

ENDÜSTRİ 4.0 VE LOJİSTİK SEKTÖRÜNE YANSIMALARININ ÖRNEK OLAY KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF INDUSTRY 4.0 AND ITS REFLECTIONS OF LOGISTICS SECTOR: A CASE STUDY

Ömür Yaşar SAATÇIOĞLU*, Gökçe TUĞDEMİR KÖK**, Nergis ÖZİSPA***

* Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, yasar.saatci@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9054-2054>

** Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, gokcetugdemir@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9642-3985>

*** Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, nergis.ozispa@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2467-5286>

ÖZ

Birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişini ve üretim teknolojilerini de içeren bir kavram olan Endüstri 4.0 son birkaç yılda büyük önem kazanmıştır. İmalatın daha dijital, kişiselleştirilmiş, bilgi temelli ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlayacak akıllı üretim tesisleri elde etmek için siber fiziksel sistemler inşa etmeye odaklanan, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ve endüstriyel teknolojinin entegrasyonunu temel alan Endüstri 4.0 kavramı tüm değer zinciri üzerinde bir etkiye sahip olacaktır. Günümüzdeki şirketler; artan küresel rekabet, müşteri gereksinimlerinin her zamankinden daha hızlı değişime uğraması ve sürekli gelişen dijitalleşme gibi sebeplerle büyük zorluklarla mücadele etmektedir. Endüstri 4.0 için dijital dönüşüm; tedarik zincirinin, ilk ve son noktası olarak kabul edilen müşteri ihtiyaçlarının tespit edilmesinden ürünün son kullanıcının eline ulaşmasına kadar her aşamasında daha akıllı, daha şeffaf ve daha verimli hale getiren tek bir veri tabanı oluşturacaktır. Bu bağlamda, tüm tedarik zincirinde aktif rol oynayan lojistik firmaları büyük önem arz etmektedir. Tedarikçiler, depolar, market rafları, yoldaki araçlar, akıllı fabrikalar Endüstri 4.0 sayesinde iletişim halinde olabilecek ve bu sayede tedarik zincirinin tüm adımları da sürece katılarak anlık iletişim ile yönetilebilecektir. Lojistik süreçte anlık paylaşılan veriler sayesinde verimlilik ve kapasitenin etkin kullanımı sağlanabilecek ve yeniden koordine edilebilecektir. Endüstri 4.0 uygulamaları ve dijital dönüşüm için tedarik zinciri içindeki firmaların süreç ve teknoloji uyumunun incelenmesinin mevcut yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu sebeple çalışmanın amacı Lojistik sektörünün endüstri 4.0 dönüşümünü, endüstri 4.0 bileşenleri dâhilinde derinlemesine incelemek olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda logosuna lojistik 4.0 amblemi ekleyerek farkındalık yaratan ve endüstri 4.0 kapsamındaki çalışmaları ile sektörün lokomotifini konumunda bulunan bir lojistik firması ile vaka analizi yapılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Çalışmada, lojistik firmasının Endüstri 4.0 kapsamında devam eden proje bilgileri, projenin amaçları, hedefleri, kullandığı teknolojiler ve sonuç olarak proje çıktıları sunulacaktır. Lojistik firması projelerinden büyük veri ve nesnelerin interneti Avrupa Birliği Horizon 2020 projesi olup, görüntü işleme teknolojisini temel alan proje ise TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından desteklenmektedir. Çalışma araştırmanın bulguları, sektör için öneri ve gelecek araştırmalar için yönergeler ile sonuçlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik 4.0, Endüstri 4.0, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, Görüntü İşleme

Jel Kodu: L90, N70, L86

ABSTRACT

Industry 4.0, a concept that includes many modern automation systems, data exchange and production technologies, has gained great importance in the last few years. The concept of Industry 4.0, which focuses on building cyber physical systems to obtain intelligent production facilities that will enable manufacturing to be more digital, personalized, information-based and sustainable, based

on the integration of information and communication technologies and industrial technology, will have an impact on the entire value chain. Today's companies; is struggling with great difficulties due to the increasing global competition, rapid change in customer requirements and the ever-evolving digitalization. Digital transformation in Industry 4.0; will create a single database that makes the supply chain smarter, more transparent and more efficient at every stage from the first point to the last point of the supply chain which starts with detection of customer needs till reach the end-user. In this context, logistics companies that play an active role in the whole supply chain are of great importance. Suppliers, warehouses, market racks, road vehicles, smart factories can be in communication with Industry 4.0, so that all steps of the supply chain can be managed through instant communication by participating in the process. With the help of the instant shared data in the logistics process, productivity and efficient use of capacity can be ensured and re-coordinated. It is thought that analyzing the process and technology compliance of firms within the supply chain for Industry 4.0 applications and digital transformation will contribute to the current literature. For this reason, the purpose of the study is to examine the industry 4.0 transformation of the logistics sector in depth within the industry 4.0 components. Thus, it was decided that it would be appropriate to conduct a case study with a logistics company that is creating the awareness by adding the logistics 4.0 insigne to its logo and which is the locomotive of the sector with its works within the scope of the industry 4.0. In the study, the project information of the logistics company within the scope of Industry 4.0, the main goals of the project, objectives, technologies used and consequently project outputs will be presented. The two of the Logistics company's projects, which are about big data and internet of things, are The European Union Horizon 2020 projects. The project based on image processing technology is supported by TÜBİTAK Technology and Innovation Support Programs (TEYDEB). The study concluded with the findings of the study, recommendations for the sector and guidelines for future researches.

Keywords: Logistics 4.0, Industry 4.0, Big Data, Internet of Things, Image Processing

Jel Codes: L90, N70, L86

1. GİRİŞ

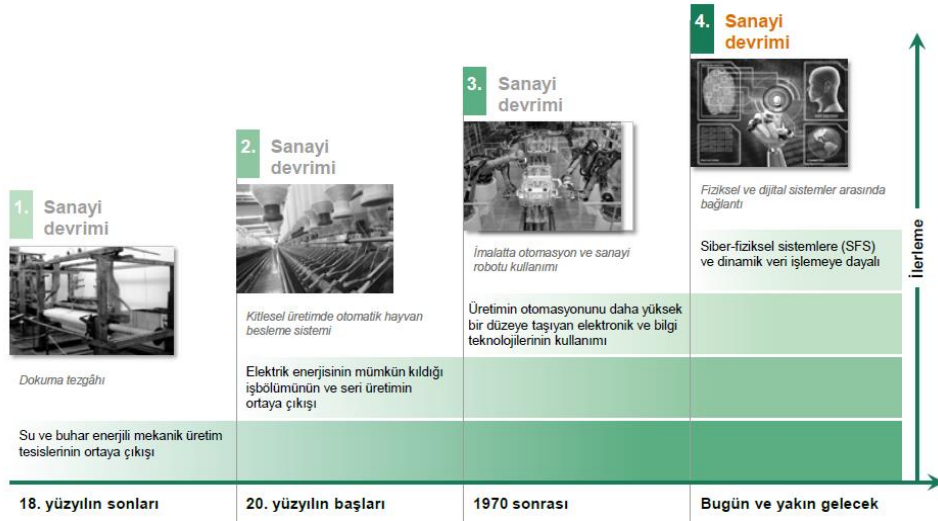
Endüstri 4.0 ya da 4. Sanayi Devrimi olarak adlandırılan, birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişini ve üretim teknolojilerini de içeren kavram son birkaç yılda oldukça önem kazanmıştır (Selek, 2018). Endüstri 4.0'ın vizyonu, bir operasyonun tüm bölümlerini entegre otomasyon sistemleri ile birbirine bağlayan, etkin, verimli ve düşük maliyetli bir hedef sunmaktır (Evans, 2017). Genel kabul görmüş bir tanımlı olmayan kavram, farklı yazarlar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. 2014 yılında Lasi vd. Endüstri 4.0 kavramını “*özerk, bilgi ve sensör temelli, kendi kendini düzenleyen üretim sistemleri*” olarak tanımlamıştır. Gilchrist (2016) kavramı “*veri odaklı modelleri ve kararları entegre ederek, üretim sürecinin tüm döngüsünün esnek hale getirilmesi*” olarak tanımlamıştır. Götz ve Jankowska (2017) ise Endüstri 4.0'ı “*sanal ve gerçek dünyaların kaynaşmasını sağlayan, üretim sanayisinin dijitalleşmesi, otomasyon ve robotik teknolojilerinin de*

birleşmesiyle iş modellerinde radikal bir dönüşüme sebep olan bir sistem” olarak tanımlamışlardır. Avrupa Parlamentosu 2015 yılında terimi; “*bir grup hızlı değişimin, üretim sistemleri ve ürünlerinin tasarımı, imalatı, işletimi ve servisinde uygulanması*” olarak tanımlamıştır (EPRS, 2015). Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıktığı yer olarak bilinen Almanya'nın Başkını Angela Merkel de terimi “*geleneksel sanayi ile dijital teknolojinin ve internetin birleşmesi yoluyla endüstriyel üretimin tüm alanının kapsamlı bir şekilde dönüştürülmesi*” şeklinde tanımlamıştır (EPRS, 2015). Kavramın ne olduğundan ziyade ne için olduğunu tanımlamaya çalışan bir başka çalışma ise, Endüstri 4.0'ın amacını; “*üretim süreci boyunca insanlar, ürünler ve cihazlar arasında gerçek zamanlı etkileşimler içeren, kişiselleştirilmiş ve dijital ürün ve hizmetlerin oldukça esnek bir üretim modelini oluşturmak*” olarak tanımlamıştır (Zhou vd., 2015).

Alman hükümeti tarafından Kasım 2011’de yayınlanan bir makalede 2020 yılı yüksek strateji hedefi olarak ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramı (Zhou vd., 2015) ilk 3 sanayi devriminin devamı olarak görülmektedir. Bir endüstriyel devrimi neyin oluştuğu konusunda hâlâ evrensel bir anlaşma olmamasına rağmen (Maynard, 2015), teknoloji perspektifinden incelendiğinde yaygın olarak tanımlanan dört aşama yer almaktadır. (Kagermann vd., 2013; Liao vd., 2017). Su ve buhar gücünü kullanarak mekanik üretim sistemleri ile ortaya çıkan 18.yy birinci sanayi devrimi (1712 buhar makinesinin icadı), elektrik gücünün yardımıyla seri üretime geçilen 19. yy ikinci sanayi devrimi (1840-1880 telgraf ve telefonların icadı, 1920 bilimsel yönetim), dijital devrim olarak adlandırılan,

elektroniklerin ve bilgi teknolojilerinin kullanıldığı 20.yy üçüncü sanayi devrimi (1971 ilk mikro bilgisayar, 1976 Apple 1) ve 21. yy dördüncü sanayi devrimi (1988 AutoIDLab, 2000 nesnelerin interneti, 2010 hücresel taşıma sistemi, 2020 otonom etkileşim ve sanallaştırma) olarak adlandırılan Sanayi 4.0 kavramı endüstri devriminin tarihini oluşturmaktadır (Selek, 2018). Genel olarak, imalatın daha dijital, kişiselleştirilmiş, bilgi temelli ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlayacak akıllı üretim tesisleri elde etmek için siber fiziksel sistemler (CPS) inşa etmeye odaklanan, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ve endüstriyel teknolojinin entegrasyonunu temel alan Endüstri 4.0 kavramı (Zhou vd., 2015) ve diğer üç sanayi devrimi Şekil 1’de detaylı olarak gösterilmektedir.

Şekil 1: Endüstri’nin Tarihsel Gelişimi



Kaynak: Tüsiad, 2016.

