

ENDÜSTRİ 4.0 – TÜRKİYE’NİN DURUMU VE YAPILMASI GEREKENLER

Mehmet Hanifi AYBOĞA¹ , Levent GÖRMÜŞ² 

Özet

İlk insandan bu zamana kadar geçen zaman diliminde insanlar zihinsel, bedensel ve bilişsel olarak kendisini ve çevresini değiştirmiştir. Buna bağlı olarak Endüstri 4.0’da bu değişimler içinde yer almaktadır. Gerek dünyada gerek ülkemizde büyük yankılar meydana getiren Endüstri 4.0’ın ülkemizdeki KOBİ kavramına da etkisi olmuştur. Endüstri 4.0 öncesi ve bu zamana kadar olan süreci tarihsel, ekonomik, teknolojik, toplumsal ve hayatın her alanında görmekteyiz. Özellikle iş yaşamında insanın devreden çıkarılmasıyla makinelerin birbiriyle iletişim halinde olması insanın belli yerlerde müdahaleleriyle üretim sürecinin devam ettiği durumlarla karşılaşacağız. Birçok alışkanlığımızı değiştirecek olan Endüstri 4.0 yeni iş sahalarına yeni mesleklerin çıkmasına neden olacaktır. Gerek Kobiler gerekse diğer birimler bundan etkilenecektir. Bu çalışmamızda Endüstri 4.0 ile ilgili kavramları bu kavramların ne işe yaradığını, Kobiler de ne aşamada olduğunu ve diğer endüstriyel devrimlerin etkisi de anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Devrimi, Teknoloji, İnsan Makine İlişkisi, Yapay Zekâ

INDUSTRY 4.0-THE STATUS OF TURKEY AND WHAT TO BE DONE

Abstract

In the period from the first human to this time, people have changed themselves and their environment mentally, physically, and cognitively. Accordingly, Industry 4.0 is included in these changes. Industry 4.0 which has made great repercussions both in the World and in our country, has also had an impact on the concept of SME in our country. We see the process before Industry 4.0 and up to this time in historical, economic, technological, social and all other areas of life. Especially in business life, we will encounter situations where the production process continues with human invention in certain places, as machines are in communication with each other. Industry 4.0, which will change many of our habits, will lead to new job fields and new professions. Both SME’s and other units will be affected. In this study, the concepts related to Industry 4.0, what these concepts do, what stage they are in SMEs and the effect of other industrial revolution will be explained.

Keywords: Industrial Revolution, Technology, Human-Machine Interface, Artificial Intelligence

¹ Prof.Dr., Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye

Email: hanifiayboga@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2699-8070

² Email: levent.gorur@hotmail.com

ORCID: 0000-0001-5835-9911

1. Giriş

18.Yüzyılın ikinci yarısında buhar gücünün üretimde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte yaşanan İlk Sanayi Devrimi dünya ekonomisini, daha önce hiç tecrübe edilmemiş düzeyde bambaşka bir boyuta taşımıştır. İngiltere’de başlayan birinci Sanayi Devrimi önce Avrupa’ya ardından ABD’ye ve oradan da tüm dünyaya yayılmıştır. Üretimde makineleşmeyi beraberinde getiren Birinci Sanayi Devriminin ardından yaşanan İkinci Sanayi Devrimi ise özellikle demiryolu taşımacılığının yayılması ekseninde ulaşım ağlarının genişlemesini beraberinde getirmiş ve hammaddeye ürün naklinin kolaylaşması bağlamında önemli gelişmelere yol açmıştır. Elektrik enerjisinin buhar gücünün yerini alması bu süreçte, kitle üretimini ve dolayısıyla kitle tüketimini de yaratmıştır. Demir ve Çeliğin yaygın kullanımına sahne olan ve ağır sanayinin hızla geliştiği İkinci Sanayi Devrimi, Dünya ekonomisinin sosyo-ekonomik yapısını önemli ölçüde değiştirmiştir. 20.Yüzyılın başında yaşanan iki dünya savaşının ardından bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin gelişimiyle birlikte ise dünyada Üçüncü Sanayi Devrimine geçilmiştir. Uzay ve Havacılık çalışmalarının hız kazandığı, internetin tüm dünyada kullanılmaya başlandığı ve mobil iletişimin yaygınlaştığı 20.Yüzyılın ikinci yarısı, dünya ekonomisinin bambaşka bir yapıya dönüşmesine neden olmuştur.

Dördüncü Sanayi Devrimi ilk kez dünyanın en büyük fuarlarından olan Hannover Fuarı’nda 2011’de konuşulmuştur. Bu Fuar da Makinelerin üretim süreçlerine hâkim olduğu ve verimlilikte yüksek oran ve miktarlarda artış sağlayacak ‘akıllı üretim’ e doğru evrildiğimiz belirtilmiştir. Siber Fiziksel sistemlerin esas olduğu endüstriyel yapıda, akıllı fabrikalarda faaliyet gösteren makinelerin, nesnelerin interneti vasıtasıyla iletişime geçerek birlikte üretim gerçekleştirmeleri söz konusudur. Gelişmiş robotlar, Sanal Gerçeklik Uygulamaları, Bulut Sistemi, Üç Boyutlu Baskı Yöntemi ve bilişsel programlama gibi konuların ön plana çıktığı bu son endüstriyel devrimin tüm sektörlerde etkileyici ve belirleyici olması beklenmektedir.

1.1. 1923-1945 Döneminde Endüstriyel Dönüşüm

Dünyada sanayileşmenin en önemli belirleyicisi bu dönemde elektriğin üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılması olmasına rağmen 1929 krizi ile hem Dünyada hem Türkiye’de sanayi üretiminin organizasyonunda büyük dönüşümler olmuştur (Bolt, Inklaar, Jonk, Zenden, 2018). “Daralma sanayi üretimindeki büyük düşüşler ve işsizlik oranlarındaki büyük artışlar ile eklenmiştir.” (United Nations Statistical Year Book, Çeşitli Sayılar). Krizin nedeni efektif talep yetersizliği, talebin yalnızca bölgesel düzeyde değil uluslararası düzlemde de yeniden ortaya koymuştur. Devlet müdahalesi ile özdeşleşen Keynesyen refah devleti politikaları uygulamaya konulmuştur. Daralan talep koşullarında, görece kapalı ekonomiler etrafında şekillenen dünya ekonomisinin genel görünümü oldukça değişmiştir.

“Bu dönemde Henry Ford ile Fordist üretimin temellerinin atıldığı ancak üretimin 1929 krizi ile kesintiye uğradığı söylenebilir. Fordizmin kitleler için üretim anlayışının gerektirdiği daha fazla talep arayışı, ülkeler arasında standardize edilmiş bir uygulaması oldukça güç olan ülke paralarının altın standardına bağlandığı anlayışında sonunu getirecektir. 1929 yılını takip eden yıllarda merkez ülkeler hızla altın standardını terk etme eğilimine girmiş” (Eichengreen, 1992) ve ikinci dünya savaşı sonunda da uluslararası piyasaları düzenleme görevi IMF ve Dünya Bankası ile temsil edilen Bretton Woods’a devredilmiştir. İkinci Dünya savaşı ile aslında

dünya sisteminin yeniden yapılandığı ve yeni bir üretim örgütlenmesinin temellerinin atıldığı yıllardır.

