

Kalite 4.0

 GÜLİN İDİL SÖNMEZTÜRK BOLATAN ^a

Geliş Tarihi: 10.02.2019 | Kabul Tarihi: 25.01.2020

Öz: İnsansız üretimin yapıldığı, robotik sistemler ile otomasyonun üretimin her aşamasında sağlandığı, yapay zeka, makine öğrenimi, bulut bilişim, nesnelerin interneti, katmanlı imalat, simülasyon, akıllı fabrikalar, büyük veri, bulut bilişim ve artırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik gibi bileşenlere sahip olan Endüstri 4.0'ın başlaması ile üretimin ana faktörlerinden biri olan kalitenin bu bileşenlerden etkilenmeden klasik kalite anlayışı ile kalması beklenemeyecek bir durumdur. Kalite doğrudan üretim ile ilgili olan bir unsurdur ve kullanıma uygunluk derecesidir. Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojik gelişmeler ile artık kalitenin daha düşük maliyet ile ve müşteri beklentilerinin de ötesinde bir mükemmeliyetle sağlanması beklenmektedir. Bu çalışmada Endüstri 4.0 bileşenlerinin kalite performans faktörlerine etkisi incelenerek Kalite 4.0 kavramı açıklanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kalite, Endüstri 4.0, Kalite 4.0, insansız üretim, artırılmış gerçeklik.

^a Alanya AKÜ, Mühendislik Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü
gulin.bolatan@alanya.edu.tr

Quality 4.0

Abstract: Industry 4.0 includes unmanned production, robotic systems and automation at every stage of production, including artificial intelligence, machine learning, cloud computing, internet of objects, layered manufacturing, simulation, smart factories, big data, cloud computing and augmented reality / virtual reality. Quality is one of the main factors of production. Therefore quality is affected by these components of Industry 4.0. So quality can not be expected to remain with classical quality understanding. Quality is directly related to production and the degree of suitability for use. With the technological advances brought by Industry 4.0, quality is expected to be achieved with lower cost and perfection beyond customer expectations. In this study, the effect of Industry 4.0 components on quality performance factors will be examined and the concept of quality 4.0 will be explained.

Keywords: Quality, Industry 4.0, Quality 4.0, unmanned production, augmented reality.

Giriş

İşletmeler gelişen teknoloji ve pazar sınırlamalarının kalkmasıyla avantaj sağlamak, pazar paylarını arttırabilmek ve süreklilik gösterebilmek için sürekli yeni stratejiler, inovasyonlar ve taktikler denemektedirler. Bu denemelerin en uzun soluklu ve geniş kapsamlısı Endüstri 4.0'dır. Günümüzde devletlerin de politikalarını bu yöne çevirmesi bu yeni sanayi devrimine olan ilgiyi arttırmıştır. 1784'te buhar makinelerinin kullanılmasıyla başlayan sanayi devrimini sırasıyla 1870'te kitlesel üretim, 1969'da programlanabilir mantıksal denetleyici takip etmiştir. Siber ve fiziksel sistemlere dayalı üretim ise bu devrimlerin günümüzdeki devamı niteliğindedir. Endüstri 4.0 gelecek için planlanarak günümüzde temelleri atılmaya başlanmış olan "4. Sanayi Devrimi" olarak adlandırılan bir gelişim sürecidir. Sanayi devrimleri ile Dünya'da üretim alanında önemli bir yol kat edilerek kitlesel üretime geçilmiş, üretim tesisleri kurulmuş ve makineleşmeye gidilmiştir. Günümüze kadar sanayi alanı gelişimini sürdürerek enformasyon ve iletişim teknolojilerindeki yenilikleri de yanına alarak bilgi toplumuna uygun bir hale bürünmüştür.

18. yy. sonunda, su ve buhar gücünün ilk kez dokuma tezgâhlarında kullanılmasıyla Birinci Sanayi Devrimi başlamıştır. İkinci Sanayi Devrimi, elektrik teknolojisi ve kimyasal teknikler sayesinde ortaya çıkarak kısa sürede Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da yayılmıştır. Ford'un kullandığı üretim bandı tekniği ile kitlesel üretimi gerçekleştirmek mümkün hale gelerek verimlilikte artış sağlanmıştır. Üçüncü Sanayi Devriminde ise elektronik ve enformasyon teknolojilerinin kullanıldığı otomasyona dayalı imalat yapıları devreye girmiştir. Ardından teknoloji kullanımının en üst seviyeye çıktığı ve internet ve enformasyon teknolojilerinin birleştiği siber-fiziksel sistemlerden oluşan Endüstri 4.0'a ulaşılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle kalite kavramı üzerinde durulmuş, daha sonra Endüstri 4.0 ve bileşenleri incelenerek kaliteye olan etkisi belirtilmiş ve Kalite 4.0 açıklanmıştır.

