

ENDÜSTRİ 4.0: YENİ ÜRETİM TARZINI ANLAMAK

Erdem BAĞCI*
0000-0003-1856-3517

ÖZ

Bilimsel bilginin sahip olduğu olgusal, mantıksal, genelleyici ve nesnel yaklaşım özellikleri sayesinde iletişim ve bilişim teknolojileri hızla gelişimini sürdürmektedir. Bu gelişmeler insanlık yaşamını her yönüyle ciddi düzeyde etkilemektedir. Bu etkilerden biri de üretim süreçleri ve biçiminin değişmesidir. Endüstri 4.0 devrimi olarak ifade edilen gelişmeler neticesinde, 2050'li yıllara vardığımızda üretim yapısı ve süreçleri bugünkü yapıdan çok farklı olacaktır. Bu süreç, küresel ekonomik büyüme açısından yeni bir ivme sağlayacaktır. Bu bağlamda, sorulacak asıl soru, küresel ekonomik büyümenin sağlayacağı bu hasıladan hangi ülkeler faydalanacaktır. Özellikle de, ucuz emek gücüyle doğrudan yatırımlar çeken bu sayede kısmen de olsa küresel ekonomik büyümeden pay alan ülkeler açısından endüstri 4.0 devrimi ne anlam taşımaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma endüstri 4.0 devriminin doğuracağı fırsatlardan yararlanmak ve/veya tehditlerden korunmak için firmalar ve ülkeler tarafından nasıl bir hazırlık süreci izlendiği ve bu sürecin doğuracağı etkiler irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Sanayi Devrimi, Yeni Üretim Tarzı, Akıllı Üretim,

JEL Sınıflaması: E23, L16, O14

INDUSTRY 4.0: UNDERSTANDING THE NEW PRODUCTION STYLE

ABSTRACT

Communication and information technologies continue to evolve rapidly, thanks to the factual, logical, generic and objective approach features of scientific knowledge. These developments are seriously affecting every aspect of human life. One of these effects is the change of production processes and form. When we reach the 2050s on the basis of developments expressed as 4.0 industrial revolution, the production structure and processes will be very different from today's structure. This process will provide new momentum for global economic growth. In this context, the main question to be asked is which countries will benefit from the output of this global economic growth. In particular, what is the meaning of the industry 4.0 revolution in terms of the countries that are part of the global economic growth, partly on the one that attracts direct investment with cheap labor power. In this context, this study examines the process by which firms and countries follow the process of preparation and the effects that this process will bring in order to take advantage of opportunities and / or to protect against threats of the industry 4.0 revolution.

Keywords: Industry 4.0, Industrial Revolution, New Production Style, Intelligent Production,

JEL Classification: E23, L16, O14

*Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İngilizce İşletme Bölümü Öğretim Üyesi, ebagci@gelisim.edu.tr

Giriş

Teknoloji, iletişim ve bilişimin hızlı gelişimi insanlık yaşamını her yönüyle ciddi düzeyde etkilemektedir. Bu gelişmeler üretim süreçlerini ve biçimlerini de etkilemektedir. Nitekim 4.0 endüstri (sanayi) devrimi olarak ifade edilen gelişmeler neticesinde, 2050’li yıllara vardığımızda üretim yapısı ve süreçleri bugünkü yapıdan çok farklı olacaktır. Bu süreci ön gören ve alt yapılarını hazırlayan firmalar ve dolayısıyla ülkeler yüksek düzeyde rekabet gücü sağlayacaklardır. Nitekim küresel piyasalarda hızlı değişimler yaşanmakta ve bu değişimler daha da hızlanacaktır. Değişen koşullara hazırlıklı olan firmalar sahip oldukları fiziksel, entelektüel yetenek ve altyapı sayesinde teknolojik gelişmelerden yeterince yararlanarak müşteri ihtiyaç ve isteklerine daha yakın üretim süreçleri oluşturabileceklerdir.

Endüstri 4.0 devriminin yaşanmaya başladığı dönem ile birlikte başarılı bir şekilde sürecin öncüsü olacak firmaların ve ülkelerin, yüksek nitelikli liderlik ve yöneticilik başarısıyla ticari ve teknik zekâyı birleştirebilecek, bilimsel anlamda matematik, mühendislik ve teknolojik yeteneğine sahip olmaları gerekecektir. Özellikle, müşteri ve üretici arasındaki ömür boyu ürün onarım ve bakım açısından karşılıklı bağımlılığı araştırmak ve anlamak için, üretim süreçlerinde sürekli yenilikçilik ve adaptasyonun sağlanması için araştırma geliştirmenin önemi öne çıkmaktadır.

Ürünler, kullanım sürelerini ve ömürlerini doldursalar bile, yeni süreçte, geri dönüşüm, yeniden üretim imkânları sayesinde ürün ve üretim süreçleri sürdürülebilir hale gelecektir. Bu süreç, yaşanan gelişmeler sayesinde, küresel ekonomik büyüme açısından yeni bir ivme sağlayacaktır. Bu bağlamda sorulacak asıl soru, küresel ekonomik büyümenin sağlayacağı hasıladan hangi ülkeler faydalanacaktır. Özellikle de ucuz emek gücüyle doğrudan yatırımlar çeken bu sayede kısmen de olsa küresel ekonomik büyümeden pay alan ülkeler açısından endüstri 4.0 devrimi ne anlam taşımaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma endüstri 4.0 devriminin doğuracağı fırsatlardan yararlanmak ve/veya tehditlerden korunmak için firmalar ve ülkeler tarafından nasıl bir hazırlık süreci izlendiği ve bu sürecin doğuracağı etkiler irdelenmektedir.

SANAYİ DEVRİMLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0'IN GELİŞİMİ

Birinci Sanayi Devrimi (18. yüzyılın sonu), suyun gücünden faydalanılan ilk mekanik üretim tezgâhlarının bulunmasına dayanmaktadır. Bu süreçte, buhar gücü gittikçe daha fazla kullanılmaya başlandı ve makineler için çeşitli araçlar geliştirildi. İkinci Sanayi Devrimi (20. yüzyıl) elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanması ile seri üretimin oluşmasına dayanmaktadır. Bu süreçte, elektrikle çalışan ilk üretim bandı kullanıldı. Üçüncü Sanayi Devrimi ile (1970'lerin başı) üretim süreçlerinin elektronik ve bilgi teknolojileri ile otomasyonu sağlandı. İlk programlanabilir akıllı kontrol cihazı (PLC) Modicon 084 tanıtıldı (TOBB,2016:16-27). 1990'lı yıllara gelindiğinde ürünlerin dijitalleşmesi, süreç otomasyonu ve ilk çevrimiçi iş modelleri oluştu. 2000'li yılların başında ise ilk dijital çözümler, izole uygulamalar, otomatik süreçler, dijital müşteri ara yüzü ve çok kanallı sıra dışı teknolojiler gelişti. 2015 yılından itibaren endüstri 4.0 olarak bilinen dijital ürün ve servisler, dikey ve yatay entegrasyonlar ve dijital operasyonlar, yeni iş modelleri ve veri analizi odaklı gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır (Baysal, 2015:11).

Dördüncü Sanayi Devrimi ise, hızla gelişen teknoloji olanakları sayesinde sektörel gereksinimleri hızlı, güvenilir ve yenilikçi bir anlayış gerçekleştirilmesi beklenen, yeni bir üretim tarzını ifade etmektedir. Bu yeni üretim tarzı ilk kez 2011 yılında Hannover Sanayi Fuarı'nda ortaya konulmuştur (Kang ve diğerleri, 2016). İzleyen yıllarda ise, Alman Federal Hükümeti Yüksek Teknoloji stratejisini geliştirmek için endüstri 4.0 üzerinde çalışmıştır (Oesterreich ve Teuteberg, 2016). Benzer şekilde aynı süreç, Amerika Birleşik Devletleri'nde "Endüstriyel İnternet" ve Çin'de "İnternet +" adıyla gelişmiştir (Wang, Wan, Li ve Zhang, 2016). Bu gelişmeler göstermektedir ki, bilgi ve iletişim teknolojilerinin sağlamış olduğu gelişmelerle üretim süreç sistemleri dijital dönüşüm yaşamıştır. Üretim süreçlerinin dijitalleşmesi, makineler, insan ve altyapı etkileşimiyle ortaya çıkan 'Akıllı Üretim Sistemi' sanayide yeni bir paradigma doğurmuştur. Sanayi 1.0'ın dinamizmi olan buhar gücüyle çalışan mekanik sistemler, sanayi 4.0 ile birlikte siber fiziksel sistemlere yerine bırakılmaktadır (TÜBİTAK, 2016:1). Diğer bir ifade ile endüstri 4.0, bilişim, internet süreçlerinin üretim aşamalarına entegrasyonu ve süreçler arası ağların oluşturulmasıdır. Bu bağlamda endüstri 4.0'ın etkinliği ağa ve akıllı cihazlara bağlanan teknoloji ve süreçlerle sorunsuz bir şekilde işlenen bir ekonomiye bağlıdır. Çünkü dördüncü sanayi devriminin vizyonu, dijital, akıllı hizmetler sağlayan siber fiziksel üretim sistemlerini içermektedir (IEC,2015:24). Kısacası, endüstri 4.0, makinelerin üretim sürecinde birbiriyle insan kontrolü olmadan etkileşime girdiği akıllı bir üretim ağını ifade etmektedir (Ivanov, Dolgui, Sokolov, & Werner, 2016).