Mekanizasyon, elektrifikasyon ve enformasyonun ardından sanayileşmenin dördüncü aşaması olarak adlandırılan Endüstri 4.0 kavramı, Nisan 2013’te tekrar Almanya’da Hannover’da bir sanayi fuarında gündeme gelmiştir ve hızla Alman ulusal stratejisi olarak yükselmiştir (Zhou vd., 2015). 2014 yılında; AT&T, Cisco, General Electric, IBM ve Intel tarafından Endüstriyel İnternet’in öncelikleri ve teknolojilerini kolaylaştırmak ve koordine

etmek için "Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu'nu (IIC)" kurulmuştur (Evans ve Annunziata, 2012). Aynı zamanlarda; Siemens, Hitachi, Bosch, Panasonic, Honeywell, Mitsubishi Electric, ABB, Schneider Electric ve Emerson Electric gibi diğer büyük şirketler ise Nesnelerin İnterneti (IOT) ve Siber Fiziksel Sistemler (CPS) ile ilgili projelere büyük yatırımlar yapmıştır ve son birkaç yıldır dördüncü sanayi devrimi tüm dünyada

giderek daha fazla ilgi çekmeye devam etmektedir (Liao vd., 2017).

2013 yılından itibaren, başta Almanya olmak üzere farklı coğrafyalarda Endüstri 4.0'ı incelemeye yönelik akademik araştırmalar yapılmaya başlanmış, araştırma ilgi alanlarına dayanarak, çoğunun alana özgü bir araştırma konusunun incelenmesine veya araştırılmasına odaklandığı tespit edilmiştir (Liao vd., 2017). 2017 yılında Liao vd., tarafından gerçekleştirilen sistematik içerik analizi çalışmasının sonuçlarına göre, Endüstri 4.0 literatüründe dikkat çeken kavramlar; bulut teknolojileri (Zhan, vd., 2015), endüstriyel kablosuz ağlar (Li vd.,2015), standartlar (Janak ve Hadas, 2015; Leitao vd., 2015), entegrasyon teknolojileri (Bangemann vd., 2016; Schmidt vd., 2015), şirket stratejileri (Sommer, 2015, Wahl, 2015), hizmet sunumu (Rennung vd., 2016), yaşam döngüsü modelleri (Thoben, vd., 2014), yaygın bilgi işlem teknolojileri (Chen ve Tsai, 2017) ve temsilci tabanlı teknolojiler (Adeyeri vd.,2015) olarak sıralanmıştır.

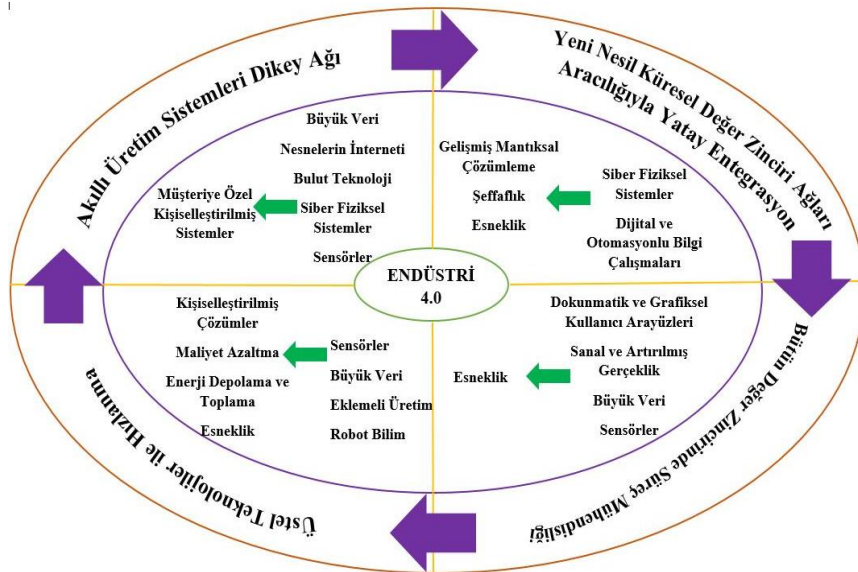
Akademik çalışmaların odaklandıkları konuların çalışmanın devamında açıklanan, endüstri 4.0'ı tetikleyen dokuz teknolojik unsur; akıllı robotlar, simülasyon,

yatay/dikey yazılım entegrasyonu, nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut teknolojisi, 3D-eklemeli üretim, artırılmış gerçeklik ve büyük veri ve analiz (BCG, 2016; Tüsiad, 2016) olarak adlandırılan teknolojiler ile büyük ölçüde paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

2. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0'ı uygulamak tüm değer zinciri üzerinde bir etkiye sahip olacaktır. Akıllı ağ, sektördeki tüm kullanıcılar arasında entegrasyonu sağlamaktadır. Geleceğin üretiminin bu vizyonu Kagermann vd.'e (2013) göre üç ana özellik kullanılarak kullanıcıları birbirine bağlar. Bunlar; yeni nesil küresel değer zinciri ağları aracılığıyla yatay entegrasyon, akıllı üretim sistemleri dikey ağı ve bütün değer zincirinde süreç mühendisliğidir (Shafiq vd. 2015; Stock ve Seliger, 2016; Taha vd., 2017; Wang vd., 2016; Acatech, 2013). Deloitte'in (2014) raporuna göre ise bunlara ek olarak üstel teknolojiler ile hızlanma dördüncü ana özellik olarak kullanıcıları birbirine bağlar. Endüstri 4.0'ın genel mekanizması, hedefleri ve kullandığı teknolojiler Şekil 2'de gösterilmektedir.

Şekil 2: Endüstri 4.0 Hedefleri ve Kullanılan Teknolojiler



Kaynak: Mckinsey, 2015 ve Deloitte, 2014 kaynakları baz alınarak hazırlanmıştır

2.1. Endüstri 4.0 Amaçları

Tüm sanayi devrimlerinin dönemlerindeki teknolojik buluşların üretim faaliyetlerinde kullanılması ile verimliliği artırmak amacıyla ortaya çıkmışlardır. Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0'da amaç olarak diğerlerinden farklı değildir. Yılmaz (2016) Endüstri 4.0 kavramının en temel amacını "*her işlemi bilgisayar ile yönetilebilir hale getirmek*" olarak özetlemektedir. Günümüzün bilişim teknolojisi ile endüstriyi birleştirme stratejisi olarak görülen Endüstri 4.0'ın başlıca amaçları; maliyetleri azaltmak, kullanılan alanın verimliliğini artırmak ya da alanı küçültmek, enerji kullanımını azaltmak, yüksek hız ve güvenilirlikte çalışmak ve eski sistemlere kıyasla daha verimli, daha kaliteli üretim yapmaktır (Yılmaz, 2016). Özel (2016) ise, Endüstri 4.0'ın amacını; sensörler yardımı ile ortamı algılayabilen, birbirleriyle haberleşebilen ve verileri analiz ederek ihtiyaçları fark edebilen robotların üretimde kullanılmasıyla üretimi daha ucuz, daha hızlı, daha kaliteli ve daha az israf yapılan duruma getirmek olarak tanımlamıştır. Bodrow (2017), Endüstri 4.0'ın tanımlanan amacını; her bir iş sürecine uyan bireysel bağımlılık matrisinin uygulanması ve kullanılması olarak belirtmiştir. Endüstri 4.0 kavramının yaratıcısı olarak görülen Alman hükümeti Endüstri 4.0'ın nihai amacını alman üretim üssü için sürdürülebilir bir rekabet üstünlüğü oluşturmak ve bir taraftan, CPS (Siber Fiziksel Sistemler- Entegre yazılımlara sahip donanımlar)'ın kurulması için Alman endüstrisi eğitilirken, diğer yandan rekabetçi kalmalarını sağlayabilmek olarak tanımlamıştır (Bernardini, 2015). Tüsiad (2016) raporunda Endüstri 4.0'ın 3 nihai amacı; esnek, kişiselleştirilmiş çözümler sunan ve hızlı üretim sistemleri oluşturmak olarak belirtilmiştir (Tüsiad, 2016).

Tüm bu tanımlardan yola çıkarak endüstri 4.0'ın amaçlarını;

- Esneklik
- Kişiselleştirilmiş Çözümler

- Hız olarak belirten 3 temel olgudan yola çıkararak;
 - Üretimi daha kaliteli, daha hızlı, daha ucuz ve daha verimli hale getirmek,
 - Enerji tasarrufu sağlamak,
 - İsrafi azaltmak,
 - Üretim alanlarının daha verimli kullanılmasını sağlamak,
 - Çalışma hızını ve güvenilirliği artırmak (riski azaltmak),
 - Sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlamak

olarak tanımlamak mümkündür.

2.2. Endüstri 4.0 Hedefleri

Endüstri 4.0'ın hedefleri literatürde dört ana başlık altında incelenmektedir. Birincisi; değer ağları aracılığı ile farklı zincirlerdeki süreçlerin, faaliyetlerin, eylemlerin ve nesnelerin yatay entegrasyonudur. İkinci hedef; aynı zincirde yer alan ağ bağlantılı imalat sistemlerinin, alt süreçlerin, faaliyetlerin ve nesnelerin dikey ağıdır. Üçüncü hedef ise; tüm değer zinciri boyunca mühendislik sistemlerinin uçtan uca dijital entegrasyonudur. Son olarak, üstel teknolojiler ile hızlanma sayesinde süreçlerde esneklik ve maliyet tasarrufu sağlamaktır.

2.2.1.Yeni Nesil Küresel Değer Zinciri Ağları Aracılığıyla Yatay Entegrasyon

Yatay bütünleşme; iş ortakları ve müşteriler, iş ve işbirliği modelleri gibi farklı temsilcilerin entegrasyonunu kapsayan değer yaratma ağlarının oluşmasını ifade etmektedir (Shafiq vd. 2015; Stock ve Seliger, 2016; Deloit, 2014; Wang vd., 2016). Bu entegrasyon sayesinde yeni iş modellerinde ülkeler hatta kıtalar arasında sorunsuz işbirliği, gerçek zamanlı bir hizmet ve ürün, değer zinciri içindeki kaynak ve bilgi entegrasyonu sağlanmakta, bu şekilde küresel bir ağ oluşturulması amaçlanmaktadır (Gilchrist, 2016; Luo, 2014; Zhou vd., 2015). Yatay entegrasyon, aynı müşteri tipine sahip şirketler arasındaki birleşmeyi ifade etmektedir

(Taha vd., 2017). İzleme ve izleme cihazlarından, gerçek zamanlı entegre planlamaya kadar olan teknolojileri içerir (PwC, 2014; 2016). Stock ve Seliger'a (2016) göre tüm değer yaratma ağı boyunca yatay entegrasyon, bir ürün yaşam döngüsünün değer zincirinde ve bitişik ürün yaşam döngülerinin değer zincirleri arasında, değer yaratma modüllerinin çapraz-şirket ve şirket içi akıllı çapraz bağlanması ve dijitalleştirilmesini ifade etmektedir. Yeni değer yaratma ağları; entegre şeffaflığı mümkün kılan gerçek zamanlı optimize edilmiş ağlardır, problemlere ve hatalara daha hızlı yanıt vermek için yüksek düzeyde esneklik sunar ve daha iyi küresel optimizasyon sağlar (Deloitte, 2014).

