

Endüstri 4.0'ın Değer Zincirine Entegrasyonu: Bir Alman Mühendislik Şirketi Örneği

Sven Packmohr¹

Kirsten Liere-Netheler²

Kristin Vogelsang³

Giriş

İş dünyası, yeni ve önemli bir kavramla tanışmıştır: Geleceğin projesi olarak adlandırılan Endüstri 4.0, Almanya Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından 2011 yılında başlatılmıştır. Artan dijitalleşmenin kapsamı endüstri ve ilgili süreçleri etkilemektedir. Endüstri 4.0 bilgi işlem ve iletişim teknolojilerini üretim süreçleriyle birleştirdiğinden, değer yaratma süreç aşamaları da (Kagermann, Wahlster, ve Helbig, 2013) birbirleri ile çapraz etkileşime girerek tümüyle dijitalleşecektir. Endüstri 4.0'ın teknik uygulaması ile ilgili çeşitli araştırma projeleri yapılmış, makaleler yayınlanmıştır, ancak bir işletmenin tümüne katkısı ve tüm değer zinciri gelişimi üzerindeki etkilerini anlatan çalışmalar enderdir (Hermann, Pentek, ve Otto, 2016; Liere-Netheler, Packmohr, ve Vogelsang, 2018). Endüstri 4.0 vizyonu, tüm değer yaratma sürecindeki değişiklikleri kapsar (Haverkort ve Zimmermann, 2017; Hess, Matt, Benlian, ve Wiesböck, 2016). Değer yaratma ve değer zinciri işletmenin misyonu ile uyumlu olmalıdır, bu nedenle de büyük önem taşımaktadır.

Tüm değer zinciri üzerindeki etkiler henüz yeterince incelenmemiştir. Uygulamadaki mevcut durum ve vizyonun başarısı oldukça belirsizdir. Ancak, Endüstri 4.0'ın etkilerinin anlaşılması başarılı uygulamalar için kritik önem taşımaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014; Hess vd., 2016; Schwab, 2017). Ayrıca, böyle bir uygulamayı desteklemek için araçlara ihtiyaç vardır (Agostini ve Nosella, 2021). Bu makale, Endüstri 4.0'ın değer yaratma süreçlerini nasıl değiştirdiğini bir vaka çalışması temelinde derinlemesine bir örnekle ve Porter'ın değer zinciri araçları ile göstermeyi amaçlamaktadır. Öncelikle okuyucunun zihninde Endüstri 4.0 terimi netleştirilecektir. İlgili teknolojiler ve değer zinciri süreçleri tartışılacaktır. Sonrasında, bir vaka çalışması aracılığıyla Endüstri 4.0 teknolojilerinin entegrasyonunun bir örneği gösterilecektir. Endüstri 4.0'ın örnek şirketin süreçleri üzerindeki etkisini göstermek amacıyla, değer zinciri kavramını ilk ve en kapsamlı tanımlayan Porter (1985)'in çalışması kullanılmıştır. Son olarak, araştırmanın sınırlılıkları açıklanmış ve ilişkili araştırma alanlarına genel bir bakış sunulmuştur.

¹ Dr. rer. pol., Department of Computer Science and Media Technology (DVMT), Faculty of Technology and Society (TS), Malmö University, Malmö, Sweden, sven.packmohr@mau.se, 0000-0002-3488-708X

² Dr. rer. pol., Institute of Information Management and Information Systems Engineering (IMU), Faculty of Business Administration and Economics, Osnabrück University, Osnabrück, Germany, kirsten.liere-netheler@uni-osnabrueck.de, 0000-0003-2202-4073

³ Dr. rer. pol., Institute of Information Management and Information Systems Engineering (IMU), Faculty of Business Administration and Economics, Osnabrück University, Osnabrück, Germany, kristin.vogelsang@uni-osnabrueck.de, 0000-0003-2503-3207

1. Tanımlar

1.1. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 terimi, ilk kez 2011 yılında Hannover fuarında kullanılmıştır. Önceleri Endüstri 4.0, bir tür vizyon, yeni bir tür sanayileşme olarak görülmekteydi (Kagermann vd., 2013). Konu, ilk olarak Almanya'da ortaya çıkmış olsa da bu ülke ile sınırlı kalmamıştır. Benzer senaryolar endüstriyel üretimin önem taşıdığı diğer ülkelerde de görülmüştür. Bu girişime ek olarak, “endüstriyel internet” (Evans ve Annuziata, 2012), “endüstriyel değer zinciri girişi” (Uchihira, Ishimatsu, ve Inoue, 2016) ve “akıllı sanayi” (Haverkort ve Zimmermann, 2017) gibi başka terimler de ortaya atılmıştır.

Endüstri 4.0'ı destekleyen temel yenilikler arasında Siber-Fiziksel Üretim Sistemleri (SFÜS, Cyber Physical Production System,) ve Nesnelerin İnterneti (Nİ, Internet of Things) sayılabilir. İlk olarak, Nİ, tedarik zinciri yönetimi (Ashton, 2009) kapsamında Kevin Ashton tarafından formüle edilen, herhangi bir nesnenin dünyanın her yerinde geçerli benzersiz bir kodla etiketlenip internet üzerinde takip edilebileceği bir vizyon olarak tanımlanmıştır (Haller, Karnouskos, ve Schroth, 2009). Nİ'nin temel özelliği kapsamlı bağlantıdır. Veri alışverişi, bütünleştirici çerçeve olarak bulut bilişim ile kesintisiz her yerde duyum, veri analizi ve bilgi çıktısı aracılığı ile elde edilmektedir (Gubbi, Buyya, Marusic, ve Palaniswami, 2013). Endüstri 4.0 kapsamında SFÜS, Nİ ile birbiriyle ilişkili tüm üretim tesisleri veya lojistik bileşenler olarak anlaşılabilir (Roth, 2016). Modern (ve gelecekteki) üretim, "akıllı fabrikalar" olarak tanımlanan tesislerde gerçekleşecektir (Stock ve Seliger, 2016). Akıllı fabrikalar, bağlamsal bilincin insanlara ve makinelere görevlerini yerine getirmede yardımcı olduğu fabrika olarak tanımlanabilir (Lucke, Constantinescu, ve Westkämper, 2008). Akıllı fabrikalar, her yerde mevcut bilgi işlem teknolojilerini kullanırlar ve bağımsız olarak kontrol edilirler. Bu fabrikalarda sensorlar, aktörler ve otonom sistemler kullanılır (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, ve Hoffmann, 2014).