1. Kalite

Kalite en genel şekilde kullanıma uygunluk derecesi olarak tanımlanabilir. Bu tanım kalite duayenlerinden Juran'a aittir. Bir ürün veya hizmet müşteri ihtiyaçları ve beklentileri için ne kadar uygunsa o kadar kalitelidir. Öte yandan kalitenin çok çeşitli tanımları bulunmaktadır. Deming'e göre kalite, müşterilerin ihtiyacına cevap verebilen, düşük maliyetli, güvenilir ve standart olandır. Japon Standartlar Enstitüsü ise kaliteyi, ürün veya hizmeti ekonomik yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemi olarak tanımlamıştır. Müşteri istekleri ve gereksinimlerini karşılayabilmek için ürün ve hizmetlerin sürekli olarak geliştirilmesi, değişkenliklerin azaltılıp standart özelliklerin oluşturulması, müşteri memnuniyeti, kalitenin bir maliyetinin olduğu gibi kalitesizliğin de maliyetinin olduğu, sürekli yenilik, sıfır hata, kaliteyi sağlamak için sistematik yaklaşım, kaliteye stratejik odaklanma, kalite planlaması gibi kavramlar kalitenin duayenleri olan Garvin, Juran, Crosby, Deming, Ishikawa, Feigenbaum tarafından incelenmiş kalite konularıdır.

Kalitenin tarihçesine bakıldığında 1. sanayi devriminden sonra 18. yy. sonlarında kalite kontrolünün ustabaşları tarafından yapıldığı, 2. sanayi devriminden sonra 20. yy. da kalite muayne şeflerinin kaliteyi kontrol ettiği, 1924 yılında istatistiksel kalite kontrolünün ortaya çıktığı, 1960'larda toplam kalite kontrolünün başladığı, 3. Sanayi devriminden sonra 1980'lerde ise toplam kalite yönetiminin ortaya çıktığı görülmektedir.

Kalite yönetimi aşağıdaki 11 faktöre sahiptir.

1. Liderlik
2. Stratejik kalite yönetimi
3. Süreç kalite yönetimi
4. Tasarım kalite yönetimi
5. Eğitim ve öğrenim
6. Tedarikçi kalite yönetimi
7. Müşteri memnuniyeti
8. Çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı

9. Önemli inovasyonlar
10. Kalite sonuçları (İş sonuçları)
11. Bilgi ve analiz

Kalitenin tarihteki bütün sanayi devrimlerinden sonra farklı bir noktaya geldiği ve kalite yönetiminin sanayideki gelişmelere bağlı olarak farklı şekillerde yapıldığı görülmektedir.

2. Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 temeli yapay zekaya dayanan fabrikaların otomatik hale geleceği, insansız üretimin yapılacağı “4. Sanayi Devrimi” olarak adlandırılan bir gelişim sürecidir. Sanayi devrimleri ile Dünya’da üretim alanında önemli bir yol kat edilerek kitlesel üretime geçilmiş, üretim tesisleri kurulmuş ve makinelleşmeye gidilmiştir. Günümüze kadar sanayi alanı gelişimini sürdürerek enformasyon ve iletişim teknolojilerindeki yenilikleri de yanına alarak bilgi toplumuna uygun bir hale bürünmüştür. Endüstri 4.0; internet tabanlı, büyük verileri işleyebilen ve transfer edebilen siber fiziksel sistemlerden meydana gelmektedir (Schlechtendahl vd., 2014). Siber fiziksel sistemler, yeni çalışma modelleri ile insan etkileşimli olarak fiziksel ve teknolojik kabiliyetleri bütünleştiren yeni nesil sistemler olarak ifade edilebilir (Baheti ve Gill, 2011). Siber fiziksel sistemler, dijital bir ağ yapısı oluşturmak için üretim tesislerini, depoları ve lojistik süreçleri bütünleştiren sistemlerdir (Wang vd., 2016).

3. Kalite 4.0

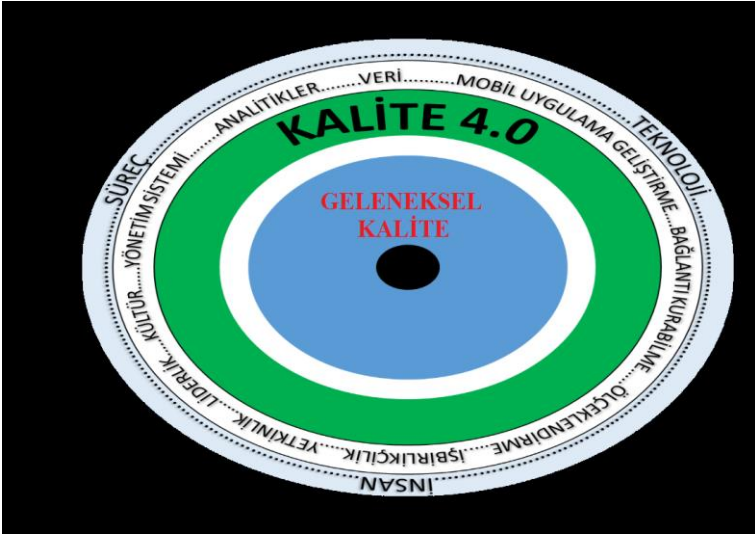
Kalite ile ilgili firma süreçlerine yapay zekanın entegre edilerek endüstri 4.0 tekniklerinin kalite yönetimine uygulayan yaklaşıma “kalite 4.0” adı verilmektedir. Endüstri 4.0’da bulunan bulut bilişim, nesnelerin interneti,, makine öğrenimi, katmanlı imalat, yapay zeka, simülasyon, akıllı fabrikalar, büyük veri, bulut bilişim ve artırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik (AR/VR) gibi yeni uygulamalar kalite konusunu yeniden şekillendirmektedir.