“Türkiye’de 1923 yılında imparatorluğun dağılarak yerine resmi bir ulus devleti – Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulması dünyadaki iktisadi, politik ve kurumsal dönüşümle son derece uyumludur. Sanayileşme açısından da Dünyadaki yeniden yapılanmanın yansımaları, devlet eliyle sanayileşmenin neredeyse bir zorunluluk haline gelmesi ile sonuçlanmıştır. Dünyadaki bu eğilimlerin Türkiye’deki yansıması, devlet eliyle, “devletçilik” anlayışı ile şekillenen ilk sistematik sanayileşme dalgasının devlet fabrikaları ile gerçekleştirilmesi biçimini almıştır” (Pamuk, 2008).

“Genel bir değerlendirme ile 1927 sayımında sayıma dahil edilen yaklaşık 65.000 imalat sanayi işletmesinin %91’inin 1-5 çalışanı bulunduğu altı çizilmelidir. Bu işletmelerde üretimin mekanizasyon düzeyi ise oldukça düşüktür. Üretim ise tarıma dayalı endüstrilerde gelişmiştir. Örneğin gıda, içki ve tütün üretimi bu yılda yapılan üretimin %67’sini oluşturmaktadır. Dokuma, giyim eşyası ve deri sanayi ise üretime katkısı bakımından en önemli ikinci sektördür” (Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 1969). 1932 yılında “Teşvik-i Sanayi Kanunu’ndan yararlanan işletme sayısı” 1.452 iken bu işletmelerin 946’sı da gıda, içki, tütün ve dokuma, giyim eşyası ve tekstil sanayi de faaliyet göstermektedir.

1.2. 1945-1990 Döneminde Türkiye’de Endüstriyel Dönüşüm

“İkinci Dünya Savaşı boyunca Dünya’da kişi başına düşen gelir de keskin düşüşler yaşanmış, savaş koşulları ve ardından tahrip olan Dünya’nın yeniden yapılanmasındaki arayışlar hem iktisadi hem sosyal hem de kurumsal dönüşümü zorunlu hale getirmiştir. Sermaye birikiminin büyük bir kesintiye uğradığı bu dönemi takip eden yıllarda, Bretton Woods kurumları olan IMF ve Dünya Bankası’nın uluslararası piyasaları düzenleme yetkisiyle harekete geçmiştir.” (Glyn vd., 1988). Webber (1996) İkinci Dünya Savaşı sonrasında tüm dünyada eşitsiz bir sermaye birikimi sürecinin varlığını işaret ederek, yalnızca merkez ülkeler açısından “altın” sayılabilecek dönemin kısmen de olsa yaşandığını vurgulamaktadır. Bu dönemde, dünyanın genel görünümü bir tarafta kapitalist blok temsilcisi ABD, diğer tarafta da sosyalizmin temsilcisi Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği’nin (SSCB) 1991 yılına kadar sürecek olan Soğuk Savaşı’nın izlerini taşımaktadır. Sovyet modelinin sosyalist karakteristiği tartışmalı bir konu olsa da teknik olarak 1945-1990 dönemi kapitalizm ve sosyalizmin çatışması denilebilir.

“1970’lerin başında Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği’nin (OPEC) petrol fiyatlarını arttırma kararı ile birlikte hem merkez hem de yan çevre ve çevre ülkelerde ciddi bir maliyet enflasyonuna sebep olmuş ve sanayileşme olumsuz etkilenmiş, bir durgunluk Bretton Woods’un da sonunu getirmiştir. 1980’li yıllarda hem dünyada sanayi sermayesine dayalı birikimin gözden düşerek, daha fazla kar olanakları yaratan finans kapitale yönelimi arttırmıştır. Türkiye açısından ise 1960 yılından DPT’nin (Devlet Planlama Teşkilatı) kurulması ve ülkede kalkınma ve sanayileşme gündeminin planlara resmen bağlanması bu süreçte gerçekleşmiştir.”

(Kansu, 2004). Bu dönem de beş adet BKYP (Beş Yıllık Kalkınma Planı) uygulamaya konmuştur.

“İlk planda, sanayileşme gereksinimi nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile ilişkilendirilerek zorunlu görülmüş ama temel amaç sanayileşme değil, “sanayi ve tarımın dengeli kalkınması” olarak belirtilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, 1963). “Özel Sektör öncülüğünde kalkınma ise, ikinci ve üçüncü planlarda gündeme taşınabilmiştir. İlk üç plan, sanayileşmenin bir hedef olarak korunduğu planlar olması bakımından önemlidir. Ancak 1979-1983 dönemini kapsayan Dördüncü BKYP ve takip eden planlarda ileri ve rekabetçi bir imalat sanayi yaratma genel amaçlar arasında ter almasına rağmen planların bütününde bunun nasıl gerçekleşeceğine ilişkin somut hedefler yer almamaktadır” (Devlet Planlama Teşkilatı, 1968).

Dünyada sistemin yeniden yapılanma evresinde, Türkiye merkez ülkelere hammadde ihracatçısı fakat ara mal ve sermaye malı ithalatçısı bir ülke olarak eklenmiştir. Bu görünüm Türkiye’nin halen temel yapısal sorunlarından biri olan üretimin ithalata bağımlılığının da erken aşaması olarak tartışılabilir. Sanayileşme meselesinin ele alınışı da merkez ülkelerdeki teknolojik gelişmelerin ve krizlerin etrafında şekillenmiş ancak Türkiye’de sanayileşme meselesi bir üst yapı meselesi olarak ele alınmıştır. İktisat politikası arayışları ise “milli” arayışı doğrultusunda ilerlemiştir. 1950-1990 döneminde, metal eşya, makine ve teçhizat, ulaşım aracı ilmi ve mesleki ölçme aletleri hem üretime hem de işyeri sayısı bakımından dikkat çekici bir artış göstermiştir. Burada artışın esas olarak metal eşya sektöründe uzmanlaşan işletmelerin sayısındaki artıştan kaynaklandığı söylenebilir.

1980 yılında yapılan Genel Sanayi Sayımında, imalat sanayi işletmelerinin tam kapasite çalışmama nedenleri arasında kesintisiz enerjiye erişim sorununun en az iç ve dış pazarlara erişim sorunu ve ithal hammadde temin sorunları kadar önemli bir sorun olduğunun altı çizilmektedir (Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 1988).

1945-1990 döneminde ithalat açısından ise öncelikle ham petrol ve doğalgaz ithalatı, dönemdeki toplam ithalatın %17’sine (3.747 milyon dolar) karşılık gelmektedir. Türkiye’nin bu yıldaki ithalatının en büyük kalemleri ise kimyasal madde ve ürünler ile makine ve teçhizattır. (TÜİK, 1990)

1.3. 1990-2008 Döneminde Türkiye’de Endüstriyel Dönüşüm

“Üretimin, yatırımın, finansal sermaye hareketlerinin, işgücünün hareketinin serbestleşmesi çağrısı ile özdeşleşen bu dönemde, Bretton Woods’un Dünya Bankası ve IMF kurumlarına, bir üçüncü kurum olarak Dünya Ticaret Örgütü de 1995 yılında eklenmiştir. Bu serbestleşme ve uluslararasılaşma çağrılan çevre ve yan çevre ülkelerin, sermayenin önündeki engellerin kalkması ile yan çevre ve çevre ülkelerin yatırım çekeceği bunun refahın yayılmasında etkili olacağı ifade edildiği varsayımına dayanan neoliberal politikalara çağrı biçimini alan Washington uzlaşısı ile uygulama olanağı bulmuştur” (Barbaros, Kozal, 2017; Kozal 2019).

