

# Endüstri 4.0'ın İş Süreçleri Yönetimine Etkisi: Akıllı Depolama Sistemi Uygulaması

*Impact of Industry 4.0 on Business Process Management: Smart Storage System Application*

**Emre BİLGİN SARI**

*Dr. Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF,  
İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama A.B.D.,  
emre.bilgin@deu.edu.tr  
<https://orcid.org/0000-0001-5110-1918>*

Makale Başvuru Tarihi: 25.07.2019

Makale Kabul Tarihi: 25.09.2019

Makale Türü: Araştırma Makalesi

**Onur ÖZVERİ**

*Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İİBF,  
İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler A.B.D.,  
onur.ozveri@deu.edu.tr  
<https://orcid.org/0000-0001-9203-9179>*

**Umut Ekrem ŞENYAY**

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi,  
SBE, İşletme Yönetimi A.B.D.,  
ekremsenyay@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-8722-1046>*

## **Anahtar Kelimeler:**

*İş Süreç Yönetimi,  
Nesnelerin  
İnterneti,  
Akıllı Sistemler,  
Akıllı Depolama,  
Endüstri 4.0,*

## **ÖZET**

*Endüstri 4.0 hayatın her alanında yarattığı etki ile bir devrim olarak kabul edilmektedir. Bu devrim işletmeler üzerinde pek çok konuda ve süreçte kendisine uygulama alanı bulmaktadır. İş süreçleri yönetimi (BPM) de işletmeler içinde yapılan işlerin bir sistematik dahilinde sürdürülmesini amaçlayan yaygın bir ilkedir. Endüstri 4.0 diğer pek çok alanda olduğu gibi BPM üzerinde de bazı etkileri bulunmaktadır. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın BPM üzerindeki etkilerinin ortaya çıkarılması amacıyla geleneksel bir depolama sürecinin yerine akıllı depolama sistemi kurulması ile dijital bir çalışma alanı yaratılması konusu ele alınmaktadır. Çalışmanın uygulama çıktıları bölümünde akıllı depolama sisteminin sağladığı katkılar paylaşılmaktadır. Çalışmanın sonucu olarak akıllı depolama sisteminin işletmeye sağladığı yönetsel katkılar ve maliyet etkinliği sunulmaktadır.*

## **Keywords:**

*BPM,  
IoT,  
Smart Systems,  
Automated Storage  
and Retrieval  
System,  
Industry 4.0,*

## **ABSTRACT**

*Industry 4.0 is recognized as a revolution with its impact on all aspects of life. This revolution has found its application in the operational process. Business Process Management (BPM) is a common principle that aims to carry out the work done within the enterprises in a systematic way. Industry 4.0 has some impacts on BPM as in many other areas. This study focuses on the creation of a digital workspace by establishing a smart storage system instead of a traditional storage process in order to reveal the effects of Industry 4.0 on BPM. The contributions of smart storage system are shared in the application outputs section of the study. As a result of this study, managerial contributions and cost effectiveness of smart storage system are presented.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler inovasyon odaklı, maliyetleri düşüren, müşteri ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vererek optimum çözümler sunan akıllı sistemler ile yeni bir paradigmaya geçmektedir. Endüstri 4.0 olarak isimlendirilen ve bir devrim niteliğinde olan bu dönüşüm kaynağı, iş modelleri üzerinde yarattığı etki ile pek çok yönetim kavramının yeniden ele alınmasına neden olacak gelişmeleri içinde barındırmaktadır. Daha verimli ve üretken sistemlere ulaşmayı hedefleyen Endüstri 4.0 çalışmaları, bu amaç ile çeşitli teknolojilerin bir arada kullanılmasına öncülük etmektedir (Lu, 2017:1; Rüßmann vd., 2015:1). Teknoloji yoğun iş modelleri ile farkını ortaya koyan bu yenedünya trendi, Dünya'nın önde gelen sanayi uluslarının birçoğunu gelişmiş üretim yöntemlerini kullanarak yenilikçilik ve tasarım geliştirmeye yönelik girişimlere yatırım yapmaya zorlamaktadır. Bu yatırımın büyük bir kısmı, Endüstri 4.0 gibi akıllı fabrikaların ve akıllı üretimin norm olduğu bir geleceği başarmaya çalışan vizyonlar tarafından yönlendirilmektedir (Thames ve Schaefer, 2016:12).

Endüstri 4.0'ın literatürde kabul görmüş pek çok tanımı bulunmaktadır. “*Karmaşık fiziksel makine ve cihazların, daha iyi iş ve toplumsal sonuçlar için öngörü, kontrol ve plan yapmak için kullanılan ağa bağlı algılayıcılar ve yazılımlarla bütünleştirilmesi*”, “*ürünlerin yaşam döngüsü boyunca yeni bir değer zinciri organizasyonu ve yönetimi*”, “*değer zinciri organizasyonu için teknolojiler ve kavramlar için ortak bir terim*” tanımları ise bu çalışma kapsamında bahsedilecek durumlara en açıklayıcı başlıkları içermektedir (Hermann vd., 2016:3933; Shafiq vd., 2015:1147-1148). Endüstri 4.0, internetin sağlamış olduğu bağlantı gücünün etkisi ile iş süreçlerine “akıllı” katan bir endüstrinin var oluşunu temsil etmektedir. Endüstri 4.0'ın amacı, insandan arındırılmış bir işletme sistemi yaratmak değildir. Tam tersine, işletmelerde insanfaktörünü daha çok kontrol ve yönetim alanına odaklı tutarak, işletmelerin kas ve işletim gücünün robotlara bırakılmasının sağlanmak istenmesidir. Yine karar verme mekanizmalarında yapay zekâ sistemlerinin kullanılması da otomasyon alt yapılı sistemlerin deneysel hareketler ile öğrenen yapılara dönüşmelerini sağlamaktadır (Wan vd., 2015:135-136). Endüstri 4.0, bir devrim şeklinde yarattığı tüm bu endüstriyel gelişmeler ile itici bir güç olarak, geleneksel sanayi üretim yöntemlerini değiştirmekte ve gelecekteki üretime rehberlik etmektedir (Zhou vd., 2015:2147).

İş Süreçleri Yönetimi (Business Process Management / BPM) de, yeni iş modellerinin kurulmasında sunduğu bütüncül bakış açısıyla, Endüstri 4.0 başlığı ile birlikte çalışılması gereken konulardan birisidir. BPM işletmelerin, pazarın ve müşterilerinin sürekli değişen gereksinimlerine daha hızlı organizasyonel adaptasyon sağlayabilmeleri için kullanılmaktadır. Ayrıca BPM, kurumsal stratejilerin geliştirilmesi ile sürekli iyileştirmeyi olanaklı kılarak, işletmelerin değer yaratan tamamlayıcı iş süreçlerine odaklanmalarını sağlamaktadır (Neubauer, 2009:167). BPM'in, işletmelerin bir düzen ve sistematik içerisinde çalışmalarını sağlamakla beraber onları ileriye götüren ve aynı zamanda değerini arttırdığı bu yapı, Endüstri 4.0 ile ortak paydasıdır.