2.2.2.Akıllı Üretim Sistemleri Dikey Ağı

Şirketteki farklı hiyerarşik seviyeler ve özellikle üretim bilgi teknolojileri (aktüatör, sensör, performans yönetimi, üretim kontrolü, üretim ve şirket planlama seviyelerini birbirine bağlı tutmak ve uçtan uca çözüm oluşturarak) ile birbirine bağlanmalıdır. Bu, üretimde daha esnek ve dinamik planlama ve performans yönetiminin amacını güçlendirmektedir (Kagermann vd., 2013; ICV, 2015; Stock ve Seliger, 2016; Wang vd., 2016). Dikey ağın özü, fabrikaların ve üretim tesislerinin talep seviyeleri, stok seviyeleri, makine kusurları ve öngörülemeyen gecikmeler gibi değişkenlere hızlı ve uygun şekilde tepki vermesini sağlayan siber-fiziksel üretim sistemlerinin (CPPS) kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Gilchrist, 2016). Dikey ağ, akıllı üretim sistemlerine, örneğin; akıllı fabrikalara, akıllı ürünlere, akıllı lojistik, üretim ve pazarlama ve hizmet ağına, güçlü ihtiyaçlara yöneliktir (Stock ve Seliger, 2016). Esnek ve yeniden yapılandırılabilir imalat sisteminin geliştirilmesi, uygulanması yoluyla dikey entegrasyonun sağlanması ile Endüstri 4.0 ile ilgili geliştirilen stratejiler başarılı olabilecektir (Taha vd., 2017). Bu entegrasyonla, akıllı makineler farklı ürün tiplerine uyum sağlamak için dinamik olarak yeniden yapılandırılabilen, kendi kendini organize

eden bir sistem oluşturulur ve üretim sürecini şeffaf hale getirmek için muazzam bilgiler toplanır ve işlenir (Acatech, 2013; Wang vd., 2016). Akıllı fabrikalar kendilerini organize eder ve müşteriye özel ve bireyselleştirilmiş üretim sağlar. Bu, verilerin kapsamlı bir şekilde entegre edilmesini gerektirir. Akıllı sensör teknolojisi, organizasyonun izlenmesine yardımcı olmak için de gereklidir (Deloitte, 2014).

2.2.3.Bütün Değer Zincirinde Süreç Mühendisliği

Tüm değer zincirinde süreç mühendisliğinin amacı; tam dijitalleşme sağlayarak gerçek dünyanın bir tasvirini oluşturmaktır. İşletmelerdeki artan karmaşıklığı çözmek için tüm değer zincirinde süreç mühendisliği uygulanabilir ve yeni modelleme olasılıkları kullanılabilir. Süreç mühendisliği sayesinde; geleceğin müşterilerinin istedikleri ürün, üretici tarafından tanımlanan ürün portföyüne bağlı kalmadan, müşteri gereksinimlerine ve özel ihtiyaçlarına göre şekillendirilebilir (Kagermann vd., 2013; ICV, 2015; Shafiq vd., 2015; Gilchrist, 2016; Wang vd., 2016; Acatech, 2013; Luo, 2014; Zhou vd., 2015). Bütün değer zincirinde süreç mühendisliği; tasarımdan, gelen lojistikten üretime, pazarlamaya, giden lojistik ve hizmetten satış sonrası hizmete kadar geniş bir yelpazeye sahiptir (Smit vd., 2016; Taha vd., 2017). Tüm ürün yaşam döngüsündeki süreç mühendisliği, ürün yaşam döngüsünün tüm aşamaları boyunca akıllı çapraz bağlantı ve dijitalleşmeyi tanımlar: hammadde ediniminden imalat sistemine, ürün kullanımına ve ürünün ömrünün sonuna kadar (Stock ve Seliger, 2016). Ürün tasarımının üretim ve hizmet üzerindeki etkisi, özelleştirilmiş yazılımların etkinleştirilmesi için güçlü yazılım araç zinciri kullanılarak öngörülebilir (Wang vd., 2016; Acatech, 2013). Süreç mühendisliğinin özelliği; bir ürünün yaşam döngüsünün her aşamasında veri ve bilginin mevcut olması, modelleme, prototipler ve ürün aşaması yoluyla

verilerden yeni ve daha esnek süreçlerin tanımlanabilmesidir (Deloitte, 2014).

2.2.4. Üstel Teknolojiler İle Hızlanma

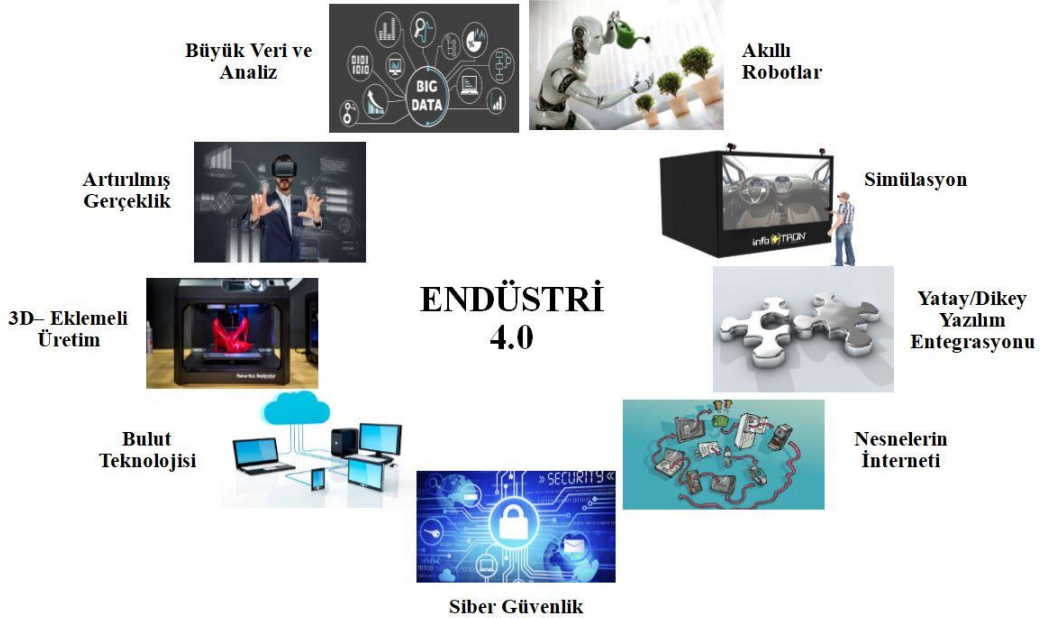
Endüstri 4.0'ın dördüncü ana özelliği, üstel teknolojilerin, bir katalizörün hızlandırıcısı olarak etkisi; endüstriyel süreçlerde bireyselleştirilmiş çözümler, esneklik ve maliyet tasarrufu sağlamaktır (Deloitte, 2014; Gilchrist, 2016). Endüstri 4.0 yüksek bilişsel ve yüksek otonom için otomasyon çözümleri gerektirmektedir. Yapay zekâ, gelişmiş robotik ve sensör teknolojisi, bireyselliği daha da artırma potansiyeline

sahip olup, bölünmeyi ve esnekleşmeyi hızlandırma potansiyeline sahiptir (Deloitte, 2014).

2.3. Endüstri 4.0 Teknolojileri

Endüstri 4.0'ın dönüşümü, dokuz temel teknoloji ile sağlanmaktadır. Bu teknolojiler; otonom robotlar, simülasyon, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, eklemeli üretim, artırılmış gerçeklik ve büyük veridir (BCG, 2015). Endüstri 4.0'ı tetikleyen 9 teknolojik unsur Şekil 3'te gösterilmektedir.

Şekil 3: Endüstri 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur



Kaynak: BCG, 2016; Tüsiad, 2016.

Akıllı Robotlar, önceden programlanan işleri ve görevleri yerine getiren elektromekanik cihazlardır (BCG, 2015; Davutoğlu vd., 2017; Eldem, 2017). Otonom robotlar hem doğrudan operatör kontrolünde hem de bilgisayar programı aracılığı ile çalışabilmektedir. Bu robotlar diğer makine, malzeme ve bileşenlerle iletişim halinde esnek üretim ortamlarının üretkenliğini arttırmayı sağlayacaktır (BCG, 2015, KPMG, 2015). Prosoft'un (2016) yayınladığı rapora göre, otonom

robotlar son birkaç yıldır dünya genelinde üretim katalizörlüğünü gerçekleştiren ve şirketler için üretimi daha hızlı, daha ucuz hale getiren bir teknolojidir.

Simülasyon, ürünlerin, malzemelerin ve üretim süreçlerinin tasarım aşamasında üç boyutlu olarak gerçek zamanlı veriler kullanarak hazırlanan sanal modeldir. Simülasyon, sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modelidir (Davutoğlu vd., 2017). Simülasyon, operatörlerin fiziksel

değişimden önce sanal dünyadaki bir sonraki ürünün makine ayarlarını test etmelerini ve optimize etmelerini sağlayacak ve böylece makine kurulum sürelerini azaltacak ve kaliteyi artıracaktır (BCG, 2015). Simülasyonun amacı, olasılıkların sanal dünyada önceden gözlenebilmesi ve gerekli hazırlıkların planlanabilmesidir (Bungartz vd., 2014; Landriscina, 2013).

Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu, işletme içerisinde evrensel veri entegrasyon ağlarının geliştirilmesiyle işletmelerin, birimlerin, mevkilerin birbirleriyle daha uyumlu çalışmasıdır. Bu kavramla; üretim daha verimli, esnek, hızlı ve sorunsuz olacaktır. Sistem entegrasyonu sayesinde; makineler, bir sonraki üretim adımını başlatmak için yeni bir bileşenin, üretim sürecini tamamladığı an diğer makinelerle veya lojistik ekipmanlara bilgi aktaracaktır (Davutoğlu vd., 2017; BCG, 2015). Sistemlerin işlevselliğini arttırabilmek ancak alt sistemlerin birbiri ile entegre olması ile mümkündür (EBSO, 2015). Endüstri 4.0 sayesinde, dikey ve yatay entegrasyonun gerçekleştirebilen işletmeler, üretim süreçlerindeki değişikliklere ve sorunlara hızla karşılık verilebilecek, müşteriye özel ve kişiselleştirilmiş üretim sunabilecek, kaynak verimliliği arttırabilecek ve böylelikle küresel tedarik zincirinde optimizasyon elde edebileceklerdir (Eldem, 2017).

Nesnelerin İnterneti: Literatür nesnelerin internetini algı, iletim, hesap ve uygulama katmanları ile sınıflandırmıştır (Trappey, 2016). Nesnelerin internetini aktif ve detaylı kullanan işletmeler; üretim yönetimini kolaylaştırabilecek, tedarik zincirini daha aktif hale getirebilecek, enerji ve altyapı maliyetlerini azaltabilecek, gerçek zamanlı yanıtlar sağlayabilecek, daha az insan kaynağına ihtiyaç duyacak ve böylelikle gelir ve kar düzeyinde artış sağlayabilecektir (EBSO, 2015; Davutoğlu vd., 2017; BCG, 2015). Nesnelerin interneti; internete bağlanabilen radyo frekanslı tanımlama (RFID) cihazları, kızılötesi sensörler, global konumlandırma sistemleri, lazer tarayıcılar, diğer bilgi

algılama cihazları ve diğer keyfi nesnelere içerir (Miao, 2014). Nesnelerin interneti; akıllı sensör teknolojisi, makineler arası algoritmalar, analitik (büyük veri) ve bulut bilgi işlem veri bağlama ve değerlendirme için yeni olanaklar yaratır (Wehle, 2016).

