

Endüstri 4.0 Ve Internet Of Things Üzerine Bir İnceleme

An Overview About Industry 4.0 and Internet of Things

ÖZET

Bu çalışmada Endüstri 4.0 ve onun yapıtaşlarından biri olan Nesnelerin İnterneti kavramları üzerine açıklamalarda bulunulmuştur. Günümüz teknolojisi ve otomasyon çalışmalarına varılmasını sağlamış olan endüstriyel gelişmelerin tarihsel süreci anlatılmıştır. Öncelikle Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan endüstri (sanayi) devrimleri ve hatta sanayi dalgaları olarak nitelendirilen gelişmelerin yanında, Endüstri 4.0'ın hazırlanması sürecinden bahsedilmiştir. Endüstri devrimlerinin üretim ve ulaşım sektörlerine etkilerinin yanında kentleşme, insan hakları, sınıfsal problemlere de değinilmiştir. Endüstri 4.0'ın temel çalışma prensibi açıklanmış, çalışma alanları hakkında örnekler verilmiştir. Bu bilgiler ışığında modern insanın gelecekte hangi gelişmelerle karşılaşabileceğine dair varsayımlarda bulunulmuştur. Aynı zamanda Endüstri 4.0'ın avantajlarına ve dezavantajlarına dikkat çekilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri, Endüstri 4.0, Otomasyon, Teknoloji

ABSTRACT

In this study, explanations were made on the concepts of Industry 4.0 and the Internet of Things, one of its building blocks of Industry 4.0. The historical process of industrial developments, which has led to today's technology and automation studies, is explained. Firstly, besides the developments described as industrial revolutions and seven industrial waves that form the basis of Industry 4.0, the process of preparing Industry 4.0 has been mentioned. In addition to the effects of industrial revolutions on production and transportation sectors, urbanization, human rights, and class problems are also mentioned. The basic working principle of Industry 4.0 has been explained and examples of working areas have been given. In the light of this information, assumptions have been made about what developments modern humans may encounter in the future.

Keywords: Industry, Industry 4.0, Automation, Technology

GİRİŞ

Toplum hayatındaki gelişmelerin, daha kolay öğrenilmesi için modern bilim, bir kısım durumları başlangıç kabul ederek zamanı devirlere ve çağlara ayırmaktadır. Tarihsel çağlar ve devirlerde olduğu gibi endüstriyel gelişmeler de Endüstri devirlerini ortaya çıkarmıştır. Endüstri devirleri, toplumsal gelişme sağlayacak ve insanın hayat kalitesini yükseltecek belirli olaylar ve icatların ortaya çıktığı ve etkili olduğu tarihleri başlangıç kabul etmek suretiyle belirlenen zaman aralıklarıdır. Bu icatlar mekanik olduğu gibi elektronik, dijital ve bilgi teknolojisinin her alana uygulandığı gelişmeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gelişmelere teknoloji adı verilmektedir. Tarihsel süreçten bugüne teknolojinin ve bu doğrultuda otomasyonun geliştiği icat ve olayların başlangıç kabul edilerek oluşturulan Endüstri devirleri, Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0), İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0), Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) şeklinde adlandırılmaktadır. Bunun dışında insanlık son yüzyıllarına farklı isimler vermiştir. Bunlar; Elektronik Çağ, Endüstri sonrası, Uzay Çağı, Bilişim Çağı gibidir. Modern zamanda bu sınıflandırmalar da yetersiz kalmıştır. Bunlara ayrıca insan açısından ihtiyaçların karşılanması ve teknolojik gelişmeler göz önünde bulundurularak; sanayi dalgaları tanımlaması da yapılmaktadır. Bir görüşe göre tarımın ortaya çıkması birinci dalgayı, Endüstri (sanayi) Devrimi ikinci dalgayı, Teknolojik gelişmeler üçüncü dalgayı meydana getirmektedir (Tofler, 2008, 16; Berkaş, 2021, 3). Yine başka bir görüşe göre 6 (altı) sanayi dalgası bulunmaktadır. Birinci dalga “dokuma sanayii”nin gelişmesi ve makineleşmesi ile olmuştur. “Demir-çelik” ikinci dalgayı, ulaşımda lokomotif ve buhar gücünün kullanılması üçüncü dalgayı oluşturmuştur. Kimya dördüncü dalgayı meydana getirirken, elektrik gücünün kullanımı beşinci dalgayı ortaya çıkarmıştır. Elektrik gücü, sanayi dalgalarının en güçlüsü olarak ortaya çıkmıştır. Çünkü elektrik ulaşım, üretim, hizmet sektörlerinin hepsinde kullanılabilir. Benzinli motorların geliştirilmesi altıncı dalga olarak görülmektedir (Freyer, 2014, 40-42; Berkaş, 2021,2-3).

