

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ *SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

LOJİSTİK 4.0 EKSENİNDE EN UYGUN LOJİSTİK BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN
SEÇİMİ: AHS VE TOPSIS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytullah SEZGİN

AĞUSTOS – 2019
GÜMÜŞHANE



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ *SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

LOJİSTİK 4.0 EKSENİNDE EN UYGUN LOJİSTİK BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN
SEÇİMİ: AHS VE TOPSIS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytullah SEZGİN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İskender PEKER

AĞUSTOS – 2019
GÜMÜŞHANE

KABUL ve ONAY

Doç. Dr. İskender PEKER danışmanlığında Beytullah SEZGİN tarafından hazırlanan “LOJİSTİK 4.0 EKSENİNDE EN UYGUN LOJİSTİK BİLGİ TEKNOLOJİSİNİN SEÇİMİ: AHS VE TOPSIS YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği / Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan

:Doç. Dr. İskender PEKER

Üye

:Doç. Dr. Salih YILDIZ

Üye

:Doç. Dr. Dilşad GÜZEL (ÜYE)

ONAY

Bu tez/...../..... tarihide Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ekrem CENGİZ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

BİLDİRİM

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “Lojistik 4.0 Ekseninde En Uygun Lojistik Bilgi Teknolojisinin Seçimi: AHS ve TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi” isimli bu çalışmanın, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve alıntı yaptığım tüm çalışmaların kaynakçada yer aldığını taahhüt eder, tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

☒	Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
☐	Tezim sadece Gümüşhane Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
☐	Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

22/ 08 /2019

Beytullah SEZGİN

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın konu seçimi başta olmak üzere görüş ve önerileriyle beni yönlendiren, kıymetli vaktini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. İskender PEKER' e sonsuz teşekkür ederim.

Değerli jüri üyesi hocalarımız Doç. Dr. Dilşad GÜZEL ve Doç. Dr. Salih YILDIZ' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olup benden desteğini ve emeğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Gümüşhane-2019
Beytullah SEZGİN

ÖZET

[SEZGİN, Beytullah]. Lojistik 4.0 Ekseninde En Uygun Lojistik Bilgi Teknolojisinin Seçimi: AHS ve TOPSIS Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2019, (XII+65)

Lojistik sektöründeki Endüstri 4.0 uygulamaları Lojistik 4.0 olarak adlandırılmaktadır. Lojistik işletmelerin sürdürülebilir rekabet ve maliyet avantajı sağlayabilmesi için doğru bilgi teknolojilerinin kullanılması önemlidir.

Bu çalışmada Lojistik 4.0 ekseninde kullanılan bilgi teknolojilerinin önceliklendirilerek Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek firmanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada Lojistik 4.0 kapsamındaki bilgi teknolojilerinin sınırları çizilmeye çalışılmıştır. Çalışmada bilgi teknolojilerinin sıralamalarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), lojistik firmalarının sıralanmasında ise Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre en uygun bilgi teknolojisi Yapay Zekâ ve teknolojik düzeyi en yüksek firma ise A'dır.

Anahtar Kelimeler: AHS, Lojistik 4.0, Lojistik Bilgi Teknolojileri, TOPSIS.

ABSTRACT

[SEZGİN, Beytullah]. Selection of the Most Convenient Logistics Information Technology on the Logistics 4.0 Axis: Evaluation with AHS and TOPSIS Method, Master Thesis 2019, (XII+65)

Industry 4.0 applications in the logistics sector are termed Logistics 4.0. It is important to use the right information technologies in order to provide sustainable competitive and cost advantage.

In this study, it is aimed that prioritization of information technologies used in Logistics 4.0 axis and to determine the company with the highest technological level Logistics 4.0. with this purpose, the limits of the information technologies within the scope of Logistics 4.0 were tried to determine. In the study, Analytical Hierarchy Process (AHP) was used to determine the rankings of information technologies, and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methods were used in the ranking of logistics companies. According to the results of the study, the most appropriate information technology is Artificial Intelligence and A firm has the highest technological level.

Keywords: Logistics 4.0, Logistics Information Technologies, AHP, TOPSIS

İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK

İÇ KAPAK

KABUL ve ONAY	II
BİLDİRİM	III
ÖNSÖZ.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLOLAR LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XII

GİRİŞ	1
-------------	---

BİRİNCİ BÖLÜM

1. LOJİSTİK 4.0 KAVRAMI VE LOJİSTİK BİLGİ TEKNOLOJİLERİ	2-18
1.1. Lojistik 4.0 Tanımı ve Önemi	2
1.2. Lojistik 4.0'ın Tarihsel Gelişimi	3
1.3. Türkiye’de Lojistik 4.0	4
1.4. Lojistikte Kullanılan Bilgi Teknolojileri	6
1.4.1. Lojistik 4.0 Kapsamındaki Bilgi Teknolojileri	7
1.4.1.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT)	7
1.4.1.1.1. Sipariş Yönetim Sistemi (Order Management System-OMS)	8
1.4.1.1.2. Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System-WMS)	8
1.4.1.1.3. Ulaştırma Yönetim Sistemi (Transportation Management System-TMS)	9
1.4.1.1.3.1. Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange-EDI). 10	
1.4.1.1.4. Araç Takip Sistemi (Vehicle Tracking System-VTS).....	10
1.4.1.1.5. Barkod ve Radyo Frekansı Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID).....	11
1.4.1.2. Siber – Fiziksel Sistemler (Cyber Physical System-CPS)	11

1.4.1.2.1. Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP)	12
1.4.1.3. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing)	13
1.4.1.4. Bulut Bilişim (Cloud Computing)	14
1.4.1.5. Büyük Veri Analizi (Big Data)	14
1.4.1.6. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)	15
1.4.1.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)	16
1.4.1.8. Simülasyon (Simulation)	16
1.4.1.9. Dikey ve Yatay Sistem Entegrasyonu (Vertical and Horizontal System Integration)	17
1.4.1.10. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)	18

İKİNCİ BÖLÜM

2. LOJİSTİK 4.0 BİLGİ TEKNOLOJİLERİNE YÖNELİK LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	19-35
2.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things (IoT))	19
2.1.1. Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)	23
2.1.2. Depo Yönetim Sistemi (WMS)	24
2.1.3. Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)	25
2.1.3.1. Elektronik Veri Değişimi (EDI)	25
2.1.4. Araç Takip Sistemi (VTS)	26
2.1.5. Barkod ve Radyo Frekansı Tanımlama (RFID)	26
2.2. Siber-Fiziksel Sistem (Cyber-Physical Systems (CPS))	27
2.2.1. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP)	30
2.3. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing)	30
2.4. Bulut Bilişim (Cloud Computing)	31
2.5. Büyük Veri Analizi (Big Data)	32
2.6. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)	33
2.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)	33
2.8. Simülasyon (Simulation)	34
2.9. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	34
2.10. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)	35-36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. METODOLOJİ	37-42
3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)	37
3.2. TOPSIS	42

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. UYGULAMA.....	55-62
4.1. AHS Yöntemi ile Lojistik 4.0 Ekseninde En Uygun Bilgi Teknolojisinin Belirlenmesi.....	56
4.1.1. Problemin Tanımlanması.....	56
4.1.2. Kriterlerin Belirlenmesi	56
4.1.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	58
4.2. TOPSIS Yöntemi ile Lojistik 4.0 Teknolojik Düzeyi En Yüksek Firma Seçimi ..	59
4.2.1. Karar Matrisinin Oluşturulması	60
4.2.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisi	60
4.2.3. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi	61
4.2.4. İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi.....	61
4.2.5. Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması	62
4.2.6. İdeal Çözüme Olan Yakınlığın Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması	62

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	64
KAYNAKÇA	70

ÖZGEÇMİŞ.....	84
----------------------	-----------

EK-1 Ana ve Alt Kriterlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Alt Kriter Ağırlıkları	71
--	-----------

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1. Lojistik Performans Endeksi Yıllara Göre Karşılaştırılması	5
Tablo 1. 2. Türkiye’de Sektöre Göre Endüstri 4.0 Yatırım Oranı	6
Tablo 3. 1. İkili Karşılaştırma Ölçeği.....	39
Tablo 3. 2. Ölçütlerin İkili Olarak Karşılaştırılması	39
Tablo 3. 3. İkili Karşılaştırma Matrisi.....	40
Tablo 3. 4. Rassal İndeks Değerleri	41
Tablo 4. 1. Çalışmada Kullanılan Ana ve Alt Kriterler	56
Tablo 4. 2. Kriterlerin Ağırlıkları.....	58
Tablo 4. 3. Puan Cetveli.....	60
Tablo 4. 4. Karar Matrisi.....	60
Tablo 4. 5. Normalize Edilmiş Karar Matrisi	61
Tablo 4. 6. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi.....	61
Tablo 4. 7. İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerlerinin	62
Tablo 4. 8. İdeal (S_i^*) ve Negatif İdeal (S_i^-) Ayrım Ölçüleri.....	62
Tablo 4. 9. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri ve Sıralanması	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. Lojistiğin Evrimi.....	3
Şekil 3. 1. AHS Hiyerarşik Yapısı	38
Şekil 4. 1. AHS-TOPSIS Tabanlı Karar Modeli Akış Şeması	55



KISALTMALAR LİSTESİ

AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
EDI	: Elektronik Veri Değişimi
OMS	: Sipariş Yönetim Sistemi
TMS	: Ulaştırma Yönetim Sistemi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VTŞ	: Araç Takip Sistemi
WMS	: Depo Yönetim Sistemi

GİRİŞ

Lojistik; nakliye, depolama ve dağıtım gibi fonksiyonları yerine getirerek farklı taraflar arasında malzeme, bilgi ve finansal akışları birleştirmek için önemli bir rol oynamaktadır. Lojistik bilişim sistemleri ve dijitalleşme hareketlerinin getirdiği bir sonuç olarak günümüz işletmeleri dördüncü toplumsal dönüşüm sürecinin getirdiği değişimleri yaşamaktadır.

İlk kez Hannover şehrindeki fuarda adını duyduğumuz Endüstri 4.0 lojistik işletmeleri de etkisi içine alarak lojistik sektörünün de etkilenmesine sebep olmuştur. Endüstri 4.0 ile gelişen yeni teknolojik çelişmelerin lojistik sektörüne uygulanmasıyla Lojistik 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Karmaşıkleşan lojistik süreçler ve gelişen teknolojik yaklaşımlar lojistik firmaların işleyişi, kurumsal yapısı, teknoloji düzeylerini değiştirmek zorunda bırakmıştır. Bu amaçla firmalar lojistik bilgi teknolojilerini de içinde barındıran Lojistik 4.0 yatırımlarını artırmaktadırlar.

Çalışmada Lojistik 4.0 ekseninde kullanılan lojistik bilgi teknolojilerinin önceliklendirilerek Lojistik 4.0 teknolojik düzeyine göre lojistik firmaların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada bütünleşik AHS-TOPSIS modeli kullanılmıştır. İlgili çalışmada bilgi teknolojilerinin sıralamalarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), lojistik firmasının belirlenmesinde ise Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinden faydalanılmıştır

Bu bağlamda çalışmanın birinci bölümünde Lojistik 4.0 kavramı ve Lojistik 4.0'ın içinde barındırdığı lojistik bilgi teknolojilerinin neler olduğu üzerinde durulmuş, böylece lojistik firmaların Lojistik 4.0 kapsamında kullanılması ve yatırım yapması gereken lojistik bilgi teknolojilerine dikkat çekilmiştir.

İkinci bölümde Lojistik 4.0 bilgi teknolojileri hakkında yapılmış olan literatürde ki çalışmalar açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde çalışmada kullanılacak bütünleşik AHS-TOPSIS yöntemlerinin işlem adımları detaylıca açıklanmıştır. Takip eden aşamada uygulama kısmına yer verilerek sonuç ve öneriler ile çalışma sonlandırılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. LOJİSTİK 4.0 KAVRAMI VE LOJİSTİK BİLGİ TEKNOLOJİLERİ

Lojistik bilişim sistemleri ve dijitalleşme hareketlerinin getirdiği bir sonuç olarak günümüz işletmeleri 4. Toplumsal dönüşüm sürecinin getirdiği değişimleri yaşamaktadır. Bu toplumsal dönüşüm süreci işletmeleri köklü değişiklikleri uygulamak zorunda bırakmaktadır (Öztemel ve Gürsev, 2018: 157). Çalışmamızın bu bölümünde lojistik yönetiminde gelişen yenilikçi yöntemler ve bilgi teknolojilerinin getirdiği yenilikçi çözümlerin sektör üzerindeki etkilerine dikkat çekilmektedir ve lojistik sektöründeki dördüncü dönüşüm sınırları çizilmeye çalışılmaktadır. Aynı zamanda lojistik sektöründe dördüncü dönüşüm sürecinde kullanılmakta olan bilgi teknolojileri ayrıntılı olarak incelenmektedir.

1.1. Lojistik 4.0 Tanımı ve Önemi

İlk kez Almanya' nın Hannover şehrindeki fuarda adını duyduğumuz Endüstri 4.0 ile gündeme gelen yenilikçi yaklaşım ve çözümler lojistik sektörünün de etkilenmesine sebep olmaktadır. Aslında Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne uygulanması "Lojistik 4.0" olarak tanımlanmaktadır (Göçmen ve Erol, 2018: 77). Bu gelişme ile tedarik ve lojistik sektöründe insan gücüyle yerine getirilen birçok operasyonel sistemler yerini akıllı araçlara ve robotlara bırakacaktır.

Verimliliği arttırmak için araçların otonom yönlendirilmesi ve rota optimizasyonlarının etkili yapılması artık bir zorunluluk olmuştur (Öztemel ve Gürsev,2018: 159). Lojistik 4.0 ile doğru ürün, doğru miktarda, doğru biçimde, doğru zamanda, doğru kaynakla, doğru yolla hatasız ve hızlı bir biçimde alıcısına ulaşabilecektir.

Lojistik 4.0, süreçleri kurumsal sınırlar boyunca entegre etmeyi ve optimum şekilde koordine etmeyi mümkün kılmaktadır. Başarılı olduğu zaman hem gelen hem de giden malzeme akışlarıyla ilgili lojistik sorunları önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Şirketler tüm ürün hatlarına ve süreçlerine ağ oluşturmak için Lojistik 4.0 kullanmaktadır (www.hannovermesse.de, 23.06.2019) Lojistik sektöründe

yer alan tüm alt kollar aynı oranda bu değişimden etkilenecektir (Öztemel ve Gürsev,2018: 159).

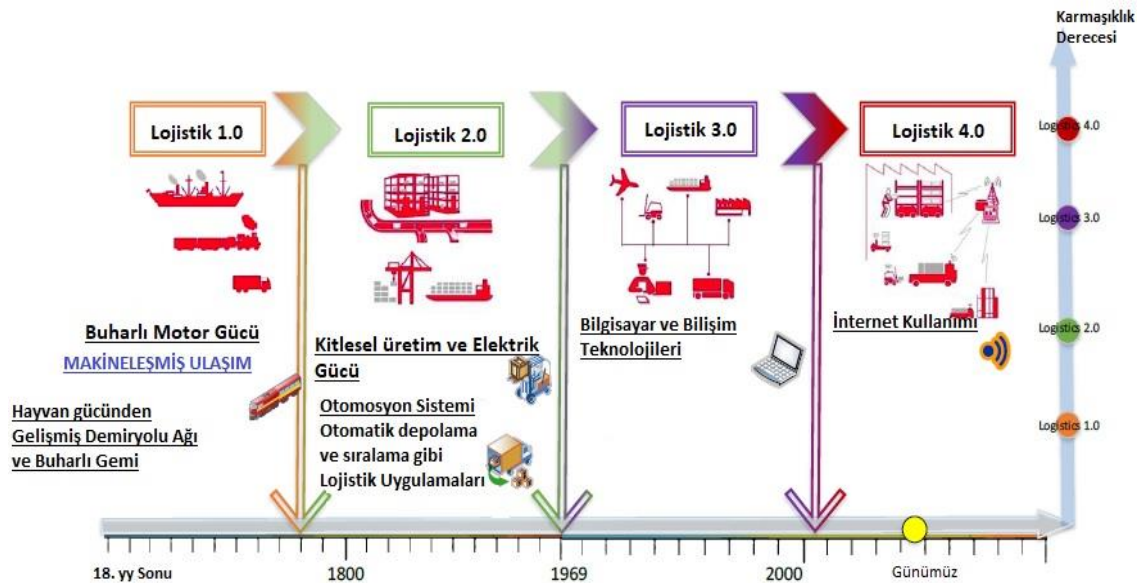
Kurum ve şirket yapısına uygun bir şekilde yerleştirilen yeni nesil lojistik sistemi, stok maliyetleri üzerinde önemli tasarruf sağlayacağı gibi taşıyıcıların izleyeceği daha kısa ve uygun güzergahlar sayesinde yakıt ve enerji verimliliği konusunda da büyük avantaj sunmaktadır (www.magg4.com, 23.06.2019).

Lojistik 4.0 bilgi-işlem ve iletişim teknolojilerinden faydalanarak tedarik zinciri işlevlerini ve şirketler arası koordinasyonu daha da ileriye taşımaktadır. Akıllı ve dijital olarak ağla birleştirilmiş sistemler sayesinde insanlar, makineler, tesisler, lojistik ve üretim doğrudan birbiriyle iletişim kurmaktadır. Lojistiği mümkün olduğunca erken tedarik zincirine entegre ederek, vaktinde üretim optimizasyonu sağlanmaktadır (Timocom, 2019).

1.2. Lojistik 4.0'ın Tarihsel Gelişimi

Lojistik 4.0' ın tarihsel gelişimini daha iyi anlamak için Endüstri Devrimleri' ni doğru bir şekilde analiz etmek gerekecektir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse lojistik gelişim süreci de endüstri gelişim süreci gibi dört aşamadan oluşmaktadır (Galindo, 2016:25-30).

Şekil 1. 1. Lojistiğin Evrimi



Kaynak: Galindo, 2016:25

Birinci endüstri devriminde (Endüstri 1.0) Lojistik 1.0, buharlı motor gücünün bulunmasıyla başlar. Bu dönemdeki en büyük buluş mucidi James Watt' dır. Tarımda makineleşme sayesinde üretimdeki verim artmıştır. İnsanlar için yeni çalışma alanı olan fabrikalar kurulmaya başlanılmıştır. Hayvan kuvvetinden yararlanma ve manuel araç kullanımı sayesinde yapılan taşımacılık ve üretim faaliyetleri yeni bir boyut kazanmıştır (Wang, 2016: 69). Enerjinin ve buharlı geminin bulunması lojistik faaliyetlerin karayolunda devam etmesinin yanında demiryolu ve denizyoluna kaymasına sebep olmuştur. Bu dönemde üreticiler pazarlama için “itme” stratejisini kullandığı için fazla stok bulundurma zorunluluğu insan gücüne dayalı depolama faaliyetleri doğurmuştur. Bu dönemde taşımacılık için karayolu, demiryolu, denizyolu kullanılmıştır.

İkinci endüstri devrimi (Endüstri 2.0) Lojistik 2.0, yeni teknolojik gelişmeler sonucu evrim olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda bu dönem endüstri mühendisliği dönemine geçiştir. Bu dönemin en büyük teknolojik gelişmeleri elektrik gücünün sanayide kullanılması ve seri üretim bantlarıdır. Yeni madenlerin ve çelik kullanımı ağır sanayinin kurulmasını ayrıca demiryolu ulaşım ağının büyümesine sebep olmuştur. Elektrik kullanımının artmasıyla depolarda aydınlatma ve ürünleri otomatik yerleştirme gibi sistemler kullanılmıştır.

Üçüncü endüstri devrimi (Endüstri 3.0) Lojistik 3.0' da, en büyük teknolojik gelişme transistör ve programlanabilir lojik kontrolördür. Devasa makineler, takım tezgâhları, CNC gibi yenilikler programlanabilir lojik kontrolör sayesinde kontrol edilmektedir (Galindo, 2016: 25). Bu dönemde bilgisayar kullanımının artmasıyla; sipariş yönetim sistemi, elektronik veri değişimi, radyo frekansı tanımla, depo yönetim sistemleri, WAN, LAN ağları, mobil haberleşme gibi teknolojik gelişmeler başlamıştır (Wang, 2016: 69).

Dördüncü endüstri devrimi (Endüstri 4.0) Lojistik 4.0'daki, yeni teknolojilerden bazıları ise; sürücüsüz araçlar, eklemeli (3D Printer) üretim, insansız hava araçları (İHA), drone kullanımı, akıllı objeler, bulut bilişim, büyük veri, otonom robotlardır (Ötleş ve Özyurt, 2016).

1.3. Türkiye’de Lojistik 4.0

Dünya Bankası tarafından 2007 yılında yapılmaya başlanılan Lojistik Performans Endeksi, ülkelerin ticaret yapabilme kabiliyetlerini ölçmeye yarayan bir endeks olarak

tanımlanmaktadır. Bu endeks ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemek için kullanılmaktadır (Demirbilek vd., 2018: 1). Lojistik Performans Endeksi; Tablo 1.1.'deki 2018 yılı verilerine göre Türkiye 160 ülke arasından 47. sırada yer almaktadır.

Tablo 1. 1. Lojistik Performans Endeksi Yıllara Göre Karşılaştırılması

Yıl	Sıra	LPI Puanı	Gümrük	Altyapı	Uluslararası Sevkiyat	Lojistik Hizmetlerin Kalitesi	Gönderilerin Takibi ve İzlenebilirliği	Gönderilerin Zamanında Teslimi
2007	30	3,15	3	2,94	3,07	3,29	3,27	3,38
2010	39	3,22	2,82	3,08	3,15	3,23	3,09	3,94
2012	27	3,51	3,16	3,62	3,38	3,52	3,54	3,87
2014	30	3,5	3,23	3,53	3,18	3,64	3,77	3,68
2016	34	3,42	3,18	3,49	3,41	3,31	3,39	3,75
2018	47	3,15	2,71	3,21	3,06	3,05	3,23	3,63

Kaynak: www.lojistikcilerinsesi.biz, 2019

Tabloda Türkiye'nin 2010'a göre 2012'de dünya sıralamasında 12 basamak ilerleyerek 27. sıraya yükseldiği fakat bu trendi devam ettiremediği görülmektedir. Bu dönemde en yüksek puan 3,63 ile gönderilerin zamanında teslimi ile alınmış olsa da bir önceki yıla göre düşüş yaşanmıştır. Gönderilerin takibi ve izlenebilirliği ise 3,23 ile en yüksek ikinci puan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gümrük kriteri ve LPI puanlarına göre, diğer ülkelere sunduğumuz lojistik hizmetleri iyileştirmemiz gerektiği de çıkarılabilecek diğer sonuçlardır.