Endüstri 4.0'a, ortak üretim ve hizmet süreçlerinin değişmesi, üretim ve hizmetlerin birleşmesi eşlik etmektedir. Endüstri 4.0, tüm kaynak ağında, sürekli kaynak üretkenliği ve verimliliğe olanak sağlamaktadır (Kagermann vd., 2013). Üretim dışı süreçler dahi dikkate alınarak pazarlama veya satış süreçleri ile ilişkilendirilir. Akıllı teknoloji olarak adlandırılan sistemler, Endüstri 4.0 ile sunulan yenilikleri olası kılmaktadır. Gausemeier'e göre (Gausemeier, Czaja, ve Dülme, 2015), akıllı bir teknolojik sistemde dört farklı birim bulunmaktadır: temel sistem, sensor sistemi, tahrik unsurları ve veri işleme. Veri işleme, temel yenilik olarak kabul edilebilir. İlgili birimlerin birbiri ile etkileşimini artırır ve teknolojik sistemleri “akıllı” hale getirir. Ayrıca, veri işleme, gömülü sistemde Radyo Frekanslı Tanımlama (Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFT), Radio-Frequency Identification) teknolojisi ile yakından ilişkili siber-fiziksel sistemlere (SFS) (Atzori, Iera, ve Morabito, 2010; Wortmann ve Flüchter, 2015) geçişi sağlar (Haller vd., 2009). Bu, yukarıda sayılan unsurların nesnelerin interneti, veri ve hizmetlerin interneti gibi küresel veri ağları üzerinden iletişim (Atzori vd., 2010; Wortmann ve Flüchter, 2015) kurabildikleri anlamına gelmektedir. Akıllı haberleşme teknolojisi sistemlerinin (siber-fiziksel sistemler gibi) bileşimi ve hizmetlerin bulut bilişim yoluyla

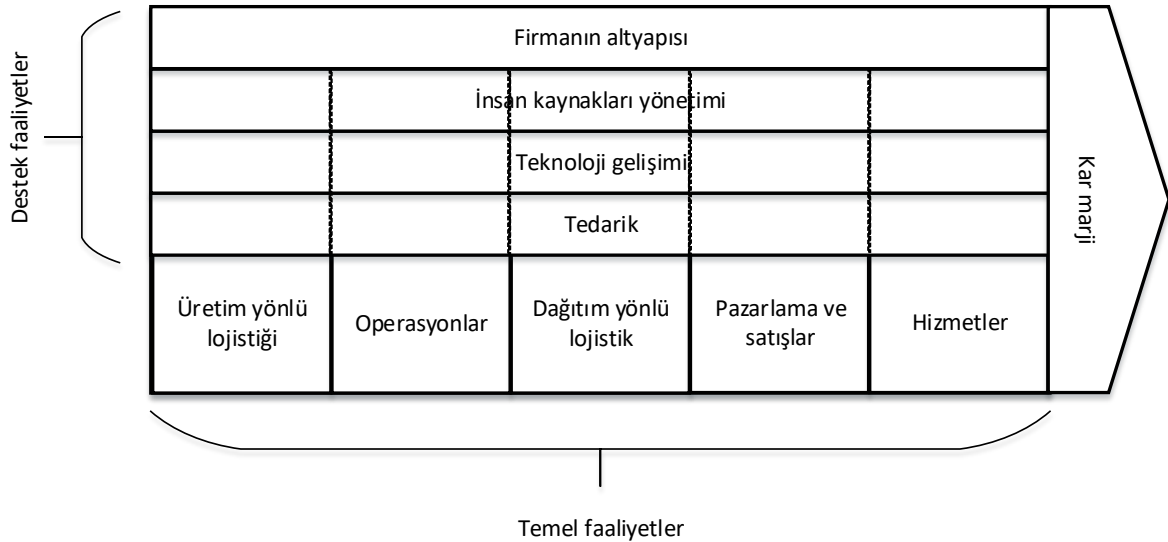
dijitalleşmesi ve büyük veri hacmini işleme yeteneği, Endüstri 4.0'ın temel itici güçleri olarak kabul edilmektedir (Drath ve Horch, 2014).

Endüstri 4.0, gelecekte akıllı ürünler üreten akıllı fabrikalar vizyonunu içeren bir anahtar sözcük olarak kullanılmaktadır. Yukarıda açıklandığı üzere, bu yaklaşım tüm değer zincirini etkilemektedir (Haverkort ve Zimmermann, 2017; Matt, Hess, ve Benlian, 2015). Bu yüzden, uygulamadaki durumun belirlenmesi ve tartışılması gerekmektedir.

1.2. Porter'ın değer zinciri

Değer yaratan faaliyetleri belirlemek için, Porter'ın değer zinciri (Porter, 1985) yaygın olarak kullanılan ve değer yaratımındaki değişimleri ana hatlarıyla belirleyen değerli bir yaklaşımdır. Bir işletme içindeki faaliyetleri (süreçleri), işletmenin izlediği stratejiyle birleştirir (Porter ve Heppelmann, 2015). Yaklaşımında dokuz genel etkinlik kategorisi belirlenmiştir. Bu faaliyetler birbirinden teknolojik ve stratejik olarak farklıdır. Amaç, rekabet avantajını sağlayacak faaliyetleri tanımlamak ve böylece şirket stratejisini desteklemektir (Huggins ve Izushi, 2011). Porter, Maliyet Liderliği, Farklılaşma, Maliyetlere Odaklanma ve Farklılaşmaya Odaklanma gibi dört genel strateji belirlemiştir. Maliyet liderliği ve maliyetlere odaklanma stratejilerinde, değer yaratmak için, faaliyetler maliyet avantajlarına odaklanmak durumundadır. Kalan diğer iki stratejide ise, müşterilere bir fark sunmaya odaklanmak gerekmektedir (Porter, 1985). Porter'ın yaklaşımı, dolaylı olarak, maliyet avantajları ve farklılaşma arasındaki ikilik üzerine kurulmuştur. Bilgi iletişim teknolojileri (BİT) bu ikilemi aşmaya yardımcı olur. Günümüzde BİT sayesinde maliyetlere odaklanmak, farklılaşmanın sağlanamayacağı veya tam tersi anlamına gelmemektedir (Fritz, 1999).