Musa Bahadır Yanar¹ 

How to Cite This Article

Yanar, M. B. (2023). “Endüstri 4.0 Ve Internet Of Things Üzerine Bir İnceleme” International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587-1587) Vol:9, Issue:111; pp:6957-6961. DOI: <http://dx.doi.org/10.29228/sssj.69910>

Arrival: 08 March 2023
Published: 31 May 2023

Social Sciences Studies Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

¹ Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Süreci

Sanayi Devriminin temelinde, Avrupa ülkelerindeki hızlı nüfus artışı, sömürgeciliğin yaygınlaşması, teknolojik gelişmeler sonucunda ortaya çıkan buharlı makineler, ticaret hukukunun ve girişimciliğin gelişmesi, sanayi yatırımlarının artması, Kapitalizmin yükselmesi ve yaygınlaşması, ekonomik ve ticari haklar ile özel mülkiyetin güvence altına alınması gibi unsurlar yer almaktadır. Daha sonraki teknolojik bilgi ve birikimin hızla artması sanayi devrimlerinin devam etmesini sağlayacaktır.

Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0), 18. yüzyıl sonlarında, önceleri sadece su ile dolu madenlerdeki suyu boşaltmak için kullanılan buhar gücünün üretim amacıyla kullanımına başlanması neticesinde doğmuştur. Esasen 17. Yüzyılın ortalarından 19. Yüzyılın sonlarına kadar yapılan teknik ve mekanik gelişmelerin sonucunda, siyasal, ekonomik ve toplumsal bir zemin etrafında ortaya çıkmış bir durumdur (Hobsbawm, 2003, 53). Önceleri basit ve ilkel mekanizmalar kullanılarak yapılan üretim, buharın kullanımı ile hızlı, pratik ve seri şekle dönüşmüştür. Buna bağlı olarak üretim sahalarının karakteri de değişmiştir. İnsan gücüne dayalı olarak gerçekleşen üretimin yerini makineler almış, imalathaneler büyük fabrikalara dönüşmüştür (Koca, 2020, 4533). Üretim ihtiyaç fazlası ölçüde yapılmaya başlanınca tedarik ve tüketim arasında dengesizlik meydana gelmiş, bu durum üreticiyi ulaşım sektörünün geliştirilmesi dinamiğine yönlendirmiştir. Endüstri 1.0'ın en dikkat çekici unsurlarından biri de buhar gücünün taşımacılıkta da kullanılması olmuştur. Lokomotiflerin yaygınlaşması demiryolu araçlarının teknolojik olarak gelişmesini sağlamış, verimli, düşük maliyetli üretimin yanında taşımacılık sektörü de gelişmiştir. Ulaşımındaki bu gelişmeler, ticareti ve arz-talep dengelerini tamamen değiştirerek buhar gücüyle beslenen endüstriyi, inanılmaz hızla büyüyen bir sektör haline getirmiştir. (Görçün, 2016, 30-36; Koca, 2020, 4533).