Türkiye bu dönemde, 1980’li yıllardan itibaren yapılan serbestleşme çağrısına karşılık veren ve uygulamaya geçen ilk ülkelerden biridir. 1989 yılında kambiyo hareketleri üzerindeki engellerin de kaldırılmasıyla spekülatif akımlara kapılarını sonuna kadar açan Türkiye’de sanayi sermayesine dayalı birikimden bu dönemin ana birikim modeli olarak bahsetmek zordur. Bu dönemde büyümenin temel kaynağı kısa vadeli sıcak para girişleridir. Kısa vadeli sıcak paraya dayalı büyümenin sürdürülemez hale gelişi krizlere neden olmuştur. 1994 ve 2001 krizi ile sıcak para girişlerinin ani duruşu ve ardından piyasadan çekilmesinin yarattığı tahribat oldukça büyük olmuştur.

ISO 500 Büyük Sanayi Kuruluşu sıralamasında üretimden satış değerine göre sıralanan firmalar içinde kamu işletmeleri sayıca yükselmiş, kamunun büyük işletmelerinin özelleştirilerek üretimden satış değerine göre sıralama dışı kalmaları ise 2001 krizi sonrasında gerçekleşmiştir. Sanayi faaliyetlerinin teknoloji arka planına ilişkin tartışmalar Türkiye’de 1990’lı yıllarda, Dünyadaki evrimci okul ve etrafında şekillenen “Ulusal Yenilik Sistemleri” kavrayışının etkisiyle sistematik bir biçimde ele alınmaya başlamıştır” (Taymaz,2001).

1.4. 2008-2018 Döneminde Türkiye’de Sanayinin Mevcut Durumu: Sanayileşmenin Neresindeyiz?

“2008 Krizi, dünyada finans kapitale dayalı büyümenin sınırlarına ulaştığına ilişkin en önemli işaret olarak okunmalıdır. Özellikle merkez ülkelerin konut piyasalarında, ipotekli konut satışında (Mortgage) sisteminde ortaya çıkan ve ardından büyük bir likidite krizi yaratan ve bu büyük kırılmadan merkez ülkelerin yeni bir birikim modeline doğru evrildikleri görülmektedir. AB ülkelerinde ciddi düşüşlerin süreç içerisinde bir ülkedeki sanayi üretim kapasitesinin düşmesi, sanayide çalışan nüfusun azalması gibi farklı değişkenlerle ölçülen sanayisizleşmenin (deindustrialization) tartışmalarını da beraberinde getirmiş, sanayisizleşmenin dinamikleri pek çok çalışmanın gündem maddesi olmuştur” (Rodrik, 2016; Rowthorn ve Ramaswamy, 1999). Almanya’nın 2011 yılında Sanayi 4.0 adı verilen yeni sanayi çevrimine geçiş ilan etmesi ardından özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde yeniden sanayisizleşme (reindustrialization) tartışmalarının hız kazanmasına neden olmuştur. Endüstri 4.0’ın üretim süreçleri ve gündelik hayata etkilerinin gelecek 50 yılı şekillendirmesi beklenmektedir.

Dünyanın ağ yapılarına yönelen yeni bilim paradigması içinde, küresel değer zinciri ve yeni uzmanlaşma eksenleri arayışı bir yönüyle 1990’ların kavrayışından farklıdır. Artık üretimin ileri teknoloji içeriği esastır. Ayrıca 1990’ların üretimin parçalara ayrılmasında düşük ücretli ucuz emek baskınken, bu yeni sanayi devriminde üretimin tüm süreçlerini kavrayabilecek, yönetebilecek emek gücü, bunu düzenleyebilecek iş yasaları, kurumlar eğitim sistemi gibi faktörler belirleyici olacaktır. Bu nedenle, yeniden yapılanan uluslararası iş bölümünde küresel değer zincirine yüksek katma değer yaratan sektörlerdeki uzmanlaşma yoluyla eklenilebilen ülkeler, gelecek 30-40 yılın merkez ülkeleri olma yolunda ilerleyecektir.

1.5. Türkiye’de Endüstri 4.0’a Yakın Olan Bölgeler

1960’lı yılların başında Türkiye, bilindiği üzere planlı kalkınma dönemine geçiş yapmıştır. Söz konusu dönem beşer yıllık kalkınma planları kapsamında kalkınmada öncelikli konuların belirlenmesi ve bunlara yönelik politika uygulamalarını kapsamaktadır. “Bu bağlamda Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 1963-1967” yıllarını kapsarken takip eden yıllarda 9 kalkınma planı daha oluşturulmuştur. Şimdiye dek yayınlanmış olan tüm kalkınma planları incelendiğinde, Türkiye’nin temel sorunlarından biri olan bölgesel gelişmişlik farklarının azaltılmasına yönelik politika hedefleri geliştirildiği görülmektedir. Kalkınma planları kapsamında tarihsel süreçte Kalkınmada Öncelikli Yörelere (KÖY) politikası, az gelişmiş bölgelere yatırım teşvikleri uygulaması, geri kalmış bölgelere avantajlı tarımsal kredi destekleri, organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi sitelerinin desteklenmesi ve Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) gibi uygulamalar hayata geçirilmiştir.

2. ENDÜSTRİ 4.0: YAKIN GELECEĞİN SANAYİ DEVRİMİ – TARİHSEL BAĞLAM

18.Yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan endüstriyel dönüşüm ile o güne kadar hiç olmadığı ölçüde gelişen üretim teknolojisi, günümüze değin farklı patikalar ile gelişmeye devam etmiştir.

2.1. Endüstri 4.0 Nedir? - DERİN VE SİSTEMİK DEĞİŞİM

İlk olarak dünyanın en büyük endüstri fuarı olan Hannover Fuar’ında 2011 yılında dile getirilen Endüstri 4.0 kavramı, temel olarak ilk üç Endüstri devrimi ardından gelen yeni bir endüstriyel dönüşümü ifade etmektedir. (Kagerman vd. 2011) Üçüncü Endüstri Devrimi süresince mekanik, elektronik ve yazılım alanında yaşanan ilerlemeler otomasyon sistemlerinin daha da etkin işlemlerini, lazer ve fiber optik sistemlerin geliştirilmesini, bilgisayar tabanlı sistemlerin yazılımlarının gelişimini ve internetin tahmin edilenin de üzerinde bir kapsayıcılık kazanarak hemen her alanda etkin olmasını sağlamıştır.

İletişim ağlarının daha önce hiç olmadığı kadar sıklaşması ise tüm bu süreçlerin gerek üretim birimleri içerisinde gerekse farklı üretim birimleri arasında çok daha hızlı ve etkin işlemlerinin mümkün kılmasını sağlar. Kısaca Endüstri 4.0 ile artık “etkili üretim” döneminin başladığı kabul edilebilir.

