

Nimet Karabacak* Eskişehir Teknik Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
EskişehirNil Aras Eskişehir Teknik Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Eskişehir**Makale Bilgisi:**

Araştırma Makalesi

Gönderilme: 26-08-2019

Kabul: 19-01-2020

*Sorumlu Yazar: Nimet Karabacak

Email: nimetkarabacak@gmail.com

KOBİ'lerin Malzeme Aktarma ve Depolama Sistemlerine Yönelik Endüstri 4.0 Uygulamalarında Karşılaştığı Güçlükler ve Çözüm Önerileri

Üretim şirketlerinin dijital dönüşüm stratejileri, rekabetçi maliyetlerle ürün ve hizmetler sunabilmeleri için oldukça önemlidir. Yeni teknolojilerle elde edilen verilerin, yapay zeka tarafından yeni bir zeka türüne dönüştürülmesi sürecinde, malzeme aktarma ve depolama sistemleri ile ilgili olarak, Endüstri 4.0 için uygulama desteği alan ve değişimi uygulayan işletmeler, bu konuda radikal değişimlerin öncüleridir. Bu değişimler incelendiğinde, işletmelerin malzeme aktarma ve depolama sistemlerinde yaptıkları inovatif dönüşümler, kilit rolü üstlenmektedir. Türkiye'de faaliyet gösteren Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelere (KOBİ), Endüstri 4.0 uygulamalarının entegre edilmesinde bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, entegrasyon süreçlerinde ortaya çıkabilecek problemlerin açıklanması ve global alandaki çözüm yöntemlerini esas alan önerilerin sunulmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Malzeme Aktarma, Depolama, KOBİ, Endüstri 4.0.

1. GİRİŞ

Malzeme aktarma sistemleri, ürünlerin fabrika içine veya fabrika dışına taşınmasını kapsamaktadır. Depolama sistemlerinde ise ürünün, depoya girişini, giriş anından itibaren depodaki hareketlerini, depodan çıkış sürecini de içeren aktiviteler topluluğu çerçevesinde izleyeceği tüm yol haritasının modellenmesi hedeflenmektedir.

Bir işletmenin Endüstri 4.0 ile dijital dönüşümünün sağlanabilmesi için bulut sistemler kullanılmalıdır. Bu sistemler, eş zamanlı olarak erişilebilir olmalıdır. Sensörlerden gelen taşıma, aktarma, depolama bilgileri bulutta toplandıktan sonra, verilerin analizi yapılmalıdır. Bu verilerin taşınması ve analizi sırasında ortaya çıkabilecek güvenlik sorunları, birçok siber saldırıya sebep olabilmektedir. Bu durumu engelleyecek sistemler tasarlanmalıdır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bahnes vd. (2016), malzeme transfer sistemleri ile ilgili Endüstri 4.0 uygulamalarını araştırmışlardır. Bunun için, Intelligent Transport System (ITS) kapsamında, IAV (Intelligent

Autonomous Vehicles-Akıllı Otonom Araçlar) konusunu incelemiştir [3].

Bechtsis vd. (2016), Endüstri 4.0 ve Iot (Internet of things), Otomatik Yönlendirmeli Araçların (Automatic Guided Vehicles-AGV) ağ optimizasyonu ve dağıtım sorunlarını ele almışlardır. AGV'lerin modern üretim sistemlerinde sürdürülebilirliğini mümkün kılan özelliklerini açıklamışlardır. ARENA simülasyon yazılımında tipik bir depo modellenmiştir ve AGV'lerin operasyonel faaliyetleri önerilen düzeneklerde incelenmiştir [4].

Preuveneers ve Ilie-Zudor (2017) lojistik süreçlerinde verimliliğin arttırıcı bulut bilişim, büyük veri ve akıllı karar destek sistemleri ile akıllı fabrika ortamlarının sağlanabileceğini vurgulamışlardır [10].

Göçmen ve Erol (2018), Endüstri 4.0' in ilkelerini bir lojistik firmasında taşımacılık, depolama, yükleme/boşaltma ve bilgi hizmetleri birimlerinde incelemiştir. Çalışmada, bu konulara odaklanan bir literatür çalışması sunulmuştur. Bu alanda lojistik işletmeleri tasarlamak için gerekli temel ilkelere karar verilmiştir. Çalışmada, Endüstri

4.0'a geçiş için önemli olan otonom taşıma, otonom stok yönetimi, 3D depolar, küresel kaynak planlama, rotalama kriterlerinin önceliklendirilmesi için bulanık mantığa dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Ayrıca, bir lojistik firması için fizibilite kriterleri tartışılmıştır [6].