Türkiye'nin üst sıralara yükselebilmesi için akıllı lojistik faaliyetlere, ulaştırma yönetim sistemleri gibi Endüstri 4.0 yansımalarına önemle yoğunluk vermelidir.

Bu düşünce doğrultusunda Türkiye'de faaliyette bulunan büyük lojistik firmaları lojistik 4.0' ın yansıması olan bulut bilişim, büyük veri, dikey yatay sistem entegrasyonu, sensörler, akıllı ulaşım sistemleri, depo yönetim sistemleri, radyo frekansı tanımlama gibi birçok alanda yatırım yapmaya başlamıştır.

Sürücüsüz TIR' dan sonra kaptansız gemiler, pilotsuz uçaklar, dronlarla teslimatlar lojistik sektöründe insansız araçlar dönemi yaşanmaktadır. Lojistik sektörü de Endüstri 4.0' ın avantajlarından yararlanmak, insandan kaynaklanan hataları azaltmak, verimliliği arttırmak yolunda ilerlemektedir. Yeşil lojistikle çevre dostu olan lojistik sektörü, küresel rekabet ortamında müşteri memnuniyetini arttırmak toplumsal fayda sağlamak, en kaliteli hizmeti sunmak için rakipleri ile yarışmaktadır (Adıgüzel, 2019: 6).

Tablo 1. 2. Türkiye’de Sektöre Göre Endüstri 4.0 Yatırım Oranı

Firma Sektörü	Endüstri 4.0 Yatırım Oranı
Sanayi ve Güvenlik	5
Otomotiv	5
Kimya	5
Elektronik	7
İnşaat ve Mühendislik	5
Paketleme ve Kâğıt	4
Metal	5
Sanayi Üretimi	4
Taşıma ve Lojistik	5

Kaynak: (MUSİAD, 2018:103)

Tablo 1.2.’deki bilgilere bakıldığında Sanayi 4.0 yatırımını en çok Elektronik Sektörünün yaptığını görmekteyiz. Taşıma ve Lojistik Sektörünün ise %5’lik yatırım oranıyla metal, inşaat ve mühendislik, kimya, otomotiv, sanayi ve güvenlik gibi büyük sektörlerle aynı oranda yatırım yaptığı görülmektedir. Bu doğrultuda Taşıma ve Lojistik sektörünün Lojistik 4.0 teknolojik yeniliklerine uyum sağlamak için büyük yatırım yaptığı ifade edilebilir.

Dünyada Lojistik sektörü hızlı değiştiği için Türkiye’deki firmalar da bu değişimden etkilenmektedir. Örneğin, Depo yönetim sistemleri için RFID ayrılmaz bir parça olmuştur. Yeni sanayi devrimi sonrası depo operasyonları otomatik hale getiren, çevrimiçi izlenebilen, sürekli raporlama imkânı sunan altyapılara sahip olmuştur. Ayrıca dronlar ile teslimat süreci başlamış olup depo içerisinde de kullanımıyla işçiler farklı işlere zaman ayırmaya başlamıştır. Ayrıca online satış işlemlerinin artması E-Lojistik kavramını doğurmuştur. Hızlı teslimat için kargo uçak kullanımı artmıştır. Bunun yanında bulut bilişim yatırım oranları büyük ölçüde artmaktadır (Öztemel ve Gürsev, 2018: 162).

1.4. Lojistikte Kullanılan Bilgi Teknolojileri

Gelişen uluslararası lojistik faaliyetler sonucu karmaşılaşan lojistik süreçlerin yönetilmesinde bilgi teknolojilerinin kullanımı vazgeçilemez unsur olmaktadır (Karadeniz ve Başaran, 2014: 240). “Bu karmaşıklıklara yönelik çözümler, daha çok bilgi

teknolojisi tabanlı ve yeni uygulamaların, platformların ve hizmetlerin geliştirilmesiyle mümkün olacaktır” (Yılmaz ve Duman, 2018: 198).

Bilgi teknolojileri kullanımı lojistik faaliyetler üzerine birtakım avantajlar sağlamaktadır (Miraldes vd., 2015: 126):

- Daha verimli sonuçlar elde edilmesine olanak sağlar.
- Genel olarak yapılan hataların azalmasına imkân tanır.
- İşletmelerde yürütülen süreçlerin kalitesini artırır.
- Memnuniyet duyma ve iş ilişkilerinde katılımı artırır.
- Örgütsel öğrenme ve örgütsel hafızayı artırır.
- Bazı ürün ve hizmetlerde yenilikçi çözümleri ve önemli kapasitelerin ortaya çıkmasını sağlar.
- Birtakım pazarlara erişim kolaylığı sağlar.
- Birtakım pazarlara giriş engellerinin kurulmasını sağlar.
- Dış ortamlardan veri toplamayı sağlar.

1.4.1. Lojistik 4.0 Kapsamındaki Bilgi Teknolojileri

Lojistik 4.0 kapsamındaki Bilgi Teknolojileri alt başlıkları oluşturulurken, DHL Augmented Reality Report (2015), DHL Logistics Trend Radar Report (2016), Galindo (2016), Alnıpak ve Alkan (2017), Barreto vd. (2017), Çelen (2017), Davutoğlu vd. (2017), DHL Logistics Trend Radar Report (2018), Göçmen ve Erol (2018), Kamali (2018), Kilic vd. (2018), Öztemel ve Gürsev (2018), Saatçioğlu vd. (2018), Şekkeli ve Bakan (2018), Vaidya vd. (2018), Adıgüzel (2019), Alcacer and Cruz-Maachado (2019), Büyüközkan ve Güler (2019), Lennon and Tomlin (2019), Tang and Veelenturf, (2019), Yılmaz ve Duman (2019) çalışmalarından yararlanılmıştır.

1.4.1.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT)

Nesnelerin interneti veya “Internet of Things” kavramı ilk kez Kevin Ashton tarafından tedarik zinciri yöneticilerinin dikkatini çekmek için 1999 yılında Procter & Gamble firması için yapmış olduğu sunumda kullanılmıştır (Ashton, 2009). Ancak tarihteki ilk nesnelerin internet, 1991 yılında Cambridge Üniversitesi’ndeki 15 akademisyen tarafından “XCoffee” adlı yazılımın “Truva odası cezve “adıyla bir kahve

cezvesinin görüntüsünün dakikada 3 kez güncel resmini internet üzerinden paylaşılmasıdır (www.cl.com.ac.uk, 18.06.2019).

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde dizüstü bilgisayar, tablet, telefonlar gibi internetin yeni kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Bugün çevremizde kahve makinaları, termostat, aydınlatma sistemleri, televizyon gibi pek çok nesnede kullanılabilir hale gelmiştir. Bu nesneler sahip olduğu sensör ve internet sayesinde birbiriyle iletişim kurabilmekte ve veri gönderebilmektedir. Bu durum nesnelerin interneti kavramını ortaya çıkarmış ve günümüzde cihazların birbiriyle etkileşim içinde olduğu bir dünyayı bize sunmaktadır.

Internet'in işletmelerde yaygın bir biçimde kullanılmasıyla lojistik sektöründe kullanılan bilgi teknolojileri yazılım ve uygulamaları, firmaları nesnelerin interneti yatırımlarını artırmaya itmektedir. Uluslararası ticaretin gelişmesi ile oluşan piyasa koşullarında lojistik süreçlerin yönetimi bilgi teknolojilerinin kullanımıyla kolaylaşmaktadır. Bu doğrultuda nesnelerin interneti ile filo yönetimi (Araç Takip Sistemleri), envanter yönetimi gibi stratejik işletme faaliyetlerini içeren depo yönetim sistemleri, ulaştırma yönetim sistemleri, sipariş yönetimi, elektronik veri değişimi gibi yazılım uygulamalarını içeren operasyonel programların kontrolü kolaylaşmıştır (MÜSİAD, 2017:77; Barreto vd., 2017:1248). Bu sistemler ve bunları destekleyen Barkod ve RFID kavramlarına aşağıda yer verilmiştir:

1.4.1.1.1. Sipariş Yönetim Sistemi (Order Management System-OMS)

Sipariş yönetim sistemi (Order Management System-OMS), ürün ve hizmetlerin yönetilmesiyle müşteri memnuniyetinin artırılmasına dayanan bir programdır. Bu program, sipariş edilen “ürünle ilgili, sipariş durumu, stok durumu, iade süreci ve iadelerin yönetimi ile ilgili genel bilgiler sunarak müşteri ihtiyaçlarının istenilen zamanda istenilen yere istenilen şekilde ulaştırılmasına yardımcı olur” (Ersoy, 2015: 11). Kısaca sipariş yönetimi, müşteri hizmet kalitesinin göstergesidir (Gürdal, 2006: 23).

1.4.1.1.2. Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System-WMS)

1970'lerden beri lojistik süreçleri desteklemek için depo ve stok yönetimi yazılımları kullanılmaktadır (Nettstrater vd., 2015: 4). Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System-WMS), herhangi bir depoda tutulan tüm bilgilerin ve

tüm depo süreçlerin elektronik olarak yönetildiği yazılımlara verilen isimdir. WMS, depo veya dağıtım merkezlerinde bulunan stokları, depolama kaynaklarını, ürünlerin depolanması için kullanılan ekipmanları, insan kaynağını ve bilgisayar teknolojisini birleştirerek tüm bu süreçlerin etkin ve verimli bir şekilde kontrol edilebilmesi ve yönetilmesini sağlar (Ertek ve Aba, 2012; 23).

WMS müşterilere; stok değerlerinin düşürülmesi, iş gücü verimliliğinin yükseltilmesi, RFID ve barkod sistemleriyle sevkiyatların doğruluğunun artırılması, müşteri ihtiyaçlarının kusursuz şekilde yerine getirilmesi, stok değerlendirme yöntemleri (FİFO, LİFO, vb.) ve özel koşullara sahip stokların izlenilmesi, birimler arası iletişim, işletmelerin maliyetlerini düşürerek gelirlerini artırmak gibi birtakım avantajlar sunar (Lojistik Platform, 2019).

WMS yazılımını kullanan müşteriler, depolama maliyetlerini azaltmak için daha fazla işlevsellik talep etmektedirler. Yazılım satıcıları bu istekler karşısında Depo Yönetim Sistemi yazılımlarını sürekli geliştirmektedirler. Sonuç olarak günümüzde WMS yazılımları ERP yazılımı, tedarik zinciri yönetimi yazılımının yanında siparişleri etkin bir şekilde yerine getirme, siparişleri alma ve nakliye yönetimi gibi ek işlevsellikler sunmaktadır (Nettstraeter vd., 2015: 4).

1.4.1.1.3. Ulaştırma Yönetim Sistemi (Transportation Management System-TMS)

1990'lı yılların sonuna doğru uluslararası ve birbiriyle bağlantılı lojistik faaliyetlerin artması ve karmaşıklığı Ulaştırma Yönetim Sistemi yazılımına olan ihtiyacı doğurmuştur (Nettstraeter vd., 2015: 5). Bu kavram, İngilizce “Transportation Management System (TMS)” olarak adlandırılmış olup Türkçe literatürde ise “Ulaştırma Yönetim Sistemi, Nakliye Yönetim Sistemi, Taşımacılık Yönetim Sistemi” olarak kullanılmaktadır. TMS, ulaşım türlerinin seçimi, yüklerin planlanması, taşınacak ürünlerin diğerleriyle birleştirilebilmesini sağlamak, maliyetleri azaltmak, ulaşım araçlarının rotalarını belirlemek ve bunların en optimal kullanılmasını içeren yazılımlar olarak tanımlanmaktadır (Adıgüzel, 2005: 66).

TMS yazılımlarının işletmelere; ürünlerin sevkiyat maliyetlerini düşürmek, siparişlerin karşılama sürelerini azaltmak, müşterilere sunulan hizmet seviyesini artırmak

ve kuruluşların aktiflerini daha verimli kullanmasına olanak sağlamak gibi birtakım avantajlar sunmaktadır (Cengiz, 2006: 35-36).

TMS yazılımları veya modülleri, operasyonel seviyede ulaşma odaklanır. Bu yazılımlar, ürünlerin teslimatında hangi yolların ve rotaların kullanılarak ulaştırılacağı gibi stratejik kararları “Optimum Dağıtım Planlama” yazılımlarından, dağıtım süreçlerini ise “Satış/Dağıtım Yönetimi” yazılımlarından alırlar (Ertek ve Aba, 2012; 25).

Elektronik Veri Değişimi (EDI), TMS ile veri alışverişi ve veri aktarımını sağlamaktadır (Göçmen ve Erol, 2018:78).

1.4.1.1.3.1. Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange-EDI)

1960’lı yıllarda demiryolu ve havayolu gibi ulaşım araçlarını kullanan firmaların kâğıt üzerine dayalı iş süreçlerinin iyileştirilmesinde Elektronik Veri Değişiminin ilk uygulama adımları atılmıştır (Altaş,2019). EDI, işletme içindeki bilgilerin standart bir biçimde süreçler arası iletişimi olarak tanımlanır (Choudhary vd., 2011: 323). Bir başka tanıma göre; yapılandırılmış iş yönetimi modeli veya bilgi veri yapısı oluşturmak amacıyla, genel kabul görmüş standart bir elektronik formda bilgilerin ticari veya sivil kuruluşlar arasında değiş tokuşunu ifade eder (Xuhua, 2008: 2187). Ersoy (2015)’ a göre ise EDI “veri ve bilgilerin işletmeler arasında bilgisayarlar aracılığı ile değişimini sağlayan programdır”.

EDI, işin yapılabilmesini basitleştirmek, iş süreçlerini kısaltmak, operasyonel giderleri azaltmak, faturalardaki hata veya eksikliklerin sebep olabileceği zararları düşürmek, kurumsal yönetim sistemine bağlanılabilme ve bu sistemi destekleme, rekabet durumunda işletmeyi güçlendirmek gibi amaçlar için kullanılır (Xie and Rui, 2010: 1091).

1.4.1.1.4. Araç Takip Sistemi (Vehicle Tracking System-VTS)

Araç takip sistemi (Vehicle Tracking System-VTS) kendisi için önceden belirlenmiş, Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System – GPS) ile aracın konumunu gösteren sistemlerdir. Bu sistemlerde; işlemci, bellek, GPS, GSM gibi yardımcı modüller kullanılmaktadır (Arslan vd., 2016: 447).

Günümüzde VTS uygulamaları, yakıt maliyetlerinin düşürülmesi, anlık trafik yoğunluğunu izleyerek rota belirlemek, araçlarda bulunan yük taşıma konteynerlerin iç

sıcaklığı ya da güvenlik amaçlı kapı kilidi kontrolü gibi bilgilere ulaşmak için kullanılmaktadır (MUSİAD, 2018: 96). Bunun yanı sıra VTS; araçların anlık hız raporları, kullandıkları yakıt miktarı ve durumu, arıza bilgisi, bakım-onarım zamanları, hız sınırlarını ihlal edip etmediği, mola süreleri gibi tüm bilgilere anlık olarak erişebilmekte ya da geçmişe yönelik raporlayabilmektedir (Güler, 2016: 66-67).

1.4.1.1.5. Barkod ve Radyo Frekansı Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID)

Barkod sistemi 1952 yılında bulunmuştur. Bulunan bu yeni teknolojiyi diğer tüm sektörler gibi lojistik sektörü de kullanmaya başlamıştır. Barkod, farklı kalınlıktaki dik çizgi ve bu çizgiler arasındaki boşluklar ile oluşturulan kodların taranmasıyla verilerin bilgisayar sistemine aktarılmasını sağlayan bir yöntemdir (MUSİAD, 2018: 82).

Radyo Frekans Tanımlama (Radio Frequency Identification, RFID) barkod teknolojisine alternatif olarak gelişmektedir. RFID teknolojisinin ilk kullanımı II. Dünya Savaşı'nda dost ve düşman uçaklarının fark edilmesi amaçlıdır (Çakır ve Güngör, 2010: 83). “RFID teknolojileri radyo frekans dalgaları kullanarak nesneler üzerindeki etiketlerde yer alan bilgileri tanımayı sağlayan sistemdir” (MUSİAD, 2017: 81). RFID, okuyucu, anten ve etiket olmak üzere 3 temel bileşenden oluşmaktadır (Maraşlı ve Çıbuk, 2015: 250).

Tasarlanan sistemde, gönderilecek paketlere RFID etiketleri yapıştırılarak yürüyen bant üzerinde bu etiketlerin okunması sağlanır. Okunan etiketlerin içerisindeki bilgiler bilgisayara aktarılarak gidecekleri yerlere insan eli değmeden, hızlı ve hatasız bir şekilde yönlendirilmesi gerçekleştirilir (Çakır ve Güngör, 2010: 83).

1.4.1.2. Siber – Fiziksel Sistemler (Cyber Physical System-CPS)

Siber-Fiziksel Sistemlerin tanımı ilk olarak Ulusal Bilim Vakfı'nda (NSF) 2006 yıllarında “siber bileşenleri hesaplayan, iletişim kurabilen, kontrol edebilen fiziksel olarak bilinçli bir system” olarak yapılmıştır (Yao vd., 2017: 2). Siber-fiziksel sistemler (Cyber Physical System-CPS), birçok yeni yöntemle insanlarla etkileşime girebilecek entegre hesaplama ve fiziksel yeteneklere sahip yeni nesil sistemleri ifade etmektedir (Bahaeti and Gill, 2011: 1). Temeli fiziksel dünyaya dayanan “Siber Dünya” ile, sınırları siber dünya ile genişleyen “Fiziksel Dünya”dır. Birbirleri ile internet üzerinden ve

atanmış bir internet adresi ile haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ; gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların bilgisayar ortamında simülasyonu ile ortaya çıkan sanal ortamdır (www.innovarobotik.com, 23.06.2019). **Siber fiziksel** sistemler (SFS) sensörler ve aktüatörler yardımıyla fiziksel dünyayı **sanal** bilgi işlem dünyasıyla bağlar (www.endustri40.com, 2019).

Siber – Fiziksel Sistemler; kablosuz sensör ağları (WSN), IoT, siber-fiziksel internet (CPI), nesnelerin ağı (WoT) ve hatta nesnelerin bilgelik ağı (W2T) gibi terimlerle ilişkilidir. Başka bir deyişle, bu terimler daha genel CPS sınıfının örnekleri olarak görülebilir (Yao vd., 2017: 3).

Siber-fiziksel sistemlerin, bugünün özerklik, işlevsellik, kullanılabilirlik, güvenilirlik ve siber güvenlik seviyelerini aşan yeni özelliklere sahip gelecekteki mühendislik sistemlerinin tasarımında ve geliştirilmesinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir. CPS araştırmalarındaki gelişmeler, hesaplama, iletişim, kontrol ve diğer mühendislik ve bilgisayar bilimleri disiplinlerindeki akademik disiplinler arasındaki yakın iş birliği ile büyük zorluk uygulamaları ile birleştirilerek hızlandırılabilir (Bahaeti and Gill, 2011: 4).

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), Siber-Fiziksel Sistemlerin ayrılmaz bir parçasıdır ve Endüstri 4.0 uygulamalarında göz önünde bulundurulmalıdır (Deloitte, 2017:7).

1.4.1.2.1. Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP)

Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP), 1970'lerden beri kullanılan MRP (Material Resource Planning-Malzeme İhtiyaç Planlaması) yöntemi olarak bilinen üretim, planlama ve stok kontrol yönteminden gelmektedir. Bu yöntemde işlemleri otomatikleştirmek için bilgisayar sistemi kullanılmıştır. 1980'lerde ise MRP firmaların tüm faaliyetlerini kapsayacak şekilde MRP II (Manufacturing Resources Planning-Üretim Kaynakları Planlaması) olarak genişletilmiştir. 1990'lara gelince tüm işletme içi işlemler için standartlaştırılmış çözümler benimseyen Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) sistemi geliştirilmiştir. 2000'li yıllarda ise ERP genişletilerek e-ticaret, depolama, lojistik, planlama ve kapasite planlama gibi hizmetler sunmaya başlamıştır (Mohadab vd., 2017: 1; Aslan, 2017: 11).

Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), “kurumların tedârikten dağıtıma kadar tüm iş süreçlerini bütünleşik bir veri/bilgi yönetim sistemi desteğiyle yönetmesini sağlayan geniş kapsamlı ve modüler yapıya sahip bir yazılım paketidir” (Baskak ve Cetişli, 2003: 15).

Lojistik sektöründeki birçok firma, lojistik ve stok kontrol süreçlerini iyileştirmek, rekabetçi piyasadaki müşteri isteklerini karşılamak, lojistik fonksiyonlarını yerine getirmek ve karşılaştığı zorlukların üstesinden gelmek için ERP’ yi kullanmaktadır (Kamali, 2018; 219). Aynı zamanda, “ERP sistemlerinin kullanılması da firmalara zaman ve maliyet açısından yüksek faydalar sağlayarak, verimli ve etkin kaynak kullanımına imkân vermekte, rekabet avantajı yakalamalarına katkıda bulunmaktadır” (Perçin ve Gök, 2013: 94).

1.4.1.3. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing)

Dördüncü Sanayi devriminin bir entegrasyonu olarak hayatımıza giren eklemeli üretim endüstri ve insanlar tarafından hızlıca benimsenmiş ve hayatımızda geniş bir alana sahiptir. Hızlı prototipleme ve 3 boyutlu baskı (3D Printing) yöntemi olarak etkin bir şekilde kullanılan teknolojilerin endüstri ile entegrasyonuna Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing) denilmektedir. (www.endustri40.com, 23.06.2019).

İlk kez 1987 yılında Ultraviyole ışığına duyarlı polimerlerin lazer ile katman katman kürlenmesi ile Hızlı prototipleme başlamıştır. Bu sistem sonraki yıllarda sadece hızlı prototipleme ile ilerlememiş aynı zamanda doğrudan yedek parça üretimi için de kullanıldığından zamanla terim değişerek Katmanlı üretim adını almıştır. Ürün tasarım denemeleri, hızlı prototipleme sistemleri, hızlı imalat sistemleri, doğrudan son kullanım parça üretimi bugünkü kullanım alanlarıdır (Moment Expo, 2009:15).

