

Endüstri 4.0 ve Tarihsel Gelişimi

Gelişen teknoloji ile birlikte insanoğlunun ihtiyaçları ve beklentilerinin yönü de değişmiştir. Bu durum yeni bir sanayi devrimi kavramını doğurmuştur

1. Endüstrinin Tarihsel Gelişimi

Son yıllarda oldukça sık gündeme gelen Endüstri 4.0 tanımını anlayabilmek için öncelikle sanayinin tarihsel gelişimi incelenmelidir. Tarihe bakıldığında insanoğlunu etkileyen önemli sanayi devrimleri bulunmaktadır. Bu devrimler 3 ana başlık altında tanımlanabilir.

1.1. Birinci Sanayi Devrimi: Endüstri 1.0

Tarımsal gelişmeler, hızlı nüfus artışı, nüfusun kentlere doğru göçü şehirlerin ihtiyaç duyduğu iş gücüne ortam hazırlamıştır. İnsanoğlunu etkileyen ilk sanayi devrimi 1760'larda başlayıp 1830'lara uzanan önemli değişiklikleri kapsamaktadır. Bu yıllarda üretimde buhar makineleri kullanılmış, el emeği ile üretilen ürünler makinelerin kontrolüne girmiştir. Bu süreçte aynı zamanda odun ve biyoyakıt yerine kömürlerin ve buharın enerji kaynağı olarak kullanılması söz konusu olmuştur. Böylelikle makinelerin kullanımını daha da yaygınlaştırmıştır. Birinci Sanayi Devrimi ilk olarak Birleşik Krallık'ta ortaya çıkmış, buradan Batı

Tarihe bakıldığında insanoğlunu etkileyen önemli sanayi devrimleri bulunmaktadır. Bu devrimler 3 ana başlık altında tanımlanabilir

Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya'ya ardından da tüm dünyaya yayılmıştır. Bu büyük değişimle birlikte insanların yaşam kalitesi artmış, ömürleri uzamıştır. Makinaların üretimi hızlı bir şekilde gerçekleştirmesi ile birlikte ürün sayısı yükselmiş ve Avrupa yeni pazar arayışına girerek orta, yakın ve uzak doğu ülkeleri ile uluslararası iş birlikleri yapmıştır [1,2].

1.2. İkinci Sanayi Devrimi: Endüstri 2.0

Birinci sanayi devrimi ile üretimin makinalaşmasının ardından ham madde kaynaklarında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. İkinci sanayi devrimi olarak adlandırılan dönem 1840'larda başlayıp 20. yüzyılın başlarına kadar devam eden süreci kapsamaktadır. Bu devrim İngiltere, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'dan dünyaya yayılmıştır. Bu yıllarda buhar ve kömürün yanı sıra çelik, elektrik, petrol ve kimyasal maddeler ham madde kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çeliğin ham madde kaynağı olarak kullanılması ile birlikte demiryolları inşa edilmiş ve ulaşım ağı önemli ölçüde gelişmiştir. Ulaşımın kolaylaşması ile ticaretin önemi artmıştır. Elektrikğin hammadde olarak kullanılmasıyla birlikte ise makineler geliştirilmiştir. Bu dönemde ilk defa Henry Ford'un Ford Motor Şirketi'nde kullanılan seri üretim bant sistemi ve fabrikaların elektrikle çalışması üretimi hızlandırmıştır. Ayrıca telefon, radyo, daktilo gibi yeni icatlar da haberleşme sektörüne yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. İkinci Sanayi Devrimi sonucunda kentler



Prof. Dr. Hasan Ferdi Gerçel
Anadolu Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

hızla büyümeye başlamış, iş ve konaklama imkânları değişmiş, siyasal ve ekonomik açıdan güçlü devletler kurulmuştur [1,2].