Şekil 1: Porter Değer Zinciri



Kaynak: Porter, 1985

Şekil 1'de beş temel ve dört destek olmak üzere dokuz faaliyet gösterilmektedir. Temel faaliyetler, ürün veya hizmetin yaratıldığı şirketin özüne bağlıdır. Destek veya ikincil

Authors' pre-published version.

faaliyetler, temel faaliyetlere yardımcı olmaktadır. Kâr marjının büyüklüğü, değer zincirinde gerçekleşen rekabet avantajına bağlıdır. Fiyatlandırma açısından müşteriden daha fazla avantaj sağlandığında daha yüksek bir marj beklenebilir. Şekil 1 sadece bir değer zinciri örneğidir; faaliyetler birbirinden farklı değer zincirlerinde farklı kombinasyonlarda görülebilir (Porter, 1985).

Porter, beş temel faaliyet belirlemiştir: Üretime yönelik lojistik - kaynakların alımı ve işlenmesi faaliyetleri, Operasyon (üretim) - kaynakların müşteri ürünü veya hizmetine dönüştürülme faaliyetleri, Dağıtımına yönelik lojistik - müşterilere ürünleri veya hizmetleri sunmak sürecindeki faaliyetler, Pazarlama ve satış - müşterileri ürün veya hizmet satın almaya ikna etmek için gerçekleştirilen faaliyetler, Hizmet - satış sonrası faaliyetler, satın alınan ürün veya hizmetlerin değerinin korunması. Destek faaliyetleri, temel faaliyetleri desteklemek için gerçekleştirilmekte ve tüm temel faaliyetleri kapsamaktadır: Tedarik - kaynak ile ilgili ve kaynağı güvence altına alacak faaliyetler, İnsan kaynakları yönetimi - çalışanların işe alınması, eğitimi, motivasyonu ve işletmeye bağlılığı için yürütülen faaliyetler, Teknolojik gelişim - kullanılan teknolojilerin güncel kalması için yapılan faaliyetler; ki bunlar çoğunlukla bilgi teknolojileri (BT) ile ilgilidir, Altyapı - muhasebe, yasal, idari ve genel yönetim gibi günlük işleri güvenli hale getirmek için gerçekleştirilen yönetim faaliyetleri (Porter, 1985).

2. Vaka Analizi

2.1. Yöntem

Endüstri 4.0 kapsamındaki değer yaratma sürecinde gözlenen değişimleri incelemek için bir vaka çalışması gerçekleştirilmiştir. Vaka çalışması, kapsamlı deneysel araçlar (Dubé ve Paré, 2003) olmaksızın araştırma yapmak ve benzer organizasyonlar, teknolojiler ve insanlar arasındaki dinamikleri anlamak için kullanılmaktadır (Eisenhardt, 1989). Vaka araştırma stratejisi özellikle uygulayıcıların bilgisi temelinde teoriler geliştirmek ve doğal ortamda bilgi sistemleri (BS) konusunda çalışmak için uygundur (Benbasat, Goldstein, ve Mead, 1987). Yin'e göre, kullanılan araştırma tasarımı "başlangıçtaki sorular dizisinden yanıt kümesine" ulaşmak için uygulanan bir eylem planıdır (Yin, 2014).

Araştırmanın derinliğini ve esnekliği sağlamak amacıyla (Dubé ve Paré, 2003), vaka olarak alınan şirkette üretim süreçlerinin gözlemlenmesiyle birlikte yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla veri toplanmasına karar verilmiştir. Bu aşamada tüm fabrika birimleri ziyaret edilmiş, detaylı bilgi alınmıştır. Yüksek mühendis bir yönetici, üretim süreçlerini ilk elden göstermiş ve BT ile üretim süreçlerinin birleşiminin önemini açıklamıştır. Ayrıca, veriler üç derinlemesine görüşme ve kurum tarafından verilen ek materyaller aracılığıyla toplanmıştır. Görüşülecek kişiler rollerine göre özenle seçilmiştir. Bir uzman, bir bölüm yöneticisi ve kullanımdaki Üretim Yürütme Sisteminin (ÜYS, Manufacturing Execution System) de yöneticisi olan bir sistem yöneticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda aynı konuda üç farklı perspektiften (yönetim, üretim ve mühendislik departmanları) veri elde edilmiştir. Örneklemin yapısı, karşılaştırmalı analiz için teorik örnekleme yöntemine uygundur (Corbin ve Strauss,

Authors' pre-published version.

1990). Görüşmeler tüm katılımcıların ana dili olması sebebiyle Almanca olarak yapılmıştır. Daha sonra görüşmeler orijinal içeriğe mümkün olduğunca sadık kalınarak çevrilmiştir. Görüşmelerden önce, görüşülen kişilerle yapılan görüşmeyi (Bryman ve Bell, 2007) ve aşağıda sunulan sonuç veri analizini desteklemek için öncü ve takip eden sorulardan oluşan bir rehber geliştirilmiştir. Görüşmeler 45-60 dakikalık zaman dilimleri halinde, yazarlardan biri tarafından bire bir yüz yüze yapılmıştır. Ses kaydı alınarak sonrasında yazarlar tarafından transkripsiyon yapılmış ve katılımcılara değerlendirmeleri için iletilmiştir. Kılavuz, Endüstri 4.0'ın etkileri ile ilgili önemli soruların yanı sıra aşağıdaki soruları içermiştir:

- Değer yaratma süreci nasıl değişmiştir?
- Hangi faaliyet alanları dijital teknolojilerden (örneğin operasyon, pazarlama, vb.) faydalanmaktadır?
- Hangi süreçler değişmiştir? Lütfen tanımlayınız.
- İşletme stratejiniz dönüşümden dolayı değişti mi? Nasıl?

Değer zinciri oluşturulurken faaliyetlerin gelişimi analiz edilmektedir. Nitel araştırma kapsamında transkripte edilmiş görüşme metinleri, tüm yazarlar tarafından paralel olarak web tabanlı araç QCMap içerisinde Porter'ın faaliyetleri kullanılarak tümdengelimli kodlar olarak kodlanmıştır. Kodlama vaka şirketindeki dönüşümün değer zinciri bölümleri üzerindeki etkilerinin tanımlanmasını sağlar. Tüm yazarların kodlama sonuçları karşılaştırılmış ve ortaya çıkan farklılıklar bir kodlama uyumu sağlanması amacıyla tartışılmıştır. Sonrasında kodlar kullanılarak işletme raporları analiz edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler faaliyetlerdeki değişikliklerin örnekleri olarak kullanılmıştır. Vaka çalışması aracılığıyla, Endüstri 4.0'ın, bu konuyu geliştirmeye kararlı bir şirketteki gelişimi gösterilebilir. Endüstri 4.0 vizyonu, uygulamadaki fiili durum ile karşılaştırılabilir.

2.2. Şirket analizi

Vaka çalışmasında Almanya'da makine mühendisliği sektöründe yaklaşık 1000 çalışanı olan bir şirket ele alınmıştır. Elektrik mühendisliği ve otomotiv sektörünün yanı sıra, makine endüstrisi, Endüstri 4.0'ın gelişimi ile ilgili en önemli alanlardandır (Roth, 2016). İncelenen şirket yaklaşık 150 yıl önce kurulmuştur ve uluslararası üretim ve hizmetleri ile bugün yıllık 4 milyon USD cirosu olan bir gruba aittir. Akıllı ürünlerin yanı sıra çeşitli B2B ürünleri üretmektedir. Bu, incelenen şirketin iki açıdan dikkat çekici olduğunu göstermektedir: a) akıllı ürünler ve b) üretim hatlarının dijital hale dönüştürülmüş olması.

Örnek şirket, özellikle Çin ekonomi bakanı ile katıldıkları bir toplantıda sundukları çözüm önerileri ve konu üzerindeki geliştirme çalışmaları dolayısıyla aldıkları ödüller sayesinde daha önce katıldığı fuarlarda dikkatleri üzerine çekmiş bir şirkettir.

Bu nedenle, şirket üzerinde yapılacak bir vaka çalışması Endüstri 4.0'ı tanıtmak ve çalışmak için iyi bir uygulama örneği olarak görülebilir.

Dijital dönüşüme eşlik etmek için şirkette "Üretim Zekası" adında bir birim kurulmuştur. Birim, Endüstri 4.0 vizyonu ışığında üretimin dönüşüm sürecini yönetmekle görevlidir. Onların anlayışında bu, değer zincirinin dikey entegrasyonunun yanı sıra yatay entegrasyonunu da

Authors' pre-published version.

içermektedir. Yatay entegrasyon, üretim, otomasyon ve bilgi teknolojilerinde, şirket (örneğin, üretime yönelik lojistik, üretim, sevkiyat lojistiği, pazarlama) ve şirketler arası düzeylerinde, aralarında malzeme, enerji ve bilgi akışı olan üretim ve kurumsal planlamanın farklı süreç aşamalarında farklı BT sistemlerinin entegrasyonunu ifade etmektedir. Dikey entegrasyon, üretim, otomasyon ve bilgi teknolojilerinde farklı hiyerarşi seviyelerindeki (örneğin tahrik ve sensor seviyesi, kontrol seviyesi, üretim yönetimi seviyesi, üretim ve uygulama seviyesi, kurumsal planlama seviyesi) farklı BT sistemlerinin bütünleşik bir çözüm için entegrasyonunu yansıtmaktadır (Kagermann vd., 2013). Dört yıl önce şirket üretim süreçlerini geliştirmek amacıyla gömülü SAP ÜYS'i uygulamaya almıştır.

ÜYS üretim sırasında envanteri yönetmek, izlemek ve kontrol etmek için kullanılan bilgisayar temelli sistemlerdir. ÜYS, robotlar, makine monitörleri ve çalışanlardan en güncel verileri toplayarak tüm üretim bilgilerini gerçek zamanlı olarak takip eder. Bu değerlendirilebilir bilgiler ve süreçler hassas bir şekilde kontrol ve analiz edilebilir, sorunlar daha hızlı bir şekilde belirlenip ortadan kaldırılabilir ve üretim süreçleri optimize edilebilir. Amaç verimliliği arttırmak ve üretim sürecini kısaltmaktır. Üretim yönetim sistemleri bağımsız sistemler olarak çalışsalar da giderek Kurumsal Kaynak Planlama (KKP, Enterprise Resource Planning) yazılımına entegre edilmektedir. KKP aracılığıyla diğer makineler ve tesisler arasındaki bağlantıyı kurarak şirketteki planlama ve üretim seviyeleri arasında bir köprü görevi yapar. Bu sayede operasyon yöneticilerinin ürünlerin kaliteli, zamanında ve uygun maliyetle teslim edilmesini sağlamak için proaktif hareket etmesine olanak tanır.

Şirkette SAP Manufacturing Integration and Intelligence (MII) kullanılmaktadır. Birim yöneticisi kendi çözümlerini aşağıdaki şekilde açıklamıştır: *“Bizim uygulamamızı özel kılan aslında entegrasyon seviyesini makine düzeyine indirgemiş olmamızdır. Bu nedenle, üretim seviyesine kadar ve bu seviyede entegrasyon oldukça sıra dışı”*⁴. Sistemin iletişimi ve üretim hattındaki çalışmaların görselleştirilmesi, standart web servisleri tarafından sürekli olarak gerçekleştirilmektedir. Ürünler, ürünle ilgili tüm bilgileri içeren bir üretim bölümü kontrol numarasıyla, Atölye Kontrolü (AK, Shop Floor Control) ile etiketlenmektedir. Bu takip numaraları SAP'ye özgüdür. AK, malzemelerin, bileşenlerin, ölçüm verilerinin, test verilerinin vb. izlenmesini sağlamaktadır. Uygulama gerçekte bu verileri izlemek isteyen bir müşterinin talebi üzerine hayata geçirilmiştir. BS, SAP MII'ye gerçek zamanlı üretim siparişleri girmektedir. ÜYS, tüm bilgi yönetimi seviyelerine tamamen entegredir. ÜYS yöneticisi bunu şöyle açıklamıştır: *“fabrika akılsızdır. ÜYS'e ne yapması gerektiğini sormak zorundadır [...] Zeka, fabrikadan bilgi sistemlerine geçmiştir”*. Önceki üretim yapısına göre fark, her birimin sanal bir ikize sahip olmasıdır. ÜYS ayrıca aynı sağlayıcı ile mevcut bir KKP sistemi aracılığıyla iletişim kurmaktadır. Veri yönetimi hala KKP sistemi içerisinde gerçekleştirilirken, üretim bilgileri doğrudan ÜYS'den üretim tesislerine aktarılmaktadır. Sistemler arasındaki iletişimi sağlamak için standart bir ara yüz olan OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture) kullanılmaktadır. OPC UA, endüstriyel otomasyon uygulamaları için tedarikçi-bağımsız bir iletişim protokolüdür ve sistemler, çalışanlar ve müşteriler arasındaki

⁴ Bundan sonra görüşme yapılan kişilerin görüşleri “” içinde ve italik harflerle gösterilecektir.

Authors' pre-published version.

iletişimi kolaylaştırır. Ayrıca, müşteri ve tedarikçi entegrasyonu için bir ara yüz sunar. Dolayısıyla, “gerçek” tesislerin ÜYS bilgi sistemi ile bağlantısı, bölüm 2.1'de tanımlandığı üzere bir siber-fiziksel üretim sistemi ile sonuçlanmaktadır. Tüm fabrikalarda ÜYS kullanımı sırayla gerçekleştirilmiştir. Endüstri 4.0 vizyonunun ilk hedefine toplam dikey değer zinciri entegrasyonu sağlanarak ulaşılmıştır.

MII'den üç çalışan grubu etkilenmektedir. Çekirdek ÜYS yönetim ekibi sistemi daha da geliştirir ve tesislerin birbiri ile bağlantısını planlar. İkinci grup, her üretim sektöründe var olan kullanıcı grubudur. Tesislerden sorumlu kilit kullanıcılardan oluşur. ÜYS uygulamasında yüksek ayrıcalıklara sahiptirler ve bir sorun olduğunda ilk başvuru kişileri. Son olarak, üretim işçileri, sisteme doğrudan erişimleri olmadığı halde ÜYS'ten etkilenmektedir.

3. Endüstri 4.0'ın Değer Zincirine Etkisi

3.1. Faaliyetlerdeki değişimler

Görüşmelerin analizi tüm faaliyetlerde Porter tarafından tanımlanan tedarik zincirine göre değişimler olduğunu göstermiştir. Endüstri 4.0'ın etkilerinin çoğu şirketin çekirdeğini ve Endüstri 4.0'ın da başlangıç noktasını oluşturan operasyonlarda gözlenmiştir. İkincil faaliyetlerin kendileri değişmese de temel faaliyetlerdeki değişiklikleri destekledikleri belirlenmiştir. Şirketin tüm faaliyet alanlarının birlikte çalışması gerekmektedir. Dahası, bölümler arasındaki sınırlar giderek belirsiz bir hale gelmektedir. *Endüstri 4.0 kısaca farklı alanlar arasında bağlantı sağlamaktadır.* Bu, kullanılan Porter yaklaşımının, etkileri anlamak açısından faydalı olduğunu göstermekte, ancak uygulamada, bölümler birbirlerine eskisinden çok daha yakın çalışmaktadırlar. Aşağıda, analiz edilen faaliyetlere ilişkin temel sonuçlar sunulmaktadır.

Görüşmelerdeki ifadelerin çoğu operasyon başlangıç noktası olarak kabul edildiğinden temel faaliyetler ile ilgilidir. Endüstri 4.0'ın başka temel süreçler üzerinde de etkileri vardır. Şirketin sistemi uygulamaya almasının başlıca nedeni müşteri talebidir. Daha fazla ürün çeşidi ve daha kaliteli veri geliştirme yeteneği dijital değişimde çok önemlidir. “[...] *Kimlik etiketlerini basıyoruz; ürün bilgileri [...] orada bulunabiliyor. [...] Bunlar yönetim seviyesinde kaydedilir ve herhangi bir ara kademenin müdahalesi olmadan üretim seviyesine aktarılır. Bu dikey olarak entegre edilmiştir.*” **Pazarlama ve satış** sürecinde ÜYS müşteri entegrasyonu sağladığı için müşterinin rolü değişmektedir. ÜYS, KKP sistemi, üretim planlaması ve envanter yönetimi ile güçlü bir şekilde entegre çalışmaktadır. Müşterilerden gelen siparişler otomatik olarak KKP sistemi üzerinde alınmaktadır. Buna karşılık, KKP sistemi ÜYS'e veri sağlamaktadır. Ürünler AK ile etiketlendiğinden, üretim durumu takip edilebilmekte ve operasyon sistemine aktarılabilir. “*AK ile makineye şunu söylüyorsunuz: şimdi bunu yapmalısın, burada bir delik aç, delik bu boyutta olmalı.*” Bu, “*yüksek oranda çeşitliliği sağlar. Bunu, daha sonra bir başkasını ve sonra da üçüncü ve farklı bir çeşidi üretebilirsiniz.*” Veriler iş geliştirme, **girdi süreçlerinin** optimize edilmesi ve stokların azaltılması amacıyla otomatik olarak güncellenmelidir. “[...] *Elektronik irsaliyeler daha kolay entegre edilebilir [...]. Elektronik*

Authors' pre-published version.

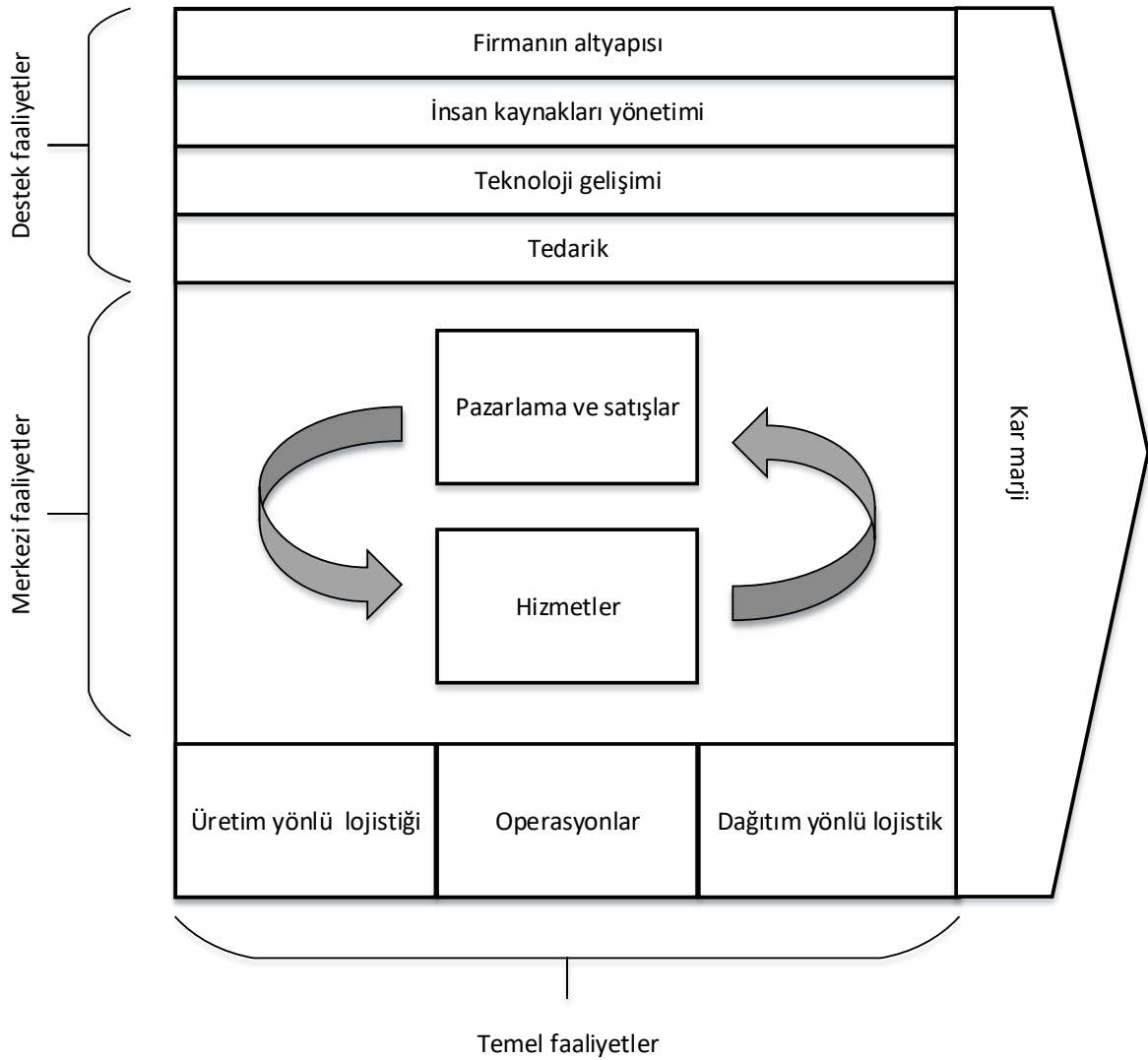
veri girişi birilerinin müdahalesine ihtiyaç olmadan çalışır. Bu, zaman tasarrufu sağlar ve hata sayısını azaltır." Operasyon girdileri çıktılara dönüştürmek için gerekli (Porter, 1985) tüm görev ve işlemleri içermekte ve sanayi kuruluşlarının tüm üretim hattını yansıtmaktadır. Çalışmada ele alınan vakada da operasyon ÜYS ve KKP sistemleri arasındaki etkileşime dayanmaktadır. Müşteriler ürünleri etiket numaralarını kullanarak ve bileşenlerini nihai ürünlere göre birleştirerek ihtiyaçlarına göre kolayca belirleyebilir. Fabrikaların üretim süreçleri, nesnelerin interneti aracılığıyla yönlendirilebilir. Müşteriler, nihai ürünün bileşenlerini ve üretimin tamamlanma oranlarını takip edebilirler. ÜYS sanal ikizler ürettiğinden, tüm bileşenler ve ara ürünler gerçek zamanlı olarak takip edilebilir. "[Fabrikalar] üretim sürecinde veri toplar: ölçüm verileri, test verileri. Ayrıca, çeşitli bileşenler kullanarak bir ürün inşa ederler. Hangi parçanın hangi üründe kullanıldığını bilmek istersiniz ve bunu ÜYS ile takip edilen izlenebilir parçalar aracılığıyla yapabilirsiniz". **Sevkiyat lojistiği**, tüm dağıtım süreçlerini içerir (Porter, 1985). ÜYS'i kullanarak işletme, sevk edilmesi gereken daha küçük sipariş miktarlarını üretir. Müşteriler siparişlerinin dağıtım durumu hakkında kolayca bilgi alabilirler. "Sistem, uzaktan fonksiyon çağrısı ile sevkiyat lojistiği süreçlerini destekler, bu aşamada bilgi geri gelmektedir. Bir şey üretildiğinde müşteriye sevk edilebilecek 50 parça üretildiğinin bilgisi sisteme geri döner." Şirket, aynı zamanda akıllı ürünler ürettiğinden hizmet süreçleri ÜYS tarafından yönlendirilir. Operasyon ve **lojistik** arasındaki çizgiler giderek daha belirsiz hale gelir. Porter yeni ürün özellikleri ve üretilen veri arasında artan koordinasyondan söz etmektedir (Porter ve Heppelmann, 2015). Bu koordinasyon sistem tarafından sağlanır. İkincil veya destekleyici faaliyetlerdeki süreçler doğrudan değiştirilmemiştir. Ancak, ikincil faaliyetlerin de Endüstri 4.0 uygulama sürecine dahil olması gerekmektedir. Buna göre, **tedarik** sürecinde odak noktası hala ürünün kendisidir. Görüşme yapılan kişiler, ürün ile birlikte tedarikçiden sürekli bir veri akışının gelecekte, özellikle bazı tedarikçilerde daha da önemli olacağını düşündüklerini ifade etmiştir. Vaka konusu şirkette mevcutta bazı "tedarikçilerden gelen veriler doğrulanmakta ve operasyonda kullanılmaktadır," ancak veri akışı henüz istenilen düzeye ulaşmamıştır. Ayrıca eğitimlere gereksinim vardır. Bu eğitimler **insan kaynakları** birimi tarafından organize edilmektedir. "Yoğun eğitim aldılar." Ayrıca, "dikey entegrasyon [...] daha önce birlikte çalışmamış insanlar arasında ani bir iş birliği doğurdu." Doğal olarak, **teknolojik gelişim** de Endüstri 4.0'da önemli bir rol oynamaktadır. Bu vakada sistemlerin uygulanması ve yönetimi için çekirdek bir ekip oluşturulmuştur. Konu, tüm şirket ve şirket **altyapısı** için de büyük önem arz eden bir "kültürel değişim" olarak kabul edilmiştir. "Yatırımın bir kısmı stratejiktir. Bu ilk adımlar olmadan gelecekte bazı şeyleri yapamayacağınızı bilmeniz gerekir. Önkoşullar oluşturmanız gerekir."

Özetle, görüşülen kişiler, Porter yaklaşımı bazındaki sonuçları tüm faaliyetler için rapor etmektedir. Ancak ikincil faaliyetlerdeki süreçler henüz değişmemiştir; Endüstri 4.0 için gerekli olan bu değişimler de gerçekleştiğinde "birbirleriyle dinamik olarak iletişim kurabilen siber-fiziksel sistemler" vizyonu da gerçekleşebilecektir.

3.2. Tartışma

Örnek şirkette farklı disiplinlerden gelen uzmanların bulunduğu “Üretim Zekası” biriminin gelişimi, ürün geliştirme, üretim ve İK alanında disiplinler arası bir görüşü benimseyen Porter’ın (Porter ve Heppelmann, 2015) yaklaşımı ile uyumludur. ÜYS, üretim ve şirketin diğer bölümleri arasındaki entegrasyonu geliştirmektedir. Tesisler, BT ve üretim sistemlerinin kaynaşmasını destekleyen ÜYS tarafından entegre edilmekte ve yönlendirilmektedir. Tesisler, şirketin üretim sürecinde SFÜS’i temsil etmektedir. Bu “gerçek” nesne, bir bilgi işleme nesnesi, yani ÜYS uygulaması ile birleştirilmiştir. Araştırmalarda BS çoğunlukla insan, bilgi ve iletişim teknolojisinin yanı sıra organizasyonun da entegrasyonu olarak anlaşılmaktadır (Walsham, 1993).

Şekil 2: Düzeltilmiş Porter Değer Zinciri



Bu tanım üretim sistemlerini kapsamaz. Bu çalışma Endüstri 4.0 kapsamında BS'nin tanımı üzerinde daha fazla tartışmayı teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bunun ötesinde, ürünlerin atölye numaraları ile takip edilebilmesi de Porter'a uygundur. Henüz ürün takibi örnek şirkette yalnızca tedarik tarafında gerçekleşmektedir. Bazı durumlarda, şirket tedarikçilerden veri

Authors' pre-published version.

almakta ve bunları atölye numaraları ile eşleştirmekte, ancak sistem tedarikçiye veri (geri bildirim) sağlamamaktadır.

Bu çalışmanın sonuçları, pazarlama ve satış ile hizmet faaliyetlerinin ön plana çıktığını göstermektedir. Sistem müşteri talepleri doğrultusunda uygulanmıştır. Ayrıca, müşteriler firma faaliyetlerine daha fazla entegre olmuşlardır. Bu aynı zamanda pazarlama ve satış ile hizmet arasında daimi bir bilgi alışverişine yol açmış, bu birimleri yakından bağlantılı hale getirmiştir. Bu nedenle, Porter'ın değer zincirini Şekil 2'de gösterildiği gibi bu faaliyetleri merkezi faaliyetler olarak odağa alarak yeniden düşünmek önerilmektedir. Porter değer zinciri süreçleri, ilk olarak tanımlandığı sırayla ele alınamaz çünkü veriler üretim sırasında çıkan sonuçlar olarak aktarılmakta ve faaliyetler birbirlerini etkilemektedir. Tüm faaliyetlerin merkezinde müşteri bulunmaktadır.

Değer yaratma sürecinin değişimi müşteriler tarafından tetiklenmiştir. Çekirdek ürünlerin yarı dijital yapısının müşterinin üretim sürecine entegrasyonunu mümkün kıldığını unutmamak önemlidir. Örnek şirket, marjı olumlu etkileyen müşterilere bir fark sunma stratejisini benimsemiştir. Dikey entegrasyonun bu noktasında, ana hedef rakiplerden farklılaşmaktır. Porter'a (Porter, 1985) göre maliyet avantajları hata oranı düştükçe görülecek ve yatay entegrasyonun gerçekleştirilmesinden sonra da bunların takip edilmesi gerekecektir.

Özet olarak, işletme üretim sürecinin dönüşümünü ve üretim ve sistem verilerinin etkileşimini gerçekleştirmiştir. Görüşülen kişiler, ÜYS sisteminin şirketin üretim süreçlerini iyileştirdiğini düşünmektedir. Tesisler esnek sipariş üretebildiğinden, farklı ürün çeşitlerini hemen hemen aynı anda üretebilmektedir. Üretim hattı kurulum süreleri azaltılabilmektedir. Ayrıca, ÜYS işçiyi bir sürecin adımlarını sıraya koymaya zorlar, bunun sonucunda süreçlerde ortaya çıkan hata oranı azalır, gerçek zamanlı veri iletimi mümkün hale gelir.

Bu çalışmada vaka olarak belirlenen yaklaşık 1000 çalışanı olan şirket, Endüstri 4.0'ın makine mühendisliği endüstrisindeki uygulamalarını göstermek için mükemmel bir örnektir. Porter'ın değer zinciri kullanılarak yapılan araştırma, Endüstri 4.0'ın öncelikle temel faaliyetleri iyileştirmek için kullanıldığını göstermektedir. Şirketler, sundukları ürün çeşitliliğinin artmasını ve etkin ve hızlı yeni ürün gelişimi ile gelen gelişimleri daha fazla rekabet avantajı elde etme potansiyeli olarak değerlendirmektedir. Örnek şirketin büyüklüğü ve eğiliminde olan şirketlerde ikincil faaliyetler henüz değerlendirilmemiştir. İlk adım, bilgi sistemlerini entegre ederek üretim süreçlerini geliştirmektir. Yatay entegrasyon, hâlâ ulaşılması gereken, vizyonun ikinci hedefidir. Vaka çalışması, Endüstri 4.0 için çözümler geliştirmeye duyulan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Örnek şirket konuyla ilgili uzman olarak görülse de, çoğu dikey entegrasyon potansiyeli henüz gerçekleştirilememiştir. İleride Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama (DKVT, Supervisory Control and Data Acquisition) sistemine, bulut teknolojilerine veya akıllı robotlara bağlanmak gibi daha ileri teknolojilerin kullanılması mümkün olabilir.

Sonuç ve Sınırlamalar

Çalışmanın amacı Endüstri 4.0'ın gelişimini bu yaklaşımı benimsemiş bir şirket örneğinde göstermektir. Değer zinciri üzerindeki etkilerin mevcut durumu, bir vaka çalışması olarak, ÜYS Endüstri 4.0 teknolojilerinin dikey entegrasyonu aracılığıyla aktarılmıştır. Çalışmamız, değer yaratmadaki değişiklikleri analiz etmek için Porter'ın kabul görmüş genel modelini uyguladığı için araştırma topluluğu için değerlidir. Dijital modeller nadir olduğundan, geriçikarım (abductive) yaklaşımımız araştırma alanının gelişmesine katkıda bulunur.

Faaliyetler süreçlerinin entegrasyonu, kazanılmış ve beklenen rekabet avantajları sunulmuştur. Mevcut aşamada çoğunlukla temel faaliyetlerin Endüstri 4.0'dan etkilendiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bir sonraki adım olarak, Porter'a göre ikincil faaliyetler üzerinde çalışılmalıdır. Bu, Endüstri 4.0'ın başarılı yatay entegrasyonunun ön koşuludur.

Bu makale için gerekli araştırma özenle yapılmış olsa da araştırma süreciyle ilgili bazı kısıtlamalar söz konusudur. Aktarılan örnek vaka çalışması, Endüstri 4.0'ın gerçek bir çözüm örneğine dayanmaktadır. Bu kapsamlı örnek, başarılı bir örnek olarak görülebilse de, tüm araştırma alanı için evrensel bir veri sunduğu iddia edilemez. Endüstri 4.0 sürecinin henüz devam ettiği bir ortamda, gelecekteki olası tüm etkilerin belirlenmesinin mümkün olabileceği söylenemez. Ortak bir Endüstri 4.0 değer yaratma süreci tanımının geliştirilmesi için daha fazla vaka çalışmaları ile elde edilecek bulguların daha geniş bir çerçevede tartışılması gerekmektedir.

Tedarikçilerin ve müşterilerin Endüstri 4.0 değer zincirinin yatay entegrasyonu ile ilgili bazı soruları ve acil aksiyon gereksinimi olduğu belirlenmiştir. Bu alanda, özellikle normlar, standartlar ve veri güvenliği hakkında net bir tartışma geliştirilmelidir.

Teşekkür

Yazarlar, bu Almanca vaka çalışmasını Türkçe'ye çevirme ve böylece iki ülke arasındaki bilimsel diyalogu teşvik etme çabaları için İdil Güner'e teşekkür ediyor.

Kaynakça

- Agostini, L., ve Nosella, A. (2021). Industry 4.0 and business models: A bibliometric literature review. *Business Process Management Journal*, 27, 1633–1655.
- Ashton, K. (2009). That “Internet of Things” Thing. *RFiD Journal*.
- Atzori, L., Iera, A., ve Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54, 2787–2805.
- Benbasat, I., Goldstein, D. K., ve Mead, M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *Management Information Systems Quarterly*, 11, 369–386.
- Bryman, A., ve Bell, E. (2007). *Business research methods*. New York: Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., ve McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, NY: W. W. Norton ve Company.

Authors' pre-published version.

- Corbin, J., ve Strauss, A. (1990). Grounded theory research: Procedures, canons and evaluative criteria. *Zeitschrift Für Soziologie*, 19, 418–427.
- Drath, R., ve Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8, 56–58.
- Dubé, L., ve Paré, G. (2003). Rigor in information systems positivist case research: Current practices, trends, and recommendations. *MIS Quarterly*, 597–636.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14, 532–550.
- Evans, P. C., ve Annuziata, M. (2012). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Boston, Massachusetts: General Electric.
- Fritz, W. (1999). Markteintrittsstrategien in Der Internet-Ökonomie (Arbeitsbericht No. 99/21). Technische Universität Braunschweig, Institut für Marketing.
- Gausemeier, J., Czaja, A., ve Dülme, C. (2015). Innovationspotentiale auf dem Weg zu Industrie 4.0. *Wissenschafts-Und IndustrieForum Intelligente Technische Systeme*, 343.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., ve Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645–1660.
- Haller, S., Karnouskos, S., ve Schroth, C. (2009). The Internet of Things in an enterprise context. In J. Domingue, D. Fensel, ve P. Traverso (Eds.), *Future Internet – FIS 2008* (Vol. 5468, pp. 14–28). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Haverkort, B. R., ve Zimmermann, A. (2017). Smart industry: How ICT will change the game! *IEEE Internet Computing*, 21, 8–10.
- Hermann, M., Pentek, T., ve Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928–3937. IEEE.
- Hess, T., Matt, C., Benlian, A., ve Wiesböck, F. (2016). Options for formulating a digital transformation strategy. *MIS Quarterly Executive*, 15, 123–139.
- Huggins, R., ve Izushi, H. (2011). *Competition, competitive advantage, and clusters: The ideas of Michael Porter*. Oxford University Press.
- Kagermann, H., Wahlster, W., ve Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. *acatech – National Academy of Science and Engineering*.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., ve Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239–242.
- Liere-Netheler, K., Packmohr, S., ve Vogelsang, K. (2018). Drivers of Digital Transformation in Manufacturing. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 926–3935. Honolulu, USA.
- Lucke, D., Constantinescu, C., ve Westkämper, E. (2008). Smart Factory—A Step towards the next generation of manufacturing. In M. Mitsuishi, K. Ueda, ve F. Kimura (Eds.),

Authors' pre-published version.

- Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier (pp. 115–118).
London: Springer.
- Matt, C., Hess, T., ve Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57, 339–343.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press.
- Porter, M. E., ve Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, 93, 96–114.
- Roth, A. (Ed.). (2016). *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution (First U.S. edition)*. New York: Crown Business.
- Stock, T., ve Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541.
- Uchihira, N., Ishimatsu, H., ve Inoue, K. (2016). IoT service business ecosystem design in a global, competitive, and collaborative environment. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 1195–1201. IEEE.
- Walsham, G. (1993). *Interpreting information systems in organizations*. Chichester, West Sussex, England ; New York: Wiley.
- Wortmann, F., ve Flüchter, K. (2015). Internet of Things: Technology and Value Added. *Business & Information Systems Engineering*, 57, 221–224.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods (5th ed.)*. Los Angeles: SAGE.