T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

AFET YÖNETİMİNDE TEDARİK ZİNCİRİNİN ROLÜ: TEKNOLOJİ PERSPEKTİFİNDE BİR ARAŞTIRMA

SEMİH KAYA

Danışman : Doç. Dr. Bülent YILDIZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Tolga ULUSOY
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cuma ERCAN
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ertuğrul ÇAVDAR
Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Medet İĞDE

KASTAMONU-2026

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Semih KAYA

ÖZET

DOKTORA TEZİ

AFET YÖNETİMİNDE TEDARİK ZİNCİRİNİN ROLÜ: TEKNOLOJİ PERSPEKTİFİNDE BİR ARAŞTIRMA

SEMİH KAYA

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. BÜLENT YILDIZ

Afetlerin giderek artan sıklığı ve yıkıcı etkileri, kriz dönemlerinde tedarik zincirlerinin etkinliğini ve çevikliğini stratejik bir unsur haline getirmiştir. Bu bağlamda çalışmada, afet yönetiminde tedarik zincirinin rolü teknoloji perspektifinde ele alınmış ve sanal tedarik zinciri, teknoloji hazırlık düzeyi, tedarik zinciri entegrasyonu, afet yönetimi çevikliği ve tedarik zinciri karmaşıklığı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırmada nicel yöntem benimsenmiş, özel sektör tedarikçileri üzerine uygulanan anketten elde edilen veriler yapısal eşitlik modellemesi ile test edilmiştir. Analiz sonuçları, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliğini doğrudan artırdığı gibi, teknoloji hazırlık düzeyi ve tedarik zinciri entegrasyonu aracılığıyla da dolaylı etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Ayrıca, tedarik zinciri karmaşıklığının teknoloji hazırlık düzeyi ile afet yönetim çevikliği üzerinde düzenleyici rol oynadığı belirlenmiştir. Bulgular, dijital teknolojilerin yalnızca operasyonel süreçlerde verimlilik sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kriz anlarında karar alma hızını, kaynak mobilizasyonunu ve aktörler arası koordinasyonu da güçlendirdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, literatürdeki çeviklik, entegrasyon ve teknoloji hazırlığına ilişkin yargıları desteklemekte; afet yönetimi bağlamında dijital tedarik zinciri uygulamalarının stratejik önemini vurgulamaktadır. Çalışma, hem teorik açıdan afet tedarik zinciri literatürüne katkı sunmakta, hem de firmalar, araştırmacılar, afet yönetim kuruluşları ve tedarik zinciri hizmet sağlayıcıları için uygulanabilir öneriler geliştirmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Afet Yönetimi, Tedarik Zinciri, Dijital Teknolojiler, Çeviklik, Entegrasyon

Mart 2026, 139 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

THE ROLE OF SUPPLY CHAINS IN DISASTER MANAGEMENT: A STUDY FROM A TECHNOLOGICAL PERSPECTIVE

SEMİH KAYA

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCE
DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. BULENT YILDIZ

The increasing frequency and devastating impacts of disasters have rendered the effectiveness and agility of supply chains a strategic element during humanitarian crises. In this context, the study examines the role of supply chains in disaster management from a technological perspective, focusing on the relationships among virtual supply chains, technological readiness, supply chain integration, disaster management agility, and supply chain complexity. A quantitative research design was adopted, and data collected from private sector suppliers were analyzed using structural equation modeling. The results revealed that the virtual supply chain not only directly enhances disaster management agility but also creates indirect effects through technological readiness and supply chain integration. Furthermore, supply chain complexity was found to play a moderating role in the relationship between technological readiness and disaster management agility. The findings demonstrate that digital technologies not only provide efficiency in operational processes but also strengthen decision-making speed, resource mobilization, and inter-organizational coordination during crises. These results support the arguments in the literature regarding agility, integration, and technological readiness, while highlighting the strategic importance of digital supply chain practices in disaster management. The study contributes theoretically to the disaster supply chain literature and offers practical implications for firms, researchers, disaster management organizations, and supply chain service providers.

KEYWORDS: Disaster Management, Supply Chain, Digital Technologies, Agility, Integration

March 2026, 139 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanması, yürütülmesi ve tamamlanması sürecinde değerli bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve yapıcı eleştirileriyle bana rehberlik eden danışmanım Doç. Dr. Bülent Yıldız'a ve süreç boyunca sabrı, anlayışı ve desteğiyle yanımda olan sevgili eşim Ece'ye teşekkür ederim. Çalışmanın yürütülmesinde katkısı bulunan tüm kişi ve kurumlara, her koşulda desteklerini esirgemeyen aileme ve sevdiklerime şükranlarımı sunarım.

Semih KAYA

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER VE GÖRSELLER DİZİNİ ..... **ix**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **x**
GRAFİKLER DİZİNİ ..... **xi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. KURAMSAL ÇERÇEVE **7**
2.1 Dünyada ve Türkiye'de Afetler 7
2.2 Afet Yönetimi ve Kuramsal Yaklaşımlar 14
2.3 Afet Yönetiminde Çeviklik 19
2.4 Afet Tedarik Zinciri 23
2.5 Afet Tedarik Zinciri Çevikliğini Açıklayan Kuramsal Yaklaşımlar 30
2.6 Dijital Teknolojiler ve Afet Tedarik Zincirinde Uygulama Alanları 34
2.6.1 Yapay Zekâ ve Büyük Veri Analitiği 40
2.6.2 Blokzincir 43
2.6.3 Nesnelerin İnterneti ve Sensör Teknolojileri 44
2.6.4 İnsansız Hava Araçları 46
2.6.5 Diğer Dijital Yenilikler 47
3. LİTERATÜR TARAMASI VE DEĞİŞKENLER ARASI İLİŞKİ **50**
3.1 Sanal Tedarik Zinciri ve Tedarik Zinciri Entegrasyonu 51
3.2 Sanal Tedarik Zinciri ve Afet Yönetimi Çevikliği 58
3.3 Sanal Tedarik Zinciri ve Teknolojik Hazırlık 62
3.4 Teknolojik Hazırlık ve Tedarik Zinciri Entegrasyonu 65
3.5 Teknolojik Hazırlık ve Afet Yönetimi Çevikliği 71
3.6 Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Afet Yönetimi Çevikliği 77
3.7 Tedarik Zinciri Entegrasyonunun Aracı Rolü 80
3.8 Teknolojik Hazırlığın Aracı Rolü 84
3.9 Tedarik Zinciri Karmaşıklığının Moderatör Rolü 87
4. YÖNTEM **92**
4.1 Araştırmanın Amacı 92
4.2 Araştırmanın Önemi 93
4.3 Araştırmanın Evren ve Örneklemi 94
4.4 Araştırmanın Ölçekleri ve Veri Toplama Yöntemi 94
4.5 Araştırmanın Modeli 95
4.6 Araştırmanın Hipotezleri 96
4.7 Araştırmanın Kısıtları 97
5. BULGULAR **98**
5.1 Demografik Bulgular 98
5.2 Ölçeklerin Geçerlilik ve Güvenilirliği 99

5.2.1 Keşfedici Faktör Analizi 100
5.2.2 Doğrulayıcı Faktör Analizi 103
5.2.3 Güvenilirlik Analizi 106
5.2.4 Bileşen ve Ayrışım Geçerliliği 106
5.2.5 Normal Dağılım Testi 107
5.3 Korelasyon Analizi 109
5.4 Yapısal Eşitlik Modeli 109
5.5 Yol (Path) Analizi 111
5.6 Aracılık Etki Testi 112
5.7 Moderatör Etki Testi 115
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 118
6.1 Sonuç 118
6.2 Öneriler 121
6.2.1 Firmalara Öneriler 121
6.2.2 Araştırmacılara Öneriler 122
6.2.3 Afet Yönetim Kuruluşlarına Öneriler 123
6.2.4 Tedarik Zinciri Hizmet Sağlayıcılarına Öneriler 124
KAYNAKLAR 125
EKLER 138
EK A Anket Formu 139

ŞEKİLLER VE GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Afet yönetimi döngüsü 15
Şekil 2.2 Afet yönetiminde paydaşlar 19
Şekil 2.3 Afet tedarik zinciri akışı 26
Şekil 4.1 Araştırmanın modeli 96
Şekil 5.1 Sanal tedarik zinciri DFA diyagramı 103
Şekil 5.2 Teknoloji hazırlık DFA diyagramı 103
Şekil 5.3 Afet yönetimi çevikliği DFA diyagramı 104
Şekil 5.4 Tedarik zinciri karmaşıklığı DFA diyagramı 104
Şekil 5.5 Tedarik zinciri entegrasyonu DFA diyagramı 104
Şekil 5.6 Yapısal eşitlik modeli 110
Şekil 5.7 Yol analizi 111
Şekil 5.8 Tedarik zinciri karmaşıklığı moderatör etki 116

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Afet kategorileri ve olay türleri itibarıyla afet sayıları (1925-2025) 10
Tablo 2.2 Türkiye'de afet kategorileri ve olay türleri itibarıyla afet sayıları (1925-2025) 13
Tablo 2.3 Türkiye'de yaşanan en büyük 10 afet ve istatistikleri 14
Tablo 2.4 Afet ve geleneksel tedarik zincirleri arasındaki temel farklar 30
Tablo 2.5 Afet tedarik zincirinde çevikliği açıklayan başlıca kuramsal yaklaşımlar 33
Tablo 3.1 Değişkenler ve hipotez ilişkileri tablosu 51
Tablo 5.1 Tedarikçi firmalar demografik bulgular 98
Tablo 5.2 Firma yetkilileri demografik bulgular 99
Tablo 5.3 Sanal tedarik zinciri ölçeği KFA bulguları 100
Tablo 5.4 Teknoloji hazırlık ölçeği KFA bulguları 100
Tablo 5.5 Afet yönetimi çevikliği ölçeği KFA bulguları 101
Tablo 5.6 Tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeği KFA bulguları 102
Tablo 5.7 Tedarik zinciri entegrasyonu ölçeği KFA bulguları 102
Tablo 5.8 DFA uyum iyiliği değerleri 105
Tablo 5.9 Güvenilirlik analizi 106
Tablo 5.10 Bileşen ve ayrışım geçerliliği 107
Tablo 5.11 Normal dağılım testi 108
Tablo 5.12 Korelasyon analizi 109
Tablo 5.13 Yapısal eşitlik modeli uyum iyiliği değerleri 110
Tablo 5.14 Yapısal eşitlik modeli analiz bulguları 111
Tablo 5.15 Yol analizi bulguları 111
Tablo 5.16 Tedarik zinciri entegrasyonu aracılık testi bulguları 112
Tablo 5.17 Teknoloji hazırlık aracılık testi bulguları 114
Tablo 5.18 Tedarik zinciri karmaşıklığı moderatör testi bulguları 115
Tablo 5.19 Hipotez sonuçları 117

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 2.1 Yıllar itibariyle yaşanan afet sayıları (1925-2025)..... 9
Grafik 2.2 Kıtalara göre afet ve vefat istatistikleri..... 11

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

3DP : Üç Boyutlu Yazıcılar (3D Printing)
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AI : Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)
API : Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface)
ASV : Ortalama Paylaşılan Varyans (Average Shared Variance)
AVE : Ortalama Açıklanan Varyans (Average Variance Extracted)
AWS : Amazon Web Services
AYÇ : Afet Yönetimi Çevikliği
BDA : Büyük Veri Analitiği (Big Data Analytics)
CFI : Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (Comparative Fit Index)
COVID-19 : Koronavirüs hastalığı-2019
CRED : Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)
CR : Bileşen Güvenilirliği (Composite Reliability)
CRBV : Koşullu Kaynak-Temelli Görüş (Contingent Resource-Based View)
CT : Durumsallık Teorisi (Contingency Theory)
CTT : Bağlılık-Güven Teorisi (Commitment–Trust Theory)
DCV : Dinamik Yetenekler Görüşü (Dynamic Capabilities View)
DFA : Doğrulayıcı Faktör Analizi
EDI : Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange)
EM-DAT : Uluslararası Afet Veritabanı (Emergency Events Database)
ERP : Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning)
GFI : Uyum İyiliği İndeksi (Goodness of Fit Index)
GPS : Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
ICT : Bilgi ve İletişim Teknolojileri (Information and Communication Technologies)
IFRC : Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu
IIoT : Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things)
IoT : Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IT : Bilgi Teknolojileri (Information Technology)
İHA : İnsansız Hava Araçları
KFA : Keşfedici Faktör Analizi
KMO : Kaiser-Meyer-Olkin (Örneklem Yeterliliği Testi)
KOBİ : Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
MAS : Çoklu Ajan Sistemleri (Multi-Agent Systems)
ML : Makine Öğrenimi (Machine Learning)
MSV : Maksimum Paylaşılan Varyans (Maximum Shared Variance)
NACE : Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması
NASA : Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
PBV : Uygulama Tabanlı Görüş (Practice-Based View)
RBV : Kaynak Tabanlı Görüş (Resource-Based View)

RDT : Kaynak Bağımlılığı Teorisi (Resource Dependence Theory)
RFID : Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
RMSEA : Yaklaşık Hataların Ortalama Karekökü (Root Mean Square Error of Approximation)
ROI : Yatırım Getirisi (Return on Investment)
SEM : Yapısal Eşitlik Modellemesi (Structural Equation Modeling)
SRMR : Standartlaştırılmış Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (Standardized Root Mean Square Residual)
SRT : Standart Rahatlama Süresi (Standard Relief Time)
STK : Sivil Toplum Kuruluşu
STZ : Sanal Tedarik Zinciri
TH : Teknoloji Hazırlık
TLI : Tucker-Lewis İndeksi (Tucker-Lewis Index)
TZE : Tedarik Zinciri Entegrasyonu
TZK : Tedarik Zinciri Karmaşıklığı
UNDRR : Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi
UPS : United Parcel Service
USD : ABD Doları
WFP : Dünya Gıda Programı (World Food Programme)
WHO : Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

1. GİRİŞ

Afet yönetimi, toplumsal ve ekonomik yaşamı derinden etkileyen kritik bir alandır. Son yıllarda afetlerin sıklığı, şiddeti ve coğrafi yayılımının artması, bu alanı hem bilimsel literatürde hem de politika belgelerinde stratejik bir öncelik haline getirmiştir (Jeble vd., 2020, s. 606–607). Doğal afetler, salgın hastalıklar ve insan kaynaklı krizler; yalnızca can kayıplarına ve fiziksel hasara neden olmakla kalmaz, aynı zamanda sağlık, altyapı, üretim, tedarik zinciri ve kamu yönetimi gibi birçok sektörü de doğrudan etkilemektedir. Bu olaylar, sosyal ve çevresel sorunları derinleştirerek toplumun tüm kesimlerini etkileyen çok boyutlu krizlere dönüşebilir (Kruczkiewicz vd., 2021, s. 3). Özellikle 21. yüzyılda yaşanan Koronavirüs Hastalığı-2019 (COVID-19) pandemisi, afetlerin yalnızca ani ve bölgesel değil; uzun süreli, küresel ve karmaşık sonuçlar doğurabileceğini çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur (Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 1). Bu tür krizlerde klasik, merkeziyetçi ve bürokratik yönetim yapılarının; hızla değişen, öngörülemeyen ve çok aktörlü kriz ortamlarına yeterince uyum sağlayamadığı görülmektedir. Afetlerin etkilerinin genişlemesi ve ihtiyaçların çeşitlenmesiyle birlikte, bu yapıların yetersizliği, afetlere müdahale kapasitesinin ve toplumsal dirençliliğin artırılmasında, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik fonksiyonlarının stratejik rolü daha belirgin hale gelmiştir (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610).

Afet tedarik zincirleri, yardım malzemelerinin temini, depolanması, taşınması ve dağıtımı gibi klasik lojistik süreçlerin ötesinde, bilgi akışı, finansal işlemler, çok aktörlü koordinasyon ve operasyonel karar alma gibi işlevleri de içeren oldukça karmaşık, dinamik ve çok düzeyli sistemler olarak tanımlanmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 609–611; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4611–4614; Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 4; Huang vd., 2023, s. 2). Bu sistemlerin başarısı, yalnızca fiziksel kaynakların dağıtımına değil; çeviklik (agility), uyarlanabilirlik (adaptability) ve paydaş çıkarlarının uyumlaştırılması (alignment) olarak tanımlanan üçlü sac ayağının (Triple-A) yetkinliğini ne ölçüde sergileyebildiğine bağlıdır (Lee, 2004, s. 102; Tickle vd., 2024, s. 445).

Afetlerin doğasında var olan belirsizlik, yüksek risk, zaman baskısı ve sürekli değişen ihtiyaçlar; karar vericileri daha hızlı, doğru ve hesap verebilir mekanizmalar geliştirmeye itmiştir (Noori ve Weber, 2016, s. 297; Falagara Sigala vd., 2020, s. 231). Bunun sonucunda dijitalleşme, bilgi teknolojileri (IT), büyük veri analitiği (BDA) ve yapay zekâ (AI) (Papadopoulos vd., 2017; Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 4), blokzincir (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610–4625; Othmen, 2024, s. 58), nesnelerin interneti (IoT), üç boyutlu yazıcılar (3DP) ve insansız hava araçları (İHA) (Rabta vd., 2018, s. 107; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610–4625; Huang vd., 2023, s. 2) gibi yeni nesil teknolojiler, hem akademik hem de uygulayıcılar nezdinde afet tedarik zincirlerinde oyunun kurallarını değiştiren araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Güncel literatür, afet yönetimi ve insani lojistik alanında teknolojik uygulamaların kritik önemini çok sayıda örnek ve vaka çalışmasıyla göstermektedir (Papadopoulos vd., 2017; Jeble vd., 2020; Rodríguez-Espíndola vd., 2020; Park, 2021; Ganesh ve Kalpana, 2022; Malhouni ve Mabrouki, 2022; Huang vd., 2023; Kabra vd., 2023; Singh, 2025). Yapay zekâ tabanlı bilgi yönetim sistemleri, büyük verileri kullanarak afet risklerinin öngörülmesi, dinamik ihtiyaç haritalarının oluşturulması, kaynak tahsisi ve önceliklendirme süreçlerinde karar vericilere önemli katkılar sunmaktadır. Büyük veri analitiği, geçmiş afet verilerinin yanı sıra sosyal medya, uydu görüntüleri ve sensörlerden elde edilen gerçek zamanlı bilgileri işleyerek, müdahale ve toparlanma aşamalarında tahmin gücünü artırmakta ve kaynakların hızlı, doğru ve etkin biçimde dağıtılmasını sağlamaktadır. Örneğin, afet sonrası yardım malzemelerinin en çok ihtiyaç duyulan bölgelere yönlendirilmesinde veya riskli bölgelerin önceliklendirilmesinde, yapay zekâ algoritmaları ve büyük veri analitiği vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir (Jeble vd., 2020, s. 613; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4614–4623; Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 4).

Blokzincir teknolojisi, afet tedarik zincirlerinde işlem şeffaflığını, veri değişmezliğini, tedarikçi ve bağışçı güvenini artırmakta ve tüm kaynak hareketlerinin izlenebilirliğini sağlayan güçlü bir dijital altyapı. Özellikle akıllı sözleşmeler sayesinde ihtiyaç analizi sonrası tedarik siparişlerinin otomatik olarak verilmesi, malzeme takibi ve yardımların nihai alıcıya ulaştığının sistem üzerinde doğrulanması mümkün hale gelmiştir. Böylece, afet ortamında sık rastlanan suistimal, yanlış yönlendirme ve kaynak kaybı

riskleri azaltılmakta; tüm paydaşlar için yüksek düzeyde şeffaflık ve hesap verebilirlik tesis edilmektedir sunmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 613; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4613–4625).

IoT ve sensör teknolojileri, afet bölgelerinde sıcaklık, nem, konum, hareket gibi çevresel parametrelerin gerçek zamanlı olarak merkezi karar destek sistemlerine aktarılmasına olanak tanımaktadır (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4613; Singh, 2025, s. 63). Bu sayede, hem risk haritalarının güncellenmesi, hem de sahada operasyonel müdahalenin dinamik biçimde yönlendirilmesi mümkün olmaktadır.

İHA teknolojileri afet bölgelerinde arama-kurtarma, hasar tespiti, malzeme dağıtımı ve lojistik destek faaliyetlerinde hızlı ve etkin çözümler sağlamaktadır (Jeble vd., 2020, s. 614; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4614). 3DP teknolojileri ise, geçici barınakların üretimi, ekipmanların yerinde tamiri ve lojistik darboğazların aşılması için yenilikçi çözümler sunmakta; böylece hem maliyetler azalmakta hem de zaman ve kaynak tasarrufu sağlanmaktadır (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4621).

Bilgi teknolojileri ve dijital araçların afet tedarik zincirlerindeki rolü, yalnızca operasyonel süreçlerin dijitalleşmesiyle sınırlı değildir. Bu teknolojiler afet anında hız, doğruluk, şeffaflık ve hesap verebilirlik sağlayarak, afetin tüm aşamalarında veriye dayalı, esnek ve etkili karar süreçlerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 609-611; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4613; Dubey vd., 2021b, s. 135; Huang vd., 2023, s. 2). Özellikle tedarik zinciri boyunca gerçekleşen malzeme, finans ve bilgi akışlarının bütünleşik bir yapıda yönetilmesi, hem hazırlık hem müdahale hem de toparlanma dönemlerinde karar alıcıların hızlı ve doğru hamleler yapmasını sağlamaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım, afet lojistiğinde kaynakların israfını, bilgi paylaşımındaki gecikmeleri ve operasyonel verimsizlikleri azaltmada kritik bir rol oynamaktadır (Jeble vd., 2020, s. 613; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 1.4612–1.4614; Dubey vd., 2021b, s. 135; Huang vd., 2023, s. 2).

Bununla birlikte, mevcut literatür ve saha uygulamaları dijitalleşmenin çoğu zaman bağımsız ve münferit uygulamalarla sınırlı kaldığını, çok aktörlü ve çok katmanlı sistemlerin entegrasyonu konusunda gerek teoride gerek pratikte önemli boşluklar

olduğunu göstermektedir. Birçok insani yardım kuruluşu hâlâ manuel işleyen, insana bağımlı sistemlere ve klasik yöntemlere dayalı çalışmakta; dijital çözümler ise çoğunlukla kısmen ve izole biçimde uygulanmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 607–613; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610–4615; Dubey vd., 2021b, s. 135; Huang vd., 2023, s. 2). Bu durum, bilgi paylaşımının yavaşlamasına, karar alma süreçlerinde gecikmelere ve kaynak tahsisinde hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde dijital altyapı eksikliği, yüksek maliyetler, insan kaynağı yetersizliği, dijital okuryazarlık düzeyinin düşüklüğü ve yasal düzenleme eksiklikleri, teknolojik dönüşümün yaygınlaşmasını ve bütüncül entegrasyonunu geciktiren temel engeller olarak öne çıkmaktadır (Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 4; Kundu vd., 2022, s. 1).

Afet tedarik zinciri yönetiminde teknolojik dönüşümden tam anlamıyla yararlanmak için, bilgi, ürün ve finansal akışların entegre biçimde yönetildiği, dinamik, esnek ve izlenebilir sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Jeble vd., 2020, s. 607; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4614; Ganesh ve Kalpana, 2022, s. 4; Huang vd., 2023, s. 2). Teknolojik dönüşümün başarılı olabilmesi için, yalnızca tekil teknolojilerin (örneğin sadece AI veya blokzincir) değil, bu teknolojilerin entegre, senkronize ve bütüncül biçimde birlikte çalışacağı bir altyapının oluşturulması zorunludur (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610–4625; Huang vd., 2023, s. 2). Ancak, güncel literatür bu tür entegre ve senkronize uygulamaların, hem teorik modellerinin hem de saha örneklerinin yeterince geliştirilmediğini ortaya koymaktadır (Jeble vd., 2020, s. 613; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610–4625; Huang vd., 2023, s. 2).

Günümüzde afetlerin karmaşıklığı ve etkilerinin artışı, yalnızca kamu ve insani yardım kuruluşlarının değil, özel sektör tedarik zincirlerinin de afetlere hazırlık, müdahale ve toparlanma aşamalarında etkin, esnek ve çevik biçimde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 606-607; Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4610; Kundu vd., 2022, s. 1). Türkiye gibi afet riski yüksek ve üretim kapasitesi güçlü ülkelerde, başta gıda ve tekstil olmak üzere stratejik sektörlerde faaliyet gösteren ticari işletmelerin kriz dönemlerinde tedarik zinciri sürekliliğini sağlayabilmesi, yalnızca işletmelerin kendi rekabet gücünü değil, aynı zamanda toplumun afet konusunda direncini de doğrudan etkilemektedir (Jeble vd., 2020, s. 607; Dubey vd., 2021b, s. 135; Huang vd., 2023, s. 2). Ancak mevcut literatürde, afet tedarik zinciri yönetimi

büyük ölçüde kamu ve sivil toplum kuruluşu (STK) odaklı olarak ele alınmakta; özel sektör işletmelerinin tedarik zinciri çevikliğinin artırılmasında dijital teknolojilerin nasıl bütüncül bir şekilde kullanılabileceğine ilişkin teorik ve uygulamalı çalışmalar ise oldukça sınırlı kalmaktadır.

Bu tez çalışması, afet yönetiminde tedarik zinciri çevikliğinin, başta AI, BDA, blokzincir, IoT ve sanal tedarik zinciri uygulamaları olmak üzere dijital teknolojilerin entegrasyonu ile nasıl güçlendirilebileceğini incelemeyi amaçlamaktadır. Böylece, özel sektör işletmelerinin kriz anında bilgiye hızlı erişim, tedarikçi ve müşteriyle eşzamanlı iletişim, kaynak tahsisi, operasyonel esneklik ve karar süreçlerinde veri temelli yaklaşım geliştirme kapasitelerinin artırılması hedeflenmektedir. Araştırmanın en önemli gerekçelerinden biri, afet tedarik zincirlerinde dijital teknolojilerin çevikliği nasıl artırdığını açıklayan kapsamlı ve bütüncül bir model geliştirme ihtiyacıdır. Günümüzde artan afet riski ve belirsizlik ortamında, sadece kaynakların etkin yönetimi değil, aynı zamanda bilgiye hızlı erişim, esnek karar alma ve değişen koşullara anında uyum sağlama gibi çevik yönetim yetenekleri işletmeler için yaşamsal önemdedir.

Bu kapsamda, çalışmada geliştirilecek kavramsal model dijital teknolojilerin birlikte, uyumlu ve entegre biçimde kullanılarak afet tedarik zincirinde çeviklik, operasyonel hız, esneklik ve dayanıklılığı nasıl artırdığına odaklanmaktadır. Böylece, yalnızca akademik literatüre katkı sağlanmakla kalmayacak; aynı zamanda uygulayıcılara, politika yapıcılara ve teknoloji sağlayıcılarına afete çevik yanıt ve stratejik yönetim kapasitesi kazandıracak yol haritaları sunulacaktır.

Araştırmanın özgün katkısı, afet tedarik zincirlerinde dijital teknolojilerin yalnızca tekil ve bağımsız uygulamalarla sınırlı kalmadığı; bütünleşik bilgi, ürün ve finansal akışların entegre ve stratejik yönetimiyle çevikliğin özel sektör işletmeleri bağlamında artırılabileceğini gösteren kavramsal ve ampirik bir model geliştirmesidir.

Bu tez kapsamında, Türkiye'de afet yönetiminde kritik öneme sahip olan özel sektör tedarikçileri örnekleminde, sanal tedarik zinciri benimsemesi, teknoloji hazırlığı, tedarik zinciri entegrasyonu ve tedarik zinciri karmaşıklığı ile afet yönetimi çevikliği arasındaki ilişkilerin detaylı olarak incelenmesi hedeflenmiştir. Araştırmanın kuramsal

modelinde, dijital teknolojilerin ve sanal tedarik zinciri uygulamalarının afet yönetimi çevikliği üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini açıklayan bir dizi hipotez geliştirilmiştir. Bu çerçevede, hem sanal tedarik zincirinin benimsenmesi, hem işletmelerin dijital teknolojilere hazırlık düzeyinin yüksekliği, hem de tedarik zinciri entegrasyonu ile karmaşıklığının, afet yönetimi süreçlerinde çevikliğe ve operasyonel esnekliğe nasıl katkı sunduğu çok yönlü olarak ele alınmıştır.

Araştırmada, hipotezler nicel ve pozitivist bir yaklaşım çerçevesinde, geniş bir özel sektör örnekleminden elde edilen verilerle test edilmiş; veri analizi sürecinde yapısal eşitlik modellemesi (SEM), yol analizi, aracılık ve moderatör etki analizleri gibi ileri düzey nicel teknikler kullanılmıştır. Ölçeklerin geçerlilik ve güvenilirliği doğrulayıcı ve keşfedici faktör analizleriyle titizlikle değerlendirilmiş, ardından modeldeki değişkenler arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak sınanmıştır. Böylece, afet tedarik zincirlerinde dijitalleşme ve sanal tedarik zinciri uygulamalarının, çevikliğin ve dayanıklılığın artırılmasında hangi mekanizmalarla ve hangi boyutlarda etkili olduğu ampirik bulgularla ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar, literatürdeki teorik boşluğu doldurmanın yanı sıra, uygulayıcılara, politika yapıcılara ve teknoloji sağlayıcılarına yol gösterici öneriler sunmaktadır. Sonuç olarak, çalışma sadece bilimsel literatüre katkı sunmakla kalmamakta, aynı zamanda Türkiye'nin afet yönetimi pratiğinde özel sektör işletmelerinin dijitalleşme yoluyla çeviklik ve rekabet avantajı kazanmasına da stratejik bir perspektif getirmektedir.

Bu tez beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, afet yönetimi ve tedarik zinciri kavramları ile dijitalleşme ve çeviklik arasındaki ilişkiler kapsamlı biçimde tartışılmaktadır. İkinci bölümde, literatürde yer alan ana kuramsal yaklaşımlar, hipotezler ve ilgili ampirik çalışmalar özetlenmekte, araştırmanın özgün modeli tanıtılmaktadır. Üçüncü bölümde, araştırmanın yöntemi, örneklemi, veri toplama araçları ve analiz teknikleri detaylı şekilde açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, saha araştırması bulguları ile model test sonuçları sunulmakta, sonuçlar literatürle karşılaştırılmaktadır. Beşinci ve son bölümde ise, araştırmanın temel bulguları özetlenmekte, uygulama ve politika önerileri ile gelecekteki araştırmalara yönelik çıkarımlar tartışılmaktadır.

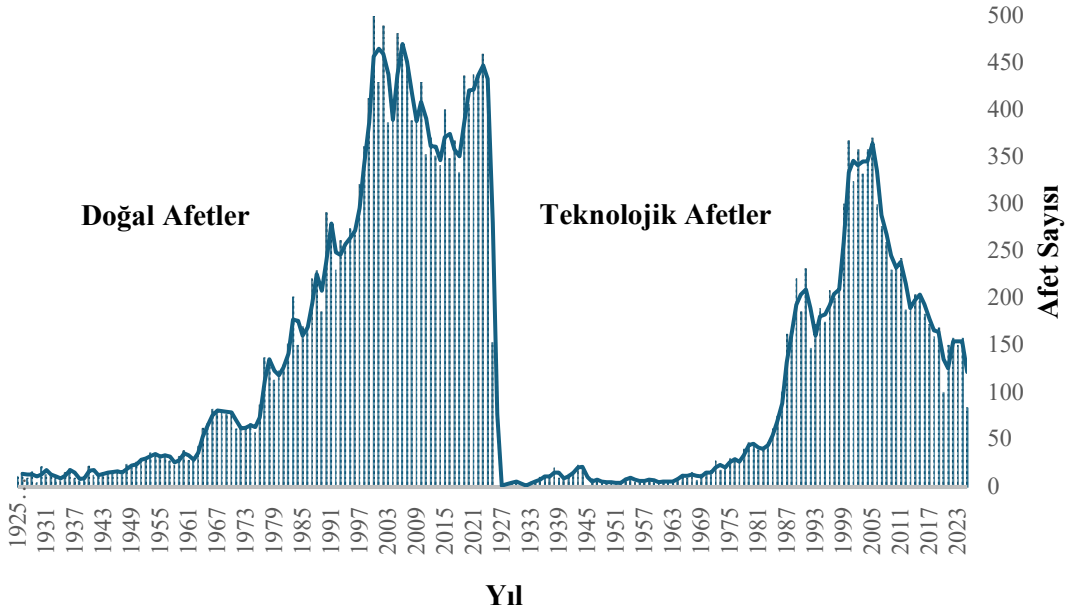
2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Dünyada ve Türkiye'de Afetler

"Afet" terimi, zarar, yıkım, çevresel bozulma, insan acılarına veya sağlık ve tıbbi hizmetlere zarar veren olayları kapsamaktadır (Shakibaei vd., 2024, s. 349). Bir başka tanıma göre ise genel olarak afet, "yerel kurumların standart prosedürlerle başa çıkamayacağı insan, mal, ekonomik veya çevresel zararlar vererek bir topluluğun veya toplumun işleyişini ciddi şekilde bozan şok edici olay" olarak açıklanmaktadır (Jiang ve Yuan, 2019, s. 1). Görüldüğü üzere afet kavramı, çoğunlukla "bir sistemi fiziksel olarak etkileyen ve önceliklerini ve hedeflerini tehdit eden bir bozulma" şeklinde de tanımlanmaktadır (Cozzolino, 2012, s. 6). Afetlerin nedenlerine göre doğal afetler ve insan kaynaklı afetler arasında, öngörülebilirlik ve gelişim hızına göre ise ani ve yavaş gelişen afetler arasında ayrım yapılabilmektedir. Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi (UNDRR) ise afeti, "bir toplumu veya toplulukları ciddi şekilde etkileyen, insan, maddi, ekonomik ve çevresel kayıplara neden olan ve çoğunlukla etkilenen topluluğun başa çıkma kapasitesini aşan, tehlikeli bir olay, olaylar dizisi veya bir tehlikenin etkisi" olarak tanımlamaktadır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR], 2017). Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu'na (IFRC) göre ise afetler, "bir toplumun işleyişinde, kendi kaynaklarıyla baş edebilme kapasitesini aşan, ciddi aksamalar yaratan olaylar" olarak tanımlanmakta; afetlerin, doğal, insan kaynaklı ve teknolojik tehlikelerden ya da toplumun maruziyet ve kırılganlık düzeyini etkileyen çeşitli faktörlerden kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies [IFRC], t.y.). Uluslararası Afet Veritabanı (EM-DAT, *Emergency Events Database*) verilerine göre ise afetler, yerel kapasitenin aşıldığı, ulusal veya uluslararası düzeyde dış yardıma ihtiyaç duyulan durum veya olaylardır. Afetler, öngörülemeyen ve genellikle ani gelişen; önemli ölçüde zarar, yıkım ve insan acısına yol açan olaylar olarak tanımlanmaktadır (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters [CRED], 2025).

Görüldüğü üzere, afet kavramı farklı disiplinlerce çeşitli biçimlerde tanımlanmakla birlikte, tanımların ortak paydasında; normal yaşam koşullarının aşılması, yerel kapasitenin yetersiz kalması ve toplumsal işleyişin ciddi şekilde bozulması unsurları öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, afetlerin türüne, ortaya çıkış hızına ve etkilerine göre yapılan sınıflandırmalar, afet yönetimi süreçlerinin etkinliğini artırmak ve risk azaltma stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir temel teşkil etmektedir.

Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (CRED) tarafından 1900 yılından günümüze kadar dünyada meydana gelen 26.000'den fazla afetin oluşumu ve etkileriyle ilgili verileri EM-DAT aracılığıyla kamuoyu ile paylaşılmaktadır. Bu veritabanı, Birleşmiş Milletler kuruluşları, sivil toplum kuruluşları, sigorta şirketleri, araştırma enstitüleri ve basın gibi çeşitli kaynaklardan derlenen verileri kendi internet siteleri aracılığıyla yayınlamaktadır. EM-DAT, afetleri hiyerarşik bir sınıflandırma sistemine göre gruplandırmaktadır. Veritabanında afetler öncelikle doğal ve teknolojik olmak üzere iki ana tehlike grubuna ayrılmaktadır. Doğal afetler grubu, 2014 Afet Riskinde Entegre Araştırma Tehlike Sınıflandırması ve Tehlike Terimleri Sözlüğü esas alınarak dört ek alt düzeye kadar daha ayrıntılı olarak sınıflandırılmaktadır. Teknolojik afetler grubu ise daha az detay içermekte olup, temel olarak ulaşım kazaları, endüstriyel kazalar ve çeşitli diğer kazalar olmak üzere üç ana türde toplanmaktadır. EM-DAT, küresel düzeyde afetlerin ülke bazında insan ve ekonomik kayıplarını, belirli kriterlerden en az birini karşılayan olaylar için kayda almaktadır. Buna göre bir olayın EM-DAT veritabanına afet olarak dahil edilebilmesi için şu kriterlerden en az birinin sağlanması gerekmektedir: En az 10 kişinin hayatını kaybetmesi; en az 100 kişinin etkilenmesi; olay nedeniyle olağanüstü hâl ilan edilmesi veya uluslararası yardım çağrısı yapılması. Grafik 2.1'de sunulan verilere göre, EM-DAT veritabanında yapılan sınıflandırmalar kapsamında, hem doğal hem de teknolojik afet sayılarında son 50 yıl içinde yaklaşık beş katlık bir artış meydana geldiği gözlemlenmektedir (CRED, 2025).



Grafik 2.1 Yıllar itibariyle yaşanan afet sayıları (1925-2025) (CRED, 2025)

Tablo 2.1'den görüleceği üzere, kayıtlara göre son yüzyıllık dönem içerisinde 17.225'i doğal, 9.585'i ise teknolojik olmak üzere toplam 26.810 afet kayıtlara geçmiştir. Buna göre, biyolojik afetler (salgın hastalıklar, hayvan hastalıkları, zararlı organizmalar vb.), klimatolojik afetler (kuraklık, orman yangını, aşırı sıcaklıklar vb.), dış uzay kaynaklı afetler (meteor/göktaşı çarpması vb.), jeofiziksel afetler (deprem, volkanik patlama, tsunami), hidrolojik afetler (sel, su baskını, toprak kayması, çığ) ve meteorolojik afetler (kasırga, fırtına, hortum, dolu vb.) şeklinde çeşitlenen doğal afetler, toplam afetlerin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Özellikle hidrolojik ve meteorolojik afetler, yüksek olay sıklığı ile öne çıkarken, klimatolojik afetler ise yüksek can kaybıyla dikkat çekmektedir. Bu durum, sel ve fırtına gibi afetlerin belirli bölgelerde sık tekrarlanmasına karşın; kuraklık, aşırı sıcaklık veya orman yangını gibi klimatolojik olayların, tek seferde daha yıkıcı ve ölümcül olabileceğini göstermektedir. Jeofiziksel afetler (deprem, heyelan, tsunami vb.), hem olay sayısı hem de can kaybı açısından önemli bir paya sahiptir. Dış uzay kaynaklı afetlerin ise son derece nadir olduğu ve kayda değer bir vefat sayısı doğurmadığı görülmektedir. Teknolojik afetler kategorisinde ise endüstriyel kazalar (kimyasal sızıntı, fabrika patlaması vb.), diğer kazalar (maden kazası, enerji santrali arızası vb.) ve özellikle ulaşım kazaları (uçak, tren, gemi kazası vb.), toplam olay ve vefat sayısı bakımından dikkate değer sonuçlar doğurmuştur. Bu grupta en fazla olay ve can kaybı ulaşım kazalarında kaydedilmiştir (CRED, 2025).

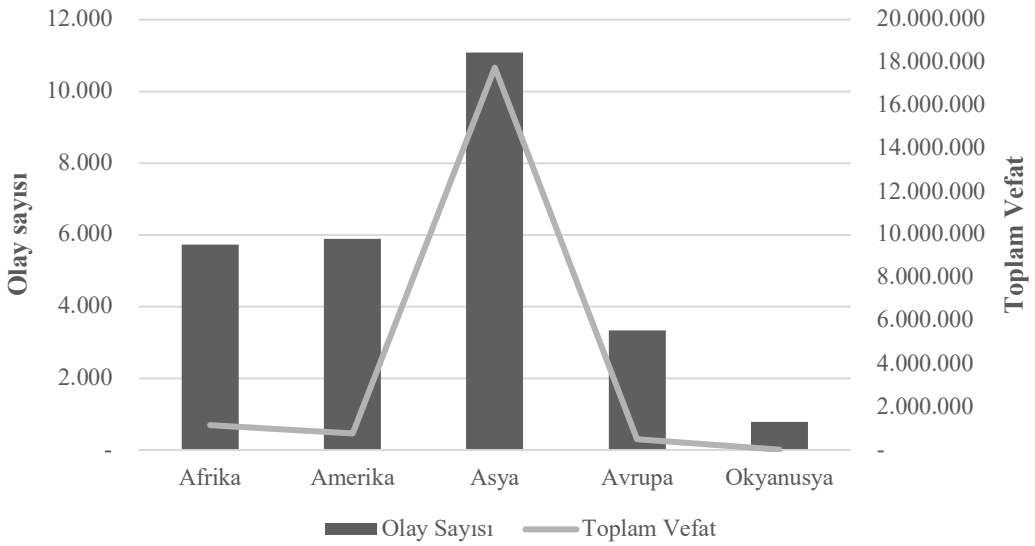
Genel tabloya bakıldığında, doğal afetlerin hem olay sayısı hem de vefat sayısı açısından teknolojik afetlere kıyasla çok daha yıkıcı sonuçlar doğurduğu anlaşılmaktadır. Özellikle meteorolojik, hidrolojik ve klimatolojik afetlerin hem sıklığı hem de ölümcül etkisi diğer afet türlerine göre yüksektir. Ancak, bu çıkarım ülkelerin gelişmişlik düzeyine, altyapı ve hazırlık kapasitelerine göre farklılaşabilecektir. Örneğin, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yukarıda sayılan afetlere ek olarak deprem gibi jeofiziksel afetlerin toplumları etkileme olasılığı oldukça yüksektir. Dolayısıyla, afet riskinin ve sonuçlarının yönetiminde, her ülkenin sosyoekonomik ve coğrafi koşullarının dikkate alınarak, özelleştirilmiş politika ve stratejiler geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tablo 2.1 Afet kategorileri ve olay türleri itibarıyla afet sayıları (1925-2025) (CRED, 2025)

Doğal Afetler			
Olay Türü	**Olay Sayısı**	**Vefat Sayısı**	**Etkilenen Kişi Sayısı**
Biyolojik	1.590	717.718	33.935.732
Klimatolojik	1.286	8.668.788	3.000.260.917
Dış Uzay Kaynaklı	1	-	301.491
Jeofiziksel	1.851	1.900.318	246.202.905
Hidrolojik	6.939	6.987.523	4.073.944.783
Meteorolojik	5.558	1.551.368	1.475.434.772
Toplam	17.225	19.825.715	8.830.080.600
Teknolojik Afetler			
Olay Türü	**Olay Sayısı**	**Vefat Sayısı**	**Etkilenen Kişi Sayısı**
Endüstriyel Kaza	1.580	58.955	4.907.162
Diğer Kazalar	1.640	66.830	3.860.672
Ulaşım	6.365	252.460	310.044
Toplam	9.585	378.245	9.077.878
Genel Toplam	**26.810**	**20.203.960**	**8.839.158.478**

Afetlerin coğrafi dağılımına bakıldığında, Asya kıtasının bölgesel düzeyde en savunmasız bölge olduğu görülmektedir. Asya, küresel ölçekte gerçekleşen tüm afetlerin yaklaşık %40'ını, afetlere bağlı ölümlerin %45'ini barındırmaktadır (Negi ve Negi, 2021, s. 41). Doğal afetlerin sıklığı ve ölü sayısı, maddi hasar ve olumsuz çevresel etkiler açısından olumsuz sonuçları, dünya çapında bir dizi zorluk oluşturmaktadır. Son araştırmalar, dünyayı sarsan afetlerin yaklaşık %80'inin doğal afetler olduğunu göstermektedir. Son yıllarda Dünya'da ortalama 354 afet yaşamış, bu afetler sonucu 68.000 kişi hayatını kaybetmiş, 210 milyon kişi etkilenmiş ve tahmini olarak 153 Milyar ABD Doları (USD) zarar meydana gelmiştir (Chari ve Novukela, 2023, s. 399). Bu veriler, afetlerin hem insan kaybı hem de ekonomik ve sosyal etkileri

bakımından küresel ölçekte yarattığı yıkıcı sonuçların büyüklüğüne dikkat çekmektedir.



Grafik 2.2 Kıtalara göre afet ve vefat istatistikleri (CRED, 2025)

İçinde bulunduğumuz yüzyılın en ciddi afetlerinden biri olan COVID-19 pandemisine ilişkin EM-DAT veri tabanında detaylı veya yıllara göre ayrıştırılmış veriler yer almamaktadır. COVID-19 pandemisi için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verileri incelendiğinde; dünya genelinde 778 milyonu aşkın vakanın resmi olarak kayıtlara geçtiği, yaklaşık 7,1 milyon kişinin vefat ettiği görülmektedir (World Health Organization [WHO], 2024).

Son yıllarda afet sayısındaki artışın temel nedenleri arasında iklim değişikliği, hızlı kentleşme, nüfus artışı, çevresel bozulma ve teknolojik ilerlemelerin etkisi büyüktür . Özellikle küresel ısınma ve buna bağlı ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artış, başta hidrolojik ve meteorolojik afetler olmak üzere doğal afetlerin hem sayısında hem de şiddetinde belirgin bir yükselişe yol açmaktadır (Khan vd., 2019, s. 1). Ayrıca, ekonomik ve sosyal açıdan savunmasız topluluklar afetlere karşı daha kırılgan hale gelmekte, afetler sonrası yoksulluk, göç ve sosyal eşitsizlikler derinleşmektedir (Modgil vd., 2022a, s. 1045-1046). Uluslararası alanda Sendai Afet Riskini Azaltma Çerçevesi gibi politika araçları ve küresel iş birliği mekanizmaları, afet risklerinin azaltılması ve toplumsal dayanıklılığın artırılması amacıyla rehberlik sağlamaktadır (UNDRR, 2017). Bununla birlikte, afetlere yönelik veri toplama, analiz ve erken uyarı

sistemlerinin geliştirilmesi de karar alma süreçlerinin etkinliğini artırmakta, afetlerin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması açısından kritik rol oynamaktadır (Ergun vd., 2010, s. 3803).

Türkiye'nin afet geçmişi incelendiğinde, afetlerin ulusal düzeyde yönetiminden sorumlu olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), ülkemizi sıklıkla "Bir Afetler Ülkesi" olarak tanımlamaktadır. Türkiye'nin jeolojik, meteorolojik ve topoğrafik özellikleri, onu doğal afetlerin sıkça yaşandığı bir bölgede konumlandırmaktadır. Bu durum, başta depremler olmak üzere, heyelan, sel, kaya düşmesi ve çığ gibi çeşitli afet türlerinin ülke genelinde önemli riskler oluşturmasına neden olmaktadır (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı [AFAD], 2018).

