

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE NESNELERİN İNTERNETİ VE BÜYÜK VERİ
KULLANILMASI**

Songül Rukiye MUTİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİ BİLİMİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜRETİM SİSTEMLERİNDE NESNELERİN İNTERNETİ
VE BÜYÜK VERİ KULLANILMASI**

Songül Rukiye MUTİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

STRATEJİ BİLİMİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Hüseyin İNCE

GEBZE

2019



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20/05/2019 tarih ve 2019/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30/05/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Songül Rukiye MUTİ'nin tez çalışması Strateji Bilimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Dünyada artan rekabet üretim şirketlerini ürün çeşitliğini arttırmaya ve mevcut maliyetleri düşürmeye zorlamaktadır. Toplumun tüketim alışkanlıklarının da değişmesiyle ürünlerin yaşam döngüsü kısalmaktadır. Bu durum üretim şirketlerini sürekli ve çok sayıda yeni ürün üretmeye zorlamaktadır. Ancak tek bir üretim sistemi üzerinde çok sayıda farklı ürün üretmek, ürün değişim zamanlarını uzatmasının yanı sıra makinelerin verimliliğini de düşürmektedir. Bununla birlikte ekonomilerin ve toplumların küreselleşmesi, kaynak yetersizliğinin artmasına neden olmaktadır. Üretim firmaları bu risklerle giderek daha fazla yüz yüze kalıyorlar. Ancak, kâr üretmek ve büyümeyi gerçekleştirmek için bu sorunlara kalıcı çözümler bulmak zorundadırlar ve mevcut optimizasyon modellerinin ürettiği çözümler tükenmek üzeredir. Son teknolojik gelişmelerle gün geçtikçe artan bu problemlere üretim sistemlerinin dijitalleştirilmesi ile çözüm getirilmeye çalışılmaktadır. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu dijitalleştirme süreci şirketlerin bu zorlukları nasıl hafifletebileceklerine ilişkin çözüm sistemleri sunar.

Bu gün pek çok firma akıllı üretim süreçlerini içeren paket platformlar piyasaya sürmektedir. Firmalar bu platformları satın alabilir ya da kiralayabilir veya kendisi üretebilir, platform piyasası hızla büyüyen bir piyasadır. Hangi seçeneği seçecekleri firmaların vizyon ve misyonuna bağlıdır. Ancak hangi seçenek seçilirse seçilsin yukarıda sayılan sorunların çözümü için hangi teknolojilerin öneme sahip olduğu bilinmelidir. Bu çalışmanın amacı endüstri 4.0 sistemlerine geçişte hangi teknolojilerin üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla öneme sahip olduğunun tespit edilmesidir. Bunun için kalite fonksiyonu dağılımı içerisinde yer alan ilişkiler matrisi kullanılmıştır. İstekler ve teknolojiler arasında doğrudan ilişki kurmak hatalara neden olabileceğinden işlem üretici istekleri ve teknolojik fonksiyonlar, teknolojik fonksiyonlar ve teknolojiler arasındaki ilişki olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti, Nesnelerin İnterneti Platformları, Kalite Fonksiyon Dağılımı

SUMMARY

Increasing competition in the world forces the manufacturing companies to increase the variety of products and reduce the existing costs. Consequently, production companies are constantly forced to produce many new products. However, producing a large number of different products on a single production system, as well as prolonging product change times, also reduces the efficiency of machines. In addition, the globalization of economies and societies leads to an increase in resources. They need to find permanent solutions to these problems for generating profit and growth. With the recent technological developments, these problems are being tried to be solved by the digitization of the production systems. This digitalization process, called Industry 4.0, provides solution systems for how companies can mitigate these challenges.

Today, many companies are launching platforms that include intelligent manufacturing processes. Companies can buy or rent these platforms or produce them. Which option they choose depends on the vision and mission of the firms. Whichever option is chosen, it's important to know which technologies are important to solve the above mentioned problems. The aim of this study is to determine which technologies are more important to meet the needs of production systems in the transition to induction 4.0 systems. For this purpose, the relationship matrix in the quality function deployment method is used. Since the direct relationship between requests and technologies could lead to errors, the process was carried out in two stages, namely the relationship between the manufacturer's demands and technological functions, technological functions and technologies.

Key Words: Industry 4.0, Internet of Things, Internet of Things Platforms, Quality Fonctin Deployment

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini bizlerle payőalaőan, saygıdeğer danıőman hocam; Prof. Dr. Hüseyn İNCE'ye, alıőmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve alıőma süresince tüm zorlukları benimle birlikte göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK ALTYAPI	3
2.1. ENDÜSTRİ 4.0	3
2.1.1. Üretim Sanayisinde Yaşanan Teknolojik Gelişmeler	3
2.1.2. Endüstri 4.0'ın Vizyonu ve Konsepti	6
2.1.3. Endüstri 4.0 ve Teknolojileri	7
2.1.4. Endüstri 4.0 Mimarisi	12
2.2. NESNELERİN İNTERNETİ	16
2.2.1. Nesnelerin İnterneti Teknolojileri	16
2.2.2. Nesnelerin İnterneti Mimarisi	19
2.2.3. Nesnelerin İnterneti Amaçları	22
2.3. BÜYÜK VERİ	25
2.3.1. Büyük Veri Uygulamalarının Gelişimi	25
2.3.2. Veri İşleme Yöntemleri	26
2.3.3. Veri Analiz Teknolojileri	28
2.4. KALİTE FONKSİYONU DAĞILIMI (QFD)	31
2.5. BULANIK KALİTE FONKSİYONU YAYILIMI	32
2.6. PLATFORMLAR	33
3. UYGULAMA	36
3.1. METODOLOJİ	37
3.2. PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ	40
3.3. QFD BİRİNCİ ADIM	43
3.4. QFD İKİNCİ ADIM	46
3.5. UYGULAMA SONUÇLARI	48

4. SONUÇ	49
KAYNAKÇA	51
ÖZGEÇMİŞ	55
EKLER	56



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Endüstri 4.0 Teknolojileri	8
2.2: Kalite Fonksiyonu Dağılımı Genel Şablonu	31
2.3: Bulanık Mantık İfadeleri	32
2.4: Temel Platform Mimarisi	35
3.1: Kalite Fonksiyonu Dağılımı Uygulama Adımları	37
3.2: Uygulama Akış Şeması	39

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Bulanık Kalite Fonksiyonu Açılımı	33
3. 1: Üretici İstekleri	41
3.2: Teknolojik Fonksiyonlar	42
3.3: Teknolojiler	42
3.4: QFD Birinci Adım	45
3.5: QFD İkinci Adım	47

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar Açıklamalar

API : Uygulama Program Arayüzü

IaaS : Altyapı Hizmeti

IFP : Arayüz Profili

IP : İnternet Protokolü

IT : Bilişim Teknolojileri

PaaS : Platform Hizmeti

QFD :Kalite Fonsiyonu Dağılımı

RFID : Radyo Frekans Tanımlama Sistemi

SaaS : Yazılım Hizmeti

SFS : Siber Fiziksel Sistem

SNA : Sosyal Ağ Analizi

UUID : Evrensel Kimlik Tanımlama Sistemi

WSN : Kablosuz Sensör Ağı

1. GİRİŞ

Dünyada artan rekabet üretim şirketlerini ürün çeşitliğini arttırmaya ve mevcut maliyetleri düşürmeye zorlamaktadır. Toplumun tüketim alışkanlıklarının da değişmesiyle ürünlerin yaşam döngüsü kısalmaktadır. Bu durum üretim şirketlerini sürekli ve çok sayıda yeni ürün üretmeye zorlamaktadır. Ancak tek bir üretim sistemi üzerinde çok sayıda farklı ürün üretmek, ürün değişim zamanlarını uzatmasının yani sıra makinelerin verimliliğini de düşürmektedir.

Ekonomilerin ve bununla birlikte toplumların küreselleşmesi, kaynak yetersizliğinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca iletişim olanaklarının artması kritik ürün bilgilerinin çok hızlı bir şekilde dünyaya yayılmasına ve bunların rakip firmalar tarafından kullanılması riskini ortaya çıkarmaktadır. Üretim firmaları bu risklerle giderek daha fazla yüz yüze kalmaktadırlar. Ancak, kâr üretmek ve büyümeyi gerçekleştirmek için enerji, kaynaklar, çevre ve sosyo-ekonomik etkiler üzerindeki kısıtlamalarla başa çıkmanın yollarını bularak daha uzun vadeli bir perspektife varlıklarını sürdürmek zorundadırlar. Bu sorunlara mevcut optimizasyon modellerinin ürettiği çözümler tükenmektedir.

Son teknolojik gelişmelerle gün geçtikçe artan problemlere üretim sistemlerinin dijitalleştirilmesi ile çözüm getirilmeye çalışılmaktadır. Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan dijitalleştirme süreci şirketlerin zorlukları nasıl hafifletebileceklerine ilişkin çözüm sistemleri sunar.

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde üretim firmaları iki seçeneğe sahiptir; Firmalar bu sistemleri satın alabilir veya kiralayabilir ya da bu sistemleri kendileri üretebilirler. Bu çalışma kapsamında; satın alma veya kiralama seçeneğini seçen firmalar için hizmet olarak sunulan sistemlerin neler olduğu, hangi özelliklere sahip oldukları; sistemlerin üretilmesi seçeneğinde ise üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kritik öneme sahip teknolojilerin neler olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Endüstri 4.0 içerisinde yer alan büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin neler olduğu, birbirleri ve üretim sistemleri

arasındaki ilişki ve genel olarak kullanıldıkları sistemlere getirdiği faydalar literatür taraması yöntemiyle belirlenmiştir.

Üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik hizmet olarak sunulan sistemler ve bunların özellikleri literatür taraması yöntemiyle belirlenmiştir.

Değişen şartlara karşılık üreticilerin piyasada avantaj elde etmesini sağlayacak ihtiyaçlar, Nesnelerin interneti ve büyük veri teknolojilerinin üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik önerdiği fonksiyonlar ve bu fonksiyonları geliştirmek için ihtiyaç duyulacağı beklenen teknolojiler literatür taraması yöntemiyle belirlenmiştir.

Üretici istekleri, fonksiyonlar ve teknolojiler kalite evi yöntemi kullanılarak işlenmiş ve üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kritik öneme sahip teknolojiler belirlenmiştir.

2. TEORİK ALTYAPI

2.1. ENDÜSTRİ 4.0

2.1.1. Üretim Sanayisinde Yaşanan Teknolojik Gelişmeler

Firmalar yapıları itibarı ile varlıklarını sürdürebilmek için kaynakları en iyi şekilde kullanıp karlılığını arttırmak zorundadırlar. Tarih boyunca gelişen teknolojik imkânlarla üretimin serileşmesi; müşteri talebinin artmasına, talebin artması; rekabetin artmasına, rekabetin artması da ürün çeşitliliğinin artması ve karlılığın sağlanabilmesi için maliyetlerin azaltılmasına sebep olmuştur. Bu nedenle firmalar üretim sistemlerinde köklü değişiklikler yapmaya ihtiyaç duymuştur.

Sanayi devrimlerinin tanımlanması ve tarihlendirilmesi genel olarak teknoloji, imalat ve istihdamın hızla ve eşzamanlı olarak değiştiği dönemler dikkate alınarak yapılmaktadır. Bu devrimlerin adlandırılması ise ürünlerin üretilmesi ve sevkiyat yöntemlerindeki yeniliklerle veya bilgi üretmek ve iletmekte kullanılan yöntemlerin değişmesinden kaynaklanan sistemik değişiklikleri açıklamak için yapılmaktadır. Endüstriyel devrimler derin ve çok yönlüdür. Çünkü gerçekleştirilen temel yenilikler sadece verimliliğin değil, daha düşük fiyatlarla artan üretimin, farklı üretim gurupları arasındaki etkileşimin ve hatta toplumların tüketim alışkanlıklarının değişmesine neden olmaktadır.

İlk sanayi devrimi (1.0), 18. Yüzyılın ortalarında İngiltere'de başlamıştır. Sanayi devriminin gerçekleşmesinin en büyük nedeni olarak nüfusun artmasıyla üretim talebinin artması ve teknolojik gelişmelerin daha düşük maliyetle daha fazla ürün üretmeye olanak vermesidir (Bianchi and Labory, 2019). Su ve buhar gücünü kullanan mekanik üretim sistemleri ile tarım, imalat ve nakliye sektörlerinde ve fabrika ürün üretiminde hızlı bir artış görülmüştür (Daemmrich, 2017). Sanayi devrimi ilk olarak İngiltere'de görülsede daha sonra hızla kuzey Avrupa ve kuzey Amerika'ya yayılmıştır. Bu süreçte gerçekleşen hammadde kaynağı arayışı ve üretilen ürünlerin satışı için yeni piyasa arayışı globalleşmenin ilk adımı olarak görülmektedir (Linga and Naughtonb, 2016).

İkinci sanayi devrimi (2.0) 20. Yüzyılın başında Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. İkinci sanayi devrimi, Amerika'da elektrik kullanımının yaygınlaşması, toplu üretim ve montaj hatlarının kullanılması, sentetik plastiklerin ve diğer yeni malzemelerin icadı ve seri üretilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Daemmrigh, 2017). İlk sanayi devrimi gibi ikincisi de, doğal kaynakların çıkarılması ve kullanımı ile insanların gündelik yaşamlarında kayda değer değişikliklere yol açmıştır. Birleşik Devletler toprakları boyunca, kömür ve doğalgaz üretim talebiyle başa çıkmak amacıyla üretilen elektriği iletmek için büyük elektrik santralleri inşa edilmiştir (Linga and Naughtonb, 2016).

İkinci sanayi devrimi sırasında şirketler, araştırmalara ve yeni ürün geliştirmeye sistematik olarak yatırım yapmaya başlamışlardır. 1900-1931 yılları arasında 1.600'den fazla şirket ABD'de endüstriyel araştırma laboratuvarları kurmuştur (Daemmrigh, 2017). Bu sayede firmalar artık yeni teknolojiler için dış kaynaklara bağımlı olmamışlardır. İkinci sanayi devriminde firmalar ürün özelliklerini, bu ürünlerin nasıl üretildiği bilgisini ve nihayetinde ortaya çıkan yenilikleri rakip firmalarla rekabet edebilme becerisi açısından temel olarak görmeye başlamışlardır. Bu doğrultuda yenilik üretimi ve yönetimi, temel araştırmalardan endüstriyel ya da iş uygulamasına ve buradan da tüketici kabulüne kadar doğrusal bir hat şeklinde düzenlenmiştir (Liua et al., 2011). Amerika Birleşik Devletlerinin küresel bir sanayi üreticisi haline gelmesi, Amerikalıların yeni bir tüketici kimliği oluşturmaya ve daha geniş seçeneklerdeki ürünleri talep etmeye başlamasına neden olmuştur. Tüketici alışkanlığındaki bu değişim ise firmaları daha fazla çeşitte ürün üretmeye zorlamıştır.

Üçüncü sanayi devrimi, yarı iletkenlerin keşfi, bilgisayarların yaygın biçimde benimsenmesi ve bilgi depolamak ve işlemek için yeni sistemlerin geliştirilmesi sayesinde yine Birleşik Devletlerde başlamıştır (Chen et al., 2018). 1970'lerin sonlarında kişisel bilgisayarların piyasaya sürülmesiyle, firmalar ve tüketiciler bilgisayar teknolojisini yeni bir kullanım alanı olarak görmeye başlamış ve bu sayede üçüncü sanayi devrimi hızlıca yayılmıştır. 1970 yılında ofis işleri, sınırlı beceriye sahip elektrikli daktilolar kullanarak kâtipler tarafından yapılırdı ve mühendislik veya

muhasabe gibi alanlardaki hesaplamalar ise elle veya elektronik hesap makinelerinde yapılırdı (Daemmrch, 2017). Otuz yıl içinde, her işyeri internet bağlantılı bilgisayar kullanmaya, internet üzerinden geniş bilgi kaynaklarına erişmeye ve veri girişi işlemini geçmişe kıyasla çok daha az zaman ayırarak yapmaya başlamıştır.

Üçüncü sanayi devrimi sırasında, ülkeler kendi aralarında ulusal araştırma geliştirme (ArGe) yatırımlarıyla rekabet etmiş olsalar bile, iletişimin ve veri aktarımının artmasıyla farklı ülkeler işbirliği yapmaya başlamıştır. Kimya, enerji depolaması veya sayısız başka alanlarda yeni ürünler icat etmeyi veya yenilik yapmayı düşünen çokuluslu firmalar, iki veya üç kıtada araştırma ekipleri kurmaya ve yönetmeye başlamıştır (Satyavolu et al., 2014). Firmalar üretim maliyetlerini düşürmek için üretimin bir kısmını başka ülkelerde yapmaya başlamışlardır. Genel olarak, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki istihdam yapısı istikrarlı bir değişim geçirmiştir. 1960'ların sonlarındaki bilgi teknolojisi çağının başında, Amerikalıların yaklaşık yüzde 30'u imalat sanayisinde ve yüzde 15'i tarımda çalışırken, yüzde 55'i meslek ve hizmet sektöründe çalışmaktaydı (Linga and Naughtonb, 2016). 2015'e gelindiğinde ise, Amerikalıların yüzde 9'dan azı imalat sektöründe ve yüzde 2'den azının ise tarım sektöründe çalıştığı belirlenmiştir (Daemmrch, 2017).

Dördüncü sanayi devrimi, yapay zekâ teknolojisindeki gelişmelerin hızlanması, girişimciliğin önündeki engellerin azalması ve hızlı prototip üretimine olanak tanıyan teknolojilerin yaygınlaştırılması nedeniyle başlamak üzeredir. Sanayinin bu sonraki aşamasını karakterize edecek üç temel özellik sıralanabilir (Bianchi and Labory, 2019). Bunlardan birincisi, üç boyutlu baskı ve prototipleme teknolojileri ve diğer yeni teknolojilerdir. Bu teknolojiler sayesinde mucitler ve pazarlar arasındaki etkileşimin arttırması ve yeni fikirleri olan insanlar için maliyetlerin daha da düşmesi, kuruluş oluşturmanın önündeki engellerin azalması beklenmektedir. İkincisi, önümüzdeki yıllarda yapay zekâ (AI) ve robotik teknolojisindeki gelişmelerle, karmaşık sorunları rasyonel olarak çözen ya da gerçek dünya koşullarında çeşitli amaca yönelik eylemler gerçekleştiren yapay sistemlerin kurulabilecek olmasıdır. Bular birçok istihdam dalı için tehdit oluşturur, ama aynı

zamanda öngörülemez yeni türde işler yaratmayı ve ekonomik büyüme için yeni yollar oluşturmayı vadetmektedirler. Üçüncüsü ise, dördüncü endüstriyel devrimde ortaya çıkan yenilik sistemlerinin, farklı bilimsel ve teknik disiplinlerin ortak çalışması sonucu ortaya çıkmasıdır. Bir alandan diğerine veri akışının artması ile oluşan disiplinler arası bu etkileşim sayesinde yeni teknolojiler için gerekli olan bilimsel verinin hızla artması beklenmektedir.

