

## ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0



## INDUSTRY TRANSACTIONS AND INDUSTRIES 4.0

Hülya DERYA\*

### Öz

*Bu çalışmanın amacı, 2011 yılında ilk defa Almanya'da ortaya çıkan endüstri 4.0'ın kapsadığı teknolojik alanların ve istihdam yapısının, fayda ve dezavantajlarının incelenmesidir. Çalışmada, Almanya'da başlayan endüstri 4.0'ın sanayinin yapısında, üretim sürecinde, teknolojiye, istihdamda meydana getirdiği etkiler değerlendirilmiştir. Endüstri 4.0'ın Almanya'da ortaya çıkmış olması sebebi ile Almanya'daki bu konudaki araştırmalar ve literatür taranmıştır. Bu konudaki araştırma ve analizler sonucunda endüstri 4.0'ın esas itibarıyla, teknolojileri somut bir şekilde birbiriyle bağdaştırarak inovasyonda yaratıcı yıkımı sağladığı, üretim sürecinde ve yönetiminde değişiklikler yarattığı tespit edilmiştir. Ayrıca, istihdamda kalifiye personel ve tecrübenin önemli hale gelerek maliyetleri düşürerek üretim süresinin kısaldığı, ürünün kalitesinin artmasını sağlamıştır. Endüstri 4.0'ın faydalarının yanı sıra, insanın gerçek ihtiyaçlarını karşılayabileceği tartışmalıdır. Eğer endüstri 4.0 arzulaniyor ise; yaratıcı zekâ ve farklılıklar, bilgiyi ve teknolojiyi yaratmada önemli hale gelecektir.*

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Teknoloji, Almanya, İnsan, Fayda

### Abstract

*The aim of this study is to examine the benefits and disadvantages of technological areas and employment structure arisen by Industry 4.0, which emerged in Germany for the first time in 2011. In the study, the effects of the industry 4.0, which started in Germany, on the structure of the industry, production process, technology, employment were evaluated. Industry 4.0 has emerged in Germany, so research and literature on this subject in Germany have been searched. As a result of these researches and analyzes, it has been found that industry 4.0 substantially changes the production process and management, providing creative destruction in innovation by reconciling technology in a concrete way. In addition, the qualification in employment has made the personnel and the expert become important, reducing the costs, shortening the production time and increasing the product quality. In addition to the benefits of Industry 4.0, it is controversial that people can meet their real needs. If Industry 4.0 is desired; creative intelligence and differences will become important in creating knowledge and technology.*

**Keywords:** Industry 4.0, Technology, Germany, Human, Utility

\* Dr. Öğr. Üyesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, İİBF, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, hulyaderya11@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1953-2459

## 1. GİRİŞ

Endüstri<sup>1</sup> 4.0 ilk defa 2011 yılında Almanya’da ortaya çıkmış bulunmaktadır. Birinci ve üçüncü endüstri devrimleri makineleri ortaya çıkararak üretimin artmasını sağlarken, ikinci ve dördüncü endüstri devriminde organizasyonun iyileştirilmesi ve değer yaratıcılığı ön plana geçmektedir. Endüstri 4.0’ı ortaya çıkaran en önemli sebeplerden birisi piyasanın talepleridir. Endüstri 4.0’ı incelediğimizde, bunu oluşturan teknolojilerin bazılarının onlarca yıldır var olduğu görülmektedir. Dolayısıyla endüstri 4.0 esas itibarla, bu teknolojileri somut bir şekilde birbiriyle bağdaştırmaktadır. Endüstri 4.0’da insan, makine tesis, lojistik ve ürün arasında iletişim ve iş birliği vardır. Bu süreç ile amaçlanan yeni bir üretim otomasyonudur. Yani “inovasyonda yaratıcı yıkımdır”. Reel ve sanal dünyanın entegrasyonudur. Endüstri 4.0 çok farklı teknolojik alanları kapsamaktadır. CPS’ler burada önemli rol oynamaktadır. CPS’ler üretimde akıllı makineleri, depo sistemlerini ve işletme araçlarını kapsamaktadır. Teknoloji seçimi, işin yapılabilirliği için önemli hale gelmektedir. Endüstri 4.0, üretim sürecinde de bazı değişiklikler yaparak, süreç yönetimini ademi merkezî bir yapıya büründürmektedir. Endüstri 4.0 sadece tekil kişilerin istihdamını değil üretim sisteminin bütün organizasyon –sosyal yapısı için sonuçlar doğurmaktadır. İstihdamda tecrübe ve kalifiye personel önemli hale gelmektedir. Faydası; düşük üretim süresi, yüksek ürün kalitesidir. Maliyetler düşerek, çalışma saatleri esnemektedir.

Dezavantajları konusunda bazı görüşler endüstri 4.0’ın insanın gerçek ihtiyacını karşılamayacağı savunulmaktadır.

Bu çalışmada; endüstri devrimlerine ve endüstri 4.0’ın yapısına baktıktan sonra, endüstri 4.0’ın kapsadığı teknolojik alanlar ve süreçteki değişiklikler açıklanacaktır. Sosyo teknik sistem olarak endüstri 4.0’da personel-organizasyon değişimlerine kısaca baktıktan sonra fayda ve dezavantajları değerlendirilecektir.

## 2. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

Birinci endüstri devrimi Thomas Newcomen’in 1712 yılında buhar makinesi icadı ve James Watt’ın bunu iyileştirmesiyle başlamıştır. Birinci endüstri devrimi 1830’lara kadar devam eden süreyi kapsamıştır. Buhar makinesinin icadı tekstil endüstrisi, gemi endüstrisi ve demiryolu üzerinden tarım sektörüne kadar etkili olmuştur. İş makinesi artık kas gücüne bağlılığından kurtularak, el işçiliğinden endüstriye geçişi mümkün kılmıştır. Su ve buhar gücü yardımıyla mekanik üretim başlamıştır. Bununla birlikte toplumda bir nüfus patlaması oluşmuştur. Endüstrileşmeye paralel bir şekilde halkın yemek, giyim, iş ve ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak için alt yapı yatırımları yapılmıştır. Toplumsal anlamda yaşayan klasik zanaatkarlıktan ve tarımdan hızla artan bir fabrika işçisi-sahibine dönüşüm gerçekleşmiştir. Erken dönem endüstri kentlerine olan göç ise, strüktürel fakirliği ve sömürüyü beraberinde getirmiştir.

İkinci endüstri devrimiyse montaj bandı sayesinde gerçekleşen iş bölümüne dayalı seri üretime geçiştir. 1840-1870 dönemini kapsayan süreçtir. Teknoloji devrimidir. Elektrik enerjisi yardımıyla iş bölümüne dayalı seri üretime geçilmesidir. Bunun temelini 1870 yılında Cincinnati’de mezbahalarda oluşturulan seri transport bantları oluşturmuştur. 1914 yılındaki Ford T seri üretim bandı hem üretimi artırmış hem de maliyetleri düşürmüştür. Aynı zamanda gelişen elektrikli ve yanmalı motorlar, üretim ve tesis bölümlerinin âdemi merkezi bir yapıya kavuşmasını ve endüstriyel seri üretimi mümkün kılmıştır. İşçilerin artan refah talebi ve sosyal gerilimlerin giderilmesi zorunluluğu, sendikaların önemini arttırarak, bugünkü tüketim oryantasyonlu toplumun temelini oluşturmuştur. Hammade

<sup>1</sup> Yabancı literatürde sanayi 4.0 yerine endüstri 4.0 kullanıldığı için bu çalışmada da endüstri 4.0 kullanımı tercih edilmiştir.

olarak demir ve çeliğin yaygın biçimde kullanılmaya başlanıldığı ve ağır sanayinin geliştiği, 2.endüstri devriminin önderleri İngiltere, Almanya, ABD ve Japonya'dır.

Bir sonraki endüstri devrimse ancak iki dünya savaşından sonra gelebilmiştir. Elektronik ve bilgi teknolojilerinin git gide daha fazla kullanılması sayesinde, kompleks üretimler varyasyon zenginlikleri ile ekonomik hale gelmiştir. 1950'li yıllarda dijital teknoloji gelişmeye başlayarak 3.endüstri devriminin temelleri atılmıştır. Gelişimin ana etkisiyse internetin yayılmasına bağlanmıştır. İletişim ve veri takası sürekli hızlanmıştır. Küreselleşme bu şekilde hızla yayılabilmektedir. Sonuçta bu gelişim ilk programlanabilir mantık denetleyicisinin keşfine dayanmaktadır. İşte şu anda içerisinde bulunduğumuz üçüncü endüstri devrimi, piyasaların giderek doymasıyla birlikte trend sürekli farklılaşma ve bireyselleşme yönünde ilerlemiştir. Bu süreçte makineler, iş hayatında olduğu gibi gündelik hayata hâkim olmaya başlamıştır. Beden gücüne duyulan ihtiyaç azalmıştır. 2011 yılında Almanya'da ilk defa endüstri 4.0 dilendirilmiştir.

2015 yılında Almanya'nın Hannover kentinde düzenlenen fuarda "Endüstri 4.0" tartışılmıştır.<sup>2</sup> Fuarda Endüstri 4.0'ın tek bir inoyasyona dayanmadığı, bunun yerine "evrimsel bir sürece dayandığı görüşü paylaşılmıştır. Bugüne değin gerçekleşen devrimler, ancak sonradan sonraya bir endüstri devrimi statüsüne yükseltilmiştir. Endüstri 4.0 bu şekilde önceden devrim olduğu ilan edilen ilk devrim olmuştur. Fiziki üretim düzlemine 30 yıl sonra giriş yapan internet, bunun en önemli tetikleyicisi konumundadır. Endüstri 4.0, akıllı ve birbiriyle örgün ağla bağlanmış sistemler üzerinden, büyük ölçüde kendi kendini organize eden akıllı fabrikalara bir süreç olarak tasarlanmıştır.<sup>3</sup> (BMBF, 2015a, b). Devrimlerin şu ana kadar getirdiği değişimler ve iyileştirmeler, teknoloji ve organizasyon yönündedir. Birinci ve üçüncü endüstri devrimi makinelerle odaklanmışken, ikinci ve dördüncü endüstri devriminde organizasyonun iyileştirilmesi ve değer yaratıcılığı hedeflenmiştir. Endüstri 4.0'ı piyasanın talepleri ortaya çıkarmıştır. Kişiselleşmiş ve yerleşmiş ürünlerin yanında ürünlerin küreselleşmesine, üretilen miktar âdetinin düşmesine yol açmıştır. Piyasalar git gide kompleks hale gelerek üretim döngüsü sürekli kısalmıştır. Bu şeffaflığı ortadan kaldırarak, yüksek bir dinamik oluşturmuştur. Şirketler git gide daha esnek hareket etmek zorunda kalarak, piyasalarda hızlarını kanıtlamak zorunluluğu hissetmiştir. Çünkü bu şekilde yüksek rekabet ortamında maliyetleri koruyup rasyonel çalışabilmişlerdir. Endüstri 4.0 kavramı altında mekanikleşme, sanayileşme ve otomasyondan sonra gelen 4. Endüstri devrimi anlaşılmaktadır. Bunun merkezi elementiyse birbirine örgün ağlarla bağlanan CPS'lerdir (Cyber-Physische Systeme-siber fiziki sistemler) (Fraunhofer, 2013).

