

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

**AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİNİN
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ İŞLETMELERDE
UYGULANMASI**

Kadir ÇAKIR

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Güven KOÇAK**

EYLÜL-2017

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS DÖNEM PROJESİ**

**AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİNİN
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ İŞLETMELERDE
UYGULANMASI**

Kadir ÇAKIR

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Güven KOÇAK**

EYLÜL-2017

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Projesi olarak sunduğum “**Akıllı Üretim Sistemlerinin Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Uygulanması**” 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.

06/09/2017

Kadir ÇAKIR



ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Akıllı Üretim Sistemlerinin
Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde
Uygulanması

Kadir ÇAKIR

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı
Yönetim Bilişim Sistemleri Programı

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte daha fazla sayıda işletmenin dijital çözümlere yönelmesi beklenmektedir. Modern rekabetçi koşullarda ayakta kalabilmeleri adına bu alanda bir yatırımları söz konusudur. Küçük ölçekli ve yeni kurulan işletmeler büyük ticari yazılım sistemlerine yönelmekten kaçınmakla birlikte geri dönüş alamama endişesi taşımaktadır. Ayrıca büyük ticari paket yazılımlar, küçük işletmeler için ihtiyaçtan fazlası niteliği taşıyabilmektedir. Bu iki riski ortadan kaldırmak adına üretim yönetim ve kaynak planlama sistemlerinde açık kaynaklı ve düşük maliyetli yazılım sistemleri ön plana çıkmaktadır. İşletme açısından bakıldığında ekonomik faydaları görülmekle birlikte, geliştirici açısından bakıldığında uyarlama ve adaptasyonda avantaj sağladığı görülmektedir.

Bu doğrultuda Ege Bölgesi ve çevresinde açık kaynak olarak uygulanabilir bir yazılım olan Akıllı Üretim Yönetim Sistemi geliştirilmiş ve uyarlanmıştır. Araştırmada işletme ve geliştirici açısından açık kaynaklı sistemlerin risk ve avantaj unsurlarına değinilecektir.

Anahtar Kelimeler : Smart Manufacturing, Digital Manufacturing, 4th Industrial Revolution, Erp, Smart Manufacturing Management System, Smart Production

ABSTRACT
Master's Thesis
The Implementation of a Smart Manufacturing System
On Small and Medium-sized Enterprises

Kadir AKIR

Dokuz Eylöl University
Graduate School of Social Sciences
Department of Management Information Systems
Management Information Systems Program

With the fourth industrial revolution, more and more operators are expected to turn to digital solutions. They are investing in this area in order to survive on modern competitive conditions. Small-scale and newly established businesses are concerned about not being able to return with refraining from turning to large commercial software systems. In addition, large commercial packaged software is able to carry more than necessary for small businesses. In order to remove these two risks, open source and low cost software systems in production management and resource planning systems come to the forefront. While economic benefits can be seen from the point of view of the business, it seems to be advantageous in adaptation and adaptation when viewed from the perspective of the developer.

In this direction, Smart Manufacturing Management System which is software that can be applied as open source in the Aegean Region and its vicinity has been developed and adapted. In terms of business and developer in the research, the risks and advantages of open source systems will be addressed.

Keywords: Smart Manufacturing, Digital Manufacturing, 4th Industrial Revolution, Erp, Smart Manufacturing Management System, Smart Production

**AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİNİN KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ
İŞLETMELERDE UYGULANMASI**

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	i
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
GİRİŞ	1

**BİRİNCİ BÖLÜM
DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ**

1.1. SANAYİ DEVRİMİ İHTİYACININ ORTAYA ÇIKMASI	5
1.2. TÜRKİYE’DE AKILLI ÜRETİM	7

**İKİNCİ BÖLÜM
AÇIK KAYNAK YAPISI**

2.1. AÇIK KAYNAK KULLANIMI	9
2.1.1. Açık Kaynak Geliştirme Süreci	13
2.1.2. Açık Kaynak Adaptasyon Süreci	16

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
İŞLETMEDE ÇÖZÜLEN SORUNLAR**

3.1. SAHA PROBLEMLERİ VE UYGULAMA ÇÖZÜMLERİ	Error! Bookmark not defined.
--	-------------------------------------

**DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
YÖNTEM VE UYGULAMA**

4.1. YÖNTEM VE UYGULAMA	Error! Bookmark not defined.
--------------------------------	-------------------------------------

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMANIN PERFORMANS DEĞERLERİNE ETKİSİ

5.1. UYGULAMANIN PERFORMANS DEĞERLERİNE ETKİSİ

Error!

Bookmark not defined.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Error! Bookmark not defined.

KAYNAKÇA

62



KISALTMALAR

S.	Sayfa Numarası
SMMS	Smart Manufacturing Management System
AÜ	Akıllı Üretim
AÜYS	Akıllı Üretim Yönetim Sistemi
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği)
VİS	Veri İşleme Sistemi
KDS	Karar Destek Sistemi
YBS	Yönetim Bilişim Sistemleri
API	Application Programming Interface (Uygulama Programı Arayüzü)



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: En Popüler Programlama Dilleri	s.10
Tablo 2: İş Emri Performans Takip Raporu	s.37
Tablo 3: Parça Seviyelendirme	s.48



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Smart Manufacturing Bileşenleri	s. 2
Şekil 2: Akıllı Üretim Tablet Ara Yüzü	s. 13
Şekil 3: Toplam Ekipman Etkinliği Dağılımı	s. 25
Şekil 4: Toplam Ekipman Etkinliği Kayıp Grafiği	s. 26
Şekil 5: Masa Üstü Arayüzü OEE Hesaplama	s. 27
Şekil 6: 6 aylık OEE Analizi	s. 28
Şekil 7: Değer Oluşturan Ve Oluşturmayan Faaliyetler	s. 29
Şekil 8: Operator Ve Vardiya Performansı	s. 30
Şekil 9: En Sık Olan Duruşlar	s. 31
Şekil 10: Ayar Performans Göstergesi Örneği	s. 33
Şekil 11: Üretim Çizelge Hazırlama Ara Yüzü	s. 35
Şekil 12: Üretim Çizelge Operatör Ara Yüzü	s. 36
Şekil 13: Parça Notu Kaydetme Ara Yüzü	s. 37
Şekil 14: Operasyon Açıklamaları Örneği	s. 37
Şekil 15: Malzeme İhtiyaç Raporu	s. 38
Şekil 16: Kalite Kontrol Tablosu	s. 43
Şekil 17: Numune Onay Talep Ekranı	s. 43
Şekil 18: Numune Onay Alma Uyarı Ekranı	s. 44
Şekil 19: Birimler Arası Mesajlaşma Ara Yüzü	s. 47
Şekil 20: Parça Seviyelendirme Ürün Ağacı	s. 48
Şekil 21: Parça Numarası İçin Kare Kod Örneği	s. 49
Şekil 22: Bildirimler Mobil Ara Yüzü	s. 51
Şekil 23: Bildirimler Masa Üstü Ara Yüzü	s. 52
Şekil 24: Masa Üstü Modüller Ara Yüzü	s. 53
Şekil 25: Operatör Ara Yüzü	s. 54
Şekil 26: Üretim Yönetimi Modülü Ara Yüzü	s. 56
Şekil 27: Akıllı Üretim Süreçleri	s. 57
Şekil 28: Ürünün Maliyeti İle Pazar Fiyatı Arasındaki İlişki	s. 58
Şekil 29: Haftalık OEE Değerleri	s. 59
Şekil 30: Hedef Adet Ve Gerçekleşen Adet Grafiği	s. 60