Avrupa imalat sektörü, BRIC (Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin) ülkelerinin rekabetinden zarar gördüğü için 2012 yılında Avrupa komisyonu acil uygulamalar için çağrıda bulunmuştur. Bu süreçte geleceğin fabrikalarını dizayn ederek, kamu – özel sektör ortaklığıyla (PPP – Public Private Partnership) 2020’de sanayinin payını % 20’ye çıkarmayı hedeflemektedirler. Bu bağlamda, “Akıllı Fabrikalar”, “Akıllı Tesisler” ve “Geleceğin Fabrikaları” kavramları gelecekte sanayinin nasıl faaliyet göstereceği ve dizayn edileceğini açıklamaya çalışan vizyonu temsil etmektedir(Bedo vd, 2015). Bu bağlamda, Avrupa’da gelişen yeni üretim tarzının belirleyicilerini (drivers), sosyal açıdan; kentleşme, bilgiye erişim, sınıfların çakışması, demografi, eğitim ve çeşitlilik olarak sıralanmaktadır. Teknolojik açıdan, araştırma ve geliştirme, yeni malzemeler, toplu özelleştirme ve kişiselleştirme, kentsel üretim ve büyük veri olarak sıralanmaktadır. Çevre faktörleri olarak, iklim değişikliği, çevresel etkililik, çevresel verimlilik, tüketici çevresel çekme, tedarik zinciri bozulması ve dayanıklılık olarak sıralanmaktadır. Siyasi açıdan, eğitim, küresel yönetim düzenlemeleri, Asyalılaştırma, akıllı uzmanlaşma ve kaynak çatışmaları olarak sıralanmaktadır. Ekonomik açıdan, insan sermayesi, yeni üretim hizmetleri, işbirliği ve rekabet, yeni pazarlar ve rakipler, ekonomi döngüsü olarak sıralanmaktadır (Flynn, Vd. 2013:13). Akıllı fabrikalara doğru gidişatı hızlandıran temel faktörler ise, teknoloji yeteneğinin hızla gelişmesi, küresel üretim ve talebin çeşitlenmesine bağlı olarak tedarik zincirindeki karmaşıklığın ve çeşitliliğin artışı, kaynak tedarikinde beklenmedik rekabet baskısı ve bilişim teknolojileri ile operasyonel teknolojilerinin buluşması şeklinde sıralanmaktadır (Deloitte, 2017). Yeni üretim tarzının oluşmasını besleyen mega trendler; demografik değişme (dünya nüfusunun artması, yaşlanan toplumlar, artan şehirleşme), küreselleşme ve gelecekteki pazarlar (BRIC ve ötesi), kaynakların kıtlığı (enerji, su, diğer mallar), İklim değişikliğinin zorluğu (artan CO2, küresel ısınma, risk altındaki ekosistem), dinamik teknoloji ve yenilik (BİT ve sanallaştırma, nesnelerin interneti, teknolojik difüzyon, yaşam bilimi çağı, her yerde bağlantı, algılama ve dijitalleşme), Knowledge küresel bilgi toplumu (nasıl base taban, cinsiyet boşluğu, yetenek savaşı, veri çarpımı ve bilgi) toplumun kişiselleşmesi ve Küresel sorumluluğu paylaşma (küresel işbirliğine geçiş, STK'ların artan gücü, artan) şeklinde sıralanabilir (Bedo vd, 2015).

ENDÜSTRİ 4.0’IN BEKLENEN ETKİLERİ VE ZORLUKLARI

Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte oluşan gelişmeler her alanda önemli etkilere neden olacağı gibi beraberinde bu sürece uyum açısından önemli zorluklar da doğurmaktadır.

Endüstri 4.0 Devriminden Beklenen Etkiler

Endüstri 4.0 tartışmalarının başladığı Avrupa’da yapılan çalışmalar ve araştırmalar incelendiğinde, yeni üretim tarzının olası etkileri; İstihdam, Sürdürülebilir Rekabet, Toplumsal, Çevresel, İnovasyon, Araştırma ve Geliştirme üzerindeki etkiler olmak üzere beş başlık altında toplamak mümkündür.

İstihdam Üzerindeki Etkisi

Batı ekonomilerinin yeni üretim tarzıyla temel hedefleri, üretimde ve dolayısıyla istihdamda süren düşüş eğilimini tersine çevirmek ve yükselen sektörlerde istihdam olanakları sağlamaktır. Nitekim Avrupa’da finansal olmayan sektörlerde, 2007 yılında toplam istihdam oranı %27 iken 2009 yılında % 22’lere düştüğü görülmektedir (EFFRA, 2013:110). Avrupa ülkelerinin lokomotif gücüne sahip olan Almanya’nın öncülüğünde gelişen yeni üretim tarzının temel hedefi Asya üretim tarzı olarak bilinen ucuz emeğe dayalı üretim tarzı yerine akıllı üretim tarzını ikame ederek artan işsizliği azaltacak yeni istihdam alanları yaratmaktır. Avrupa tarafından 2020 yılı için oluşturulan yol haritasında çok sektörlü ve boyutlu bir şekilde geleceğin üretimini ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirme planlanmaktadır. Yeni üretim tarzı, otomotiv, mikroelektronik, telekomünikasyon, tekstil ve giyim, sağlık ürünleri, ev aletleri, elektroteknik ekipman, makineler, vb. gibi birçok imalat sektöründe etkili olacaktır. Bu sektörlerin yeni üretim tarzına uyum sağlayabilmesi ileri ve geri bağlantılı sektörlerin gelişmişliğine bağlıdır. Avrupa bu açıdan tedarik zinciri olarak daha gelişmiş materyaller, biyomateryaller, hammaddeler, nanoteknoloji, vb açısından üretim sürecine bağlı olarak yüksek teknoloji ve yüksek yetenekli imalat sistemleri ve süreçleri ile mühendislik hizmetlerine güvenmektedir (EFFRA, 2013:110). Bu bağlamda yeni üretim tarzı bütün sektörlerin aynı anda gelişmesine olanak sağlayacağı için Avrupa açısından istihdam olanakları sağlayacak ve işsizliği azaltıcı bir etki doğuracaktır.

Sürdürülebilir Rekabet Üzerindeki Etkiler

4.0 sanayi devrimi ile birlikte oluşan yeni üretim tarzı üreticilerin karlılığını, Pazar payını arttıracığı için uzun vadede teknolojik rekabet gücüne daha fazla yatırım yapılmasına imkân sağlayacaktır. Bu bağlamda Avrupa’nın ihracat lideri olacağı hedeflenmektedir. Yeni üretim tarzının sağladığı imkanlar sonucu, düşük ücret avantajından yararlanmak için Avrupa’dan Asya’ya yönelen üretim amaçlı yatırımların tersine dönmesi mümkün olacaktır. Bu durum kalite, maliyet ve ürün teslimi rekabet gücünü arttıracaktır. Yeni üretim tarzına uyum süreci

yenilikçi yaklaşımların gelişmesini tetikleyecek ve bilgi yoğun becerilerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu beceriler sayesinde kıt kaynakların geri dönüştürülmesi mümkün olacağı gibi yüksek performanslı ve küçük ölçekli üretimi mümkün kılacaktır. İmalatta kaynak verimliliği, tedarik zinciri dinamiklerinin etkin yönetilmesi ve hızlı karar alabilme yeteneğinin doğması önemli düzeyde rekabet gücü sağlayacaktır. Rekabet gücünün önemli unsurlarını oluşturan verimlilik, üretkenlik, esneklik, piyasaya duyarlılık, kalite ve sıfır hataya dayalı üretim, yeni üretim tarzının en önemli kazanımları olacak ve yüksek katma değerli üretim imkanı sağlayacaktır. Bu bağlamda katma değerli üretim sonucu, niteliksel sürdürülebilir büyümesine katkı sağlayacaktır. Diğer bir ifade ile, yeni üretim tarzı istihdamı, katma değeri, kaynak verimliliği, rekabet gücü, ticaret, finansal istikrar ve ekonomik refah olumlu yönde etkileyecektir (EFFRA, 2013:111).

Toplumsal Etkiler

Yeni üretim tarzının toplumsal etkileri sadece istihdam yönünden olmayacaktır, aynı zamanda toplumu oluşturan bireylerin başarısını arttıracak ve güvenli bir iş ortamı sağlayacaktır. Buna ek olarak yeni üretim tarzının ihtiyaç duyduğu vasıflara uygun eğitim programları zorunlu hale gelecektir. Bu durum insani gelişmişliği de arttıracaktır. Nitekim beyaz yakalı ve mavi yakalı çalışanların entegrasyonunu sağlayacak ve toplumsal uyumu getirecektir. Yeni üretim tarzının en önemli bir diğer sosyal etkisi, pek çok yeni ürünün geliştirilmesi yoluyla olacaktır. Özellikle, sağlık ürünleri, güvenlik ve güvenli ulaşım araçlarının üretimi toplumsal etkiler doğuracaktır. (EFFRA, 2013:111).

Çevresel Etkiler

Yeni üretim tarzının çevresel etkileri en basit haliyle, daha az kaynak ile daha fazla üretimin mümkün kılacağı için doğa tahribatı daha düşük düzeyde olacaktır. Üretimde kalite ve verimliliğe odaklanma olacağı için emisyon ve atıkların düzeyi düşeceği planlanmaktadır. Nitekim sana ortamda, üretim süreci prototipi oluşturulması ve süreç kontrollerinin yapılması mümkün olacağı için üretim tesisi kurulmadan, yatırımlar gerçekleşmeden sanal ortamda her türlü risklerin değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Yenilebilir enerji kullanımını artacağı ve klasik enerji kaynaklarının kullanımını azalacaktır. Bu durum önemli düzeyde kaynak tasarrufu sağlayarak olumlu çevresel etkiler sağlayacaktır (EFFRA, 2013:111).