Almanya'da endüstri 4.0 inisiyatifi ilk defa 2011 yılında High-Tech strateji planı çerçevesinde kamuoyuyla paylaşılmaktadır. Ayrıca 120 milyon Euro destek sağlanmaktadır. (BMBF, 2015b). Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (BMBF) endüstri 4.0'ı, reel ve sanal dünyanın nesnelere internetine kaynaşması olarak tanımlamaktadır. Endüstri 4.0 projesinin amacı bu süreci desteklemek, Alman sanayisini bu sürece hazırlamak ve bunu aktif bir şekilde şekillendirmektir. BMBF'ye göre, gelecekteki üretim kuvvetli bir şekilde bireyselleşmenin etkisi altında kalacak ve bunun için yüksek esnekliğe sahip üretim modeline ihtiyaç duymaktadır. Bunun yanında gelecekteki müşteriler ve iş ortakları doğrudan işletme ve katma değer üretme sürecine dâhil edilmektedir. Yüksek nitelikli hizmetler aynı şekilde üretim süreçlerine eşlik edecek ve akıllı denetimle akıllı karar alma süreçleri üzerinden, çağa uydurularak, yönetilmektedir (BMBF, 2015b). 2011 yılından beri proje üzerinde çalışılmaktadır. Endüstri 4.0 da insan, makine, tesis, lojistik ve ürün arasında iletişim ve iş birliği bulunmaktadır (BMWİ & BMBF, 2015). Ürün ve hizmetlerin birbiriyle ve klan çevreyle elektronik

<sup>2</sup> Endüstri 4.0'ın ilk defa Almanya'da ortaya çıkması bana göre, Almanya'nın demografik yapısı ile ilgilidir. Yani yaşlı nüfusunun fazla, genç nüfusunun az olması ile ilgilidir.

<sup>3</sup> Endüstri 4.0 kavramı bugünlerde çok yayılmış bir kavramdır ve pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Çoğu zaman 4. Endüstri devrimiyse eşanlamlı olarak kullanılmaktadır.

yoldan birbirine bağlanmasıyla, bütünüyle yeni ürün ve hizmetler geliştirilebilmektedir. (Sendler, vd.2013).

Kaufmann, endüstri 4.0'ı biraz daha net bir biçimde tanımlamaktadır. “Endüstri 4.0’da üretim alanı içerisindeki mamuller üretim makinesine giden en kestirme yolu aramaktadır. Makineleri otomatik olarak bilgilendirilerek, otomatik yedek parça siparişi vermektedirler. Eğer makinede bir hata görülürse, makine kendiliğinden üretim planını değiştirmektedir” (Kaufmann,2015:32-38). Kaufmann ayrıca kazanılan bilgilerin bu farklı ve yeni yöntemle uygulamaya alınmasını, endüstri 4.0’ın en önemli özelliklerinden biri olarak tanımlamaktadır. Çünkü bugüne değin sadece kayıt işlemi, işleme alma ve daha sonraki sürece devretme faaliyeti gerçekleştirilirken, bunlar artık süreçleri güncel yönetmek ve etkilemek için kullanılmaktadır (kaufmann,2015:46). Endüstri 4.0 konsepti bütünüyle yeni bir üretim otomasyonu seviyesi hedeflemektedir. Bir yanda data tabanlarının birbirine bağlanması gibi var olan üretim konseptleri kullanılmaktadır. Bunlar son yıllarda CİM (Computer İntegrated Manufacturing) ismi altında anılmaktadır. Diğer yandansa var olan süreç otomasyonları, birbirine örgün olan data tabanların yüksek esneklikle fabrika süreçleriyle bağlanmasını hedeflemektedir. Böylelikle üretim süreçlerinde yeni bir yönetim ve organizasyon formu açılmış olmaktadır. Amaçlanansa otomasyonda bir sıçrayıştır. Bu inovasyon tartışmalarında genellikle kategorik olarak “yıkıcı süreç inovasyonu” olarak tanımlanmaktadır.<sup>4</sup> Süreç strüktürlerinin yıkıcı dönüşümü, özellikle günümüze kadar egemen olan üretim otomasyon örneklemelerinin değişmesidir. Yeni otomasyon seviyesi, ademi merkezi sistem bileşenlerinin kendini sürekli optime etmesi ve bunun dinamik değişen dışsal koşullara otonom uyum kabiliyetini baz almaktadır (Acatech,2011:23). Bu konseptin genel amacı piyasaların artan esneklik taleplerini veya ürünlerin giderek bireyselleşmesini, daha kısa ürün döngüleri, ürün otomasyonu ve artan süreç kompleksliği teknolojik olarak üstesinden gelmektir (Forschungsunion/ Acatech,2013). Bunun teknolojik bazını ise CPS oluşturmaktadır. Bunlar data-teknik olarak birbirleriyle bağlanmış olan üretim tesisleri, ürünler, materyaller ve nakil teknolojileridir. Teknolojik ön koşul olarak ise yeni sensör tekniklerine sahip olmaları ve âdemi merkezi IT akıllı bazlı mekatronik bileşenlerin bulunması gerekmektedir. Bunun ilerisinde merkezi örgün ağ ile akıllı bileşenler ve kısmi sistemler birbirine bağlanmalıdır<sup>5</sup>.Hedef reel ve sanal dünyanın entegrasyonunu sağlamaktır. Gömülü yazılımla yüklü olan ürünler, aletler ve objeler dağınık ve aynı zamanda entegre olmuş sistemlerin kaynaşmasını amaçlanmaktadır. Peki, işletmeler endüstri 4.0’a ne kadar hazırlıklıdır?

Endüstri 4.0’a ne kadar hazır olduğumuzu görmek için öncelikle endüstri 4.0’ın yapısına bakmak gerekmektedir. Aletler, nakil vasıtaları ve ürünler dahili sistemlerle donatılmakta, bu şekilde onlara belirli bir davranış programlanabilmektedir. Söz konusu programlanmış kabiliyetler arasında bağımsız karar alma yeteneği ve süreç-yol planlaması da bulunmaktadır. Bu kabiliyetler yapay zekâ metotları üzerinden aktarılmaktadır. Aletler sensörler üzerinden çevreleriyle ilgili bilgi toplayabilmektedir. Programlar/yapay zekâ için veri olarak kullanabilmektedir. Bu aletlerin sahip olduğu işletmeler, çevreyi değiştirebilme yeteneğine sahiptir. Alet ve ürünler, diğer alet ve ürünlerle örgün ağ bağlantısı içerisinde. Karar alma ve planlama birden fazla aletin iş birliği sonucundadır. Bu aletlerin internet erişimi vardır ve bu şekilde bilgilenme ve bunu kullanma olanağı bulunmaktadır. Ayrıca bunun sonunda internetin bir parçası haline gelmektedirler. İnternet neticede nesnelere internetine haline dönüşmektedir. İşveren konumundaki insan, akıllı asistan sistemleri üzerinden söz konusu süreçlere, kararlara ve planlamalara dahildir. İnsan programlayarak, ayarlayarak, kontrol ederek düzeltmektedir. Çalışanlar ise, sosyal medya üzerinden birbirleriyle örgün ağ bağlantısı içerisinde.

<sup>4</sup> Yıkıcı inovasyon veya yıkıcı teknolojiler kavramı, genelde şu anki üretim teknolojilerini bütünüyle bir kanara iten ve bu şekilde yeni piyasalar oluşturan ürünler için kullanılır.

<sup>5</sup> Genel ve endüstri dışına çıkan bir perspektifteyse, akıllı bağlanma için “Ambient İntelligence” kavramı kullanılmaktadır.

Dolayısıyla tüm bunların çoktan var olduğunu ve kısmen uzun zaman önce hayata geçirildiğini söylemek mümkündür. Hatta literatürde “etkinleştirme teknolojilerinden” bahsedilmektedir. Bunlar endüstri 4.0 düşüncesini teşvik eden teknolojilerdir. Hızlı ve daha büyük işlemciler, işlemci birlikleri, daha iyi örgün ağ olanakları, Web üzerinde model standartları vs. bulunmaktadır. Aynı şekilde otomatik kimlik, dahili sistemler, ethernet bazlı Fieldbuslar, OPC-UA ve Soft-SPS veya geniş bantlı kablosuz örgün ağlar artık güvenilir şekilde kullanıma uygundur ve sürekli geliştirilmeye devam edilmektedir (Bildstein,2014:581-598). Endüstri 4.0 teknik yeterlilikle başlamayıp, “kafada” başlamaktadır. Bir şirketin vermiş olduğu sıradan kararlara nazaran, bilgisayar mühendisliğine daha büyük bir sorumluluk düşmektedir. Çünkü sadece işletmenin teknik önkoşullarını itinalı biçimde hazırlamak ve olası maliyetleri hesaplamak yetmemektedir. Aynı zamanda burada belirleyici olan işin yapılabilirliğini teknolojinin uygulanabilirliği belirleyicidir. Makinelerin kendi kendini organize etmesi ve bunun işletme için uygun olup olmaması öncelikli sorundur. Ayrıca bunların hangi ölçüde insan kullanımından daha faydalı olacağı ayrı bir konudur. Bu soruların yanıtlanmasıysa, işletmenin büyüklüğüne göre değişmektedir. Peki endüstri 4.0’ın uyumu nasıl sağlanmaktadır? Bu konuda yapılan çalışmalardan en önemlisi 2014 yılındaki prosedür modelidir.

Bildstein, 2014 endüstri 4.0’ın uyumu için bir yedi basamaklı prosedür modeli tanıtmaktadır.

- 1- Anlayış, bilgilenme ve katılımın oluşturulması için uzmanlık bilgisinin elde edilmesi, yöneticilerle fikir alışverişi, referans şirketlerini ziyaret, platform endüstri 4.0’da bilgi alışverişidir.
- 2- Use Cases’in kapsamlı bir listesinin geliştirilmesi, bütüncül bir stratejiyi korumak için paralel olarak gerçek zaman ve yazılım servisi odağıyla, âdemi merkezi Use Cases’lerin kurulumudur. İlk olarak kaba, ama dürüst maliyet-fayda analizi yapılmalıdır.
- 3- Yöneticilerle beraber daha dar bir Use Cases seçimi için maliyet – fayda esaslı ve uygulama riski düşük bir proje programının kurgulanmasıdır.
- 4- Müşteri ve tedarikçi başata olmak üzere, şirket içerisindeki tüm tarafların katılımını sağlanmasıdır.
- 5- Üçüncü başlık altında alınan kararların “pilot proje” kapsamında uygulamaya alınmasıdır.
- 6- Başarılı olarak değerlendirilen Use Cases’lerin genişlemesi için, proje programında netleşmedir.
- 7- Değişikliklerin sürekli değerlendirmeye birlikte devam ettirilmesi; diğer Use Cases’lerin buna dâhil edilmesidir (Bildstein,2014:581-598).

Dördüncü basamakta çok rahat anlaşılabilir, endüstri 4.0 asıl amaç değildir. Aynı şekilde müşterilerinde bu avantajlı durumdan ikna olması gerekmektedir. (Örneğin bir müşteri talebinin daha hızlı ve bireysel biçimde hayata geçirilmesi gibi). Bunun yanında tedarikçilerde mutlaka uyum sağlamalıdır. Bu bağlamda tedarik bakımından zorlanmamaları ve sürpriz gelişmelerle şaşırılmaları gerekir. Sonuçta tedarik süreç akışında hassas bir bağlantıdır. Yedi basamaklı model, adım adım ilerlemeyi öngören bir modeldir. Tanımlanmış bir öncelikte bulunan süreçler yavaş yavaş değişikliğe uğratılmaktadır. Bu şekilde gerçekleşen değişiklikler, bir önceki basamaktaki değişiklikleri dikkate alabilmektedir. Bu ise sonuçta yatırım ve başarısızlık riskini azaltabilmektedir.