Akıllı iş süreçlerinin yönetimi, Endüstri 4.0'ın üç ana hattı bir araya getirmesi ile gerçekleşmektedir. Ağ nesneleri-insanlar ve sistemler; Nesnelerin İnterneti, Hizmetlerin İnterneti ve İnsanların İnterneti olarak birbirine entegre bir hale gelmektedir. Bu bütünleşmedeki en uygun kombinasyon, akıllı fabrika, iş ve sosyal platformlar aracılığıyla en iyi prensipleri birleştirmekte ve akıllı iş süreçleri yönetimi oluşmaktadır. Akıllı iş süreçleri yönetimi, etkin ve gerçek zamanlı veri alışverişi sayesinde, güvenlik ve güvenilirliği ön planda tutan iş süreçlerinin başlatma, planlama, çizelgeleme ve gerçekleştirilmenin doğru işlevselliğini garanti etmektedir (Chromjakova, 2017:11).

Literatürde akıllı iş süreçleri yönetimi ve Endüstri 4.0'ı bir arada konu alan çalışmalar, kalite, maliyet ve performans etkenleri üzerinde durmaktadır. Hitpass (2019:3) çalışmasında Endüstri 4.0'ın iş süreçleri ve e-ticaret kavramlarına yeni bir eğilim yönünde etki edeceğinden bahsetmektedir. Endüstri 4.0 ile merkezi olmayan ve daha fazla karar alma özerkliğine sahip süreçler yaratılmakta, e-ticaret entegrasyonunun iş süreçlerine etkisi ise işlemlerin daha etkin ve kontrollü yapılmasını sağlaması olarak açıklanmaktadır. Kullanılan akıllı iş süreçlerinin yönetiminin, çevreyle uyumlu lojistik organizasyon sağlaması, kalite ve performans iyileşmesi ve gelişimini mümkün kılması beklenmektedir. Schoenthaler vd. (2015:7) Endüstri 4.0 teknolojileri ile iş süreçlerinin temelini oluşturan farklı bileşenler arasında yer alan iletişim ve performans ilişkileri tanımlanmaktadır. IoT fonksiyonları ile bir internet servisi aracılığıyla düşük maliyetli bir şekilde dağıtılan bulut bilişim hizmetleri Endüstri 4.0'ın çözümlerini karakterize ettiği ve sürdürülebilir rekabet avantajları sağlayarak, iş süreçleri yönetimine dijital destek olduğu açıklanmaktadır.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 uygulamalarının iş süreçleri yönetimine etkisi üzerine inceleme yapılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle Endüstri 4.0 ve içerdiği başlıklar, İş Süreçleri Yönetimi konusu, ortaya çıkışı ve zaman içinde teknoloji ile yeni trendler karşısında yaşanan değişimler ve akıllı iş süreçleri

yönetimi açıklanmıştır. Ardından çalışmanın uygulama bölümünde, geleneksel depolama sistemini akıllı depolama sistemine dönüştüren bir işletmenin Endüstri 4.0 teknolojileri ile iş süreçleri yönetiminde yaşadığı değişimin verimlilik, işgücü, maliyet parametreler kullanılarak karşılaştırılması yapılmıştır.

## 2. İŞ SÜREÇLERİ YÖNETİMİ (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT / BPM)

İş Süreçleri Yönetimi (BPM), iş süreci yeniden yapılanması, iş süreci inovasyonu, iş süreçleri modellemesi ve iş süreçleri otomasyonu gibi bir dizi yaklaşımda önerilen hedefleri, sistemleri, yöntem ve araçları bir arada ele alan bütüncül bir kavramdır. İş süreçlerinin analizi bir örgütün köklerine inilmesine olanak sağladığından, BPM çağdaş yönetim yaklaşımlarından biri olarak kabul edilmektedir (Rosemann ve Bruin, 2005:3). BPM, başlangıçta bilişim sistemleri başlığı altında çalışılmış, 1980'lerin sonlarından bu yana ise uygulamada yoğun olarak tartışılan bir konu olmuştur. Daha önceki çalışmalar ile süreç oryantasyonu fikri tartışılmış olsa da (Nordsieck, 1934), 1990'ların başından itibaren, Davenport ve Short (1990), Hammer ve Champy (1993) ve Scheer (1994)'ün katkıları ve sunulan kavramların pratik uygulaması konu üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Yapılan yönetim araştırmaları, BPM'nin geçici bir yönetim modası olmadığını ortaya çıkarmış ve araştırmacılar BPM'nin belirli bir olgunluğa erişmesini sağlayan çok sayıda teorik ve ampirik çalışma yaparak konuya katkı sağlamışlardır (Houy vd., 2010:619).

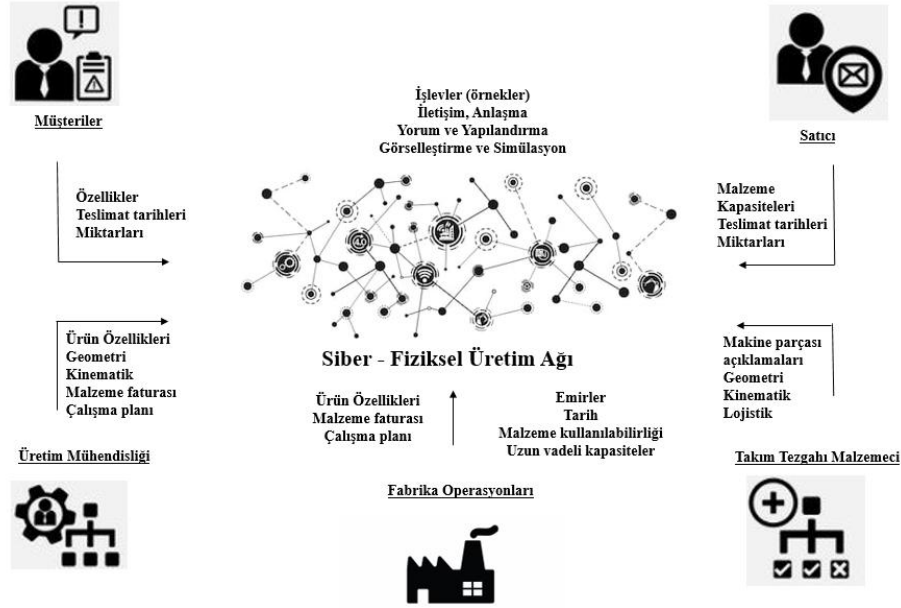
BPM, iş süreçlerini stratejik hedefler ve müşterilerin ihtiyaçları ile uyumlu hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Elzinga vd. (1995:119) BPM'i "*ürün ve hizmet kalitesini iyileştirmek amacıyla süreçleri analiz etmek, geliştirmek, kontrol etmek ve yönetmek için sistematik ve yapılandırılmış bir yaklaşım*" olarak tanımlamaktadır. Zairi (1997:64) ise BPM'i "*bir işletmenin faaliyetlerinin imalat, pazarlama, iletişim ve diğer kilit unsurları gibi önemli etkinlikleri analiz etmek ve sürekli olarak geliştirmek için yapılandırılmış bir yaklaşım*" olarak açıklamaktadır. Bu tanımlar ile BPM bir iş yönetim modeli olarak ele alınmakta ve işletme hedeflerine göre yapılandırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hedefleri arasında rekabet üstünlüğünü sürdürmek olan ve dolayısıyla hızla artan küresel rekabet karşısında, sürekli olarak en iyi uygulama yönetimi ilkelerini, stratejilerini ve teknolojilerini uygulamak zorunda olan işletmeler için BPM başarılı bir uygulama yönetimi ilkesidir (Kilman, 1995:178).