Bu durum CRED (2025) verileri ile de desteklenmektedir. Nitekim Tablo 2.3'den de anlaşılacağı üzere, 1925-2025 yılları arasında, neredeyse Türkiye Cumhuriyeti'nin tüm tarihi boyunca toplam 205 doğal afet ve 175 teknolojik afet kayıtlara geçmiştir. Doğal afetler arasında en yüksek olay ve can kaybı, 108 olayda 135.849 vefat ile jeofiziksel afetler (özellikle depremler) grubunda gerçekleşmiştir ayrıca bu afetlerde yaklaşık 24 milyon insan etkilenmiştir. Hidrolojik afetler (sel, su baskını ve taşkınlar) ise 62 olayda yaklaşık 2 bin can kaybına ve 1,8 milyon kişinin etkilenmesine yol açmıştır. Diğer yandan, meteorolojik ve klimatolojik afetlerin sayısı sınırlı olmakla birlikte, biyolojik afetler gibi farklı türler de belirli dönemlerde etkili olmuştur. Teknolojik afetler kategorisinde ise toplam 175 olayda, özellikle ulaşım kazalarında 128 olayda 3.067 vefat, diğer kazalar ve endüstriyel kazalarda ise toplamda 6.853 kişinin hayatını kaybettiği görülmektedir. Türkiye'de son yüzyılda kaydedilen afetlerde, hem olay sayısı hem de can kaybı bakımından jeofiziksel afetlerin (özellikle depremler) ön plana çıktığı, bunun yanında hidrolojik ve teknolojik afetlerin de önemli sosyal ve ekonomik etkilere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2 Türkiye'de afet kategorileri ve olay türleri itibarıyla afet sayıları (1925-2025) (CRED, 2025)

Doğal Afetler			
Olay Türü	**Olay Sayısı**	**Vefat Sayısı**	**Etkilenen Kişi Sayısı**
Biyolojik	7	609	204.847
Klimatolojik	7	26	563.432
Jeofiziksel	108	135.849	23.743.623
Hidrolojik	62	1.976	1.826.006
Meteorolojik	21	223	23.213
Toplam	205	138.683	26.361.121
Teknolojik Afetler			
Olay Türü	**Olay Sayısı**	**Vefat Sayısı**	**Etkilenen Kişi Sayısı**
Endüstriyel Kaza	27	1.292	746
Diğer Kazalar	20	2.494	1.293
Ulaşım	128	3.067	2.540
Toplam	175	6.853	4.579
Genel Toplam	**380**	**145.536**	**26.365.700**

Tablo 2.3'te, Türkiye Cumhuriyeti tarihinde meydana gelen en yıkıcı ilk 10 afet yıl, afet kategorisi, olay türü, yer, toplam vefat, etkilenen kişi sayısı ve toplam hasar açısından özetlenmiştir (CRED, 2025).

En yüksek can kaybı ve ekonomik kayıp, 2023 yılında Kahramanmaraş-Pazarcık merkezli olarak meydana gelen depremde yaşanmıştır. Resmi kayıtlara göre bu depremde 53.000 kişi yaşamını yitirmiş, 16 milyonun üzerinde kişi doğrudan etkilenmiş ve ekonomik hasar 35 Milyar USD'yi aşmıştır. Bu veriler, Cumhuriyet tarihinin en büyük ve yıkıcı afetinin 2023'te yaşandığını ortaya koymaktadır. 1939 Erzincan Depremi, 32.962 can kaybı ile Türkiye tarihinde ikinci büyük deprem olarak öne çıkmaktadır. 585 bin kişinin etkilendiği bu afetin ekonomik kaybı 451 Milyon USD olarak kaydedilmiştir. 1999 İzmit Depremi ise 17.127 ölüm ve yaklaşık 38 Milyar USD ekonomik kayıpla, ülke tarihinde çok büyük sosyal ve ekonomik sonuçlar doğurmuştur. 1943 Samsun, 1944 Bolu, 1976 Van, 1942 Tokat, 1966 Muş, 1975 Diyarbakır depremleri ise her biri binlerce kişinin ölümüne yol açan, geniş coğrafi alanda etkili olan önemli depremler olarak dikkat çekmektedir. 1954 İstanbul Yangını ise tabloda yer alan tek teknolojik afet örneğidir. 26 Kasım 1954 tarihinde Fatih ilçesinde yer alan tarihi Kapalıçarşı'da 1364 dükkân yanmış, 2.000 can kaybı meydana gelmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, t.y.). Bu olay ülke tarihinde kayıtlara geçen en büyük yangın felaketlerinden biridir.

Özetle, Türkiye'deki büyük afetler, özellikle depremler başta olmak üzere, genellikle yüksek can kaybı ve geniş çaplı toplumsal, ekonomik etkiler yaratmıştır. Etkilenen kişi sayısının ve maddi hasarın son yıllarda giderek artması, hem nüfus artışı hem de şehirleşme ve altyapının risklere karşı hassasiyeti ile doğrudan ilişkilidir.

Tablo 2.3 Türkiye'de yaşanan en büyük 10 afet ve istatistikleri (CRED, 2025)

Yıl	Afet Kategorisi	Olay Alt Türü	Yer	Top. Vefat	Top. Etk. Kişi Sayısı (Bin Kişi)	Top. Hasar (Milyon USD)
2023	Doğal	Deprem	Pazarcık	53.000	16.107	35.002
1939	Doğal	Deprem	Erzincan	32.962	585	451
1999	Doğal	Deprem	İzmit	17.127	1.358	37.663
1943	Doğal	Deprem	Samsun	4.020	5	725
1944	Doğal	Deprem	Bolu	3.959	Veri yok	Veri yok
1976	Doğal	Deprem	Van	3.840	216	137
1942	Doğal	Deprem	Tokat	3.000	Veri yok	Veri yok
1966	Doğal	Deprem	Muş	2.394	109	193
1975	Doğal	Deprem	Diyarbakır	2.385	53	99
1954	Teknolojik	Yangın	İstanbul	2.000	Veri yok	2.076

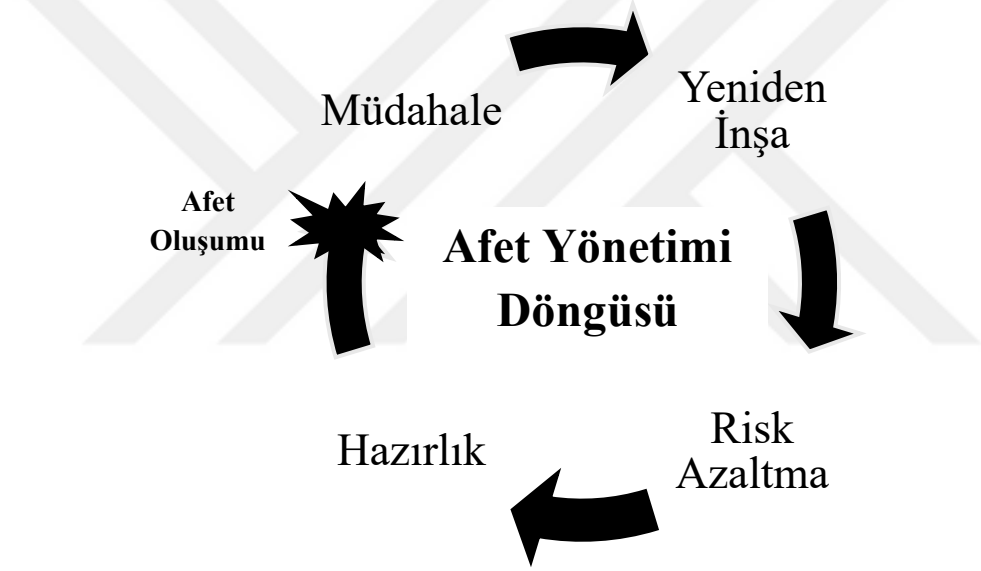
2.2 Afet Yönetimi ve Kuramsal Yaklaşımlar

Birleşmiş Milletlere göre; Afet yönetimi, afetlere hazırlık, müdahale ve afet sonrası iyileşme süreçlerine yönelik önlemlerin organizasyonu, planlanması ve uygulanması faaliyetlerinin bütünüdür. Afet yönetimi, tehditleri tamamen ortadan kaldırmasa veya engellemese de, afetlerin etkilerini azaltmak ve toplumun dayanıklılığını artırmak amacıyla hazırlık ve diğer planların oluşturulmasına ve uygulanmasına odaklanmaktadır (UNDRR, 2017).

Afetler, ortaya çıkış hızlarına ve nedenlerine göre ani ya da yavaş gelişen, doğal veya insan kaynaklı olaylar olarak sınıflandırılmakta ve toplumsal düzen üzerinde yıkıcı sonuçlar yaratmaktadır. Küresel ölçekte afetlerin sıklığında ve şiddetinde görülen artış, çevresel bozulma, küresel ısınmanın hızlanması, sera gazı emisyonları, kentleşmenin hızlı büyümesi, ormansızlaşma ve insanların riskli bölgelere yerleşmesi gibi çeşitli sosyo-ekonomik ve ekolojik faktörlerle doğrudan ilişkilidir (Negi ve Negi, 2021, s. 41; Chukwuka vd., 2023, s. 251). Ayrıca, sanayileşmenin artması ve teknolojik gelişmeler, insan kaynaklı afetlerin sayısını da artırmıştır. Mevcut eğilimlere göre, önümüzdeki 50 yıl içinde doğal afetlerin sayısının beş kata varan oranda artacağı tahmin edilmekte;

bu durum insani yardım kuruluşları ve kamu kurumları üzerinde giderek artan bir baskı yaratmaktadır (Chukwuka vd., 2023, s. 251). Yardım kuruluşları ise hem ani hem de yavaş gelişen afetlerde, hızlı ve etkin lojistik çözümler geliştirmek, değişen talep ve tedarik koşullarına uyum sağlamak ve sınırlı kaynaklarla en fazla etkiyi yaratmak zorundadır (Kunz ve Reiner, 2012, s. 116-117; Chukwuka vd., 2023, s. 252).

Afet yönetimi, Şekil 2.1'de yer alan görselde de özetlendiği gibi, klasik olarak risk azaltma, hazırlık, müdahale ve yeniden inşa olmak üzere dört aşamalı bir döngüyle tanımlanmaktadır: (Ergun vd., 2010, s. 3; Cozzolino, 2012, s. 8-10; Ahmadi vd., 2015, s. 145; Anvari vd., 2023, s. 434; Chukwuka vd., 2023, s. 251-252).



Şekil 2.1 Afet yönetimi döngüsü

Risk azaltma aşaması, afetlerin meydana gelmesini önlemeye veya etkilerini minimize etmeye yönelik uzun vadeli faaliyetleri kapsamaktadır. Bu aşamada yasal düzenlemeler, yapı güvenliği standartları, risk haritalaması ve sosyal kırılganlığın azaltılması gibi uygulamalar öne çıkar. Lojistikçiler bu aşamada doğrudan yer almamakla birlikte, alınan önlemlerin afetin yıkıcı etkilerini azaltmasında dolaylı rol oynamaktadır (Chukwuka vd., 2023, s. 251-252).

Hazırlık aşaması, afet öncesinde gerçekleştirilen stratejik planlama, fiziki ve bilgi altyapısının oluşturulması, işbirliği modellerinin geliştirilmesi, lojistik ağ tasarımı, malzeme ön konumlandırması ve insan kaynağı eğitimini kapsamaktadır (Kovács ve

Spens, 2007, s. 101; Chukwuka vd., 2023, s. 251). Bu aşamada, kritik tedarikçilerin ve ortakların belirlenmesi, senaryo analizleriyle risklerin modellenmesi, erken uyarı ve bilgi yönetim sistemlerinin kurulması gibi uygulamalar da yer almaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s. 101-102). Hazırlık, operasyonel başarının temelini oluşturur ve afetin ilk anlarında sağlanacak müdahalenin etkinliğiyle doğrudan ilişkilidir (Chukwuka vd., 2023, s. 251-252).

Müdahale aşaması, afetin hemen ardından başlatılan ve can kaybını en aza indirmeye, acil ihtiyaçları karşılamaya yönelik operasyonları içerir. Bu aşamada insani yardım lojistiği öne çıkar; yardım malzemelerinin (gıda, su, ilaç, barınma vb.) hızlı bir şekilde etkilenen bölgelere ulaştırılması, arama-kurtarma, tahliye ve sağlık hizmetlerinin organize edilmesi gibi uygulamalar hayati önem taşır (Kovács ve Spens, 2007, s. 101-102; Kunz ve Reiner, 2012, s. 116-117; Chukwuka vd., 2023, s. 252). Zaman baskısı ve belirsizlik altında hızlı karar alma, değişken koşullara uyum sağlama ve gerçek zamanlı bilgi akışı, müdahale sürecinin başarısında belirleyicidir (Jiang ve Yuan, 2019, s. 5).

Yeniden inşa aşaması ise, afet sonrası toplulukların ve altyapının eski haline getirilmesi, uzun vadeli yeniden inşa ve rehabilitasyon süreçlerini içerir. Burada, zarar gören konutların, altyapının ve hizmetlerin yeniden inşası, sosyo-ekonomik toparlanma ve dayanıklılığın artırılması amaçlanır. Ayrıca, afetlerden öğrenilen derslerin gelecekteki hazırlık ve azaltma aşamalarına aktarılması kritik önemdedir (Kovács ve Spens, 2007, s. 105-106; Ahmadi vd., 2015, s. 145).

Her aşamanın kendine özgü aktörleri, hedefleri ve gereksinimleri bulunmakta, afet yönetimi döngüsü bütünleşik ve sürekli gelişen bir süreç olarak işletilmektedir. Hazırlık ve müdahale dönemlerinde özellikle lojistik yönetimi, tesis konumlandırma, kaynak tahsisi ve operasyonel planlama gibi konular ön plana çıkarken; iyileştirme aşamasında, uzun vadeli toplumsal direnç ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri öne çıkmaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s. 106; Anvari vd., 2023, s. 434).

Afet yönetimi süreçlerinde, insani yardım lojistiği ve tedarik zinciri yönetimi operasyonel etkinliğin ve müdahalenin anahtarıdır. Afetler sırasında malzeme ve

hizmetlerin doğru, hızlı ve verimli bir şekilde ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması; ancak sağlam bir lojistik altyapı, güvenilir bilgi akışı ve etkili işbirliği ile mümkündür (Kovács ve Spens, 2007, s. 103-105; Kunz ve Reiner, 2012, s. 116-117; Chukwuka vd., 2023, s. 251-252). Tedarik zinciri süreçinde yaşanabilecek başarısızlıklar, yardımın gecikmesine, kaynak israfına ve mağduriyetin artmasına yol açabilir. Özellikle yardım malzemelerinin yanlış zaman ve yerde bulunması, ulaşım ve iletişim altyapısının zarar görmesi, ihtiyaçların belirsizliği ve sürekli değişen koşullar, operasyonel zorlukları artırmaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s. 103-105; Jiang ve Yuan, 2019, s. 5).

Afet yönetimi süreçlerde bilgi yönetimi ve koordinasyon başlıca belirleyici unsurlardır. Kuruluşlar arası koordinasyonun hem dikey (tedarik zincirinin yukarıdan aşağıya akışı) hem de yatay (farklı aktörler arası işbirliği) biçimlerinde ele alınması, insani yardım sürecinin bütüncül ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır (Ahmed vd., 2019, s. 272; Shareef vd., 2019, s. 1464; Anvari vd., 2023, s. 433-434). Afetlerin dinamik ve öngörülemez yapısı, süreçte çeviklik ve esnekliğin önemini artırmaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s. 101-102; Jiang ve Yuan, 2019, s. 5).

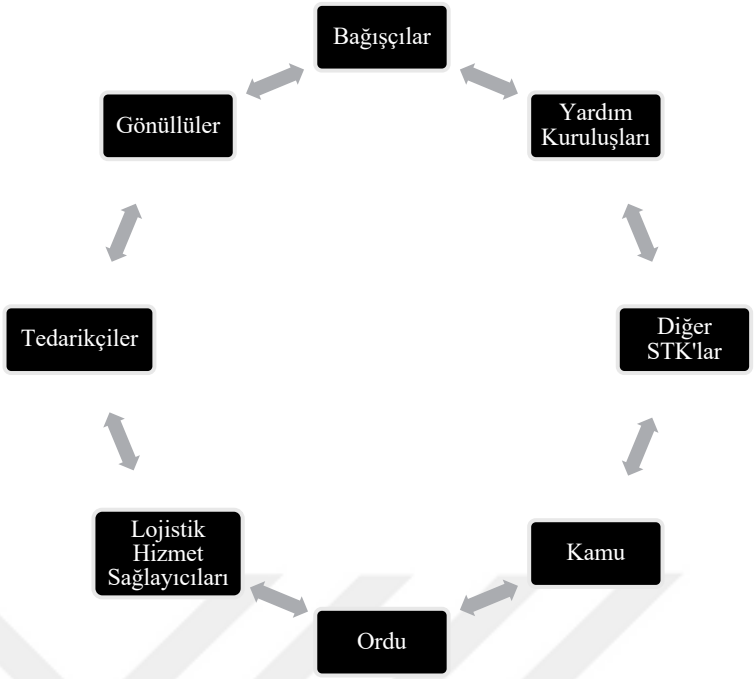
Afet sırasında kaynak tahsisi ise etik açıdan da zorluklar barındırmaktadır. Kısıtlı kaynakların adil ve etkili biçimde tahsisi, insani yardım operasyonlarında hem operasyonel verimlilik hem de adalet ve eşitlik ilkeleriyle dengelenmelidir. Özellikle hangi grupların, ne ölçüde ve ne zaman yardım alacağı konusunda karar vermek, karmaşık ve hassas bir süreçtir (Jiang ve Yuan, 2019, s. 5).

Afet yönetiminde yerel aktörlerin kapasitesinin artırılması, topluluk temelli katılımın sağlanması ve çok taraflı işbirliğinin teşvik edilmesi, başarılı bir afet müdahalesinin iyileşmenin temelini oluşturur. Yerel halkın hem talep hem de arz yönetiminde aktif rol alması, yardım operasyonlarının hızını ve etkililiğini artırırken; kültürel, coğrafi ve sosyal bağlamların daha iyi anlaşılmasını sağlar (Negi ve Negi, 2021, s. 49). Ayrıca, afet yönetiminde sadece kısa vadeli acil müdahale değil, uzun vadeli yeniden inşa ve toplumun dayanıklılığını artırmaya yönelik stratejiler geliştirilmelisi gerektiği vurgulanmaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s.106).

Afet yönetimi uygulamaları çoğu zaman bilgi eksikliği, iletişim ve ulaşım altyapısının zarar görmesi, lojistik tıkanıklıklar ve koordinasyon eksikliği gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. İlk aşamada genellikle arz yönlü bir stratejisiyle yardım gönderilirken, zaman içinde ihtiyaçlara göre talep yönlü bir stratejisiye geçilir. Bağışların uygunsuzluğu, depolama ve dağıtımda zorluklara neden olmakta; yerel tedarikçilerle işbirliği ise hız ve maliyet açısından avantaj sağlamaktadır. Hizmet sunumunda ise, altyapı eksiklikleri, yakıt ve ekipman sıkıntısı, ulaşımda alternatif rotaların gerekliliği ve soğuk zincir ihtiyacı gibi özgül lojistik sorunlar öne çıkmaktadır. Afet sonrası dönemde ise finansmanın büyük oranda kısa vadeli acil yardıma yönelmesi, uzun vadeli yeniden inşa süreçlerinin ve sürdürülebilirliğin ihmal edilmesine yol açmaktadır (Kovács ve Spens, 2007, s. 103-106).

Afet yönetimi, yalnızca operasyonel bir süreç olmaktan öte, stratejik, bütüncül ve çok paydaşlı bir yönetim yaklaşımı gerektirmektedir. Bilgi akışı, kaynak tahsisi, tedarik zincirinin bir bütün olarak yönetimi, işbirliği ve etik sorumluluk, bu süreçte başarının anahtarıdır. Küresel afet yönetimi eğilimlerinden de anlaşılacağı üzere, afetlere karşı toplumsal dayanıklılığın artırılması, etkili bir afet yönetimi döngüsü ve sürekli iyileşme kültürünün benimsenmesi ile mümkündür (Kovács ve Spens, 2007, s. 106; Negi ve Negi, 2021; Chukwuka vd., 2023, s. 251).

Afet yönetimi, çok farklı amaçlar, öncelikler, kültürel arka planlar, kapasiteler ve lojistik uzmanlık düzeylerine sahip geniş bir aktör yelpazesini bir araya getirmektedir. Bu bağlamda, başlıca aktörler; kamu kurumları, askeri birlikler, uluslararası, ulusal ve yerel yardım kuruluşları, bağışçılar, STK'lar ve özel sektör firmalarıdır. Tedarik zincirindeki aktörler ise bu yapıda merkezi bir role sahiptir. Tüm bu aktörler arasındaki ilişkiler, insani yardım ilişkileri modelinde; iş birliği, koordinasyon, bilgi paylaşımı ve kaynak entegrasyonu gibi çok boyutlu ve dinamik süreçler temelinde şekillenmektedir. Bu model, hem operasyonel etkinlik hem de kaynakların en verimli şekilde kullanılması için aktörler arası iş birliğinin ve karşılıklı güvenin önemini vurgulamaktadır (Cozzolino, 2012, s. 12).



Şekil 2.2 Afet yönetiminde paydaşlar (Kovács ve Spens, 2007; Cozzolino, 2012)

2.3 Afet Yönetiminde Çeviklik

Çeviklik kavramı, tedarik zinciri literatüründe ilk kez 1991 yılında Lehigh Üniversitesi Iacocca Enstitüsü'nde bir grup araştırmacı tarafından, küresel rekabet ortamında şirketlerin ayakta kalabilmesi için gerekli görülen uygulamaları tanımlamak amacıyla ortaya konmuştur. O dönemde çeviklik, daha çok üretim sektörüne özgü bir stratejik yetkinlik olarak görülse de, günümüzde değişen küresel dinamikler, artan çevresel belirsizlikler, talep dalgalanmaları ve krizlerin sıklığı nedeniyle farklı sektörlerde de zorunlu hale gelmiştir. Özellikle tedarik zinciri yönetimi bağlamında çeviklik, artık yalnızca rekabet avantajı yaratmak için değil, aynı zamanda varlığını sürdürebilmek için organizasyonların bilinçli olarak geliştirmesi gereken temel bir kapasite olarak kabul edilmektedir (Kumar Sharma ve Bhat, 2014, s. 200-203).

Günümüzde işletmeler münferit olarak tam çevikliğe ulaşacak kaynaklara sahip değildir; bu nedenle tedarik zinciri çevikliği, zincir içerisindeki tüm aktörlerin birlikte hareket etmesiyle mümkün olmaktadır (Kumar Sharma ve Bhat, 2014, s. 200). Bu ortak hareket, hem bilgi hem de kaynak paylaşımına dayalı iş birliği mekanizmalarının kurulmasını gerektimektedir. Çevikliğin bu yönü, afet yönetimi bağlamına taşındığında çok daha kritik hale gelmektedir; zira afet sonrası müdahale süreçlerinde

hem zaman hem de kaynaklar açısından yoğun bir baskı söz konusudur (Dubey vd., 2022, s. 4).

Tedarik zinciri yönetiminde çeviklik, esas olarak duyarlılık (responsiveness) ve hızlı tepki verme yetkinliği ile ilişkilendirilmektedir (Kumar Sharma ve Bhat, 2014, s. 202). Çevik tedarik zincirleri, öngörülemeyen koşullara ve değişken talep yapısına karşı hızlı ve etkin yanıt verebilme becerisine sahiptir. Bu bağlamda, teslim sürelerinin hızlandırılması, çevikliğin somut bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktdır; bu sayede zincir, piyasa ve talep dalgalanmalarına karşı daha esnek ve dirençli hale gelmektedir (Singh, 2025, s. 63). Afet bağlamında bu duyarlılık, yardım malzemelerinin doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru yerde bulunmasını sağlayarak operasyonel başarının anahtarı haline gelmektedir.

Çeviklik, sadece operasyonel hız ve esneklik değil; aynı zamanda bilgi teknolojileri, entegrasyon yetenekleri, ilişkisel yönetim becerileri ve kriz senaryolarına hazırlıkla da desteklenmesi gereken çok boyutlu bir stratejik kapasitedir (Kumar Sharma ve Bhat, 2014, s. 203). Nitekim başarılı bir çeviklik uygulaması için şu unsurlar kritik önemdedir: tedarik zinciri boyunca çift yönlü bilgi akışını artırmak, güvene dayalı iş birlikleri geliştirmek, kritik ürünler için bir güvenlik stoku oluşturmak, güvenilir lojistik ortaklarıyla çalışmak, kriz yönetim planları hazırlamak ve kriz ekipleri kurmak (Collin ve Lorenzin, 2006, s. 420).

Bu unsurlar yalnızca ticari rekabet ortamında değil, afet yönetimi bağlamında da geçerlidir. Afetlerde yaşanan ani talep artışları, ulaşım ağlarının bozulması, altyapı hasarları ve bilgi akışındaki belirsizlikler, çevikliğin stratejik önemini artırmaktadır (Oloruntoba ve Gray, 2006, s. 116-117). Dolayısıyla çeviklik, afet öncesinde hazırlık aşamasında planlama ve kaynak yönetimini optimize ederken, afet sırasında hızlı ve esnek müdahaleyi mümkün kılmaktadır (Li vd., 2023, s. 49).

Afet yönetiminde çeviklik, çoğunlukla dayanıklılık ile birlikte ele alınmaktadır. Dayanıklılık, değişken ve belirsiz koşullarda faaliyetlerini sürdürebilen, bozulmalara karşı direnç gösterebilen ve bozulma sonrasında hızla toparlanabilen ağların temel

yetkinliğidir (Umar vd., 2021, s. 828). Çeviklik ile dayanıklılık arasındaki ilişki, üç temel kavram üzerinden açıklanabilir:

Çeviklik (Agility): Tedarik zincirinin bozulması durumunda veya herhangi bir afet halinde ortaya çıkan krizlere hızlı tepki verme yeteneği; ani değişiklikler karşısında operasyonel süreçleri yeniden düzenleyerek, ihtiyaçlara uygun çözümler üretebilme kapasitesini ifade etmektedir.

Uyum Yeteneği (Adaptability): Afet sonrası koşullar, talep yapısı, kaynak mevcudiyeti veya lojistik altyapıdaki değişikliklere uyum sağlama yeteneği; yalnızca mevcut duruma tepki vermekle kalmaz, çevresel şartlara göre stratejileri ve süreçleri yeniden şekillendirme kapasitesini de kapsamaktadır.

Hizalanma (Alignment): Afet yönetiminde yer alan tüm paydaşların strateji, hedef ve faaliyetlerini ortak amaçlar doğrultusunda uyumlu hale getirme yeteneği; bilgi paylaşımı, görev dağılımı ve kaynak tahsisini senkronize ederek koordineli bir yapı oluşturmaktadır.

Bu üç unsur, güçlü bilgi yönetimi ile desteklendiğinde, afet tedarik zincirinin hem dayanıklılığını hem de operasyonel başarısını önemli ölçüde artırmaktadır (Umar vd., 2021, s. 828). Afet tedarik zincirlerinde çeviklik, değişen ihtiyaçlara göre operasyonların ve stratejilerin hızla uyarlanabilmesi anlamına gelmektedir. Bu bağlamda çevikliğin ölçümünde kullanılan başlıca kriterler şunlardır (Park, 2021, s. 366; Singh, 2025, s. 63):

1. Hızlı Yanıt: Yardım malzemelerinin en kısa sürede ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması.

2. Esneklik: Talep, teslimat süresi, teslimat şekli ve ürün çeşitliliğine uyum kapasitesi.

3. Görünürlük: Malzeme ve bilgi akışlarının şeffaf ve izlenebilir olması.

4. İşbirliği: Paydaşlar arasında etkili iletişim ve koordinasyon.

5. İnovasyon ve Teknoloji Kullanımı: ICT, mobil uygulamalar, RFID, sosyal medya ve izleme sistemleri ile hızlı değerlendirme ve yönlendirme.

6. Modülerlik: Kaynak ve süreçlerin ölçeklenebilir, yeniden yapılandırılabilir olması.

7. Yerelleştirme Yeteneği: Yerel kaynaklara hızlı erişim, lojistik darboğazları önleme.

Afet tedarik zincirinde "müşteri memnuniyeti" yalnızca afetzedelerle sınırlı değildir; bağışçıların beklentileri de bu kapsamda önemli bir yer tutar. Uluslararası yardım zincirleri çoğu zaman öngörülemez, dalgalı ve yüksek esneklik gerektiren yapılardır (Oloruntoba ve Gray, 2006, s. 116-117).

Çevikliğin afet tedarik zincirlerinde etkin şekilde uygulanabilmesi; süreç entegrasyonu, kurumlar arası iş birliği, bilgi sistemlerinin uyumu ve saha personelinin lojistik yetkinlikleri ile doğrudan ilişkilidir (Oloruntoba ve Gray, 2006, s.118). Eğitim eksiklikleri, teknolojik uyumsuzluklar ve kurumsal direnç, bu yetkinliğin önündeki başlıca engellerdir. Bu nedenle çeviklik yalnızca teknik çözümlerle değil, yönetsel ve kurumsal kapasitenin güçlendirilmesiyle de desteklenmelidir.

Bu tezde, afet tedarik zincirlerinde çeviklik merkezi bir rol üstlenirken; dayanıklılık, esneklik, uyum yeteneği, yalınlık ve hizalanma gibi kavramlar da çevikliğin uygulanabilirliğini güçlendiren tamamlayıcı unsurlar olarak ele alınmaktadır. Literatürde bu kavramlar bazen ayrı incelense de, pratikte büyük ölçüde iç içe geçmiş durumdadır ve entegre biçimde yönetilmeleri gerekmektedir (Bargshady vd., 2016, s. 429; Milovanovic vd., 2016, s. 49; Shakibaei vd., 2024, s. 351). Bu nedenle çalışma kapsamında bu kavramlar "çevik afet yönetimi" anlayışı altında bütünleşik bir çerçevede değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, afet yönetiminde çeviklik; hızlı tepki verme yeteneğinin yanı sıra iş birliği, şeffaflık, esneklik, bilgiye dayalı karar alma ve adaptasyon kapasitesini kapsayan çok boyutlu bir stratejik yetkinliktir. Hazırlık aşamasında ve kriz anında, çevik afet tedarik zincirleri insani yardım operasyonlarının başarısı için vazgeçilmez bir unsur olduğu değerlendirilmektedir.

2.4 Afet Tedarik Zinciri

Afet tedarik zincirinin ne olduğu anlamak için öncelikle tedarik zinciri ve yönetimi kavramlarını açıklamak gerekmektedir. Christopher (1992, s. 2)'nin tanımına göre tedarik zinciri, "nihai tüketiciye ulaştırılacak ürün ve hizmetlerin üretiminde değer yaratan süreçler ve faaliyetlerde yer alan örgütlerin oluşturduğu bir ağdır". Bu tanımda özellikle "ağ" vurgusu dikkat çekicidir. Çünkü tedarik zinciri, doğrusal bir akıştan ziyade farklı aktörlerin eşzamanlı etkileşimleriyle oluşan karmaşık bir bütünlüğü ifade etmektedir. Mentzer vd. (2001, s. 4) ise kavramı daha somut hale getirerek, tedarik zincirini "bir kaynaktan müşteriye doğru ürün, hizmet, finansman ve bilginin yukarı ve aşağı yönlü akışlarına doğrudan katılan üç veya daha fazla aktörden oluşan bir yapı" şeklinde tanımlamaktadır. Bu tanım, zincirin en az üç aktörden oluşması gerektiğini vurgularken, ürün akışının yanında bilgi ve finans akışlarını da kapsamasıyla kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi ise birbirlerinin müşterisi ve tedarikçisi konumunda bulunan işletmeler arasında mal, hizmet ve bilgi akışını sağlayan faaliyetlerin, rekabet gücünü artıracak biçimde koordine edilmesi ve entegre edilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Yıldız ve Çetindaş, 2020, s. 177). Literatürde farklı tanımlar bulunsa da ortak vurgu, tedarik zinciri yönetiminin lojistikten daha geniş bir çerçeve sunduğu ve tedarikçi ortaklıklarının ötesinde, firmanın tedarik zinciri stratejisinin genel iş stratejisiyle uyumlaştırılmasını gerektirdiğidir (Lummus ve Vokurka, 1999, s. 11). Bu kavram ilk kez 1982 yılında ortaya atılmış, akademik literatürde ise 1980'lerin ortalarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır (Ullrich, 2014, s. 5). Nitekim tedarik zinciri yönetimine olan ilgi yönetim biliminde yaşanan ilerlemeler, küreselleşme ve gelişen teknolojiler ile beraber bu tarihten itibaren hızla artmıştır. Bu dönemde firmalar, yalnızca kendi iç süreçlerine odaklanmanın yeterli olmadığını, tedarikçiler ve diğer paydaşlarla kurulan işbirliklerinin rekabet gücünü artırdığını fark etmişlerdir. Günümüzde ise işletmeler, zincirin diğer aktörlerinden bağımsız hareket ederek kalıcı bir başarı elde edememektedir (Lummus ve Vokurka, 1999, s. 11).

Christopher (2016, s. 13-15), bu kavramsal çerçeveyi bir adım ileri götürerek tedarik zinciri yönetimini "tedarikçiler ve müşterilerle olan ilişkilerin, toplam maliyeti

azaltacak ve müşteri değerini artıracak şekilde yönetilmesi" olarak tanımlamaktadır. Burada dikkat çekilen nokta, tedarik zinciri yönetiminin yalnızca bir lojistik faaliyetten ibaret olmadığıdır. Lojistik daha çok işletme içindeki malzeme ve bilgi akışlarının düzenlenmesine odaklanırken, tedarik zinciri yönetimi bu sınırların ötesine geçmekte ve işletmeler arası koordinasyonu sağlayarak zincirin bütününde değer yaratmayı hedeflemektedir. Bu yaklaşımda öne çıkan bir diğer önemli husus rekabet anlayışındaki dönüşümdür. Buna göre, artık firmaların tek başına güçlü olması yeterli değildir; başarının ölçütü, içinde yer aldıkları tedarik zincirinin bütünsel performansı ile yakından bağlantılıdır. Bu nedenle rekabet artık bireysel şirketler arasında değil, tedarik zincirleri arasında yaşanmaktadır.

Görüldüğü üzere, genel anlamda tedarik zinciri kavramı üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve tüketici arasında gerçekleşen mal, hizmet ve bilgi akışlarının bütününü ifade etmektedir. Ancak afet koşullarında bu zincirin işleyişi farklı bir boyut kazanmaktadır. Zira amaç yalnızca verimlilik ya da maliyet optimizasyonu değil, afetlerden etkilenen toplulukların hayatta kalmasını sağlayacak kritik ihtiyaçların en kısa sürede karşılanmasıdır. Bu nedenle literatürde afet bağlamındaki süreçleri tanımlamak üzere 'insani yardım lojistiği', 'insani yardım tedarik zinciri', 'acil durum lojistiği' ve 'acil durum tedarik zinciri' gibi farklı kavramlar geliştirilmiştir. Bu kavramların ortak noktası, afet sonrası ortaya çıkan acil ihtiyaçların doğru, hızlı ve etkin biçimde ulaştırılmasına odaklanmalarıdır.

"İnsani yardım lojistiği", çoğunlukla malzeme ve bilgi akışının yönetimine, "insani yardım tedarik zinciri" ise bu akışın uçtan uca entegrasyonuna odaklanmaktadır. "Acil durum lojistiği" kavramı ise özellikle afet anında ve hemen sonrasında ortaya çıkan acil ihtiyaçların karşılanmasına vurgu yapmaktadır. Ayrıca, özellikle afetin hemen ardından ortaya çıkan ihtiyaçların teminine odaklanan "acil durum tedarik zinciri" terimi de kullanılmaktadır (Kunz ve Reiner, 2012, s. 116–117; Jiang ve Yuan, 2019, s. 5; Shareef vd., 2019, s. 1464; Jeble vd., 2020, s. 609; Anvari vd., 2023, s. 434; Chukwuka vd., 2023, s. 251–252; Shakibaei vd., 2024, s. 350). Bu terimler çoğu zaman benzer süreç ve uygulamaları tanımlasa da, literatürde genellikle ayrı kategoriler olarak ele alınmaktadır; ancak, kavramlar arasındaki ayrımlar alan yazında oldukça sınırlıdır (Jiang ve Yuan, 2019, s. 1). Son yıllarda afet yönetimi literatürü ve

uygulamaları yalnızca kriz anı yönetimine odaklanmaktan çıkmıştır. Bu çerçevede daha kapsamlı bir yaklaşım olan insani yardım tedarik zinciri kavramı ön plana çıkmıştır. Artık afetlere müdahale süreçleri sadece planlama ve yönlendirme ile sınırlı kalmamakta; hayat kurtarmak için hızlı ve güvenilir lojistik hizmetlerin sağlanması, kaynakların etkin şekilde yönetilmesi ve tüm sürecin sürekli izlenmesi de ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, insani yardım tedarik zinciri yaklaşımı; afet sonrası ihtiyaçların hızla karşılanmasını sağlayan, planlı, esnek ve entegre bir lojistik sistem gerektirmektedir. Böylece afet yönetimi, daha bütüncül ve sonuç odaklı bir yapıya kavuşmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 609). Bu nedenle, bu tez kapsamında, afet yönetiminin karmaşık ve çok aktörlü yapısı gereği, tüm bu süreçler bütüncül bir yaklaşımla "afet tedarik zinciri" başlığı altında değerlendirilmektedir. Hazırlık, müdahale ve yeniden inşa gibi tüm aşamalarda ortaya çıkan lojistik, malzeme ve bilgi akışları ile aktörler arası işbirliği, bu çerçevede ortak bir perspektifle ele alınmaktadır.

Afet tedarik zinciri yönetimi, yardım akışlarının bütüncül bir şekilde yönetilmesini ifade etmektedir. Bu kapsamda, hammadde, mal, hizmet, mali kaynak, bilgi, ilaç, giysi, gıda ve diğer temel ihtiyaç maddelerinin, afet mağdurlarının ihtiyaçlarını karşılamak üzere menşe noktasından tüketim noktasına kadar taşınması ve depolanması süreçleri afet tedarik zincirinin temel unsurlarını oluşturmaktadır (Chari ve Novukela, 2023, s. 400). Böylece, insani yardım tedarik zinciri, afet ve acil durumlarda etkili bir yardım sunumu için kaynakların doğru, hızlı ve koordineli şekilde yönetilmesini amaçlamaktadır. Bu süreçteki lojistik faaliyetlerin maliyeti, tüm afet yardım operasyonlarının toplam maliyetinin %80'ine kadar ulaşabilmektedir. Afet tedarik zinciri faaliyetleri, genellikle son derece değişken ve belirsiz koşullarda yürütülmekte olup; öngörülemeyen talep, tedarik zincirinde yaşanan belirsizlikler, mevcut olmayan veya hasar görmüş altyapı, yetersiz lojistik kapasite, değişken siyasi ortamlar, güvenlik sorunları ve eksik bilgi gibi pek çok risk faktörü ile karşılaşılmaktadır. Bu risklerin yaygınlığı, afet tedarik zincirinin etkinliğini azaltmakta ve insan hayatı ile maddi kayıpların artmasına neden olabilmektedir (Chukwuka vd., 2023, s. 250).

Yakın zamanda meydana gelen küresel felaketler arasında Dorian Kasırgası, COVID-19 pandemisi, Idai hortumu, Beyrut patlaması, Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'deki orman yangınları, Hindistan ve Pakistan'daki seller, Türkiye ve

Endonezya'daki depremler ve tsunami yer almaktadır. Bu felaketlerin dünya, insan hayatı ve ülke ekonomileri üzerinde ciddi olumsuz etkileri olmuş, büyük yıkımlara ve insanların yaşadıkları evleri bile kaybetmelerine neden olmuştur. Bu noktada etkili bir afet tedarik zinciri, gıda, su, barınak ve tıbbi malzeme gibi temel yaşam malzemelerinin ihtiyaç sahiplerine hızlı bir şekilde ulaştırılmasını sağlamak için oldukça önemlidir (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2267).

Cozzolino (2012, s. 8-10)'a göre afet yönetimi döngüsü risk azaltma, hazırlık, müdahale ve yeniden inşa aşamalarından oluşurken lojistik ve tedarik zinciri yönetimine odaklanan süreç daha çok hazırlık, müdahale ve yeniden inşa ile ilgilidir; bu süreçler birlikte afet tedarik zinciri akışını oluşturur. Nitekim Kovács ve Spens (2007, s. 101)'de benzer bir bakış açısıyla afet tedarik zincirini Şekil 2.3'te görüleceği üzere bu üç aşama odağında açıklamaktadır. Hazırlık aşamasında, kurulacak ana dağıtım merkezlerinin sayısı ve yerleri ile ilgili kararlar gibi çeşitli stratejik (uzun vadeli) kararlar ve prosedürler afet fiilen meydana gelmeden önce tasarlanmalıdır. Müdahale aşaması, araç rotaları, personel ve ekipmanla ilgili operasyonel kararların yanı sıra bir afet meydana geldikten sonra yardım mallarının etkilenen bölgelere son dağıtımını içermektedir. Yeniden inşa aşaması ise etkilenen bölgelerin afet öncesi durumlarına getirilmesi faaliyetidir (Ahmadi vd., 2015, s. 145).



Şekil 2.3 Afet tedarik zinciri akışı (Kovács ve Spens, 2007)

Her afet yardım operasyonunun temel amacı, hayatta kalma riskiyle karşı karşıya olan savunmasız nüfuslara kritik öneme sahip malzemeleri hızlı ve etkin biçimde ulaştırmaktır. Yardım kuruluşları ise, talep, tedarik ve uygulama süreçlerindeki belirsizlikler ve risklere karşı uyarlanabilir stratejiler geliştirmek zorunda oldukları, oldukça istikrarsız ve öngörülemez koşullarda faaliyet göstermektedir. Bu nedenle, operasyonel başarı; iyi bir hazırlık süreci, gerekli kaynakların hızlı şekilde seferber edilmesi ve farklı yerel koşullara hızla uyum sağlama kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Literatürde yapılan çeşitli araştırmalar, afet tedarik zincirinin başarısının, kuruluşların dışsal kesintilere çabuk yanıt verme ve esnek operasyonlar yürütebilme

yeteneğine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, afet tedarik zincirleri maliyet etkinliğini gözetirken aynı zamanda çevik ve duyarlı olma özelliklerini de ön planda tutmalıdır (Chukwuka vd., 2023, s. 252).

Afet tedarik zincirinde, yaşanan afetlerin ardından ilk 72 saatlik müdahale süreci kritik bir öneme sahiptir. Özellikle ilk 12 saat, Standart Rahatlama Süresi (SRT) olarak adlandırılmakta ve bu süre zarfında kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşlarının durumu hızla değerlendirerek, yardım malzemelerini etkilenen bölgelere ulaştırması gerekmektedir. SRT içinde yardımın afet bölgelerine etkin şekilde ulaştırılamaması, afetzedeler için ciddi kayıplara ve acılara yol açmakta; bu nedenle planlama ve karar verme süreçlerinde SRT'nin ihlali ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Etkili bir insani yardım sistemi, insan kayıplarını en aza indirecek şekilde organize edilmeli ve ihtiyaç duyulan yardım malzemeleri hızlıca sevk edilmelidir (Ahmadi vd., 2015, s. 146). Bu bağlamda, müdahale süresi, acil yardım operasyonlarının başarısı ve yaralıların hayatta kalma olasılığı açısından belirleyici bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle birçok ülke, büyük afetlerde müdahale için belirli bir zaman sınırı koymaktadır. Örneğin, ABD'de İç Güvenlik Bakanlığı'na bağlı Stratejik Ulusal Stok Programı, büyük ölçekli afet veya biyoterörizm olaylarında ilaç, aşı ve tıbbi malzemeleri en geç 12 saat içinde ihtiyaç duyulan eyalet ve bölgelere ulaştırmakla yükümlüdür. Bu tür uygulamalar, afet tedarik zincirinde hızın ve hazırlıklı olmanın hayati önemini ortaya koymaktadır (Jiang ve Yuan, 2019, s. 11).

Afet tedarik zincirlerinde çeviklik ve dayanıklılık, müdahale ve toparlanma süreçlerinin etkinliği açısından kritik öneme sahiptir. Çeviklikten ve dayanıklılıktan yoksun zincirlerde, beklenmedik kesintiler karşısında ciddi gecikmeler ve kaynak israfı yaşanabilmektedir. Bu nedenle, afet öncesi ve sonrası dönemleri kapsayan bütünleşik karar alma süreçleri, sistemin genel tepkiselliğini ve dayanıklılığını artırmaktadır. Esnek tedarikçi sözleşmeleri, kriz bütçeleri, kamu-özel iş birlikleri ve tedarikçi çeşitliliği gibi stratejiler, zincirin direnç kapasitesini güçlendirmektedir. Ayrıca, alternatif iletişim kanalları, bilgi transfer mekanizmaları ve çok amaçlı matematiksel modeller ile maliyet, zaman ve kaynak kullanımı dengelenerek operasyonlar optimize edilmektedir (Shakibaei vd., 2024, s. 351-352). Son yıllardaki araştırmalar, afet tedarik zincirinin performansını artırmak için risk yönetimi, çeviklik,

dayanıklılık, iş birliği ve yerel katılım gibi faktörlerin bütüncül şekilde dikkate alındığını göstermektedir. Özellikle çeviklik afet öncesi hazırlıkta; dayanıklılık ise afet sonrası iyileşmede belirleyici bir rol oynamaktadır. İş birlikçi ve öğrenen organizasyon yapıları ile amaç odaklı ve eylem yönelimli stratejilerin de lojistikte çevikliğe önemli katkılar sunduğu ortaya konmuştur (Negi ve Negi, 2021, s. 49-52).

Afet tedarik zincirinin başarısı, süreçte yer alan tüm kuruluşların etkili yönetilmesine ve aralarındaki uyumlu iletişim ağının sağlanmasına büyük ölçüde bağlıdır. Zira afetler sırasında genellikle çok sayıda kamu (sivil ve askeri), özel sektör ve sivil toplum kuruluşu aynı anda ve birlikte hareket ederek, hasarı en aza indirmek, acil ihtiyaçları karşılamak ve kayıpları telafi etmek amacıyla koordineli yardım faaliyetleri yürütmektedir. Bu çok aktörlü yapının etkinliği, katılımcı kurumlar arasında hızlı bilgi paylaşımı, işbirliği ve ortak hedeflere yönelik eşgüdüm sağlanabilmesine bağlıdır (Shareef vd., 2019, s. 1464). Koordinasyon ve işbirliği ise, afet yönetiminde çoğu zaman eşanlamlı olarak kullanılan ve etkin tedarik zinciri yönetimi için kritik öneme sahip iki temel kavramdır. Tek bir kuruluşun tüm süreci tek başına yönetmesi mümkün olmadığından, kamu kurumları, STK'lar, uluslararası kuruluşlar ve özel sektör aktörleri müdahale ve yeniden inşa desteği için koordinasyon içinde çalışmak zorundadır. Koordinasyon süreci, kuruluşların kendi bağımsızlıklarını koruyarak, ortak hedefler doğrultusunda ve müzakere edilen anlaşmalar çerçevesinde kaynak ve bilgi paylaşımını mümkün kılar. Bu tür işbirliği ve koordinasyon, afet yönetiminin her aşamasında sinerji yaratarak operasyonel etkinliği ve kaynak kullanımını artırmaktadır (Anvari vd., 2023, s. 433-434).

Afet tedarik zincirlerinde performans değerlendirme araçlarının geliştirilmesi, önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, ticari tedarik zincirlerinden uyarlanan metriklerin yanı sıra, insani yardım operasyonlarının başarısını ölçmek üzere kaynak kullanımı, çıktı düzeyi, esneklik ve adalet gibi ölçütleri temel alan performans çerçeveleri oluşturulmuştur (Negi ve Negi, 2021, s. 49-52). Bu kapsamda bazı yaklaşımlar, etkinlik ve adalet arasındaki dengeyi analiz ederken; bazıları ise sosyal refah ilkelerini merkeze alarak, lojistik kararlarının en fazla sayıda insana en yüksek faydayı sağlaması gerektiğini vurgulamaktadır. Son dönem çalışmalarda, yalnızca lojistik maliyetleri değil, aynı zamanda yardım ulaştırılamamasının yol açtığı

mağduriyetin ekonomik karşılığını da içeren sosyal maliyet kavramı öne çıkmaktadır. Ayrıca, yardım kaynaklarının etkinlik ve adalet dengesine göre tahsisini esas alan modeller giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bütün bu yaklaşımlar, afet sonrası insani yardım süreçlerinin yalnızca operasyonel verimlilikle sınırlı olmadığını; aynı zamanda etik ve sosyal boyutların da bütüncül olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Jiang ve Yuan, 2019, s. 9-10).