### 3. ENDÜSTRİ 4.0’DA KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Endüstri 4.0 yaklaşımı pek farklı konuyu kapsadığı gibi, farklı sistemlere sahip pek çok farklı teknoloji alanını da kapsamaktadır. Aşağıdaki şekil endüstri 4,0’ın bazı önemli teknolojik alanlarını göstermektedir.

**Tablo 1:** Endüstri 4.0'ın Teknoloji Alanları

GÖLGE BİLGİ İŞLEM	CPS YERLEŞİK SİSTEM	AKILLI FABRİKA
<ul style="list-style-type: none"><li>• IPv6</li><li>• Uygulamalar</li><li>• Big data</li><li>• Gerçek zamanlı veriler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Akıllı ürünler</li><li>• Sensör &amp; aktör</li><li>• Makineden makineye</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sosyal makineler</li><li>• Tak ve üret</li><li>• Düşük maliyet otomasyonu</li><li>• Sanallaşma (dijital gölge)</li><li>• İnsan-makine bağlantısı</li></ul>

**Kaynak:** Emmrich, vd. 2015

Burada yine söz konusu sorunların üstesinden gelebilmek için CPS'lerin önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Endüstri 4.0 vizyonunda insanlar, makineler, kaynaklar ve ürünler birbiriyle iletişime geçerek, etkileşim içerisindedir. Tıpkı sosyal örgün ağlarda olduğu gibidir. Cyber Physik System (CBS), mamullerin interneti ve Big Data gibi hizmetlerin kombinasyonu ile birlikte, değer üretim zinciri merkezi bir yapıdan kendiliğinden bir örgün ağa sahip âdemi merkezîyetçi bir yapıya dönüşmektedir. Eskiden pasif olan üretim kaynakları otonom hareket etmeye başlamaktadır. Uzak mesafelere rağmen durumsal biçimde üretimi koordine etmektedir. Smart (akıllı) ürünler üretime girer girmez, kendi üretim süreciyle ilgili bilgilere sahip olmaktadır. Neyim, ne olacağım, nasıl olacağım ve tüm sürecin bilgilerini kaydetmektedirler. Bu şekilde akıllı ürünler ve CPS birlikte bağımsız bir şekilde, tıpkı bir satranç oyununda olduğu gibi tüm senaryoları oynayıp, optimal sonucu seçebilmektedir. Böylelikle üretim sürecini başlatılabilmektedir. Otonom yönetim ve karar süreçleri sayesinde, üretim birimleri âdemi merkezîyetçi süreç yönetimiyle idare edilmektedir. Tüm üretim döngüsü içerisinde endüstri 4.0, bireysel müşteri ve üretim kriterlerinin dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bilgilerin hafızaya alınmasını ve geri gönderilmesini temin etmektedir. Tüm önemli dataların doğrudan, dijital ortamda ve konumdan bağımsız bir şekilde elde edilmesiyle, karar alma süreci çok hızlanmaktadır ve inovasyon için gerekli piyasa hazırlık aşaması azalmaktadır. Bu şekilde üretim ve plan süreçleri tepkisel şekilde lojistik sorunlarına adapte edilebilmektedir ve kısa vadeli dönüşümler sağlanabilmektedir. Aynı şekilde personel yapısı da değişmektedir. Burada artık esnek, kalifiye ve yaratıcı faaliyete yoğunlaşma esas alınmaktadır. Hazır teknolojilerin ve kalite garantisinin kombinasyonu ile, düşük sayıda üretim de karlı olabilmektedir.

Endüstri 4.0 'ın pek çok teknolojisi zaten mevcuttur, ancak CPS, eşyaların interneti ve Big Data'nın ortaklaşa oluşturduğu sinerji sonucu devrimsel bir üretim paradigması ortaya koymaktadır. CPS'ler üretimde akıllı makineleri, depo sistemlerini ve işletme araçlarını kapsamaktadır. Bunlar bağımsız bir şekilde bilgi takası yapmaktadır. Ve karşılıklı olarak kendilerini bağımsız bir şekilde idare etmektedirler. <sup>6</sup> Amaç tüm CPS'leri bütün bir CPPS'e (cyber-physischen Produktionssystem) birleştirmektir. Bu şekilde optimal bir işlem süresi, kalite ve bilgi takası gerçekleşmektedir. Konfigürasyon makineden-makineye iletişimle, daha önce standartlaştırılmış ve entegre edilmiş makineler üzerinden gerçekleşmektedir. CPS ve CPPS tüm değer üretim ağlarında değişikliklere yol açarak, dış etkilere karşı esnekliği sağlamaktadır. Kısa vadeli esneklikle orta vadeli dönüşümü desteklemektedir. Eşyaların ve hizmetlerin interneti klasik internet gibi sadece sanal dünyaya bağlı değildir ve bunun yerine aletlerin objelerin kontekst bilgilenmesiyle genişletilmektedir. Bu durum sanal ve nesnel dünya ayrımını ortadan kaldırmaktadır. Bugünkü entegre ve hiyerarşik sistemler, esnek ve gerektiğinde ulaşılabilen hizmetlere dönüşmektedir. Bilgilenme takası dikey entegrasyona (saha ve plan bilgisine doğrudan ulaşım) yatay entegrasyona (şirketler değer üretim ağları arasında yoğun alışveriş) ve mühendisliğin sürekli ulaşılabılır olması seviyesine yükselmektedir. 2020 yılına kadar 50 milyardan fazla aletin buna bağlanacağı tahmin edilmektedir. Yeni bir internet protokolü

<sup>6</sup> Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft, 2013 S. 5

olan IPv6 sayesinde 2012 yılından beri yeterince adres mevcuttur. Toplamda 340 sextillion adres vardır. Bu dünya üzerindeki her bakteriye bir internet kimliği kazandırmak için yeterlidir. Data miktarı, heterojenliği ve data frekansı normalin ilerisinde olan durumlarda “big data” ifadesi kullanılmaktadır (Schöning & Dorchain, 2014:548). Bu bilgiler çok farklı strüktürlere aktarılmıştır ve çok farklı kaynaklardan gelmektedir. Geniş örgün ağ ve buna uygun hızlı data aktarımıyla big data, sadece tüm verileri yakalama ve çözme olanağı sunmamaktadır. Aynı zamanda eş zamanlı olarak değerlendirme ve sürece uyumlu hale getirme olanağına sahiptir. Henüz anlaşılamayan bağlantılar böylelikle açığa çıkarılmaktadır.

Broy’a göre, CPS’ler “var olan sistemleri dünya çapında bir örgün ağa dönüştürmek istemektedir. Bu şekilde fiziki ve dijital dünya arasında doğrudan bir bağlantı kurulmaktadır.” Bu tür sistemler üzerinde bütünüyle yeni sistem fonksiyonları mümkün hale getirilmektedir. Pek çok avantajın yanı sıra, amaç fiziki ve dijital dünya arasında kapsamlı bir etkileşim kurmaktadır (Broy, 2011:17-31). Wolff & Schulze ise, CPS’i “yerel bilginin, bilgi işlemin ve büyük sistemlerin etkileşimi olarak” tanımlamaktadır. “Bilgiyi değerlendiren ve bunun üzerinde etkili –otonom-kendine yeterli biçimde yöneten, düzenleyen, kontrol, iletişim gibi işlemlerin yapıldığını” ifade etmektedirler. Bu tanımlamalara bakıldığında CPS’in bir dizi görev üstlendiği ve bunun için sayısız çoklukta data işlediği görülmektedir. CPS’in özelliği ise bu bilgilere tek başına ulaşabilmesinde ve değerlendirebilmesinde yatmaktadır. Bu konuda CPS’i bir yanda makine-makine iletişimini diğer yandaysa ürünlerin veya makinelerin veya işletmelerin örgün ağlarla birbirine bağlanmış olmaları destek sağlamaktadır (Wolff & Schulze, 2000).

**Şekil 1:** Sistemlerin Örgün Ağa Dönüşümü

**Entegre müşteri – ve faydalanma süreci**

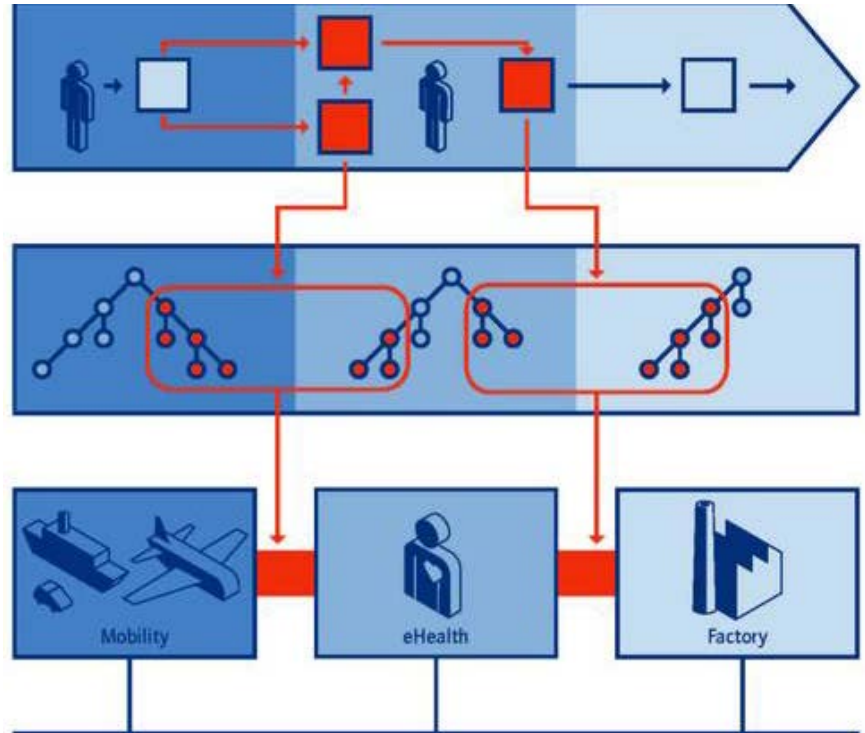
**Kullanıcı destekli birlikte çalışabilirlik**

**Kullanım ihtiyacına yönelik hizmet entegrasyonu**

**Semantik birlikte çalışabilirlik**

**Spesifik alan platformu ve mimarisi**

**Teknik birlikte çalışabilirlik**



**Kaynak:** Aufbau CPS (Acatech.de, 2015)

Yukarıdaki şekil CPS'in ideal-tipik katmanlı strüktürünü ortaya koymaktadır. Burada uygun hizmet ve yazılımlarla donatılmış olan bir iletişim alt yapısı bulunmaktadır. Bu baz üzerine uygulamaya dönük platform ve mimariler kurulabilmektedir. Eğer bu sistemlerin dataları semantik biçimde birlikte çalışabilecek nitelikteyse, o zaman teğet noktaları üzerinden iletişime geçilebilmektedir. Veri alışverişi sağlanarak, uygulamalar karşılıklı yürütülebilmektedir. Eğer tüm

tarafklar için bu süreçler uygun bir şekilde işlenip, sunulursa, o zaman entegre müşteri ve kullanım süreçleri oluşturulabilmektedir (Acatech,2015). CPS'in temelini yerleşik sistemler (embedded systems) oluşturmaktadır ve bunlar yazılımlarla genişletilerek, örneğin başka sistemlerin aplikasyonu haline gelebilmektedir (Kamal, 2008). Aynı şekilde endüstri 4.0 kontekstinde akıllı fabrika kavramı sık kullanılmaktadır. Katma değer örgün ağlarının bağlanması sayesinde sadece üretim verimi yükselmekte, aynı zamanda arızalara karşı bir dayanıklılık sağlanmaktadır (Bauernhansel, ten Hompel, & Vogel-Heuser, 2014). Endüstri 4.0'da mamul haline gelen nihai ürün, kendi başına makinenin bunu nasıl işleyeceğine karar vermektedir. Hazır mamul sonunda uygun bir paketleme ayarlamakta ve nakliyatı organize etmektedir. Bu türden akıllı fabrikaların bir parçası da akıllı ürünlerdir. Akıllı ürünler örneğin statüleri, görevleri veya çevresel koşullar konusunda bilgiye sahiptirler. Uygun olan sistemler diğer yandan bilgiyi yorumlama kabiliyetindedir. Bu şekilde ürünlerin fiziki süreçlerini kontrol edebilmektedirler. Diğer yandan çevreyle olan iletişim bazı olayları hafızaya alma veya var olan bilgiler bazında tek başına karar alma, yani otonom çalışma kabiliyetine sahiptir (Anderl, vd. 2013).