İnovasyon, Araştırma Geliştirme Üzerindeki Etkiler

Yeni üretim tarzının dinamizmini oluşturan temel faktör araştırma ve geliştirme ile ortaya çıkan inovasyondur. Bu nedenle, ekonomiyi oluşturan temel dört önemli birimden biri olan firmaların rekabet davranışının belirleyicisi de araştırma ve geliştirme faaliyetleri olacaktır. Firmaların ayakta kalabilmelerinin tek yolu araştırma ve geliştirmeye önemli düzeyde kaynak ayırmasıdır. Bu durum doğal olarak daha iyi ürünü, daha hızlı ve daha az kaynak ile üretmeyi ve müşteri talebine daha hızlı yanıt verebilmek için yapılacak çalışmaları hızlandıracaktır. Tüm bu gelişmeler zaman tasarrufu sağlayarak farklı ürün ve hizmetlerin üretilmesine ve sunulmasına imkân tanıyacaktır (EFFRA, 2013:113).

Endüstri 4.0 Devriminden Beklenen Zorluklar

Yeni sanayi devrimi ile birlikte gelecekte farklı becerilere sahip bireylere ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle, hükümetler yeni sanayi devrimiyle oluşan alanlar ile ilgili eğitimi desteklemeli ve insan gücünü ona göre yetiştirmesi gerekmektedir. Bazı bölgelerde demografik değişimlerin olması kaçınılmaz olacaktır. Uzmanlar tarafından tartışılan ana zorluk ağa bağlı imalat için standartlar ve referansların oluşturulmasıdır. Çünkü bu standartların ve referansların sadece bir kesim tarafından gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu süreçte hem firmaların hem de hükümetlerin birlikte ortak hareket etmesiyle mümkündür. Buna ek olarak hükümetlerin alacağı kararlarla oluşturulacak alt yapı ile şirketlerin işbirliği sağlanmalıdır. Özellikle, sanayi birlikleri, teknoloji sağlayıcıları ve endüstriyel mamul kullanıcılarının işbirliği standartların belirlenmesinde önemlidir. Örneğin, ABD’de ulusal teknoloji ve standart enstitüsündeki gelişmiş imalat programı ulusal ofisi (advanced manufacturing national programme office) endüstri ile işbirliği yaparak standartlar geliştirmiştir. Almanya bu zorlukları aşmak için akademi, endüstri ve hükümet birlikte forumlar gerçekleştirmiş ve konu ile ilgili akademik çalışmalar desteklenmiştir (Ernst ve Frische, 2013:25)

Teknoloji sağlayıcılarından kaynaklı zorluklar, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve sunulması, araç ve gereçlerin test edilmesiyle gerekir, çünkü eğer araç ve gereçlerin aynı dili kullanması standartlaştırılmaz ise endüstriyel gelişme ve başarı zarar görür. Teknoloji ekipmanları üreticileri ve teknoloji sağlayıcılar sanayicilere ürünlerini yeterince anlatabilmeleri ve onların tereddütlerini gidermeleri gerekir aksi takdirde akıllı makinalarla üretime geçiş kolay olmayacaktır. Bir diğer önemli zorluk ise, teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni ekipmanların sürekli geliştirilmesidir. Bu bağlamda, teknolojik ekipman sağlayıcıların, yeni gelişen teknolojilere uyum sağlayacak esneklikte ürün üretmeleri zorunludur. Buna ek olarak, işletme

yönetimlerinin karşılaşacağı zorluklar; işletmeler organizasyon yapılarını, üretim süreçlerini yeteneklerini gözden geçirmesi ve gerekli değişiklikleri yapması gerekir (Ernst ve Frische, 2013:26).

DÜNYA'DA ENDÜSTRİ 4.0'A YÖNELİK YAPILAN HAZIRLIKLAR

Gelişmiş ülkeler, başta Almanya olmak üzere, düşük maliyetli işgücü nedeniyle Asya ülkelerine doğru kayan sabit sermaye yatırımlarının Avrupa ekonomisi açısından neden olduğu rekabet gücü düşüklüğü, işsizlik ve diğer makroekonomik sorunlarını aşmak için bir çıkış olarak, endüstri 4.0'ı görmektedir (Türk Vd., 2014:2-3). Avrupa'daki firmaların yeni üretim tarzına uyum için yaptıkları yatırımlara bakıldığında, batı Avrupa'da firmaların % 77'si yeni üretim tarzına uyum için dijital fabrika yatırımları yaparken, doğu Avrupa'da ise firmaların % 5'i yeni üretim tarzına uyum için dijital fabrika yatırımları yapmaktadır. Batı Avrupa'da yeni üretim tarzına uyum için dijital fabrika yatırımları yapan küçük işletmeler oranı %87 iken, büyük işletmelerin oranı %61 oranındadır. Kuzey Amerika'da ise firmaların %7'si ve Güney Amerika'da ise firmaların %2'si yeni üretim tarzına uyum için dijital fabrika yatırımları yapmaktadır. Asya'da ise yeni üretim tarzına uyum için dijital fabrika yatırımları yapan firmaların oranı %7 oranındadır (Geissbauer, Vd. 2017:13). Almanya, 2011 yılında ekonomistler, akademisyenler ve endüstriyel üretim yapan firmaları buluşturan çalışma grubu ile Endüstri 4.0 Strateji Belgesini hazırlamıştır. Almanya'nın bu süreçte yapması gereken hazırlıkları belirleyen ilgili belgede, Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'nın koordinasyonuyla uygulanacak olan bu belirlenen stratejiler için 200 milyon avrodan oluşan bir bütçe ayrılmıştır. Finlandiya ve İngiltere'nin de yüksek değerli üretim programıyla birlikte 800 milyon avroya ulaşan bir bütçe endüstri 4.0 için ayrılmıştır (Türk Vd., 2014:2-7). Buna ek olarak, Almanya 2020'ye kadar Sanayi 4.0 için her yıl için 20 milyar Euro civarında altyapı yatırımı yapmayı planlamaktadır(TOBB, 2016:16-27).

Almanya'nın Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

Almanya endüstri 4.0'a ilişkin hazırlamış olduğu strateji belgesini çerçevesinde yapacakları çalışmaları belirlemiştir. Yapılan hazırlıklar başlıklar altında aşağıda tartışılmaktadır.

İleri Üretim Süreçlerinin Oluşturulmasına İlişkin Çalışmalar

İleri üretim süreçlerinin oluşturulması için yapılması ve/veya yapılan araştırmalar, hem yeni hem de güncel malzeme veya ürünler için verimli ve yüksek kaliteli üretim için yenilikçi

süreçlere odaklanmaktadır. Mevcut ve yeni malzemeler üretim sürecinde yaşanacak yenileşmeye kısmen olanak sağlasa da, geleceğin ürünleri; 3d, nano, mikro, orta, ölçek, akıllı..vb gibi daha karmaşık olacağından dolayı piyasa talebine odaklanılacak araştırma ve çalışmaların yapılması önemli öncelikler arasındadır. Piyasa talep koşulları dikkate alınarak minimum maliyetle ürünlerin karmaşıklığını giderici ve işlevsel hale getirilmesi için üretim süreci geliştirilmelidir (EFFRA, 2013:60-61). Bu süreçte;

- Üretim sürecinin kitle üretimden kişisel üretime kolay ve hızlı geçiş sağlayabilecek şekilde esnekleştirilmesi hedeflenmektedir.
- Çoklu malzeme ve materyallerin birleştirme ve montaj teknolojilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede, deniz dibi ve uzay gibi zorlu ortamlarda çalışabilecek yeni ürünler üretme imkânı sağlanacaktır. Buna ek olarak, yeni malzemelerin, birleştirme ve montaj teknolojilerinin akıllı kullanımı ile diğer malzemelerle birleştirilmesi hedeflenmektedir. örneğin, elektronik malzemeler ile tekstil ürünlerinin birbirine entegre edilmesi mümkün olacaktır.
- Termoset ve seramik termoplastik kompozit yapıların ve ürünlerin otomatik üretimini sağlayabilmek için üretim süreçlerinde iyileşme hedeflenmektedir. Kompozitler, havacılık ve otomotiv başta olmak üzere, birçok sektörde özellikle elektrikli sektörde maliyetleri azaltmak, verimi arttırmak için ağırlığı azaltmada kullanılmaktadır. Geleceğin ürünleri için üretim süreçlerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir.
- “Tükenmez” hammaddeler, biyomateryaller ve hücre bazlı ürünler için üretim süreçlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Biyo-temelli ekonomi, Avrupa'daki tüm üretim süreçlerinin yeniden oluşmasını zorunlu kılacaktır. Kaynak kullanımı çok daha fazla esnekliğe ihtiyaç duyacaktır. Bu nedenle yeni hammaddelerin gerekli değişim hızını karşılayacak şekilde üretim süreçlerinin uyarlanması gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen hazırlıklara ek olarak, malzeme verimliliği için üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda daha az kaynak kullanarak daha fazla üretim nasıl yapılacağı üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bunun için, öncelikle yeni üretim yaklaşımlarıyla materyal tasarrufunun nasıl sağlanacağı, daha sonra ise, üretim sırasında enerji tüketiminin nasıl en aza indirileceği üzerinde çalışılmaktadır. Malzeme verimliliğinin artırılması farklı üretim seviyelerinde şu yollarla geliştirilebilir: işlem değişikliği, atıkların yerinde geri kazanımı ve yeniden kullanımı ve atıkların yararlı yan ürünlere dönüştürülmesiyle mümkün olacaktır. Yeni üretim tarzında, üretim süreçleri çok hızlı gelişmelere maruz kalacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda; gelişmiş materyaller ile ürün hayat döngüsünün yönetilmesi

gerekmektedir. Özellikle elektronik, medikal ve enerji sektöründe üretilen klasik ürünler mevcut durumda, geri dönüştürülemez malzemelerden üretilmiştir. Bu nedenle yüksek teknolojik gelişmelere açık sektörlerde ürünlerin dönüştürülebilir malzemelerden üretilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. (EFFRA, 2013:60-65).