Buharın makinaya uygulanması ile o zamanki dünya, daha önce karşılaşmadığı birçok yeni durumla karşı karşıya kalmıştır. Birinci Sanayi Devrimi, ekonomik, sosyolojik, siyasal, tarihsel olarak çok büyük değişimler yaşanmasına sebep olmuştur. Seri üretim amacıyla kurulan fabrikalar artmış, insanlar fabrikalarda işçi olarak çalışmak üzere kentlere göç etmişlerdir. Bu göçler sonucunda kurulan sağlık, ulaşım, eğitim gibi temel haklardan mahrum olan kenar mahalleler, kentsel problemlerin ortaya çıkmasına, fabrikaların atıkları çevresel problemlere, işçilerin insanca yaşamak istemeleri ve çocuk işçilerin çoğalması üzerine çeşitli siyasal fikirlerin ortaya çıkmasına vs. gibi problemlerle yüzleşmek durumu ortaya çıkmıştır (Öztuna, 2019, 103). Buna karşılık kırsal bölgelerde nüfusun azalması toprağın işlenmesini sekteye uğratmıştır. Ayrıca hızla başlayan ve daha hızlı bir şekilde devam eden sanayileşme, tarım alanlarının ve ormanların yok olmasına ve hava kirliliğine sebep olmuştur.

Buna karşılık, sanayi devrimi, insanlara, ihtiyaç duyulan ürünlere daha kolay ulaşmayı sağlamıştır.

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

İkinci Sanayi Devrimi'nde mekanik aksamdan elektrik enerjisiyle çalışan makinelerin geliştirilmesi ve montaj hatlarının icadı sonucunda ulaşılan elektrikli aletlerin kullanımına başlanması görülmektedir. Bu gelişme sonucunda elektrik, su ve buhar bazlı makinelerin aksine maliyet ve çaba açısından daha verimli olmuş, montaj hatlarının icadı ile de üretim süreci kolaylaşarak üretimde hız kazanılmıştır. Bu süreç sonrasında montaj hattı kullanılarak malların seri üretimi standart bir uygulama haline gelmiştir.

Endüstri 1.0 döneminde meydana gelen su ve buhar gücüyle çalışan tezgahların üretime geçmesi, elektrik gücünün üretim portföyüne girmesi, iş bölümünde uzmanlaşmanın artması sonucunda Endüstri 2.0 başlamıştır. Endüstri 2.0'ın sembolü, Henry Ford'un elektrik enerjisini kullanarak seri üretime geçmesi kabul edilmektedir (Küçükcalay, 1997). Bu dönem "Teknoloji Devrimi" ismiyle bilindiği gibi 19. Yüzyılın sonu ve 20. Yüzyılın başlarını kapsar. Fizik ve Kimyanın teknolojiye kullanılmasıyla önemli gelişmeler yaşanmıştır. Demiryolu, telgraf, buharlı gemi, kablo sistemleri gibi sektörlerde teknik ilerlemeler yaşanmış, biçerdöver (1839), dikiş makinesi (1844), yüksek kapasiteli konserve ve paketleme aletleri (1880'lerin ortaları) dönemde icat edilmiştir (Jensen, 1993).

Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

Endüstri 3.0, 1970 ve 1990'lı yıllar arasına tarihlenmektedir (Jensen 1993). Bu dönemdeki gelişmeler ile yeni yasalar ortaya çıkmış, vergiler ve uluslararası ticarete açık katılım sağlanması kendini göstermiştir. Dünya dijitalleşmeye başlamıştır. Elektroniğin ve bilgi teknolojilerinin gelişimi üretim sektörlerindeki faaliyetleri daha da otomatikleştirmiştir. İlk mikro bilgisayarın kullanımı ile S. Jobs ve S. Wozniak'ın Apple'ı 1976 yılında kurmaları da Endüstri 3.0'ın önemli olaylarından (Jensen, 1993).