Gelişmiş makine öğrenmesinde algoritmalarının rolü ile operatör bütün özel bilgileri bilmek zorunda olmayacak ancak

proses araçlarında bazı problemleri görebilmesi koruyucu bakım ile önlem alması yeterli olacaktır. (Qin vd., 2016).

Kalite performansının ölçütleri; güvenilirlik, performans, dayanıklılık ve spesifikasyonlara (standartlara) uygunluktur (Ahire vd., 1996). Kalite performansı göstergeleri ise ürün/hizmet kalitesi, verimlilik, ıskarta ve yeniden işleme maliyeti, satın alınan malzemelerin teslimatı için teslim süresi, biten ürünlerin/hizmetin müşteriye teslimi için teslim süresidir (Kaynak, 2003). Endüstri 4.0 bileşenlerinin kalite performans kriterlerine etkisi incelendiğinde kalite 4.0 daha iyi anlaşılacaktır. Şekil 1’de Kalite 4.0’ın kapsamı ve boyutları görülmektedir. Süreç, teknoloji ve insan olmak üzere 3 boyutta incelenmektedir. Teknoloji boyutu mobil uygulama geliştirme, bağlantı kurabilme, ölçeklendirme, veri, analitikler içermektedir. İnsan boyutu işbirlikçi, yetkinlik, liderlik ve kültürü kapsamaktadır. Süreç boyutu ise yönetim sisteminden oluşmaktadır.

Şekil 1. Kalite 4.0’ın kapsamı ve boyutları (Gümüšoğlu, 2019).



4. Endüstri 4.0 Bileşenleri ve Kalite 4.0

4.1 Bulut Bilişim (İnternet Merkezli Bilgi Dağıtım Sistemi)

Büyük ölçekli sunucu bilgisayarların ve internet ağına dayalı yazılımların bu büyük ağda paylaşılmasını sağlayan internet tabanlı bir bilgi işlem yaklaşımıdır. İnternette sakladığımız tüm uygulamalar, programlar ve veriler bulutta depolanır. Bu hizmete, bu bilgilere, programlara ve verilere kolayca erişebileceğimiz tüm hizmetlerde Bulut Teknolojisi adı verilir (Banger, 2016) Bulut bilişim ile firmalar kalite takibi, üretim ve stok takiplerini daha kolay ve gerçek zamanlı yapabilmektedirler.

4.2 Nesnelerin İnterneti - IoT

Nesne-nesne, nesne-insan ve insan-İnsan, internete bağlı, IoT içinde bir ağ oluşturur. Ayrı ayrı tanımlanabilir nesnelere bu ağ içinde bilgi alışverişinde bulunur (Alcácer ve Machado, 2018). İnternet tabanlı ağlar ve arayüzler aracılığıyla sistemlerin, araçların ve hizmetlerin arasındaki iletişimi sağlayarak fiziksel dünya ve bilgisayar temelli sistemlerin bütünleştirilmesidir (Cremer, vd., 2016). Nesnelerin interneti sadece üretimdeki makine ve araç gereçlerle ilgili değil, aynı zamanda hizmetlerle de ilgilidir. Nesnelerin ve hizmetlerin interneti bilgi, nesne, hizmet ve insanlar arasında bağlantı kurmayı mümkün kılmaktadır. Böylelikle, Sanayi 4.0 yapısı içerisinde siber fiziksel sistemler aracılığıyla üretim, pazarlama, lojistik ve hizmete kadar uçtan uca entegre akıllı sistemler meydana gelmektedir (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013). Başka bir deyişle belirsiz zaman aralıklarında insan etkisi olmadan cansız varlıkların birbirleriyle iletişim kurmasıdır. Bu özellik müşterilerden bir üründen daha kolay ve daha verimli fayda almalarını sağlamaktadır. Nesnelerin interneti kullanılan bir ürünün kalite kavramına hız, kullanım kolaylığı, kolay erişim gibi kavramlar girmektedir. Bu sebeple Kalite 4.0 stratejine kalite performans ölçütleri olarak bunların da eklenmesi gerekmektedir.

