

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜRETİM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASINDA ANLIK VERİ ANALİZİ
YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

Bahadır AKTAŞ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Can AYDIN

İZMİR - 2018

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜRETİM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASINDA ANLIK VERİ ANALİZİ
YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

Bahadır AKTAŞ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Can AYDIN

İZMİR - 2018

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Üretim Etkinliğinin Artırılmasında Anlık Veri Analizi Yaklaşımı Ve Bir Uygulama” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih/...../.....

Bahadır AKTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**Üretim Etkinliğinin Artırılmasında Anlık Veri Analizi Yaklaşımı ve Bir
Uygulama**

Bahadır AKTAŞ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı

Yönetim Bilişim Sistemleri Programı

Geleceğin üretim sektörünü geleneksel olandan ayırt eden otonom robotlar, nesnelerin interneti ve veri analitiği teknolojileri olması düşünülmektedir. Bu hedefler doğrultusunda kurumsal dönüşüm süreçleri gerçekleştirilecektir. Buna karşılık ülkemizde birçok küçük ve orta ölçekli üretici, üretim süreçlerinde üretim verilerini hala kâğıtlara kaydederek sakladığı görülmektedir. Bunun sonucunda tüm bu saklanan veriler karar verme süreçlerine de dâhil edilememektedir. Verilerin otomasyonlar kullanılarak dijital ortamda tutulması ve rapor edilmesine yönelik birçok çalışma bulunmasına rağmen verilerin anlık olarak analiz edilip raporlanmasına yönelik çalışma bulunmamaktadır. Anlık veri analizi kullanarak üretim süreçlerinde takip edilebilirliği arttırmak ve bu sayede üretim performansını ve verimliliğin arttırılması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında üretim süreçlerinde etkinliğin artırılmasına yönelik gömülü sistemler kullanılmış ve uygulama geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üretim sürecinde iş akışı, zaman yönetimi ve karar alma süreçleri iyileştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Anlık Veri Analizi, Nesnelerin İnterneti, Yönetim Bilişim Sistemleri, Verimlilik Ölçümü

ABSTRACT

Master's Thesis

**Data Analysis Approach in Improving Production Effectiveness
and an Application**

Bahadır AKTAŞ

Dokuz Eylul University

Graduate School of Social Sciences

Department of Management Information Systems

Management Information Systems Program

Autonomous robots, internet of things and data-analysis technologies will be the distinguishing factor between the future manufacturing industry and the traditional one. On the other hand, many small and medium-sized production companies in our country seem to keep their production records on paper within their production process. As a result, all these stored data cannot be included in the decision-making process. Although there are many studies about storing and reporting data in digital environment using automations, there is no study to analyze and report data instantaneously. It is aimed to increase traceability in production processes by using instantaneous data analysis and to increase production performance and productivity as a result of this increment. In the scope of the study, embedded systems were used and an application was developed to increase efficiency in production processes. According to these results the workflow, time management and decision-making process will be improved.

Keywords: Instant Data Analysis, Internet of Things, Management Information System, Productivity Measurement

ÜRETİM ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASINDA ANLIK VERİ ANALİZİ YAKLAŞIMI VE BİR UYGULAMA

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM ÜRETİM SEKTÖRÜNDEKİ BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE NESNELERİN İNTERNETİ

1.1. ENDÜSTRİ 4.0	6
1.2. ÜRETİM FİRMALARINDA DİJİTALLEŞME	8
1.3. ÜRETİMDE NESNELERİN İNTERNETİ	9
1.4. TEORİK ÇERÇEVE VE HİPOTEZ	12
1.5. VERİ	16
1.6. ARAŞTIRMA KISITLARI	17

İKİNCİ BÖLÜM YÖNTEM VE ARAŞTIRMA METODUNUN SEÇİLMESİ

2.1. DENEYSEL ARAŞTIRMA METODU	19
--------------------------------	----

2.2. SİSTEM GELİŞTİRME YAŞAM DÖNGÜSÜ	23
2.2.1. Tanımlama ve Planlama	25
2.2.2. Analiz ve Sistem Tasarımı	25
2.2.3. Tasarım (Dizayn)	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM UYGULAMA GELİŞTİRİLME SÜRECİ

3.1. ANLIK VERİ KAYIT ALGORİTMASI	36
3.2. ANLIK VERİ KARŞILAŞTIRMA ALGORİTMASI	38
3.3. SİSTEM ARAYÜZÜNÜN HAZIRLANMASINDAKİ KRİTERLER	41

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. PERFORMANS KRİTERİ	43
4.2. DENEY VE KONTROL GRUBU BULGULARI	44
4.3. F002338 PARÇASI İÇİN DENEY VE KONTROL GRUBU BULGULARI	46
4.4. TARTIŞMA	49
SONUÇ	49
KAYNAKÇA	52

KISALTMALAR

BT	Bilişim Teknolojisi
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
CMfg	Bulut Üretimi (Cloud Manufacturing)
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
OECD	Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (The Organisation for Economic Co-operation and Development)
SGYD	Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Bps	Saniyedeki bit sayısı (bits per second)
vd.	Ve diğerleri

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Ön Test – Son Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Desen	s. 21
Tablo 2: Çalışmanın Ön Test – Son Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Deseni	s. 21
Tablo 3: Seri İletişim Ortam Bilgileri	s. 35
Tablo 4: A Tezgahında F002338 Numaralı Parçanın Hedeflenen, Gerçekleştirilen Üretimleri ve Performans Verileri	s. 48



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Başlıca 4 Sanayi Devrimi	1
Şekil 2: Tez Akış Şeması	4
Şekil 3: İnternete Bağlı Cihaz Sayısı Tahmini	10
Şekil 4: Dört Seviyeli Bilişim Sistemleri Tipleri Model Diyagramı	14
Şekil 5: Anlık Üretim Etkililiği	15
Şekil 6: Denek Seçme Yöntemi Sınıflandırması	20
Şekil 7: İşletme Ön Test Sonucu Denklemleri	22
Şekil 8: A Makinası Ön Test Lineer Regresyonu	22
Şekil 9: B Makinası Ön Test Lineer Regresyonu	23
Şekil 10: Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü Örnek Gösterimi	23
Şekil 11: Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü Örnek Gösterimi	24
Şekil 12: İşletme İş Akışı	26
Şekil 13: Sistem Veri Akışı Şeması	27
Şekil 14: Mevcut İşletme Veri Akışı	27
Şekil 15: Sistem Tasarımı	28
Şekil 16: 2018 İtibariyle Programlama Dillerinin Büyümesi	30
Şekil 17: Programlama Dillerinin Büyümesinin Tahminlemesi	31
Şekil 18: 2017 Yılı Başında Indeed.Com'daki Veri Bilimi İşlerindeki Uygulama Popülerliği	32
Şekil 19: 2016 Yılı Akademik Çalışmalardaki Veri Bilimi Uygulaması Popülerliği	32
Şekil 20: Uygulama Ara Yüz Tasarımına İlişkin Ekran Görüntüsü	33
Şekil 21: Veri Tabanı Tasarımı	34
Şekil 22: Tezgâhın Anlık Veri Kayıt Akış Şeması	37
Şekil 23: Tezgâhın Anlık Veri Kayıt Algoritması	38
Şekil 24: Tezgâhın Anlık Veri Karşılaştırma Algoritması	39
Şekil 25: Tezgâhın Anlık Veri Karşılaştırma Akış Şeması	40
Şekil 26: Performans Renk Diyagramı	41
Şekil 27: Uygulama Ara Yüzüne İlişkin Ekran Görüntüsü	42
Şekil 28: Performans Hesaplama Formülü	44
Şekil 29: Deney ve Kontrol Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Denklemleri	44

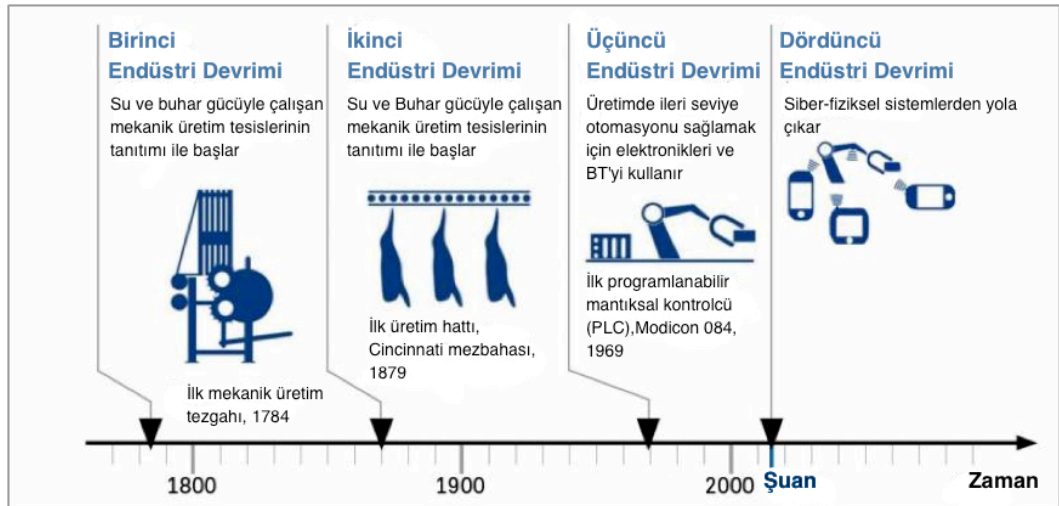
Şekil 30: Deney Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Çizgileri	45
Şekil 31: Kontrol Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Çizgileri	45
Şekil 32: F002338 Numaralı Parçanın Deney Ve Kontrol Grubu Lineer Eğilim Çizgisi Denklemleri	46
Şekil 33: F002338 Numaralı Parçanın Deney Grubu Lineer Eğilim Çizgileri (A Tezgâhı)	47
Şekil 34: F002338 Numaralı Parçanın Kontrol Grubu Lineer Eğilim Çizgileri (B Tezgâhı)	47
Şekil 35: Dört Seviyeli Bilişim Sistemleri Tipleri Model Diyagramında Uygulamanın Konumu	50



GİRİŞ

Geçmişten günümüze yenilikçi yaklaşımlar sayesinde su ve buhar enerjisine dayalı mekanik üretim tesislerinin uygulanması, elektrik ve iş bölümüne dayalı seri üretim ve üretim süreçlerinin otomasyonunu sağlayan üç adet endüstri devrimi geçirilmiştir. 1800’lü yıllardan beri devam eden bu endüstri sürecinin ilk adımı Endüstri 1.0’dır. Bu süreç buhar gücünün kullanılmasıyla makinelerin iş gücüne katılması, üretim miktarlarının artırılmasında ve sanayide makineleşme ile verim artırılması yönünde atılan bir adımdır. Yirminci yüzyılın başlarında elektriğin daha yaygın ve erişilebilir olmasının etkisiyle sanayinin enerji ihtiyaçları daha kolay karşılanabilir hale gelmiş, dolayısıyla üretim hatları ve seri üretim ikinci nesil endüstri devrimi olan Endüstri 2.0’ın temelini oluşturmuştur. Buhar ve su gücüne göre daha kullanışlı olan elektrik gücü kullanılarak ve üretim hatlarında iş bölümü uygulamaları yapılarak verimliliğin ve etkililiğin artırılması sağlanmıştır. Ayrıca işletmelerin çıktılarının kalitesini ve miktarını arttırmak için geliştirilen yalın üretim ve tam zamanında üretim prensipleri bu dönemde netleşmiştir.

Şekil 1: Başlıca 4 Sanayi Devrimi



Kaynak: Wahlster, 2011.

Yirminci yüzyılın sonlarında transistörlerin yaygınlaşması ve elektronik devrelerde kullanılabilir boyuta getirilmesi üretim otomasyonunun önünü açan Modicon 084 gibi programlanabilir mantıksal kontrolcülerin geliştirilmesini

mümkün kılmıştır. 3. Endüstriyel devrim olarak adlandırılan bu dönemde makineler operatörleri destekler, hatta operatörlerin yerine geçer duruma gelmiştir. (Zhou, Liu ve Zhou, 2015).

Geçtiğimiz 7 yılda üretim sektörü %40 büyümüştür fakat veriyi toplama ve saklama şekli değişmemiştir (Aydın, 2015: 506). Üretim süreçlerinde bilişim teknolojileri (BT) kullanılmasına rağmen Türkiye’de birçok küçük ve orta ölçekli üreticilerin, üretim süreçlerinde verilerini hala kâğıtlara kaydederek sakladığı görülmektedir. Bunun sonucunda tüm bu saklanan veriler karar verme süreçlerine de dâhil edilememektedir. Verilerin otomasyonlar kullanılarak dijital ortamda tutulması ve rapor edilmesine yönelik birçok çalışma bulunmasına rağmen verilerin anlık olarak analiz edilip raporlanmasına ve karar süreçlerinde kullanılmasına yönelik çalışma bulunmamaktadır.

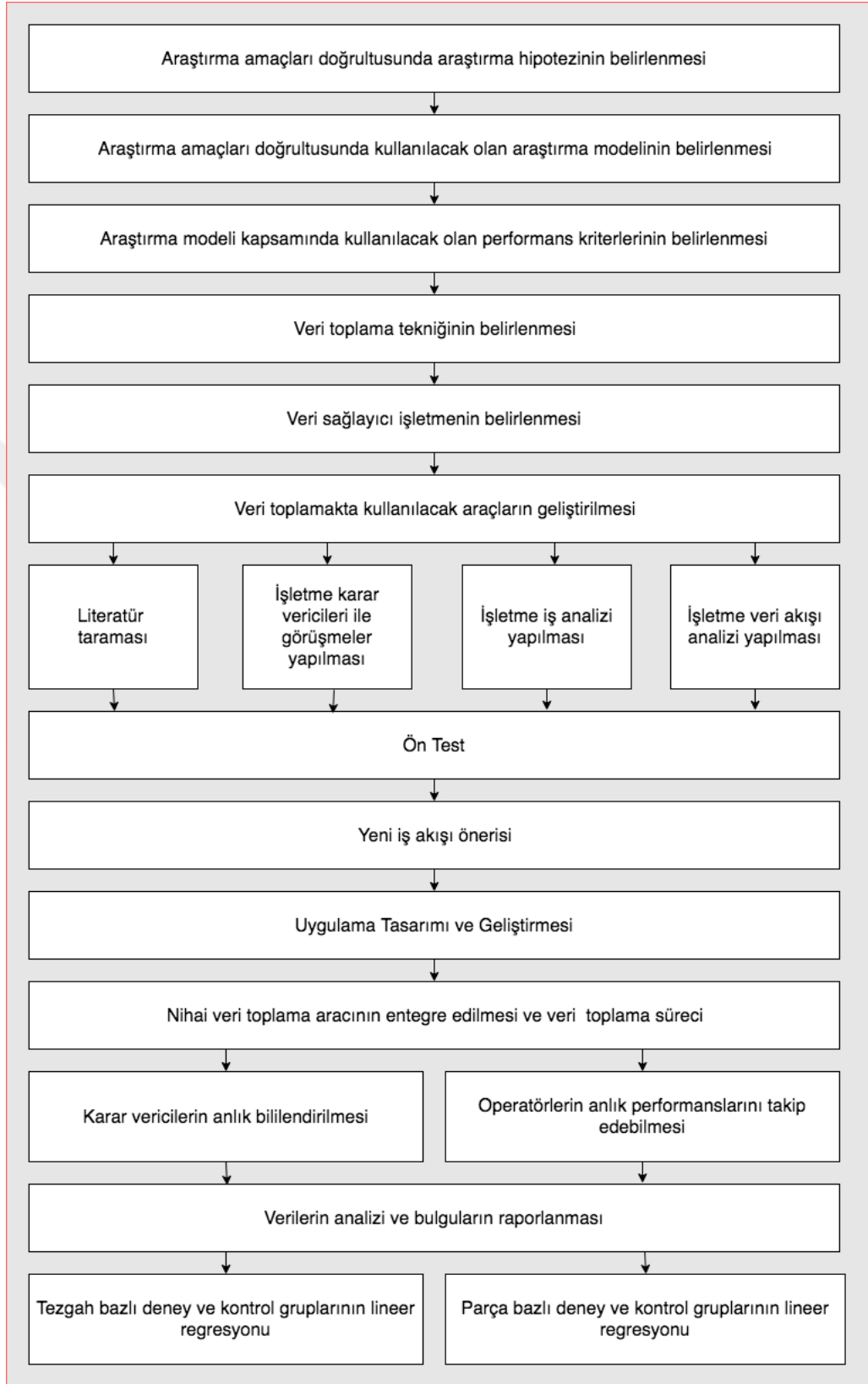
Bilgi teknolojileri ile anlık veri analizi kullanarak üretim süreçlerinde takip edilebilirliği arttırmak ve bu sayede üretim performansının ve üretim etkililiğinin artırılması amaçlanmaktadır. Tez kapsamında araştırma sorusu olarak talaşlı imalat sektöründe anlık veri analizi kullanılarak üretim süreçlerinde etkililiğin artıp artmayacağı araştırılmıştır. Araştırma kapsamında nicel araştırma yöntemlerinden birisi olan deneysel araştırma metodu kullanılacaktır. Deneysel araştırma metodu kapsamında kullanılacak olan ve deney ve kontrol gruplarını oluşturan makineler eşleştirme metodu kullanarak seçilmiştir. İşletme karar vericileriyle yapılan görüşme sonrasında iki adet aynı işleve sahip, benzer veya aynı parçalar üreten üretim tezgâhları seçilmiş ve bu tezgâhlar rastgele olarak deney ve kontrol grubu olarak atanmıştır. Sonrasında deney sürecin sonunda deney grubundaki değişikliği görmek için her iki makine için de geçerli olan ve işletme tarafından kullanılacak bir performans kriteri belirlenmiştir. Belirlenen bu performans kriteri işletmenin amaçlarına ulaşma düzeyini gösteren üretim etkililiğidir (Ergeneli, 2009: 188).

Çalışmanın gerçekleşeceği ve veri toplanacak olan talaşlı imalat firmasında iş analizi, veri akış analizi ve işletme karar vericileri ile yapılan görüşmeler sonucunda işletmede bilişim teknolojisi ile düzeltilmesi amaçlanan sorunlar belirlenmiştir. Yaklaşık 1 yıllık üretim etkililiği verisi ile ön test analizleri de

gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda mevcut işletme iş akışında iyileştirme ve düzenleme önerisinde bulunmuştur. Bu öneride eski sistem iş akışı yerine, veri akışını üretim makinelerinden direkt olarak üretim yönetim yazılımlarına aktaran ve iş emri, hedeflenen üretim miktarı gibi verileri bu yazılımlardan edinen bir sistem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede üretim veri akışında insan faktörü ortadan kalkacak, üretim takibinde yaşanan gecikmelerin ve yığılmaların son bulması amaçlanmaktadır. Sistem tasarımında son karara ulaşıldıktan sonra ise sistem geliştirilmiş ve 1 Aralık 2016 tarihi itibarıyla yeni sistem devreye girmiştir. Uygulama kapsamında deney makinasından üretim verileri anlık olarak toplanıp analiz edilmiş, devamlı olarak operatörlerin kendi performanslarını görebilmeleri için görselleştirilmiştir.