Liu vd. (2018), Endüstri 4.0 için CPS (Cyber-Physical Systems) tabanlı akıllı depo teknolojilerini araştırmışlardır. Çalışmada, siber-fiziksel sistemlerdeki en son teknolojilerin, akıllı depolar inşa etmeyi nasıl kolaylaştırdığı incelenmiştir [8].

Ünlü ve Atik (2018), bilgi ve teknoloji ağırlıklı ekonomiye Endüstri 4.0 ile dönüşüm sürecinde, Avrupa Birliği (AB) politikalarının baskın olduğunu belirtmişlerdir. AB'ne aday ülke konumunda olan Türkiye'nin Endüstri 4.0 performansını belirlemişlerdir. Bunun için, 28 AB ülkesi ile Türkiye'ye ait 10 Endüstri 4.0 göstergesinden faydalanarak faktör analizi ve kümeleme analizi yapılmıştır. Bunun için, kümeleme analizinde Ward yöntemi tercih edilmiştir. Elde edilen bulgular, Almanya'nın Endüstri 4.0 açısından en iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, analize dahil edilen ülkelerin Endüstri 4.0 açısından homojen bir görünüm sergilemediği tespit edilmiştir. Türkiye; Macaristan, Letonya ve Polonya ile aynı kümede yer almıştır [11].

Alcácer ve Cruz-Machado (2019), Endüstri 4.0'ın dijitalleşme çağına öncülük ettiğini ve fiziksel akışların sürekli olarak dijital platformlarda haritalanabileceğini belirtmişlerdir. En son teknolojiye sahip fabrikaların, değer zincirinin tüm unsurlarına ulaşmasıyla akıllı imalat ekosistemini oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 üretim ortamındaki teknolojileri, sistemleri, genel uygulamaları açıklamışlardır [2].

Furmans vd. (2019), malzeme taşıma alanındaki gelecekteki teknolojiler açıklamışlardır. Günümüzdeki malzeme taşıma sistemleri ile gelecekteki malzeme taşıma sistemleri için istenen kriterleri tanımlamışlardır. Çalışmada, bu sistemler için gerekli işlevler açıklanmıştır. Bazı modern malzeme taşıma sistemlerinden örnekler sunmuşlardır [5].

Ivanov vd. (2019), tedarik zincirinin dijitalleştirilmesi ve operasyon yönetimi ile ilgili bir çalışma sunmuşlardır. Çalışmada, SCOM (Supply Chain and Operations Management) mükemmellik kavramı ile dijital tedarik zinciri arasındaki karar mekanizması ve iyileştirmeler, nitel ve nicel bakış açılarıyla tartışılmıştır [7].

Safar vd. (2018), Endüstri 4.0 gibi platformların işletmelerin organizasyonunu ve iş modellerini nasıl değiştireceğini incelemişlerdir. Endüstri 4.0 için gerekli olan yazılım ve bulut çözümleri üzerinde durmuşlardır. Bu tür bir dönüşümün, KOBİ'ler tarafından finanse edilemeyeceğini belirtmişlerdir [21].

Mourtzis vd. (2019), bir kağıt firmasında depo tasarımı için Artırılmış Gerçeklik (AR) sistemlerini kullanarak, depolama ve envanter maliyetlerini minimize etmişlerdir [9].

3. GLOBAL ALANDA ENDÜSTRİ 4.0 VE ENDÜSTRİ 4.0 ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Endüstri 4.0 ilk olarak Avrupa'da (Almanya'da) kullanılmıştır. ABD ve Japonya'da uygulanmıştır. Endüstri 4.0 konsepti ülkemizde de hızla benimsenmeye başlanmıştır. Endüstri 4.0 uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte taşıma yönetim sistemlerinin kullanımı önem kazanmıştır. Bu sistemler talep yönetimi, dağıtım merkezi veya depolar arasında karşılıklı etkileşimi sağlamaktadır.

3.1. Global alanda Endüstri 4.0

Endüstri 4.0'ı kullanan ülkelerdeki işletmelerin işgücü maliyeti ve üretim maliyeti azalmaktadır. Bu konuda, Almanya'da gelecek yıllarda verimliliğin artacağı ve maliyetlerin azalacağı öngörülmüştür. Almanya'da bazı Endüstri 4.0 projeleri için, 5-7 yıl boyunca en az 450 milyon Euro'luk devlet desteği verilmektedir. Desteklenen teknolojiler; otonom sistemler, donanım geliştirme, yardım ve görselleştirme sistemleridir. Yazılım geliştirme de önemli miktarda destek almaktadır. Araştırma alanlarında fon miktarına ve destek alan proje sayısına bağlı olarak tematik alanlarda da destekler verilmektedir.