2.1.2. Endüstri 4.0'in Vizyonu ve Konsepti

Endüstri 4.0'in, diğer sanayi devrimlerinde de olduğu gibi sanayiye oluşturan temel kavramlar üzerinde köklü değişikliklere neden olması beklenmektedir. Bu değişiklikler, uzun süren bir gelişme periyodu gösterirler ve gelecekteki üretim stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar. Sanayileri oluşturan temel unsurlar genel olarak dört başlıkta toplanabilir: fabrikalar, yaptıkları iş, bu iş sonunda ortaya çıkan ürünler ve bu ürünlerin ulaştırılması hedeflenen müşteriler (Qina et al, 2016).

Fabrika: Endüstri 4.0'in ana bileşenlerinden biri olan fabrikalar, gelecekte yalnızca tüm imalat kaynaklarının (sensörler, aktuatörler, makineler, robotlar, konveyörler vb.) bağlı olduğu sistemler değil aynı zamanda otomatik olarak bilgi alışverişinde içinde olduğu diğer sistemlerle bütünleşik halde bulunduğu yeni bir yapıdır. Bu yeni nesil fabrikalarda, üretim sürecini kontrol etmek ve fabrika sistemini yönetmek için makineler, sorunları öngörecekle ve çözüm üretecek kadar bilinçli ve akıllı olacak. Buna ek olarak, ürün tasarımı, üretim planlaması, üretim mühendisliği ve üretim servisleri gibi pek çok üretim süreci modüller olarak simüle edilebilecektir (Sung, 2018). Bu da bu süreçlerin merkezileştirilmesine ve daha kolay kontrol edilmesini sağlar. Geleceğin bu tür fabrikası Akıllı Fabrika olarak adlandırılır.

İş: Endüstri 4.0, potansiyelini yerine getirebilmesi için, ekosisteminin tamamını oluşturan çeşitli şirketler, fabrikalar, tedarikçiler, lojistik, kaynaklar, müşteriler, vb. yapıları arasında tam bir iletişim ağı olması gerekir. Her bölüm, kendi iç yapılandırmalarına bağlı olarak gerçek zamanlı bilgi akışına sahip olmalıdır. Talep ve koordineli bilgi paylaşım kaynaklarıyla, tüm bileşenlerin, azami ölçüde kâr sağlaması

hedeflenir. Buna ek olarak, maliyetlerin, kirliliğin, hammadde kayıplarının ve CO₂ emisyonunun, azaltılması öngörülüyor (Qina et al., 2016). Başka bir deyişle, gelecekteki iş ağı, kendi kendine organize olma özelliğine sahip ve gerçek zamanlı çözümler üretebilen ve sistemi oluşturan her bir bölümle sürekli iletişim halinde olan büyük bir yapı olacağı düşünülmektedir.

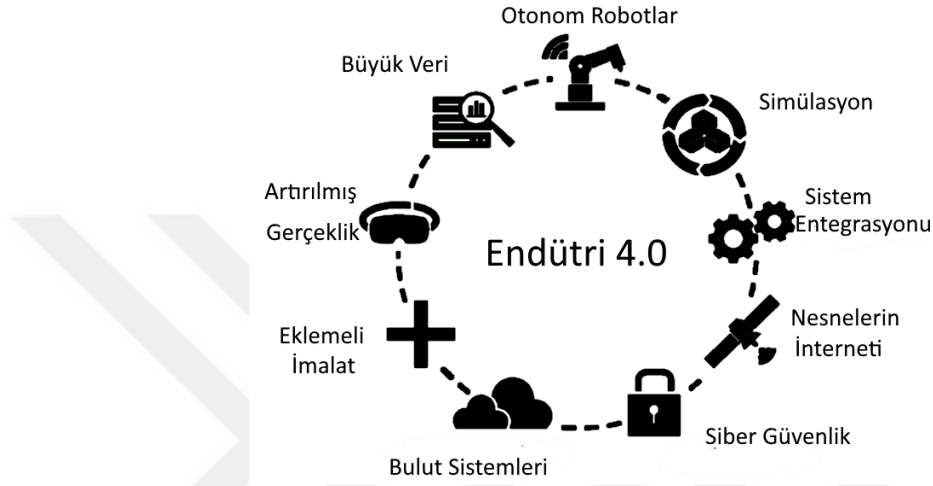
Ürünler: Endüstri 4.0'ın en belirgin farkı olduğu bileşenlerin birbirleriyle veri alış verişi içinde olmalarıdır. Bu etkileşim durumu üretilen ürünler içinde geçerlidir. Üretilen yeni nesil ürünler üzerinde bulunan sensörler vasıtasıyla çevrelerini algılayabilir, ortaya çıkan sorunlara çözüm üretebilecek veya çözümü için merkezi bir sistemden bilgi transfer edebilecektir. Akıllı ürünler olarak adlandırılan bu ürünler, yalnızca müşterilere fonksiyonel rehberlik sağlamaz, aynı zamanda kullanıcının geri bildirimlerini üzerinde bulunan algılayıcılar sayesinde imalat sistemine ileterek yeni ürünlerin geliştirilmesinin kolaylaştırır. Bu öğelerle, ürünlere ürünlerin veya kullanıcıların durumunun ölçülmesi, bu bilginin taşınması, ürünlerin izlenmesi ve sonuçlara göre analiz edilmesi ve tahmini bakım sürelerinin belirlenmesi gibi birçok fonksiyon eklenebilir (Sung, 2018).

Müşteri: Yaşanan bütün endüstri devrimlerin de yaşanan teknolojik değişiklikler ve geliştirilen ürünlerin özellikleri müşterilerin davranışlarının da değişmesine neden olmuştur. Günümüzde, müşteriler ürünlerde çok sayıda çeşitlilik olmasını talep etmekte, nerdeyse kişiselleştirilmiş ürünleri tercih etmektedirler. Aynı zamanda, Endüstri 4.0 ile birlikte müşterilere yeni bir satın alma yöntemi sunulmuş olacak. Müşterilerin, ürünlerin herhangi bir işlevini, yalnızca bir tanesi olsa bile, herhangi bir sayı ile sipariş etmelerini olanak sağlaması bekleniyor (Lezzi et al., 2018). Buna ek olarak, müşteriler siparişlerini ve fikirlerini üretim sırasında herhangi bir zamanda son dakikada bile değiştirebilirler. Bu da müşterilerin ürünün üretim bilgisini tanımakla kalmayıp aynı zamanda kendi davranışlarına bağlı olarak değişiklik yapabildiğini sağlar (Qina et al., 2016).

2.1.3. Endüstri 4.0 ve Teknolojileri

Endüstri 4.0, mevcut sanayinin dijitalleşme ve bilgisayarlaşma yönünde teşvik edilmesi ve yüksek teknolojiyle donatılması projesidir. Bu proje ile makineler

çevrelerinde olup bitenleri anlayabilecek ve birbirleriyle nesnelerin interneti aracılığı ile iletişim kurabilecekler (Castelo-Branco et al., 2019). Endüstri 4.0, bir bütün olarak düşünüldüğünde, etrafındaki koşulları ağılayabilen makineler yani akıllı makineler, bu akıllı makineler arasında veri akışını sağlayacak bir iletişim ağı ve oluşturulan verilerin işleneceği ve saklanacağı sistemlerden oluşmaktadır. Genel olarak endüstri 4.0 üzerinde büyük etkiye sahip teknolojiler şekil 2.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1: Endüstri 4.0 teknolojileri.

Eklemeli İmalat (3D yazıcılar): Eklemeli üretim (3D Printing) belli bir malzemenin, plastik veya sıvı reçine gibi, üst üste eklenerek üretim yapılması anlamına gelir. Katman şeklinde yapılan bu eklemeleri, gelişen teknoloji sayesinde çok ince katmanlar ile yapabilirsiniz böylece ince katmanların eklemeler görünmez. 3D yazıcıların da kendi içerisinde farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. Bu farklılığı yaratan en önemli unsur kullanılan malzeme özelinde geliştirilen teknolojilerdir. Son yıllarda yeni eklemeli üretim sistemleri ve yeni malzeme üretimi büyük bir gelişme gösterdi ve gelecekte de gelişmeye devam etmesi bekleniyor. Eklemeli üretim, üretim verimliliğini arttırmasının yanı sıra, ürün tasarımında ve geliştirilmesi konusunda daha fazla imkân sağlama potansiyeline sahiptir (Rajput and Singh, 2019). Yeni materyallerin bulunması ve 3D baskı makinelerinin geliştirilmesi ile birlikte, giderek daha fazla üreticinin 3D baskı yöntemiyle üretim yapmayı benimsemeye başlaması tahmin ediliyor. Aslında, havacılık ve hastane endüstrileri gibi bazı endüstriler, 3D baskı teknolojilerini kullanarak kritik bileşenleri üretmeye zaten başlamışlardır (Castelo-Branco et al., 2019).

Artırılmış Gerçeklik: Ses, video, grafik veya GPS verileri gibi bilgisayar tarafından üretilip duyuşal girdi ile artırılıp canlandırılan elemanların fiziksel, gerçek dünya ortamıyla birleştirilmesiyle oluşturulan yeni bir algı ortamının doğrudan ya da dolaylı görünümüdür (Rajput and Singh, 2019). Artırılmış gerçeklikle insan duyuşuna hitap edecek ve hislerini hareket geçirecek girdiler bilgisayar tarafından değiştirilip zenginleştirilir ve ortaya çıkan yeni gerçeklik kullanıcının algısına sunulur. Zenginleştirme gerçek zamanlı olarak üretilir ve çevredeki unsurlar ile sürekli etkileşim içindedir. Artırılmış gerçeklik ile kullanıcı, gerçeklik ortamını oluşturan bilgiler ve diğer öğelerle etkileşime girebilir (Rajput and Singh, 2019).

Bulut Bilişim Sistemleri: Bulut bilişim sistemleri, sunucu bilgisayarlar ve buna benzer internete bağlı cihazların istenildiği zaman kullanılarak, kaynakları kullanıcılar arasında paylaşılabilen internet tabanlı bilişim hizmetlerine verilen genel isimdir. Bulut bilişim sistemleri, kullanıcıların gerekli yazılımı yerel olarak yüklemesine gerek kalmadan kullanmasına olanak sağlayan internet tabanlı bir bilgi işlem hizmeti sunmaktadır (Chen, 2017). Piyasa şartlarının değişmesi ve yaşanan teknolojik gelişmelerle artık firmalar kendilerine ait olmayan bir kaynakta bulunan veri ve programları kullanabilirler veya burayı bir depolama alanı olarak kullanılabilir.

Sistem Entegrasyonu: Sistemlerin işlevselliğini arttırabilmek için birçok alt sistemin birbiri ile entegre olmaları gerekmektedir. Sistem entegrasyonu, bilgisayar ağları, kurumsal uygulama entegrasyonu, iş süreç yönetimi veya programlama gibi çeşitli teknikleri kullanarak ayrıık sistemlerin bir araya getirilmesidir (Dalenogarea and Beniteza, 2018). Endüstri 4.0'ı oluşturan sistemlerin, önceki sistemlerle karşılaştırıldığında, en temel farkı etrafında oluşan değişiklikleri fark edebilmesi ve bu değişikliklere gerçek zamanlı olarak ayak uydurabilmesidir. Bunun gerekleēebilmesi için sistemlerin birbirleriyle entegre olması gerekir. Entegre sistemler, veri iletim sürecini kısaltarak veri kayıplarını önler ve kalitesini artırır. İletileşim zorluklarının ortadan kalkması üretim verimliliğini arttırmasının yanı sıra karar alma sürecini de kolaylaştırır.

Simülasyon: Teorik ya da fiziksel gerçek bir sistemin, bilgisayar ortamında modellendikten sonra, bu model ile sistemin işletilmesi, sistemin davranışını

anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi, bu sistemlerin özelliklerini ve davranışlarını bilgisayar aracılığıyla değerlendirilebilmesini sağlayan bir tekniktir (Sung, 2018). Simülasyon teknikleri bir süredir yeni ürün tasarımında kullanılıyordu, artırılmış gerçeklik sistemlerinin de gelişmesiyle birlikte simülasyon tekniklerinin başarı oranı ve kalitesi hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Hem tasarım aşamasında hem de tasarım sonrası üretim ve test aşamasında kullanılan simülasyon teknikleri, üretim sürecinde zaman ve para kaybını en aza indirmektedir.

Otonom Robotlar: Çevreden çeşitli nitelikteki bilgileri sensörler ile toplayıp mikro denetleyicisinde anlamlandırdıktan sonra harekete geçen robotlara "otonom robotlar" denir (Dalenogarea and Beniteza, 2018). Otonom robotlar, üzerlerindeki yazılım sayesinde ses, ışık, görüntü, sıcaklık gibi faktörlere tepki verebilecek şekilde tasarlanır. Otonom robotlar artık sadece üretim sistemlerinde değil sağlık, ev teknolojileri ve sosyal sektörler de olmak üzere sayısız alanda kullanılmak üzere geliştirilmektedir. Otonom robotların geliştirilmesi büyük ölçüde sensör teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle hız kazanmıştır. Çevresini algılayabilmeleri ve ortaya çıkan sorunlara yerel olarak çözüm üretebilmeleri gerçek sistemler üzerinde görevlendirilmelerine olanak sağlamaktadır.

Büyük Veri (Big Data): Büyük veri düzenli veya düzensiz olmak üzere, her gün yapılan çalışmaların işleyişini zorlaştıracak kadar büyük miktardaki veriyi tanımlar. Bilgisayarı kullanılmaya başlamasından itibaren, oluşan veri miktarı ve hızı artan oranlarla yükselmiştir. Bilgisayarlaşmanın, iletişim teknolojilerinin, mobil cihaz kullanımının ve sensör teknolojisinin ilerlemesiyle veri üretimini daha da artırması bekleniyor. Bu nedenle oluşan bu büyük miktarda veriyle nasıl başa çıkılacağı araştırmacılar için öncelikli ilgi alanı olmuştur. Büyük veri sistemlerinin temelde yaptığı iş diğer sistemlerden gelen düzenli veya düzensiz verilerin özelliklerine göre ayrıştırılması ve ya sınıflandırılması, bu verilerin ihtiyaç duyulan birimler tarafından okunabilecek şekilde işlenmesi ve diğer sistemlere iletilmesidir (Lezzi et al., 2018). Birçok büyük veri işleme yöntemi geliştirilmiştir. Hangi veri analiz yöntemin kullanılacağı, kullanılacağı sistemin özelliklerine göre belirlenir. Geliştirilen büyük

veri analiz yöntemleri sonucunda, firmaların geleceğe yönelik strateji belirlemesi ve bu doğrultuda karar verme olanağı artırılmış olur. Üretim uygulamaları için büyük potansiyeline sahip olduğu için, büyük veri analizi, gelişmiş imalat sistemleri için önem kazanmaya devam edecektir (Dalenogarea and Benitez, 2018).

Siber Fiziksel Veri Sistemleri: Siber fiziksel sistemler (SFS) sensörler yardımıyla fiziksel dünyayı sanal bilgi işlem dünyasıyla bağlamaktadır. Bu bileşenler gerçek dünya ile etkileşimde bulunmak için genellikle gömülü teknolojilerle birlikte yazılım sistemleri, iletişim teknolojileri ve sensörleri kullanmaktadırlar (Castelo-Branco et al., 2019). Bu iki dünyayı birleştiren siber fiziksel sistemler iki önemli unsurdan oluşmaktadır. Birbirleri ile internet üzerinden ve atanmış bir internet adresi ile haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ; gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların bilgisayar ortamındaki simülasyonu ortaya çıkan sanal ortamdır. Pek çok SFS cihazı, havacılık, otomotiv, enerji, sağlık ve imalat endüstrileri dâhil olmak üzere bir çok endüstri üzerinde geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bunlar genellikle gömülü sistemler olarak kullanılırlar. Gömülü aygıtlar, özel algılama ve hesaplama yeteneklerine sahip nesnelere sahiptir. Mevcut gömülü cihazların hesaplama yetenekleri sınırlıdır. Bu nedenle birçok uygulama için yeni nesil akıllı gömülü aygıtlar geliştirilmektedir. Akıllı gömülü aygıtlar yalnızca veri toplamakla kalmaz, aynı zamanda bazı kararları hızlı ve yerel olarak verilebilecek şekilde verileri işleyebilirler (Dalenogarea and Benitez, 2018). Bu cihazlar, yararlı bilgilerin veya soyutlanmış verilerin ağ üzerinden iletilmeden önce yerel düzeyde işlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu şekilde, iletişim verimliliği önemli ölçüde geliştirilmiş olur (Chen, 2017). Akıllı karar verme için üretim sistemlerinde bu akıllı gömülü cihazların sayısı giderek artmaktadır. Ancak güvenlik ve güvenilirlik, mobil SFS'nin iki önemli gereksinimi ve zorluğudur ve uzun mesafede kullanılacak küresel mobil SFS henüz geliştirilememiştir.

Nesnelerin İnterneti: Temel olarak internet üzerinden çeşitli haberleşme protokolleri (standartlaşmış) kullanarak bir birleri ile iletişim kuran ve bu iletişim ağı üzerinden ortak veri kullanımı sayesinde akıllı çözümler üretebilen sistemlerdir (Lezzi et al., 2018). Diğer bir deyişle, nesnelerin interneti, karmaşık fiziksel

makinelerin ve cihazların, kişilerin ve kaynakların ağdaki sensörler ve yazılım aracılığıyla belli bir amaç doğrultusunda entegrasyonunu ve bağlantısını ifade eder. Nesnelerin interneti, bulut bilgi işleminin temelini oluşturur. Bu nedenle, imalat uygulamaları için gerekli olan güvenilirliği ve güvenliği sağlamak için ileri derecede geliştirilmiş olmasına ihtiyaç vardır. Endüstriyel Internet, makineler, robotlar, konveyörler, test ekipmanları ve takım ekipmanı gibi çeşitli fiziksel aygıtlarla uyumlu olmalıdır (Chen, 2017). Çoğu fabrikada teknoloji ve ekipmanın gelişimi nedeniyle nesnelerin interneti modern ve eski ekipman ve protokollerle çalışabilir olmalıdır. Aynı zamanda, tesisin içinden ve dışından muhtemel izinsiz girişler karşısında yüksek düzeyde güvenlik sağlayabilecek olması gerekmektedir.