4.3 Siber Fiziksel Sistemler

Siber Fiziksel Sistemler fiziksel çevre hakkındaki bilgileri işlemek için oluşturulan gömülü sistemlerdir. Daha geniş bir tanım olarak gerçek dünya ile etkileşime giren ve toplanan verileri işleyen sensörleri ve çalıştırıcıları (aktüatörleri) kontrol eden, bir veya daha fazla mikrodenetleyici içeren bir geri bildirim ünitesi olarak tanımlanabilir (Alcácer ve Machado,2018). Siber fiziksel sistemler ile kalite konusunda geri dönüşler daha doğru ve daha hızlı olabilecektir. Ayrıca kalite kontrolünün otomatik yapılmasını sağlayacaktır..

4.4 Büyük Veri

Büyük veri, belirli kaynaklardan alınan verilerin toplanarak organize edilmesinden sonra istatistiksel analiz teknikleriyle ilk bakışta belli olmayan bilgilerin elde edilmesi ve veriler arası ilişkilerin varlığının araştırılması ve derecelendirilmesidir (Demirtas ve Argan, 2015)

Gerçek zamanlı veri yönetimi, bir arıza ortaya çıktığında sistemin yokluğunu önlemek için çevrimiçi izleme ile sistemin izlenmesi ve izlenmesidir. Hizmet yönelimi, hem dahili hem de harici alt sistemleri entegre etme perspektifini kullanarak müşteri gereksinimlerinin tüm sisteme adaptasyonunun tatminidir. Entegre iş süreci, kurumsal veri yönetimi hizmetleri ve bağlı ağlar tarafından desteklenen iletişim ve koordinasyon mekanizmasını sağlayarak fiziksel sistemler ve yazılım platformları arasındaki bağlantıdır. Son prensip, çeviklik, standartlaştırılmış yazılım ve donanım arayüzlerine dayalı olarak ayrılmış modülleri değiştirerek veya geliştirerek sistemin değişen gereksinimlere esnekliğini ifade eder.(Hermann ve diğ. 2015) Büyük veri sayesinde Kalite 4.0'da müşterinin istekleri kolay bir şekilde tespit edilip ona uygun üretim yapılabilmektedir. Aynı zamanda pazar araştırması vb. konularda maliyet ve zaman tasarrufu sağlanarak bu zaman ve maliyet kalite için kullanılabilir. Dolayısıyla büyük veri Kalite 4.0 stratejisi için önemli bir faktördür.

4.5 Katmanlı İmalat (3d Yazıcılar)

Katmanlı imalatla beraber hayatımıza giren 3D yazıcılar ile üretim sürecinde kullanılan hammadde ve yarı mamullerin miktarını ve insan emeğini azaltmıştır. Ayrıca KOBİ'lerin ve bireysel olarak insanların pazarda fark yaratan üretim yapabilmesini kolaylaştırmış ve pazara girmelerini belirli seviyede kolaylaştırmıştır (Korkmaz, 2014). 3D yazıcılar çok sayıda temel malzeme kullanarak lazer ölçümleriyle yazıcıya tanımlanmış çizimi alt kısmından tepe noktasına doğru oluşturmaktadır. Saniyede birim oluşturma hızı milimetre ile ölçülür. Bu yüzden seri üretimden daha çok modelleme çalışmalarının merkezini oluşturur. Modelleme çalışmalarının etkilileşmesi ürün tasarım hatalarını azaltacağı için ürünün pazara girişi hızlanır, üretim ve depolama maliyetleri azalacaktır (Özsoylu, 2017).

Tofail vd. (2018), katmanlı üretimin üstünlüklerini doğru-
dan CAD veri dosyalarından üretilmiş parçalar üretebilmek, ürünlerde ilave takım veya imalat maliyeti olmadan daha fazla kişiselleştirme sağlayabilmek, karmaşık tasarımların imalatı, sıfır atık yaklaşımı için malzeme kullanımının en optimize seviyeye çıkarılması şeklinde belirtmişlerdir. Bu üstünlükler ürünlerin daha kaliteli olmasını, kalite maliyetlerinin azalmasını ve müşteri beklentilerini en iyi şekilde yerine getirmeyi sağlayacaktır. Standartlara uygunluk konusunda da katmanlı imalat kaliteye büyük katkı sağlamaktadır.

4.6 Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik (AR), gerçek hayat ortamlarını sanal grafiklerle gerçek zamanlı olarak birleştirmek için kullanılan bir teknolojidir. Gerçeklikten bağımsız olarak tam bir sanal ortam oluşturan sanal gerçekliğin (VR) aksine, AR'de bilgi şu anda gözlemlenen ortama eklenir. Bu yöntem, görsellerle birlikte ekstra bilgiler sunarak gerçeği geliştirmeyi destekler. (Bilgili,2017). AR sisteminin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

1) Gerçek ve sanal nesneleri gerçek bir ortamda birleştirme becerisi,

2) gerçek ve sanal nesnelere birbirleriyle uyumlaştırma yeteneği ve

3) Etkileşimli olarak, 3 boyutlu ve gerçek zamanlı olarak çalıştırma yeteneği (Alcácer ve Machado,2018).