## 3. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0, birçok modern otomasyon sistemini, veri alışverişini ve üretim teknolojilerini içeren kolektif bir terimdir ve dünyanın içinde bulunduğu hızla gelişen dijital dönüşümü temsil etmektedir. Teknolojide yaşanan bu dijital dönüşüm mevcut iş modellerini de etkilediğinden, bu değişikliğe Dördüncü Sanayi Devrimi adı verilmiştir (Bilgin Sarı, 2018:2). Buhar gücüyle başlayan ve ilerleyen dönemlerde elektrik gücüyle evrilen mekanik sistem kurulumları, makineleşme ve bilgi çağının kazandırdığı bilgi teknolojilerinin birbirleriyle olan entegrasyonu sonucu Endüstri 4.0'ı oluşturmuş ve 21. yüzyıl endüstri işletmelerinin odak noktası haline gelmiştir.

Endüstri 4.0'ın ana eğilimleri Mosterman ve Zander (2016) tarafından; Nesnelerin İnterneti (Internet of Things / IoT), Makine Teknolojileri ve Siber-Fiziksel Sistemler (Cyber-Physical System / CPS) olarak tanımlanmaktadır. Özellikle, üretim ortamında CPS'nin araştırma modelleri ve uygulamaları, literatürde sıkça tartışılmaktadır (Lee, 2008; Lee vd., 2015). CPS, insanlar, makineler ve ürünler arasındaki iletişimi mümkün kılmaktadır. Bu sistemler verileri edinebildikleri ve işleyebildikleri için, belirli görevleri kendileri kontrol edebilir ve arayüzler aracılığıyla insanlarla etkileşime girebilirler. Ayrıca, akıllı üretim ortamında, akıllı ve özelleştirilmiş ürünler, üretim süreci ve tüketici uygulaması bilgisini içermekte ve tedarik zincirinde bağımsız olarak yol alabilmektedir (Brettel vd., 2014:38). Şekil 1 ile CPS'nin iş süreçleri iletişiminde aldığı rol gösterilmektedir (Geisberger ve Broy, 2012:56).

Şekil 1. Siber – Fiziksel Üretim Ağı Diyagramı



Kaynak: Geisberger ve Broy, 2012:56.

IoT ise Endüstri 4.0'daki bir diğer önemli başlıktır. İnsan kontrolündeki fiziksel nesnelerin birbirine bağlanması daha açık bir ifadeyle, sensörler, aktüatörler (bir sistemi kontrol eden veya hareket ettirmesine yarayan bir tür motor) ve internete bağlanma araçları ile donatılması anlamına gelmektedir (Dijkman vd., 2015:672). IoT, Endüstri 4.0'dan daha eski bir kavram olmasına rağmen yeni sanayi devrimiyle daha fazla gündeme gelerek uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. Yeni pazar gereksinimleri de işletmeleri IoT gibi otonom teknolojileri kullanarak akıllı sistemler kurmaya doğru yönlendirmektedir. IoT ile fiziksel nesnelere iş süreçlerine aktif olarak katılmakta ve bilgi ağına sorunsuz bir şekilde entegre olmaktadır. Otomasyon teknolojileri, hem geleneksel hem de yenilikçi işletmeler tarafından, idari ve üretim süreçlerinin kalitesini ve verimliliğini arttırmak, e-ticaret işlemlerini yönetmek ve hızlı ve güvenilir bir şekilde teslim etmek üzere hizmetleri kullanmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Grigori vd., 2004:321).

#### 4. ENDÜSTRİ 4.0 VE AKILLI İŞ SÜREÇLERİ YÖNETİMİ

Akıllı iş süreçleri üzerine literatürde yapılan çalışmalar bu konunun bütünsel yönünü açıklamak için incelendiğinde, IoT teknolojisinin süreç yönetiminin etkinliğini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Heil vd. (2007), IoT'nin bağlama niteliğine vurgu yapmaktadır. IoT bağlamı, sensörler tarafından ilgili nesnelere, ilgisiz nesnelere ve ilgili nesnelere arasındaki ilişkiyi okumasına göre değişmektedir. Ayrıca IoT geleceğin interneti olarak da değerlendirilmekte ve kendi kendini yapılandırabilen, kimliği ve akıllı olan fiziksel ve sanal şeylerin bir bütün olduğu bir ağ olarak tanımlanmaktadır (Vermesan vd., 2009:10). Michael vd. (2010), IoT için fiziksel cisimlerin içine yerleştirilmiş sensör ve aktüatörlerin kablolu veya kablosuz olarak internete bağlanması ifadesini kullanmaktadır. Atzori vd. (2010), nesnelere ve internete üçüncü bir boyut daha ekleyerek, IoT'yi, nesnelere, internet ve semantik boyutlarının kesişim alanı olarak tanımlamaktadır. Ning ve Hu (2012) IoT ile akıllanma ve bilgi gelişimi döneminin başladığını ve IoT'nin kullanım alanının yaygınlığından bahsetmektedir. Leary (2013) çalışmasında ise, IoT, büyük veri ve sembollerin interneti kavramlarının gelişimi ile bu kavramlar arasındaki ilişkiyi araştırmakta, sensörlere dayalı bilgi ile insan kaynaklı bilginin entegre edilmesinin daha değerli bir bilgi sağladığı yönünde sonuçlara ulaşmaktadır.

IoT fiziki bir varlığı olan nesnelere başka nesnelere ve başka veri ağlarıyla bağlantılı olduğu bir iletişim şebekesidir. IoT yardımı ile büyük işletmeler müşterilerinin tüketim alışkanlıklarını faydalanarak izleme imkânına dahi sahiptir. Bu sayede internet, büyük veri ve teknolojiye takip edilerek öngörülen satış stratejilerine göre satın alma olasılığı göreceli olarak daha yüksek olan ürünlerin pazarlamasını yönetmekte ve iş süreçlerine yansımalarını takip edebilmektedir.

Armistead ve Machin, (1997), işletmelerin süreçlerini yönetme konusunda BPM'i kılavuz almaları konusunda itici faktörleri; küreselleşme, değişen teknoloji, yasal düzenlemeler, paydaşların tutumu ve iş sınırlarında yaşanan değişimler olarak açıklamaktadır (Lee ve Dale, 1998:214-215). Günümüz koşulları altında, hem rekabet

üstünlüğü elde edebilmek hem de yaşanan değişimlere uyum sağlayabilmek için dijital teknolojilerden yararlanmaktadır. Yeni çağda, dijital teknolojiler hâlihazırda mevcut iş uygulamalarını değiştirmekte ve işletmelerini iş süreçlerini yeniden ele almaya zorlamaktadır (Matt vd., 2015:339). Jesus ve Rosemann (2017), BPM'in geleceği ile ilgili çalışmalarında endüstri çağı ve dijital çağ karşılaştırmışlardır. Tablo 1'de bu yeni başlık açıklanmaktadır.