2.1.4. Endüstri 4.0 Mimarisi

Endüstriyel üretim sürecinin tamamı genel olarak düşünüldüğünde, iki temel unsurdan oluşur: insan ve ekipman. Bu ekipman ve insan faktörlerinin farklı seviyelerdeki ilişkileriyle nihayi ürüne ulaşmak için bir organizasyon ve üretim süreci oluşturulur (Ray, 2018). Bu durum bütün endüstri devrimlerinde böyle olmuştur. Ancak bu kavramlara yüklenen anlamlar yeni gelen devrimin ihtiyaçları ve ortaya çıkardığı teknolojilerle birlikte değişmiştir. Örneğin; ilk sanayi devriminde ana düşünce yeni ürün geliştirmektir ve bu nedenle araştırma geliştirme yapabilecek bilimsel ve teknik bilgiye sahip insan kaynağına en önemli unsurdu. İkinci sanayi devriminde ana unsur sonuçtu ve bu nedenle nihayi ürün kalitesine önem verilmişti. Üçüncü sanayi devriminin ana odağı süreçti ve süreç iyileştirme yöntemleri üzerindeki araştırmalara önem verilmişti. Dördüncü sanayi devriminde ise odaklanılan konular; bilgi, veri iletim ağı, yönetim teknolojileri ve sistem dinamikleridir. Bu başlıklar üzerinde yeni teknolojiler geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir.

Endüstri 4.0 kriterleri içerisindeki bir fabrikadaki değer yaratma süreci ancak yerleşik bir siber fiziksel sistemle mümkün kılınabilir. Siber fiziksel sistemlerde, üretim ekipmanı, örneğin Makine aletleri veya montaj araçları, ürünler veya insanlar gibi değer yaratma faktörlerini tanımlamak ve ihtiyaç duyuldukları yerlere yerleştirmek ve üretim proseslerini, örneğin kesme, montaj veya taşıma süreçlerini izlemek için

sensör sistemleri kullanır (Stock and Seliger, 2016). Bu sistemlerden elde edilen ve sürekli izlenen verilere bağlı olarak, üretim ekipmanındaki uygulamalı aktüatörler, ürünün, insanların veya işlemlerin üzerindeki spesifik değişikliklere gerçek zamanlı olarak tepki verebilir. Ek olarak, değer yaratma faktörleri ve değer yaratma süreçleri arasındaki veri iletişimi ve değişimi bulut aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Ekipman: Endüstri 4.0 içerisinde üretim ekipmanı sistemin en temel bileşenidir ve endüstri 4.0'ın hedeflerine uygun olarak üretim ekipmanının yüksek derecede otomatik takım tezgahlarından ve robotlardan oluşması beklenmektedir (Stock and Seliger, 2016). Üretim sistemleri içerisinde yer alan ekipmanlar, diğer değer yaratma faktörlerindeki yani diğer ekipmanlar, insanlar, organizasyon, üretim işlemleri ve ürünlerdeki değişikliklere esnek bir şekilde uyum sağlayabilecek kapasitede olmalıdır. Örneğin; üretim sürecinde bulunan robotlar diğer üretim elemanlarıyla gerçek zamanlı olarak bilgi alış verişi içerisinde olmalı ve ortaya çıkan herhangi bir sorun ya da değişiklik karşısında yerel olarak çözüm üretebilmelidir.

İnsan: Üretim sistemleri içerisinde bulunan insan konusu her zaman en çok tartışılan konularda biri olmuştur. Kullanılan ekipmanların tamamen otomatik hale getirilmesi, bu bölümlerde çalışan insanların işlerini kaybetmesi anlamına gelmektedir. Bir süredir üretimdeki mevcut işler, büyük ölçüde otomatik hale getirilmeye çalışılmaktadır ve bunun sonucu olarak buralarda çalışan işçi sayısı azalır. Geriye kalan insanların yaptığı imalat işler ise daha fazla bilginin gerektiği, daha kısa vadeli ve planlaması zor görevleri içerecektir (Dalenogarea and Benitez, 2018). Üretim sisteminin diğer elemanlarında olduğu gibi insan faktöründe ortaya çıkan teknolojik gelişmelere ve bunların sonucunda oluşan ihtiyaçlara uyum sağlamalıdır. Yeni sistem içerisinde işçiler giderek sayısı artan otomatik ekipmanı takip etmek zorundadırlar. Ancak endüstri 4.0 içerisinde insan faktörünün en gerekli olduğu alan yeni ürün, yeni üretim süreci ve yeni üretim elemanları yani robotları geliştirme işlemidir.

Organizasyon: Üretim sistemindeki artan kurumsal karmaşıklık, belirli bir noktadan merkezi bir sistem tarafından yönetilemez. Bu nedenle karar verme işleminin, merkezi bir mekanizmadan değil de sistem üzerinde bulunan ekipmanlar

tarafından yerel olarak gerçekleştirilmesi hedeflenir (Stock and Seliger, 2016). Merkezi olmayan bu karar verme sürecinin temel taşı olan robotlar, karar vermede bilgileri özerk olarak ele alır, işler ve yerel olarak çözüm üretebilirler. Sonuç olarak ortaya çıkan karar, işçiler tarafından veya yapay zeka alanındaki yöntemler kullanılarak oluşturulan ekipman tarafından denetlenir.

Süreç: Üç boyutlu baskı olarak da bilinen eklemeli üretim teknolojileri, ürün üretme süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmaya başlayacaktır, çünkü son yıllarda üretimin maliyetleri ve ürünlerin hassasiyeti eş zamanlı olarak hızla artmıştır (Stock and Seliger, 2016). Bu durumun en büyük nedeni, piyasa koşullarının üretim şirketlerini, daha karmaşık, daha güçlü ve daha hafif geometrideki ürünleri tasarlanmaya ve bunları daha yüksek hızlarda ve daha büyük miktarda üretmeye zorlamasıdır. Bu nedenle üretim şirketleri, üretim sürecindeki optimizasyonlara yüksek derecede önem vermektedirler.

Ürün: Endüstri 4.0 içerisinde ürün üretiminin, müşterinin bireysel ihtiyaçlarına göre parti büyüklüğünde üretilmesi hedeflenmektedir (Stock and Seliger, 2016). Ürünlerin bu şekilde daha üretim sürecinin başındayken kişiselleştirilmesi, müşterilerin üretim sürecine da erken dahil olmasını sağlar. Bu da sonuç olarak ortaya çıkan ürünün talep edilme oranını arttırır. Fiziksel ürünlerin yanı sıra, geliştirilen yeni iş modellerinin bir parçası olarak müşteriye ürün sahipliği yerine fonksiyonellik ve erişilebilirlik sunan yeni servislerle de birleştirilebilecektir (Dalenogarea and Beniteza, 2018). Yani müşteriler ürünü fiziksel olarak satın almadan bellibir özelliğini kullanma hakkını satın alabilecek.

Endüstri 4.0 tasarım modelleri, birbiriyle bağlantılı genel olarak üç temel amaç için kullanılır: Karmaşık teknik ve ekonomik sistemler ile basit sistemler arasındaki entegrasyonun sağlanması, ürünlerin ve servislerin sayısallaştırılması, yeni piyasa modellerinin geliştirilmesi. Bu amaçları yerine getirmek için yapılan modeller endüstri 4.0'ı oluşturan teknolojilerin farklı seviyelerde birbirine entegre edilmesiyle oluşturmaktadır. Bu modeli oluşturan katmanlar: iş katmanı, fonksiyonel katman, bilgi katmanı, iletişim katmanı, entegrasyon katmanı ve varlık katmanı şeklinde sıralanabilir.

İş Katmanı: İş katman, üretim sistemini oluşturan bütün fonksiyonların bütünlüğünü sağlar. İş modellerinin haritalanmasında ve genel sürecin sınırlarının belirlenmesinde bu katman kullanılır (Zezulka et al., 2016). Yasal düzenleyici çerçeve koşullarını içerir ve sistemin izlemesi gereken kuralların modellenmesini sağlar. Ayrıca iş katmanı, farklı iş süreçleri arasında bağlantı da oluşturur.

Fonksiyonel katman: Fonksiyonel Katman, iş akışı fonksiyonların resmi olarak tanımlanmasını sağlar ve çeşitli fonksiyonların birbirine entegrasyonuna yönelik bir platform oluşturur. Servislerdeki iş süreçlerinin desteklenmesi için modelleme ortamı oluşturur ve bu süreçlerin uygulamaları ve teknik işleyişi için çalışma sürelerini içerir (Stock and Seliger, 2016). İş katmanında kuralları ve sınırları önceden belirlenmiş olan bir karar verme mantığı oluşturulur (Zezulka et al, 2016). Bazı kullanım durumlarında bunlar alt katmanlarda da yer alabilir. Ancak uzaktan erişim, entegrasyon ve veri bütünlüğü gerekliliği nedeniyle fonksiyonel katman içinde yer alması daha uygun kabul edilir.

Bilgi Katmanı: Bilgi katmanı, süreçlerin çalışma zamanı, süreçlerle ilgili uygulanması gereken kuralları ve kuralların ve süreçlerin açıklamasını içerir. Bilgi katmanının diğer işlevleri şunlardır: Veri bütünlüğünün sağlanması, farklı verilerin tutarlı bir şekilde birleştirilmesi, yeni ve daha yüksek kalitedeki verilerin hizmet ara yüzleri aracılığıyla yapılandırılmış verilere dönüştürülmesi (Rajput and Singh, 2019). En önemli işlevlerinden biri, verileri alması ve diğer katmanlar tarafından okunabilecek şekilde dönüştürmesidir.

İletişim Katmanı: İletişim Katmanı, bilgi katmanından gelen verilerden tek biçimli veri formatı oluşturarak iletişimin standardizasyonunu sağlar. Ayrıca bu katman, entegrasyon katmanının kontrolü için de hizmet vermektedir (Zezulka et al., 2016).

Entegrasyon Katmanı: Entegrasyon Katmanı, varlıkların (ekipman ve insan gibi) bilgisayar tarafından işlenip kullanılabilmesi için bir forma dönüştürülmesini sağlar. Ayrıca süreçlerin ve olayların oluşumunda kullanılan bilgisayar sistemlerinin kontrolünü de sağlar. Varlıklarla ve IT (RFID okuyucuları, sensörler, aktüatörler, vb.)

ile bağlantı sağlayabilecek elemanlar içerir (Zezulka et al., 2016). Ayrıca çalışan kişilerin entegrasyonu da entegrasyon katmanı fonksiyonlarının bir parçasıdır.

Varlık Katmanı: Varlık Katmanı, varlıkları, örneğin; fikirler, arşivler, belgeler, doğrusal eksenler, metal parçalar, diyagramlar gibi fiziksel bileşenleri temsil eder (Rajput and Singh, 2019). Ayrıca insan varlık katmanının bir parçasıdır. Varlık katmanında bulunan bileşenler, entegrasyon katmanı ile sanal gerçeklik dünyasına bağlanırlar.

2.2. NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin interneti genel olarak, fiziksel nesnelerin birbirleriyle ya da daha büyük sistemlerle bağlantılı olduğu iletişim ağı anlamına gelir. Diğer bir deyişle nesnelerin interneti, cihazların (bilgisayarlar ve akıllı telefonlar gibi tipik cihazlar hariç) İnternet'e bağlanmasını ifade eder. Otomobil, mutfak aletleri ve hatta kalp monitörleri nesnelerin interneti ile bağlanabilir (Wang, 2019). Önümüzdeki birkaç yıl içinde nesnelerin İnternetinin kullanımı arttıkça, daha fazla cihazın bu listeye katılması bekleniyor.

2.2.1. Nesnelerin İnterneti Teknolojileri

Nesnelerin interneti genel olarak verilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve iletilmesi bölümlerinden oluşur. Nesnelerin internetini oluşturan teknolojiler ise bu işlevleri yerine getirmeye yöneliktir. Nesnelerin interneti tabanlı ürünlerin ve hizmetlerin içeriğinde yaygın olarak beş teknoloji kullanılmaktadır.

Radyo Frekanslı Tanıma Sistemi (RFID): Radyo frekanslı tanıma (RFID), radyo frekansları aracılığıyla alıcı ve verici arasında doğrudan temas olmadan cisimleri tanımlamakta kullanılan bir otomatik tanıma sistemidir (Teixeira and Pereira, 2019). İlk olarak ikinci dünya savaşında uçakların dost veya düşman olduğunu ayırt etmek için kullanılmaya başlanan RFID uygulamaları, günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte pek çok uygulamada kullanılmaya başlanmıştır. RFID etiketler, izlenmek istenen nesnelerin üzerine veya içine doğrudan yerleştirilebilir. Bir RFID etikete kaydedilmiş olan bilgilere ulaşabilmek için gerekli olan iletişim temel olarak RFID anten ve RFID okuyucu aracılığıyla sağlanmaktadır. RFID çiplerin kopyalanmasını

engellemek için birçok koruma yöntemi bulunmaktadır. Çip içindeki bilgilere erişimi engelleyebilir, kilitleyebilir veya dilediğiniz zaman RFID anten veya RFID yazıcı aracılığıyla RFID etiketi tekrar canlanamayacak hale getirerek bir barkod etiketinden hiçbir farkı kalmamasını sağlayabilirsiniz (Xua and Chena, 2016). RFID etiketler kendi içinde enerjiyi alma şekillerine göre üçe ayrılır. Pasif RFID etiketler, kendilerine ait güç kaynakları yoktur ve enerji olarak RFID okuyucudan gelen enerjiyi (Radyo Dalgalarını) kullanırlar, çevresel koşullara göre etiketlere erişim zorlaşabilir. Aktif RFID etiketlerin, Kendilerine ait güç kaynakları vardır ve sinyal yayını yaparlar, genellikle performans sorunları olmaz. Mesafeler yayın frekansına göre değişebilir. Yarı aktif RFID etiketlerin üzerinde küçük bir güç kaynağı bulunmaktadır. Veri aktarımı pasif RFID etiketlere göre biraz daha hızlı olsa da çalışma mantığı aynıdır (Teixeira and Pereira, 2019).

Kablosuz Sensör Ağı (wireless Sensor networks): Farklı mekanlardaki sıcaklık, nem, ışık, ses, basınç, kirlilik, toprak bileşimi, gürültü seviyesi, titreşim, nesne hareketleri ve gibi fiziksel ya da çevresel koşulları kooperatif bir şekilde izlemek için sensör kullanan ve birbirinden bağımsız çalışan araçlar içeren kablosuz ağlara "Kablosuz Sensör Ağı" denir (Ahmad et al., 2019). Tipik bir Kablosuz Sensör Ağ (Wireless Sensor Network WSN) kablosuz bir ortam aracılığı ile birbirine bağlanmış ve birbirleriyle bilgi alışverişi yapan yüzlerce hatta binlerce sensör düğümünden oluşur. Donanım ve kablosuz sistemlerdeki gelişmeler düşük maliyetli, düşük güç tüketimli, çok işlevli minyatür algılama aygıtlarının üretilmesine olanak sağlamıştır (Xua and Chena, 2016). Bu aygıtlardan yüzlercesi yardımıyla dağıtılmış kablosuz ağ oluşturulabilmektedir. Bir sensör ağı bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Bu işlevi veriyi toplayarak, işleyerek, çözümlenerek ve yayarak yerine getirir. Böylece ağ, etkin bir şekilde zeki bir ortam oluşmasında rol oynamış olur.

Ara katman Yazılımları (Middleware): Ara katman ürünleri farklı sistemler üzerinde çalışan yazılımları veya yazılım bileşenlerini birbirine bağlayan, yazılımları kullanıcılara sunan ve iş süreçlerini yazılımlara dönüştürmeye yarayan sistemler olarak tanımlanabilir (Paugeta and Dammak, 2019). Bu ürünler farklı sunucular üzerinde çalışan, farklı işletim sistemleri üzerinde koştan, tamamen farklı teknolojiler

ile geliştirilmiş yazılımların geliştirilmesini, kullanıcıya erişmesini, birbirleri ile konuşmasını, merkezi olarak yönetilmesini sağlarlar (Li et al., 2015). Ara katman yazılımları ürünleri ile dağınık yapıda farklı teknolojiler üzerinde tuttukları verileri işleyebilir, karar alma süreçlerine yardımcı olacak bilgiler elde edebilir ve konsolide raporlar oluşturabilirler.

Bulut Bilişim (cloud computing): Bulut bilişim, bilgisayarlar ve buna benzer internete bağlı diğer cihazlar için, istendiği zaman kullanılabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılabilen kaynakları sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır (Paugeta and Dammak, 2019). Diğer bir deyişle kullanıcıların internet olan her yerden erişim sağlayabildikleri sistemlerdir. Bulut bilişimde üç temel modele göre hizmet sunulmaktadır. Bunlar Yazılım Hizmeti (SaaS), Platform Hizmeti (PaaS), Altyapı Hizmeti (IaaS) olarak isimlendirilir. Yazılım Hizmeti, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu CRM, ERP, finans ve muhasebe yazılımları gibi programları bulut üzerinde sağlar. Platform Hizmeti, bir yazılımın çalışması için gerekli olan işletim sistemi, programlama dili yürütme ortamı, web servisleri ve veri tabanı servisleri gibi hizmetleri sağlar. Platform Hizmeti, bir sunucu üzerine talep edilen donanım kaynaklarına sahip bir sanal makina oluşturuluyor ve kullanıcı sadece bir IP kullanarak o sisteme erişim sağlamaktadır (Xua and Chena, 2016).

Nesnelerin İnterneti Uygulamaları: Gün geçtikçe popülaritesi ve kullanım alanı artan nesnelerin interneti kapsamında, 2016 itibari ile akıllı telefonlar, tabletler ve bilgisayarlar dışında yaklaşık 6,4 milyar ile 9 milyar arasında cihazın internete bağlı olduğu tahmin edilmektedir. Bu sayı tüm cihazlar dahil edildiğinde yaklaşık 17,6 milyar olarak tahmin edilmektedir. 2020 itibariyle her biri izlemek ve kontrol etmek için geliştirilmiş uygulama içeren cihaz sayısının 30 milyarı bulması beklenmektedir (Boyes et al., 2018). Günümüzde otomotiv, havacılık, inşaat, tekstil ve sağlık gibi farklı sektörlerde bulunan pek çok firma kendi nesnelerin interneti uygulamalarını geliştirerek piyasada avantaj elde etmeye çalışmaktadır. Bunun sonucu olarak akıllı bileklikler, akıllı saatler, akıllı gözlükler, akıllı t-shirtler, akıllı raketler, ev otomasyon sistemleri, akıllı arabalar gibi ürünler ortaya çıkmıştır.

2.2.2. Nesnelerin İnterneti Mimarisi

Bir nesnelerin internetinin kritik şartı, nesnelerin bir ağ ile birbirine bağlı olmasıdır. Nesnelerin interneti sistem mimarisi, fiziksel ve sanal dünyalar arasındaki boşluğu kapatan nesnelerin interneti işlemlerinin haritası niteliğindedir. Nesnelerin interneti mimarisi tasarımı, ağ oluşturma, iletişim, iş modelleri ve süreçleri ve güvenlik gibi pek çok faktörü içerir. Nesnelerin interneti mimarisini tasarlarken heterojen aygıtlar arasındaki yoğunluk, ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik ve iş modelleri ele alınmalıdır (In and Kyoochun, 2015). Gerçek zamanlı bir şekilde bazı nesnelerin coğrafi olarak hareket edebileceği ve diğerleriyle etkileşime girmesi gerektiği gerçeği nedeniyle nesnelerin interneti mimarisi, cihazların diğer cihazlarla dinamik olarak etkileşime girmesi ve verilerin kolayca iletilmesini destekleyecek şekilde tasarlanması gerekir. Ek olarak, nesnelerin interneti merkezi olmayan ve heterojen doğaya sahip olmalıdır.