AR'ın sahip olduğu bu özellikler ile ürün tasarımı, yeni ürünün test üretimi, pazar araştırması sonucu müşteri beklentilerini karşılayan ürünlerin üretimi gibi birçok konuda üretime destek sağlar, maliyetleri ve üretim sürelerini düşürür. Maliyet ve üretim süreleri düştükçe kalite için harcanabilecek sermaye artar. Ayrıca AR desteği ile tasarım kalitesinde büyük iyileşmeler yaşanır. Kalite maliyetlerinin büyük kısmı tasarım kalitesine ayrıldığı için AR Kalite 4.0 stratejinde maliyetleri düşürmede kilit rol oynamaktadır. Firmalar AR teknolojisi ile müşterinin istediği kalitede ürünü üretimden önce müşteriye deneyim olarak sunup müşteri isteği doğrultusunda gerekli değişiklikleri yapabilmektedir. AR Kalite 4.0 için müşteri memnuniyetini sağlamaktadır. AR sayesinde, Kalite 4.0 stratejisinde müşteri kaliteyi belirlemiş olmakta, üretimden önce müşteri deneyimini inceleyen firmalar doğru kalite unsurlarını öğrenmiş olmaktadır.

4.7 Simülasyon

Bir sistemin veya sürecin işleyişinin bir temsilidir. Simülasyon yoluyla, karmaşık senaryolar üreten bir model sınırsız çeşitlilikte uygulanabilir. Bu yetenekler, bireysel öğelerin nasıl etkileşime girdiğini ve yapay çevreyi nasıl etkilediğinin analizini ve anlaşılmasını sağlar. Simülasyon değişik şartlar için öncelikli bir sonuç elde edilmek için kullanılabilir (Endüstri 4.0 ile birlikte firmalarda kullanılmaya başlayan simülasyon (yazılımsal yansıma) üretim maliyetlerinin azaltılmasına, geliştirme döngülerinin kısaltılmasına ve ürün kalitesinin artırılmasına yardımcı olur (Alcácer ve Machado,2018).

Simülasyon değişik şartlar için öncelikli bir sonuç elde edilmek için kullanılabilir. Ürün tasarımında, müşteri beklentilerine uygun ürün oluşturulabilmesinde, üründen kaynaklı

müşteri şikayetlerinin sebeplerinin tespitinde simülasyon büyük faydalar sağlamaktadır. Bunların sonucunda da ürün kalitesinde artış gerçekleşmektedir. Kalite 4.0'da simülasyonun da AR teknolojisi gibi müşterinin kaliteyi belirlemesinde bir araç olduğu söylenebilmektedir. Kalite fonksiyon göçerimi, kalite evi gibi geleneksel kalite yaklaşımındaki faktörlere AR ve simülasyon sayesinde artık gerek duyulmayacak ve daha hızlı şekilde, müşteri isteği doğrultusunda ürün tasarımı yapılabilecektir.

4.8 Yatay Entegrasyon

Yatay entegrasyon, aynı müşteri profiline ürün veya hizmet sunan işletmelerin entegrasyonudur. Bu entegrasyondaki asıl amaç, şirketlerin pazar paylarını arttırmaktır. Sürekli değişen ve her geçen gün gelişen teknoloji müşteri profillerini de sürekli değiştirmektedir. Yatay entegrasyona sabit bir müşteri profilinin olmadığı start-uplarda ve yeni girişimlerde sıkça rastlanmaktadır. Rekabetin çok fazla ve ürünün modasının geçme hızının çok yüksek olması işletmelerde belirsizlikleri azaltmak, AR-GE faaliyetlerine önem vererek rekabet gücünü ve piyasa değerini arttırmak amacıyla yatay entegrasyonu zorunlu kılmaktadır. Yatay entegrasyon ile Kalite 4.0 için bütün firmalarda standart uygulamalar gerçekleşecektir.

4.9 Dikey Entegrasyon

Dikey entegrasyon, kurum içinde farklı hiyerarşik seviyelerde iş birimlerinin akıllı çapraz bağlanmasını ve dijitalleştirilmesini gerektirir. Bu nedenle dikey entegrasyon, tercihen akıllı fabrikaya oldukça esnek bir şekilde dönüşümü mümkün kılar ve küçük lot büyüklüklerinin ve kabul edilebilir kârlılık düzeylerine sahip daha özelleştirilmiş ürünlerin üretilmesini sağlar. (Acatech, 2015)

Dikey entegrasyonun üç çeşidi vardır: Geriye doğru dikey entegrasyon, İleriye doğru dikey entegrasyon ve Dengeli dikey entegrasyon. Yatay ve dikey entegrasyon, gerçek zamanlı veri paylaşımını, kaynak tahsisinde üretkenliği, tutarlı çalışan iş birimlerini ve sektördeki bağlı cihazlar için son derece önemli

olan doğru planlama yapmayı sağlar. (Wang ve diğ. 2016) Doğru planlama da firmanın sağladığı kalite performansı ile doğrudan ilişkilidir Kalite 4.0 stratejisinde.