Ticari amaçlı kurulan tedarik zincirleriyle ile afet odaklı tedarik zincirleri arasında önemli farklar bulunmaktadır. Ticari tedarik zincirlerinde öncelik çoğunlukla maliyetlerin azaltılması ve kâr elde etmektir. Buna karşın, afet ve acil durum tedarik zincirinde temel amaç, insan hayatını korumak ve acil ihtiyaçları en hızlı şekilde karşılamaktır. Özellikle ani gelişen depremler, tsunamiler veya kasırgalar gibi felaketlerde, yardım kuruluşları ve diğer paydaşlar hem miktar hem de yer açısından hızla değişen ve tahmin edilmesi zor bir taleple karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, afet lojistiğinde zaman kritik bir öneme sahiptir; yardımların hızlı, esnek, etkili ve adil bir şekilde ulaştırılması gerekmektedir. Yani, burada asıl öncelik bir an önce hayat kurtarmak ve temel ihtiyaçlara ulaşımı sağlamaktır (Kundu vd., 2022, s. 1-4).

Afet tedarik zinciri ile geleneksel tedarik zinciri arasındaki temel farklar Tablo 2.4'de sistematik biçimde özetlenmiştir. Her iki tedarik zincirinin nihai amacı arz ve talebi dengelemek olsa da, afet tedarik zincirinin önceliği insan hayatını kurtarmak, acıyı hafifletmek ve temel fizyolojik ihtiyaçlarını (gıda, barınma, sağlık gibi) mümkün olan en kısa sürede karşılamaktır. Buna karşılık, geleneksel tedarik zincirlerinde amaç, daha çok kâr maksimizasyonu, müşteri memnuniyeti ve pazar payı artırımı gibi ticari hedeflere yöneliktir. Geleneksel tedarik zincirlerinde talep, pazarlama stratejileriyle yönlendirilebilir ve müşteri kitlesi stratejik olarak belirlenebilirken; afet tedarik zincirinde talep, doğrudan acil ve temel ihtiyaçlara bağlı olarak aniden ve çoğunlukla öngörülemez biçimde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, afet tedarik zincirinde bilgi, mal ve finansal akışlar, yüksek belirsizlik ve çok sayıda aktörün eşzamanlı etkileşimi ile şekillenmekte; dayanıklılık, esneklik, hazırlık amaçlı stoklama ve paydaşlar arası şeffaf bilgi paylaşımı öne çıkmaktadır. Buna karşılık, geleneksel tedarik zincirlerinde stok seviyeleri minimize edilmektedir, bilgi gizliliği esastır ve operasyonel süreçler öngörülebilirlik üzerine kuruludur. Sonuç olarak, afet tedarik zincirini geleneksel

tedarik zincirinden ayıran temel unsur; insan hayatını merkeze alan, hızlı adaptasyon, esneklik, şeffaflık ve iş birliğini zorunlu kılan çok aktörlü bir yapıda işlemesidir (Malhouni ve Mabrouki, 2022, s. 2-4).

Tablo 2.4 Afet ve geleneksel tedarik zincirleri arasındaki temel farklar (Malhouni ve Mabrouki, 2022)

Karşılaştırma Kriteri	Afet Tedarik Zinciri	Geleneksel Tedarik Zinciri
Amaç	Hayat kurtarmak ve insan acısını azaltmak (kâr amacı gütmeden)	Daha fazla kâr marjı elde etmek (kâr amaçlı)
Temel Misyon	Temel hayatta kalma ihtiyaçlarının hızlı karşılanması; gerekli hizmetlerin sağlanması; kalkınma programlarının uygulanması	Müşteri memnuniyetini artırmak; pazar payını ve marka değerini yükseltmek
Müşteri	Yüksek hassasiyetli ve kırılgan durumdaki topluluklar	Stratejik olarak belirlenen hedef müşteri grupları
Talep	Acil ve öngörülemeyen temel ihtiyaçlar (afet mağdurları)	Belirli, tahmin edilebilir ve çoğunlukla oluşturulmuş müşteri talepleri
Talep Özellikleri	Yer, zaman ve nicelik açısından öngörülemez; müdahale aşamasına göre değişkenlik gösterir	Planlanabilir; reklam ve pazarlama ile yönlendirilebilir
Çalışma Ortamı	Son derece riskli, karmaşık ve stresli ortamlar; finansal kısıtlar, bilgi eksikliği	Rekabetçi piyasa koşulları
Başlıca Kısıtlar	Kesintili afetler; coğrafi dağınıklık; hızlı karar verme; gönüllülere bağlılık; bağışlara bağımlılık; kaynak yetersizliği; medya baskısı; iyi imajı sürdürme zorunluluğu	Ürün çeşitliliği artışı; daha kısa ürün yaşam döngüleri; sürekli müşteri beklentileri; küreselleşme; marka imajının korunması
Öngörülebilir Riskler	Son derece öngörülemez olaylar; ani riskler; iletişim eksikliği; bir sonraki büyük olayın zamanı ve şiddeti bilinemez	İçsel performans belirsizliği; büyük ölçekli kesintiler veya ciddi olaylar (ör. tedarikçi iflası, piyasa şokları)

2.5 Afet Tedarik Zinciri Çevikliğini Açıklayan Kuramsal Yaklaşımlar

Yukarıda yer alan bölümlerde de bahsedildiği üzere afet tedarik zincirleri, ticari tedarik zincirlerinden temelde farklı bir mantıkla işlemektedir. Ticari alanda performans genellikle artan maliyetler ya da teslimat gecikmeleri üzerinden ölçülürken, afet bağlamında yaşanan aksaklıklar çok daha kritik sonuçlar doğurmaktadır. Burada ortaya çıkan eksiklikler veya verimsizlikler, yalnızca operasyonel kayıplara değil, aynı

zamanda afete maruz kalan insanların yaşamları üzerinde doğrudan ve geri dönüşü olmayan etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle, afet tedarik zinciri performansını anlamak ve geliştirmek için, yalnızca ticari alanda yaygın olarak kullanılan geleneksel teorik çerçevelere bağlı kalmak yeterli değildir. Aksine, bu çerçevelerin afet bağlamının aciliyet, belirsizlik ve çok paydaşlı iş birliği gibi kendine özgü dinamikleriyle birlikte ele alınması gerekir. Bu noktada, literatürde yer alan farklı örgütsel ve stratejik yaklaşımlar, afet tedarik zincirlerinde çevikliği açıklamak için bir arada değerlendirilmelidir.

Kaynak Tabanlı Görüş (RBV, *Resource-Based View*) bir organizasyonun rekabet avantajı elde edebilmesi için sahip olduğu kaynakların değerli, nadir, taklit edilemez ve ikame edilemez olması gerektiğini savunmaktadır. Bu kaynaklar fiziksel sermaye, insan sermayesi, teknolojik altyapı ve itibari sermaye gibi hem somut hem soyut unsurları kapsamaktadır. RBV, bu kaynakların tek başına değil, bütünleşik şekilde kullanılmasıyla özgün yetkinlikler oluşacağını ve bunun sürdürülebilir avantaj sağlayacağını vurgulamaktadır. Ancak insani yardım tedarik zincirleri çoğunlukla kısa ömürlü, hızlı ve acil çözümler gerektiren projeler yürütmektedir. Bu durum, RBV'nin uzun vadeli ve sürdürülebilir yatırım gerektiren doğasıyla kısmen çelişmektedir (Dubey vd., 2021a, s. 1588; Dubey vd., 2022, s. 3).

Bu nedenle literatürde, afet bağlamında Uygulama Tabanlı Görüş (PBV, *Practice-Based View*) daha uygun bir çerçeve olarak önerilmektedir. PBV, saha uygulamaları, operasyonel bilgi birikimi ve öğrenen organizasyon yapılarının performans üzerindeki etkisine odaklanır. Afet tedarik zincirlerinde çeviklik, büyük ölçüde sahada kazanılan deneyimler, operasyonel pratikler ve sürekli öğrenme ile şekillenmektedir (Dubey vd., 2022, s. 3).

Bununla bağlantılı olarak, Dinamik Yetenekler Görüşü (DCV, *Dynamic Capabilities View*), organizasyonların hızla değişen çevresel koşullara uyum sağlayabilmesi için mevcut yeteneklerini entegre etme, geliştirme ve yeniden yapılandırma kapasitesine odaklanır. DCV, duyumsama (sensing), yakalama (seizing) ve yeniden yapılandırma (reconfiguring) süreçleriyle işletmelerin belirsiz ve dalgalı ortamlarda rekabet gücünü koruyabileceğini öne sürer. Afet tedarik zincirlerinde bu, mevcut kaynak ve süreçlerin

hızla yeniden organize edilmesi, yeni çözümlerin devreye alınması ve ani ihtiyaçlara cevap verebilecek esnek yapıların kurulması anlamına gelir (Samadhiya vd., 2023, s. 2).

Durumsallık Teorisi (CT, *Contingency Theory*), organizasyon yapısı ve süreçlerinin, içinde bulunulan çevresel koşullara uygun biçimde şekillendirilmesi gerektiğini savunur. Afet tedarik zincirlerinde iyi uygulamaların etkinliği, bağlamsal faktörlerle doğrudan ilişkilidir; afetin türü, bölgenin sosyo-ekonomik yapısı, yerel yönetim kapasitesi ve lojistik altyapı, uygulanacak stratejilerin başarısını belirler. CT ayrıca, üst düzey dinamik kabiliyetlerin alt düzey yetenekleri etkilediği bağlamın anlaşılması açısından da önemlidir (Dubey vd., 2021b, s. 135; Dubey vd., 2022, s. 3). Bu yaklaşımın bir uzantısı olan Koşullu Kaynak-Temelli Görüş (CRBV, *Contingent Resource-Based View),* RBV'nin öngördüğü rekabet avantajının belirli koşullara bağlı olarak ortaya çıktığını savunur. CRBV çerçevesinde, görünürlük (visibility) gibi yetkinlikler, afet tedarik zincirlerinde bilgi asimetrisini azaltmada kritik rol oynar (Dubey vd., 2018, s. 487).

Kaynak Bağımlılığı Teorisi (RDT, *Resource Dependence Theory*), organizasyonların hayatta kalmak ve büyümek için dış kaynaklara olan bağımlılıklarını yönetme biçimlerini açıklar. Kaynakların kıtlığı ve asimetrik dağılımı, örgütler arası bağımlılık ilişkilerini şekillendirir. Afet tedarik zincirlerinde, tıbbi malzeme, ulaşım altyapısı, veri ve gıda gibi kritik kaynakların sürekliliği, kurumlar arası güçlü ilişkiler ve iş birliği ağlarıyla sağlanır. Dijital teknolojiler ise veri toplama, analiz etme ve karar alma süreçlerinde temel kaynaklar arasında yer alarak hem dayanıklılığı hem de çevikliği destekler (Bag vd., 2023, s. 3).

Bağlılık-Güven Teorisi (CTT, *Commitment–Trust Theory*), iş birliğine dayalı ilişkilerin temelinde bağlılık (commitment) ve güvenin (trust) yer aldığını savunur. Güven, bir tarafın diğerine güvenerek risk alması; bağlılık ise tarafların uzun vadeli iş birliği isteğini ifade eder. Bu iki unsur, afet tedarik zincirinde bilgi paylaşımını, koordinasyonu ve operasyonel uyumu güçlendirir. Taraflar arasındaki güven ve bağlılık arttıkça, bilgi paylaşma isteği artar, bu da çeviklik ve operasyonel etkinlik üzerinde olumlu etki yaratır (Ahmed vd., 2019, s. 272-273).

Tablo 2.5 Afet tedarik zincirinde çevikliği açıklayan başlıca kuramsal yaklaşımlar

Kuram (Kısaltma)	Açıklama	Afet Tedarik Zinciri Bağlamındaki Önemi	Kaynak
Kaynak Tabanlı Görüş (RBV)	Değerli, nadir, taklit edilemez ve ikame edilemez kaynakların stratejik biçimde kullanılması gerektiğini savunur.	Dijital teknolojiler, lojistik altyapı, bilgi sistemleri ve insan kaynağı gibi stratejik varlıkların çevikliğin temeli olması.	Dubey vd., 2021a; Dubey vd., 2022
Uygulama Tabanlı Görüş (PBV)	Saha uygulamaları, operasyonel bilgi birikimi ve öğrenen organizasyon yapılarının performansa etkisine odaklanır.	Afetlerde çevikliğin büyük ölçüde sahada kazanılan deneyimler ve operasyonel pratiklerle gelişmesi.	Dubey vd., 2022
Dinamik Yetenekler Görüşü (DCV)	Mevcut yetenekleri entegre etme, geliştirme ve yeniden yapılandırma kapasitesine vurgu yapar.	Kaynak ve süreçlerin hızla yeniden düzenlenerek ani ihtiyaçlara cevap verecek esnek yapılar oluşturulması.	Samadhiya vd., 2023
Durumsallık Teorisi (CT)	Organizasyon yapı ve süreçlerinin çevresel koşullara uygun biçimde şekillendirilmesi gerektiğini savunur.	Afet türü, sosyo-ekonomik yapı, lojistik altyapı gibi bağlamsal faktörlere uygun stratejilerin geliştirilmesi.	Dubey vd., 2022; Dubey vd., 2021b
Koşullu Kaynak-Temelli Görüş (CRBV)	RBV'nin rekabet avantajının belirli koşullara bağlı olduğunu belirtir.	Görünürlük gibi yetkinliklerin bilgi asimetrisini azaltarak çevikliği artırması.	Dubey vd., 2018
Kaynak Bağımlılığı Teorisi (RDT)	Organizasyonların dış kaynaklara bağımlılıklarını yönetme biçimlerini açıklar.	Kritik kaynakların sürekliliğinin kurumlar arası güçlü ilişkiler ve iş birliği ile sağlanması.	Bag vd., 2023
Bağlılık–Güven Teorisi (CTT)	İş birliğinde güven ve bağlılığın temel olduğunu savunur.	Güven ve bağlılık yoluyla bilgi paylaşımı, operasyonel uyum ve hızlı karar alma süreçlerinin güçlenmesi.	Ahmed vd., 2019

Sonuç olarak, afet tedarik zincirinde çevikliği açıklamak için farklı disiplinlerden gelen teorilerin birlikte değerlendirilmesi önemlidir. RBV ve DCV gibi kaynak ve yetenek odaklı yaklaşımlar, PBV gibi pratik temelli çerçeveler, CT ve CRBV gibi bağlamsal uyum teorileri ile RDT ve CTT gibi ilişki/ağ temelli teoriler bir arada ele alındığında çevikliğin nasıl inşa edilebileceğine dair bütüncül bir anlayış sunmaktadır. Literatürde bu teorilerin insani yardım operasyonları bağlamında kullanımı sınırlı olmakla birlikte, artan ilgi, bu alanda daha kapsamlı ve derinlemesine çalışmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır (Dubey vd., 2021a, s. 1588).

Bu tez, afet tedarik zincirlerinde çevikliğin inşasını çok boyutlu olarak ele almak amacıyla RBV ve DCV'yi ana omurga olarak benimsemekte; bu omurgayı CT ve CRBV ile bağlamsal uyum boyutunda, RDT ve CTT ile ise ilişki ve ağ yönetimi boyutunda desteklemektedir. Bu sayede, hem dijital teknolojilerin stratejik kaynak olarak değeri hem bu kaynakların bağlamsal şartlarda nasıl uyarlanıp etkinleştirileceği hem de çok paydaşlı ağlarda güven ve iş birliği ile nasıl sürdürülebilir hale geleceği bütüncül bir teorik çerçeve ile açıklanmaktadır.

2.6 Dijital Teknolojiler ve Afet Tedarik Zincirinde Uygulama Alanları

Son yıllarda dijital teknolojilerin süreçlere entegrasyonu ile tedarik zinciri yönetimini alanında verimlilik, şeffaflık, sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve çeviklik gibi temel alanlarda gelişmeler sağlamaktadır. IoT, blokzincir, AI, BDA ve 5G başta olmak üzere yeni teknolojik yenilikler tedarik zincirlerinin işleyişini yeniden şekillendirerek daha akıllı karar alma süreçlerini ve daha dayanıklı ağların oluşumunu mümkün kılmaktadır (Rejeb vd., 2019; Saberi vd., 2019; Attaran, 2020; Li vd., 2023).

Geleneksel tedarik zinciri yönetiminde ürünlere müdahale, teslimat gecikmeleri, sahtecilik, kimlik doğrulama sorunları, veri yönetimi eksiklikleri ile veri doğruluğu ve bütünlüğündeki yetersizlikler sıkça karşılaşılan problemlerdir. Bu sorunları aşmak için şirketler uzun süredir bilgi teknolojilerinden yararlanmaktadır. İlk olarak elektronik veri değişimi (EDI) kullanılarak işletmeler arası iletişim hızlandırılmış, sipariş süreleri kısaltılmış, dağıtım esnekliği artırılmış ve müşteri hizmetleri geliştirilmiştir. Sonrasında Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi (RFID) ve IoT gibi teknolojiler, çeviklik ve görünürlük sağlamak amacıyla devreye girmiştir (Meidute-Kavaliauskiene vd., 2021). Tedarik zinciri bilgi sistemleri, işletmeler arası veri paylaşımını kolaylaştırarak süreçlerin entegrasyonunu ve işbirliğini güçlendiren temel araçlardır. Bu sistemler sayesinde talep tahminleri, stok seviyeleri, üretim planları ve sevkiyat programları gibi kritik bilgiler paylaşılmakta, böylece tedarik zincirinde görünürlük ve esneklik artmaktadır. RFID, elektronik veri değişim sistemleri ve barkod sistemleri gibi teknolojiler operasyonların izlenebilirliğini ve otomasyonunu geliştirmekte, maliyetleri düşürmekte ve hizmet kalitesini artırmaktadır. Ancak yalnızca tek bir işletmenin teknoloji yatırımı yeterli olmayıp, bilgi teknolojilerinin ortaklar arasında

uyumlu şekilde kullanılması gerekmektedir. Doğru ve zamanında bilgi akışı, ürün ve malzeme akışındaki karışıklıkları önleyerek tedarik zincirinde verimlilik, hız ve müşteri taleplerine daha etkin yanıt verme kapasitesi sağlamaktadır (Yıldız ve Sayın, 2020).

Bu bağlamda, dijital teknolojilerin geleneksel tedarik zincirlerindeki kullanımından elde edilen deneyim ve kazanımlar, afet tedarik zincirlerine aktarılabilecek önemli dersler sunmaktadır. Zira afet koşullarında karşılaşılan belirsizlik, yüksek risk ve zaman baskısı, yalnızca temel lojistik süreçlerin değil, aynı zamanda bilgi akışının, görünürlüğün ve koordinasyonun da üst düzeyde yönetilmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla EDI, RFID, IoT gibi teknolojilerin sağladığı şeffaflık, izlenebilirlik ve hız avantajları, afet bağlamında daha da kritik hale gelmekte; bu teknolojilerin sunduğu çözümler, insani yardım operasyonlarının etkinliğini artırmada stratejik bir rol üstlenmektedir.

Afet tedarik zinciri yönetimi, yalnızca malzeme ve bilgi akışını koordine etme süreci olmayıp; aynı zamanda belirsizlik, yüksek risk ve zaman baskısının yoğun şekilde hissedildiği, çok paydaşlı ve dinamik bir operasyon alanıdır (Chukwuka vd., 2023, s. 250-252; Shakibaei vd., 2024, s. 351-352). Geleneksel tedarik zincirlerinde performans genellikle maliyet, verimlilik ve teslimat süresi üzerinden değerlendirilirken, afet tedarik zincirlerinde bu ölçütler kurtarılan veya kaybedilen hayatlarla ölçülmektedir: bu süreçte yaşanan her gecikme ya da aksaklık, afet bölgelerinde olan ihtiyaç sahibi insanların yaşamları üzerinde doğrudan ve geri dönüşü olmayan sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle afet bağlamında, kaynakların en etkin biçimde kullanılması, yardımların en kısa sürede ihtiyaç sahiplerine ulaşması ve hızlı bilgi akışı, paydaşlar arası koordinasyon ile esnek lojistik süreçlerin tesis edilmesi kritik önemdedir (Shareef vd., 2019, s. 1464; Negi ve Negi, 2021, s. 49-52). Bu noktada, teknolojik gelişmeler ve dijital dönüşüm, afet tedarik zincirlerinin başarısını belirleyen temel faktörler arasında öne çıkmaktadır.

Son yıllarda dijital teknolojilerde yaşanan büyük dönüşüm, afet yönetiminde de bir paradigma değişimini beraberinde getirmiştir. Bugün AI, BDA, blokzincir, IoT, IHA, 3DP ve çeşitli diğer dijital yenilikler, afet tedarik zincirlerinde hem karar destek

süreçlerini hem de operasyonel uygulamaları temelden dönüştürmektedir (Attaran, 2020). Geleneksel tedarik zincirlerinde yıllardır başarıyla uygulanan teknoloji tabanlı çözümler, afet tedarik zincirlerinde yenilikçi uygulamalar için de önemli bir rehber niteliğindedir. Bilgi sistemleri, Küresel Konumlama Sistemi (GPS), RFID ve sensör teknolojileri ile gerçek zamanlı veri paylaşımı, süreç görünürlüğünü ve operasyonel hız ile doğruluğu artırmaktadır (Jeble vd., 2020, s. 611). Bu dönüşüm, yalnızca teknik süreçlerin otomasyonu değil, aynı zamanda afet tedarik zincirlerinde stratejik karar alma biçimlerini kökten değiştiren bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ancak, insani yardım tedarik zincirlerinde teknoloji kullanımının doğrudan etkisi ve performansa olan katkısı, geleneksel tedarik zincirlerindekine kıyasla daha az araştırılmıştır. Buna rağmen, teknolojinin insani yardım operasyonlarında değişimin anahtarı olabileceği ve afet anında yardımın dağıtım biçimini dönüştürebileceği konusunda literatürde genel bir mutabakat bulunmaktadır (Singh, 2025, s. 62). Bu eksiklik, afet tedarik zincirlerinde dijital teknolojilerin rolünü anlamaya yönelik bütüncül modellerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Teknolojik dönüşümle birlikte insani yardım sektöründe bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) sayesinde merkezi otorite ile saha arasındaki kopukluk önemli ölçüde azalırken, operasyonların görünürlüğü ve bütüncül bir insani değer zinciri oluşturulması da mümkün hâle gelmiştir (Zarei vd., 2024, s. 1). Bilgiye dayalı, şeffaf ve veri tabanlı karar alma süreçleri sayesinde, insani yardım tedarik zincirlerinde hız ve koordinasyon artmakta, bağışçı ile afetzede arasındaki güven ilişkisi güçlenmektedir. Bu gelişmelere rağmen, insani yardım sektöründe teknoloji adaptasyon hızı hâlâ yavaş ilerlemekte ve zayıf altyapı ile entegrasyon sorunları, dijitalleşmenin sürdürülebilirliğini kısıtlamaktadır (Kabra vd., 2023, s. 505-507; Zarei vd., 2024, s. 1).

Günümüzde dijital teknolojiler, afet tedarik zincirlerinde özellikle şeffaflık, izlenebilirlik ve hesap verebilirlik açısından köklü iyileşmeler sunmaktadır. Blokzincir (blockchain) teknolojisi, yapılan her işlemin dijital olarak kaydedilmesini ve izlenmesini sağlayarak hem bağışçılar hem de yardım kuruluşları için şeffaf bir yapı oluşturur (Othmen, 2024, s. 55). Özellikle bağışların izlenmesi ve yolsuzluğun önlenmesi açısından blokzincir uygulamaları, uluslararası kuruluşlar tarafından hızla

benimsenmektedir. Birleşmiş Milletler Dünya Gıda Programı'nın (WFP, *World Food Programme*) Ürdün Azraq kampında uyguladığı blokzincir temelli gıda dağıtım sistemi bu alandaki öncü örneklerdendir (Bag vd., 2023, s. 1-2).

AI ve BDA, afet sonrası hızlı tahmin, kaynak tahsisi, talep yönetimi ve lojistik planlama süreçlerinde önemli rol oynamaktadır (Bag vd., 2023, s. 3; Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268; Dura vd., 2025, s. 7). Makine öğrenimi (ML) algoritmaları, afet bölgesindeki ihtiyaçların dinamik olarak modellenmesine olanak tanırken, büyük veri çözümleri çok sayıda ve farklı kaynaktan gelen verilerin entegre analizini sağlayarak karar vericilere kritik avantajlar sunmaktadır. AI tabanlı sistemler; dinamik rota optimizasyonu, depo yönetimi, kaynak önceliklendirmesi ve risk analizi gibi süreçlerde hem hız hem doğruluk sağlamaktadır (Bag vd., 2023, s. 3; Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268). Bu teknolojilerin sunduğu hız ve doğruluk, diğer dijital yeniliklerle entegre edildiğinde afet tedarik zincirlerinin çevikliğini daha da artırmaktadır.

IoT ve sensör teknolojileri ise, afet bölgesinde insan hareketliliği, altyapı durumu ve lojistik akışların gerçek zamanlı izlenmesi için kullanılmaktadır (Dura vd., 2025, s. 7). IoT cihazları sayesinde hem kaynakların sevkiyatı hem de acil durum müdahale ekiplerinin performansı anlık olarak takip edilebilmekte; böylece hızlı ve güvenli operasyon planlaması mümkün olmaktadır. Özellikle IHA'lar, ulaşılması zor bölgelere malzeme taşınmasında, veri toplanmasında ve afet haritalarının oluşturulmasında kritik işlevler üstlenmektedir (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268; Dura vd., 2025, s. 6). Böylece dijital çözümler, yalnızca bilgi akışını iyileştirmekle kalmayıp, sahadaki fiziksel erişim ve operasyonel etkinliği de doğrudan güçlendirmektedir.

3DP'ler, afet sonrası acil ihtiyaçların yerinde üretimi için çözüm sunmakta; barınak, medikal malzeme ve yedek parça gibi ürünlerin lojistik maliyetini ve dağıtım süresini önemli ölçüde azaltmaktadır (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268; Zarei vd., 2024, s. 1). Özellikle COVID-19 pandemisinde tedarik zincirinin kırıldığı durumlarda 3DP ile maske ve tıbbi ekipman üretimi örnek teşkil etmiştir (Dura vd., 2025, s. 2).

Afet tedarik zincirlerinde dijital dönüşümün yaygınlaşmasını kısıtlayan önemli engeller de bulunmaktadır. Stratejik, organizasyonel, teknolojik, finansal ve insan kaynaklı toplam 25 alt bariyer, literatürde teknoloji adaptasyonunu yavaşlatan temel unsurlar olarak saptanmıştır. Yetersiz altyapı, veri güvenliği açıkları, standart eksikliği, yüksek yatırım maliyeti ve yetkin insan kaynağı eksikliği, afet bölgelerinde teknolojik çözümlerin uygulanmasını sınırlamaktadır (Kabra vd., 2023, s. 505-507). Dijitalleşmenin sosyal etkileri ve etik boyutları da literatürde tartışılmaktadır; özellikle insani yardım operasyonlarında teknolojinin insan faktörünü geri plana atıp atmayacağı ya da dijital uçurum yaratıp yaratmayacağı sorgulanmaktadır (Othmen, 2024, s. 55; Dura vd., 2025, s. 2). Ancak tüm bu kısıtlar, doğru stratejiler ve ortak inovasyon girişimleriyle aşıldığında, dijital teknolojiler afet yönetiminde dönüştürücü bir etki yaratma potansiyeline sahiptir.

Dijital dönüşüm, yalnızca teknik bir iyileştirme olarak değil, aynı zamanda kurumsal kapasiteyi, operasyonel dayanıklılığı ve organizasyonel öğrenme yeteneğini geliştiren bir paradigma değişimi olarak kabul edilmektedir. Özellikle bilgi uyumu, iş birliği ve operasyonel şeffaflığın artması, afet tedarik zincirinde çeviklik ve dirençliliğin (resilience) sağlanmasında temel unsurlardır (Dubey vd., 2021a, s. 1590; Bag vd., 2023, s. 1-3). Dijital teknolojiler, kurumlar arasında hızlı bilgi paylaşımını ve ortak hedeflere odaklanmayı mümkün kılarak, değişen kriz ortamlarına adapte olmayı kolaylaştırmaktadır (Dubey vd., 2021a, s. 1590; Negi ve Negi, 2021, s. 49-52). Ancak bu süreçte, teknolojik yatırımların sistemik bir bakış açısıyla planlanması ve tüm paydaşların sürece aktif katılımının sağlanması gereklidir (Bag vd., 2023, s. 3).

Bu potansiyelin somut etkileri, son yıllarda yaşanan afet ve küresel krizlerde açıkça gözlemlenmiştir. Nitekim örnek kullanımlar da dijital teknolojilerin afet yönetiminde dönüştürücü rolünü gözler önüne sermektedir. 2023 yılında Türkiye'de yaşanan depremlerde sosyal medya ve anlık mesajlaşma platformları, kritik bilgi paylaşımı ve gönüllü koordinasyonu açısından hayati işlev görmüştür. Kripto para bağış platformlarıyla hızlı finansal yardım akışı sağlanmış, Microsoft'un uydu görüntüleri ve gönüllü yazılımcıların geliştirdiği açık kaynak sistemler arama-kurtarma ve yardım operasyonlarını güçlendirmiştir (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268). Nesnelerin interneti ve insansız hava araçları gibi dijital teknolojiler, afet bölgelerinde iletişim

altyapısının hızla yeniden tesis edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Pazarcık depremleri sırasında, insansız hava aracı üzerine entegre edilen baz istasyonu sayesinde, iletişimin tamamen kesildiği bölgelere havadan acil iletişim desteği sağlanmış ve arama kurtarma faaliyetlerinin koordinasyonu büyük ölçüde kolaylaştırılmıştır (Yıldırım, 2023). Global tedarik zinciri şirketleri ise, ileri analitik, bulut tabanlı yönetim, gerçek zamanlı izleme ve otomasyon sistemleriyle afet lojistiği süreçlerinde verimliliği ve şeffaflığı artırmaktadır (Bag vd., 2023, s. 10).

COVID-19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi küresel krizlerde, tedarik zincirlerindeki dijitalleşme ve inovasyonun rolü bir kez daha kanıtlanmıştır. Sanal depo yönetimi, bulut tabanlı veri paylaşımı, robotik otomasyon ve yapay zekâ tabanlı tahmin sistemleri, gerek tedarik sürekliliğinin gerekse kaynakların verimli kullanılmasının önünü açmıştır Ancak, gelişmiş teknolojilerin ölçeklenmesi ve farklı paydaşların sistemlerinin bütünleştirilmesi, hâlâ önemli bir sorun olarak varlığını sürdürmektedir. Ayrıca, dijitalleşmeye dayalı afet tedarik zincirlerinde siber güvenlik, veri mahremiyeti ve etik konularının yönetilmesi gereklidir (Dura vd., 2025, s. 2).

Dijital teknolojilerin afet tedarik zincirlerine entegrasyonu, sadece operasyonel mükemmellik ve hız için değil; aynı zamanda şeffaflık, izlenebilirlik, dayanıklılık ve güven inşası için de temel bir rol üstlenmektedir. Veri temelli karar alma, operasyonel görünürlük, otomasyon ve esnek iş süreçleri ile, hem bağışçılar hem de yardım alanlar açısından insani yardım sisteminin etkinliği ve güvenilirliği artmaktadır (Bag vd., 2023, s. 3; Othmen, 2024, s. 55; Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268). Bu bağlamda, günümüzde teknoloji son derece hızlı bir değişim göstermekte; yöneticiler, geleceğin yüksek performanslı tedarik zincirlerinin temelini oluşturacak çeşitli teknolojik girişimlerle başa çıkmak durumunda kalmaktadır. Yıkıcı (disruptive) teknolojiler, veriler aracılığıyla tedarik zinciri verimliliğini ve kontrolünü artırırken, veriler aynı zamanda bu teknolojilerin temel itici gücü olarak görülmektedir. Zamanında ve ilgili veriler, yıkıcı teknolojilerin inşa edildiği zemini oluşturmaktadır (Aryal vd., 2020, s. 142).

Dijital teknolojilerin benimsenmesinde kurumların teknik kapasitesi, finansal olanakları ve liderlik vizyonu belirleyici olmaktadır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası

düzeyde veri güvenliği, gizlilik, standartlar ve regülasyonlar konusunda da kapsamlı bir çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır. Dijital dönüşümün sürdürülebilir ve kapsayıcı bir şekilde gerçekleşebilmesi için, sektöre özgü zorlukların yanı sıra, iş birliği ve ortak inovasyon kültürünün de yaygınlaştırılması gerekmektedir (Dubey vd., 2021a, s. 1590; Bag vd., 2023, s. 10; Kabra vd., 2023, s. 505-507).

Tüm bu bulgular ışığında, afet tedarik zincirlerinde dijital teknolojilerin rolü çok boyutlu bir stratejik unsur olarak ele alınmalıdır. Sonuç olarak, afet tedarik zincirlerinde dijital teknolojilerin yaygın ve etkili kullanımı, sadece operasyonel etkinliği değil, aynı zamanda şeffaflığı, izlenebilirliği, toplumsal güveni ve sistemin genel dayanıklılığını da artırmaktadır. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilmesi, teknik, yönetsel ve sosyal bariyerlerin aşılmasına, bütüncül bir dijital dönüşüm vizyonunun oluşturulmasına ve sürekli öğrenme odaklı bir inovasyon kültürünün inşasına bağlıdır. İzleyen alt bölümlerde farklı dijital yeniliklerin afet tedarik zincirine katkıları ele alınmaktadır:

2.6.1 Yapay Zekâ ve Büyük Veri Analitiği

Yapay zekâ ve büyük veri analitiği, 1950'li yıllarda algoritmik öğrenme yaklaşımlarının ortaya çıkmasıyla temelleri atılan, 1980'lerde ise belirli problemlere yönelik çözüm üretmek için insan uzmanların bilgi ve deneyimlerini kurallara dönüştüren uzman sistemler aracılığıyla gelişmiştir. 2000'li yıllardan itibaren makine öğrenmesi ve derin öğrenme tekniklerindeki ilerlemeler sayesinde bu teknolojiler çok daha hızlı bir gelişim göstermiştir. Günümüzde AI, öğrenme ve öngörü kapasitesiyle tedarik zinciri gibi karmaşık yapıları daha etkin yönetmeyi mümkün kılmaktadır. BDA ise internetin yaygınlaşması, sensörlerin ve IoT'nin gelişimi ile birlikte 2010'lu yıllardan sonra işletmeler için stratejik bir araç haline gelmiş, özellikle şirketlerin performansını artırmaya yönelik dönüştürücü bir kaynak olarak öne çıkmıştır (Russell ve Norvig, 2010; Wamba vd., 2017).

Tedarik zinciri yönetiminde bu teknolojiler; talep tahmini, stok ve envanter optimizasyonu, üretim planlaması, rota ve dağıtım yönetimi, risk öngörüsü ve müşteri davranışlarının analizi gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu bağlamda AI,

tedarik zinciri yöneticilerine veriye dayalı karar destek kapasitesi kazandırarak öngörülemeyen koşullar karşısında daha esnek bir yapı sunarken; büyük veri analitiği, özellikle hacim, çeşitlilik ve hız boyutlarıyla kamçı etkisini azaltmada kritik bir rol üstlenmektedir. AI destekli algoritmalar geçmiş verilerden öğrenerek talep dalgalanmalarını daha isabetli öngörürken, büyük veri analitiği gerçek zamanlı ve yüksek hacimli verilerin işlenmesi yoluyla karmaşık küresel tedarik ağlarında şeffaflık, hız ve esneklik sağlamaktadır (Min, 2010; Hofmann, 2017; Choi, 2018; Rejeb vd., 2019).

AI ve BDA, afet tedarik zincirlerinde çeviklik ve dayanıklılığın artırılmasında kritik rol oynayan dijital teknoloji tabanlı en güçlü araçlardan biridir (Zarei vd., 2024, s. 1). Veri analitiği, ihtiyaçların daha doğru tespiti, yardımların etkin hedeflenmesi ve kaynakların optimum dağılımı açısından kurumlara önemli avantajlar sağlamaktadır (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2292). Büyük veri kavramı ilk olarak 1997'de Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'nın, büyük veri kümelerini işleme zorluklarını tanımlamasıyla literatüre girmiştir. Günümüzde veri üretim hızı saniyede 50.000 GB'a ulaşmış olup, bu artış "hacim, çeşitlilik, doğruluk ve değer" boyutlarında ele alınmaktadır. Stratejik avantaj, verinin miktarından çok nasıl kullanıldığıyla ilgilidir. Büyük veri analitiği; perakendeden afet lojistiğine, farklı sektörlerde talep tahmini, planlama, dağıtım ve kaynak yönetiminde devrim niteliğinde iyileştirmeler sağlamaktadır (Aryal vd., 2020, s. 142-143). AI ve ML tabanlı büyük veri analitiği yetkinliği (AI-BDAC), afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde hızlı karar alma, şeffaflık, koordinasyon ve stratejik uyum (alignment) gibi alanlarda devrim niteliğinde gelişmeler sunmaktadır. Geçmiş afet verileri ile güncel saha verilerini birleştiren algoritmalar, yardım önceliklerini belirleme, dağıtım rotalarını optimize etme ve gerçek zamanlı karar destek sağlama gibi işlevlerde etkin olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de 2023 Kahramanmaraş depremleri sırasında sosyal medya üzerinden toplanan ihtiyaç ve konum bilgileriyle kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesi; gönüllü yazılımcıların geliştirdiği açık kaynak platformlar ve sıcaklık haritaları sayesinde arama kurtarma koordinasyonunun kolaylaşması bu potansiyelin somut örneklerindendir (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268). Benzer şekilde, WHO büyük veri ve tahmine dayalı analitik ile salgınların yayılımını izleyip erken uyarı sistemlerini devreye sokabilmektedir.

AI ve ML uygulamaları, geçmiş veriler ve öğrenen algoritmalar aracılığıyla karar süreçlerinde şeffaflık ve güven inşa ederken; web ve mobil tabanlı gösterge panelleri sayesinde algoritmaların önerilerini görselleştirerek operasyonlara hız ve hesap verebilirlik katmaktadır (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4620; Dubey vd., 2021a, s. 1590). Büyük veri uygulamaları, gerçek zamanlı tedarik zinciri görünürlüğü ve tahminleme kabiliyetini güçlendirmekte; talep, arz ve pazar verilerinin analizi yoluyla belirsizliği azaltarak stok ve kaynak yönetimini optimize etmektedir (Li vd., 2023, s. 279). Sağlık tedarik zincirlerinde, IBM Watson SC gibi yapay zekâ destekli çözümler sipariş ve sevkiyat süreçlerini otomatikleştirerek esneklik ve hız kazandırmaktadır (Samadhiya vd., 2023, s. 2-3). Bu teknolojiler yalnızca operasyonel verimliliği değil, aynı zamanda organizasyon içi farklı fonksiyonlar ile genel stratejiler arasındaki hizalanmayı kolaylaştırarak performans artışına katkı sunmaktadır. Özellikle dinamik ve öngörülemez koşullarda faaliyet gösteren organizasyonlarda, AI-BDAC yetkinlikleri iş birliğini kolaylaştırmakta, ortak vizyonun benimsenmesine zemin hazırlamakta ve sivil-askerî koordinasyon gerektiren müdahalelerde bilgi paylaşımını hızlandırmaktadır (Dubey vd., 2021a).

Bununla birlikte, bu güçlü teknolojilerin yaygınlaştırılması önünde çeşitli teknik, finansal ve yönetsel engeller bulunmaktadır. Yüksek ilk yatırım maliyetleri, gelişmiş bilgi-işlem altyapısı gereksinimi ve nitelikli insan kaynağı eksikliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde AI ve BDA uygulamalarının benimsenmesini sınırlamaktadır (Kabra vd., 2023, s. 505; Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268; Zarei vd., 2024, s. 1). Afet bölgelerinde güvenilir ve güncel veri elde etme güçlüğü, veri kalitesini olumsuz etkileyerek yanlış karar riskini artırabilmektedir (Li vd., 2023, s. 279). Ayrıca, veri güvenliği ve mahremiyet ihlalleri, siber saldırılar ve “kara kutu” etkisiyle şeffaflığın azalması, insani yardım alanında etik ve hesap verebilirlik tartışmalarını gündeme getirmektedir (Othmen, 2024, s. 58-59; Dura vd., 2025, s. 2). Çok paydaşlı afet tedarik zincirlerinde veri standardizasyonu ve sistem entegrasyonu ise hem teknik hem yönetsel açıdan karmaşık ve maliyetlidir (Kabra vd., 2023, s. 505). Bunun yanı sıra, insan faktörünün geri planda kalması ve dijital uçurumun derinleşmesi, etik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından dikkatle yönetilmesi gereken konular arasındadır.

Sonuç olarak, AI ve BDA, afet tedarik zincirlerinde yalnızca operasyonel süreçleri hızlandıran araçlar değil, aynı zamanda karar mekanizmalarını güçlendiren, şeffaflığı artıran ve stratejik uyumu destekleyen unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilebilmesi, teknik altyapı, insan kaynağı, veri güvenliği ve etik yönetişim boyutlarının bütüncül bir şekilde ele alınmasına bağlıdır.

2.6.2 Blokzincir

Blokzincir teknolojisi, 2008 yılında Satoshi Nakamoto'nun ortaya koyduğu Bitcoin altyapısıyla gündeme gelmiş, dağıtık defter yapısı sayesinde merkezi otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli ve şeffaf veri paylaşımı sağlamasıyla kısa sürede finans dışındaki birçok alanda da kullanılmaya başlanmıştır. Temel olarak blokzincir, değiştirilemez bloklardan oluşan zincir yapısıyla verilerin bütünlüğünü ve doğrulanabilirliğini garanti eden bir kayıt sistemidir. Bu özellik, özellikle çok paydaşlı ve karmaşık yapıya sahip tedarik zincirlerinde güven, izlenebilirlik ve şeffaflık sorunlarını çözme potansiyeli taşımaktadır. Blokzincir tabanlı çözümler; ürünlerin kaynağının doğrulanması, sahtecilik ve manipülasyonun önlenmesi, akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatik işlem yürütme ve gerçek zamanlı izlenebilirlik gibi alanlarda önemli faydalar sunmaktadır. Böylece tedarik zincirinde güvenilir veri akışı sağlanarak operasyonel verimlilik artmakta, maliyetler düşmekte ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunulmaktadır (Francisco ve Swanson, 2018; Casino vd., 2019; Saberi vd., 2019; Kaya ve Yıldız, 2024).

Afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde etkinlik, zincirin her halkasında güvenilir bilgi paylaşımı ve bu bilginin doğru kullanımıyla sağlanır. Özellikle acil yardım operasyonlarında, çok sayıda kuruluşun kısa sürede oluşturulan geci ağlarda iş birliği yapması gerekir. Bu tür ortamlarda, sınırlı etkileşim ve kısa zaman diliminde roller ve uzmanlık üzerinden hızla tesis edilen güven ilişkisi kritik bir unsur olsa da, operasyonların hız ve belirsizliği nedeniyle güvenin zaman içinde inşa edilmesi çoğu zaman mümkün olmaz. Kaynakların yetersizliği de dikkate alındığında, hızlı ve doğru koordinasyonun sağlanabilmesi için şeffaf, güncel ve güvenilir bilgi akışı zorunludur (Ahmed vd., 2019, s. 271-273).

Bu bağlamda, blokzincir teknolojileri insani yardım tedarik zincirlerinde görünürlük, izlenebilirlik, şeffaflık ve güvenin artırılması açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır (Zarei vd., 2024, s. 1). WFP, blokzincir ile gıda yardımlarının bağışçılardan yararlanıcılara kadar izlenebilirliğini sağlayarak yolsuzluğu önlemekte; Sınır Tanımayan Doktorlar ise ulaşılması güç bölgelere insansız hava araçlarıyla yaptığı yardımlarda teslimat sürelerini kısaltmaktadır (Singh, 2025, s. 62). Türkiye'de Şubat 2023 depremlerinde bağışların takibi ve acil müdahale koordinasyonu için geliştirilen dijital platformlar, blokzincir tabanlı çözümlerle şeffaflık, hız ve hesap verebilirlik sağlamıştır (Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2268).

Blokzincirin merkeziyetsiz ve değiştirilemez yapısı, para ve malzeme akışının anlık olarak izlenmesine ve şüpheli işlemlerin önlenmesine imkân tanımaktadır (Othmen, 2024, s. 58; Shrivastav ve Bag, 2024, s. 2292). Farklı paydaşların erişimine açık ortak bir veri altyapısı oluşturarak tutarsızlıkları, mükerrer yardımları ve yolsuzluk riskini azaltarak operasyonel kararların güncel ve güvenilir verilere dayandırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, akıllı sözleşmeler aracılığıyla tedarik süreçleri hızlanmakta, teslimat süreleri kısalmakta ve kaynakların etkin kullanımı sağlanmaktadır (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4620-4621). Bununla birlikte, blokzincirin geniş ölçekli uygulanmasında teknik bilgi eksikliği, veri gizliliği kaygıları, mevzuata uyum ve standart eksikliği gibi engeller mevcuttur (Othmen, 2024, s. 58).

Sonuç olarak, blokzincir teknolojileri, afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde şeffaflık, güvenilirlik ve hesap verebilirliği güçlendirerek, kriz ortamlarında hızlı ve adil yardım sistemlerinin tesisine katkı sağlayan stratejik bir dijital çözümdür. Ancak çok paydaşlı ortamlarda sistem entegrasyonu ve veri standardizasyon sorunları hem teknik hem de yönetsel açıdan karmaşık ve maliyetli olduğu göz önünde tutulmalıdır.

2.6.3 Nesnelerin İnterneti ve Sensör Teknolojileri

IoT, fiziksel nesnelerin sensörler, yazılımlar ve dijital teknolojiler aracılığıyla birbirleriyle ya da merkezi sistemlerle bağlantı kurarak veri toplamasını, paylaşmasını ve işlemesini sağlayan bir teknolojidir. 1990'lı yılların sonunda kavramsallaştırılan IoT, günümüzde milyarlarca cihazın internete bağlanarak sürekli veri üretmesi ve bu

verilerin analiz edilmesi sayesinde hem işletmeler hem de bireyler için yeni fırsatlar sunmaktadır. IoT'nin temel bileşenleri arasında sensörler (ör. sıcaklık, nem, konum, hareket ölçen cihazlar), veri iletim altyapısı ve bulut tabanlı veri işleme sistemleri yer almaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde IoT; görünürlük, izlenebilirlik, çeviklik ve bilgi paylaşımını geliştirerek talep tahmininden envanter yönetimine, üretim planlamasından taşıma koşullarının kontrolüne kadar birçok sürecin planlanmasını, kontrolünü ve koordinasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu özellikleri sayesinde tedarik zincirleri daha şeffaf, esnek ve duyarlı hale gelirken; operasyonel maliyetler azalmakta, ürün kalitesi artmakta ve riskler daha etkin biçimde yönetilebilmektedir. Ayrıca IoT, özellikle afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde hızlı tepki, esneklik ve operasyonel verimliliğin artırılması açısından stratejik bir potansiyel sunmaktadır (Ashton, 2009; Atzori vd., 2010; Ben-Daya vd., 2019).

İnsani yardım operasyonlarında IoT ve blokzincir teknolojilerinin entegrasyonu, zincir boyunca izlenebilirliği güçlendirerek yardımların ihtiyaç sahiplerine daha hızlı ulaştırılmasını sağlamaktadır. RFID teknolojisi, ortak kullanılan malzemelerin takibi, otomatik malzeme envanter yönetimi ve malzemenin ilk konumunun belirlenmesi gibi işlevler sunarak hırsızlık ve kayıp riskini azaltmakta, tedarik zinciri hazırlık seviyesini yükseltmektedir (Othmen, 2024, s. 58).

