal of Cleaner Production*, 237: 1-15 (2019).
187. Serrano, A., Oliva, R and Kraiselburd, S., “Risk propagation through payment distortion in supply chains”, *Journal of Operations Management*, 58-59: 1-14 (2018).
188. Rajesh, R., Ravi, V., “Modeling enablers of supply chain risk mitigation in electronic supply chains: A Grey–DEMATEL approach”, *Computers & Industrial Engineering*, 87: 126-139 (2015).
189. Basset, M. A., Mohamed, M., “A Novel Plithogenic TOPSIS- CRITIC Model for Sustainable Supply Chain Risk Management”, *Journal of Cleaner Production*, 247: 1-15 (2020).
190. Chu, C. Y., Park, K. And Kremer, G. E., “A Global Supply Chain Risk Management Framework: An Application of Text-Mining to Identify Region-Specific Supply Chain Risks”, *Advanced Engineering Informatics*, 45: 1-17 (2020).
191. Dias, G. C., Hernandez, C. T. and Oliveira, U. R., “Supply Chain Risk Management and Risk Ranking in the Automotive Industry”, *Gestao&Producao*, 27 (1): 1-21, (2020).

192. Hosseini, S., Ivanov, D., “Bayesian networks for supply chain risk, resilience and ripple effect analysis: A literature review”, *Expert Systems with Applications*, 161: 1-20 (2020).
193. Choirun, A., Sansoto, I. and Astuti, R., “Sustainability risk management in the agri-food supply chain: literature review”, *International Conference on Green Agro-Industry and Bioeconomy*, 475: 2-8 (2020).
194. Babu, H., Bhardwaj, P. and Agrawal, A. K., “Modelling the Supply Chain Risk Variables Using ISM: A Case Study on Indian Manufacturing SMEs”, *Journal of Modelling in Management*, 15 (4): 1-20 (2020).
195. İnternet: “Risk Analizi Nedir?”, Taksim OSGB, <https://www.taksimosg.net/risk-analizi-nedir/>, (2018).
196. Shtub, A., Bard, J. F. and Globerson, S., “Project Management: Engineering, Technology and Implementation”, *Prentice-Hall, Englewood Cliffs*, New Jersey, USA, 20-84 (1994).
197. Çeliktaş, B., Ünlü, Ü.N., “Risk Değerlendirme Karar Matrisi Yöntemi Kullanılarak Örnek Bir Risk Değerlendirme Raporunun Oluşturulması”, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 65: 483-504 (2018).
198. Eevli, S., “Hata Türü ve Etkileri Analizi Ders Notu”, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü*, Samsun (2018).
199. Bowles, J. B., Peláez, C. E., “Fuzzy Logic Prioritization of Failures in A System Failure Mode, Effects and Criticality Analysis”, *Reliability Engineering and System Safety*, 50 (2): 203-213 (1995).
200. Stamatis, D. H., “Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory and Execution 2<sup>nd</sup> ed.”, *ASQ Quality Press: Milwaukee*, Wisconsin, USA, 19-25 (2003).
201. Teng, S. H., Ho, S. Y., “Failure Mode and Effects Analysis: An Integrated Approach for Product Design and Process Control”, *International Journal of Quality and Reliability Management*, 13 (5): 8-26 (1996).
202. Akın, B., “ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) 1<sup>st</sup> ed.”, *Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, Türkiye, 20-35 (1998).
203. Baykasoğlu, A., Dereli, T., Yılkırkan, N. ve Yılkırkan, A., “Hata Türü Ve Etkileri Analizi (HTEA) ve Gaziantep'te Orta Ölçekli Bir Firmada Uygulanması”, *II. Makina Tasarım ve malat Teknolojileri Kongresi*, Konya, 157-163 (2003).