İsviçre'deki KOBİ'lerde, Endüstri 4.0 ile dijital dönüşüm süreci, operasyonel ve teknik olarak uygulanmıştır. Bir fabrikadaki veya depodaki malzemelerin aktarıldığı araçların rotası, yapay zeka, ileri robotik ve sensör teknolojiler tarafından belirlenmektedir. Bu durum, tedarik zinciri yönetiminde etkili olup, daha az maliyet ve süre tasarrufu sağlamaktadır. İsviçre'deki KOBİ'lerin, depolama ve lojistik faaliyetlerinde Endüstri 4.0 ile dijital dönüşümlerden %74 oranında yararlanılmaktadır [1].

ABD'de, Endüstri 4.0 gibi yeni teknolojilere yatırım yapılması ve sürekli gelişimlerin sağlanması amacıyla, Gelişmiş İmalat Ortaklığı kurulmuştur.

Çin’de, bilgi teknolojileri, nesnelerin interneti, otomasyon uygulamaları, akıllı imalat ekipmanları, akıllı kontrol sistemleri ve üst sınıf nümerik kontrollü makineler gibi Endüstri 4.0 çözümlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

AB’de, nesnelerin internetinin, imalat sektöründe uygulanmasına yönelik girişimler bulunmaktadır. KOBİ’lere, imalat ve üretim otomasyonu ve Ar-Ge projelerini teşvik etmek için ARTEMIS teknoloji platformu oluşturulmuştur. Bu platforma toplam 2.4 milyar Euro yatırım yapılmıştır. Siemens firmasının liderlik ettiği IoT@Work projesine 5.8 milyon Euro bütçe verilmiştir. Ayrıca, akıllı merkezi imalat alanındaki projeler için Geleceğin Şirketleri adlı kamu-özel ortaklığı girişimi için 1.2 milyar Euro ödenek verilmiştir.

Endüstri 4.0 Hindistan’da, ülkenin Beş Yıllık Planı’nın önceliklerinden biri olmuştur. Bu planda, gayrisafi yurtiçi hasılanın yüzde ikisini arttırmak amacıyla Endüstri 4.0 kapsamında, Ar-Ge ve inovasyon yatırımları yapılmıştır. Endüstri 4.0 için insan görünümlü robotlar ve siber-fiziksel sistemler ile ilgili çalışmalar, İnovasyon Merkezi Projesi kapsamında yürütülmektedir. Zebra Tech Company tarafından yürütülen bir çalışmaya göre, Hindistan’daki işletmeler, nesnelerin interneti teknolojisinin kabul edilmesi ve kullanılması açısından dünya lideri konumundadır [22].

Türkiye’de, Endüstri 4.0 uygulamaları açısından planlama ve uygulama eksikliği bulunmaktadır. Türkiye’deki Endüstri 4.0 uygulamalarında başarı sağlanabilmesi, sürdürülebilmesi ve geliştirilebilmesi için devlet tarafından daha etkin planlamalar yapılmalıdır.

Ülkemizdeki KOBİ’lerin, malzeme aktarma ve depolama sistemlerinin dijital uygulamaları incelendiğinde, işletmelerin yarısının yetersiz olduğu görülmektedir. Bu işletmelerde stoklar, sistemli olarak takip edilirken, tedarikçiyle karşılıklı veri paylaşımı yapılmamaktadır. Endüstri 4.0 ile ilgili teknolojiler daha çok, otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Diğer sektörlerde Endüstri 4.0 ile bağlantılı ileri teknolojiler kullanılarak, verimlilik hedeflenmektedir. Türkiye’de Endüstri 4.0, fason üretim yapan imalat atölyelerinden yılda 3 milyon dolar ciro yapan KOBİ’lere ve büyük holdinglere kadar her alanda hızla uygulanabilecek potansiyele sahiptir [13].

3.1.1. Endüstri 4.0’ın uygulanmasında KOBİ’lerin karşılaştığı problemler:

Otonom teknolojiler, esnek lojistik sistemler, yeni hizmetler, yeni depolama ve dağıtım modelleri, üretimde, montaj öncesinde ve dış hizmet sağlayıcılar arasındaki bağlantılar ile ilgili olan entegrasyonlarda ortaya çıkmaktadır.