**Tablo 1.** Endüstri Çağı ve Dijital Çağ'da BPM

İş Süreçleri Yönetimi	
Endüstri Çağı	Dijital Çağ
İş süreçleri	Müşteri süreçleri
Seri üretilen süreç	Kitlesel birleştirilmiş süreç
Tek kaynaklı ( insan veya makine )	Melez kaynak
Sorun odaklı iş süreçleri	Fırsat odaklı iş süreçleri
İşlem süresi	İşlem gecikmesi
Kurumsal fikirli iş süreçleri yönetimi	Girişimci fikirli iş süreç tasarımı
Kar kaynaklı iş süreçleri	Amaç odaklı iş süreçleri

Kaynak: Jesus ve Rosemann, 2017:4.

Jesus ve Rosemann (2017), çalışmalarında, BPM'in endüstri çağından dijital çağa geçişte önemli değişiklikler ile karşı karşıya olduğunu vurgulamaktadır. Birinci maddede; iş süreçleri anlayışı, endüstri çağı temelli işletmelerin ekonomik yapısının dijital olarak güçlendirilmiş bir müşteri odaklı ekonomiye geçerken bir dönüşüm yaşadığı açıklanmaktadır. Bu durum iş süreçlerinden müşteri süreçlerine doğru geçiş olarak tanımlanabilir. Müşteri süreçleri örgütsel sınırlara bağlı olmayacağından geleneksel bakış açısını genişletecektir. İkinci madde ise çoğu geleneksel süreç tanımı ile yığın üretim gibi önceden tanımlanmış faaliyetlerin net bir şekilde yürütülmesi açıklanmaktadır. Bu noktada kurallar ve prosedürler en nihayetinde öngörülebilirliğe dayalıdır. Dijital çağda ise, bu yapının kişiselleştirilmiş kitlesel süreçlere dönüşeceği düşünülmektedir. Üçüncü olarak ele alınan konu ise bazı iş süreçlerinin, dijital okuryazarlığı yüksek seviyede olan yetkilendirilmiş insanlar tarafından yönetileceğine yöneliktir. Birçok iş sürecinin ise otomasyona dayalı olarak robotik algoritmalar tarafından, insan müdahalesinden bağımsız şekilde yürütüleceği yönündedir. Bu durum, insanlar, makineler ve nesnelere bir arada olarak bir tür hibrit kaynak oluşumuna neden olacaktır. Dördüncü madde ise, dijital teknolojilerin sunduğu faydalardan yararlanmak amacıyla, BPM'in problem çözücü yaklaşımdan ziyade fırsat odaklı bir bakış ile ele alınması olarak açıklanmaktadır. Beşinci maddede işlem süresi ele alınmaktadır. Burada; işlemler özel bilgilerini ve dijital kimliklerini güvenilen ve korunan kanallar aracılığıyla paylaşan müşterilerin iş süreçlerinin hızlı bir şekilde görülmesinin rekabet avantajına dönüştürülebileceği üzerinde durulmaktadır. Altıncı olarak, iş süreçleri yapısının kurumsallıktan ziyade, girişimciliğe yönelik olacağı yönünde bir anlayıştan bahsedilmektedir. Son olarak ise, daha geniş anlamda, yeni iş gücünün farklı iş deneyimleri aradığı yeni bir dünya ile karşı karşıya olunan durumda, kar odaklı işletme anlayışı yerine amaç odaklı iş anlayışı savunulmaktadır.

Diğer taraftan pek çok işletme ortaya çıkan dijital teknolojiler hakkında bilgi sahibi olmadıkları gibi, iş süreçlerini geliştirmek için hangi teknolojilerin benimsenmesi gerektiğini belirlemede de eksik kalmaktadır (Hbras, 2015:46). Bu nedenle uygulama çalışmaları yapılmasına olanak sağlanması ve iş süreçlerini geliştirmek için kullanılan yöntemlerin açıklandığı araştırmaların yayınlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada yapılan uygulama çalışması ile bu ihtiyaç karşılanmaktadır. Depolama süreçlerinin yeniden ele alındığı ve akıllı depolama sisteminin kurulduğu bir vaka çalışması detaylandırılmaktadır.

## 5. DEPOLAMA SÜREÇLERİNİN DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜ UYGULAMASI

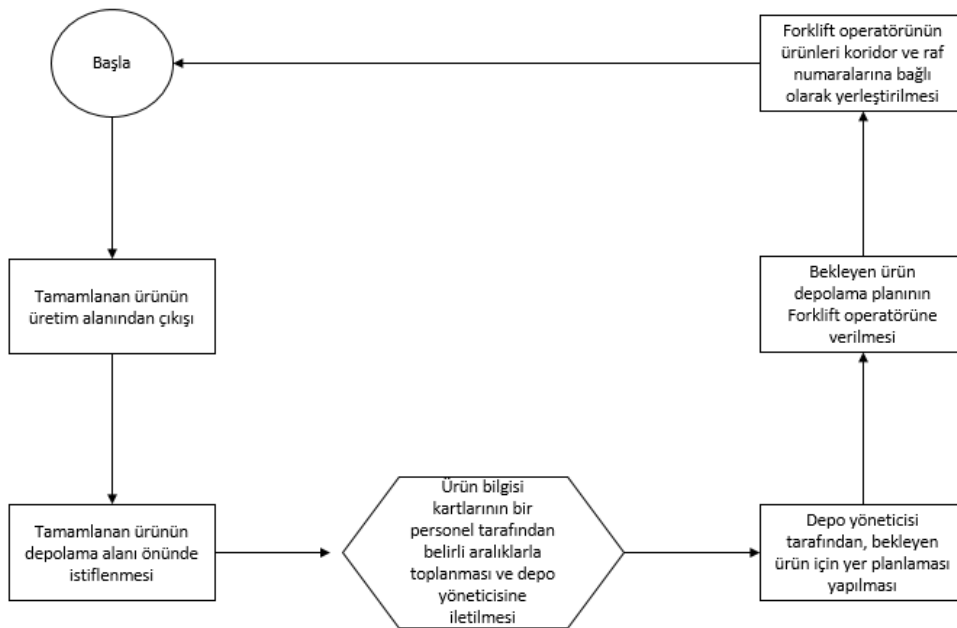
Ürünlerin depo raflarına yerleştirilmesi ve alınmasında, insan gücünden ya da insan operatör kontrolünden faydalanılmaktadır. Ancak insan faktörü, ürün zedelenmesi, yanlış ürün sevkiyatı, ürünlerin depoda raf ömürlerini tamamlaması, zaman kaybı gibi birçok hataya sebep olmaktadır. Bu durumda depolama süreçlerinin yeniden ele alınarak Endüstri 4.0 uygulamaları ile desteklenen Akıllı Depolama Sistemi (ADS) kurulması gerekmektedir. Uygulamada ele alınan ADS ile depo alanının daha verimli kullanılması, depolama ve boşaltma zamanının kısaltılması, hatasız ürün sevkiyatı, ürünlerin zarar görmemesi, stok durumunun ve depo hareketlerinin uzaktan izlenebilmesi, düşük işletme maliyeti, muhasebe sistemine entegre edilebilmesi, iş güvenliği ve depreme karşı mukavemet gibi avantajlar elde edilmektedir.