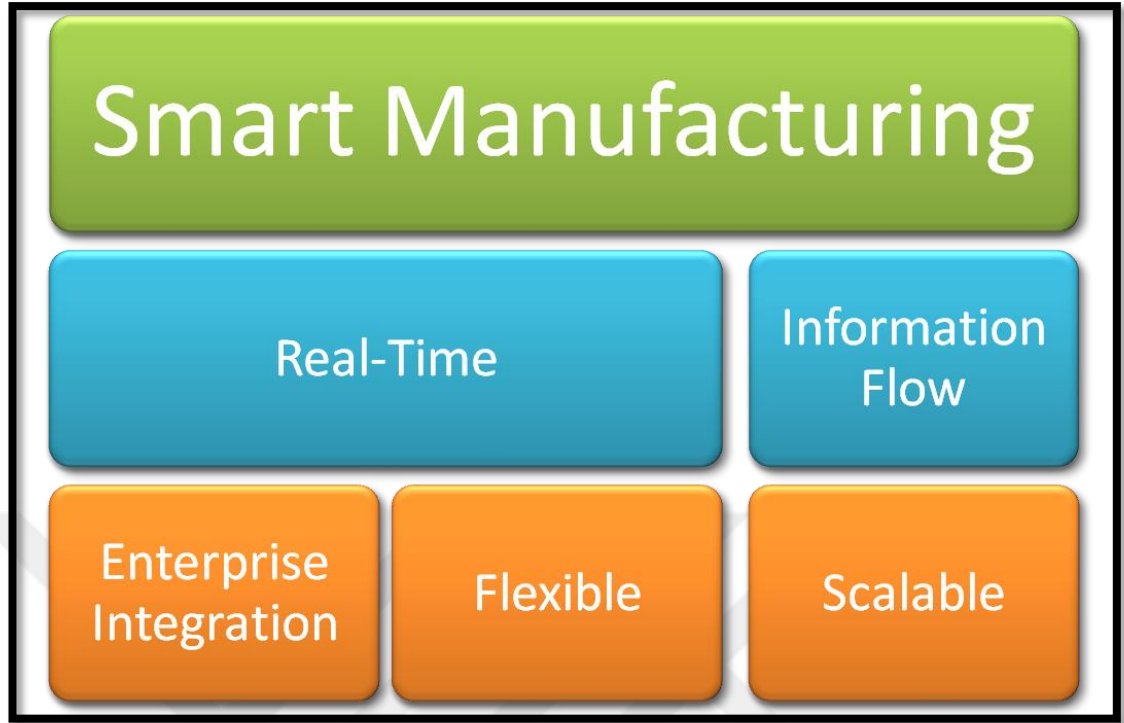
GİRİŞ

Küçük ve orta ölçekli işletmelerin büyük bir kısmı dijital olmayan, geleneksel yapıda yönetim, takip ve verimlilik artırma süreçlerine sahiptir. Ancak bu yapıda kalmaları, dijital süreçlere sahip diğer işletmelerle rekabet etmelerini zorlaştırmaktadır. Çünkü potansiyel büyük müşteriler, süreçlerini dijital ortamda takip eden tedarikçilerle çalışmayı tercih etmektedir. Bu sebeple küçük ve orta ölçekli işletmeler tedarikçiden son tüketiciye kadar tüm üretim ve değer zincirinin akıllı ve dijital sistemlerle entegre hale gelmesini amaçlayan çözümlere yönelmelidir.

Bu çözüm arayışı yeni operasyon modelleri, akıllı ve bağlantılı makine ve sistemleri ortaya koyan yöntemlerin önünü açmıştır. Dünya genelinde bu yöntemler “Endüstri 4.0” veya “Dördüncü Sanayi Devrimi” başlıkları altında çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından ele alınmaktadır. Ancak bu yöntemlerin dünya genelindeki fırsat ve risklerini ortaya koyan ortak bir yaklaşım bulunmamaktadır. Bu amaçla, yeni teknolojik operasyon modelleri ve sistemlerin küçük ve orta ölçekli işletmelerde doğuracağı sonuçları incelemek üzere “Akıllı Üretim Yönetim Sistemi” (AÜYS) adlı bir yazılım geliştirilmiştir.

Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), Akıllı Üretim terimini ilk defa şöyle tanımlamıştır: “Bir üretim ve tedarik zincirinde gerçek zamanlı bilgi akışı sağlayan, sebep sonuç ilişkileri kurabilen, planlama ve yönetim aracı olarak kullanılabilen, ağ tabanlı veri ve bilgi entegrasyonuna Akıllı Üretim denir. Akıllı Üretim, sensör tabanlı verinin analizi, modellenmesi ve gerçek zamanlı olarak simülasyonunu sağlamada kolaylık sağlar. Tasarım, mühendislik, planlama ve üretim yaşam döngüsü boyunca tüm bu veriler her zaman ihtiyaç halinde ve en uygun formda ulaşılabilir durumdadır.”

Şekil 1: Smart Manufacturing Bileşenleri



Kaynak: Smart Manufacturing Leadership Coalition.

Bu tanımlı destekleyecek şekilde, 2011'den sonraki yakın dönemi ele aldığımızda işletmelerin dijitalleşmesi sürecini takip eden World Economic Forum, SMLC, The European Commission gibi kuruluş ve organizasyonlara göre dördüncü sanayi devriminin şu sonuçları doğurması beklenmektedir; yönetim biçimleri ve iş gücü profilleri değişecek, teknoloji kontrolüne geçen sistemler artacak ve hata oranı büyük ölçüde azalacak, sanayi, pazarda bu entegrasyonu sağlayarak daha büyük bir paya ulaşacak, tedarik zincirlerinin yönetimi ve süreçlerin takibi kolaylaşacak, çalışanların performansı artacak, iyileştirme sürecinde odak değişecek, kalite yönetim sistemleri ve müşteri gereksinimlerine uyum daha hızlı ve otomatik hale gelecek ve kağıt kullanımı neredeyse sıfıra ulaşacaktır. AÜYS bu sonuçların küçük ve orta ölçekli işletmelerdeki karşılığını ortaya koymak üzere, açık kaynak ve düşük maliyetli olarak 2015 ve 2016 yılında beş farklı işletmede denenmiştir.

AÜYS, üç önemli dayanağa göre geliştirilmektedir. Bunlar; dördüncü sanayi devrimine uyum, küçük-orta ölçekli işletmelerin ihtiyaçlarına uyum ve kalite standartlarına uyumdur. Sistemin çalışma yöntemi şöyledir: Fabrika içerisinde yer alan tüm masaüstü bilgisayar, tablet ve cep telefonları birbirleri ile çoklu etkileşim halindedir ve bilgi gerçek zamanlı olarak akmaktadır. Verilerin toplanması; seri

haberleşme, otomasyon, operatör girişi, yönetici girişi, barkod okuma ve sensör altyapısı ile mümkündür. Sistemin sürekliliği için ek ara yönetici istihdamı gerekli olmamakla birlikte mevcut süreçlerin daha etkin ve verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Ara yöneticilerin analiz ve raporlama zamanlarını ciddi derecede kısaltarak yöneticinin bilgiye ulaşma çabalarını minimize etmektedir. Çalışanlar sistemin etkinliğinden haberdar olduğu için performansları olağan halinden doğal olarak çok daha yüksek seyretmektedir. Bu sistem, başta ekipman olmak üzere işletmenin tüm temel kaynaklarının performansını sürekli ve anlık gösterdiği için gereksiz yatırımların önünü kesmekte, maliyetlerin ürün ve sipariş bazında anlık görülmesine olanak sağlamaktadır. Önleyici tedbirlerin alınması bu nedenle daha basit hale gelmektedir. Çok yönlü etkileşim halinde olan cihazlardan alınan veriler anlık takip edilebildiği için gereksiz hareketler ve zaman kayıpları yöneticiler tarafından kolayca görülmektedir. Yöneticinin isteyebileceği raporlar sistemden karşılaştırmalı ve otomatik olarak anlık alınmaktadır.

Verilerin toplanması, değerlendirilmesi ve analizi sırasında çok sayıda veri akışı gerçekleşmektedir. Bu verilerle tahminleme yapma, üretim hatlarının birbiriyle haberleşmesi, problemlerin tanımlanması ve enerjinin korunumu ile büyük verinin sistemle entegrasyonu sağlanmaktadır. (Andrew Kusiak, 2017)

Verilerin sistemde anlık paylaşılmasından dolayı iletişim elektronik ortamdan kolayca sağlanmaktadır. Eski ve geleneksel işletme anlayışına baktığımızda, fabrika içerisinde görev dağılımı ve yetkilendirmenin sadece sözle yapıldığı, sistemlere değil kişilere bağlı kaldığı ve herhangi bir kayıt düzeninin olmadığı görülmektedir. Bu anlamda AÜYS birimler arası iletişimi öne çıkarmaktadır ve kişiye bağımlılık seviyesini sisteme bağımlılık seviyesine çıkarmaktadır. Ara yöneticilerin sistem üzerinde daha etkili ve daha verimli olmak adına düşünce ve hareket biçimleri zamanla değişmiş ve gelişme göstermiştir. Operatörlerin performanslarını karşılaştırmalı olarak görmek mümkün olduğundan eğitim, yönlendirme ve diğer iyileştirme faaliyetleri daha etkin hale gelmektedir. Sisteme veri girişi basit olduğundan çalışanların daha önemli işlere konsantre olması sağlanmaktadır.