Akıllı Üretim Sistemine Adaptasyona İlişkin Çalışmalar

Yeni üretim tarzında, özellikle mekatronik, kontrol ve izleme sistemleri dahil olmak üzere, bileşen ve sistem seviyesinde yenilikçi üretim ekipmanlarına odaklanılmaktadır. Böylece, çalışanlarla işbirliği yapan akıllı robotlar ve makineler sayesinde değişen pazar ve fabrika taleplerine hızlı ve güçlü bir şekilde uyum sağlayan gelecekteki Avrupa üretim sistemlerini ve süreçlerini inşa etme hedeflenmektedir. (EFFRA, 2013:60-68). Bu bağlamda;

- Esnek ve yeniden yapılandırılabilir makine ve robotların geliştirilmesi için, yenilikçi Bilişim ve İletişim Teknoloji araçları geliştirilmektedir.
- Üretim sürecinde, özellikle KOBİ düzeyindeki firmalarda yenilikçi robotik çözümlerinin geniş ve başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, deneme ve doğrulama faaliyetleri yapılmaktadır.
- Üretim firmalarının sürdürülebilir rekabet gücüne erişmesi için, üretim araçlarının yüksek performans ve güvenilirlik ile minimum maliyet ve çevreye en az etki ile çalışacak makineler mekatronik ile geliştirilmektedir.
- Üreticilerin, değişen boyutlarda imal edilebilecek ürünlerde yüksek kalite ve yüksek hassasiyet elde etmelerini sağlamak için yenilikçi makine teknolojisiyle birlikte yeni makine anlayışı yaklaşımları üzerinde çalışılmaktadır.
- Gelişmiş metalik, kompozitler ve yüksek performanslı plastik gibi aşınma ve sertlik gibi gelişmiş işlevsel performansa sahip yenilikçi ileri malzemelerin üretimi için çalışma yapılmaktadır.

Dinamik Üretim Sistemlerinin Oluşturulmasına Yönelik Çalışmalar

Yeni üretim tarzının en önemli dinamiklerinden biri otomasyon süreçlerine adaptasyon ve kontrolün sağlanmasıdır. Bu bağlamda, gerekli yazılım programlarının geliştirilmesiyle makine ve işlem parametrelerinin veri işleme ve veri madenciliği teknolojilerini içermesi gereklidir. Dinamik üretim sistemlerinin geliştirilmesi için bir diğer önemli unsur, üretimde izleme, algılama ve farkındalık süreçlerinin oluşturulmasıdır. Gelişmiş sensör teknolojileri ve bu sensörlerden gelen verileri analiz etmek için gereken bilgisayar gücü ve robotları kullanabilen

yüksek vasıflı insan gücüne ihtiyaç olacaktır (Tilley,2017). Çünkü geleceğin üretim işletmeleri için M2M bulut bağlantısının oluşturulması dinamik üretim sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir unsur olacaktır. M2M bulut bağlantısı sayesinde birbirinden uzak üretim araç ve cihazlarının birbiriyle entegre olması imkânı doğacaktır. Nitekim uzak cihazların yönetimi, yüksek hacimli veri toplama ve işleme problemleri, gelecekte Avrupa'daki mağazalarda hızlı bir şekilde 'bağlı cihazların' hızla yayılmasıyla birlikte zorunlu hale gelecektir. 2020 yılına kadar 50 milyar cihazın birbirine bağlı olacağı tahmin edilmektedir. Avrupalı işletmeler, özellikle de KOBİ'ler, üretim süreçlerini tesisler arasında izleme, üretim sürecinde yaşanan güçlükleri ve arızaları hızlı bir şekilde çözebilme imkânı sağlayacaktır. Bu bağlamda, akıllı sensörlere ve akıllı sensör ağlarına dayalı yaygın algılama yaklaşımlarının geliştirilmesi ve bu sistemleri geliştirecek mühendislerin yetiştirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır (EFFRA, 2013:60-69).

İnsan Merkezli Üretimi Sağlamaya Yönelik Çalışmalar

Avrupa, yeni üretim tarzına hazırlanırken insan merkezli üretim ile fabrikalarda çalışan insanların rolünü ve potansiyelini kullanma konusuna ayrı bir önem vermektedir. Üretim süreçlerinde, esnekliği, hızı ve piyasada rekabet gücünü artırmak için geleceğin fabrikalarında ve üretim süreçlerinde “insan odaklılık” en önemli faktör olacaktır. Fabrika çalışanlarının, yeni bilgi ve dağıtım mekanizmalarını ele alarak becerilerinin ve yetkinliklerinin sürekli olarak geliştirilmesine yönelik gereken hazırlıklar yapılmaktadır. Bu süreçte, yeni nesil emek gücünün, yüksek beceri ve daha donanımlı olmaları hedeflendiği gibi yaşanan, engelli ve çok kültürlü çalışanlara yardımcı olabilecek ve donanımlarını onlara aktarabilecek bilgi ve iletişim teknolojilerine sahip olmaları da hedeflenmektedir. Bu süreçte, bilgi ve iletişim teknolojilerini iyi derecede kullanabilecek ve gelişmiş üretim süreçlerini anlamayabilecek öğrencilerin, çırakların ve yeni işçilerin yetiştirilmesini kolaylaştırmak için etkileşimli e-öğrenme araçları kullanılacaktır. Bu sayede, mekan ve zaman problemi yaşamadan, üretim sistemlerini güvenli bir şekilde planlamak, programlamak, işletmek ve sürdürmek için mobil ve her yerde bulunan bilgi ve iletişim teknolojileri, çalışanların üretim faaliyetlerini uzaktan kontrol etmesini ve denetlemesini sağlayacaktır. Yeni üretim tarzının bir parçası olan yeni güvenlik sistemleriyle, rekabet edebilirliği artacak ve yaş veya deneyimsizliğe bağlı çalışan hatalarını telafi edecek, işçi-robot işbirliğinin tam olarak uyarlanması sağlanacaktır. Bu bağlamda, insan merkezli işyerleri yaratmak için çalışanların bilişsel becerilerinin geliştirilmesi ve desteklenmesi giderek daha önemli hale gelecektir. Bu bağlamda, yeni üretim tarzında, işyerinin yönetilmesi ve organize edilmesinde insanların rollerini tanımlayabilmek için üç temel sorunun cevabı

aranmaktadır. Bunlar; yeni üretim süreçlerinde insanlar nasıl çalışır ve çalışmayı nasıl öğrenirler?, ikincisi İnsanlar nasıl teknoloji ile etkileşim kurarlar ? İnsanlar üretime nasıl değer katarlar. Bu soruların cevapları insanların diğer bir ifade ile emeğin yeni üretim tarzında yeni rollerini oluşturacaktır. (EFFRA, 2013:86).

Yeni üretim sistemine uygun yeni eğitim yöntemleri ve e-öğrenme sisteminin oluşturulması bu süreçte en önemli hazırlığı oluşturulmaktadır. Bununla birlikte, yeni üretim bilgisinin etkin bir şekilde alınması, iş güvenliği ve yaşlanan ya da engelli çalışanların aktif katılımı için, yetenekli çalışanların uzun ömürlü eğitimini destekleme becerisiyle, üretimde yenilikçi eğitim yöntemleri ve sistemleri geliştirilmelidir. Özetle, iş ortamında yaparak öğrenme ve üretim sürecinin öğrenme fabrikasına dönüştürülmesi teşvik edilmesi planlanmaktadır. (EFFRA, 2013: 86).

İngiltere'nin Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

İngiltere'nin yeni üretim vizyonu raporunda, hükümetin üç sistemik alanda hareket etmesi gerektiği belirtilmektedir. Birincisi, sektöre daha keskin bakışlar kazandırmak ve değer yaratıldığı yeni zekâ biçimlerini kullanmayı sağlamaktır. İkincisi, bilimin, teknolojinin, inovasyonun ve endüstri politikalarının sistem çapında anlaşılmasına dayanan destekleyici üreticilere daha hedefli bir yaklaşım benimsemektir. Üçüncüsü gelecek için yenilikçi yeni kurumsal yetenekleri adapte etmek ve inşa etmektir (Walport ve Laphorne,2013).

İngiltere'de yapılan bir çalışmada, İngiltere'deki firmaların 4.0 sanayi devriminin gelecekte doğuracağı rekabet ortamı için yeterli düzeyde pozisyon almadıkları, bu nedenle sürekli ve istikrarlı büyüme arzusunda olan firmaların hükümet tarafından radikal bir şekilde desteklemesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, adaptasyon sürecinin hemen olmasının mümkün olmadığı, bu nedenle çalışmalara hemen başlanmasının önemli olduğunun üzerinde durulmuştur. Çalışmada, işgücü niteliği ve yeteneklerinin rekabet gücünü yakalamada kritik faktör olduğu belirtilmiştir. 4.0 Sanayi devriminin doğuracağı rekabet ortamında bütün sektörlerin karşılaşacağı finansal zorlukların başında risk sermayesi yetersizliği gelmektedir. Risk sermayesi özellikle, piyasada ilerleme kaydetmeden önce yapılacak olan araştırma ve geliştirme için gereklidir. Buna ek olarak, 4.0 sanayi devrimiyle artacak olan enerji ihtiyacını karşılamak için yenilebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi için de risk sermayesi kıtlığı sözkonusudur. İngiltere'de, Enerji teknolojisi enstitüsü, Bilgi aktarım ortaklıkları ve Teknoloji Strateji Kurulunun finansmanı gibi kamunun finansal destek sağladığı ciddi programlar mevcuttur ancak rakip ülkelere kıyasla yetersiz görülmektedir. İngiltere'de, son yıllarda, sanayi

politikalarında ciddi bir revizyon yapılarak, 11 sektör de yeni sanayi politikaları geliştirilmiştir. Bu sektörler, yüksek katma değerli üretim sağlamaları için kamu otoritelerince yönlendirilmiştir. Ancak bu girişimler, 4.0 sanayi devriminin getireceği rekabet ortamında avantaj sağlamak için yeterli değildir. Bu bağlamda sanayi tecrübesine sahip uzmanlar görevlendirilmeli ve pilot çalışmalarla yeni sanayi politikalarının geliştirilmesi sağlanmalıdır. Bir imalat ofisinin oluşturulması ve ofisin endüstri ile koordineli çalışarak yenilik yapma yeteneğine sahip olması gerekir. ABD ve Avustralya başta olmak üzere sözkonusu ofisleri oluşturmuşlardır (Laphorne ve Walport, 2013).