ADS yardımı ile raf konstrüksiyonun paletlenmiş ürünleri ilgili raf adreslerine taşınması ve bu adreslerden geri alacak olan robotun kontrolü sağlanmış olmaktadır. ADS uygulamasının amacı;

- Üretim, depolama ve lojistik arasındaki bağı en etkin şekilde kullanmak
- Düşük işçilik maliyetiyle depolama boşaltma sürecini yönetmek
- Müşterilerden gelen ürün taleplerine hızlı yanıt vermek
- Hızlı depolama ve boşaltma olanağı sağlamak
- İnsan faktörünün depolama ve boşaltma sürecine etkisini azaltmak
- Bilgisayar destekli stok kontrolü sağlamak
- Ürünü, pazara miadı dolmadan ve en kısa sürede ulaştırmak
- Uzaktan kontrol edilebilir bir sistem kurmak
- İş kazalarını önlemek
- Enerji verimliliği sağlamak olarak sıralanabilir

ADS oluşturulmadan önce, depolama işlemleri geleneksel depolama sistemi ile yapılmaktaydı. Bu yapıda üretim alanından çıkan tamamlanmış ürün, depolama sahası önünde beklemekte ve istiflenmektedir. Tamamlanan ürünlerin bilgi kartları belirli aralıklarla personel yardımı ile toplanmakta ve depo yöneticisine iletilmektedir. Ürünler depo yönetimi tarafından tayin edilen yere forkliftler aracılığıyla taşınmakta ve raflanmaktadır. Geleneksel Depolama Sürecinin Aşamaları Şekil 2’de gösterilmektedir.

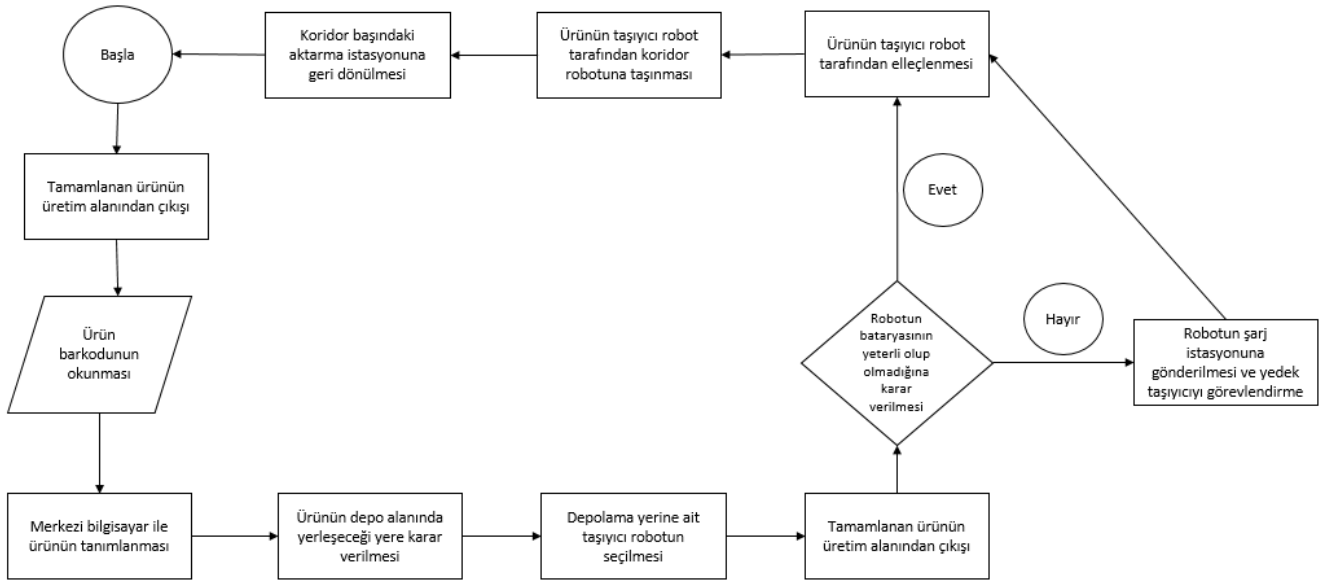
Şekil 2. Geleneksel Depolama Süreci



Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

Yaşanan teknolojik gelişmeler ışığında oluşturulan akıllı depolama sistemi, robotik tabanlı olup, insansız ve yapay zeka ile yönetilmekte ve işlenmektedir. Bu sistemde, depolama işleminin başladığı nokta, paletleme robotu ve ADS'nin birleşim noktası olan konveyör hattıdır. Bu konveyör hattının sonunda, ambalajlı ürünlerin ahşap paletler üzerinde istiflenerek bir araya getirilmekte ve paletler ray üzerinde sıralanmaktadır. Sıralanan paletlerin barkodunda tanımlanan ürün bilgileri veri tabanına paletleme sürecinde aktarılmaktadır. Paletler taşıyıcı robot ile ray üzerinden alınarak koridor robotu üzerine taşınmaktadır. Koridor robotu algoritma tarafından belirlenen hücre adresinin bulunduğu noktaya gelerek taşıyıcı robotun raya geçmesini beklemektedir. Taşıyıcı robot, raya geçtikten sonra paleti adresine bırakıp boş halde tekrar koridor robotuna dönmektedir. Böylelikle depolama işlemi tamamlanmış olmaktadır. Bu sürecin aşamalarını Şekil 3'te gösterilmektedir.

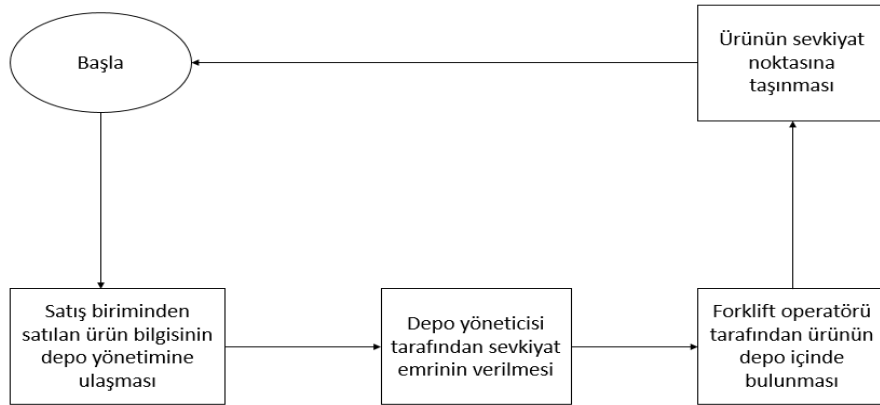
Şekil 3. Akıllı Depolama Süreci



Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

ADS, depolama süreci ile ilgili olduğu kadar boşaltma süreci ile de ilgilidir. Geleneksel yapıda boşaltma süreci, geleneksel depolama sürecine benzer olarak depo yöneticisi ve forklift çalışanları yardımı ile işlemektedir. Satış birimi tarafından satılan ürün bilgisinin depo yöneticisine gönderilmesinin ardından, depo yöneticisi sevkiyat talimatı hazırlamakta ve forklift operatörü satılan ürünü rafta bularak sevkiyat alanına taşımaktadır. Şekil 4'te Geleneksel Boşaltma Sürecinin Aşamaları gösterilmektedir.