IoT'nin sağladığı veri akışı, geçmişte çoğu zaman mevcut olmakla birlikte, veri toplama, işleme ve eyleme dönüştürme arasında yaşanan zaman farkı nedeniyle etkin kullanılamamıştır. Günümüzde ise, gelişmiş sensörler ve ağ teknolojileri sayesinde, veri yakalama ile karar alma arasındaki süre önemli ölçüde kısalmış; bu da gerçek zamanlı tepki kapasitesini ve operasyonel çevikliği artırmıştır (Ben-Daya vd., 2019, s. 1-2).

IoT ayrıca, afet bölgelerinde uzaktan yönetim imkânı sunarak saha operasyonlarının daha iyi koordine edilmesini, paydaşlar arası bilgi akışının hızlanmasını ve karar alma süreçlerinin daha doğru verilere dayalı olarak yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, lojistik sektöründe IoT uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Örneğin, United Parcel Service (UPS) şirketi, kamyonlarına yerleştirdiği IoT tabanlı takip sistemleri ile

araçların rölanti sürelerini ve bakım maliyetlerini azaltmış; aynı zamanda operasyonel güvenlik ve verimliliği artırmıştır (Aryal vd., 2020, s. 143).

Sonuç olarak, IoT ve sensör teknolojileri, insani yardım tedarik zincirlerinde gerçek zamanlı veri toplama, izlenebilirlik ve çeviklik sağlayarak hem stratejik planlama hem de acil müdahale kapasitesini güçlendirmektedir. Ancak, bu potansiyelin tam olarak kullanılabilmesi için altyapı yatırımları, veri güvenliği ve standartlaşma gibi alanlarda kapsamlı adımlar atılması gerekmektedir.

2.6.4 İnsansız Hava Araçları

İHA'lar, başlangıçta askeri amaçlarla geliştirilen ancak son yıllarda ticari ve endüstriyel alanlarda da hızla yayılan bir teknolojidir. Daha küçük, ucuz ve otonom modellerin geliştirilmesiyle birlikte İHA'lar, tedarik zinciri ve lojistik süreçlerinde yenilikçi bir araç haline gelmiştir. Özellikle depo yönetimi, envanter sayımı, rafların taranması ve stokların gerçek zamanlı kontrolü gibi operasyonlarda yüksek verimlilik sağlamaktadır. Ayrıca kısa mesafeli teslimatlarda, özellikle acil ve küçük hacimli gönderilerde zaman ve maliyet avantajı sunarak dağıtım ağlarının esnekliğini artırmaktadır. Nakliye rotalarının izlenmesi, trafik yoğunluğunun takibi ve filo yönetiminde sağladığı veri desteği de lojistik operasyonların daha etkin planlanmasına imkân vermektedir. Bu yönleriyle İHA teknolojisi, tedarik zincirlerinde görünürlük, hız ve maliyet avantajı sağlayan önemli bir dijital dönüşüm aracı olarak öne çıkmaktadır (Chowdhury vd., 2017; Otto vd., 2018; Fernández-Caramés vd., 2019; Jahani vd., 2024).

İHA'lar afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde özellikle son teslimat sorunlarının aşılmasında stratejik bir araç haline gelmiştir. İHA'lar; aşı, kan, ilaç gibi hayati tıbbi yardımların yanı sıra gıda, su ve diğer temel insani yardım malzemelerinin erişimi kısıtlı bölgelere ulaştırılmasında kullanılmakta; ayrıca afet bölgelerinin uzaktan algılama ve gözetleme faaliyetlerinde kritik rol oynamaktadır (Zarei vd., 2024, s. 1).

Afet sonrası müdahale aşamasında teslimat süresi, insani lojistikte operasyonel başarının ve can kayıplarının azaltılmasının en önemli değişkenlerinden biridir. Yol ve altyapının tahrip olduğu veya erişimin sürekli değişkenlik gösterdiği durumlarda,

insansız hava araçları kara yolu taşımacılığına alternatif olarak devreye girmektedir. Meksika'daki 2017 depremi ve Haiti'deki 2010 depreminde olduğu gibi, yolların molozlar veya blokajlar nedeniyle kapanması, yardım ulaştırmada ciddi gecikmelere yol açmıştır. Bu tip senaryolarda insansız hava araçları, seyahat sürelerinin, taşıma maliyetlerinin ve insan kaynağı ihtiyacının azaltılmasına katkı sağlayarak yardım operasyonlarının hızını ve etkinliğini artırmaktadır (Ghelichi vd., 2024, s. 304; Romero-Mancilla vd., 2024, s. 248).

Türkiye'de afet yönetiminde İHA kullanımının önemi özellikle 2020 yılında yaşanan Elazığ Depremi ve 6 Şubat 2023 günü yaşanan Kahramanmaraş Depremleri sonrasında belirginleşmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen çalışmalarda, İHA'lar aracılığıyla afet bölgelerinden yüksek çözünürlüklü görüntüler toplanmış, üç boyutlu modellemeler oluşturulmuş ve yıkımın coğrafi dağılımı haritalandırılmıştır. Bu sayede enkaz altındaki yapıların tespiti hızlanmış, arama-kurtarma, hasar tespiti ve lojistik planlama süreçleri daha etkin yönetilmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

Ancak İHA'ların yaygınlaşması önünde bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Mevzuat kısıtlamaları, hava sahası düzenlemeleri, hava koşullarına bağımlılık, yük kapasitesi sınırlamaları ve uçuş menzili gibi teknik faktörler, bu teknolojinin tam potansiyeline ulaşmasını engelleyebilmektedir. Ayrıca, çok paydaşlı insani yardım ağlarında veri paylaşımı, koordinasyon ve standartların belirlenmesi hâlâ çözülmesi gereken önemli konular arasındadır.

Sonuç olarak, insansız hava araçları afet lojistiğinde görünürlük, erişilebilirlik ve teslimat hızı açısından devrim niteliğinde fırsatlar sunmakta; hem yerel hem uluslararası insani yardım operasyonlarında operasyonel çevikliği artırmaktadır. Özellikle diğer dijital teknolojilerle entegre edildiğinde, afet bölgelerinde hızlı müdahale kapasitesini önemli ölçüde güçlendirme potansiyeline sahiptir.

2.6.5 Diğer Dijital Yenilikler

Afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde dijitalleşme yalnızca blokzincir, IoT veya İHA teknolojileriyle sınırlı değildir. Mobil bağlantı, sosyal medya platformları, dijital

ikizler, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) gibi yenilikler de afet lojistiği operasyonlarının çevikliğini, şeffaflığını ve dayanıklılığını güçlendiren kritik araçlar arasında yer almaktadır.

Özellikle kentsel alanlarda ilk müdahale ekipleri için güçlü iletişim ağlarının kurulmasında ad hoc ve eşler arası (peer-to-peer) iletişim çözümleri ile özel kablosuz yönlendiricilerin (wireless routers) kullanımı önem kazanmaktadır. Sosyal medya ise afet süreçlerinde yalnızca bilgi yayma değil, aynı zamanda halkın katılımını ve dahil olma düzeyini artırma işlevi görmektedir. Eski adıyla Twitter, yeni adıyla X gibi platformların çift yönlü etkileşim kapasitesi, toplumda dayanışma ve bağlılık hissini güçlendirebilmekte; ancak hükümetler ile bireyler arasında etkili çift yönlü etkileşim kurulmasında hâlen çeşitli engeller bulunmaktadır (Othmen, 2024, s. 59).

Akıllı cep telefonlarının, sosyal medya platformlarının, e-ticaret uygulamalarının ve diğer dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, afet tedarik zincirlerindeki aktörler çok daha büyük hacimde veriyle çevrelenmiştir. Bu noktada BDA, AI, blokzincir ve diğer dijital araçlar, verinin toplanması, işlenmesi ve operasyonel kararlara dönüştürülmesi süreçlerinde kritik roller üstlenmektedir (Dubey vd., 2021b, s. 135).

Bunlardan biri olan dijital ikiz teknolojisi, tedarik zincirlerinin dijitalleştirilmesinde öne çıkan bir yaklaşımdır. IoT, RFID, sensörler ve BD ile entegre edilen dijital ikizler, tedarik zincirinde görünürlük ve izlenebilirliği artırmakta; özellikle gıda tedarik zincirinde kesintilere karşı direnci güçlendirmektedir (Kapil vd., 2024, s. 1-2). Sanallaştırma teknolojileri ise makine-makine iletişimi ve süreç izleme kabiliyetlerini geliştirerek fiziksel süreçlerin sanal kopyalarının oluşturulmasına imkân tanımaktadır. Sensör verilerinin sanal tesis modellerine ve simülasyonlara entegre edilmesi sayesinde, olası riskler veya arızalar önceden tespit edilebilmekte; operatörlerin proaktif müdahalede bulunması sağlanarak hata oranı düşürülmekte ve şirketler arası operasyonlar daha sorunsuz yürütülebilmektedir (Koh vd., 2019, s. 820).

RFID teknolojisi ise gerçek zamanlı veri takibi ile güvenliği artırmakta, malzeme yönetimini otomatikleştirmekte ve tedarik zinciri işbirliğini güçlendirmektedir

(Kandarkar ve Ravi, 2024, s. 989). 3DP ile de tedarik zincirinde tedarikçi katmanlarının sayısını azaltarak lojistik ihtiyaçları minimize etmekte (Rodríguez-Espíndola vd., 2020, s. 4615); bu da özellikle kriz anlarında bağımlılıkları azaltan esnek bir yapı sunmaktadır.

Sonuç olarak, afet ve insani yardım tedarik zincirlerinde mobil iletişim, sosyal medya etkileşimi, dijital ikizler, 3DP gibi dijital yeniliklerin bütünleşik kullanımı, operasyonel çeviklik ve dayanıklılığı artırmakta; görünürlük, izlenebilirlik ve şeffaflığı güçlendirmektedir. Bu teknolojilerin entegre biçimde uygulanması, gelecekteki afet lojistik operasyonlarında daha hızlı, esnek, güvenilir ve sürdürülebilir çözümler üretme potansiyeli taşımaktadır.

3. LİTERATÜR TARAMASI VE DEĞİŞKENLER ARASI İLİŞKİ

Çevik tedarik zinciri; piyasa duyarlılığı, sanallık, süreç entegrasyonu ve ağ temelli yapı olmak üzere dört temel özelliğe sahiptir (Li vd., 2006, s. 425). Bu unsurların her biri, araştırma modelinde ele alınan değişkenlerle doğrudan ilişkilidir. Piyasa duyarlılığı, tedarik zincirinin gerçek talebi algılama ve buna hızlı yanıt verme kapasitesini ifade eder ve modelde afet yönetimi çevikliği ile örtüşmektedir. Sanallık, alıcılar ve tedarikçiler arasında bilgi paylaşımına dayalı sanal tedarik zinciri yapısını temsil etmektedir. Süreç entegrasyonu, tedarik zinciri entegrasyonuna karşılık gelirken; ağ temelli yapı ise hem entegrasyonun kurumsal boyutunu güçlendiren hem de çevikliğin aktörler arası koordinasyona dayalı niteliğini destekleyen tamamlayıcı bir unsurdur.

Dolayısıyla literatürde çevikliğin yapısal unsurları olarak tanımlanan bu boyutlar, bu tez çalışmasının kavramsal çerçevesinin de temelini oluşturmaktadır. Afet yönetimi özelinde geliştirilen araştırma modeli beş temel değişkene ve değişkenlerin birbirleri arasındaki ilişkinin yönü ve şiddetine dayanmaktadır. Araştırma modelinde bu değişkenler üzerinden dokuz hipotez test edilmektedir. Araştırma modeli bu değişkenleri rollerine göre bağımsız, bağımlı, aracı ve moderatör olarak sınıflandırmaktadır. Bu kapsamda, Sanal Tedarik Zinciri (STZ) bağımsız değişken; Afet Yönetimi Çevikliği (AYÇ) bağımlı değişken; Tedarik Zinciri Entegrasyonu (TZE) ve Teknoloji Hazırlık (TH) aracı değişken; Tedarik Zinciri Karmaşıklığı (TZK) ise moderatör değişken olarak konumlandırılmıştır. Dolayısıyla değişkenlerin bu şekilde sınıflandırılması, yalnızca teknik bir ayrım değil; aynı zamanda literatürdeki tanımlara dayalı kuramsal bütünlüğün sağlanması anlamına gelmektedir.

Bu sınıflandırma literatürde yer alan tanımlar dikkate alınarak yapılmış, her bir değişkenin diğerleriyle ilişkisi kuramsal bir temele dayandırılmıştır. Böylece hipotezlerin teorik zeminleri ortaya konmuş ve araştırma modeli bir yapıya kavuşturulmuştur. Bu çerçevede, modelin anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla değişkenlerin tanımı ve ilgili hipotezlerle ilişkileri tablo halinde sunulmuştur;

Tablo 3.1 Değişkenler ve hipotez ilişkileri tablosu

Değişken Adı	Türü	Tanımı	İlişkili Değişkenler	İlişkili Hipotez(ler)
Sanal Tedarik Zinciri (STZ)	Bağımsız	Tedarik zinciri süreçlerinin dijital platformlar üzerinden yürütülmesi, paydaşlar arası sanal koordinasyon ve veri paylaşımı	TZE, TH, AYÇ	H1, H4, H6, H7, H8
Afet Yönetimi Çevikliği (AYÇ)	Bağımlı	Afet anında tedarik zincirinin hızlı, esnek ve değişen koşullara uyum sağlayabilme yeteneği	STZ, TZE, TH, TZK	H3, H4, H5, H7, H8, H9
Tedarik Zinciri Entegrasyonu (TZE)	Aracı	Tedarik zinciri aktörleri arasında bilgi, süreç ve kaynakların uyumlu şekilde bütünleştirilmesi	STZ, TH, AYÇ	H1, H2, H3, H7
Teknoloji Hazırlık (TH)	Aracı	Yeni teknolojilerin benimsenme, uygulanma ve etkin kullanım kapasitesi	STZ, TZE, AYÇ	H2, H4, H5, H6, H8
Tedarik Zinciri Karmaşıklığı (TZK)	Moderatör	Tedarik zincirindeki aktör, süreç ve bağlantıların sayısı ile yönetim güçlüğünü ifade eden yapı	TH, AYÇ	H9

Tabloda gösterildiği üzere, araştırma modelindeki değişkenler farklı düzeylerde birbirleriyle ilişkilidir. Tabloda özetlenen bu ilişkiler, izleyen alt bölümlerde daha ayrıntılı biçimde ele alınarak literatürdeki bulgularla karşılaştırılmaktadır.

3.1 Sanal Tedarik Zinciri ve Tedarik Zinciri Entegrasyonu

Tedarik zinciri kavramı, teknolojik gelişmeler ve küresel rekabet koşullarıyla birlikte çok aktörlü ve esnek ağlara dönüşmüştür. Long (2014, s. 4094) tedarik zincirini; tedarikçiler, üreticiler, distribütörler, perakendeciler ve müşterilerden oluşan, müşterilere en hızlı teslimatla ve en rekabetçi fiyatla ürün sunmayı amaçlayan katma değer odaklı bir sistem olarak tanımlayarak tedarik zincirinin artık tekil bir yapı olmaktan çıktığını; birden fazla zincirin birbirine entegre olduğu, "tedarik zinciri ağı" olarak adlandırılabilecek karmaşık bir organizasyon haline geldiğini belirtmektedir. Wang vd. (2008, s. 2683) ise günümüzde e-ticaret ortamında geliştirilen iş uygulamaları sayesinde bu ağların daha düşük maliyetle çalışabildiğini; değişen pazar koşullarına karşı yüksek esneklik ve hızlı tepki avantajları elde edebildiğini vurgulamaktadır.

Bu dönüşümde tedarik zinciri entegrasyonu, ürün ve hizmetlerin yaşam döngüsü boyunca bütünsel yönetimi sağlayan stratejik bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Wang vd. (2008, s. 2685) tedarik zinciri entegrasyonunun bir ürün ya da hizmetin yaşam döngüsü boyunca tüm faaliyetlerin, hammaddeden nihai müşteriye kadar tedarik zinciri ortakları arasında bütünleşik biçimde yürütülmesini amaçlayan stratejik bir yaklaşım olduğunun altını çizmektedir. Tedarik zinciri alanındaki literatürün ise hem tedarik zinciri süreçlerinde hem de lojistik hizmetlerin sunumunda yatay ve dikey entegrasyon ile iş birliği konularına yoğun biçimde odaklandığı belirtmektedir. Yıldız ve Sayın (2020, s. 352) da tedarikçi entegrasyonu kavramını ortak bir görev ya da amacı gerçekleştirmek üzere farklı grupların, birimlerin veya kurumların eşzamanlı biçimde iş birliği yapmasını sağlamak için bu aktörlerin fiziksel olarak ya da bilgi teknolojileri aracılığıyla bir araya getirilmesi süreci olarak tanımlamaktadır. Yıldız ve Çetindaş (2020, s. 16) ise işletmelerin tedarikçileriyle bütünleşmelerinin, farklı boyutlarda ve çeşitli düzeylerde ortaya çıkabileceğini, bir üreticinin, stratejik ortaklıklar kurarak ve şirketler arası süreçleri iş birliği temelli bir şekilde yürüterek tedarikçileriyle entegrasyon gerçekleştirebileceğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla entegrasyonun yalnızca yapısal değil, aynı zamanda iş birliği ve koordinasyon boyutlarıyla ele alınması gerekmektedir.

Entegrasyonun farklı boyutları, hem dikey hem de yatay iş birliklerini kapsayacak şekilde literatürde detaylandırılmıştır. Monios ve Bergqvist (2015, s. 534) tedarik zinciri entegrasyonunu; tedarikçilerin, üreticilerin ve diğer paydaşların sahipliklerinin veya operasyonlarının dikey olarak zincirin farklı aşamalarına entegre edilmesi ya da aynı düzeydeki aktörler arasında yatay entegrasyon ve iş birliği (örneğin tedarikçilerin kooperatif çatısı altında birleşmesi) şeklinde gerçekleştiğini vurgulamaktadır.

Ancak, entegrasyonun tanımı ve ölçümüne ilişkin literatürde hâlâ önemli belirsizlikler söz konusudur. Farklı çalışmalar, entegrasyonu içsel ve dışsal, yukarı yönlü ve aşağı yönlü gibi çeşitli açılardan sınıflandırmış; operasyonel, fonksiyonel ve ilişkisel boyutlar üzerinden de yorumlamıştır. Bununla birlikte, entegrasyonun ne olduğu ve nasıl ölçülmesi gerektiği konusunda literatürde ortak bir kabul bulunmamaktadır (Gimenez vd., 2012, s. 585).

Dijitalleşme ve bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte işletmeler arası entegrasyon daha kapsamlı bir boyut kazanmıştır. İşletmeler, ticaret ortaklarıyla geliştirdikleri iş

birliği ve bilgi paylaşımı mekanizmaları sayesinde iç süreçlerini uyumlaştırmakta ve geleneksel sınırların ötesinde bütünleşik bir yapıya evrilmektedir. Lojistik faaliyetler giderek bilgi teknolojilerine bağımlı hale gelmekte; bu teknolojiler ise daha gelişmiş iş birliği modellerinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda işletmeler, süreçler, ilişkiler ve teknolojiler aracılığıyla karşılıklı bağımlılık temelinde işleyen geniş bir yapıyı yönetmek durumundadır. Böylelikle tedarik zinciri yönetimi, stratejik bir boyut kazanmakta ve etkin entegrasyon uygulamaları, sürdürülebilir rekabet avantajının ana unsuru haline gelmektedir (Power, 2005, s. 252).

Bu bağlamda, entegrasyonun başarısı işletme ihtiyaçlarının doğru çözüm ortaklarıyla eşleştirilmesine bağlıdır. Wang vd. (2008. s. 2685) tedarik zinciri entegrasyonunun başarısının, işletme ihtiyaçlarının doğru çözüm ortaklarıyla temin edilmesine bağlamaktadır. Bu amaçla, taleplerin dinamik biçimde karşılanabilmesi için işletme ihtiyaçları ile çözüm ortaklarının net bir şekilde tanımlanması kritik önem taşımaktadır. Anlık bilgi sunan araçlar ve bunların koordinasyonu, tedarik zincirine etkin çözümler geliştirmek açısından stratejik bir rol taşımaktadır. Bilgisayar ve web tabanlı teknolojiler, çok sayıda çözüm ortağının hızlı ve verimli biçimde entegrasyonunu kolaylaştırırken; maliyet, teslimat süresi, güvenlik ve güvenilirlik gibi kriterler dikkate alınarak en uygun çözüm ortağının belirlenmesi gerekmektedir.

Entegrasyon tartışmalarıyla paralel olarak literatürde yükselen bir başka kavram sanal tedarik zincirleridir. Omara vd. (2021, s. 322) tüm bu zorlukların tedarik zincirlerinin hızını, esnekliğini ve yanıt verebilirliğini artırmasını zorunlu hale getirdiğini belirtmiş ve yaşanan değişimlerden bir diğerinin de sanal tedarik zincirlerine doğru yaşanan stratejik eğilim olduğunu vurgulamıştır. Milovanovic vd. (2016, s. 47)'ye göre sanal tedarik zinciri, geleneksel lojistik sistemlerden farklı olarak, fiziksel stok miktarı ve konumunun optimizasyonu yerine bilgi paylaşımını merkeze alan bir yapı sunmaktadır. Bu yaklaşım ile üretim ve dağıtım süreçlerinde esnek ortaklıkların kurulmasına imkân tanınırken, fiziksel kaynak ihtiyacı azaltılarak operasyonel maliyetlerin düşürülmesi mümkün kılınmaktadır. Sanal tedarik zincirinde tekil bir işletme yapısından ziyade, çok sayıda firmanın bir ağ içerisinde bir araya gelerek oluşturduğu açık ve dinamik bir organizasyon modeli söz konusudur. Wang vd. (2006, s. 41)'de sanal entegrasyonun daha güçlü tedarik zinciri iş birliği sağlamak amacıyla

birden fazla tedarikçinin bilgi teknolojileri aracılığıyla dijital olarak entegre edilmesini ifade ettiğini belirtmektedir.

Sanal tedarik zincirlerinin en temel özelliği, fiziksel ve bilgi akışlarını eşzamanlı ve kesintisiz yönetebilme kapasitesidir. Shambayati vd. (2023, s. 1748)'ye göre sanal tedarik zinciri, fiziksel ve bilgi akışlarının kesintisiz, verimli ve etkili biçimde yürütülmesini sağlayan bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca iş çevresindeki değişimlere hızlı tepki verebilme ve bu değişimlere uyum sağlama konusundaki yüksek esnekliği, sanal tedarik zincirini geleneksel modellerden ayıran temel özelliklerden biri olarak değerlendirilmektedir. Böylece, internet tabanlı olarak faaliyet gösteren iştirakçi firmaların oluşturduğu dinamik ağ aracılığıyla fiziksel iş birliği çevrim içi ortamda gerçekleştirilebilmektedir.

Bu yaklaşımın merkezinde fiziksel kaynak paylaşımı değil, bilgi teknolojileri aracılığıyla sağlanan dijital iş birlikleri yer almaktadır. Caridi vd. (2010, s. 374)'ye göre sanal organizasyonların temelinde fiziksel mekân paylaşımından ziyade bilgi paylaşımı yer almakta ve sanallık olgusunu bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımıyla doğrudan ilişkilendirmektedir. Yazara göre özellikle bilgi teknolojileri, sanal örgütlenmenin temel unsurlarını hayata geçirmeyi kolaylaştıran en önemli araçlardan biridir. Bu teknolojiler sayesinde şirketler arasında ittifaklar kurulabilir, farklı senaryoları denemek için simülasyonlar yapılabilir, yönetim süreçleri daha üst düzeyde koordine edilebilir, değişen koşullara uyum sağlayabilen esnek organizasyon yapıları oluşturulabilir ve bilgi paylaşımı çok daha etkili hale getirilebilir.

Dolayısıyla sanal tedarik zincirlerinin etkin işleyebilmesi belirli kurumsal yetkinliklere bağlıdır. Bu noktada, Omara vd. (2021, s. 322) sanal tedarik zincirini, bilgisayar tabanlı altyapıların geçici olarak organize edilen bir tedarik ağıyla birlikte kullanılması olarak tanımlamakta, bu paralelde elektronik bağlantılar aracılığıyla birbirine entegre edilen herhangi bir tedarik zincirinin de bu bağlamda sanal bir nitelik taşıyacağını belirtmektedir. Bu bağlamda işletmelerden; dijital entegrasyon kapasitesi, hızlı karar alma, sorunları erken tespit etme ve bilgi akışını etkin yönetme gibi yetkinliklere sahip olmaları beklenmektedir.

Bu sistemler, geleneksel dikey yapılardan farklı olarak modüler ve daha esnek örgütlenme biçimleriyle öne çıkmaktadır. Swierczek ve Kisperska-Moron (2016, s. 512)' ye göre gelişim süreci incelendiğinde, sanal tedarik zincirlerinin, kararların en üstteki merkezden alınarak aşağıya doğru aktarıldığı geleneksel dikey yapılardan farklı olarak, aktörlerin daha bağımsız hareket ettiği ancak eş zamanlı olarak koordinasyon sağladığı "yarı-dikey" modüler yapılar halinde geliştiği görülmektedir. Yazara göre, bilgi ve iletişim teknolojileri, zincir boyunca dijital bağlantıları güçlendirerek farklı alt sistemlerin bir araya gelmesini ve bu sayede karmaşık ürün ile süreçlerin daha verimli şekilde oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu modüler yapı, işletmelere esneklik, hızlı uyum sağlama kapasitesi ve kaynakların etkin kullanımına yönelik önemli avantajlar sunarak, dinamik pazar koşullarında rekabet gücünü artırmaktadır. Ho vd., (2003, s. 427) ise dolayısıyla, sanallaştırılmış bir tedarik zincirinin ortaklar arasında daha yakın ve daha şeffaf bir ilişkiyi teşvik ederek verilere gerçek zamanlı erişim ve iş birliğine dayalı karar alma olanağı sağladığını belirtmektedir. Bu sayede, zincirdeki tüm aktörler daha hızlı tepki verebilmekte ve operasyonel uyum artmaktadır.

Sanal organizasyon yaklaşımı, aslında akademik literatürde uzun süredir tartışılmakta ve küresel ticaretin temel dinamiklerinden biri olarak görülmektedir. Sanal organizasyon terimini akademik olarak kavramsal bir temele oturtan ilk çalışmalardan biri olan Goldman vd. (1995), bugün küresel ticarette fiilen kullanılan tedarik zinciri ağlarını tarif ederek hayal ettiği sistemi "sanal organizasyon" adıyla kavramsallaştırmış ve tedarik zincirinde çevikliğin, rekabetin ana unsurlarından biri olduğunu belirtmiştir. Bu paralelde yapılan bir başka erken dönem çalışma olan van Hoek (2001, s. 22)'de ise sanal tedarik zincirinin fiziksel dünyada temel operasyonel performansı sağlayacak ve daha ileri e-ticaret uygulamalarının temel omurgasını oluşturacağı vurgulanmıştır.

Bu teorik çerçevenin en somut ve güncel uygulama örneği ise Amazon'un geliştirdiği Amazon Web Services (AWS) platformudur. 2000'li yılların başında Amazon mühendislik ekipleri, büyük ölçüde tekrar eden altyapı işlerine zaman harcamakta, bu da yenilikçi çözümler geliştirmelerini ve çevikliklerini sınırlamaktaydı. Şirket bu sorunu çözmek için AWS platformunu geliştirerek tüm altyapı işlevlerini tek bir çatı altında toplamıştır. Bu adım, operasyonel verimsizlikleri ortadan kaldırıp hız ve

esneklik kazandırarak Amazon'un yalnızca kendi süreçlerinde değil, küresel ölçekte de sanal tedarik zinciri vizyonunun en somut uygulamalarından biri haline gelmesini sağlamıştır. Nitekim AWS günümüzde dünya genelinde diğer işletmeler için sanal tedarik zinciri çözümleri sunan entegre bir platformdur (Colvin, 2022). Dolayısıyla Goldman vd. (1995) ve van Hoek (2001)'in teorik düzeyde işaret ettiği sanal tedarik zinciri vizyonu, Amazon örneğinde dijital altyapı ve entegrasyon üzerinden somut bir gerçekliğe dönüşmüştür. Bu model son 15-20 yılda günümüz küresel tedarik zincirlerinin yeni standardı haline gelmiştir.

Nitekim, dijital teknolojiler sayesinde karmaşık tedarik zincirlerinin gerçek zamanlı entegrasyonu ve sürdürülebilirlik boyutu güçlenmektedir. Kumar vd. (2023, s. 1534-1535)'de bunu destekleyen çalışmasında, dijital teknolojiler aracılığıyla coğrafi olarak dağınık ve karmaşık tedarik zinciri ağlarının gerçek zamanlı entegrasyonunu, izlenebilirliğini ve koordinasyonunun mümkün kılındığını, bununla beraber tekstil sektörüne yönelik yapılan amprik çalışmada bu tip bir yapılanmanın tedarik zinciri koordinasyonunu kolaylaştırdığını ayrıca sürdürebilirlik boyutunda da katkı sağladığını belirtmektedir. Ayrıca envanter takibi, talep eğilimlerinin tahmin edilmesi ve tedarik zinciri yönetimi gibi süreçlerde dijital teknolojilerin kullanımı, aşırı üretimin ve kaynak israfının azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Küreselleşme çağında, dijital teknoloji temelli sanal organizasyonlar, firmalar arasında entegrasyonun sağlanması ve stratejik iş birliklerinin kurulması açısından hayati bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, esnek ve yetkin tedarik zinciri yapılarının oluşturulması işletmeler için hâlâ ciddi bir zorluktur. Wang vd. (2006, s. 41)'e göre de yetkin ve esnek bir tedarik zincirinin oluşturulması ve sürdürülebilmesi, günümüzün giderek daha rekabetçi ve belirsizliklerle dolu iş ortamında üreticiler açısından ciddi bir zorluk teşkil etmektedir. Bu bağlamda, sanal entegrasyon, daha güçlü tedarik zinciri iş birliği sağlamak amacıyla, birden fazla tedarikçinin bilgi teknolojileri aracılığıyla dijital olarak entegre edilmesini ifade etmektedir. Bu entegrasyon modeli, mülkiyet temelli geleneksel yapılar yerine iş birliğine dayalı ortaklıkların ön plana çıktığı bir sistem anlayışını temsil etmektedir.

Gerçek zamanlı veri paylaşımı, sadece operasyonel verimliliği değil, aynı zamanda zincir boyunca güven ve şeffaflığı da artırmaktadır. Ho vd. (2003, s. 427)'de sanal tedarik zincirinin ortaklar arasında daha yakın ve daha şeffaf bir ilişkiyi teşvik ederek verilere gerçek zamanlı erişim ve iş birliğine dayalı karar alma olanağı sağladığını belirtmektedir. Bu durum, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda tedarik zinciri boyunca karşılıklı güvenin tesis edilmesine ve risklerin daha etkin yönetilmesine de katkı sağlamaktadır. Gerçek zamanlı veri paylaşımı sayesinde tedarik zinciri aktörleri, değişen piyasa koşullarına daha hızlı yanıt verebilmekte, planlama süreçlerini daha isabetli yürütebilmekte ve stok, üretim veya lojistik gibi alanlarda senkronizasyon sağlayarak kaynak kullanımını optimize edebilmektedir. Dolayısıyla sanal tedarik zincirleri, rekabet avantajı elde etmek isteyen firmalar için yalnızca bir teknoloji yatırımı değil, aynı zamanda stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir.

İmalat firmaları, sanal tedarik zincirlerinin başarısında kritik rol oynayan aktörlerdir. Swierczek ve Kisperska-Moron (2016, s. 513) çalışmasında imalat firmalarının sanal tedarik zincirlerinde kritik bir rol üstlendiklerini bununla birlikte, bu firmaların aynı zamanda sanal yeteneklerini geliştirmek için sürekli olarak yeni yöntemler aramaya yönlendiklerini belirtmektedir. Yazar'a göre imalatçıların, organizasyonel sınırları aşarak tedarikçiler, müşteriler ve hatta rakiplerle iş birlikleri kurması; işletmeler arası ilişkilerin tüm zincir boyunca daha etkin işlemesini sağlamaktadır. Bu yaklaşımın geleneksel kurumsal sınırların ötesinde kalite ve verimlilik yarattığı, firmaların özerkliklerini korumakla birlikte, sahip oldukları temel yetkinlikleriyle zincirin bütününe değer kattıklarını, dolayısıyla imalat firmalarının faaliyetlerinin, sanal tedarik zincirlerinin genel başarısında belirleyici bir öneme sahip olduğu vurgulanmıştır.

Bilgi temelli yönetim yaklaşımı, envanter yükünü azaltarak süreç kontrolünü güçlendiren bir diğer stratejik unsurdur. Wang vd. (2006, s. 46) sanal entegrasyonun firmaların daha iyi süreç kontrolü yapabilmesini ve talep dalgalanmalarını daha iyi yönetebilmesini sağlayarak üreticilerin "envanter yerine bilgi" kullanabilmesine ve böylece hem üreticiler hem de tedarikçiler için kaynak kullanımının iyileştirilmesine olanak tanıdığının altını çizmiş ayrıca firmalar arası bilgi işleme, koordinasyon ve

kontrolü geliştirerek çevresel belirsizliğin etkilerini azaltmaya yönelik bir strateji olarak görülebileceğini belirtmiştir.

Sonuç olarak, sanal tedarik zinciri ile entegrasyon kavramları birlikte ele alındığında günümüz tedarik zinciri yönetiminin geleceğini şekillendiren kritik boyutlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Entegrasyon, tedarik zinciri boyunca aktörler arasındaki uyumu, iş birliğini ve stratejik bütünleşmeyi sağlarken; sanal tedarik zinciri, bu entegrasyonu bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla daha esnek, hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde ve entegre bir yönetim modeliyle hayata geçirmektedir. Böylelikle, işletmeler yalnızca operasyonel verimlilik ve maliyet avantajı elde etmekle kalmamakta; aynı zamanda belirsizliklere karşı dayanıklılık geliştirmekte ve sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Bu çerçevede, literatür hem teorik hem de uygulama düzeyinde sanal tedarik zincirlerinin, dijital dönüşümün bir ürünü olarak, tedarik zinciri entegrasyonunun geleceğini belirleyen önemli bir unsur haline geldiğini ortaya koymaktadır.

3.2 Sanal Tedarik Zinciri ve Afet Yönetimi Çevikliği

Sanal tedarik zincirleri, afet yönetiminde özellikle esneklik ve hızlı uyum kabiliyeti açısından öne çıkan yapılar sunmaktadır. Bu bağlamda Verdouw vd. (2015, s. 1) sanal tedarik zincirlerinin, geleneksel ve tek yönlü sistemlerin aksine, değişen piyasa koşullarına hızla uyum sağlayabilen esnek ve etkileşimli yapılar sunduğunu belirtmektedir. Bu yapının temelinde, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle ürünlerin ve kaynakların dijital ortama taşınabilmesi yatmaktadır. Süreçlerin kontrolü ve koordinasyonu fiziksel nesnelerin doğrudan gözlemlenmesi yerine dijital platformlar aracılığıyla sağlanmakta; böylece tedarik zinciri aktörleri, fiziksel konumdan bağımsız olarak veri temelli kararlar alabilmekte, süreçleri anlık izleyebilmekte ve daha hızlı müdahalelerde bulunabilmektedir.

Bununla birlikte, sanallaşmanın başarıya ulaşabilmesi için bilgi entegrasyonunun stratejik bir kaynak olarak kullanılması kritik bir unsur olarak görülmektedir. Nitekim van Hoek (2001, s. 24) gerçek bir sanal tedarik zincirinin, tüm tedarik zinciri boyunca bilgi entegrasyonunu sağlaması ve bilgiyi sadece operasyonel değil, stratejik bir

kaynak olarak kullanması gerektiğini belirterek bilgi akışına yönelik yaklaşımların daha çok operasyonel ve herhangi bir nedenle eksik kalması durumunda, sanallaşmanın sunduğu avantajların hiçbir zaman tam olarak gerçekleştirilemeyeceğini vurgulamaktadır.

Dijitalleşmenin sağladığı yapısal dönüşümler, afet dönemlerinde tedarik zincirlerinin dayanıklılığını artıran bir başka boyut olarak karşımıza çıkmaktadır. Hashem ve Aboelmaged (2024, s. 4)'e göre, dijitalleşme ile geleneksel tedarik zincirlerinde genellikle birbirinden kopuk ve izole şekilde yönetilen finans, ürün, dağıtım ve müşteri hizmetleri gibi departmanları ortadan kaldırılarak, bu yapılar kusursuz işleyen entegre bir sisteme dönüştürülmektedir. Ayrıca dijitalleşmenin, tedarik zinciri entegrasyonu ve genel performans üzerinde olumlu etkileri bulunduğu vurgulanmış, Rusya-Ukrayna savaşı süreci örneği verilerek kriz dönemlerinde tedarik zincirlerinde dijitalleşmenin tedarik zinciri dayanıklılığını artırdığı belirtilmiştir.

Öte yandan sanal tedarik zincirlerini yalnızca bir teknoloji meselesi olarak görmek yanıltıcı olabilir; bu yapı aynı zamanda yönetimsel ve kurumsal dönüşümleri de beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda Tarokh ve Tayebi (2005, s. 419) sanallaşmanın yalnızca teknolojiyle değil, yeni yönetim biçimleriyle ilgili olduğuna işaret etmiştir. Bu bakış açısı, sanal tedarik zincirlerinin dijitalleşme ya da teknolojik gelişmelerin bir sonucu olmanın ötesinde; iktidar ilişkileri, örgütlenme pratikleri ve toplumsal denetim mekanizmalarıyla bağlantılı bir dönüşüm olduğunu vurgulamaktadır. Benzer biçimde Scholten vd. (2010, s. 623), afet yardımlarında çevikliğin, operasyonel verimlilik ve etkinliği artırma potansiyeline sahip olduğunu ancak insani yardım kuruluşlarında bu potansiyelin tam olarak hayata geçirilemediğini belirtmektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında bilgi teknolojileri altyapısının yetersizliği ve tedarik zinciri yönetiminin ikincil bir operasyon olarak görülmesi gösterilmektedir. Oysa hızlı karar alma, kaynakların etkin kullanımı ve dağıtım süreçlerinin koordinasyonu gibi unsurlar ancak güçlü bir dijital altyapı ve stratejik bir tedarik zinciri yaklaşımıyla mümkün olabilmektedir. Bu nedenle insani yardım kuruluşlarının afetlere daha çevik yanıt verebilmesi için yalnızca operasyonel değil, aynı zamanda kurumsal bakış açılarını da dönüştürmeleri gerekmektedir.

Afet yönetiminde çevikliğin önündeki en büyük engellerden biri, çok aktörlü yapının getirdiği koordinasyon zorluklarıdır. Grigoli vd. (2024, s. 388)'e göre insani yardım sürecinde aktörler arasındaki koordinasyon, afetlere etkili müdahalenin en büyük zorluklarından biridir. Koordinasyon; bilgi akışını iyileştirmek, üretim ve teslimatı kontrol etmek, bağışların yönetimi ile maliyet ve hizmet kalitesini denetlemek gibi ortak hedeflere ulaşmak amacıyla birbirine bağımlı kuruluşlar arasında yürütülen faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Ancak insani lojistikte koordinasyon süreci; belirsizlikler, zaman baskısı, eğitimli personel eksikliği, finansman ve ekipman yetersizlikleri ile çok sayıda paydaşın müdahalesini içerdiğinden son derece karmaşıktır. Bu nedenle koordinasyon, insani yardım operasyonlarının merkezinde yer almakta; etkin bir koordinasyon sağlanmadığında ortak müdahale girişimleri ciddi şekilde tehlikeye girmektedir.

Sanal tedarik zincirlerinin esnek yapısı, afet gibi ani kriz koşullarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Swierczek ve Kisperska-Moron (2016, s. 513)'ye göre sanal tedarik zincirlerinin yapısı, sınırlı bir yaşam döngüsüne sahip olup, kolaylıkla çözülebilir ve yeni ortak kombinasyonlarıyla değiştirilebilir. Bu durum, belirli bir proje kapsamında farklı tedarik zinciri aktörlerinin devreye girip diğerlerinin ise ayrılması anlamına gelir. Dolayısıyla sanal tedarik zincirleri yalnızca tek bir projeye hizmet etmek üzere kısa süreli varlık gösterebileceği gibi, birçok müşteri siparişini karşılamak amacıyla daha uzun süreli yapılar halinde de faaliyet gösterebilir. Bu esnek yapı, özellikle afet yönetimi gibi belirsizliklerin ve hızlı değişimlerin yaşandığı durumlarda büyük avantaj sağlar. Sanal tedarik zincirlerinin hızlı çözülüp yeniden yapılandırılabilme kabiliyeti, kaynakların etkin dağıtımı ve ihtiyaçlara anında yanıt verilmesi gereken afet yönetim süreçlerinde çevikliği artırarak krizlere karşı daha dayanıklı ve uyumlu bir tedarik ağı oluşturulmasına imkân tanır.

Çevikliğin başarısı, yalnızca teknoloji değil, aynı zamanda nitelikli insan kaynağı ve kurumsal kabiliyetlerin bütünleşik biçimde kullanılmasına bağlıdır. Eardley vd. (2018, s. 197), tedarik zinciri çevikliğini sanal örgütlerin değişen piyasa koşullarına hızla tepki verme ve bu değişimleri fırsata dönüştürme kapasitesi olarak tanımlamakta ve çevikliğe en etkin biçimde; yüksek nitelikli insan kaynağı ile bilgi ve iletişim

teknolojilerinin hızlı ve etkin biçimde benimsenmesi gibi kurumsal kabiliyetlerin entegrasyonu sayesinde ulaşılabileceğini ortaya koymaktadır.

Çevik yeteneklerin hız, kalite ve esneklik boyutları ise, özellikle belirsizliklerin yönetiminde işletmelere önemli katkılar sunmaktadır. Baramichai vd. (2007, s. 334) çevik yeteneklerin hız, kalite, esneklik ve yanıt verebilirlikten oluştuğunu ve bu unsurların müşteri ile pazarın özgün ihtiyaçlarını karşılamada kritik rol oynadığını belirtmektedir. İşletmeler, değişken koşullara hızlı tepki vererek bu yeteneklerden fayda sağlamaktadır. Ancak çevik sistemlerin tasarımında en büyük zorluk, yalınlık ile anlık tepki arasında doğru dengeyi kurmaktır. Bu çerçeve, sanal tedarik zincirleri ve afet yönetimi çevikliğinin mantığını desteklemekte; dijital entegrasyon sayesinde statik yapılardan dinamik yapılara geçişi mümkün kılmaktadır.

Akıllı tedarik zinciri sistemlerinin özellikleri, çevik ve yeniden yapılandırılabilir yapılarla birleştiğinde kaynakların etkin tahsisini mümkün kılmaktadır. Tarokh ve Tayebi (2005, s. 420), akıllı bir tedarik zinciri yönetim sisteminin dağıtık, dinamik, entegre, duyarlı, iş birliğine açık ve yeniden yapılandırılabilir nitelikler taşıması gerektiğini vurgulamaktadır. Benzer biçimde Kumar vd. (2023, s. 1535), sanal organizasyonların bu özellikler sayesinde yalnızca işletmelerin verimliliğini ve etkinliğini artırmadığını; aynı zamanda kaynakların ihtiyaçlara göre daha esnek bir biçimde yeniden tahsis edilmesine imkân sağladığını belirtmektedir.

Sonuç olarak, sanal tedarik zincirleri hem ticari işletmeler hem de insani yardım kuruluşları açısından kritik bir model haline gelmiştir. Sanal tedarik zincirleri yalnızca dijital teknolojilerin getirdiği bir yenilik değil; aynı zamanda işletmelerin işleyiş biçimlerinde ve stratejilerinde köklü bir dönüşümün yansımasıdır. Geleneksel zincirlerin katı ve hiyerarşik yapısının aksine, sanal tedarik zincirleri çok daha esnek, uyarlanabilir ve etkileşimli bir yapı sunmaktadır. Bilgi teknolojileri sayesinde aktörler arasında anlık veri paylaşımı yapılabilmekte, karar süreçleri hızlanmakta ve değişen koşullara daha çevik yanıtlar üretilebilmektedir. Bu yaklaşım, ticari işletmeler açısından verimlilik ve sürdürülebilir rekabet gücünün merkezinde yer almaktadır.

Özellikle kriz dönemlerinde ve afet yönetiminde ise sanal tedarik zincirlerinin sağladığı hızlı yeniden örgütlenme ve güçlü koordinasyon imkânı, kaynakların daha verimli kullanılmasına ve sistemin dayanıklılığının artmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle dijitalleşme ve çeviklik odaklı bu anlayış, insani yardım kuruluşları için de vazgeçilmez bir model haline gelmiştir.

3.3 Sanal Tedarik Zinciri ve Teknolojik Hazırlık

Bilgi teknolojilerindeki dönüşüm, geleneksel tedarik zinciri yapılarının sınırlarını aşarak sanal modellerin gelişimini mümkün kılmıştır. Ahmadi vd. (2015, s. 146), bilgi teknolojilerinin yeni türevlerinin geleneksel operasyonlar ve tedarik zinciri modelleri üzerinde derin etkiler yarattığını ve bu etkinin özellikle sanal tedarik zincirlerinin gelişimini mümkün kıldığını belirtmektedir. Sanal tedarik zincirleri, bileşen işletmelerin modellerini iş birliği içinde birbirine bağlayan bir bilgi modeli olarak yapılandırılmakta ve güncel bilgilerin paylaşımı yazılım aracıları üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bilgi teknolojilerinin ağ tabanlı iletişimi, erişimi ve veri aktarımını iyileştirmesi, tedarik zinciri operasyonlarının sanal bir model aracılığıyla yönetilebilmesine imkân tanımakta; bu da sanal tedarik zincirlerinin teknolojiye dayalı yapısını güçlendirerek işletmelerin teknolojik hazırlık düzeyini artırmaktadır.

Sanal tedarik zincirlerinin etkinliğini artıran en kritik unsurlardan biri, erken uyarı ve izlenebilirliği sağlayan dijital altyapıdır. Shambayati vd. (2023, s. 1748)'e göre sanallaştırma, tedarik zincirinde erken uyarı, ürün takibi ve izlenebilirliği mümkün kılarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Sensörler, internet ve IT cihazları aracılığıyla veriler dijital olarak paylaşılmakta; bu sayede merkezi kontrol, müşteri odaklılık ve coğrafi dağılım gibi özellikler desteklenmektedir. Sanal tedarik zincirinin temel karakteri, bilgi teknolojisinin yoğun kullanımı ve katılımcıların yetkinliklerini etkin biçimde harekete geçirmesidir. Bu noktada sanal tedarik zincirinin bilgi teknolojileriyle kurulan altyapısı, yalnızca operasyonel verimliliği artırmakla kalmamakta, aynı zamanda kurumların teknoloji hazırlık düzeyini de yükseltmektedir.

Bilgi teknolojilerinin gelişimi, yalnızca sanal işletmeleri ortaya çıkarmakla kalmamış, aynı zamanda sanal organizasyonların uygulanmasında itici güç haline gelmiştir.

Milovanovic vd. (2016, s. 43), bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin sanal işletmelerin ve sanal organizasyon yapılarının ortaya çıkmasına önemli katkılar sağladığını ifade etmektedir. Sanal şirketler, ortak uzmanlık ve pazar performansından yararlanmanın yanı sıra maliyet ve risk paylaşımı açısından da avantaj elde etmektedir. Sanal tedarik zinciri ise tüm katılımcıları arasındaki elektronik iletişim ve bilgi teknolojisine dayanmaktadır. Bu durum, sanal yapıların doğrudan bilgi teknolojisi temelli olarak geliştiğini ve işletmelerin teknoloji hazırlık düzeyini güçlendiren bir mekanizma işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Nitekim Kumar vd. (2023, s. 1534), 300 elektronik üreticisiyle yapılan bir anket sonucunda, sanal organizasyonların uygulanmasında bilgi teknolojisinin temel itici güç olduğunu ortaya koymuştur.