Katmanlı Üretim; üç boyutlu şekilde hazırlanan bilgisayar tabanlı tasarımlardan (Computer Aided Design, CAD) direkt elle tutulur fiziksel modeller elde etmeyi sağlayan üretim teknolojisidir. Bilgisayarda görsel çizimi hazırlanmış her türlü ürüne hızlı prototipleme ile birkaç saat içinde ulaşılabilir. Hızlı prototipleme cihazları kendi içerisinde farklılıklar göstermekle beraber prensipleri aynıdır. Çalışma prensipleri, tabandan başlanılarak katman katman yüzeylerin üstüne eklenmesiyle oluşur (Aktimur ve Gökpinar, 2015: 464).

1.4.1.4. Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Bulut bilişim 1950’li yıllara kadar dayanmaktadır. Bu yıllarda kullanılan bilgisayarlar birkaç oda büyüklüğünde ve bu bilgisayarlara ulaşım terminaller sayesinde sağlanmaktaydı. Ana bilgisayara ulaşmanın zor olması ve boş zamanlarının değerlendirilerek bilgisayar kullanım fiyatlarının düşürülmesi istenmiştir (Çetin vd., 2013).

Bulut bilişim, kullanıcıların hesaplama, depolama ve uygulamalar gibi çeşitli bilişim hizmetlerine bu bilgilerin nerede depolandıkları ve bu uygulamaların hangi sunucularda çalıştıklarını ve teknik olarak nasıl yapılandırıldıklarını bilmeksizin internet üzerinden erişimleri olarak tanımlanmaktadır (Sultan, 2011:272).

Bulut modeli, beş temel özellikten, üç hizmet modelinden ve dört dağıtım modelinden oluşur. Özellikleri; İsteğe bağlı self-servis, geniş ağ erişimi, kaynak havuzu hızlı elastikiyet, ölçülen servistir. Hizmet modelleri: Yazılım Hizmeti (SaaS), Platform Hizmeti (PaaS), Altyapı Hizmeti (IaaS). Dağıtım modelleri: Özel Bulut, Topluluk Bulutu, Genel Bulut, Hibrit Bulut (Mell ve Grance, 2011: 2).

1.4.1.5. Büyük Veri Analizi (Big Data)

Endüstri 4.0 imalat mühendisliğinde ortaya çıkmış ve 4. kişileri temsil etmektedir. Bu endüstriyi oluşturan bileşenlerin intranet ve internet olanaklarıyla birbirleriyle iletişim kurma yeteneği bu bilgilerin büyük bir veri tabanında saklanma zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Bu veri tabanlarının uygun bir şekilde saklanması ve yönetilmesi “Büyük Veri” kavramını ortaya çıkarmıştır (Pan vd., 2015:1538). Bilgisayar ve bellek kullanımının gittikçe artması eşsiz bir veri toplamayı ve analiz etmeyi mümkün kıldığı için “Büyük Veri” 21. yy. döneminin en çok konuşulan kavramlarından birisidir (Wang vd., 2015: 521).

“Büyük Veri” kavramı karmaşık yapısı ve boyutundan dolayı geleneksel veri yönetim teknikleriyle yönetilememesi ve işlenememesinden dolayı, bu büyük miktardaki veriyi tanımlamak için 2005 yılında O’ Reilly Media’ dan Roger Magoulas tarafından ilk olarak ele alınmıştır. Fakat bilimsel ve kavram olarak bakılacak olursa “Büyük Veri” hakkında 1970’lere kadar dayanan çalışmalar görülmektedir. Bu çalışmalar ancak 2008 yılı içerisindeki araştırmalarda görülmeye başlanılmıştır (Dülger, 2016: 503).

Araç takip sistemleri, RFID, GPS, depo yönetim sistemleri, nesnelerin interneti gibi lojistik sektörünün kullandığı bilgi teknolojileri günümüzde büyük miktarda veri ürettiği için Büyük Veri (Big Data)’ den yararlanmanın önemi gittikçe artmaktadır. Bu yüzden lojistik sektörü büyük veriyi daha verimli kullanabilmek ve analiz edebilmek için yatırımlarını artırmaktadır.

1.4.1.6. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)

Hammaddeden ürün elde edilene kadar her aşamada robot kullanımı 1970’lere kadar dayanmaktadır. Sensör, yapay zekâ gibi lojistik bilgi teknolojileri sayesinde tüm lojistik aşamalarda kullanılabilen robotlar üretilmeye başlanılmıştır (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 427). Böylece insanlar işverenin yanında güvenle çalışabilmektedir (Tang and Veelenturf, 2019: 3).

“Otonom Robotlar” otomatik iş yapabilen robotlardan daha çok yapay zekaya sahip sistemler olarak tanımlanmaktadır (Yazıcı, 2016: 39). Lojistik firmalarda robot kullanımı genellikle depo sistemlerinde görülmektedir. Bunun yanında RFID, sensör ve otomatik raflama gibi teknolojilerinin depo sistemlerinde kullanılması “Otonom Robotlar” için önemli bir ilerleme olmuştur (Görçün, 2018: 362). Çin’in Amazonu olarak adlandırılan ünlü perakendecisi “jd.com” 500 deposunda kullandığı robotlar sayesinde ürünleri rafa yerleştirme ve paketleme yapabilen gelişmiş robotları kullanabilmektedir (Marr, 2018). Mujin robotlarıyla donatılmış dünyanın ilk insansız deposu “jd.com” tarafından Şanghai’da kurulmuştur (Hornyak, 2019).

Robotlar yaptıkları işler bakımından, endüstriyel robotlar ve servis robotları olmak üzere iki alanda incelenmektedir (Fırat ve Fırat, 2017: 217).

Gelecekte lojistik firmalarının depo ve dağıtım merkezlerinde insan gücü yerine robotların istihdamı söz konusu olacaktır. İnsan gücü, teknik faaliyetler, programlama, beklenmedik durumlarda çözüm üretme, robotların bakım-onarımı gibi alanlardan sorumlu olabileceklerdir. Bu sayede insan kaynaklı hatalar ortadan kaldırılacaktır. Aynı zamanda depolardan planlanmış sevkiyatların yanı sıra acil durumlar söz konusu olduğu zamanlarda insansız hava araçları (İHA) veya drone gibi yeni teknolojik sistemlerle ulaşım gerçekleştirilebilecektir (Görçün, 2018: 366).

1.4.1.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality) fiziksel dünyanın sanal ile gerçek zamanlı olarak bütünleştirilerek aynı kadrada bulunmasını amaçlayan teknolojidir (Özarslan, 2011: 726). Azuma (1997)' ya göre artırılmış gerçeklik sanal ortamın ya da daha çok bilinen haliyle sanal gerçekliğin bir çeşididir ve tanımı şu şekildedir:

- Gerçek ve sanalın, gerçek ortamda birleştirilmesidir.
- Gerçek zamanla etkileşimli olarak gerçekleşir.
- Üç boyutlu ortamlara aktarılabilir.

Artırılmış gerçeklik eğitim, sağlık, askeriye, mimarlık, endüstriyel tasarım, reklam, oyun, eğlence, spor ve turizm gibi birçok alan üzerinde etkisi olan; sanal ile gerçek dünyayı birleştirerek, bilgiye daha hızlı ve kolay bir biçimde ulaşılmasını sağlayan yeni bir ortamdır (Gökçearsan, 2016: 701).

Yapılan tanımlara bakılacak olursa sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik birbirleriyle karıştırılsa da aslında birbirinden tamamen farklıdır. “Sanal Gerçeklik, enformasyonun uzaysal mekâna dönüşümüdür. Gerçek ortamdan tamamen bağımsız, sentetik bir ortam sunmaktadır. Artırılmış Gerçeklikte ise gerçek ortama bağımlı olarak sanal veriler sunulmaktadır” (Ünal, 2013: 5). Artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla; sanal retina görüntüleyici, giyilebilir teknolojilerdeki gelişme, biyonik kontakt lensler ve akıllı gözlüklerin araştırma ve geliştirme süreçleri gün geçtikçe artmakta ve kullanımlarına çeşitli alanlarda başlanmaktadır (Altınpulluk ve Kesim, 2015:6).

Artırılmış gerçeklik lojistik sektörüne yeni bir bakış açısı getirmiştir. Artırılmış gerçeklik teknolojilerine kendilerini adapte edebilen ve lojistik süreçlerde kullanmaya başlayan lojistik firmalar maliyetlerini önemli ölçüde azaltmış, kaynak optimizasyonunu gerçekleştirme, hata oranını düşürme, verimliliği sürdürülebilir hale getirmek gibi ilgili bilgilere erişme imkanına kavuşmuştur. Bunun yanı sıra insanların daha verimli ve etkili çalışabilmesini sağlamaktadır (Yılmaz ve Duman, 2018: 3).

1.4.1.8. Simülasyon (Simulation)

“Ürünlerin, malzemelerin ve üretim süreçlerinin tasarım aşamasında üç boyutlu olarak gerçek zamanlı veriler kullanarak hazırlanan sanal modele simülasyon denir”. Diğer bir deyişle simülasyon, sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modelidir (Davutoğlu vd., 2017: 553). 1970’lerde “Tasarla-

İnşa-Test Et” yaklaşımı kullanılmaktayken, 1980’lerde bilgisayar destekli bir simülasyon yapısı söz konusu olmuş ve 1990’larda ise grafik teknolojisinin geliştirilmesiyle “Tasarla-Simüle-Test Et” aşamalarının oluşturduğu uzaysal kavram geliştirilmiştir (Çelen, 2017: 9).

Simülasyon, gerçek zamanlı verilerden yararlanarak fiziksel dünyadaki makineleri, ürünleri ve insanları içeren sanal bir model oluşturabilmeyi sağlar. Bu model aracılığıyla fiziksel değişimden önce ürün ve makine ayarları test edilerek optimizasyon sağlanır. Böylece makine kurulum süreleri azaltılacak ve kalite artmış olacaktır (BCG, 2015: 5).

Lojistik firmalarda simülasyon teknolojisi kullanımıyla; kamyon ve konteynırlara yüklerin nasıl yerleşebileceği, depo tasarımı, olumsuz durumlarda alternatif dağıtım stratejileri, kullanılan araçların rota tespitleri gibi avantajlar sağlamaktadır.

1.4.1.9. Dikey ve Yatay Sistem Entegrasyonu (Vertical and Horizontal System Integration)

Dikey ve yatay sistem entegrasyonu, işletme içerisindeki evrensel veri entegrasyon ağlarının geliştirilerek işletmelerin, birimlerin, mevkilerin birbirleriyle daha uyumlu çalışmasıdır. Bu kavram aynı zamanda mühendislik tasarımı, üretim ve hizmet fonksiyonları, müşteriler, tedarikçiler, dağıtım kanalındaki işletmelerin kullandıkları pek çok farklı sistemin bir araya getirilerek tek bir sistem olarak birbirleriyle bağlı çalışmalarını ifade eder (Davutoğlu vd., 2017: 552; Alnıpak ve Alkan, 2017: 5).

Dikey entegrasyon aynı pazarın farklı alt sektörlerinden müşterileri olan organizasyonların birleşme işlemiyken yatay entegrasyon ise aynı türde müşterilere sahip farklı organizasyonların birleşmesidir. Bu dikey ve yatay sistem entegrasyonu sayesinde bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle yaşanan üretim süreci değişikliklerine hızlı adapte olunabilir, kaynaklar verimli kullanılabilir, tedarik zincirinde maksimum verim söz konusu olabilir (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 428).

İşletmeler dikey ve yatay sistem entegrasyonu ile üretimin daha verimli, esnek, hızlı ve sorunsuz olmasının yanı sıra makineler, üretim sürecini tamamladığı an diğer makineler veya lojistik ekipmanlara bilgi aktaracaktır (Davutoğlu vd., 2017: 553).

Kilic vd., (2018)’ne göre işletme depolarında RFID etiketiyle okunan ürün bilgilerinin depo yönetim sistemine anlık ulaşması, ortaya çıkabilecek arıza/bakım ve

stok durumları gibi konulara anlık reaksiyon verilebilmesi, depolarda kullanılan robotların elde ettiği bilgilerin başka bir sisteme gönderilmesiyle sistemlerin birbirleriyle entegre olması gibi durumlar da dikey ve yatay sistem entegrasyonuna ihtiyaç duyulacaktır.

1.4.1.10. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)

Yapay Zekâ terimi ilk olarak 1956 yılında Dartmouth Koleji'nde bir konferansta "Artificial Intelligence" olarak kullanılmıştır. Bu toplantıdaki bilim insanları; J. McCarthy, M. Minsky, C. Shannon, A. Newell ve H. Simon bilgisayarları zekileştirme olasılığının araştırması üzerinde durmuşlardır (Adalı, 2017:9). Yapay zekâ, makinelerin düşünme ve öğrenme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24).

Yapay zekâ daha önce gelişen olaylardan öğrenerek karmaşık karar verme süreçleri için girdi sağlayabilir ve bu karar süreçlerini otomatik hale getirerek somut kararlar vermek için kullanabilir. Aynı zamanda uzmanlar, 2026 yılında şirket yönetimlerinde yapay zekaya sahip makinelerin üye olabileceklerini tahmin etmektedir (Soylu, 2018: 53).

Lojistik hizmet sağlayan firmalar, ürünlerin taşınması sırasında gerçekleşebilecek olumsuzlukları en aza indirebilmek için yapay zekâ teknolojisinden yararlanır. Depolarda ne kadar ürünün mevcut olduğu, ürünlerin nakliye sırasında kullanılan araçların nerde oldukları, hızları ve teslimat süreleri takip edilerek olumsuz bir durum yaşanması durumunda sisteme en hızlı ve en verimli bilgilerin iletilmesini sağlayacaktır (Sarigöz ve Çağlar, 2018: 40).

İKİNCİ BÖLÜM

2. LOJİSTİK 4.0 BİLGİ TEKNOLOJİLERİNE YÖNELİK LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gümüşhane Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığının resmî web sayfasında bulunan ScienceDirect, Emeraldinsight, Ieeexplore veri tabanlarının yanı sıra DergiPark, Google Academia, Ulakbim, Researchgate, web siteleri taranmıştır. Bunun yanında Gümüşhane Üniversitesi kütüphanesinde yayınlanmış eserler incelenmiştir. Literatür taramasında her biri ayrı olmak üzere “lojistik bilgi teknolojileri”, “logistics information technologies”, “lojistik bilişim sistemleri”, “logistics information systems”, “Elektronik Veri Değişimi”, “EDI”, “Electronic Data Exchange”, “Barkod”, “Barcode”, “Radyo Frekanslı Tanımlama”, “RFID”, “Radio-Frequency Identification”, “Kurumsal Kaynak Planlama”, “ERP”, “Enterprise Resource Planning”, “Sipariş Yönetim Sistemi”, “OMS”, “Order Management System”, “Depo Yönetim Sistemi”, “WMS”, “Warehouse Management System”, “Ulaştırma Yönetim Sistemi”, “TMS”, “Transportation Management System”, “Araç Takip Sistemi”, “VTS”, “Vehicle Tracking System”, “Nesnelerin İnterneti”, “IoT”, “Internet of Things”, “Siber Fiziksel Sistemler”, “Cyber Physical System”, “Bulut Bilişim”, “Cloud Computing”, “Büyük Veri Analizi”, “Big Data”, “Robotik ve Otomasyon”, “Autonomous Robots”, “Eklemeli - Katmanlı Üretim”, “Additive Manufacturing”, “Artırılmış (Zenginleştirilmiş) Gerçeklik”, “Augmented Reality”, “3D yazıcılar”, “3D Printer”, “Simülasyon”, “Simulation”, “Akıllı Objeler”, “Smart Objects”, “Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu”, “Horizontal and Vertical System Integration”, “Yapay Zeka”, “Artificial Intelligence” anahtar kelimeleri kullanılarak elde edilen çalışmalar lojistik 4.0 unsurları çerçevesinde sınıflandırılmıştır:

2.1. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things (IoT))

Guo (2012), demiryolu lojistik sisteminde yapmış olduğu çalışmada IOT aracılığıyla akıllı bir tanımlama sisteminin nasıl oluşturulduğunu konu edinmiştir. IOT

vasıtasıyla oluşturulan akıllı tanımlama sistemi, elektronik etiket, okuyucu, el okuyucu, tekrarlayıcı, ana bilgisayar, yeniden yazılabilir cihazlar ve veri iletim kanalından oluşmaktadır. Mal kimliğine sahip kablosuz sinyal, etiketlerle gönderilen okuyucu tarafından alınır ve daha sonra tekrarlayıcıdan merkezi bilgisayara gönderilir. Merkezi bilgisayar bu okuyuculardan kodlanmış mal sinyalini alır, analiz ve işleme yoluyla çeşitli belgeler oluşturur, böylece yöneticiler zaman içerisinde çeşitli bilgilere erişebilir. Çalışmanın sonucunda, Çin demiryolu lojistiği için; akıllı tanımlama sisteminin IOT aracılığıyla geliştirilmesi, günümüzde sadece önemli bir stratejik görev değil, aynı zamanda bir zorunluluk haline geldiği ifade edilmiştir.

Sun (2012), lojistik sektöründe RFID (Radyo Frekans Tanımlama) teknolojisinin nesnelerin interneti üzerine uygulanmasının sağladığı avantajlardan bahsetmiştir. Bu avantajlar; IOT ile işletmeler ürünlerini gerçek zamanlı olarak denetleyebilir ve lojistik mimarisini yönetebilirler. Bunun yanında sadece tedarik zincirindeki dolaşımı denetlemek ve bilgi paylaşmakla kalmaz aynı zamanda prosedür ve tahminden elde edilen bilgileri analiz ederler. Bu analiz; işletmelerin piyasaya cevap verme becerisini geliştirebilir. Bunun yanında RFID teknolojisinde IoT kullanımının tedarik zincirinde ürün takibini ve sahteciliğe karşı ürün etiketleri, hizmet rehberi gibi bilgilerin internet veya cep telefon uygulamalarıyla önlenebileceğini belirtmiştir.

El-Baz vd. (2013), yapmış oldukları çalışmada nesnelerin internetine dayalı bir lojistik mobil uygulaması (ALMA) sunmuşlardır. ALMA, lojistik problemlerinin dinamik yapısını dikkate almak ve hizmet kalitesini optimize etmek için mobil, gerçek zamanlı, IoT tabanlı bir çözüm mimarisi sunmaktadır. Çalışma, mobil hizmetlerin yüksek kalitede hizmet verebilmesi ve lojistik işlemlerinin dinamik yapısına adapte olabilmesi için, bir iletişim altyapısı ve yüksek performanslı bilgi işlem altyapısını birleştirmektedir. Çalışmanın sonucunda ALMA projesi, kombine kamyon yükleme ve araç rotalama problemlerinin çözümü için yeni optimizasyon algoritmaları geliştirmiş ve başarılı bir şekilde uygulanmıştır.

Karakostas (2013), ulaştırma lojistiği alanında yapmış olduğu çalışmada IoT için bir DNS mimarisi önermektedir. Lojistik nesneler için DNS sisteminin, etki alanıyla başa çıkmak için hiyerarşik bir organizasyon olması gerektiği kanısına varılmıştır. Etki alanı adı atamaları için uluslararası bir kuruluş tarafından yardım alınması gerektiği önerilmiştir. Alan adı uyumluluğundan sorumlu olan üst düzey bir kuruluş olan UN/

CEFACT tarafından yönetilen bir DNS sunucusunun mimari yapısı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, DNS mimarisi IoT' de nesne takibini gerçekleştirmek için uygun olabileceği kanısına varılmıştır.

Chuang vd. (2017), lojistik sektöründe yapmış oldukları çalışmada; Lojistik uygulamalarda paket güvenliğini ve aynı zamanda paketin zarar görmesini engellemek için basit ve düşük maliyetli piezoelektrik tipi kuvvet sensörlerinin kullanılmasını amaçlamıştır. Sensörler, verileri kaydedebilen ve bir bluetooth modülü üzerinden kablolu olarak veri aktarabilen bir prototip okuma sistemine bağlanmıştır. Veriler, doğrudan bulut veri tabanına aktarılabilen ve böylece nakliye sırasında paket durumunun gerçek zamanlı olarak izlenmesine olanak tanıyan, araç içi bir cihaz tarafından alınmıştır. Ayrıca, verileri toplayıp analiz edebilen ve doğrudan buluta aktarabilen dahili bir araç sisteminin uygulanabilirliği de gösterilmiştir. Bu IOT tabanlı yaklaşımın, paket durumunun gerçek zamanlı olarak izlenmesine ve gelişmiş lojistik hizmetlerin sağlanmasına yardımcı olacaktır.

Su vd. (2017), nesnelerin internetine dayalı akıllı lojistik (i-Logistics) sistemi üzerinde çalışmışlardır. Bu makalede, bir elektronik bant (e-bant), bir QR kod tarama, araç içi bir bilgi eğlence sistemi ve bulut tabanlı bir platformdan oluşan i-Logistics adlı bir kargo yönetim sistemi önermektedir. Özel Poliviniliden florür (PVDF) sensörleri yükleri izlemek için elektronik bant üzerine monte edilmiştir. QR kod tarama, Kargo QR kodundan bluetooth yoluyla elektronik teybe eşleşen özel bir kimliği yakalamak için kullanılır. Özel ID ve kargo durumuyla ilgili mesajlar (kırılma ve kayıp gibi) ayrıca bluetooth tarafından araç içi bilgi-eğlence sistemine (IVI) gönderilir. Ayrıca, anormal bildirilen mesajlar gerçek zamanlı olarak kaydedilerek anormal kargo durumu meydana geldiğinde 3G / 4G şebekeleri üzerinden bulut tabanlı platforma yüklenecektir. Sonuç olarak, önerilen sistem, kamyon taşımacılığı sürecinde yüklerin durumunu anlama ve gerekli yardımı sağlamada etkili bir şekilde yardımcı olacaktır.