KOBİ’ler bilgi işlem gereksinimlerini ve yazılım sistemlerini dış tedarikçilerden karşılamak zorundadırlar. Buna karşın, verilerinin iş ortakları tarafından yeterince korunup korunmadığı konusunda siber fiziksel güvenlikle ilgili endişeleri vardır [12]. Radikal bir dönüşüm için Endüstri 4.0 uygulamalarını kullanabilecek ve çalıştırabilecek nitelikli iş gücüne sahip değildirlir. Bununla birlikte, bilgi güvenliği politikasının olmaması, personelin eğitimsizliği ve korumasız ağ bağlantıları, KOBİ’ler için Endüstri 4.0 uygulamalarında büyük risk oluşturmaktadır.

KOBİ’lerin, Endüstri 4.0 uygulamalarını gerçekleştirecek bilişim teknolojilerine, altyapıya, veri ve sistem mimarilerine yatırım yapması gerekmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesi, büyük miktarda yatırım gerektirebilir. KOBİ’ler ise belirli IT sistemleri, makineleri ve süreçleri zamanla edinebilme eğilimindedirler. Makineler ve donanımlar çeşitli üreticilere aittir ve farklı güçtedir. Sonuç olarak, dijital dönüşümü sağlamak için otomasyon yazılımının güçlendirilmesi pahalıdır [14]. KOBİ’lere Endüstri 4.0 teknolojileri için düşük faiz oranları, kolay kredi koşulları, devlet teşvikleri sağlanmalıdır [18].

Maliyeti azaltacağı belirtilen Endüstri 4.0, nitelikli işgücü ve yatırım konularında yüksek maliyet ortaya çıkarmaktadır.

KOBİ’lerde, çok sayıda veri bulunmaktadır. Bu veriler esnek değildir. KOBİ’ler, satış, planlama, kontrol, üretim bölümlerindeki verilerin, tedarikçilere ve müşterilere akışını sağlamakta zorlanmaktadır [16]. Bunun yanında, işletme içindeki bölümler arası eşgüdümü sağlamakta da güçlük çekmektedir. Bu durum, dijital dönüşüm sürecinin yönetilmesine engel teşkil etmektedir.

3.2. Endüstri 4.0 çözümleri

Endüstri 4.0 çözümleri; işletme dışındaki ağ çözümleri, işletme içindeki entegrasyon çözümleri, mühendislik çözümleri, hızlı teknoloji çözümleri olarak ele alınmıştır.

3.2.1. İşletme dışındaki ağ çözümleri:

Bilgi teknolojilerinin entegrasyonu, veri analitiği ve yönetimi, bulut tabanlı uygulamalarda basit ağ çözümleri, akıllı üretim sistemleri ağı ve operasyonel etkinliklerdir. Malzemeler ve nihai ürünler için, tedarikçilerin değer zincirinden müşterilere ulaşmasına kadar olan tüm aşamaların entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu çözümler için sensörler, modüller, kontrol sistemleri, iletişim ağları kullanılmalıdır.

3.2.2. İşletme içindeki entegrasyon çözümleri:

İş modeli optimizasyonu, akıllı tedarik zinciri, akıllı lojistik, bilgi teknolojileri güvenliği yönetimi, vergilendirme modeli, diğer yeni teknolojilerdir. Buradaki dijital dönüşüm, tek bir veri tabanı oluşturacaktır. Akıllı tedarik zinciri, süreçlerin daha şeffaf ve etkin olmasını sağlamaktadır. KOBİ'ler, operasyonel güvenlik ve değer zincirine karşı yapılabilecek siber saldırılar için siber güvenlik stratejisi oluşturmalıdır. Endüstri 4.0'da ağlar arası veri paylaşımında, veri güvenliği sağlanmaktadır. Üç boyutlu baskı teknolojisi, farklı ülkelerde faaliyet gösteren KOBİ'lerin ticaret yapabilmesini sağlamaktadır.

3.2.3. Mühendislik çözümleri:

İnovasyon tasarımı ve yönetimi, portföy yönetimini kapsamaktadır. Endüstri 4.0 ile, yatırım kazancı elde edilirken, verilere dayalı bir karar alma süreci oluşturulur.

3.2.4. Hızlı teknoloji çözümleri:

Kurumsal girişimler ve öğrenen organizasyon yapısı, KOBİ'ler için uzun dönemde fayda sağlayacak çözüm yöntemleridir. Start-up yatırımı, inovatif teknolojilere yapılan yatırımlar, bu girişimleri kapsamaktadır [17]. Yeni teknolojilerin entegrasyonu için işletmeler istikrarlı olmalıdır. Yeni fikirler, yeni süreçler ve yeni iş modelleri, mevcut akışta da uygulanabilir olmalıdır.