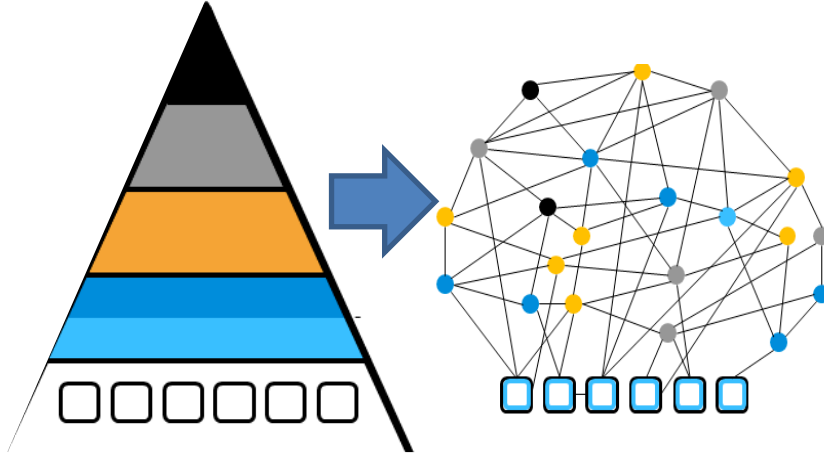
Yüksek gelişim, artan komplekslik ve varyasyon çeşitliliğinin artmasına rağmen 2. Endüstri devriminden beri değer üretim mekanizmasında büyük değişiklik olmamaktadır. Bugünkü üretim segmanlardan oluşmaktadır ve zamana dayalıdır. Sabit çevresel koşullara ihtiyaç duyarak, hedefe yönelik çalışması gerekmektedir. Ayrıca sonuca odaklı bir değerlendirmeye tabidir. Taylor prensibine göre iş bölümüne dayalı seri üretim ve değer yaratma piramidi, üretimin esasını ve üretim miktarının esnekliğini, varyasyon sayısının limitli faktörünü oluşturmaktadır. Bugünkü üretimler komplike sistemler olarak çoğu zaman yeterlidir, ama hata durumunda ve uyumluluk meselesinde durma noktasına gelebilmektedir ve yeni konfigürasyonlar yapmak gerekmektedir. Endüstri 4.0 için yatay yeterlilik veya dikey kapasite için limit koyma artık piyasa için yeterli değildir. Çünkü endüstri 4.0 üretimi komplekstir ve strüktürel anlamda tıpkı internet gibi çalışmaktadır. Buna göre kompleks olma durumu sadece kompleks sistemlerle mümkündür. Şu ana kadar ön planda olan yapılanma bütünüyle yıkılmalıdır ve ancak bundan sonra internet örneğindeki üretim biçimine geçile bilinmektedir. Üretim modüllerinin bağımsız yapı olarak iş gördüğü oransal (Fraktal) bir fabrikaya ihtiyaç duyulmaktadır (WirtschaftsWoche, 2015). Bunların kendini organize etme, optimal hale getirme ve hedef yönelik süreçlere entegre olma kabiliyetini taşıması gerekmektedir. Oransal sistemler hizmete dayalı bir ilişki içerisinde bulunmaktadır ve sürekli evrimsel bir gelişim sürecine tabidirler. Çünkü bu şekilde ilişki yapısıyla formel organizasyon arasındaki ahenk korunmaktadır. Bunlar bütüne hizmet etmektedir. Dinamik yapıları sayesinde sürekli dönüşüme uyum sağlamaktadırlar.

Sonuçta klasik otomasyon piramidinin çözünmek zorunda olduğu görülmektedir. Bunun yerine siber-fiziki sistemi ikame edilmeli ve görev dağılımı yapılmalıdır. Makine parkları arasında akıllı işletimler ve sensörler birbiriyle bağıntılı olduğu, tesis modülleri bağımsız hareket için, ilk adım atılmaktadır. Örgün ağ makine yönetimiyle ve daha yüksek İT plan düzlemlerine eş zamanlı bağlanmayla son bulmaktadır. Strüktürün çözülmesi, farklı düzlemlerin tekil sistemlerinin gereksiz oldukları anlamına gelmemektedir, bunun yerine bu düzlemlerin sorunsuz bir biçimde bir araya geldiklerine işaret etmektedir. Klasik otomasyon piramidinde, iletişim hiyerarşik biçimde sabit- statik protokol ve strüktürler üzerinden gerçekleşmektedir. Endüstri 4.0 şimdilik evrimsel sürecin bir vizyonu niteliğindedir, ama pek çok şirket olası endüstri 4.0 çözümleriyle kendini ölçmeye başlamaktadır. Bununla birlikte endüstri 4.0'a yönelimin hızlandığı görülmektedir. Sonuçta endüstri 4.0'la birlikte uzun vadeli ve şu ana kadar tam öngörülemeyen dönüşümlerin endüstri üretiminde ortaya çıkacağını söyleyebilmekteyiz. Hatta gelişmiş toplumların "ekonomik büyümenin yüksek yıkıcı döneminde" oldukları dahi iddia edilmektedir.



ŞİRKET DÜZLEMİ  
İŞLETME – YÖNETİM DÜZLEMİ  
SÜREÇ YÖNETİM DÜZLEMİ  
İDARİ DÜZLEM (EŞZAMANLI ÖNEM TAŞIYOR)  
ALAN DÜZLEMİ (EŞZAMANLI ÖNEM TAŞIYOR)

Şekil 2: Şirket ölçümü ve otomasyon teknolojisi



Kaynak: (GMA ,2014 :4).

Bu gelişimin ana iticisi ise sürekli genişleyen fonksiyonu ve ekonomik fayda potansiyeliyle İuK-teknolojileridir. Bunlar şimdiye kadar geniş çaplı tüketilmemektedir. Bunun dışında düşen maliyetler ve sürekli devam eden iyileştirmeler nedeniyle bileşenler ve kısmi sistemler uygulamada hızla dağılmaktadır. Endüstri 4.0'ın yürürlüğe alınması, aynı zamanda süreç yönetimi babında bazı değişiklikleri öngörmektedir. Süreçte kullanılan teknikler değişime uğramaktadır ve bunların sunduğu olanaklara yönelmek zorunda kalmaktadır. Endüstri 4.0 bu niteliği itibarıyla şirketler için bir yandan devasa bir proje gibi görünmektedir, diğer yanda hala bir araştırma projesidir.

Tablo 2: Endüstri 4.0'daki bireysel araştırma alanları için zaman çizelgesi

	2015	2018	2025	2035
Katma değer ağları üzerinden yatay entegrasyon	➤ Yeni iş modelleri için metotlar	➤ Katma değer sistemleri için modeller	➤ Katma değer örgün ağlarının otomasyonu	
Tüm yaşam döngüsü üzerinde mühendisliğin etkin olması	➤	➤ Reel ve sanal dünyanın entegrasyonu	➤ Sistem mühendisliği	
Dikey entegrasyon ve örgün ağlarla bağlanmış üretim sistemleri	➤	➤	➤ Zeka – esneklik – dönüşebilme kabiliyeti	➤ Sensör data analizi ve data tabanlı süreç yönetimi
Çalışmanın yeni sosyal entegrasyonu	➤	➤	➤ Teknoloji kabulü ve iş organizasyonu	➤ Multi-model asistan sistemler

Teknolojiler arası sürekli gelişim	➤	➤	➤	➤ Endüstri 4.0 için radyo iletişimi ➤ Güvenlik ➤ Referans bazlı endüstri 4.0 platformu
------------------------------------	---	---	---	--

**Kaynak:** (Gillhuber, 2014).

Yukarıdaki tabloda endüstri 4.0'ın zaman içerisindeki yayılımı gösterilmektedir. Burada endüstri 4.0'ın henüz başında bir proje olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 bilgi ve iletişim teknolojileri yardımıyla hem içsel hem de şirketler üstü katma değer süreçlerinin etkili şekillendirilmesi çalışma olarak görülmektedir. Bu dönüşüm çeşitli teknik ve sistemlerin kullanımıyla gerçekleşebilmektedir. Uğraşların merkezindeyse yönetim süreçlerinin dijitalleşmesi ve esnekleşmesi bulunmaktadır. Ayrıca şirket içindeki tüm data ve bilgilerin optimal kullanımı da hedeflenmektedir.