Endüstri 4.0 sürecini önce üç Sanayi Devrimi sürecinden farklı kılan şey ise diğerlerinin aksine, etkileri ortaya çıktıktan sonra değil, henüz yaşanmakta iken dile getirilmesidir. Önceki Endüstriyel dönüşümler bir veya birkaç temel bileşen ile açıklanırken Endüstri 4.0 süreci pek çok temel ve alt türev bileşenlerden oluşmakta olup zaman ilerledikçe çok daha farklı ve yeni türev-bileşenler oluşmaktadır. Şüphesiz ki, bu yeni türev-bileşenler Endüstri 4.0 dönüşümün sanayi ve toplumsal etkilerini daha da hızlı bir şekilde arttırmaktadır.

2.2. Sistemik Bir Tehdit Olarak Eşitsizlik

Artan eşitsizliğin karşımıza çıkaracağı tehditleri tam olarak belirlemek zordur, çünkü büyük çoğunluğumuz üretici olduğu kadar tüketicidir. O nedenle inovasyonlar ve bozulmalar yaşam standartlarımızı ve refahımızı olumlu ve olumsuz her iki yönde de etkileyecektir.

Tüketiciler en çok kazananlar olacak gibi görünüyor. Dördüncü Sanayi Devrimi tüketiciler olarak sıfır maliyetle kişisel yaşamımızın verimliliğini arttırabileceğimiz yeni ürün ve hizmetleri mümkün kılıyor. Taksi çağırmak, uçak bileti almak, bir ürün satın almak, ödeme yapmak, müzik dinlemek ya da film seyretmek; bunların her biri artık uzaktan yapılabiliyor. Teknolojilerin yararları tüketiciler olarak hepimiz açısından tartışılmazdır. İnternet, akıllı telefon ve binlerce aplikasyon hayatlarımızı kolaylaştırıyor ve bir bütün olarak daha üretken kılıyor. Okumak, internette dolaşmak ve iletişim kurmak için kullandığımız tablet bilgisayar gibi bir cihaz, 30 yıl önceki 5000 masaüstü bilgisayarın sahip olduğu kadar bilgi işlem gücüne sahip (Carl Benedikt Frey ve Michael Osborne, Şubat 2015).

2.3. İtici Kuvvetler

Sayısız Kuruluş dördüncü sanayi devriminin itici kuvveti olan çeşitli teknolojilere ilişkin listeler üretti. Bunların ürettiği bilimsel atılımlar ve yeni teknolojiler sınırsız görünmektedir. Çok çeşitli cephelerde ve çok farklı yerlerde gelişiyorlar.

2.4. Mega Trendler

Mega trendleri belirlemek ve dördüncü sanayi devriminin teknolojik itici kuvvetlerinin geniş yelpazesini ele almak için fiziksel, dijital ve biyolojik olarak üçe ayrılır. Her üçü de aralarında derinden ilişkili ve değişik teknolojiler birbirlerinin keşif ve ilerlemelerinden karşılıklı yarar sağlıyor.

2.5. Fiziksel

Teknolojik mega trendler dört tanedir. İleri düzey robotik, yeni malzemelerdir, özerk taşıtlar ve 3 boyutlu yazıcılar.

2.6. Özerk Taşıtlar

Haberlerde daha çok sürücüsü arabalar yer almakla birlikte şu an da kamyonlar, drone teknolojileri, uçaklar ve tekneler gibi çok çeşitli özerk taşıtlar vardır. Değişik uygulamalarda kullanılacak düşük maliyetli, ticari olarak erişilebilir drone teknolojilerinin ve sualtı taşıtlarının piyasaya çıkması için sadece birkaç yıla ihtiyaç var.

2.7. 3D Baskı

Üç boyutlu dijital bir çizim ya da modelden tabaka üstüne tabaka basarak fiziksel bir nesne oluşturmak demektir. Bu, nesnelerin şimdiye kadar ki yapılma tarzını ifade eden, tabakaların bir malzemedan sonunda arzu edilen şekle ulaşıncaya kadar parça parça kaldırılması şeklinde çıkarmalı imalatın tam tersidir. 3D baskı, malzemeyi alıp dijital bir şablon kullanarak üç boyutlu bir nesne biçimine getirir.

Bu teknoloji büyük şeylerden (rüzgâr tribünleri) küçük şeylere (medikal implantlar) kadar çok bir uygulama yelpazesine sahip olmakla birlikte şu an için öncelikle otomotiv, havacılık ve medikal endüstrilerdeki uygulamalarla sınırlıdır. Seri üretilen mamul mallardan farklı olarak 3D yazıcılarla yapılan ürünler müşteriye göre çok kolay özelleştirilebilir. Şu andaki boyut, maliyet ve hız kısıtlarının giderek daha kolay aşılmasıyla 3D baskı devre panelleri gibi entegre elektronik parçaları, hatta insan hücre ve organlarını içerecek kadar geniş alanlara nüfuz edecektir. Araştırmalar daha şimdiden kendi kendini değiştiren ürünlerin çevredeki ısı ve nem gibi değişikliklere tepki verebilen yeni tür bir kuşağını yaratma süreci olarak 4D üzerinde çalışmaktadırlar. Bu teknoloji giysi ya da ayakkabılarda olduğu kadar insan vücuduna uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış implantlar gibi sağlıkla ilgili bazı ürünlerde de kullanılabilir.

2.8. İleri Robotik

Yakın zamana kadar robotları kullanımı otomotiv gibi belli endüstrilerdeki sıkı sıkıya kontrol edilen görevlerle sınırlıydı. Ne var ki bugün robotlar giderek bütün sektörlerde ve hassas tarımda ve hasta bakıcılığa kadar çok çeşitli görevlerde kullanılıyor. Robotikteki hızlı ilerleme kısa süre içinde insanlar ile makineler arasındaki iş birliğini günlük olay haline getirecek. Bunu da ötesinde başka teknolojik ilerlemeler sayesinde robotlar daha uyarlanabilir ve esnek hale geliyor, robotların yapısal ve işlevsel tasarımı /doğanın kalıp ve stratejilerinin taklit edildiği biomimicry olarak adlandırılan bir sürecin uzantısı olarak) karmaşık biyolojik yapılardan esinleniyor.

Sensörlerdeki ilerlemeler robotlara çevrelerini daha iyi anlama, tepkide bulunma ve ev işleri gibi çok çeşitli görevlerde rol alma yeteneği kazandırıyor. Özel bir birim tarafından programlanmalarının gerekli olduğu geçmişten farklı olarak robotlar şimdi bulut aracılığıyla uzaktan enformasyona erişebiliyor ve böylece başka robotlardan oluşan ağlara bağlanabiliyorlar. Robotlar bir sonraki kuşakta insan-makine iş birliğini muhtemelen daha büyük bir vurguyla yansıtacaklar.

2.9. Yeni Malzemeler

Birkaç yıl önce hayal bile edilemez görünen özelliklere sahip yeni malzemeler piyasaya çıkıyor. Hepsi de daha hafif, güçlü, geri dönüşebilir ve uyarlanabilir malzemeler, orijinal biçimlerine geri dönebilen bellekli metaller, basıncı enerjiye dönüştürebilen keramik ve kristaller gibi yeni uygulamalar söz konusu.