Ekleme Üretim: Şirketler, çoğunlukla prototip oluşturmak ve tek tek bileşenler üretmek için kullandıkları 3 boyutlu baskı gibi ek üretim yöntemlerini uygulamaya başlamışlardır (BCG, 2015; Eldem, 2017). Dijital üç boyutlu bilgisayar verisini elle tutulabilecek gerçek nesnelere dönüştüren makineler eklemeli üretim olarak tanımlanmaktadır. Bu tür yazıcıyla elektronik parçalar ve motorlar dışında bütün mekanik parçaların basımı yapılabilmektedir. Üç boyutlu yazıcılar ile modelleme, 3D baskı, yüzey iyileştirme gibi işlerin yapılmasının yanı sıra genetikten bilişim teknolojilerine, tıptan sanayiye, şehir planlamadan gıdaya kadar tüm işlerde kullanılmaktadır (EBSO, 2015). Ekleme üretim, ayrıca, üreticinin maliyet ve zaman verimsizliklerini azaltırken müşterilere veya son kullanıcılara daha fazla değer sunan küçük ölçekli özelleştirilmiş ürünlerin üretimini mümkün kılar (Gilchrist, 2016; CRO, 2015).

Arttırılmış Gerçeklik; gerçek dünyanın bilgisayar tarafından üretilen ses, görüntü, grafik verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümüdür. İşletmeler bu teknolojinin yardımıyla etrafındaki bilgi ile etkileşime girebilmekte, sayısal bilgi işleneği ile çevresiyle ilgili yapay bilgi ve öğelerin doğru kullanılması vasıtasıyla gerçek dünyayla ilgili verilere kolaylıkla ulaşabilmektedir (Davutoğlu vd., 2017). Arttırılmış gerçeklik tabanlı sistemler, bir depoda parça seçimi ve mobil cihazlar üzerinden onarım talimatları gönderme gibi çeşitli hizmetleri desteklemektedir (BCG, 2015; EBSO, 2015). Bu teknoloji sayesinde; birbirleriyle gerçekte aynı ortamda olmayan çalışanlar tıpkı aynı ortamdaymış gibi beyin fırtınası ve tartışmalar yapabilmekte, dokunmatik ekran ve tablolar aracılığıyla ortak görselleştirme kullanan toplantılar, interaktif dijital yazı

tahtaları, paylaşılan tasarım alanları ve dağıtılmış kontrol odaları içerebilmektedir (Eldem 2017; Wehle, 2016). İşletmeler; üretim, pazarlama ve satış sonrası destek ile ilişkili bakım ve eğitim genel giderlerini azaltmak istemekte ve bu yüzden arttırılmış gerçekliğe dayalı sistemlere yönelmektedirler (Gilchrist, 2016).

Büyük Veri; toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, blog, fotoğraf, video, log dosyaları vb. gibi değişik kaynaklardan toparlanan tüm verinin, anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmüş biçimi olarak tanımlanmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017). Büyük veri ile işletmeler sahip oldukları bilgileri güçlendirecek ve yöneticiler büyük verilerden faydalanarak üretim esnasındaki gerçek zamanlı kusurları, hataları ve eksiklikleri anlayabileceklerdir. Yani büyük veri; süreçleri optimize etme, kaynakları verimli kullanma ve beklenen ürün kalitesini koruma potansiyelini çok daha erken aşamalarda belirlenmesine yardımcı olacaktır. Özellikle Endüstri 4.0'ın yüksek rekabet ortamında; işletmelerin bir adım öne geçebilmek için fark yaratmak zorunda olmaları, en ufak bir bilginin bile büyük önem taşıması sonucu büyük veri aracılığıyla doğru bilgilere zaman kaybetmeden sahip olma ve bunu hızlı değişim amacıyla kullanma bu kavramın önemini ortaya koymaktadır (Davutoğlu vd., 2017; KPGM, 2015; Eldem, 2017; Gilchrist, 2016; Banger, 2016). PwC (2016) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, büyük veri analizi karar verme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bulut Bilişim, tüm uygulama, program ve verilerin sanal bir sunucuda, yani bulutta, toplanması ve internete bağlı her bir cihazın bilgilere, verilere, programlara kolayca ulaşımın sağlanabildiği hizmetlerin bütününe denir. Bu sistem sayesinde bilişim tamamen ayrı bir sektör haline gelecek, bilişim teknolojisi üreten toplumlar Endüstri 4.0 kavramını daha iyi algılayacak, sürdürülebilir rekabette ön sıralarda olacaktır (Davutoğlu vd., 2017; BCG 2015; EBSO 2015). Bulut bilişim sayesinde kullanıcılar; işletme için gerekli

uygulamaları tesis içindeki bilgisayarlarda ya da veri merkezlerinde tutmak yerine servis sağlayıcıdaki bilgisayarlar aracılığıyla internet üzerinden istedikleri anda kullanabilmekte ve böylece daha ekonomik, esnek ve çevik veri yönetimi elde etmektedir (Eldem, 2017; Siemens, 2015; Gilchrist, 2016). Akıllı cihazlar arasındaki iletişimin de devreye girmesiyle, büyük veri, nesnelerin interneti ve bulut bilişim bir arada çalışarak endüstride yeni bir çığır açmaktadır (Eldem, 2017). Bulut bilişim; depolama hizmetleri, erişim ve çevrimiçi bilgisayar hizmetlerinin kullanımını içeren bir eğilimdir. Bu eğilim, sağlanan hizmetlere bağlı olarak üç farklı seviyede yansıtılabilir: hizmet olarak altyapı, hizmet olarak platform ve hizmet olarak yazılım (Prosoft, 2016).

Siber Güvenlik: Endüstri 4.0 ile birlikte gelen standart iletişim protokollerinin artan bağlantısı ve kullanımı ile kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerine karşı koruma ihtiyacı çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Makinelerin ve kullanıcıların karmaşık kimlik ve erişim yönetiminin yanı sıra güvenli, güvenilir iletişim kurulması da önemlidir (BCG, 2015). Endüstri 4.0'ın sağlamış olduğu imkânların getirdiği avantajlardan tam olarak yararlanabilmek için, söz konusu ortamlarda güvenliğin de maksimum düzeye çıkarılması gerekmektedir (Eldem, 2017; Gilchrist, 2016). Üretimdeki her noktanın birbiriyle güvenli şekilde iletişim kurabilmesi, farklı tesislerin etkileşime girebilmesi, üretimde optimizasyonun temel anahtarlarından birini oluşturmaktadır. Rekabetin böylesine yoğun olduğu bir alanda aktarılan verilerin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir (Siemens,2015).

2.4. Endüstri 4.0 Hizmetleri

Günümüzde şirketler; artan küresel rekabet, müşteri gereksinimlerinin her zamankinden daha hızlı değişime uğraması ve sürekli gelişen dijitalleşme gibi sebeplerle büyük zorluklarla mücadele etmekte, özellikle imalat sektörü hayatta kalmak için iş modellerini sürekli güncel tutacak yeni yaklaşımlar geliştirmek zorunda

kalmaktadır. (Mitsubishi Electric, 2016). Başarı için en önemli faktör ise daha hızlı, daha esnek ve verimli üretim sistemleri kullanarak yeni ürünlerin maliyetini ve pazara sürülme süresini azaltarak rekabet gücünü korumaktır (Mitsubishi Electric, 2016). Bu noktada; daha esnek, daha hızlı, daha kaliteli, daha verimli ve müşteri eksenli üretim gibi hizmetler vaat eden dördüncü sanayi devrimi olan endüstri 4.0 kavramı hayati önem kazanmıştır (EPRS, 2015).

Otomasyon, süreç iyileştirme, verimlilik artışı, üretim optimizasyonu, yeni iş modellerine ve gelir kaynaklarına ulaşım (www.i-scoop.eu, 2018) hizmetleri sunan kavram dokuz teknolojik unsur ile şirketlerin üretkenlik, kalite ve iş süreçlerini geliştirebilmelerinin birçok yolunu sunmaktadır (Festo, 2018). Avrupa Parlamentosu tarafından 2015 yılında yayınlanan raporda Endüstri 4.0 kaynaklı dijitalleştirilmiş üretimin; imalat süreçlerinde, iş modellerinde ve elde edilen çıktılarda büyük değişikliklere neden olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Akıllı fabrikalar üretimde *esnekliği* artıracak, müşteri isteklerine hızla cevap vermeye yarayacak otomasyon sistemleri ve üç boyutlu yazıcılar, *müşteri eksenli üretim* olarak isimlendirilen *kişiselleştirilmiş* hizmetlere harcanan *zamanı* azaltırken, ürün *kalitesini* artıracaktır. Kalite artışı ise *maliyetlerin düşürülmesinde* ve dolayısıyla *rekabet avantajı* elde etmede önemli bir rol oynamaktadır. Avrupa’da bulunan ilk 100 üretim işletmesinin; üretim sürecindeki hataları gidermeleri durumunda, hatalı ürünleri hurdaya çıkarma ve yeniden işleme maliyetlerinden kurtulup yaklaşık olarak 160 milyar Euro tasarruf sağlayacakları öngörülmektedir. Dijital tasarımlar ve sanal modelleme teknolojileri ise ürünlerin tasarımı, üretimi ve sunumu arasındaki *süreyi* kısaltacaktır. Ayrıca, ürün geliştirmenin dijital ve fiziksel üretim teknolojileri ile entegre edilmesi ürün *kalitesini* artırırken *hata oranlarının önemli ölçüde azalması* ile ilişkilendirilmiştir. Sensörler aracılığıyla toplanan veriler, *büyük veri* teknikleri ile analiz edilerek

küçük ya da büyük devam eden sorunları hızlı bir şekilde tanımlamak ve çözmek için kullanılmaktadır (EPRS, 2015).

Bugüne kadar sadece tekrara dayalı basit görevler, robotlar tarafından gerçekleştirilebilirken son yıllarda yapay zekâ ve yapay zekâ ile öğrenme gibi teknolojilerin ortaya çıkmasının yanı sıra mevcut verilerin üssel olarak büyümesine ve bu verilerin *gelişmiş mantıksal çözümlene* yöntemleri aracılığıyla analiz edilebilmesine olanak sağlanmıştır. IBM’in bilişsel sistemi Watson, çok sayıda yapılandırılmamış verilerden sentezlenen sezgilere dayalı karmaşık soruları cevaplayabilmektedir (McKinsey, 2015). Polimer, metal, cam, şeker ve çimento dâhil birçok malzemeye uygulanabilen *3 boyutlu yazıcılar* sadece eklemeli üretim ekipmanı olmaktan çıkmış ve geliştirilmiş robot bilim teknolojileri ile entegre olarak daha düşük maliyetli üretim ve depolama gibi seçenekleri ile *enerji depolama ve toplamının yenilikçi bir şekli* haline dönüşmüştür (McKinsey, 2015).

Dijital dönüşüm; tedarik zincirinin, ilk ve son noktası olarak kabul edilen müşteri ihtiyaçlarının tespit edilmesinden ürünün son kullanıcının eline ulaşmasına kadar her aşamasında daha *akıllı*, daha *şeffaf* ve daha *verimli* hale getiren tek veri tabanı oluşturacaktır (Deloitte, 2014).