Liu vd. (2018), artan lojistik talepleri ile verimli, sürdürülebilir ve yeşil lojistik hizmetlerine ulaşmak ve bu zorluklarla başa çıkmak için gerçek zamanlı bilgi odaklı dinamik optimizasyon stratejisini önermektedir. Bunun için; araçların, katma değerli lojistik bilgilerini yöneten, dinamik dağıtım merkezine gerçek zamanlı bilgi almalarını ve aktarmaları sağlanmıştır. Daha sonra, bu tür bilgiler lojistik şirketleri arasında paylaşılabılır hale getirilmiştir. Önerilen optimizasyon yönteminin etkinliğini göstermek

amacıyla bir vaka çalışması yapılmıştır. Bu vaka çalışmasında 20 akıllı araç ve 78 görev MATLAB’ da önerilen en uygun yöntemin uygulanmasıyla simüle edilmiştir. IoT teknolojisini kullanarak, gerçek zamanlı ve bilgi odaklı, dinamik bir optimizasyon stratejisinin, araçların kullanım oranını etkin bir şekilde artırdığı ve maliyeti, yakıt tüketimini ve kullanılan araç sayısını azalttığı aynı zamanda lojistik hizmetlerin verimliliği sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ly vd. (2018), imalatçı KOBİ sektöründe yapmış olduğu çalışmada başarılı IoT sistemi oluşturmada etkili faktörleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. IoT’ deki etkileyici faktörleri değerlendirmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) kullanan kural tabanlı bir karar destek mekanizması geliştirmişlerdir. Bu çalışma IoT etkinliğini somut ve somut olmayan olarak sınıflandırılmıştır. Maddi boyut, “Güvenlik”, “Değer” ve “Bağlantı” faktörlerini ve maddi olmayan boyut, “Telepresence” ve “Intelligence” faktörlerini içermektedir. Somut faktörlerin (Güvenlik, Değer ve Bağlantı) maddi olmayan faktörlerden (Telepresence ve Intelligence) daha önemli olduğu sonucuna varmışlardır. İşletmelerin iyi bir IoT bağlantı sistemi kurduktan sonra, başarılı bir IoT ortamı oluşturmak için bunu iyi IoT güvenliği ile birleştirmelerinin gerekli olduğu varılan bir diğer sonuçtur. Yazarlara göre, işletmeler ayrıca IoT ürünlerinin ve çalışanların çalışma kolaylığı için IoT güvenliğini ve IoT değerlerini göz önünde bulundurması gerektiği sonucuna varmıştır.

Sedefçi (2018), nesnelerin interneti (IoT) kavramının müşteri deneyimi üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada teknoloji ve müşteri deneyimi yansımalarının her yaş grubu için farklı biçimlerde ortaya çıkabileceği ön görülerek; baby boomers, X, Y ve Z kuşakları için analizler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar; bütün kuşaklar için nesnelerin interneti kavramının müşteri deneyimi açısından karşılık bulduğunu göstermektedir. Bununla birlikte; farklı yaş gruplarında ön plana çıkan deneyim faktörleri değişiklik göstermektedir. Bu durum; gelecekte çok daha etkin bir şekilde hayatımızda yer alacak nesnelerin interneti alt yapısına sahip akıllı cihazların, taşıdıkları özelliklere ve sundukları çözümlere göre, farklı kuşakların talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde kategorize edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Lee (2019), Amerika Birleşik Devleti Ulusal Telekomünikasyon ve Bilgi Yönetimi Ajansı’nda (NTIA) yapmış olduğu çalışmada IoT inovasyonunun ve benimsenmesinin ilerlemesini desteklemede hükümetin potansiyel rollerini belirlemeyi

amaç edinmiştir. Bu amaçla, ABD Ulusal Telekomünikasyon ve Bilgi İdaresine sunulan 177 kamu yorumu belgesinden ve kıdemli yöneticilerle odak grup tartışmasından toplanan verileri analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda; hükümet endüstriler arasında tarafsız olmalı, politikacılar düzenleme yaparken IoT ürünleri ve hizmetleri için özel olarak düzenlenmeden kaçınılmalı, spekülasyonlardan uzak düzenlemelere yer verilmeli, kişiye özel düzenlemelerden kaçınılmalıdır. Çalışmada bunlara ek olarak IoT inovasyonun benimsenmesini kolaylaştıracak yedi özel politika belirlemiştir. Bunlar; Uluslararası standartların geliştirilmesini kolaylaştırmak, adres spektrumu sorunu, tasarım yaklaşımı ile güvenliği arttırmak ve tüketicilerin veri gizliliğini gizlilik yoluyla korunması, IPv6'nın kabul edilmesini teşvik etmek, kamu sektörü verilerinin serbestçe erişilebilir olmasını sağlamak, sınırlar ötesi serbest veri akışını savunmaktır.

2.1.1. Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)

Kayal (2008), Spring Java EE modelini sipariş yönetim sistemi (OMS) bağlamında nasıl uygulanacağını anlatmıştır. OMS'yi kullanarak, kullanıcılar oturum açabilir ve ardından istedikleri hizmetlere ulaşabilir ve sipariş işlemini gerçekleştirebilir. Ayrıca siparişlerini görüntüleyebilir, iptal edebilir ve bekletebilmektedirler. Çalışma da kullanılan Spring Java EE modeli ile kullanıcıların; siparişleri, tercihleri, ürünlerin stok durumu, sipariş verilen ürünlerin ortalama teslim süresi gibi birtakım sonuçlara varılmıştır.

Aleem vd. (2014), Sipariş Yönetim Sistemi için Six Sigma uygulaması kullanılarak işletmede ortaya çıkan bir problem için alternatif olarak uygulanması amaçlanmıştır. Bu çalışma da Six Sigma ve geleneksel bilgi teknoloji çözümleri arasında benzerlik olduğu ve ortaya çıkabilecek açıklıklar için iş birliğine dayalı olarak kullanılabileceği önerilmektedir. Çalışmada Minitab istatistiksel aracı kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak sipariş yönetim sistemi gözlenmiştir. Six Sigma'ın kullandığı DMAIC (Tanımla, Ölç, Analiz Et, Geliştir ve Kontrol Et) yaklaşımı iş sürecindeki büyük değişikliklerde kullanılabildiği ve sorunları giderdiği için alternatif bir çözüm olduğu bilgi teknolojisi ile ortaya çıkmıştır. Son kullanıcı için güvenilir bir çözüm gerçekleştirmiştir.

2.1.2. Depo Yönetim Sistemi (WMS)

Cheng vd. (2006), WMS sistem yapısını basitleştiren, hızlılığını, uygulanabilirliğini ve iş mantığını yeniden yapılandırarak geliştiren ve böylece mevcut depo yönetimine iyi adapte eden Aspect Oriented Programming (AOP) dayanan WMS tasarımını ve uygulamasını tartışmışlardır. Bu uygulamayla modern depolamada ortaya çıkan karmaşık süreçleri ve talepleri karşılayabilecekleri sonucuna ulaşılmıştır.

Lian vd. (2007), RFID' e (Radyo Frekansı Tanımlama) dayalı lojistik depo kontrol ve yönetim sisteminin donanım ve yazılımını tanıtmayı ve sistemin tasarım şemasını ve uygulama yöntemini açıklamayı amaçlamıştır. Çalışmada, bir SQL Server' a erişilerek, otomatik veri depolama, malların sorgulanması ve silinmesi ve depo bilgilerinin silinmesi gibi fonksiyonların devreye sokulma yöntemleri izlenilmiştir. SQL Server sistemi; depolama, mal bilgi işlemesi, bilgi depolama, yerel olarak bilgi gösterme, depo bilgilerinin güncellenmesi, depo işletme yönetimi, depo işletmeciliği yönetimi ve müşteri bilgi sorgulaması, verimlilik gibi işlemleri gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Tan (2009), üçüncü parti lojistik işletmelerinin ana faaliyetlerinin ihtiyacı ve sistemlerinin analizine dayanarak, Web modu ile üçüncü parti lojistik (3PL) merkezinde depo yönetimi bilgi sistemi tasarımının genel yapısını tanıtmayı amaçlamıştır. Bu sistemin gelişimi büyük bir 3PL merkezinin günlük olarak işletilmesine dayanmakta, aynı zamanda hem yurtiçinde hem de yurtdışında büyük ölçekli lojistik kurumsal yönetim bilgi sisteminden öğrenilerek oluşturulmaktadır. Sistemin kullanım aşamasında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada bu sistemin kullanılması durumunda yalnızca mevcut lojistik işletmelerin yönetim süreçlerini yerine getirmekle kalmayacağı aynı zamanda gelecekteki işlerin gelişimini ve yeni müşterinin erişimini de dikkate alacağı sonucuna varılmıştır.

Papadomanolakis (2018), lojistik sektöründe faaliyet gösteren ve aynı zamanda kendi depolarına sahip işletmelerde modern bir Depo Yönetim Sisteminin faydasını araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada ülkedeki lojistik, gümrük ve depolama sektöründe liderlerinden biri olan Sarmed SA incelenmiştir. Sarmed'in uyguladığı WMS ile birlikte kullanılan sistem hakkında detaylı bir SWOT Analizi ve şirketin faaliyetlerini nasıl etkilediği konusunda bir Rekabet Analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda; siparişlerin takip edilebilmesi ve stok durumlarının kontrolü için Artırılmış Gerçeklik teknolojisinin WMS'ye eklenilmesi sonucuna varılmıştır.

2.1.3. Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)

Griffis and Goldsby (2007), firmaların çeşitli yatırım fırsatları portföyü ışığında Ulaştırma Yönetim Sistemi yani TMS'yi neden kullandıklarını açıklamaya çalışmaktadır. Çalışmanın sonucunda TMS'nin firmalara sağladığı avantajları sıralamak gerekirse; donanım, yazılım ve kurulum için ödenen ücret karşılığı verilen sistem performansından memnun kalmaktadırlar aynı zamanda bir şirketin teknoloji bütçesinden pay almak için yarışan diğer teknolojilerden nispeten hızlı ve daha kesin sonuçlar aldığı görülmüştür.

Nunes vd. (2019), malların dağıtımı için prosedürlerin, bilgisayara aktarılması, optimize edilmesi, süreçlerin kolaylaştırılması, organize edilmesi ve iyileştirilmesinin yanı sıra şirketin kurulması için bir nakliye yönetim sisteminin Manaus'taki bir taşıyıcıda uygulanmasını önermişlerdir. Çalışma için literatür araştırması ve saha çalışması yapılmıştır. Bir taşımacılık yönetim sisteminin (TMS) uygulamasının, bu çalışmayı hazırlamak için kullanılan, ulaştırma ve dağıtım faaliyetlerinin performansını desteklemesinin yanı sıra servise yardımcı olmak gibi orta büyüklükteki taşıyıcıların başarısı için çok önemli bir temel olduğu sonucuna varılmıştır.

2.1.3.1. Elektronik Veri Değişimi (EDI)

Calza and Passaro (1997), İtalya dondurulmuş gıda pazarının ana aktörlerden birisi olan Uniliver-Sagit'in dağıtım ağında kullanmaya başladığı Elektronik Veri Değişimi (EDI) teknolojisinin tedarik zinciri üzerindeki etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmada tüm tedarik zinciri üyelerinin bağlı olduğu özel bir EDI ağı yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan EDI teknolojilerinin tedarik zinciri yönetimi optimizasyonuna yararlı bir destek olduğu sonucuna varılmıştır.

Tan vd. (2014), EDI (Elektronik veri değişimi) teknolojisinin lojistik faaliyetler alanında yaygın olarak kullanılmasını sağlamak için Linux' un elektronik veri değişimi üzerine araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada, Linux tarafından desteklenen elektronik veri değişiminin lojistik alanında yapılmış çalışmalar ve yapısı araştırmıştır. Çalışma sonucunda, Linux işletim sisteminin lojistik bilgi teknolojisi EDI' in kullanılmasını desteklemektedir.

Jardini vd. (2016), EDI' nin üretim, lojistik ve depolamanın maliyetini optimize etmesini sağlamak amacıyla işletmelerde başarılı bir sistem olan JIT' in uygulanmasına etkisini göstermeyi amaçlamıştır. Çalışmada, EDI ve JIT sistemini birleştiren işletmeler

incelenmiştir. Bu iki sistemi birleştiren işletmelerin; üretim, yönetim ve bilgi akışı açısından önemli avantajlar sağladığı aynı zamanda stokların optimizasyonunu ve üretimin rasyonelleşmesini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

2.1.4. Araç Takip Sistemi (VTS)

Chen vd. (2010), bu çalışmada Lojistik yönetim ihtiyacını karşılamak için Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) / Küresel Konumlama Sistemi (GPS) teknolojisinin ortak mobil Lojistik sektörüne nasıl uygulanacağını tartışılmaktadır. Makalede sistem tasarımına ve ilkelerine odaklanarak GIS/GPS tabanlı bir çözüm ortaya koymaktadır. GIS/GPS tabanlı sistem Ningbo (ZhenHai) Dökme Yükler Deniz Demiryolu Kombine Taşımacılığı Lojistik Dağıtım Limanında Lojistik yönetimi için uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Mingji vd. (2011), lojistik firmaların araçlarının güvenliğini sağlamak için Küresel Konumlama Sistemi (GPS) dayanan elektronik kilitli özel bir kasa tasarlanması amaçlanmaktadır. Lojistik araçlara uygulanacak olan bu kasa sistemi, uzaktan kumandalı, izin verilen bölümlerin açılması, herhangi bir acil durumda alarm sistemi ve acil durum kilidi gibi özelliklerle donatılmıştır. Geliştirilen bu sistem Harbin Tobacco Şirketinde bulunan 20 araca entegre edilmiştir. Para kasalarını korumak için güvenli bir yöntem olduğu kanısına varılmıştır.

Bara vd. (2013), bu çalışma da filo yönetimi ve sürücü gözetimi amacıyla otomobillerle GPS izleme sistemi tasarlamak ve üretmek amaçlanmıştır. Sistem, araç hareketlerini ve sürücü hareketlerini izlemek için GPS verilerini kullanır ve kullanılacak bir GPRS şebekesi üzerinden veri gönderir. Bu sistem için geliştirilmiş yazılım GPRS modemi ve GPS vericileri üzerinde iletişim kurar. Üretilen prototipler uzunca bir süre test edildikten sonra prototipler dayanıklılık ve güvenilirlik göstermiştir. Ayrıca, otomotiv sektörleri için tasarlanmış daha geniş bir sistem ağına entegre edilebileceğini kanıtlamıştır.

2.1.5. Barkod ve Radyo Frekansı Tanımlama (RFID)

Chow vd. (2007), yapmış oldukları çalışmada birbirinden farklı aşamalarındaki lojistik süreçlerin durumunu göstermek için radyo frekans tanımlama (RFID) teknolojisi kullanarak lojistik bilgilerine ulaşmak ve bunları web tabanlı teknoloji sayesinde tedarik

zinciri partileriyle paylaşarak, “süreç görselleştirme” özelliğine sahip yeni bir model yapmayı amaçlamıştır. Lojistik şirketlerin operasyonel süreçlerini yönetmede etkili bir yöntem sağlamak ve tedarik zincirindeki bağlantılarını maksimize etmek için geliştirilen bilgi teknolojisi uygulamalarını RFID teknolojisine entegre edilmiştir. Çalışmanın sonucunda önerilen modelde, 3PL lojistik firmalarının ve tedarik zinciri firmalarına üç ana alanda katkısı bulunmuştur. Bunlar, envanter seviyelerinin düşmesi, stok ve teslimat etkinliğinde olumlu gelişmeler olduğu sonucuna varılmıştır.

Hong-ying (2009), bu çalışmada lojistik ve depo yönetiminde kullanılan barkod teknolojisi tanıtılmıştır, daha sonra depoda ve depoya giren mallar sırasında barkod teknolojisinin nasıl uygulanacağına dikkat çekilmiştir. Lojistik ve depo yönetiminde bilgisayar teknolojisi kullanımı ve otomatik tanımlama teknolojisi kullanımı birleştirildiğinde işletmelerin yönetim düzeyini ve ekonomik faydalarını artıracak sonucuna varılmıştır.

Çakır ve Güngör (2010), çalışmada RFID teknolojisi ile yapılan sistem sayesinde kargo paketlerinin takibi yapılabilmesi ve merkezi kargo noktalarında paketlerin ayrılma işlemi otomatik yapılması amaçlanmıştır. Geliştirilen sistemde, gönderilecek paketlere RFID etiketi yapıştırılarak kargolar gidecekleri yere insan eli değmeden yönlendirilmektedir. Bu sistem sayesinde yürüyen bant üzerinde RFID etiketleri manyetik olarak okunarak etiketin içerisindeki bilgiler Micro Reader aracılığı ile bilgisayara gönderilmekte ve bilgisayar kendisine gelen bilgileri, veri tabanına göre yorumlayarak paketleri gidecekleri yerlere yönlendirmektedir. Çalışmanın sonucunda kargo paketlerin gidecekleri yerlere göre yönlendirilmesi hızlı ve hatasız bir şekilde sağlanmıştır.

Choi vd. (2012), bu makalede, radyo frekans tanımlama (RFID) etkinliğini barkod kullanımının etkinliğiyle karşılaştıran RFID etkinliğinin istatistiksel analiz aracı (RESAT) tanıtılması amaçlanmıştır. Şirketler RFID kullanmaya karar verdiklerinde RESAT’ ı kullanmaları gerektiği yargısına ulaşılmıştır.

2.2. Siber-Fiziksel Sistem (Cyber-Physical Systems (CPS))

Schlick (2012), mühendislik aşmalarının kısalması, teknik süreçlerinin iş süreçleriyle birleşmesi ve üretim hattı çeşitliliğinin çoğalması sorunları modern bilgi teknolojileriyle çözülebileceği amaçlanmıştır. Bu amaçla Siber Fiziksel Sistemler (CPS)

belirli bir merkezi olmayan kontrol zekasına sahip gömülü sistemler aracılığıyla, internet protokollerine dayalı açık ağlar üzerinden iletişim kurabileceği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda, bu teknolojilerin bir kısmı kullanılmış olsa da çoğu akademik araştırma düzeyinde olduğu kanısına varılmıştır.

Besselink vd. (2015), bu çalışmada: modern bilgi ve iletişim teknolojisinin, araç vagonlarında birlikte seyahat eden kamyon filosunu koordine eden entegre bir lojistik sistemle siber-fiziksel bir ulaşım sistemi mimarisini nasıl desteklediğini gözden geçirildiği amaçlanmıştır. İsveç'te yük taşıma işlerini yapan 200 araçla ilgili gerçekçi bir vaka çalışması yapılmıştır. Yük taşıma araçlarının koordinasyonu, yakıt tüketiminin azaltılmasını hedeflemekte ve azaltılmış bir aerodinamik sürüklenme yaşayan yakın mesafeli araç gruplarının oluşumunu kullanarak bu azalmayı sağlayan katmanlı bir yük taşıma sistemi mimarisi geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda küçük ve büyük filo sahiplerinin iş birliğiyle yakıt tasarrufu yapmalarını sağlamıştır. Siber-fiziksel yaklaşımın yük taşımacılığına uygulanabilirliğini doğrulamıştır.

Klötzer and Pflaum (2015), çalışmasında; imalat, lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi'nin de ortaya çıkan bilgi teknoloji altyapılarını tanımlamak, aynı zamanda bilgi teknoloji altyapısının sistematik bir bakış açısıyla nasıl görüldüğü, ana yapı taşlarının ne olduğu ve nasıl bağlandıkları sorusunu yanıtlayarak bu açığı azaltmaya çalışmaktadır. Çalışmada odaklandığımız kısım Siber-Fiziksel Sistemlerin, basit nesneleri yerleşik sistemlerin kullanımıyla akıllı meslektaşlarına dönüştürerek böylece Nesnelerin İnterneti'ni gerçekleştirmeye yardımcı olacak çözümlerdir. Çalışmanın sonucunda, makine çalışma süresinin arttırılması, makineler arasında süreç koordinasyonu, makine ve ekipman güç tüketiminin azaltılması, takım yönetiminde verimlilik artışı, bilgi işlemlerinin basitleştirilmesi, montaj işlemlerinde esneklik ve verimliliğin arttırılması, manuel ince planlama içerisinde bilgi asimetritlerinin çözülmesi, planlama ve kontrol için esnek veri tabanı, iç nakliye konteynerlerinin izlenebilirliği ve yerleştirilmesi, iç ulaşımında verimliliğin arttırılması, üretim süreçleri boyunca sürekli kalite kontrolü, c parça tedarikinde verimliliğin arttırılması, şehirlerarası taşımacılıkta kapsamlı şeffaflık, ürün ve hizmet bütünlüğünün arttırılması gibi çözümler sunmuştur.

Khalid vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada iki temel amaç üzerinde durmuşlardır. Birincisi, işbirlikçi programları tanımlamanın yanında derecelendirme sistemi oluşturmaktır. İkincisi, endüstriyel senaryolarda insan-robot iş birliği için bir

siber-fiziksel sistem (CPS) tanımlamak ve belirli bir endüstriyel senaryoda sensör kullanımına kadar uygun çözümleri arayabilen bir metodoloji geliştirmektir. İki amacı birleştirirsek gelecekteki üretim ortamında kullanılan yük taşıma robotları için insan-robot iş birliği ihtiyacını belirlemektir. İlk olarak, makale iş birliği şemalarını tanımlar ve dört performans göstergesine dayanarak resmi bir notlandırma sistemi ile formüle edilmiştir. Muhtemel bir çözümü göstermek için hazırlanan endüstriyel senaryo yaklaşımları genelleştirilerek, çözümün uygulanmasını sağlamak için çeşitli endüstriyel senaryolar insan robot iş birliği ortamları için bir tasarım metodolojisi geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda robotları iş birliğine sahip robotlara dönüştürmek için çevrelerini akıllı hale getirmek sonucuna varılmıştır.

Schuhmacher and Hummel (2016), yapmış oldukları çalışmada Reutlingen Üniversitesi'ndeki ESB Lojistik Öğrenme fabrikasında (LLF), değişken üretim sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu için gereken siber-fiziksel üretim sistemleri ve yeni merkezi yönetim yöntemlerinin gerekliliklerine uygun olarak öğrencileri ve profesyonelleri sektöre özgü yeterlilikleri öğretmek ve eğitmektir. Laboratuvar ortamındaki ürünlere yerleşik RFID teknolojisi, iletişim teknolojisi, sensörlerle donatılmış dijital cihazlar, diğer nesnelerden veri toplamak ve değiş tokuş etmek için nesnelerin internetini kullanabilen akıllı cihazlarla donatılmıştır. Lojistik Öğrenme Fabrikası, üretim, montaj ve lojistik süreçleri için merkezi olmayan kontrol yöntemlerinin yanı sıra, gerçekliğe yakın koşullar altında geliştirilip, test edilecek ve doğrulanacak iş ve lojistik sistemleri için yenilikçi insan-makine iş birliği yöntemlerini geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Yao vd. (2017), bu çalışma öncelikle nesnelerin interneti (IoT) ve hizmetlerin internetinin (IoS) birleşimi olarak ele alınan siber-fiziksel sistemlerinin (CPS) kapsamlı bir araştırmasını ve analizini sunmaktadır. Araştırma ayrıca siber-fiziksel sistemlere dayalı akıllı üretimi hedef alır. CPS tabanlı üretim, gerçek zamanlı veri erişimi, yeniden yapılandırılabilir ve birlikte çalışabilir yetenekler, merkezi olmayan karar verme, akıl ve yenilikçilik özelliklerine sahip sekiz bileşen (Giriş, İlişkiler, siber-fiziksel sistemler CPS, hizmet interneti (IoS), nesnelerin interneti (IoT), içerik ve bilgi interneti (IoCK), Fabrika, Çıkış) olarak ele alınmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, siber-fiziksel sistemler (CPS) ve akıllı üretim arasındaki ve akıllı üretim ile bilgelik üretimi arasındaki boşlukları doldurmuştur.