Nesnelerin interneti sistemi, heterojen cihazlar arasında birlikte çalışabilirliği çeşitli şekillerde sağlar. Önemli fonksiyonlara sahip dört katmandan oluşan genel bir nesnelerin interneti mimarisi sunulabilir. Bu yapı algılama katmanı, ağ katmanı, hizmet katmanı ve arayüz katmanından oluşur.

Algılama Katmanı (Sensing Layer): Nesnelerin internetinin, nesnelerin kesintisiz olarak bağlandığı ve uzaktan kontrol edilebildiği bir ağ olması beklenmektedir. Algılama katmanında, etiketler veya sensörler üzerindeki akıllı sistemler çevreyi otomatik olarak algılar ve cihazlar arasında veri alışverişi yapabilir. Son birkaç yılda, gelişmiş algılama ve iletişim teknolojileri, radyo frekanslı tanımlama sistemler veya sensörler ile çok yönlü ve erişilebilir hale getirilmiş nesnelere üretmiş, bu da nesnelerin hatasız olarak tanımlanabilmesi ve çevredeki ortamların çeşitli amaçlar ve uygulamalar için izlenebilmesi açısından önemli ölçüde kolaylık sağlamıştır (Mountrouidou et al., 2019). Nesnelerin internetindeki her nesne dijital bir kimliğe sahiptir ve dijital alanda kolayca izlenebilir. Bir nesneye özgün kimlik atanması tekniğine evrensel özgün kimlik tanımlayıcı (UUID) denir. Özellikle, UUID, nesnelerin interneti gibi büyük bir ağda başarılı bir şekilde hizmet dağıtımını sağlamak için kritik öneme sahiptir (De Boer et al., 2019). Bu sistem sayesinde tanımlayıcılar

isimlere ve adreslere kolayca ulaşabilir. Ancak nesnelerin internetinin algılama katmanını belirlerken, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

Maliyet; boyut, kaynak ve enerji tüketimi. Her şey RFID etiketleri, sensör düğümü gibi algılama cihazları ile donatılmış olabilir. Karmaşık sistem uygulamalarındaki çok sayıda sensör nedeniyle maliyetleri yüksek olabilir. Akıllı cihazlar, gereken kaynaklara kolayca erişimin yanı sıra maliyetleri en aza indirecek şekilde tasarlanmalıdır. Dağıtım; algılayıcı nesneler (RFID etiketleri, sensörler, vb.), uygulamaların gereksinimlerine bağlı olarak tek seferlik veya aşamalı olarak veya rasgele olarak dağıtılabilir. Heterojenite; farklı özelliklere sahip nesnelerin bir arada kullanılması, nesnelerin internetini çok heterojen yapabilir. İletişim; sensörler ile, erişilebilirlik ve geri alınabilirlik açısından kesintisiz olarak iletişim kurulabilmelidir. Ağ; nesnelerin birbirleriyle gerçek zamanlı iletişimi için ağ, ayrıntılı ve çok katmanlı olarak düzenlenmelidir.

Nesnelerin internetinin ölçeği arttıkça, çok sayıda donanım ve yazılım bileşeni sisteme dâhil edilir; bu nedenle, nesnelerin interneti ayrıca aşağıdaki özelliklere de sahip olmalıdır (De Boer et al., 2019):

Enerji verimliliği; sensörler gerçek zamanlı veri elde etmek için her zaman aktif olmalıdır. Bu, sensörlere güç sağlama zorluğunu getirir; yüksek enerji verimliliği, sensörlerin servis süresizliği olmadan daha uzun bir süre çalışmasını sağlar. Protokoller; nesnelerin internetinde bulunan farklı nesneler, işlevlerini farklı sistemler kullanarak yerine getirir. Bu nedenle nesnelerin interneti, WLAN, ZigBee ve Bluetooth gibi farklı iletişim sistemlerinin bir arada bulunmasını destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Ağ Katmanı (Network Layer): Nesnelerin internetindeki ağ katmanı, her şeyi birbirine bağlar ve çevrelerinin farkında olmalarını sağlar. Ağ katmanı aracılığıyla, nesneler, akıllı olay yönetimi ve nesnelerin internetinde çok önemli olan bağlantılı nesnelerle veri paylaşabilme özelliğine sahip olur. Ayrıca, ağ oluşturma katmanı mevcut bilgi teknolojilerindeki altyapılarından veri toplayabilmektedir; Veriler daha sonra üst düzey karmaşık hizmetler için karar verme birimlerine iletilebilir (Mountroudou et al., 2019). Bir nesnelerin interneti sistem tasarımında, hizmetler

her zaman heterojen bir ağda konuşlandırılan nesnelere tarafından gerçekleştirilir. İlgili nesnelere de servislere internet yoluyla entegre edilebilir. Ağdaki iletişim, farklı kullanıcılar veya uygulamalar için güvenilir hizmetleri garanti etmek için belli seviyede hizmet kalitesini içermelidir. Öte yandan, bir ağın, ağdaki nesnelere otomatik olarak bulması ve eşlemesi önemlidir. Nesnelere davranışlarını belirlemek, yönetmek ve programlamak için otomatik olarak görevlere atanması ve gerektiğinde herhangi bir zamanda herhangi bir role geçebilmesi gerekir (Wang, 2019). Bu, cihazların görevleri uyumlu bir şekilde gerçekleştirmesini sağlar. Ağ katmanı tasarımında, aşağıdaki konular ele alınmalıdır (De Boer et al., 2019); sabit, kablosuz, mobil ağları yönetmek de dahil olmak üzere ağ yönetim teknolojileri, ağ enerji verimliliği, hizmet kalitesi gereksinimleri, veri madencilik ve veri aramak için gerekli teknolojiler, veri ve sinyal işleme, güvenlik ve gizlilik.

Bu konular, bilgi gizliliği ve insan gizliliği, güvenliği, konuşlandırılması, hareketliliği ve karmaşıklığı nedeniyle kritik öneme sahiptir. Bilgi gizliliği için, kullanılan mevcut şifreleme teknolojileri, nesnelere interneti ile birlikte genişletilebilir ve dağıtılabılır. Bununla birlikte, bu durum nesnelere internetinin karmaşıklığını artıracaktır. Mevcut ağ güvenliği teknolojileri, nesnelere internetinde gizlilik ve güvenlik için bir temel sağlayabilir, ancak daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir.

Hizmet Katmanı (Service Layer): Hizmet katmanı, nesnelere internetindeki hizmetler ve uygulamalar için önemli bir sağlayıcısı olan ara katman (middleware) teknolojisine dayanır. Ara katman teknolojisi, donanım ve yazılım platformlarının yeniden kullanılabilirliği uygun maliyetli bir platform sağlar (Mountrouidou et al., 2019). Servis katmanı, orta servis özelliklerinin gerektirdiği faaliyetleri içerir. Hizmet katmanındaki hizmetler, bir uygulama için gerekli yeni hizmetleri etkin bir şekilde bulmak ve hizmetler hakkında dinamik olarak veriler almak için doğrudan ağ üzerinde çalışır. Bu sistemlerin çoğu, farklı kuruluşlar tarafından geliştirilen çeşitli standartlar tarafından yönetilmektedir. Ancak, evrensel olarak kabul edilen bir servis katmanı nesnelere interneti için önemlidir (Ray, 2018). Pratik bir hizmet katmanı, minimum uygulama gereksinimlerini, uygulama programlama arayüzlerini

(API) ve gerekli uygulamaları ve hizmetleri destekleyen protokolleri içerir. Bilgi alışverişi ve depolama, veri yönetimi, ontolojiler veritabanı, arama motorları ve iletişim gibi servis odaklı faaliyetlerin tümü hizmet katmanında gerçekleştirilir (Maamar and Baker, 2019). Faliyetler aşağıdaki bileşenler tarafından yürütülmektedir (De Boer et al., 2019):

Hizmet keşfi, gerekli servis ve bilgileri etkili bir şekilde sağlayabilen nesnelere bulur. Hizmet kompozisyonu, bağlı nesnelere arasındaki etkileşimi sağlar. İstenen hizmeti bulmak için nesnelere ilişkilerini ve hizmet kompozisyonunu planlar ya da en güvenilir hizmetleri elde etmek için daha uygun bir hizmeti yeniden oluşturur. Güvenilirlik yönetimi, diğer hizmetlerin sağladığı bilgilerin nasıl işleneceğini anlamayı amaçlamaktadır. Uygulama programlama arayüzü (API), kullanıcılar tarafından talep edilen hizmetler arasındaki etkileşimleri sağlar.

Arayüz Katmanı (interface layer): Nesnelere internetinde, çok sayıda cihaz bulunur; Bu cihazlar farklı satıcılar tarafından sağlanabilir ve dolayısıyla her zaman aynı standartlara uymazlar. Heterojen nesnelere arasındaki uyumluluk sorunu, nesnelere arasındaki etkileşimler için özellikle ele alınmalıdır. Uyumluluk bilgi alışverişi, iletişim ve olayların işlenmesini içermektedir. İşletmeler, yönetimini ve ara bağlantılarını basitleştirmek için etkili bir arayüz mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bir arayüz profili (IFP), uygulama katmanları üzerinde çalışan uygulamalarla minimum etkileşime izin veren bir servis standartları alt kümesi olarak görülebilir (Da Costa et al., 2019). Arayüz profilleri, uygulamalar ve hizmetler arasındaki özellikleri tanımlamak için kullanılmaktadırlar.

2.2.3. Nesnelere İnterneti Amaçları

Daha Geniş Bir Ağa Bağlanma: Nesnelere interneti, bilgisayar ve cep telefonu gibi bilgi araçlarının aralarındaki bağlantıya benzer bir şekilde, tüm akıllı veya akıllı olmayan fiziksel nesnelere birbirine bağlanmasını amaçlar. Ve bunu da aşağıdaki özellikler sayesinde gerçekleştirme imkânına sahiptir (Li et al., 2015):

Cihazların miktarındaki genişlik; bağlı cihazların miktarı, çok sayıda ekipman, sensör, aktüatör, araç ve RFID'e bağlı cihazlar da dahil olmak üzere birkaç milyardan

fazla olacağı beklentileri. Cihaz çeşitliliğindeki genişlik; ağ cihazları (ağ elemanları) doğrudan elektronik güçle veya bataryalarla güçlendirilebilir; hesaplama ve iletişim kapasitesi büyük ölçüde farklı olabilir, örneğin, bazı cihazlar herhangi bir hesaplama yeteneğine sahip olmayabilir. Bağlantı modunda genişlik; cihazlar kablolu veya kablosuz modda bağlanabilir; iletişim tek bir sıçrama veya çoklu atlama şeklinde olabilir; Bağlantı güçlü iletim veya zayıf iletim şeklinde olabilir. Bu nedenle, böyle geniş çaplı heterojen bir ağda, ağ elemanlarının son derece etkili bir şekilde birbirine bağlanması zorluğunu karşılanmalıdır.

İnternet Protokolü (IP), sıkı gereksinimlere sahip cihazları ağa bağlamak için uygun bir çözüm olarak görülmektedir. Örneğin, cihazların güçlü bir hesaplama ve iletişim yeteneklerine sahip olması gerekir; çalışma zamanı ve işlem rotası genellikle sabit bağlantılar aracılığıyla sağlanır. Ancak, nesnelerin internetinin geleneksel cihazların yanı sıra zayıf yeteneklere (örneğin, kablosuz sensör düğümleri, radyo frekanslı tanımlama sistemleri) sahip birçok cihazı bağlaması gerekir; Ağ, çevresini algılayabilen, kendi kendini organize eden, aralıklı ve sert çevre koşullarına karşı dayanıklı olmalıdır. Bu gibi durumlarda, internet protokolleri doğrudan veri alışverişi protokolü olarak kullanılamaz. Son zamanlarda, Gecikme Toleranslı Ağ (DTN), zayıf durum yönlendirme, fırsatçı yönlendirme, konum tabanlı yönlendirme ve olay tabanlı yönlendirme gibi internet protokolleri dışı protokoller olarak adlandırılan yeni veri aktarımı ve yönlendirme teknikleri araştırılmaktadır. Gelecek nesnelerin interneti, internet protokolleri ve internet protokolleri dışı protokollerin uyumunun fazlaca ele alması beklenmektedir (Xua and Chena, 2016). Ağ elemanlarının ve dinamik uygulama ortamlarının heterojenliğinden dolayı, çeşitli ağ gereksinimleri ve nesnelerin internetindeki ilgili ara bağlantı modelleri ve mekanizmalarının ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Farklı boyutlara sahip ağ elemanları arasındaki uyumun sağlanması için, geniş ölçekli heterojen ağların gerektirdiği küresel bir ağ oluşturulmasının desteklenmesi ve yerel dinamik özerkliğin gerektirdiği etkili veri alışverişi için temel oluşturmak üzere, yeni dinamik ağ elemanı türleri üzerinde çalışılması gerekmektedir.

Daha Yoğun Bilgi Algısı: Nesnelere interneti, küresel bir çevre bilincini elde etmek için yerel çevrenin, çok miktarda sensör ile birbirlerinden bağımsız olarak algılanabilmesi gerekir. Her bir sensörden gelen algılama bilgileri aşağıdaki nedenlerden dolayı belirsizlik içerebilir (Li et al., 2015):

Format farklılığı; sıcaklık, nem, ses, video ve diğer bilgiler için veri formatları birbirinden farklıdır. Tutarsızlık; elde edilen verilerin haritalamasının bozulması nedeniyle tutarsız bilgiler oluşabilir. Hata oluşması; bir dizi bilgi yanlışlığı çoğu zaman örnekleme yöntemlerinin çeşitliliği ve sensörlerin farklı yeteneklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Süreksizlikler; aralıklı bilgi kullanılabilirliği genellikle dinamik ağ iletim kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Anlaşılmazlık; bilgilerin eksik algılanması, sensörlerin sınırlamalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin, sadece Karbondioksit bilgisine dayanan orman kirliliğinin ölçülmesi açıkça yetersizdir. Eksiklik; kısmi bilgi kaybı, dinamik ağ ortamından kaynaklanmaktadır.

Yukarıda sıralanan nedenlerden dolayı, sensör bilgisini doğrudan kullanmak çok zordur ve nesnelere internetindeki belirsiz duyuşal verilerin doğru bir şekilde kullanılması zorunluluğu mutlaka karşılanmalıdır. Bu tür belirsiz bilgiler, nispeten daha doğru bilgiye dönüştürülerek yeniden sistem içerisine entegre edilmek zorundadır. Ancak bu şekilde, fiziksel çevre zamanında anlayabilir ve kontrol edebilir. Birbirine bağılı çoklu cihazların işbirliğini kullanarak fiziksel dünyayı algılamak, farklı ağ ekipmanı türleri arasında bilgi alışverişi sorununu çözmeyi gerektirir (Da Costa et al., 2019). Bu nedenle, farklı ağ aygıtları arasındaki etkileşim süreci sırasında bilgi temsili, performans-maliyet dengesi ve cihazların konumlarındaki farklılıklar özellikle ele alınmalıdır.

Daha Kapsamlı Akıllı Hizmet: Sıradan fiziksel nesnelere kapsamlı bir şekilde birbirine bağlanması ve fiziksel dünyanın ayrıntılı bir şekilde algılanabilmesine dayanan nesnelere interneti, fiziksel nesnelere hizmet sürecine aktif olarak dâhil olduğu kapsamlı akıllı hizmetler sağlayabilmektedir. Örneğin, insanların, taşıtların, yolların ve çevrenin uyumunu sağlamak için araç taşıma ağları, insan taşıma ağları, akıllı ulaşım ağları ve çevre izleme ağları gibi bazı ağlar, trafik durumu, hava durumu,

çevre bilgisi ve sağlık durumu gibi diğer akıllı hizmetlerle entegre edilebilir (Li et al., 2015).

Bazı akıllı sistemler, nesnelerin internetinin dinamik ortamına uyum sağlayabilecek yeni yazılım modelleme teorilerini, hizmet sunum mekanizmalarını ve yöntemleri gerektirmektedir (Boyes et al., 2018). Ayrıca, esnek, uygun ve daha kapsamlı bir akıllı hizmet sunmak oldukça zordur. Yeni ortaya çıkmış bir ağ türü olan nesnelerin interneti, büyük ölçekli heterojen ağ elemanları, belirsiz algılama bilgileri ve dinamik sistem ortamı ile karakterize edilir. Şu anda, nesnelerin interneti uygulamalarının geliştirilmesini ciddi şekilde kısıtlayan yukarıdaki zorluklarla başa çıkmamızı sağlayacak tam bir teori hala mevcut değildir (Ray, 2018).

2.3. BÜYÜK VERİ

Düzenli veya düzensiz olmak üzere her gün yapılan çalışmaların işleyişini zorlaştıracak kadar büyük miktardaki veriyi tanımlar. Bilgisayarlaşmanın ve mobil cihazların kullanımının artmasıyla veri miktarının daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle oluşan bu büyük miktardaki veriyle nasıl başa çıkılacağı araştırmacılar için öncelikli ilgi alanı olmuştur.

2.3.1. Büyük Veri Uygulamalarının Gelişimi

Büyük veri uygulamalarının kökenlerinin tam olarak belirlenmesi için, uygulama mimarisi, kronolojik gelişim dikkate alınmalıdır. Bunlar dikkate alındığında, büyük veri uygulamalarını değerlendirmek için genellikle beş ölçütün kullanıldığı görülür. Bu beş ölçüt, depolama mimarisi, bilgi işlem dağıtımı, depolama teknolojisi, analitik teknolojisi ve kullanıcı deneyimi olarak sıralanabilir (Oussous et al., 2018).

Depolama mimarisi, bilgisayar ortamında depolanmış veriyi ifade eder. Sistemdeki veri akışını kontrol etmek için kullanılacak veri işleme işlemleri için kriterler içerir. Veri sistemleri için standartlar içermesinin yanı sıra bu sistemler arasındaki etkileşimleri sağlar.

Bilgi işlem dağıtımı, ağ bağlantılı bilgisayarlarda bulunan ve tek bir sistem olarak çalışan çok sayıda yazılım bileşenini ifade eder. Bu bilgisayarlar birbirinden

uzak olabilir ve geniş bir alan ağı ile bağlanabilir veya fiziksel olarak birbirine yakın ve yerel bir ağ ile bağlanabilir.

Depolama teknolojisi, verinin elektromanyetik veya optik bir formda tutulduğu yer anlamına gelir. En güncel depolama teknolojileri, bant yedekleme ekipmanlarına ve depolama sistemlerini yönetmeye yönelik yazılımlara dayanır.