3. METODOLOJİ

Almanya’da ortaya çıkmasının ardından tüm dünyada hızla yayılan dördüncü sanayi devrimi kavramı, rekabetin ön planda olduğu tüm diğer sektörler gibi lojistik sektöründe de hızlı bir şekilde önemli duruma gelmiştir. Bu sebeple çalışmanın amacı; lojistik sektörünün endüstri 4.0 dönüşümü; lojistik şirketlerinde kullanılan endüstri 4.0 teknolojileri, dönüşüm sırasında karşılaşılan zorluklar ve elde edilen faydalar olarak örnek olaylar ışığında derinlemesine incelemek olarak belirlenmiştir. Daha önce de söz edildiği gibi endüstri 4.0 ve lojistik 4.0 kavramları literatüre yeni girmiş kavramlardır ve

öncelleri ve sonuçlarına dair henüz yeterli veri bulunmamaktadır. Bu doğrultuda kavramın nitel yöntemler kullanılarak araştırılmasının konunun daha iyi anlaşılmasında literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda lojistik 4.0 kapsamındaki çalışmaları ile farkındalık yaratan ve sektörün lokomotif konumunda bulunan bir lojistik firması ile vaka analizi yapılmasına karar verilmiştir. Çalışmada; lojistik firmasının Endüstri 4.0 kapsamında devam eden proje bilgileri, projenin amaçları, çözülmesi amaçlanan problemler, kullanılan endüstri 4.0 teknolojileri, projenin mevcut durumu ve projelerden beklenen faydalar sunulacaktır.

Örnek olay çalışmaları, temsil niteliğine sahip tek bir kişi, kurum veya olayın ayrıntılı biçimde incelenmesine ve tanıtılmasına yönelik çalışmalar olup elde edilen bilgilerin benzeri durumlar için de geçerli olacağı varsayılmaktadır (Seyidoğlu, 1995). Örnek olay çalışmaları; bir kişi, bir süreç, bir kurum ya da bir grubu derinlemesine incelemek, araştırmak için oldukça elverişli desenler olarak tanımlanmasına ek olarak tek bir vakanın seçilmesi durumunda “gerçek” hakkında olabildiğince anlamlı ve çok bilgi sağlayabilmektedir (Vural ve Cenkseven, 2005). Örnek olay çalışmaları; bireysel, örgütsel, politik ya da sosyal olaylar ile ilgili konularda mevcut bilgilere katkıda bulunmak amacıyla oldukça yoğun kullanılmaktadır (Aytaçlı, 2012). Örnek olay çalışmaları literatürde; açıklayıcı, keşfedici ve tanımlayıcı olmak üzere üç ana grupta incelenmektedir (Yin, 2003). Keşfedici durum çalışmaları genel olarak araştırmacının odak noktası doğrultusunda toplanılan verilerin içerisinde araştırılan olguyu keşfetmek için kullanıldığından (Leymun vd., 2017), bu çalışmada keşfedici örnek olay çalışması uygulanmasına karar verilmiştir. Keşfedici örnek olay çalışmalarında amaç; temel olarak “ne”, “neden” ya da “nasıl” sorularını cevaplamak, gelecek çalışmalar için öneriler getirmek ya da hipotezler geliştirmektir (Leymun vd., 2017). Bu sebeple, çalışmada lojistik firmasının

endüstri 4.0 teknolojilerini, lojistik 4.0 kavramında kullanımı, keşfedici örnek olay çalışması yöntemi ile derinlemesine analiz edilmiştir. Elde edilen verilere çalışmanın bulguları kısmında yer verilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmada lojistik firmasının endüstri 4.0 kapsamında devam etmekte olan; nesnelerin interneti, büyük veri ve görüntü izleme teknolojileri ile ilgili üç projesi detaylı olarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde; projelerin amaçları, çözüm bulmaya çalışılan problemleri, kullandıkları teknolojiler, projeden elde edilmesi beklenen fayda ve projelerin mevcut durumları incelenmiştir.

4.1. Nesnelerin İnterneti

Proje İsmi: Nesnelerin Sosyal İnterneti ile Geleceğin Bilişsel Lojistik Operasyonları

Projenin çıkış noktası, ulaştırma sektörünün dünya enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu ve karbondioksit emisyonlarının %25'ini oluşturması, bu durumun lojistik endüstrisinin önemli sorunlarından biri haline gelmiş olması, bu duruma çözüm bulabilmek ve lojistik operasyonların çevreye verdiği zararı azaltabilmenin öneminin gün geçtikçe artıyor olmasıdır. Bu sebeple projenin amacı; karmaşıklığı azaltmak, işbirlikçi lojistiği geliştirmek, mümkün olduğunda yük paylaşımından ve nakliye ihtiyaçlarını birleştirmekten kaynaklanan maliyetleri azaltmak olarak tanımlanmıştır.

Projede; lojistik organizasyonların eski sistemlerinin, bilişim ve iletişim teknolojileri kapsamında sunulan yenilikçi birlikte çalışabilirlik (interoperability) çözümleri ile değiştirilip mevcut yazılımların güncellenmesi ile önemli miktarlarda tasarruf potansiyeli bulunabileceği savunulmaktadır. Altyapı yatırımlarının ve teknolojik geliştirme ve iyileştirmelerin gerekli olduğu tüm kara ve demir yolu bağlantılarının omurgası konumunda bulunan multimodal merkezlerde (hub), navlunun farklı birimler

tarafından yönetilmesi sebebiyle veri alışverişlerinde önemli ölçüde boşluklar olduğu görülmektedir. Bu boşlukların ortadan kaldırılması adına tüm paydaşların (ulaştırma ve lojistik operatörleri, KOBİ'ler, kamu otoriteleri ve toplum) karşılıklı olarak kabul edilmiş diller ve protokoller altında dinamik olarak etkileşime girdiği bu merkezlerde oluşturulacak olan entegre sistemler, daha verimli bir lojistik yönetim sisteminin oluşturulmasının ilk adımı olarak görülmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisinin ise, bu multimodal sistemlerde farklı kaynak ve sistemlerden gelen verilerin füzyon ve akıllı analizi yoluyla lojistik süreçleri daha akıllı ve daha birlikte çalışabilir hale getirebileceği düşünülmektedir.

Projeden beklenen nihai sonuç; gelecekteki lojistik süreçlerin daha bilişsel ve işbirlikçi (birlikte çalışabilir) hale gelmesini sağlayacak gerekli kavramsal çerçeve ve araçları oluşturmak, lojistik süreçlerde yer alan tüm nesnelere bilişsel davranış özellikleri kazandırmak ve bu bilişsel nesnelerin birbirleri ile iletişim kurmasına, güvenli ağlar aracılığıyla gerekli bilgileri paylaşmalarına ve dış müdahale gerekmeden birlikte çalışmalarına olanak sağlayacak ortamı ve teknolojiyi geliştirebilmektir. Söz konusu sonuca ulaşabilmek adına proje, bilimsel, teknolojik ve işletme olmak üzere üç ana yapısal blok üzerine kurulmuştur. Şekil 4'te projenin genel şeması ve üç ana yapısal boyutun işlevleri detaylı olarak gösterilmektedir.

Bilişsel lojistik nesnelere (cognitive logistics objects- CLO) davranışı olarak isimlendirilen bilimsel boyut, bir lojistik operasyona katılan tüm fiziksel nesnelere ve sistemleri içermektedir. Buna göre, tüm nesne ve sistemler (CLO'lar), özerktir, duyarlıdır, öğrenilebilir ve iş birliği yapabilir. Proje, CLO'ların bir sonraki eylemlerine karar vermesine, sosyal ağlar oluşturmasına, birbirleri ile iletişim kurmasına, birbirlerine yardım etmesine ve yerel sorunları çözmesine yardımcı olacak bir bilimsel danışman tarafından

yönlendirilen ve bunu yaparken oluşturulan büyük verileri analiz ederek verimli olarak kullanan bir multimodal yük taşıma sistemi olarak planlanmaktadır. Projenin bu aşamasından elde edilecek nihai çıktının ise oluşturulan bu CLO'ların süreçteki aktörlere (sürücü, yönetici, vb.), daha verimli ve çevre dostu multimodal ulaştırma seçenekleri önermesi olarak planlanmaktadır.

Teknolojik boyut ise, nesnelerin sosyal interneti tarafından desteklenen işbirliği platformu olarak isimlendirilmiştir. Bu boyutun temel işlevi, büyük lojistik operatörleri, KOBİ'ler ve diğer paydaşların temel işlevselliğine erişim kolaylığı sağlayan ve kesintisiz operasyonel entegrasyona olanak tanıyan bir altyapı kurulumudur. Nesnelerin Sosyal İnterneti (Social Internet of Things- SIOT) olarak adlandırılan sistem ile bilimsel boyut aracılığıyla elde edilen CLO'ların mevcut statü ve tespit edilen potansiyel anormalliklere dayanarak potansiyel alternatifleri ve çözümleri analiz etmesini, iletişim kurmasını ve "pazarlık etmesini" sağlaması beklenmektedir. Ayrıca, güvenli bilgi paylaşımı amacıyla projede; veri güvenliği, gizlilik, veri sahipliği yönetimi ve veri paylaşımı politikalarının uygulanmasıyla ilgili mekanizmaları birleştirerek veri paylaşımı, etkinlik yönetimi ve süreç geliştirilmesine yönelik araçların sunulması planlanmaktadır.

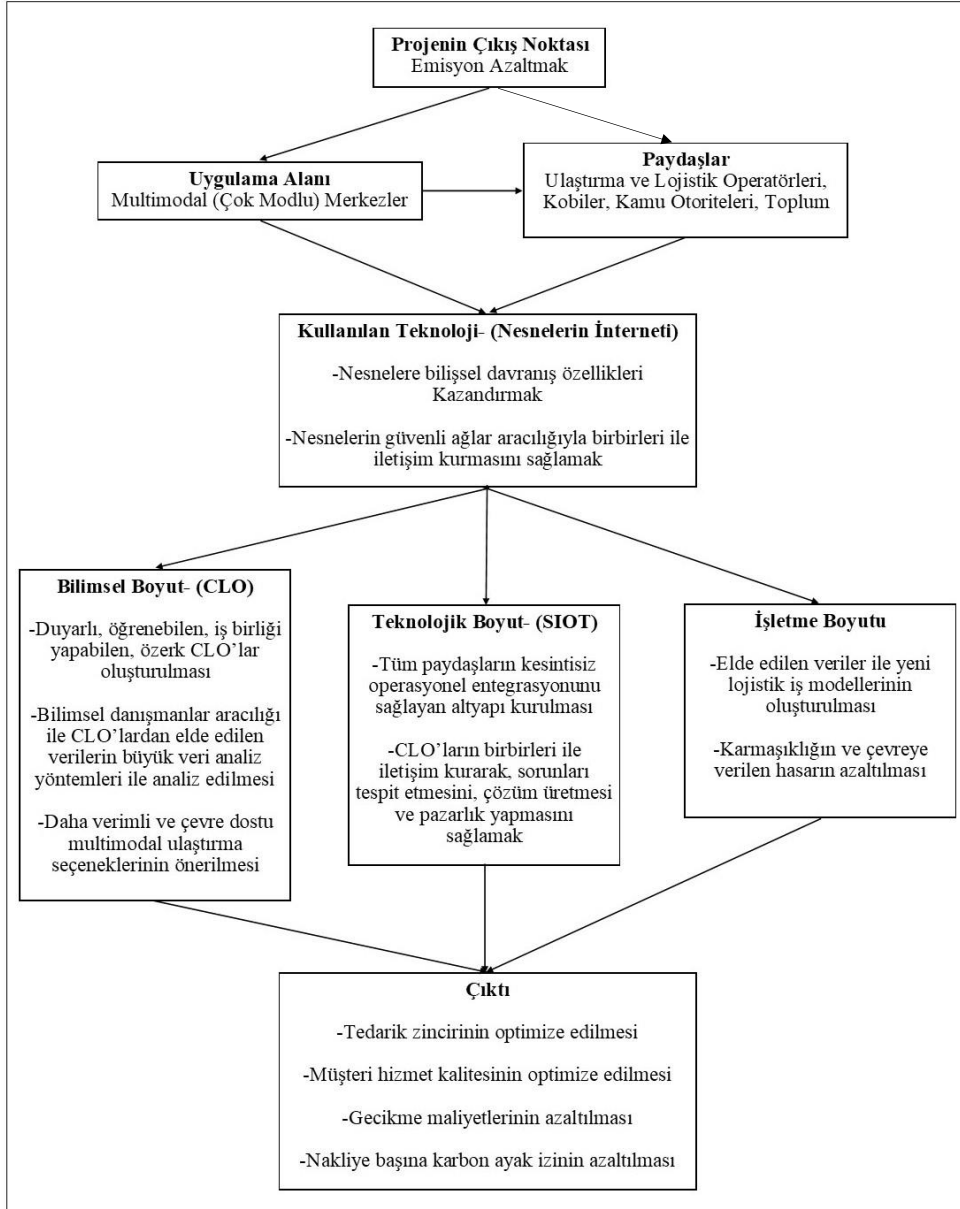
İşletme boyutu ile sürekli daha fazla "dinamik ve özerk karar verme ihtiyacı ile karşı karşıya olan" ve bu sayede performansı artan ya da azalan her düzeyde aktöre (sürücü, operatör, vb.); ayrıca lojistik işletmecileri ve diğer paydaşlara (şehirler, yetkililer, vb.) yeni lojistik iş modellerinin sunulması ve böylece karmaşıklığın ve zararlı çevresel etkilerin azaltılması hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, proje kapsamında geliştirilen CLO'lar, esnek ve dinamik planlama ile yeni bir operasyonel model uygulayacaklar ve bir CLO limana ulaştığında, elleçleme, taşıma işlemleri gibi ve başlangıçta gömülü olan bilgiler (başlangıç, hedef, yük durumu,