Zhang vd. (2018), çalışmada, siber-fiziksel sistemler (CPS) ve endüstriyel nesnelerin internetine dayanan (IIoT) akıllı üretim sistemlerinin (SPLS) kavramsal çerçevesini ve işbirlikçi üretim lojistiği için kendi kendini organize eden yapılandırma mekanizmasını ve metodolojisini tanıtmayı da amaç edinmiştir. Bu amaca ulaşmak ve sorunların üstesinden gelmek için temel üretim kaynaklarının akıllı modellemesi ve kendi kendini organize eden konfigürasyon mekanizmalarını araştırmanın yanında akıllı üretim-lojistik sistemlerinin mekanizmasını ve metodolojisini gösteren bir çerçeve önerilmiştir. Kendi kendini düzenleyebilen yapılandırma uygulamak için analitik hedef basamaklandırmaya dayalı veriye dayanan bir model geliştirilmiştir. Çalışmada, önerilen bu üretim lojistik sistemleri beklenmedik durumlarda ortaya çıktığında uyarlanabilir ve iş birliğine dayalı olarak optimize edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

2.2.1. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP)

Hong and Feng (2010), bu makalede, bilgisayar ve ağ bilişim teknolojisini kullanarak, Kuzey Çin Petrol Sahası şirketinin lojistik yönetiminde Web bazlı ERP sistemini araştırıp geliştirilmesidir. Kullanılabilecek ERP sistemleri araştırılıp ve uygulamaya geçilmiştir. Çalışma sonucunda envanteri %40'a düşürmüş, ortalama teslimat süresi %50 artırılması gerektiği, tedarik teslim süresinin %50 kısaltılması, süspansiyonların %60 azalması, üretim maliyetlerinin %10 azaltılması gibi sonuçlara ulaşılmıştır.

Gavidia (2017), bu çalışmadaki amaç, insani acil durum lojistiğindeki kurumsal kaynak planlama (ERP) teknolojisinin ihtiyaç ve avantajlarını vurgulamaktır. Makale ayrıca sistemin konfigürasyonu, bakımı, işletimi ve iyileştirilmesi için bir model önermektedir. Çalışmada mevcut lojistik ve bilgi sistemleri literatürü kullanılmıştır. Koordinasyon eksikliği sorunu gözden geçirilmiş ve insani acil durumların spesifik gereksinimlerini karşılamak için ERP sistemleri teknolojisinin yapısı ve modeli aracılığıyla bütünsel bir çözüm önerilmiştir.

2.3. Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing)

Hoffman and Oettmeier (2016), çalışmanın amacı mühendisliğe özel bir ortamda Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing) teknolojisinin benimsenmesinin tedarik zinciri yönetimi süreçleri ve bileşenleri üzerindeki etkileri hakkında analiz

yapmaktır. İşitme sistemleri endüstrisindeki iki araştırma örneği yöntem olarak kullanılmıştır. Analiz sonucunda üreticilerin sadece üretim ve sipariş yerine getirilmesinde iç süreçler ve yönetim faaliyetleri, katmanlı üretime geçişten etkilenmez, aynı zamanda firmanın tedarik zincirinin arz ve talep tarafına ilişkin tedarik zinciri süreçlerini ve bileşenlerini de etkilediği sonucuna varılmıştır.

Griffin vd. (2018), bu çalışmadaki amaç 3D yazıcının geliştirilmesinde ve yayılmasında ortaya çıkan zorlukları Çin'e odaklanarak araştırmaktır. Bunun yanında asıl amacı 3D yazıcının kitlesel ölçekli uygulamalarına direnen engelleri ortaya çıkarmaktır. Çin'deki 3D yazıcı firmalarıyla görüşülerek veriler toplanmıştır. Birçok şirketin 3D yazıcının faydalarını görebildiği, ancak potansiyelinin söz verildiği gibi sunulmadığı görülmüştür. Bunun bir nedeni, 3D yazıcı tedarik zincirine iyi bir şekilde entegre edilmemesinden kaynaklanmaktadır. Diğer sebep, sahteciliği etkili bir şekilde önleyemeyen olası fikri mülkiyet sorunları ile ilgili olmasıdır. Bu sorunların üstesinden gelmek için 3D yazıcı içerikleriyle ilgili yasal komplikasyonlar bir lisans platformu ile çözülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Halassi vd. (2018), çalışmadaki amaç tüketicinin tüketici konumunda kalması ve 3D yazıcı teknolojilerinin kullanımını yönlendiren faktörleri belirlemektir. Genişletilmiş birleşik kabul ve teknoloji kullanımı teorisine (UTAUT2) dayanan kavramsal çerçeve ve 3D yazıcı kullanan 196 kişinin online anket yoluyla bilgilere erişilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kolaylaştırıcı koşulların mevcudiyetinin, hedonik ödüllerin mevcudiyetinin ve bir kişinin kendi ürünlerini yapma yeteneğinin davranışsal niyetlere neden olduğunu, bununla birlikte tüketicilerin bu teknolojiye aşına olma ihtimalinden kaynaklandığını belirten diğer yaygın faktörler olmadığını gösterdiği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda 3D yazıcı içerikleriyle ilgili yasal komplikasyonlar bir lisans platformu ile çözülmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

2.4. Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Daniluk vd. (2016), yapmış oldukları çalışmada; lojistikle özel bulut hizmeti gereklilikleri ve bulut bilişimin lojistik alanındaki kabulü ile ilgili bir çalışmanın sonuçlarını incelemeyi amaçlamıştır. Bunun için lojistik bilgi teknolojisi hizmetlerinin ve lojistik işlemlerinin ticareti ve kullanımına özgü bir bulut platformuna yönelik bir yaklaşım olan Lojistik Alışveriş Merkezi yazılımının kullanılması önermektedir.

Çalışma da bulutta lojistik çözümlerin kabul derecesi yüksek olduğuna varılmış ve lojistik şirketi yöneticilerinin %56'sı dışarıdan bulut bilişim sağlayan yazılımı desteklediği belirtilmiştir.

Aktepe ve Saatçioğlu (2017), yapmış oldukları makale de geliştirmekte olan bir ülkede lojistik sektörünü inceleyerek bulut bilişim ile ilgili çalışmalara kaynak sağlamayı amaçlamışlardır. Aynı zamanda da bulut bilişim uygulamalarının benimsenmesinde teknolojik, örgütsel ve çevresel faktörlerin etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır. Örneklemenin belirlenmesinde yargısal örnekleme yöntemi kullanılmıştır ve 10 lojistik firması bulunmaktadır. Bu lojistik firmalarla yüz yüze görüşme saplanmıştır. Çalışmada ilk olarak lojistik firmalarının çoğunun bulut bilişimle ilgili farkındalığı olmasına rağmen henüz bulut bilişim hakkında bilgisi olmayan lojistik firmaları da bulunduğu sonucuna varılmıştır. İkinci olarak bulut bilişim kullanma ve kullanmama nedenleri sıralanmıştır.

2.5. Büyük Veri Analizi (Big Data)

Borgi vd. (2017), çalışmasıyla ulaştırma ve lojistik alanındaki Büyük Verilerin incelemesinin yanı sıra mevcut araştırma zorluklarını tartışıp ve gelecekteki araştırmalar da kullanılabilecek yönleri sıralamamayı amaçlamıştır. Akıllı lojistik, beklenti lojistik ve ön görücü bakım gibi gelecek trendlerin önümüzdeki yıllarda bu sektörlerde devrim yapması beklenmektedirler. Ayrıca acil olarak ortaya koydukları gizlilik zorlukları ve politika sorunlarıyla başa çıkma konusunda teknik kısıtlamaları ve risklerin aşılması konusunda çaba gösterilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ding and Ren (2018), araştırmasında Çin'de lojistik sektörünün hızla gelişmesiyle birlikte, lojistik performansın nasıl yönetileceği ve değerlendirilebileceğinin yanı sıra lojistik endüstrisinde büyük verilere dayanan lojistik performans değerlendirme endeks sisteminin kullanılmasını önermektedir.

Wu and Yang (2018), yapmış oldukları çalışmada hava yolu kargo lojistiğinin kritik yönlerini ele almanın yanı sıra havacılık lojistiğini yönetmek isteyenler için operasyonel stratejiler oluşturmak için karma bir veri madenciliği modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada kullanılan hibrit veri madenciliği modelinin hava yolu kargo lojistiği için 8 önemli sonucu ve 2 stratejisi bulunmuştur. Bunlar; pist genişlemesi, hava kargo platformu, özel lojistik ve belgelendirme, e-ticaret lojistiği, iş birliği, ağ genişlemesi, pazar gözlemi ve uçak dönüşümünün yanında “yenilikçi havacılık lojistiği

uygun bir şekilde geliştirilmeli” ve “havacılık lojistiği performansının artırılması için stratejik iş birliği oluşturulması” stratejileri bulunmuştur.

2.6. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)

Jin vd. (2016), bu çalışmada B2C (firmadan müşteriye) işletmeleri için depolama kalitesi, müşteri memnuniyeti gibi temel bazı faktörleri belirlemeyi amaçlamıştır. AlphabetSoup yazılımı kullanılarak depo ölçeği ve birden fazla robotun birlikte çalışma düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada lojistik firmanın depolama aşamasının uygulanabilirliğinde sorun olmadığı kanısına varılmış ve raf yeri, kargo depolama düzeyleri optimize edilmeli sonucuna varılmıştır.

Wang and Du (2016), çalışmada iki temel amaç üzerinde durulmuştur. Birincisi, lojistik otonom robot sistem yapısının incelenmesidir. İkincisi, kayar mod kontrolü ve sinir ağı kontrolünün otonom robotlarda incelenmesidir. Lojistik otonom robotlar, kayar mod ve otonom robot sistemi yapısı incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda kayar mod ve sinir ağı kontrolü modern lojistik için uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Leofente vd. (2018), makalede otonom robotlar için optimal yapılabirlik planlarını oluşturmak, izlemek ve harekete geçmek için bir sistem önerisi sunmaktadır. Optimizaston Modulo Teori’siyle on-line yöneticinin esnekliğini birleştirerek, önemli kararlar ve görevler optimal çözümün nasıl olabileceğini gösterilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında karar alma sürecinin tartışılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

2.7. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

Mueck vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada depo lojistiği için Artırılmış Gerçeklik Uygulaması yapılması amaçlanmıştır. Siemens AG’nin ve Paderborn Üniversitesi’ nin birlikte “Lojistik ve Montaj Sistemleri” adlı ortak projelerinin sonucunda dünyanın ilk Artırılmış Gerçeklik tabanlı yazılımı Heinz Nixdorf Enstitüsü’nde gerçekleştirilmiştir. Sonuçları laboratuvar ortamında test edilmiştir ve bu sistemin iş akışının yanı sıra toplam etkinliğini geliştirmesi gerektiği doğrulanmıştır.

Gienters and Martin-Gutierrez (2013), çalışmada artırılmış gerçeklik ve radyo frekans tanımlama teknolojilerini kullanarak bir depo da ürün görselleştirme için artırılmış gerçeklik kullanmayı araştırmışlardır. Artırılmış gerçeklik çözümleri görselleştirme çözümleridir. Kullanıcının doğal ortama daldırılıp durumu ve nesneyi

yönetmesini sağlamış olur. Kişilerin psikolojik rahatsızlığına sebep olmaz. Bu araştırma gerçek endüstriyel uygulamadan uzaktır. Bu tür çözümlerin gelecekte depolarda ve büyük ölçekli üretim sistemlerinin bir parçası olacağı sonucuna varılmıştır.

2.8. Simülasyon (Simulation)

Guasch vd. (2009), bu vaka analizinin amacı gerçek demiryolu taşımacılığı çalışmasının akış süreçlerini basitleştirmektir. Bu amacı daha açıklamak gerekirse, simülasyon kullanılarak kaynakların kullanımını minimuma indirmek amacıyla bir fabrikanın lojistik akış ve depolama yönetimi politikasını analiz edilmesidir. Modelde Petri ağları kullanılmıştır. Bu çalışma bir çelik imalat fabrikasının liman ile olan demir yolu ağının değiştirilmesinin bir parçasıdır. Çalışmada 3 farklı senaryoya ulaşılmıştır. İlki fabrikaya yatırım yapılmadan işletilmesini temsil eder. Süreç ve depolama politikaları değiştirilerek yolculuk sayısında %33'lük bir azalma olabileceği görülmüştür. Bu da kapasite artırma, ekstra lokomotif gibi gereksinimlerini ortadan kaldırmıştır.

Neumann (2009), malzeme taşıma sistemi için yapmış olduğu çalışmada amaçları sıralayacak olursak, malzeme taşıma sisteminin tasarımının taşıyabileceği yükü tahmin etme, yük sınırındaki sistemin performansını engelleyen parametrelili tahmin etme, malzeme taşıma sistemine dokunmadan performansını artırmak için öneride bulunmadır. Deneyler sonucu lojistik bir bakış açısıyla bakılacak olursa sistem tasarımı optimal değildir, ancak araştırmaların gösterdiği gibi bileşenler iyi dengelenmiş ve mevcut gereklilikleri karşılamıştır. Performansın 114.09 palet veya saatte mevcut sınırın ötesindeki herhangi bir artış ancak sistem tasarımı ve çalışması değiştirilirse ve kaynakların eşzamanlı kullanımı azaltılırsa mümkün olacağı sonucuna varılmıştır.

2.9. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Liu vd. (2015), üretim sistemlerinde Siber Fiziksel Sistemlerin artması ve müşterilerin isteklerini karşılayabilme aynı zamanda piyasadaki yenilikleri takip edebilme ve rekabet edilebilirlik için mevcut üretim sorunlarını çözmek amaçlanmıştır. Bunun için Siber Fizikse Üretim Sistemleri'n de (CPPS), akıllı fabrika ve üretimi gerçekleştirmek için değer ağları üzerinden yatay entegrasyon ve ağına bağlı üretim sistemleri aracılığıyla dikey entegrasyon oluşturulmasına karar verilmiştir. Chemnitz Teknoloji Üniversitesi'nde "Deneyisel ve Dijital Fabrikadaki" laboratuvar ortamında,

yatay ve dikey entegrasyonu araştırmaları ve uygulamak için lojistik sistem oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda Siber Fiziksel Üretim Sistemleri'nde, uygulanan görevlerin girişi ve çıktısı ve ilgili işlem bilgilerinde, malzeme kutularını kullanma, raylarda robot kullanma, taşıma sistemi ve depo sistemi gibi çeşitli sistemin dikey entegrasyon uygulanmaktadır. Farklı süreçlerde yatay entegrasyonda uygulanmıştır. Siber Fiziksel Üretim (CPPS) sistemleri arasındaki iletişim uygulanabilir ve yapılabilir kanısına varılmıştır.

Mazak and Huemer (2015), yapmış oldukları çalışmada akıllı fabrikalar ile ilgili yatay ve dikey entegrasyona yönelik evrensel bir model yaklaşımı geliştirmek ana hedefleridir. Bu amaçla, mevcut modelleme yaklaşımlarına benzeyen entegre modelleme (HoVer) için çalışma yapılmıştır. Bu nedenle, hem iş ortaklarıyla yatay entegrasyon gerektiren aktiviteleri hem de dikey entegrasyon gerektiren iç sistemlere kanca görevi gören aktiviteleri tanımlamak için REA işletme ontolojisini geliştirmiştirler. REA (Kaynak Olay Ajanı) ontolojisini endüstri standardından (ISA-95) bilinen faydalı kavramlarla bütünleştirici bir modelleme çerçevesine doğru genişletilmiştir. REA' nın temel kavramlarını ve aracısını genişletilmiş ayrıca ISA-95'i REA görev spesifikasyon katmanını için tercih edilen dil olarak entegre edilmiştir.

2.10. Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)

Kowalski vd. (2012), bu çalışmada olay bazlı ve ontolojiye dayalı akıl yürütmenin birleştirilmesiyle karşık, özellikle büyük ve ulusal lojistik projeler için bilgiyi yapay zekayla tekrar kullanmanın nasıl mümkün olduğu gösterilmek amaçlanmıştır. Bilgi sistemleri hakkında yapılan çalışmalar ve yapay zekâ araştırması ile birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilen iki bilgi yönetimi tekniğinin bu entegrasyonu sayesinde, projeler arasındaki benzerlik için operasyonel, bilgisayar destekli aynı zamanda bir kriter tanımlamak mümkün olmuştur. Bu entegrasyon yaklaşımının fizibilitesini göstermek için "SCM Proje Danışmanı" olarak adlandırılan prototipik ontoloji odaklı olay tabanlı bir akıl yürütme aracı geliştirilmiştir. Bu çalışmada diğer olay çalışmalarında benzer bilgileri üzerinde durulmuştur. Bu sistemin etkililiği olay sayısı ve değerlerin tanımlanabilir olmasından etkilenmektedir sonucuna varılmıştır. Ayrıca eski olay sonuçlarını yeni bir olay çözümü için kullanılacaksa yeni algoritmalar geliştirme kanısına varılmıştır.

Weber and Schütte (2019), bu çalışmanın amacı yapay zekâ uygulamalarının perakende sektöründeki mevcut yayılımını kullanım alanlarını araştırmayı amaçlamaktadır. Araştırmada iki şekilde bilgi toplanılmıştır bunlar; bilimsel veri tabanları ve perakendede en büyük 10 şirketin yapay zekâ uygulamaları ve bunları benimseme dereceleridir. Uygulama sonucunda yapay zekâ kullanımı bölgeye göre değişiklik göstermenin yanı sıra şirketlerin bütün alanlarında yapay zekâ uygulamasıyla karşılaşmıştır. Şirketlerin özellikle gelecek tahminlerinde daha çok kullanıldığı görülmektedir. Buna karşılık piyasada gelişmiş şirketler yapay zekaya büyük yatırımlar yapmanın yanı sıra her alanda kullanmaya çalışmaktadır. Bazı şirketlerde yapay zekâ kullanımından habersiz ve benimseme çabası göstermemektedir.

Söz konusu çalışmalar incelendiğinde lojistik 4.0 teknolojilerini konu edinen ayrı ayrı çok sayıda çalışma göze çarpmaktadır. Bu teknolojilerin bütünleştirildiği çalışma sayısı ise yok denecek kadar azdır. Bunun yanında çalışmaların daha çok istatistiksel yöntemlerle gerçekleştirildiği söylenebilir. Mevcut çalışma gerek lojistik bilgi teknolojilerini bütünleştirilmesi gerekse bütünleşik AHS- TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme tekniklerini kullanması ile literatüre katkı sunmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. METODOLOJİ

Çalışmanın amacı, lojistik 4.0 ekseninde en uygun bilgi teknolojisinin belirlenip lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek olan lojistik firmasının belirlenmesidir. Bu amaçla ilgili çalışmada bilgi teknolojilerinin sıralamalarının belirlenmesinde AHS, lojistik firmasının belirlenmesinde ise Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde uygulamada kullanılacak yöntemlerin işleyişleri sırasıyla aşağıda sunulmuştur:

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Saaty, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımını 1971-1975 yılları arasında Wharton Okulu'nda (Pennsylvania Üniversitesi, Philadelphia, Pa) geliştirmiştir. Karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilmiş olan AHS, birçok teknik alanda problem çözmek için kullanılan en yaygın çok ölçütlü karar verme yöntemidir. Analitik Hiyerarşi Süreci, birçok seçenek içerisinde karar verici tarafından belirlenmiş ölçütler çerçevesinde karar seçeneklerini önem sırasına göre sıralayan bir tekniktir (Saaty, 1987:161). Bu yöntem; eğitim, sosyal, ekonomik vb. alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Zhu vd., 2011:179). İfade edilen bu üstünlükler AHS'nin bu çalışmada tercih edilmesine neden olarak gösterilebilir.

AHS ile problem çözümü gerçekleştirmek için aşağıdaki işlem adımları uygulanmaktadır (Saaty,1987:161; Bhushan ve Rai, 2004: 15; Zhu vd., 2011:179; Özbek ve Eren, 2012:49):

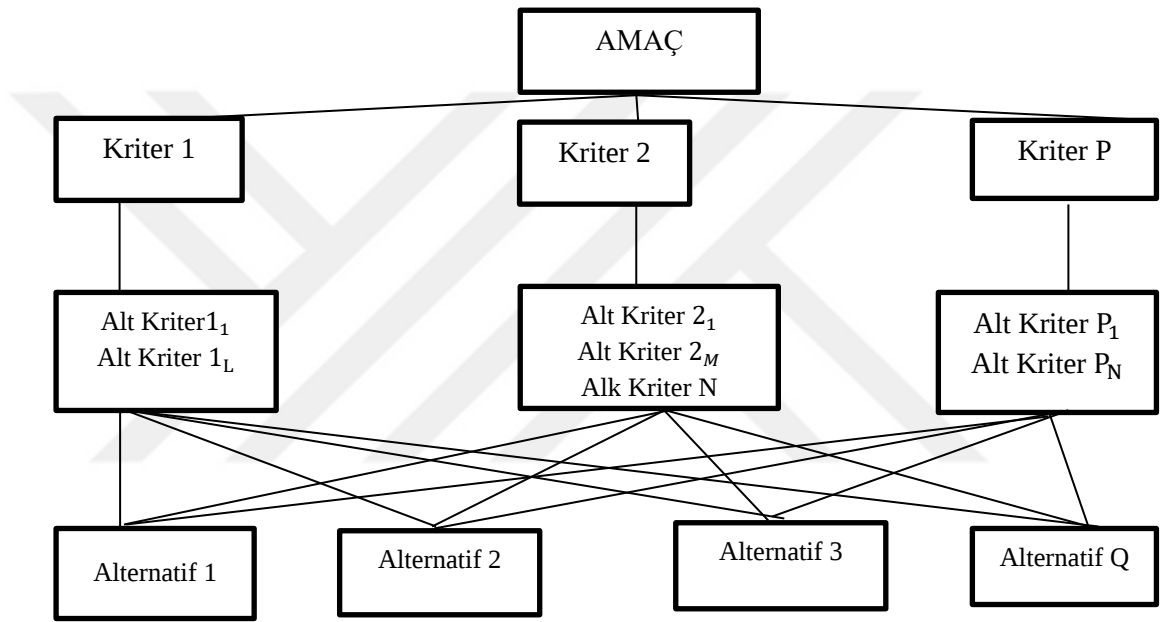
1.Adım: Problemin Tanımlanması

Karar verilmesi istenilen sorunun AHS ile çözülüp çözilemeyeceğini belirlemek gerekmektedir. Problemin çözülebileceği geçmiş deneyimler ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlendikten sonra problem, çözülebilir alt problemlere ayrılmaktadır. Daha sonra alt problemlerin çözüm adımları birleştirilerek genel bir çözüm oluşturulur. (Saaty, 1987:161).