Japonya'nın Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

Avrupa ve Amerika'da olduğu gibi Japonya'da da yeni üretim tarzına yönelik çalışmalar ve programlar yürütülmektedir. Japonya yeni üretim tarzı bağlamında yaptığı çalışmaları inovasyon programının bir parçası olarak ele almaktadır. Bu bağlamda, demografik değişimler ve sosyal sorunlara odaklı hazırlıklar yapılmaktadır. Bu bağlamda, yaşlanan işgücü için yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve yaşlanan nüfus için ise yeni ürünlerin geliştirilmesi üzerine çalışılmaktadır. Sürdürülebilir büyümenin, yeşil inovasyona ve toplumsal değişime uyum sağlama ile mümkün olduğu vurgulanmaktadır (Council for Science & Technology, 2010). Bunun ile birlikte, sürdürülebilir üretim için enerji tasarrufu sağlayan, çevre ile dost, düşük karbon kullanımlı, daha az atık ile, kaynak kullanımında verimlilik artışı sağlayan akıllı üretim teknolojilerine yönelik bütünlük sağlayan entegre bir sistem oluşturulmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Japonya bu yaklaşımı "Monozukuri" olarak adlandırmaktadır. Özetle, Monozukuri, mümkün oldukça doğaya ve çevreye zarar vermeden etkin ve mükemmel bir üretim yaklaşımı olarak açıklanabilir. Bu süreçte başarılı olmak için, karlılığı arttırmak uğruna teknolojik gelişmeleri olumsuz etkileyen iş modellerini yeniden yapılandırılması ve bu konuda stratejik standardizasyonu desteklenmesi vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, öncelikle nadir bulunan metallerin kullanıldığı üretim süreçlerinde yeni malzemelerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Örneğin, yeni uçak ve roket tasarımları, demografik değişime uygun olarak yeni nesil robotların üretimi, eski model teknolojiler yerine yeni nesil bilişim ve iletişim teknolojileri, nanoteknoloji ile entegre sistemlerin üzerinde çalışılmaktadır. Özellikle "Yeşil Nanoteknoloji", "Nano-Bio", "Nanoelektronik" gibi yeni teknoloji ürünleriyle tıp teknolojileri, gelişmiş ölçüm ve analiz teknolojisi ve yeni nesil yakıt pilleri üzerinde durulmaktadır (Ridgway, Clegg ve Williams, 2013).

Güney Kore'nin Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

Güney Kore de gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan yeni üretim tarzını yakından takip etmektedir. Bu çerçevede, üç başlık altında on yedi sektör üzerine odaklanılmaktadır. Bunlar; yeşil teknoloji, ileri teknolojide yakınsama ve katma değerli hizmetlerdir. Yeşil teknoloji ile akıllı ızgaralar, bulut bilişim, ileri materyaller, alternatif enerji kaynakları gibi mekatronik ve temel bilim alanlarında endüstri ve bilgi tabanlı teknolojilere odaklanılmaktadır. İleri teknolojide yakınsama başlığı altında, otomobiller, gemi yapımı, yarı iletkenler, çelik, makine, tekstil / malzeme üretiminde yüksek teknoloji ürünleri ve yöntemlerine odaklanılmaktadır. Katma değerli hizmetler başlığı altında ise, bölgesel kümelenme ağları, bölgesel kurumlar ve kamu ve özel sektör finansman hizmetleri oluşturmak hedeflenmektedir (Ridgway, Clegg ve Williams, 2013).

Çin'in Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

Çin, Almanya'da ortaya gelişen endüstri 4.0 yeni üretim tarzına karşı, "Akıllı Fabrika 1.0" ile üretim süreçlerinin dijitalleşmesi ve dijitalleşme sürecinin otomasyonuna yönelik çalışmalar başlatmıştır. Akıllı Fabrika 1.0 stratejisi hükümet politikalarına dayanmaktadır. Nitekim hükümet politikaları üretim verimliliğinde belirlenen amaçlara ulaşmak için yerli dijital otomasyon sistemlerini kuran ve geliştiren firmaların işbirliği içinde çalışmasını teşvik etmektedir (Türk, Vd., 2014:6-7). Çin'in bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu, akıllı üretim sistemleri ve kaynak temelli verimli üretim üzerinde durmaktadır. Bu bağlamda, yeni nesil bilgi teknolojileri, ileri teknoloji ekipmanı ve malzeme, alternatif enerji kaynakları, enerji tasarrufu ve biyoteknoloji ürünleri üretimine yönelik yedi stratejik bilgi teknolojisinin geliştirilmesine odaklanılmaktadır. İleri üretim teknolojileri bağlamında, mikro ve nano ölçekte üretim için tasarım, gelişmiş malzemeler için üretim ve test teknolojileri, çevre dostu üretim, dijital ve akıllı tasarım ve imalat, gelişmiş otomasyon / akıllı servis robotları ve servis ömrü tahmin teknolojileri üzerine odaklanılmaktadır. Bunların yanı sıra, sürdürülebilir enerji ve kaynak sistemi ve yeni malzemeler ile yeşil üretim sistemi dahil sekiz sosyo-ekonomik sistemin geliştirilmesi ve imalat ile ilgili konular dahil olmak üzere yirmi iki stratejik teknoloji alanında gelişme sağlamak için çalışmalar yapılmaktadır (Ridgway, Clegg ve Williams, 2013).

Amerika Birleşik Devletleri'nin Yeni Üretim Tarzına Yönelik Hazırlıkları

ABD'nin son yıllardaki araştırmaya yönelik politikaları, yeni üretim tarzı odaklıdır. Nitekim uluslararası standartlarda, değer zincirlerinin geliştirilmesini içeren çevreye duyarlı ve üretimde sürdürülebilirlik üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda yapılan hazırlıklar şöyle sıralanabilir (Ridgway, Clegg ve Williams, 2013);

- Pazar odaklı stratejik ürün planlaması yapılmaktadır.
- Simülasyon ve modelleme, robotik ve insan-makine arayüzü dahil olmak üzere dijital üretim ve gelişmiş otomasyon üzerinde çalışılmaktadır.
- İleri malzeme, biyoteknoloji ve nanoteknoloji, ilaç fabrikaları ve mikro düzey işleme dahil olmak üzere yeni çıkan teknolojiler için üretim sistemleri ve süreçleri oluşturulmaktadır.
- Üretim firmalarında çalışanların, fabrika ve çalışma yöntemlerinde esnek ve duyarlı olabilmeleri için demografik özellikleri üzerinde çalışılmaktadır.
- Özel üretim için esnek üretim ağları ve sistemleri kurulmaktadır.
- Küresel üretim sistemlerinde üretim know-how ve ürünlerinin korunmasına yönelik yasal düzenlemeler için çalışılmaktadır.
- Endüstri 4.0 bağlamında, gömülü sistemlere, kesintisiz dijital ağlara, üretimin merkezi olmayan kontrolüne, ürünlerin sanal planlamasına ve üretim ve uzaktan bakıma, yani akıllı fabrika oluşturmak için üretim sistemlerinde siber-fiziksel sistemlere odaklanılmaktadır.
- Sürdürülebilir üretim ve yeşil teknolojilerin üretimi için gerekli alt yapı hazırlanmaktadır.
- Tasarım, malzeme süreci ve üretim sistemleri için simülasyon / modelleme araçları geliştirilmektedir.
- Üretim / süreç teknolojilerine, nanoteknoloji uygulamayı gerçekleştirmeye çalışılmaktadır.
- Biyo-imalat, özellikle tıp ve sentetik biyoloji alanında çalışmalar yürütülmektedir.
- Akıllı üretim sistemleri ve stratejik standart geliştirme dahil olmak üzere gelişmiş robot ve siber-fiziksel üretim sistemleri geliştirilmektedir.
- Yeni işlevselliklere sahip yeni nesil malzemeler üretilmektedir.