Analitik teknolojisi, verilerin dönüştürülmesine yönelik sistematik hesaplama analizini temel alan; veriye dayalı karar verme olarak tanımlanmaktadır. Analitik teknolojinin temel amacı, farklı kaynaklardan toplanan verileri toplamak ve bu verileri analiz ederek optimum bir karara varmaktır.

Kullanıcı deneyimi, bir kullanıcının sistemle etkileşiminin genel kalitesini ifade eder. İnsan-bilgisayar etkileşiminin deneyimsel, anlamlı, pratik ve değerli yönlerini içerir.

2.3.2. Veri İşleme Yöntemleri

Hâlihazırda, bireyler ve şirketler, büyük miktardaki verilerden değerli bilgilerin hızla nasıl çıkarılacağına odaklanmaktadır. Büyük veriler için kullanılan işlem yöntemleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir ve tüm işleme yöntemlerinin kısaca özetlenmiştir.

Hashing (Özetleme): Büyük bir veritabanı yapısı içinde, bir bilgi araması, istenen veriyi bulmak için aramayı tüm diskte gerçekleştirdiği için, araması yoluyla bilgiye ulaşılması her zaman mümkün değildir. Bu durum aynı zamanda süreci de maliyetli hale getirir. Özetleme, dizin yapısını kullanmadan diskteki verileri almak için etkili bir tekniktir (Oussous et al., 2018). Çalışma şekli, bir fonksiyon yardımıyla uzun bir veri girdisini alarak daha küçük bir alanda sayısal olarak göstermektir. Amaç girende bir değişiklik olduğunda bunun çıkışa da yansımasıdır. Buna göre özetleme fonksiyonları ya veri güvenliğinde, verinin farklı olup olmadığını kontrol etmeye yarar ya da verileri sınıflandırmak için kullanılır. Teknik, diskteki istenen verilerin yerini hesaplamak için özet işlevini kullanır. Özet işlevi h , bir giriş değeri olarak alan ve bu değeri bir anahtara (k) dönüştüren bir eşleme işlemidir. K değeri, verilerin nereye yerleştirildiğini gösterir (Wang et al., 2019). Özet dosyalar, verileri bir blok

biçiminde depolar. Statik ve dinamik özet olmak üzere iki tür özet vardır. Statik özetlemede, bir arama anahtarı değeri oluşturulduğunda özet işlevi daima aynı adresi hesaplar. Ekleme, silme ve arama statik özette gerçekleştirilir. Dinamik özetlemede, veri blokları dinamik olarak eklenir ve talep üzerine çıkarılır. Dinamik özet, sorgulama, ekleme, silme ve güncelleme işlevlerini gerçekleştirir. Özetlemenin en büyük avantajı hızlı veri okuma imkanı sağlamasıdır (Mikalef et al., 2019) .

indeksleme (Indexing): Karmaşık ve büyük bir veri kümesi içerisinde hızlı bir şekilde veri bulmak için, indeksleme yaklaşımları kullanılır. Büyük veri kümeleri içerisinde manuel arama yapmak pratik değildir ve sadece yüksek verimlilikli indeksleme yaklaşımları büyük veri depolamanın performans gereksinimlerini karşılayabilir (Xua and Chena, 2016). Bir veri tabanı indeksi, veritabanı içerisinde gerçekleştirilen veri alma işlemlerinin hızını artıran veri dizinleridir. Diziner, veritabanına her erişildiğinde, veritabanı içerisindeki her satırda tek tek arama yapmak zorunda kalmadan verileri bulmak için kullanılır. Diziner, hem hızlı ve rastgele aramaların hem de sıralı kayıtların verimli erişiminin sağlamak için veritabanı içerisindeki bir veya daha fazla sütunu kullanılarak arama yapılabilir. Bu karmaşıklık nedeniyle, anlamsal indeksleme temelli yaklaşımlar, dosya indeksleme, r-tree indeksleme, kompakt steiner ağaç ve bitmap indeksleme gibi çeşitli indeksleme prosedürleri oluşturulmuştur (Xua and Chena, 2016). Bu endeksleme yaklaşımlarının çoğunda tek sorun yüksek maliyetlerdir (Xua and Chena, 2016).

Bloom filtresi: Bloom filtresi, 1970 yılında Burton Howard Bloom tarafından tasarlanan, bir elemanın bir kümenin üyesi olup olmadığını test etmek için kullanılan, olasılıksal bir veri yapısıdır (Torrecilla and Romo, 2018). Bloom filtresi, bir anahtarın bir veri seti ile eşlenmesi için özet işlemini kullandığı için bir özetlemeye çok benzer. Ancak bloom filtresinde, bu anahtar saklamaz, sadece dolu olarak işaretlenir. Bu nedenle yanlış pozitif eşleşmeler mümkündür, ancak yanlış negatifler değildir - başka bir deyişle, bir sorgu "muhtemelen kümede" veya "kesinlikle kümede değil" olarak sonuçlanır. Ögelere set eklenebilir, ancak kaldırılmaz; sete eklenen daha fazla eleman, yanlış pozitiflerin olasılığı artar. Bloom Filtresinin yüksek

alan verimliliği ve yüksek hızlı sorgu gibi birçok avantajına rağmen, yanlış pozitif eşleşmeler büyük bir dezavantaj olarak görülmektedir (García-Gil et al., 2019).

Paralel hesaplama(Parallel computing): Paralel hesaplama, birçok hesaplama veya işlemlerin aynı anda gerçekleştirildiği bir hesaplama türüdür. Büyük problemler genellikle daha küçük olanlara ayrılabilir, bu da aynı anda çözülebilir (Torrecilla and Romo, 2018). Paralel bilgi işleminin birkaç farklı şekli vardır: bit seviyesi, komut düzeyi, veri ve görev paralellik gibi. Paralellik, yüksek performanslı bilgisayarlarda uzun süredir kullanılmaktadır (Torrecilla and Romo, 2018). Bilgisayarların güç tüketimi (ve dolayısıyla ısı üretimi) son yıllarda önemli bir sorun haline geldiğinden, paralel hesaplama bilgisayar mimarisi, çoğunlukla çok çekirdekli işlemciler biçiminde yapılmaktadır. Paralel hesaplamada, çok çekirdekli ve çok işlemcili bilgisayarlar, tek bir makinede birden çok işlem gerçekleştirirler. Hızlı işlem, karmaşık görev dağılımı ve daha az güç tüketimi gibi paralel işlemin birçok avantajına sahip olması nedeniyle çokça tercih edilmektedir (Merendino et al., 2018).

2.3.3. Veri Analiz Teknolojileri

Veri analizi, yararlı bilgileri keşfetme, kullanıcıları bilgilendirme ve karar vermeyi destekleme amacıyla verilerin derlenmesi, temizlenmesi, dönüştürülmesi ve modellenmesi sürecidir. Veri analizi, bilim ve sosyal bilim alanlarında kullanıldığında farklı isimler altında çeşitli teknikler ortaya çıkarmıştır (Wilcox et al, 2019). Şu anda, analiz amaçlı uygulanabilecek sadece birkaç teknik vardır. Bunlar veri madenciliği, web madenciliği, görselleştirme yöntemleri, makine öğrenmesi ve optimizasyon yöntemleridir (Ghasemaghaei and Calic, 2019).

Veri madenciliği: Veri madenciliği, eldeki verilerden üstü kapalı, çok net olmayan bilgi içersinden, önceden bilinmeyen ancak potansiyel olarak kullanışlı bilginin çıkarılması işlemidir. Bu da; kümeleme, veri özetleme, değişikliklerin analizi, sapmaların tespiti gibi belirli sayıda teknik yaklaşımlar ile gerçekleştirilir. Başka bir deyişle, veri madenciliği, verilerin içerisindeki desenlerin, ilişkilerin, değişimlerin, düzensizliklerin, kuralların ve istatistiksel olarak önemli olan yapıların yarı otomatik olarak keşfedilmesidir (Wilcox et al., 2019). Veriler arasındaki ilişki, kuralları ve bilgisayar programları yardımıyla sorumludur. Amaç, daha önceden fark edilmemiş

veri desenlerinin tespit edilmesidir (Amankwah-Amoaha and Adomako, 2019). Veri madenciliği sahası, istatistik, makine bilgisi, veritabanları ve yüksek performanslı işlem gibi temelleri de içerir (Merendinoa et al., 2018).

Web madenciliği: Web madenciliği, veri madenciliğinin bir alt dalıdır ve web üzerindeki bilgileri işleyerek analiz etmeyi amaçlar. Temel olarak 3 grup altında incelenebilir (Khezrimotlagh et al., 2019):

Web kullanım madenciliği (web usage mining) çalışmalarında, kullanıcıların web sayfaları ile olan ilişkileri incelenmektedir. Örneğin kullanıcıların tıklama alışkanlıkları ve sıklıkları, dolaştıkları siteler, hangi sayfaya hangi sayfadan sonra girdikleri, en çok hangi reklamlara tıkladığı, resim içerikli mi yazı içerikli mi yoksa video içerikli mi sitelere daha çok tıkladıkları gibi sorulara cevap aranır. Bu soruların cevapları karşılıklı olarak ilişkilendirilmeye çalışılır (Wang et al., 2019). Web yapı madenciliği (web structure mining) aslında bir grafik kuramı (graph theory) çalışması olarak düşünülebilir. Bu gruptaki çalışmalar, webte bulunan kaynakları kullanarak birer grafik çıkarmayı ve bu grafik üzerinde analizler yapmayı hedefler. Örneğin hangi sitelerin, hangi sitelere bağlantı (link) verdiği bilgisi bir grafik şeklinde çizilebilir. Buradan en çok bağlantı alan veya en çok bağlantı veren siteleri analiz etmek mümkündür. Benzer şekilde site içeriklerinde kullanılan bilgilerin de grafiğe dökülmesi ve analiz edilmesi mümkündür (Wilcox et al., 2019). Bir sitenin kendi içindeki bağlantı yoğunluğu veya resim yoğunluğu veya kullanıcı ile iletişimi sağlayan formların yoğunluğu site yöneticilerine veya site tasarımcıları için faydalı bilgiler sunabilir. Web içerik madenciliği (web content mining) çalışmaları ise web sitelerinin içeriğine yoğunlaşır. Örneğin sitenin içerisindeki sayfaların dillerini tespit etmek, kullanılan kelimelerin yoğunluğunu bulmak, otomatik olarak anahtar kelime (keyword) çıkarımı yapmak veya sitelerin kategorize edilmesi (şiddet, cinsel içerikli, sohbet, oyun, haber, spor vs.) bu tip çalışmalara birer örnektir (García-Gil et al., 2019).

Yukarıdaki her üç yöntem için de genel olan bir durum ise çeşitli istatistiksel yöntemlerden yararlanıldığıdır. İstatistiksel modellerin çıkarılması ve çeşitli amaçlara yönelik olarak bu modellerin kullanılması analizlerin bir parçası olmuştur.

Görselleştirme yöntemleri (Visualization methods): Veri görselleştirme, görsel iletişimin modern bir karşılığı olarak birçok disiplin tarafından kullanılan, verilerin görsel temsilinin oluşturulması işlemidir. Bilgileri açık ve verimli bir şekilde iletmek için, veri grafikleri, çizimler ve diğer araçlar kullanır. Sayısal veriler, niceliksel bir mesajı görsel olarak iletmek için noktalar, çizgiler veya çubuklar kullanılarak kodlanırlar (Allama and Dhunny, 2019). Görselleştirme, kullanıcıların verileri analiz etmesine ve hatırlanmasına yardımcı olur. Karmaşık verileri daha erişilebilir, anlaşılır ve kullanılabilir hale getirir. Veri görselleştirme, karşılaştırma yapmak veya nedenselliği anlamak gibi belirli analitik amaçlara sahip olabilir ve grafiğin tasarım ilkesi (yani karşılaştırmaların gösterilmesi veya nedenselliğin gösterilmesi) görevini yerine getirir (Wang et al., 2019). Tablolar genellikle kullanıcıların belirli bir ölçümü arayacağı yerlerde kullanılırken, çeşitli türlerdeki grafikler bir veya daha fazla değişken için veride kalıp veya ilişki göstermek için kullanılır. Veri görselleştirme, bazıları tarafından betimsel istatistiklerin bir dalı olarak görülüyor.

Makine öğrenmesi: Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerine açık bir şekilde programlanmadan öğrenme yeteneği vermek için istatistiksel teknikleri kullanan disiplinlerarası bir alandır (Allama and Dhunny, 2019). Makine öğrenmesi, iyi performansa sahip açık algoritmaların tasarlanması ve programlanması zor olan veya mümkün olmayan bir dizi hesaplama görevinde kullanılır; örnek uygulamalar arasında e-posta filtreleme, ağa izinsiz giriş yapan kişilerin algılanması yer alabilir (Torrecilla and Romo, 2018).

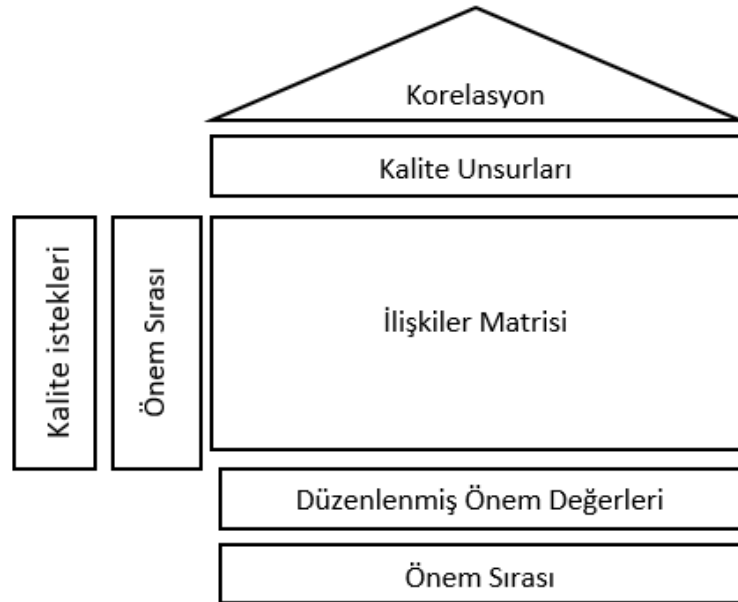
Optimizasyon yöntemleri: Ölçülebilir problemleri çözmek için optimizasyon yöntemleri kullanılır. Matematik, bilgisayar bilimi ve işletme araştırmalarında, matematiksel optimizasyon veya matematiksel programlama, alternatif olarak yazım optimizasyonu, bazı alternatif seçenekler arasından en iyi unsurun (bazı kriterlere göre) seçilmesidir (Amankwah-Amoaha and Adomako, 2019). Bu yöntem multidisipliner alanlarda kullanılmaktadır. Bu teknikler optimizasyon sağlar ancak yüksek karmaşıklığa sahiptir ve zaman alıcıdır.

Sosyal ağ analizi: Sosyal Ağ Analizi (SNA), bir ağ üzerindeki sosyal ilişkileri incelemek için kullanılır. Sosyal ağ analizi, sosyal bilimler ve bilgisayar bilimlerinde

dönüşümlü olarak kullanılan disiplinler arası bir alandır. Buna göre, toplumsal yapılar içerisindeki aktörler (düğüm – node) birbirleriyle kurdukları ilişkiler (ayrıt – edge) üzerinden yapı içinde konumlanırlar (Amankwah-Amoaha and Adomako, 2019). Ağ analizi sosyal sistemde yer alan kişiler arasındaki ilişki biçimlerini ortaya koyar ve bu ilişkilerin sosyal yapı içindeki yerleşimlerinin ve zaman içindeki değişimleri inceler.

2.4. KALİTE FONKSİYONU DAĞILIMI (QFD)

Kalite fonksiyonu dağılımı, kullanıcıların gereksinimleri için hangi teknoloji veya yöntemlerin öncelikli olarak geliştirilmesi gerektiğine karar verilebilmesine olanak sağlayan, çok kullanılan bir tasarım yöntemidir. Kalite fonksiyonu dağılımı yönteminde, kullanıcıların gereksinimleri “istenen kalite”, teknoloji yönleri ise “kalite unsurları” olarak belirtilmektedir. İstenilen kalite, müşterinin üründen gelen beklentilerinin ifadesidir. Bu ölçütler çeşitli yöntemlerle elde edilir ve müşterinin sesi olarak adlandırılırlar. Kalite unsuru, teknik terimler ile ifade edilen bir ürünün kalitesini değerlendirmek için kullanılan ölçüttür (Dinçer and Yüksel, 2019).



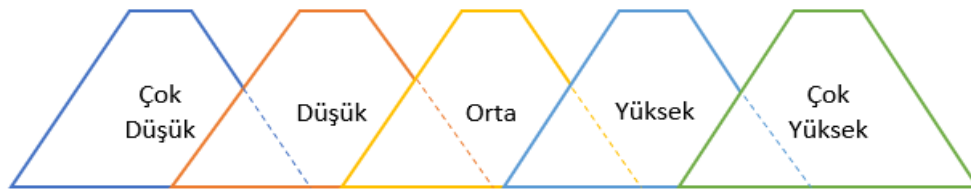
Kalite fonksiyonu dağılımı, tasarım çözümlerinin işlevsel ve niteliksel bilgisini zenginleştirmek için bir tasarım teorisi veya metodolojisi olarak kategorize edilir.

Bununla birlikte, doğrudan müşterinin sesi ve persona (sanal müşteri profili) içerisindeki kullanım bilgileri ve durumun sonraki mühendislik tasarım aşamasına kullanılmasını, sadece kalite fonksiyonu dağılımı yöntemindeki geleneksel kalite tablosunu kullanarak sağlamak zordur. Bu, ürün tasarımının son aşamasında kullanıcı testinden sonra veya kullanımı teşvik edilemeyen ürün üretiminde kapsamlı bir yeniden çalışmayla başarılabilir (Hara, 2018).

Her istenen kaliteye, kullanıcılar için ne kadar önemli olduğunu ifade eden bir önem derecesi verilir. İstenen kalitenin bir kalite unsuru ile arasındaki korelasyon derecesini belirten ilişkiler matrisi sayesinde, korelasyon dereceleri farklı kalite elemanlarının önemine göre dağıtılır. Bu şekilde elde edilen bir kalite elemanının ağırlık derecesi, her kalite elemanın kullanıcı gereksinimlerini karşılamada oynadığı rolün önemini ifade eder (Şekil 2.4). QFD başlangıçta ürün tasarımı için geliştirilmiştir, ancak son yıllarda hizmet geliştirmek için de kullanılmaktadır.

2.5. BULANIK KALİTE FONKSİYONU YAYILIMI

Klasik Mantığın temelinde bir problemin cevabı olarak kesin ifadelerin olması örneğin “doğru” veya “yanlış” olması düşüncesi vardır. Buna rağmen, gerçek hayattaki problemlerin çözümünde bu mantık yeterli olamamaktadır. Bunun nedeni, gerçek hayata ait sorunların ve bu sorunlar karşısında insanın nasıl karar vereceğinin belirsiz olmasıdır (Hara, 2018). Bu durum yapılan matematiksel hesaplamalarda hata oluşturma riski vardır.