Birimler arası kullanılan sistemin işletme içerisinde yaygınlaşmasıyla, yönetici açısından her türlü eksik ve yanlış anında öğrenme, hızlı ve etkili müdahale etme şansı artmaktadır. Ekipmanların, çalışanların, siparişlerin ve diğer faaliyetlerin

anlık olarak durumunu her yerden ve her türlü elektronik cihazdan izleyebilmek ve müşteri-tedarikçi entegrasyonu sayesinde müşterilerin veya tedarikçilerin bağlantılı faaliyetlerinin hangi aşamada ve hangi performans düzeyinde olduğunu anlık olarak izleyebilmek mümkündür. Çalışanlarla anlık ve yerine ulaşan bilgiyle, sistemin iletişim yeteneği yüksektir. Örneğin; stok yönetimi modülünde yapılan bir değişiklik üretim birimini, satın almada gerçekleştirilen bir kayıt muhasebe birimini gerçek zamanlı etkileyerek birimler arası çok yönlü bir etkileşim oluşmaktadır.



BİRİNCİ BÖLÜM

DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ

Dünya genelinde ve Türkiye’de sanayi devrimi ihtiyacının ortaya çıkış noktası açıklanmıştır.

1.1. SANAYİ DEVRİMİ İHTİYACININ ORTAYA ÇIKMASI

Küçük veya büyük ölçekte üretim yapan fabrikaların tedarik ve üretim süreçlerini dijital hale getirmeleri ve bilişim teknolojileri ile evrimleşmeleri, endüstri çevresince kabul görmüş ve son 40 yılın global çapta en önemli dönüşümlerinden biri haline gelmiştir. Malzeme, enerji, insan, üretim istasyonu, stok gibi önemli kurumsal veri kaynakları günümüzde büyük oranda dijital ortamlarda takip edilmekte ve tüm optimizasyon, iyileştirme ve sürdürülebilirlik çalışmaları bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir.

Teknolojinin üretim alanlarında kullanımı Amerika, Almanya, Fransa gibi ülkelerde daha köklü ve etkin olmakla birlikte, bazı ülkelerde halen deneysel ve tecrübe edilememiş bir yapıdadır. Müşteri ihtiyaç ve talepleri tüm dünyada ortak bir noktada birleşerek tüm işletmeleri daha düşük maliyetli üretim süreçlerine, yüksek takip ve kontrol isteyen imalat metotlarına, daha güvenli ve hızlı müdahale şansı gerektiren operasyon sistemlerine, kontrol edilebilen enerji ve çevresel faktörlere yöneltmiştir. Ayrıca iç veri ve kayıtların müşterilere hızlı aktarılabilmesi için işletme içerisinde dolaşan verinin anlık ve gerçek zamanlı olması ihtiyacı tüm sektörlerde ortaya çıkmıştır.

SM platformu ve CMTC Creatin Solutions’ın 2015 yılında ortaklaşa hazırlamış olduğu bir rapora göre işletmelerin Akıllı Üretim altyapısına geçmeleri halen büyük bir risk taşıyor ve maliyet içerebilir. Halen tanıtılma, anlaşılma, duyurulma ve geliştirilme aşamasında olduğu vurgulanan Akıllı Üretim yöntemleri için birer örnek uygulama merkezi oluşturma çabasında olan SM platformu; bu sistemi kullanan bir firma ismi veya bu sistem altyapısıyla geliştirilmiş bir yazılım adı vermiyor. Bunu yapmak yerine bu altyapıya geçmenin işletmelere neler kazandıracağını çeşitli seminerler, kitapçıklar ve makaleler ile duyurmayı amaçlıyor.

Metodolojinin uygulama ve pratikteki yansımalarına bakmak gerekirse; UI LABS firmasının 2014 yılında, Smart Manufacturing yöntemlerini uygulamayı amaç edinen “The Digital Manufacturing and Design Innovation Institute” (DMDII) adlı bir girişimde bulunduğunu görmekteyiz. Yine Amerika kaynaklı olan bu proje, Amerika’daki fabrikaların dijital üretim ve tasarım teknolojilerini kullanması için araştırma ve geliştirme faaliyetleri sürdürmek üzere başlatılmıştır. Tam olarak SM platformunun değindiği konuları ele alarak daha etkili yazılımsal sistemler geliştirmeyi amaçlamaktadır. DMDII’ye göre dijital üretim ve tasarım ancak üretim sürecinin her adımında veri toplamakla mümkündür. Bu veri toplama yöntemlerinin ise işletme sürecine uygun bir yapıda geliştirilen dijital araçlarla yapılması gerektiği belirtiliyor. Benzer sistemlerin maliyeti düşürdüğü ve üretkenliğini artırdığı, kalite unsurunu ise üretim sürecinin tamamında yaygın hale getirdiği ortak bir görüş haline gelmiştir. (<http://dmdii.uilabs.org>)

“Smart Manufacturing” ve “Digital Manufacturing” terimi altında Amerika’daki çalışmalar böyle devam ederken, Avrupa ve Almanya’da ise aynı teknolojik yapı “Industry 4.0” ve “4th Industrial Revolution” başlıkları altında ortaya çıkmıştır. Avrupa Komisyonu, 4. sanayi devriminin endüstride üretim, lojistik ve tüketim modellerini etkin bir şekilde dönüştüreceğini savunuyor. 2016 yılında hazırlanan ve duyurulan aksiyon planına göre; dijitalleşme, siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, robotik sistemler ve yapay zeka üzerine Avrupa bir stratejiyi belirleyecek ve bunu işletmeler genelinde yaygınlaştıracak. Bu rapora göre 4. sanayi devrimi, önceki sanayi devrimlerine oranla daha hızlı ve daha geniş bir yelpazede ilerliyor. İşletmeler için dijitalleşme müşteri beklentilerini, ürünlerdeki değer artışını, işbirlikçi inovasyonu ve kurumsal yapıyı yeniden şekillendirecek. Verinin mantıksal analizden geçirilmesinde yeni teknolojilerin kullanımı, işletmenin varlıklarını daha sağlam ve esnek bir hale getirecek.

Endüstriyel üretimde dijital dönüşümü destekleyen Avrupa Birliği’nde bölgesel ve ulusal çapta yarışacak yeni girişimler desteklenmektedir. Avrupa Komisyonu bu girişimleri üst düzeye taşıyacak en uygun stratejiyi geliştirmeye devam ediyor. Avrupa Endüstrisini Dijitalleştirme başlığı altında hazırlanan aksiyon

planında şunlara ağırlık veriliyor: Tüm sanayi şirketlerinin dijital teknolojilere erişimini kolaylaştırmak, Avrupa’da dijital sanayi platformlarının oluşmasına zemin hazırlamak, dijital dönüşümden faydalanmak için işgücü alanlarını hazır tutmak, akıllı endüstrinin yaygınlaşması için uygun çözümler sunmak.

Başlıklar ve terimler farklı ülkelerde değişiklik gösterse de; yürütülen çalışmalar ve sistemin yapısı ortak bir noktada birleşiyor. Hükümet yetkilileri bu konuya önem veren açıklamalarda bulunuyor. Amerika başkanı Barack Obama yeni üretim sistemleriyle ortaya çıkacak iş imkanlarına dikkat çekerken Avrupa Dijital Ekonomi komisyonu üyesi H. Oettinger ise dijitalleşmenin Avrupa endüstrisini dönüştürdüğünü, üretim şeklini ve bankaların finansal hizmet yapısını bile değiştirdiğini söylüyor. Ortak hedeflerinin bunu avantaja çevirerek 4. sanayi devriminin getirdiği fırsatlardan Avrupa Birliği çatısı altında yararlanmak olduğunu söylüyor.

Avrupa ve Amerika’da durumun önemine dikkat çekilirken, üretim pazarında edinmiş olduğu seviyeyi daha yüksek bir noktaya çıkarmak isteyen Çin de akıllı üretim sistemlerine benzer bir yapıya sahip ve “Smart Factory 1.0” (Akıllı Fabrika 1.0) adını verdikleri bu proje de tıpkı Batılı ülkelerde yapılan çalışmalar ile ortak bir vizyonda birleşiyor.