1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi: Endüstri 3.0

Diğer iki sanayi devrimi ile karşılaştırıldığında üçüncü sanayi devriminde sanayileşme ve teknolojik ilerleme, 20. yüzyılın başlarında meydana gelen iki büyük dünya savaşı ve küresel kriz nedeniyle gerilemiştir. Bu yüzdendir ki Üçüncü Sanayi Devrimi 1950'lerden günümüze kadar uzanan süreci kapsamaktadır. Bu dönemde elektrikle çalışan hesap makinası ve bilgisayarın icadı gibi dijital gelişmeler üretim süreçlerine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi, üretimin otomasyonu ve sayısallaşması anlamına gelmektedir. Bu dönemde, mikro elektronik, fiber optik lazer gibi teknolojiler telekomünikasyon, biyogenetik, biyotarımlar gibi bilimlerin gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu teknolojilerin geliştirilmesi sonucu elde edilen ürünler günlük

yaşamda yerlerini almıştır. Bunun sonucunda fabrikalarda el emeği yerini makinalaşmaya bırakmakla kalmayıp kişisel yaşamda da beden gücüne duyulan ihtiyaç azalmıştır. Belirtilen olumlu gelişmelere karşın, kaynaklar hızla tükenmeye başlamıştır. Bu da sürdürülebilirlik kavramının ve çevresel kaygıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunlar, insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına ve bu kaynakları kullanarak yeni sistemlerin geliştirilmesine yönlendirmiştir. Tüm bunların sonucunda son yıllarda makinaların insan gücünden bağımsız kendilerini ve üretim süreçlerini yönetmeleri ile Dördüncü Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 kavramı gündeme gelmiştir [1,2].

2. Yeni Bir Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0

Gelişen teknoloji ile birlikte insanoğlunun ihtiyaçları ve beklentilerinin yönü de değişmiştir. Bu durum yeni bir sanayi devrimi kavramını doğurmuştur. Endüstri 4.0 adı altında gerçekleşmesi beklenen değişimlerden bahsetmeden ve bu devrimin neden uygulanabilir olduğu sorusuna cevap vermeden önce bu kavramın tarihçesi bilinmelidir.

2.1. Tarihçe

Almanya 2011 yılında ülkenin kalkınmasını güçlendirebilmek amacıyla bir çalışma yapmıştır ve bu çalışma kapsamında Gelecek Projesi adı verilen 10 proje kamuoyuna duyurulmuştur. Hannover'da 2013 yılında gerçekleşen bir fuarda bu projelerden biri olan Endüstri 4.0 kavramı gündeme gelmiş-

Belirtilen olumlu gelişmelere karşın, kaynaklar hızla tükenmeye başlamıştır. Bu da sürdürülebilirlik kavramının ve çevresel kaygıların ortaya çıkmasına neden olmuştur

ti. Ortaya atılan bu kavram ürünlerin, üretildikleri makinalara benzer olarak sürekli internete bağlı olacaklarını, sensörleri yardımıyla gerektiğinde fiziksel tepki vereceklerini ve bu teknolojinin kullanıldığı her yerde diğer cihazlarla bilgi alışverişinde bulunacaklarını öne sürmektedir [3].

2.2. Endüstri 4.0'ın Gerçekleşmesi İçin Gerekli Olan Unsurlar ve Dünyadan Örnekleri

Son yıllarda yapılan yenilikçi gelişmeler Endüstri 4.0'ın gerçekleşebilmesi için uygun ortamı sağlamıştır. Endüstri 4.0'ın gerçekleşmesini mümkün kılan unsurlar [3];

- **Büyük veri ve analiz;** üretimin kalitesini yükselten, enerji tasarrufu sağlayan ve ekipman bakımını kolaylaştıran analiz yöntemleridir. Infineon Technologies şirketi, üretim sürecinin sonunda bulunan test aşamasında tek çipten elde edilen veriler ile üretim sürecindeki verileri ilişkilendirerek yapılan hataların oranını azaltmayı başarmıştır.

- **Akıllı robotlar;** otonom, esnek, işbirlikçi ve maliyeti düşüren sistemlerdir. Kukla şirketi üretim sürecindeki parçaları tanıyabilen, bir arada ve insanlarla çalışabilen robotlar üretmektedir.

- **Simülasyon;** gerçek zamanlı verilerden yararlanarak hazırlanan sanal modellerdir. Siemens ve bir Alman şirketi ortak çalışarak fiziksel makinalardan veriler toplamaktadır. Toplanan bu veriler ile parçaların işlenmesini simüle eden bir sanal makina geliştirilmiştir.