2. Adım: Hiyerarşinin Oluşturulması

Analitik hiyerarşi sürecinde ilk olarak amaç belirlenir ve sonrasında karar vericinin amacı doğrultusunda; ana kriterler ve onlara ait alt kriterler belirlenip sonrasında alternatifler ortaya konularak hiyerarşik yapı Şekil 3.1.' deki gibi oluşturulması sağlanır. Bu aşama karar vermenin en yaratıcı ve ön önemli aşamasıdır (Bhushan and Rai, 2004: 15).

Şekil 3. 1. AHS Hiyerarşik Yapısı



Kaynak: (Bhushan ve Rai, 2004: 16)

3. Adım: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Çalışmanın üçüncü aşamasında kriterlerin Tablo 3.1.' deki ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak ikili kıyaslaması gerçekleştirilir. (Bhushan and Rai, 2004: 16).

Tablo 3. 1. İkili Karşılaştırma Ölçeği

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit değerde öneme sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemli sayılmaktadır
4	Makul artı	
5	Fazla Önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli sayılmaktadır
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmaktadır
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçüt diğerine göre son derece önemli sayılmaktadır

Kaynak: Saaty, 2008:86

Tablo 3.2. uzmanlar ve karar vericilerin ölçütleri kendi aralarında ikili karşılaştırmalarına örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3. 2. Ölçütlerin İkili Olarak Karşılaştırılması

<i>i.</i> Ölçüt	Önem Derecesi									<i>j.</i> Ölçüt
	Son Derece Önemli	Çok Fazla Önemli	Fazla Önemli	Biraz Önemli	Eşit Öneme Sahip	Biraz Önemli	Fazla Önemli	Çok Fazla Önemli	Son Derece Önemli	
Ölçüt ₁							*			Ölçüt ₂

Ölçüt_1 ile Ölçüt_2 karşılaştırıldığında Ölçüt_2 'nin "Fazla Önemli" olduğu Tablo 5'ten anlaşılmaktadır.

Karşılaştırmalar, ikili karşılaştırma matrisinde bulunan tüm değerleri 1 olan köşegen üstünde kalan elemanlar için yapılmaktadır. Saaty'nin karşılık olma özelliğine göre a_{ij} , i . ölçüt ile j . ölçütün ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, a_{ij} değeri $1/a_{ij}$ eşitliğinden elde edilir. Bir düzeyde n sayıda eleman bulunduğu zaman $n(n - 1)/2$ tane karşılaştırma yapmak gerekir. Her karşılaştırma matris şeklinde düzenlenmektedir. İkili karşılaştırma matrisi (Tablo 3.3.)' da görüldüğü gibi oluşturulmaktadır (Bhushan and Rai, 2004: 16; Zhu vd., 2011:179).

Tablo 3. 3. İkili Karşılaştırma Matrisi

A	Ölçüt_1	Ölçüt_2	Ölçüt_3	...	Ölçüt_n
Ölçüt_1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
Ölçüt_2	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	a_{23}	...	a_{2n}
Ölçüt_3	$a_{31} = 1/a_{13}$	...	1	...	a_{3n}
...	...	...	...	1	...
Ölçüt_n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	$a_{n2} = 1/a_{2n}$	$a_{n3} = 1/a_{3n}$	...	1

n tane faktörün yer aldığı ikili karşılaştırma matrisi A, $n \times n$ boyutunda bir kare matris olmaktadır.

4. Adım: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Normalizasyonu

İkili karşılaştırma matrisindeki her eleman (3.1) numaralı eşitliğe göre kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilmektedir.

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.1)$$

5. Adım: Öncelik Vektörünün (Ağırlıkların) Hesaplanması

Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur. Normalize edilmiş matrisin (3.2) numaralı Eşitliğe göre her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınmaktadır. Bulunan bu değerler her bir ölçüt için hesaplanılan önem ağırlıklarıdır, öncelik vektörü olarak adlandırılmaktadır (Bhushan and Rai, 2004: 17).

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

Öncelik vektörü olarak ifade edilen W sütun vektörü aşağıda gösterilmektedir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}$$

6. Adım: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Ölçütler arasındaki karşılaştırma yargısı sonucu belirlenen değerler ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra bu karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığı kontrol edilmektedir. Tutarlılık indeksi (TI) adı verilmiş kat sayının hesaplanması için (3.3) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (Bhushan and Rai, 2004: 17).

$$TI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.3)$$

TI değerini hesaplamak için “Özdeğer” olarak adlandırılan λ_{max} (3.4) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right] \quad (3.4)$$

Tutarlılığı değerlendirebilmek için “random indeks” (RI) değerini bilmek gerekir. Matris boyutu n için karşılık gelen random indeks değeri (Tablo 3.4.)’ de verilmiştir.

Tablo 3. 4. Rassal İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Kaynak: Saaty, 1994:42

TI ve RI belirledikten sonra “CR” tutarlılık oranı (3.5) numaralı eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$CR = \frac{TI}{RI} \quad (3.5)$$

Saaty, tutarlılık oranının “0,10” ’dan küçük çıkması gerektiğini dile getirmektedir. Bulunan tutarlılık oranının 0,10’ dan büyük çıkması yani tutarsızlık çıkması durumunda ikili karşılaştırma matrisleri gözden geçirilmelidir.

AHS’ de kriter ağırlıkları, çalışma konusu ile ilgili uzmanlara yapılan anket sonucunda başka bir ifadeyle grup kararına bağlı olarak belirlenir. Bu kararları almada üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, uzmanların belirli bir kriter üzerinde uzlaşması, uzmanların ortak fikir beyan edemedikleri durumda seçeneklerin oylanması ve geometrik ortalama yaklaşımlarıdır. Geometrik yaklaşımda k . uzmanın i . kriter ile j . kriteri karşılaştırması değeri a_{ij}^k olmak üzere n adet uzmanın ortak kararı (3.6) numaralı eşitlik ile hesaplanarak tek değere indirgenir (Arıbaş ve Özcan, 2016:166).

$$a_{ij}^k = [a_{ij}^1 * a_{ij}^2 * ... * a_{ij}^n]^{1/n} \quad (3.6)$$

3.2. TOPSIS

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), 1980 yılında pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözümden en uzak mesafedeki alternatifin seçilmesi olarak iki temel noktaya dayanıp, Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir (Hwang and Yoon, 1981:128; Özbek, 2017:201). TOPSIS yönteminin karmaşık algoritmalar ve matematiksel modeller içermeyen basit bir teknik olması ayrıca kullanım kolaylığı, sonuçların kolayca yorumlanabilmesi ve kolay anlaşılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı birçok alanda uygulaması bulunmaktadır (Behzadian vd.,2012:13051). İfade edilen bu üstünlükler TOPSIS’in mevcut çalışmada tercih edilmesine neden olarak gösterilebilir.

Karar seçenekleri ve değerlendirme ölçütleri belirlendikten sonra karar matrisi oluşturulması sonrası, TOPSIS yönteminin adımları şu şekilde sıralanmaktadır (Hwang and Yoon, 1981:128; Ustasüleyman, 2009:37; Özbek, 2013:5).

1. Adım: Karar Matrisi (D) Oluşturulması

Karar matrisinin satırları alternatifleri, sütunları ise değerlendirme kriterlerini göstermektedir. D karar matrisindeki d_{ij} , i . alternatifinin j . kriterine göre gerçek değerini göstermektedir. Karar matrisi (D) aşağıda gösterilmektedir.

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} & \dots & d_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mj} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

2. Adım: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Karar matrisi D oluşturulduktan sonra (3.7) numaralı eşitliği kullanarak normalleştirilmiş karar matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m d_{kj}^2}} \quad (3.7)$$

r_{ij} : i : 1,2, ..., N; Kriter Sayısı

j : 1,2, ..., K; Alternatif Sayısı

Normalleştirilmiş karar matrisi (R) aşağıda gösterilmektedir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Adım: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Daha önceden belirlenen kriterlerin ağırlıkları w_j , eşitlik (3.8)' de gösterildiği gibi R matrisinin elemanları ile çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) oluşturulur. Değerlendirme kriterlerinin ağırlık değerleri toplamı 1 olmalıdır.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_j r_{1j} & \dots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{i1} & w_2 r_{i2} & \dots & w_j r_{ij} & \dots & w_n r_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_j r_{mj} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

4. Adım: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerinin Oluşturulması

Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin en iyi performans değerlerinden pozitif ideal çözüm oluşurken, negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşur. Pozitif İdeal (A^*) değeri (3.9), Negatif İdeal (A^-) değeri (3.10) eşitliklerini kullanarak hesaplanmaktadır.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.9)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3.10)$$

5. Adım: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

J alternatifinin pozitif ideal çözüme uzaklığı S_i^* , (3.11) numaralı eşitlik ve negatif ideal çözümden uzaklığı S_i^- ise (3.12) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır. Pozitif İdeal Ayrım (S_i^*), Negatif İdeal Ayrım (S_i^-) ile adlandırılmaktadır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (3.11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.12)$$

6. Adım: İdeal Çözüme Görelî Yakınlığın Hesaplanması

S_i^* ve S_i^- hesaplandıktan sonra ideal çözüme göreli yakınlık C_i^* değeri (3.13) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (3.13)$$

Burada (C_i^*) değeri i alternatifin bulunduğu sektördeki başarısını gösterir ve yüksek değerler daha yüksek başarıyı ifade eder.

7. Adım: Alternatiflerin İdeal Çözüme Görelî Yakınlık (C_i^*) Değerine Göre Sıralanması

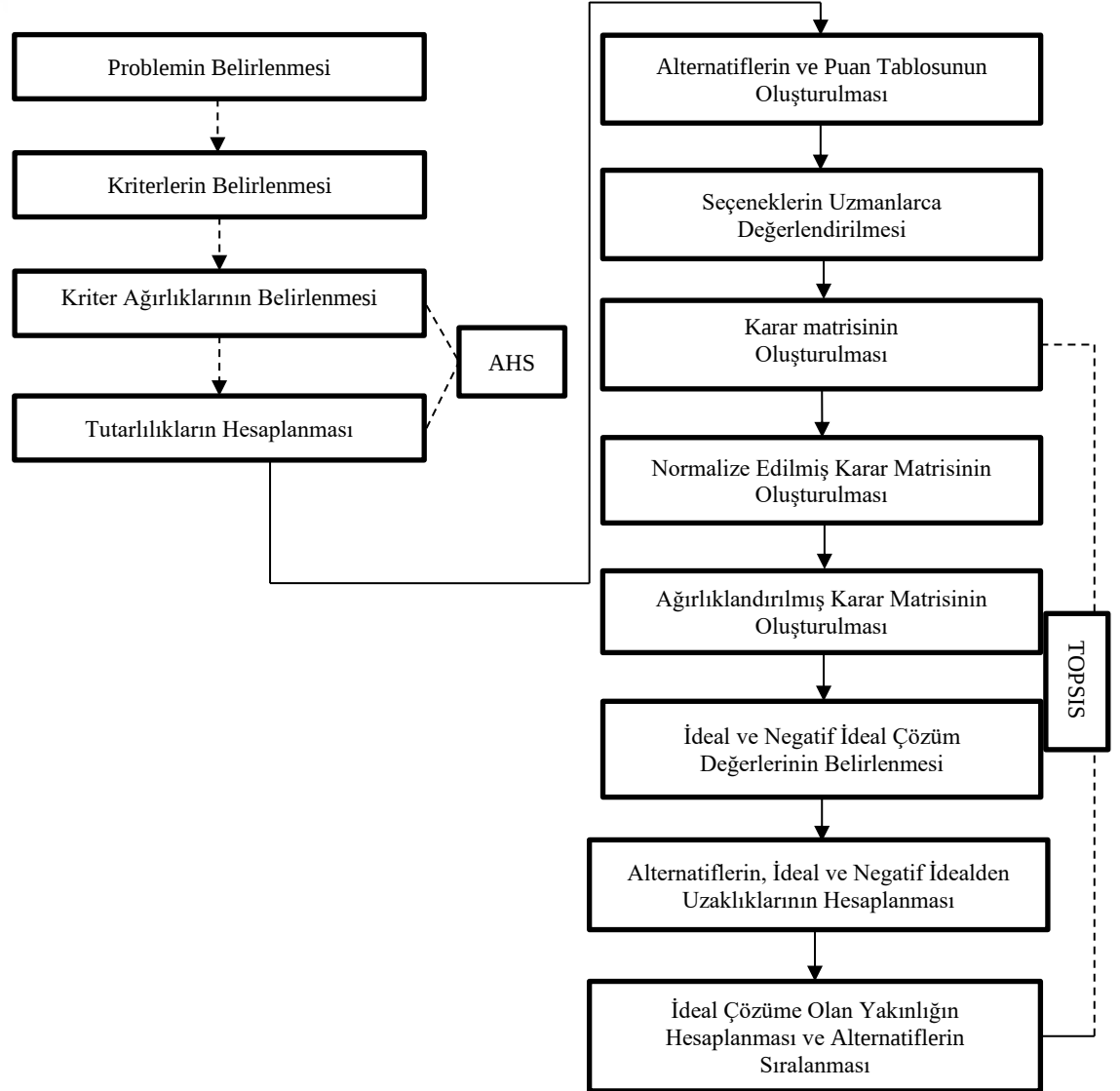
TOPSIS' in son aşamasında alternatifler (C_i^*) değerine göre sıralanmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.UYGULAMA

“Çalışmanın amacı, lojistik firmalarının teknolojik yeterlilik düzeyinin lojistik 4.0 ekseninde değerlendirilmesidir. Bu amaçla teknolojik yeterliliği değerlendirmek için kullanılacak başarı faktörleri AHS yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Takip eden aşamada lojistik firmalarının teknolojik yeterlilik düzeyi TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada Şekil 4.1.’deki süreç sırasıyla takip edilmiştir”.

Şekil 4. 1. AHS-TOPSIS Tabanlı Karar Modeli Akış Şeması



4.1. AHS Yöntemi ile Lojistik 4.0 Ekseninde En Uygun Bilgi Teknolojisinin Belirlenmesi

4.1.1. Problemin Tanımlanması

Yöntemin ilk aşaması problemin AHS-TOPSIS ile çözülüp çözilemeyeceğidir. Ayrıca problemin tanımlanmasıdır. Lojistik sektöründe yayınlanmış raporlar ve literatür taraması yapılarak bu problemin AHS-TOPSIS ile çözülebileceğine karar verilmiştir. Çalışmadaki karar problemi, Lojistik 4.0 ekseninde en uygun bilgi teknolojisinin belirlenip lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek olan lojistik firma seçimidir.

4.1.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılacak olan ana kriterler ve alt kriterler, lojistik sektöründe yayınlanmış raporlar ve literatür taraması (DHL Augmented Reality Report (2015), DHL Logistics Trend Radar Report (2016), Galindo (2016), Alnıpak ve Alkan (2017), Barreto vd. (2017), Çelen (2017), Davutoğlu vd. (2017), DHL Logistics Trend Radar Report (2018), Göçmen ve Erol (2018), Kamali (2018), Kilic vd. (2018), Öztemel ve Gürsev (2018), Saatçioğlu vd. (2018), Şekkeli ve Bakan (2018), Vaidya vd. (2018), Adıgüzel (2019), Alcacer and Cruz-Maachado (2019), Büyüközkan ve Güler (2019), Lennon and Tomlin (2019), Tang and Veelenturf, (2019), Yılmaz ve Duman (2019) ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan ana ve alt kriterlerin açıklamaları Tablo 4.1.' de gösterilmektedir.

Tablo 4. 1. Çalışmada Kullanılan Ana ve Alt Kriterler

Kriterler	Açıklama
1. NESNELERİN İNTERNETİ	Nesnelerin sahip olduğu sensör ve internet sayesinde birbiriyle iletişim kurabilmesi ve veri gönderebilmesidir.
1.1. Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)	Sipariş yönetimi, müşteri hizmet kalitesinin göstergesidir (Gürdal, 2006: 23).
1.2. Depo Yönetim Sistemi (WMS)	WMS, herhangi bir depoda tutulan tüm bilgilerin ve tüm depo süreçlerin elektronik olarak yönetildiği yazılımlara verilen isimdir (Ertek ve Aba, 2012; 23).
1.3. Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)	TMS, ulaşım türlerinin seçimi, yüklerin planlanması, taşınacak ürünlerin diğerleriyle birleştirilebilmesini sağlamak, maliyetleri azaltmak, ulaşım araçlarının rotalarını belirlemek ve bunların en optimal kullanılmasını içeren yazılımlar olarak tanımlanmaktadır (Adıgüzel, 2005: 66).

Tablo 4.1. (Devamı)

Kriterler	Açıklama
1.3.1. Elektronik Veri Değişimi (EDI)	EDI, işletme içindeki bilgilerin standart bir biçimde süreçler arası iletişimi olarak tanımlanır (Choudhary vd., 2011: 323).
1.4. Araç Takip Sistemi (VTS)	VTS, kendisi için önceden belirlenmiş, Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System – GPS) ile aracın konumunu gösteren sistemlerdir (Arslan vd., 2016: 447).
1.5. Barkod ve RFID Tanımlama	Barkod, farklı kalınlıktaki dik çizgi ve bu çizgiler arasındaki boşluklar ile oluşturulan kodların taranmasıyla verilerin bilgisayar sistemine aktarılmasını sağlayan bir yöntemdir (MUSİAD, 2018: 82). “RFID teknolojileri radyo frekans dalgaları kullanarak nesneler üzerindeki etiketlerde yer alan bilgileri tanımayı sağlayan sistemdir” (MUSİAD, 2017: 81).
2. SİBER- FİZİKSEL SİSTEMLER	Siber-fiziksel sistemler (Cyber Physical System-CPS), birçok yeni yöntemle insanlarla etkileşime girebilecek entegre hesaplama ve fiziksel yeteneklere sahip yeni nesil sistemleri ifade etmektedir (Bahaeti ve Gill, 2011: 1).
2.1. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP)	Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), “kurumların tedârikten dağıtıma kadar tüm iş süreçlerini bütünsel bir veri/bilgi yönetim sistemi desteğiyle yönetmesini sağlayan geniş kapsamlı ve modüler yapıya sahip bir yazılım paketidir” (Baskak ve Cetişli, 2003: 15).
3. KATMANLI ÜRETİM (3D PRİNTER)	Hızlı prototipleme ve 3 boyutlu baskı (3D Printing) yöntemi olarak etkin bir şekilde kullanılan teknolojilerin endüstri ile entegrasyonuna Katmanlı Üretim (Additive Manufacturing) denilmektedir (www.endustri40.com, 26.08.2019).
4. BULUT BİLİŞİM	Bulut bilişim, kullanıcıların hesaplama, depolama ve uygulamalar gibi çeşitli bilişim hizmetlerine bu bilgilerin nerede depolandıkları ve bu uygulamaların hangi sunucularda çalıştıklarını ve teknik olarak nasıl yapılandırıldıklarını bilmeksizin internet üzerinden erişimleri olarak tanımlanmaktadır (Sultan, 2011:272).
5. BÜYÜK VERİ	Bu endüstriyi oluşturan bileşenlerin intranet ve internet olanaklarıyla birbirleriyle iletişim kurma yeteneği bu bilgilerin büyük bir veri tabanında saklanma zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Bu veri tabanlarının uygun bir şekilde saklanması ve yönetilmesi “Büyük Veri” kavramını ortaya çıkarmıştır (Pan vd., 2015:1538).
6. OTONOM ROBOT	Otonom Robotlar, otomatik iş yapabilen robotlardan daha çok yapay zekaya sahip sistemler olarak tanımlanmaktadır (Yazıcı, 2016: 39).

Tablo 4.1. (Devamı)

Kriterler	Açıklama
7. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK	Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality) fiziksel dünyanın sanal ile gerçek zamanlı olarak bütünleştirilerek aynı kadrada bulunmasını amaçlayan teknolojidir (Özarslan, 2011: 726).
8. SİMÜLASYON	“Ürünlerin, malzemelerin ve üretim süreçlerinin tasarım aşamasında üç boyutlu olarak gerçek zamanlı veriler kullanarak hazırlanan sanal modele simülasyon denir” (Davutoğlu vd., 2017: 553).
9. YATAY VE DİKEY SİSTEM ENTEGRASYONU	Dikey ve yatay sistem entegrasyonu, işletme içerisindeki evrensel veri entegrasyon ağlarının geliştirilerek işletmelerin, birimlerin, mevkilerin birbirleriyle daha uyumlu çalışmasıdır (Davutoğlu vd., 2017: 552; Alnıpak ve Alkan, 2017: 5).
10. YAPAY ZEKA	Yapay zekâ, makinelerin düşünme ve öğrenme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Şekkeli ve Bakan, 2018: 24).