1.2. TÜRKİYE’DE AKILLI ÜRETİM

Dünya genelinde bu alanda önemli girişim ve gelişmeler yaşanırken Türkiye’de düzenli aralıklarla gerçekleştirilen “4. Sanayi Devrimi” başlıklı konferans, sunum, sempozyum gibi etkinliklerde konuya Türkiye sanayisinin de dahil olması gerektiği vurgulanıyor, Türkiye’deki iş kültürü ile işbirliğinin öneminin artmasıyla birlikte bilgi toplumuna geçiş sürecinin kolaylaşacağı belirtiliyor. Türkiye’den bazı önemli çevreler; örneğin Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bosch Türkiye temsilcileri, Türkiye uyarlamaları üzerine çalışan Doruk Otomasyon, Siemens Türkiye Genel Müdürlüğü yapmış oldukları proje ve bildirilerle üretim yöntemlerinde yaşanan gelişmelerin Türkiye’de de hızla yaygınlaşması gerektiği konusunda birleşiyor. (EKOIQ, 2014)

AÜYS ile Türkiye’de Smart Manufacturing, Digital Manufacturing ve Industry 4.0 gibi global trend haline gelmiş konular 2015 yılından itibaren çeşitli fabrikalarda uygulanmış ve test edilmiştir. Ağ tabanlı oluşu, gerçek zamanlı bir yapıda çalışması, sebep sonuç ilişkileri kurabilmesiyle SM platformu ile ortak noktalarda birleşmektedir. Ancak Türkiye’deki işletmelerin böyle bir sisteme daha ucuz maliyetler ile geçebilmeleri adına açık kaynak ve maliyeti düşük işletim sistemlerinde, PHP, Python gibi programlama dilleri ile çalışacak şekilde geliştirilmektedir. Örneğin Türkiye genelinde düşük maliyetlerle temin edilebileceğinden operatör arayüzü olarak Android işletim sistemi kullanılmaktadır. SM platformu ve DMDII gibi kuruluşlar bunun aksine, yüksek maliyetli olduğundan söz etmektedir. Bu açıdan bakıldığında Ege Bölgesi çevresindeki fabrikaların Android işletim sistemli, kısmen açık kaynaklı bir yapıya sahip AÜYS’ye geçiş yapmaları cazip gelmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

AÇIK KAYNAK YAPISI

2.1. AÇIK KAYNAK KULLANIMI

Küçük ve orta ölçekli işletmeler pahalı ticari yazılım sistemleri satın almaktan kaçınmaktadır. Bunun temel sebebi maliyet olmakla birlikte işletme sahipleri bu tür geniş kapsamlı yazılımlardan hızlı geri dönüş alamama endişesi taşımaktadır. Yapılan yatırımın maddi olarak şirketi hızlı bir şekilde kalkındırması beklenmektedir. Ayrıca pahalı ticari yazılımlar, küçük işletmeler için ihtiyaçtan fazlası niteliği taşıyabilmektedir. Küçük birkaç problemi çözmek için çok sayıda özelliği olan yazılımlara yatırım yapmak işletmelerin tercih etmediği bir seçenektir. Bu sorunları ortadan kaldırmak adına üretim, yönetim ve planlama süreçlerinde açık kaynaklı ve düşük maliyetli yazılım sistemleri, tercih edilmeye daha yatkındır.

Açık kaynak geliştirilen AÜYS'nin işletmelere ekonomik avantaj sağlamasındaki en önemli etken seçilen programlama dili Python'un da açık kaynak olması ve lisans konusunda sağladığı kolaylıktır. Ticari kullanımda herhangi bir sorun teşkil etmemektedir ve geliştiricilerden herhangi bir lisans ücreti talep edilmemektedir.

(<https://wiki.python.org/moin/PythonSoftwareFoundationLicenseFaq>, Erişim Tarihi: 21.06.2016)

AÜYS'nin temel programlama dili olan Python ile birlikte kullanılan diğer programlama dilleri ve veri tabanı sistemleri de açık kaynaklıdır. PHP, MySQL ve Javascript programlama dillerinde ticari kullanım konusunda bir ücret talebi bulunmamaktadır. AÜYS'de operatör arayüzü olarak kullanılan Android işletim sistemine uygulama geliştirebilmek için Google veya Java platformu herhangi bir ücret talep etmemektedir. Bu sistemlerin özgür yapısı AÜYS'deki tek maliyet unsurunun yazılım geliştirme ücreti olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Yazılım geliştirme aşamasından önce, ürünün hangi programlama dili kullanılarak geliştirileceği konusunda çeşitli araştırmalardan faydalanıldı. Bu araştırmalar arasında öne çıkanlardan biri CodeEval tarafından her yıl “en popüler programlama dilleri” başlığı altında yayınlanmaktadır. 2015 yılında yayınlanan ve

2000’den fazla yazılımcı çalışanın katılımıyla gerçekleştirilen araştırmanın sonuçlarının yer aldığı tabloda Python birinci sırada ilan edilmiştir. Bir başka araştırmaya göre Python üniversitelerde en çok tercih edilen programlama dili olarak da öne çıkıyor. Buna göre Amerika’nın bilgisayar bilimi alanında en iyi 39 üniversitesi arasında en çok tercih edilen programlama dili Python’dur.

Tablo 1: En Popüler Programlama Dilleri

2015 Rank		2014	% Change	2013	% Change	2012	% Change	2011
1	Python	31.24	3.10%	30.30	8.47%	28.8	-2.38%	32
2	Java	19.58	-11.80%	22.20	-24.11%	25.8	-21.68%	25
3	C++	9.79	-24.69%	13.00	-22.30%	12.6	-18.42%	12
4	C#	7.37	47.40%	5.00	194.80%	2.5	1374.00%	.5
5	Ruby	7.11	-32.92%	10.60	-25.94%	9.6	-25.16%	9.5
6	JavaScript	6.48	24.62%	5.20	66.15%	3.9	62.00%	4
7	C	6.07	48.05%	04.10	23.88%	4.9	1114.00%	.5
8	PHP	3.62	9.70%	3.30	-50.41%	7.3	-54.75%	8
9	Go	2.26	50.67%	1.50	13.00%	2	-9.60%	2.5
10	Perl	1.52	-5.00%	1.60				
11	Haskell	1.51	25.83%	1.20				
12	Scala	1.27	27.00%	1.00	111.67%	.6	154.00%	.5
13	Objective-C	1.00	150.00%	0.40	900.00%	.1	999900.00%	0.0001
14	Bash	0.43	330.00%	0.10				
15	Lua	0.35	775.00%	0.04				
16	Clojure	0.15	-25.00%	0.20	-81.25%	.8	-85.00%	1
17	R*	0.14						
18	Tcl	0.07	133.33%	0.03	250.00%	.02	3400.00%	.002
19	Visual Basic.NET*	0.04						

Kaynak: [http://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/176450-python-is-now-the-](http://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/176450-python-is-now-the-most-popular-introductory-teaching-language-at-top-us-universities/fulltext)

most-popular-introductory-teaching-language-at-top-us-universities/fulltext

(En popüler programlama dilleri Web Sayfa Kaynağı:

[http://blog.codeeval.com/codeevalblog/2015#.V4Uj9Wh96hc=](http://blog.codeeval.com/codeevalblog/2015#.V4Uj9Wh96hc) Erişim Tarihi: 27.09.2016)

Python, modüler ve nesne yönelimli bir programlama dili olduğundan dolayı grafik arayüz geliştirme aşamasında yazılımın her penceresi için farklı bir modül dosyası oluşturulmuştur. Bu, açık kaynak yapısının kolay anlaşılabilir bir yapıda olmasına programın modüler yapıda geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Örneğin ürünlerin tanımlandığı pencere farklı bir modül, üretimin temel takibinin yapıldığı pencere farklı bir modül dosyası altında geliştirilmiştir. Bu sayede yazılımın farklı modüllerini farklı yazılımcılar geliştirebilecektir. Yazılım sistemi dışarıdan farklı modüller eklemeye müsait bir yapıdadır. Ayrıca Python’un mevcut kütüphane ve modül arşiviyle hızlı hesaplamalar yapmak ve istatistiksel yöntemler uygulamak yazılımcı açısından daha kolay hale gelecektir. Numpy, Scipy, Matplotlib gibi ücretsiz kütüphaneler AÜYS’nin açık modüler yapısına uygundur.

Yazılımın modüler yapısı gereği nesne yönelimli programlama stili tercih edilmiştir. Bu sayede her bir sınıf, bir modülü veya modülün bir alt parçasını oluşturmaktadır. Projenin birden fazla yazılımcı ile ortak geliştirilebilmesi için önemli ve kritik kod satırları üzerinde çeşitli yorum satırları yer almaktadır. Okunabilirliği artırmak adına değişken ve fonksiyonlar için tek tip ve aynı tarz isimlendirme yöntemi uygulanmıştır. Örneğin tabloGoster, listeGetir, formulHesapla, calismaGunleri gibi.