TÜRKİYE’NİN YENİ ÜRETİM TARZINA YÖNELİK HAZIRLIKLARI

Türkiye mevcut durumda hem makine ithalatçısı hem de makine üreticisidir. İthal edilen makinelerin çoğu akıllı (bilgisayar kontrollü) makinelerden oluşmaktadır. Ancak, yeterli düzeyde eğitilmiş personel olmadığı için akıllı makine üretimi de yapılamamaktadır. Hatta ithal edilen akıllı makinaların özelliklerinden de yeterli düzeyde yararlanılamamaktadır. Bunun nedenle, içeride ve dışarıda yüksek talep gören akıllı makineler yerine, metal maliyeti yüksek, ucuz makineler üretilmektedir.(TOBB, 2016) Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Türkiye’nin 2015-2018 arası yılları kapsayan Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi hazırlanmıştır. Strateji belgesinde temel amaç, “*Türk sanayisinin rekabet edebilirliğinin ve verimliliğinin yükseltilerek, dünya ihracatından daha fazla pay alan, ağırlıklı olarak yüksek katma değerli ve ileri teknoloji ürünlerin üretildiği, nitelikli işgücüne sahip ve aynı zamanda çevreye ve*

topluma duyarlı bir sanayi yapısına dönüşümünü hızlandırmak” şeklinde belirtilmiştir. Bu durum sanayi üretiminde Türkiye'nin zayıf yönlerinin doğru tespit edildiğini göstermektedir. Bu bağlamda oluşturulan sanayi politikaları ise; sanayide teknolojik dönüşüm sağlamak, sanayinin altyapısını güçlendirmek, KOBİ'lerin finansmana erişim sorununu çözmek, sanayide yeşil üretimi teşvik etmek, yatırım ve iş ortamını iyileştirmek, ülkenin uluslararası yatırım ve ticaret kapasitesini arttırmak, sanayide ihtiyaç duyulan nitelikli insan istihdamına yönelik faaliyetler yürütmek ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlamak şeklindedir. Bununla birlikte, strateji belgesinde endüstri 4.0'a ilişkin herhangi bir ifade yer almamaktadır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015). Ancak, T.C. Bilim ve Sanayi Bakanlığı tarafından yayımlanan Türkiye yazılım sektörü stratejisi ve eylem planında endüstri 4.0 ile gelişen yapay zeka, robotik teknolojiler, akıllı üretim sistemleri, 3 boyutlu yazıcılar, nesnelerin interneti, büyük veri ve bulut bilişim gibi yazılım temelli teknolojilerdeki gelişmelere vurgu yapılmış ve bu gelişmelere uyum sağlayabilen ülkelerin küresel anlamda rekabet üstünlüğü sağlayacakları belirtilmiştir. Bu bağlamda, yazılım sektörüne yapılacak yatırım ile; düşük yatırım maliyeti, nitelikli ve yüksek istihdam ve katma değeri yüksek ürünlerin üretimi mümkün olacaktır. Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planında dört temel hedef belirlenmiştir. Bunlar; ulusal bilinci artırmak ve altyapıyı güçlendirmek, hukuki ve idari düzenlemeleri yapmak, nitelikli insan kaynağı geliştirmek ve uluslararası rekabet gücünü artırmaktır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). 2015 yılında, biyoteknoloji, girişimcilik, kamu-üniversite-sanayi işbirliği stratejilerinin de aralarında bulunduğu 13 farklı strateji belgesi ve eylem planı uygulamaya alınmıştır. Ancak, henüz, nanoteknoloji, otomotiv, yazılım ve makine stratejileri belirlenmemiştir. Bununla birlikte, katma değeri yüksek ürün üretimini teşvik etmek amacıyla, kamu desteği ile Ar-Ge faaliyeti yürüten, çalışmalarını teknolojik bir ürüne dönüştüren ve üretime başlayan işletmelere, kamu ihalelerine katılmalarını sağlamak amacıyla, iş bitirme belgesi yerine geçen “teknolojik ürün deneyim belgesi” verilmeye başlanmıştır (TOBB, 2016:16-27).

Ulusal Bilinci Artırma ve Altyapıyı Güçlendirmeye Yönelik Hazırlıklar

TÜBİTAK-BİLGEM bünyesinde yer alan Siber Güvenlik Enstitüsünün “Bilgi Güvenliği ve Siber Güvenlik Enstitüsü” adı altında yeniden yapılandırılması planlanmaktadır. Bilişim Firmaları Belgelendirme/Yetkilendirme Sistemi” kurulması hedeflenmektedir. Bilişim Firmalarına "Yetki Belgesi" verilmesine yönelik mevzuat düzenlemesi yapılacaktır. Yazılım sektörünün, tüm sektörler için öneminin kamuoyunda bilinirliğinin artırılmasına yönelik kamu spotu hazırlanması planlanmaktadır. Ulusal düzeyde yıllık yazılım geliştirme yarışmaları

düzenlenecektir. Yazılım sektörüne ilişkin bir taksonomi çalışması gerçekleştirilecek ve terimler kılavuzu oluşturulacaktır. Yazılım sektöründe Fikri ve Sınai Mülkiyet Hakları konusunda yaşanan sorunların tespit edilmesine ve bu alanda farkındalığın artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması planlanmıştır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Hukuki ve İdari Düzenlemelere Yönelik Hazırlıklar

Yerli yazılım firmalarına kamu alımlarında fiyat avantajı sağlayacak şekilde Kamu İhale Kanunu'nda düzenleme yapılması ve başta yazılım olmak üzere bilişim ürünlerinin kamu tedarikinde izlenecek sürece yönelik düzenlemeler yapılacaktır. Akredite yazılım test merkezlerinin kurulması sürecine yönelik destek mekanizması kurulacaktır. Bilişim suçları alanındaki hukuki eksikliklerin tespitine ve bu eksikliklerin giderilmesine yönelik çalışma yapılması planlanmaktadır. Ayrıca, sayısal kod emanetçiliği sistemi oluşturulacaktır. (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Nitelikli İnsan Kaynağı Geliştirmeye Yönelik Hazırlıklar

Yazılım sektörünün yıllık işgücü ihtiyacı belirlenecek ve bu ihtiyaç doğrultusunda, bilgisayar bilimleri ve programlama kültürünün erken yaşlarda edinilmesine yönelik müfredat oluşturulacaktır. Sektörün nitelikli eleman ihtiyacını karşılamak için meslek liselerinin ilgili bölümlerinde müfredat gözden geçirilecektir. Buna ek olarak, üniversitelerin bilgisayar ve yazılım mühendisliği bölümlerinde, sektörün ihtiyacı doğrultusunda müfredatın belirlenmesi için “Danışma ve Yönlendirme Kurulları” oluşturulacaktır. Yazılım alanında ulusal ve uluslararası yarışmalarda dereceye giren öğrencilere ödül/destek verilmesine yönelik düzenleme yapılacaktır. Yurtdışında konuyla ilgili öncelikli alanlarda lisansüstü eğitim görenlere verilen burs ve desteklerden yararlanıcı sayısı artırılabilecektir. Yazılım sektöründe uygulama deneyimine sahip yetkin kişilerin üniversitelerde eğitim-öğretim süreçlerine katkı vermeleri sağlanacaktır. Sektörün ihtiyacı olan nitelikli personel yetiştirilmesinde uzaktan eğitim yönteminin kullanımı yaygınlaştırılacaktır. İstihdama katılmayan genç işgücüne bilgisayar ve yazılım yetkinlikleri kazandıracak eğitimler verilerek istihdam artırılabilecektir. (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Uluslararası Rekabet Gücünü Arttırmaya Yönelik Hazırlıklar

Türkiye'nin uluslararası yazılım sektöründe fark yaratabileceği öncelikli alanlar belirlenerek, bu alanlara yönelecek girişimcilere özel tematik destek programı hazırlanacaktır. Başta Teknoloji Geliştirme Bölgeleri olmak üzere, sektörün güçlü olduğu Bölgelerde yazılım

firmalarına ve girişimcilerine yönelik “Yazılım Hızlandırıcı Programları” oluşturulacaktır. Yazılım sektörü kapsamında yurtdışı potansiyel pazarların analizine yönelik yıllık düzenli raporlama çalışması yapılacak ve firmalara duyurulacaktır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanan Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planında sanayinin verimlilik temelli yapısal dönüşümünü hızlandırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda, işgücünün niteliği ve istihdam, iş ve yatırım ortamı, sürdürülebilir üretim ve firmaların ar-ge, yenilik ve verimlilik uygulama kapasitesine yönelik olmak üzere dört alanda dönüşüm ihtiyacı olduğu tespit edilmiş ve dönüşümün gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. İşgücü niteliğinin artırılması için, üretim süreçlerinin gerekleri doğrultusunda öğretimin ilk kademelerinden başlayarak sistematik ve bütüncül düzenlemelere gidilmesi, mesleki eğitimin kalitesinin yükseltilmesi ve işbaşında eğitim olanaklarının güçlendirilmesi gereklilikleri tespit edilmiştir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Türkiye’de Firma Düzeyinde Yapılan Hazırlıklar ve Firmaların Önerileri

Firmaların endüstri 4.0 konusundan genel olarak isteksiz oldukları gözlenmektedir. Bu nedenle ciddi düzeyde bir hazırlık yapılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni endüstri 4.0 ile oluşan yeni üretim tarzı konusunda farkındalığın yeterli düzeyde olmamasıdır. Nitekim endüstri 4.0’ın farkında olan bazı firmaların önemli hazırlıkları vardır. Bunlar;

- Kibar Holding, sanayi 4.0 konusunda hem öncü şirketlerden biri olma hedefiyle, ulusal ve uluslararası alanda diğer sanayi kuruluşlarıyla işbirliğine açık olduklarını belirtmektedirler. Üretim araçlarının yönlendirilmesi ve bu makinalardan etkin yararlanılması için iş dünyasında, özellikle istihdam konusunda, önemli kararların alınmasına neden olacaktır. Şirket yönetiminde göre en büyük zorluk kalifiye işgücünün eksikliğinden kaynaklanacaktır. Henüz dünya bu arzı karşılayabilecek büyüklükte bir yetenek havuzuna sahip değildir. Bu nedenle, üniversitelere önemli görevler düşmektedir. Firma, yabancı ortaklı olmasının avantajlarını da kullanarak yenilikçiliği merkeze alarak gereken adımları atacaklarını belirtmektedirler. Ancak, nitelikli işgücü için eğitim programlarının açılması ve teşvik edilmesi gerektiğinin altı çizilerek, devletten beklentilerini de belirtmektedirler. (TOBB,2016:20).