Üçüncü Sanayi Devrimi, 20. yüzyılda bellekle programlanabilir kontrollere ve bilgisayarlar kullanılarak kısmi otomasyonun mümkün kılınması ile kendini göstermektedir. İnsan hayatının her aşamasındaki üretim sistemlerinin

kontrolleri, bilgisayarlar ve programlanabilen yazılımlar ile otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Bu da transistörler sayesinde olmaktadır. Bu yeni teknoloji sayesinde hemen hemen tüm üretim süreci, insan unsuru olmadan otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu durum Dördüncü Sanayi Devriminin gerçekleşmesine temel olmuştur.

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

Günümüzde yaşadığımız ve Almanya'da başlayan Endüstri çağıdır. Endüstri 4.0 çağı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin endüstriye uygulanması ile karakterize edilmiş olarak tanınır. Sistemin temeli Üçüncü Sanayi Devrimi'nin gelişmeleri üzerine kurulu olsa da bu devrimin karakteristik özelliği diğer endüstri devrimlerinden çok farklıdır. Bu fark üretim otomasyonundaki bir sonraki adımın temelini oluşturmaktadır. Bu çağda genel anlamda üretimde robotların kullanımının arttığı, yapay zeka üzerinde önemli gelişmelerin yaşandığı, üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile üretimin fabrikadan evlere yayıldığı, büyük miktarlardaki bilgi yığınının içinden verilerin ayıklanıp değerlendirildiği görülmekte ve yaşanmaktadır (Blinder, 2006). Bu dönemde birçok işyerinde sistemler tamamen dijitalleşmiştir. Bundan başka bu dönemde internetin yaygınlaşmasıyla beraber canlı-cansız tüm nesnelere etkileşime geçebildiği, akıllı üretimin yapıldığı, siber-fiziksel sistemlerin kullanıldığı "nesnelere interneti" olarak bilinen yeni bir üretim sistemi ortaya çıkmıştır (Küçükcalay, 1997; Blinder, 2006)

Günümüzde akıllı fabrikalar olarak nitelendirilen fabrikaların, tüm sistemleri ortak bir ağda bulunmaktadır. Bu ortak ağ sayesinde "siber-fiziksel üretim sistemlerine" ve dolayısıyla üretim sistemlerinin, bileşenlerinin ve insanların bir ağ üzerinden iletişim kurmakta olduğu ve üretimin neredeyse özerk olduğu bir hale dönüştüğü görülmektedir.

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin ucuzlatan, hızlandıran ve kişiye özel üretim imkanı sunan, enerji tüketimi, stok arzı ve hata unsurlarını en aza indirmeye çalışan dijital üretim sistemi olarak tanımlanmakta ve görülmektedir. Bu yeni dijital üretim sistemi, fabrikalarda yüksek teknoloji ürünü robotlar kullanarak iş gücünü azaltmaya yarayan bir yapıya sahiptir. Buradaki amaç, birbirleri ile haberleşen, yapay zekaya sahip robotların üretimde ana unsur olarak yer alması olup daha kaliteli, ucuz, hızlı ve israfı azaltan bir üretim yapılmasıdır (Mc Kinsey, 2016; Tonga ve Tonga, 2022, 42). Endüstri 4.0 ile otomasyon, sistemlerin ana öznesi haline gelmiştir. Makineler ve sistemler arasında insan faktörü bulunmamaktadır. İnsan eli değmeden üretim yapılmaktadır. Bu şekildeki sistemler arasında veri akışı sensörler vasıtasıyla sağlanarak, dünyanın farklı bölgelerindeki üretim hatlarındaki aksaklıklar tespit edilerek anında düzeltilmektedir. İşte bu özellik "Internet of Things" (nesnelere interneti) olarak anlandırılmaktadır.