- **Bulut;** bilişim aygıtlarının çevrimiçi bilgi dağıtım yoluyla veri elde etmesidir. İmalat yürütme sistemi üreten şirketler bulut tabanlı çözümler üretmektedir.

- **Dikey ve yatay sistem entegrasyonu;** yatay ve dikey çalışan sistemlerin birleştirilmesidir. Avrupa'da AirDesign adlı platform ile bulut tabanlı tasarım ve üretim konularında ortak bir çalışma alanı oluşturulmuştur.

- **Nesnelerin interneti;** sensörlerin ve makinaların ağa bağlı bir şekilde entegre edilmesi ile veri işlemeyen faydanımsıdır. Bosch Rexroth şirketi, radyo frekansı kodlarıyla işaretlenen yarı otomatik bir üretim süreci kurmuştur. Böylelikle ürünlerin kodlanan şekilde aşamalardan geçmesi sağlanmaktadır.

- **Siber güvenlik;** birbirine bağlı yönetim ve üretim sistemlerinin kullanılmasındır. Çeşitli endüstriyel donanım tedarikçileri, bazı siber güvenlik şirketleri ile iş birliği yapmıştır.

- **Eklemlerli üretim;** parçaların prototiplerinin oluşturulup üretiminin yapılmasıdır. En önemli örneği 3 boyutlu baskılamadır. Bazı havacılık şirketleri, maliyeti ve hava taşımanın ağırlığını azaltmak amacıyla eklemlerli üretim tekniklerinden faydalanmaktadır.

- **Zenginleştirilmiş gerçeklik;** mobil cihazlara talimat gönderilmesidir. Siemens, fabrika çalışanlarına acil durumlarda ne yapılması gerektiğini öğretmek amacıyla eğitim modülü geliştirmiştir. Bu modül ile personel,



siber model üzerinden makinaların parametrelerini değiştirebilmekte ve bakım talimatlarına erişebilmektedir.

2.3. Endüstri 4.0'dan Beklenenler

Üretimin şekillenmesi konusunda yeni bir heyecan yaratan Endüstri 4.0 kavramı ile müşteriye özel ürünlerin üretiminin çok kısa sürede mümkün olacağı ön görülmektedir. Bu teknoloji ile birlikte üretim süreci ihtiyaç olduğu takdirde binlerce kilometre öteden kontrol edilebilecektir. Bu yüzden ki Dördüncü Sanayi Devrimi hayata geçirildiğinde bu süreçten sadece fabrikalar değil tüm ülkeler etkilenecektir.

Endüstri 4.0'ın nihai hedefi aşağıda bahsedilen özelliklere sahip akıllı fabrikaların hayata geçirilmesidir [4-6].

- **Akıllı iletişim ağı;** otomatik sistem ve ekipmanlar, iç lojistik ve işletim sistemlerinin telekomünikasyon teknolojileri, sensörler, akıllı kumandalar, kablolu ve kablosuz iletişim hizmetleri gibi siber teknoloji yardımı ile sürekli olarak birbirleri ile bağlantılı olmasıdır. Bu özellik, sistemlere doğrudan üst düzey süreç ve servisler erişim imkânı sunarken, fabrikalara da en uygun kaynak kullanımını ve akıllı kontrolü destekleme imkanı verecektir. Farklı firmaların ortak çalışması ile bu durum mümkün olacaktır.

- **Esneklik;** bir fabrikada otomatik sistemlerin çalışmasının yanı sıra ürünün geliştirilmesi, sorunun teşhisi ve cihazın bakımı gibi olanakların sağlanması özelliği olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0'ın geliştirilmesi ile fabrikalara ve tedarikçilere seçim hakkı doğacaktır.

- **Devinim;** akıllı telefon ve tabletler gibi mobil cihazların otomatik sistem süreçlerine zaman ve mekandan bağımsız erişim sağlamasıdır. Bu durum sistemlerin bakım ve işletmesinin kontrolünde yeni bir boyut yaratacaktır. Bunun için de yüksek hızlı internet bağlantılarının, birlikte çalışacak ülkeler içerisinde yaygınlaştırılması gerekmektedir.