Ancak sanal tedarik zincirlerinin operasyonel yapısı, özellikle envanter yönetiminde ciddi karmaşıklıkları da beraberinde getirmektedir. Swierczek ve Kisperska-Moron (2016, s. 526), sanal tedarik zincirlerinde faaliyet gösteren üreticilerin çok sayıda ürün kalemiyle daha yüksek seviyelerde envanter tuttuklarını ve bu nedenle envanter yönetiminin oldukça karmaşık bir hal aldığını belirtmektedir. Bu karmaşıklığın etkin şekilde yönetilebilmesi için gelişmiş bilgi ve yönetim sistemlerine ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojileri, bu noktada sanal tedarik zincirlerinin sürdürülebilirlik ve koordinasyon kapasitesini artıran dönüştürücü bir yenilik olarak görülmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerine dayalı sanal organizasyon modelinin sürdürülebilir tedarik zincirlerinin koordinasyonunda pratik bir yaklaşım sunduğunu belirtmektedir. Aynı çalışmada, bu modelin başarıyla uygulanabilmesi için Endüstri 4.0 teknolojilerine önemli yatırımlar yapılması ve tedarik zinciri üyeleri arasında yüksek düzeyde güven ile iş birliğinin tesis edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çerçevede, Endüstri 4.0'a dayalı sanal tedarik zincirleri, operasyonel verimlilik ve sürdürülebilirliğin eş zamanlı olarak sağlanmasına imkân tanıyan dönüştürücü bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Kumar ve Sharma, 2022, s. 188-199).

Bununla birlikte, blok zinciri teknolojileri güven ve şeffaflık sağlayarak sanal tedarik zincirlerinin işlerliğini destekleyen kritik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Wamba ve Queiroz (2022, s. 2), blok zinciri teknolojilerinin merkezi bir otoriteye ihtiyaç

duymadan işleyen eşler arası yapısı ve değiştirilmeye karşı dayanıklı kayıt sistemi sayesinde tedarik zinciri yönetiminde önemli bir dönüşüm potansiyeli taşıdığını belirtmektedir. Bu teknoloji, zincirdeki tüm aktörler arasında güvenilir, şeffaf ve izlenebilir bilgi paylaşımını mümkün kılarak hem sanal tedarik zincirlerinin işlerliğini desteklemekte hem de işletmelerin teknolojik hazırlık düzeyinin kritik bir göstergesi haline gelmektedir. Özellikle karmaşık ve belirsizlik içeren ortamlarda, blok zincirinin sunduğu güven ve şeffaflık, tedarik zincirinde iş birliği ve verimliliği artıran temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Bilgi teknolojileri temelli entegrasyon, özellikle tedarikçi geliştirme süreçlerinde işletmelere esneklik ve maliyet avantajı kazandırmaktadır. Wang vd. (2006, s. 59), bilgi teknolojileri destekli entegrasyonun özellikle tedarikçi geliştirme ve katılımı açısından imalat firmalarının tedarik zinciri yönetimi çabalarının ayrılmaz bir parçası olması gerektiğini vurgulamaktadır. Zira duyarlı tedarikçiler, belirsiz ortamlarda hem üretim esnekliği hem de maliyet avantajı sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu çerçevede bilgi teknolojilerinin sunduğu iletişim kanalları, tedarik zinciri koordinasyonunu güçlendirmekte ve beklenmedik olaylarla karşılaşıldığında ticaret ortakları arasında daha yüksek düzeyde uyum sağlamaktadır. Dolayısıyla sanal entegrasyon, çevresel belirsizliklerin azaltılması ve uyumlaştırılması için önemli bir strateji olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, bir firmanın hangi tedarik zinciri yönetimi programını uyguladığı fark etmeksizin, kaliteli malzeme ve bileşenlerin doğru zamanda ve doğru miktarlarda teslim edilebilmesi için tedarikçilerin iş birliği hayati önem taşımaktadır.

Sanallaştırmanın başarıya ulaşabilmesi için yalnızca teknolojik altyapı değil, aynı zamanda organizasyonel hazırlık da kritik bir koşuldur. Ho vd. (2003, s. 426-431), bilgi sistemleri, internet teknolojileri ve kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemlerindeki gelişmelerin tedarik zinciri sanallaştırmasının temel kolaylaştırıcıları olduğunu belirtmektedir. Bununla birlikte, sanallaştırma sürecinin teknoloji altyapısına bağımlılığı artırdığı ve tedarik zincirini sistem arızaları, siber güvenlik tehditleri ve veri yanlışlıkları gibi yeni risklere açık hale getirdiği ifade edilmektedir. Bu nedenle, sanallaştırmayı benimseyen kuruluşların yeni bilgi odaklı süreçlere uyum sağlayabilmek için iş akışlarını yeniden tasarlamaları, çalışanlarını yeniden eğitmeleri

ve performans ölçüm sistemlerini güncellemeleri gerekmektedir. Sonuç olarak, başarılı bir tedarik zinciri sanallaştırması yalnızca teknolojinin benimsenmesine değil, aynı zamanda organizasyonel hazırlığa, kültürel dönüşüme ve tüm paydaşların stratejik uyumuna bağlıdır.

Bununla birlikte dijitalleşme süreci, veri güvenliği ve insan kaynağı eksiklikleri gibi yeni zorlukları da beraberinde getirmektedir. Kumar vd. (2023, s. 1553), ise tekstil firmaları üzerinde yaptığı çalışmada bu görüşe benzer şekilde dijitalleşme sürecinde verilerin gizliliği, siber güvenlik, kültürel engeller ve uzman eksikliği gibi çeşitli zorlukların ortaya çıktığını ortaya çıkarmıştır.

Dolayısıyla, teknolojik gelişmeler sanal tedarik zincirlerinin yalnızca tamamlayıcı unsuru değil, temel omurgasıdır. Sensörler, internet tabanlı sistemler, blok zinciri ve kurumsal yazılımlar gibi birçok dijital araç sayesinde işletmeler daha hızlı karar alabilmekte, operasyonlarını daha şeffaf ve izlenebilir şekilde yürütebilmektedir. Ancak bu dönüşüm sadece fırsatlar değil, aynı zamanda siber güvenlik tehditleri, veri gizliliği sorunları ve insan kaynağının yeni teknolojilere uyum gerekliliği gibi zorluklar da doğurmaktadır. Dolayısıyla sanal tedarik zincirlerinin başarısı, teknolojik yatırımlarla birlikte organizasyonel kültürün, iş süreçlerinin ve çalışanların da bu değişime hazırlanmasına bağlıdır. Böyle bir bütüncül yaklaşım benimsendiğinde, sanal tedarik zincirleri hem işletmelere hem de toplumlara krizler karşısında daha dayanıklı, esnek ve sürdürülebilir çözümler sunan yapılar haline gelmektedir.

3.4 Teknolojik Hazırlık ve Tedarik Zinciri Entegrasyonu

Teknolojik hazırlık, tedarik zinciri entegrasyonunun başarısı açısından kritik bir önkoşul olarak değerlendirilmektedir. Dijital teknolojilerin etkin kullanımını içeren bu hazırlık düzeyi, hem organizasyon içi hem de organizasyonlar arası bilgi akışını kolaylaştırarak entegrasyonun derinliğini artırmaktadır. Bu bağlamda, literatür teknoloji kullanımının yalnızca operasyonel verimliliği değil, aynı zamanda tedarikçi-işletme ortaklığının niteliğini de doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Nugraha ve Hakimah (2019, s. 518), teknoloji kullanımının tedarikçilerin tedarik zinciri performansı ile olan ortaklığının etkisini artırabileceğini ve aynı zamanda bilgi

paylaşım sistemlerini iyileştirerek tedarik zinciri performansını olumlu yönde etkileyebileceğini belirtmektedir.

Bu bağlamda, dijitalleşmenin karar alma süreçlerine etkisi üzerine yapılan çalışmalar önem taşımaktadır. Metwally vd. (2024, s. 16), dijital teknolojilerin organizasyonların bilgi toplama, işleme ve yayma kapasitelerini artırarak tedarik zinciri süreçlerinde karar alma etkinliğini yükselttiğini; ayrıca tedarik zinciri üyeleri arasında veri paylaşımını geliştirerek esneklik, iş birliği ve şeffaflık düzeylerini artırdığını ortaya koymaktadır.

Benzer şekilde, bilgi paylaşımı ve teknoloji yatırımlarının entegrasyondaki rolünü irdeleyen araştırmalar konuyu derinleştirmektedir. Kandarkar ve Ravi (2024, s. 988), tedarik zincirindeki tüm paydaşlar arasında etkin ilişki yönetimi için bilgi paylaşımının büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır. Aynı kaynak, verimli bir tedarik zinciri entegrasyonunun son müşteriye sağlanan hizmet seviyesinin belirlenmesi, stok durumunun değerlendirilmesi ve zincir genelinde ortak standartlar ile protokollerin geliştirilmesiyle mümkün olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca işletmelerin, bilgi alışverişini ve iletişim kanallarını geliştirerek tedarik zinciri performansını artırmak amacıyla yeni teknolojilere yatırım yaptığını belirtmektedir. Entegrasyon sürecinin fiziksel, uygulama ve iş süreçleri olmak üzere üç seviyede gerçekleştiği ortaya konulmaktadır. Bununla birlikte Endüstriyel İnternet, IIoT, BDA ve dijital ikiz teknolojilerinin karar alma süreçlerini iyileştiren yeni araçlar olarak öne çıktığı kaydedilmektedir. Büyük verinin perakendede talep ve fiyatlandırma modellerini optimize ederek kârlılığı artırdığı; dijital ikizlerin ise simülasyonlarla üretim süreçlerinin planlanmasını desteklediği ifade edilmektedir. Son olarak, yapay zekânın karar kalitesini yükselterek insan müdahalesini azalttığı, RFID teknolojisinin ise gerçek zamanlı veri takibi ve hırsızlığı azaltarak üretim verimliliğini önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmektedir.

Öte yandan, teknolojik entegrasyonun eksikliğinin sahadaki operasyonlara olumsuz yansımalarını vurgulayan bulgular da mevcuttur. Falagara Sigala vd. (2020, s. 232), dijital çağda insani yardım organizasyonlarında saha düzeyinde birçok kişinin hâlâ operasyonları yönetmek için kağıt tabanlı listelere, Excel dosyalarına ve düşük

teknolojili yöntemlere başvurduğunu belirtmektedir. Literatürde, kurumsal ve kuruluşlar arası yazılım özelliklerinin eksikliğinin manuel veri girişini teşvik ettiği ve bunun da veri kalitesini olumsuz etkilediği kabul edilmektedir. Veri kalitesinin düşüklüğü, organizasyonların tedarik zinciri süreçlerini ve ilişkilerini yönetmek yerine sorun çözmeye odaklanmalarına yol açmaktadır. Ayrıca insani yardım organizasyonlarının genellikle entegre bilgi teknolojilerinden yoksun olduğu ve yalnızca küçük bir kısmının ERP yazılımlarına erişebildiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, operasyonel zorlukların azaltılması ve insani yardım müdahalelerinin iyileştirilmesi amacıyla insani yardım organizasyonlarının ERP sistemleri dâhil olmak üzere bilgi sistemlerini giderek daha fazla benimsediği kaydedilmektedir. ERP sistemleri, farklı organizasyonel işlev ve süreçlere hizmet eden entegre yazılım setleri olarak tanımlanmakta; entegrasyonu mümkün kılmaları, paydaşlar arası iletişimi geliştirmeleri ve karar alma süreçlerini desteklemeleri nedeniyle tedarik zincirlerine önemli değer katmaktadır.

Bu noktada, blokzincir teknolojisi üzerine yapılan çalışmalar özel bir odak alanı olarak öne çıkmaktadır. Agi ve Jha (2022, s. 2), blokzincir teknolojisinin tedarik zinciri üyeleri arasında güvenilir ve değiştirilemez verilerin paylaşımına olanak tanıyan doğrudan bir etkileşim platformu sunduğunu ifade etmektedir. Bu yapının tedarik zinciri yönetimini önemli ölçüde geliştirdiği ve performans hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırdığı vurgulanmaktadır. Ayrıca blokzincirin en temel avantajlarından biri olarak ürünlerin tam izlenebilirliğini sağlaması ve tedarik zincirinin farklı aşamalarında görünürlüğü artırması gösterilmektedir.

Ayrıca, AI ve BDA uygulamalarının tedarik zincirine katkılarını ele alan araştırmalar dikkate değerdir. Modgil vd. (2022, s. 1247), makine öğreniminin tedarikçilerle yapılan sözleşmeleri otomatikleştirerek kuruluşların tedarik stratejilerini güçlendirdiğini, büyük verinin karar alma yeteneklerini geliştirerek tedarik zinciri boyunca gereksiz işlemleri önlediğini ve yapay zekânın talep planlaması, sipariş yerine getirme, ağ tasarımı ve envanter planlamasını kolaylaştırmak için ajan tabanlı sistemler, genetik algoritmalar ve uzman sistemler geliştirebildiğini belirtmektedir. Ayrıca, dinamik yeteneklerin kuruluşların sürekli değişen ortamlara uyum sağlayabilmek için iç ve dış yetkinlikleri entegre etme, geliştirme ve yeniden

yapılandırma kapasitesi olarak tanımlandığı ve tedarik zincirini güçlendiren temel bir unsur olduğu ifade edilmektedir.

Bilgi teknolojilerinin firma içi ve firmalar arası iş birliği kapasitesini artırıcı işlevleri de literatürde ayrıntılı biçimde tartışılmaktadır. Wang vd. (2006, s. 46), bilgi teknolojilerinin daha yüksek bilgi işleme ve iletişim kapasitesi ile gelişmiş kontrol ve geri bildirim mekanizmaları sağlayarak, ticaret ortaklarının ortak mülkiyet olmaksızın daha fazla firmalar arası işbirliği gerçekleştirmesine imkân tanıdığını belirtmektedir. Ayrıca, bilgi teknolilerinin firmalar arası ortak karar alma ve koordinasyonu zamanında kolaylaştırdığı, bu nedenle uygun uygulamaların üreticilere tedarik zinciri operasyonlarını yönetme, tedarikçileri kontrol etme ve koordine etme konusunda daha fazla yetkinlik kazandırması gerektiği ifade edilmektedir. Kumar vd. (2023, s. 1534), Endüstri 4.0 çağında IoT, AI, blok zinciri teknolojisi, bilgi yönetim sistemi ve diğer dijital teknolojilerin, karmaşık tedarik zinciri yapılarını entegre etmek amacıyla kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Özellikle şeffaflık, izlenebilirlik ve karmaşıklığın azaltılması yönündeki katkılar teknoloji-entegrasyon ilişkisinin farklı bir boyutunu ortaya koymaktadır. Wamba ve Queiroz (2022, s. 2), blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri üyeleri arasında daha fazla şeffaflık ve bilgi paylaşımı, hesap verebilirlik, belirsizliğin azaltılması, güven ve güvenlik ile dolandırıcılığın önlenmesini sağlayabileceğini belirtmektedir. Power, (2005, s. 253) ise bilgi teknolojilerinin tedarik zinciri faaliyetlerinin entegrasyonuna etkin bir şekilde uygulanması halinde faaliyetlerin karmaşıklık düzeylerini azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir.

Bununla birlikte, şeffaflık ve izlenebilirlik boyutunu merkeze alan yaklaşımlar, entegrasyonun sürdürülebilirliğini anlamak açısından kritik bir perspektif sunmaktadır. Francisco ve Swanson (2018, s. 2), tedarik zinciri şeffaflığını bilginin hem işlem tarafları hem de dış gözlemciler için ne ölçüde erişilebilir olduğuna bağlı olarak tanımlamakta; izlenebilirliğin ise hammadde kökenlerine ilişkin kurumsal hedefleri operasyonel hale getirerek ürün veya hizmetlere bağlam sağladığını ifade etmektedir. Ayrıca blok zinciri teknolojilerinin, şeffaflığı artırmanın yanı sıra,

protokolün doğası gereği değişmez ve dağıtılmış saklama kayıtları oluşturduğunu ve bunun izlenebilirlik uygulamalarına önemli katkı sunduğunu vurgulamaktadır.

Özellikle sanal işletmelerin ortaya çıkışı ve Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ)'lerin esnek lojistik ağlar yoluyla entegrasyona katılımını ele alan araştırmalar dikkate değerdir. Eardley vd. (2018, s. 195-196), birçok şirketin sanal işletmeler oluşturmak ve çevik tedarik zincirlerinde kendilerini hizalamak suretiyle, bireysel küçük ve orta ölçekli işletmelerin tek başına karşılayamayacağı web ve mobil teknolojilerle desteklenen esnek lojistik sistemleri ve tedarik zinciri ağları geliştirebildiğini belirtmektedir. Ayrıca internet ve mobil teknolojilerin, dikey ve yatay entegrasyon ile esnek işbirliği gibi değer yaratan işlevleri kolaylaştırarak sanal işletmelerin oluşturulmasında kritik bileşenler olarak öne çıktığını vurgulamaktadır.

Bunun yanı sıra, sanal işletmelerin ve insani yardım zincirlerinde bağış izlenebilirliğinin teknolojiyle desteklenmesi dikkat çekici bulgulardan biridir. Iqbal ve Ahmad (2022, s. 430), mevcut araştırmalar ve küresel kuruluşların, yardım operasyonlarında şeffaflığı artırmak amacıyla bağış ve kaynakların kaynağından varış noktasına kadar izlenebilmesini ve sistemdeki akışların takip edilebilmesini sağlayacak dijital çözümleri önerdiğini ifade etmektedir. Xue vd. (2021, s. 184)'e göre ise en umut verici uygulama blok zinciri teknolojisidir ve bu teknoloji geleneksel iş modelini değiştirmektedir. Blok zincirinin benimsenmesi, iş konularında bilgi ve bilgi paylaşımını gerçekleştirebilir. Tedarik zinciri üyeleri arasında bilgi paylaşımı artma eğilimindedir, bu da maliyetlerin azalmasını ve verimliliğin artmasını yansıtmaktadır.

Ayrıca, veri madenciliği, çoklu ajan sistemleri (MAS, *Multi-Agent Systems*) ve e-ticaret çözümleri entegrasyon sürecinde yenilikçi yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır. Wang ve Wang (2015, s. 305), akıllı tedarik zinciri yönetiminde veri madenciliği ve MAS teknolojilerinin kullanımına yönelik ilginin arttığını; ajan tabanlı simülasyonun lojistik sistemlerde dağıtılmış akıllı yapılarla müşteri problemlerini modelleme, bilgi paylaşımı ve problem çözme süreçlerini desteklediğini; bu yaklaşımın ise tedarik zinciri simülasyonunun şeffaf, ölçeklenebilir ve dağıtılmış bir mimariyle çalışmasını mümkün kılarak akıllı tedarik zinciri yönetiminin önemini ortaya koyduğunu belirtmektedir.

Bu kapsamda, e-ticaret çözümleri ve internet tabanlı uygulamaların entegrasyonu hızlandırıcı etkisine işaret eden çalışmalar da önem arz etmektedir. Wang vd. (2008, s. 2684), bilgi teknolojilerinin özellikle internet aracılığıyla tedarik zinciri entegrasyonunu hızlandıran ve operasyonel uyumu güçlendiren temel bir unsur haline geldiğini; e-ticaret çözümlerinin farklı sektörlerde entegrasyonun önemli bir kolaylaştırıcısı olarak öne çıktığını; işletmelerin geniş ticaret ortakları ağı içinde küresel görünürlük sağlayarak müşteri talebindeki değişimlerden kaynak kıtlığına kadar uzanan çeşitli faktörlere hızla yanıt verebildiğini; böylece bilgi entegrasyonu, iş akışı koordinasyonu, çok taraflı iş birliği ve talebe duyarlı tedarik zinciri gibi kavramların daha etkili bir biçimde uygulanabildiğini ifade etmektedir.

Öte yandan, karmaşıklığın entegrasyon seviyelerini doğrudan etkileyebildiğini ortaya koyan bulgular, moderatör etkiyi görünür kılmaktadır. Huddiniah ve Er (2019, s. 252), bilgi teknolojilerinin tedarik zincirinin başarılı entegrasyonunu sağlamak için şirkete kolaylık sunan bir çözüm olarak seçildiğini; ayrıca tedarik zinciri entegrasyonu ve bilgi paylaşımıyla yakından ilişkili olduğunu ifade etmektedir. Bunun yanında, özellikle tedarik zinciri kanalları arasındaki bilgi alışverişi açısından karmaşıklığı etkileyen birçok faktör bulunduğunu; yüksek seviyeli tedarik zinciri karmaşıklığının ortaklar arasında koordinasyon ve işbirliği için düşük entegrasyon seviyesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve bu nedenle hızlı bilgi alışverişi akışını gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, günümüz tedarik zincirlerinde AI, BDA, dijital ikizler, IoT, blokzincir ve ERP sistemleri öne çıkmakta; gerçek zamanlı veri takibi, talep planlaması, şeffaflık ve koordinasyon gibi alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır. AI, karar süreçlerini hızlandırırken BDA, fiyatlama ve talep tahminlerini optimize etmekte; dijital ikizler, üretim ve lojistiği simülasyonlarla desteklemektedir. Blokzincir güvenilir bilgi paylaşımı sağlamakta, IoT erken uyarı ve izlenebilirliği artırmakta, ERP ise süreç entegrasyonunu güçlendirmektedir. Ancak yüksek maliyetler, siber güvenlik ve veri gizliliği riskleri ile kültürel uyum ve nitelikli insan kaynağı ihtiyacı dijitalleşmenin temel zorluklarıdır. Bu nedenle yalnızca teknolojik yatırımlar değil, aynı zamanda kurumsal kültür, süreçler ve stratejilerin de bu dönüşüme uyum sağlaması gerekmektedir.

3.5 Teknolojik Hazırlık ve Afet Yönetimi Çevikliği

Afet yönetiminde çevikliğin sağlanabilmesi, işletmelerin yalnızca fiziksel kaynaklara değil, aynı zamanda bilgi teknolojilerini stratejik biçimde kullanabilmelerine bağlıdır. Nitekim Kumar Sharma ve Bhat (2014, s. 202-203), işletmelerin çevik bir yapıya kavuşabilmesi için bilişim yetkinliklerini geliştirmeleri gerektiğini ve esnek bilgi teknolojisi altyapısının firma performansını dolaylı olarak desteklediğini vurgulamaktadır. Bilgi teknolojilerinin bu şekilde stratejik kullanımı, işletmelere hem değişken piyasa koşullarına hızla uyum sağlama hem de operasyonel etkinliklerini sürdürme açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Teknolojik hazırlığın afet yönetimine katkısını gösteren bir diğer unsur, üretim ve lojistik süreçlerindeki dönüşümdür. Bu noktada Kandarkar ve Ravi (2024, s. 989), eklemeli üretim gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinin yapısını değiştirerek tedarikçi katmanlarını azalttığını ve lojistik gereksinimleri düşürdüğünü belirtmektedir. Ayrıca gelecekte şirketlerin ihtiyaç duyacağı dirençli, güvenli, sağlam ve sürdürülebilir tedarik zincirlerinin akıllı teknolojilerin kullanımıyla elde edilebileceği ifade edilmektedir.

Afet müdahale süreçlerinde teknolojik hazırlığın en kritik boyutlarından biri doğru durum farkındalığına sahip olmaktır. Bu bağlamda Sinha vd. (2019, s. 761), acil durum bilgi sistemlerinin özellikle ilk müdahale ekipleri için karar destek kapasitesini artırarak afet yönetiminde çevikliğe katkı sağladığını vurgulamaktadır. Ayrıca acil durum bilgi sistemlerinin, yardım operasyonlarının daha iyi planlanabilmesi için ilk müdahale ekiplerine yeterli durum farkındalığı sağlaması gerektiği ifade edilmektedir.

Teknolojik hazırlığın stratejik değer yarattığı alanlardan biri de AI-BDAC analitiği yetkinlikleridir. Nitekim Dubey vd. (2021a, s. 1590), bu yetkinliklerin yalnızca teknik başarı sağlamadığını, aynı zamanda organizasyon içi fonksiyonlarla genel stratejilerin hizalanmasına katkı sunduğunu belirtmektedir. Afet ve insani yardım operasyonlarında giderek daha fazla önem kazanan bu kabiliyetler, sivil-askerî iş birliklerinde ortak vizyonun benimsenmesine zemin hazırlamakta, ortak beklentilerin

yönetimini, bilginin zamanında paylaşımını ve eşgüdümü kolaylaştırarak müdahale süreçlerinin başarısını doğrudan etkilemektedir.

Afet yönetiminde çeviklik yalnızca müdahale anında değil, kriz sonrası toparlanma süreçlerinde de kritik hale gelmektedir. Bu doğrultuda Dubey vd. (2021a, s. 1587), yapay zekâ destekli analiz yöntemlerinin kriz sonrası nüfus hareketliliği ve kaynak tahsisi gibi alanlarda da önemli katkılar sunduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, afet sonrası nüfus hareketliliğinin izlenmesi, toplum sağlığı risklerinin değerlendirilmesi ve kaynakların yeniden tahsisinde bu teknolojilerin etkin biçimde kullanılabileceği; ancak bu faydaların gerçekleşebilmesi için güçlü bir kurumsal liderliğin varlığı ve teknolojiye yapılan yatırımların kritik olduğu ifade edilmektedir.

Dijital teknolojilerin sağladığı en önemli katkılardan biri, karar alma süreçlerini hızlandırarak kurumlar arası iş birliğini geliştirmesidir. Metwally vd. (2024, s. 16), bu bağlamda bilgi toplama ve paylaşma kapasitesinin afet tedarik zincirlerinde esneklik, iş birliği ve dayanıklılığı artırdığını göstermektedir. Ayrıca tedarik zinciri üyeleri arasında veri paylaşımını geliştirerek esneklik, iş birliği ve şeffaflık düzeylerini artırmakla birlikte tedarik zinciri dayanıklılığı ve tedarik zinciri sağlamlığını güçlendirdiğini ortaya koymaktadır.

BDA ve AI tabanlı çözümler, afet ortamlarında doğru ihtiyaç analizlerinin yapılmasına olanak tanıyarak kaynak kullanımında verimlilik sağlamaktadır. Dubey vd. (2021a, s. 1586), BDA ve AI tabanlı çözümlerin afet ortamlarında ihtiyaç analizlerinin doğru yapılmasını, yardım malzemelerinin dağıtımında daha isabetli kararlar alınmasını ve genel operasyonel verimliliğin artırılmasını sağladığını; ancak veri anonimleştirme, farklı sistemlerden gelen verilerin entegrasyonu ve görselleştirme gibi teknik ve etik sorunların hâlâ çözüm beklediğini vurgulamaktadır.

Afet yönetimi çevikliğinde AI uygulamalarının dayanıklılığı güçlendirdiği de literatürde sıkça dile getirilmektedir. Modgil vd. (2022, s. 1248), AI gibi akıllı teknolojilerin tedarik zinciri dayanıklılığını güçlendirdiğini; daha iyi kontrol mekanizmaları tasarlanmasına, kesinti alanlarının belirlenmesine ve tedarik zincirlerinin görünürlüğünün artırılmasına katkı sunduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca AI tabanlı yeniliklerin, gerçek zamanlı koordinasyon ve iş birliğini destekleyerek üretim, rotalar ve bağlantı düğümlerinde ağ planlama ve haritalamayı kolaylaştırdığı; böylece özellikle belirsizlik dönemlerinde yükleniciler ve tedarikçiler arasındaki iş birliğini geliştirdiği vurgulanmaktadır.

Bilgi teknolojilerinin afet bağlamında çevikliğe katkısının yanında, işletmelerin genel süreçlerini dönüştürerek kârlılık ve verimlilik sağlaması da dikkat çekmektedir. Usoro vd. (2023, s. 373), bilgi teknolojilerinin iş yönetimi yaklaşımlarını ve süreçlerini dönüştürerek tedarik zinciri yönetimi için uygulanabilir alternatifler sunduğunu; üretim süreçleri üzerinde olumlu etkiler yaratarak işletmelerin kârlılığını artırdığını ortaya koymaktadır. Ayrıca bilgi teknolojilerinin, tedarik zincirlerinin sorunsuz işleyişini kolaylaştırdığı ve etkin tedarik zinciri performansı için kritik bir unsur olduğu belirtilmiştir.

İnsani yardım lojistiğinde şeffaflık ve hesap verebilirlik, teknolojik hazırlığın en somut çıktılarından biridir. Iqbal ve Ahmad (2022, s. 426), insani yardım lojistiğinin dijitalleşmesinin yolsuzluğu azaltmaya ve şeffaflığı artırmaya katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda dijitalleşme, kaynakların depodan yararlanıcıya kadar olan hareketinin izlenmesini ve dağıtım sürecinde şeffaflığın güvence altına alınmasını mümkün kılan teknoloji tabanlı çözümleri ifade etmektedir. Ayrıca dijitalleşmenin, kaynakların verimli yönetimine ve etkili takibine destek olarak insani yardım operasyonlarının tedarik zincirinde şeffaflığın sağlanmasına katkıda bulunduğu ortaya konmaktadır.

Öte yandan, insani yardım ajanslarının hâlâ geleneksel standartlara bağlı kalması, çeviklik açısından önemli bir sınırlılık yaratmaktadır. Scholten vd. (2010, s. 623)'ye göre bugüne kadar insani yardım ajansları, 1970'ler ve 1980'lerde kar amacı gütmeyen sektörde kullanılan standartlara güvenmeye devam etmekte ve işletmelerin giderek zorlaşan bir ortama yanıt vermelerine yardımcı olmak için geliştirilen yeni teknikleri büyük ölçüde göz ardı etmektedir. Bu durum, özellikle krizlerin daha karmaşık, öngörülemez ve çok aktörlü bir nitelik kazandığı günümüzde ciddi bir zafiyet doğurmaktadır. Geleneksel yaklaşımlara bağlı kalmak, kısa vadeli operasyonel çözümler sunsa da; uzun vadede hem esneklik hem de çeviklik gerektiren afet yönetimi

bağlamında yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla insani yardım ajanslarının, modern tedarik zinciri uygulamalarını ve dijital teknolojileri benimseyerek, değişen koşullara hızla uyum sağlayabilen daha yenilikçi yaklaşımlara yönelmesi kritik bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır.

Afet yönetiminde çevikliğin iki temel dayanağı bilgi uyumu ve iş birliğidir. Dubey vd. (2021a, s. 1586) afet tedarik zincirlerinde çevikliğin sağlanabilmesi için bu iki temel unsurun ön plana çıktığını vurgulamaktadır: bilgi uyumu ve iş birliği. Bilgi uyumu, kurumlar arasında ortak bir bilgi tabanı oluşturularak operasyonel kararların senkronize edilmesini mümkün kılarken; iş birliği, aktörler arası koordinasyonu güçlendirmekte ve kaynakların etkin kullanımını desteklemektedir. Bu bulgu, tedarik zinciri entegrasyonunun afet yönetimi çevikliği için neden kritik olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Entegrasyon, yalnızca fiziksel süreçlerin birleştirilmesi değil; aynı zamanda bilgi paylaşımının uyumlu hale getirilmesi ve aktörler arasında güvene dayalı iş birliğinin kurulması anlamına gelmektedir. Bilgi uyumu eksik olduğunda kararlar parçalı kalmakta, iş birliği yetersiz olduğunda ise kaynakların etkin kullanımı engellenmektedir. Dolayısıyla afet yönetiminde çeviklik, doğrudan doğruya tedarik zinciri entegrasyonunun kalitesine bağlıdır.

Bu çerçevede, IoT afet tedarik zincirlerinde çevikliği artıran bir diğer kritik teknolojidir. Aryal vd. (2020, s. 146), IoT, sanal tedarik zincirleri dâhil olmak üzere birçok alanda paradigma değişikliğine yol açtığını ortaya koymaktadır. IoT, tedarik zincirlerinde şeffaflık, çeviklik ve uyumluluğu artırmakta; otomatik yönetimi kolaylaştırarak lojistik verimliliğini geliştirmekte, nakliye sürelerini kısaltmakta ve kusurlu ürün oranını düşürmektedir. Bunun yanı sıra ürün ve parça takibine ilişkin bilgileri görünür kılarak zincir üyeleri arasında gerçek zamanlı bilgi paylaşımını mümkün kılmaktadır. Tüm bu katkılar, afet yönetimi bağlamında çevikliğin sağlanabilmesi için teknolojik hazırlığın kritik bir ön koşul olduğunu göstermektedir.

BDA ve sanal tedarik zinciri uygulamaları ise işletmelerin belirsizlik karşısında daha çevik kararlar almasına katkı sunmaktadır. Hashem ve Aboelmaged (2024, s. 4), BDA ve AI'nin tedarik zincirine entegre edilmesinin, işletmelere müşteri davranışları ve pazar dinamikleri hakkında daha derinlemesine ve doğru içgörüler üretebilme olanağı

sunduğunu belirtmektedir. Bu sayede işletmeler, daha bilinçli ve çevik kararlar alabilmektedir. Literatürde ayrıca, dijital teknolojilerin tedarik zincirinde benimsenmesinin çeviklik ve izlenebilirliği artırdığı vurgulanmaktadır. Özellikle sanal tedarik zinciri, ağ genelinde şeffaflığı güçlendirerek tedarik zinciri ortaklarının belirsizliği azaltmasını ve dinamikleri kapsamlı, güncel biçimde değerlendirmesini kolaylaştırmaktadır. Genel olarak, sanal tedarik zinciri işletmelerin potansiyel verimsizlikleri belirleyip gidermesine ve tedarikçiler, müşteriler ile diğer paydaşlarla güven tesis etmesine imkân tanımaktadır.

Bilgi teknolojilerindeki tarihsel dönüşüm, afet yönetimi çevikliğini destekleyen yeni yapıları ortaya çıkarmıştır. Tjahjono vd. (2017, s. 1176), son otuz yılda bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin bilgisayarlardan bulut tabanlı altyapılara ve akıllı cihazlara geçişi mümkün kıldığını ve insan–makine ile makine–makine etkileşimini sağlayan siber-fiziksel sistemlerin ortaya çıkmasına zemin hazırladığını belirtmektedir. Özellikle BDA, IoT ve AI entegrasyonu sayesinde üretim hatları yalnızca otomasyona kavuşmakla kalmamakta, aynı zamanda akıllı makineler aracılığıyla sorunları analiz ederek minimum insan müdahalesiyle çözebilmektedir. Bu durum, tedarikçiler, üreticiler ve müşteriler arasındaki iş birliğini güçlendirirken; siparişten ürünün kullanım ömrünün sonuna kadar tüm süreçlerde şeffaflığın artmasına katkı sağlamaktadır. Dijitalleşme ve otomasyonun getirdiği bu yeni paradigma, tedarik zinciri yönetimi yapısının bir bütün olarak yeniden tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Bununla birlikte, dijital teknolojilerin birbirine bağlı yapıları, fırsatlar kadar tehditler de barındırmaktadır. Tjahjono vd. (2017, s. 1181), sanal ve artırılmış gerçeklik, 3D baskı ve simülasyon gibi teknolojilerin uygulanmasının genellikle fırsatlar yarattığını; buna karşın BDA, bulut bilişim, siber güvenlik, IoT, elektronik minyatürleştirme, otomatik tanıma ve veri yakalama, RFID, robotik teknolojiler, IHA'lar , nanoteknoloji, makineden makineye iletişim ve iş zekâsı gibi alanların ise hem fırsat hem de tehdit potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu durum, söz konusu teknolojilerin birbirine bağlı yapılarından ve farklı bağlamlarda olumlu ya da olumsuz sonuçlar doğurabilme özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, teknolojik hazırlık düzeyinin yalnızca afet yönetimi çevikliğini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda tedarik zinciri karmaşıklığını da artırabileceği dikkate alınmalıdır.

Dijital ikiz teknolojileri ise afet yönetiminde hem maliyetleri düşüren hem de planlamayı geliştiren bir yenilikçi araç olarak öne çıkmaktadır. Kapil vd. (2024, s. 4), dijital teknolojilerin tedarik zinciri yönetiminde sanal bir tedarik zinciri işlevi gördüğünü ve dijital ikizlerin bu süreçte kritik rol oynadığını belirtmektedir. Dijital ikizler; faaliyetler, malzemeler ve varlıkların bilgisayarlı temsili aracılığıyla yöneticilere darboğaz ve verimsizlikleri test etme, farklı senaryoları simüle etme ve daha bilinçli, veriye dayalı kararlar alma imkânı sunmaktadır. Bu sayede maliyetlerin azaltılması, etkinlik ve verimliliğin artırılması, daha doğru talep tahminleri, kısa teslimat süreleri, gelişmiş envanter yönetimi ve müşteri hizmetlerinde iyileşme sağlanmaktadır. Fiziksel sistemlere dair gerçek zamanlı görünürlük yaratarak uçtan uca şeffaflık oluşturan bu yaklaşım, kesinti risklerinin yönetimini kolaylaştırmakta; planlama, mühendislik ve tasarım aşamalarında kuruluşlara stratejik avantaj sağlamaktadır.

Küresel salgınlar, teknolojik hazırlığın önemini somut biçimde ortaya koymuştur. Akbari vd. (2022, s. 534), 2019'dan itibaren COVID-19 pandemisinin küresel operasyonlar ve tedarik zincirlerinde yıkıcı zorluklar yarattığını; bu süreçte verimlilik ve üretkenliği artırmak amacıyla hızlı bir küresel dönüşümün yaşandığını ve üretim ile hizmet süreçlerinin yeniden tasarlanarak yeni yaklaşımların benimsendiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda endüstri 4.0, değer yaratan teknolojilerin tüm operasyonlara ve tedarik zincirine entegre edilmesiyle imalat sektöründe yeni bir dönüşümü temsil etmekte; insanlar, sistemler ve makineler arasındaki etkileşim ve bağlantıyı güçlendirerek hem imalat sistemlerinin hem de entegre tedarik zincirlerinin bütünleşmesini sağlamaktadır.

Sonuç olarak, tüm bu bulgular afet yönetiminde çevikliğin büyük ölçüde kurumların teknolojik hazırlık düzeyiyle bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Afetler hızlı karar almayı ve değişen koşullara anında uyum sağlamayı gerektirdiğinden, güçlü bir teknolojik altyapı doğru bilgiye zamanında erişimi kolaylaştırmakta ve paydaşlar arasında koordinasyonu desteklemektedir. AI, BDA, IoT, dijital ikizler ve blokzincir gibi teknolojiler süreçlerin daha esnek ve uyarlanabilir olmasına katkı sunmakta; bu sayede firmaların belirsizliklere karşı daha hazırlıklı hareket etmesine imkân

tanımaktadır. Bu nedenle teknolojik hazırlık, afet yönetimi çevikliğini güçlendiren önemli bir unsur olarak değerlendirilebilir.

3.6 Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Afet Yönetimi Çevikliği

Afet yönetimi bağlamında çevikliğin sağlanabilmesi için iş birliği yalnızca stratejik bir tercih değil, operasyonel başarının temel koşulu olarak görülmektedir. Nitekim Dubey vd. (2021a, s. 1590), iş birliği boyutunun çeviklikle ilişkilendirildiğini; paydaşlar arası hedef, motivasyon ve operasyonel farklılıkların bulunduğu ortamlarda karşılıklı anlayış ve değerlerin paylaşılmasının başarının belirleyicisi olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca yeni nesil teknolojilerin, özellikle büyük veri analitiğinin, askeri–sivil iş birliklerinde bilgi paylaşımını ve operasyonel koordinasyonu güçlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Tedarik zinciri entegrasyonunun günümüzdeki önemini kavrayabilmek için kavramın tarihsel gelişimini hatırlamak gerekmektedir. Piya vd. (2017, s. 43), 1980'lerde yönetim danışmanları tarafından ortaya atılan tedarik zinciri kavramının, daha sonra tedarik zinciri yönetimi yaklaşımıyla birlikte hem akademik alanda hem de endüstriyel uygulamalarda büyük bir ilgi gördüğünü ortaya koymaktadır. Tedarik zinciri yönetimi bireyler, kuruluşlar ve bunlar arasındaki kaynak, hizmet, faaliyet ve bilgi akışından oluşan bir sistem olarak tanımlanmakta; bu ağın üyeleri ise nihai ürün veya hizmetlerin geliştirilmesine katkı sağlayan ve birbirleriyle iş birliği yapan aktörler olarak görülmektedir. Araştırma, etkili bir tedarik zincirine sahip olabilmek için üyeler arasındaki entegrasyonun ve yakın ilişkilerin kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır.

Entegrasyonun pratikteki en somut yansıması, bilgi paylaşımının etkinliği üzerinden görülmektedir. Kandarkar ve Ravi, (2024, s. 989), entegrasyonun bir sonucu olarak gelişen bilgi paylaşımının, tedarik zincirinde iş birliği seviyelerini yükselttiğini ve bunun da esneklik, çeviklik ve dirençlilik gibi temel performans unsurlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, tedarik zincirinde entegrasyonun yalnızca teknik bir uyum süreci olmadığını, aynı zamanda operasyonel dayanıklılığın güçlendirilmesi açısından stratejik bir değer taşıdığını göstermektedir.

İnsani yardım bağlamında entegrasyonun en kritik boyutlarından biri koordinasyondur. Dubey vd. (2018, s. 486-487), insani yardım aktörleri arasındaki koordinasyonun afet müdahale operasyonlarının başarısı açısından temel belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Koordinasyon eksikliği, sıklıkla talep ile arz arasında uyumsuzluğa yol açarak hayatta kalanların daha fazla acı çekmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, kaynak ve hizmetlerin mükerrerliğini önlemek, ihtiyaç boşluklarını doldurmak ve örgütleri ortak bir hedef etrafında senkronize etmek, etkin ve verimli müdahale için zorunludur.

Çeviklik kavramı ise literatürde çoğunlukla genel yönetim ve üretim bağlamında ele alınmış olsa da, van Hoek vd. (2001, s. 126) giderek değişken hale gelen pazar koşulları ve dinamik performans gereksinimlerinin, uluslararası iş dünyasında çevikliği başlıca zorluklardan biri haline getirdiğini vurgulamaktadır. Bu noktada tedarik zinciri perspektifinden bakıldığında, çeviklik yalnızca bireysel işletmelerin kendi iç süreçleriyle sınırlı değildir; şirketlerin tedarikçileri ve onların alt tedarikçileriyle, müşterileri ve onların nihai tüketicileriyle uyum içinde hareket etmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Koordinasyonun etkinliği yalnızca maddi kaynaklara değil, aynı zamanda liderlik, deneyim, ilişki yönetimi ve performans ölçüm teknikleri gibi maddi olmayan unsurlara da bağlıdır Dubey vd. (2018, s. 487). Tedarik zincirinin her halkasının, gerçekleştirdiği eylemlerin diğer aşamalar üzerindeki etkilerini dikkate alarak bilgi paylaşımında bulunması bu nedenle kritik önemdedir. Ancak pratikte, bilgi asimetrisi ve güven eksikliği koordinasyonu zayıflatmaktadır. Bu noktada bilgi görünürlüğünün artırılması ve paylaşılan bilgilerin doğruluğunun güvence altına alınması, koordinasyonun güçlendirilmesi açısından temel bir araçtır.

Aynı çalışmada, bilgi paylaşımının entegrasyonun hem teknik hem de kültürel boyutlarını kapsadığı vurgulanmaktadır. Bilgi paylaşımı yalnızca operasyonel süreçlerin uyumlaştırılmasını kolaylaştırmakla kalmaz; aynı zamanda kültürel farklılıkların aşılmasına katkı sağlar, şeffaflığı artırır ve güven ile bağlılık gibi unsurların pekişmesine aracılık eder. Dolayısıyla, insani yardım tedarik zincirlerinde

bilgi paylaşımının kalitesi, etkin koordinasyonun en önemli öncüllerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Öte yandan, insani yardım kuruluşlarının yeni nesil tedarik zinciri yönetimi tekniklerini benimsemede yavaş kaldığı görülmektedir. Literatürde insani yardım alanında tedarik zinciri yönetiminin entegre biçimde ele alınmasının operasyonların etkinliği açısından kritik olduğu, ancak bu kuruluşların yeni tedarik zinciri yönetim tekniklerini benimsemede geciktiği belirtilmektedir. Buna karşılık ticari firmalar, çevik tedarik zincirleri sayesinde dalgalı piyasa koşullarına hızla uyum sağlayabilmekte ve operasyonel sürekliliği koruyabilmektedir. Bu durum, insani yardım sektörünün de çevik yaklaşımları benimsemesini zorunlu kılmaktadır. Tedarik zinciri çevikliği; tedarikçiler, süreçler, müşteriler ve ürünün kullanım sonrası aşamalarında entegrasyonu içeren, hızlı ve esnek tepki kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Üretim alanındaki esneklik ihtiyacından doğmuş, zamanla tüm iş süreçlerine yayılmıştır. Günümüzün belirsiz koşullarında çeviklik, maliyetleri kontrol ederken talep dalgalanmalarına uyum sağlamak için stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda kaynakların esnek kullanımı, etkin koordinasyon ve dijital altyapılar kritik rol oynamaktadır (Scholten vd., 2010, s. 623–627).

Etkili bir afet müdahalesi için yalnızca kurum içi uyum değil, kurumlar arası bütünleşme de gereklidir. Dubey vd. (2021a, s. 1590), etkin bir afet müdahalesi için insani yardım kuruluşlarının yalnızca kendi iç süreçleriyle değil, aynı zamanda iş birliği yaptıkları kurumların iş modelleriyle de uyumlu ve bütünleşik çalışmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Bu uyumun sağlanabilmesi, bilgi akışının şeffaf ve engelsiz biçimde ortaklar arasında dolaşabilmesine bağlıdır. Ayrıca, paydaşlar arası ilişkilerin açık kurallar ve prosedürlerle yönetilmesi, sürecin resmiyet kazanmasına ve sürdürülebilirliğinin güvence altına alınmasına katkı sağlamaktadır.

Entegrasyonun başarıya ulaşabilmesi için güvenin tesis edilmesi de temel bir önkoşul olarak görülmektedir. Ahmed vd. (2019, s. 270), insani yardım hizmetlerinin genellikle kaynakların verimli ve etkili bir biçimde seferber edilmesinin büyük bir zorluk olduğu belirsizlik ortamında yürütüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, lojistik ortakları ve çalışanlar arasında zamanında ve doğru bilgi paylaşımı, hızlı

müdahale lojistiğinin etkinliği açısından kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. İnsani yardım tedarik ağının başarısı, büyük ölçüde ortaklar arasındaki güven düzeyine bağlıdır. Güven, güçlü koordinasyon mekanizmaları yoluyla taahhütleri hızlandırmakta; bilgi paylaşımı ise davranışsal belirsizliği azaltarak hızlı güvenin tesis edilmesine katkıda bulunmaktadır. Hızla gelişen bu güven ortamı, tüm paydaşların koordinasyonunu ve bağlılığını güçlendirerek yardım operasyonlarının etkinliğini artırmaktadır.

Bu bölümdeki bulgular, afet yönetimi çevikliğinde tedarik zinciri entegrasyonunun yalnızca teknik uyum değil; güven, şeffaflık ve ortak hedefler etrafında iş birliği süreci olduğunu göstermektedir. Literatür, etkin tedarik zincirinin üyeler arası yakın iş birliğiyle mümkün olduğunu vurgularken, entegrasyonun artması bilgi paylaşımını güçlendirerek çeviklik, esneklik ve dirençliliği desteklemektedir. Afet ortamlarında sınırlı kaynaklar, yüksek belirsizlik ve çoklu paydaş yapısı koordinasyonun önemini artırmakta; entegrasyon eksikliği ise talep–arz uyumsuzluklarına yol açabilmektedir. Bu nedenle kaynakların mükerrer kullanımını önlemek, ihtiyaç boşluklarını kapatmak ve aktörleri ortak hedefler etrafında senkronize etmek kritik önemdedir. Ancak pratikte bilgi asimetrisi, güven eksikliği ve kültürel farklılıklar entegrasyonu sınırlamaktadır. Bu noktada bilgi görünürlüğünün artırılması, verilerin doğruluğunun güvence altına alınması ve iş birliklerinin açık kurallarla tanımlanması koordinasyonu güçlendiren temel adımlardır. Sonuç olarak, entegrasyon afet yönetimi çevikliğinin hem ön koşulu hem de destekleyici unsurudur. Doğru bilgi paylaşımı, şeffaf iletişim ve güvene dayalı ilişkilerle tedarik zincirleri daha hızlı uyum gösterebilmekte ve belirsizliklere karşı dayanıklılık kazanmaktadır. Bu çerçevede, insani yardım kuruluşları ve özel sektörün dijital teknolojiler ve bütünleşik iş modelleriyle entegrasyonu güçlendirmesi, afet yönetiminde çevikliği artıracak stratejik bir gereklilik haline gelmektedir.