4.10 Yapay Zeka

Yapay zeka, insan zekasına özgü olan öğrenme, düşünme, algılama, çoklu kavramları bağlama, problem çözme, karar verme, çıkarım yapma ve iletişim gibi özerk davranışlar gibi yüksek bilişsel işlevler gösteren yapay bir işletim sistemidir (Holland, 1992). Yapay zekanın amacı, insan zekasını bilgisayar üzerinden taklit etmek ve bu anlamda bilgisayara belli bir derecede öğrenme kabiliyeti kazandırmaktır (Emel ve Taşkın, 2002).

Yapay zekanın bileşenleri uzman sistemler, yapay sinir ağları, doğal dil işleme, robotik, bulanık mantık ve makine öğrenmesidir (Choudhary ve diğerleri, 2016). Bütün bu faktörler Kalite 4.0 stratejisinin temelini oluşturan otomasyonu sağlamaktadır. Dolayısıyla kalite çalışmalarında geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek ve yenilikçi stratejileri ve araçları kullanmak, dizayn düşüncesi, kalite hizmeti, yeni teknolojilerin desteğiyle sürecektir. Söz konusu alanlarda yapılacak analiz ve çalışmalarda Altı Sigma, Kalite Fonksiyon Göçerimi, Hoshin Kanri, Hata Modu Etki Analizi gibi kalite araçlarına ve pek çok yeni yaklaşıma gerek duyulacağından ilgili eğitimler ve uygulamalar önemli olacaktır (Gümüšoğlu, 2019).

4.11 Siber Güvenlik

Endüstri 4.0 ile bilgi yoğunluğunun artırılması ve bilgi teknolojisi ile operasyonel teknolojinin birleştirilmesi, özellikle siber güvenlik gibi yeni zorlukları beraberinde getirmektedir (Frost ve Sullivan 2017). Firmalar otomasyon ile birlikte oluşabilecek güvenlik boşluklarını iyi yönetmelidirler. Firmalar, veri ihracat teknolojilerinin güvenliği ,gizlilik düzenlemeleri ve iletişim protokollerinin standardizasyonu, bilgi paylaşımı için kişisel yetkilendirme seviyesi, beklenmedik değişikliklere ve standartlaştırılmış algoritmalarla yetkisiz erişime karşı algılama ve tepki verme konularını dikkate alarak firma makinalarda,

robotik sistemlerde, bulut teknolojisinde güvenliği sağlamalıdır. Endüstri 4.0'da gerekli güvenlik şartları sağlanmadığı takdirde firmanın en gizli bilgileri bile ele geçirilebilir durumdadır, dolayısıyla kalite stratejisinin güvenliği için de gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

4.12 Özerk Robotlar (Uyumlu Robotlar)

Özerk robotlar, tıpkı insanlar gibi, kendi kararlarını verme ve sonra buna göre bir eylemde bulunma yeteneğine sahiptir. Otonom bir robot; çevresini algılayan, algıladığı şeye dayanarak kararlar verebilen ve o ortamdaki bir hareketi veya yönlendirmeyi tanımak ve harekete geçirmek için programlanmış olan bir robottur. Otonom robotların bir çeşidi olan kobotlar; çalışanlar ile senkronize çalışabilen, esnek, taşınması kolay, görece ucuz ve tekrarlanabilir programlama özelliklerini barındırır. İşletmelerde atölye üretim ve endüstri 4.0'ın hedefi olan insan-sız üretim arasında kobotlar verimliliğin artmasını sağlamışlardır (Fırat ve Fırat, 2017). Robotlar, nakliye, hareket, bekleme, işleme ve kusurlar dahil olmak üzere çeşitli atık türlerinin ortadan kaldırılmasını sağlar (Gubbi ve diğ. 2013). Buna ek olarak, robotlar ürün performansındaki bozulmayı özerk olarak algılayabilir ve bunu çözmek için optimizasyon uygulayabilir (Wang ve diğ. 2015).

Bu robotlar ile üretim sayesinde artık sıfır hata ile üretim yapılabilen bu da ürünlerin en iyi kaliteye sahip olmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu robotların üretimde kullanılması kalite kontrol sürelerini kısaltmış, kontrol sonrası oluşabilecek hata düzeltme, yeniden üretim vb. konularda zaman ve maliyet tasarrufu sağlamıştır. Kalite 4.0 stratejisi geleneksel kalite yaklaşımlarını bu robotlar ile mükemmel şekilde sağlayabilmektedir. Geleneksel kalite yaklaşımdan en büyük amaç müşteri beklentilerini karşılayabilmekten robotlar ile üretim sayesinde Kalite 4.0'da müşteriye beklentisinden daha fazla kalite sağlayabilecek mükemmel üretim süreçleri oluşmaktadır. Kusursuz üretim kalitede geleneksel kontrol teknikleri yerine otomatik kontrolün yapılması ile sağlanmaktadır.