3. ENDÜSTRİ 4.0'DA İNSAN, ROBOT ve İSTİHDAM

3.1. Endüstri 4.0'a İlişkin Temel Kavramlar

Almanya merkezli ‘Endüstri 4.0 Çalışma Grubu’, 2013 yılında yayınladığı raporda Endüstri 4.0’ın aşağıdaki üç temel bileşene sahip olduğunu ifade etmiştir. (Kagerman vd., 2013)

- Nesnelerin İnterneti
- Siber Fiziksel Sistemler
- Akıllı Fabrikalar

3.1.1. Nesnelerin İnterneti

Kökene çok daha eskiye dayanan ve Endüstri 4.0’dan daha geniş bir kapsama sahip olan bir kavramdır. Endüstri 4.0 daha çok Almanya özelinde tasarlanan bir ileri teknoloji planına ilişkin ortaya çıkmış bir kavram iken (Endüstri 4.0) Endüstriyel İnternet Kavramı, Anglo Sakson dünyasında daha uzun süredir kullanılan ve General Elektrik şirketi tarafından (Industrial İnternet) olarak ortaya atılmış bir kavramdır. (Gilchrist, 2016; Hernann vd. 2016). Nesnelerin İnterneti, sensör, makine, bina, otomobil ve diğer pek çok ögenin ortak amaçlar doğrultusunda etkileşim ve iş birliği içerisinde çalışmasına imkân tanıyan bir enformasyon ağı olarak tanımlanır.

Uzun bir süredir yaygın kullanım alanı bulunan makineden makineye (M2M) üretim sistemleri ile benzerlik gösterse de operasyon ölçeği bakımından çok daha geniş bir çerçeveye sahiptir. (Gilchrist, 2016) Bunun nedeni “Bulut Sistemleri” ve buna bağlı olan “Büyük Veri” yaratan süreçleri ile makineler iletişimin çok büyük boyutlarda istatistiki analizlerle desteklenmesidir.

3.1.2. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber-Fiziksel Sistemler otonom olarak enformasyon alışverişinde bulunan harekete geçebilen ve birbirlerini kontrol edebilen akıllı makineler, depolama sistemleri ve üretim tesislerini kapsamaktadır. Bu sistemler sayesinde mühendislik, materyal kullanımı, imalat ve tedarik zinciri süreçlerinde önemli ilerlemeler mümkün olabilmektedir. (Kagerman vd., 2013)

Üçüncü Sanayi Devrimi sürecinde gelişen otomasyon sistemleri ve insan-makine etkileşimindeki ilerlemeler yerini bambaşka bir sürece bırakmıştır. Ağ teknolojisinde yaşanan gelişmeler, uzun bir süredir insan –makine etkileşimini de oldukça hızlı ve etkin bir düzeye taşımıştı. Bunun da ötesinde, makinelerin çeşitli sensör ve benzeri gömülü sistemler ile güçlendirilmesi de uzunca bir süredir orta ve yüksek teknolojili üretim tesislerinde tercih edilmekteydi. Siber-Fiziksel Sistemler sayesinde ise artık nesnelere, ilgili ağları kullanarak birbirleriyle iletişime geçebilmekte, üretim sürecindeki aşamalarda kendileri çeşitli analizler yaparak kararlar alabilmekte ve hatta bu kararları bir diğer nesneye iletebilmektedirler. ‘‘Yapay Zekâ’’ kavramıyla da doğrudan ilişkili olan bu sistemler, üretimin büyük oranda makineler ile yapılabilmesine imkân tanımaktadır.

3.1.3. Akıllı Fabrikalar

Değer yaratmak için Siber-Fiziksel Sistemleri gömülü olarak bünyesinde barındıran fabrikalar olarak düşünülebilir. (Stock ve Saliger, 2016) Sosyal Ağdakine benzer şekilde, akıllı fabrikalarda çalışan işçiler, makineler ve kaynaklar arasında bir iletişim bulunmaktadır. Ürünler eşsiz bir biçimde tanımlanabilmekte, herhangi bir zamanda yerleri saptanabilmekte ve ürünler hem geçmişlerini hem buldukları zamanı hem de gerçekleştirecekleri hedefleri bilmektedirler. Örneğin bir metal plaka, makineye onu nasıl işlemesi gerektiği sinyalini verebilmektedir. Bu alt kavram ise “Akıllı Ürünler” olarak adlandırılır.

Akıllı fabrika konsepti ve nesnelerin interneti, üretimde zaman mekân sınırlarını da değiştirmiştir. Küreselleşme süreciyle birlikte zaten hızlanmış olan üretimin düşük maliyetli bölgelere kaydırılmasının artık çok daha etkin bir şekilde işleyeceğini söyleme mümkündür. Üretim sistemleri, tüm bu iletişim ve veri aktarım işlemlerinden faydalanarak mekân sınırı olmaksızın işleyebilecektir. Buradaki maliyet avantajı, aslında toprak ve işgücünün ucuz olmasından çok daha fazlasıdır.

Otomasyonun yayılmaya başladığı 1970 sonrası dönemde “ışsız otomasyon” olarak gelecek zamanlara ilişkin yeni bir üretim sistemi dile getirilmiştir. (Jaikumar, 1986; Brann vd. 1996) “Sıfır Işıklı Fabrika” olarak da adlandırılan bu sistem, içinde hiç insanın yer almadığı otomasyonun da ötesinde akıllı otomasyon sistemlerinin etkin olduğu, her bir üretim biriminin birbirleri arasında internet ağı ile iletişim kurduğu, her bir birimin ayrıca bambaşka bir mekânda kurulu olan ana merkez ile internet üzerinden iletişim içinde bulunduğu bir sistemdir.

Her ne kadar 1980’lerde geleceğe ilişkin bir hayal olarak adlandırılrsa da, akıllı üretim tesislerinin kurulması ile beraber, günümüzde artık fabrikalar gerekli altyapının kurulmasıyla birlikte “sıfır ışıklı” bir yapıya dönüşebilmektedir. Örneğin endüstriyel robot üreticisi olan Japon FANUC firması, birkaç hafta boyunca herhangi bir insan denetimi gerektirmeyen hatları kurmuştur. Tamamı sıfır ışıklı tasarlanmış üretim tesislerinde temel işgücü maliyeti olan ücretler olmayacağı gibi personel servisi, yemekhane, işçiler için ayrılan üretim alanı, ofis alanı gibi maliyetler de olmayacaktır. Kısaca üretim eskisinden çok daha hızlı ve kusursuz olduğu kadar daha ucuz da olabilecektir.

4. Endüstri 4.0 ile İlişkili Diğer Kavramlar ve Küresel Ticareti Değiştirecek Teknolojiler

4.1. Bulut Teknolojisi

Bulut Teknolojisi ya da bulut bilişim, internet üzerinden servis olarak alınan uygulamalar ile veri merkezlerinde bu servisleri sağlayan donanım ve sistem yazılımlarını ifade etmektedir. Bu servisler, “hizmet olarak yazılımlar” olarak adlandırılırken bazı sağlayıcılar tarafından

ürünlerini tanımlama noktasında “hizmet olarak altyapı” ve “hizmet olarak platform” olarak da adlandırılabilir (Ambrust vd., 2010) Buradaki “bulut” vurgusu, veri merkezindeki donanım ve yazılımı ifade etmekte olup insan veya makine kullanıcıların yukarıdaki bir buluttan ihtiyaç duydukları verileri alışveriş yapabilmelerini ifade etmektedir. (Fox vd., 2009)

Günümüzde tüketiciler tarafından da yaygın bir kullanım alanı olan bulut teknolojisi, akıllı telefonlar, tablet ve bilgisayarlarda bulunan görüntü, ses, metin ve diğer pek çok dosyanın depolanmasını sağlayabilmektedir. Bu teknoloji sayesinde kullanıcıların sahip oldukları bu fiziki depolama aygıtları zarar görse veya kaybolursa dahi söz konusu veriler bulut sisteminde anlık depolanmakta ve güncellenmekte ise kullanıcıların verileri korunmaya devam etmektedir. Ayrıca kullanıcılar sahip oldukları tüm aygıtlarda bulut hesaplarındaki verilere en güncel haliyle erişilebilmektedirler. Tüketici kesiminde bu teknolojinin kullanım sıklığı her geçen gün daha da artmaktadır.