BULGULAR

"Internet of Things" temeline göre kendi iç birimlerinin sürekli olarak haberleşme halinde bulunduğu ve buna bağlı olarak; kendi kendini devam ettirebilen, bir hata ya da bozukluk durumunda sistem bandı üzerindeki hatayı bulup kendi kendini onarabilen, üretim için gereken hammaddeleri dışardan özerk olarak sipariş edebilip kendi iç birimlerinde dağıtabilen, kendi iç birimlerindeki makinelerin bakımlarını yapabilen tamamen otomatize edilmiş fabrikalar Endüstri 4.0'ın temelini oluşturmaktadır.

Internet of Things (IoT) Nedir?

Internet of Things, yani "Nesnelere İnterneti", herhangi bir cihazı ya da sistemi (açma/kapama anahtarı olduğu sürece) internete ve diğer bağlı cihazlara bağlama kavramıdır. IoT, tümü, kullanım biçimleri ve çevrelerindeki ortam hakkında veri toplayan ve paylaşan, birbirine bağlı nesnelere ve insanlardan oluşan dev bir ağıdır.

Bu ağ sayesinde yemeği doğru süre boyunca otomatik olarak pişiren mikrodalga fırınlardan, karmaşık sensörlerle gittiği yol üzerindeki nesnelere algılayan otomatik arabalara ve ölçüm yapabilen giyilebilir fitness cihazlarına kadar tüm şekil ve boyuttaki olağanüstü sayıda nesne kontrol edilebilmektedir. IoT ile Endüstri 4.0 içindeki otomatik fabrikaların sistem ve cihazlarının her an birbiri ile iletişim halinde kalması sağlanabilmektedir. Bu durum sayesinde sistemin siber güvenliği ile sistemdeki bir hatanın anında, yerinde tespit edilmesi, tamirinin yapılması sağlanmaktadır.

Internet of Things'in Çalışma Prensipleri

Endüstri 4.0 sistemlerinde yerleşik sensörlere sahip cihazlar ve nesnelere, diğer cihazlardan gelen verileri entegre ederek, en değerli bilgileri belirli ihtiyaçları karşılamak için oluşturulmuş uygulamalarla paylaşmak için bir Nesnelere İnterneti platformuna bağlanır. Bu bağlantı sonucu IoT platformları, hangi bilgilerin yararlı olduğunu ve hangilerinin güvenli bir şekilde göz ardı edilebileceğini tam olarak belirleyebilir. Bu bilgiler, hataları göstermek, önerilerde bulunmak ve hatta olası sorunları oluşmadan önce tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Örneğin, Endüstri 4.0'da araba üretimi yapan bir otonom fabrika sahibi şirket, hangi isteğe bağlı bileşenlerin (örneğin deri koltuklar veya alaşım jantlar gibi vs.) daha popüler olduğunu bilmek isteyebilir. Bunun için, satışın gerçekleştiği showroamlar ve bayilerde, Nesnelerin interneti Teknolojisini kullanarak şu işlemler yapılabilir (Kumar vd. 2019).

- ✓ Müşterilerin en uzun süre oyalandıkları yerler, en popüler alanlar, daha önceden yerleştirilen sensörler vasıtasıyla belirlenebilir.
- ✓ İnternet sitesindeki mevcut satış verilerini otomatik olarak yazılımlar sayesinde inceleyerek hangi bileşenlerin en hızlı sattığı belirlenebilir.
- ✓ Elde edilen veriler fabrikaya doğrudan gönderilip revaçta olan ürünün üretimi hızlandırılabilir veya diğer ürünlerin üretimi yavaşlatılabilir.

2.3.Endüstri 4.0'nin Getireceği Yararlar

Endüstri 4.0, kıtalar arası bağlantı ve küresel ekonomilerin idaresi açısından uluslararası bir etkiye sahiptir. Bu teknoloji çok sayıda yeni iş ve meslek tanımı ortaya çıkarmıştır. Bu yeni teknolojilerin yalnızca Birleşik Krallık'ta 2001 ve 2015 yılları arasında 3,5 milyon yeni iş yaratılmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Rutgers vd. 2019).