4.1.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışmada AHS yönteminde kriterlerin ağırlıklandırılmasında lojistik ve bilgi teknolojileri alanında çalışmalar yapmış üç akademisyen, lojistik hizmet veren (3PL) firmalarda görev alan üst düzey bir yönetici ve lojistik hizmet alan (üretici) firmalarda görev yapan bir yönetici ve bilgi teknolojisi uzmanı bir kişiye ikili karşılaştırma anketi uygulanmıştır. Uygulanan anketlerdeki her bir ikili kıyaslamaya verilen cevapların geometrik ortalamaları alınarak işlemler yapılmıştır. Ana kriter ve alt kriter ağırlıkları AHS yönteminin işleyiş aşamalarında ifade edilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları Tablo 4.2.’ de gösterilmektedir.

Tablo 4. 2. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlıklar
Nesnelerin İnterneti (0,205)	1.Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)	0,101
	2.Depo Yönetim Sistemi (WMS)	0,383
	3.Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)	0,283
	3.1 Elektronik Veri Değişimi	0,283
	4.Araç Takip Sistemi (VTS))	0112
	5.Barkod ve RFID Tanımlama	0120

Tablo 4.2. (Devamı)

Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlıklar
Siber-Fiziksel Sistemler (0,094)	1.Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP)	0,094
Katmanlı Üretim (3D Printer)		0,061
Bulut Bilişim		0,121
Büyük Veri		0,092
Otonom Robot		0,037
Artırılmış Gerçeklik		0,044
Simülasyon		0,069
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu		0,027
Yapay Zekâ		0,251

Ana kriterlerin ağırlıkları incelendiğinde, lojistik 4.0 ekseninde en uygun bilgi teknolojisinin *Yapay Zekâ* olduğu ve bunu *Nesnelerin İnterneti' nin* izlediği görülmektedir. Nesnelerin İnternetine ait alt kriterler içinde 0,383 ağırlık oranıyla *Depo Yönetim Sisteminin (WMS)* en fazla öneme sahip olduğu ifade edilebilir.

Ana ve alt kriterlere ait detaylı hesaplamalar ve tüm ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları Ek-1 de sunulmuştur. Buna göre tüm ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık oranı 0.10'un altındadır.

4.2.TOPSIS Yöntemi ile Lojistik 4.0 Teknolojik Düzeyi En Yüksek Firma Seçimi

Çalışmanın bu bölümünde AHS yöntemi ile elde edilen ağırlık değerleri ile Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek firma seçimi amaçlanmaktadır. Belirlenen ana kriter ve alternatifler, tüm firmalar hakkında bilgi sahibi firmalara danışmanlık yapan 3 lojistik firma danışmanı tarafından Tablo 4.3.'teki puan cetveline göre cevaplanmış anket sorularının geometrik ortalaması alınarak TOPSIS yönteminde kullanılmıştır. Alternatiflerin belirlenmesinde 2018 yılı verilerine göre Fortune 500' deki ilk üç lojistik firması seçilmiştir.

Tablo 4. 3. Puan Cetveli

Değer Tanımı	Rakamsal Değer
Hiç	1
Düşük	2
Orta	3
Yüksek	4
Çok Yüksek	5

4.2.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Çalışmada kullanılan anketlerdeki sorulara verilen cevapların geometrik ortalaması alınarak oluşturulan karar matrisi Tablo 4.4.' te gösterilmektedir.

Tablo 4. 4. Karar Matrisi

	Nesnelerin İnterneti	Siber-Fiziksel Sistemler	Katmanlı Üretim (3D Printer)	Bulut Bilişim	Büyük Veri	Otonom Robot	Artırılmış Gerçeklik	Simülasyon	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Yapay Zekâ
A Lojistik Firması	3,634	2,520	1,000	2,884	3,634	1,260	1,260	1,587	1,000	3,000
B Lojistik Firması	3,302	1,817	1,000	2,621	2,884	1,260	1,260	1,587	1,000	3,000
C Lojistik Firması	2,289	1,442	1,000	2,621	2,520	1,260	1,260	1,587	1,000	2,289

4.2.2. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 4.5.' te gösterilmektedir.

Tablo 4. 5. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	Nesnelerin İnterneti	Siber-Fiziksel Sistemler	Katmanlı Üretim (3D Printer)	Bulut Bilişim	Büyük Veri	Otonom Robot	Artırılmış Gerçeklik	Simülasyon	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Yapay Zeka
A Lojistik Firması	0,671	0,736	0,577	0,614	0,688	0,577	0,577	0,577	0,577	0,622
B Lojistik Firması	0,609	0,531	0,577	0,558	0,546	0,577	0,577	0,577	0,577	0,622
C Lojistik Firması	0,423	0,421	0,577	0,558	0,477	0,577	0,577	0,577	0,577	0,475

4.2.3. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

AHS yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları ile normalize edilmiş karar matrisinin değerlerinin çarpılmasıyla elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi Tablo 4.6.'da gösterilmektedir.

Tablo 4. 6. Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

	Nesnelerin İnterneti	Siber-Fiziksel Sistemler	Katmanlı Üretim (3D Printer)	Bulut Bilişim	Büyük Veri	Otonom Robot	Artırılmış Gerçeklik	Simülasyon	Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	Yapay Zeka
A Lojistik Firması	0,138	0,069	0,035	0,074	0,063	0,021	0,025	0,040	0,016	0,156
B Lojistik Firması	0,125	0,050	0,035	0,068	0,050	0,021	0,025	0,040	0,016	0,156
C Lojistik Firması	0,087	0,040	0,035	0,068	0,044	0,021	0,025	0,040	0,016	0,119

4.2.4. İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlıklandırılmış karar matrisinden sonraki adımda ise ağırlıklandırılmış karar matrisinin en iyi ve en kötü değerlerinden oluşan ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri belirlenmiştir. Tablo 4.7'de ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4. 7. İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerlerinin

Kriterler	A^*	A^-
Nesnelerin İnterneti	0,138	0,087
Siber-Fiziksel Sistemler	0,069	0,040
Katmanlı Üretim (3D Printer)	0,035	0,035
Bulut Bilişim	0,074	0,068
Büyük Veri	0,063	0,044
Otonom Robot	0,021	0,021
Artırılmış Gerçeklik	0,025	0,025
Simülasyon	0,040	0,040
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	0,016	0,016
Yapay Zekâ	0,156	0,119

4.2.5. Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması

İdeal ve negatif ideal çözüm değerleri belirlendikten sonra, ideal (S_i^*) ve negatif ideal (S_i^-) ayrım ölçütleri hesaplanmaktadır. İdeal (S_i^*) ve negatif ideal (S_i^-) ayrım ölçütleri Tablo 4.8.'de gösterilmektedir.

Tablo 4. 8. İdeal (S_i^*) ve Negatif İdeal (S_i^-) Ayrım Ölçütleri

Alternatifler	S_i^*	S_i^-
A Lojistik Firması	0,000	0,725
B Lojistik Firması	0,273	0,546
C Lojistik Firması	0,725	0,000

4.2.6. İdeal Çözüme Olan Yakınlığın Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması

Tablo 4.9.'da alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlık değerleri ve sıralanması gösterilmektedir.

Tablo 4. 9. İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri ve Sıralanması

Alternatifler	C_i^*	Sıralama
A Lojistik Firması	1,000	1
B Lojistik Firması	0,666	2
C Lojistik Firması	0,000	3

TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılan sıralamada Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek firma *A Lojistik Firması* 'dir. Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en düşük firma ise *C Lojistik Firması* olduğu sonucuna varılmıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada lojistik yönetimde gelişen yenilikçi yöntemler ve bilgi teknolojilerinin getirdiği yenilikçi çözümlerin sektör üzerindeki etkilerine dikkat çekilmiştir ve lojistik sektöründeki dördüncü dönüşüm sınırları çizilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda lojistik sektöründe dördüncü dönüşüm sürecinde kullanılmakta olan bilgi teknolojileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Literatüre bakıldığında Lojistik 4.0 bilgi teknolojileri üzerine yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Lojistik 4.0 ekseninde bilgi teknolojilerinin belirlenmesi ve ardından bütünlük AHS-TOPSIS ÇKKV yöntemleri ile söz konusu teknolojilerin önceliklendirilerek lojistik firmalarının değerlendirilmesinin gerçekleştirildiği bu çalışmanın ilgili literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

Çalışmada lojistik 4.0 ekseninde en uygun bilgi teknolojisinin belirlenip lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek olan lojistik firmasının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilgili çalışmada bilgi teknolojilerinin sıralamalarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), lojistik firmasının belirlenmesinde ise Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinden faydalanılmıştır.

AHS yönteminde en önemli kriter *Yapay Zekâ* (0,251) olarak tespit edilmiş ve Lojistik 4.0 ekseninde en uygun lojistik bilgi teknolojisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bunu *Nesnelerin İnterneti* (0,205), *Bulut Bilişim* (0,121), *Siber-Fiziksel Sistemler* (0,094), *Büyük Veri* (0,092), *Simülasyon* (0,069), *Katmanlı Üretim (3D Printer)* (0,061), *Artırılmış Gerçeklik* (0,044), *Otonom Robot* (0,037), *Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu* (0,027)' ile izlemektedir. Nesnelerin İnternetine ait alt kriterlerde ise *Depo Yönetim Sistemi (WMS)* (0,383) ağırlıkla en uygun bilgi teknolojisi olmuştur. Bunu *Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)* (0,283), *Barkod ve RFID Tanımlama* (0,120), *Araç Takip Sistemi (VTS)* (0,112), *Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)* (0,101)' ile izlemektedir. Bir sonraki aşamada TOPSIS yöntemiyle Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek firma seçimine geçilmiştir. Anket aracılığı ve AHS yöntemiyle elde edilen ağırlıklar TOPSIS yöntemi çözümünde kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılan sıralamada Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en yüksek firma *A Lojistik Firması* 'dir. Lojistik 4.0 teknolojik düzeyi en düşük firma ise *C* ' dir. A lojistik firmasının analizde elde ettiği bu sonuç, söz konusu firmanın

lojistik endüstrisi içerisindeki 2018 yılında en yüksek net satış hasılatına sahip olması ile de örtüşmektedir.

AHS yönteminin doğasında bulunan, kişiler farklılaştıkça elde edilen sonuçların değişebileceği gerçeği çalışmanın bir kısıtı olarak ifade edilebilir. Bunun yanında lojistik firmalarını aynı anda değerlendirebilecek uzman yetersizliği ise bir diğer kısıttır.

Gelecek çalışmalarda öncelikle sektör temsilcilerinin görüşleri, akademisyenler ve literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak Lojistik 4.0 bilgi teknolojileri nelerdir? Sorusuna cevap oluşturabilecek bir araştırma yapılabilir. Bu araştırmalarda kriter ağırlıklarının farklılaşmasının sonuçları etkileyip etkilemeyeceği sorunu duyarlılık analizi ile aşılabılır. Söz konusu araştırmalarda Analitik Ağ Süreci (AAS) PROMETHEE, VIKOR, ELEKTRE gibi çok kriterli karar verme teknikleri bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılabilir ve sonuçlar kıyaslanabilir.

KAYNAKÇA

- ADALI Eşref; (2017), “Yapay Zekâ”, **İTÜ Vakfı Dergisi**, Sayı 75, ss.8-14.
- ADIGÜZEL Burcu; (2005), Bilişim Sistemlerinin Lojistik Yönetiminde Etkin Kullanımı ve Buna İlişkin Bir Uygulama, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ADIGÜZEL Selminaz; (2019), “Dünyada ve Türkiye’de Endüstri 4.0 Lojistik 4.0”, https://www.researchgate.net/publication/330225352_DUNYADA_VE_TURKIYE'DE_ENDUSTRI_40_LOJISTIK_40. Erişim Tarihi: 22.06.2019.
- AKTEPE Çağlar and SAATÇIOĞLU Ö. Yaşar; (2017), “Cloud Computing Adoption in Logistics Firms in Turkey: An Exploratory Study”, **Ordu University Journal of Social Science Research**, Volume 7, Issue 1, pp. 9-20.
- AKTİMUR Banu ve GÖKPINAR Eyüp S.; (2015), “Katmanlı Üretimin Havacılıktaki Uygulamaları”, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Cilt 3, Sayı 2, ss. 463-469.
- ALCÁCER Vitor and CRUZ-MACHADO Virgilio; (2019), Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems, **Engineering Science and Technology, an International Journal**, 22(3), pp.899-919.
- ALEEM Husseyin N., ANWAR Sohail, SHARIFF Imranulla and AZIZ Syed Abdul.; (2014), “Six Sigma Application: An Order Management System”, **IOSR Journal Of Humanities And Social Science**, 19 (1), pp. 95-100.
- ALNIPAK Serdar ve ALKAN Güler; (2017), “Sanayi 4.0’ın Lojistik ve Limancılık Sektörüne Etkileri, III. Ulusal Liman Kongresi, İzmir.
- ALTAŞ Yasin; (2019), “**Elektronik Veri Değişimi (EDI)**”, <https://www.biymed.com/pages/makaleler/makale34.htm>, Erişim Tarihi:15.07.2019.
- ARIBAŞ Murat ve ÖZCAN Uğur; (2016), “Akademik Araştırma Projelerinin AHP ve TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi”, **Politeknik Dergisi**, 19 (2), ss.163-173.
- ARSLAN Sadık, GÜNDÜZALP Mustafa ve TÜRK Ercüment; (2016), “Gömülü Sistem Bir Araç Takip Sistemi Uygulaması”, 2016 Ulusal Elektrik, Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı (ELECO), 1-3 Aralık 2016, Bursa.

- ASHTON, Kevin; (2009), “That 'Internet of Things' Thing,”
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>, Erişim Tarihi:18.06.2019.
- ASLAN Emre; (2017), “Tedarik Zinciri Yönetimi – Kurumsal Sistem Entegrasyonu ve Tedarik Zinciri Kaynak Planlaması”, **Enderun Dergisi**,1(2), ss.9-16.
- AZUMA Ronald T.; (1997), “A Survey of Augmented Reality”, **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, 6(4), pp.355-385.
- BAHAETI Radhakisan and GILL Helen; (2011), “Cyber-physical systems”, **The Impact of Control Technology**, 12, pp.161-166.
- BARA Cristian Paul, CRETU Iulian and ROŞU Ionut; (2013), “Fleet Management and Driver Supervision Using GPS and Inertial Measurements Over GPRS Networks, **IEEE 9th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)**, pp. 189-192.
- Barreto Luis, Amaral Antonio and Pereira Teresa; (2017), Industry 4.0 implications in logistics: an overview, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, 28-30 June 2017, pp.1245-1252, Vigo (Pontevedra), Spain.
- BASKAK Murat ve CETİŞLİ Hamza; (2003), “Kurumsal Kaynak Planlama: Başarılı Sistem Kurulumu İçin Kritik Etmenlerin Analizi”, IV. Endüstri-İşletme Mühendisliği Kurultayı, ss.15-27, 12-13 Aralık 2003, Denizli.
- BCG (THE BOSTON CONSULTING GROUP); (2015), “Industry 4.0: The Future Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, April 2015, pp.1-16.
- BEHZADIAN Majid, OTAGHSARA S. Khanmohammadi, YAZDANI Murtaza and IGNATIUS Joshua; (2012), “A state-of the-art survey of TOPSIS applications”, **Expert Systems with Applications**, 39(17), pp.13051-13069.
- BESSELINK Bart, TURRI Valerio, VAN DE HOEF Sebastian H., LIANG Kuo-Yun, ALAM Assad, MÅRTENSSON Jonas and H. JOHANSSON Karl; (2015), “Cyber–Physical Control of Road Freight Transport”,
https://www.researchgate.net/publication/280061984_Cyber-Physical_Control_of_Road_Freight_Transport, Erişim Tarihi:25.06.2019.
- BHUSHAN Navnet and RAI Kanwal; (2004), “**Strategic Decision Making: Applying The Analytic Hierarchy Process**”, ABD: Springer.
- BORGI Tawfik, ZOGHLAMI Nesrine and ABED Mourad; (2017), “Big Data for Transport and Logistics: A Review”, 2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET), pp.44-49.

- BÜYÜKÖZKAN Gülçin ve GÜLER Merve; (2019), “Lojistik 4.0 Teknolojilerinin Analizi için Metodolojik Yaklaşım”, **Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi**, 8(1), ss.21-47.
- CALZA Francesco and PASSARO Renato; (1997), “EDI network and logistics management at Unilever-Sagit”, **Supply Chain Management**, 2(4), pp.158-170.
- CENGİZ Ferit; (2006), Lojistik Bilgi Sistemlerinin İşletme Performansı Üzerine Etkisi ve Bir Uygulama, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.
- CHEN Zhirong, ZHU Ling and TENG Yu; (2010), “Application of GIS/GPS Technology in Mobile Logistics Public Information Platform”, **2010 International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems**, DOI: 10.1109/LEITS.2010.5664964.
- CHENG Luo, DIDI Xu, MINGYONG Lai and YAN Wang; (2006), “Design and Implement of Warehouse Management System Based on AOP”, 2006 IEEE International Engineering Management Conference, pp. 243-246.
- CHOI Yongjung, HA Heoncheol, PARK Heungsun, KIM Hyunsoo and NAMGUNG Kwang; (2012), “The RFID Effectiveness Statistical Analysis Tool (RESAT) for Comparing RFID and Barcode in Logistics Operations”, **ICHIT 2012: Convergence and Hybrid Information Technology**, 310, pp.611-618.
- CHOUDHARY Kavita, PANDEY Umasanker, NAYAK M. Kumar and MISHRA D. Kumar; (2011), “Electronic Data Interchange: A Review”, 2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, 26-28 July 2011, Indonesia.
- CHOW Harry K.H., CHOY K.L., LEE W.B. and CHAN Felix T.S.; (2007), “Integration of web-based and RFID technology in visualizing logistics operations – a case study”, **Supply Chain Management: An International Journal**, 12(3), pp.221-234.
- CHUANG Cheng-Hsin, LEE Da-Huei, CHANG Wan-Jung, WENG Wan-Ching and SHAİKH M. Omar and HUANG Chung-Lin; (2017), “Real-time monitoring via patch-type piezoelectric force sensors for Internet of Things based logistics”, **IEEE Sensors Journal**, 17(8), pp.2498-2506.

- ÇAKIR Abdülkadir ve GÜNGÖR Orhan; (2010), “RFID ile Kargo Yönetimi”, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 10, Sayı 2. ss.83-89.
- ÇELEN Serap; (2017), “Sanayi 4.0 ve Simülasyon”, **International Journal of 3d Printing Technologies and Digital Industry**, 1(1), pp.9-29.
- ÇETİN Çağla, YAMAN Nefise, SABAH Levent, AYDAY Erman ve AYDAY Can; (2013), “Bulut Bilişim (Cloud Computing) Teknolojisinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Uygulama Olanakları”, https://www.researchgate.net/publication/305545443_Bulut_Bilisim_Cloud_Computing_Teknolojisinin_Uzaktan_Algilama_Ve_Cografi_Bilgi_Sistemlerinde_Uygulama_Olanaklari, Erişim Tarihi:26.06.2019.
- DANILUK Damian, KURT Maren, WOLF Oliver and HOMPEL Michael; (2016), “Logistics Mall—A Cloud Platform for Logistics”, **Logistics and Supply Chain Innovation**, pp. 363-373.
- DAVUTOĞLU N. Atalay, AKGÜL Birol ve YILDIZ Erşan; (2017), “İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak”, **Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 5(52), ss.544-567.
- DEMİRBİLEK Atilla, ÖZ Sabri ve FİDAN Yahya; (2018), “Lojistik Performans Endeksi ve Havayolu Kargo Taşımacılığı İlişkisi: 2007-2016 Türkiye Örneği”, **Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi**, 2(1), ss.1-24.
- DHL Augmented Reality Report; (2015), https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/csi_augmented_reality_report_290414.pdf, Erişim Tarihi:15.07.2019.
- DHL Logistics Trend Radar Report; (2016), <https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/dhl-logistics-trend-radar-2016.pdf>, Erişim Tarihi:15.07.2019.
- DHL Logistics Trend Radar Report; (2018), <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>, Erişim Tarihi:15.07.2019.
- DING Ran and REN Peng; (2018), “The Logistics Performance Evaluation Index System in The Transportation Industry Based on Big Data”, **2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA)**, pp. 33-37.

- DÜLGER Ümit; (2016), “Büyük Veri Nedir”, **Yeni Türkiye Dergisi**, Sayı 89, ss. 503-508.
- EL-BAZ Didier, BOURGEOIS Julien and BASSI T. S. Alessandro; (2013), “ALMA, A Logistic Mobile Application based on Internet of Things”, **2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing**, pp.1-5.
- ENDÜSTRİ40; (2019), <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/> Erişim Tarihi:26.06.2019.
- ENDÜSTRİ40; (2019), <https://www.endustri40.com/siber-fiziksel-sistemler/> Erişim Tarihi: 23.06.2019.
- ERSOY Pervin; (2015), “Türkiye’de Karayolu Taşımacılığında Bilgi Teknolojilerinin Önemi”, **Beykoz Akademi Dergisi**, 3(1), ss.1-19.
- ERTEK Gürdal ve ABA Barbaros; (2012), **Lojistik Bilişim Sistemleri (Logistics Information Systems)**, Uluslararası Lojistik, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1593. Eds. Bülent Çatay and Gürkan Öztürk.
- FIRAT O. Zihni ve FIRAT S. Ümit; (2017), “Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar”, **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt 46, Sayı 2, ss.211-223.
- GALINDO, L. Domingo;(2016), “The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology”, Master of Science in Mechanical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Department of Production and Quality Engineering, Norway.
- GAVIDIA Jose V.; (2017), “A model for enterprise resource planning in emergency humanitarian logistics”, **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, 7(3), pp.246-265.
- GIENTERS Egils and MARTÍN-GUTIÉRREZ Jorge; (2013),” Low cost augmented reality and RFID application for logistics items visualization”, **Procedia Computer Science**, 26, pp.3-13.
- GÖÇMEN Elifcan and EROL Rızvan; (2018), “The Transition To Industry 4.0 In One Of The Turkish Logistics Company”, **International Journal of 3d Printing Technologies Aand Digial Industry**, 2(1), pp.76-85.