Projenin ilk veri tabanı SQLite olarak tercih edildi. Basitliği ve kurulum gerektirmiyor oluşu sebebiyle hızlı sonuç almak istendi. Ancak Akıllı Üretim yazılımı sadece bir kullanıcıya hitap eden bir yazılım değil. İşletme içerisinde birimler arası çok sayıda kullanıcının hareketlerinin takip edildiği bir yazılım olması sebebiyle SQLite veri tabanının doğru bir tercih olmadığı ortaya çıkıyor. Ayrıca resmî web sitesinde yer alan “Bir SQLite Dosyası Nasıl Bozulur” başlıklı belgeye göre, böyle durumlarda senkronizasyon problemleri sonucu veri tabanı dosyasında hasar meydana gelmesi mümkün ve SQLite çok kullanıcıya hitap eden bir veri tabanı yapısı sunmuyor. (<https://www.sqlite.org/howtocorrupt.html> - Erişim Tarihi: 15.09.2016)

Küçük ve orta ölçekli işletmelerde yer alan çok sayıda kullanıcı, bilgisayar ve işletme birimine ait tüm verileri dijital, açık kaynak ve maliyetsiz bir platformda işleyecek uygun veri tabanı MySQL, Akıllı Üretim’in tüm ilişkisel tablolarını tutuyor ve herhangi bir performans sorunu ortaya çıkarmıyor. Ege bölgesinde bu tür işletmelerde kullanıcı sayısının 100’ü geçtiği görülmemiştir. MySQL veri tabanı yapısı aynı anda binlerce işlemi rahatlıkla gerçekleştirebildiği için KOBİ’ler için uygun bir tercihtir. (<https://www.mysql.com/why-mysql/>)

Dördüncü sanayi devriminin önemli araştırma alanlarından biri, milyonlarca cihazın internete bağlı olması ve bu yapının fabrikalarda kullanım biçimidir. Akıllı Üretim bu anlamda; aynı işletmenin çok sayıda cihazından veri toplayan bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla çoklu veri tabanı sorguları ile cihazlar arası haberleşmeyi devamlı tutmaktadır. Bu noktada KOBİ’lerin düşük maliyetli veya maliyet içermeyen çözümlere yönelmesi gerekmektedir. Akıllı Üretim “nesnelerin interneti” alanında da tamamen açık kaynak platformlara yönelmiştir. (<https://www.mysql.com/why-mysql/white-papers/mysql-for-internet-of-things/>)

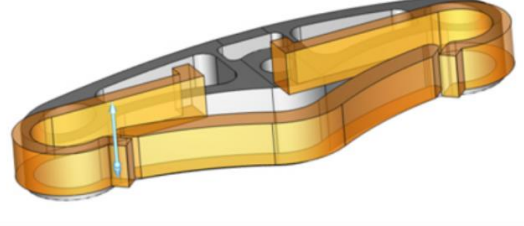
Açık kaynak platform öğelerini bir aya getiren Akıllı Üretim projesi, ilk olarak 2014 yılında bir kalıp fabrikasında (bundan sonra KLP Makina olarak anılacak) test edilmeye başlanmıştır. Sahada ilk kullanılan programlama dili Python temel aşamada şu sorunların çözümüne olanak sağlamıştır:

- Üretim takibinin kağıtlar yerine bilgisayar üzerinden yapılması
- Üretim performansının yazılım tarafından otomatik olarak ölçülmesi
- Fabrikadaki ürün yelpazesinin ve ürün reçetelerinin tanımlama işlemlerinin ortak bir yazılımda yapılması
- Fabrikadaki tüm operatör, tezgah ve operasyonların bir yazılım üzerinden tanımlanarak arşivlenmesi
- Overall Equipment Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği) değerinin yazılım tarafından anlık ölçülmesi
- Müşteriden gelen siparişlerin ortak bir havuzda birleştirilmesi

Başlangıç aşamasında veri toplamak için tablet dahil herhangi bir ek cihaz denenmemiştir. Olabildiğince sade ve az sayıda kodlama ile yukarıda bahsedilen problemler KLP Makina’da çözüme kavuşturulmuştur. Ancak; operatörlerin çalışma alanlarında veri girişlerini masaüstü bilgisayara yapıyor olmaları onlara vakit kaybettirmiştir. Ayrıca masaüstü bilgisayarların üretim noktalarında sayıca artması işletmeye maliyet yükü getirmiştir. Daha basit ve daha hızlı bir ara yüzle sorunu çözmek adına 2014 yılının trend ve maliyeti düşük işletim sistemi Android konusu gündeme gelmiş, operatörlerin basitçe işlem yapabileceği bir ekran tasarımı oluşturulmuştur.

Her ne kadar Android açık kaynak bir işletim sistemi olsa da, Akıllı Üretim yazılımının Android’e yüklenmesi için oluşturulan APK dosyası, açık kaynak yapıda oluşmamaktadır. Yine de bir APK dosyasını açık kaynak ve derleme yapmadan geliştirmeye müsait hale getirmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan en yaygını ara yüzde PHP kodlama ile web sayfa URL’si kullanmaktır. Yazılımın dinamik olan tarafı PHP ile kodlandığı için ara yüz açık kaynaklı hale getirilmiştir. Oluşan yeni durumu şu ekran görüntüsünde göstermek mümkündür:

Şekil 2: Akıllı Üretim Tablet Ara Yüzü

OPERASYONA BAŞLA		OPERASYONU BİTİR																																									
ABC-01	57 - A10001	Yenide																																									
Mahsun Aktaş	A10001-02-DÖVME 2																																										
AYARA BAŞLA	OPERASYONA BAŞLA	OPERASYONU BİTİR																																									
Durum: AYARDA. Operatör: Mahsun Aktaş. Tezgah: ABC-01																																											
Geçmiş Açıklamalar	Operasyon	İş Emri																																									
rtghyghqijy	A10001-02-DÖVME	56																																									
		<table border="1"> <tr> <th colspan="4">A10001-02-DÖVME 2 Bilgileri</th> </tr> <tr> <td>İş Emri Adedi: 13333</td> <td>Sağlam Parça Adedi: 33</td> <td colspan="2">İş Emri 57 Tüm Operasyonlar</td> </tr> <tr> <td>Saatlik Hedef: 30</td> <td>Girilen Fire Adedi: 0</td> <td>Operasyon No</td> <td>Operatör</td> </tr> <tr> <td>Set-up Hedef: 00:30:00</td> <td>Kalan Üretim Adedi: 13300</td> <td>A10001-02-DÖVME</td> <td>Mahsun Aktaş</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sağlam Ad.</td> <td>Fire Ad.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A10001-02-DÖVME 2</td> <td>Mahsun Aktaş</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">İzlenebilirlik: Malzeme Kalitesi: SÜREKLİ TAKIM KIRILMAKTADIR.</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Set-up Kalan Süre:</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">00:29:56</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		A10001-02-DÖVME 2 Bilgileri				İş Emri Adedi: 13333	Sağlam Parça Adedi: 33	İş Emri 57 Tüm Operasyonlar		Saatlik Hedef: 30	Girilen Fire Adedi: 0	Operasyon No	Operatör	Set-up Hedef: 00:30:00	Kalan Üretim Adedi: 13300	A10001-02-DÖVME	Mahsun Aktaş			Sağlam Ad.	Fire Ad.			A10001-02-DÖVME 2	Mahsun Aktaş					İzlenebilirlik: Malzeme Kalitesi: SÜREKLİ TAKIM KIRILMAKTADIR.				Set-up Kalan Süre:				00:29:56			
A10001-02-DÖVME 2 Bilgileri																																											
İş Emri Adedi: 13333	Sağlam Parça Adedi: 33	İş Emri 57 Tüm Operasyonlar																																									
Saatlik Hedef: 30	Girilen Fire Adedi: 0	Operasyon No	Operatör																																								
Set-up Hedef: 00:30:00	Kalan Üretim Adedi: 13300	A10001-02-DÖVME	Mahsun Aktaş																																								
		Sağlam Ad.	Fire Ad.																																								
		A10001-02-DÖVME 2	Mahsun Aktaş																																								
İzlenebilirlik: Malzeme Kalitesi: SÜREKLİ TAKIM KIRILMAKTADIR.																																											
Set-up Kalan Süre:																																											
00:29:56																																											
Devam Et/ Yinele	Açıklama Yaz	Kalite Kontrol	Dosya Görüntüle																																								
Duruşa Geç	Talimat	DUYURULAR	Diğer																																								
			Adet Gir																																								
			Fire Gir																																								

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Ekran görüntüsünde öne çıkan kısım olan tablolar, parça resmi, geri sayım alanı, operasyon bilgileri gibi kutucuklar açık kaynak olabilmesi adına tamamen PHP ile kodlanmıştır. Bu alanın açık kaynak olmasının işletmeler arası sağladığı birtakım yararlar vardır. A firması tablet ara yüzünde parça resmini görmek isterken B firması tablet ara yüzünde parça resmi görmek istemeyebilir. Böyle bir durumda iki firmaya da farklı APK dosyaları yüklemek gerekirken PHP açık kaynak sistemi sayesinde sadece ilgili kısımlarda kod değişikliği yapmak yetmiştir. Esas hedef sadece bir APK dosyası ile farklı işletmelerde farklı ara yüzler tasarlayabilmektir.