Endüstri 4.0 üretim teknolojilerini ve insan hayatını derinden etkileyecek çok çeşitli faktörler ortaya çıkarmaktadır. Bunlar şu şekilde incelenebilmektedir:

Optimize Edilmiş (Bir doğrultuda) Üretim

Endüstri 4.0'da hizmet veren tüm sensörler, yapay zekâ teknolojilerinin ve sistemlerin üretim süreçlerini birbiriyle aynı doğrultuda tutmayı amaçlamaktadır. Günümüzde insan unsuru en aza indirgenmiş üretim yüksek oranda otomasyona dönüşmüştür. Otomasyon, üreticilerin daha hızlı çalışmasını sağlamakla birlikte, veri analitiği ve verimliliği artırmak için veriye dayalı kararlar alma konusunda liderliği güçlendirir. Bir üretici açısından üretimin devamlılığı ve sürdürülebilir olmasındaki en önemli unsur, birbirine uyumlu süreçler ve maksimum verimliliklerdir. Üreticinin gelir artışı ve müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesi, Endüstri 4.0 ve dijital dönüşümle mümkün olmaktadır. Üreticiler, sensörle izlenen makinelerle üretimlerinden en iyi şekilde yararlanabildikleri gibi yapay zeka ve sensör teknolojileri yardımıyla müşterilere, kişiselleştirilmiş ilgi ve hızlı hizmet verebilmektedir (Mohemed, 2018, 257).

Mevcut Varlıkların Daha Verimli Kullanımı

Üretici açısından, Endüstri 4.0 ile yapılan üretim operasyonu, elde bulunan mevcut varlıkların daha iyi kullanılmasına ve gelir artışı potansiyeline, daha fazla esneklik sağlamaktadır. Fabrika ve üretim sahasındaki otomasyon sayesinde sıradan işler arasında sayılan ürün taşıma gibi işleri robotlar yapmakta olup kalifiye işçiler olan insan unsurunun daha önemli işlerde değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

Emek Verimliliği

Emek verimliliği işçi güvenliği ile doğru orantılıdır. Çalışanlar işlerinde kendilerini daha güvende hissettiklerinde görevlerine odaklanma durumu artmakta ve daha fazla görev gerçekleştirebilmektedirler. İşçi güvenliği, üretim sırasındaki Nesnelerin İnterneti kavramının en büyük faydalarından biridir. Örneğin, sahada veya fabrikada, işçiler tarafından giyilen veya takılan sensörler sürekli izlenerek, güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanabilmektedir.

Endüstri 4.0, birçok imalatın beceri repertuarını da genişletebilmektedir. Yeni teknolojiler devreye girdikçe, çalışanların verimliliği ve beceri segmentleri gelişmekte, yeni beceriler elde etme fırsatı oluşmaktadır. Bir kısım iş sahalarında robot işçilerin kullanılmasıyla insan işçilerin yapamayacağı tehlikeli ve zor işler kolaylıkla yapılabilmektedir.

Tedarik Zinciri ve Envanterdeki Faydalar

Nesnelerin İnterneti ile bağlantı halindeki sensörler ve veri analitiği, yapay zeka ve makine öğrenimi yetenekleriyle birleştirilerek, üreticilere tüm tedarik zinciri ve üretim süreci hakkında bilgi verir. Sensörler sayesinde tedarik zincirindeki herhangi bir kaybın, eksikliğin, hırsızlığın, hatanın hemen üstesinden gelinmesini sağlar. Endüstri 4.0'da her bir envanterin yeri gerçek zamanlı olarak sistem tarafından bilinmektedir (Belbağ vd. 2020).