Onlarca hatta yüzlerce farklı makinenin buluşturduğu ve tümünün “akıllı” olarak tasarlandığı bir üretim tesisinde, her bir makinenin topladığı verileri sadece kendi bünyesinde depolamak yerine bulut sistemine yüklediğini düşünelim. Söz konusu bulut sistemi kısmen veya tamamen diğer tüm makinelerin ve firma idari birimlerinin erişimine açık ise diğer tüm makineler ve idari birimler buluttaki verilere en güncel haliyle erişebilecek ve üretim sürecindeki kararlarına yön verebileceklerdir.

4.2. Büyük Veri

Devasa ve gelenekselin dışındaki veri setlerini ifade etmektedir. Geleneksel veri setlerine kıyasla büyük veri, gerçek zamanlı analize çok daha fazla ihtiyaç duyan, yapılandırılmamış veri yığınlarını içermektedir (Chen vd., 2014). Büyük veri geleneksel süreç veya araçlarla işlenemeyen ve analiz edilemeyen enformasyonları kapsamaktadır. Geleneksel analizde, , tam sayımın yapılamadığı durumlarda ana kütleyle temsil eden ideal bir örneklem ile analiz yapılırken, büyük veri sayesinde tam sayıya çok yakın veriler derlenebilmektedir. Öte yandan, geleneksel analizde hipoteze dayalı bir ilerleme söz konusuysen büyük veriye dayalı analizde makine öğrenmesi, yani yapay zekâ sistemleri öne çıkmaktadır.

Her ne kadar bilim alanları özelinde ortaya çıkmış olsa da özellikle 1990’lı yılların ikinci yarısından bu yana internetin yaygınlaşmasıyla büyük veri ve internet arasında entegre köprüler kurulmaya başlamıştır. Her gün kullanılan sosyal medya hesapları ve arama motorları, kullanıcıların bu platformlarda attıkları her adımın izini tutmakta ve sürekli genişleyen, devasa veri yığınları oluşturmaktadır.

Günümüzde eğitim kurumlarında siyasete kadar gündelik hayatın içerisinde uygulanabilmesinin yanı sıra genel kamu hizmetleri, sağlık sektörü, pazarlama faaliyetleri, üretim süreçleri ve finans sektörü gibi pek çok alanda büyük verinin toplanması ve işlenmesi faaliyetlerine ağırlık verilmektedir. Organizasyonlar kendi büyük veri setlerini ve ambarlarını oluşturmanın yanı sıra ihtiyaca göre büyük veri toplayıp işlemekte uzmanlaşmış başka firmalardan da sadece büyük veri özelinde iş birlikleri yapabilmektedir.

Gerek bireylerin gerekse gerekse organizasyonların internet üzerinde bıraktığı tüm izlerin potansiyel büyük veri bileşeni olması, büyük veri setleri oluşturma ve bunları işleme sürecine ilişkin bazı etik tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Davis (2012) büyük veri ve etik tartışmasına ilişkin dört temele dayanan bir çerçeve oluşturmuştur. Bunların ilki, kimliktir. Buna göre kişilerin çevrimdışı kimlik ile çevrimiçi kimlikleri arasında ilişkinin şekli büyük önem taşımaktadır. İkinci unsur, gizlilik. Verilere erişimi kimin kontrol edeceği de bir diğer önemli noktayı oluşturmaktadır. Üçüncü unsur, veriye ilişkin sahipliktir. Verinin sahibinin kim olduğu, kimlerin veriyi başka kanallara aktarma hakkı olduğu ve veriyi oluşturan ve kullanan tarafların yükümlülükleri büyük verinin günümüzdeki en önemli sorunlarından bazılarını ifade etmektedir. Son unsur ise verinin itibarıdır. Hangi verinin güvenilir olup hangilerinin olmadığı meselesi önem teşkil etmektedir.

4.3. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi

İnsanlar tarafından yapılmış nesnelere (artifaktların) akıllı davranışlarını ifade etmektedir. (Nilsson, 1998). Russel ve Norvig (2016) ise ilgili literatürden yaptıkları derleme ile yapay zekanın tanımına ilişkin dört temel yaklaşım olduğunu ifade etmişlerdir. Bu farklı yaklaşımlar göre yapay zekâ, insan gibi düşünebilen, rasyonel bir şekilde düşünebilen, insan gibi eyleme geçebilen ve rasyonel bir şekilde eyleme geçebilen bir konsept olarak tanımlanmaktadır. Açık bir şekilde, dört yaklaşımdan ikisinin rasyonellik, yani akla uygun olma vurgusu yaptığı görülmektedir.

Veri toplama ve işleme süreçlerinin hızlanması ve genişlemesiyle artık insan-makine arasındaki iletişimin ve insandan makineye komut mekanizmasının ötesinde, makinelerinde kendi aralarında iletişim ve komut sistemi oluşturması mümkün olacaktır. İnsanlar tarafından oluşturulan rasyonel zekâ birimlerinin “öğrenme” yetisine de sahip olmasıyla söz konusu makineler hem kendi hem de buldukları işletmelerin verimini arttırabilecektir.

Üç boyutlu baskı teknolojisi, kimi uzmanlar tarafından tabakaların üst üste bindirilmesi şeklinde nesne yaratabilen baskı başlıkları şeklinde tanımlanırken diğer bazıları tarafından ticari veya bireysel tüketicilerin hızlı, düşük maliyetli ve kolay bir şekilde prototip elde etmesini sağlayan makineler olarak tanımlanmaktadır (Berman, 2012). Üç boyutlu baskı teknolojisi, gerek siber- fiziksel sistemlerin gerekse bunlardan meydana gelen akıllı fabrikaların üretim sürecinde gereken bileşen veya ara malların kendi bünyelerinde imal etmelerini sağlayabilmektedir. Bu yazıcılar, klasik iki boyutlu yazıcıların aksine, plastik, çelik, kâğıt hatta gıda ürünleri gibi pek çok materyali püskürtmek suretiyle üç-boyutlu nesnelere elde edebilmektedirler.