3.7 Tedarik Zinciri Entegrasyonunun Aracı Rolü

Çevik tedarik zincirlerinin başarısı, yalnızca teknolojik hazırlığa değil, aynı zamanda paydaşların birbirini tamamlayan yeteneklerini etkin biçimde kullanabilmesine bağlıdır. Nitekim Eardley vd. (2018, s. 195)'e göre başarılı sanal iş birliği ve tedarik zinciri çevikliği, ortakların temel yetenekleri birbirini tamamladığında en yüksek

seviyeye ulaşmaktadır. Bu tamamlayıcılık, yalnızca operasyonel etkinliği artırmakla kalmayarak; aynı zamanda paydaşlar arasında güven, uyum ve sürdürülebilir iş birliği kültürü oluşturmaktadır. Bu noktada sanal kuruluşları birleştiren çevik tedarik zincirleri, yalın süreç iyileştirmelerini ve duyarlı üretim girişimlerini desteklemek için gerekli esnekliği sunmaktadır. Böylelikle, sanal entegrasyon yalnızca maliyet avantajı değil, aynı zamanda hız, uyarlanabilirlik ve yenilik kapasitesi kazandırarak rekabetçi üstünlüğün temel bir kaynağı haline gelmektedir.

Afet yönetimi bağlamında entegrasyonun kritik boyutlarından biri, farklı kurum ve kuruluşların eşgüdümlü hareket edebilme kapasitesidir. Shareef vd. (2019, s. 1464), afet tedarik zincirinin başarısının, katılımcı kuruluşların etkili yönetimi ve birbirleriyle uyumlu iletişimlerine büyük ölçüde bağlı olduğunu belirtmektedir. Afetler sırasında genellikle birçok kamu kurumu (hem sivil hem de askeri), özel kuruluş ve sivil toplum örgütü, hasarı en aza indirmek ve acil durum kayıplarını telafi etmek için acil yardım sağlamak üzere birlikte çalışmaktadır.

Koordinasyonun çeviklikte belirleyici rol oynadığı, insani yardım literatüründe sıkça ele alınan bir bulgudur. Dubey vd. (2018, s. 492), insani yardım tedarik zinciri literatüründe aktörler arasındaki koordinasyonun öneminin araştırmacıların yoğun ilgisini çektiğini belirtmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, etkili koordinasyonun temelinde bilgi paylaşımının kalitesinin yattığını ve bunun operasyonel süreçlerin uyumlaştırılmasını kolaylaştırdığını göstermektedir.

Çeviklik yalnızca iç operasyonlarla sınırlı kalmayıp, tedarik zincirindeki tüm ortakların uyumunu içeren bütünsel bir yetkinliktir. Bargshady vd. (2016, s. 429), tedarik zinciri çevikliğinin işletmelerin dinamik piyasa koşullarına zamanında yanıt verebilme kabiliyetini ifade eden bir operasyonel yetkinlik biçimi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çeviklik yalnızca firmanın iç operasyonlarını değil, aynı zamanda tasarım, üretim ve teslimat gibi tedarik zinciri boyunca yer alan tüm kanal ortaklarının koordinasyonunu da kapsamaktadır. Günümüz rekabetçi ortamında firmalar, yalnızca kendi esnekliklerini artırmakla kalmayıp; tedarikçileri, üreticileri ve dağıtıcılarıyla kurdukları ilişkilerde bilgi entegrasyonu, ortak öğrenme ve kaynak paylaşımını esas alarak çevikliği bütünsel bir yapı içinde inşa etmeye çalışmaktadır.

Günümüz iş dünyasında çevikliğin sağlanması, ağ temelli rekabet anlayışıyla doğrudan ilişkilidir. Çevik işletmeleri ayırt eden temel özelliklerden biri, geniş bir tedarikçi tabanıyla kurdukları esnek iş düzenlemeleridir. Tedarik zincirinin, birbiriyle bağlantılı iş ortaklarından oluşan bir ağ olarak yapılandırılması fikri çevikliğin temel bileşenlerinden biri olarak öne çıkarken, bu çevikliğin sürdürülebilirliği için iş birliği yalnızca işlem temelli bir unsur değil, stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Nitekim tedarik zinciri çevikliğinin, işletmelerin başta tedarikçiler, üreticiler ve dağıtımcılar olmak üzere temel iş ortaklarıyla yakın ve eşgüdümlü ilişkiler kurmalarını gerekli kıldığı belirtilmektedir (Kumar Sharma ve Bhat, 2014, s. 204-205). Bu bağlamda iş birliği, yalnızca mal veya hizmet alışverişini değil; aynı zamanda bilgi paylaşımı, ortak öğrenme süreçleri ve ortak hedefler üzerinde uzlaşı sağlamayı da kapsamaktadır. Böylelikle iş birliğine dayalı yapılar, sınırlı kaynakların söz konusu olduğu ortamlarda daha fazla kaynağa erişim, daha yüksek tanınırlık ve daha büyük ödüller elde etme imkânı sunarak çevikliği destekleyici bir unsur haline gelmektedir.

Afet sonrası koşullar, insani lojistiği çok aktörlü ve koordinasyonu zor bir alan haline getirmektedir. Hosseini vd. (2023, s. 379), insani lojistiğin afet sonrası durumlardan kaynaklanan birçok faktör nedeniyle son derece kritik bir konu olabileceğini belirtmektedir. Örneğin, afetlerden etkilenen nüfusun başka seçeneği olmadığı için insani lojistikte gerçek bir talep bulunmamaktadır. Ayrıca, insani lojistikte farklı sorumluluk, görev ve uzmanlıklara sahip birçok aktör yer almakta ve bu durum çeşitli sorunlara yol açabilmektedir. STK'lar, özel kuruluşlar, sektörler ve bireyler gibi birçok bağışçının koordinasyon eksikliği içinde bağımsız hareket etmesi, bu sorunları daha da büyütmektedir.

Çevik tedarik zincirinin yalnızca fiziksel akışlarla değil, aynı zamanda dijital bilgi akışlarıyla da güçlendirilebileceği açıktır. Bargshady vd. (2016, s. 433), çevik tedarik zinciri yönetiminin yalnızca fiziksel malzeme ve hizmet akışlarını değil, aynı zamanda dijital bilgi akışlarını da kapsadığını ve bu yapının yüksek düzeyde entegrasyon ile esneklik gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Bununla birlikte, insani yardım kuruluşlarının süreç entegrasyonundaki yetersizlikler çevikliğin önünde engel oluşturmaktadır. Scholten vd. (2010, s. 631), tedarik zinciri

ağı entegrasyonunun farklı paydaşların süreçlerini tek bir bütünleşik yapıya dönüştürmeyi, bilgi paylaşımı ve şeffaflığı sağlamayı amaçladığını vurgulamaktadır. Ancak incelenen insani yardım kuruluşlarında süreç entegrasyonunun sınırlı olduğu, dolayısıyla etkili bir ağ entegrasyonunun henüz oluşmadığı görülmüştür. Bu eksiklik, koordinasyonu ve karar alma hızını sınırlayarak çeviklik kapasitesini zayıflatmaktadır. Afet anında hızlı tepki için yalnızca iç süreçlerin değil, ağdaki tüm paydaşlarla kurulan ilişkilerin ve bilgi paylaşım mekanizmalarının entegrasyonu gerekmektedir. Bu nedenle insani yardım kuruluşlarının daha ileri düzeyde ağ bazlı entegrasyon stratejileri geliştirmeleri kritik önemdedir.

Günümüzün rekabetçi ortamında sanal entegrasyon, sahiplik yerine ortaklığa dayalı yeni bir iş modeli sunmaktadır. Wang vd. (2006, s. 41), yetkin ve esnek bir tedarik zincirinin organize edilmesi ve sürdürülmesinin, günümüzün rekabetçi ve belirsiz ortamlarında üreticiler için önemli bir zorluk olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda sanal entegrasyon, bilgi teknolojileri aracılığıyla bir dizi tedarikçinin daha sıkı iş birliği içinde entegre edilmesini ve böylece sahiplik yerine ortaklık anlayışının benimsenmesini ifade etmektedir.

Özetle, sanal tedarik zincirleri afet yönetiminde çeviklik için gerekli altyapıyı sağlamakta, ancak bu altyapının işlevselliği entegrasyonla mümkün olmaktadır. Çeviklik; kaliteli bilgi paylaşımı, güvenin tesisi ve şeffaf süreçlere dayanmakta, yalnızca teknoloji ve esnek yapılara değil, aynı zamanda paydaşların bütünleşik hareket edebilme kapasitesine bağlıdır. Ne var ki insani yardım operasyonlarında bilgi asimetrisi, güven eksikliği ve entegrasyon yetersizlikleri koordinasyonu sınırlayarak etkinliği ve kaynak kullanımını zayıflatmaktadır. Bu nedenle bilgi görünürlüğünün artırılması, süreçlerin şeffaflaştırılması ve güven temelli ilişkilerin geliştirilmesi çevikliğin kritik ön koşullarıdır. Sonuç olarak, çevik tedarik zincirleri yalnızca fiziksel değil, dijital bilgi akışlarını da kapsayan yüksek düzeyde entegrasyon ve iş birliğine dayanmakta; hem ticari hem insani ağlarda çevikliğin artırılması, sahiplik temelli modellerden iş birliğine dayalı sanal entegrasyon modellerine yönelmeyi stratejik bir zorunluluk haline getirmektedir.

3.8 Teknolojik Hazırlığın Aracı Rolü

Afet yönetiminde lojistik yalnızca malzeme taşımaktan ibaret olmayıp, afetin tüm döngüsünü kapsayan çok boyutlu bir süreçtir. Rojas Trejos vd. (2023, s. 27-28), bu nedenle altyapı, ulaşım, karar destek sistemleri ve kaynak yönetimi gibi alanlarda daha bütünleşik yaklaşımlara ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır. Bu kapsamda altyapı erişimi, ulaşım modlarının entegrasyonu, karar destek sistemleri ve belirsizlik altındaki kaynak yönetimi gibi alanlarda daha bütünleşik yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürdeki gelişmeler ise, insani lojistiğin giderek daha fazla disiplinler arası iş birliğine, ileri analitik modellere ve dijital teknolojilerin entegrasyonuna yöneldiğini ortaya koymaktadır.

Çeviklik, esneklik ve hızın ötesinde, bilgi teknolojileri ve ilişkisel yönetim becerileriyle desteklenen stratejik bir kapasite olarak değerlendirilmektedir. Collin ve Lorenzin (2006, s. 420), çevikliğin yalnızca esneklik ve hızdan ibaret olmayıp, bilgi teknolojileri, entegrasyon yetenekleri ve ilişkisel yönetim becerileriyle desteklenmesi gereken çok boyutlu bir stratejik kapasite olduğunu vurgulamaktadır. Günümüzün hızlı değişen ve öngörülemeyen piyasa koşullarında çeviklik, tedarik zincirlerinde sürdürülebilir rekabet avantajı yaratmanın temel yollarından biri olarak konumlanmaktadır.

Çevikliğin pratikteki boyutları, piyasa duyarlılığı, sanallık, ağ temelli yapı ve süreç uyumuyla somutlaşmaktadır. Bargshady vd. (2016, s. 429), çevik tedarik zincirinin temel özelliklerini piyasa duyarlılığı, sanal işleyiş, ağ temelli organizasyon yapısı ve süreç uyumu olarak tanımlamaktadır. Piyasa duyarlılığı, nihai kullanıcı taleplerine yakın durmayı; sanallık, ortak bilgi altyapısıyla tüm paydaşların aynı veriye dayanarak hareket etmesini; ağ temelli yapı, farklı uzmanlık alanlarına sahip aktörlerin iş birliği içinde esnek çözümler sunabilmesini; süreç uyumu ise ağdaki tüm üyelerin yüksek derecede entegre biçimde çalışmasını ifade etmektedir. Bu yapıların etkinliği, bilgi teknolojilerinin kullanım düzeyiyle doğrudan ilişkilidir.

Dijital teknolojilerin sunduğu en kritik katkılardan biri, karar alma süreçlerini destekleyen sanal kopyaların oluşturulmasıdır. Kapil vd. (2024, s. 4), dijital

teknolojilerin tedarik zincirinde sanal bir kopya oluşturarak darboğazların ve verimsizliklerin tespitine imkân tanıdığını belirtmektedir. Dijital ikizler, tahmin doğruluğunu artırmak, teslimat sürelerini kısaltmak, envanter yönetimini geliştirmek ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek gibi avantajlar sunmaktadır. Gerçek zamanlı görünürlük sağlayarak karar alma süreçlerini desteklemekte, kesintilerin yönetimini kolaylaştırmakta ve simülasyon ile veri analitiği yoluyla farklı senaryoların test edilmesine olanak tanımaktadır.

Dijitalleşmenin yalnızca özel sektör için değil, kamu yönetimi ve kriz yönetimi için de dönüştürücü etkileri bulunmaktadır. Pilemalm vd. (2025, s. 34), dijitalleşmenin vatandaşların kamu hizmetlerinin sunumuna katılımını sağlamadaki potansiyeline ilişkin farkındalığın arttığını belirtmektedir. Kamu kaynaklarının azalması, yaşlanan nüfus, kentleşme ve kırsal alanların nüfus kaybı gibi sorunların arttığı bir ortamda bu durum bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağlamda, bilgi ve iletişim teknolojileri destekli ortak üretim (co-production) kavramı özellikle kriz yönetimi ve acil durum müdahalesinde öne çıkmaktadır.

Çevikliğin sağlanabilmesi, bireysel aktörlerin üstünlüğünden çok ağ içindeki ortakların bilgi, beceri ve teknolojiyi bir araya getirme başarısına bağlıdır. Eardley vd. (2018, s. 197), tedarik zinciri çevikliğini sanal işletmenin değişen piyasa güçlerine hızla tepki verme ve bu değişimleri iş fırsatları olarak değerlendirme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Bu yetenek, dışsal uyumun yanı sıra içsel dönüşüm kapasitesini de gerekli kılmaktadır. Araştırmalar, çevikliğe en başarılı şekilde yüksek vasıflı insan kaynağı ile bilgi ve iletişim teknolojileri gibi kurumsal kabiliyet faktörlerinin entegrasyonu yoluyla ulaşılabileceğini göstermektedir.

Ancak, insani yardım kuruluşlarında dijital entegrasyon düzeyinin oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Scholten vd. (2010, s. 630) çalışmasında tedarik zincirinde çevikliğin sağlanabilmesi için sanal entegrasyona dayalı bilgi teknolojileri kritik öneme sahiptir olduğunu vurgulayarak bu teknolojilerin alıcılar ve satıcılar arasında veri paylaşımını mümkün kıldığını belirtmektedir. Ancak çalışma kapsamında yapılan görüşmeler, STK'ların bu teknolojileri henüz yeni kullanmaya başladığını, tedarikçileriyle etkin veri paylaşımı konusunda ise oldukça geride olduklarını ortaya

koymuştur. Bu durum, afet tedarik zincirlerinde dijital takip yazılımlarının kullanım oranının düşük olduğunu ve çoğu kuruluşun hâlâ manuel yöntemlere veya Excel tabanlı araçlara bağımlı olduğunu göstermektedir. Envanter temelli çalışan acil yardım zincirlerinde sanal entegrasyonun sınırlı olduğu görülürken, bilgiye dayalı işleyen kalkınma yardımı zincirlerinde sanal entegrasyonun daha uygulanabilir olduğu değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, STK'ların çeviklik kazanabilmesi için yalnızca fiziksel akışların değil, bilgi akışlarının da entegre edilmesi gerekmektedir.

Afet yönetiminde kullanılan teknolojiler, basit mobil uygulamalardan AI, IoT, 5G ve blokzincir tabanlı ileri sistemlere evrilmiştir. Fajardo ve Oppus (2010, s. 345) çalışmasında 2010 yılında geliştirilen Android tabanlı afet müdahale sistemini inceleyerek, olay yerinden mobil veri toplanması ve basit karar destek mekanizmalarının kullanılabilmesini sağlayarak dönemi için yenilikçi bir yaklaşım sunduğunu belirtmiştir. Ancak geçen 15 yıl içinde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte bu ilk uygulamanın çok ötesine geçen çözümler ortaya çıkmıştır. Daha önce de vurgulandığı üzere, günümüzde afet yönetimi, AI, IoT, 5G iletişim altyapısı, IHA, uydu görüntüleme sistemleri ve blokzincir gibi ileri teknolojilerle entegre edilmektedir. Bu gelişim, afet yönetiminin teknolojiye bağımlılığının giderek arttığını ve artık yalnızca mobil tabanlı uygulamalarla sınırlı kalmadığını göstermektedir. Günümüzün ileri teknolojileri, afet anında veri toplama, analiz ve koordinasyonu çok daha kapsamlı ve gerçek zamanlı hale getirerek çeviklik kapasitesini güçlendirmektedir. Özellikle IoT ve 5G altyapısı, sensörlerden gelen verilerin anlık işlenmesine olanak tanırken; dronlar ve uydu görüntüleme, sahadaki durumun hızlı değerlendirilmesini sağlamaktadır. Blokzincir tabanlı çözümler ise şeffaflık ve güvenilirliği artırarak lojistik operasyonlarda güven sorununu en aza indirmektedir. Dolayısıyla afet yönetiminde çeviklik, artık yalnızca örgütsel kapasiteye değil, aynı zamanda dijital teknolojilerin bütünleşik kullanımına da bağlı hale gelmiştir.

Rekabetçi ve belirsiz ortamlarda çevikliği sürdürebilmek için sanal entegrasyon kritik bir çözüm sunmaktadır. Wang vd. (2006, s. 41), yetkin ve esnek bir tedarik zincirinin organize edilmesi ve sürdürülmesinin, günümüzün rekabetçi ve belirsiz ortamlarında üreticiler için büyük bir zorluk olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda sanal entegrasyon, bilgi teknolojileri aracılığıyla bir dizi tedarikçinin entegre edilmesiyle

sahipliğin ortaklıkla yer değiştirmesini ve daha sıkı iş birliği kurulmasını ifade etmektedir.

Literatür özetlendiğinde, sanal tedarik zincirleri afet yönetiminde çeviklik için gerekli esnekliği ve uyum kabiliyetini sunduğu ancak bu potansiyelin gerçek bir faydaya dönüşebilmesi, kurumların teknolojik hazırlık düzeyine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Güçlü bir teknolojik altyapı, sanal iş birliklerinin daha hızlı karar alma, doğru bilgi akışı ve etkin koordinasyon ile desteklenmesini sağlayarak çevikliğin sahada karşılık bulmasına aracılık etmektedir. Aksi halde sanal tedarik zincirleri teoride esnek bir yapı sunsa da, teknolojik hazırlık eksik olduğunda bu esneklik pratikte tam anlamıyla çevikliğe dönüşememektedir. Bu nedenle teknolojik hazırlık, sanal tedarik zincirlerinin afet yönetiminde çevikliği hayata geçiren önemli tamamlayıcı bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

3.9 Tedarik Zinciri Karmaşıklığının Moderatör Rolü

Günümüzde dijital teknolojiler, karmaşık ve dağınık tedarik zincirlerini daha yönetilebilir hale getirmek için kritik araçlar olarak görülmektedir. Kumar vd. (2023, s. 1534) çalışmasında dijital teknolojiler aracılığıyla coğrafi olarak dağınık ve karmaşık tedarik zinciri ağlarının gerçek zamanlı entegrasyonunu, izlenebilirliğini ve koordinasyonunu mümkün kılındığını vurgulamaktadır.

Özellikle insani yardım bağlamında tedarik zincirlerinin karmaşıklığı akademide ve uygulamada giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Dubey vd. (2018, s. 486), insani yardım tedarik zincirlerinin karmaşık yapısının hem akademik çevrelerde hem de uygulayıcılar arasında giderek daha fazla ilgi gördüğünü vurgulamaktadır. Afet sonrası ihtiyaçların doğru değerlendirilmesi müdahale sürecinin başarısı açısından kritik bir unsur olarak öne çıkarken; hayatta kalanların ihtiyaçlarına veya etkilenen bölgelere ulaşımı sağlayacak alternatif güzergâhlara dair bilgi eksikliğinin yardım ekiplerinin zamanında müdahalesini zorlaştırdığı, bunun da kurtarma faaliyetlerinin etkinliğini azalttığı belirtilmektedir. Ayrıca, bu zincirlerin doğaçlama kurulması ve olayların öngörülemezliği, insani yardım tedarik zincirlerini ticari zincirlere kıyasla daha karmaşık hale getirmektedir (Van Wassenhove, 2006).

Karmaşıklığın bir diğer kaynağı, üreticilerin farklı ürün kalemleriyle yüksek seviyelerde envanter bulundurmasıdır. Swierczek ve Kisperska-Moron (2016, s. 526), sanal tedarik zincirlerinde faaliyet gösteren üreticilerin çok sayıda ürün kalemiyle daha yüksek seviyelerde envanter bulundurduklarını belirtmektedir. Bu durum, envanter yönetimini oldukça karmaşık hale getirmekte ve gelişmiş bilgi ile yönetim sistemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır.

Tedarik zincirlerinde artan belirsizlik ve kişiselleştirilmiş talepler, geleneksel yöntemlerin yetersizliğini ortaya koymaktadır. Xue vd. (2021, s. 184-185), günümüz tedarik zincirlerinin yüksek karmaşıklık ve belirsizlik içerdiğini; değişen müşteri talepleri ve yoğun rekabet karşısında geleneksel yapıların düşük bilgi paylaşımı nedeniyle yetersiz kaldığını vurgulamaktadır. Kişiselleştirilmiş taleplere hızlı yanıt veremeyen gevşek zincirler rekabet dezavantajı yaratırken, ileri teknolojiler tedarik zinciri operasyon modellerini iyileştirme ve verimsizlikleri ortadan kaldırma potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, özellikle blok zinciri teknolojisi bilgi paylaşımını kolaylaştırarak şeffaflığı artırmakta, maliyetlerin düşmesine ve verimliliğin artmasına katkıda bulunmaktadır.

Küreselleşme ve e-ticaret, tedarik zincirlerinde yeni karmaşıklık boyutları doğurmuştur. Tarokh ve Tayebi (2005, s. 419), bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin tedarik zinciri yönetiminde köklü değişimler yarattığını vurgulamaktadır. E-ticaret ve küreselleşmeyle birlikte müşteri taleplerinin karmaşıklaşması, envanter kontrolü, depolama ve teslimat planlamasında geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına neden olmuştur. Merkezi bilgiye anlık erişim sayesinde depolar tek bir sanal depo gibi yönetilebilmekte, farklı tesislerden yapılan teslimatlar tek bir birim tarafından koordine edilebilmektedir. Bu durum sanal tedarik zinciri yaklaşımını gerekli kılarken, sanallaşmanın yalnızca teknolojiye değil, aynı zamanda esnek yönetim biçimlerinin benimsenmesine dayandığı belirtilmektedir. İşletmelerin ayakta kalabilmesi için dış kaynak kullanımı artmakta, başarının anahtarı ise tedarikçilerin süreç ve kalite uygulamalarının anlaşılması ile malzeme ve bilgi akışının senkronizasyonudur.

Tedarik zinciri karmaşıklığı, entegrasyon düzeyini hem belirleyen hem de sınırlandıran bir faktördür. Huddiniah ve Er (2019, s. 252-253), karmaşıklığın iş birliği

ve koordinasyonu zorlaştırdığını, bunun yönetilebilmesi için hızlı bilgi akışına ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Ancak araştırmaların, yüksek seviyeli tedarik zinciri karmaşıklığının entegrasyon düzeyini olumsuz etkilediğini; bu durumun iş birliği, koordinasyon ve ortak çalışma kapasitesini sınırladığını belirterek karmaşıklığın yönetilebilmesi için zincir unsurları arasında hızlı ve etkin bilgi akışının sağlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca tedarik zinciri karmaşıklığı ile bilgi teknolojisi uygulamaları arasında doğrudan bir ilişki olduğunu, karmaşıklığın ağ içindeki bilgi alışverişinin yoğunluğunu ve yapısını belirlerken, bu değişkenliğe uyum sağlayabilmek için esnek ve uyarlanabilir bilgi teknolojisi çözümlerinin benimsenmesi gerektiğinin altını çizmektedir.

Karmaşıklık, örgütsel teori ve operasyon yönetimi bağlamında farklı boyutlarıyla ele alınmaktadır. Caridi vd. (2010, s. 374), tedarikçi sayısı, teslimat güvenilirliği ve küresel kaynak kullanımının karmaşıklığı artıran temel unsurlar olduğunu ifade etmektedir. Çoğu tanım, kaotik sistemlerin analizine dayanan örgütsel teori çerçevesine yerleştirilmiştir. Operasyon yönetimi bağlamında ise karmaşıklık, üretim stratejisi ve süreçlerle ilişkilendirilmektedir. Buna göre, karmaşıklığın artmasına neden olan başlıca unsurlar; yönetilmesi gereken tedarikçi sayısındaki artış, tedarikçilerin teknoloji ve büyüklük açısından farklılıkları, teslimat süreleri ve güvenilirlik düzeyleri, küresel kaynak kullanımının yarattığı yasal ve kültürel çeşitlilik ile tedarikçiler arasındaki karşılıklı bağımlılık derecesidir. Özellikle etkileşim yoğunluğu arttıkça, odak işletmenin koordinasyon yükü de yükselmektedir.

Karmaşıklığın yönetiminde bilgi teknolojileri kritik bir araçtır. Huddiniah ve Er (2019, s. 245), bilgi teknolojilerinin etkin bilgi paylaşımını sağladığını, ancak birçok işletmenin bu teknolojileri tedarik zinciri süreçleriyle stratejik düzeyde uyumlu hale getirmede yetersiz kaldığını vurgulamaktadır. Oysa etkin bilgi paylaşımı sağlayan teknolojiler, artan karmaşıklığın yol açtığı sorunların yönetiminde temel bir çözüm sunmaktadır.

Güvene dayalı ilişkiler ve entegre bilgi sistemleri, karmaşık tedarik zincirlerini yönetmede belirleyici rol oynamaktadır. Bu bağlamda, tedarik zinciri aktörlerinin güvene dayalı ilişkiler geliştirerek gerçek zamanlı bilgi paylaşımını mümkün kılan

ERP gibi sistemleri etkin biçimde kullanmalarının, özellikle küresel ölçekte faaliyet gösteren işletmeler için karmaşık tedarik yapılarını daha yönetilebilir hale getirdiği vurgulanmaktadır. Ancak, entegrasyon yatırımlarının faydası, zincirin karmaşıklık düzeyiyle yakından ilişkilidir. Yüksek tedarik karmaşıklığında güçlü entegrasyon, kaliteli bilgi paylaşımı ve stratejik ortaklıklar performansı artırırken; düşük karmaşıklık düzeylerinde beklenen faydanın gerçekleşmediği ifade edilmektedir (Gunasekaran vd., 2015, s. 6811-6812). Dolayısıyla entegrasyonun hangi boyutlarda gerekli olduğunun belirlenmesi ve karmaşıklığın yönetilebilir hale getirilmesi, çok katmanlı ağlarda sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayan kritik bir yetkinlik olarak görülmektedir.

Dijital teknolojilerin tedarik zinciri yönetiminde artan kullanımının, işletmelerin karmaşık ve riskli çevresel koşullara karşı dayanıklılıklarını artırma ihtiyacından kaynaklandığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, söz konusu teknolojilerin benimsenmesi yalnızca avantajlar değil, aynı zamanda yeni risk alanları da doğurabilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde dijital altyapı eksiklikleri ve veri güvenliği açıkları, teknolojik adaptasyon yetersizlikleri ile birleşerek bu araçların potansiyelini sınırlamakta; yanlış uygulamalar ise sürdürülebilirlik hedefleriyle çelişebilmektedir (Metwally vd., 2024, s. 2). Ancak karmaşıklığın tamamen olumsuz bir unsur olmadığı da literatürde vurgulanmaktadır. Nitekim (Metwally vd., 2024, s. 17), karmaşıklığın dijital teknolojiler ile tedarik zinciri dayanıklılığı arasındaki ilişkiyi güçlendirdiğini ve stratejik bir avantaj sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Afet lojistiği, ticari lojistikten farklı olarak talebin belirsizliği ve teslimat süresinin kritikliği nedeniyle daha karmaşık bir yapı arz etmektedir. Lüttenberg vd. (2025, s. 49), afet yardımı lojistiğini insani lojistik kapsamında tanımlamakta ve bunu, hayat kurtarıcı malların yararlanıcılara dağıtımı olarak ifade etmektedir. Ticari lojistikten temel farkı ise talebin yerinin öngörülemezliği, çok çeşitli (özellikle tıbbi ve gıda) ürünlere ihtiyaç duyulması ve teslimat süresinin kritik öneme sahip olmasıdır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinden biri olan eklemeli üretim, karmaşıklığın azaltılmasında da önemli bir rol oynayabilir. Kandarkar ve Ravi (2024, s. 989), eklemeli üretimin,

tedarik zinciri yapısını dönüştürerek tedarikçi katmanlarını azaltma ve lojistik ihtiyaçları düşürme potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedir.

Afet yardımı operasyonları, riskler ve belirsizlikler nedeniyle uyarlanabilir stratejiler gerektirmektedir. Chukwuka vd. (2023, s. 252), her afet yardım operasyonunun, afetten etkilenen topluluklara kritik malzemeleri ulaştırmaya odaklandığını ve yardım kuruluşlarının talep, tedarik ve prosedürlerdeki riskler ile belirsizliklere yanıt verebilmek için uyarlanabilir stratejiler geliştirmeleri gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu bölümdeki bulgular, teknolojik hazırlığın afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinin, tedarik zinciri karmaşıklığına bağlı olarak farklılaştığını göstermektedir. Karmaşık ve çok aktörlü yapılar, afet sonrası koşullarda bilgi akışını zorlaştırsa da, yüksek düzeyde teknolojik hazırlığa sahip tedarik zincirleri bu zorlukları aşarak çevikliğini koruyabilme yetkinliğine sahiptir. Dijital teknolojiler karmaşık ağların entegrasyonunu kolaylaştırarak bilgi paylaşımını hızlandırmakta, operasyonel görünürlüğü artırmakta ve karar alma süreçlerini desteklemektedir. Böylece karmaşıklık, düşük teknolojik hazırlık düzeylerinde afet yönetimi çevikliğini zayıflatıcı bir unsur olarak öne çıkarken; güçlü teknolojik hazırlıkla birleştiğinde, ağ yapısının esnekliğini ve adaptasyon kapasitesini artıran bir avantaja dönüşmektedir. Bu nedenle tedarik zinciri karmaşıklığı, teknolojik hazırlığın afet yönetiminde çevikliği ne ölçüde destekleyebileceğini belirleyen kritik bir moderatör rol üstlenmektedir.

4. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın amacı, önemi, araştırmanın evren ve örneklemi, araştırmanın ksııtları, araştırmada kullanılan ölçekler, veri toplamı yöntemi, araştırmanın modeli ve hipotezleri ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

4.1 Araştırmanın Amacı

Araştırma, afet yönetimi konusunda tedarik zincirinin nasıl işlediğini, bileşenler arasındaki etkileşimleri ve bunların sonuçlarını tedarikçiler özelinde analiz ederek, potansiyel problemleri ve iyileştirme alanlarını belirlemeyi, gelişen teknolojilerin tedarik zincirine etkilerini, yeni potansiyel kullanım alanlarını belirlemeyi hedeflemektedir.

Afet yönetimi, afetlerin etkilerini azaltmak ve yönetmek için çeşitli paydaşlar arasında hızlı ve verimli koordinasyon gerektiren kritik bir alandır. Bu alanda dijital teknolojilerin benimsenmesi, paydaşlar arasında koordinasyonu, iletişimi ve müdahale süresini geliştirerek afet yönetimi çevikliğini önemli ölçüde geliştirme potansiyeline sahiptir. Bu çalışma, teknoloji kullanımının, afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın beklenen sonuçları, özellikle teknoloji kullanımı bağlamında, afet yönetiminde dijitalleşmenin potansiyel faydalarına ve zorluklarına ilişkin öngörü sağlamak ve afet yönetiminde etkin dijitalleşmenin benimsenmesi için bir çerçeve önermektir.

Bu araştırmanın amacı, sanal tedarik zincirlerinin afet yönetimi çevikliği, teknoloji hazırlığı ve tedarik zinciri entegrasyonu üzerindeki etkilerini incelemektir. Çalışmada, sanal tedarik zincirlerinin afet yönetimi çevikliğine olan etkisini daha iyi anlamak için tedarik zinciri entegrasyonu ile teknoloji hazırlığı arasındaki ilişkide aracılık rolü ele alınmıştır. Teknoloji hazırlığının, afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde tedarik zinciri karmaşıklığının moderatör rolü değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda araştırma, sanal tedarik zincirlerinin dijitalleşme düzeyini artırarak işletmelerin kriz ortamlarında

çevikliklerini nasıl geliştirdiğini ve bu süreçte teknoloji hazırlığının ve tedarik zinciri faktörlerinin birbirleriyle etkileşimlerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Araştırma ayrıca, bu faktörlerin birbirlerini nasıl desteklediğini veya sınırlandırdığını açıklayarak hem teorik hem de pratik katkılar sağlamayı amaçlamaktadır.

4.2 Araştırmanın Önemi

Afetlere eğilimli bir bölgede bulunan, deprem, sel ve toprak kayması gibi diğer doğal afetlere karşı savunmasız olan Türkiye'de afet yönetimi kritik bir konudur. Afet yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesi, hayatların kurtarılmasına ve afetlerin ekonomik etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Ülkemiz, verimli tedarik zinciri yönetimine dayanan güçlü bir imalat sanayi ile önemli bir mal ihracatçısı ülke konumundadır. Tedarik zinciri yönetiminin çevikliğinin geliştirilmesi, şirketlerin küresel pazarda rekabetçi kalmasına yardımcı olabilir. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, altyapı ve kaynak sınırlamaları açısından benzersiz zorluklarla karşı karşıyadır. Etkili afet yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi uygulamaları, bu zorlukların üstesinden gelmeye ve acil durumlar karşısında direnci artırmaya yardımcı olabilir.

Günümüzün hızlı değişen ve belirsizliklerle dolu iş ortamında, özellikle afet ve kriz dönemlerinde tedarik zincirlerinin çevik ve dayanıklı bir yapıya sahip olması hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda, sanal tedarik zincirleri, dijitalleşme sayesinde bilgi paylaşımını kolaylaştırarak, işletmelerin hızlı ve esnek bir şekilde karar almasına olanak tanımaktadır.

Araştırma, sanal tedarik zincirlerinin, kriz ve afet durumlarında işletmelerin çevikliğini nasıl artırabileceğini açıklayarak afet yönetimi uygulamalarına yönelik değerli bir rehber sunmaktadır. Çalışma, işletmelerin dijitalleşme ve teknoloji hazırlığı düzeylerini artırmanın, tedarik zinciri entegrasyonu ve çeviklik üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Bu, dijital dönüşüm stratejilerinin önemini vurgulayan yeni bilgiler sağlamaktadır. Tedarik zinciri karmaşıklığı gibi faktörlerin, teknoloji hazırlığı ile afet yönetimi çevikliği arasındaki ilişkide nasıl bir rol oynadığını açıklayarak literatürdeki boşlukları doldurmayı hedeflemektedir. İşletmelerin kriz durumlarında karar alma süreçlerini iyileştirmesi için sanal tedarik zinciri tasarım ve yönetimine dair

pratik öneriler sunmaktadır. Özellikle karmaşık tedarik zincirlerine sahip işletmeler için stratejik bir rehber olacaktır. Bu araştırma, işletmelerin tedarik zincirlerini dijitalleşme ve entegrasyon çerçevesinde daha etkin bir şekilde yönetmelerine yardımcı olacak önemli teorik ve pratik katkılar sunmaktadır. Bu, işletmelerin hem sürdürülebilirliklerini sağlamalarına hem de beklenmedik kriz durumlarında rekabet avantajlarını korumalarına katkıda bulunacaktır.

4.3 Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Bu çalışmanın evreni ülkemizde faaliyet gösteren tüm ticari işletmelerdir. Potansiyel örneklem grubu ise afet sırasında yoğunlukla ihtiyaç duyulan tekstil ve gıda gibi temel ve acil ürünlerin teminini yapan işletmelerdir. Bu bağlamda araştırmanın evrenini afet durumlarında devlete, yardım kuruluşlarına vb. gıda, tekstil ürünleri (kıyafet, battaniye, çadır vb.), hijyen ve temizlik malzemeleri, tıbbi malzeme vb. temin eden ve Türkiye'de faaliyet gösteren işletmeler oluşturmaktadır. Araştırmada il ve bölge sınırlamasına gidilmemiştir. Araştırmanın evrenini kolayda örnekleme yöntemi ile seçilen bu özelliklere sahip 328 firma oluşturmaktadır.

Bu kapsamda, hazırlanan çevrimiçi anket Ülkemizde bulunan ticaret ve sanayi odaları, ihracatçı birlikleri, sektörel dernekler ve organize sanayi bölge müdürlüklerine gönderilerek bu kurumların üyesi olan firmalara iletilmeleri talep edilmiştir. Bu sayede, anket katılım bağlantısı birçok kurumun internet sitesinde üye firmalarla paylaşılmıştır. Kamuya açık kaynaklardan elde edilen firma iletişim bilgilerine e-posta aracılığıyla da gönderilmiştir. Bunlara ek olarak, sosyal medya uygulamaları üzerinden münferiden firma yetkililerine ulaşılarak ankete katılım için yönlendirmelerde bulunulmuş ayrıca yüz yüze firma ziyaretleri gerçekleştirilmiştir.

4.4 Araştırmanın Ölçekleri ve Veri Toplama Yöntemi

Bu çalışmada veri toplama yöntemi olarak anket tekniği kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan anket formu 2 bölümden oluşmaktadır. Anket formu EK-A'da verilmiştir. Birinci bölümde tedarikçiler ile ilgili tedarikçi firmanın faaliyet yılı, faaliyet NACE kodu bilgisi, firmanın büyüklüğü ve hukuki statüsü, firmanın coğrafi yapısı ile ilgili ve görüşme yapılan firma yetkilisinin görevi ve çalışma süresi ile ilgili demografik

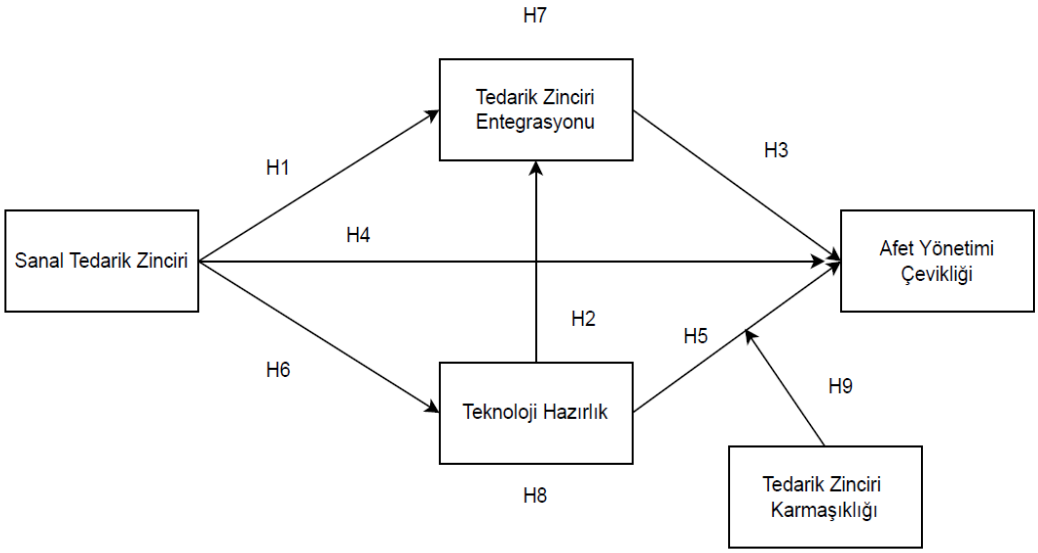
sorular yer almaktadır. Anketin ikinci bölümünde ise 5'li likert ölçeğine göre hazırlanan sanal tedarik zinciri, teknoloji hazırlık, afet yönetimi çevikliği, tedarik zinciri karmaşıklığı ve tedarik zinciri entegrasyonu ölçekler ile ilgili sorular yer almaktadır. Araştırmanın yapılması için Kastamonu Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurulu'nun 08.11.2023 tarih ve 12/33 sayılı kararı ile izin alınmıştır.

Teknoloji hazırlık ölçeği Parasuraman ve Colby (2015) çalışmasından, afet yönetimi çevikliği ölçeği Mutebi vd. (2021) çalışmasından, tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeği Inman ve Green (2023) çalışmasından, tedarik zinciri entegrasyonu ölçeği Zhao vd. (2013) çalışmasından, sanal tedarik zinciri ölçeği Liu ve Chiu (2021) çalışmasından faydalanılarak hazırlanmıştır.

4.5 Araştırmanın Modeli

Araştırma modelinde, sanal tedarik zinciri benimseme, afet yönetimi çevikliği, tedarik zinciri entegrasyonu, teknolojik hazırlık ve tedarik zinciri karmaşıklığı gibi değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek için pozitivist bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımın temeli, nesnel gerçekliğin var olduğu ve ampirik gözlem ve bilimsel yöntemlerle incelenebileceği inancına dayanmaktadır.

Araştırmanın modeli kuramsal çerçeve ve literatür taraması neticesinde Şekil 4.1'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Araştırmanın modeli

4.6 Araştırmanın Hipotezleri

Araştırma modeli doğrultusunda ve literatür taramasına dayanarak araştırmanın hipotezleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

H1: Sanal tedarik zinciri tedarik zinciri entegrasyonunu anlamlı olarak etkiler

H2: Teknolojiye hazırlık tedarik zinciri entegrasyonunu anlamlı olarak etkiler

H3: Tedarik zinciri entegrasyonu afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler

H4: Sanal tedarik zinciri afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler

H5: Teknolojiye hazırlık afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler

H6: Sanal tedarik zinciri teknolojiye hazırlığı anlamlı olarak etkiler

H7: Sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde tedarik zinciri entegrasyonun aracı rolü bulunmaktadır.

H8: Sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde teknolojiye hazırlığın aracı rolü bulunmaktadır.

H9: Teknolojiye hazırlığın afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde tedarik zinciri karmaşıklığının moderatör (düzenleyici) rolü bulunmaktadır.

4.7 Araştırmanın Kısıtları

Araştırmanın en önemli kısıtı ankette kapalı uçlu sorular ile ölçüm yapılması yani alınan cevapların sorular ve seçenekleri ile kısıtlanmış olmasıdır. Araştırma, veri toplama sürecinde kullanılan anket veya diğer araçların katılımcıların subjektif algılarına dayanması nedeniyle, yanıtların doğruluğu ve tarafsızlığı konusunda sınırlamalara sahiptir. Katılımcıların deneyim ve bilgi düzeylerindeki farklılıklar, sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Araştırma, kültürel farklılıkların tedarik zinciri entegrasyonu ve dijitalleşme süreçleri üzerindeki etkilerini kapsamamaktadır. Kültürel faktörler, teknoloji adaptasyonu ve liderlik algısını etkileyebilir.

5. BULGULAR

Bu bölümde öncelikli olarak araştırmaya dahil edilen firmalar ile ilgili ve firma yetkilileri ile ilgili demografik bulgulara yer verilmiştir. Araştırmada kullanılan ölçeklerin geçerlilik ve güvenilirlik testleri raporlanmıştır. Ardından araştırma hipotezlerini test edebilmek için yapılan yapısal eşitlik modellemesi, process makro aracılık ve process makro moderatör etki analizlerine ilişkin bulgular raporlanmıştır.

5.1 Demografik Bulgular

Tedarikçi firmalara ilişkin demografik bulgular Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Tedarikçi firmalar demografik bulgular

Faaliyet Süresi	**f**	**%**
0-10 yıl	133	40,5
11-30 yıl	145	44,2
31 yıl ve üzeri	50	15,2
NACE Kodu	**f**	**%**
10-Gıda Ürünlerinin İmalatı	74	22,6
11- İçeceklerin İmalatı	16	4,9
13- Tekstil Ürünlerinin İmalatı	84	25,6
14- Giyim Eşyalarının İmalatı	60	18,3
21-Temel Eczacılık Ürünlerinin ve Eczacılığa İlişkin Malzemelerin İmalatı	8	2,4
29- Barınma Amaçlı Konteyner, Karavan veya Seyyar Hizmet Ünitesi İmalatı	7	2,1
46-Toptan Ticaret	29	8,8
47-Perakende Ticaret	12	3,7
Diğer Faaliyet Kolları	38	11,6
Büyüklük	**f**	**%**
Mikro	25	7,6
Küçük	71	21,6
Orta	155	47,3
Büyük	77	23,5
Hukuki Statü	**f**	**%**
Şahıs İşletmesi (Tek Şahıs, Adi Ortaklık, Kollektif ve Komandit Şirketler)	86	26,2
Sermaye İşletmesi (Anonim ve Limited Şirketler)	242	73,8
Coğrafi Nitelik	**f**	**%**
Bölgesel	54	16,5
Ulusal	82	25,0
Uluslararası	192	58,5
Toplam	**328**	**100,0**

Araştırmaya katılan tedarikçi firmaların 145'i 11-30 yıl arası, 133'ü 0-10 yıl arası, 50'si ise 31 yıl ve üzeri faaliyette bulunmaktadır. NACE kodları incelendiğinde 84'ünün tekstil ürünleri imalatı, 74'ünün gıda ürünleri imalatı, 60'ının giyim eşyaları imalatı, 29'unun toptan ticaret, 16'sının içecek imalatı, 12'sinin perakende ticaret, 8'inin eczacılık ürünleri imalatı, 7'sinin konteyner alanında faaliyet gösterdiği 38'inin ise diğer faaliyet kollarında faaliyet gösterdiği tespit edilmiştir. Firmaların 155'i orta, 71'i küçük, 77'si büyük ve 25'i mikro işletme statüsündedir. Firmaların 242'si sermaye işletmesi ve 86'sı şahıs işletmesi statüsündedir. 192'si uluslararası, 82'si ulusal ve 54'ü bölgesel olarak faaliyet göstermektedir.

Firma yetkililerine ilişkin demografik bulgular Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Firma yetkilileri demografik bulgular

Görev	**f**	**%**
İşçi / Memur / Çalışan	13	4,0
Ustabaşı /Şef /Tekniker	2	0,6
Mühendis / Orta Düzey Yönetici	113	34,5
Üst Düzey Yönetici	200	61,0
Çalışma Süresi	**f**	**%**
0-4 yıl	49	14,9
5-10 yıl	96	29,3
11 yıl ve üzeri	183	55,8
Toplam	**328**	**100,0**

Görüşmenin yapıldığı firma yetkililerinin 200'ü üst düzey yönetici, 113'ü orta düzey yönetici ve / veya mühendis, 13'ünün işçi / memur, 2'sinin ise şef statüsünde görev yaptığı tespit edilmiştir. Firma yetkililerinin 183'ü 11 yıl ve üzeri, 96'sı 5-10 yıl arası ve 49'u 0-4 yıl arası firmada görev yapmaktadır.