4.13 Akıllı Fabrikalar

Geleneksel fabrikalarda, üretim süreçleri birbirine bağlı şekilde gerçekleşmektedir. Üretim işlemlerinden biri başarısız olursa, üretim yavaşlar ve bazen üretim durmak zorunda kalır. Bu, fabrika için sadece zaman ve para kaybı anlamına gelmez aynı zamanda siparişlerin vaktinde teslim edilememesi ile müşteri memnuniyetsizliği ve müşteri kaybı anlamına da gelir. “Akıllı fabrika”, makine ve ekipmanların otomasyon ve kendi kendine optimizasyon yoluyla süreçleri iyileştirebileceği bir ortamı belirtir. Akıllı fabrikalar, tedarik, depolama, üretim, kalite kontrol ve teslimattan bakım onarımına kadar tüm üretim süreçlerini kontrol edebilir ve üretim süreçlerinde meydana gelen hata oranlarını azaltabilir. Ayrıca bekleme sürelerini en aza inmektedir ve tedarik, üretim ve sevkiyat planları otomatik olmaktadır. Sonuç olarak, verimlilik de büyük bir artış gerçekleşmektedir (Fırat ve Fırat, 2017).

Akıllı Fabrikalar'da bulut tabanlı üretim gerçekleşir. Hem IoT hem de CPS teknolojileri, sanal işletmeler tarafından tedarik edilebilecek hizmetlerde temsil edilen üretim süreçlerini oluşturmak, yayınlamak ve paylaşmak için bulut bilişim sistemleri internet ağları ile birleştirilir (Alcácer ve Machado, 2018). Esnek ve çevik üretim, hassas üretim ortamı, kırılğan yapıdaki gerçek zamanlı üretimi yönetmek, merkezi olmayan yönetim felsefesi ve işlerini yaparken makinelere ve çalışanlara destek vermek akıllı fabrikanın bazı özellikleridir (Lucke vd., 2008)

Akıllı fabrikalar ile üretimde insandan kaynaklı problemlerin ortadan kaldırılması ve üretimin sürekliliğinin sağlanması gerçekleşir. Bahsedilen tüm süreçlerin otomasyon ile birbirine bağlandığı ve IoT ile yönetilebilen fabrikaların oluşması, otomasyonun olması ve tüm üretim aşamalarının otomatik hale gelmesi kalite kontrol süreçlerinin de otomatik hale gelmesini sağlamıştır. Bu sayede hatasız üretim ve otomatik kalite kontrol süreçleri meydana gelmiştir. Sensörler ve nümerik makineler ile üretim durmadan ve üretim tamamlanmadan üretimin tüm süreçlerinde otomatik şekilde kalite kontrolleri yapılmakta böy-

lece üretim tamamlandığında oluşan tüm ürünler istenilen kalite performansını sağlamaktadır.

Akıllı fabrikalarda, uzmanlara gerçek zamanlı ve fazla sayıda kaynaktan eşzamanlı miktarda veri akacak ve bu veriler hızla karar süreçlerinde kullanılacaktır. Böylece kalite çalışmaları, kurum içi ve dışı verileri, teknoloji ve yenilikçi düşüncelerle bütünleştirerek kurumun kalite anlayışını geliştirmelidir. Öyleyse iyi tanımlanmış iş süreçleri, sistem entegrasyonları ve potansiyel teknik karmaşıklık sayısındaki artış nedeniyle mükemmel kalite uygulayıcılarına gerek olacaktır. Böyle bir kalite yönetim sistemini benimsemiş olan kurumlar, yeni analitiklerle birleştirilmiş makinalardan, üretim ekipmanından ve bağlı ürünlerden gelen sinyaller gibi yeni veri türlerinden yararlanarak Kalite 4.0'a geçebileceklerdir (Gümüšoğlu, 2019).

Sonuç

Endüstri 4.0 ve bileşenleri incelendiğinde kaliteyi doğrudan etkileyen unsurlara sahip oldukları görülmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte Endüstri 4.0 stratejisine uyumlu Kalite 4.0 stratejisine ihtiyaç duyulmaktadır. Kalite 4.0, Endüstri 4.0 amacına uyumlu ve kaliteyi kurumsal yapıyla örtüştüren, geleneksel çalışmaları yeni sisteme uyarlamak için kullanılan bir strateji olmalıdır. Endüstri 4.0'ın uygulanması ile ürünlerin standartlığı, güvenilirliği, dayanıklılığı, performansı, tasarım özelliklerine uygunluğu, toplam hata yüzdesi, yeniden işleme maliyeti, satın alınan malzeme için teslim süresi, direkt kalite kontrol muayene oranı, toplam satışlardan garanti talebi maliyeti, müşteriye tam zamanında teslimatı, tedarikçiden gelen kusurlu malzeme yüzdesi, üretimde verimlilik, ürün / hizmet kalitesi gibi kalite performans ölçütlerinde iyileşmeler görülecektir. Bunun sonucunda da daha az hatalı, daha düşük maliyetli ve daha kısa sürede üretim ve teslimat yapılacaktır. Yüksek maliyetler ile gerçekleştirilen akıllı fabrikalar, firmadaki üretim ve diğer süreç maliyetlerini düşürdüğünden dolayı firmalar, Endüstri 4.0 sonrası daha çok kar edecektir.