204. Breiing, A. J., Kunz, A. M., “Critical Consideration and Improvement of the FMEA”, *Fourth International Symposium of Tools and Methods of Competitive Engineering*, Wuhan, China, 519-530 (2002).
205. Altaş, İ. H., “Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, Bileşim Yayıncılık, A.Ş., 62: 80-85 (1999).
206. Tiryaki, A. E., Kazan, R., “Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi”, *Mühendis ve Makina*, 48 (565): 3-8 (2007).
207. İnternet: Taşdemir, O., Dilaver, M. Ve Sönmez, Y.M., Proses Tehlike Analizlerindeki Belirsizliklerin Bulanık Mantık İle Kantitatifleştirilmesi”, [https://www.proscon.com.tr/proses-tehlike-analizlerindeki-belirsizliklerin bulanik-mantik-ile-kantitatiflestirilmesi/](https://www.proscon.com.tr/proses-tehlike-analizlerindeki-belirsizliklerin-bulanik-mantik-ile-kantitatiflestirilmesi/), (2016).
208. İnternet: Ataşoğlu, A., “Bulanık Mantık Nedir, Ne Değildir?”, <https://medium.com/@ahmetatasoglu98/bulan%C4%B1k-mant%C4%B1k-0-nedir-ne-de%C4%9Fildir-9ab59e7e67b7>, (2019).
209. Eroğlu, Ö., “Bakım/onarım alternatiflerinin bulanık DEMATEL ve SMAA-2 yöntemleriyle değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *T.C.Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-40 (2014).
210. Khasha R., Sepehri M.M. ve Khatibi T., “Fuzzy FMEA approach to prioritizing surgical cancellation factors”, *International Journal of Hospital Research*, 2 (1): 17-24, (2013).
211. Herişçakar, E., “Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulaması”, *Gemi İnşaatı ve Teknolojisi Teknik Kongresi*, İstanbul, 240-256 (1999).
212. Phua M.H. & Minowa M., “A GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Approach To Forest Conservation Planning At A Landscape Scale: A Case Study In The Kinabalu Area, Sabah, Malaysia”, *Landscape and Urban Planning*, 71: 207–222 (2005).
213. Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., “ Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Swara)”, *Journal of Business Economics and Management*, 11 (2): 243– 258 (2010).
214. Çakır, E., “Kriter Ağırlıklarının SWARA –Copeland Yöntemi ile Belirlenmesi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama“, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4 (19): 42-56 (2017).

215. Adalı, E.A., Işık, A.T., “Bir Tedarikçi Seçim Problemi için Swara ve Waspas Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı”, *International Review of Economics and Management*, 5 (4): 56-77 (2017).
216. Mavi, R.K., Goh, M. ve Zarbakhshnia, N., “Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry“, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91: 5-8 (2017).
217. Kaklauskas, A., Zavadskas, E.K., Raslanas, S., Ginevičius, R., Komka, A. ve Malinauskas, P., “Selection Of Low-E Windows In Retrofit Of Public Buildings By Applying Multiple Criteria Method COPRAS: A Lithuanian Case”, *Energy and Buildings*, 38 (5):454-462 (2006).
218. Podvezko V., “The Comparative Analysis Of MCDA Methods SAW And COPRAS”, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22 (2):134-146 (2011).
219. Özdağoğlu, A., “İmalat İşletmeleri İçin Eksantrik Pres Alternatiflerinin COPRAS Yöntemi İle Karşılaştırılması”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, 8 (6):1–22 (2013).
220. Özdağoğlu, A., “Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8 (2):229–252 (2013).
221. Mulliner E., Smallbone K. ve Maliene V. “An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method”, *Omega*, 41 (2):270-279 (2013).
222. Nguyen, H. T., Dawal, S. Z. M., Nukman, Y., Aoyama, H. ve Case, K., “An integrated approach of fuzzy linguistic preference based AHP and fuzzy COPRAS for machine tool evaluation”, *Plos one*, 10 (9): 1-24 (2015).
223. Yazdani, M., Alidoosti, A. ve Zavadskas, E. K., “Risk analysis of critical infrastructures using fuzzy COPRAS”, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 24 (4): 27-40 (2011).
224. Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Zavadskas, E. K. ve Haji Moini, S. H., “A new hybrid model for evaluating the working strategies: case study of construction company”, *Technological and Economic Development of Economy*, 18 (1): 164-188 (2012).
225. Hsieh, T.Y., Lu, S.T. ve Tzeng, G.H., “Fuzzy MCDA approach for planning and design tenders selection in public office buildings”, *International Journal of Project Management*, 22 (7): 573–584 (2004).

226. Katrancı A., Kundakçı, N., “Swara Temelli Bulanık Copras Yöntemi ile Soğuk Hava Deposu Seçimi”, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 63-80 (2020).
227. Aksoy, E., Ömürbek, N. ve Karaatlı, M., “AHP temelli MULTIMOORA ve COPRAS yöntemi ile Türkiye Kömür İşletmeleri’nin performans değerlendirmesi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33 (4): 1-28 (2015).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Pelin POYRAZ 1993 yılında Eskişehir’de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Eskişehir Atatürk Anadolu Lisesi Fen Bilimleri Bölümü’nden mezun oldu. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Yabancı Diller Meslek Yüksekokulu ve 2012 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2016 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2018 yılında Türk DemirDöküm Fabrikaları’nda mühendis olarak göreve başladı. Temmuz 2020’den beri Mege Teknik’te görevine devam etmektedir.

---

---