4. TARTIŞMA

Endüstri 4.0, kalite, maliyet, hassasiyet açısından üstünlük getirmektedir. Küreselleşen rekabet ortamı nedeniyle, malzemelerin etkin bir şekilde tedarik edilmesini, depolanmasını ve taşınmasını sağlamak için malzeme aktarma ve depolama faaliyetleri oldukça önemlidir. Ancak beklenen durumlar için programlanan sistemler, beklenmeyen bir durum olduğunda çökmektedir. Bu durumda, yanlış malzemeler veya ürünler yanlış merkezlere aktarılıp, yanlış merkezlerde depolanabilir. Ancak insanın doğal zekası,

beklenmeyen durumlarda yanlış veya doğru kararlar alabilmektedir. KOBİ'ler için Endüstri 4.0 çözümlerinde, kilit noktalara yerleştirilmiş insan işçilere ihtiyaç vardır.

Endüstri 4.0, rekabeti arttırmaktadır. Riskleri azaltarak, fırsatları optimize etmektedir. En büyük avantajlarından biri de kaynakların etkin olarak kullanılabilmesidir. Endüstri 4.0 entegrasyonunda KOBİ'lerin bilgi teknolojileri altyapısı sağlam olmalıdır. Endüstriyel kontrol sistemlerindeki eski protokoller bu konuda yetersizdir. Bu nedenle internete bağlandıkları anda saldırıya açık sistemlerdir. Bu nedenle bilgi güvenliği risk analizi yapılmalıdır.

4.1. KOBİ'lerde Endüstri 4.0 ortamına uygun sistemlerin tasarımı

Endüstri 4.0 için genel dijital dönüşüm modeli olarak; ilk aşamada; etkinlik programlarında ve fuarlarda KOBİ'lere tanıtılmaktadır. İkinci aşamada, bilgi paylaşım grupları ve ileri eğitim ile, KOBİ'lerde deneme ve test süreci uygulanmaktadır. Somut problemler için transfer projelerinin oluşturulması (proje tanımı, proje çıktısı, proje uygulaması, sıralama, proje seçimi, transfer projeleri), yatırım ve ön bilgi ile entegrasyon tamamlanmaktadır.

Ülkemizde Endüstri 4.0'ı ilk olarak karanlık robot fabrikalar olarak planlanmamalıdır. Endüstri 4.0 kapsamında sensörler ve nesnelerin interneti ile küçük çaplı, yerel, düşük maliyetli, esnek ve dağıtık teknolojiler kullanılmalıdır. Daha sonra, yukarıda belirtilen teknolojik süreç optimizasyonu çözümlerinin uygulanması gerekmektedir.

4.2. Malzeme aktarma ve depolama sistemleri ve diğer sistemler için KOBİ'lerde Endüstri 4.0 örnekleri

KOBİ'lerde Endüstri 4.0, aktarma ve depolama sistemlerinden; konveyörler, konveyör hatları, depolama alanları, paketleme üniteleri ve raflar için uygulanmıştır. Bunun yanı sıra, diğer süreçler için de uygulamalar yapılmıştır.

Almanya-Detmold'da bir KOBİ olan MSF-Vathauer Antriebstechnik, malzeme taşıma uygulamalarında sıkça kullanılan tahrik bileşenleri ve otomasyon sistemleri üretmektedir. Şirket, OWL Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'ndeki LLA-Leistungselektronik ve Elektrische Antriebe ile birlikte, fren kullanımı yoluyla enerji tasarrufu potansiyelini kullanmak için yenilikçi bir enerji geri kazanım sistemi geliştirmiştir. Endüstri 4.0 çözümleri kullanılarak, enerji geri kazanım sistemi ve konveyör

sistemleri, daha yüksek enerji verimliliği ile çalıştırılmıştır. MSF Vathauer Antriebstechnik tarafından daha da geliştirilen sistem piyasaya başarıyla sunulmuştur. Alman şirket girişimi, Polonya'da Automaticon otomasyon fuarında 2014 OWL Transfer Ödülü'nü kazanmıştır [19].

Kanada'da bir mobilya üreticisi olan Etalex, depolara malzeme yerleştirilmesi ve depolardan siparişe göre malzeme çekilmesi faaliyetleri için Endüstri 4.0 çözümlerini uygulamıştır. Ayırıştırma ve gruplama işlemlerini, bilgisayar kontrollü otomatik veya robotik sistemler ile yapmıştır. Bu teknoloji sayesinde firma, aynı çalışan sayısı ile satışlarını yaklaşık % 40 artırmıştır.

Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği, tedarik, üretim ve depolama, malzeme aktarma ve taşıma, lojistik alanlarının, Endüstri 4.0 ile dijital dönüşümün kilit noktaları olduğunu vurgulamıştır. Bu bölgedeki bir KOBİ, Endüstri 4.0 ile depolama tesisinde, ortak kullanım gerektiren konveyör hatlarının bulunduğu alanda, gereksiz bekleme ortadan kaldırmıştır. Böylece, %10-%15 oranında daha fazla ürünün işlenmiştir. Tüm tesisin %10-%12 oranında daha verimli çalışması sağlanmıştır [22].

Almanya Bielefeld Üniversitesi'nde insan-makine etkileşimi aktarım merkezinde, Endüstri 4.0 uygulamaları test edilmektedir. Heinz Nixdorf Enstitüsü, Bilişim ve Robotik Enstitüsü ve Küme Mükemmeliyet Merkezi'ndeki araştırma enstitüleri de yetkinliklerini paylaşmaktadırlar. Bilişim Etkileşimli Teknolojiler ile ilgilenen şirketler, en gelişmiş teknolojileri ve yazılımları bu merkezlerde denemektedir. Kullanılan yöntemler; sanal/artırılmış gerçeklik, etkileşimli robotik, makine öğrenmesi, etkileşim tasarımı, kullanılabilirlik ve değerlendirme, otomatik görüntü işleme alanları üzerinedir. Bu birimlerde iş modelleri için danışmanlık ve eğitim hizmetleri sunulmaktadır.

Almanya-Fraunhofer Society ve OWL (OstWestfalenLippe) Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nden SmartFactoryOWL, bir Endüstri 4.0 uygulama merkezidir. Bu merkezde, akıllı fabrikalar için en önemli faaliyet alanlarına odaklanılmıştır. Bunlar; uyarlanabilirlik, kaynak verimliliği ve insan-makine etkileşimidir. Merkez, aynı zamanda KOBİ'ler için bir test alanıdır. KOBİ'ler, uzman ekip desteğiyle, Endüstri 4.0 teknolojilerini deneyip, üretim ve iş süreçlerine yeni teknolojileri entegre edebilmektedir. Kullanılan yöntemler; endüstriyel iletişim, otomasyonda veri analitiği, görüntü işleme ve örüntü tanıma algoritmalarıdır.

Fraunhofer Sistem Mühendisliği LIVE LAB, teknik sistemlerin geliştirilmesi için en son yöntem ve araçların test edildiği, karşılaştırıldığı bir uygulama ve transfer merkezidir. KOBİ'ler Endüstri 4.0 ortamında, siber-fiziksel sistemleri, iş modellerini, yenilikçi ürünleri ve karmaşık sistemleri geliştirmeyi öğrenmektedirler. Model tabanlı sistem mühendisliği, pilot projelere uygulanmaktadır.

Almanya-Rheda-Wiedenbrück'te orta büyüklükte bir işletme olan makine üreticisi Venjakob Maschinenbau, kendi kendine optimizasyon yöntemini kullanmıştır. Mevcut sistemlerdeki gelişme potansiyeli tespit edilmiştir. Dijital dönüşüm projesi oluşturularak, uygulama fikirleri paylaşılmıştır.

Almanya'daki bir KOBİ'de, Endüstri 4.0 çözümleriyle işletme içindeki entegrasyon sağlanmıştır [14]. Bilgi teknolojileri çözümleri ile süreçler hiyerarşisinin çeşitli seviyeleri arasındaki koordinasyon sağlanmıştır. Sonuç olarak verimlilik artırılmış ve teslim süreleri kısaltılmıştır [15].

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Değer zincirinin tüm ana alanlarını 2025 yılına kadar etkileyecek olan sekiz kilit teknoloji vardır. Endüstri 4.0 çözümleri kapsamındaki bu teknolojilerden en az beş tanesi, 2020 yılına kadar hazır olmalıdır [20]. Malzeme aktarma ve depolama sistemleri gibi işletme sistemlerinde uygulanması gereken bu teknolojiler; nesnelerin interneti, otonom araçlar, dronlar, yapay zeka, makine öğrenmesi, robotik, dijital izlenebilirlik, üç boyutlu baskı, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve blok zinciridir.