Müşteri Memnuniyeti

Endüstri 4.0 ile yapılmış olan üretim, üretilen ürünlerde daha az hata, daha hızlı üretim ve daha fazla ürün çeşitliliği anlamına gelmektedir. Bu durum müşteri ve üretici arasındaki pozitif ilişkinin sürdürülmesinde, arz-talep dengesinin korunmasında ve üreticinin daha farklı pazarlara açılmasını sağlamada olumlu bir faktör oluşturur.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Endüstri 4.0'ın özelliklerine bakılacak olursa, bir sonraki adımın, yani Endüstri 5.0'ın tamamen bir otomasyon döngüsü içerisinde olan, bir sanayi ve gündelik yaşam toplumunu getirmesi beklenmektedir. Başka bir ifadeyle insan etkisi olmaksızın yapılan ve tamir edilen yollar, kendi kendine inşa edilen köprüler, mega projeler, robotlar tarafından otomatik olarak doldurulan ve boşaltılan süpermarket rafları gibi insan hayatına temelden etki edecek gelişmelerin, önümüzdeki yüzyılda gözlemlenmesi beklenebilir. Bu süreçte yazılım mühendisliği, kontrol ve otomasyon mühendisliği, mekatronik mühendisliği gibi mesleklerin öneminin artacağı ve merkezi olarak en büyük araştırma yükünün bu alanlarda olacağı öngörülebilir.

KAYNAKÇA

- Belbağ,S., Çimen, M. Sosyal,M.(2020, “Üretim Sistemlerin Endüstri 4.0'ın Envanter Maliyetlerine Göre Bir Senaryo İncelemesi”, Verimlilik Dergisi, cilt 2.
- Berktaş, S. (2021), “Sanayi Devrimi ile Gelen Değişim: İş Bölümü ve Yabancılaşma”, Atlas Ulusal Sosyal Bilimler Dergisi, 5 (6), 1-10.
- Blinder, A. S. (2006). Offshoring: the next industrial revolution?. Foreign affairs, 113-128.
- Ercan,T.- Kutay, M. (2016), “Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları”, AKÜ FEMÜBİD 16, 035102 (599-607)
- Freyer, H. (2014). Sanayi Çağı, Ankara:, Doğu Batı Yayınları.
- Görçün, Ö. F. (2017). Dördüncü endüstri devrimi “Endüstri 4.0”.İstanbul, Beta Basım A.Ş.
- Hobsbawm, E. (2003). Sanayi ve İmparatorluk, Ankara:, Dost Kitabevi Yayınları.
- Jensen, M. C. (1993), “The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control systems”., The Journal of Finance, 48(3): 831-880.
- Koca, D. (2020), “Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Arka Planı ve İşgücü Becerileri Üzerindeki Yansımalar”, OPUS (Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi), 10 (16)/31, 4530-4558.
- Kumar,S. Tiwari, P., Zymbler, M. (2019), “Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review,”, Journal of Big Data, cilt 6.
- Küçükcalay, M. (1997), “Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, İ.ve İ.B.F. Dergisi, 21(Güz), 51-68.
- McKinsey, (2016), Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası, Tübitak, Türkiye,
- Metesen,(2021), Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0 ve Getirecekleri, <http://www.metesen.org.tr/akilli-uretimcagiendustri4-0/>, 13.09.2021
- Mohamed, M., (2018), “Challenges and Benefits of Industry 4.0: an overview,”, International Journal of Supply and Operations Management, pp. 256-265.
- Öztuna. B. (2019), Toplum 5.0 süper akıllı toplum, Ankara: Ekin Yayınları
- Rutgers,V., Johnston, D, Davis, N., (2019), “The Fourth Industrial Revolution”, Deloitte Insights,
- Toffler, A. (2008), Üçüncü dalga: bir fütürist ekonomi analizi klasiği, İstanbul, Koridor Yayıncılık.
- Tonga, M. Y., Tonga, M.(2022), “Endüstri 4.0'a Genel Bir Bakış: Sanayinin Geleceği”, G. Ü. İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi, 6(6): 40-60.
- Yıldırım,Y. (2019), “Endüstri 4.0'a Kapsamlı Bir Bakış: 2011'den Bugüne”, Bilgi Dünyası, 20(2), 217-249.