- **Müşterilerin entegrasyonu;** müşterilerin ihtiyacına göre özel ve bireysel ürün üretimine olanak sağlanmasıdır. Bahsi geçen akıllı fabrikalar aracılığıyla her durumdaki insana destek sağlanabilecektir. Bu özelliğin hayata geçirilebilmesi için katılımcı bir iş ortamı ve örnek projelerin yazılması gerekmektedir.

- **Yeni yaratıcı iş modelleri;** altyapı ve hizmet olarak tanımlanmaktadır. Bu tesislerde çalışacak personelin görevleri önemli ölçüde değişecektir. Kontrollerin gerçek zamanlı olarak yapılmalıdır.

Tüm bu özellikler karşısında, Endüstri 4.0 beraberinde pek çok zorluk getirmekte ve yoğun araştırmalara ihtiyaç duymaktadır. Çözülmesi gereken sorunların başında üretilecek olan ürünlerin güvenilirliği ve sertifikalanması gelmektedir. Bir diğer sorun da verilerin korunması ve güvenliğinin sağlanmasıdır. Bunlara ek olarak, Endüstri 4.0'ı ilgilendiren etik, yasal ve sosyal konuların yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

3. Endüstri 4.0'ın Türkiye Üzerindeki Etkisi

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle esnek ve düşük maliyetli üretim yapabilmesi bakımından rekabetçi niteliğe sahip bir ülkedir. Ancak Türkiye mevcut rekabetçi konumunu koruyabilmek ve de güçlendirebilmek için birtakım zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklara; ithalata yüksek bağımlılık, katma değerli ürünlerin toplam üretim içerisindeki payının düşük olması, sınırlı işgücü, çalışanların işten ayrılma hızı örnek olarak gösterilebilir. Herhangi bir önlem alınmadığı takdirde, diğer ülkelerin üretim verimliliğinin artması durumunda Türkiye'nin rekabetçiliğinin küresel düzeyde zayıflaması söz konusudur. Ayrıca Endüstri 4.0'ın diğer ülkelerde gelişmesi ile Türkiye'nin üzerindeki rekabet baskısı artacaktır. Rekabetçilikte yaşanacak muhtemel bir zayıflama ülkenin küresel pazar payını düşürecek bu da artan işsizlik ve azalan işgücü ile sonuçlanacaktır. Buna karşın, kararlı yatırımlar ile küre-



sel rekabet ortamında güçlü değişiklikler yaratılması halinde pazar payı, verimlilik, büyüme, yatırım artacak ve Endüstri 4.0, kaliteli işgücü istihdamına zemin hazırlayacaktır.

Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TUSİAD), Boston Danışma Grubu (BCG) ve sanayi işbirliği ile ortak yürütülmüş ve Türkiye için geliştirilmiş olan çalışmada Türkiye'de ekonomiye katkıları göz önüne alınarak 6 adet pilot sektör seçilmiştir. Sektörler; otomotiv ve otomotiv yan sanayi, makina, beyaz eşya, gıda ve içecek, tekstil ve kimya olarak belirlenmiştir. Bu sektörlerin bazılarında hâlihazırda uygulama adımları atılmış bulunmaktadır [6].

Kaynaklar

- [1] Sabo, F., Industry 4.0-A Comparison of the Status in Europe and the USA, Australian Marshall Plan Foundation, 1-33, 2015.
- [2] Şimşek, T., Kent, E., Çınar, H., Bayramusta, M., Baycan, C., Sivas, G., Güngören, U., Akbaş, S., Özlü, O., Özer, T., Bayrak, M. ve Özkaya, Ö., Endüstri 4.0 Yolunda, Siemens A.Ş., 1-24, 2016.
- [3] Numanoğlu, N., Eynehan, M. E., Morkoç-Nikelay, G. ve Aksoy, E., Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi, TUSİAD, 1-64, İstanbul, 2016.
- [4] Ege, B., 4. Endüstri Devrimi Kapıda Mı?, Bilim ve Teknik Dergisi, 26-29, 2014.
- [5] Jazdi, N., Cyber Physical Systems in The Context of Industry 4.0, Automation, Quality and Testing, Robotics, IEEE International Conference, 1-4, 2014.
- [6] Çeliktas, M. S., Sonlu, G., Özgel, S. ve Atalay, Y., Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası, Mühendis ve Makine, 56, 662, 22-34, 2015.