Ayrıca anlık veri analizi sonuçları karar vericiler için görselleştirilmiştir ve raporlanmıştır. Araştırmanın son aşamasında ise 1 Aralık 2016 – 1 Nisan 2017 tarihleri arasında yeni sistem ve bilişim sistemleri entegrasyonu kapsamında takip edilen üretim etkililiği verileri analiz edilip raporlanmıştır.

Şekil 2: Tez Akış Şeması



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Geliştirilen bu sistem sayesinde işletmenin üretim takibinde ve karar vericilerin üretim ile ilgili verdiği kararlarda kullandığı raporlarda kâğıt kullanımı azalması beklenmektedir. Kâğıt kullanımı işletmeye işlevsellik kaybettirdiği gibi doğaya zarar da vermektedir. Bu zarar kâğıt üretimi için ağaç kullanılmasından çok daha ötededir. Kâğıt üretimi dünya genelinde en çok fosil yakıt tüketiminde üçüncü sıradadır (Garner, 2002). Ofis sarf malzemesi olarak kullanılan kağıtları üretiminde ton maşına 50 m³'e kadar temiz su kullanılmaktadır (Olejnık, 2011: 113). İş emri takibini ve üretim takibini tamamen kâğıt üzerinden gerçekleştiren işletmeler de bu etkilerin bir parçası olacaktır. Otomatik anlık veri takibi ve sistem entegrasyonu ile hem işletmenin kâğıt tüketimi azaltılacak hem de üretim takip süreçleri hızlandırılıp geliştirilecektir.

Bu tez çalışması şu şekilde ilerleyecektir; Birinci bölümde üretim sektöründeki bilişim teknolojileri kullanımı ve nesnelerin interneti üzerine literatür özeti ve teorik çerçeve tartışılmış, İkinci bölümde yöntem ve araştırma metotları ile sistem geliştirme yaşam döngüsü kapsamında uygulama geliştirme süreci anlatılmıştır. Sonrasında ise Sonuç bölümünde bulgular ve araştırma sonuçları ortaya konup, Tartışma bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM SEKTÖRÜNDEKİ BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE NESNELERİN İNTERNETİ

1.1. ENDÜSTRİ 4.0

Dördüncü endüstri devrimini belirten Endüstri 4.0 pek çok teknolojik gelişmenin bir araya gelip, günümüzde olgunluğa ulaşması sonucunda üretim ve enerji sektörünü yeniden şekillendirmektedir (Geissbauer, 2016). Endüstri 4.0'ı oluşturan teknolojik gelişmelerden başlıcaları;

- Otonom robotlar,
- Yapay zekâ,
- Sensörler,
- Bulut bilişim,
- Nesnelerin interneti,
- Veri toplama ve analiz yöntemleri,
- Üç boyutlu yazıcılar,
- Gelişmiş gerçeklik
- Cihazlar ve servisler arası sistem entegrasyonudur (Geissbauer, 2016).

Endüstri 4.0 üretim süreçlerini, değer zincirlerini ve iş modellerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Beyerer vd. 2015). İçerisinde bulunan dönem dördüncü endüstriyel devrimin yaşandığı siber-fiziksel sistemlere dayalı üretimin devreye girdiği dönemdir. Bu dönem, gerçekleşen her sanayi devrimi esas olarak üretim faaliyetlerinde verimliliğin artırılmasına ve iş yapış şeklinin geliştirilmesine yöneliktir (Can ve Kıymaz, 2016). Endüstri 4.0 akıllı üretim ve üretim süreçlerinin kurulmasına odaklanmaktadır. Geleceğin üretim süreçlerinde fabrikaların hızlı ürün geliştirme, karmaşık ortamlarda esnek üretim ile baş etmesi gerekmektedir (Vyatkin, 2007: 17). Endüstri 4.0 tüm süreçlerin otomatize edildiği, fabrika içerisindeki üretim sürecinde insan, makine ve ürünlerin birbirleriyle iletişim içerisinde bulunduğu sistemdir (Brettel vd., 2014). Üretim sürecinde anlık verinin analiz edildiği ve karar vericilere sunulduğu bir ortam yaratılmaktadır. Bunun yanında Endüstri 4.0 ile beraber fabrikalarda üretim süreçlerinde; nesnelerin interneti, büyük veri analizi, anlık karar verme, sanal gerçeklik tabanlı üretim, siber

güvenlik kavramları da kendilerine yer bulmaya başlamaktadır (Wahlster, 2011). Bu ve benzeri teknolojik gelişmeler Endüstri 4.0'ın teknolojiyi çekme etkisiyle daha da hızlanarak ilerlemektedir. Fiziksel ve siber sistemler bir araya gelip entegre olmakta, artık sistem işleyişlerinde bu iki boyut ayrılamaz bir konuma gelmektedir (Lasi vd., 2014). Monostori (2014)'e göre siber-fiziksel sistemler üretim sektörünün gelişmesindeki önemli adımlardan birisidir. Geliştirilen siber-fiziksel sistemlerin başlıca özelliklerinden birisi makinelerin birbirleri arasında ve makineler ile insanlar arasında ortak bir iletişim kurulabilmesidir. Üretim aşamasında elde edilen bilgi üretim bandı seviyesinden işletme yönetim seviyesine, buradan da tedarik zinciri yönetimine aktarılıp daha organize ve saydam bir işletme yönetimini mümkün kılar (Lee, J. vd. 2014).

Fabrikalarda Endüstri 4.0 süreçlerine geçiş için atılması gereken adımlar kapsamında fabrika bünyesinde verim artışı sağlanmış, iş süreçlerinde esneklik, bilgi teknolojileri entegre edilmiş, iş süreçleri dijitalleştirilmiştir (Schuh, 2014: 51). Arun Rai ve diğerleri tarafından (2006: 225) da 110 tedarik ve lojistik yönetim şirketi üzerinde yapılan çalışmada işletmelerin tedarik zinciri yönetimi alanındaki bilişim teknolojisi altyapısı entegrasyonu tedarik zinciri süreçlerinin iyileştirilmesinde ve firma performansı, operasyonda mükemmellik ve firma geliri gibi alanların geliştirilmesinde önemli etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Endüstri 4.0 ile beraber bilgi teknolojileri kullanarak üretimde verimliliğin artırılması pek çok işletmenin öncelikli konusu olmuş ve verimlilik ile kazanç sağlanmak önem kazanmıştır. Resmi ILO (2005) verilerine göre ABD'de 1970'den 2005 yılına kadar üretim sektöründeki istihdam düşmekte iken verimlilik artmaktadır. Üretim sektöründe bilgi teknolojisi kullanımının bu sektörde verimlilik artışı sağladığı tespit edilmiştir. 2005 ile 2014 yılları arasında Türkiye'nin yıllık ortalama işgücü verimliliği değişim oranı %1,64 olarak hesaplanmıştır (Balkan ve Suçimez, 2017). Bu oran 24 OECD ülkesinin ortalaması olan %3.20'nin altındadır ve Türkiye OECD ülkeleri arasında 2005-2014 yılları arasında işgücü verimliliği değişiminde on yedinci sıradadır (Suiçmez, 2016). 2012 yılında 121 ülkenin işgücü verimliliği düzeyi üzerinde yapılan analize göre Türkiye 43. sıraya gerilemiştir. Ülkemizde Endüstri 4.0 benimsenmesi kapsamında bilişim sektörünün Türkiye'deki potansiyelinin artması günümüz dünyasının küreselleşmesi ve gelişmesiyle

beraber oluşan doğal bir etkindir (Aydın, 2012). Bu sonuçlar Türkiye’de verimlilik alanında yeni yaklaşımlar getirilmesi gerektiğini göstermektedir. İşletmenin tedarik zinciri, performans takibi, üretim takibi gibi pek çok alanında bilişim teknolojisinin kullanımına dayalı yapılan çalışmalar bilişim teknolojisinin pozitif etkilerini ortaya koymaktadır.

Çalışma kapsamında üretim firmasının performansını ve üretim etkililiğini arttırmak adına uygulanacak bilişim sistemlerinden birisi, Endüstri 4.0’ın ana elemanlarından birisi de olan, nesnelerin internetidir (IoT) (Wahlster, 2011). Nesnelerin interneti 2009 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılmıştır. Benzersiz kimliklere sahip objelerin (Nesneler) internet benzeri bir ortamda veya bulut ortamında birbiriyle haberleşebilmesi ve sensörler yardımıyla çevresini algılayabilmesi, tanımlayabilmesi ve takip edebilmesi Nesnelerin İnterneti olarak tanımlanmıştır (Ashton, 2009).

1.2. ÜRETİM FİRMALARINDA DİJİTALLEŞME

Bilişim teknolojilerinin işletme verimliliğini arttırdığı Melville ve Kraemer’in (2004) de yapılan çalışmada ortaya konulmuştur. Peter Weill’in (1992) de yaptığı çalışmada bir valf üretim firmasında bilgi teknolojilerine yapılan yatırım ile firmanın performansı incelenmiş ve verimliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada bilişim teknolojilerinin veriye ulaşım kolaylığının sağlanması firmanın verimliliği üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Bilgi teknolojilerinde hızlı artış üretim sektöründeki firmaların üretim süreçlerinde değişikliklere yol açmıştır. Bu kapsamda üretim bandında bilgi teknolojileri kullanılması daha çok veri üretilmesi ve bu verilerin raporlanarak üretim süreçlerinde daha etkin karar verilmesine sebep olmaktadır. Üretimin takip edilip iyileştirilmesi, karar verme süreçlerine katkı sağlanması ve verimliliğin artırılması için BT kullanılmaya başlanması gibi konularda son yıllarda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Kang, 2016: 1893; Luo, 2017: 99).

Üretim montaj hatları için geliştirilen otomatize sistem modelinde montaj planlaması için nesne tabanlı model taslağı kullanılmış ve karmaşık ürünlerin üretimini otomatize edecek bir montaj modeli geliştirilmiştir. Üretim hatlarındaki karmaşıklığı ve belirsizlikleri çözmek amacıyla geliştirilen bu model uçak motoru

üreten bir tesiste örnek olay çalışması kapsamında uygulanmıştır (Wang, vd. 2014: 1426). Anlık veri toplanması ve analizini yapabilecek siber-fiziksel sistem tasarlanması ve geliştirilmesi yapılacak çalışmalar için öncelikli bir alandır. Ayrıca tedarik zincirinden ve üretim hattından toplanan verilerin işletmelerde karar vermeye destek amacıyla kullanılmasını sağlayacak metotların geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Esmaeilian, Behdad ve Wang, 2016: 79). Li Da Xu ve Lian Duan (2018)'a göre pek çok Endüstri 4.0 ve büyük veri çalışması siber-fiziksel sistemin çalışır halde durmasına odaklanmış bulunmaktadır. İşletmenin daha verimli çalışmasını sağlayacak analizleri yapan çalışmalar ise azınlıktadır (Xu ve Duan, 2018).

İnternet üzerinden veri madenciliği ile pek çok sektörde kullanılmakta olan büyük verinin üretim sektöründe verimli bir şekilde kullanılması için Nesnelerin İnterneti ve bulut saklama alanları ile birlikte kullanılması ve bu teknolojilerin bir kombinasyonu olması gerekmektedir (Li, vd. 2015: 667). Zhang ve diğerleri bulut üretimi adı altında yeni bir üretim paradigması önerisinde bulunmuştur. Bu paradigmada internet teknolojisinin ve IoT nesnelerinin son zamanlardaki hızlı gelişmesine gönderme yapılmış ve bulut tabanlı bir üretim için bir prototip hazırlanmıştır. Çalışmada Bulut Üretimi'nin sonraki periyotta ileri teknoloji üretim sistemlerinin sabit bir parçası olacağı ön görülmüştür (Zhang vd., 2014: 167). Bulut Üretiminde (CMfg) akıllı algılama, bağlantı ve düzenli üretim verisi toplanması sorunlarının çözülmesi durumunda işletmeye önemli faydaları olacaktır (Tao, 2014: 1435).

1.3. ÜRETİMDE NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin interneti (IoT) modern kablosuz teknolojilerinin de yaygınlaşmasıyla hızla gelişen bir yaklaşımdır. Nesnelerin interneti temel olarak, çevremizde yoğun olarak bulunmakta olan nesnelerin ve objelerin RFID etiketleri, sensörleri, mobil teknolojileri ve çeşitli iletişimsel teknolojileri kullanarak birbiriyle iletişime geçip ortak bir hedef için çalışmasıdır (Giusto vd., 2010).

Nesnelerin internetinin günlük yaşam kullanıcılarına ve iş sektörüne pek çok etkisi bulunmaktadır. Nesnelerin internetinin etkilediği iş sektörlerinden ön planda

olanları; otomasyon, endüstriyel üretim, lojistik sektörü, iş ve süreç yönetimi, nesnelerin ve kişilerin akıllı ulaşımı alanlarıdır (Atzori vd. 2010). Üretim sektöründe hem fiziksel donanım kaynakları hem de yazılım kaynakları Nesnelerin İnterneti teknolojileri akıllıca kullanılarak daha geniş ağlar kurulabilir. Böylece performans parametreleri ve enerji harcaması verileri gibi gerekli ve kullanışlı bilgi akıllı bir şekilde toplanabilir, işlenebilir ve işletmenin üretim yaşam döngüsüne eklenebilir (Tao vd. 2014: 1435). Cisco verilerine göre 2020 yılında kullanımda olan Nesnelerin İnterneti cihazlarının sayısı 50 milyarı geçmesi ve penetrasyon oranının 2012'deki %0,6 değerinden %2,7'ye çıkması beklenmektedir (Cisco, 2013). Buna rağmen akıllı işletmelerde nesnelerin interneti ve akıllı sensörler üzerinde yapılan çalışmalar çoğunlukla geçmiş süreçler üzerine odaklanmaktadır. Bunun sebepleri başlıca yetersiz ağ altyapısı, veri işleme sistemlerindeki yetersizlik ve anlık veri analizini ve yönetimini gerçekleştirecek metodoloji eksiklikleridir (Kang vd. 2016).

Şekil 3: İnternete Bağlı Cihaz Sayısı Tahmini

2020 Yılına Kadar İnternete Bağlı Nesnelerin Sayısının 50 Milyarı Geçmesi Beklenmektedir



Kaynak: CISCO, 2013.

Çalışma kapsamında üretim tezgâhlarında Endüstri 4.0 bileşenlerinden; nesnelerin interneti kullanarak anlık veri elde etme, analizi ve aynı zamanda anlık karar verme süreçleri gerçekleştirilmiştir. Nesnelerin İnterneti altyapısının

işletmelere entegre edilmesi ile yeni nesil işletmelerin bilişim sistemlerinin gelişimi desteklenmiş olur. Bu sayede üretim yönetim sistemlerini kullanan işletmelerde üretim verisi akışını, toplanmasını ve paylaşımının kolaylaştırılması mümkündür (Bi, Xu ve Wang, 2014: 1537). Üretim hattından alınan gerçek zamanlı veriyi işletme bilgi sistemine entegre etmek üzere üretim nesnelerinin interneti kapsamında bir ereve geliştirilmiştir ve bu ereve laboratuvar ortamında gerçekleştirmiştir (Zhang vd., 2014: 167). Üretim sektöründe RFID ve çeşitli sensörler kullanılarak üretim takibi ve otomatik veri akışı sağlanmasına rağmen talaşlı imalat sektörünün RFID ve benzeri teknolojilerin uygulanmasına uygun olmamasından dolayı IoT uygulamaları ve anlık veri akışını sağlayan uygulamaların yaygınlaşması mümkün olmamıştır (McFarlane vd., 2003: 365). Talaşlı imalat sektöründe bu uygulamaların gerçekleşememesinin nedeni hammaddenin (metal) eritilip işlenmesi ve ardından yüksek basınçlı presler ile son madde haline gelmesidir. Bu aşama sonrasında taşlama ve fırınlama gibi işlemlere de giren ürünlerin elektronik bileşen bulundurması pratik olarak uygun değildir. Bu nedenle gerçek hayatta talaşlı imalat üretim tesislerinde bilgi akışı eski yöntemlerle, kâğıt veya benzeri üretim takip yöntemleri ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle çalışmalar talaşlı imalat sektörünün ortaya koyduğu zorluklara cevap bulmamış ve uygulama gerçek bir üretim tesisinde uygulanmamıştır.

Yeşil ve sürdürülebilir üretime ulaşmak adına enerji verimliliğini arttırmak ve dolayısıyla evre kirliliğine yol açan maddelerin doğaya salınmasının önüne geçmek gereklidir. Modern üretim sektörünün yaşadığı zorluklardan birisi de anlık enerji üretim takibi ve analizinin yapılabilmesi ve enerji tüketiminin azaltılması konularıdır. Bu sorunlara çözüm bulmak adına Nesnelerin İnterneti ve bulut teknolojisi kullanılarak bir enerji üretim takibi ve analizi metodu geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Çalışma sonunda IoT teknolojileri ürün yaşam döngüsü boyunca enerji harcama bilgilerini dinamik olarak toplanmış ve bulut sunucular üzerinden enerji üretimi takibi ve analizi sistemi kapsamındaki servisler ile paylaşılmıştır (Zuo, Tao ve Nee, 2018: 337). Üretim sektörünün yüksek miktarda enerji tüketiminin doğaya zararının yanında ekonomik sürdürülebilirlik açısından da kontrol altına alınması gerekmektedir. Son yıllarda yükselen enerji fiyatları ve gitgide zorlaşan rekabet, şirketleri bu konuda yeni uygulamalar yapmaya

itmektedir. Yoğun enerji harcayan üretim işi yapan işletmelerin üretkenliğini ve enerji tüketim verimliliğini daha iyi bir seviyeye getirmek adına gerçek zamanlı enerji verimliliği optimizasyon metodu geliştirilmiştir. Geliştirilen metot gerçek zamanlı olarak üretim hatlarından alınan enerji odaklı anahtar performans değerlerini kullanarak gerektiğinde üretim planında gerçek zamanlı değişiklikler önermekte ve bu sayede üretim planının gerçekleştirilebilir ve enerji tasarruflu olarak ilerlemesini sağlamaktadır (Wang vd., 2018: 362).