Bu imkân, gereksinim duyulan üç boyutlu nesnelere başka hiçbir sipariş veya tedarik zinciri gecikmesini beklemeden üretim tesisi bünyesinde imal edebilmesine imkân tanımaktadır. Örneğin, üretim sürecindeki bir makineye ait bir objenin bozularak veya kırılarak üretim sürecini durdurduğu bir durumda üç boyutlu yazıcı ile bu objenin bastırılması ve üretime devam edilebilmesi imalatın sektöre uğramasını engelleyebilecektir. Burada üç boyutlu baskı tekniğiyle imal edilecek olan obje üretim tesisinde bulunan bir insan-çalışan tarafından yazıcıya

komut verilmek suretiyle bastırılabilceği gibi birbirleri arasında iletişim ağı bulunan makine-çalışanlar (akıllı makineler) tarafından hiç insan komutuna gerek duymadan da bastırılabilir. Bu durum, akıllı (sıfır ışıklı) fabrikalarda meydana gelecek olası teknik sorunlarında yine insan emeğine veya komutuna ihtiyaç duyulmaksızın giderilebilmesine imkân tanımaktadır.

Üç boyutlu baskı teknolojisinin yakın gelecekte tıp alanında da gerek eğitim gerekse uygulama aşamalarında önemli faydalar sağlaması beklenmektedir.

Uygulama alanında da özellikle protez üretiminde kişilerin özel durumlarına tam uygun çıktılar sağlanabilmekte, kusursuza yakın uygulama başarıları sağlanabilmektedir. (Rengier vd., 2010)

4.4. Artırılmış Gerçeklik

Bilgisayar destekli görsel çizim teknolojisinin yaygınlaştığı 20.yüzyılın son çeyreğinden önemli bir yer edinmiş olan sanal çevre veya sanal gerçeklik (Virtual Reality-VR) teknolojilerinin farklı ve gelişmiş bir türüdür. Azuma (1997), artırılmış gerçeklik teknolojisi şu üç temele dayanır.

- Gerçek ve sanal içeriği bir araya getirir.
- Gerçek zamanda etkileşimli olarak çalışır.
- Üç boyutlu olarak kayıt altına alınmaktadır.

Günümüzde yaygın kullanımı, arttırılmış gerçeklikten faydalanan kullanıcının başına bir gözlük geçirerek sanal ile gerçekliği bir arada ve etkileşimli bir şekilde yaşaması şeklindedir. Sanal Gerçeklik teknolojisinde kullanıcıya aktarılan görüntü ona gerçek dünyadan tam olarak izole ederken, artırılmış gerçeklikte gerçek dünya ile sana l bir arada ve etkileşime olanak tanıyacak bir şekilde kullanıcıya sunulmaktadır (Billinghurst vd., 2015).

Örneğin dünyaca ünlü mobilya mağazası IKEA, artırılmış gerçeklik tabanlı bir akıllı telefon uygulaması hazırlayarak kişilerin akıllı telefonlarının kamerası aracılığıyla mağazadaki mobilyaların evlerinde nasıl görüneceğini, sığıp sığmayacağını görmelerini sağlamıştır.

Bu teknoloji sayesinde en dış katmanından en iç bileşenlerine kadar sanal çizimleri olan makinelerin, tüm detayları anlık incelenebilmektedir.

Özellikle tıp eğitiminde bir süredir sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamalarından faydalanılmaktadır. Tanı ve tedavi aşamalarında ise modern tarama teknolojileriyle entegre bir şekilde çalışacak artırılmış gerçeklik teknoloji sayesinde standart anatomik çıkarımlardan kişiye özel anatomik incelemelere geçilebilecektir.

Artırılmış Gerçeklik teknolojisi konum ve nesne katmanlarını aşamama gibi engelleri ortadan ‘‘sanal’’ bir şekilde de olsa aşmak için oldukça önemli ve pek çok alana yayılması muhtemel bir teknolojidir.

5. Türkiye’nin Endüstri 4.0’a Yönelik Plan ve Stratejileri

Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanan “Sanayi Strateji Bölgesi 2015-2018” ‘e göre Türkiye’nin sanayi stratejisinin vizyonu “orta-yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerde Afro-Avrasya’nın tasarım ve üretim üssü olmak” şeklinde tanımlanmıştır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018). “Türk Sanayisinin rekabet edilebilirliğinin 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” tır. Bu amaçları gerçekleştirmek için “sanayi de bilgi ve teknolojiye dayalı yüksek katma değerli üretimin geliştirilmesi kaynakların etkin kullanıldığı, daha yeşil ve rekabetçi sanayi yapısına dönüşümün sağlanması ve sosyal ve bölgesel gelişmeye katkı sağlayan ve nitelikli işgücüne sahip sanayinin geliştirilmesi” (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

“Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2019)” çerçevesinde Endüstri 4.0 yeni sanayi devrimi göz önünde bulundurularak, bu devrimle ortaya çıkan yapay zeka, robotik teknolojiler, akıllı üretim sistemleri, 3 boyutlu yazıcılar, Nesnelerin İnterneti büyük veri ve bulut bilişim gibi yazılım temelli teknolojilerdeki gelişmelere vurgu yapılmıştır.

TÜBİTAK’ın “Dünyadaki Seviyeyi yakalamak ve Üzerine Geçmek” için oluşturduğu 10 teknolojik hedef ve kapsamı şu şekildedir:

- 1- Servis Bulut Platformu, Güvenlik ve Mahremiyet: Uç Cihazlarının güvenli, mahrem, akıllı ve ölçeklenebilir servis bulut platformunun, algoritmalarının ve uygulamalarının geliştirilmesi.
- 2- Büyük Veri Analitiği: Verinin toplanması, işlenmesi, anlamlandırılması, ilişkilendirilmesi, analizi, raporlanması ve karar destek sistemlerinde kullanılması.
- 3- Siber Güvenlik Çözümleri: Yeni Sanayi Devrimi’ne yönelik siber güvenlik çözümlerinin üretilmesi.
- 4- Modelleme ve Simülasyon Çözümleri: Yeni Sanayi Devrimi’ne yönelik modelleme ve simülasyon teknolojilerinin geliştirilmesi.
- 5- Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Platformu: Birlikte çalışılabilirliği sağlanmış, güvenli ve güvenilirliği arttırılmış endüstriyel nesnelerin interneti dijital platformunun oluşturulması ve endüstriyel uç nokta donanımları için yazılım ve donanımların geliştirilmesi.
- 6- M2X Yazılım ve Donanımları: Üretim aşamalarında ve yaşam döngüsü süresince kalite ve verimliliği arttıracak güvenilir ve yenilikçi M2X (makine-makine, makine-insan, makine-altyapı) yazılım ve donanımları ile ortaya çıkan veriler için uygun veri saklama teknolojilerinin geliştirilmesi.
- 7-Yenilikçi Sensörler: Sanayiye yönelik fiziksel, kimyasal, biyolojik, optik, mikro-nano sensörler; akıllı eyleyiciler, endüstriyel, kablosuz, dijital sensör ağları, yapay görme, görüntü işleme, yenilikçi sensör uygulamaları, uç koşullu sensörlere dayanıklı sensörlerin geliştirilmesi.

- 8- Robot, Otomasyon, Ekipman, Yazılım ve Yönetim Sistemleri: Uluslararası pazarlarda teknoloji ve maliyet açılarından rekabet edebilir KOBİ'ler tarafından da ulaşılabilir akıllı üretim robot, donanım ve yazılım/yönetim sistemlerinin geliştirilmesi.
- 9- Eklemeli İmalat Malzemeler, Ekipmanlar, Yazılımlar: Eklemeli imalatta kullanılan ham malzemelerin, üretim donanımlarının ve gerekli yazılım ve otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi.
- 10- Akıllı Fabrika Sistemleri: Akıllı fabrika sistemleri ve bileşenleri ile ara katman yazılım teknolojilerinin geliştirilmesi (TÜBİTAK, 2016).