hasar durumu, vb.) verilerin paylaşıldığı bir entegre sosyal ağ tarafından dikkate alınarak yönetilecektir. Sürecin gizliliği, tasarımda entegre edilen güvenlik mekanizmaları ile garanti altına alınmış olacak ve bilgiler süreç ilerledikçe tedarik zincirinin sonraki adımlarına doğru

güncellenecektir. Tüm bu adımlar sayesinde; tedarik zincirinin optimize edilmesi, müşteri hizmet kalitesinin optimize edilmesi, gecikme maliyetlerinin azaltılması ve nakliye başına karbon ayak izinin azaltılması projeden elde edilecek başlıca çıktılar olarak belirlenmiştir.

Şekil 4: Nesnelerin İnterneti Projesi Şeması



4.2. Büyük Veri

Lojistik firmasının Avrupa Birliği Horizon 2020 projesi kapsamında geliştirdiği projenin adı “Akıllı Lojistikte Süreç Modelleme için Büyük Veri Analizinin Kullanımı”dır. Bu proje kapsamında lojistik 4.0, akıllı lojistik ve gelişmiş dijitalleşme terimleri önem arz etmektedir. “Lojistik 4.0”, Siber Fiziksel Sistemler (CPS) tarafından eklenen yenilikler ve uygulamalar ile lojistiğin kullanılması kombinasyonu anlamına gelmektedir. “Akıllı Lojistik”, esnekliği arttırabilen, piyasa değişikliklerine uyum sağlayabilen ve şirketin müşteri ihtiyaçlarına daha yakın olmasına yardımcı olacak bir lojistik sistemidir. Bu yeni paradigma; makinelerin, cihazların ve insanların gerçek zamanlı iletişimini ve “Gelişmiş Dijitalleşme” olarak bilinen terimin kullanımını mümkün kılan internetin artan ve geliştirilmiş kullanımının bir sonucudur.

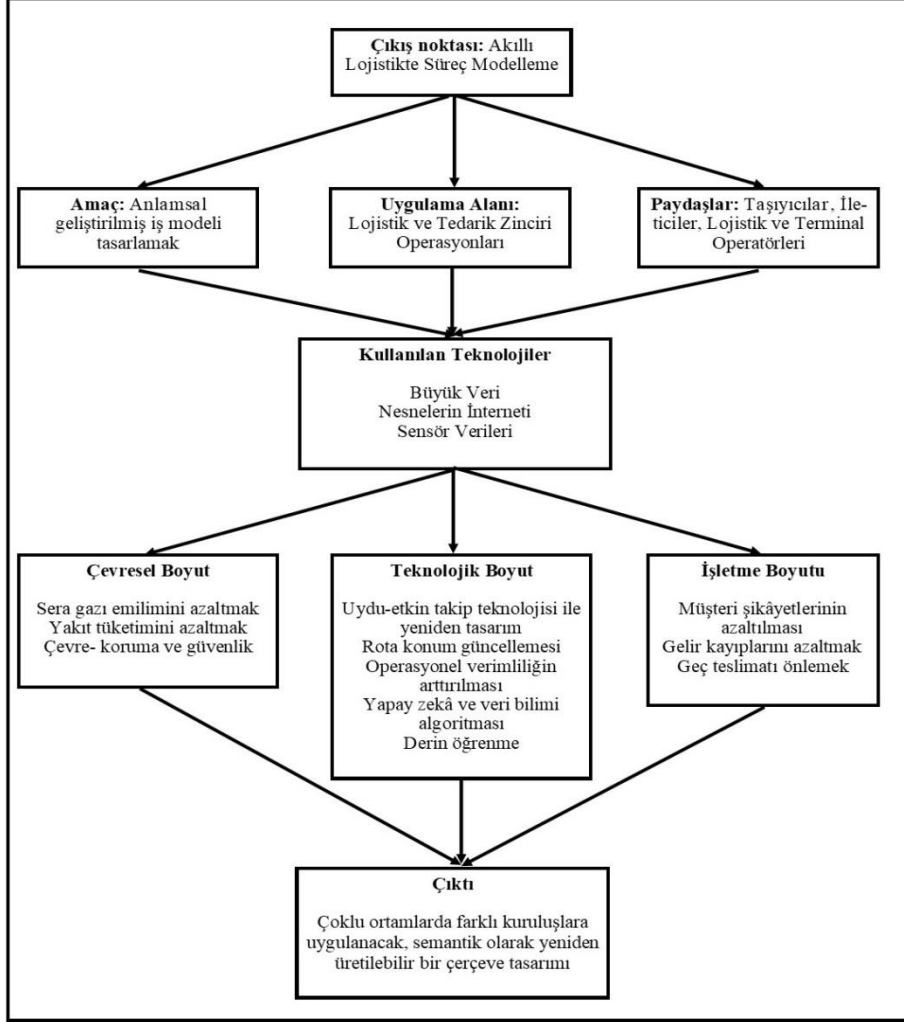
Küresel pazardaki zorlu rekabet, nakliye şirketlerini lojistik ve tedarik zinciri operasyonlarını daha etkin bir şekilde yönetmek için akıllı çözümler geliştirmeyi gerektirmekte ve bu çözümlere ulaşmak için endüstri 4.0’ın dokuz teknolojisinden biri olan büyük veri önemli fırsatlar sağlamaktadır. Bu projede;

- nesnelerin interneti teknolojisi olan uydu-etkin araç takip teknolojisinden üretilen tüm verilerin yeniden tasarlanması (trafik, hava durumu ve yol durumu bilgisi ile diğer araçlarla iletişim halinde olan akıllı sistemlere doğru)

- çeşitli araç ve yük ile ilgili, her bir araç için rota ve konum güncellemelerinin bağımsız olarak ayarlandığı sensör verileri,
- müşterilerin iş emirleri,
- üçüncü parti lojistik hizmetleri (taşıyıcılar, ileticiler, lojistik ve terminal operatörleri),
- açık kaynaklı sistemler ve
- sosyal medyaya değinilmesi amaçlamaktadır.

Horizon 2020 kapsamındaki projenin amacı; operasyonla ilgili verileri gerçek zamanlı olarak analiz ederek mevcut altyapının ritmini yakalayan, mevcut altyapı ve kaynakların kullanımını olumlu yönde etkilemek için öğrenilmiş verileri kullanan, sistem esnekliğini ve hizmetini geliştiren, anlamsal-geliştirilmiş bir kendi kendine öğrenme işlem modeli tasarlamaktır. Büyük veri teknolojilerinin kullanımı yoluyla kalite, sera gazı emisyonları, yakıt tüketimi, gecikme zamanları, trafik sıkışıklığı, gelir kayıpları, geç teslimatlar ve müşteri şikâyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra, makine öğrenimi, derin öğrenme, yapay zekâ ve veri bilimi algoritmaları, operasyonel verimlilik, çevre koruma ve güvenliğini en üst düzeye çıkarmak için tahminler ve yönlendirmeler sağlanması beklenmektedir. Projenin sonucunda ise çoklu ortamlarda farklı kuruluşlara uygulanabilecek, semantik olarak yeniden üretilebilir bir model oluşturması beklenmektedir.

Şekil 5: Büyük Veri Projesi Şeması



4.3. Görüntü İşleme

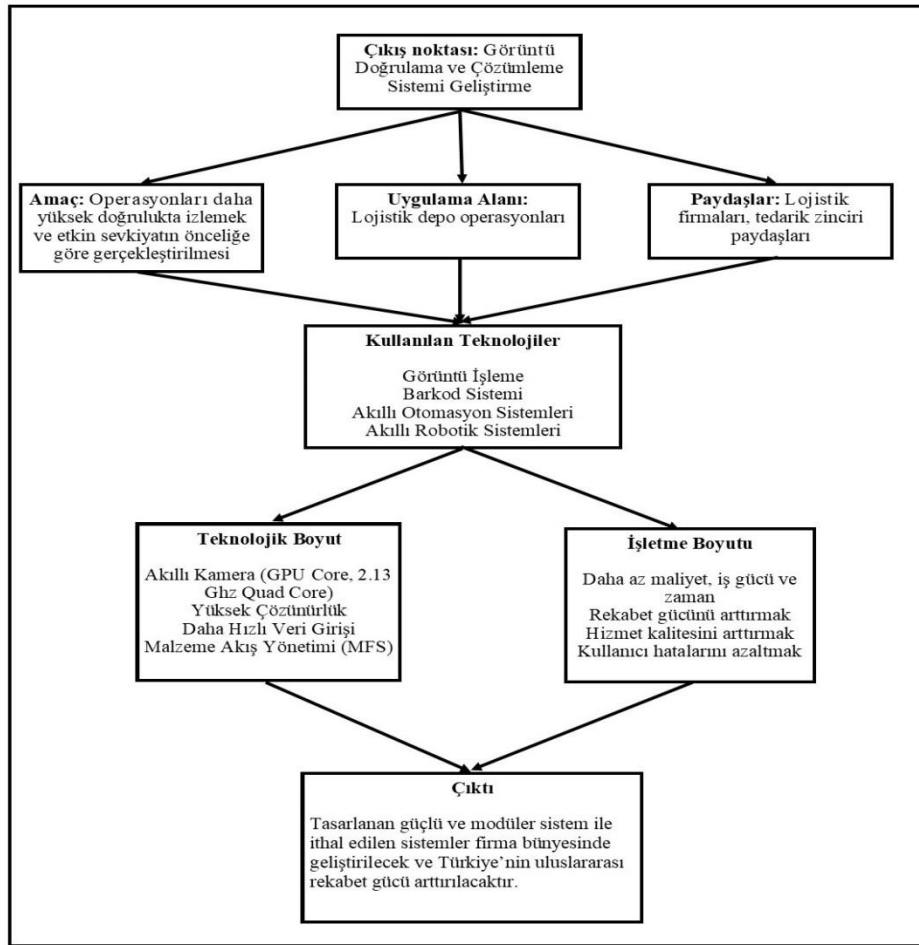
TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) tarafından desteklenen ve lojistik firması tarafından yürütülen bir diğer proje ise "Endüstriyel Tabanlı Dinamik Yapıda Tümlleşik Görüntü Doğrulama ve Çözümleme Sistemi Geliştirilmesi"dir. Proje kapsamında, firma bünyesinde geliştirilecek dinamik yapıda tümlleşik görüntü doğrulama ve çözümleme sistemi ile lojistik depo operasyonlarındaki ürünlerin barkod bulunan etiketler ile daha yüksek doğrulukta izlenebilmesi ve etkin malzeme sevkiyatının Malzeme Akış