1.4. TEORİK ÇERÇEVE VE HİPOTEZ

Ülkemizde üretim sektörü her geçen gün daha çok büyümektedir (İncekara, 2017: 16). Fakat bu büyüme beraberinde bilgi teknolojilerinin yeteri kadar etkin kullanılmamasından dolayı; yoğun evrak işleri, toplanamayan veya geriden takip eden performans verileri, takip edilemeyen üretim istasyonu performansı gibi problemleri de beraberinde getirmektedir. Üretim takibinde eski yöntemlerin kullanılması ve kayıtların el ile kâğıtlara aktarılması veya üretim takip sistemlerine operatör tarafından el ile girilmesi bunun sebeplerindendir. Bilişim teknolojisinden yararlanamayan işletmeler performans takibinde, dolayısıyla yapılan ve yapılacak işlerin gidişatı ile ilgili alınacak kararların alınmasında sıkıntılar yaşamaktadır ve işletmenin verimliliği düşmektedir. Peter Ducker'ın takip edilemeyen ve ölçülemeyen bir üretim süreci iyileştirilemez yaklaşımıyla ilerlenmiş ve iyileştirmek için ölçmeye odaklanılmıştır. Bu çalışma ile nesnelerin interneti ve anlık veri analizi yöntemleri kullanılarak üretim sürecinde karar vermeyi hızlandırmak ve kolaylaştırmak amaçlanmaktadır. Geriden takip edilen ve anlık olmayan veriler ve performans hesaplamalarını geçmişte bırakıp, anlık performans ölçümü ve rapor üretimiyle beraber şirketin verimliliğini artırmayı hedeflenmektedir. Anlık verilerin analizi ve raporlanmasına yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu kapsamda Aktaş (2014) nesnelerin interneti tabanlı veri toplama ve analiz sistemi geliştirmiştir. Platform geliştirilirken Arduino ve Rasperry Pi gibi gömülü sistemler ile çeşitli sensörler kullanılarak veri toplanmış ve anlık olarak analiz edilmiştir. Bir diğer çalışmada Bakır vd. 2014 yılında rafinerilerdeki büyük verinin gerçek zamanlı analizine yönelik çalışmadır (Bakır

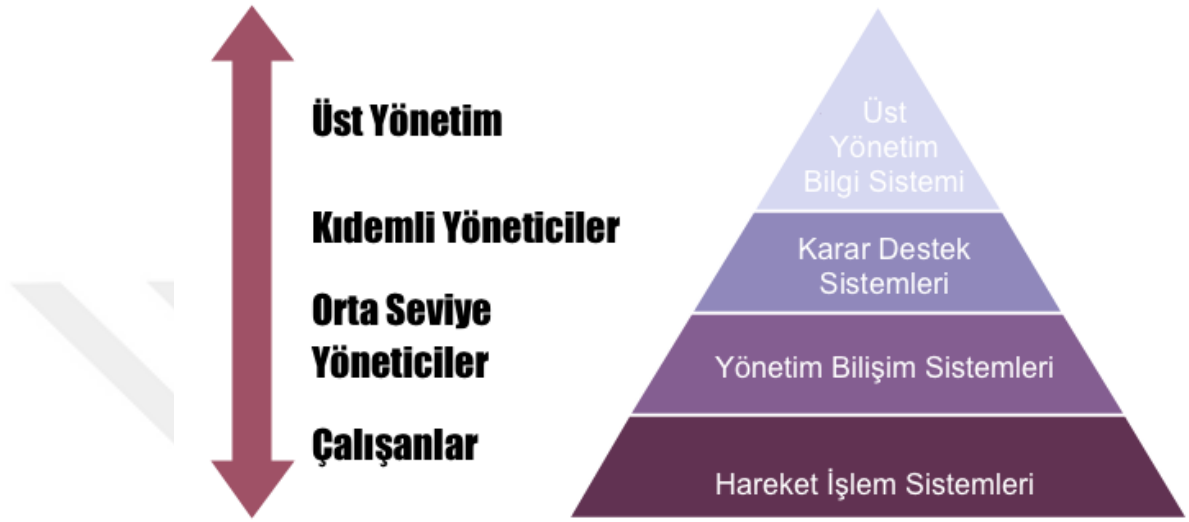
vd., 2014). Çalışmada Hadoop teknolojisi kullanarak sistemdeki oluşan hatalar anlık olarak tespit edilmiştir. Atçı 2015 yılında bir otomobil klima sisteminin kontrolüne yönelik performans analizlerine bağlı olarak deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir (Atçı, 2015). Çalışmada anlık verileri almak için sıcaklık, nem, basınç, debi hava akış sensörleri ile termokuplar kullanılmıştır. Verilerin zamana göre değişimlerinin sistem performansına etkileri grafik üzerinde incelenmiş ve raporlanmıştır.

Bilişim sistemi veriyi işlemek ve sonrasında bu işlenen veriyi karar verme süreçlerine sokup, karar verilene kadar süren bir süreçtir. Veriyi işleme aşamasında altı farklı operasyon gerçekleşir. Bu operasyonlar; (1) Bilgiyi toplama, (2) bilgiyi iletme, (3) bilgiyi depolama, (4) bilginin izini sürebilme, (5) bilgiyi manipüle etmek ve (6) bilgiyi görsellemektir (Alter, 1999). Bilişim sistemleri işletmenin karar verme süreçlerine entegre olur ve sistemler arası koordinasyon sağlar. Karar verme süreçlerine sağladığı destek sayesinde yöneticilere ve çalışanların sorunlarını çözmekte yardımcı olur (Aydın, 2012).

Bilişim sistemlerinin işletme işleyişi içerisinde ve yönetsel seviyede aldığı yerleri ve adları gösteren pek çok gösterim olmaklar birlikte bunlardan en popülerleri dört seviyeli bilişim sistemleri tipleri model diyagramıdır (Şekil 4). Bu piramitteki hareket işlem sistemleri, operasyon düzeyinde genellikle işletmelerin üretim atölyelerinde veya üretim hatlarında çalışan işçiler tarafından kullanılan ve diğer yönetsel operasyonlar için gerekli veriyi otomasyon veya yarı otomasyon ile sağlar. Yönetim bilişim sistemleri, orta seviye yöneticilerin eski verilerden yola çıkarak işletmenin performansını değerlendirip daha iyi karar almasına destek sağlayarak işletmenin kısa ve orta dönemde işleyişini kolaylaştırıp sorunsuz ilerlemesini sağlayacak olan sistemlerdir. Karar destek sistemleri kıdemli yöneticiler tarafından kullanılır. Karar destek sistemleri genellikle işletmenin mevcut yapılandırılmış bilgilerini analiz edip kıdemli yöneticilerin ileriye dönük kararlar almasına, oluşabilecek sorunların önüne geçmesine ve kararlarının ileride ortaya çıkartabileceği etkileri ortaya koymak için kullanılır. Üst yönetim bilgi sistemleri stratejik seviyede ve uzun vadede kararların alınmasına destek olmak amacıyla kullanılır. İşletmenin genel işleyişi, uzun dönem eğilimleri ve eylem planı oluşturulmasında üst yönetim ve kıdemli yöneticiler tarafından kullanılır. Bu

tip bilişim sistemleri bir aracıya gerek olmaksızın üst yöneticiler tarafından kullanılabilir olmalı ve kullanıcının ihtiyaçlarına yönelik düzenlenebilir (Chris, 2018).

Şekil 4: Dört Seviyeli Bilişim Sistemleri Tipleri Model Diyagramı



Kaynak: Kimble, http://www.chris-kimble.com/Courses/World_Med_MBA/Types-of-Information-System.html (5 Nisan 2018).

Tez çalışması kapsamında geliştirilip işletmeye entegre edilecek olan uygulama hareket işlem sistemi olarak değerlendirilebilecek özellikler taşımaktadır. Geliştirilecek uygulama operasyon aşamasında üretilen üretim verisini süreç takip cihazları ve mini bilgisayar ile oluşturulan otomasyon sayesinde anlık olarak toplayıp analiz etmekte ve kaydetmektedir. Sonrasında toplanan veriler ve analiz sonuçları gerçekleştirilen sistem veri entegrasyonları ile işletme tarafından kullanılmakta olan üretim yönetim ve kurumsal kaynak planlama yazılımları ile paylaşılmaktadır. Bunu yanında anlık veri toplanması ve anlık veri analizi sonuçlarının hem üretim sahasında hem de karar vericilerin ofisinde görsellenmesi ile karar vericilerin işletmede oluşabilecek problemlere daha hızlı müdahale edebilmesini ve daha iyi kısa vadeli kararlar alabilmesini sağlamaktadır. Bu durum göz önüne alındığında tez çalışması kapsamında hareket işlem sistemleri fonksiyonlarını yerine getirmenin yanında yönetim bilişim sistemlerinin bazı işlevlerini de yerine getiren ve dört seviyeli bilişim sistemleri

tipleri model diyagramında hareket işlem sistemleri ile yönetim bilişim sistemlerinin arasında bir konumda bulunan bir uygulama geliştirilecektir (Şekil 35).

Üretim süreçlerinde bilgi teknolojilerinin kullanımına yönelik literatür incelendiğinde anlık veri analizinin üretim süreçlerinde verimlilik ve performans artışı sağladığı görülmektedir. Bütüncül Stratejik Performans Ölçüm Sistemlerinin (ISPMS) üretim ve diğer işletmesel faktörler üzerindeki pozitif etkisi olup olmadığını görmek için yapılan araştırmada bu iki etmen arasında güçlü etkileşim olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Chenall, 2005: 395). Bu kapsamda hipotez olarak BT kullanımının verimliliği artırdığı belirlenmiştir.

H1: “Nesnelerin interneti ile anlık veri analizi ve raporlanması, üretim süreçlerinde etkililiği artırır.”

Performans ölçütü olarak üretim etkililiği kullanılmıştır. Etkililik işletmelerin ve örgütlerin, amaçlarına ne derece ulaşabildiklerini belirten bir performans boyutudur (Horngren vd., 2000:229). Bazı yaklaşım farklılıkları olmasına rağmen örgütsel etkililik literatürde genellikle örgütün, ulaşmayı amaçladığı sonucu elde etme düzeyi olarak açıklanır (Ergeneli, 2009: 188).

Atağan ve Yükçü (2009)’a göre üretim etkililiği şu şekilde belirtilmiştir;

Şekil 5: Üretim Etkililiği

$$\text{Üretim Etkililiği} = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim}}{\text{Beklenen (planlanan) Üretim}}$$

Kaynak: Ergeneli, 2009. 188

Fakat bu çalışmada anlık üretim verisi kullanılarak anlık veri analizi yapıldığı için değişiklikler yapıp formül anlık üretim etkililiği hesaplanacak şekle getirilmiştir.

Şekil 5: Anlık Üretim Etkililiği

$$\text{Anlık Üretim Etkililiği} = 100 \times \frac{\text{Anlık Gerçekleşen Üretim}}{\text{Hedeflenen Üretim} \times \frac{\text{Geçen Süre}}{\text{Toplam İşlem Süresi}}}$$

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

1.5. VERİ

Tez çalışması İzmir, Kemalpaşa Organize Sanayi bölgesinde bulunan bir şirkette uygulanmıştır. Şirket 1998 yılında 5500 m² alana kurulmuş ve yıllık 8000 ton dövme kapasitesine sahiptir. Şirkette 15'i beyaz yakalı olmak üzere 100 kişi çalışmaktadır. Talaşlı imalat, dövme gibi işlemlerini bünyesinde gerçekleştiren ve hem yurtiçi hem Almanya, Macaristan, Fransa, Avusturya, İsveç gibi ülkelerde yurtdışı müşterileri bulunan Talaşlı İmalat firmasıdır.

Tez çalışması kapsamında firmanın 1 Ocak 2016 ile 1 Aralık 2016 tarihleri arasındaki hali hazırda üretim yönetim sisteminde bulunan üretim kayıtları ön test kapsamında kullanılmak üzere alınmış ve üretim etkililiği verisine dönüştürülmüştür ve tez çalışmasının ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere kaydedilmiştir.

1 Aralık 2016 tarihi itibarıyla anlık üretim etkililiğini ölçmek üzere kullanılacak olan hedeflenen üretim miktarı ve hedeflenen toplam işlem süresi işletmenin kullanmakta olduğu üretim yönetim yazılımları ve kurumsal kaynak planlama uygulamalarıyla oluşturulan sistem entegrasyonu sayesinde elde edilmiştir. Aynı zamanda operatör adı, işlenen parça gibi ilgili iş emri bilgileri de oluşturulan sistem entegrasyonu sayesinde tez kapsamında oluşturulan yazılım tarafından kullanılabilir hale getirilmiştir. Böylece işletmenin zaten elinde olan ve kullanılabilir veriler tekrar toplanmamış, arka planda veri aktarımı gerçekleşmiştir.

Anlık üretim etkililiğini hesaplamada kullanılacak olan bir diğer veri olan anlık gerçekleşen üretim miktarı verisinin alınması için ilgili üretim tezgahına her bir üretim gerçekleştiğinde süreç kontrol cihazının sayacını bir arttıracak bir sensör mekanizması yerleştirilmiştir. Ardından süreç kontrol cihazında saklanan üretim miktarı ve ilgili tezgâh kimliği bilgisayara aktarılıp burada algoritmalar yardımıyla veri toplanıp kaydedilecektir. Bu aşamada elde edilen üretim miktarı verisi sistem entegrasyonu ile elde edilen veriler de kullanılarak anlık üretim etkililiğini oluşturur.

Tez çalışması kapsamında 1 Aralık 2016 ile 1 Nisan 2017 tarihleri arasında işletmenin iki adet dövme makinesinin üretim etkililiği takip edilmiş ve kaydedilmiştir. Bu dövme makinelerinin ürettiği ürünler ticari araçlar, iş

makineleri, tarım makinelerinde kullanılan metal parçalar, şaft kardan ve çeşitli dişlilerdir.

1.6. ARAŞTIRMA KISITLARI

İzmir, Kemalpaşa Organize Sanayi bölgesinde işlevini sürdüren üretim firmasında gerçekleştirilecektir. Belirtilen firma CNC Takım tezgahlarıyla üretim, tornalama, frezeleme ve metal dövme gibi pek çok üretim tezgahına sahiptir. Tez çalışması metal dövme makinelerinde gerçekleştirilecektir. Bunun sebebi üretim müdürü ve şeflerle yapılan görüşmelerde işletmedeki metal dövme makinelerinin üretim takibinde en geriden takip eden tezgahlar olmasıdır. Basınç etkisiyle sıcak metallerin kalıp içerisinde istenilen şekli almasını sağlayan bu makinelerin üretim aşamasında üretim miktarının alınabileceği herhangi bir modül bulunmamakta ve bu makinelerde üretimin tamamen kâğıt üretim formları ile takip edilmektedir. Bu nedenle, işletme üretim yöneticileri bu makinelerle ilgili yakın vadede karar verememekte ve üretimin anlık durumunu anlayamamaktadır. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında işletmede yer alan metal dövme makinelerinden iki tanesi üzerinde çalışılacaktır ve analizler bu iki makineden toplanan veriler ile gerçekleştirilecektir.

Veri toplama süreci tez çalışması kapsamında geliştirilen uygulamanın firmada uygulanmaya başladığı tarih olan 1 Aralık 2016'dan 1 Nisan 2017'ye kadardır. Bu süreçte firmaya haftalık düzenli ziyaretler yapılmış, sistemin çalıştığından ve veri akışının doğruluğundan emin olmak adına kontroller gerçekleştirilmiştir. 1 Nisan 2017'den sonra elde edilen veriler yukarıda belirtilen kontrollere tabi tutulmadığından araştırma kapsamındaki analizlere dahil edilmemiştir.

Uygulamanın geliştirilme süreci işletmenin ihtiyaçları ve ortaya koyduğumuz hipotez kapsamında ve kısıtlarında gerçekleştirilmiştir. İşletmede üretim yönetim yazılımı ve kurumsal kaynak planlama yazılımı kullanılmasına rağmen bu yazılımların üretim süreçlerine entegrasyon sağlamamış olmaları, veri toplama süreçlerine etkileri olmaması ve üretim kayıtlarının kâğıt formlara doldurulduktan sonra bu sistemlere girilmesi işletmenin üretim verisi toplama

sürecini hantallaştırmıştır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen uygulama ile bu hantallığı gidermek adına işletmenin kullandığı üretim yönetim yazılımı, kaynak planlama yazılımı ve üretim süreçleri arasında entegrasyonu sağlayacak olan bilişim sistemi entegrasyonu gerçekleştirilmiş, anlık veri toplanması, analizi ve raporlanması yapılmıştır.

Çalışma kapsamında geliştirilen uygulama ile toplanan anlık veriler işletme tarafından hali hazırda kullanılan diğer bilişim sistemlerine veri entegrasyonu ile paylaşılmıştır. Benzer bir şekilde, anlık üretimi takip etmek üzere geliştirilen uygulamanın ihtiyacı olan iş emri bilgileri, parça bilgileri, operatöre bilgileri, hedef üretim miktarı ve süresi gibi bilgiler sistem veri entegrasyonu ile uygulamaya dahil edilmiştir.

Bu kapsamda ve kısıtlarda, tez sürecinde geliştirilen uygulama sistem veri entegrasyonu ile işletme tarafından kullanılan üretim yönetim yazılımı, kurumsal kaynak planlama uygulamaları ve nesnelerin interneti ile veri akışına katılmış olan metal dövme tezgâhları arasında anlık veri entegrasyonu sağlar, ve aynı zamanda anlık veri analizi gerçekleştirip karar vericilere ve yöneticilere üretimin anlık durumunu anlık görsel raporlar ile gösterecek bir ara yüze sahiptir.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM VE ARAŞTIRMA METODUNUN SEÇİLMESİ

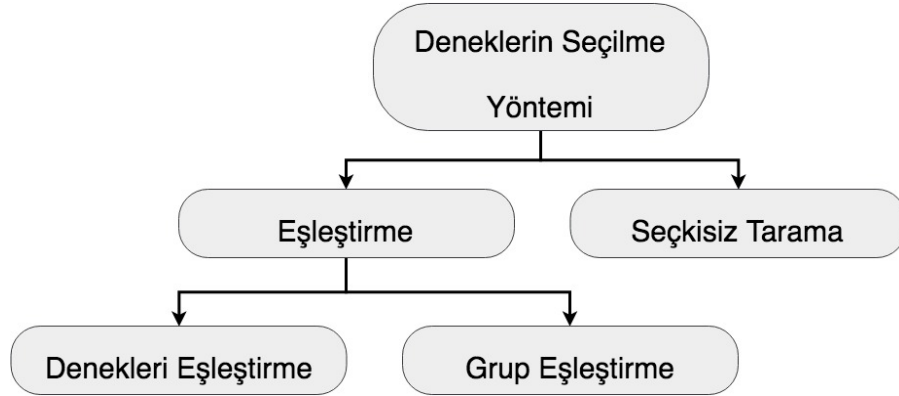
Performansın analizi için deneysel araştırma yöntemlerinden klasik deneysel tasarım metodu kullanılmıştır. Bu yöntem, hazırlanan yazılım ve nesnelerin interneti öğelerinin işletmedeki etkilerini net bir şekilde görmek ve ne derece etkili olduğunu ortaya koymak için seçilmiştir. Deneysel araştırma yöntemiyle fraktal görüntü kodlama sırasında oluşan hataların ve kayıpların etkisini azaltmak için geliştirilen fraktal kodlama yöntemi analiz edilmiş ve etkili sonuçlar alındığı görülmüştür (Lui, Fu, He, Zhou ve Ma, 2017: 5787). Toplu tahliye anlarında yayaların çıkış seçimlerinin belirlenmesi ve deneysel olarak modellenmesi için yapılan çalışmada tüm veri setlerini kapsayan bir tutarlılık saptanmıştır (Haghani ve Sarvi, 2017: 238). Wang, X. ve Disney, S. M. (2016) ekonomideki kırbaç etkisini rol yapma oyunu kullanarak deneysel yöntemlerle araştırmıştır.