- Siemens bir Alman firması olmasının avantajı ile Türkiye’de yeni üretim tarzı için rehber olacaklarını belirtmektedirler. Firma, yeni üretim tarzında başarılı olmanın ilk adımı olarak farkındalığı görmektedir. Bu bağlamda, sosyal medya kanalları, e-bülten tanıtımları, eğitim setleri ve süreli yayınlarla farkındalığın artırılmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Bu süreçte başarının bir diğer önemli ayağı endüstri 4.0 ile ilgilenen bütün kesimlerin iletişim içinde olması ve sektör hakkında bilgi ve fikir alışverişi yapabileceği bir ortamın oluşturulmasıdır. Bu ortamın sağlayacağı imkanlarla, eğitim sisteminin Endüstri 4.0’a entegrasyonu gibi önemli başlıklar; haber, teknik makale ve röportajlar aracılığıyla ele alınacak ve geniş kesimlerin aktif katkısıyla benimsenmesi sağlanacaktır. (TOBB,2016:21).
- Scheer firmasına göre, bu süreçte en büyük zorluk insan kaynağında yaşanacaktır. Bu nedenle ülkemiz için 4.0 sanayi devriminde başarılı olmanın yolu eğitimden geçmektedir. Aksi takdirde gelişmiş ülkelere göre düşük olan işgücü maliyeti ve üretkenliğimizin anlamı kalmayacaktır. Bu süreçte yıkıcı değişikliklerle yeni iş modelleri geliştirmek cazip olabilir ancak önemli riskler taşımaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0 uzun vadeli ve zamana yayılarak başarılabılır bir süreçtir. Bununla birlikte bu sürece, ayak uyduramayan, Endüstri 4.0 stratejisini belirlemeyen ve bu belirledikleri stratejileri hayata geçirmeyen kuruluşlar rekabet edemeyerek ayakta kalmakta zorlanacaklardır. (TOBB,2016:22).
- TEPAV’a göre, endüstri 4.0 ile birlikte biyoteknoloji ve nanoteknolojiyi de içeren çeşitli teknolojiler, malzeme teknolojisi-bilimi ve bilgi işlem teknolojileri (BİT) ile yeni bir üretim tarzı oluştu. Bu yeni tarz, artan işlemci kapasitesi ile bütün süreçlerin, ürünlerin “akıllanması”nı ifade etmektedir. TEPAV Türkiye’nin bu sürecin dışında kalmaması için TOBB ile birlikte bir çalışmaktadır. Yapılan çalışmalar, öncelikle yetenek belirlenmesi ve hangi sektörlerin buna uyum sağlayabileceği gibi unsurları içermektedir. Örneğin, biyoteknoloji bu alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Endüstri 4.0’ın gerektirdiği yetenekleri kazanamayan ülkelerin üreticileri, rakiplerinin verimliliği ve yönetim becerisine karşı rekabet etmesi mümkün değildir. Bu bağlamda, öncelikle yapılması gereken “farkındalık sağlamak” ve sonra ise “mevcut envanteri-kapasiteyi belirlemek”tir. Türkiye için, öncelikle “bariyerlerin kaldırılması” önerilmektedir. Bu bağlamda da eğitimde yetenekli gençlere odaklı “eğitim niteliğinin artırılması”, hukukun üstünlüğü,

fikri mülkiyet hakları ve iş ortamının iyileştirilmesi ilk yapılacaklar arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, kamu alımlarının sanayi 4.0'ı sağlayacak şekilde yönlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kamunun ve şirketlerin birlikte faaliyet göstereceği vakıflar kurulmalı ve vakıf bünyesinde yüksek nitelikli Ar-Ge yürütülmesi zorunlu olmalıdır. Örneğin TOKİ yaptırdığı inşaatlarda yalıtımı artıran ve ağırlığı-maliyeti düşüren nanoteknolojik ürünlerin kullanımını zorunlu kılabilir. (TOBB,2016:23).

ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN SONUÇLARI

Yeni üretim tarzını belirleyen endüstri 4.0 devrimi ekonomik yararlar sağlayacağı gibi önemli düzeyde birçok alanda önemli ihtiyaçları da doğuracaktır. Aşağıda, endüstri 4.0'ın sağlayacağı yararlar ve doğuracağı ihtiyaçları üzerinde durulmaktadır.

Endüstri 4.0'ın Sağlayacağı Ekonomik Yararlar

Yeni üretim tarzı hem üretim hem de tüketim alışkanlıklarında radikal değişiklikler getirecektir. Bu değişiklikler sonucu doğacak ekonomik yararlar aşağıda sıralanmıştır (TOBB,2016:16-27; PWC,2017);

- Üretim sürecinde hız artacak ve mikro-reaktörler sayesinde esneklik artacaktır.
- Üretim maliyetinde tasarruf sağlanacak ve verimlilik artacaktır.
- İletişim halindeki makinalar sayesinde üretim sürecinde, üretim artacak ve kalite kontrolü kolaylaşacaktır.
- Üretim sürecindeki hatalar azalacak ve hataların tespiti ve düzeltilmesi kolaylaşacaktır.
- Üretim ve teslimat süreçleri tek bir noktadan kontrol edilecektir.
- Ham madde atıkları azalacak, Çevre ve doğa daha az kirlenecek, enerji ve su gibi kıt kaynaklar gereğinden fazla kullanılmayacaktır.
- Endüstri 4.0 ile sanayii kuruluşları doğal kaynakları daha verimli kullanıyor ve karbon ayak izi yani doğaya verdiği zararlar azalıyor olacaktır.
- Kişiselleştirilmiş üretimi gerçekleştirecektir.
- Bu sürece uyum sağlayan firmaların ve ülkelerin rekabet gücü artacaktır.
- Yeni ürünleri pazara sunma süresi kısılacaktır.
- Mühendislik giderleri düşecektir.
- Enerji tasarrufu sağlanacaktır.
- Ekonomik büyüme dinamikleri değişecektir.

- İthalat-ihracat dengelerinin değişecektir.
- Farklı iş alanları oluşacaktır.
- Bir proje veya yatırım reel olarak gerçekleşmeden önce sanal ortamda gerçekleştirilebilecek ve sonra doğacak olası sorunların önüne geçilecek ve etkinlik artacaktır.
- Sektörde hiç var olmamış firmalar, kuruluşlar yeni iş modelleri ile endüstri ve sektöre bambaşka boyut ve değer getirecektir.
- Artan veri analiz kabiliyetleri ile kuruluşlar ürünleriyle ilgili daha fazla hizmet sağlayabilecektir.
- Yeni fikirler ve buluşlar çok daha düşük maliyetlerle hızla hayata geçecektir.
- Müşterilerin çoklu kanallardan ürün/ hizmete ulaşabildiği, ürün ve hizmetin durumunu anlık olarak görebildikleri, ürünü kendilerine özel şekilde seri üretim maliyetine sipariş edebilmelerini ve ulaşabilmelerini mümkün kılacaktır.
- Sanayici üretim süreçlerinde darboğazlar yaşamayacak, üretimini optimize edebilecek, üretimde insana aşırı bağımlılık olmayacak, kapasite kullanımı en üst düzeyde olacak, koruyucu bakım süreleri azalacaktır.
- Tedarik zinciri ve ürün pazarı daha iyi gözlenebilecek ve kestirilebilecektir.

TUSIAD tarafından Türkiye üzerine yapılan bir araştırmada, Otomotiv ve otomotiv yan sanayi, Makine, Beyaz eşya, Gıda ve içecek, Tekstil ve Kimya olmak üzere altı pilot sektör seçilmiştir. Çalışma sonucunda endüstri 4.0 sürecine uyum sağlanması durumunda, verimlilikteki artışın % 4-7 arasında olacağı, sanayide büyümenin %3 olacağı ve istihdamda ilk on yıl içinde %5 artış olacağı tespit edilmiştir(TUSIAD,2016:41-42). Özetle, endüstri 4.0 üretim sürecinde; etkinlik, üretkenlik, esneklik, talebi bireyselleştirme, merkezileşme ve yaratıcı iş modelleri olmak üzere önemli değişimlere yol açacaktır(Ernst ve Frische, 2015:18).

Endüstri 4.0 Devrimi ile Doğacak İhtiyaçlar

Yeni üretim tarzının getirdiği değişikliklerin paralelinde, üretim ve hizmet süreçlerinde önemli ihtiyaçların doğmasına da neden olacaktır. Bu ihtiyaçların bir kısmı aşağıda sıralanmıştır (TOBB,2016:16-27);

- Bilgi teknolojileri tabanının oluşturulması temel ihtiyaç olacaktır.
- Bilişim yetkinlikleri oldukça gelişmiş vasıflı işgücüne ihtiyaç olacaktır.
- Akıllı makineleri kontrol edebilen ve yönetebilen personele ihtiyaç olacaktır.

- Üretim teknolojilerinden elde edilen verileri analiz edebilen analitik becerileri yüksek personele ihtiyaç olacaktır.
- Disiplinler arası bilgi yeterliliğine sahip personele ihtiyaç doğacaktır.
- Siber Fiziksel Sistemler'e doğru bu gidişte, sensörler (miko ve nano sensörler de dahil olmak üzere), gömülü sistem tasarımları ve haberleşmeyi sağlayan arayüzler gerekecektir.
- Mevcut bilgisayar bilimleri, bilgi ve iletişim sistemleri, ağ teknolojileri ve üretim otomasyonu konularında ciddi araştırma ve geliştirme faaliyetlerine ihtiyaç olacaktır.
- Siber saldırılara karşı güvenlik ihtiyacı doğacaktır.
- Rekabet edemeyen pazar paylarını diğer firmalara kaptıracak, bu nedenle bu sürece uyum bir zorunluluk haline gelecektir.
- İş gücü talebi azalacak ve ucuz iş gücünün sağladığı avantajı bitecektir, kas gücü yerini entelektüel birikimlere bırakacaktır. Bu nedenle, emek talebinin nitelikleri değişecektir.
- Bazı meslekler ortadan kalkacak, yeni meslekler doğacaktır.