Endüstri 4.0 uygulamaları kullanılarak; depolama alanlarından %80'e kadar tasarruf, tam otomatik robotlu depolar ile sürekli çalışan sistemler, hat başı besleme, bekleme modülleri ile kusursuz stok yönetimi, "0" stok kaybı ve süre tasarrufu sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 için, iş modelleri optimize edilmelidir. Maksimum verimlilik, yüksek kalite, karar vermede hızlilik ve kolaylık, artan karlılık, azalan iş gücü maliyetleri Endüstri 4.0 uygulamalarının sağladığı avantajlar olarak sıralanabilir.

Endüstri 4.0 uygulamalarında, yapay zeka ile oluşturulan sistemler için siber saldırılar büyük bir risk oluşturmaktadır. Bu saldırıların uzman sistemler tarafından kontrol edilmesinde bazı problemler ortaya çıkabilir. Ancak, uzman sistemler iyileştirildiğinde başka bir teknolojik devrim söz konusu olacaktır.

5.1. Malzeme aktarma ve depolama sistemleri için Endüstri 4.0 çözüm önerileri

Endüstri 4.0 uygulaması olarak dronlar, depo işlemleri, malzemelerin depodan üretim alanına taşınması ve bitmiş ürünlerin üretimden nakliyyeye taşınması gibi faaliyetler için malzeme aktarma ve depolama sistemlerinde kullanılabilir. Bu uygulamalar, işgücü maliyetlerini önemli ölçüde azaltacaktır. Yüksek maliyetli ve entegrasyon yükü ağır çözümler yerine yüksek verimli bulut ürünler tercih edilmesiyle tasarruf sağlanacaktır. Özel tasarlanan stok denge, stok yaşlandırma raporlarına göre, süre ve kaynak tasarrufu sağlanabilir.

Endüstri 4.0 ile dijitalleşme sürecinde KOBİ'lerin en önemli sorunlarından biri, verilerin anlamlandırılmamış olmasıdır. Birbirinden farklı, bütünlüğü sağlanmamış, eksik kalmış verilerin bulunduğu işletmelerde, dijital dönüşüm öncelikle veriler üzerinden yapılmalıdır. Endüstri 4.0 ile ürün gruplamaları daha verimli hale gelerek daha sağlıklı analizler yapılabilir. Envanter sayımlarında ve mal teslimlerinde ürün verilerine kolayca ulaşılmaktadır. Böylece, stok yönetimi, masraf takibi ve analizi kolaylaşacaktır. Malzemelerin etiketlenmesi ve ambalajlanması faaliyetlerinde, esneklik kavramı önemlidir. Esnekliği sağlamak için KOBİ'lerin, dijital teknolojilerden yararlanmaları gerekmektedir. Gelecek dönemlerde kendi sektörlerine önderlik etmeyi hedefleyen KOBİ'ler, katma değer zincirleri için dijital stratejiler geliştirmelidir.

CHALLENGES IN INDUSTRY 4.0 APPLICATIONS AND SOLUTIONS TO MATERIAL HANDLING AND STORAGE SYSTEMS OF SMES

Technological developments and digital transformation of manufacturing companies are very important for present and new markets to provide products and services at competitive costs. This necessitates the creation of systems in which problems can be solved by the use of innovations such as the Internet of Things, Big Data and Artificial Intelligence in different industries. Businesses that may be ahead of their competitors in the future are those who have adopted and successfully implemented new basic technologies today. In this regard, the adaptation of material transfer and storage systems to current technologies plays a key role in production and logistics processes in the enterprises. In the process of transforming the data obtained with new technologies into a new type of intelligence by artificial intelligence, enterprises that receive application support for Industry 4.0 and implement change in relation to material transfer and storage systems are the pioneers of radical changes in this matter. Small and Medium Enterprises operating in

Turkey (SMEs) in integrating Industry 4.0 application for these systems is to cause some problems. In the integration process, it is of great importance for enterprises to prevent these problems from obstructing workflows. The aim of this study is to explain the problems that may arise in the integration processes and to examine the global solution methods for solving these problems. As a result, suggestions on how to design material transfer and storage systems in SMEs in our country in accordance with the Industry 4.0 environment and how to use real time data collected through digital technologies to make decisions are presented.

Keywords: Material Transfer, Storage, SME, Industry 4.0.