2.1. DENEYSEL ARAŞTIRMA METODU

Deneysel araştırma metodunda tek bir grubu veya gruplara ayrılmış bir topluluğu belirli bir işleme ve etkiye tabi tuttukten sonra davranışları ve hareketleri takip edilir. Deneysel araştırmalar, araştırmacı tarafından ortaya konulan değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerinde nasıl bir etki yaratacağını gözlemlemeye yönelik çalışmalardır (Büyüköztürk vd, 2016). Deneysel araştırmalarda kullanılan pek çok deneysel tasarım mevcuttur. Bu tasarımlar genelde ortak olarak bulunan öğeler; (1) denekler, (2) bağımlı değişken, (3) bağımsız değişken, (4) uyarıcı etki, (5) test süreçleridir.

Deneyin istenilen şekilde sonuçlanması için deneklerin seçilme yöntemi büyük önem taşımaktadır. Şekil 6'da görüldüğü gibi Büyüköztürk ve diğerlerine göre (2016) seçilme yöntemleri eşleştirme ve seçkisiz atama olarak sınıflandırılmıştır (Büyüköztürk vd, 2016; Eckhardt ve Erman, 1977).

Şekil 6: Denek Seçme Yöntemi Sınıflandırması



Kaynak – Büyüköztürk, Ş. vd., 2016

Yapılan çalışmada eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kapsamında denekleri eşleştirme metodu kullanılmıştır. Denekleri eşleştirme yönteminde deney kapsamında bağımlı değişkenle arasında ilişki olan çiftler oluşturulur. Bu seçimde özellikleri aynı olan ve deneyde benzer davranışlar gösterecek denekler bulmak önemlidir. Çalışma kapsamında işletmedeki karar vericilerle ve üretim yöneticileriyle görüşülüp iki adet dövme makinesi seçilmiştir. Bu makineler aynı modeldir ve aynı veya benzer parçalar üretmektedir. Ayrıca bu iki makinenin operatörleri de ortaktır ve bir operatör her iki makinede de dönüşümlü olarak çalışabilmektedirler. Bu makinalar rastgele olarak deney ve kontrol grubu olarak ayrılmıştır.

Tüm deneylerin ana özelliklerinden birisi de araştırmacının bağımlı ve bağımsız değişkenleri belirleyip, bağımsız değişkenlere sistematik olarak müdahale etmesidir (Büyüköztürk vd., 2016). Seçilen firmada, belirlenen makinalar üzerinde gerçekleşecek olan deneyin sonuçlarını görmek adına bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Bağımlı değişken üretim tezgahlarının performans kriterlerinden birisi olan üretim etkililiği değeridir. Bu değer deney makinesinde (A) anlık olarak alınıp, raporlanmaktadır ve günlük ortalaması alınarak kontrol makinesinin (B) verileriyle karşılaştırılmak üzere kaydedilmektedir. Bağımsız değişken olarak işletmeye kurulan bilişim teknolojileri sistemi belirlenmiştir. Deney grubu olarak seçilmiş olan A makinesine ESM-9450 model süreç kontrol cihazı (sayaç) yerleştirilmiştir. Bu sayaçtaki veri hazırlanan yazılım yardımı ile A makinasından elde edilen üretim miktarları ve

üretim performansını anlık olarak fabrikaya yerleştirilmiş ekran ile görselleştirmekte, üretim verileri ve performansları kaydedilmekte ve üretim verilerini anlık olarak karar vericiye raporlamaktadır.

Deneysel araştırma desenlerinden ön test – son test eşleştirilmiş kontrol gruplu seçkisiz desen kullanılacaktır (Tablo 1) (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012). Bu kapsamda 1 Ocak 2016 ile 30 Kasım 2016 tarihleri arasında deney grubu ve kontrol grubunu oluşturan üretim tezgahlarının performansları (üretim etkililiği) takip edilmiştir. Ardından 1 Aralık 2016 tarihinde bağımsız değişken olan üretim otomasyon yazılımı ve üretim verilerinin gösterildiği ekran işletmeye entegre edilmiştir. Sonrasında 1 Aralık 2016 ile 31 Mart 2017 tarihleri arasındaki üretim etkililiği takip edilmiştir.

Tablo 1: Ön Test – Son Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Desen

Ön test – Son test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Desen				
Deney Grubu	M _r	O	X	O
Kontrol Grubu	M _r	O	C	O

Kaynak – Arıkan, 2007

İşletmeye BT ve IoT entegrasyonu kapsamında eklenen yazılım ile hem operatörlerin anlık olarak performanslarını görmesi sağlanıp ve motivasyonun artırılması, hem de üretim şeflerini ve yöneticilerin üretim sırasında üretim performansından haberdar olmasını sağlayarak karar vermeyi kolaylaştıracak ve hızlandıracak verileri sağlanması amaçlanmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2: Çalışmanın Ön Test – Son Test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Deseni

Ön test – Son test Eşleştirilmiş Kontrol Gruplu Seçkisiz Desen				
Deney Grubu	A Mak.	Ön Test	BT Entegrasyonu	Son Test
Kontrol Grubu	B Mak.	Ön Test	-	Son Test

Kaynak – Arıkan, 2007

Ön test sürecinde A ve B Makinelerinin Ocak 2016 ile Aralık 2016 arasındaki üretim etkililiği edinilmiştir. Bu 11 aylık süreçte her iki makinenin üretim süreçlerine herhangi bir müdahale yapılmamış, sadece veri takibi yapılmıştır. Sonrasında her iki makinenin üretim verilerinin lineer regresyon analizi yapılarak üretim performansının artma veya azalma eğiliminde olup olmadığı ölçülmüştür (Şekil 7).

Şekil 7: İşletme Ön Test Sonucu Denklemleri

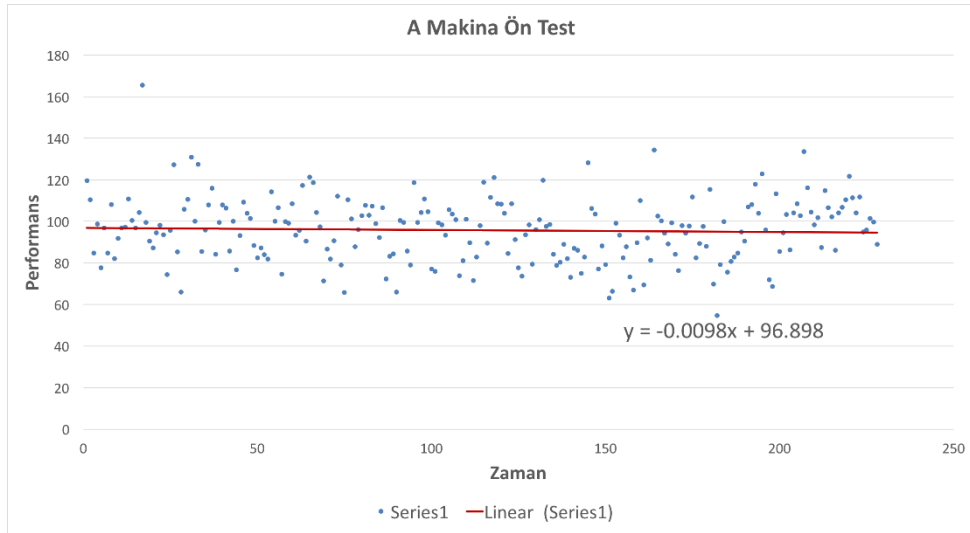
$$A \text{ tezgahı} \rightarrow y = -0.0098x + 96.898$$

$$B \text{ tezgahı} \rightarrow y = -0.0068x + 99.158$$

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

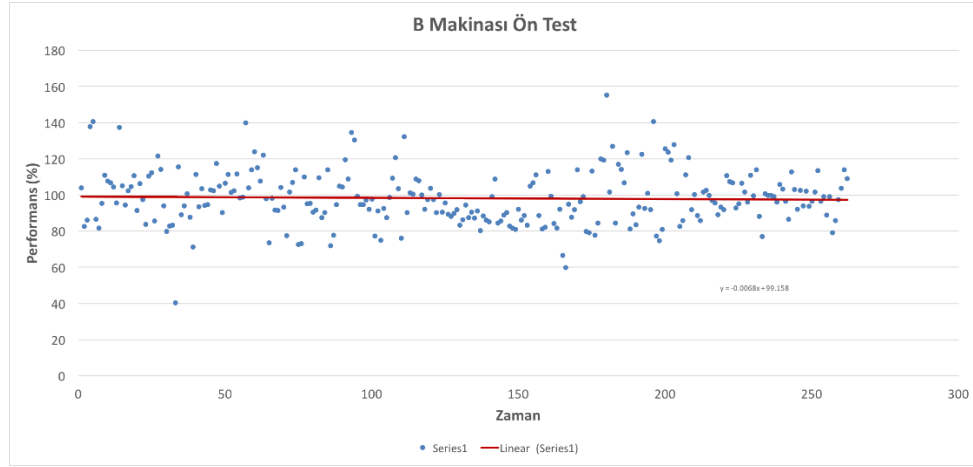
Elde edilen sonuçlar ışığında söylenebilir ki, araştırma kapsamındaki her iki makine de 11 ay süren ön test süresi boyunca ne artış ne azalış eğilimindedir. Şekil 8 ve Şekil 9’da görüldüğü gibi her iki makinenin ön test sürecindeki trend çizgisinin eğilimi sıfıra yakın takip etmektedir.

Şekil 8: A Makinası Ön Test Lineer Regresyonu



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 9: B Makinası Ön Test Lineer Regresyonu



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

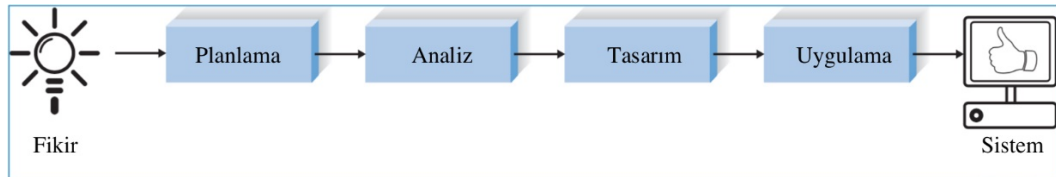
Son test sürecinde ise deneysel uyarıcının uygulandığı tarih olan 1 Aralık 2016 tarihinden 1 Nisan 2017 tarihine kadar olan üretim etkililiği verileri kaydedilmiştir.

Bu aşamada araştırma konusu olan şirketin boyutu ve performans beklentileri açıklanıp, sonrasında oluşacak performans kriterlerindeki değişim ortaya konulacaktır. Önerilen sistemin kurulması aşamasında sistem yaşam döngüsü kullanılmıştır.

2.2. SİSTEM GELİŞTİRME YAŞAM DÖNGÜSÜ

Sistem geliştirmesi uzun zaman ve yoğun çaba gerektiren bir olaylar dizisi olduğundan bu süreçlerin belirgin evrelere ayrılarak incelenmesi ve planlanması sistemin doğru bir şekilde geliştirilebilmesi için önemlidir.

Şekil 10: Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü Örnek Gösterimi

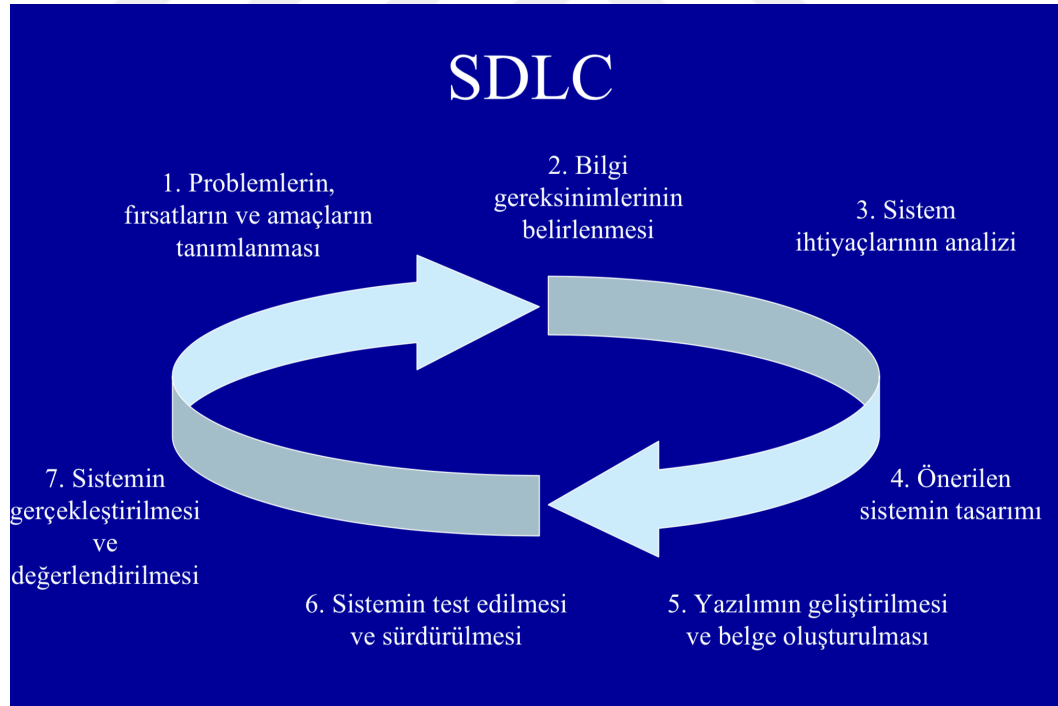


Kaynak: Dennis, Wixom, Roth, 2009: 7

Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü (SGYD) bir Bilişim Sisteminin işletmenin ihtiyaçlarını nasıl karşılayacağını kararlaştırılması, sistemin tasarlanması, oluşturulması ve kullanıcıya teslim edilmesi sürecidir (Dennis, Wixom ve Roth, 2009: 6). Sistem geliştirme yaşam döngüsü olarak adlandırılan bu sürecin adımları Planlama, Analiz, Tasarım ve Uygulama aşamalarıdır (Şekil 10). Uygulama aşamasından sonra işleyen bir sistem elde edilmesi amaçlanmaktadır.

SGYD birbirinden ayrı adımlardan oluşan bir süreç değil, uygulamanın hayatı boyunca tekrar edecek olan bir döngüdür (Şekil 11). Tez kapsamında yapılan çalışma sistem geliştirme yaşam döngüsünün öğeleri olan (1) tanımlama, (2) planlama, (3) analiz, (4) sistem tasarımı, (5) tasarım ve (6) uygulama geliştirilmesi sırasını izleyerek gerçekleşmiştir. Çalışmanın devamında SGYD bu başlıklar altında irdelenecektir.

Şekil 11: Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü Örnek Gösterimi



Kaynak: Tecim, <http://debis.deu.edu.tr/userweb//vahap.tecim/dosyalar/sgyd.pdf> (5 Nisan 2018)

2.2.1. Tanımlama ve Planlama

Planlama aşamasında iki önemli soruya yanıt aranmaktadır; (1) bu Bilişim Sistemi neden geliştirileceği, (2) Bilişim Sisteminin nasıl geliştirileceği (Dennis, 2009). Bu sorulara yanıt almanın en kolay ve hızlı yolu, Bilişim Sistemlerini geliştirecek olan görevlilerin, bu sisteme ihtiyacı olan görevliyle veya departmanla görüşmesi ve beraber çalışmasıdır. Karar vericilerle ve proje sorumlularıyla yapılacak olan toplantılarda projenin fizibilite planlaması kapsamında belirlenmesi gereken teknik, ekonomik ve organizasyonel planlama gerçekleşmelidir. Proje kapsamında yapılan planlama sürecinde şirketin üretim müdürü ve üretim şefi ile görüşülmüş ve tüm proje boyunca çalışma beraber yürütülmüştür.

Proje kapsamında şirketin üretim verisi toplama tarzının değiştirilmesi için bir yazılım geliştirilmesinin sebepleri şu şekilde sıralanmıştır; (1) kağıtla toplanan verilerin dijital ortama aktarılmasında yaşanan zorluk, (2) dijital ortamdaki verilerin güncel olamamasından dolayı analizlerin ancak 1 hafta ile 1 ay arasında geriye dönük yapılabilmesi, (3) eldeki verilerin ve raporların sağlıklı bir şekilde karar verme süreçlerine katılamaması. Oluşturulacak ve halihazırda kullanılan sistemin yerine geçecek olan yeni sistemin bu sorunlara çözüm olması amaçlanmaktadır. Sistemin geliştirilmesi sürecinde düzenli işletme ziyaretleri ile uygulama tasarımının ve işlevinin sürekli olarak karar vericilerle ve uygulamayı kullanacak olan görevlilerle beraber çalışarak belirlenmesine karar verilmiştir. Ayrıca teknik destek amaçlı ve yaşanabilecek elektriksel problemlere önlem olarak işletmenin elektrik tesisatının bakımından sorumlu olan çalışanı da gerektiğinde projeye destek verecektir.

2.2.2. Analiz ve Sistem Tasarımı

Analiz aşamasında (1) yeni bilişim sistemini kimin kullanacağına, (2) yeni sistemin değiştirmesi gereken etkenlerin belirlenmesine, (3) bu sistemin nerede ve nasıl kullanılacağına odaklanılmıştır. Bu süreçte örnek firmanın hali hazırdaki iş süreçleri incelenmiş, olası geliştirme fırsatları ortaya konulup, yeni sistem için bir konsept oluşturulmuştur. Ayrıca karar vericiler ve iş süreci yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucunda mevcut sistem ile ilgili alınan şikayetler şikayetleri göz

önüne alınmış ve proje gereksinimlerinin belirlenmesi aşamasında değerlendirilmiştir.

Analiz kapsamında örnek firmanın iş süreçleri analiz edilmiştir. Üretimi yapılacak olan bir parçaların dövme aşamasına geçmeden önce hangi süreçlerden geçtikleri incelenmiştir. İşletme kapsamında bir parçanın üretim aşamasına gelmeden önce şu aşamalardan geçmesi gerekmektedir; (Şekil 12)

- Müşteri Siparişi
- Hammadde Temini
- Üretim Planlama

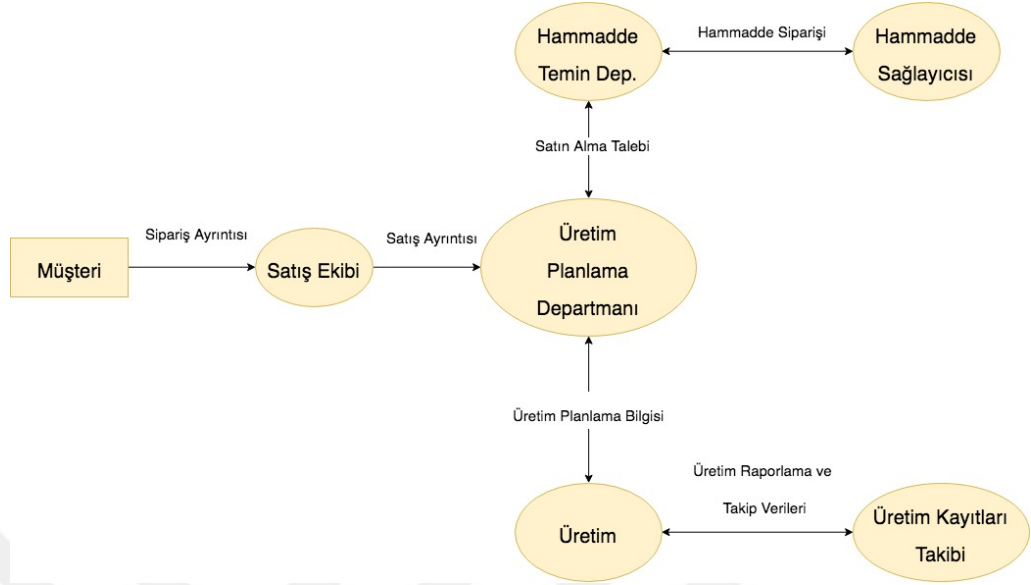
Şekil 12: İşletme İş Akışı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu süreçte yaşanan sorunlardan birisi parça üretim sürelerinin doğru tahmin edilememesinden dolayı üretim planlarının gerçeği yansıtmamasıdır. Bu sorunun sebeplerinden bir tanesi olarak tezgahlarda üretilen malzemelerin üretim kayıtlarının geleneksel yöntem olan kâğıt ve kalem ile gerçekleştiriliyor olmasıdır (Şekil 13). Bir diğer sorun ise operatörün veri akışında aldığı rolden kaynaklanmaktadır. İşletmede halihazırda kullanılan sistemde operatörler veri akışında aktif olarak rol almaktadır ve üretim tezgahında gerçekleşen üretimi gün sonunda üretim kayıtları formlarına girilerek üretim kayıtlarını sisteme girmekten sorumlu olan personele iletilir. Hem kâğıt kalem kullanımı hem de insan faktörü üretim planlamasında birçok sorunlara sebep olmaktadır.