#### 4. SOSYO-TEKNİK SİSTEM OLARAK ENDÜSTRİ 4.0 VE İNSAN

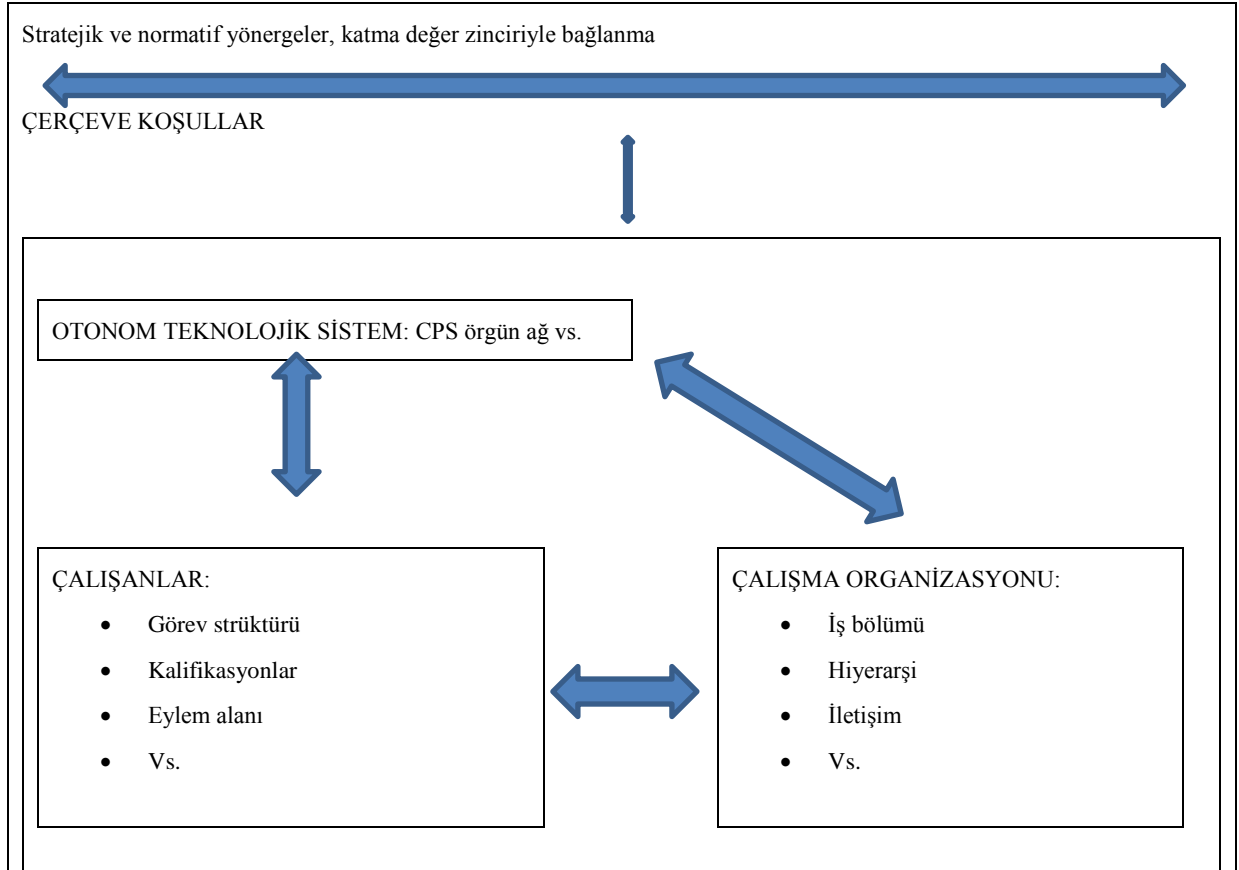
Yeni teknolojilerin birlikteliğini ve bunun ortaya çıkaracağı personel-organizasyon değişimleri, genelde üretimin tüm sistemine ve uzun vadeli karşılıklı etkileşimlere temel bir bakışı gerektirmektedir. Çünkü sadece bu şekilde uzun vadeli yıkıcı inovasyonun sonuçları ve etkileri yeterince araştırılabilmektedir. Öncelikle yeni teknolojik araştırmalar bir yanda otonom tekniklerin karşılıklı etkileşimini ve diğer yanda insani davranışı analiz ederek, ayrıca her ikisi arasında hangi karşılıklı etkileşim formunun olacağını araştırmaktadır (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002; Rammert 2003). İnsani ve insani olmayan eylemleri eşit kabul eden Latours Actor – Network teorisi, geleneksel teknolojik perspektifinden farklı, teknolojinin pasif objesi olarak eylem kabiliyetine sahip aktör olarak görülmektedir. Bu yüzden “melez-hibrid” sistemler konuşularak, görev-davranış biçimi insanla makine arasında spesifik bir biçimde devamlı yeniden kurgulanmaktadır. Rammert hem teknolojik sistem içerisinde hem de teknolojik sistemle insani davranış arasında ayrıma giden “bölüşürülmüş davranış” konseptiyle, problem çözümünde ardışıklık yerine paralellik, hiyerarşik ön strüktür yerine verilmiş bir çerçeve içerisinde öz organizasyon, aşamalarının sabitlenmesi yerine gevşek entegre edilmiş elementler, duruma göre hareket etme, sabit parametrelerin programlanması yerine interaktif insan – makine – çevre ilişkisi gibi niteliklere dikkat çekmektedir (Rammert, 2003). Teknolojik -sosyolojik araştırmalarda bu yüzden teknik-teknik olmayan düalizmi sırasıyla sosyal elementlerden çıkmaktadır. Ayrıca bunların karşılıklı ilişkileri ve kompleks sosyo-teknolojik sistemlerle bağlantıları ön plana geçmektedir.

Erken dönem teknik-otomasyon araştırmalarında dahi bu sosyo-teknik sistem geliştirilmiştir (Trist/Bamforth ,1951:3-38). Her ne kadar tam bir tanımlamaya ulaşmak mümkün değilse de Rice'e (1963) dayanarak sosyo-teknolojik sistemin karşılıklı bağımlı olan teknolojik, organizasyon ve üretim birimlerinin bir üretim birliği oluşturacağı anlaşılmaktadır. Gerçi teknolojik kısmi sistem diğer iki kısmi sistemlerin şekillendirme olanaklarını kısıtlıyor, ama bağımsız sosyal ve çalışma psikolojisi nitelikleri, tekrardan teknolojik kısmi sistemin fonksiyon biçimini etkilemektedir. Ayrıca sistemin tümü bütün çevre koşullarıyla karşılıklı dönüşüm içerisinde. Bu konseptle sadece teknik ve teknik olmayan elementlerin fonksiyonları ve dönüşüm süreçleri sorgulanmaz, aynı zamanda elementlerin karşılıklı etkileşimi ve kombinasyonu teknoloji-sosyal konfigürasyonla birlikte analizin merkezine getirilmektedir. Üstelik sistemler üzerinde genel ifadeler spesifik olmayan açıklamaların önüne geçerek, bunun yerine analiz teknolojik farklılığın yanı sıra organizasyon ve personel kullanımını da dikkate almaktadır.

Teknoloji ağırlıklı tartışmalarda çoğunlukla, otomasyonun sadece tekil kişilerin istihdamını ve faaliyetlerini etkilemediği, bunun yerine bir üretim sisteminin bütün organizasyon-sosyal yapısı için sonuçlar doğuracağı görmezden gelinmektedir. Ayrıca sosyo-teknik sistem diğer yandan üst-stratejik yönergelerle bağlantılıdır ve katma değer yaratma zincirinde elementtir<sup>7</sup> (Lee, Seppelt,2009:424-425).

Ayrıca üretim işçiliğine dönük teknolojik içerikli dönüşüme dinamik bir perspektif açılmış olmaktadır. Çünkü teknolojik ve sosyal kısmi sistemler arasındaki karşılıklı dönüşümünü konu almaktadır.

**Şekil 3: Endüstri 4.0 Çerçeve Koşulları**



**Kaynak:** (Lee, Seppelt,2009:424-427).

Endüstri 4.0'da dönüşüm, temelden bir transformasyondur. Bununla ilintili olan özel sorumluluğu almak demek, bunun neticeleri konusunda bilinçli olmak demektir. Özellikle bu gelişimde şekillendirici veya yönetici bir rol oynuyorsanız geçerlidir. Küreselleşmeyle beraber piyasalar çok daha dalgalı hale gelmektedir ve şirketler üzerindeki baskı artmaktadır. Ayrıca günümüzde ürünler bütünüyle spesifik müşteriye dönük olmak zorundadır. Şirketler bu dönemde az sayıda üretim yapabilecek bir otomasyon peşindeler ve esnekliği geleceğin anahtarı olarak tanımlamaktalar. Artan otomasyon ve dijitalleşmeyle birlikte dahi, merkezi faktör olarak hala insan kabul edilmektedir (Frauenhofer, 2013). Endüstri 4.0 işte tam da bu meydan okuyuşlarla ilgilenmektedir. Şirketleri bu devrimi aktif olarak şekillendirme konusunda desteklemesi gerekmektedir. Yeni fırsatlar oluşturularak, teknolojik arayı açmak amaçlanmaktadır (Industrie 4.0 Hightech-Strategie der Bundesregierung,2016).

<sup>7</sup> Lee ve Seppelt sorunun sadece tekil istihdama indirgenmesinde, gelişmiş otomasyonun tam olarak işleme alınmamasının ana nedenlerinden biri olarak görüyorlar (2009: 424).

Buna karşın her şeyi kapsayan akıllı fabrika hala araştırma evresini geçememektedir. Spath, bununla ilgili şu ifadeleri sarf etmiştir: “...*yapay zekâ alanında 50 yıllık araştırmalarımdayanarak, her ilkokul talebesinin en iyi akıllı bilgisayar sistemlerinden günlük-zekâ babında üstün olduğunu söyleyebilirim. Belirgin bir örnekleme takip etmeyen ve sensör-motor bölümünde bulunmayan kararlarda, insanların belirgin bir avantaja sahip oldukları aşıkardır*” (Spath, 2013:130). Bu pratikte şu anlama gelmektedir. Onlarca yıl teknolojik inanç, bilimden sonra tekrar zeka-yaratıcılık-anlama yetisi-geliştirme gibi yeteneklerin saf insani kabiliyeti olarak görülmektedir. Karar alma ve planlamanın tümüyle otomizasyonu bununla birlikte oldukça güç ve nazik bir iştir. Sonuç itibarıyla makinelerin internete yansıttığı ve internetten aldığı bilgi üzerinden karar verilmektedir. Bu bağlamda bilgi sonuçta bir kısır döngü içerisinde dönmektedir, makineler diğer makinelerden öğrenmektedir. Ama yeni sezgisel olgular buna dâhil olamamaktadır. Makineler bu bağlamda sadece tesadüfler üzerinden bir insanın henüz düşünmediği bir çözüme ulaşabilmektedir. Şüphesiz bunların arasından uygulanabilir ve hatta inovatif metotlar olabilir, sonuçta bilgisayarlar buluşsal yöntem noksanlığına rağmen hala en kısa sürede en yüksek sayıda karar opsiyonunu değerlendirebilme yetisine sahiptir. Şüphesiz insan böylesi bir sayının üstesinden gelememektedir. Makinelerin ortaya koyduğu bu çözümler mantıklı görünse de sadece insanlar karar verebilmektedir. Bu durumda bütüncül bir otomasyon zaten gerçekleşmemektedir. İnovasyon süreçleri için insani ilişkilendirme yeteneği ve sezgiler vaz geçilmezdir. Burada hesap desteği olup olmamasının bir önemi yoktur. Bununla birlikte bilgisayar desteği faydalıdır, çünkü kompleks yapı indirgenmiş ve insana ilham için zaman kalmış olmaktadır. Fakat bu bile tam güvenilir değildir. Makine bu bağlamda alettir ve öyle kalmaktadır. Bu durum üç soruyu şimdiye kadar bilinmeyen bir boyutta tekrar gündeme getirmektedir (Lee, 2001:238-250).

- 1- Aletlere hangi ölçüde güvenilebilir?
- 2- Aletin etkin faydası nerededir?
- 3- Emeğin dönüşümü nasıl değişecektir?

Yeni otomasyon formlarında üretim emeğinin olası dönüşümlerini sorgularsak, o zaman bu türden sistemlerin füzyonunun var olan fabrika organizasyonlarını, çalışma organizasyonlarını ve personel kullanımını kalıcı biçimde değiştireceği aşıkardır (Lee, 2001:238-250). Tümüyle otomatikleşmiş ve insansız hale getirilmiş fabrikaların hem teknolojik hem de ekonomik nedenlerden dolayı gerçekçi bir perspektif olmadığı görülmektedir (Kinkel, vd.2008:241). Otonom üretim sistemleri içerisinde üretim çalışmasının dönüşümü ile boyutları şunlardır:

- a-) Doğrudan insan-makine interaksyonu ve bununla bağlantılı olan kalifikasyon talepleri
- b-) Sistemde faaliyet gösterenlerin görev alanı ve faaliyetleri
- c-) Yatay ve hiyerarşik bağlamda, iş bölümünün görev ve faaliyetlerinin strüktürel hale gelmesi ve sonuçta sistemde faaliyet gösterenlerin işbirliği ve iletişimidir. İşbirliğinin yanı sıra emeğin tecrübesi de önemlidir (Kinkel, vd., 2008:241-242).