Yapılan bir çalışmada, gelişmiş ülkelerde bile, bilişim ve iletişim teknoloji yatırımı siber fiziksel sistemin ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmadığı belirtilmiştir. Çalışmada daha fazla yatırım yapılması gerektiği belirtilmiştir (Lee, 2006).

Sonuç

Endüstri 4.0 devriminin ekonomik birimler üzerinde önemli etkiler bırakacağını tahmin etmek zor değildir. Hane halkının tüketim alışkanlıklarını ve tercihlerini değiştirirken, firmaların değişen tercih ve tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak üretim süreçlerinde değişmeler yapma gerekliliğini doğuracaktır. Bu durum, uluslararası rekabet gücünü etkileyerek dış ticaret yapısında da önemli değişmelere neden olacaktır. Bir diğer ekonomik birim olarak hükümetlerin de gelişen ve değişen süreç doğrultusunda ekonomik politikalar geliştirmesini zorunlu hale getirecektir. Bu bağlamda, ülkelerin ekonomik politikalarında önemli değişme ve gelişmelerin yaşanacağı bir dönemin ilk yılları yaşanmaktadır.

Endüstri 4.0 ile birlikte, gelişmiş ülkelerin Asya ülkelerine ve gelişmekte olan ülkelere düşük ücret avantajıyla kaptırdığı yatırımlarını geri çekebilme imkânına kavuşacaktır. Bu durum batının yeniden üretimin merkezi olmasına imkân tanıyacaktır. Bu gelişmeler doğal olarak, gelişmiş ülkelerde istihdamı arttırarak işsizliği azaltacak, ithalatı azaltıp ihracatı arttırarak dış ticaret dengesini iyileştirecek, sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlayacaktır. Yeni üretim

tarzına uyum sağlamayan ülkeler ise, mevcut işsizliğe, birçok mesleğin yok olmasıyla yeni işsizler ekleyecektir. Buna ek olarak, birçok istihdam pozisyonu nitelikli işgücü eksikliğinden dolayı boş kalacaktır. Ayrıca, cari işlemler açığı sorununa ek olarak ithalatları daha da artacağı ve uluslararası rekabet gücü kayıpları nedeniyle ek yükler gelecektir. Cari açığın finansmanı için ihtiyaç duyulan yabancı sermaye ihtiyacı daha da artacaktır. Bu bağlamda, endüstri 4.0 devriminin hafife alınmaması gerekmektedir.

Türkiye'nin de bütün ülkelerde olduğu gibi bu süreçte başarılı olması için, eğitime önem vermesi gerekmektedir. Bu bağlamda hazırlanan strateji belgeleriyle önemli tespitlerin yapıldığı görülmektedir. Ancak, yapılan tespitlerin uygulanması süreci ve etkinliği büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, eğitim niteliğinin artırılması için çok erken yaşlarda bireylerin yeteneklerinin gelişmesine odaklı bir eğitim sistemi üzerinde toplumsal uzlaşa sağlanmalıdır. Bu bağlamda, endüstri 4.0 sürecine uyum sağlamak, uzun vadeli yatırımlarla mümkündür. Bu nedenle, uzun vadeli yatırımların ve özellikle de araştırma ve geliştirme temelli riskli yatırımlar için gerekli hukuksal düzenlemelerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin her şeyden önce endüstri 4.0'ın temelini oluşturan otomasyon ve bilişim sistemleri sürecini tamamlaması gerekmektedir. Nitekim orta ve yüksek düzeyde teknolojik üretimin katma değer içinde payı çok düşük düzeydedir. Bununla birlikte ticaretin payı sanayinin payına göre çok yüksektir. Bu durum Türkiye'nin endüstri 4.0 sürecine uyumda dezavantaja neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek teknoloji üretimine öncelik ve yoğunluk verilmelidir. Nitekim her ne kadar batı ülkeleri, gelişmekte olan ülkelere yatırımlarını geri çekmeye çalışsa da, yazılımda gelişmiş ülkeler kadar olmasa da gelişmekte olan ülkelerin de rolü olacaktır. Özellikle, yazılım geliştirme belli bir mekân ve çalışma süresi içermemektedir. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerdeki yetişmiş insan gücü bu sürece dâhil olacaktır. Bu bağlamda, bilişim ve iletişim sektörleri geleceğin sektörleri olacaktır.

Kaynakça

- Baysal, İ. (2015), “Endüstri 4.0”, 14. Çözüm Ortaklığı Platformu, Dijital Dönüşümü Anlamak, <https://www.okul.pwc.com.tr/images/uploadfile/content/635863141496551266.pdf> (04.03.2018)
- Bedo, J.S., Strinati, E.C., Castellvi, S., Cherif, T., Frascolla, M.V., Haerick, W., Korthals, I., Lazaro, O., Sutedjo, E., Usatorre, L. ve Wollschlaeger, M.(2015), “5G and the Factories of the Future”, Editörler: Haerick, Wouter ve Gupta, Milon, White Paper, <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Factories-of-the-Future-Vertical-Sector.pdf> (06.04.2018)

- Council for Science and Technology (2010), “*Japan’s Science and Technology Policy Report*”.
<http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/4th-BasicPolicy.pdf> (04.03.2018)
- Deloitte. (2017), “*The New Frontier Of Manufacturing Systems*”,
https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_The-smart-factory/DUP_The-smart-factory.pdf (04.03.2018)
- EFFRA (2013), “*Factories Of The Future, Multi-Annual Roadmap For The Contractual PPP Under Horizon 2020*”,
https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/ppp-factories-of-the-future-strategic-multiannual-roadmap-info-day_en.pdf (10.05.2018)
- Florian, E. ve Frische, P.(2015), “*Industry 4.0/Industrial Internet of Things – Related Technologies and Requirements For a Successful Digital Transformation : An Investigation Of Manufacturing Businesses*” Worldwide, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2698137 (10.05.2018)
- Flynn, D., McCaffrey, P. ve Sejal, M. (2013), “*The future of manufacturing: international perspectives - workshop report, Evidence Paper, Foresight*”, Government Office for Science.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/277151/ep1-international-workshops.pdf (10.05.2018)
- IEC, (2015), “*Factory of The Future*”, White paper. <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf> (12.04.2018)
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B.H., ve Noh, S. D. (2016), “*Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, And Future Directions*”, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111–128.
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40684-016-0015-5> (10.05.2018)
- Kurtulmuş, B. (2014), “*Endüstri 4.0: Yapay Zeka Teknolojileri*”,
http://kergun.baun.edu.tr/20172018Guz/YZ_Sunumlar/Endustri_4_0_Belginar_Kurtulmus.pdf (12.04.2018)
- Lee, E. A. (2006), “*Cyber-Physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?*”, Department of EECS, UC Berkeley, Position Paper for NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap October 16 - 17, 2006 Austin, TX.
- Oesterreich, T. D., ve Teuteberg, F. (2016), “*Understanding The Implications Of Digitisation And Automation In The Context Of Industry 4.0: A Triangulation Approach And Elements Of A Research Agenda For The Construction Industry, Computers In Industry*”,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361516301944?via%3Dihub> (10.04.2018)
- PWC, (2017), “*Digital Factories 2020: Shaping Future Of Manufacturing*”.
[https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/digital-factories-2020.html\(12.04.2018\)](https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/digital-factories-2020.html(12.04.2018))

- Geissbauer, R., Schrauf, S., Berttram, P., ve Cheraghi, F. (2017), “*Digital Factories 2020: Shaping The Future Of Manufacturing, Published By Pricewaterhousecoopers*”. <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> (10.05.2018)
- Ridgway, K., Clegg, C.W. ve Williams, D. J.(2013), “*The Factory Of The Future*”, Published By The National Metals Technology Centre, University Of Sheffield AMRC The National Metals Technology Centre, University of Sheffield AMRC, Wallis Way, Rotherham, S60 5TZ
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “*Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2019)*” <https://www.sanayi.gov.tr/handlers/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=663ce026-f803-4802-9267-73e84dbef61c> (10.04.2018)
- Tilley, J.(2017), “*Automation, Robotics, And The Factory Of The Future*”. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/automation-robotics-and-the-factory-of-the-future> (12.05.2018)
- TOBB. (2016), “*Akıllı Fabrikalar Geliyor*”, http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf (10.04.2018)
- TUSİAD. (2016), “*Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*”, Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576
- TÜBİTAK,(2016), “*Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*”, <https://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/yeni-sanayi-devrimi-akilli-uretim-sistemleri-teknoloji-yol-haritasi>, (10.04.2018)
- Türk, A., Kartoğlu, C., Kırcı, B., Tos, K., Çabuk, G., Pırnal, S.C., Kurum, E. (2014), “*Akıllı Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi*”, https://issuu.com/avrupaisletmeleragi/docs/endustri_4.0_ekoqi_kitapcik_eeen/6 (10.04.2018)
- Walport, M. ve Laphorne, R. (2013), “*Future Of Manufacturing: A New Era Of Opportunity and Challenge For The UK*”, <https://www.gov.uk/government/publications/future-of-manufacturing/future-of-manufacturing-a-new-era-of-opportunity-and-challenge-for-the-uk-summary-report> (06.04.2018)
- Wang, S., Wan, J., Li, D., ve Zhang, C. (2016), “*Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook*”. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016. <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1155/2016/3159805> (10.04.2018)