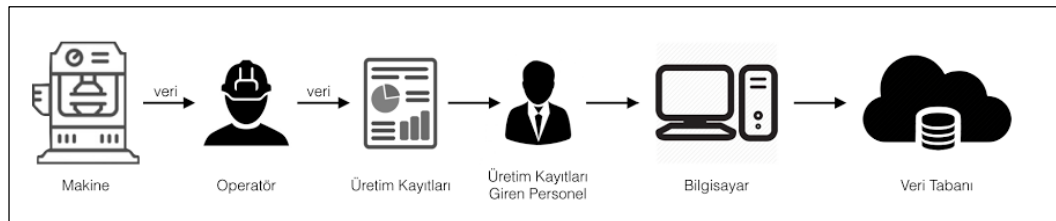
Şekil 13: Sistem Veri Akışı Şeması



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Mevcut sistemin (Şekil 13) sebep olduğu bazı sorunlar; (1) veri akışında önemli rol oynayan operatörlerin veri girişi yaparken kendi eksiklerini ve yanlışlarını kapatmak için eksik veya yanlış bilgi girmeleri, (2) operatörlerin üretim kayıt formlarını günlük olarak vermesinden dolayı gün içerisinde yaşanabilecek olan ve siparişin yetişmesine engel olacak performans düşüşlerinin saptanmasının ve önlem alınmasının imkansız olması, (3) operatörler tarafından teslim edilen üretim kayıt formlarını üretim takip sistemine girmekten sorumlu olan personelin işletme içerisindeki diğer sorumlulukları ve yoğun kağıt işleri nedeniyle veri girişinde 1 hafta ile 1 ay arasında gecikmeler yaşanması, (4) üretim yönetim sistemlerindeki güncel veri eksikliğinden dolayı üretim planlaması için gerekli olan üretim raporlarının gerçeği yansıtmaması ve güncel olmamasıdır.

Şekil 14: Mevcut İşletme Veri Akışı

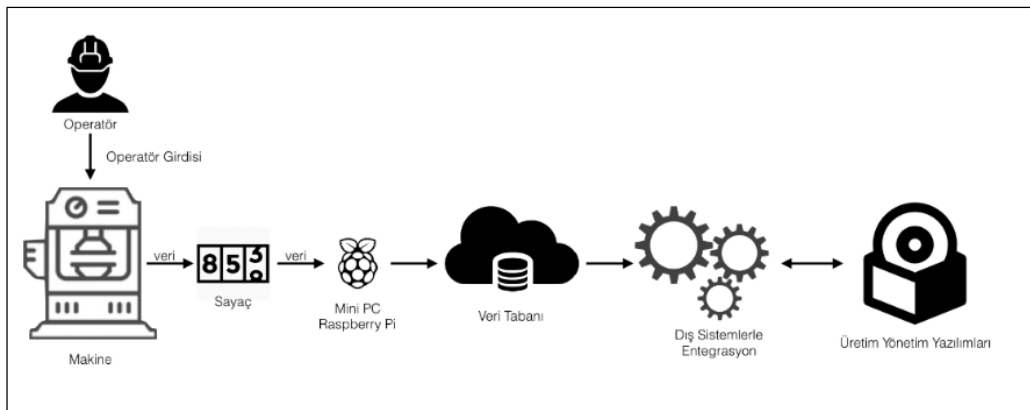


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu kapsamda bilgi teknolojileri kullanılarak mevcut işleyiş içerisinde üretim kayıtlarının tutulması ve analiz edilmesi aşamasında iyileştirme gerçekleştirilecektir. Ayrıca üretim sahasına yerleştirilecek büyük ekranlarda da gösterilecek olan anlık üretim verileri ve performans değerleri, operatörlerin ve vardiya şeflerinin görebileceği bir şekilde yerleştirilecek, böylece anlık kontrol ve motivasyon sağlanması amaçlanmaktadır.

Hazırlanacak olan yazılımın sisteme entegrasyonu sonucunda işletmenin iş yapma ve üretim takip etme sürecinde değişiklikler meydana gelmesi kaçınılmaz bir durum olmuştur. İşletmede yapılan analizler kapsamında mevcut iş akışında veri akışını yavaşlatan veya veri akışının güvenilirliğini azaltan unsurlar tekrar elden geçirilerek, gerektiğinde ve işlemenin iş yapma şeklinin el verdiği ölçüde iş akışından çıkarılması planlanmıştır (Şekil 15). İşletme içerisinde yapılan araştırmalarda operatörün veri aktarım sürecine dahil olmasının ve üretim verisinin kâğıt formlar ile toplanıp bir personel tarafından sisteme girilmesinin üretim süreç takibini zorlaştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. İlk olarak, kullanılması planlanan yeni sistemde operatörün veri girişindeki rolü ortadan kaldırılmıştır. Yeni sistemde operatör yalnızca üretim makinesini kontrol eder ve operasyonu yönetir. Üretim verisi sisteme eklenmesi planlanan sensör yardımıyla algılanıp, sayaç yardımıyla sayılır ve işletmeye yerleştirilmiş olan gömülü bilgisayara aktarılır. Alınan veri bu gömülü bilgisayarda düzenlenir ve doğruluğu kontrol edilir. Böylece hatlı ve yanlış bilgilerin veri akışına ve raporlara girmesinin önüne geçilmiş olur. Sonrasında ise veri tabanına kaydedilir.

Şekil 15: Sistem Tasarımı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

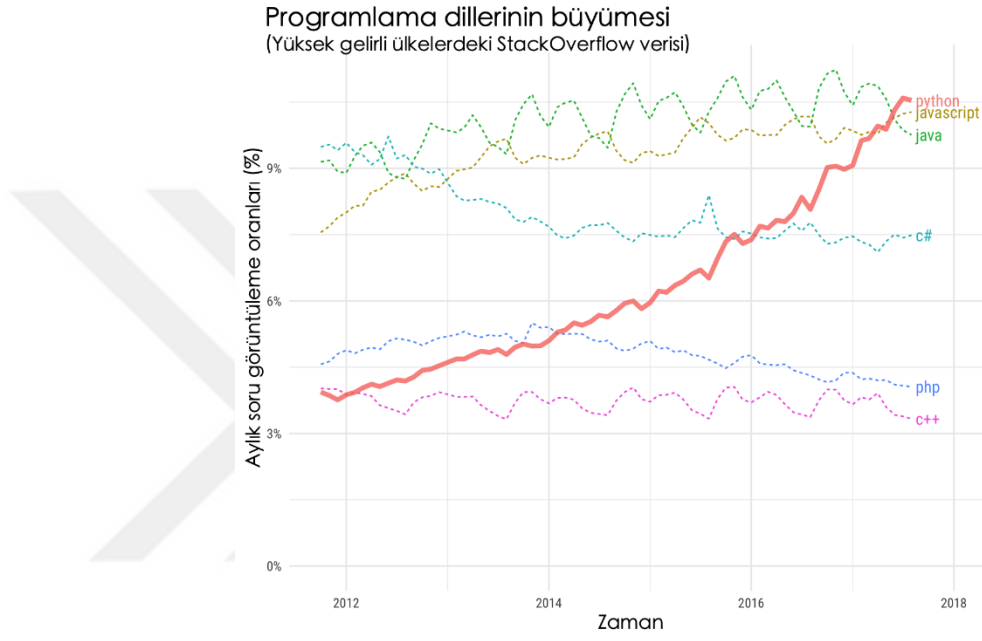
Elde edilen ve veri tabanına kaydedilen üretim verisi, bu veriyi kullanacak olan üretim yönetim yazılımları veya sistemleri ile dış sistem entegrasyonu sayesinde paylaşılır. Aynı zamanda üretim yönetim sistemleri tarafından oluşturulan iş emirleri ve üretim verileri de dış sistem entegrasyonu ile içe aktarılır. Böylece hem üretim yönetim sistemi yazılımlarında en güncel üretim verileri bulunmuş olur, hem de sistem üretim planlamalarına göre otomatik olarak hesaplamaları gerçekleştirir.

2.2.3. Tasarım (Dizayn)

Tasarım aşamasında (1) oluşturulacak olan bilişim sisteminin nasıl işleyeceği, (2) sistemin geliştirilmesinde kullanılacak olan yazılım, donanım ögeleri, (3) kullanılacak olan yazılım ara yüzü, (4) veri tabanı yapısı ve veri tiplerinin kararlaştırılması gerçekleştirilmiştir. Sistem tasarım aşamasında işlevselliğin yanında çalışma ortamı ve bu çalışma ortamında sistemin sürdürülebilir bir yapıda olması hedeflenmiştir. Sistem tasarımı aşamasında elde edilmek istenilen verilerin toplanması ve saklanması aşamasındaki teknolojik çerçeve ortaya konulmuştur. Oluşturmakta olduğumuz sistem için en önemli veri dövme makinelerinin anlık üretim miktarıdır. Bu veriyi üretim tezgâhından almak için sayaç kullanılmıştır. Bunun sebebi, kullanılan tezgahlarda sayım yapan herhangi bir devre olmamasıdır. Her bir ürünün üretiminde kullanılan ve her üretilen parça için 1 kez basılmakta olan butona yerleştirilen süreç kontrol cihazı sayesinde sayaca üretim verisi akışı sağlanmıştır. Sistemde kullanılmak üzere ESM-9450 model süreç kontrol cihazı kullanılmıştır. Seçilen süreç kontrol cihazın (1) toza dayanıklı bir kutuda geliyor olması, (2) standart seri port iletişim prosedürleri üzerinden iletişim kurabiliyor olması ve (3) hafızaya sahip olması sayesinde toplam üretim sayısı verisini kayıtlı olarak tutabilmesi seçim kararını etkileyen faktörlerdir. Süreç kontrol cihazındaki veri RS485 – USB dönüştürücüsü kullanılarak bilgisayara iletilmiştir. Bu kapsamda bilgisayar olarak deneme aşamalarında dizüstü bilgisayar kullanılmış, sonrasında nesnelerin interneti cihazları kapsamında Raspberry Pi gömülü sistemleri kullanılmıştır (Şekil 15). Raspberry Pi cihazının kullanılmasının sebebi dövme fabrikasının titreşimli ve tozlu bir ortam olması ve böyle bir ortamda hareketli parça ve soğutma fanı

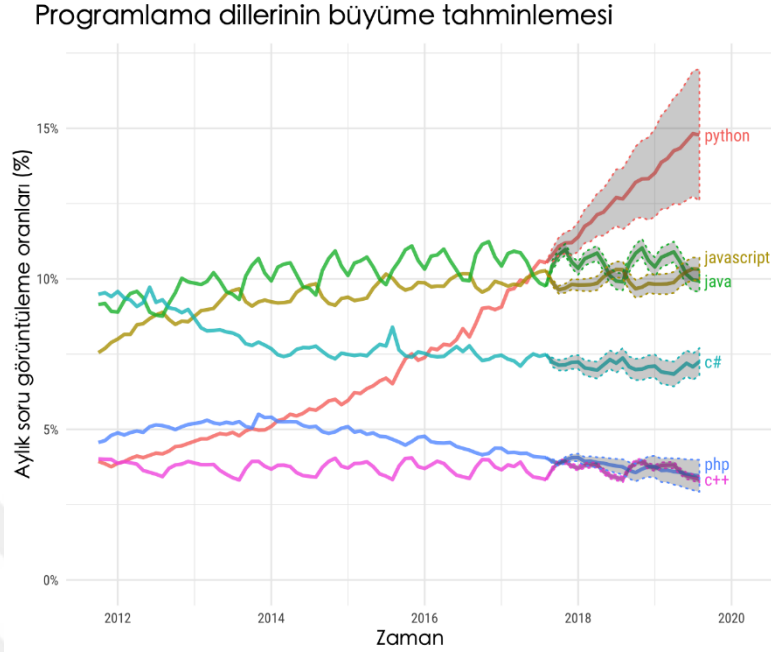
barındıran elektronik cihazların toz geçirmez bir koruma ünitesi olmadan çalışmasındaki zorluluktur. Yapılan denemelerin ilk aşamasında kullanılan dizüstü bilgisayar tozdan dolayı hasar almıştır. Başka bir faktör ise cihaz boyutunun küçük olmasından dolayı fabrika gibi yoğun ve kalabalık ortamlarda daha kolay monte edilebilmesidir.

Şekil 16: 2018 İtibariyle Programlama Dillerinin Büyümesi



Kaynak: Robinson, D. 2017

Şekil 17: Programlama Dillerinin Büyümesinin Tahminlemesi

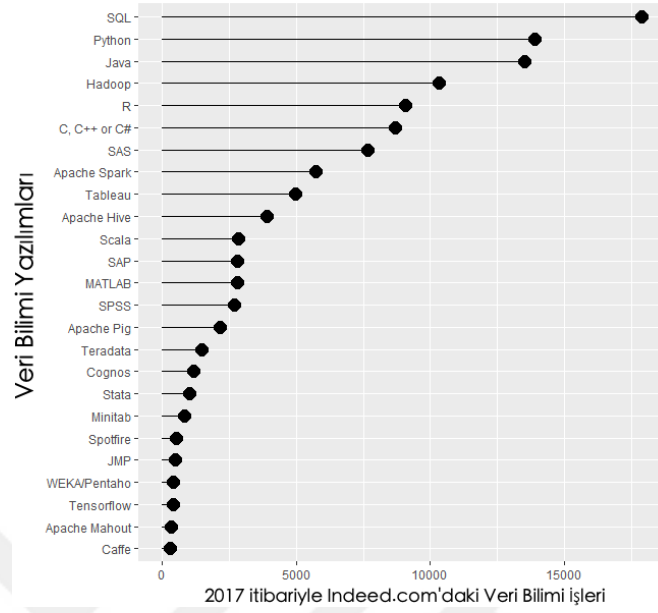


Kaynak: Robinson, D. 2017

Seri porttan veri okuma ve düzenleme yazılımları Python yazılım diliyle hazırlanacaktır. 2017 yılında Stack Overflow'un yüksek gelirli ülkeler arasında en popüler yazılım dili olarak açıkladığı Python, özellikle veri işlemede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 16,17). Indeed.com üzerinden veri analizi üzerine ilanlar incelendiğinde Python'dan sonra en popüler yazılım dilidir. Buna rağmen akademik veri analizi çalışmalarında SPSS ve R uygulamaları daha yoğunluktadır. (Muenchen, 2018) (Şekil 18, 19).

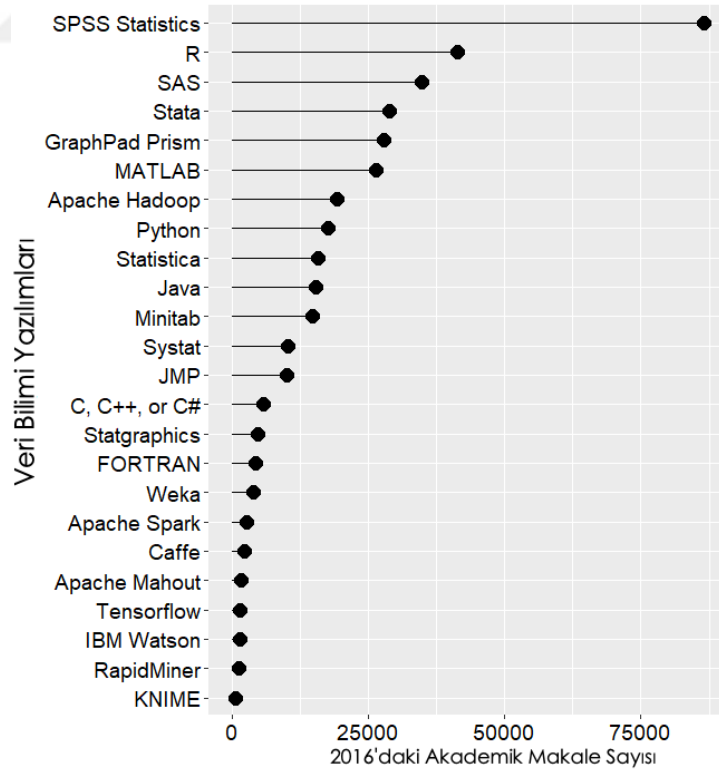
Python ile hazırlanan seri porttan veri okuma uygulamasında minimal-mod-bus ve serial kütüphanelerinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Sonrasında seri port ile elde edilen verilerin doğruluğunu ve tutarlılığını kontrol etmek için, yine Python kullanılarak, ayrı bir uygulama geliştirilecektir. Bu uygulamada süreç kontrol cihazından veri akışı sırasında gerçekleşebilecek olan senaryolardan; (1) olması beklenen duruma, (2) sensörün sıfırlanması durumuna, (3) üretim gerçekleşmemiş olma durumuna ve (4) bozuk veya yanlış veri gelme durumuna önlemler alınmıştır.