- GÖKÇEARSLAN Armağan; (2016), “Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ve Grafik Tasarım Alanına Yansımaları”, **Turkish Studies**, 11(21), ss.697-708.
- GÖRÇÜN Ö. Faruk; (2018), “Lojistikte Teknoloji Kullanımı ve Robotik Sistemler”, **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt 10, Sayı 24, ss.351-368.
- GRIFFIN James, CHAN Hing K., LİM Jia, ZENG Fangli and S.F. CHIU Anthony; (2018), “The impact of 3D Printing Technology on the supply chain: Manufacturing and legal perspectives”, **International Journal of Production Economics**, 205, pp. 156-162.
- GRIFFIS Stanley E. and GOLDSBY Thomas J.; (2007), “Transportation Management Systems: An Exploration of Progress and Future Prospects,” *Journal of Transportation Management*, 18(1), pp. 18-32.
- GUASCH Antoni, FÍGUERAS Jaume and FONSECA Pau; (2009), “Factory Railway System”, **Simulation-Based Case Studies in Logistics**, pp.1-18.
- GUO Zhida, ZHANG Zhirong and LI Weidong; (2012), “Establishment of Intelligent Identification Management Platform in Railway Logistics System by Means of the Internet of Things”, **Procedia Engineering**, 19, pp. 726-730.
- GUO Zhida, ZHANG Zhirong and LI Weidong;(2012), “Establishment of Intelligent Identification Management Platform in Railway Logistics System by Means of the Internet of Things”, **2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE)**, pp.726-730.
- GÜLER Elçin; (2016), Depo Yönetiminde Bilgi Teknolojileri Kullanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- GÜRDAL Sahavet; (2006), “**Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi**”, https://www.academia.edu/35354793/T%C3%BCrkiye_Lojistik_Sekt%C3%B6r%C3%BC_G%C3%9CRDAL, Erişim Tarihi:19.07.2019.
- HALASSI Sam, SEMEIJN Janjaap and KIRATLI Nadine; (2018), “From consumer to prosumer: a supply chain revolution in 3D printing”, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, 49(2), pp.200-216.
- HANNOVERMESSE; (2019), <https://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/logistics-4.0/> Erişim Tarihi:23.06.2019.

- HOFFMAN Erik and OETTMEIER Katrin; (2016), “Impact of Additive Manufacturing Technology Adoption on Supply Chain Management Processes and Components”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 27(7), pp.944-968.
- HONG Li and FENG Ye; (2010), “The Applied Research of ERP in Logistics Management of Petroleum Company”, 2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM), pp. 49-52.
- HONG-YING Sun; (2009), “The Application of Barcode Technology in Logistics and Warehouse Management”, **2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science**, 7-8 March 2009, China, pp.732-735.
- HORNYAK Tim; (2019),” **The world’s first humanless warehouse is run only by robots and is a model for the future**, CNBS, <https://www.cnbc.com/2018/10/30/the-worlds-first-humanless-warehouse-is-run-only-by-robots.html>, Erişim Tarihi:06.07.2019.
- Hwang Ching-Lai, and Yoon Kwangsun; (1981), “Methods for Multiple Attribute Decision Making”, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 186, Springer, Berlin, Heidelberg.
- İNOVATOBOTİK; (2019), <https://www.innovarobotik.com/siber-fiziksel-sistemler> Erişim Tarihi: 23.06.2019.
- JARDINI Bahija, E. KYAL Malika and AMRI Mostapha; (2016), “The management of the supply chain by the JIT system (Just In Time) and the EDI technology (Electronic Data Interchange)”, 2016 3rd International Conference on Logistics Operations Management (GOL), **DOI: 10.1109 / GOL.2016.7731712** Erişim Tarihi:30.06.2019.
- JIN Xiaochuang, ZHONG Mengzhi, QUAN Xiongwen and LI Siyuan; (2016), “Dynamic Scheduling of Mobile-Robotic Warehouse Logistics System”, **Proceedings of the 35th Chinese Control Conference**, 27-29 July 2016, Chengdu, China, pp.2860-2865.
- KAMALI Ali; (2018), “Innovative and Smart Technologies in Logistics – Review”, **CiiT International Journal of Artificial Intelligent Systems and Machine Learning**, 10(10), October 2018, pp. 216-222.

- KARADENİZ Mustafa ve BAŞARAN Hüseyin; (2014), “Lojistik İşletmelerde Kullanılan Bilgi Sistemlerinin Müşterilerin Hizmet Algısı Üzerine Etkisinin Araştırılması”, **Yönetim Bilimleri Dergisi**, 12(24), ss.239-279.
- KARAKOSTAS Bill; (2013), “A DNS Architecture for the Internet of Things: A Case Study in Transport Logistics”, **Procedia Computer Science**, 19, pp.594-601.
- KAYAL Dhrubojyoti; (2008), **Pro Java™ EE Yay Desenleri**, 1st Edition, Apress.
- KHALİD Azfar, KIRISCI Pierre, GHRAIRI Zied, THOBEN Klaus-Dieter and PANNEK Jürgen; (2016), “A methodology to develop collaborative robotic cyber physical systems for production environments”, **Logistics Research**, 9(23), pp.1-15.
- KILIC Gozde H., OZTURK Melis G. and KOSEOGLU Ahmet M.; (2018), “Inventory control methods in industry 4.0 implementations”, **Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML)**, 5(4), pp.324-340.
- KLÖTZER Christoph and PFLAUM Alexander; (2015), “Cyber-physical systems as the technical foundation for problem solutions in manufacturing, logistics and supply chain management” , 5th International Conference on the Internet of Things (IOT), **DOI: 10.1109/IOT.2015.7356543**.
- KOWALSKI Martin, ZELEWSKI Stephan, BERGENRODT Daniel and KLUPFEL Hubert; (2012), “Application Of New Techniques Of Artificial Intelligence In Logistics: An Ontology-Driven Case-Based Reasoning Approach”, **Avrupa Modelleme ve Simülasyon Konferansı 2012**, <https://www.researchgate.net/publication/265217334>, Erişim Tarihi:29.06.2019.
- LEE Gwanhoo; (2019), “What roles should the government play in fostering the advancement of the internet of things?”, **Telecommunications Policy**, 43, pp.434-444.
- LENNON O. Tava and TOMLIN Brain; (2019), “Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management”, **Tuck School of Business Working Paper**, pp.1-20.
- LEOFANTE Francesco, ABRAHAM Erika, NIEMUELLER Tim, LAKEMEYER Gerhard and TACHELLA Armando; (2018), “Integrated Synthesis and Execution of Optimal Plans for Multi-Robot Systems in Logistics”, **Information Systems Frontiers**, <https://doi.org/10.1007/s10796-018-9858-3>, Erişim Tarihi:28.06.2019.

- LIAN Xiaoqin, ZHANG Xiaoli, WENG Yifang and DUAN Zhengang; (2007), “Warehouse Logistics Control and Management System Based on RFID”, 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 2907-2912.
- LIU Qiong, CHEN Junming, LIAO Yuanquan, MUELLER Egon, JENTSCH David, BOERNER Frank and SHE Mingliang;(2015),” An Application of Horizontal and Vertical Integration in Cyber-Physical Production Systems”, **2015 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery**, pp. 110-113.
- LIU Sichao, ZHANG Yingfeng, LIU Yang, WANG Lihui and V. WANG Xi; (2018), “An ‘Internet of Things’ enabled dynamic optimization method for smart vehicles and logistics tasks”, **Journal of Cleaner Production**, pp.806-820.
- Lojistik Platform; (2019), “**Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System-WMS) nedir?**”, <http://lojistikplatform.blogspot.com/2017/04/depo-yonetim-sistemi-warehouse.html>, Erişim Tarihi:20.07.2019.
- LOJİSTİKÇİLERİNSESİ; (2019), <https://www.lojistikcilerinsesi.biz/2018/08/02/lpi2018veturkiye/> Erişim Tarihi: 23.06.2019.
- LY T.M.Pham, LAI Wen-Hsiang, HSU Chiung-Wen and SHIH Fang-Yin; (2018), “Fuzzy AHP analysis of Internet of Things (IoT) in enterprises”, **Technological Forecasting & Social Change An International Journal**, 136, pp.1-13.
- MAGG4; (2019), <https://magg4.com/lojistik-4-0-dijital-tedarik-zincirleri/> Erişim Tarihi:23.06.2019.
- MARAŞLI Fatih ve ÇIBUK Musa; (2015), “RFID Teknolojisi ve Kullanım Alanları”, **BEÜ Fen Bilimleri Dergisi**, 4(2), ss.249-275.
- MARR Bernard; (2018), “**How Chinese Retailer JD.com Uses AI, Big Data & Robotics To Take On Amazon**”, Forbes, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/08/03/the-amazing-ways-retailer-jd-com-uses-ai-big-data-robotics-to-become-the-global-e-commerce-leader>, Erişim Tarihi:06.07.2019.
- MAZAK Alexandra and HUEMER Christian; (2015), “HoVer: A Modeling Framework for Horizontal and Vertical Integration”, 2015 IEEE 13th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), pp. 1642-1647.

- MELL Peter and GRANCE Timothy; (2011), “The NIST Definition of Cloud Computing”,
<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>,
Erişim Tarihi:26.06.2019.
- MINGJI Wang, AILING Zhu and YONG Zhang; (2011), “Design of the Electronic locks controlled cash box on the logistics vehicle based on GPS”, **International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)**, pp. 829-832.
- MIRALDES Tatiana, GARRIDO AZEVEDO Susana, CHARRUA-SANTOS Fernando B., MENDES Luis A. F. and OLIVEIRA MATIAS J. Carlos; (2015), “It applications in logistics and their influence on the competitiveness of companies / supply chains”, **Scientific Annals of the “Alexandru Ioan Cuza” University of Iași Economic Sciences**, 62(1), pp.121 – 146.
- MOHADAB Mohamed E., BOUIKHALENE Belaid and SAFI Said; (2017), “Enterprise Resource Planning: Introductory Overview”, 3rd International Conference on Electrical and Information Technologies ICEIT’2017, 15-18 November 2017, Morocco.
- MOMENT EXPO; (2009), “Katmanlı Üretim Teknolojileri”, **Moment-Expo Dergisi**, Sayı 17, ss.15. <http://www.moment-expo.com/katmanli-uretim-teknolojileri>.
- MUECK Bengt, HÖWER Matthias, FRANKE Werner and DANGELMAIER Wilhelm; (2005), “Augmented Reality applications for Warehouse Logistics”, **Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology. Advances in Soft Computing**, 29, pp.1053-1062.
- MÜSİAD; (2017), “Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği”, **2017 Lojistik Sektörü Raporu**, http://www.musiad.org.tr/F/Root/Pdf/lojistik_raporlari_2017_12_25.PDF,
Erişim Tarihi: 22.06.2019.
- Nettstraeter Andreas, Geissen Tim, Witthaut Markus, Ebel Dietmar and Schoneboom Jens; (2015), “Logistics Software Systems and Functions: An Overview of ERP, WMS, TMS and SCM Systems”, In: ten Hompel M., Rehof J., Wolf O. (eds) **Cloud Computing for Logistics, Lecture Notes in Logistics**, Springer, Cham.
- NEUMAN Gaby; (2009), “Material Handling System”, **Simulation-Based Case Studies in Logistics**, pp.167-188.

- NUNES K. Moraes, JUNIOR José Roberto Lira P., COSTA Luiz Felipe de Araújo, SOUZA Mauro Cesar Aparício de, ALENCAR David Barbosa de and SANCHES Antonio Estanislau; (2019), “Proposal for the implementation of a transport management system in a Manaus conveyor”, **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, Edition 17, 5, pp. 68-74.
- ÖTLEŞ Semih ve Özyurt V. Hazal; (2016), “Endüstri 4.0; Gıda Sektörü Perspektifi”, **Dünya Gıda Dergisi**, http://egeplm.ege.edu.tr/wpcontent/uploads/2016/05/endustri40_dunya_gida.pdf.
- ÖZARSLAN Yasin; (2011), “Öğrenen İçerik Etkileşiminin Genişletilmiş Gerçeklik ile Zenginleştirilmesi”, 5th International Computer & Instructional Technologies Symposium, 22-24 Eylül 2011, Elâzığ, ss.726-729.
- ÖZBEK Aşır ve EREN Tamer; (2012), “Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) Belirlenmesi”, **International Journal of Engineering Research and Development**, 4(2), ss.46-54.
- ÖZBEK Aşır ve EREN Tamer; (2013), Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri ile Hizmet Sağlayıcı Seçimi”, **Akademik Bakış Dergisi**, Sayı 36, ss.1-22.
- ÖZBEK Aşır; (2017), “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü”, Birinci Baskı, Seçlin Yayıncılık, Ankara.
- ÖZTEMEL Ercan ve GÜRSEV Samet; (2018), “Türkiye’de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması”, **Marmara Fen Bilimleri Dergisi**, 2, ss.157-168.
- PAN Ming, SIKORSKI Janusz, KASTNER Catharine A., AKROYD Jethro, MOSBACH Sebastian, LAU Raymond and KRAFT Markus; (2015), “Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco- industrial Park”, **Energy Procedia**, 75, pp.1536-1541.
- PAPADOMANOLAKIS Georgios; (2018), “The Use of Warehouse Management Systems in Logistics: The Case of Sarmed S.A”, **Student Research and Creative Arts Symposium 2018- The American College of**, pp. 1-20.
- PERÇİN Selçuk ve GÖK A. Cansu; (2013), “ERP Yazılımı Seçiminde İki Aşamalı AAS-TOPSIS Yaklaşımı”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, 8(1), ss.93-114.
- SAATY Thomas L.; (1980), The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill, 1980.

- SAATY Thomas L.; (1987), “The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used”, **Mat/d Modelling**, Vol. 9, No 3-5, pp. 161-176.
- SAATY Thomas L.; (1994), “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”, **Interfaces**, 24(6), pp. 19-43.
- SARIGÖZ Yusuf ve ÇAĞLAR Betül; (2018), **Endüstride Yapay Zekâ Uygulamaları, Mühendislik Geliştirme Eğitimleri (MÜGE) Güz Dönemi**, http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=125203, Erişim Tarihi:13/07/2019.
- SCHLICK Jochen; (2012), “Cyber-Physical Systems in Factory Automation - Towards the 4th Industrial Revolution”, 9th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, DOI: 10.1109/WFCS.2012.6242540.
- SCHUHMACHER Jan and HUMMEL Vera; (2016), “Decentralized control of logistic processes in cyber-physical production systems at the example of ESB Logistics Learning Factory”, **6th CIRP Conference on Learning Factories**, 54, pp.19-24.
- SEDEFÇİ Kemal; (2018), **Endüstri 4.0 Bakış Açısıyla Nesnelerin İnterneti ve Müşteri Deneyimi Açısından İncelenmesi**, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- SOYLU Ali; (2018), “Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar”, **Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Sayı 32, ss.43-57.
- STAFFORD-FRASER Quentin; (1995), “The Trojan Room Coffee Pot,” <https://www.cl.cam.ac.uk/coffee/qsf/coffee.html> Erişim Tarihi:18.06.2019.
- SU Jian-Ping, WANG Cheng-An, MO Yu-Ching, ZENG Yu-Xiang, CHANG Wan-Jung, CHEN Liang-Bi, LEE Da-Huei and CHUANG Cheng-Hsin; (2017), “i-Logistics: An Intelligent Logistics System Based on Internet of Things”, **2017 IEEE Uluslararası Uygulamalı Sistem İnovasyonu Konferansı (ICASI)**, pp.1-4.
- SULTAN N. Ahmed; (2011), “Reaching for the “cloud”: How SMEs can manage”, **International Journal of Information Management**, 31, pp.272-278.
- SUN Chunling; (2012), “Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things”, **2012 AASRI Conference on Computational Intelligence and Bioinformatics**, 1, pp.106-111.
- ŞEKKELİ Z. Hatice ve BAKAN İsmail; (2018), “Endüstri 4.0’ın Etkisiyle Lojistik 4.0”, **Journal of Life Economics**, 5(2), pp.17-36.

- TAN Hu, LIU Xiaoli, LI Xuexia and ZHAO Guoqiang; (2014), “Electronic Data Interchange on Logistics System Based on Embedded Linux”, **Applied Mechanics and Materials**, 513-517, pp. 2129-2132.
- TAN Hui; (2009), “Design and Realization of WMS Based on 3PL Enterprises”, **2009 International Symposium on Information Engineering and Electronic Commerce**, pp.169-173.
- TANG Christopher S. and VEELANTURF Lucas P.; (2019), “The strategic role of logistics in the industry 4.0 era”, **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 129, pp. 1-11.
- TIMOCOM; (2019), “Logistics 4.0”, <https://www.timocom.com.tr/lexicon/Nakliye-soezlue%C4%9Fue/Lojistik%204.0/1708041055426890>, Erişim Tarihi:23.06.2019.
- USTASÜLEYMAN Talha; (2009), “Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: AHS-TOPSIS Yöntemi”, **Bankacılar Dergisi**, Sayı 69, ss.33-43.
- ÜNAL Faruk Can; (2013), Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımıyla mimarlık rehberi; eindhoven kenti üzerinden değerlendirilmesi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.
- VAIDYA Saurabh, AMBAD Prashant and BHOSLE Santosh; (2018), “Industry 4.0 – A Glimpse, **Procedia Manufacturing**, 20, pp.233-238.
- WANG Chunjie and DU Dandan; (2016), “Research on Logistics Autonomous Mobile Robot System”, **Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation**, 7-10 August 2016, Harbin, China.
- WANG Kesheng; (2016), “Logistics 4.0 Solution”, International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation (IWAMA 2016), pp.68-74, Atlantis Press.
- WANG Lihui, TÖRNGREN Martin and ONORI Mauro; (2015), “Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing”, **Journal of Manufacturing Systems**, 37, pp. 517-527.
- WEBER D. Felix and SCHUTTE Reinhard; (2019), “State-Of-The-Art And Adoption Of Artificial Intelligence in Retailing”, **Digital Policy, Regulation and Governance**, <https://doi.org/10.1108/DPRG-09-2018-0050> Erişim Tarihi:29.06.2019.

- WU Pei-Ju and YANG Chun-Ka; (2018), “Unstructured Big Data Analytics For Air Cargo Logistics Management”, <https://ieeexplore.ieee.org/document/8476741/authors#authors>, Erişim Tarihi:27.06.2019.
- XIE Pengshou and RUI Zhiyuan; (2010), “Research on Application of Enabling Technologies in Management System for Third-Party Logistics”, 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 11-12 May 2010, China.
- Xuhua Pan; (2008), “Information Technology in Logistics and Supply Chain Management”, 2008 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 1-3 September 2008, China.
- YAO Xifan, ZHOU Jiajun, LIN Yingzi, LI Yun, YU Hongnian and LIU Ying; (2017), “Smartmanufacturing based on cyber-physical systems and beyond”, <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1384-5>.
- YAZICI Ahmet; (2016), “Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar”, **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, Sayı 459, ss.39.
- YILMAZ Ümit ve DUMAN Bülent; (2018), “Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Lojistik Faaliyetleri Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi”, **International Journal of Human Studies**, Cilt 2, Sayı 3, ss.1-7.
- YILMAZ Ümit ve DUMAN Bülent; (2019), “Lojistik 4.0 Kavramına Genel Bir Bakış: Geçmişten Bugüne Gelişim ve Değişimi”, **Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 4(1), ss.186-200.
- YÜKSEKBİLGİLİ Zeki ve ÇEVİK G. Zeynep; (2018), “Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye’nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz”, **Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)**, Cilt 3, Sayı 2, ss. 422-436.
- ZHANG Yingfeng, GUO Zhengang, LV Jingxiang and LIU Ying; (2018), “A Framework for Smart Production-Logistics Systems Based on CPS and Industrial IoT”, **IEEE Transactions On Industrial Informatics**, 14(9), pp.4019-4032.
- ZHU Fangjuan and LIU Ye; (2011), “Assessment of the information disclosure level about government website through AHP-TOPSIS method”, 2011 International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences, 29 December, China.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Beytullah SEZGİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Gümüşhane 1990

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Karadeniz Teknik Üniversitesi/ İİBF- İşletme
Yüksek Lisans Öğrenimi : Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Tezsiz Yüksek Lisans
Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İletişim

e-posta Adresi : beytullahsezgin@hotmail.com

Tarih : 22/08/2019



EKLER

EK-1 Ana ve Alt Kriterlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Alt Kriter Ağırlıkları

Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	Nesnelerin İnterneti	Siber-Fiziksel	Katmanlı Üretim (3D)	Bulut Bilişim	Büyük Veri	Otonom Robot	Artırılmış Gerçeklik	Simülasyon	Yatay ve Dikey	Yapay Zekâ	Ağırlık
Nesnelerin İnterneti	0,165	0,296	0,264	0,278	0,270	0,191	0,162	0,180	0,149	0,090	0,205
Siber-Fiziksel Sistemler	0,042	0,075	0,097	0,067	0,125	0,112	0,120	0,113	0,119	0,066	0,094
Katmanlı Üretim (3D Printer)	0,034	0,042	0,054	0,042	0,038	0,112	0,120	0,034	0,055	0,082	0,061
Bulut Bilişim	0,072	0,137	0,154	0,122	0,055	0,081	0,162	0,113	0,087	0,227	0,121
Büyük Veri	0,042	0,042	0,097	0,153	0,069	0,112	0,120	0,113	0,119	0,053	0,092
Otonom Robot	0,034	0,026	0,019	0,058	0,024	0,039	0,023	0,022	0,055	0,066	0,037
Artırılmış Gerçeklik	0,042	0,026	0,019	0,031	0,024	0,070	0,041	0,034	0,087	0,066	0,044
Simülasyon	0,057	0,042	0,097	0,067	0,038	0,112	0,075	0,062	0,087	0,053	0,069
Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	0,034	0,019	0,029	0,042	0,018	0,021	0,014	0,022	0,030	0,037	0,027
Yapay Zekâ	0,477	0,296	0,170	0,139	0,340	0,152	0,162	0,307	0,211	0,260	0,251
Tutarlılık Oranı	0,055180821										

Nesnelerin İnternetinin Sahip Olduğu alt kriterin İkili Karşılaştırması

Nesnelerin İnterneti	Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)	Depo Yönetim Sistemi (WMS)	Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)	Araç Takip Sistemi (VTS)	Barkod ve RFID Tanımlama	Ağırlık
Sipariş Yönetim Sistemi (OMS)	0,106	0,119	0,103	0,088	0,090	0,101
Depo Yönetim Sistemi (WMS)	0,350	0,394	0,429	0,368	0,376	0,383
Ulaştırma Yönetim Sistemi (TMS)	0,278	0,248	0,270	0,292	0,329	0,283
Araç Takip Sistemi (VTS)	0,133	0,119	0,103	0,111	0,090	0,112
Barkod ve RFID Tanımlama	0,133	0,119	0,094	0,140	0,114	0,120
Tutarlılık Oranı 0,006						