5.2 Ölçeklerin Geçerlilik ve Güvenilirliği

Ölçeklerin geçerlik ve güvenilirliğini analiz edebilmek için keşfedici faktör analizi (KFA), doğrulayıcı faktör analizi (DFA), güvenilirlik analizi yapılmıştır.

5.2.1 Keşfedici Faktör Analizi

Sanal tedarik zinciri ölçeği KFA bulguları Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3 Sanal tedarik zinciri ölçeği KFA bulguları

	Faktör
STZ1	0,800
STZ2	0,818
STZ3	0,835
STZ4	0,850
STZ5	0,817
STZ6	0,790
STZ7	0,834
KMO: 0,880; Ki Kare:1481,974; sd: 21; Sig: 0,000; Top. Açk. Var.: %67,376	

Sanal tedarik zinciri ölçeği için gerçekleştirilen KFA sonucunda, ölçeğin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, tüm faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olduğu görülmüş ve değerlerin 0,790 ile 0,850 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kaiser-Meyer-Olkin örneklem yeterliliği (KMO) değeri 0,880 olarak hesaplanmıştır; bu da KMO değerinin kabul edilebilir sınır olan 0,60'ın üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ki-kare testi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçeğin, toplam varyansın %67,376'sını açıkladığı tespit edilerek, ölçüm yapısının açıklayıcılığı yüksek bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Teknoloji hazırlık ölçeği KFA bulguları Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4 Teknoloji hazırlık ölçeği KFA bulguları

	Faktör
TH1	0,761
TH2	0,755
TH3	0,582
TH4	0,852
TH5	0,895
TH6	0,811
TH7	0,785
KMO: 0,864; Ki Kare: 1241,663; sd: 21; Sig: 0,000; Top. Açk. Var.: %61,250	

Teknolojiye hazırlık ölçeği için gerçekleştirilen KFA sonucunda, ölçeğin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, tüm faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olduğu görülmüş ve değerlerin 0,582 ile 0,895 arasında değiştiği tespit edilmiştir. KMO değeri ,864 olarak hesaplanmıştır; bu da KMO değerinin kabul edilebilir sınır olan 0,60'ın üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ki-kare testi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçeğin, toplam varyansın %61,250'sini açıkladığı tespit edilerek, ölçüm yapısının açıklayıcılığı yüksek bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Afet yönetimi çevikliği ölçeği KFA bulguları Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 Afet yönetimi çevikliği ölçeği KFA bulguları

	Faktör
AYÇ1	0,859
AYÇ2	0,870
AYÇ3	0,864
AYÇ4	0,818
AYÇ5	0,766
AYÇ6	0,795
KMO: 0,893; Ki Kare: 1181,344; sd: 15; Sig: 0,000; Top. Açk. Var.: %68,828	

Afet yönetimi çevikliği ölçeği için gerçekleştirilen KFA sonucunda, ölçeğin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, tüm faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olduğu görülmüş ve değerlerin 0,766 ile 0,870 arasında değiştiği tespit edilmiştir. KMO değeri 0,893 olarak hesaplanmıştır; bu da KMO değerinin kabul edilebilir sınır olan 0,60'ın üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ki-kare testi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçeğin, toplam varyansın %68,828'ini açıkladığı tespit edilerek, ölçüm yapısının açıklayıcılığı yüksek bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeği KFA bulguları Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6 Tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeği KFA bulguları

	Faktör
TZK1	0,770
TZK2	0,869
TZK3	0,832
TZK4	0,821
TZK5	0,867
TZK6	0,745
KMO: 0,872; Ki Kare: 1114,577; sd: 15; Sig: 0,000; Top. Açk. Var.: %67,022	

Tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeği için gerçekleştirilen KFA sonucunda, ölçeğin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, tüm faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olduğu görülmüş ve değerlerin 0,745 ile 0,869 arasında değiştiği tespit edilmiştir. KMO değeri 0,872 olarak hesaplanmıştır; bu da KMO değerinin kabul edilebilir sınır olan 0,60'ın üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ki-kare testi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, örneklem büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçeğin, toplam varyansın %67,022'sini açıkladığı tespit edilerek, ölçüm yapısının açıklayıcılığı yüksek bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tedarik zinciri entegrasyonu ölçeği KFA bulguları Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 Tedarik zinciri entegrasyonu ölçeği KFA bulguları

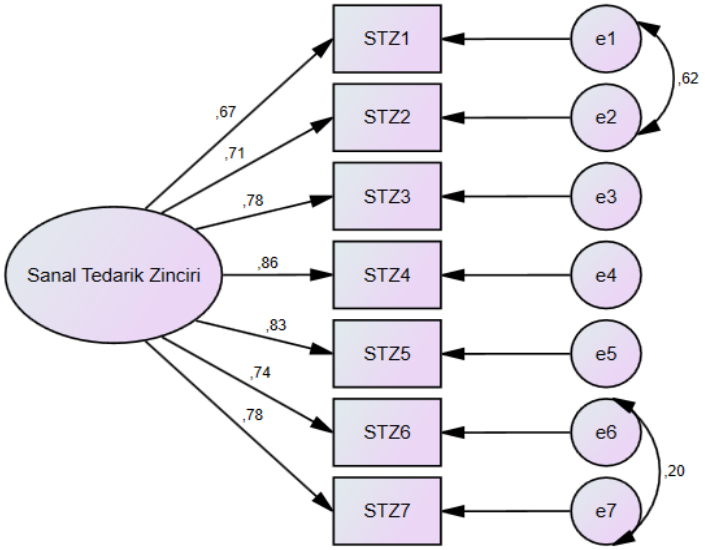
	Faktör
TZE2	0,712
TZE3	0,813
TZE4	0,791
TZE5	0,793
TZE6	0,802
TZE7	0,786
KMO: 0,849; Ki Kare: 916,529; sd: 15; Sig: 0,000; Top. Açk. Var.: %61,398	

Tedarik zinciri entegrasyonu ölçeği için gerçekleştirilen KFA sonucunda, ölçeğin tek boyutlu bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, tüm faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olduğu görülmüş ve değerlerin 0,712 ile 0,813 arasında değiştiği tespit edilmiştir. KMO değeri 0,849 olarak hesaplanmıştır; bu da KMO değerinin kabul edilebilir sınır olan 0,60'ın üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ki-kare testi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, örneklem

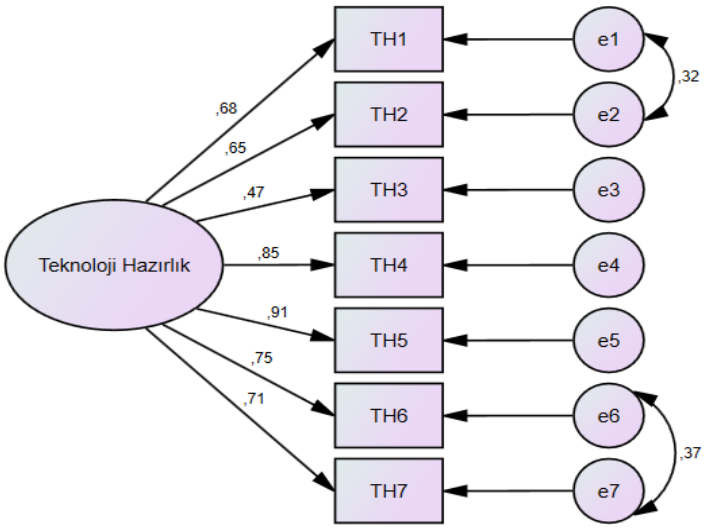
büyüklüğünün faktör analizi için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçeğin, toplam varyansın %61,398'ini açıkladığı tespit edilerek, ölçüm yapısının açıklayıcılığı yüksek bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.2.2 Doğrulayıcı Faktör Analizi

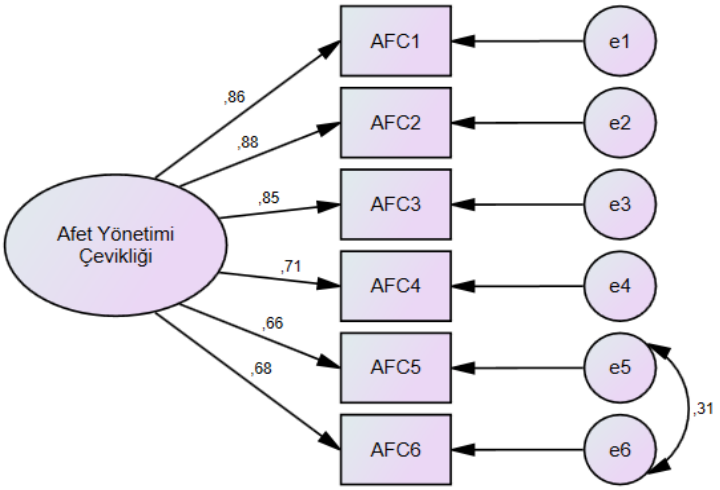
DFA sonucu elde edilen DFA diyagramları sanal tedarik zinciri için Şekil 5.1'de, teknoloji hazırlık için Şekil 5.2'de, afet yönetimi çevikliği için Şekil 5.3'te, tedarik zinciri karmaşıklığı için Şekil 5.4'te ve tedarik zinciri entegrasyonu için Şekil 5.5'te verilmiştir.



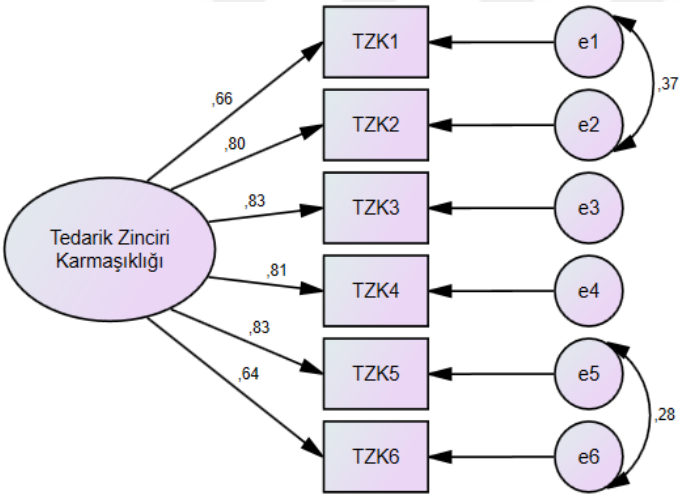
Şekil 5.1 Sanal tedarik zinciri DFA diyagramı



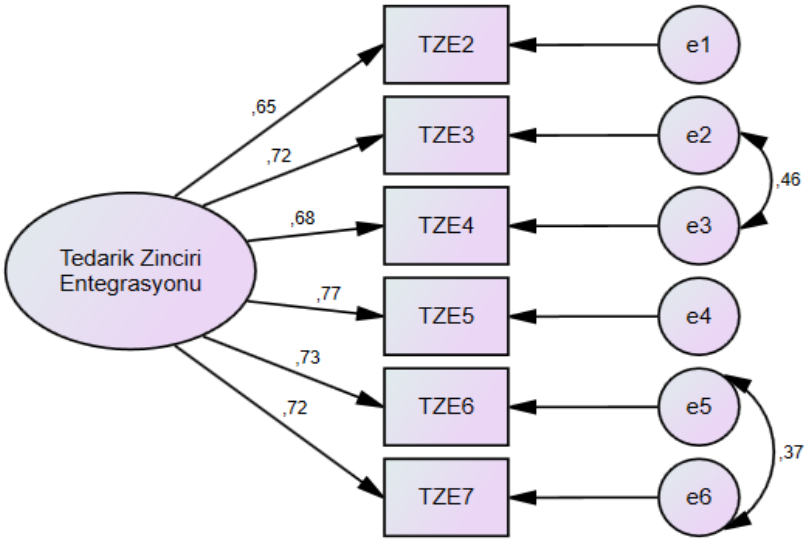
Şekil 5.2 Teknoloji hazırlık DFA diyagramı



Şekil 5.3 Afet yönetimi çevikliği DFA diyagramı



Şekil 5.4 Tedarik zinciri karmaşıklığı DFA diyagramı



Şekil 5.5 Tedarik zinciri entegrasyonu DFA diyagramı

DFA neticesinde bütün ölçekler için yeterli faktör yüküne ulaşılmıştır. Uyum iyiliği değerlerini sağlayabilmek için sanal tedarik zinciri ile teknoloji hazırlık ölçeklerinin birinci ile ikinci maddeleri hata terimleri arasında ve altıncı ve yedinci maddeler hata terimleri arasında modifikasyon yapılmıştır. Afet yönetimi çevikliği ölçeğinin beşinci ve altıncı maddeleri hata terimleri arasında modifikasyon yapılmıştır. Tedarik zinciri karmaşıklığı ölçeğinin birinci ile ikinci maddeleri hata terimleri arasında ve beşinci ve altıncı maddeler hata terimleri arasında modifikasyon yapılmıştır. Tedarik zinciri entegrasyonu ölçeğinin ikinci ile üçüncü maddeleri hata terimleri arasında altıncı ile yedinci maddeler hata terimleri arasında modifikasyon yapılmıştır. Modifikasyon gerekliliği nedeninin muhtemelen ilgili soruların birbirine yakın olarak algılanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

DFA sonucu tespit edilen uyum iyiliği değerleri Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8 DFA uyum iyiliği değerleri

Değişken	χ^2	df	χ^2/df	GFI	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Kabul edilebilir kriter			≤5	≥0,90	≥0,90	≥0,90	≤0,08	≤0,08
Sanal tedarik zinciri	22,057	12	1,838	0,982	0,992	0,981	0,067	0,047
Teknoloji hazırlık	32,247	12	2,687	0,975	0,983	0,968	0,077	0,032
Afet yönetimi çevikliği	14,462	8	1,807	0,986	0,994	0,987	0,057	0,019
Tedarik zinciri karmaşıklığı	13,597	7	1,942	0,986	0,993	0,983	0,062	0,020
Tedarik zinciri entegrasyonu	13,078	7	1,868	0,987	0,994	0,986	0,052	0,024

DFA sonuçlarına göre, çalışmada kullanılan tüm ölçeklerin kabul edilebilir uyum iyiliği kriterlerini karşıladığı belirlenmiştir. Bu analiz, ölçeklerin yapı geçerliliğini değerlendirmek için kullanılmış olup, elde edilen uyum iyiliği indeksleri (GFI, CFI, TLI, RMSEA, SRMR) literatürde belirtilen kabul edilebilir sınırların içerisinde bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, kullanılan ölçeklerin veriyi yeterli düzeyde modellediğini ve teorik yapıya uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu durum, araştırmada kullanılan ölçeklerin, ölçmek istedikleri kavramları geçerli bir şekilde ölçtüğünü ve güvenilir bir veri analizine olanak sağladığını ortaya koymaktadır. Ölçeklerin uyum iyiliği kriterlerini karşılaması, modelin genel geçerliliğini destekler niteliktedir ve çalışmanın bulgularına olan güveni artırmaktadır.

5.2.3 Güvenilirlik Analizi

KFA ve DFA yapıldıktan sonra ölçeklerin güvenilirliğini test edebilmek için güvenilirlik analizi yapılmıştır. Güvenilirlik analizi sonucu elde edilen cronbah's alpha katsayısı değerleri Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9 Güvenilirlik analizi

Değişken	Cronbah's Alpha Katsayısı	Madde Sayısı
Sanal tedarik zinciri	0,917	7
Teknoloji hazırlık	0,889	7
Afet yönetimi çevikliği	0,909	6
Tedarik zinciri karmaşıklığı	0,900	6
Tedarik zinciri entegrasyonu	0,874	6

Yapılan güvenilirlik analizi sonucunda, çalışmada kullanılan tüm ölçeklerin yüksek güvenilirlik gösterdiği belirlenmiştir. Güvenilirlik, ölçüm aracının tutarlılığı ve tekrar edilebilirliği ile ilgilidir ve bu analizde, her bir ölçeğin Cronbach alpha katsayıları gibi güvenilirlik ölçütleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tüm ölçeklerin Cronbach alpha değerlerinin 0,80'in üzerinde olduğunu, bu da ölçeklerin yüksek düzeyde tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, ölçümlerin hem içsel tutarlılığı hem de zaman içinde tekrarlanabilirliğini sağladığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, kullanılan ölçekler, araştırma sürecinde güvenilir veriler sağlamaktadır ve bu da çalışmanın güvenilirliğini ve geçerliliğini destekleyen önemli bir unsurdur. Bu sonuç, araştırmanın güvenilir bir şekilde sonuçlar üreteceğini ve elde edilen bulguların geçerli olduğunu göstermektedir.

5.2.4 Bileşen ve Ayrışım Geçerliliği

Ölçeklerin bileşen geçerliliğini test edebilmek için ölçek maddelerinin faktör yükleri kullanılarak ortalama açıklanan varyans (AVE) ve bileşen güvenilirliği (CR) değerleri hesaplanmıştır. Ayrışım geçerliliğini test edebilmek için değişkenlerin korelasyon değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve Bulgular Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Bileşen ve ayrışım geçerliliği

Değişken	AVE	CR	MSV	ASV
Sanal tedarik zinciri	0,59	0,95	0,53	0,31
Teknoloji hazırlık	0,53	0,96	0,38	0,26
Afet yönetimi çevikliği	0,60	0,89	0,35	0,26
Tedarik zinciri karmaşıklığı	0,58	0,89	0,53	0,30
Tedarik zinciri entegrasyonu	0,51	0,86	0,18	0,12

Yapılan hesaplamalar sonucunda, tüm ölçekler için AVE (Average Variance Extracted) değerinin 0,50'den büyük olduğu, CR (Composite Reliability) değerinin ise 0,70'den büyük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, CR > AVE ilişkisi de sağlanarak, ölçeklerin bileşen geçerliliği açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, her bir ölçeğin ölçtüğü kavramla güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ve içsel tutarlılığının yeterli olduğunu göstermektedir.

Bunun yanı sıra, MSV (Maximum Shared Variance) değerinin AVE'den küçük olduğu ve ASV (Average Shared Variance) değerinin de AVE'den küçük olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, ölçeklerin ayrışım geçerliliği sağladığını ve birbirlerinden bağımsız olarak ölçülen farklı kavramları doğru şekilde ayırt edebildiklerini göstermektedir. Bu bulgular, araştırma modelinde yer alan ölçeklerin hem bileşen geçerliliği hem de ayrışım geçerliliği açısından güçlü bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır.

5.2.5 Normal Dağılım Testi

Ölçeklerin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit edebilmek için ölçek maddelerinin çarpıklık ve basıklık değerleri incelenmiştir. Bulgular Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11 Normal dağılım testi

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık
STZ1	1,0	5,0	3,174	1,4197	-0,201	-1,243
STZ2	1,0	5,0	3,140	1,3519	-0,218	-1,128
STZ3	1,0	5,0	3,301	1,3087	-0,219	-1,018
STZ4	1,0	5,0	3,595	1,2873	-0,517	-0,776
STZ5	1,0	5,0	3,568	1,2779	-0,600	-0,745
STZ6	1,0	5,0	3,196	1,6355	-0,197	-1,580
STZ7	1,0	5,0	3,534	1,3595	-0,483	-1,009
TH1	1,0	5,0	2,746	1,5936	0,188	-1,529
TH2	1,0	5,0	3,096	1,4208	-0,118	-1,287
TH3	1,0	5,0	3,130	1,6417	-0,180	-1,581
TH4	1,0	5,0	3,114	1,4666	-0,181	-1,329
TH5	1,0	5,0	3,255	1,5451	-0,332	-1,374
TH6	1,0	5,0	3,506	1,4267	-0,531	-1,035
TH7	1,0	5,0	3,500	1,4660	-0,563	-1,077
AYÇ1	1,0	5,0	3,360	1,4007	-0,365	-1,124
AYÇ2	1,0	5,0	3,466	1,3542	-0,468	-0,948
AYÇ3	1,0	5,0	3,570	1,3230	-0,615	-0,715
AYÇ4	1,0	5,0	3,742	1,3247	-0,820	-0,507
AYÇ5	1,0	5,0	3,917	1,2163	-0,914	-0,176
AYÇ6	1,0	5,0	3,924	1,1061	-0,985	0,367
TZK1	1,0	5,0	3,134	1,4590	-0,146	-1,297
TZK2	1,0	5,0	3,199	1,3150	-0,152	-1,077
TZK3	1,0	5,0	3,088	1,3528	-0,042	-1,122
TZK4	1,0	5,0	3,096	1,4870	-0,097	-1,354
TZK5	1,0	5,0	3,012	1,4054	-0,015	-1,211
TZK6	1,0	5,0	3,109	1,3909	-0,119	-1,177
TZE2	1,0	5,0	3,108	1,0262	0,007	-0,250
TZE3	1,0	5,0	3,295	1,1381	-0,333	-0,522
TZE4	1,0	5,0	3,191	1,1736	-0,141	-0,722
TZE5	1,0	5,0	3,156	1,1763	-0,272	-0,693
TZE6	1,0	5,0	3,209	1,1163	-0,220	-0,603
TZE7	1,0	5,0	3,178	1,1622	-0,222	-0,588

Analiz sonuçları, ölçek maddelerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -2 ile +2 aralığında olduğunu ortaya koymuştur. Bu aralık, normal dağılıma uygunluk açısından literatürde kabul edilen sınırlar içerisinde yer almakta olup, verilerin dağılımının istatistiksel olarak geçerli bir şekilde simetrik olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, ölçeklerden elde edilen puanların normal dağılım varsayımını karşıladığı ve bu durumun yapılacak istatistiksel analizler için uygun bir temel oluşturduğu söylenebilir. Bu bulgu, kullanılan ölçeklerin ölçüm geçerliliği ve güvenilirliği açısından önemli bir göstergedir.

5.3 Korelasyon Analizi

Ölçeklerin geçerlik ve güvenilirlik analizlerinden sonra aralarındaki ilişkinin yönü ve kuvveti hakkında bilgi edinebilmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca ölçeklerin genel çarpıklık ve basıklık değerlerine de bakılmıştır. Bulgular Tablo 5.12'de verilmiştir.

Tablo 5.12 Korelasyon analizi

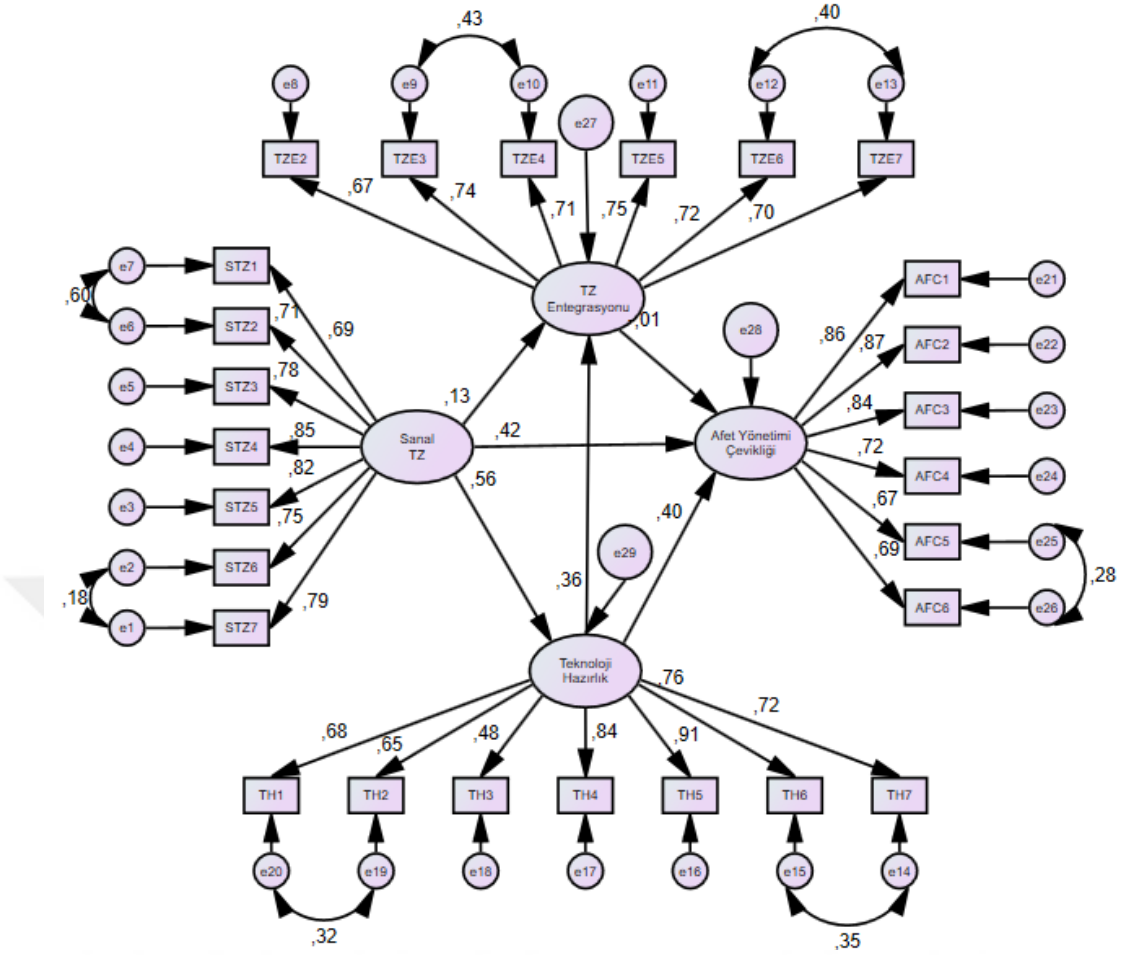
	Ort.	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	STZ	TH	AYÇ	TZK	TZE
STZ	3,3599	1,12322	-0,256	-0,904	1				
TH	3,1976	1,17147	-0,264	-0,987	0,524**	1			
AYÇ	3,6598	1,06255	-0,647	-0,258	0,594**	0,598**	1		
TZK	3,1091	1,13943	-0,111	-0,888	0,725**	0,527**	0,499**	1	
TZE	3,1932	0,88673	-0,221	-0,006	0,297**	0,396**	0,300**	0,423**	1

**: 0,001 anlamlılık düzeyinde anlamlı ilişki

Yapılan korelasyon analizi sonucunda, sanal tedarik zinciri ile teknoloji hazırlığı, afet yönetimi çevikliği ve tedarik zinciri karmaşıklığı arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde aynı yönde orta düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sanal tedarik zinciri ile tedarik zinciri entegrasyonu arasında ise düşük seviyede anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, teknoloji hazırlığı ile afet yönetimi çevikliği ve tedarik zinciri karmaşıklığı arasında da 0,01 anlamlılık düzeyinde aynı yönde orta düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu gözlemlenmiştir. Teknoloji hazırlığı ile tedarik zinciri entegrasyonu arasında ise düşük seviyede anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Afet yönetimi çevikliği ile tedarik zinciri karmaşıklığı ve tedarik zinciri entegrasyonu arasında da 0,01 anlamlılık düzeyinde aynı yönde düşük düzeyde anlamlı ilişkiler olduğu saptanmıştır. Son olarak, tedarik zinciri karmaşıklığı ile tedarik zinciri entegrasyonu arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde aynı yönde düşük düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca genel ölçekler için basıklık ve çarpıklık değeri de -2 ile +2 aralığında bulunmuştur.

5.4 Yapısal Eşitlik Modeli

Araştırma modelinin ve hipotezlerini test edebilmek için öncelikli olarak yapısal eşitlik modeli analizi yapılmıştır. Analiz edilen model Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6 Yapısal eşitlik modeli

Yapısal eşitlik modeli analizi sonucu model için elde edilen uyum iyiliği değerleri Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13 Yapısal eşitlik modeli uyum iyiliği değerleri

Değişken	χ^2	df	χ^2/df	GFI	CFI	TLI	RMSEA	SRMR
Kabul edilebilir kriter			≤5	≥0,90	≥0,90	≥0,90	≤0,08	≤0,08
Model	695,174	286	2,431	0,869	0,927	0,913	0,069	0,064

Analiz neticesinde modelin kabul edilebilir uyum iyiliği kriterlerini sağladığı tespit edilmiştir.

Modelin analiz bulguları Tablo 5.14'te verilmiştir.

Tablo 5.14 Yapısal eşitlik modeli analiz bulguları

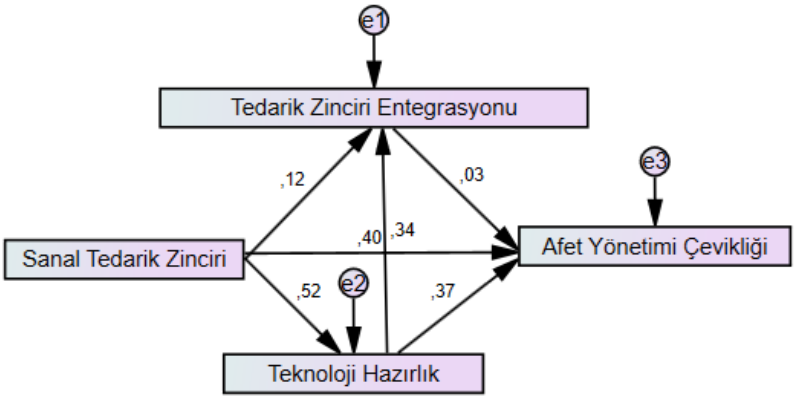
Analiz yolu			β	B	S.E.	C.R.	p
TH	<---	STZ	0,556	0,545	0,064	8,558	***
TZE	<---	STZ	0,131	0,085	0,048	1,764	0,006
TZE	<---	TH	0,359	0,236	0,053	4,483	***
AYÇ	<---	STZ	0,42	0,481	0,07	6,887	***
AYÇ	<---	TH	0,398	0,466	0,076	6,122	***
AYÇ	<---	TZE	-0,006	-0,01	0,098	-0,106	0,737

***: p<0,001

Yapısal eşitlik modelinin analizi neticesinde sanal tedarik zincirinin teknoloji hazırlığı, tedarik zinciri entegrasyonunu ve afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Teknoloji hazırlığın tedarik zinciri entegrasyonunu ve afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilediği tespit edilmiştir. Ancak yapısal eşitlik modeli analizinde tedarik zinciri entegrasyonun afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilemediği tespit edilmiştir. Bu etki ayrıca hem yol analizi ile hem de process makro analizi ile de test edilmiştir.

5.5 Yol (Path) Analizi

Yol analizi Şekil 5.7'de ve yol analizi bulguları Tablo 5.15'te verilmiştir.



Şekil 5.7 Yol analizi

Tablo 5.15 Yol analizi bulguları

Analiz yolu			B	β	S.E.	C.R.	p
TH	<---	STZ	0,541	0,521	0,049	11,025	***
TZE	<---	STZ	0,096	0,121	0,047	2,052	0,04
TZE	<---	TH	0,258	0,338	0,045	5,743	***
AYÇ	<---	STZ	0,376	0,396	0,045	8,315	***
AYÇ	<---	TZE	0,038	0,032	0,053	0,723	0,47
AYÇ	<---	TH	0,34	0,373	0,045	7,51	***

***: p<0,001

Yol analizi neticesinde sanal tedarik zincirinin teknoloji hazırlığı, tedarik zinciri entegrasyonunu ve afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Teknoloji hazırlığın tedarik zinciri entegrasyonunu ve afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilediği tespit edilmiştir. Ancak yapısal eşitlik modeli analizinde tedarik zinciri entegrasyonun afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilemediği tespit edilmiştir. Bu etki ayrıca process makro analizi ile de test edilmiştir.

5.6 Aracılık Etki Testi

Sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi amacıyla, tedarik zinciri entegrasyonu ve teknoloji hazırlığının bu ilişki üzerindeki aracılık rolleri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, aracılık etkilerini test etmek için Process Macro yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, aracılık değişkenlerinin doğrudan ve dolaylı etkiler üzerindeki katkısını değerlendirmede etkili bir araç olarak seçilmiştir. Yapılan analizlerle, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinin, tedarik zinciri entegrasyonu ve teknoloji hazırlığı aracılığıyla nasıl şekillendiği detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu değişkenlerin olası aracılık rollerine ilişkin kapsamlı bulgular elde edilmiştir. Tedarik zinciri entegrasyonunun aracılık testine ilişkin bulgular Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16 Tedarik zinciri entegrasyonu aracılık testi bulguları

Analiz Yolu	β	se	t	p	%95CI	
STZ →TZE	0,2346	0,0419	5,5997	0,0000	0,1522	0,3170
sabit	2,4061	0,1482	16,2392	0,0000	2,1146	2,6976
R kare: 0,0880; F: 31,3569; df1: 1; df2: 325; p: 0,0000						
TZE→AYÇ	0,1630	0,0554	2,9428	0,0035	0,0540	0,2720
STZ→AYÇ	0,5221	0,0438	11,9167	0,0000	0,4359	0,6083
sabit	1,3834	0,1992	6,9458	0,0000	0,9916	1,7752
R kare: 0,3672; F: 94,0088; df1: 2; df2: 324; p: 0,0000						
Toplam etkiler (STZ→AYÇ)	0,5604	0,0423	13,2374	0,0000	0,4771	0,6436
Dolaylı etkiler (STZ →TZE → AYÇ)	0,0382	0,0160			0,0111	0,0735

Analiz sonuçları, sanal tedarik zincirinin tedarik zinciri entegrasyonu üzerindeki (a yolu) etkisinin pozitif ve anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu ilişkinin açıklayıcılığına ilişkin olarak hesaplanan R^2 değeri 0,0880 bulunmuş olup, bu da tedarik zinciri entegrasyonundaki değişimin %8,80'inin sanal tedarik zinciri tarafından açıklandığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, sanal tedarik zincirinin tedarik zinciri entegrasyonuna önemli bir katkı sağladığını göstermektedir.

Tedarik zinciri entegrasyonunun afet yönetimi çevikliği üzerindeki (b yolu) etkisi de anlamlı bulunmuştur. Aynı zamanda, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki doğrudan etkisi (c' yolu) pozitif ve anlamlı olarak tespit edilmiştir. Bu ilişkinin açıklayıcılık düzeyi, R^2 değeri ile ifade edilmiş ve 0,3672 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, afet yönetimi çevikliği değişiminin %36,72'sinin sanal tedarik zinciri ve tedarik zinciri entegrasyonu tarafından açıklandığını göstermektedir.

Aracı değişken olan tedarik zinciri entegrasyonu modele dahil edilmeden yapılan analizde, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki toplam etkisi (c yolu) de anlamlı bulunmuştur. Ancak, tedarik zinciri entegrasyonu aracı değişken olarak modele eklendiğinde, dolaylı etkiler anlamlı bir şekilde hesaplanmıştır. Dolaylı etkilerin güven aralığının alt ve üst sınırlarının sıfır değerini kapsamaması, bu etkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu desteklemektedir.

Ayrıca, tedarik zinciri entegrasyonunun aracılık etkisinin büyüklüğünü değerlendirmek için K^2 değeri hesaplanmış ve 0,0404 olarak bulunmuştur. Bu değerin 0,25'ten uzak olması, aracılık etkisinin düşük düzeyde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, tedarik zinciri entegrasyonunun sanal tedarik zinciri ile afet yönetimi çevikliği arasındaki ilişkide düşük bir aracılık rolü üstlendiği sonucuna varılmıştır. Bu durum, aracı değişkenin sınırlı bir etkisinin olduğunu, ancak genel modeldeki ilişkilerin anlamlı ve önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Teknoloji hazırlığın aracılık testi bulguları Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5.17 Teknoloji hazırlık aracılık testi bulguları

Analiz Yolu	β	se	t	p	%95CI	
STZ →TH	0,5469	0,0492	11,1186	0,0000	0,4501	0,6436
sabit	1,3601	0,1742	7,8065	0,0000	1,0174	1,7029
R kare: 0,2749; F: 123,6229; df1: 1; df2: 326; p: 0,0000						
TH→AYÇ	0,3589	0,0432	8,3171	0,0000	0,2740	0,4438
STZ→AYÇ	0,3657	0,0450	8,1257	0,0000	0,2772	0,4543
sabit	1,2831	0,1479	8,6754	0,0000	0,9922	10,5741
R kare: 0,4665; F: 142,1116; df1: 2; df2: 325; p: 0,0000						
Toplam etkiler (STZ→AYÇ)	0,5620	0,0421	13,3362	0,0000	0,4791	0,6449
Dolaylı etkiler (STZ →TH → AYÇ)	0,1963	0,0317			0,1381	0,2637

Analiz bulguları, sanal tedarik zincirinin teknoloji hazırlığı üzerindeki (a yolu) etkisinin pozitif ve anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Teknoloji hazırlığına ilişkin değişimlerin %27,49'unun sanal tedarik zinciri tarafından açıklandığını gösteren R^2 değeri 0,2749 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgu, sanal tedarik zincirinin teknoloji hazırlığını artırmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliği üzerindeki (b yolu) etkisi de anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliğini artırmada belirleyici bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki doğrudan etkisi (c' yolu) pozitif ve anlamlı bir ilişkiyi işaret etmektedir. Bu ilişkinin açıklayıcılığı ise R^2 değeri ile ölçülmüş ve 0,4665 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, afet yönetimi çevikliğindeki değişimlerin %46,65'inin sanal tedarik zinciri ve teknoloji hazırlığı tarafından açıklandığını göstermektedir.

Aracı değişken olan teknoloji hazırlığı modele dahil edilmeden yapılan analizde, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki toplam etkisi (c yolu) anlamlı bulunmuştur. Ancak teknoloji hazırlığı aracı değişken olarak modele eklendiğinde, dolaylı etkiler de hesaplanmış ve bu etkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Dolaylı etkilerin güven aralığının alt ve üst sınırlarının sıfır değerini kapsamaması, bu etkilerin güvenilirliğini ve anlamlılığını doğrulamaktadır.

Aracılık etkisinin büyüklüğünü değerlendirmek için hesaplanan K^2 değeri 0,2075 olarak bulunmuş ve bu değer, etkilerin 0,25'e yakın olması nedeniyle yüksek bir aracılık etkisi olarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak, teknoloji hazırlığının sanal tedarik zinciri ile afet yönetimi çevikliği arasındaki ilişkide yüksek düzeyde bir aracılık rolü üstlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliğini artırmada kritik bir değişken olduğunu ve sanal tedarik zincirinin etkilerini güçlendiren önemli bir mekanizma oluşturduğunu göstermektedir. Yapılan analizler sonucunda H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 ve H8 hipotezleri desteklenmiştir.

5.7 Moderatör Etki Testi

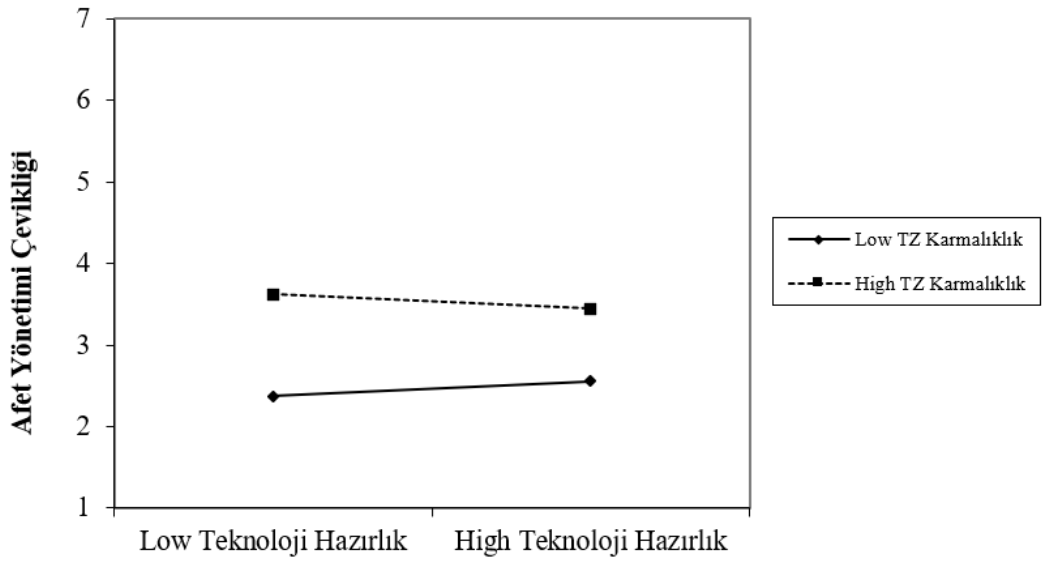
Teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisini daha ayrıntılı bir şekilde incelemek amacıyla, tedarik zinciri karmaşıklığının bu ilişki üzerindeki moderatör rolü analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, moderatör etkisini test etmek için Process Macro yöntemi kullanılmıştır. Analiz kapsamında, tedarik zinciri karmaşıklığının, teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinin gücünü ve yönünü nasıl değiştirdiği detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu yöntem, moderatör değişkenin ilişki dinamikleri üzerindeki katkısını anlamak için etkili bir araç olarak tercih edilmiştir. Yapılan testler, tedarik zinciri karmaşıklığının moderatör etkisine dair önemli bulguların elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu bulgular, teknolojik hazırlık ve çeviklik arasındaki etkileşimin bağlama özgü koşullara göre nasıl farklılaşabileceğini ortaya koymaktadır. Analiz bulguları Tablo 5.18'de verilmiştir.

Tablo 5.18 Tedarik zinciri karmaşıklığı moderatör testi bulguları

	B	se	t	p	%95CI	
sabit	0,7823	0,3295	2,3746	0,0182	0,1342	10,4305
TH	0,6857	0,1080	6,3496	0,0000	0,4732	0,8981
TZK	0,5335	0,1195	4,4645	0,0000	0,2984	0,7686
Etkileşim	-0,0915	0,0339	-2,6957	0,0074	-0,1583	-0,0274
R kare: 0,4178; F: 78,4896; df1: 3; df2: 324; p: 0,0000						

Moderatör analizi sonucu teknoloji hazırlığın, tedarik zinciri karmaşıklığının ve her ikisinin çarpımından oluşan etkileşim değişkeninin aynı anda afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, tedarik zinciri karmaşıklığının, teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisini

değiştiren bir moderatör rol üstlendiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, tedarik zinciri karmaşıklığının seviyesi, teknoloji hazırlığının afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinin gücünü veya yönünü şekillendirebilmektedir. Bu sonuç, teknoloji hazırlığı ve çeviklik arasındaki ilişkinin, tedarik zinciri bağlamındaki karmaşıklık düzeyine göre farklılaşabileceğini işaret etmektedir ve bu bağlamda moderatör değişkenin kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Moderatör etki Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Tedarik zinciri karmaşıklığı moderatör etki

Şekil 5.8, teknoloji hazırlığının (x ekseni) afet yönetimi çevikliği (y ekseni) üzerindeki etkisinin, tedarik zinciri karmaşıklığı (moderatör değişkeni) tarafından nasıl etkilendiğini göstermektedir. Teknoloji hazırlığının düşük olduğu durumlarda, afet yönetimi çevikliği de görece düşüktür. Teknoloji hazırlığı arttıkça, afet yönetimi çevikliği genel olarak artış göstermektedir. Ancak bu artış düzeyi, tedarik zinciri karmaşıklığının seviyesine bağlı olarak değişmektedir. Düşük karmaşıklık durumunda (düz çizgi), teknoloji hazırlığı arttığında afet yönetimi çevikliğinde mütevazı bir artış gözlemlenmektedir. Yüksek karmaşıklık durumunda (kesik çizgi), teknoloji hazırlığı arttıkça afet yönetimi çevikliği daha yüksek bir başlangıç seviyesinden başlamakta (yaklaşık 4) ve bu artışın etkisi daha belirgin hale gelmektedir. Tedarik zinciri karmaşıklığı yüksek olan firmalar, düşük karmaşıklığa sahip olanlara göre afet yönetimi çevikliği açısından daha iyi bir performans sergilemektedir. Bu durum, yüksek karmaşıklığın, teknolojik hazırlık gibi kaynakların çevikliğe dönüşümünde

daha etkin kullanılabileceğini düşündürmektedir. Yüksek karmaşıklığa sahip tedarik zincirleri, teknoloji hazırlığını artırarak afet yönetimi çevikliğini daha fazla iyileştirebilir. Karmaşıklığın düşük olduğu durumlarda ise teknoloji hazırlığı artışı, çeviklik üzerinde daha sınırlı bir etkiye sahip görünmektedir. Bu, tedarik zincirlerinde strateji geliştirirken karmaşıklığın dikkate alınması gerektiğini ve teknoloji hazırlığının etkisinin koşullara bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Yapılan analiz neticesinde H9 hipotezi desteklenmiştir.

Araştırma hipotezlerinin desteklenme durumu toplu olarak Tablo 5.19'da verilmiştir.

Tablo 5.19 Hipotez sonuçları

Hipotez	Karar
H1: Sanal tedarik zinciri tedarik zinciri entegrasyonunu anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H2: Teknolojiye hazırlık tedarik zinciri entegrasyonunu anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H3: Tedarik zinciri entegrasyonu afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H4: Sanal tedarik zinciri afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H5: Teknolojiye hazırlık afet yönetimi çevikliğini anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H6: Sanal tedarik zinciri teknolojiye hazırlığı anlamlı olarak etkiler	Desteklendi
H7: Sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde tedarik zinciri entegrasyonun aracı rolü bulunmaktadır.	Desteklendi
H8: Sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde teknolojiye hazırlığın aracı rolü bulunmaktadır.	Desteklendi
H9: Teknolojiye hazırlığın afet yönetimi çevikliği üzerindeki etkisinde tedarik zinciri karmaşıklığının moderatör (düzenleyici) rolü bulunmaktadır.	Desteklendi

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuç

Bu çalışmada afet yönetiminde tedarik zincirinin rolü, özellikle dijital teknolojilerin etkisi çerçevesinde incelenmiş ve geliştirilen araştırma modelindeki tüm hipotezler doğrulanmıştır. Bulgular, yalnızca istatistiksel anlamlılık göstermekle kalmamış; aynı zamanda literatürdeki hâkim yargılarla da büyük ölçüde örtüşerek afet tedarik zincirlerinin dijital dönüşümle birlikte daha çevik, entegre ve dirençli bir yapıya kavuşabileceğini ortaya koymuştur. Bu bölümde, elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak tartışılmakta, literatür bulgularıyla karşılaştırılmakta ve teorik ile uygulamalı katkılar çerçevesinde değerlendirilmektedir.

Araştırmada sanal tedarik zincirinin entegrasyon düzeyini anlamlı biçimde artırdığı görülmüştür. Bu sonuç, Long (2014, s. 4094) ve Kumar vd. (2023, s. 1534) tarafından vurgulanan sanal yapıların karmaşık ve coğrafi olarak dağınık ağlarda entegrasyonu kolaylaştırdığı yönündeki bulgularla paralellik göstermektedir. Özellikle afet yönetimi bağlamında, sanal yapılar aracılığıyla paydaşların gerçek zamanlı bilgiye erişimi, koordinasyon sorunlarını minimize etmiş ve zincirin bütünsel verimliliğini artırmıştır. Benzer biçimde Dubey vd. (2018, s. 486) tarafından ifade edildiği gibi, insani yardım zincirlerinin karmaşık doğasında bilgi paylaşımı ve entegrasyon kritik bir unsur olarak ortaya çıkmakta; bu çalışmanın bulguları da bu görüşü doğrulamaktadır. Dolayısıyla sanal tedarik zincirinin yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda entegrasyonun ön koşulu olduğu anlaşılmaktadır.

Analizler, sanal tedarik zincirinin afet yönetimi çevikliğini doğrudan artırdığını göstermektedir. Bulgular, Li vd. (2006, s. 425)'te çevik tedarik zincirinin dört temel özelliğinden biri olarak tanımlanan sanallığın afet anında piyasa duyarlılığı ve hız açısından kritik bir rol oynadığını teyit etmektedir. Özellikle afet koşullarında belirsizliklerin yüksekliği, sanal yapıların şeffaflığı ve bilgi paylaşım kapasitesini daha da değerli kılmaktadır. Bu sonuçlar, Kumar vd. (2023, s. 1534)'te ifade edilen "coğrafi dağınıklığa rağmen gerçek zamanlı izlenebilirlik" argümanını desteklemekte ve

literatürde vurgulanan çeviklik kavramının (Dubey vd., 2021a, s. 1590) dijital teknolojiler sayesinde pratikte daha görünür hale geldiğini göstermektedir.