Şekil 18: 2017 Yılı Başında Indeed.Com'daki Veri Bilimi İşlerindeki Uygulama Popülerliği



Kaynak: Muenchen, R. A. 2018

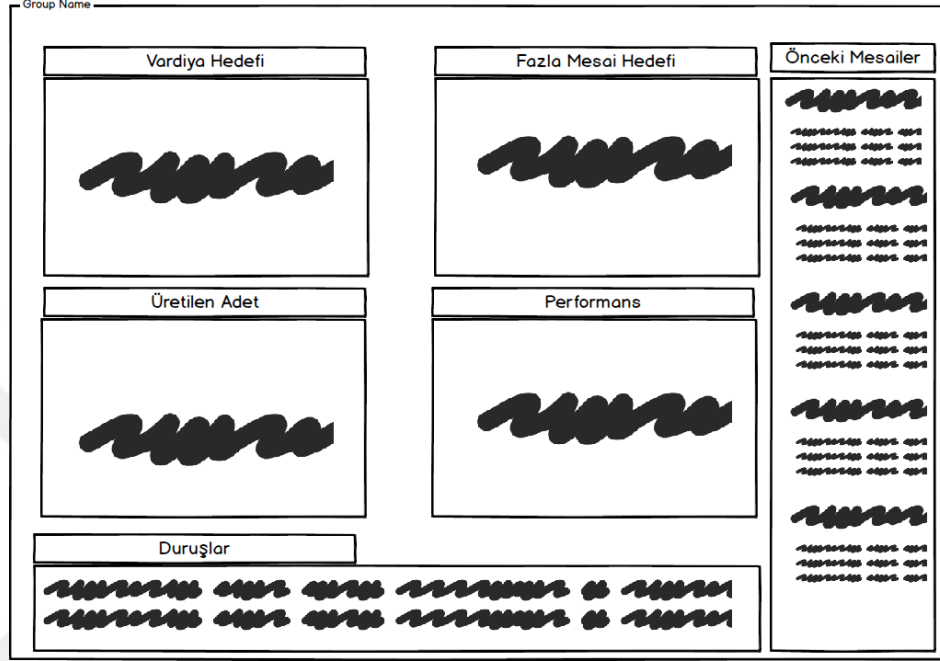
Şekil 19: 2016 Yılı Akademik Çalışmalardaki Veri Bilimi Uygulaması Popülerliği



Kaynak: Muenchen, R. A. 2018

Elde edilen verilerin ve üretilecek olan raporların üretim sahasında bulunan ve anlık üretim miktarını ve performans değerlerini gösteren ekranın tasarımını gerçekleştirmiştir (Şekil 20).

Şekil 20: Uygulama Ara Yüz Tasarımına İlişkin Ekran Görüntüsü



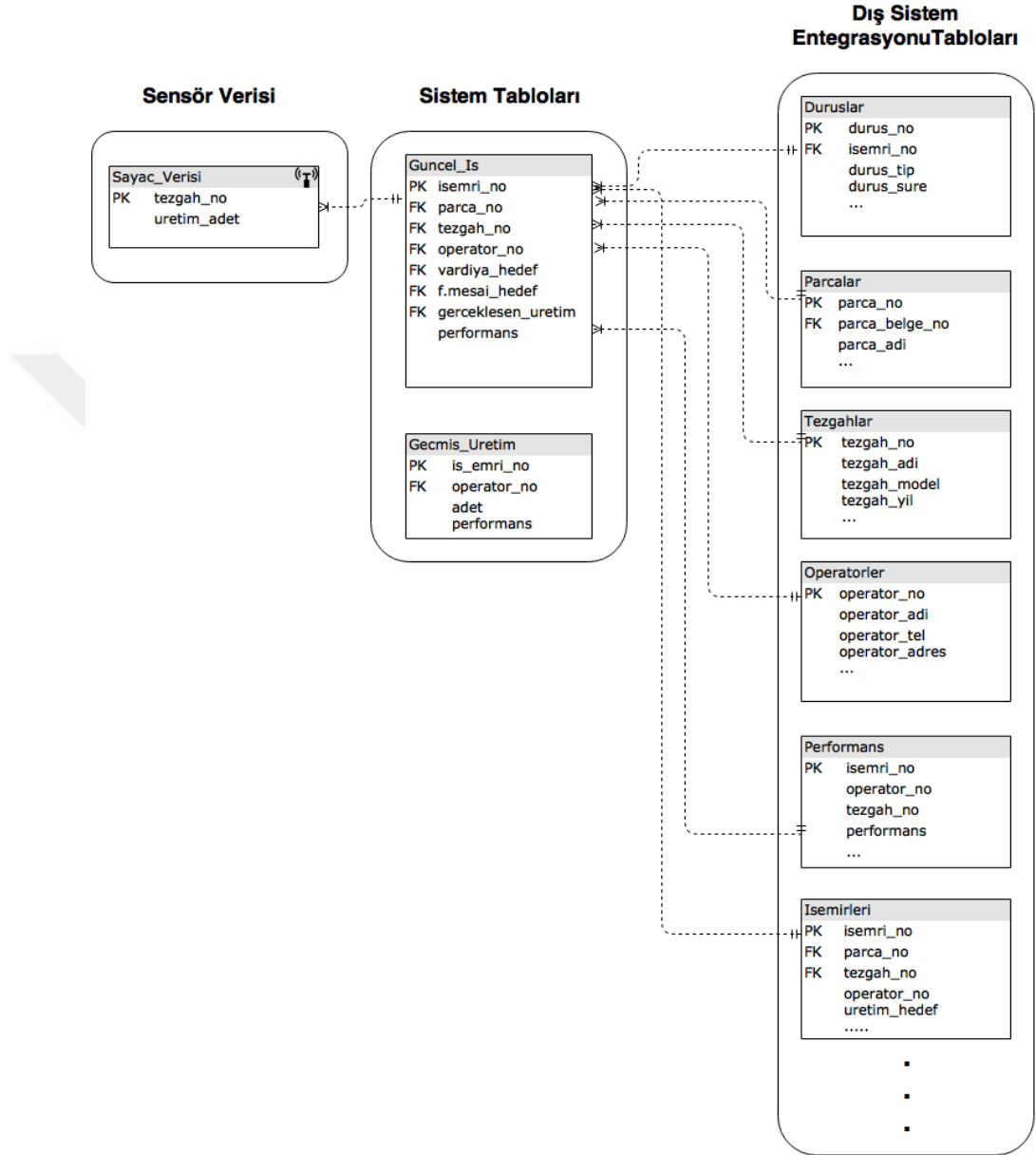
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Gerçekleştirilen ara yüz tasarımında görülebilirlik ve sadelik öncelikli olarak değerlendirilmiştir. İşletme çalışanlarıyla birlikte gerçekleştirilen ilk tasarımda (Şekil 20) çalışanların verileri uzak mesafeden okuyacak olması ele alınmıştır.

Sistemin veri tabanı yapısı entegre olan sistemlerden alınacak olan veriler ve sistemin diğer sistemlere entegrasyonu ile göndereceği verilerden yola çıkarak tasarlanmıştır (Şekil 21). Dış sistemlerden elde edilen iş emri bilgisi, hedeflenen üretim miktarları ve iş ayrıntıları veri tabanında saklanılmaktadır. Aynı zamanda sensörden (süreç kontrol cihazı) alınan üretim verileri sistemde analiz edilip, sistem tabloları aracılığıyla dış sistem entegrasyonuna dahil olurlar. Böylece sistemin performans ve üretim miktarını kullanacak olan diğer üretim yönetim yazılımları üretim verisinden ve performans verisinden haberdar olur bu değerleri

uygulama içerisinde ve raporlamada kullanabilirler. Böylece kayıtları tekrar tekrar girmeye gerek duyulmadan üretim yönetimi ve veri dağıtımı sağlanmış olur.

Şekil 21: Veri Tabanı Tasarımı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA GELİŞTİRİLME SÜRECİ

Sistem geliştirme yaşam döngüsünün uygulama aşamasında şu ana kadar tasarlanan ve şekillendirilen sistem yazılımsal ve donanımsal olarak gerçekleştirilir. Tasarım aşamasında donanımsal ekipman olarak Raspberry Pi kullanılacağına ve Raspberry Pi mini bilgisayarında çalışacak olan yazılımları geliştirmek için Python yazılım dilinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır. Üretim tezgahına yerleştirilen süreç takip cihazı üretim miktarını anlık olarak takip etmektedir, bu cihazda biriken veriler seri port iletişimi ile Raspberry Pi mini bilgisayara aktarılıp analiz edilecektir. Seri port üzerinden iletişimi sağlamak için RS485-USB adaptörü kullanılarak süreç takip cihazının seri port çıkışı, mini bilgisayarın USB girişine uyumlu hale getirilmiştir. Bu sayede süreç kontrol cihazından alınan veriler mini bilgisayara aktararak anlamlı birer değer almaları adına geliştirilmiş olan veri düzenleme ve kaydetme algoritmaları ile işlenmiştir. Söz konusu algoritmalar geliştirilirken seri port iletişiminin kesilmesi, süreç takip cihazının sıfırlanması veya üretimin durması gibi senaryolarda yanlış ve hatalı veri girilmesi veya veri tabanının gereksiz gere meşgul edilmesine önlem alınmıştır. Süreç kontrol cihazı ile toplanan ve sonrasında seri port üzerinden mini bilgisayara gönderilip düzenlenip anlamlı hale getirilen veriler sonrasında veri tabanına kaydedilmiştir.

Python ile hazırlanan seri porttan veri okuma kodunda minimal-mod-bus ve serial kütüphaneleri kullanılarak iletişim için kullanılacak port seçimi, iletişim hızı seçimi ve iletişim kriterleri belirlenmiştir.

Tablo 3: Seri İletişim Ortam Bilgileri

Seri İletişim Ortamı	Baud-Rate	Paket Boyutu	Stop Biti
RS 485	9600 bps	8 bit	1 bit

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

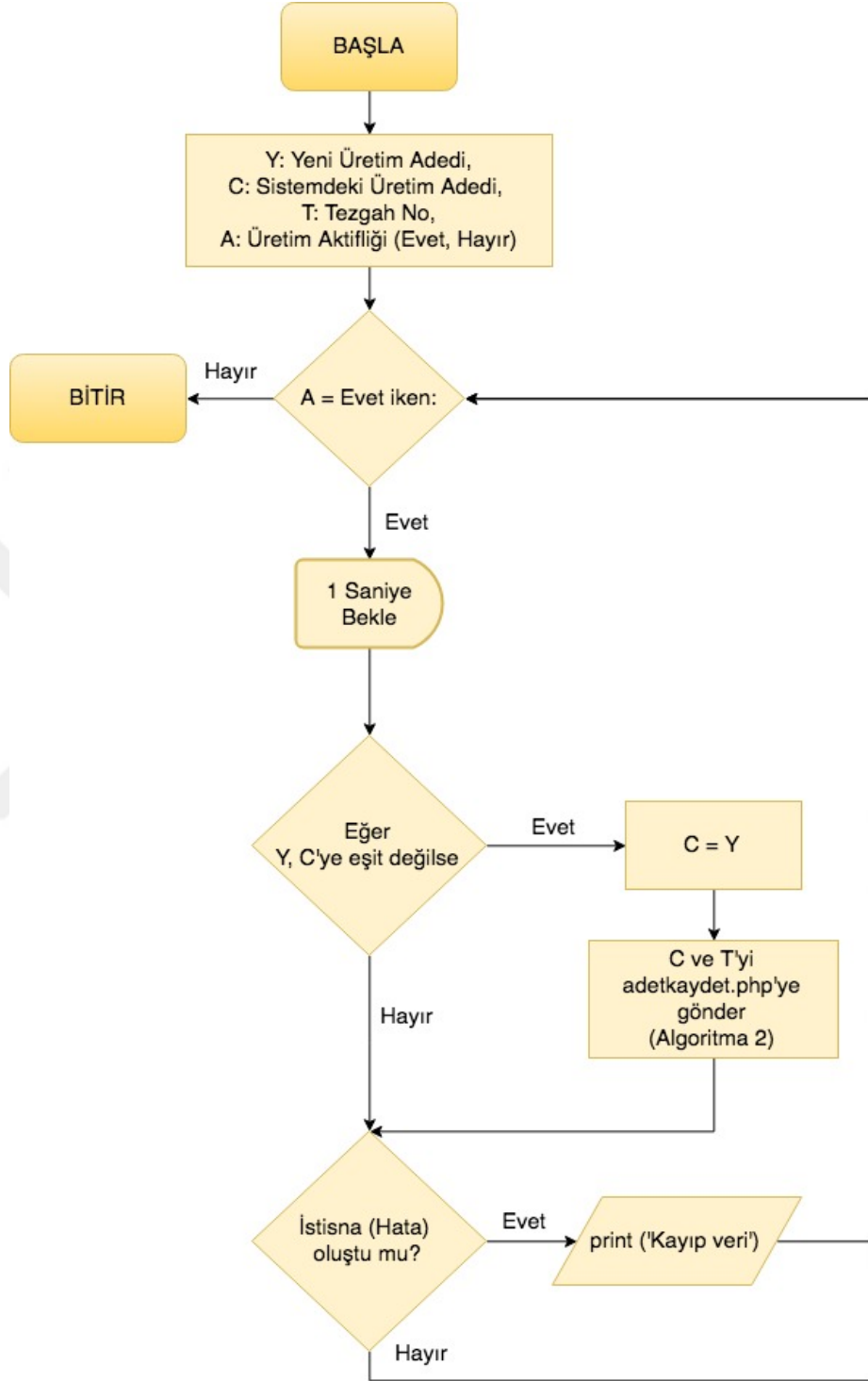
Seri iletişim 9600 bps (bits per second) baud-rate hızında ve her bir paket 8 bit büyüklüğünde ayarlanarak yapılmıştır. Her bir veri paketinin sonuna 1 adet stop biti adı verilen ve veri paketinin bittiğinin gösteren durdurma biti (stop bit)

gönderilmiştir. Bu değerler kullanılan ESM-9450 model süreç kontrol cihazının önerilen seri iletişim kriterleridir.

3.1. ANLIK VERİ KAYIT ALGORİTMASI

Adet sayma uygulamasında süreç takip cihazından okunan güncel üretim adedi ve verinin geldiği tezgâhın isim kodu verileri gelmektedir. Uygulama her bir saniyede okuma yapacak şekilde tasarlanmıştır. Anlık bağlantı kopmaları veya bozuk veri gelmesi durumlarına karşılık önlem amaçlı try – except komutları kullanılmıştır. Bu sayede program yanlış ve anlamsız veri gelmesi durumunda çalışmayı bırakmaz. Konsola bir uyarı göndererek çalışmaya devam eder ve hatalı bir işlem yapması engellenmiş olur. Eğer yeni gelen üretim adedi bilgisi daha önceden sistemde bulunan üretim adedi verisinden farklı ise yeni okunan adet sisteme kaydedilir.

Şekil 22: Tezgâhın Anlık Veri Kayıt Akış Şeması



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 23: Tezgâhın Anlık Veri Kayıt Algoritması

Girdiler: Y: Yeni Üretim Adedi, T: Tezgâh No, C: Sistemdeki Üretim Adedi

1: **Başla**

2: **while** True:

2: **uyku** (1 Saniye)

3: **try**:

4: **Eğer** Y!= C:

5: C = Y

6: **Gönder** to adetkaydet.php(C, T)

7: **except**:

8: **Yazdır** (“Eksik Değer”)

9: **Bitir**

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3.2. ANLIK VERİ KARŞILAŞTIRMA ALGORİTMASI

Adet okuma yazılımı sonucu elde edilen üretim adedi ‘Yeni Adet’ olarak kaydedilir. Bir önceki okumada kaydedilmiş olan üretim adedi veri tabanından ‘Önceki Adet’ olarak çekilir. Tezgâhın toplam gerçekleştirdiği üretim miktarı ‘Toplam Üretim Adet’ olarak çekilir. İlk olarak elde edilen Tezgâh numarasının veri tabanında bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Eğer bozuk veya hatalı veriden dolayı yanlış tezgâh numarası alınması durumunda veri tabanına hatalı veri girilmesini engellemek amacıyla böyle bir kontrol yapılmıştır. Bu durumlarda süreç kontrol cihazından Python kodu yardımıyla okunan ‘Yeni Adet’ ile ‘Önceki Adetin karşılaştırması yapılır. Bu karşılaştırmanın sebebi süreç kontrol cihazından gelecek olan verinin el ile sıfırlama veya elektrik kesintisi gibi bir aksaklıktan dolayı sıfırlanabilecek olması veya iki verinin aynı olmasıdır (Şekil 22, 23). Bu durumlara karşı 3 adet senaryo oluşturulmuştur:

İlk durumda ‘Önceki Adet’ ‘Yeni Adetten daha büyüktür. Bu olması beklenen durumdur. Bu durumda üretim miktarındaki fark hesaplatılarak ‘Toplam Üretilen Âdete eklenir. İkinci durumda ‘Önceki Adet’ ‘Yeni Adetten daha

küçüktür. Bu durum süreç takip cihazının sıfırlanması durumunda gerçekleşir. Bu durumda ‘Yeni Adet’ alınıp ‘Toplam Üretilen Âdete eklenir. Son durumda ise ‘Önceki Adet’ ile ‘Yeni Adet’ birbirine eşittir. Bu durum iki okuma arasında herhangi bir üretim olmaması anlamına gelir ve bu koşulun gerçekleşmesi durumunda herhangi bir değişiklik yapılmaz (Şekil 24, 25). Algoritma sonucunda elde edilen ‘Toplam Üretim Miktarı’ veri tabanına kaydedilir.