Yönetimi (MFS) ile öncelik durumlarına göre gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Proje kapsamında Türkiye'de ilk defa 192 adet GPU Core ve 2.13 GHz Quad Core işlemciye sahip "Akıllı Kamera" tasarlanacaktır. Akıllı kamera (embedded smart camera) tasarımıyla, görüntü işleme uygulamaları pahalı ve büyük bilgisayarlara aktarılmadan kamera üzerindeki yüksek işlemci gücüne sahip sistem üzerinde gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Bu sistem ile tek kamera üzerinde yüksek çözünürlüklü görüntü hızla işlenerek; hareket eden ve üründeki konumu değişken olan barkod ve kare kodlar okunabilecektir. Böylelikle, karmaşık depo

operasyonlarındaki hizmet kalitesini azaltıcı ve ürünün son tüketiciye ulaşmasında tedarik zinciri halkasını zayıflatan problemler çözülerek, kullanıcı hataları azaltılacak, daha hızlı veri girişi yapılması sağlanmasında hedeflenecektir. Endüstri 4.0 ile birlikte; görüntü işleme teknolojilerinin, otomasyon sistemlerinin ve robotik sistemlerin akıllı hale getirilmesi

noktasındaki önemi doğrultusunda daha az maliyet, iş gücü ve zaman ile depo operasyonlarında operasyonel mükemmellik sağlanabilecektir. Tasarlanacak güçlü ve modüler sistem ile ithal edilen sistemler firma bünyesinde geliştirilebilecek, Türkiye'nin uluslararası arenadaki rekabet gücü artırılacaktır.

Şekil 6: Görüntü İşleme Projesi Şeması



4.4. Projelerin Genel Özellik ve Çıktıları

Çalışma kapsamında incelenen lojistik şirketine geliştirilen projeler detaylı olarak incelendiğinde nesnelerin interneti, büyük veri ve görüntü işleme teknolojilerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 projelerinin lojistik sektöründe kullanımının başlıca

amaçları; maliyetlerin ve çevreye verilen zararların azaltılması, yeni iş modellerinin tasarlanması ve izlenebilirliğin artırılması olarak belirtilmiştir. Çalışmada projelerin paydaşları olarak yasa koyucu kamu otoritelerinden kobilere, tedarik zincirinin her aşamasındaki araçlara ve nihai tüketicilere kadar geniş kitlelerin projelere ortak olması gerekliliği ya da proje

çıktılarından yararlanacakları belirtilmiştir. Projelerden beklenen faydalar ise işletmelerin organizasyon yapıları dâhilinde değerlendirilmiş ve teknolojik ve işletme

boyutu olmak üzere iki ana grupta değerlendirilmiştir. Projelerin beklenen faydaları ve nihai çıktıları ile ilgili detaylı bilgi Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Projelerin Genel Özellikleri

No	7.1	7.2	7.3
Çıkış Noktası	Bilişsel Lojistik Operasyonları	Akıllı Lojistikte Süreç Modelleme	Görüntü Doğrulama ve Çözümleme Sistemi Geliştirme
Projenin Amacı	Maliyeti düşürmek ve emisyon azaltmak	Anlamsal geliştirilmiş iş modeli tasarlamak	Operasyonları daha yüksek doğrulukta izlemek ve etkin seviyatin önceliğe göre gerçekleştirmek
Uygulama Alanı	Multimodal Merkezler	Lojistik ve Tedarik Zinciri Operasyonları	Lojistik Depo Operasyonları
Paydaşlar	Lojistik Operatörleri, KOBİler, Kamu Otoriteleri, Toplum	Taahhütçüler, İleticiler, lojistik ve terminal operatörleri	Lojistik firmaları, tedarik zinciri paydaşları
Kullanılan Teknolojiler	- Nesnelerin İnterneti - Büyük Veri	- Büyük Veri - Nesnelerin İnterneti - Sensör Verileri	- Görüntü İşleme - Barkod Sistemi - Akıllı Otomasyon Sistemleri - Akıllı Robotik Sistemleri
Beklenen Fayda	Teknolojik Boyut - Paydaşların entegrasyonunu sağlayacak kesintisiz operasyonel altyapı kurulması - Duyarlı, öğrenebilen, iş birliği yapabilen, özerk CLO’ların birbirleri ile iletişim kurması	Teknolojik Boyut - Uydu-etkin takip teknolojisi ile yeniden tasarım - Rota konum güncellemesi - Yapay zekâ ve veri bilimi algoritması - Derin öğrenme	Teknolojik Boyut - Akıllı Kamera - Yüksek Çözünürlük - Daha hızlı veri girişi - Malzeme Akış Yönetimi (MFS)
	İşletme Boyutu - Lojistik iş modelleri oluşturması - Karmaşıklık ve çevreye verilen zararın azaltılması	İşletme Boyutu - Müşteri şikâyetlerinin azaltılması - Gelir kayıplarının azaltılması - Geç teslimatın önlenmesi - Yakıt tüketimini azaltmak - Sera gazı emilimini azaltmak - Çevre-koruma ve güvenlik	İşletme Boyutu - Düşük maliyet, daha az iş gücü ve zaman - Rekabet gücünün artırılması - Hizmet kalitesinin artırılması - Kullanıcı hatalarının azaltılması
Projenin Çıktısı	- Tedarik zincirinin optimize edilmesi - Müşteri hizmet kalitesinin optimize edilmesi - Gecikme maliyetlerinin azaltılması - Nakliye başına karbon ayak izinin azaltılması	Çoklu ortamlarda farklı kuruluşlara uygulanacak, semantik olarak yeniden üretilebilir bir çerçeve tasarımı	Tasarlanan güçlü ve modüler sistem ile ithal edilen sistemler firma bünyesinde geliştirilecek ve Türkiye’nin uluslararası rekabet gücü arttırılacaktır

5. SONUÇ

2011 yılında Alman hükümeti tarafından ortaya çıkarılan dördüncü sanayi devrimi kavramı gündeme geldiği ilk günden beri dikkatleri üzerine çekmekte ve son yıllarda geliştirilen teknolojiler ve robotik teknolojilerdeki gelişmeler; çeşitli ulusal ve uluslararası kongre ve konferanslar aracılığıyla popülerliğini hızla arttırmaktadır. Amacı; lojistik sektörünün endüstri 4.0 dönüşümünü, çalışmada söz edilen endüstri 4.0 bileşenleri dahilinde derinlemesine incelemek olan çalışmada, Türkiye’de lojistik 4.0 uygulamalarını aktif olarak kullanmakta olan bir lojistik şirketi ile derinlemesine görüşmeler yapılmış ve işletmenin lojistik 4.0 uygulamaları, işletmenin projeleri kapsamında detaylı olarak incelenmiştir.

Çalışmada; nesnelerin interneti, büyük veri, sensör/görüntü işleme ve otomasyon teknolojilerinin lojistik sektöründe ağırlıklı olarak kullanılan teknolojiler olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte çalışma kapsamında incelenen üç projede, dokuz endüstri 4.0’ teknolojisinin beşinin aktif olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Akıllı robotlar, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, nesnelerin interneti, büyük veri ve bunlarla bağlantılı olarak bulut bilişim teknolojileri incelenen lojistik firmasında aktif olarak kullanılan teknolojilerdir. Simülasyon, eklemeli üretim, artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik gibi teknolojilerin ise incelenen lojistik firması düzeyinde çalışmadığı tespit edilmiştir.

Endüstri 4.0 projelerinin lojistik sektöründe kullanımının başlıca amaçlarının; maliyetlerin ve çevreye verilen zararların azaltılması, yeni iş modellerinin tasarlanması ve izlenebilirliğin artırılması olarak belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada projelerin paydaşları olarak yasa koyucu kamu otoritelerinden Kobilere, tedarik zincirinin her aşamasındaki araçlara ve nihai tüketicilere kadar geniş kitlelerin projelere ortak olması gerekliliği ya da proje çıktılarında yararlanacakları belirtilmiştir. Bu çıktı Endüstri 4.0

projelerinin yeni bir vizyon geliştirilmesine ihtiyaç duyduğu ve sisteme dahil olan herkesin işbirliği içinde hareket etmesinin önemini ortaya koymuştur. Bunu mümkün kılmak için ise devlet destekli yatırımlara ek olarak nihai tüketicilerin farkındalığını arttıracak yeni düzenleme ve pazarlama araçlarına ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

İşletmelerin organizasyon yapıları dâhilinde bilimsel, teknolojik, çevresel ve işletme boyutu olmak üzere 4 ana grupta incelenen proje beklentilerinde, çevresel boyutta; sera gazı emilimi, yakıt tüketimi ve karbon ayak izini azaltmak başlıca beklentiler olarak tespit edilmiştir. Projelerin teknolojik beklentileri incelendiğinde; sistemler ve paydaşlar arası entegrasyonu sağlayacak altyapıların oluşturulması, daha yüksek çözünürlükteki akıllı kameralar ile uydutakip sistemlerinin verimli hale getirilmesi, akıllı robotların birbirleri ile iletişim kurmasının sağlanması beklenen başlıca faydalar olarak belirtilmiştir. İşletme boyutu özellikle daha verimli lojistik iş modelleri oluşturulması üzerine odaklanmıştır. Bunun yanında, müşteri şikâyetlerinin, maliyetlerin, iş gücünün ve birim işe harcanan zamanın azaltılması, hizmet kalitesinin ve rekabet gücünün artırılmasının da literatürde söz edilen Endüstri 4.0 hedeflerine paralel olarak incelenen lojistik firması tarafından hedeflendiği gözlenmiştir.

Projelerin nihai çıktıları, projelerden beklenen faydalar ile aynı doğrultuda oluşturulmuş ve endüstri 4.0 projelerinin başarılı olarak yapılandırılması sonucunda tedarik zincirinin ve müşteri hizmet kalitesinin optimize edileceği ve tasarlanan güçlü sistemler ile Türkiye’nin uluslararası rekabet gücünün artacağı öngörülmektedir.