Tecrübe, statik rutinin dinamik kız kardeşi olarak görülmektedir. Önemi özellikle kuvvetli otomasyona uğramış ve dijitalleşmiş çalışma koşullarında göstermektedir. Bu çalışma ve endüstri sosyolojisinde yeni bir bilgi değildir. 1980’li yılların sonunda tecrübenin ve özneleşmiş emeğin önemi anlaşılmaktadır. Bu keşif CeA – yaklaşımlarıyla (bilgisayar kontrollü tecrübeden alınmış çalışma) pratik bir şekilde teknik şekillendirmeye dönüştürülmektedir (Schulz, 2002:232-251) ve bir model denemeden yola çıkarak yüksek otomatikleşmiş kimya sanayinde bir dizi mesleki eğitim bazlı inovasyon için kullanılmaktadır. Bu konsept insanı tüm hisleri babında çalışma esnasında değerlendirmektedir. Sadece mantık ve izan kritik zamanlarda doğru karar vermek için yardımcı değildir, bunun yerine sezgi ve duygularda rol oynamaktadır. İnsan sadece beyin değildir, tüm bedeni etkindir. Beden, süreçleri aklında tutarak, onları hafızalar ve bilerek hissetmektedir. İnsandaki bu

kabiliyetler genelde ancak zamanla oluşarak, tecrübeli çalışanlarda görülmektedir. Teorik branş bilgisi, rutin standartlaşmış süreçlerde ve tekrarlanan taleplerde yardımcı olmaktadır. Bu kişiselleşmiş davranışın en önemli karakteristiği şunlardır:

- a- Bütünsel algılama
- b- Diyalog türü ilerleme
- c- Sezgi ve duygu ve empatik (Bauer, Böhle Munz, Pfeiffer, Woicke, 2006).

Tecrübe aynı zamanda bilinmeyenlerin de üstesinden gelmemize yardımcı olmaktadır. Özneleşmiş emek (subjektivierend arbeitshandeln) tecrübeyi bir statik rutin koleksiyonu olarak algılamaz, bunun yerine insanlar ve olaylarla uğraşmanın özel yolu olarak görmektedir. Tecrübe sahibi olmadan ziyade tecrübe edinme ve durumsal faydalanma söz konusudur. Özellikle hizmet ve bilgi toplumunun tipik faaliyeti olarak görülen bu çalışma formları ve tecrübe bilgilenmesi, endüstri 4.0'da önemli bir rol oynamaktadır:

- Kuvvetli bilgilenmeye dayalı çalışma koşullarında, ör. Bilgi simsarlığı
- Sanal uzmanlık çalışmalarında, ör. Tele servis
- Plan ve mühendislik faaliyetlerinde
- Bilgi ve proje yönetiminde

Bilgi toplumu için paradigma olarak kabul edilen yüksek kalifiye faaliyetlerde, tümüyle içkin bir planlama ve genel kontrol mümkün değildir. Fakat sürekli faaliyet gösterilmeli ve karar verilmelidir. Üstelik bu kapsamlı ve berrak bir bilgilenme olmadan da devam etmek zorundadır. İşte bunlarda tam olarak sezgi, kavrayış, çağrışım gibi tecrübe bazlı davranış ve bilgi kalitesini şart koşturmaktadır. Kompleks çalışma koşulları bu türden bilgilenme süreçlerini git gide daha anlamlı kılmaktadır: Sonuçta artan dijitalleşmeyle birlikte özellikle günlük kompleks çalışma içerisinde, bilinmeyene doğru yaklaşımda ve planlamayan durumlarda doğru karar almanın talep edileceğini düşünülmektedir. Bu sadece yüksek kalifiye çalışma fenomeni değildir, aynı zamanda yüksek otomasyon ve bilgilenmede de önemlidir (Pfeiffer, 2007). Rutin davranış sadece arıza ve sorunlardaki reaksiyonda değil, aynı zamanda bunları önlemede de önemlidir.

Sürekli dinamik biçimde değişen piyasa ve çevresel koşullar doğrultusunda, standartlaşmış ve sabit kabul edilen faaliyet alanlarında dahi belirsizler çıkabilmektedir. Ayrıca akıllı standartlaşma ve dijitalleşme süreçlerinin kendileri de yeni kompleks durumlar ortaya çıkarmaktadır. Kompleks bir yapının olası arıza vermesi durumunun önüne geçebilmek için, insan ve makine üzerine tamamlayıcı biçimde uygulanacak prensipler ve hatta “insan-merkezli” sistem oluşumları takip edilmelidir. Özellikle tecrübe kazanımı ve birikimine yönelik sistemler önem addetmektedir (Kaber/Endsley, 140-142: 2004). Buradan yola çıkarak bu bağlamların daha sistemli şekillendirilmesi esnasında dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır (Grote 2005:68). Benzer teşhis ve sonuçlara, otomasyon işlerinin özel talepleri konusundaki çalışma sosyolojisi araştırmaları da varmaktadır. Özellikle Böhle, Pfeiffer'in yapmış olduğu araştırma, otomatikleşmiş süreçlerin sürekli büyüyen komplekslikleri ve onların doğal olarak hesapsız oluşları nedeniyle, daima teknik hâkimiyetleri konusunda sınırlar olacağını ortaya koymaktadır. (Böhle, Pfeiffer, vd., 2004) Neticede çoğu zaman Bainbridge'nin (1983) “otomasyon ironisi” olarak adlandırdığı arızalar meydana gelmektedir. Üstelik bunlar otomasyon süreçlerinin yüksek rutin karakteri nedeniyle, büyük zorluklarla giderilebilmektedir. Bu tür durumlarda otomasyon işletmesinde bulunmayacak olan kalifikasyonlar gereklidir (Bainbridge, 1983:776-779). Böhle'nin araştırmaları doğrultusunda, yazarların subjektif çalışma faaliyeti olarak adlandırıldığı sezgisel çalışma, hissetme, empati kurma vs. gibi kalifikasyonlar, kompleks tesisler bazında vaz geçilmezdir. Bu olguların önemi üretim ve kontrol çalışması çerçevesinde yapılan

araştırmalarda, yüksek otomasyonlu kompleks üretim tesisleri kontekstinde aydınlatıcı biçimde belgelenmiştir (Böhle/Rose 1992; Schumann, vd. 1994).

1980’li ve 1990’lı yıllarda otonom üretim sistemleriyle ilgili ilk araştırmalar yayınlanmıştır (ör: Brödner,1985; Schutz-Wild, vd. 1986) O dönemlerde özellikle CİM sistemlerinin kullanılmasına odaklanılmıştır. Sonuç olarak bu araştırmaların çıkarımları aşağıdaki şekilde bir araya getirilebilmiştir. Otomasyon formları hiçbir şekilde üretim işçiliğinin yerine ikame etme imkânında değildir. Hatta bunun ilerisinde tezat transformasyon ortaya çıkarmıştır (Hirsch-Kreinsen, vd. 1990).

- Bir yanda çok sayıda iş yerinin “basit el işçiliği” ve “boşluk doldurma” seviyesinde kalıcı olduğu ifade edilmiştir. Örgün ağlar sayesinde iş süreçlerinin daha iyi yönetilebileceği ortaya konulmuştur. Bu durum daha kuvvetli bir şeffaflığa, eylem alanının daralmasına ve vasıfsızlaşma tandansına yol açmıştır.
- Diğer yandan bu transformasyon sürecinin bir niteliği olarak, üretim süreçlerinde “üretim zekasının” büyüyen anlamını ön plana çıkartmıştır. Bunun kökenindeyse “garanti çalışmanın” büyüyen anlamı gösterilmiştir. Buna göre üretim işçiliği giderek doğrudan üretim sürecinden çıkarak, planlama, yönetme ve kontrol fonksiyonlarını üstlenmiştir.

Strüktürel dönüşümün ana momenti olarak, maddi süreçlerin git gide daha fazla bilgi-teknolojik modellenmeleri ve hesaplanabilmeleri gösterilmektedir. Modern iş süreçlerinde teknik-entelektüel faaliyet oranı sürekli yükselmektedir. Özellikle soyut bilgilerin kategorileri, organizasyonları ve sistemleri bağlamındaki düşünme ve faaliyete geçme, bu noktada çalışanların kalifikasyonlarına yeni soyut taleplerde bulunmaktadır. Ayrıca bilgiye yönelik çalışmalarda önem kazanmaktadır. Bir yandan yeni faaliyet ve otonomi alanları açılarak, diğer yanda yükselen bireysel talepler sonucunda bir güvensizlik potansiyeli ve esneklik ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Yazarlar ilk önce düşük nitelikli işyerlerinin, akıllı otomasyon sistemleri tarafından ortadan kaldırılacağını düşünmektedir. Orta kalifikasyon, yani tekniker ve uzman işçi konusundaysa yazarlar farklı görüşleri savunmaktadırlar.

Bir yanda eski uzmanlık işinde kısmi bir düşüşün yaşanacağı beklenmektedir. Özellikle basit makine kullanımları, madde ve alet koşullu kurulumlar, kontrol fonksiyonları vs. sayılmaktadır, çünkü bunlar orta vadede otomatikleşecektir. Ayrıca üretim lojistiğindeki planlı kararlar yeni sistemler yardımıyla otomatikleşebilir. Çünkü üretim tesislerinde ihtiyaç duyulan ürün ve mamuller büyük ölçüde bağımsız talep edilebilmektedir. Sonunda söz konusu vazifeyi yerine getiren işçiler gereksiz hale gelmektedir. Artık çalışanlar sadece üretim süreci içerisindeki olağandışı durumlara müdahil olabilmektedir. Uzmanlar bu bağlamda bir “bakiye kategorisinden” bahsetmektedir. Bu ya otomatikleştirilemeyen ya da çok fazla uğraş/maliyetle otomatikleştirilen durumları kapsamaktadır.

Bazı bilim adamları ise, diğer yandan artan bilişim teknoloji kullanımının sonucunu faaliyet çeşitlenmesi olarak varsaymaktadırlar. Böyle bir varsayım sonucunda uzman çalışanlar kendi başlarına plan yapma ve süreçleri yönetme mecburiyetinde kalmaktadır. Sonuçta üretim süreci, bunun lojistik desteği ve sevkiyat koşulları birbirine yakınlaşmaktadır. Bu durumda hem yüksek bilgiye hem de ehliyete ihtiyaç duyulmaktadır. Sık sık “uzman işçi mühendisi” ifadesi kullanılmaktadır. Manuel beceri önemini yitirirken, kompleks sistemlerin “yönetme, kurma, idare etme” gibi bazı program bilgilenmeleri önem kazanmaktadır (Spath, vd.2013). Çalışma bilimiyle endüstriyel mühendislik disiplinlerinin kesişme noktasından hareket edildiği görülmektedir. Buna göre insani çalışma halen üretimin önemli bir parçası olmaktadır. Ama komplekslik, inovasyon kabiliyeti ve esneklik konuları oldukça değişmektedir. Doğrudan üretim faaliyetleri, dolaylı çalışmalar nedeniyle azalmaktadır. Ayrıca geleneksel üretim işçiliğiyle modern bilgi çalışma kaynaşmaya devam etmektedir. Yaratıcı, katma değer üreten faaliyetlere odaklanma aynı zamanda çalışanların rutin işlerinin ilerleyen bir otomasyona tabi olmasını beraberinde getirmektedir. Standartlaşmış ve uzun vadeli planlanabilir görevler teknolojileşme-makineleşme üzerinden yapılmaktadır. Benzer tezlere Windelband’ın bir araştırmasında görmek mümkündür. Buna göre

ortaya tezatlıklarda çıkmaktadır; bir yandan teknik süreçler otomatik hale gelmektedir ve faaliyetler-çalışmalar basitleşmektedir. Bunun sonucunda işletmeler düşük nitelikli personeli uygun maliyetle ve fazla eğitim gerektirmeden kullanabilmektedirler. Bu çalışanların faaliyet alanları sıkı sistem kuralları gereği çok dardır. Fakat diğer yandan bu türden lojistik sistemleri, iş süreçlerini var olan kalifikasyonlar doğrultusunda optimizasyon için kullanılmaktadır. Bu şekilde çalışanların çalışma spektrumu kısmen genişletilebilmektedir. İşletmeler eğitilmiş ve kalifiye personele yönelmektedir. Kalifiye personelin önem kazanacağını vurgulamaktadır. Bunlar “disiplinli bir şekilde ve hatasız data girdilerini yapmak konumunda olmalı ve aynı zamanda süreci iyi süzmeleri gerekmektedir” (Windelband, vd.2011:5-9).