*Corresponding author e-mail address: nimetkarabacak@gmail.com

KAYNAKÇA

1. Anonim, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>
2. Alcácer, V., Cruz-Machado, V., Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems, Engineering Science and Technology, an International Journal, <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>.
3. Bahnes, N., Kechar, B., Haffaf, H. (2016), "Cooperation Between Intelligent Autonomous Vehicles to Enhance Container Terminal Operations", Journal of Innovation in Digital Ecosystem, 3, pp.22-29.
4. Bechtsis, D., Tsolakis, N., Vlachos, D., Iakovou, E. (2016), "Sustainable Supply Chain Management in the Digitalisation Era: The Impact of Automated Guided Vehicles", Journal of Cleaner Production, 142, pp.3970-3984.
5. Furmans, K., Seibold, Z., Trenkle, A., Future Technologies in Intralogistics and Material Handling, Operations, Logistics and Supply Chain Management, 545-574, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92447-2_24.
6. Göçmen E., Erol R., 2018, The Transition To Industry 4.0 In One Of The Turkish Logistics Company, International Journal Of 3D Printing Technologies And Digital Industry 2:1 (2018) 76-85.
7. Ivanov, D., Tsipoulanis, A., Schönberger, J., 2019, Digital Supply Chain, Smart Operations and Industry 4.0, Global Supply Chain and Operations Management, pp 481-526, https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-94313-8_16#citeas.

8. Liu, X., Jao, J., Yang, Y., Jiang, S., 2018, CPS-Based Smart Warehouse for Industry 4.0: A Survey of the Underlying Technologies, Received: 16 November 2017; Accepted: 29 January 2018; Published: 2 February 2018, Computers 2018, 7, 13; doi:10.3390/computers7010013.
9. Mourtzis, D., Samothrakakis, V., Zogopoulos, V., Vlachou, E., 2019, Warehouse Design and Operation using Augmented Reality technology: A Papermaking Industry Case Study, Procedia CIRP 79 (2019) 574-579, 10.1016/j.procir.2019.02.097.
10. Preuveneers, D., Ilie-Zudor, E., 2017, The Intelligent Industry Of The Future: A Survey On Emerging Trends, Research Challenges And Opportunities In Industry 4.0. Journal Of Ambient Intelligence And Smart Environments, 9(3): 287-298. doi: 10.3233/ais-170432.
11. Ünlü, F., Atik, H., Türkiye'deki İşletmelerin Endüstri 4.0'a Geçiş Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Ampirik Analiz, Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi Cilt:17, No: 2 (Yıl: 2018), s. 431-463, <http://aacd.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/462/2019/01/C17S2UnluveAtik.pdf>.
12. <https://bilisim.com.tr/haberler/endustri-40-ve-kobi-ler-291>.
13. https://www.taider.org.tr/images/belgeler/endustri_40_neden_onemli_ve_turkiyede_nasil_uygulan_mali.pdf.
14. Forstner, Lisa; Dümmler, Mathias 2014: Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0 [Integrated value creation networks – opportunities and potentials of Industry 4.0], in: Elektrotechnik & Informationstechnik 131 (7), 199–201.
15. Mussbach-Witer, Ute; Schatz, Anja: Vertikale IT-Integration im Auftragsmanagementprozess: Aspekte der Aufgabenverteilung und des Informationsaustauschs zwischen ERP- und MES-Software [Vertical IT integration in task management: Aspects of task allocation and exchange of information between ERP MES software], in: Software Markt, 1–6 (5), <http://www.it-matchmaker.com/public/downloads/1062.pdf> (10.04.2019).
16. Wischmann, Steffen; Wangler, Leo; Botthof, Alfons 2015: Autonomik Industrie 4.0: Volks und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland [Autonomics and Industry 4.0: Economic and business factors for Germany as an industrial location]. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Berlin, http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/industrie-4-0-volksund_20betriebswirtschaftliche-faktoren-deutschland.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf (13.04.2019).
17. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014: MonitoringReport Digitale Wirtschaft 2014 [Monitoring report on the digital economy], Berlin, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/monitoring-report-digitale-wirtschaft-2014-langfassung.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (10.04.2019).
18. Finanzgruppe Deutscher Sparkassen- und Giroverband 2015: Diagnose Mittelstand 2015: Kreditfinanzierung vor Kapitalmarkt, Berlin, <http://www.dsgv.de/diagnosemittelstand/> (10.04.2019).
19. https://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Informationsmaterialien/2017-Technology_Transfer_web.pdf.
20. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/UNIDO%20Background%20Paper%20on%20Industry%204.0_27112017.pdf
21. Safar, L., Sopko, J., Bednar, S., Poklemba, R., Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment, TEM Journal. Volume 7, Issue 3, Pages 626-637, ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM73-20, August 2018.
22. http://www.eria.org/uploads/media/ERIA-Books-2018-Industry4.0-Circular_Economy.pdf.