2.1.1. Açık Kaynak Geliştirme Süreci

Bu noktada geliştiriciler, açık kaynak yapısında kod değişikliğine gitmeden de bu sorunu çözebilirler. Böyle bir durumda veri tabanının ayarlar tablosuna parça resminin gösterilip gösterilmeyeceği ile ilgili bir seçenek sütunu (veya seçenek satırı) açılır. Bu satırın karşılık değeri 0 ise parça resmi gösterilmez, 1 ise parça resmi gösterilir şeklinde bir kodlamaya gidilir. Dolayısıyla A ve B firmasında iki farklı

durum söz konusu iken C firmasına sistem kurulurken “Parça resmi görünsün mü, görünmesin mi?” şeklinde bir soru sorulabilir ve ayarlar tablosundan bu işlem gerçekleştirilebilir. Bu yöntem ile herhangi bir kod değişikliği uygulanmayacağından yazılım daha esnek bir açık kaynak yapısında olur.

Akıllı Üretim yazılımı birden fazla fabrikada uygulanmaya başlandığında karşılaşılan en büyük sorun kod yapısının işletmeden işletmeye farklılıklar gösteriyor olmasıydı. Parça resmi örneğinde anlatıldığı gibi, yazılımın yapısı bu yönde geliştirilmeseydi her fabrikada aynı ürün değil, benzer ürünün varyasyonları uygulanmış olacaktı ve kişiselleştirme kapalı olacaktı. Fabrikaların işletme yapısındaki farklılıklar sebebiyle bu kişiselleştirme seçenekleri sayıca yüzlerce olmuştur. Bu örnekleri şöyle çoğaltabiliriz:

- A firması tablete gönderilen iş emirlerinin tamamını görmek isterken B firması belli bir iş sırasına göre görmek isteyebilir.
- A firması operatör seçiminde herhangi bir şifre girilmesini istemezken B firması her operatör değişikliği işleminde zorunlu şifre girilmesini talep edebilir.
- A firması iş başlatma butonunda “OPERASYONA BAŞLA” yazmasını isterken B firması “ÜRETİME BAŞLA” veya “İŞLEME BAŞLA” yazmasını isteyebilir.
- A firması ara yüzde kalite kontrol butonu olmasını isterken B firması böyle bir butonun görünmesini istemeyebilir.

Sayıca bu örnekleri çoğaltmak mümkün ve bu örneklerin sayısı çoğaldıkça yazılımın açık kaynak yapısı o kadar zenginleşmiştir ve esnektir diyebiliriz. Tek bir açık kaynak kod ile çok sayıda ürün çeşidi ortaya çıkarmak, sistem uyarlayıcı tarafının da işini basitleştirmektedir ve zaman kazandırmaktadır. Bu durumun sağladığı bir diğer fayda ise güncelleme kolaylığıdır. Örneğin C firmasının yazılımın seçenekleri arasında yer almayan yeni bir talepte bulunduğunu varsayalım. Bu özelliğin kişiselleştirilebilir olarak yazılıma konulması halinde otomatik olarak A ve B firmalarında da bu seçenek açılacaktır. Dolayısıyla bir firmanın ihtiyacı bir başka firmanın ihtiyacını da karşılayacak ve yazılımın kişiselleştirme seçenekleri tüm işletmeler için aynı oranda büyüyecektir.

Yazılım dinamik gelişeceği için açık kaynak yapısı altında güncelleme maliyeti önemli bir unsur olmaktan çıkacaktır. A, B ve C firmalarından edinilen

tecrübe ile D firmasında yapılan uyarılama çalışması esneklik kazanacaktır. Kurulan işletme sayısı arttıkça talepler çoğalacağından esneklik yapısı da kendiliğinden zenginleşecektir.

Açık kaynak olarak geliştirilen yazılımların ne kadar verimli yazılıp yazılmadığını bilimsel yöntemlerle ortaya koyan çalışmalara baktığımızda değerlendirme kriteri olarak bazı ana faktörlerin belirlenmiş olduğu görülmektedir. Bunlardan bazıları test edilebilirlik, sadelik, okunabilirlik ve öz tanımlayıcılık (self descriptiveness) unsurlarıdır. Bu çalışmalar yazılan kodun kalitesini incelemektedir ve ortaya konulan çalışmanın hangi performansla işe yaradığını ve ne derece verim alınabildiğini göstermektedir. Örnek çalışmalardan birini ele alırsak; 2002 yılında Information Systems Journal'da yayınlanan bir araştırmaya göre açık kaynaklı bir yazılımın kod kalitesi beklenen seviyeden daha düşük bulunmuş; ancak bu seviyenin açık kaynağın geliştirilebilir olmasına engel olmadığı sonucuna varılmış. Geliştirilen yazılımın kod yapısında belirli bir standarda göre gidilmesi, üzerine eklemeler yapacak yazılımcı ekibin de aynı standardı izlemesi gerektiği tartışılmıştır. (Code quality analysis in open source software development, 2002)

Bu sorunu Akıllı Üretim'in açık kaynak yapısı altında çözmek için modüler sistem tercih edilmiştir. Python ve PHP nesne ve fonksiyon eğilimli programlama dilleri olduğundan dolayı sistemin her modülü ayrı birer dosya altında, sınıflandırılarak derlenmiştir. Kod yapısında belirli bir standardı yakalayabilmek ve okunabilirlik ilkesini güçlü kılmak adına yorum satırları ve açıklama metinlerine yer verilmiştir. Nesneleri isimlendirirken inceleyen yazılımcının dikkatini çekecek benzer yöntemler kullanılmıştır. Açık kaynak kod yapısının sadelik ilkesine uymak adına modül dosyaları belirli bir satır sayısını aştığında ilave dosyalardan devam edilmiş olup, gerekli uyarılar yerleştirilmiştir. Standartlar çerçevesinde kurallar bütünlüğü yakalandığı için hem işletmenin bilgi işlem sorumluları, hem de Akıllı Üretim'in devam eden yazılım ekipleri kod kalitesinde belirli bir standarda uyma konusunda projeyi sürdürülebilir tutacaklardır.

Kurumsal yazılımlarda açık kaynaklı yazılım kullanımını, riskleri ve avantajlarını gösteren çeşitli vaka analizleri mevcuttur. Farklı kurumsal kaynak planlama formlarını uygulayan ve farklı sonuçlar almayı bekleyen çalışmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda personel ve işletme yapısındaki farklılıklara yönelik

veya teknolojik-finansal karşılaştırmalar yer almaktadır. 2012 yılında Enterprise Information Systems'ta yapılan bir araştırma, genel olarak açık kaynaklı ERP yazılımlarının dünyadaki birçok işletme için yetenekli bir çözüm olduğunu ortaya koyuyor. Pazar payının büyük bir yüzdesini oluşturmayaabilirler ancak bu tür çözümler için her zaman talep var ve küçük işletmeler, bu tür yazılımları benimseyerek rakiplerine göre birçok avantaj kazanabilir.