## 5. ENDÜSTRİ 4.0’IN GÖRÜNEN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Endüstri 4.0 sadece medya fraktürlerinin oluşturulması dahilinde bile büyük avantajlar sunmaktadır. Bu bağlamda asla bir oyun olarak nitelenmemelidir. Önemli bir diğer avantaj ise, müşterinin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilmek olarak tanımlanabilmektedir. Gerçekten de endüstri 4.0 ürünlerin çok daha geniş bir yelpazede ortaya çıkmasına vesile olmaktadır. Ürünler bu şekilde bireysel ihtiyaç doğrultusunda çok daha kuvvetli bir şekilde model haline getirilebilir, bireysel zevke uydurulabilmektedir. Makineler kalibrasyon niteliğine sahiptir ve bağlı oldukları süreçler büyük ölçüde bağımsızdır. Bunun için gerekli olan kaynaklar (yazılım veya donanım vs.) kiralanabilmektedir. Bu da nihayetinde maliyetleri düşüren bir başka unsurdur. Akıllı fabrikalardaki makinelerin kesinliği, yeni bir kaliteye evrimleşmektedir. Tesisler artık çıkış pozisyonundaki oynaklıklara çok daha esnek reaksiyon göstermektedir.

Bu şekilde normalde karşılıklı olarak tezat oluşturan bir dizi avantaj görmek mümkündür. Bireysel müşteri taleplerinin dikkate alınması, düşük üretim süresi, düşük üretim maliyeti ve yüksek ürün kalitesi. Şirket bazında bir diğer önemli avantajısa, cyber-fiziki sistemlerin normal otomasyonlara göre, personelin bedensel yükünü daha fazla almalarıdır. Kaldırma hareketi gibi işlemler çok basit bir şekilde internette konfigürasyonu yapılarak, görev esnasında otomatik olarak adapte olmaktadır. Ayrıca yorucu ve gereksiz olarak algılanan rutin işlerde ortadan kalkmaktadır. Eşzamanlı olarak ise bilgiye ulaşılabilirlik artmaktadır. Bu noktada insana daha fazla iş düşmektedir; artan bilgi yoğunluğu ve rutin işlerden karar almaya yönelme sonucu iş görevi çok daha derinleşmektedir. Bu tabii ki personel eğer bilgiyi kullanmayı biliyorsa ve sorumluluk alabiliyorsa bir avantajdır. Karar alma mekanizmaları yukarıdan aşağı doğru dağılacak ve hiyerarşiler azalacaktır. Üretimin operasyon bölümünde daha fazla çalışma-içeriği oluşturulmaktadır. İçerik anlamlı hale gelmektedir buda nihayetinde daha yüksek maaş demektir. Bunun ilerisinde dijital örgün ağ, çalışma saatlerini daha esnek şekillendirme imkânı vermektedir. Artık hem zaman hem de mekan, kişi tarafından daha fazla tayin edilebilmektedir. Personelin mesai tamamlamasından daha ziyade gerekli olan basiret ve yeteneğe sahip olup olmadığı önem kazanmaktadır. En geç son avantajı gördüğümüzde, artık bunun herkes için geçerli olamayacağı anlaşılmaktadır. Hem bazı yöneticiler katı zaman prensibinden vazgeçememekte hem de şekillendirici özgürlük yerine, strüktürel çalışma gününü benimseyen işgücü bulunmaktadır.

Bir sistem dünyaya geldiğinde, buna alışmamız, bunu kabullenmemiz gerekmektedir. Çünkü geri dönüş olmamaktadır. (Örneğin atom enerjisi). Öngörü daha da önemli hale gelmektedir. Teknik uygulanabilirliğin iş alanları üzerindeki etkisi göz önünde tutulduğunda, sistemin kendi kompleks yapısı nedeniyle güvenilir yanıtlar aramamalıdır. Belki bu noktada bakış açısı değiştirmek faydalı olabilmektedir. Hangi ölçüden sonra otomasyon insan için zararlıdır? Bu noktada negatif ve pozitif etkilerin önceden tanımlanması en doğrusu olacaktır. Örneklerden yola çıkmak yeterli gelmemektedir. Sonuçta hala pek çok insan neyin faydalı olduğunu ve hatta faydanın kendisinin ne olduğunu ne anlama geldiğini sorgulamaya devam etmektedir. Endüstri 4.0 üzerine literatürde, fayda konusu genelde piyasa oryantasyonuna bağlanmaktadır. Bauernhansl’a göre, endüstri 4.0’la

bağlantılı olarak neredeyse sadece teknolojiler ve siber-fiziki sistemlerden bahsedilmektedir. Endüstriye giriş ise teknoloji üzerinden (Technology Push) gerçekleşmektedir. Sanayinin ise fayda-oryantasyonlu bir entegrasyon yaklaşımına ihtiyacı vardır. Fayda ise esas iş-modelinde piyasada oluşmaktadır. Bu yüzden fayda potansiyeli üzerindeki argümanlar piyasa üzerinden gelmelidir. Katılımcı firmalara burada yatırım yapmanın akıllı olacağı şeffaf bir şekilde sunulabilmektedir. Sonuçta bu sadece teknolojiye bir yatırım değil, aynı zamanda iş-modeline, yeni organizasyon formuna, çalışanlara da bir yatırımdır” (Bauernhansl,2014:30).

Bu tür düşüncelere Kambartel metodik bir eleştiri yöneltmektedir. Buna göre kantitatif-ekonomik prensipler doğrultusunda “piyasa” daima “sürekli devam eden bir halk oylaması” gibi sunulmaktadır. “Reel ihtiyaç bazında zamana bağlı, ama zaman dilimi içerisinde özneler arası olduğu söylenen bir fayda kuantumunu oluşturmak mümkün olsa dahi, o zaman buna dayanan kantitatif ifadeleri ekonominin ihtiyaca yönelik göreviyle metodik olarak oluşturmamak, sonuçta rasyonel bir tasarruftur (Kambartel,1979:311). Kambartel’in düşünceleri öncelikle piyasada talebin hakikaten ihtiyaçları tatmin edip etmediğinin sorgulanmasıdır. Sonuçta mal ve hizmetlerin büyük bölümü sadece esas ihtiyaçları tatmin etmek için gerekli olan önkoşullardan oluşmaktadır ve esas ihtiyaçlardan oluşmamaktadır. Örneğin arabasıyla işe giden kişi için araba bir ihtiyaç değildir, sadece yolculuk bir ihtiyaçtır, kaldı ki işe gitmek bile bir ihtiyaç değildir, ihtiyaç para kazanmaktır. Rasyonel bir talep sadece bu türden amaç-araç zincirinde gerçek ihtiyaç bulunması durumunda ortaya çıkmaktadır. Fakat her zaman böyle olmamaktadır. Kambartel’e göre işte bu bağlamdan yola çıkarak, akıllı üretimin bize, insani talebin gerçek ihtiyaçla örtüşüp örtüşmediğine dair bir yanıt vermediğini ortaya koymaktadır. (Kamberlt,1979:308).

Bu soruyu kendine sormayan insan, nihayetinde hayatın mantığına yönelik soruyu kaçırmış olmaktadır. Buchholz’a göre, liberal ekonomik modelin sorgulanmamış bir insan modeline dayandığına dikkat çekerek, bunun prensibi “giderek özel hayatın değer yargısına da bulaşmaktadır” düşüncesini savunmaktadır. Kant’ın aydınlanma tanımını hatırlatarak, liberal piyasa kavramının reşit tüketicileri varsaydığı ve bunların başkasının idaresi olmadan kendi izanlarıyla hareket ettiklerini düşündüğünü belirtmektedir. Böyle bir şeyin mümkün olamayacağı ortadadır. İşte bu söylem endüstri 4.0’da çok üzerinde durulan “akıllı üretimle bireysel ihtiyaçların” karşılanacağı prensibine yöneliktir. Bu sistemin zayıf noktasıdır, çünkü reşit insanın ihtiyaç tatminini varsaymaktadır. Örneğin müşterinin beğenisi; akıllı üretim tarafından hemen sağlanabilmektedir. Bu aynı zamanda bir zevksizlik anlamına da dünyanın estetiksizleştirilmesi ve kültürsüzleştirilmesi anlamına gelebilmektedir (Buchholz,2009:26).

Arendt benzer bir sonuca 1958 yılında yayınlanmış olan “Vita Activa” adlı eserinde varmaktadır. Arendt’e göre, sık sık modern toplumlarda araçların amaçların önüne geçmektedir. İnsan bu noktada kendi icat etmiş olduğu makinelerin yavaşması konumuna indirgenmektedir. Çünkü bunları salt insani ihtiyaç ve tatmin için kullanmak yerine, onlara uyum sağlama yoluna gitmektedir (Arendt,1961:317). Oysa tüm bunların kökeni fiili çalışma durumunda yatmaktadır. Çünkü çalışmada, ki bu sonuçta tüketim için ürünlerin hazırlanmasıdır, amaç ve araç arasında bir fark yoktur. Çünkü amaç ve araç onun için yeterince ayrılmamaktadır. Buna göre insan önce ihtiyaçlarını giderip, bu güçle mi çalışmaktadır, yoksa çalışıp sonra bununla ihtiyaçlarını gidermeye mi çabalamaktadır?