Araştırma modelinde öngörüldüğü üzere, teknolojik hazırlık düzeyinin sanal tedarik zinciri ile afet yönetimi çevikliği arasındaki ilişkide aracı rol üstlendiği doğrulanmıştır. Bu bulgu, Kandarkar ve Ravi (2024, s. 989)'da belirtildiği gibi büyük veri, IoT ve AI entegrasyonunun üretim ve lojistik süreçlerinde yalnızca otomasyon değil, aynı zamanda öngörü kapasitesi sağladığına dair literatürle tutarlıdır. Benzer şekilde Tjahjono vd. (2017, s. 1176) teknolojik hazırlığın bilgisayarlardan bulut tabanlı yapılara geçişle birlikte siber-fiziksel sistemleri mümkün kıldığını ve bu dönüşümün zincirdeki çevikliği artırdığını vurgulamaktadır. Çalışmanın bulguları, bu dönüşümün afet yönetimi özelinde de geçerli olduğunu, yani teknolojiye hazırlık düzeyinin sanal zincirlerin potansiyelini açığa çıkaran kritik bir unsur olduğunu göstermektedir.

Sanal tedarik zinciri ile çeviklik arasındaki ilişkide tedarik zinciri entegrasyonunun da aracılık etkisi bulunmuştur. Bu sonuç, Huddiniah ve Er (2019, s. 245)'te bilgi teknolojilerinin stratejik değerinin entegrasyon süreçlerinde göz ardı edilmemesi gerektiğini vurgulayan bulgularla örtüşmektedir. Özellikle afet bağlamında, entegrasyon düzeyi yüksek zincirlerin, ihtiyaçların hızlı değerlendirilmesi ve alternatif güzergâhların bulunması gibi kritik işlevleri daha etkin yerine getirdiği görülmüştür. Bu bulgu, Dubey vd. (2018, s. 486)'da dile getirilen insani yardım zincirlerinde entegrasyon eksikliğinin müdahaleleri geciktirdiği yönündeki tespitlerle doğrudan uyumludur. Bunların yanında Yıldız ve Sayın (2020)'ın çalışmasında bahsedilen tedarikçi entegrasyonunun tedarik zinciri performansını anlamlı olarak etkilediği bulgusuna dolaylı olarak paralellik göstermektedir. Dolayısıyla, sanal tedarik zincirinin çevikliğe etkisinin büyük ölçüde entegrasyon kapasitesi üzerinden şekillendiği söylenebilir.

Bulgular, teknolojik hazırlığın tedarik zinciri entegrasyonunu artırdığını göstermektedir. Bu sonuç, Kapil vd. (2024, s. 4)'te dijital ikizlerin entegrasyonu kolaylaştırıcı bir işlev gördüğü ve tedarik zincirinde uçtan uca şeffaflık sağladığı yönündeki literatürle uyumludur. Ayrıca, Tjahjono vd. (2017, s. 1176)'da ifade edildiği üzere teknolojik hazırlık düzeyinin yükselmesi, bulut tabanlı sistemler ve IoT

üzerinden entegrasyonu hızlandırmakta, bu da afet bağlamında daha güçlü bir iş birliği zeminini beraberinde getirmektedir.

Analizler, teknolojik hazırlığın afet yönetimi çevikliğini doğrudan güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, Kandarkar ve Ravi (2024, s. 989)'da ifade edilen dijital teknolojilerin operasyonel esnekliği artırıcı rolüyle örtüşmektedir. Ayrıca Chukwuka vd. (2023, s. 252) çalışmasında afet yardım operasyonlarının istikrarsız koşullara uyum sağlama kapasitesinin kritik olduğu vurgulanırken; bu çalışmanın bulguları, böyle bir kapasitenin ancak teknolojiye hazırlık düzeyi yüksek aktörler aracılığıyla mümkün olabileceğini göstermektedir.

Son olarak, tedarik zinciri karmaşıklığının sanal yapıların çeviklik üzerindeki etkisinde moderatör rol oynadığı doğrulanmıştır. Bulgular, Huddiniah ve Er (2019, s. 245)'te dile getirilen "teknolojilerin stratejik kullanımındaki yetersizlik" sorununun karmaşık ağlarda daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Buna karşın, etkin bilgi paylaşımını mümkün kılan dijital çözümler, karmaşıklığın olumsuz etkilerini azaltmakta ve zincirin çevikliğini korumaktadır. Bu, Dubey vd. (2018, s. 486)'da ifade edilen "bilgi eksikliğinin müdahaleyi geciktirdiği" tespitine bir çözüm önerisi sunmakta ve teknolojik çözümler sayesinde karmaşıklığın yönetilebilir hale geldiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, literatüre üç açıdan katkı sunmaktadır. Birincisi, sanal tedarik zincirinin yalnızca bir organizasyonel yenilik değil, entegrasyon ve çevikliğin ön koşulu olduğunu göstermektedir. Bu, Li vd. (2006, s. 425) ve Long (2014, s. 4094)'un vurguladığı kavramsal çerçeveyi afet bağlamına taşıyarak literatüre özgün bir katkı sağlamaktadır. İkincisi, teknolojik hazırlığın ve entegrasyonun aracı etkileri, literatürde çoğunlukla ayrı ayrı incelenirken bu çalışmada aynı model içinde bütüncül bir şekilde test edilmiştir. Üçüncüsü, tedarik zinciri karmaşıklığının moderatör rolü ampirik olarak ortaya konmuş ve Huddiniah ve Er (2019, s. 245) tarafından teorik olarak öne sürülen tedarik zinciri karmaşıklığı ile bilgi teknolojisi arasındaki ilişki desteklenmiştir.

Çalışma, pratik açıdan afet yönetimi aktörlerine üç önemli öneri sunmaktadır. İlk olarak, sanal yapılar ve dijital teknolojiler yalnızca destekleyici araçlar değil, çevikliğin temel dayanakları olarak değerlendirilmelidir. İkinci olarak, entegrasyon düzeyi artırılmadan sanal yapılar çeviklik sağlayamamaktadır; bu nedenle kurumlar arası iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi elzemdir. Üçüncü olarak, karmaşık tedarik zincirlerinde teknolojilerin stratejik kullanımı sayesinde sorunların yönetilebilir hale geldiği görülmüş; bu durum, afet sonrası müdahalelerin hız ve etkinliğini doğrudan etkileyebileceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın en önemli sınırlılığı, örneklemin afet bağlamındaki özel sektör tedarikçileriyle sınırlı olmasıdır. Dolayısıyla kamu kurumları, STK'lar ve uluslararası örgütler gibi farklı aktörlerle yapılacak karşılaştırmalı çalışmalar literatürü daha da zenginleştirebilir. Ayrıca model, yalnızca belirli dijital teknolojilere (örneğin IoT, BDA, AI) odaklanmış olup, blok zincir veya artırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojiler ileride farklı dinamikler yaratabilir. Gelecek araştırmalar, farklı coğrafyalarda ve farklı afet türlerinde benzer modelleri test ederek bulguların genellenebilirliğini artırabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma afet yönetiminde tedarik zincirinin rolünü teknoloji perspektifinden kapsamlı biçimde ortaya koymuş; sanal yapılar, teknolojik hazırlık, entegrasyon ve karmaşıklık gibi değişkenlerin çeviklik üzerindeki etkilerini bütüncül bir model içinde test etmiştir. Bulgular, literatürdeki hâkim yargılarla uyumlu olmakla birlikte onları afet bağlamında yeniden yorumlamış ve uygulamaya yönelik somut öneriler geliştirmiştir. Böylece hem teorik hem de pratik düzeyde önemli katkılar sunan bu araştırma, gelecekte afet tedarik zincirlerinin dijital dönüşüm yoluyla daha çevik, entegre ve dirençli bir yapıya kavuşacağına işaret etmektedir.

6.2 Öneriler

6.2.1 Firmalara Öneriler

Çalışmanın bulguları, özel sektör firmalarının afet dönemlerinde yalnızca tedarikçi değil aynı zamanda kritik birer kriz yönetim aktörü olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda firmalar için öncelikli öneri, dijital teknolojilere yatırım yaparak sanal tedarik zinciri altyapısını güçlendirmeleridir. Bulut tabanlı sistemler, IoT tabanlı

izleme araçları ve yapay zekâ destekli tahminleme mekanizmaları sayesinde afet koşullarında talep dalgalanmalarına hızla yanıt verebilirler. Ayrıca firmaların, tedarik zinciri entegrasyonunu artırmaya yönelik iş birlikçi stratejiler geliştirmesi kritik önem taşımaktadır. Afet koşullarında tek başına hareket eden firmalar büyük riskler üstlenirken, ağ temelli koordinasyon ve bilgi paylaşımı, hem maliyetleri düşürmekte hem de çevikliği artırmaktadır. Bunun yanında, karmaşık tedarik zinciri yapılarının yönetimi için stratejik senaryo planlamaları yapılması önerilmektedir.

Bu çalışma, özel sektör firmalarının yalnızca birer tedarikçi değil, afet anında kritik birer "kriz yönetim aktörü" olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada firmaların tedarik zinciri karmaşıklık düzeylerine göre teknoloji yatırımlarını farklılaştırmaları gerektiği değerlendirilmektedir:

Teknoloji Yatırımları: Araştırmanın "Tedarik Zinciri Karmaşıklığı" (H9) bulgusuna dayanarak; çok sayıda tedarikçi ve ürün gamına sahip firmaların, insan inisiyatifine dayalı yönetimden ziyade yapay zeka destekli karar destek sistemlerine geçiş yapması bir tercih değil, operasyonel sürdürülebilirlik için bir zorunluluktur. Daha az karmaşık yapıdaki KOBİ'lerin ise yüksek maliyetli yatırımlar yerine, maliyet avantajlı çözümlere (AWS vb.) yönelmeleri önerilmektedir.

Sanal Envanter Paylaşımı: Firmaların, fiziksel stoklarını artırmak (safety stock) yerine "veri paylaşım kapasitelerini" artırmaları önerilmektedir. Afet öncesinde kamu kurumlarıyla yapılacak API (Uygulama Programlama Arayüzü) entegrasyonları sayesinde, afet anında fiziksel depolar zarar görse bile envanter verilerinin erişilebilir kalması sağlanabilir.

6.2.2 Araştırmacılara Öneriler

Bu araştırma, belirli bir örneklem üzerinde yürütülmüş olup, gelecekte farklı coğrafi ve sektörel bağlamlarda tekrar edilmesi önem arz etmektedir. Araştırmacılara yönelik en önemli öneri, sanal tedarik zinciri, teknolojik hazırlık ve entegrasyon gibi kavramların farklı afet türleri (deprem, sel, salgın, orman yangını vb.) üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı biçimde incelemeleridir. Ayrıca, blok zincir teknolojisi, artırılmış gerçeklik veya yapay zekâ destekli karar sistemleri gibi yeni nesil

teknolojilerin afet tedarik zincirlerine katkısı ampirik olarak araştırılmalıdır. Gelecek araştırmalarda, firmaların teknolojik yatırımlarının afet anında sağladığı ekonomik ve sosyal faydayı (Return on Investment - ROI) sayısal olarak ölçmelidir. Afet lojistiğinde sıkça yaşanan "güven" ve "şeffaflık" sorununa çözüm olabilecek akıllı sözleşmelerin ve blok zincir teknolojisinin insani yardım zincirindeki etkisi deneysel olarak incelenmelidir. Bunun yanında, gelecekte yapılacak çalışmaların kamu kurumları, STK'lar ve uluslararası örgütleri de kapsayacak şekilde daha geniş bir örneklemle yürütülmesi, genellenebilirliği yüksek bulgular elde edilmesini sağlayacaktır.

6.2.3 Afet Yönetim Kuruluşlarına Öneriler

Afet yönetimi kuruluşlarının öncelikli olarak dijital entegrasyon ve bilgi paylaşımı için standart platformlar geliştirmesi gerekmektedir. Bulgular, afet anında çevikliğin büyük ölçüde teknolojik hazırlık ve entegrasyon düzeyine bağlı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, ulusal düzeyde afet yönetim stratejilerine dijital tedarik zinciri bileşenleri entegre edilmelidir. Ayrıca, kuruluşların özel sektör ve tedarik zinciri hizmet sağlayıcılarıyla daha güçlü iş birliği mekanizmaları kurması, müdahalelerin etkinliğini artıracaktır. Ortak tatbikatlar ve simülasyon çalışmaları düzenlenerek kamu-özel sektör iş birliği sürekli test edilmeli ve geliştirilmelidir. Bunun yanında, afet sonrası süreçlerde yalnızca fiziksel lojistik değil, dijital lojistik koordinasyonu da planlamalara dahil edilmelidir.

Bu bağlamda oluşturulan öneriler şunlardır:

"Afet Lojistiği Yetkinlik Belgesi" ve Teşvik Sistemi: Özel sektörün dijital dönüşüm maliyetlerini azaltmak adına sanal tedarik zinciri altyapısını kuran ve verisini kamuyla paylaşmayı taahhüt eden firmalara vergi indirimi, sigorta primi avantajı veya kamu ihalelerinde öncelik gibi teşvikler sağlanabilir.

Dijital Veri Köprüsü: Ulusal afet stratejilerine, firmaların stok ve lojistik verilerini anlık olarak afet yönetim merkezlerine aktarabileceği, Sanayi Sicil Bilgi Sistemi ile entegre çalışan standart bir "Ulusal Afet Lojistiği Veri Protokolü" eklenebilir.

6.2.4 Tedarik Zinciri Hizmet Sağlayıcılarına Öneriler

Afet koşullarında lojistik hizmet sağlayıcılarının rolü yalnızca fiziksel taşıma ve depolama operasyonlarıyla sınırlı değildir; aynı zamanda dijital omurga oluşturarak afete özel çözümler geliştirme kapasitesi de kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda öncelikli öneri, AWS, Azure veya Google Cloud benzeri bulut tabanlı platformlara entegre afet lojistiği modülleri geliştirilmesidir. Örneğin, gerçek zamanlı envanter takibi, afet bölgelerine göre dinamik rota optimizasyonu, yapay zekâ destekli talep tahmini ve mobil uygulamalar üzerinden kriz anında erişilebilir izleme panelleri sunulması, afet yönetimi zincirinin hızını ve şeffaflığını artıracaktır.

Ayrıca, hizmet sağlayıcıların lojistik veri merkezleri oluşturarak, afet sırasında kamu kurumları, STK'lar ve özel sektörün aynı platform üzerinden operasyonlarını koordine etmesine imkân tanıyacak çok paydaşlı dijital ekosistemler geliştirmesi önerilmektedir. Bu tür çözümler, farklı aktörlerin kullandığı ortak sistemler arasında standartlaştırılmış veri paylaşımı sağlayarak bilgi asimetrisini en aza indirecektir.

Bunun yanında, hizmet sağlayıcıların yapay zekâ tabanlı karar destek sistemleri ile hasar ve etkilenen insan öngörüsü yaparak hangi malzemenin, hangi bölgeye, hangi rota üzerinden, hangi öncelikle gönderileceğini otomatik olarak önerebilecek algoritmalar geliştirmesi; IoT sensörleri ve blokzincir entegrasyonu aracılığıyla malzeme akışının uçtan uca izlenebilir hale getirilmesi, afet yönetiminde güven ve hızın artırılmasına katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). *Türkiye'de Afetler*. [Çevrim-içi: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf], Erişim tarihi: 3 Ağustos 2025.

Agi, M. A., & Jha, A. K. (2022). Blockchain technology in the supply chain: An integrated theoretical perspective of organizational adoption. *International Journal of Production Economics*, 247, 108458.

Ahmadi, M., Seifi, A., & Tootooni, B. (2015). A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 75*, 145-163.

Ahmed, W., Najmi, A., Khan, F., & Aziz, H. (2019). Developing and analyzing framework to manage resources in humanitarian logistics. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 9*(2), 270-291.

Akbari, M., Ha, N., & Kok, S. (2022). A systematic review of AR/VR in operations and supply chain management: maturity, current trends and future directions. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing, 15*(4), 534-565.

Anvari, M., Anvari, A., & Boyer, O. (2023). A prepositioning model for prioritized demand points considering lateral transshipment. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 13*(4), 433-455.

Aryal, A., Liao, Y., Nattuthurai, P., & Li, B. (2020). The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review. *Supply Chain Management: An International Journal, 25*(2), 141-156.

Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID Journal, 22*(7), 97-114.

Attaran, M. (2020). Digital technology enablers and their implications for supply chain management. *Supply Chain Forum: An International Journal, 21*(3), 158-172.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks, 54*(15), 2787-2805.

Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Giannakis, M., & Foropon, C. (2023). Data-driven digital transformation and the implications for antifragility in the humanitarian supply chain. *International Journal of Production Economics,* 266, 109059.

Baramichai, M., Zimmers Jr, E. W., & Marangos, C. A. (2007). Agile supply chain transformation matrix: an integrated tool for creating an agile enterprise. *Supply Chain Management: An International Journal, 12*(5), 334-348.

Bargshady, G., Zahraee, S. M., Ahmadi, M., & Parto, A. (2016). The effect of information technology on the agility of the supply chain in the Iranian power plant industry. *Journal of Manufacturing Technology Management, 27*(3), 427-442.

Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research, 57*(15-16), 4719-4742.

Caridi, M., Crippa, L., Perego, A., Sianesi, A., & Tumino, A. (2010). Do virtuality and complexity affect supply chain visibility? *International Journal of Production Economics, 127*(2), 372-383.

Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A Systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics, 36*, 55–81.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2025). *EM-DAT: Uluslararası Afet Veritabanı*. [Çevrim-içi: https://www.emdat.be/], Erişim tarihi: 3 Ağustos 2025.

Chari, F., & Novukela, C. (2023). The influence of information and communication technologies on disaster relief operations: a case of Cyclone Idai in Zimbabwe. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 13*(4), 399-409.

Choi, T. M. (2018). A system of systems approach for global supply chain management in the big data era. *IEEE Engineering Management Review, 46*(1), 91-97.

Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre, S. G., & Bian, L. (2017). Drones for disaster response and relief operations: A continuous approximation model. *International Journal of Production Economics,* 188, 167–184.

Christopher, M. (1992). *Logistics and supply chain management: Strategies for reducing costs and improving services*. Financial Times.

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management*. Pearson UK.

Chukwuka, O. J., Ren, J., Wang, J., & Paraskevadakis, D. (2023). A comprehensive research on analyzing risk factors in emergency supply chains. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 13*(3), 249-292.

Collin, J., & Lorenzin, D. (2006). Plan for supply chain agility at Nokia: Lessons from the mobile infrastructure industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 36*(6), 418-430.

Colvin, G. (2022, 30 Kasım). *How Amazon grew an awkward side project into AWS, a behemoth that's now 4 times bigger than its original shopping business*. Fortune. [Çevrim-içi: https://fortune.com/longform/amazon-web-services-ceo-adam-selipsky-cloud-computing], Erişim tarihi: 17 Ağustos 2025.

Cozzolino, A. (2012). *Humanitarian logistics: Cross-sector cooperation in disaster relief management*. Springer.

Dubey, R., Bryde, D. J., Blome, C., Roubaud, D., & Giannakis, M. (2021a). Facilitating artificial intelligence powered supply chain analytics through alliance management during the pandemic crises in the B2B context. *Industrial Marketing Management,* 96, 135-146.

Dubey, R., Bryde, D. J., Dwivedi, Y. K., Graham, G., & Foropon, C. (2022). Impact of artificial intelligence-driven big data analytics culture on agility and resilience in humanitarian supply chain: A practice-based view. *International Journal of Production Economics,* 250, 108618.

Dubey, R., Bryde, D. J., Foropon, C., Tiwari, M., Dwivedi, Y., & Schiffling, S. (2021b). An investigation of information alignment and collaboration as complements to supply chain agility in humanitarian supply chain. *International Journal of Production Research, 59*(5), 1586-1605.

Dubey, R., Luo, Z., Gunasekaran, A., Akter, S., Hazen, B. T., & Douglas, M. A. (2018). Big data and predictive analytics in humanitarian supply chains: Enabling visibility and coordination in the presence of swift trust. *The International Journal of Logistics Management, 29*(2), 485-512.

Dura, B. S., Nadeem, S. P., Garza-Reyes, J. A., Alemu, A. E., Rostami Tabar, B., Zapata, D. H., & Kreie, A. (2026). The role of technology in developing resilient supply chains: a systematic literature review during the COVID-19 pandemic and the disruptions of economic sanctions. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, *16*(1), 27–49.

Eardley, A., Samdantsoodol, A., Yu, H., & Cang, S. (2018). Predicting the relationship between virtual enterprises in an agile supply chain through structural equation modeling. In L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, & Y. Rezgui (Eds.), *Collaborative networks of cognitive systems* (pp. 203–214). Springer.

Ergun, O., Karakus, G., Keskinocak, P., Swann, J., & Villarreal, M. (2010). Operations research to improve disaster supply chain management. In *Encyclopedia of operations research and management science* (Vol. 6, pp. 3802–3810). Wiley.

Fajardo, J. T. B., & Oppus, C. M. (2010). A mobile disaster management system using the android technology. *WSEAS Transactions on Communications, 9*(6), 343-353.

Falagara Sigala, I., Kettinger, W. J., & Wakolbinger, T. (2020). Digitizing the field: designing ERP systems for Triple-A humanitarian supply chains. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 10*(2), 231-260.

Fernández-Caramés, T., Blanco-Novoa, Ó., Froiz-Míguez, I., & Fraga-Lamas, P. (2019). Towards an Autonomous Industry 4.0 Warehouse: A UAV and Blockchain-Based System for Inventory and Traceability Applications in Big Data-Driven Supply Chain Management. *Sensors, 19*(10), 2394.

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics, 2*(1), 2.

Ganesh, A. D., & Kalpana, P. (2022). Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management–A systematic review. *Computers & Industrial Engineering,* 169, 108206.

Ghelichi, Z., Gentili, M., & Mirchandani, P. (2024). A simulation-based performance evaluation model for decision support on drone location and delivery scheduling. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 14*(3), 304-327.

Gimenez, C., Van Der Vaart, T., & Pieter van Donk, D. (2012). Supply chain integration and performance: the moderating effect of supply complexity. *International Journal of Operations & Production Management, 32*(5), 583-610.

Goldman, S. L., Nagel, R. N., & Preiss, K. (1995). *Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching the customer* (Vol. 8). Van Nostrand Reinhold.

Grigoli, G. D. A., Silva Júnior, M. F. D., & Pedra, D. P. (2024). Challenges and perspectives for humanitarian logistics: a comparative study between the Democratic Republic of Congo, the Central African Republic and the Republic of South Sudan. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 14*(4), 384-398.

Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. (2015). Supply chain resilience: role of complexities and strategies. *International Journal of Production Research, 53*(22), 6809-6819.

Hashem, G., & Aboelmaged, M. (2024). The dynamic interplay of knowledge management, innovation and learning capabilities in digital supply chain

adoption: a mediation-moderation model. *Benchmarking: An International Journal*, *32*(8), 2911–2941.

Ho, D. C., Au, K. F., & Newton, E. (2003). The process and consequences of supply chain virtualization. *Industrial Management & Data Systems, 103*(6), 423-433.

Hofmann, E. (2017). Big data and supply chain decisions: the impact of volume, variety and velocity properties on the bullwhip effect. *International Journal of Production Research, 55*(17), 5108-5126.

Hosseini, S. A., Mohammadi, L., Amirbagheri, K., & de la Fuente, A. (2023). Assessing humanitarian supply chain operations in the aftermath of the Kermanshah earthquake. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 13*(4), 378-398.

Huang, K., Wang, K., Lee, P. K., & Yeung, A. C. (2023). The impact of industry 4.0 on supply chain capability and supply chain resilience: A dynamic resource-based view. *International Journal of Production Economics,* 262, 108913.

Huddiniah, E., & ER, M. (2019). Product variety, supply chain complexity and the needs for information technology: A framework based on literature review. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal, 12*(4), 245-255.

Inman, R. A., & Green, K. W. (2023). Supply Chain Complexity and Traceability in Adverse Events Revisited: A COVID-19 Perspective. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 71, 7134-7146.

International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC). (t.y.). *What is a disaster?,* [Çevrim-içi: https://www.ifrc.org/our-work/disaster-risk-reduction/what-disaster], Erişim tarihi: 17 Ağustos 2025.

Iqbal, T., & Ahmad, S. (2022). Transparency in humanitarian logistics and supply chain: the moderating role of digitalisation. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 12*(3), 425-448.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı. (t.y.). *İstanbul Yangınları,* [Çevrim-içi: https://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istanbul-yanginlari.html], Erişim tarihi: 3 Ağustos 2025.

Jahani, H., Khosravi, Y., Kargar, B., Ong, K., & Arisian, S. (2024). Exploring the role of drones and UAVs in logistics and supply chain management: a novel text-based literature review. *International Journal of Production Research, 63*, 1873-1897.

Jeble, S., Kumari, S., Venkatesh, V. G., & Singh, M. (2020). Influence of big data and predictive analytics and social capital on performance of humanitarian supply chain: Developing framework and future research directions. *Benchmarking: An International Journal, 27*(2), 606-633.

Jiang, Y., & Yuan, Y. (2019). Emergency logistics in a large-scale disaster context: Achievements and challenges. *International journal of environmental research and public health, 16*(5), 779.

Kabra, G., Ramesh, A., Jain, V., & Akhtar, P. (2023). Barriers to information and digital technology adoption in humanitarian supply chain management: a fuzzy AHP approach. *Journal of Enterprise Information Management, 36*(2), 505-527.

Kandarkar, P. C., & Ravi, V. (2024). Investigating the impact of smart manufacturing and interconnected emerging technologies in building smarter supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management, 35*(5), 984-1009.

Kapil, D., Raut, R., Nayal, K., Kumar, M., & Akarte, M. M. (2025). A multisectoral systematic literature review of digital twins in supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, *32*(10), 3793–3824.

Kaya, S., & Yıldız, B. (2024). Tedarik zinciri ve lojistik operasyonlarında yeni eğilim: Blok zinciri teknolojisi. *Quantrade Journal of Complex Systems in Social Sciences, 6*(2), 217-228.

Khan, M., Lee, H. Y., & Bae, J. H. (2019). The role of transparency in humanitarian logistics. *Sustainability, 11*(7), 2078.

Koh, L., Orzes, G., & Jia, F. (2019). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management, 39*(6/7/8), 817-828.

Kovács, G., & Spens, K. M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International journal of physical distribution & logistics management, 37*(2), 99-114.

Kruczkiewicz, A., Klopp, J., Fisher, J., Mason, S., McClain, S., Sheekh, N. M., Moss, R., Parks, R. M., & Braneon, C. (2021). Compound risks and complex emergencies require new approaches to preparedness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(19), Article e2106795118.

Kumar Sharma, S., & Bhat, A. (2014). Modelling supply chain agility enablers using ISM. *Journal of Modelling in Management, 9*(2), 200-214.

Kumar, P., Sharma, D., & Pandey, P. (2022). Industry 4.0 (I4. 0) based virtual organization model for the coordination of sustainable textile supply chain. *American Business Review, 25*(1), 10.

Kumar, P., Sharma, D., & Pandey, P. (2023). Coordination mechanisms for digital and sustainable textile supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management, 72*(6), 1533-1559.

Kundu, T., Sheu, J. B., & Kuo, H. T. (2022). Emergency logistics management—Review and propositions for future research. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 164*, 102789.

Kunz, N., & Reiner, G. (2012). A meta-analysis of humanitarian logistics research. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 2*(2), 116-147.

Lee, H. L. (2004). The triple-A supply chain. *Harvard Business Review, 82*(10), 102-113.

Li, G., Lin, Y., Wang, S., & Yan, H. (2006). Enhancing agility by timely sharing of supply information. *Supply Chain Management: An International Journal, 11*(5), 425-435.

Li, L., Gong, Y., Wang, Z., & Liu, S. (2023). Big data and big disaster: A mechanism of supply chain risk management in global logistics industry. *International Journal of Operations & Production Management, 43*(2), 274-307.

Liu, K. P., & Chiu, W. (2021). Supply Chain 4.0: The impact of supply chain digitalization and integration on firm performance. *Asian Journal of Business Ethics, 10*(2), 371-389.

Long, Q. (2014). An agent-based distributed computational experiment framework for virtual supply chain network development. *Expert Systems with Applications, 41*(9), 4094-4112.

Lummus, R. R., & Vokurka, R. J. (1999). Defining supply chain management: A historical perspective and practical guidelines. *Industrial Management & Data Systems, 99*(1), 11-17.

Lüttenberg, M., Zienau, A., Wiens, M., Hansen, O., Diehlmann, F., & Schultmann, F. (2025). How to enhance company engagement in public-private emergency collaborations in the supply of essential goods. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 15*(1), 48-60.

Malhouni, Y., & Mabrouki, C. (2022). Humanitarian and traditional supply chains: An in-depth comparison for better cross-learning. In *2022 14th International*

Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA) (pp. 1–7). IEEE.

Meidute-Kavaliauskiene, I., Yıldız, B., Çiğdem, Ş., & Činčikaitė, R. (2021). An integrated impact of blockchain on supply chain applications. *Logistics, 5*(2), 33.

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics, 22*(2), 1-25.

Metwally, A., Ali, H., Aly, S., & Ali, M. (2024). The interplay between digital technologies, supply chain resilience, robustness and sustainable environmental performance: does supply chain complexity matter? *Sustainability, 16*(14), 6175.

Milovanovic, G., Milovanovic, S., & Spasic, T. (2016). The role of contemporary web technologies in supply chain management. *Ekonomika, Journal for Economic Theory and Practice and Social Issues, 62*(1), 43-58.

Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics: Research and Applications, 13*(1), 13-39.

Modgil, S., Singh, R. K., & Foropon, C. (2022a). Quality management in humanitarian operations and disaster relief management: A review and future research directions. *Annals of Operations Research, 319*(1), 1045-1098.

Modgil, S., Singh, R. K., & Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: Learning from Covid-19. *The International Journal of Logistics Management, 33*(4), 1246-1268.

Monios, J., & Bergqvist, R. (2015). Using a "virtual joint venture" to facilitate the adoption of intermodal transport. *Supply Chain Management: An International Journal, 20*(5), 534-548.

Mutebi, H., Muhwezi, M., & Munene, J. C. K. (2021). Self-organisation and supply chain agility: Empirical evidence from humanitarian relief operations in a developing country. *International Journal of Emergency Services, 10*(3), 390-411.

Negi, S., & Negi, G. (2021). Framework to manage humanitarian logistics in disaster relief supply chain management in India. *International Journal of Emergency Services, 10*(1), 40-76.

Noori, N. S., & Weber, C. (2016). Dynamics of coordination-clusters in long-term rehabilitation. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 6*(3), 296-328.

Nugraha, A. T., & Hakimah, Y. (2019). Role of relational capabilities on the supply chain performance of Indonesian textile sector with moderating effect of technology adoption. *International Journal of Supply Chain Management, 8*(5), 509-522.

Oloruntoba, R., & Gray, R. (2006). Humanitarian aid: An agile supply chain? *Supply Chain Management: an international journal, 11*(2), 115-120.

Omara, H., Halim, T. A., & Madkour, T. (2021). Virtual supply chain and countries legal framework: Literature review and institutional implications. *Global Business & Management Research, 13*(3), 320.

Othmen, M. B. (2024). The role of emerging technologies in enhancing transparency in humanitarian logistics: Systematic literature review between 2010 and 2023. *Advanced Logistic Systems-Theory and Practice, 18*(1), 55-61.

Otto, A., Agatz, N., Campbell, J., Golden, B., & Pesch, E. (2018). Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey. *Networks, 72*(4), 411–458.

Papadopoulos, T., Gunasekaran, A., Dubey, R., Altay, N., Childe, S. J. ve Wamba, S. F. (2017). The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability. *Journal of Cleaner Production, 142*, 1108-1118.

Parasuraman, A., & Colby, C. L. (2015). An updated and streamlined technology readiness index: TRI 2.0. *Journal of service research, 18*(1), 59-74.

Park, K. M. (2021). Navigating the digital revolution and crisis times: Humanitarian and innovation-inspired leadership through the pandemic. *Journal of Strategy and Management, 14*(3), 360-377.

Pilemalm, S., Follin, A., & Prytz, E. (2025). Digitalized co-production of emergency response: ICT-enabled dispatch and coordination of volunteers at the emergency site. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 15*(1), 34-47.

Piya, S., Shamsuzzoha, A., Khadem, M., & Al-Kindi, M. (2017). Supply chain complexity drivers and solution methods. *International Journal of Supply Chain Management, 6*(4), 43-50.

Power, D. (2005). Supply chain management integration and implementation: A literature review. *Supply Chain Management: An International Journal, 10*(4), 252-263.

Rabta, B., Wankmüller, C., & Reiner, G. (2018). A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 28, 107-112.

Rejeb, A., Keogh, J. G., & Treiblmaier, H. (2019). Leveraging the internet of things and blockchain technology in supply chain management. *Future Internet, 11*(7), 161.

Rodríguez-Espíndola, O., Chowdhury, S., Beltagui, A., & Albores, P. (2020). The potential of emergent disruptive technologies for humanitarian supply chains: The integration of blockchain, artificial intelligence and 3D printing. *International Journal of Production Research, 58*(15), 4610-4630.

Rojas Trejos, C. A., Meisel, J. D., & Adarme Jaimes, W. (2023). Humanitarian aid distribution logistics with accessibility constraints: A systematic literature review. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 13*(1), 26-41.

Romero-Mancilla, M. S., Hernandez-Ruiz, K. E., & Huerta-Muñoz, D. L. (2024). A multiobjective mathematical model for a humanitarian logistics multimodal transportation problem. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 14*(3), 247-261.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Prentice Hall.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research, 57*(7), 2117-2135.

Samadhiya, A., Yadav, S., Kumar, A., Majumdar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., & Upadhyay, A. (2023). The influence of artificial intelligence techniques on disruption management: Does supply chain dynamism matter? *Technology in Society,* 75, 102394.

Scholten, K., Sharkey Scott, P., & Fynes, B. (2010). (Le) agility in humanitarian aid (NGO) supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 40*(8/9), 623-635.

Shakibaei, H., Moosavi, S. A., Aghsami, A., & Rabbani, M. (2024). Designing a sustainable-resilient humanitarian supply chain for post-disaster relief process,

an earthquake case study in Haiti. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, *14*(4), 349–368.

Shambayati, H., Shafiei Nikabadi, M., Khatami Firouzabadi, S. M. A., Rahmanimanesh, M., & Saberi, S. (2023). Optimization of virtual closed-loop supply chain under uncertainty: Application of IoT. *Kybernetes, 52*(5), 1745-1777.

Shareef, M. A., Dwivedi, Y. K., Mahmud, R., Wright, A., Rahman, M. M., Kizgin, H., & Rana, N. P. (2019). Disaster management in Bangladesh: Developing an effective emergency supply chain network. *Annals of Operations Research, 283*(1), 1463-1487.

Shrivastav, S. K., & Bag, S. (2024). Humanitarian supply chain management in the digital age: A hybrid review using published literature and social media data. *Benchmarking: An International Journal, 31*(7), 2267-2301.

Singh, R. K. (2025). Leveraging technology in humanitarian supply chains: Impacts on collaboration, agility and sustainable outcomes. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 15*(2), 61-73.

Sinha, A., Kumar, P., Rana, N. P., Islam, R., & Dwivedi, Y. K. (2019). Impact of internet of things (IoT) in disaster management: A task-technology fit perspective. *Annals of Operations Research, 283*(1), 759-794.

Swierczek, A., & Kisperska-Moron, D. (2016). The role and attributes of manufacturing companies in virtual supply chains. *The International Journal of Logistics Management, 27*(2), 511-532.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023, 8 Şubat). *Uydu, İHA'lar ve dronelerle depremde yıkılan binalarda hasar tespiti yapılıyor* [Basın bülteni]. [Çevrim-içi: https://csb.gov.tr/uydu-ihalar-ve-dronelerle-depremde-yikilan-binalarda-hasar-tespiti-yapiliyor-bakanlik-faaliyetleri-38417], Erişim tarihi: 4 Ağustos 2025.

Tarokh, M. J., & Tayebi, A. (2005, Eylül). A new approach to virtual supply chain management. *Proceedings of the Engineering Management Conference, IEEE International* (pp. 419-426).

Tickle, M., Schiffling, S., & Verma, G. (2024). Enhancing AAA capabilities in humanitarian supply chains through 4PL adoption. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 14*(4), 445-469.

Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain? *Procedia Manufacturing,* 13, 1175-1182.

Ullrich, C. A. (2014). *Issues in supply chain scheduling and contracting*. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Umar, M., Wilson, M., & Heyl, J. (2021). The structure of knowledge management in inter-organisational exchanges for resilient supply chains. *Journal of Knowledge Management, 25*(4), 826-846.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2017). *The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. "Disaster"*, [Çevrim-içi: https://www.undrr.org/terminology/disaster], Erişim tarihi: 2 Ağustos 2025.

Usoro, A., Edema, A., Okon, A., & Otiwa, J. (2023). Supply chain management and performance of rubber production firms: The moderating role of ınformation technology. *Journal of Management Science, 24*(2), 373-381.

Van Hoek, R. (2001). E-supply chains–virtually non-existing. *Supply Chain Management: An International Journal, 6*(1), 21-28.

Van Hoek, R., Harrison, A., & Christopher, M. (2001). Measuring agile capabilities in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management, 21*(1-2), 126-148.

Van Wassenhove, L. N. (2006). Blackett memorial lecture. Humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society, 57*(5), 475–489.

Verdouw, C. N., Beulens, A. J., Reijers, H. A., & van der Vorst, J. G. (2015). A control model for object virtualization in supply chain management. *Computers in Industry,* 68, 116-131.

Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2022). Industry 4.0 and the supply chain digitalisation: A blockchain diffusion perspective. *Production Planning & Control, 33*(2-3), 193-210.

Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2017). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. *Journal of Business Research,* 70, 356-365.

Wang, E. T., Tai, J. C., & Wei, H. L. (2006). A virtual integration theory of improved supply-chain performance. *Journal of Management Information Systems, 23*(2), 41-64.

Wang, M., Liu, J., Wang, H., Cheung, W. K., & Xie, X. (2008). On-demand e-supply chain integration: A multi-agent constraint-based approach. *Expert Systems With Applications, 34*(4), 2683-2692.

Wang, Y., & Wang, D. (2015). Multi-agent based intelligent supply chain management. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Management Science and Engineering Management* (pp. 305–312). Springer.

World Health Organization (WHO). (2024). *WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard*, [Çevrim-içi: https://covid19.who.int/], Erişim tarihi: 2 Ağustos 2025.

Xue, X., Dou, J., & Shang, Y. (2021). Blockchain-driven supply chain decentralized operations–information sharing perspective. *Business Process Management Journal, 27*(1), 184-203.

Yıldırım, G. (2023, 9 Şubat). *Aksungur İHA ile deprem bölgesine baz istasyonu hizmeti*. Anadolu Ajansı, [Çevrim-içi: https://www.aa.com.tr/tr/gundem/aksungur-iha-ile-deprem-bolgesine-baz-istasyonu-hizmeti/2812580], Erişim tarihi: 5 Ağustos 2025.

Yıldız, B., & Çetindaş, A. (2020). Tedarik zinciri entegrasyonunun firma performansı üzerindeki etkisinde tedarik zinciri esnekliği ve tedarik zinciri çevikliğinin aracı rolü. *Verimlilik Dergisi*, 3, 175-199.

Yıldız, B., & Sayın, B. (2020). Tedarik zinciri bilgi yönetiminin tedarik zinciri performansı üzerindeki etkisinde tedarikçi entegrasyonunun aracı rolü. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 47, 347-374.

Zarei, H., Baharmand, H., Bashiri, M., & Madanian, S. (2024). Technological advancements in humanitarian aid. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 109, 104527.

Zhao, L., Huo, B., Sun, L., & Zhao, X. (2013). The impact of supply chain risk on supply chain integration and company performance: A global investigation. *Supply Chain Management: An International Journal, 18*(2), 115-131.

EKLER

EK A Anket Formu

Sayın Katılımcı, Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Doktora Programı kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı, afet yönetimi konusunda tedarik zincirinin nasıl işlediğini, bileşenler arasındaki etkileşimleri ve bunun sonuçlarını tedarikçiler özelinde analiz ederek, potansiyel problemleri ve iyileştirme alanlarını belirlemeyi, gelişen teknolojilerin tedarik zincirine etkilerini, yeni potansiyel kullanım alanlarını belirlemektir. Bu anketten elde edilecek veriler doktora tez çalışmasının uygulama bölümü için kullanılacak olup kesinlikle gizli tutulacak ve üçüncü kişilerle asla paylaşılmayacaktır. Ankete katılım tamamen gönüllülük esasına göredir. Arzu ettiğiniz an anketi doldurmayı sonlandırabilirsiniz. Lütfen anketi eksiksiz doldurunuz.

Desteğinizden dolayı teşekkür eder, çalışmalarınızda başarılar dileriz.

1. İşletmeniz Kaç Yıldır Faaldir?.....

2. İşletmenizin Ana Faaliyet Kodu (NACE_rev2) nedir?

a) 10-Gıda Ürünlerinin İmalatı b) 11- İçeceklerin İmalatı c) 13-Tekstil Ürünlerinin İmalatı d) 14- Giyim Eşyalarının İmalatı e) 21-Temel Eczacılık Ürünlerinin ve Eczacılığa İlişkin Malzemelerin İmalatı f) 29- Barınma Amaçlı Konteyner, Karavan veya Seyyar Hizmet Ünitesi İmalatı g) 46-Toptan Ticaret h) 47-Perakende Ticaret i) Diğer Faaliyet Kolları……

3. İşletmenizin Büyüklüğü nedir?

a) Mikro İşletme b) Küçük İşletme c) Orta Büyüklükte İşletme d) Büyük İşletme

4. İşletmenin Hukuki Statüsü nedir?

a) Şahıs İşletmesi (Tek Şahıs, Adi Ortaklık, Kollektif ve Komandit Şirketler) b) Sermaye İşletmesi (Anonim ve Limited Şirketler)

5.İşyerindeki göreviniz?

a) İşçi / Memur / Çalışan b) Ustabaşı /Şef /Tekniker c)Mühendis / Orta Düzey Yönetici d) Üst Düzey Yönetici

6.İş Yerinde Çalışma Süreniz?

a) 0-5 yıl b)5-10 yıl c)10 yıl ve üzeri

7.İşletme Operasyonlarınızın Coğrafi Niteliğini Nasıl tanımlarsınız?

a) Bölgesel b) Ulusal c) Uluslararası

	(Cevaplamanızı 1=Kesinlikle Katılmıyorum 2=Katılmıyorum 3=Kararsızım 4=Katılıyorum 5=Kesinlikle Katılıyorum şeklinde yapınız.)					
	Sanal Tedarik Zincirinin Benimsenme Düzeyi					
1	İşletme içerisinde sanal teknolojileri her zaman kullanırız	1	2	3	4	5
2	Tedarikçilerimizin büyük bir bölümü ile sanal iletişim teknolojileri aracılığıyla işlem yapmaktayız	1	2	3	4	5
3	Tedarikçilerimizle sanal teknolojiler aracılığıyla yürüttüğümüz işlem hacmi yüksektir	1	2	3	4	5
4	Genel olarak tedarikçilerimizle yürüttüğümüz iş süreçlerinde her zaman sanal teknolojileri kullanırız	1	2	3	4	5
5	Müşterilerimizin büyük bir bölümü ile sanal teknolojiler aracılığıyla işlem yapmaktayız	1	2	3	4	5
6	Müşterilerimizle sanal teknolojiler aracılığıyla yürüttüğümüz işlem hacmi yüksektir	1	2	3	4	5
7	Genel olarak müşterilerimizle yürüttüğümüz iş süreçlerinde her zaman sanal teknolojileri kullanırız	1	2	3	4	5
	Teknolojik Hazırlık Düzeyi					
1	Teknoloji, işletmemize daha fazla hareket özgürlüğü sağlıyor.	1	2	3	4	5
2	Teknoloji, iş süreçlerimizi daha verimli tamamlamamızı sağlıyor.	1	2	3	4	5
3	Genel olarak, sektörümüzde yeni bir teknolojiyi ilk edinenler arasındayız.	1	2	3	4	5
4	Sektörümüzdeki yeni teknolojik gelişmeleri takip ediyoruz.	1	2	3	4	5
5	Bazen teknolojik yeniliklerin ortalama bir insan tarafından kullanılmak üzere geliştirilmediğini düşünüyoruz.	1	2	3	4	5
6	Firmalar iş süreçlerini yürütmek için teknolojiye fazlasıyla bağımlılar.	1	2	3	4	5
7	Yeni teknolojileri kullanma konusunda yetkin personele sahibiz.	1	2	3	4	5
	Afet Yönetimi Çevikliği					
1	Tedarik zinciri operasyonlarımızı ani karar alınması gereken durumlarda isteğimize göre yeniden organize edebiliriz	1	2	3	4	5
2	Ani durumlarda tedarik zinciri operasyonlarımızda uygulayabileceğimiz müdahale yelpazemiz geniştir	1	2	3	4	5
3	Afet gibi beklenmedik durumlarda teslim sürelerimizi hızlandırabiliriz	1	2	3	4	5
4	Çevrede oluşabilecek değişikliklere hızlıca yanıt verebiliriz	1	2	3	4	5
5	Yeni iş fırsatlarını hızlıca değerlendirebiliriz	1	2	3	4	5
6	Tedarik zinciri operasyonlarını yürütmekte başka firmalardan daha hızlıyız	1	2	3	4	5
7	Tedarik zinciri kararlarını ve yaşanabilecek değişiklikleri herhangi bir diğer firmadan daha hızlı uygularız	1	2	3	4	5
	Tedarik Zinciri Karmaşıklığı					
1	İşletmemiz çok sayıda tedarikçi ile iş yapmaktadır	1	2	3	4	5
2	Üretim ve operasyon süreçlerimiz diğer sektörlere kıyasla daha karmaşıktır.	1	2	3	4	5
3	İşletmemiz çok sayıda doğrudan müşteri ile iş yapmaktadır.	1	2	3	4	5
4	Ana tedarik zincirimiz çok karmaşıktır	1	2	3	4	5
5	Ana tedarik zincirimiz, birçok aktörü (tedarikçiler, lojistik hizmet sağlayıcıları vb.) ve/veya birçok lojistik/taşımacılık işlemi içerir.	1	2	3	4	5
6	Ana tedarik zincirimiz kendi içerisinde aktörlerin birbirine oldukça bağımlı olduğu bir ağ yapısındadır.	1	2	3	4	5
	Tedarik Zinciri Entegrasyonu					
1	Tedarikçilerimizle işbirlikçi ilişkiler sürdürüyoruz.	1	2	3	4	5
2	Tedarikçilerimizle uzun vadeli ilişkiler kuruyoruz.	1	2	3	4	5
3	Müşterilerimizle sık sık yakın temas halindeyiz.	1	2	3	4	5
4	Müşterilerimizle ortak olarak çalışıyoruz.	1	2	3	4	5
5	Müşterilerimizin ihtiyaçlarına son derece duyarlı olmaya çalışıyoruz.	1	2	3	4	5
6	İşletmemizdeki departmanlar sık sık birbirleriyle iletişim halindedir.	1	2	3	4	5
7	İşletmemizdeki fonksiyonlar (yönetim, üretim, tedarik, pazarlama gibi) birlikte iyi çalışır.	1	2	3	4	5
8	İşletmemizin fonksiyonları (yönetim, üretim, tedarik, pazarlama gibi) birbiri ile etkileşimli çalışmaktadır.	1	2	3	4	5