Şekil 2.3: Bulanık mantık ifadeleri.

Bunun nedeni kalite fonksiyonu dağılımında ilişkiler matrisi işlemi yapılırken oluşturulan ilişkiler matrisini değerlendiren kişilerin bu konuda uzman kişiler olsalar bile iki terim arasındaki ilişkinin derecesini kesin olarak belirleyememesidir (Dinçer and Yüksel, 2019). Bu durum kalite evi matrisinin oluşturulmasında kullanılan

ölçeklerin yüksek veya çok düşük gibi belirsiz ifadelerden oluşmasıdır. Bu ifadeler belli bir noktayı değil bir alanı ifade eder ve bu ifadelerin oluşturdukları alanlar birbirleriyle çakışabilir (Şekil 2.3). Bu ifadelere kesin sayıların atanmış olması sonuçların hatalı olabileceği riskini ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 2.1: Bulanık kalite fonksiyonu yayılımı.

Önem/Korelasyon Seviyesi	Bulanık Sayılar (α, β, γ)
Çok Yüksek	(0,1,2)
Yüksek	(2,3,4)
Orta	(4,5,6)
Düşük	(6,7,8)
Çok Düşük	(8,9,10)

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı oluşabilecek hataları engellemek için bulanık (fuzzy) sayıları kullanılır. Belirsiz olan sözel ifadeler için belirsiz sayılar kullanılması sonuçta hesaplanan önem sıralarının hatalı olmasını engellemektedir (Trappeya et al., 2018). Bu çalışma için kullanılan bulanık sayıları yukarıdaki tabloda verilmiştir.

2.6. PLATFORMLAR

Üretim sistemlerinde yukarıda sıralanan sorunların varlığı ve bu sorunların giderek artmaya devam etmesi bazı şirketlerin çözüm olabilecek sistemleri üretmelerine yönelik fırsat oluşturmuştur. Bu sistemleri oluşturan teknolojilerin yeni olması ve üretim maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle düşük sermayeli şirketlerin böyle sistemler üretmesi oldukça zordur. Bu durum göz önüne alındığında genellikle büyük şirketlerin bu sistemleri ürettiklerini ve hizmet olarak kiraladıklarını ya da sattıklarını görüyoruz. Bu sistemlere platform adı verilir ve başlıca platformlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Postscapes, 2019) .

PTC/ThingWarix: PTC, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve buna benzer ürün, hizmet ve uygulama yönetimi konularında uzman olan bir endüstriyel kuruluştur. Bu alanlarda ki tecrübelerinde faydalanarak ürettiği Thingworx platformunu piyasaya sürmüştür.

GE/Predix: Dünyanın en büyük jet motoru üreticisi olan General Electric (GE), nesnelerin interneti teknolojilerine odaklanmak için General Electric Digital 2015

adlı paralel bir organizasyon oluşturulmuş ve hizmet platformlarının ilk örneği olarak kabul edilen Predix'i piyasaya sürmüştür.

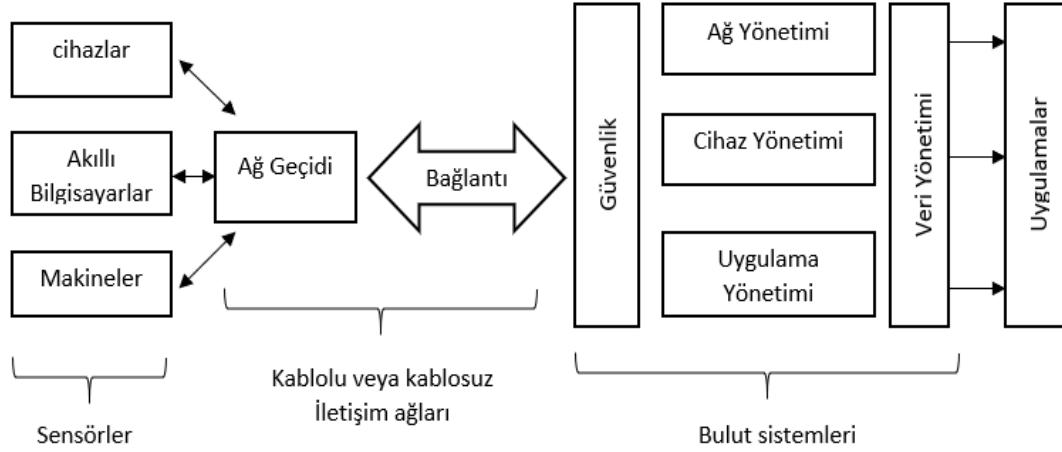
Bosch/ IoT Suite: Bosch, Almanya merkezli bir başka teknoloji şirkettir. Ürün yelpazesinin genişliği, üretilen cihazların çeşitli amaçlara ve uygulama türlerine ait yazılım çözümleri üretmesi zorunluluğu nedeniyle Bosch'un platform piyasasına girmesi son derece uygundur. Bosch'un ürettiği IoT Suite, yenilikçi yaklaşımı ile en iyi nesnelerin interneti platformlarından biri olarak kabul edilir. Bosch IoT çözümleri, hem bulut hizmetleri hem de şirket içinde çalışan bağımsız sistemler için uygulanabilecek esneklikte olduğu belirtilmiştir. Platformun, alanlar arası uygulamaları desteklediği, entegrasyon verimliliğini artırdığı ve uyumluluk sorunlarını en aza indirdiği düşünülmektedir.

SAP/leonardo: SAP, Leonardo platformunu ilk kez Haziran 2017'de Orlando'daki Sapphire konferansında bir "dijital inovasyon sistemi" olarak duyurmuştur. Leonardo'nun amacı, müşterilerin yapay zeka (AI), makine öğrenmesi, gelişmiş analitik ve blockchain gibi gelişmekte olan teknolojilerden faydalanabilmeleri olarak belirtilmiştir.

IBM/Watson: IBM Watson bilişsel (anlama yeteneğine sahip) bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bilişsel hesaplama, makine öğrenmesi, doğal dil işleme, yapay zeka, insan etkileşimi, akıl yürütme gibi farklı tekniklerin bir karışımı olan bir tekniktir (Allama and Dhunny, 2019). IBM'in Watson, bilişsel bilgi işlemek ve veri analizi yapmak için yapay zeka kullanan soru yanıtlayan bir süper bilgisayar olarak tanımlanabilir.

Hitachi/Wantara: Hitachi, tüketici elektroniği, güç sistemleri ve bilgi teknolojisi sistemleri de dahil olmak üzere farklı sektörlerde ve teknolojilerde faaliyet gösteren şirket gruplarını içeren çok uluslu bir şirkettir. 2017 yılında Hitachi Wantara'yı piyasaya sürmüştür. Şirket, endüstriyel uygulamalar için cihaz yönetimi, analiz ve makine öğrenme yetenekleri sunan bir nesnelerin interneti platformu üretmek için bilgi teknolojileri pazarlarındaki geçmişini avantaj olarak kullanmaktadır.

Nesnelerin interneti sistemleri dört seviyede organize edilirler; algılama katmanı, ağ katmanı, hizmet katmanı ve arayüz katmanı. Nesnelerin interneti bu dört katmana göre inşa edilirler.



Şekil 2.4: Temel platform mimarisi.

Sensörler yardımıyla algılama katmanı içerisinde yer alan cihazlar, akıllı bilgisayarlar ve makinelerde veriler elde edilir. Endüstri 4.0 sistemlerinde sisteme dışarıdan veri girilmesi söz konusu değildir. Üretim için gerekli olan bütün veri sensörlerden ya da bulut içerisinde alınır. Veri iletimi ağ katmanında gerçekleşir. Veri iletimi kablolu veya kablosuz ağlar yardımıyla uzun ve ya kısa menzilde gerçekleştirilebilir. Verilerin toplandığı ve işlendiği kısımlarda, veriler öncelikle güvenlik protokollerinden geçer. Daha sonra veriler türlerine ve kullanılacakları bölümlere göre sınıflandırılır ve işlenir. Son kısım olan uygulama katmanı kullanıcı ile olan etkileşimi sağlayan arayüz katmanıdır.

Nesnelerin interneti platformları içerisinde kullanılan sistemler, platformun kullanılacağı alanlara göre özelleştirilmiştir. Bu sayede üretilen her bir platform güçlü ve zayıf yanları olan bir yapıya sahiptir. Bu durum piyada farklı özelliklere sahip bir çok platformun bulunmasını sağlar ve rekabet unsuru oluşturur.

3. UYGULAMA

Üreti sistemleri, mevcut yapısı düşünülduğünde piyasadaki değişiklikleri karşılama konusunda birçok zorlukla karşılaşmaktadır. Rekabetin atmasıyla firmalar aynı hat üzerinde birden fazla ürün üretmeye başlamış ve bu da üretim karmaşıklığını artırmıştır. Üretim sisteminin yapısı bu karmaşıklıkla başa çıkabilecek esnekliğe sahip olmaması nedeniyle ürün değişim süresini uzatarak makinelerin verimliliğini düşürmektedir. Diğer bir önemli sorun ise, günümüzde veriler elle ve otomatik olarak toplanmaktadır. Manuel ve otomatik olarak toplanan veriler farklı şekillerde ayrı yerlerde depolanmaktadır. Üretim sürecindeki verilerin toplandığı yere bağlı olarak, veriler farklı sistemlerde kaydedilir ve işlenir. Bilgilerin farklı şekillerde ve farklı yerlerde saklanması bilgi adalarının oluşmasına neden olur ve bilgi adaları etkin veri paylaşımını ve güvenilir karar vermeyi engeller (Oussous et al., 2018). Bu durum neden üretim sistemlerinin gerçek zamanlı bilgi depolamasına ihtiyaç duyduğunun da cevabını vermektedir.

Üretim sistemlerinde büyük veri ve nesnelerin interneti kullanılması yani ürün yaşam döngüsünün tamamının dijitalleştirilmesi, şirketlerin üretim, hizmet ve sosyal medyadan gelen verileri daha hızlı bir şekilde ürün iyileştirme sürecinde kullanılmak üzere yönlendirmesini sağlar. Akıllı sistemlerin, yönetim tabakasıyla üretim tabakası arasındaki iletişimin hızını artırarak bütün birimlerin üretim sürecine aktif olarak entegrasyonunu sağlaması ve böylece üretim için daha fazla esneklik oluşturması beklenmektedir (In and Kyoochun, 2015). Bu teknolojilerle şirketler, değişen piyasa koşullarına göre yeni kararlar almak ve yeni yapılandırmaları uygulamak için daha hızlı tepki verebilir veya üretimi çok daha hızlı planlayabilirler. Üretim sistemlerinin dijitalleştirilmesi sadece verimliliği arttırmakla kalmayıp aynı zamanda yeni iş modelleri ortaya çıkması ve uygulanabilmesi için yeni fırsatlar ortaya çıkartmaktadır (Boyes et al., 2018).

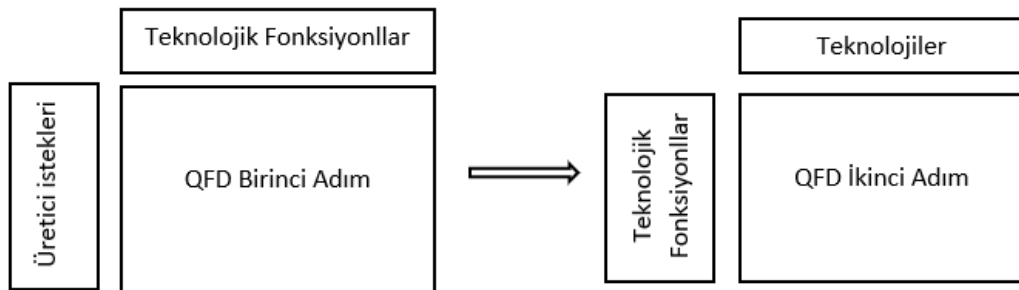
Üretim şirketleri açısından üretim sistemlerinde büyük veri ve nesnelerin interneti kullanılması söz konusu olduğunda iki seçenek vardır; bu sistemlerin satın alınması ya da kiralanması ve ya bu sistemlerin üretilmesi. Şirketler bu iki seçenekten hangisini seçeceklerini birçok kriteri hesaplayarak karar verirler.

Üretim şirketleri karşılaştıkları sorunlara çözüm olarak üretilmiş olan platformlardan birisini satın alabilir ve ya kiralayabilir. Ancak şirketlerin içinde buldukları piyasadaki konumlarının geleceği ve vizyonlarına bağlı olarak bir seçenekleri daha var: bu sistemleri kendileri hizmet olarak üretebilirler. Bu sistemleri kendileri üretmeye karar vermeleri durumunda dikkate alınması gereken kiritik teknolojilerin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kiritik öneme sahip teknolojilerin belirlenmesi için kalite fonksiyonu dağılımı yöntemi kullanılmıştır.

İzlenen yöntemde ilk olarak piyasadaki sert rekabete karşı üretim firmalarının avantaj sağlamasına yarayacak ihtiyaçlar, bu ihtiyaçların karşılamaya yönelik nesnelere interneti ve büyük veri teknolojilerinin sunduğu özellikler ve bu özellikleri oluşturabilmek için gerekli teknolojiler belirlenmiştir.

3.1. METODOLOJİ

Bu çalışmada üretim sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kritik öneme sahip teknolojilerin belirlenmesi için kalite fonksiyonu dağılımındaki ilişkiler matrisi yöntemi kullanılmıştır. Üretim sistemlerinin ihtiyaçları ile teknolojiler arasında doğrudan ilişki kurmak yeterince sağlıklı olmayacağından bu işlem ara işlem parametresi kullanılarak iki adımda gerçekleştirilmiştir. Ara işlem parametresi olarak nesnelere interneti ve büyük veri sistemlerinin sağladığı teknolojik fonksiyonlar kullanılmıştır.

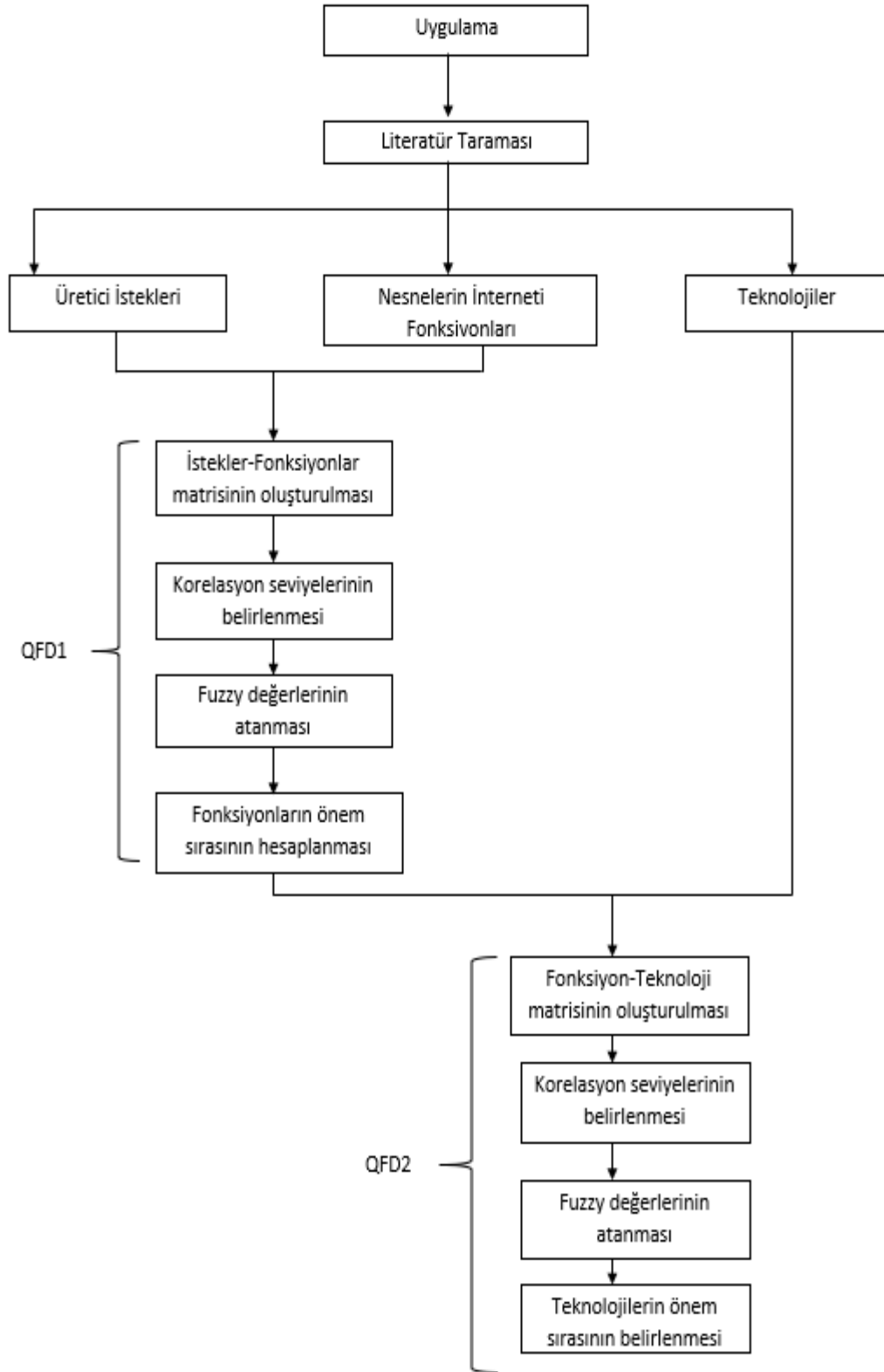


Şekil 3.1: Kalite Fonksiyonu dağılımı uygulama adımları.

Uygulamanın ilk aşamasında uygulama parametreleri olan üretici istekleri, teknolojik fonksiyonlar ve teknolojiler literatür taraması yöntemiyle araştırılmış ve

listelenmiştir. Uygulama parametreleri belirlendikten sonra Şekil 3.2 deki uygulama adımlarına göre ilişkiler matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu konuda uzman olan kişilerden önce ihtiyaçlar ve fonksiyonlar sonra da fonksiyonlar ve teknolojiler arasındaki ilişkinin derecesini belirlemeleri istenmiştir. Çalışmada elde edilmek istenenlerin doğru bir şekilde algılanabilmesi için kalite evi matrisini oluşturan parametreler anket formatında hazırlanarak çalışmaya katılanlara bu şekilde sunulmuştur.

Matriste yer alan değerler üretim sistemleri ve nesnelerin interneti hakkında bilgi sahibi olan iki mühendis ve iki öğretim görevlisi tarafından belirlenmiştir. Uzman kişiler tarafından belirlenen bu değerler ilişkiler matrisinde işleme sokularak nihayetinde üretim sistemleri için kritik öneme sahip teknolojilerin sırası elde edilmiştir.



Şekil 3.2: Uygulama akış şeması.