## 6. SONUÇ

Teknoloji pozitif vizyonların motoru mu? Uzun zamandır bunu yaşamadık. On yıllardır teknik konular sadece tehdit edici sonuçlarıyla gündeme gelmektedir. Orman ölümleri, iklim değişikliği, Fukushima vs. Teknoloji şu anda insanlık tarihi gelişiminde tekrar büyük bir sosyal, toplumsal değişimin nedeni olmaktadır. Almanya’da ortaya çıkan endüstri 4.0 devrimsel dönüşümün tarihsel dönüşüne işaret etmektedir. İlk üç endüstri devrimi de bir anda gerçekleşmemiş ve sayısız yan –



revizyon yapılanmasıyla ortaya çıkmıştır. Dördüncü endüstri devrimi de kompleks sosyo-teknik dönüşüm olmaktadır. Onlarca yıl sonra geriye bakıldığında radikal bir dönüşümdür. Oysa gerçekte sayısız arayış ve yeniden strüktür oluşturma hareketinin bir sonucudur. Geleceği betimleyen bir konunun bu kadar tartışmayı beraberinde getirmesi çok rastlanılan bir olay değildir. Endüstri 4.0 sadece ekonomik başarı, rekabet ve inovasyon kabiliyetini arttırmayarak, aynı zamanda yaratıcı çalışma, kaynak verimliliği, iş-hayatına uyum, yaşa uygun iş yerini de beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0 sayesinde oluşacak bireyselleşmiş bir üretimle birlikte, şirketler düşük hata payı ve daha esnek bir üretim modeline geçmektedir. Uygulamada ise, bunun için âdemi merkezi bir yönetim sistemi ve esnek makineler gereklidir. Katma değer zincirine yatay entegrasyonla birlikte, şirketler süreçleri daha iyi koordine ederek, değişen koşullara daha hızlı uyum sağlanabilmektedir. Sonuçta etkin kaynak yönetimi sayesinde depolama giderleri azalmaktadır. Bu genel fırsatların yanı sıra her bir teknoloji kendi içerisinde bazı avantajlar sağlamaktadır. CPS'lerin üretimin içine alınması sistemlerin otomatik optimal duruma getirilmesi imkanını sağlamakta ve tesislerin kendi kendini teşhis etmesi olanağı oluşturmaktadır. Bu düşük bakım maliyetleri anlamına gelmektedir. Ayrıca şirketler devam eden küreselleşmeyle birlikte, uluslararası düzeyde artan bir rekabetle karşı karşıyadır. Diğer sorunlar demografik değişiklikler sonucu git gide yaşlanan bir toplum, azalan hammaddeler ve artan enerji fiyatlarıdır. Endüstri 4.0 stratejisinin başarılı bir şekilde uygulamaya alınması ise, şirketleri bu sorunlarla baş edebilir duruma getirebilmektedir. Bu yüzden şirketler için en avantajlı teknolojiyi seçmek önemli olmaktadır. Fırsatların yanında riskler ve belirsizliklerde vardır. Risklerin büyük bölümü, endüstri 4.0'ın bağımlı olduğu geniş çerçeve faktörlerinden ileri gelmektedir. Merkezi çerçeve faktörlerinden bir tanesi teknolojik olgunluk derecesidir. Bu bir yanda endüstri 4.0'a giden en önemli sürücüdür, çünkü gerekli olan örgün ağlanmayı ve iletişimi sağlamaktadır. Diğer yanda pek çok farklı çerçeve faktörünü etkiler ve bunlardan etkilenmektedir. Bu yüzden teknolojik olgunluk derecesi bir risk de oluşturmaktadır. Şirketler doğru teknolojiye yatırım yaptıklarından emin olmalı ki; bu, ileriki yıllarda yeterli bir standart oluşturmalıdır. Endüstri 4.0 sadece tekil kişilerin istihdamını değil üretim sisteminin bütün organizasyon –sosyal yapısı için sonuçlar doğurmaktadır. İstihdamda tecrübe ve kalifiye personel önemli hale gelmektedir. Ayrıca bilgiyi kombine etmekte farklılıklar önemlilik kazanmaktadır. Yapılan çalışmalar insanın yine önemini koruyacağı yönündedir. Endüstri 4.0'da zayıf nokta reşit insanın ihtiyaç tatminini varsayarak “akıllı üretimle bireysel ihtiyaçların” karşılanacağı prensibine yöneliktir. Müşterinin beğenisi; akıllı üretim tarafından hemen sağlanabilmektedir. Bu aynı zamanda bir zevksizlik anlamına da dünyanın estetiksizleştirilmesi ve kültürsüzleştirilmesi anlamına gelebilmektedir. Dezavantajları konusunda bazı görüşler endüstri 4.0'ın insanın gerçek ihtiyacını karşılamayacağını savunmaktadır. Sonuç itibarıyla şu an endüstri 4.0'ın neresinde olduğumuz tartışma konusu olmaya devam etse de, hangi endüstri 4.0 senaryolarının teknik geçerliliği olduğu ve ekonomik anlam taşıdığı henüz tartışmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Acatech, H. (2011). “Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion”, Berlin.
- Acatech.de. (2015). “Deutsche Akademie der Technikwissenschaft”, Retrieved September 13, from <http://www.acatech.de/?id=1819>.
- Anderl, R., Picard, A., & Albrecht, K.(2013). “Smart Engineering for Smart Products. In Smart Product Engineering: Proceedings of the 23rd CIRP Design Conference”, Bochum, Germany, March 11th - 13th, p. 1011. Springer Science & Business Media.
- Arendt, H. (1961). Vita Activa oder Vom tätigen Leben”. München, Piper.
- Bainbridge, “L. (1983). Ironies of automation, in: Automatica”, 19 (6), s. 775 – 779.
- Bauer, H. Böhle, F. Munz, C. Pfeiffer, S. Woicke, P. (2006). (Hrsg.), Hightech-Gespür. Erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen, Bielefeld.
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M, Vogel-Heuser (2014). “B. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik”, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bauernhansl, Th.(2014). Die Vierte Industrielle Revolution. Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In (Th. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, S. 5-36, Wiesbaden: Springer.
- Bildstein, A.(2014). Industrie 4.0-Readiness: Migration zur Industrie 4.0-Fertigung. In (Th. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, S. 581-598, Wiesbaden: Springer.
- BMBF, (2015a). Industrie 4.0 kommt auf den Hallenboden. Retrieved January 13, from <https://www.bmbf.de/de/industrie-4-0-kommt-auf-den-hallenboden1016.html>.
- BMBF, (2015b). Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Forschung - BMBF. Retrieved September 4, from <http://www.bmbf.de/de/9072.php>.
- BMWi, & BMBF, (2015). Plattform Industrie 4.0. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie40/plattform-industrie-40.html>.
- Böhle, F. Rose, H. (1992). (Hrsg.), Technik und Erfahrung. Arbeit in hochautomatisierten Systemen, Frankfurt a. M. New York.
- Böhle, Fritz Pfeiffer, Sabine Sevsay - Tegethoff,(2004). Nese (Hg.), Die Bewältigung des Unplanbaren. Wiesbaden.
- Broy,M.(2011).Cyber- Physical Systems – Wissenschaftliche Herausforderungen Bei Der Entwicklung In Acatech (Ed.), CyberPhysical Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, pp. 17–31, Heidelberg u.a.: Springer Verlag.
- Brödner, P. (1985). Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin.
- Buchholz, K. (2009). Der mündige Konsument. In (G. Böhme Hrsg.): Der mündige Mensch, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Emmrich, V., Döbele, M., Bauernhansl, T., Paulus-Rohmer, D., Schatz, A., & Weskamp, M.(20\*15). Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0 Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau.

- Forschungsunion acatech (Hrsg.), (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Frankfurt a. M
- Fraunhofer,IAO,(2013). ‘Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0. Fraunhofer IAO’. Retrieved from [http://www.dkpniedersachsen.de/produktion/medien/archiv/20131109wesem/Fraunhofer-IAOStudie\\_Produktionsarbeit\\_der\\_Zukunft-Industrie\\_4.0.pdf](http://www.dkpniedersachsen.de/produktion/medien/archiv/20131109wesem/Fraunhofer-IAOStudie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4.0.pdf).
- Gillhuber, A. (2014). elektroniknet.de. Retrieved September 15, from <http://www.elektroniknet.de/automation/steuerungstechnik/artikel/110514/>
- Grote, G. (2005). Menschliche Kontrolle über technische Systeme – Ein irreführendes Postulat, in: Karrer, K./Gauss, B./Steffens, C. (Hrsg.): Beiträge der Forschung zur Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis, Düsseldorf s. 65 – 78..
- Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R./Köhler, C./Behr, M.(1990). Von, Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion: alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt a. M./New York.
- Industrie 4.0, (2016). Hightech-Strategie der Bundesregierung. (n.d.). Retrieved from <http://www.hightech-strategie.de/de/Industrie-4-0-59.php>.
- Kaber, D./Endsley, M. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task, in: Theoretical Issues in Ergonomics Sciences 5 (2), s. 113 – 153.
- Kamal, R. (2008). Embedded Systems 2E. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Kambartel, F. (1979). Ist rationale Ökonomie als empirisch-quantitative Wissenschaft möglich? In (J. Mittelstraß Hrsg.): Methodenprobleme der Wissenschaften vom gesellschaftlichen Handeln. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Kaufmann, T.(2015). Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge: Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Kinkel, S. Friedewald, M. Hüsing, B. Lay, G. Lindner, R.(2008). Arbeiten in der Zukunft: Strukturen und Trends der Industriearbeit, Berlin.
- Lee, J. D. (2001). Emerging challenges in cognitive ergonomics: Managing swarms of self-organizing agent-based automation, in: Theoretical Issues in Ergonomics Science 2 (3), s. 238 – 250.
- Lee, J. D. Seppelt, B. (2009). Human factors in automation design, in: Nof, S. (Hrsg.), a. a.O., s. 417 - 436.
- Pfeiffer, S. (2007).Montage und Erfahrung: Warum Ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München, Mering.
- Rammert, W.; Schulz-S. (2002). I. Technik und Handeln - Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Artefakte verteilt. In: Rammert, W.; Schulz-Schaeffer, I. (Hg.): Können Maschinen handeln? Frankfurt/M.: Campus.
- Rammert, W. (2003). Technik als verteilte Aktion – Wie technisches Wirken als Agentur in hybriden Aktionszusammenhängen gedeutet werden kann. In: Kornwachs, K. (Hg.): Technik – System –Verantwortung. Münster: Lit Verlag (im Druck).
- Rice, A. (1963). The enterprise and its environment, London.

- Schöning, H. Dorchain, M. (2014). Data Mining und Analyse. [Buchverf.] Michael ten Hompel, Birgit VogelHeuser, (Hrsg.) Thomas Bauernhansl. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden : Springer Verlag.
- Schultz-Wild, R. Asendorf, I. (1986). Behr, M. Von Köhler, C. Lutz, B. Nuber, C. Flexible Fertigung und Industriearbeit, Frankfurt a. M. New York.
- Schulz, S. I. (2002). Innovation durch Konzeptübertragung. Der Rückgriff auf Bekanntes bei der Erzeugung technischer Neuerungen am Beispiel der Multiagentensystem-Forschung, in: Zeitschrift für Soziologie 31(3), s. 232-251.
- Schumann, M. Baethge-Kinsky, V. Kuhlmann, M. Kurz, C. Neumann, U. (1994). Trendreport Rationalisierung. Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie, Berlin.
- Sendler, U., Baum, G., Borchering, H., Bory, M., Eigner, M., Huber, A. S., Stümpfle, M. (2013). Industrie 4.0 Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. (U. Sendler, Ed.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=59IoBAAQBAJ&pgis=1>.
- Spath, D. (2013). (Hrsg.), Gangschar, O., Gerlach, St., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, <https://www.iao.fraunhofer.de/images/iao-news/produktionsarbeit-der-zukunft.pdf>.
- Trist, E. Bamforth, K. (1951). Some social and psychological consequences of the long wall method of coal-getting, in: Human Relations 4 (1), s. 3 – 38.
- VDI VDE. (2014).-Gesellschaft Mess - und Automatisierungstechnik (GMA). Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. Düsseldorf : VDI VDE.
- Windelband, L. Fenzl, C. Hunecker, F. Riehle, T. Spöttel, G. Städtler, H. Hribernik, K. Thoben, K.-D. (2011).. Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das „Internet der Dinge“ in der Logistik, in: FreQueNz (Hrsg.): Zukünftige Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der Logistik, Zusammenfassung der Studienergebnisse, Bremen, s. 5 - 9.
- Wirtschafts Woche. Industrie 4.0: Die intelligente Fabrik. Retrieved September 13, from <http://www.wiwo.de/technologie/cebit-spezial/industrie-4-0-dieintelligente-fabrik/9594706-2.html>, 2015.
- Wolff, I., & Schulze, S. INDUSTRIE 4.0 CYBER PHYSICAL SYSTEMS IN DER PRODUKTION. NRW Auf Dem Weg Zum Digitalen Industrieland, 2000.