Çalışmadaki en önemli kısıt sadece bir lojistik firmasının Endüstri 4.0 projelerinin incelenmiş olmasıdır. Lojistik sektörde görev alan farklı aktörler ve lojistik hizmetlerden yararlanan farklı paydaşlar açısından Endüstri 4.0 kavramı üzerine ve mevcut Endüstri 4.0 projelerinin

incelenerek farklı sorunların, eksikliklerin tespit edilmesinin ve eksikliklerin önem sırasının tespit edilerek çözüm önerilerinin geliştirilmesinin literatüre ve sektör uygulayıcılarına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın uygulama kısmında incelenen projeleri bizimle paylaşan EKOL Lojistik Ar-Ge Merkez Proje Ofisi'ne ve Sayın Ebru Al hanıma yardım ve desteklerinden ötürü teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. ACATECH (2013). "Industrie 4.0. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative", Final Report of the Industry 4.0 Working Group.
2. ADEYERİ, M. K., KHUMBULANI M., and OLUKOREDE T. A.,(2015). "Integration of Agent Technology into Manufacturing Enterprise: A Review and Platform for Industry 4.0." In 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 1–10. Dubai: IEEE
3. AYTAÇLI, B. (2012). "Durum Çalışmasına Ayrıntılı Bir Bakış", Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, Haziran 2012, 3 (1), 1-9
4. BANGEMANN, T., MATTHIAS R., MARIO T., AND CHRISTIAN D. (2016). "Integration of Classical Components into Industrial Cyber-Physical Systems", Proceedings of the IEEE 104 (5): 947–959.
5. BANGER, G. (2016). Endüstri 4.0. UMYO, Dorlion Yayıncılık, Ankara
6. BCG (THE BOSTON CONSULTING GROUP) (2015). "Industry 4.0: The Future Productivity and Growth in Manufacturing Industries", Nisan 2015.
7. BCG (THE BOSTON CONSULTING GROUP) (2016). "Winning the Industry 4.0 Race: How Ready are Danish Manufacturers?", Aralık, 2016.
8. BERNARDINI, L. D., (2015). "Industry 4.0 or Industrial Internet of Things: What's Your Preference?" <https://www.automationworld.com/industry-40-or-industrial-internet-things-whats-your-preference>, 06.03.2018.
9. BUNGARTZ, H.J., ZIMMER, S., BUCHHOLZ, M., PFLÜGER, D. (2014). "Modeling and Simulation: An Application-Oriented Introduction", Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2014.
10. CHEN, T. VE TSAI, H. (2017). "Ubiquitous Manufacturing: Current Practices, Challenges, and Opportunities" Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 45 (June): 126–132.
11. CRO (2015). "The Smart Factory – Risk Management Perspectives", Aralık 2015.
12. DAVUTOĞLU, N. A., AKGÜL, B. VE YILDIZ, E. (2017). "İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak", Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 52: 544-567.
13. DELOITTE (2014). "Industry 4.0. Challenges and Solutions for The Digital Transformation and Use of Exponential Technologies", <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf> , 25/07/2018.
14. EBSO (2015). Ege Bölgesi Sanayi Odası, "Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek", Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi, Ekim 2015. <http://www.inovasyon.org/pdf/EBSO.S>

- anayi-4.0_Raporu.Ekim.2015.pdf,
Erişim Tarihi:13.11.2016.
15. ELDEM, M. O. (2017). “Endüstri 4.0”,TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2017/3
 16. EPRS (2015). “Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth. European Parliament Research Service”. Briefing, September, 2015.
 17. EVANS, C., (2017). “How to achieve Industry 4.0 goals?”,<https://www.medicalplasticsnews.com/news/how-to-achieve-industry-4-0-goals/>, 07.03.2018.
 18. EVANS, P. C., AND ANNUNZIATA, M. (2012). “Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines”, Boston, MA: General Electric.
 19. FESTO (2018). “The fundamentals of Industry 4.0:Its drivers, goals and core elements”,
http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/festo_the_fundamentals_of_industry_4.0_its_drivers,goals_and_core_elements_one_day_seminar_1.pdf, 07.03.2018.
 20. FIRAT, S. Ü. VE FIRAT, O. Z. (2017). “Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”. Toprak İşveren Dergisi, 114.:10-23
 21. GILCHRIST, A. (2016). “Industry 4.0 – The Industrial Internet of Things”, Bangken, Nounthabri, Thailand.
 22. GÖTZ, M. VE JANKOWSKA, B. (2017). “Clusters and Industry 4.0–do they fit together?”, European Planning Studies, 25(9), 1633-1653.
 23. ICV (INTERNATIONAL CONTROLLER ASSOCIATION) (2015). “Industrie 4.0 Controlling in the Age of Intelligent Networks: Dream Car of the Dream Factory of the ICV 2015”.
 24. JANAK, L., AND ZDENEK H. (2015). Machine Tool Health and Usage Monitoring System: An Initial Analyses”, MM Science Journal 2015 (4): 794–798.
 25. KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. AND HELBIG, J. (2013). “Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations For Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0”, Frankfurt/Main 2013.
 26. KPMG (2015). “Sanayi 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi. Yarının Fabrikaları Neye Benziyor?”, Kasım 2015
 27. LANDRISCINA, F. (2013). “Simulation and Learning A Model-Centered Approach”, Springer-Verlag New York, 2013.
 28. LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H. G., FELD, T., & HOFFMANN, M. (2014). “Industry 4.0”, Business & Information Systems Engineering, 6(4), 239-242.
 29. LEITAO, P., JOSE B., MARIA-ELEFThERIA CH. PAPAPOPOULOU, AND IAKOVOS S. VENIERIS. (2015). “Standardization in Cyber-Physical Systems: The ARUM Case.” In 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2988–2993. Seville: IEEE.
 30. LEYMUN, Ş. O., ODABAŞI, H. F., YURDAKUL, I. K., OZAN LEYLUM, Ş., ODABAŞI, H. F., & KABAĞÇI YURDAKUL, I. (2017). “Eğitim Ortamlarında Durum Çalışmasının Önemi”, Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 5(3), 367-385.
 31. LI, X., DI L., JIAFU W., ATHANASIOS V. V., CHIN-FENG L., AND SHIYONG W. (2015). “A Review of Industrial Wireless Networks in the Context of Industry 4.0”, Wireless Networks, 1–19.
 32. LIAO, Y. X., DESCHAMPS, F., LOURES, E. D. R., & RAMOS, L. F. P. (2017). “Past, Present And Future Of Industry 4.0-A Systematic Literature Review And Research Agenda

- Proposal”, *International Journal of Production Research*, 55 (12): 3609-3629.
33. LUO, W. (2014). “Germany Industrial 4.0 Strategic Enlightenment to China’s Industrial Transformation”, *Fiber Reinforced Plastics/Composites*, 125-128.
34. MAYNARD, A. D. (2015). “Navigating the Fourth Industrial Revolution”, *Nature Nanotechnology* 10 (12): 1005–1006.
35. MCKINSEY (2015). “Industry 4.0 How to Navigate Digitization of The Manufacturing Sector”, *McKinsey Digital*
36. MIAO, X. (2014). “Industry 4.0: New Industrial Revolution Andupgrading of Industrial Automation”, *Automation In Petro-Chemical Industry*, 1-5.
37. MITSUBISHI ELECTRIC (2016). “Industry 4.0 Solutions Centre Stage for Mitsubishi Electric During SPS IPC Drives 2016”, *Mitsubishi Electric: Changes for the Better*. Nuremberg, Germany.
38. ÖZEL, M. A., (2016). “Endüstri 4.0 Nedir?”, <https://www.muhendisbeyinler.net/endustri-4-0-nedir/>, 06.03.2018.
39. PROSOFT (2016). “Crafting the Future: A Roadmap For Industry 4.0 In Mexico”, *Meksika*, Nisan, 2016.
40. PWC (PRICEWATERHOUSECOOPERS) (2014). “Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet”, 2014: 52.
41. PWC (PRICEWATERHOUSECOOPERS) (2016). “Industry 4.0: Building the Digital Industrial Enterprise”, 2016 *Middle East Industry 4.0 Survey*.
42. RENNUNG, F., CAIUS T. L., AND ANCA D. (2016). “Service Provision in the Framework of Industry 4.0”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 221: 372–377.
43. SCHMIDT, N., ARNDT L., RONALD, D. R., MATTHIAS F., AND JAN V. (2015). “Characterizing Integration Approaches: Identifying Integration Approach Candidates for Use in Industrie 4.0.” In 2015 IEEE 13th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 527–532. Cambridge: IEEE.
44. SELEK, A., (2018). “Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk”, <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, 04.03.2018.
45. SEYIDOĞLU, H. (1995). *Bilimsel Araştırma ve Yazma El Kitabı*, Güzem Yayınları, İstanbul. ISBN: 975-7516-09-0.
46. SHAFIQ, SI, SANIN, C., SZCZERBICKI, E. VE TORO, C. (2015). “Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: a Specialized Form of Cyber Physical System for Industrie 4.0”, *Procedia Computer Science* 60: 1146-1155.
47. SIEMENS, AG. (2015). “Endüstri 4.0 Yolunda”, Siemens.com.tr/dijitalfabrikalar
48. SMIT., J., KREUTZER, S., MOELLER, C.VE CARLBERG, M. (2016). “Industry 4.0,” *Industry 4.0 Analytical Study*. European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE)[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/I_POL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/I_POL_STU(2016)570007_EN.pdf),.04.04.2018.
49. SOMMER, L. (2015). “Industrial Revolution—Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of This Revolution?” *Journal of Industrial Engineering and Management* 8 (5): 1512–1532.
50. STOCK, T VE SELIGER, G. (2016). “Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0”, 13th *Global Conference on Sustainable*

- Manufacturing – Decoupling Growth from Resource Use. Security and Sustainability Issues 5 (2): 241–247.
51. TAHA, E., TOKUR, İ., VE AKAR, H. (2017). “Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği”, Lojistik Sektör Raporu, MUSIAD (Müstakil Sanayici Ve İşadamları Derneği). Kasım 2017, İstanbul.
 52. THOBEN, K., JENS P., STEFAN W., MICHAEL T., AND DIRK W. (2014). “Considerations on a Lifecycle Model for Cyber-Physical System Platforms.” In *Advances in Production Management Systems: Innovative and Knowledge- Based Production Management in a Global-Local World*, edited by Bernard Grabot, Bruno Vallespir, Samuel Gomes, Abdelaziz Bouras, and Dimitris Kiritsis, 85–92. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
 53. TRAPPEY A.J.C., TRAPPEY C. V., GOVINDARAJAN U. H., CHUANG A. C., SUN J. J. (2016). “A Review of Essential Standards and Patent Landscapes for the Internet of Things: A Key Enabler for Industry 4.0”, *Advanced Engineering Informatics*, Article in Press, 2016.
 54. TUSIAD (2016). “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte olan Ekonomi Perspektifi”, Mart, 2016.
 55. VURAL, R. A. VE CENKSEVEN, F. (2005). “Eğitim Araştırmalarında Örnek Olay (Vaka) Çalışmaları: Tanımı, Türleri, Aşamaları Ve Raporlaştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Burdur Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(10), 126-139.
 56. WAHL, M. (2015). “Strategic Factor Analysis for Industry 4.0.”, *Journal of*
 57. WANG, S., WAN, J., LI, D. VE ZHANG, C. (2016). “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, Hindawi Publishing Corporation – *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
 58. WEHLE, H. (2016). “Augmented Reality and the Internet of Things (IoT) / Industry 4.0”, <https://www.researchgate.net/publication/288642701>, 27.03.2018.
 59. WWW.I-SCOOP.EU (2018). <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>, *Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0*, 07.03.2018.
 60. YILMAZ, E. (2016). “Endüstri 4.0 Nedir? Amacı ,Pozitif Yönleri ve Faydaları ve Zararları”, <http://korkmazhaber.com/endustri-4-0-nedir-amaci-pozitif-yonleri-faydalari-ve-zararlari-8906.htm>, 06.03.2018.
 61. YIN, R. K. (2003). *Case Study Research Design and Methods* (3. Baskı). London: Sage Publications.
 62. ZHAN, Z., XIAO F. L., YUE J. G., JUN Z., HENRY S. H. C., AND YUN L. (2015). “Cloud Computing Resource Scheduling and a Survey of Its Evolutionary Approaches”, *ACM Computing Surveys* 47 (4): 1–33.
 63. ZHOU, K., LIU, T. VE ZHOU, L. (2015). “Industry 4.0: Towards Future Industrial - Opportunities and Challenges”, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD).