

LOJİSTİK VE KARGO KURUMLARININ LOJİSTİK 4.0 AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: ERZURUM İLİNDE NİTEL BİR UYGULAMA

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa KESKİNKILIÇ
Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
muskes@atauni.edu.tr
Arş. Gör. İbrahim YILDIZ
Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
ibryildiz@atauni.edu.tr
Arş. Gör. Abdullah TÜZEMEN
Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
abdullah.tuzemen@atauni.edu.tr

Özet

Bilişim sistemleri, lojistik sektöründe de önemli bir yere sahiptir. Bu cihetle, bu sistemlerin değerlendirilmesi Endüstri 4.0 çağında başlı başına kendine yer edinmiş olan bir sektör açısından son derece önemlidir. Buradan hareketle bu çalışmada, çeşitli ulusal ve uluslararası lojistik kurumlarının Erzurum Bölge Müdürlükleri ve Doğu Anadolu Bölgesi yetkili acentelerindeki yöneticilerle ve bilgi sistemi sorumluları ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler, DeLone & McLean tarafından geliştirilmiş olan "Information Systems Success Model" ve Gerow, Thatcher & Grover (2014)'ün çalışmalarında yer verdikleri "Strategic Alignment Model" çerçevesinde yürütülmüştür. Bunun yanı sıra araştırma evreninde incelenmeye alınmış olan kurumlardaki sistem güvenliğinin düzeyi de incelenmiştir. Bunun için ise "felaketten kurtarma-disaster recovery plan" kontrol listelerinden faydalanılmıştır. Yapılan görüşmeler neticesinde, katılımcıların kendi kurumlarına ait kurumsal sistemleri yeterince değerlendiremedikleri görülmüştür. Bu kurumlara ait sistemlerin yönetiminin tek bir noktadan yürütülmesinin bu sonuç üzerinde etkisi olabilir. Oysa endüstri 4.0 konseptinde özerk olunması söz konusudur. Buradan elde edilen bulgular, Uluslararası Ticaret ve Lojistik bölümleri ile Yönetim Bilişim Sistemleri bölümleri arasındaki ilişkilerin önemine işaret etmektedir ve gelecek çalışmalara dönük fikirler verebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik 4.0, Endüstri 4.0, Lojistik, Yönetim Bilişim Sistemleri.

EVALUATION OF LOGISTICS AND CARGO CORPORATIONS IN THE CONTEXT OF LOGISTICS 4.0: A QUALITATIVE RESEARCH IN ERZURUM

Abstract

Information systems also are important factors in the logistics sector. In this way, the evaluation of these systems is extremely important in terms of a sector that has taken its place in itself during the Industrial Age 4.0. From this point of view, semi-structured interviews were conducted with various national and international logistics institutions, managers of Erzurum Regional Offices and Authorized Agencies in Eastern Anatolia Region and information system administrators. These interviews were conducted within the framework of the "Information Systems Success Model" developed by DeLone & McLean and the "Strategic Alignment Model" of Gerow, Thatcher & Grover (2014). In addition, the level of system security in institutions that have been studied in the research area has also been examined. For this, the "disaster recovery plan" checklist was used. As a result of the interviews, it was seen that the participants did not adequately evaluate the corporation systems belonging to their institutions. Conducting the management of systems belonging to these institutions from a single point may have an effect on this result. However, it is a matter of being autonomous in the concept of industry 4.0. Findings from this point out the importance of the relationships between the departments of International Trade and Logistics and the Departments of Management Information Systems and are able to give ideas for future studies.

Key Words: Logistics 4.0, Industry 4.0, The Logistics, Management Information Systems.

1. Giriş

Endüstri 4.0 kavramı, 2011 yılında Almanya’da dünyaya tanıtılan sanayi devrimidir. Endüstri 4.0 lojistik sektörünü de yakından ilgilendirmektedir. Öyle ki literatüre lojistik 4.0 olarak başlı başına değerlendirilen bu kavrama yönelik uygulamalar ile nesnelerin interneti (IoT), siber fiziksel sistemler, akıllı sistemler, bulut bilişim gibi teknolojilerin lojistik sektöründeki yoğunluğu artmaktadır. Bu ise ülkemizdeki lojistik sektörünün, endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Yapılan literatür taraması neticesinde bu çalışmada aşağıdaki sorular çerçevesinde bir araştırma yapılmıştır. Bu bağlamda; araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- Lojistik kurumlarının bilgi teknolojileri alt yapısı ve sistem güvenliğine dönük politika ve uygulamaları Lojistik 4.0 için uygun mudur?
- Lojistik kurumları, Lojistik 4.0’a uygun olarak bilgi teknolojileri yönetimi politikaları izlemekte midir?
- Lojistik kurumları bölge müdürlükleri Lojistik 4.0’a yönelik atılacak adımların neresindedir?

Bu araştırma soruları çerçevesinde bu çalışmada ilk olarak literatür taraması yapılmış ve böylece endüstri 4.0 konseptinin temel hususların neler olduğu ortaya konmuştur. Sonrasında ise yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılarak nitel bir araştırma yapılmıştır. Araştırma neticesinde ülkemizde faaliyet gösteren lojistik kurumlarının alt bölge birimlerine yönelik uyguladıkları bazı yönetsel politikaların, endüstri 4.0 konsepti ile uyuşmadığı sonucuna varılmıştır. Bu ise hem uluslararası ticaret ve lojistik bölümlerini hem de yönetim bilişim sistemleri bölümlerini ortak çalışmalar yapmaya mecbur bırakmaktadır.

2. Literatür Taraması

Lojistik 4.0 kavramının ve bu kavramın incelikleri ile açıklanabilecek Lojistik 4.0 çağının gereklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Endüstri 4.0 kavramının incelenmesi gerekir. Endüstri 4.0’a ait çeşitli tanımlar aşağıdaki gibidir (Müller, Buliga & Voigt: 2018):

- Endüstri 4.0, endüstriyel üretimin bilgi ve iletişim teknolojileri ile buluşmasıdır.
- Endüstri 4.0; insan müdahalesi olmaksızın, ürün ve makinelerin birbirleriyle etkileşiminin akıllı sistemler sayesinde sağlanmasıdır.
- Endüstri 4.0; nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi ve siber fiziksel sistemlerin (CPS) birbirleriyle entegrasyonuna dayalı endüstriyel uygulamalardır.
- Endüstri 4.0, uluslararası internet standartlarına dayalı olarak makinelerin ve diğer akıllı bileşenlerin birbirleriyle kurdukları network’e dayalı uygulamaları içeren endüstri devrimidir.
- Endüstri 4.0, değer zincirinin dijitalleşmesinin yanı sıra üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesi ve dijitalleşmesine olanak tanıyan teknolojileri barındıran endüstriyel devrimdir.
- Endüstri 4.0; dijitalleşme, özerkleşme, şeffaflık, hareketlilik, modüler olma, ağ iletişimi, ürün ve süreçlerin sosyalleşmesi gibi trendlerin değer zinciri üzerinde radikal bir biçimde gerçekleştirilmesidir.
- Endüstri 4.0; dijital ve fiziksel süreçlerin eş güdümlü bir biçimde akıllı üretim gerçekleştirmeleridir.

Santos vd. (2017) da Endüstri 4.0'ın temel esaslarını aşağıdaki gibi sıralamaktadır (Santos vd., 2017: 1359):

- Talep yoğunluğuna göre, üretim sisteminin esneklik kazanabilmesi.
- Akıllı makinelerin üretimde kullanılacak faktörleri tanımları ve üretim sürecini takip etmeleri.
- İnsan-makine-arayüz etkileşimine sahip olmaları.
- Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisine dayalı üretim teknolojisine hayata geçirilmesi.
- Değer zinciri yönetim anlayışlarında radikal değişikliklere gidilmesi.

Endüstri 4.0 kavramı incelendiğinde, bu endüstriyel devrimin özünde bazı teknolojileri, uygulamaları ve yönetsel politikaları barındırdığı görülmektedir. Bu teknolojilerden en birincisi siber fiziksel sistemlerdir. Siber fiziksel sistemler; üretim hattında yer alacak makinelerin ve diğer teçhizatların, bilgisayar sistemleri ile irtibat kurmalarını sağlayan sistemlerdir. Siber fiziksel sistemler; fiziksel aksamı sanal düzleme taşıyan siber netik elementler, üretim süreci kapsamında yer alan unsurların birbirleri ile irtibatını kuracak ağ bağlantıları, sensörler ve sistemi çalıştıran unsurlar ile çevrenin taranması ve bilgi iletişimine yönelik uygulamalardan oluşmaktadır. Nesnelerin interneti ise endüstri 4.0'ın özünde yer alan bir diğer faktördür. Nesnelerin interneti (IoT), kablosuz ve kablolu ağ bağlantıları ve tanımlayıcı kodlar aracılığıyla, fiziksel objeleri internetle buluşturan ve karşılıklı veri değişiminin gerçekleştirilmesini sağlayan teknolojilerdir. Endüstri 4.0 Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri (RFID) ve bulut bilişim gibi alt yapı sistemlere ihtiyaç duymaktadır (Gobbo Junior, 2018: 374). Bunun yanı sıra endüstri 4.0, kurumsal kaynak planlama (ERP) gibi kurumsal sistemler ve sosyal ürün geliştirme gibi son dönem ortaya çıkan üretim anlayışlarının da desteğini almaktadır (Lu, 2017: 1). Öte yandan "Akıllı-smart" kavramının da endüstri 4.0 uygulamalarının özünde bir kavram olduğu anlaşılmaktadır. Akıllı fabrikalar ve akıllı ürün gibi uygulamalar endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan kavramlardır. Akıllı fabrikalar; dijitalleşmenin, esnekliğin ve makine ve teçhizatın entegrasyonunun son derece önemli olduğu fabrika yapılarıdır. Ayrıca akıllı fabrikalar, değer zinciri açısından önemli olan paydaşları kapsayacak bir istihbarat sistemine ve böylece "akıllı" çözümler üretebilecek bir mekanizmaya da sahip fabrikalardır. "Akıllı ürün" ise üretim süreçlerinin bağımsız olarak izlenebildiği ve değer zincirine hakimiyetin sağlanabildiği üretim süreçleri ile elde edilen ürünlerdir. Ayrıca akıllı ürünler, kendilerine ait bilgileri de sunabilen ve böylece kendileri ile ilgili çeşitli stratejilerin izlenebilmesini kolaylaştıran ürünlerdir (Pereira & Romero, 2017: 1209).

Endüstri 4.0 devriminin esası, sadece üzerine inşa edildiği teknoloji ve uygulamalar ile anlaşılabilir. Endüstri 4.0, kendine has karakteristikleri ve hedefleri olan bir sanayi devrimidir. Lu (2017), Endüstri 4.0'ın, temel olarak beş temel özelliği olduğunu vurgulamaktadır. Buna göre, dijitalleşme, optimizasyon ve üretimin kişiselleştirilmesi endüstri 4.0'ın temel özelliklerdendir. Otomasyon, adaptasyon, insan-makine etkileşimi, katma değer yaratacak faaliyetlere odaklanma, otomatik veri değişimi ve iletişim ise endüstri 4.0 devriminin temel amaçlarındandır. Endüstri 4.0'ın genel amaçlarından birisi de merkezi üretim sistemlerinden âdemi merkezî bir üretim sistemine dönüşümdür. Endüstri 4.0, bu amaçlara erişebilmek için sadece internet teknolojisi gibi teknolojilerden değil, aynı zamanda bilgi yönetimi ve katma değer yaratacak faaliyetlere karşı sergilenecek anlayışlara da ihtiyaç duyar (Lu, 2017: 1; Baena vd., 2017: 73).

Aslında, Endüstri 4.0'ın en birincil gayesi etkinlik ve verimliliğin elde edilebilmesidir. Endüstri 4.0 bu amaçların gerçekleştirilmesi için, kurum paydaşları ile kurulacak network sayesinde gerçek zamanlı veri ve bilgi paylaşımının sağlanabilmesini, iş karmaşıklığını azaltmayı ve uzun vadede maliyetlerin düşürülmesini ön görmektedir. Endüstri 4.0 kurumların değer yaratıcı faaliyetleri ile yakında ilgilenmektedir. Endüstri 4.0'ın bu faaliyetler üzerindeki olumlu etkileri iş süreçlerini değiştirmesinde, ürün-süreç ve kuracağı network sayesinde ve insan-organizasyon-teçhizat (makina) üçlüsü ile olan ilişkisinde ortaya çıkabilir (Santos vd., 2017: 973; Stock vd., 2018: 258). Maktadir vd. (2018) de bu bakış açıları ile uyumlu olabilecek Endüstri 4.0 özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamaktadırlar (Maktadir vd., 2018: 731):

- Tüketici taleplerinin ve kurumun hali hazırdaki stok durumunun bilgi teknolojileri ile değerlendirilmesi ve siber fiziksel sistemler sayesinde üretim süreçlerinin buna göre dinamik bir biçimde işletilmesi.
- Değer zinciri boyunca kurumun istihbarat ve analitik süreçlerini yürütmesi ve böylece üretimden satış ve sonrası süreçlere kadar tüm süreçlerin takip edilebiliyor olması.
- Hammadde alımından üretimin gerçekleştirilmesine kadar tüm süreç boyunca gerekli olan veri ve bilginin elde edilmesi ve değerlendirilmesi.
- Akıllı uygulamalar ile düşük maliyetle, zamanında ve etkin faaliyetlerin yürütülmesi..

Endüstri 4.0'ın kurum nezdinden kabul görebilmesi ve başarılı sonuçlar verebilmesi için kurumsal düzlemde de bazı hususların ele alınması gerekmektedir. İlgili literatür incelendiğinde, yeni teknolojilerin kurum bünyesine kazandırılması ve istenen sonuçlarında elde edilebilmesi için kurumun stratejilerinin, beşeri yeteneklerinin ve yönetsel değişikliklerinin olmasına bağlı olduğu anlaşılmaktadır (Szalavetz, 2018). Örneğin; Endüstri 4.0'ın hayata geçirilebilmesi kapsamında Avrupa'da bazı konularda bakış açılarında değişime önem verilmiştir. Bunlar; üretim birimlerinin, müşteriler ve çalışanların üretim süreçleri ile entegrasyonunun sağlanması ve sürdürülebilir kaynak verimliliğinin elde edilebilmesine yöneliktir Santos vd. (2017) de Endüstri 4.0'ın hayata geçirilebilmesi için temel altı prensipten bahsetmektedirler. Bunlardan birincisi, iş süreçlerinin birbirleriyle ve kurum çevresi ile etkileşim içerisinde olmasıdır. Siber fiziksel sistemler, bu bağlamda önemlidir. Bu sistemler ile kurumun fiziksel düzlemdeki süreçleri sanal boyuta taşınabilmekte ve makine-süreç-insan etkileşimi gerçekleştirilebilmektedir. Kurumun anlık veri işleyebilme ve gerçek zamanlı işlem kabiliyetine sahip olması da endüstri 4.0'ın gelişmesi için önemlidir. Burada anlık karar verebilme, yani ademi merkezîyetçi bir sistemden de bahsedilmektedir. Sanallaştırma ile akıllı üretim birimlerine erişilmesi ve uzaktan denetimin sağlanması da endüstri 4.0'ın temel boyutlarından birisidir. Kurumun kullandığı yazılımların IoT ile uyumlu olması ve esnek bir alt yapıya sahip olunması da önemlidir. Endüstri 4.0'ın esnek ve modüler bir üretim modeline ihtiyaç duyacağı açıktır (Santos vd., 2017: 751).

3. Uygulama

Lojistik sektörü, endüstri 4.0 sanayi devrimindeki gelişmelere ayak uyduran bir sektördür ve bundan dolayı incelenmelidir. Bu çalışmada da ülkemizde faaliyet gösteren lojistik ve kargo firmalarının Erzurum ilinde bulunan bölge müdürlükleri ve acentelikleri üzerinde bir araştırma yapılmıştır.

3.1. Araştırmanın Evreni

Araştırmanın evrenini Erzurum ilindeki lojistik ve kargo firmalarına ait bölge müdürlüklerindeki ve bölge acentelerindeki yetkili kişiler ve bilgi sistem sorumluları oluşturmaktadır. Erzurum ilinde toplam olarak 10 adet lojistik ve kargo kurumuna ait bölge müdürlüğü ve bölge acenteliği bulunmaktadır. Yalnız araştırma için bu kurumların sadece 6 tanesine ulaşılabilmektedir.

3.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bunun için araştırma soruları ile uyumlu olacak şekilde bilişim sistemleri başarısına yönelik izlenim ve fikirleri ölçümlenmeye çalışılmıştır ve bunun için Delone & McLean (2003) tarafından geliştirilmiş ‘*IS Success Model*’ den faydalanılmıştır. Ayrıca kurumların kullandıkları sistemler ve uyguladıkları politikalar ile endüstri 4.0 esaslarının birbirleri ile uyumunun anlaşılabilmesi için ise Gerow, Thatcher & Grover (2014)’ün çalışmalarında yer verdikleri ‘*Strategic Alignment*’ modelinden faydalanılmıştır. Bunun yanı sıra araştırma evreninde incelenmeye alınmış olan kurumlardaki sistem güvenliğinin düzeyi de incelenmiştir. Bunun için ise ‘*felaketten kurtarma-disaster recovery plan*’ kontrol listelerinden faydalanılmıştır³⁸.

3.3. Bulgular

Gerçekleştirilen birebir görüşmeler neticesinde elde edilen bulgular aşağıda sıralanmaktadır:

- Araştırma evreninde yer alan lojistik kurumlarına ait bölge müdürlüklerinin, kullanılmakta oldukları bilgi teknolojilerini stratejik açıdan değerlendirilebilmesi yeteneklerinin son derece zayıf olduğu görülmektedir.
- Ülkemizde faaliyet gösteren lojistik kurumlarının belirlediği stratejilerden, bölge müdürlükleri ve acenteliklerdeki yetkililerin bihaber oldukları kanaatine varılmıştır. Bu ise lojistik sektöründe âdemi merkezîyetçi olunamadığını göstermektedir.
- Lojistik kurumlarına ait bölge müdürlüklerinde bilişim personelinden beklenen en önemli şeyin günü birlik arızalara yapılacak basit müdahaleler olduğu, alışılmışın dışındaki sorunlar için bölge müdürlüklerindeki bilişimci personelin yetersiz kalacağı ve bilgi teknolojileri yönetim ve denetiminin tamamen merkezden yönetildiği açıktır.

- Bölge müdürlükleri yetkililerinin ve acentelerinin kurumlarına ait farklı sistemlerin birbirleriyle olan ilişkileri hakkında yeterince değerlendirme yapamadıkları anlaşılmaktadır.
- Katılımcı kurumların bir kısmının kullanmakta oldukları sistemlerin esnek olmayan ve kullanıcı dostu olmaktan uzak sistemler olduğu anlaşılmaktadır. Kurum öz kaynakları ile edinilmiş sistemlerin kurumun amaçları ile daha uyumlu olduğu, dış kaynak kullanımı yolu ile veya satın alınma yolu ile edinil sistemlerin ise kullanıcıları ile uyumda bazı sıkıntılara sebep olabileceği izlenimi hâsıl olmuştur.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ülkemizde ve yurt dışında faaliyet gösteren çeşitli lojistik kurumlarının Erzurum ilindeki bölge müdürlükleri ve bölge acenteliği yetkililerince yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler neticesinde elde edilen bulgular ve endüstri 4.0 çağına yönelik literatür bilgileri birbirleriyle eşleştirilerek çeşitli değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu değerlendirmeler aşağıdaki gibidir:

- Endüstri 4.0, çeşitli teknolojik alt yapıya ihtiyaç duyarken bazı yönetsel uygulamaların da ciddi olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Endüstri 4.0 kişiselleştirme ve otonom uygulamalar üzerine bina edilirken, lojistik 4.0 uygulamalarının gündemde olduğu günümüzde lojistik kurumlarının stratejik yönetim sürecinde bölge müdürlüklerini ve bölge acenteliklerini süreç dışına itmelerinin yanlış olacağı görülmektedir. Nitekim stratejiler, üst düzey yönetim fonksiyonu olmasına rağmen kurumun bütün olarak ele alınmasını ve sürece alt düzey yöneticilerinin de dahil edilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda; lojistik kurumlarının, alt bölge birimlerini bilgi teknolojilerine ait stratejik kararlarından yeterince haberdar etmemelerinin lojistik 4.0'ı yakalamada önemli bir engel olacağı düşünülebilir.
- Siber fiziksel sistemler endüstri 4.0'ın en önemli bileşenlerinden birisidir ve esnek olunmayı ve anlık kararlar verebilmeyi gerektirmektedir. Fakat lojistik kurumlarının, bölge müdürlükleri ve acentelerini teknolojik sistemlerin yönetiminde tamamen devre dışı bırakmaları, lojistik 4.0 uygulamalarının yaygınlaştırılmasını sekteye uğratacak bir neden olarak görülebilir.
- Endüstri 4.0, akıllı fabrikaların ve akıllı ürünlerin var olacağı bir üretim alt yapısını vadetmektedir. Böyle bir üretim alt yapısı, ürün ve hizmetlerin sunumunda kişiye özel çözümlerin üretilebilmesini amaçlamaktadır. Fakat alt düzey birim yöneticilerinin ve çalışanlarının konu ile ilgili farkındalık düzeylerinin yeterli düzeyde olmaması, lojistik 4.0 faaliyetlerinin bölge düzeyinde gerçekleştirilmesinin ve bölgelerdeki müşterilerin iş süreçlerine dâhil edilmesinin önünü tıkayacaktır. Bu ise endüstri 4.0 konsepti ile tamamen aykırı düşmektedir.
- Ayrıca endüstri 4.0 uygulamaları, insan kaynakları politikalarında da bazı değişikliklere gidilmesini gerektirmektedir. Dolayısı ile lojistik 4.0 uygulamalarının hayata geçirilebilmesi için lojistik kurumlarının özellikle kurumsal sistemlerine yönelik elemanlarının tedariki ve sonrasındaki insan kaynakları politikaları ve uygulamalarına ait süreçte mevcut durumdan daha farklı davranmaları son derece önem arz etmektedir.

Yapılan literatür taraması, uygulanan yarı yapılandırılmış görüşmeler neticesinde elde edilen bulgular ve bunlardan hareketle yapılan değerlendirmeler neticesinde bazı öneri ve tavsiyelerde bulunulabilir. Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü ve Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü lojistik kurumları ile ilgili çeşitli ortak çalışmalar yürütmelidirler. Buna yönelik çalışma ve projelerde lojistik kurumlarının da desteği alınarak üniversite-sanayi işbirliği kapsamında projeler gerçekleştirilebilir. Bu sayede lojistik kurumlarının alt bölge birimlerinde lojistik 4.0 ile

ilgili farkındalık düzeyinin artırılması sağlanabilir. Ayrıca konu ile ilgili akademik çalışmalar yapılarak literatürdeki açığın kapatılması da sağlanabilir.

Kaynaklar

- Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J., Retat, S. (2017). “Learning Factory: The Path to Industry 4.0”. *Procedia Manufacturing*. 9. 73 – 80.
- Gobbo Junior, J. A., Busso, C. M., Cristina, S., Gobbo, O., Carreao, H. (2018). “Making the Links among Environmental Protection, Process Safety, and Industry 4.0”, *Process Safety and Environmental Protection*. 117. 372–382.
- Lu, Y. (2017). “Industry 4.0: A Survey on Issues Technologies, Applications and Open Research Issues”, *Journal of Industrial Information Integration*. 6. 1–10.
- Moktadir, Md. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S., Shaikh, Md. A. A. (2018). “Assessing Challenges for Implementing Industry 4.0: Implications For Process Safety and Environmental Protection”, *Process Safety and Environmental Protection* 117. 730–741.
- Müller, J. M., Buliga, O., Voigt, K. (2018). “Fortune Favors the Prepared: How SMEs Approach Business Model Innovations in Industry 4.0”, *Technological Forecasting & Social Change*. 132. 2–17.
- Pereira, A. C. and Romero, F. (2017). “A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0 Concept”, *Procedia Manufacturing*. 13. 1206–1214.
- Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., Canciglieri, O. (2017). “Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing*. 11. 1358 – 1365.
- Santos, M. Y., Oliveira e Sa, J., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., Martinho, B., Galvao, J. (2017). “A Big Data System Supporting Bosch Braga Industry 4.0 Strategy”, *International Journal of Information Management*. 37. 750–760.
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araujo, M., Ares, E. (2017). “Towards Industry 4.0: An Overview of European Strategic Roadmaps”. *Procedia Manufacturing*. 13. 972–979.
- Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., Kohl, H. (2018). “Industry 4.0 As Enabler For A Sustainable Development: A Qualitative Assessment of Its Ecological and Social Potential”, *Process Safety and Environmental Protection*. 118. 254–267.
- Szalavetz, A. (2018). “Industry 4.0 And Capability Development in Manufacturing Subsidiaries”, *Technological Forecasting & Social Change*; <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.027>.