3.2. PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

Üretim sistemleri bütün gelişim aşamalarında optpimizasyona ihtiyaç duymuştur. Bunun nedeni içinde buldukları piyasanın şartlarının sürekli değişmesidir. Bütün bu değişiklikler karşısında üretim firmaları, karlılıklarını sağlamak için üretim sistemlerinde değişiklik yapmaya zorlanmıştır.

Üretim firmaları sürekli problemlerle karşılaşır. Bu problemler o günün şartlarına göre değerlendirilmelidir. Bugün karşılaşılan sorunlar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Karmaşık ve sürekli değişen üretim zinciri: Üreticiler, dünya çapında yeni fırsatlar aradıklarından, üretim sistemlerinde sık sık değişiklik yaparlar ve bu da karmaşık, üst üste binen üretim zincirlerinin oluşmasına neden olur (Niaki et al., 2019).

Gelişmekte olan pazar: Üreticiler gelişmekte olan genel ve yerel pazarlardan kaynaklı tedarik zincirlerini ve ürün stratejilerini yeniden şekillendirmeye zorlanmaktadır (Niaki et al., 2019).

İzlenebilirlik, şeffaflık, marka ve itibar: Üreticiler, ürün kalitesi sağlama ve itibarlarını koruma yeteneklerini güçlendirmek için üretimin ve ürün dağıtımının her noktasında izlenebilirlik ve şeffaflık sağlamalıdır (Oussous et al., 2018).

Müşteriler tarafından talep edilmek: Üreticiler, kişiselleştirilmiş ürünler ve daha yüksek hizmet seviyeleri ile müşterilerin artan gereksinimlerini karşılamak için inovasyon faaliyetlerini arttırmaya çalışmaktadırlar (Niaki et al., 2019).

Sistemin bütün noktalarına erişim: üretim bütünlüğünün ve veri akışının kolayca ve hızlıca sağlanması için cihazlarda, arayüzlerde ve süreçlerde bağlantının en uç noktalara kadar uzanması gerekmektedir (Oussous et al., 2018).

Veride doğruluk: Üreticiler, gün geçtikçe artan hacim ve çeşitlilikteki veriyi daha verimli bir şekilde kullanmak için etkili analiz yöntemlerine ihtiyaç duyarlar (Umer et al., 2019).

Bu çalışmada uygulama parametrelerinden birisi olan üretici istekleri yukarıda verilen kriterler dikkate alınarak literatür taraması yöntemiyle araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen üretici istekleri Tablo 3.1'deki gibi listelenmiştir.

Tablo 3.1: Üretici istekleri.

Üretici istekleri	Referanslar
Yüksek verimlilik	(Frank et al., 2019)
Geniş veri kullanılabilirliği	(Oussous et al., 2018)
İhtiyaç duyulan bilgiye gerçek zamanlı erişim	(Umer et al., 2019)
Daha hassas ölçüm ve hesaplama	(Song and Dang, 2018)
Düşük maliyette üretim	(Frank et al., 2019)
Gelişmiş üretim esnekliği	(Niaki et al., 2019)
Verimli iş gücü yönetimi	(Bianchi et al., 2019)
Daha kolay ürün özelleştirmesi	(Niaki et al., 2019)
Daha hızlı yeni ürün geliştirme	(Niaki et al., 2019)
Daha fazla güvenlik	(Lun et al., 2019)

Üreticilerin karşılaştığı bu sorunların çözümünde mevcut optimizasyon yöntemlerinin yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Nesnelerin interneti ve büyük veri yaklaşımıyla üretim sistemleri üzerinde köklü bir değişiklik yaparak bu sorunlara büyük ölçüde çözüm bulunabileceği öngörülmektedir. Nesnelerin interneti ile akıllı üretimin, varlık kullanımını ve verimliliğini daha fazla artırmak, imalatçılara artan pazar karmaşıklığı ve talep değişkenliği ile başa çıkmak için ihtiyaç duydukları esneklik ve karar verme kabiliyetinin derecesini yükseltmesi beklenmektedir.

Nesnelerin interneti ve büyük veri sistemleri, üretim sistemlerinin sorunlarına ve bu sorunlar nedeniyle ortaya çıkan ihtiyaçlara geliştirdiği teknolojik fonksiyonlarla çözüm bulmaya çalışmaktadır. Bu teknolojik fonksiyonlar araştırılmış ve uygulama için ara parametre olarak kullanılmışlardır. Araştırma sonucunda elde edilen teknolojik fonksiyonlar Tablo 3.2.'deki gibi listelenmiştir.

Tablo 3.2: Teknolojik fonksiyonlar.

Teknolojik fonksiyonlar	Referanslar
Farkındalık ve algılama	(Mountrouidou et al., 2019)
Hareketlilik	(Mountrouidou et al., 2019)
Büyük miktarda veri depolama	(Mikalef et al., 2019)
Yüksek hızda iletişim	(Mountrouidou et al., 2019)
Modelleme/ sanal protatiplame	(Ray, 2018)
Mikro/ nano üretim süreçleri	(Niaki et al., 2019)
Kendi kendine karar	(Oussous et al., 2018)
Ürün veri yönetimi	(Ray, 2018)
Varlık yönetimi	(Ray, 2018)
Verilerin gerçek zamanlı analizi	(Li et al., 2019)

Uygulama için kullanılan son parametre olan teknolojiler, belirlenmiş olan teknolojik fonksiyonlar dikkate alınarak araştırılmıştır. Her bir fonksiyonun geliştirilebilmesi için gerekli olduğu düşünülen teknolojiler derlenmiş ve Tablo 3.3'deki gibi listelenmiştir.

Tablo 3.3: Teknolojiler.

Teknolojiler	Referanslar
İletişim Protokolleri	(Mountrouidou et al., 2019)
Algoritma	(Ahmad et al., 2019)
Güvenlik protokolleri	(Das et al., 2018)
Radyo frekans tanımlama sistemleri	(Mountrouidou et al., 2019)
Sensörler	(Mountrouidou et al., 2019)
Devreler	(Ahmad et al., 2019)
Hafıza yönetim sistemi	(Torrecilla and Romo, 2018)
Güç yönetim sistemi	(Dobrescu et al., 2019)
Kontrol sistemleri	(Boyes et al., 2018)
Bulut bilişim sistemleri	(Mountrouidou et al., 2019)
3D yazıcılar	(Niaki et al., 2019)

3.3. QFD BİRİNCİ ADIM

Kalite fonksiyonu dağılımı (QFD) işleminin ilk adımında, literatür taraması sonucu belirlenmiş olan üretici istekleri ve nesnelerin interneti ve büyük veri sistemlerinin oluşturduğu teknolojik fonksiyonlar kullanılarak şu adımlar izlenmiştir; üretici isteklerinin özetlenmesi, üretici isteklerinin önem sırasının belirlenmesi, nesnelerin interneti fonksiyonlarının özetlenmesi, ilişkiler matrisinin oluşturulması, her bir üretici isteği ile teknolojik fonksiyon arasındaki korelasyon seviyesinin belirlenmesi, her bir korelasyon değerinin Tablo 2.1'de verilen bulanık sayılarına dönüştürülmesi, fonksiyonların önem sırasının hesaplanması, fonksiyonların listelenmesi.

Tablo 3.1'de yer alan üretici istekleri ve Tablo 3.2'de yer alan teknolojik fonksiyonlar kullanılarak bir matris oluşturulmuştur. Oluşturulan bu matriste yer alan her bir üretici isteği ve teknolojik fonksiyon arasındaki korelasyon seviyesi iki akademisyen ve iki mühendis tarafından belirlenmiştir. Çalışma kapsamında istenilen bilginin tam olarak anlaşılabilmesi için matris anket biçimine dönüştürülerek değerlendirme yapacak olan kişilere sunulmuştur. Araştırmada kullanılan anket Ek'te verilmiştir. Burda değerlendirmeyi yapacak olan kişilerden ilk olarak üretici isteklerini önem derecesine göre sıralaması istenmiştir. Daha sonra her bir üretici isteği ile teknolojik fonksiyon arasındaki ilişkinin seviyesini belirlemeleri istenmiştir. Belirlenen korelasyon seviyeleri bulanık sayılarına dönüştürülmüştür. Son olarak aşağıdaki formüller kullanılarak fonksiyonların önem sırası hesaplanmıştır (Wang and hdieh, 2018).

$$TI_j = \sum_{i=1}^n RI_i^* C_{ij} \quad (3.1)$$

$$\alpha(TI_j) = \sum_{i=1}^n \alpha(RI_i)^* \alpha(C_{ij}) \quad (3.2)$$

$$\beta(TI_j) = \sum_{i=1}^n \beta(RI_i)^* \beta(C_{ij}) \quad (3.3)$$

$$\gamma(TI_j) = \sum_{i=1}^n \gamma(RI_i)^* \gamma(C_{ij}) \quad (3.4)$$

$$CEV(X) = [\alpha(X) + \beta(X) + \gamma(X)]/3 \quad (3.5)$$

Formüllerde bulunan alan TI_j , j. sıradaki teknolojik fonksiyonun önemini (QFD ikinci aşamada teknolojinin); RI_i^* , i. sıradaki üretici isteğinin önemini (QFD ikinci aşamada teknolojik fonksiyonun) ifade etmektedir. C_{ij} , i. sıradaki üretici isteği (QFD ikinci aşamada teknolojik fonksiyon) ile j. sıradaki teknolojik fonksiyon (QFD ikinci aşamada teknoloji) arasındaki korelasyonu temsil etmektedir. TI_j değerinin daha düşük olması, j. sıradaki teknolojik fonksiyonun üretici ihtiyaları açısından daha önemli olduğu anlamına gelmektedir. Her bir X teknolojik fonksiyonu için (QFD ikinci aşamada teknoloji) toplam α , β , γ değerlerinin toplanıp üçe bölünmesi ile o fonksiyonun düzenlenmiş değeri (CEV) hesaplanmıştır.

Yapılan işlemler ve hesaplamalar sonucunda üretici istekleri ve teknolojik fonksiyonlar ile ilgili ilişkiler matrisi Tablo 3.4'deki gibi oluşturulmuş ve teknolojik fonksiyonların önem sırası belirlenmiştir.

Tablo 3.4: QFD Birinci Adım

	Fonksiyonlar	farkındalık ve algılama	Hareketlilik (Mobility)	Büyük miktarda veri depolama	Yüksek hızda iletişim	Modelleme/sanal protatiplama	Mikro/ nano üretim süreçleri	Kendi kendine karar verebilme	Ürün veri yönetimi	Varlık yönetimi	Verilerin gerçek zamanlı analizi
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Üretici istekleri											
Yüksek verimlilik	M1	0 1 2	6 7 8	4 5 6	2 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4	0 1 2	0 1 2
Geniş veri kullanılabilirliği	M2	4 5 6	2 3 4	2 3 4	0 1 2	0 1 2	4 5 6	6 7 8	2 3 4	0 1 2	4 5 6
İhtiyaç duyulan bilgiye gerçek zamanlı erişim	M3	7 8 9	2 3 4	4 5 6	2 3 4	0 1 2	6 7 8	8 9 10	2 3 4	4 5 6	6 7 8
Daha hassas ölçüm ve hesaplama	M4	6 7 8	4 5 6	6 7 8	8 9 10	8 9 10	6 7 8	6 7 8	4 5 6	6 7 8	8 9 10
Düşük maliyette üretim	M5	0 1 2	8 9 10	8 9 10	6 7 8	8 9 10	2 3 4	2 3 4	6 7 8	4 5 6	4 5 6
Yüksek verimlilik	M6	2 3 4	4 5 6	4 5 6	6 7 8	6 7 8	2 3 4	2 3 4	2 3 4	4 5 6	6 7 8
Gelişmiş üretim esnekliği	M7	4 5 6	4 5 6	6 7 8	6 7 8	6 7 8	6 7 8	6 7 8	2 3 4	2 3 4	2 3 4
Verimli iş gücü yönetimi	M8	4 5 6	6 7 8	4 5 6	6 7 8	6 7 8	0 1 2	2 3 4	4 5 6	4 5 6	6 7 8
Daha hızlı yeni ürün geliştirme	M9	2 3 4	4 5 6	4 5 6	6 7 8	2 3 4	0 1 2	2 3 4	4 5 6	6 7 8	4 5 6
Daha fazla güvenlik	M10	8 9 10	6 7 8	4 5 6	2 3 4	4 5 6	6 7 8	6 7 8	6 7 8	4 5 6	4 5 6
Düzenlenmiş fonksiyon değerleri		246,66	254,66	246,33	244	250,66	290,66	234	217	275,33	231,33
Fonksiyonların önem sırası		5	8	6	4	7	10	3	1	9	2

3.4. QFD İKİNCİ ADIM

Kalite fonksiyonu dağılımı (QFD) ikinci adımında, birinci adımın sonucunda elde edilmiş olan nesnelerin özelliklerinin önem sırası ve literatür taraması sonucunda elde edilen teknolojiler kullanılarak şu adımlar izlenmiştir; nesnelerin interneti fonksiyonlarının listelenmesi, teknolojilerin özetlenmesi, fonksiyonlar ve teknolojiler matrisinin oluşturulması, her bir fonksiyon ve teknoloji arasındaki ilişkinin derecesinin belirlenmesi, belirlenen her bir korelasyon değerinin bulanık sayılarına dönüştürülmesi, teknolojilerin önem sırasının hesaplanması, teknolojilerin listelenmesi.

Tablo 3.2’de yer alan teknolojik fonksiyonlar ve Tablo 3.3’de yer alan teknolojiler kullanılarak bir matris oluşturulmuştur. Daha sonra her bir teknolojik fonksiyon ile teknoloji arasındaki ilişkinin seviyesi almışmaya katılan uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Belirlenen korelasyon seviyeleri bulanık sayılarına dönüştürülmüştür. Daha sonra birinci adımda verilen formüller kullanılarak ilk olarak düzenlenmiş değerler hesaplanmıştır. Yapılan işlemler ve hesaplamalar sonucunda teknolojik fonksiyonlar ve teknolojiler ile ilgili ilişkiler matrisi Tablo 3.5’deki gibi oluşturulmuş ve teknolojilerin önem sırası belirlenmiştir.

Tablo 3.5: QFD İkinci Adım

Teknolojiler		İletişim protokolleri	Algoritma	Güvenlik protokolleri	Radyo frekans tanımlama sistemleri	Sensörler	Devreler	Hafıza yönetim sistemi	Güç yönetim sistemi	Kontrol sistemleri	Bulut bilişim sistemleri	3D yazıcılar	
Fonksiyonlar		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	
farkındalık ve algılama	F1	4 5 6	0 1 2	2 3 4	4 5 6	4 5 6	0 1 2	2 3 4	4 5 6	8 9 10	6 7 8	4 5 6	8 9 10
Hareketlilik (Mobility)	F2	6 7 8	2 3 4	2 3 4	4 5 6	4 5 6	0 1 2	4 5 6	6 7 8	6 7 8	2 3 4	2 3 4	8 9 10
Büyük miktarda veriyi deolama	F3	4 5 6	6 7 8	4 5 6	6 7 8	8 9 10	6 7 8	2 3 4	0 1 2	6 7 8	6 7 8	0 1 2	8 9 10
Yüksek hızda iletişim	F4	2 3 4	2 3 4	0 1 2	4 5 6	6 7 8	2 3 4	2 3 4	4 5 6	8 9 10	6 7 8	2 3 4	8 9 10
Modelleme/sanal protatiplama	F5	6 7 8	6 7 8	8 9 10	8 9 10	8 9 10	6 7 8	6 7 8	8 9 10	8 9 10	6 7 8	6 7 8	0 1 2
Mikro/ nano üretim süreçleri	F6	8 9 10	8 9 10	8 9 10	8 9 10	8 9 10	6 7 8	8 9 10	8 9 10	8 9 10	8 9 10	8 9 10	2 3 4
Kendi kendine karar verebilme	F7	2 3 4	4 5 6	4 5 6	0 1 2	6 7 8	2 3 4	2 3 4	4 5 6	8 9 10	4 5 6	4 5 6	8 9 10
Ürün veri yönetimi	F8	0 1 2	4 5 6	4 5 6	4 5 6	6 7 8	4 5 6	8 9 10	2 3 4	8 9 10	4 5 6	2 3 4	8 9 10
Varlık yönetimi	F9	8 9 10	6 7 8	6 7 8	8 9 10	6 7 8	6 7 8	8 9 10	4 5 6	8 9 10	4 5 6	2 3 4	8 9 10
Verilerin gerçek zamanlı analizi	F10	0 1 2	2 3 4	0 1 2	2 3 4	6 7 8	2 3 4	5 6 7	2 3 4	8 9 10	4 5 6	2 3 4	8 9 10
Düzenlenmiş teknoloji değerleri		276,66	272	325,33	366	244	311	309	436	318	239	460	
Teknolojilerin önem sırası		4	3	8	9	2	6	5	10	7	1	11	

3.5. UYGULAMA SONUÇLARI

Kalite fonksiyonu dağılımının ilk adımında uygulanan teknolojik fonksiyonlar ve üretici isteklerinin belirlenmesi, üretici isteklerinin sırlanması, üretici istekleri ve teknolojik fonksiyonlar için ilişkiler matrisinin oluşturulması, her bir üretici isteği ve teknolojik fonksiyon arasındaki ilişkinin seviyesinin belirlenmesi ve belirlenen her bir seviye için bulanık değerlerin atanması adımlarından sonra teknolojik fonksiyonların düzenleniş değerlerinin hesaplanması işlemlerinde sonra teknolojik fonksiyonların önem sıraları belirlenmiştir.

Kalite fonksiyonu dağılımının birinci adımında hesaplanan değerlere göre fonksiyonların önem sırası şu şekildedir: ürün veri yönetimi(F8), verilerin gerek zamanlı analizi(F10), kendi kenine karar verebilme(F7), yüksek hızda iletişim(F4), farkındalık ve algılama(F1), büyük miktarda veri depolayabilme(F3), modelleme ve sanal protatipleme(F5), hareketlilik(F2), varlık yönetimi(F9) ve mikro-nano üretim süreleri(F6).

Kalite fonksiyonu uygulamasının ikinci adımında, birinci adımın sonucunda belirlenmiş olan teknolojik fonksiyonların önem sırası kullanılmıştır. Daha sonraki adımlarda ise teknolojik fonksiyonlar ve teknolojilere ait ilişkiler matrisi oluşturulması, her bir teknolojik fonksiyon ve teknoloji arasındaki ilişkinin seviyesinin belirlenmesi, her bir seviye için bulanık sayıların atanması ve teknolojilerin önem sırasının belirlenmesi işlemleri uygulanmıştır.

Kalite evinin ikinci adımının sonucunda hesaplanan değerler dikkate alındığında görülmüştürki, üretici isteklerinin karşılanmasına yönelik öne sürülen çözümler neticesinde en çok öneme sahip teknolojiler sırasıyla; bulut bilişim sistemleri(T10), sensörler(T5), algoritma(T2), iletişim protokolleri(T1), hafıza yönetim sistemleri(T7), devreler(T6), kontrol sistemleri(T9), güvenlik protokolleri(T3), radyo frekanslı tanımlama sistemleri(T4), güç yönetim sistemleri(T8) ve üç boyutlu yazıcılar(T11) şeklindedir.