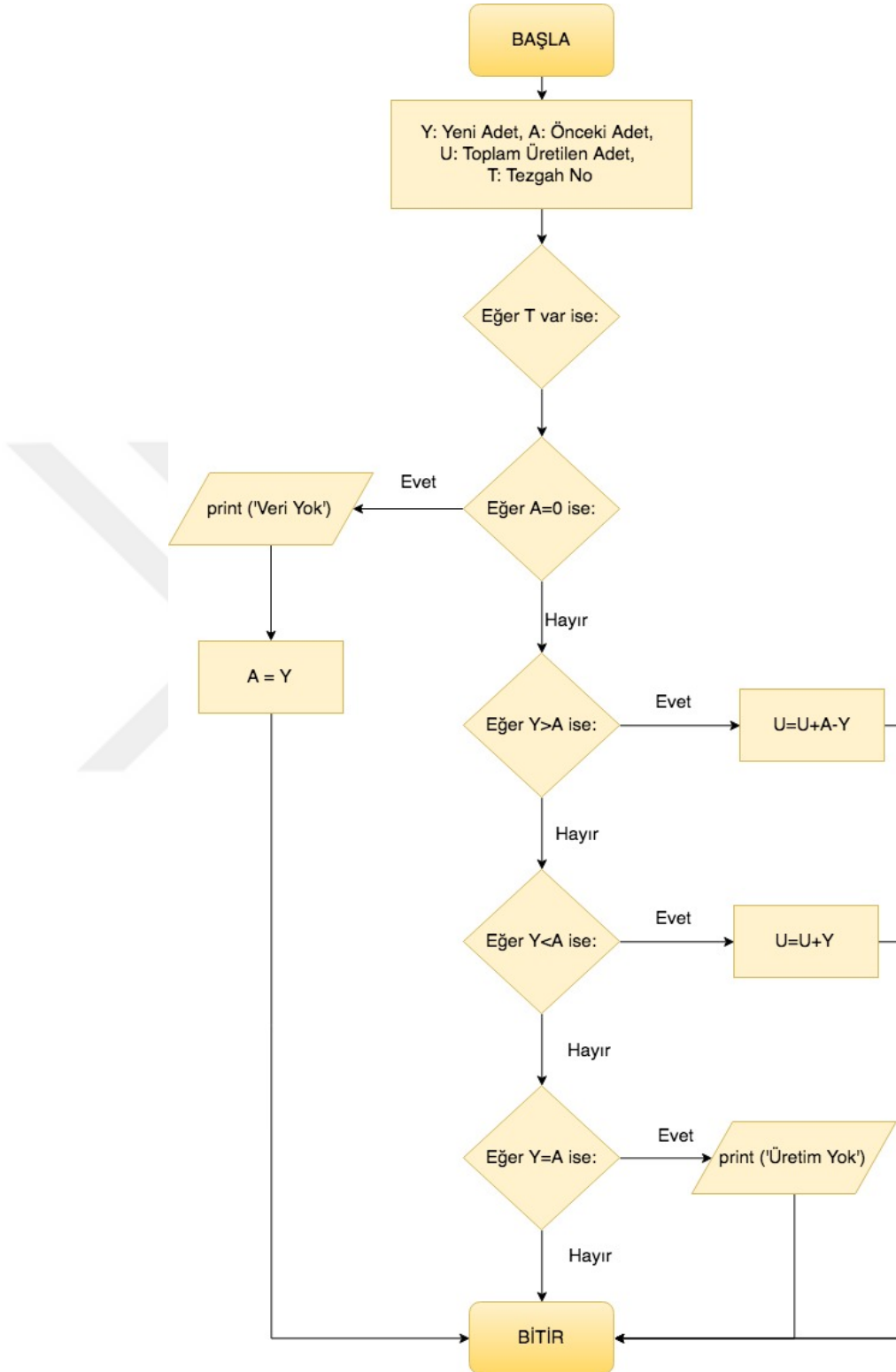
Şekil 24: Tezgâhın Anlık Veri Karşılaştırma Algoritması

Input: Y: Yeni Adet, A: Önceki Adet, U: Toplam Üretilen Adet, T: Tezgah No

```
1: Başla
2: Eğer T var ise:
3:   if A=0:
4:     Yazdır (veri yok, veri ekle)
5:     A=Y
6:   else
7:     if Y>A:
8:       U=U+A-Y
9:     if Y<A:
10:      U=U+Y
11:    if Y=A:
12:      geç
13: Bitir
```

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 25: Tezgâhın Anlık Veri Karşılaştırma Akış Şeması



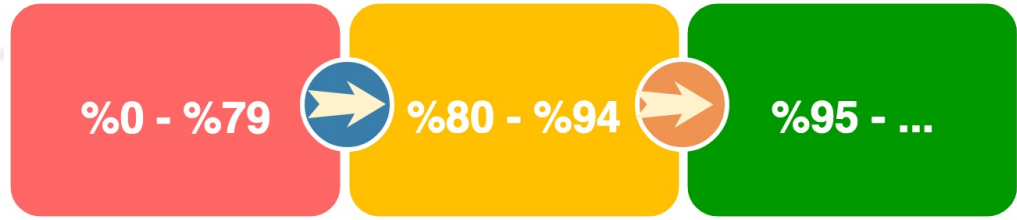
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

3.3. SİSTEM ARAYÜZÜNÜN HAZIRLANMASINDAKİ KRİTERLER

Sistem ara yüzü tasarımında işletme ile yapılan görüşmeler sonrasında ve sunulan tasarımlar ışığında sade bir tasarım ve uzak mesafeden görülebilecek bir yapı kullanılmasına odaklanılmıştır. Bu kapsamda üretilecek miktar, hedef üretim miktarı ve üretilmiş olan miktar değerleri büyük yazı tipli ve uzaktan okunabilecek şekilde ara yüze eklenmiştir. Performans göstergesinde işletmenin performans hedeflerine göre renk kodlaması yapılmıştır. Bu renk kodlamasında kırmızı, sarı ve yeşil olmak üzere 3 adet renk kullanılmıştır.

Firma ile yapılan görüşmeler sonucunda anlık üretim etkililiğinin %80'in altında olduğu durumlar kabul edilemez olduğu ortaya çıkmıştır ve bu durumda operatörün ve karar vericinin alarm durumunda olması gerektiği vurgulanmıştır. Bu görüşten yola çıkarak %80 üretim etkililiği performans değerinin altındaki performanslar için kırmızı renk kullanılacaktır.

Şekil 26: Performans Renk Diyagramı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Firmanın başarılı bir üretim etkililiği olarak değerlendirdiği performans değerleri %95 ve üzerindeki değerlerdir. Bu durumu hem operatör hem karar verici için görsellemek için yeşil renk kullanılmasına karar verilmiştir. Bu durum üretimin hedeflenen performansta gerçekleştiğini göstermektedir. Anlık performans değerinin firmanın belirttiği %80 sınırının üzerinde, fakat verimli üretim sınırı olarak değerlendirilen %94'ün altında olduğu durumlarda sarı renk kodu kullanılmaktadır. Bu aralıktaki üretim kabul edilebilir değerlerdir fakat daha da iyileştirilebilir.

Şekil 27: Uygulama Ara Yüzüne İlişkin Ekran Görüntüsü

Tezgah	ParçaNo	Operatör	İşEmri	ÖNCEKİ VERİLER		
MPM 10000-1	095763	KUDRET ÇİFTÇİ	E17011	OPRTR	ADET	PERF.
VARDİYA HEDEFİ		F.MESAI HEDEFİ		LATİF AZGIN	429	%74.1
600		920		TEKİN ÖZTÜRK	300	%46.9
GERÇEKLEŞEN ADET		PERFORMANS		KUDRET ÇİFTÇİ	292	%84.6
0		%0		LATİF AZGIN	0	%0
Kalıp Drş	Tezgah Drş	Diğer Drş	Toplam			
0 dk	0 dk	0 dk	0 dk			
0 drş	0 drş	0 drş	0 drş			

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında bir üretim tesisinin endüstri 4.0 hedeflerine ulaşması çerçevesinde nesnelerin interneti cihazları ile tezgahlardan veri toplama ve anlık olarak analiz edilerek yöneticilerin daha etkin karar vermesi ve şirketin verimliliğinin artırılması sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında talaşlı üretim firmalarında BT kullanımının üretim performansını arttırıp arttırmadığı araştırılmıştır. İlk olarak üretim firmasında ihtiyaç analizi yapıp işletmenin iş süreçleri ve istekleri göz önünde bulundurulmuş ve bir yazılım hazırlanmıştır.

Deneysel tasarım metodu kapsamında bir adet deney grubu (A tezgâhı), bir adet kontrol grubu (B tezgâhı) olacak şekilde iki adet üretim tezgâhı seçilmiştir. 1 Ocak 2016 ile 1 Aralık 2016 tarihleri arasındaki üretim performansı (Şekil 28) ortalamaları alınmıştır. Uygulama devreye girmeden toplanmış olan üretim verilerinden elde edilen bu performans verileri ön test kapsamında değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda araştırmada kullanılması planlanan her iki talaşlı imalat tezgâhının da birbirine çok yakın bir performansa sahip oldukları kanaatine ulaşılmıştır (Şekil 8, 9).

4.1. PERFORMANS KRİTERİ

Çalışma kapsamında kullanılan performans kriteri üretim etkililiğidir. Bu performans hesaplamasının yapılmasının nedeni üretim tezgâhlarında çeşitli parçaların, farklı sürelerde üretilmesi ve bu değerlerin normalleştirilip karşılaştırılabilir hale getirme ihtiyacıdır. Parça yapısı ve iş süreçleri gereği bir ürün 1 saatte 100 adet üretilirken diğeri 1 saatte 20 adet üretiliyor. Bu iki değeri ortak bir şekilde değerlendirmek için normalleştirme işlemi gerekmektedir. Normalleştirme sonucu her parça üretilmesi hedeflenen miktar kadar üretilirse 100 performansa ulaşacaktır. Üretilmesi hedeflenen miktar ve iş emri toplam süresi uygulama ise entegre çalışmakta olan üretim takip programlarındaki takip edilen tezgâha atanmış olan iş emirlerinden elde edilir. Hazırlanan uygulama işletmede kullanılan diğer üretim takip uygulamalarıyla dikey entegrasyona sahiptir. İş emri başlangıç tarihinden itibaren geçen süre olan geçen süre ve uygulama tarafından hesaplanmış olan anlık üretim miktarı da kullanılarak anlık

performans hesaplanır. Bu değer işletmenin anlık üretim performansının 100 üzerinden değerlendirilmesiyle oluşur (Şekil 28).

Şekil 28: Performans Hesaplama Formülü

$$Performans = 100 \times \frac{\text{Gerçekte Üretilen Anlık Miktar}}{\text{Üretilmesi Hedeflenen Miktar} \times \frac{\text{Geçen Süre}}{\text{İş Emri Toplam Süre}}}$$

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

4.2. DENEY VE KONTROL GRUBU BULGULARI

Çalışmanın ön test süresinin gerçekleştirildiği tarihler arasında A tezgâhının ortalama günlük performansı %96,77 iken, B tezgâhının ortalama günlük performansı %98,60 olarak hesaplanmıştır. Özellikleri ve ürettikleri ürün tipleri aynı olan bu iki tezgâhtan deney grubu olan A tezgahına 1 Aralık 2016 tarihinde geliştirilen anlık üretim takip yazılımı ve sensör entegre edilmiştir. Yazılımın kontrollü bir şekilde kullanıldığı 1 Aralık 2016 tarihinden 1 Nisan 2017 tarihine kadarki dönemde A tezgâhında ve B tezgâhında yapılan üretimin ortalama günlük performansı hesaplanmıştır. Belirtilen tarihler arasında A tezgâhının ortalama günlük performansı %110,56'ya yükselmişken, B tezgâhının ortalama günlük performansı %106,64'e yükselmiştir. Her iki tezgâhta da artış olmasıyla beraber A tezgâhındaki artış %14,25 iken B tezgâhındaki artış %8,14'te kalmıştır. Yazılımın entegre edildiği 1 Aralık 2016 ile 1 Nisan 2017 arasındaki süreçte tezgâhlardaki üretimin artış veya azalış eğilimini görmek amacıyla her iki tezgâhın günlük üretim performansları grafiğe yerleştirilmiş ve Lineer Eğilim Çizgileri (Trend çizgileri) oluşturulmuştur (Şekil 30,31). Bu yöntem ile günlük üretim verisi grafiklerimiz 1. dereceden bir denkleme indirgenerek pozitif veya negatif eğilimin olup olmadığı görülebilir. Elde edilen denklemler ve grafikler şu şekildedir:

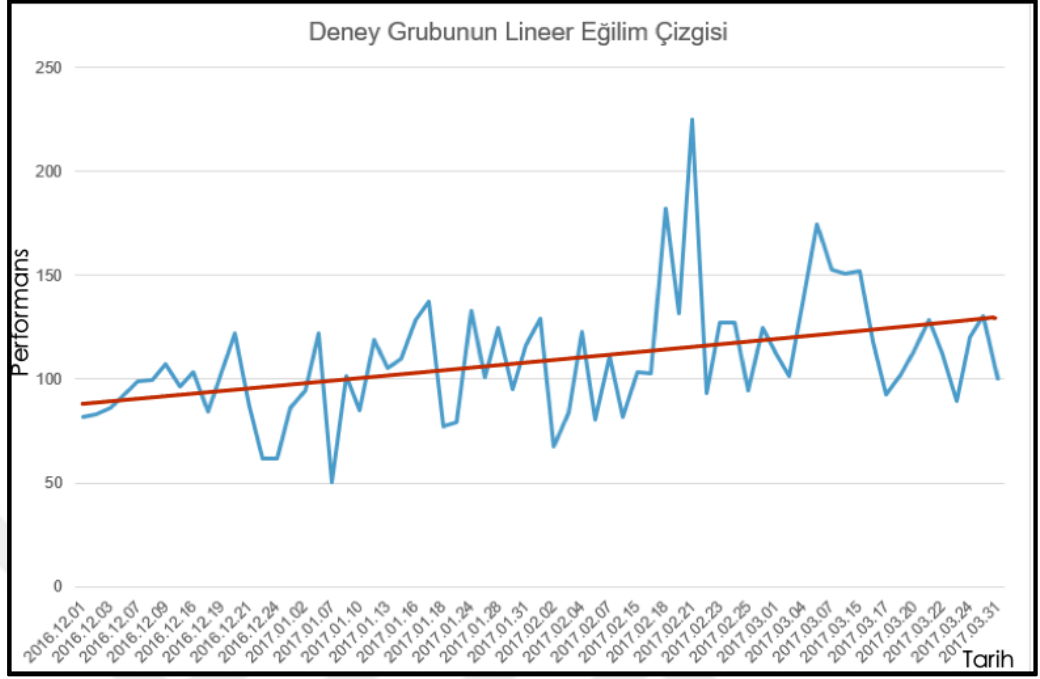
Şekil 29: Deney ve Kontrol Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Denklemleri

$$A \text{ tezgahı} \rightarrow y = 0.5893x + 88.87$$

$$B \text{ tezgahı} \rightarrow y = 0.0644x + 102.04$$

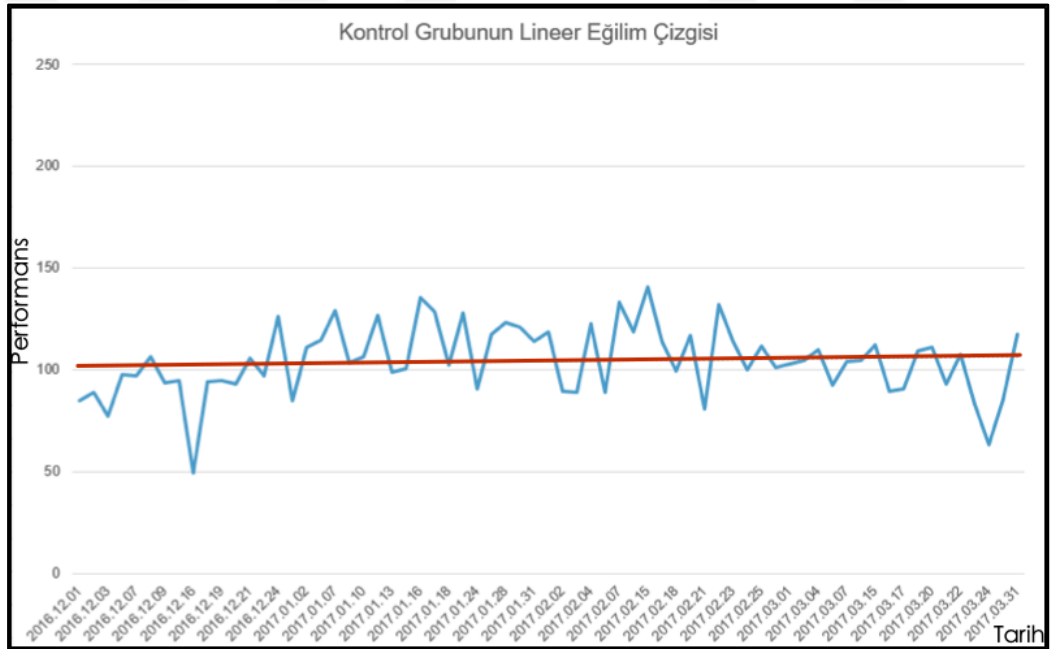
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 30: Deney Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Çizgileri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 31: Kontrol Gruplarının 4 Aylık Lineer Eğilim Çizgileri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Elde edilen denklemlerden ve Şekil 29 ve 30’da yer alan eğilim çizgilerinden de anlaşıldığı gibi A makinesi 1 Aralık 2016’da daha düşük bir orijin değerinden (88.87) başlamasına rağmen ilerleyen süreçte artan bir eğilim göstermiştir. B makinesi ise daha yüksek bir orijin değerinden (102.04) başlamasına rağmen ilerleyen süreçte sabite yakın bir eğilim göstererek çok yavaş bir artış göstermektedir.

4.3. F002338 PARÇASI İÇİN DENEY VE KONTROL GRUBU BULGULARI

Daha detaylı sonuçlara varabilmek için anlık veri analizi yaklaşımının tek bir ürün üzerinde etkisini gözlemlemek amacıyla hem A hem de B tezgahında üretilmiş bir parçanın 1 Aralık 2016 ile 1 Nisan 2017 tarihleri arasında üretim verileri grafiğe yerleştirilmiştir. F002338 nolu parçanın üretim verilerinin artma veya azalma eğiliminde olup olmadığını gözlemlemek amacıyla lineer eğilim çizgileri oluşturulmuştur. Elde edilen lineer denklemler şu şekildedir:

Şekil 32: F002338 Numaralı Parçanın Deney Ve Kontrol Grubu Lineer Eğilim Çizgisi Denklemleri

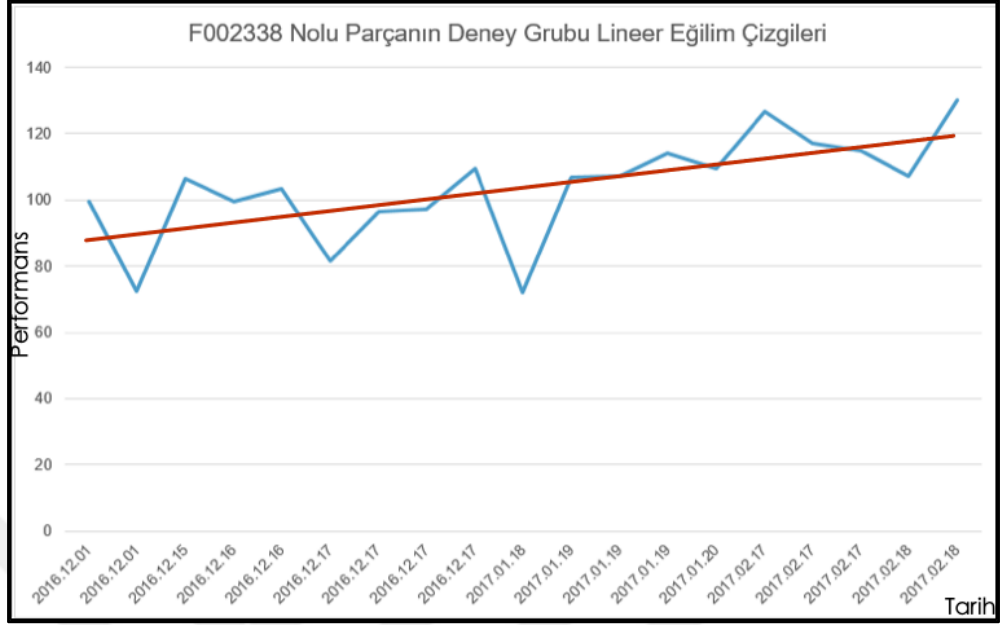
$$A \text{ tezgahı} \rightarrow y = 1.7728x + 86.058$$

$$B \text{ tezgahı} \rightarrow y = 0.6272x + 85.505$$

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

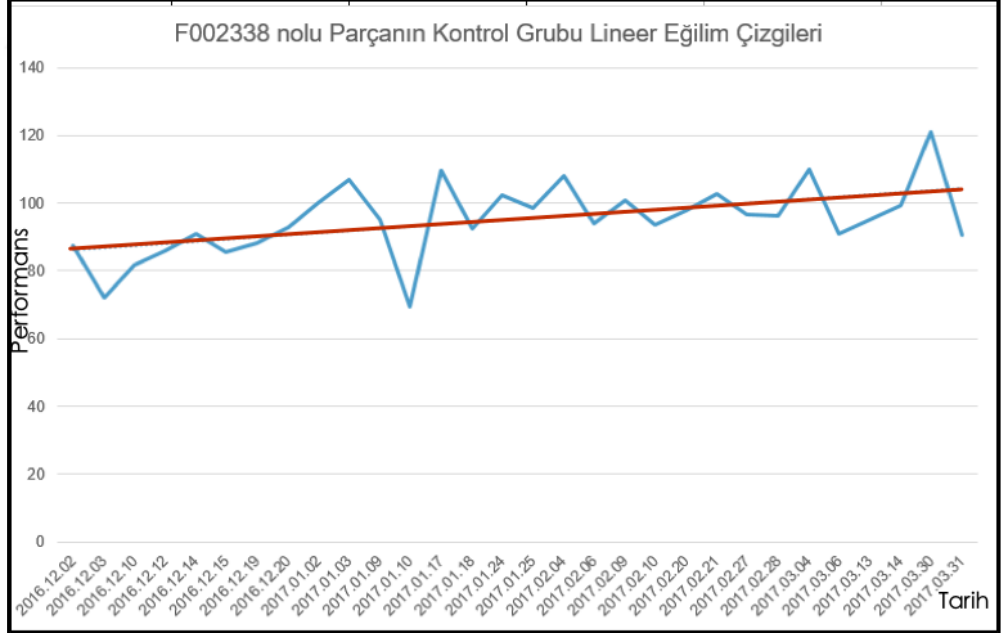
Elde edilen lineer denklemlerden ve Şekil-32 ve 33’de çizilmiş olan eğilim çizgilerinden anlaşıldığı gibi her iki tezgâhta da zaman içerisinde F002338 parçası üretiminde performans artışı görülmüşken, A makinesi belirtilen tarih aralığında B makinesine göre daha hızlı bir artış eğilimi göstermiştir. Elde edilen lineer denklemlerden ve Şekil- 32 ve 33’de çizilmiş olan eğilim çizgilerinden anlaşıldığı gibi her iki tezgâhta da zaman içerisinde F002338 nolu parçanın üretiminde performans artışı görülmüştür. Bu genel artışın sebeplerinden birisi her tekrarlanan üretimde işletmenin ve operatörlerin parçayı daha iyi tanıması süreci daha iyi bilmesidir. Fakat veriler incelendiğinde A makinesi belirtilen tarih aralığında B makinesine göre daha hızlı bir artış eğilimi göstermiştir. (1,7728 eğim, 0,6272 eğim)

Şekil 33: F002338 Numaralı Parçanın Deney Grubu Lineer Eğilim Çizgileri (A Tezgâhı)



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Şekil 34: F002338 Numaralı Parçanın Kontrol Grubu Lineer Eğilim Çizgileri (B Tezgâhı)



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Tablo 4’de grafikler ve lineer eğilimler oluşturulurken kullanılan veri setinden bir parça gösterilmiştir. Tabloda yer alan veri araştırmanın yapılmaya başlandığı 1 Aralık 2016 tarihinden itibaren, deney grubu makinesi olan A

tezgahında üretilen F002338 nolu parçanın üretim verileri yer almaktadır. Bu üretim verileri belirtilen günlerde parçanın saatlik üretim hedefi ve belirtilen gün için ortalama saatlik gerçekleşen üretim miktarını gösterir. Performans sütununda ise günlük gerçekleşen üretim miktarının hedeflenen üretim miktarına oranı gösterilir.