Endüstri 4.0 bileşenleri olan bulut bilişim, nesnelerin inter-

neti,, makine öğrenimi, katmanlı imalat, yapay zeka, simülasyon, akıllı fabrikalar, büyük veri, bulut bilişim ve artırılmış gerçeklik / sanal gerçeklik gibi unsurlar firmadaki liderlik, eğitim ve öğrenim, çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı, bilgi ve analiz, stratejik kalite yönetimi, stratejik planlama süreci, süreç kalite yönetimi, tasarım kalite yönetimi, tedarikçi kalite yönetimi, müşteri memnuniyeti, önemli inovasyonlar, kalite sonuçları (iő sonuçları) gibi tüm kalite yönetim faktörlerini olumlu yönde etkileyecektir. Geleneksel kalite yaklaşımdan en büyük amaç müşteri beklentilerini karşılayabilmekten akıllı fabrikalar sayesinde, Kalite 4.0'da müşteriye beklentisinden daha fazla kalite sağlayabilecek mkemmел üretim süreçleri oluşmaktadır. Kusursuz üretim kalitede geleneksel kontrol teknikleri yerine otomatik kontrolün yapılması ile sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 ile geleneksel kalite kontrol anlayışı artık fabrikalarda kalmayacak kalite kontrolünden kalite yönetimine kadar tüm kalite faktörleri akıllı fabrikalara uygun Şekilde otomasyon ile sağlanacaktır. Kalite 4.0 stratejisi de dijitalleőmeye, müşterilerin oluőacak yeni ihtiyaç ve beklentilerine uygun olacak Şekilde Őekillenecektir.

Kaynaklar

- Acatech, (2015). Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Technical Report.
http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf
- Ahire S.L., Golhar D.Y., Waller M.W., (1996). Development and validation of TQM implementation constructs. *Decision Sciences*, 27(1):23-56.
- Alcacer V. ve Machado, V.C., (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22, 899-919.
- Banger, G. (2016). Endüstri 4.0 Ekstra. Ankara: Dorlion Yayınları

- Bilgili, D., (2017).A Data Physicalization Pipeline Enhanced with Augmented Reality, Sabancı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Choudhary, S., Arbat, H., Patkar, U., (2016). An Innovative Study on Artificial Intelligence and Robotics, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 4, Issue 3.
- Cremer, D.D., Nguyen, B. ve Simkin, L., (2017). The Integrity Challenge of the Internet-of-Things (IoT): On Understanding its Dark Side, Journal of Marketing Management 33(1-2):145-158
- Demirtaş, B. Ve Argan, M. (2015), "Büyük Veri ve Pazarlamadaki Dönüşüm: Kurumsal Bir Yaklaşım", Pazarlama ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi, Sayı: 15, 1-21.
- Emel, G. G. Ve Taşkın, Ç., (2002). Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları, Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, no. 1, s. 129-152.
- Fırat, S. Ü., ve Fırat, O. Z., (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. Toprak İşveren Dergisi, (114), 10-23.
- Frost A. ve Sullivan (2017). Cyber Security in the Era of Industrial IoT. Frost & Sullivan White Paper, Germany.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. Future gener comput syst 29(7):1645-1660.
- Gümüšoğlu Ş., (2019). Bilimsel Yaklaşımlarla Değişim, Dönüşüm ve Kalite 4.0, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt:33, Sayı:2, ss.543-568.
- Hermann M, Pentek T, Otto B (2015) Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review, Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management, Working Paper.
- Holland, J. H, (1992). Genetic algorithms, Scientific American.
- Kagermann, H., Wahlster, W. ve Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfe-

- lungen für das Zukunftsprojekt Industry 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industry 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. In: Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft. Berlin
- Kaynak, H., 2003. The relationship between total quality managementpractices and their effects on firm performance, *Journal of Operations Management*. 21, 405–435.
- Korkmaz, B. (2014). 3B Yazıcı: Atlantik ve Avrasya Rekabetinde Yeni Bir Faktör. *U.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 17-30.
- Lucke, D., Constantinescu, C., & Westkämper, E. (2008). Smart factory- a step towards the next generation of manufacturing. In *Manufacturing systems and technologies for the new frontier* (pp.115-118). Springer: London.
- Özsoylu, A.F., (2017). Endüstri 4.0, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1), 41-64.
- Monostori, L., kádár, B., bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., . Sauer, Schuh, G., Sihn, W., Ueda, K., (2016). Cyber-Physical Systems İn Manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2): 621-641.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP* 52 (2016) 173 - 178.
- Schlechtendahl J., Armin, F.K., ve Verl L., A., (2014). Communication Mechanisms for Cloud based Machine Controls, *Procedia CIRP*, Vol. 17, 830-834.
- Tofail, S.A.M., Koumoulos, E.P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., Charitidis, C., (2018). Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market update and opportunities, *MaterialsToday*, 21 (1), 22-37
- Wang, L, Törngren, M, Onori M., (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *J Manuf Syst* 37(2):517-527
- Wang L, Wang G (2016) Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. *Int J Eng Manufact* 4: 1-8.