Yine aynı kaynağa göre açık kaynaklı yazılımlara tamamen özgür demek doğru değil. Çünkü geliştirme maliyeti her zaman var. Geliştiren birim işletme içinden de olsa, dışarıdan hizmet olarak alınıyor olsa da işletmeye bir miktar maliyeti olacaktır. Bu anlamda, Akıllı Üretim'i değerlendirecek olursak; işletmeye maliyeti oldukça düşüktür. Rekabetçi koşullarda benzer yazılım sistemlerinin maliyeti ile kıyaslandığında AÜYS'nin maliyeti açık kaynaklı oluşu sebebiyle bir hayli düşük kalmaktadır. İşletmeye sadece geliştirme ve eğitim maliyetleri ortaya çıkmaktadır. (Case study of open-source enterprise resource planning implementation in a small business, 2012)

2.1.2. Açık Kaynak Adaptasyon Süreci

Yeni bir yazılımın işletmeye getirdiği yükler arasında ortaya çıkan eğitim faktörünü mümkün olduğunca hızlı uygulayabilmek ve iyi sonuç alabilmek adına çeşitli adımlar atılmıştır. İşletme içerisinde bilgi işlem sorumlusu varsa eğitim süreci hızlı, yoksa biraz daha uzun sürmüştür. Eğitim esnasında çeşitli talepler ortaya çıkmaktadır. Eğitimi uygulayan taraf ile yazılımı geliştiren taraf aynı olduğu için eğitim sırasında alınan geribildirim ve talepler hayata geçirilmektedir. Bu sebeple açık kaynaklı yazılım dinamik bir yapıda, paydaşlarla birlikte gelişmektedir. AÜYS'yi her eğitim seviyesinden gruplar kullanacağı için basitlik ilkesi önemli bir faktördür. Üretim sektöründe operatör veya işçi olarak görev yapan personel düşük eğitim seviyesinde olabilir. Bu tip durumlarda ara yüz tasarımlarının mümkün olduğunca sade ve kolay öğrenilebilir olması gerekmektedir.

AÜYS kurulan işletmeler, açık kaynağa müdahale ve geliştirme unsurlarının kendilerine öğretilmesi yerine bu işlemleri Akıllı Üretim personelinin yapmasını uygun görmektedir. Bunun sebebi genellikle küçük ve orta ölçekli yapıda olmaları,

az sayıda personele hitap etmeleri ve içlerinde bilgi işlem personelinin bulunmamasıdır. Durum böyle olduğu halde AÜYS yazılımı farklı yazılım ekiplerinin müdahalelerine açık bir yapıda ve belirli bir standart altında geliştirilmektedir. Yazılımın her türden işletme kullanıcısına hitap eden kitapçığı hazırlanmıştır. Elektronik ve basılı ortamda bu kitapçık tüm işletmelere verilmiştir. Eğitim materyali olarak kullanılmaktadır.

Kitapçık modüller hakkında oldukça detaylı açıklamalar içermesine karşın, işletmeler herhangi bir sorunla karşılaştıklarında kitapçığa başvurmak yerine AÜYS personeline başvurmayı tercih etmektedirler. Bu kitapçıkta açık kaynak yazılımın teknik sorunlarına yer verilmemiş, sadece kullanıcı ara yüzü anlatılmıştır. Açık kaynak yazılımın teknik konuları, doğrudan programlama dosyaları altında gösterilmiştir. Oluşturulan yapı kodu inceleyen bir yazılım ekibinin rahatlıkla çözebileceği algoritmalarından meydana getirilmiştir. Dolayısıyla eğitim unsuru hem işletme kullanıcıları, hem teknik ekip için ortak bir standart altında yürütülmektedir. Açık kaynaklı sistemler her ne kadar özgür yazılımlar olarak değerlendirilse de içinde işletmeye ait özel bilgiler, parolalar ve gizli dokümantasyon bağlantıları barındırabilir. Bu sebepten dolayı açık kaynak yazılım dosyalarının barındığı sunucu, bulunduğu bilgisayar veya yer aldığı sabit disklerin işletmenin güvenli bir alanında teknik olarak korunuyor olmalıdır ve güvenliği sağlanmalıdır. AÜYS dosyalarının güvenliğini korumak adına öncelikle işletmenin internet bağlantısının güvenli ve şifreli olarak tanımlanmış olması gerekiyor. Kurulumun yapıldığı bilgisayar, genellikle işletmenin ana sunucu bilgisayarı olarak kullanılmaktadır ve dosya paylaşım klasörleri şifrelenmiştir. Üçüncü bir koruma olarak MySQL veri tabanı dışarıdan erişime kapalı ve sadece iç iletişim dahilinde girilebilir durumda, şifrelidir. Tablet'in veri tabanına erişimi doğrudan değil, güvenlik tedbiri amaçlı web servis dosyaları üzerinden yapılmaktadır. Cep telefonu ve mobil takip sistemleri de aynı şekilde web servis dosyaları üzerinden sağlanmaktadır. Masa üstü programın veri tabanına erişimini sağlayan dosyada yer alan şifre ise ikincil bir şifrelemeye tabi tutulmuştur ve güvenliği sağlanmıştır. Gizlilik ve güvenlik ilkesi, işletme ile yapılan ilk sözleşmede özellikle belirtilmiş olup KOBİ'lere bir tehdit unsuru olmaktan çıkarılması için özellikle vurgulanmıştır. Yine de bu şifreleri bilen bir personel açık kaynak kodlara ulaşabilecek ve okuyabilecektir. Yazma ve değiştirme yetkisi

bulunması halinde istenmediği durumlarda bile değiştirebilecektir. Bu açıdan bakıldığında açık kaynaklı bir yazılımın değiştirme durumları için işletmelerin ekstra önlemler alması gerekmektedir. Tehdit unsuru oluşturacak erişimler mümkün olduğunca uzak tutulmalıdır ve şifreler belirli aralıklarla değiştirilmelidir.

Açık kaynak yazılım kullanımında karşılaşılan sorunları çözme konusu daha hızlı sonuçlanır. Programlama dillerinde hata ayıklama yapıldığında meydana gelen hatanın kaçınıcı satırda olduğu çoğunlukla belirtilir ve açık kaynağa müdahale edilebileceği için yazılım dilinden orta seviyede anlayan bir bilgi işlem sorumlusu hatayı elle düzeltebilir. Bu noktada eğer ticari ve kapalı bir yazılım tercih edilseydi sorunun çözümü için dışarıdan teknik ekip çağırılması veya haber verilmesi gerekeceğinden işlem uzun sürecekti. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da şudur; kaynak kodu düzeltirken ve değiştirirken hatanın geliştirici ekibe mutlaka haber verilmesi gerekliliğidir. Aksi takdirde farklı yazılım ekiplerinde farklı kaynak kodları bulunacağından açık kaynağın sadelik ve test edilebilirlik ilkesine uygun hareket edilmemiş olacaktır.

İşletmelerde açık kaynak kullanımının bir diğer avantajı mevcut yazılımın farklı çeşitlerinin ortaya çıkması ve kullanıcılara daha farklı seçenekleri sunmasıdır. Örneğin Akıllı Üretim’de yer alan toplantı modülü bir işletmenin toplantı sırasında karşılaşılabileceği en temel sorunları çözen bir modüldür. Herhangi bir yazılımcı bu modülün kaynak kodlarını değiştirerek ve ürünü geliştirebilir veya aynı üründen bambaşka bir ürün ortaya koyabilir. Yazılım dünyasında bunun örnekleri sıkça görülmektedir. Örneğin açık kaynak olarak hizmet veren Mozilla Firefox veya Linux’ten türeyen çok sayıda yazılım bulunmaktadır.

Kapalı ve ticari bir yazılımın işletmenin özel bilgilerini ne derece izleyip izlemediği bir tartışma konusudur. Kodlar görünmediği için işletme, yazılımın şüpheli izleme hareketleri yapıp yapmadığını görmez. Ancak açık kaynaklı bir yazılımı inceleyen ve orta seviyede kod okuyabilen her kişi yazılımın işletme için şüpheli izlemeler yapıp yapmadığını görebilir. Tehdit oluşturacak herhangi bir koda müdahale şansı, açık kaynaklı yazılımlarda çok yüksektir.

Kısaca özetlersek açık kaynak kodlu bir yazılım kullanmanın avantaj ve dezavantajları ortaya konulduğunda küçük ve orta ölçekli işletmeler için şu önemli unsurlar ortaya çıkmaktadır; maliyet, zaman, esneklik, geliştirilebilir olması, gizlilik

ve güvenlik. Açık kaynaklı yazılımlar maliyet olarak düşük, belirli bir geliştirme standardı izlendiğinde hızlı uyarlanabilir, esnek, dışarıdan müdahaleye açık olduğu için esnek ve tehdit unsuru oluşturacak kodlar düzeltilebileceği için güvenlidir. Öte yandan gizlilik unsuru her ne kadar şifreyle korunuyor olsa da, şifreyi bilen veya bir şekilde ulaşan kişiler açık kaynaklı koda müdahalede bulunabilir. Bir KOBİ açık kaynaklı yazılıma karar verme aşamasında maliyet ve geliştirilebilir olması unsurunu bir avantaj olarak görebilir. Zaman ve esneklik konusunu ancak yazılımın kalitesini gözlemleyerek karar verebilir, bu sezgiseldir. Gizlilik ve güvenlik konusunda kişisel çabası ve işletmenin becerileri öne çıkmaktadır.