Şekil 4. Geleneksel Boşaltma Süreci

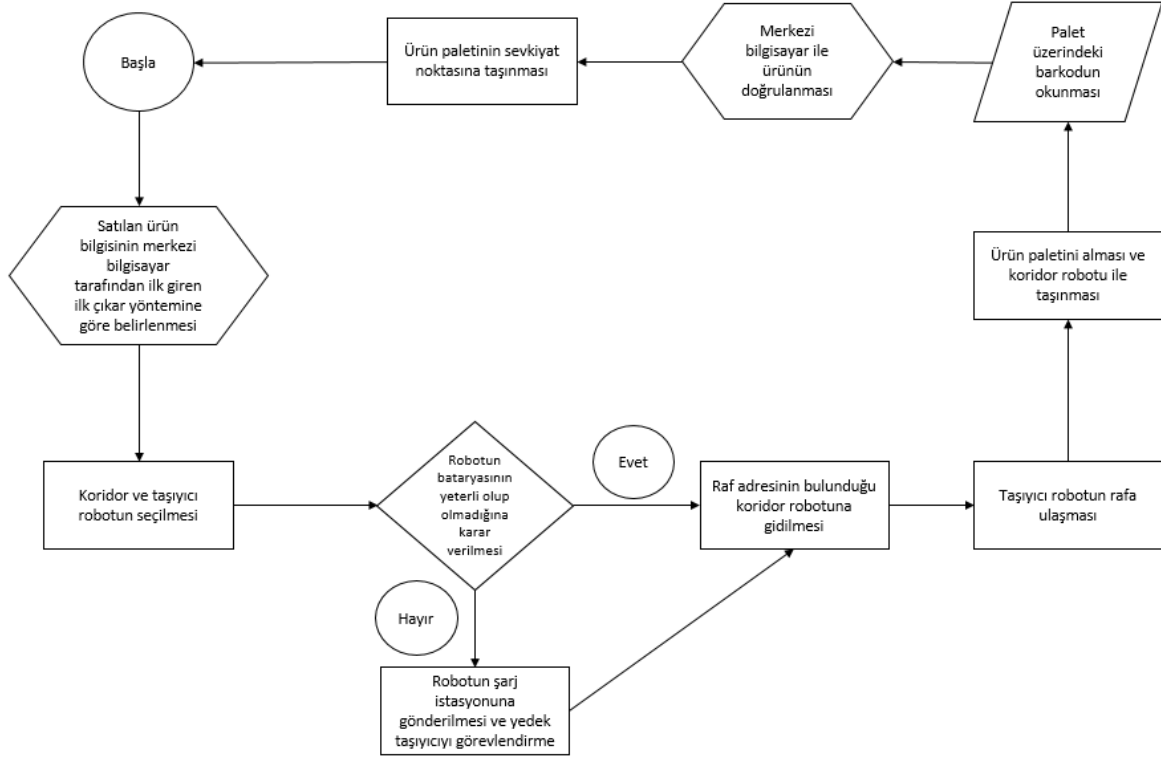


Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

ADS ile yönetilen boşaltma işleminde algoritmanın seçtiği taşıyıcı robot, bulunduğu konumdan ilgili koridor robotuna yönelerek ve boş halde koridor robotunun üzerine binmektedir. Koridor robotu alınacak paletin adres girişine giderek taşıyıcı robotun raya geçmesini beklemektedir. Raya geçen taşıyıcı robot, paleti hücreden alarak ve koridor robotuna yüklü bir şekilde geri binmektedir. Koridor robotu, yüklü taşıyıcı robotu raf sisteminin ön rayına getirerek bu raya geçmesini beklemektedir. Raya geçen ürün yüklü taşıyıcı robot sevkiyat yükleme

noktasına giderek paleti bırakmaktadır. Böylece boşaltma işlemi tamamlanmış olmaktadır. Bu sürecin adımları Şekil 5'te gösterilmektedir.

Şekil 5. Akıllı Boşaltma Süreci



Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

## 6. UYGULAMA SONUÇLARI

Klasik depolama sistemine sahip olan işletmede, üretimden çıkan bitmiş ürün paletleri yaklaşık 14.000 m<sup>2</sup>'lik alanda depolanmaktadır. Paletler üst üste depolanmadığı için de kapladığı hacim minimum düzeyde kullanılmaktadır. ADS kurulumu ile birlikte 4 katlı otomatik depolama sistemine sahip olan işletme, sadece hacim kullanımından değil aynı zamanda operasyonel işleyişinde aşağıda detayları anlatılan işçilik, forklift, enerji, yatırım maliyeti gibi birçok alanda tasarruf sağlamaktadır.

- **İşçilik Tasarrufu:** Geleneksel sistemde işletmede üretimden bitmiş ürün paletlerinin depolama alanına taşınmasında her bir vardiyada 3'er adet olmak üzere 2 vardiyada toplam 6 adet forklift operatörü iş görmektedir. Paletlerin sevkiyat için taşınmasında ise günde 2 forklift operatörü çalışmaktadır. Yukarıda; tanımlanan operasyonlar için işletme bünyesinde toplamda 8 adet forklift operatörü istihdam etmektedir.

ADS'nin kurulması ile üretimden depolama alanına bitmiş ürün paletlerinin taşınmasında her vardiyada 1 forklift operatörü, depo alanından sevkiyat yüklemesine ise vardiyada 1 forklift operatörü ile toplamda 4 adet işçi ile sistem işleyişi gerçekleştirilmektedir. Yıllık işçilik maliyeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yıllık İşçilik Maliyeti Karşılaştırması

DEPOLAMA SİSTEMİ	Üretim-Depo Alanı Forklift Operatörü Sayısı	Depolama-Sevkiyat Alanı Forklift Operatörü Sayısı	1 Forklift Operatörü Maliyeti/Yıl	Toplam İşçi Sayısı	İşçilik Maliyet/Yıl
Geleneksel Depolama Sistemi	4	4	65.000	8	520.000
Akıllı Depolama Sistemi	2	2	65.000	4	260.000

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır



Sonuçta; ADS ile birlikte 4 adet forklift operatörü maliyeti ortadan kalkmaktadır.

- **Forklift Tasarrufu:** Geleneksel depolama sistemi, 8 işçi 4 adet forklift kullanımı ile çalıştırılmaktadır. ADS ile birlikte bu sayı 2 forklifte düşmektedir. Yıllık forklift bakım maliyeti ortalama 10.000TL olmaktadır. Yıllık forklift maliyeti Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Yıllık Forklift Maliyeti Karşılaştırması

DEPOLAMA SİSTEMİ	Kullanılan Forklift Sayısı	1 Forklift Bakım Maliyeti/Yıl (ort.)	1 Forklift Operatörü Maliyeti/Yıl
Geleneksel Depolama Sistemi	8	10.000	80.000
Akıllı Depolama Sistemi	2	10.000	20.000

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

ADS ile hem forklift makine kullanımı hem de forkliftin bakım giderlerinden tasarruf sağlanmaktadır.