Yapı kimyasalları, yapı malzemeleri ve tekstil ihracat şirketlerinde yapılan araştırmada ihracat performansının, inovasyon yeteneklerinin kalitesinden etkilendiği bulunmuştur. Etkin inovasyon yetenekleri, örgütsel yetenekler, stratejik yetenekler, yönetim yetenekleri, kültür yetenekleri, öğrenme yetenekleri ve kaynak tahsisi konularını kapsamaktadır (Başar ve Hassani, 2020).

Türkiye'nin Endüstri 4.0 kapsamında mevcut rekabetçi gücünü koruması için önünde aşılması gereken faktörler vardır: Yüksek oranlı ithalata bağlı ihracat yapısı, katma değer yaratan (yüksek teknolojili) ürünlerin toplam üretim/ihracat içindeki çok zayıf payı, işgücü yetkinliğinin ve kalitesinin sınırlı ve görece düşük olması, çalışanların işten ayrılma hızlarının yüksek olması. Bu yapısal zorluklara paralel olarak, Endüstri 4.0 süreci için atağa kalkan diğer gelişmiş/gelişmekte olan ülkelerin varlığı, uluslararası piyasada başlıca bilgi ve iletişim teknolojilerinin yeni sanayi devriminin gerektirdiği uygulamaları da hızla geliştirdiğini göstermektedir.

6. Kaynakça

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Zaharia, M.(2010), "A View of cloud Computing", *Communications of the ACM*, 53(4), 50-58.
- Azuma, R.T. (1997), "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators ve Virtual Environments*, 6(4) 355-385.
- Barbaros, F., ve Kozal, Ö.E. (2017), "1990'lı Yılların Küreselleşen Dünyasında Türkiye'de Sanayileşme Beklentiler ve Açmazlar", *Modernizmin Yansımaları: 1990'lı Yıllarda Türkiye*, (Ed. E.J. R. Funda Barbaros), Efil Yayınevi, Ankara 51-90.
- Başar, P. ve Hassani, A. (2020) The Effect of Innovative Strategies on Export Performance, *Journal of Industrial Policy and Technology Management*, 3(2), 83-97, ISSN 2651-3781
- Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, (1969) 1927 Sanayi Sayımı, Yayın No: 584. Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, (1988). 1985 Genel Sanayi ve İşyerleri Sayımı, İkinci Aşama Sonuçları, Büyük İmalat Sanayi. Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Berman, B. (2012), "3-D Printing: The New Industrial Revolution", *Buzines Hprizons*, 55(2), 155-162.
- Billinghurst, M., Clark, A., LEE, G. (2015) "A Survey of Augmented Reality" foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 8(2-3), 73-272.

- Bolt, J., Inklaar R., Jong, H. D., Zanden, J.L. (2018). “Rebasing ‘Maddison’: new income comparisons and the shape of long-run economic development, GGDC Research Memorandum, GD-174.
- Brann, D.B., Thurman, D. A., Mitchell, C.M. (1996), “Human Interaction with Lights-Out Automation: A Field Study”, Human INteraction with complex Systems, 1996. HICS’96. Proceedings., Third Annual Symposium (pp.276-283). IEEE
- Carl Benedikt Frey ve Michael Osborne, Citi Research “Tecnology at-work-The Future of innovation and Employment”, Oxford Martin School and Citi, Şubat 2015 <https://ir.citi.com/jowGilw%2FoLrkDA%2BldI1U%2FYUEpWP9ifowg%2F4HmeO9kYfZiN3SeZwWEvPez7gYEZmxsFM7eq1gc0%3D>
- Chen, M., Mao, S., Liu, Y. (2014), “Big Data: A Survey”, Mobil Networks and Applications, 19(2), 171-209.
- Davis, K. (2012), Ethies Of Big Data: Balancing Risk and Innovation, “O’Reilly Media, Inc.”.
- Eichengreen, B. (1992), Golden Fetters: The Gold Standard and the Great Depression. Oxford University Press, New York.
- Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Stoica, I. (2009), Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing, Dept. Elektrial Eng. And Comput. Sciences, University of California, Berkeley, Rep. UCB/EECS, 28(13), 2009.
- Gilchrist, A. (2016), Industry 4.0: The Industrial İnternet of Things, Apress.
- Glyn, A., Hughes, A., Lipitez, A., ve Singh, A. (1988), The Rise And Fall Of The Golden Age, Wider Working Papers (1986-2000) 1988/043, Unu-Wider, Helsinki.
- Hernann, M., Pentek, T., Otto, B. (2016), “DesignPrinciples for Industrie 4.0 Scenarios”, 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS), (pp. 3928-3937). IEEE.
- Jaikumar, R. (1986), “Postindustrial Manufacturing”, Harvard Business Review, Nov-Dec, 69-76.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., Wahlster, W. (2013), “Recommendations For Implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Securing the future of German Manufacturing Industry”, Final Report of The Industrie 4.0 Working Group, Forshungsunion
- Kagermann, H., Lukas, W. D., Wahlster, W. (2011), “Industrie 4.0: Mit dem İnternet der Dinge auf dem Weg zur 4.İndustriellen Revolution”, VDI nachrichten, 13(1).
- Kansu, G. (2004). Planlı Yıllar: Anılarla DPT’nin Öyküsü, İstanbul. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Nilsson, N. J. (1998), Artificial Inteelligence: A New Synthesis, Morgan Kauffman Publishers Inc., San Francisco, California.
- Pamuk, Ş. (2008), Globalization, Industrialization and Changing Politics in Turkey”, News Perspectives on Turkey, Bahar, 38,267-273.

- Rengier, F., Mehndiratta, A., Von Temgg-Kobligh, H., Zechmann, C.M., Unterhinninghofen, R., Kauczor, H. U., Giesel, F. L. (2010), “3D Printing Based On İmaging Data: Review of Medical Applications”, *Interantional Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 5(4), 335-341.
- Rodrik, D. (2016), “Premature Deindustrialization”, *Journal of Economic Growth*, 21(1), 1-33.
- Rowthorn, R., ve Ramaswamy, R. (1999), “Growth, Trade, and Deindustrialization”, *IMF Staff Papers*, 46(1), 18-41.
- Russel, S. J., Norvıg, P.P.(2016), *Artificial intelligence a modern approach*, Malaysia; Pearson Education Limited.
- Stock, T. Ve Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable Manufacturing in Industry 4.0 *Procedia CIRP* 40: 536-541.
- T.C. Başbakanlık Trkiye İstatistik Kurumu, 1990 Dış Ticaret İstatistikleri
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı” (2014-2019)
- Taymaz, E. (2001), *Ulusal Yenilik Sistemi, Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik ve Yenilik Süreçleri*, TÜBİTAK, TTG, DİE, Ankara.
- TÜBİTAK (2016), *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Yol Haritası*, http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf, 21.05.2021
- United Nations Statistical Year Book, (Çeşitli Sayılar), Unemployment Rate, UN.
- Webber, M.J. (1996), *The Golden age İllusion: Rethinking postwear capitalism*, Guilford Press.