4. SONUÇ

Üretim sektörünü karşılaştığı sorunlar karşısında bu sistemlerde nesnelerin interneti ve büyük veri kullanılması fikri öene sürülmüştür. Nesnelerin interneti ve büyük veri teknolojilerinin üretim sistemleri içerisinde uyumlu ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için, bu sektör için özelleştirilmiş platformlar üretilmektedir. Platform piyasası hızlı büyüyen bir piyasadır ve bir çok firma bu piyasada yer alabilmek için hızla bir platform ürete yarışına girmiştir.

Üretim ve enerji sektörü gibi büyük miktarda üretim yapan sektörler aynı zamanda ürün ve enerji kayıplarının en çok görüldüğü piyasalar olması nedeniyle platform üreticilerinin hedef kitlesi konumunda olmuştur. Bu nedenle nesnelerin interneti ve büyük veri konularındaki bu çalışmanın üretim sistemleri seçilmiştir.

Platform üreticilerin geneline bakıldığında aralarında bir çok teknoloji firmasının bulunmasının yanı sıra daha önce bu sektör ierisinde bulunmayan firmaların da platform piyasasına girmeye çalıştığı görülmektedir. bunun temel nedeni üretim sektörünün geleceği düşünüldüğünde üretimin dijitalleşmesine yönelik ürün ve hizmetlerin kullanımının hızlı ve büyük miktarda artması beklentisidir.

Platform üreticileri, platformun genel mimarisine sadık kalmakla birlikte bu yapıyı oluşturan elemanların çeşitliliğine bağlı olarak çok farklı özelliklere sahip platformlar üretebilirler. Platform üreticileri tecrübeleri doğrultusunda platform yapısı içerisinde bulunan cihaz ya da sistemlerden bazılarını kendisi üretip bazılarını da satın alabilir. Böylece optimal düzeyde hedef kitlesine uygun paket platformlar üretebilirler.

Bu çalışma kapsamında yapılan uygulama ile değişen koşullar karşısında ortaya çıkan yeni üretici isteklerinin karşılamak için kullanılan bu platformlarda hangi teknolojilerin kritik öneme sahip olduğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Kalite fonksiyonu dağılımının iki adımında sonra elde edilen gnular göstermiştir ki; üretici isteklerini karşılamaya yönelik en önemli dört teknoloji bulut bilişim sistemleri, sersörler, algoritma ve iletişim protokolleridir.

Bulut bilişim sistemleri verilerin toplandığı, işlendiği ve sisteme bağlı cihazların istenildiği zaman erişebildikleri yapıdır. Üretim sisteminde oluşan yeni dijital yapı düşünüldüğünde verilere gerçek zamanlı olarak ulaşabilme üretim sırasında oluşabilecek zaman kayıplarını büyük ölçüde azaltmaktadır. Ancak bulut bilişim sistemleri en önemli teknoloji olduğu için aynı zamanda risklidir. Bu nedenle platform üreten şirketler özel yani şirket içi kullanım için kendisi bulut sistemi geliştirelirse, genel yani çok kullanıcı platformları (AWS / Google / Microsoft Azure) bu konuda daha deneyimli şirketlerden satın almayı tercih etmektedirler. Örneğin PTC ve Hitachi Microsoft Azure'ü kullanmaktadırlar. İkinci en önemli teknoloji olan sensörler, üretimin ilerlemesi için gerekli olan bilgilerin elde edilmesi açısından gerekli olan en önemli araçtır. Endüstri 4.0 da çalışan makineye bilgi girilmesi söz konusu değildir. Makineler ihtiyaç duydukları bilgileri sensörler vasıtasıyla almaktadır. Hesaplama sonucunda algoritma üçüncü en önemli teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır. Algoritmaların önemi makinelerin yapacakları işi tanımlamalarından kaynaklanmaktadır. Akıllı üretim sistemlerinde yapılan işlemlere makinenin kendisi karar verir ve burada yazılan algoritmalar sayesinde yapmaktadırlar. Bir diğer önemli teknoloji ise iletişim protokolleridir. İletişim protokolleri sayesinde veri gönderme ve alma işlemi hızlanacağından ve hata miktarı azalacağından üretimde hızlanır ve üretim kalitesi artar.

Sonuç olarak görülmüştür ki üretim içerisinde verilerin doğru bir şekilde toplanması, depolanması, işlenmesi, gerek zamana gelince iletilmesi ve sistem içerisindeki cihazların bu verileri kullanarak kendi kendine karar alıp üretim yapması üreticilerin, dijitalleşme sürecinde öncelikli olarak önem verdikleri konulardır. Bu nedenle yapılan bu çalışma ürün uygulamaları için bir fikir sunması açısından önemlidir. Ayrıca bu alanda yapılmış ilk çalışma olması nedeniyle bundan sonra yapılacak çalışmalar için bir referans olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, A., Cuomo, S., Wu, W., Jeon, G., (2019), "Intelligent algorithms and standards for interoperability in Internet of Things", *Future Generation Computer Systems* 92 1187–1191
- Allama, Z., Dhunny, Z. A., (2019), "On big data, artificial intelligence and smart cities", *Cities* 89 80–91
- Amankwah-Amoaha, J., Adomako, S., (2019), "Big data analytics and business failures in data-Rich environments: An organizing framework", *Computers in Industry* 105 204–212
- Bianchi, P., Labory, S., (2019), "Manufacturing regimes and transitional paths: Lessons for industrial policy", *Structural Change and Economic Dynamics* 48 24–31
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, A., Watson, T., (2018), "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework", *Computers in Industry* 101 1–12
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., Oliveira, T., (2019), "Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union", *Computers in Industry* 107 22–32
- Chen, W., Shen, Y., Wang, Y., (2018), "The effect of industrial relocation on industrial land use efficiency in China: A spatial econometrics approach", *Journal of Cleaner Production* 205 525-535
- Chen, Y., (2017), "Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers", *Engineering* 3 588–595
- Da Costa, A. P., Papa, J. P., Lisboa, C. O., (2019), "Internet of Things: A survey on machine learning-based intrusion detection approaches", *Computer Networks* 151 147–157
- Dalenogarea, L. S., Benitez G. B., (2018), "The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance", *International Journal of Production Economics* 204 383–394
- Das A. K., Zeadally S., He D., (2018), "Taxonomy and analysis of security protocols for Internet of Things", *Future Generation Computer Systems* 89 110–125
- De Boer, P. S., van Deursen, J.A.M., van Rompay, T. J., (2019), "Accepting the Internet-of-Things in our homes: The role of user skills", *Telematics and Informatics* 36 147–156
- Dinçer, H., Yüksel, S., (2019), "Balance d scorecard-base d analysis about European energy investment policies: A hybrid hesitant fuzzy decision-making approach with Quality Function Deployment", *Expert Systems With Applications* 115 152–171

- Dobrescu, R., Merezeanu, D., Mocanu, S., (2019), "Context-aware control and monitoring system with IoT and cloud support", *Computers and Electronics in Agriculture* 160 91–99
- Franka, A. G., Dalenogareb, L. S., Ayalac, N. F., (2019), "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies", *International Journal of Production Economics* 210 15–26
- Franka, G. A., Dalenogareb, L. S., Ayala, N. F., (2019) "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies", *International Journal of Production Economics* 210 15–26
- García-Gil, D., Luengo, J., García, S., Herrera, F., (2019), "Enabling Smart Data: Noise filtering in Big Data classification", *Information Sciences* 479 135–152
- Ghasemaghaei, M., Calic, G., (2019), "Can big data improve firm decision quality? The role of data quality and data diagnosticity", *Decision Support Systems* 120 38–49
- Hara, T., (2018), "Integrating usage information into quality function deployment for further PSS development", *Procedia CIRP* 73 21–25
- Khezrimotlagh, D., Zhu, J., Cook, W. D., Toloo, M., (2019), "Data envelopment analysis and big data", *European Journal of Operational Research* 274 1047–1054
- Lam, J. S. L., Bai, X., (2016), "A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience", *Transportation Research Part E* 92 (2016) 16–27
- Lee, I., Lee, L., (2015), "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises" , *Business Horizons* 58, 431–440
- Lezzi, M., Lazoi, M., Corallo, A., (2018), "Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework", *Computers in Industry* 103 97–110
- Li, S., Xu, L. D., Zhao, S., (2015), "The internet of things: a survey" , *Inf Syst Front* 17:243–259
- Lia, Z., Ryerson, S., (2019), "Reviewing the DATAS of aviation research data: Diversity, availability, tractability, applicability, and sources", *Journal of Air Transport Management* 75 111–130
- Linga, C., Naughtonb, B., (2016), "An institutionalized policy-making mechanism: China's return to techno-industrial policy", *Research Policy* 45 2138–2152
- Liua, F., Simonb, D. F., Suna, Y., Caoc,C., (2011), "China's innovation policies: Evolution, institutional structure, and trajectory", *Research Policy* 40) 917–931
- Ma, H., (2011), "Internet of Things: Objectives and Scientific Challenges" , *Journal of Computer Science and Technology* 26(6): 919–924 doi 10.1007/s11390-011-1189-5
- Maamar, Z., Baker, T., (2019), " Weaving cognition into the internet-of-things: Application to water leaks", *Cognitive Systems Research* 56 233–245

- Merendinoa, A., Dibba, S., Meadowsa, M., (2018), "Big data, big decisions: The impact of big data on board level decision-making", *Journal of Business Research* 93 67–78
- Mikalef, P., Boura, M., Lekakos, G., Krogstie, J., (2019), "Big data analytics and firm performance: Findings from a mixed-method approach", *Journal of Business Research* 98 261–276
- Mortensena, S. T., Nygaard, K. K., Madsen O., (2019) "Outline of an Industry 4.0 Awareness Game", *Procedia Manufacturing* 31 309–315
- Mountrouidou, X., Billings, B., Mejia-Ricart, L., (2019), "Not just another Internet of Things taxonomy: A method for validation of taxonomies", *Internet of Things* 6 10 0 049
- Niaki, M. K., Torabi, S. A., Nonino F., (2019) "Why manufacturers adopt additive manufacturing technologies: The role of sustainability", *Journal of Cleaner Production* 222 381-392
- Oussous, A., Benjelloun, F. Z., Lahcen, A. A., Belfkih, S., (2018), "Big Data technologies: A survey", *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences* 30 431–448
- Paugeta, B., Dammakb, A., (2019), "The implementation of the Internet of Things: What impact on organizations?", *Technological Forecasting & Social Change* 140 140–146
- Postscapes, IoT Cloud Platform Landscape, <https://www.postscapes.com/>, (Erişim Tarihi: 12.02.2019)
- Qina, J., Liua, Y., Grosvenora R., (2016), "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond" , *Procedia CIRP* 52 173 – 178
- Rajput, S., Singh, S. P., (2019), "Connecting circular economy and industry 4.0", *International Journal of Information Management* 49 98–113
- Ray, P.P., (2018), "A survey on Internet of Things architectures", *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences* 30, 291–319
- Song, M., Dang, C., (2018), "Review on the measurement and calculation of frost characteristics", *International Journal of Heat and Mass Transfer* 124 586–614
- Stock, T., Seliger, G., (2016), "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0" , *Procedia CIRP* 40 536 – 541
- Sung, T. K., (2018), "Industry 4.0: A Korea perspective", *Technological Forecasting & Social Change* 132 40–45
- Teixeira, F. A., Pereira, F. A. Q., (2019), "SloT: Securing Internet of Things through distributed systems analysis", *Future Generation Computer Systems* 92 1172–1186

Torrecilla, J. L., Romo, J., (2018), "Data learning from big data", *Statistics and Probability Letters* 136 15–19

Trappeya, A. J., Trappeyb, C. V., Fanc, C., Leea, J. L., (2018) , "Consumer driven product technology function deployment using social media and patent mining", *Advanced Engineering Informatics* 36 120–129

Umer, T., Rehmani, M., Kamal, E., Mihaylova, L., (2019), "Information and resource management systems for Internet of Things: Energy management, communication protocols and future applications", *Future Generation Computer Systems* 92 1021–1027

Walter, T., (2014), "Networking for Industrial Machine Building" , Version 1.0 - 12/2014

Wang, S., Zhong, Y., Wang, E., (2019), "An integrated GIS platform architecture for spatiotemporal big data", *Future Generation Computer Systems* 94 160–172

Wang, Z. L., (2019), "Entropy theory of distributed energy for internet of things", *Nano Energy* 58 669–672

Wilcox, T., Jinb, N., Flach, P., Thumim, J., (2019), "A Big Data platform for smart meter data analytics", *Computers in Industry* 105 250–259

Xua, Y., Chena, M., (2016), "Improving Just-in-Time manufacturing operations by using Internet of Things based solutions" , *Procedia CIRP* 56 326 – 331

Zeulka, F., Marcon, P., Vesely, I., Sajdl, O., (2016), "Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon" , *IFAC-PapersOnLine* 49-25 008-012

ÖZGEÇMİŞ

Songül Rukiye MUTi 1989 Rize doğumludur. 2013 yılında Gebze Teknik Üniversitesinin Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2017 yılında yine Gebze Teknik Üniversitesinde Strateji Bilimi bölümünde eğitime başlamıştır.



EKLER

EK-A. ANKET SORULARI

Bu anket çalışması, Gebze Teknik Üniversitesi Strateji Bilimi yüksek lisans öğrencisi Songül Rukiye MUTI tarafından "Üretim Sistemlerinde Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri Kullanılması" konulu yüksek lisans tezi kapsamında, üretim sistemlerinin beklentilerini karşılamaya yönelik kritik öneme sahip teknolojilerin belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Aşağıda belirlenmiş olan üretim sistemi ihtiyaçları, bu ihtiyaçları karşılamada etkili olacağı beklenen nesnelerin interneti ve büyük veri ile ilgili fonksiyonlar ve teknolojiler sıralanmıştır.

AD_SOYAD:	
ÇALIŞTIĞI YER:	
UNVAN:	

1.Üretim sistemleri için ihtiyaçların sıralanması

Aşağıda verilen üretici isteklerini en önemli (1), en önemsiz (10) olacak şekilde 1'den 10'a kadar sıralayınız.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Yüksek verimlilik										
Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak										
İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek										
Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak										
Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek										
Gelişmiş üretim esnekliği										
Verimli iş gücü yönetimi										
Daha kolay ürün özelleştirme										
Daha hızlı yeni ürün geliştirme										
Daha fazla güvenlik										

2.Üretici istekleri ve üretim sistemlerindeki nesnelerin interneti fonksiyonları için korelasyon seviyesinin belirlenmesi.

Üretim sistemlerindeki nesnelerin interneti fonksiyonları aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Her bir üretici isteği ile nesnelerin interneti fonksiyonu arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), yüksek(4), orta(3), düşük(2), çok düşük (1) olacak şekilde belirlemeniz beklenmektedir.

- algılama ve etrafının farkında olma
- hareketlilik
- büyük miktarda veri depeolayabilme
- yüksek hızda haberleşme
- modelleme ve sanal protatipleme
- mikro\ nano üretim süreçleri
- kendi kendine karar alabilme
- veri yönetimi
- varlık yönetimi
- gerçek zamanlı veri analizi

a) Algılama ve etrafının farkında olma fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
algılama ve etrafının farkında olma	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirme					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

b) Hareketlilik fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Hareketlilik	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirme					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

c) Büyük miktarda veri depolayabilme fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Büyük miktarda veri depolayabilme	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirme					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

d) Yüksek hızda haberleşme fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Yüksek hızda haberleşme	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

e) Modelleme- Sanal protatipleme fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Modelleme- Sanal protatipleme	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

f) Mikro/ nano üretim süreçleri fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Mikro/ nano üretim süreçleri	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

g) Kendi kendine karar alabilme fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Kendi kendine karar alabilme	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

h) Veri yönetimi fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Veri yönetimi	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

ı) Varlık yönetimi fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Varlık yönetimi	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamani olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirmesi					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

i) Gerçek zamanlı veri analizi fonksiyonu ile üretici isteklerinin arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Gerçek zamanlı veri analizi	Yüksek verimlilik					
	Büyük miktarda veriye kolayca ulaşmak					
	İhtiyaç duyulan veriye gerçek zamanlı olarak erişmek					
	Daha hassas ölçüm ve hesaplama yapmak					
	Aynı sayıda ürünü daha düşük maliyetle üretmek					
	Gelişmiş üretim esnekliği					
	Verimli iş gücü yönetimi					
	Daha kolay ürün özelleştirme					
	Daha hızlı yeni ürün geliştirme					
	Daha fazla güvenlik					

3. Nesnelerin interneti teknolojileri ve üretim sistemlerindeki nesnelerin interneti fonksiyonları için korelasyon seviyesinin belirlenmesi.

Herhangi bir fonksiyonu oluşturabilmek için gerekli olduğu düşünülen teknolojiler aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Her bir teknoloji ile nesnelerin interneti fonksiyonu arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirlemeniz beklenmektedir.

- Radyo frekas tanımlama sistemleri
- İletişim protokolleri
- Algoritma
- Güvenlik protokolleri
- Sensörler
- Elektronik devreler
- Hafıza yönetim sistemleri
- Güç yönetim sistemleri
- Kontrol sistemleri
- Bulut bilişim sistemleri
- 3D yazıcılar

a) Algılama ve etrafının farkında olma fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Algılama ve etrafının farkında olma	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
3D yazıcılar						

b) Büyük veri depolayabilme fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Büyük veri depolayabilme	Radio frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					

c) Yüksek hızda haberleşme fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Yüksek hızda haberleşme	Radio frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					

d) Modelleme – sanal prototipleme fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Modelleme – sanal prototipleme	Radio frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					

e) Mikro/ nano üretim süreçleri fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Mikro/ nano üretim süreçleri	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
3D yazıcılar						

f) Kendi kendine karar alabilme fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Kendi kendine karar alabilme	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
3D yazıcılar						

g) Haretklilik fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Haretklilik	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
3D yazıcılar						

h) Veri yönetimi fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Veri yönetimi	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					

ı) Varlık yönetimi fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Varlık yönetimi	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					

ı) Gerçek zamanlı veri analizi fonksiyonu ile belirlenen arasındaki ilişkinin derecesini (korelasyon seviyesini) çok yüksek(5), çok düşük (1) olacak şekilde belirleyiniz.

		1	2	3	4	5
Gerçek zamanlı veri analizi	Radyo frekas tanımlama sistemleri					
	İletişim protokolleri					
	Algoritma					
	Güvenlik protokolleri					
	Sensörler					
	Elektronik devreler					
	Hafıza yönetim sistemleri					
	Güç yönetim sistemleri					
	Kontrol sistemleri					
	Bulut bilişim sistemleri					
	3D yazıcılar					