- **Enerji Verimliliği:** Forkliftten tasarruf yapıldığında toplamda günlük 3 kez şarj etme için gerekli olan enerji maliyeti azaltılmış olmaktadır. Forkliftlerin şarjı için yıllık enerji maliyeti Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Forklift Yıllık Şarj için Elektrik Enerjisi Maliyeti

DEPOLAMA SİSTEMİ	1 Şarj için sarf edilen elektrik Kwh	Kwh Fiyatı	Şarj Sayısı/Gün	Şarj Maliyet/Yıl
Geleneksel Depolama Sistemi	25	0,710 TL	24	127.800
Akıllı Depolama Sistemi	25	0,710 TL	6	31.950

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

- **Depolama Alanı:** Klasik depolama sisteminde toplamda 1.056 adet paleti depolayabilen işletme, ADS ile depo alanını yaklaşık 4 katına çıkararak 4.392 adet paleti otomatik olarak depolama ve boşaltma imkânına kavuşmaktadır. Ayrıca işletme ADS'den faydalanmayıp aynı işlemi klasik depolama ile yürütmeye devam etse bunun için 3.840 m<sup>2</sup>'lik ek bir alana daha ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanın yapımı için yasal şartlara göre %60'lık imar iznini göz önünde bulundurulmaktadır. Tablo 5'te depolama alanı maliyetleri verilmektedir.

**Tablo 5.** Depolama Alanı Maliyetleri

DEPOLAMA SİSTEMİ	Mevcut Depolama Alanı	Genişleme İhtiyacı	Birim Arsa Maliyeti	İnşa Maliyet	ADS Kurulum Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Geleneksel Depolama Sistemi	1056 Palet	3840 m <sup>2</sup> (6400 m <sup>2</sup> - %60imar izni)	600 TL /m <sup>2</sup>	1000 TL /m <sup>2</sup>	-	7.540.000
Akıllı Depolama Sistemi	4392 Palet	-	-	-	1.275.000	1.275.000

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

İşletme ADS kurulması ile geleneksel depolama sisteminde karşılaşılabilecek pek çok maliyetten kurtulmuştur. İşçilik, Forklift kullanımı, enerji ve yatırım maliyeti başlıkları altında tek tek incelenen bu maliyetlerin toplam karşılaştırılması Tablo 6'ya gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Geleneksel Depolama ve Akıllı Depolama Maliyetleri

Maliyet Faktörü	Geleneksel Depolama	Akıllı Depolama
İşçilik Maliyeti	520.000	260.000
Forklift Kullanımı	80.000	20.000
Enerji Maliyeti	127.800	31.950
Depolama Alanı Maliyeti	7.540.000	1.275.000
TOPLAM	8.267.800	1.586.950

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır

Sonuç olarak işletme geleneksel depolama yerine akıllı depoalma uygulaması ile işçilik, forklift, forklift bakımı ve enerji kullanım giderlerinden toplamda 415.850 TL tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca, yeni bina arsa alım ve inşası ile katlanacağı 7.540.000 TL yatırım maliyetinden ADS sisteminin kurulumu (4 katlı çelik konstrüksiyon raf düzeni, robotik sistem ve raylar, yazılım maliyeti) için harcayacağı 1.275.000 TL ile avantaj sağlamaktadır.

## SONUÇ

Endüstri 4.0, işletme yönetiminde tedarikten üretime pazarlamadan müşteri ilişkileri yönetimine kadar pek çok alanda yarattığı etkiler ile gündemdedir. İş süreçleri yönetimi (BPM) de işletme içinde işlerin bir sistematik dâhilinde yürütülmesinde dikkate alınan önemli bir yol göstericidir. Yaşanan dijital dönüşüm her alanda olduğu gibi BPM üzerinde de güçlü bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada Endüstri 4.0 ve BPM bir arada ele alınmıştır ve geleneksel depolama süreçlerinin akıllı süreçlere dönüşmesi incelenmiştir. Akıllı depolama sistemi kuran bir imalat işletmesinde performans göstergeleri olarak, işçilik, enerji, forklift kullanımı ve ihtiyaç duyulan depolama alanı alınmıştır. Kurulan sistem geleneksel sisteme göre pek çok alanda maliyet tasarrufu sağlamış ve gerekecek yeni depolama alanı ihtiyacı da ortadan kaldırmıştır. Bunun yanında kurulan sistem işletmeye zamanında ve hızlı teslim güvenilirlik, kalite, müşteri memnuniyeti konularında da önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışma akıllı sistemlerin avantajlarını göstermek ve uygulama alanlarına dikkat çekmek amacıyla yapılmıştır. İlerleyen çalışmalar için kurulan akıllı sistemlerin tüm işletme operasyonlarına yansıdığı örnek olayların tartışılması hedeflenmektedir. Endüstri 4.0, yaratılan akıllı sistemler ile insansız bir yapı oluşturmayı değil, kontrol ve yönetim konusunda uzman kişilerin görevlendirildiği mekanizmaları oluşturmayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda yapılan araştırmalar uygulama çalışmalarının fayda ve avantajları konularına dikkat çeker yönde olmakta ve bu uygulamalar günden güne artmaktadır.