Tablo 4: A Tezgahında F002338 Numaralı Parçanın Hedeflenen, Gerçekleştirilen Üretimleri ve Performans Verileri

Tarih	Parça No	Performans (%)	Hedef Adet/Saat	Gerçekleşen Adet/Saat
2016.12.01	F002338	99,74	65	65
2016.12.01	F002338	72,45	65	47
2016.12.15	F002338	106,59	65	69
2016.12.16	F002338	99,46	65	65
2016.12.16	F002338	103,27	65	67
2016.12.17	F002338	81,5	65	53
2016.12.17	F002338	96,61	65	63
2016.12.17	F002338	97,33	65	63
2016.12.17	F002338	109,66	65	71
2017.01.18	F002338	72,19	65	47
2017.01.19	F002338	106,97	65	70
2017.01.19	F002338	107,04	65	70
2017.01.19	F002338	113,98	65	74
2017.01.20	F002338	109,66	65	71
2017.02.17	F002338	126,51	65	82
2017.02.17	F002338	117,01	65	76

4.4. TARTIŞMA

Yinfeng Zhang ve diğerleri tarafından (2015: 811) da yapılan çalışmada anlık veri toplamaya ve üretim nesnelerinin interneti çerçevesinin oluşturulması çalışmasında üretim sektörüne bilişim teknolojisi ve nesnelerin interneti, entegrasyonunun nasıl yapılabileceği tartışılmış, üretim tesislerinde kullanılmak üzere bir nesnelerin interneti iskeleti oluşturulmuştur. Daha sonra laboratuvar ortamında geliştirilen sistem ile geliştirilen çerçevenin uygulanabilirliği ortaya konulmuştur. Ancak bu çalışma iki önemli noktada talaşlı imalat sektörü ve benzeri üretim firmalarının bilişim teknolojisi entegrasyonuna cevap bulamamıştır; (1) üretimde montaj ile sınırlı kalmayan talaşlı imalat firmalarının hammaddelerinin kesilmesi, eritilmesi ve dövme makinelerinde işlenmesinden dolayı RFID gibi teknolojilerin entegrasyonunun mümkün olmaması, (2) geliştirilen sistemin sadece laboratuvar ortamında geliştirilmiş olmasından dolayı gerçek sektör verisi ile ve üretim işletmesi iş akışında denenmemiş olmasıdır. Tez kapsamında yapılan çalışmada bu iki noktaya odaklanılmış ve bunlar iyileştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada aktif olarak üretim yapmakta olan bir işletmenin gerçek üretim verileri toplanmış ve analiz edilmiş, sonrasında çalışmada bu veriler üzerinden uygulamanın işlemeye olan etkisi ortaya konulmuştur. Uygulama talaşlı imalat işletmesinin iş akış sürecine ve veri akış yapısına entegre edilmiş ve araştırma süresi boyunca işletmenin bir parçası olmuştur.

SONUÇ

Bu çalışmanın sonucu, hipotezimiz olan “Nesnelerin interneti ile anlık veri analizi ve raporlanması, üretim süreçlerinde verimliliği artırır.” ifadesini doğrulamıştır. Yazılım kullanılan tezgâh aynı özelliklere sahip diğer tezgâha göre daha yüksek bir üretim artışı göstermiştir. Ayrıca sistem operatörlerin ve üretim şeflerinin üretimi anlık takip edebilmesini sağlamış, bu da gün içerisinde anlık performans düşüşlerini ve artışlarını gözler önüne sererek operatörlerin motivasyonunu arttırmıştır. Bu motivasyon artışı anketler yardımıyla daha detaylı bir şekilde başka bir çalışmada incelenebilir. Bu etki aynı özelliklere sahip, aynı operatörler tarafından yönetilen iki üretim tezgâhındaki üretim performansı artışıdaki fark ile ortaya konulmuştur. Sonuç olarak çalışmaya dahil olan

işletmelerin çoğunda birbiri ile entegre sistemler kullanılmakla birlikte bunların yeterli olmadığı, daha dijital ve akıllı sistemlerin sorunların çözümünde etkili olacağı tespit edilmiştir.

Şekil 35: Dört Seviyeli Bilişim Sistemleri Tipleri Model Diyagramında Uygulamanın Konumu



Kaynak: Kimble, http://www.chris-kimble.com/Courses/World_Med_MBA/Types-of-Information-System.html (5 Nisan 2018).

Tez çalışması kapsamında geliştirilen bilişim sistemi, bilişim sistemleri piramidinde yönetim bilişim sistemleri ile hareket işlem sistemleri arasında yer almaktadır. Geliştirilen uygulama üretim aşamasında ortaya çıkan veriyi otomasyon yöntemleri ile toplamış, analiz etmiş ve kaydetmiştir. Otomasyon sonucu elde edilen veriler ve analiz sonucunda elde edilen bilgiler sistem entegrasyonu ile işletmede kullanılan üretim yönetim ve kurumsal kaynak planlama yazılımlarına iletilmiş, bu sayede işletmenin her seviyesine anlık üretim verisi akışı sağlanmıştır. Anlık üretim miktarının ve anlık üretim analizi sonuçlarının üretim sahasında görsellenmesi ile üretim şefleri ve operatörlerin anlık üretimden haberdar olması sağlanmıştır. Belirtilen ekrana karar vericilerin de ulaşabilmesi sağlanıp üretim müdürlerinin ve üretim süreçlerindeki diğer karar vericilerin işletmenin anlık üretim durumundan haberdar olması, üretim

etkililiğinde beklenmedik bir durum oluşması durumunda hızlı kararlar alıp aksiyona geçirebilmeleri sağlanmıştır. Uygulama özetle:

- Karar vericinin yerine geçmekten ziyade, ona karar vermesinde yardımcı olur,*

- Bağımsız ya da birbirine bağımlı kararlar için destek sağlayabilir,*

- Bireysel ve grup tabanlı karar verme desteği sağlar,*

- Kullanım kolaylığı sağlar,*

- Düzensiz ve planlanmamış zaman aralıklarında kullanılabilir,*

- Veri inceleme çözüm üretmede analitik modeller kullanılır,*

Çalışma daha fazla üretim tezgâhı bulunan yüksek kapasiteli tesislerde de denenerek performans ölçümleri gerçekleştirilecektir. Yüksek kapasiteli ve daha fazla sayıda tezgâh daha büyük veri anlamına gelmektedir. Bu verinin analiz edilmesinde daha farklı yöntemler kullanılarak anlık veri analizi gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

Aktaş F., Çeken C. ve Erdemli Y.E. (2014). Biyomedikal Uygulamaları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama ve Analiz Sistemi. *Tıp teknolojileri ulusal kongresi*.

Alter, S. (1999). A General, Yet Useful Theory of Information Systems. *Communications of the Association for Information Systems*. 1(13).

Arıkan, R. (2007). *Araştırma Teknikleri ve Rapor Hazırlama 6. Baskı*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

Ashton, K. (22 Haziran 2009). *That 'Internet of Things' Thing*. <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>, (5 Nisan 2018).

Atçı S., Alkan A., Eskikurt H. İ., Kolip A. (2015). Performans veri analizlerine bağlı olarak deneysel bir otomobil klima sisteminin kontrolü. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 19(2).

Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*. 54(15): 2787-2805.

Aydın İ. (2012). Bilişim Sektörü Ve Türkiye'nin Sektördeki Potansiyeli. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education*. 1(1).

Aydın C., Tarhan Ç., Tecim V. (2015). IT Based Vehicle Tracking System for Effective Management in Public Organizations. *Procedia Economics and Finance*. 33: 506-517. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)01733-5

Bakır M., Aydoğan B., Aydın M., Khodabakhsh A., Arı İ., Ercan A. (2014). Rafinerilerdeki Büyük Veri Problemlerine Gerçek-Zamanlı Veri Uzlaştırma

Çözümleri. *IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference*. DOI: 10.1109/SIU.2014.6830553.

Balkan D., Suiçmez H. (2017). Türkiye ve Dünya’da İşgücü Verimliliğinin Karşılaştırmalı Analizi. *Verimlilik Dergisi*. (1): 93-113.

Beyerer, J., Jasperneite, J., Sauer, O. (2015). Industrie 4.0. *Automatisierungstechnik*. 63(10). DOI: <https://doi.org/10.1515/auto-2015-0068>

Bi, Z., Xu, L. D. ve Wang, C. (2014). Internet of Things for Enterprise Systems of Modern Manufacturing. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 10(2): 1537:1546.

Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*.8(1): 37:44.

Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2016). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademik Yayıncılık.

Can, A.V. ve Kıymaz M. (2016). Bilişim Teknolojilerinin Perakende Mağazacılık Sektörüne Yansımaları: Muhasebe Departmanlarında Endüstri 4.0 Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. CİEP Özel Sayısı: 107-117.

Chenhall, R. H. (2005). Integrative Strategic Performance Measurement Systems, Strategic Alignment of Manufacturing, Learning and Strategic Outcomes: An Exploratory Study. *Accounting, Organizations and Society*. 30(5): 395-422.

CISCO (December 2, 2014). *The Internet of Everything (IoE): Connections Counter*.

<http://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1208342>, (3 Mayıs 2018).

Dennis, A., Wixom, B. H., Roth, R. M. (2014). *System Analysis and Design, 6th Edition*. Danvers, MA, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Echhart, K. W. ve Erman, M. D. (1977). *Social Research Methods: Perspective, Theory and Analysis*. New York, ABD: Random House Inc.

Esmailian, B., Behdad, S. ve Wang, B. (2016). The Evolution and Future of Manufacturing: A Review. *Journal of Manufacturing Systems*. 39: 79-100.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. ve Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education, Eighth Edition*. New York, ABD: McGraw Hill Co. Inc.

Garner, J.W. (2002). *Energy Conservation Practices Offer Environmental and Cost Benefits*. Pulp & Paper Magazine.

Geissbauer, R., Vedsø, J., Schrauf, S. (9 Aralık 2016). *A Strategist's Guide to Industry 4.0 by Reinhard Geissbauer, Jesper Vedsø, and Stefan Schrauf*. <https://alfredopassos.wordpress.com/2016/12/09/a-strategists-guide-to-industry-4-0-by-reinhard-geissbauer-jesper-vedso-and-stefan-schrauf/>, (9 Nisan 2018).

Giusto, D., Iera, A., Morabito, G., Atzori, L. (2010). *The Internet of Things*. Springer.

Haghani, M., Sarvi, M. (2017). Stated and Revealed Exit Choices of Pedestrian Crowd Evacuees. *Transportation Research Part B-Methodological*. 95: 238-259.

Horngren, T. C., Foster, G., Datar, M. S. (2000). *Cost Accounting a Managerial Emphasis, Tenth Edition*. Londra, İngiltere: Prentice Hall International Inc. 229.

İncekara A., Mutlugün B., Yılmaz A. H. (2017). Borç Dolarizasyonunun Türk İmalat Sanayii Sektörü Büyümesi Üzerine Etkisi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*. 4(1): 16-38.

Kang, H. K., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H. and Noh, S. D. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal Of Precision Engineering And Manufacturing-Green Technology*. 3(1): 111-128. DOI: 10.1007/s40684-016-0015-5

Kang, S; Chien, WTK; Yang, JG (2016). Study for Big-Data (Hadoop) Application in Semiconductor Manufacturing. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. 1893-1897. DOI: 10.1109/IEEM.2016.7798207

Kimble, C. *Information Systems and Strategy, Session 1, Types of Information System and the Classic Pyramid Model*. http://www.chris-kimble.com/Courses/World_Med_MBA/Types-of-Information-System.html, (6 Nisan 2018).

Lasi, H., Kemper, H. G., Fettke, P., Feld, T., Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*. 6(4): 239-242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4

Lee, J., Kao, H. A., Yang, S. (2014). Service Innovation And Smart Analytics For Industry 4.0 And Big Data Environment. *Product Services Systems and Value Creation: Proceedings of the 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*. 16: 3-8. DOI: 10.1016/j.procir.2014.02.001

Li, J., Tao, F., Cheng, Y. ve Zhao, L. (2015). Big data in product lifecycle management. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 81(1-4): 667-684.

Lui, S., Fu, W., He, L., Zhou, J., Ma, M. (2017). Distribution of primary additional errors in fractal encoding method. *Multimedia Tools and Applications*. 76(4): 5787-5802.

Luo, H, Wang, K, Kong, XTR, Lu, SP, Qu, T. (207). Production and logistics via ubiquitous computing technology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 45: 99-115.

McFarlane, D., Sarma, S., Chirn, J. L., Wong, C. Y., Ashton, K. (2003). Auto ID Systems and Intelligent Manufacturing Control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 16(4): 365-376.

Melville N., Kraemer K. ve Gurbaxani V. (2004). Review: information technology and organizational performance: an integrative model of it business value. *MIS Quarterly*. 28(2): 283-322.

Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. 17:9-13. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.115

Muenchen, R. A. (2018). *The Popularity of Data Science Software*. <http://r4stats.com/articles/popularity/>, (5 Nisan 2018).

Olejník, K. (2011). *Water Consumption in Paper Industry – Reduction Capabilities and the Consequences*. Security of Industrial Water Supply and

Management (pp 113-129), Lodz Technical University. Lodz: Polonya, Institute of Papermaking and Printing.

Rai, A., Patnayakuni, R. ve Seth, N. (2006). Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain Integration Capabilities. *MIS Quarterly*. 30(2): 225-246.

Robinson, D. (6 Eylül 2017). *The Incredible Growth of Python*. <https://stackoverflow.blog/2017/09/06/incredible-growth-python/>, (5 Nisan 2018).

Suiçmez H. (2016). Dünyada ve Türkiye’de verimlilikte son durum. *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*. 332. <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/dunyada-ve-turkiyede-verimlilikte-son-durum/6270>

Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Content of Industrie 4.0. *Robust Manufacturing Conference*. 19: 51-56.

Tao, F., Cheng, Y., Xu L. D., Zhang, L. and Li, B. H. (2014). CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 10(2): 1435-1442.

Tao, F., Zuo, Y., Xu, L. D. and Zhang, L. (2013). IoT-Based Intelligent Perception and Access of Manufacturing Resource Toward Cloud Manufacturing. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 10(2): 1547-1557

Tecim, V. *Sistem Geliştirme Yaşam Döngüsü*. <http://debis.deu.edu.tr/userweb//vahap.tecim/dosyalar/sgyd.pdf>, (5 Nisan 2018).

Vyatkin V., Salcic Z., Roop P. S., and Fitzgerald J. (2007). “Now That’s Smart!” *IEEE Industrial Electronics Magazine*. 1(4): 17–29

Wahlster, W. (2011). From Industry 1.0 to Industry 4.0. *German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI)*.

Wang, C., Bi, Z. and Xu, L. D. (2014). IoT and Cloud Computing in Automation of Assembly Modeling Systems. *IEEE Transactions On Industrial Informatics*. 10(2): 1426 – 1434.

Wang, W., Yang, H., Zhang, Y. ve Xu, J. (2018). Iot- Enabled Real-Time Energy Efficiency Optimisation Method For Energy-Intensive Manufacturing Enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 31(4-5): 362-379.

Wang, X. ve Disney, S. M. (2016). The Bullwhip Effect: Progress, Trends and Directions. *European Journal of Operational Research*. 250(3): 691-701

Weill P. (1992). The Relationship Between Investment in Information Technology and Firm Performance: A Study of the Valve Manufacturing Sector. *Information System Research*. 3(4): 307-333.

Xu, L. D. ve Duan, L. (2018). Big Data for Cyber Physical Systems in Industry 4.0: A Survey. *Enterprise Information Systems*. DOI: 10.1080/17517575.2018.1442934

Yükçü, S., Atağan, G. (2009). Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 23(4): 1-13

Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., Li, B. H., Ren, L., Zhang, X., Guo, H., Cheng, Y., Hu, A. ve Liu, Y. (2014). Cloud Manufacturing: A New Manufacturing Paradigm. *Enterprise Information Systems*. 8(2): 167-187.

Zhang, Y., Zhang, G., Wang, J., Sun, S., Si, S. ve Yang, T. (2015). Real-Time Information Capturing and Integration Framework of The Internet of Manufacturing Things. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 28(8): 811-822.

Zhou, K., Liu, T., Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*. DOI: 10.1109/FSKD.2015.7382284

Zuo, Y., Tao, F. ve Nee, A. Y. C. (2018). An Internet of Things and Cloud-Based Approach for Energy Consumption Evaluation and Analysis for a Product. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 31(4-5): 337-348.