## KAYNAKLAR

- ARMİSTEAD, Colin, ve MACHİN, Simon (1997), “*Implications of Business Process Management for Operations Management*”, **International Journal of Operations & Production Management**, S.17(9), ss.886-898.
- ATZORİ, Luigi, LERA, Antonio ve MORABITO, Giacomo (2010), “*The internet of things: A survey*”. **Computer Networks**, S.54(15), ss.2787-2805.
- BİLGİN SARI, Emre (2018), “*Reflections of Industry 4.0 To Management of Service Enterprises: Smart Hotels*”, **Uluslararası Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi**, S.2(2), ss.33-40.
- BRETTEL, Malte, FRIEDERICHSEN, Niklas, KELLER, Michael ve ROSENBERG, Marius (2014). “*How Virtualization, Decentralization And Network Building Change The Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*”, **International Journal of Mechanical, Industrial Science And Engineering**, S.8(1), ss.37-44.
- CHROMJAKOVA, Felicita (2017), “*Process Stabilisation-Key Assumption for Implementation of Industry 4.0 Concept in Industrial Company*”, **Journal of Systems Integration**, S.8(1), ss.3-12.
- DAVENPORT, Thomas. ve SHORT, James (1990), “*The New Industrial Engineering: Information Technology And Business Process Redesign*”, **Sloan Management Review**, S.31(4), ss.11-27.
- DİJKMAN, Remco, SPRENKELS, Bruno, PEETERS, Thijs ve JANSSEN, Aiden (2015), “*Business Models for The Internet of Things*”, **International Journal of Information Management**, S.35(6), ss.672-678.
- ELZINGA, D. Jack, HORAK, Tomas, CHUNG-YEE, Lee. ve BRUNER, Charles. (1995), “*Business Process Management: Survey And Methodology*”, **IEEE Transactions on Engineering Management**, S.24(2), ss.119-28.
- GEISBERGER, Eva ve BROY, Manfred (2012), “*Agenda CPS Integrierte Forschungsagenda Cyber Physical Systems*”, **Acatech Studie März 2012**, Vieweg, Berlin Heidelberg.
- GRIGORI, Daniela, CASATI, Fabio, CASTELLANOS, Malu., DAYAL, Umeshwar, SAYAL, Mehmet, ve SHAN, Ming Chien (2004), “*Business Process Intelligence*”, **Computers in Industry**, S.53(3), ss.321-343.
- HAMMER, Michael ve CHAMPY, James (1993), **Reengineering The Corporation: A Manifesto for Business Revolution**, Harper Business, New York, NY.
- HARVARD BUSINESS REVIEW ANALYTIC SERVICES (2015), **Driving Digital Transformation: New Skills For Leaders, New Role For The CIO**, Harv Bus School Publ, Cambridge.
- HEIL, Andreas, KNOLL, Mirko ve WEIS, Torben (2007), “*The Internet of Things-Context-Based Device Federations*”, **In 2007 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'07)**, IEEE, ss.58-58.
- HITPASS, Bernhard ve ASTUDİLLO, Hernan (2019), “*Editorial: Industry 4.0 Challenges for Business Process Management And Electronic-Commerce*”, **Journal of Theoretical And Applied Electronic Commerce Research**, Universidad de Talca – Chile, S.14(1), ss.I-III.
- HOUY, Constantin, FETTKE, Peter ve LOOS, Peter (2010), “*Empirical Research in Business Process Management–Analysis of An Emerging Field of Research*”, **Business Process Management Journal**, S.16(4), ss.619-661.
- JESUS, Leandro ve ROSEMANN, Michael (2017), **The Future BPM: Seven Opportunities to Become The Butcher And Not The Turkey**, BPT Rends, February.
- KILMANN, Ralph (1995), “*A Holistic Program And Critical Success Factors of Corporate Transformation*”, **European Management Journal**, S.13(2), ss.175-186.
- LEARY, Daniel E. (2013), “*Big Data, The Internet of Things And The Internet of Signs*”, **Intelligent Systems in Accounting, Finance And Management**, S.20, ss.53-65.
- LEE, Edward A. (2008), **Cyber Physical Systems: Design Challenges**, IEEE, Berkley - CA.
- LEE, Jay, BAGHERI, Behrad ve KAO, Hung An (2015), “*A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems*”, **Manufacturing Letters**, S.3, ss.18-23.

- LEE, Roy ve DALE, Barrie (1998), "*Business Process Management: A Review And Evaluation*". **Business Process Management Journal**, S.4(3), ss.214-225.
- LU, Yang (2017), "*Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications And Open Research Issues*", **Journal of Industrial Information Integration**, S.6, ss.1-10.
- HERMANN, Mario, PENTEK, Tobias ve OTTO, Boris (2016), "*Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, in: 2016*", **49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**, IEEE, ss.3928-3937.
- MATT, Christian, HESS, Thomas ve BENLIAN, Alexander (2015), "*Digital Transformation Strategies*". **Business & Information Systems Engineering**, S.57(5), ss.339-343.
- MICHAEL, Chui, MARKUS, Löffler, ve ROGER, Roberts (2010), "*The Internet of Things*", **McKinsey Quarterly**, S.2(2010), ss.1-9.
- MOSTERMAN, Pieter.J. ve ZANDER, Justyna (2016), "*Industry 4.0 As A Cyber-Physical System Study*", **Software & Systems Modeling**, S.15(1), ss.17-29.
- NEUBAUER, Thomas (2009), "*An Empirical Study About The Status of Business Process Management*", **Business Process Management Journal**, S.15(2), ss.166-183.
- NİNG, Huansheng ve HU, Sha (2012), "Technology Classification, Industry, And Education for Future Internet of Things", **International Journal of Communication Systems**, S.25(9), ss.1230-1241.
- NORDSİECK, Fritz (1934), **Grundlagen der Organisationslehre (Basics of Organization Theory in German)**, Poeschel, Stuttgart.
- ROSEMANN, Michael ve DE BRUÏN, Tonia (2005), "*Towards a Business Process Management Maturity Model*", **ECIS 2005 Proceedings of The Thirteenth European Conference on Information Systems** (Ed. D. Bartmann, F. Rajola, J. Kallinikos, D. Avison, R. Winter, P. Ein-Dor, et al.), 26-28 May - Regensburg (Germany), ss.1-12.
- RUSSMANN, Michael, LORENZ, Markus, GERBERT, Philipp, WALDNER, Manuela, JUSTUS, Jan, ENGEL, Pascal ve HARNİSCH, Michael (2015), **Industry 4.0: The Future of Productivity And Growth in Manufacturing Industries**, BCG The Boston Consulting Group, Boston - Massachusetts (US).
- SCHEER, August Wilhelm (1994), **Business Process Engineering – Reference Models for Industrial Companies**, Springer, Berlin.
- SCHOENTHALER, Frank, AUGENSTEİN, Dominik ve KARLE, Thomas (2015), "*Design And Governance of Collaborative Business Processes in Industry 4.0*", **In Proceedings of the Workshop on Cross-Organizational And Cross-Company BPM (XOC-BPM) Co-Located With The 17th IEEE Conference on Business Informatics (CBI 2015)**, Lisbon, Portugal.
- SHAFİQ, Syed Imran, SANİN, Cesar, SZCZERBICKI, Edward, ve TORO, Carlos (2015), "*Virtual Engineering Object/Virtual Engineering Process: A Specialized Form of Cyber Physical System for Industrie 4.0*", **Procedia Computer Science**, S.60, ss.1146-1155.
- THAMES, Lane ve SCHAEFER, Dirk (2016), "*Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*". **Procedia Cirp**, S.52, ss.12-17.
- VERMESAN, Ovidiu, FRIESS, Peter, GUILLEMIN, Patrick, GUSMEROLI, Sergio, SUNDMAEKER, Harald, BASSI, ALESSANDRO, JUBERT, Ignacio Soler, MAZURA, Margaretha, HARRISON, Mark, EISENHAEUER, Markus ve DOODY, Pat (2009), "*Internet of Things Strategic Research Roadmap*", **The Cluster of European Research Projects**, Tech. Rep., ss.9-52.
- WAN, Jianfu, CAI, Hu ve ZHOU, Keliang (2015), "*Industrie 4.0: Enabling Technologies*", **In Intelligent Computing And Internet of Things (ICIT), 2014 International Conference on**, IEEE, ss.135-140.
- ZAIRİ, Mohamed (1997), "*Business Process Management: A Boundaryless Approach to Modern Competitiveness*", **Business Process Management**, S.3(1), ss.64-80.
- ZHOU, Keliang, LIU, Taigang ve ZHOU, Lifeng (2015), "*Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities And Challenges*", **In Fuzzy Systems And Knowledge Discovery (FSKD), 2015 12th Inte.**