3. İŞLETMEDE ÇÖZÜLEN SORUNLAR

Akıllı Üretim'in çıkış ihtiyacı sadece bir sorunu çözmek üzere ortaya çıkmıştır. Bu sorun işçilerin üretim verilerini kağıda yazarak vakit kaybetmeleri sorunudur. İşçiler elektronik ortama veri girişi yaparak zaman kazanacak ve işletme daha verimli hale gelecekti. Ancak işletmelerin üretim süreçlerinde gerçekleştirmekle yükümlü oldukları işlerin sayısı oldukça fazla olduğu için çözülmesi gereken daha çok sayıda sorun olduğu ortaya çıktı. Hedef başlangıçta sadece üretim verilerini elektronik ortama aktarmak iken sonrasında diğer süreçler de sisteme dahil olmuşlardır.

ISO 9001, ISO/TS16949 gibi kalite standartlarını uygulamak ve yürütmekle yükümlü üretim işletmeler üretim sahasından öncelikle şu verileri toplamaktadır:

- İşlem yapılacak parçanın numarasının girilmesi
- İş numarası (iş emri, üretim emri) belirtilmesi
- İş yapacak operatörün isminin belirtilmesi
- İşin yapıldığı üretim istasyonunun (tezgahın) belirtilmesi
- İşlem yapılacak operasyon numarasının belirtilmesi
- Ayar (set-up) başlangıç zamanı girilmesi
- Ayar bitiş, operasyon başlangıç zamanı girilmesi
- Üretim duruşları ve aksamalarının süreyle kayıt edilmesi
- Kalite kontrol kayıtlarının girilmesi
- Tezgahtan çıkan üretim sağlam adedinin girilmesi

- Hurda, fire adetlerinin girilmesi
- Üretim bitiş zamanının girilmesi

Bu verilerin girilmesi KOBİ seviyesindeki bir işletmenin üretim performansı hakkında temel seviyede bilgiler verecektir. Dijital teknolojilerin kullanılmadığı geleneksel sistemlerde bu bilgiler operatör tarafından kağıtlara yazılmaktadır. Veriler kağıtlara yazıldığında önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlardan bazıları kağıtlardaki bilgilerin doğruluğu, girilen saat bilgilerinin güvenilirliği, okunabilirliği olmakla birlikte verilerin girilmesinden sonra da problemler devam etmektedir. Verilerin değerlendirilmesi aşamasında, bilgilerin üretim personeli tarafından bir veri merkezine (bilgi havuzuna) girilmektedir. Bilgi akışı gerçek zamanlı olmadığı gibi pek çok üretim işletmesi bir önceki günün, bir önceki haftanın hatta bazen bir önceki ayların verilerini girmekle meşgul olmaktadır. Ayrıca verinin kağıttan bilgisayarlara aktarımı sırasında personel ciddi bir vakit kaybı yaşamaktadır. Verinin geç girilmesi bir yana girme aşamasındaki vakit kayıpları günde 20 dakikadan birkaç saate kadar çıkmaktadır. Oysaki üretim verileri elektronik ortamdan gerçek zamanlı olarak alınırsa herhangi bir gecikme ve vakit kaybı sorunu yaşanmayacaktır. Bu sorunu çözmek adına ortaya çıkan Akıllı Üretim projesi KLP Makina işletmesinde veri girişi problemini ve kağıt kullanımını ilk aşamada ortadan kaldırmıştır.

Proje uygulanırken temel seviyede bilgileri girmek için ciddi bir tanımlama çalışması yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Örneğin operatörün tablet üzerinden parçayı seçebilmesi için fabrikada üretilebilecek tüm parçaların sistemde tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu yapılırken parça numarasının yanında, parça adı, müşterideki karşılığı gibi ürüne ait ekstra bilgiler girilmesi gerektiği de ortaya çıkmıştır. Sistem operasyonlar üzerinden yürüyeceği için, sadece parça numaraları yetmemekte; buna ilave olarak tüm ürün parçalarının operasyonlarının tanımlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Örneğin X parça numaralı bir ürün A, B ve C operasyonlarından geçerek nihai ürünü meydana getirmektedir. Bu durumda sistem, X ürünü ile birlikte ilgili A, B ve C operasyonları da girilecek şekilde tasarlanmıştır. Her bir operasyonun hedef işleme süresinin sisteme girilmesiyle işletmenin operasyon performanslarını ölçmesi sağlanmıştır. Örneğin A operasyonuna verilen hedef süre 1 parça için 10 dakikaysa, ilgili işlem 20 dakikada tamamlandığında sistem aşağıdaki formüle göre bir performans değeri hesaplamaktadır.

$$\% \text{Performans} = \text{Çalışma Süresi} * 100 / \text{Hedef Süre}$$

$$\% \text{Performans} = 10 * 100 / 20$$

$$\% \text{Performans} = \%50$$

KLP Makina kalıp üretimi gerçekleştirdiği için genellikle üretim adet sayısı 1 olmaktadır. Ancak farklı bir üretim fabrikasında, örneğin sıcak metal dövme üretimi yapan ED Dövme fabrikasında adetler devreye girmiştir. Adetli seri üretimlerde performans değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır. 1 parçanın 2 dakikada üretileceğini düşünelim ve operatörün 46 dakikada 21 sağlam adet üretim gerçekleştirdiğini varsayalım.

$$\% \text{Performans} = (\text{Hedef Süre} \times \text{Sağlam Adet}) \times 100 / \text{Çalışma Süresi}$$

$$\% \text{Performans} = (2 \times 21) \times 100 / 46$$

$$\% \text{Performans} = \%91$$

Akıllı Üretim performans değerini bu şekilde vermeye başlamıştır ancak üretim alanında verimlilik hesabı yapılırken sadece bu değer yeterli olmamaktadır. İlk defa 1960 yılında Seiichi Nakajima tarafından ortaya konulan overall equipment effectiveness (OEE, toplam ekipman etkinliği) hesaplama metodu üç farklı performans göstergesinin çarpımı ile oransal bir verimlilik değeri ortaya çıkarmaktadır. Bunlar performans ile birlikte kalite ve kullanılabilirlik değeridir.

OEE formülü aşağıdaki gibidir:

$$\text{OEE} = \% \text{Performans} \times \% \text{Kalite} \times \% \text{Kullanılabilirlik}$$

Kalite değeri operatörün sisteme girdiği sağlam ve fire (hurda) adetleriyle ortaya çıkmaktadır. Üretim emri verilen 100 adet parçadan 2 adet fire ve 98 adet sağlam parça çıkardığında kalite değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\% \text{Kalite} = \text{Sağlam Adet} \times 100 / (\text{Sağlam} + \text{Fire Adedi})$$

$$\% \text{Kalite} = 98 \times 100 / (98 + 2)$$

$$\% \text{Kalite} = \%98$$

Operatörler üretim sonunda fire bilgisini sisteme girerken firenin hangi sebepten dolayı gerçekleştiğini gösteren fire tiplerini de işaretlemektedir. Üretimde bir fire aşağıdaki benzer sebeplerden dolayı gerçekleşebilir.

- Hammadde hatası
- Operatör hatası
- Program işleme hatası
- Ayar hatası
- Ölçüm hatası

Sistemin fire tiplerini kaydetmesi, işletmelerin dönem sonlarında hangi tipte firelerin yoğunlaşma gösterdiğini hesaplaması adına önem taşımaktadır. Örneğin önceki ay %40 oranında hammadde hatası kaynaklı fire girişi yapıldığının tespit edilmesi, işletmelerin dikkat etmeleri gerektiği noktayı yüzde oransal yöntemlerle ortaya çıkarmaktadır. Karar alma mekanizmalarını oransal olarak öne çıkan sebepler üzerinde çalıştırmaktadırlar ve iyileştirme kararını o yönde alırlar. Akıllı Üretim'in iyileştirme yapılacak alanı belirleme konusunda raporlar vermesi sağlanmıştır.

OEE hesabında değerlendirmeye alınan üçüncü ve son gösterge kullanılabilirlik değeridir. Bu değer fabrikanın çalışabileceği toplam iş saatinin gerçek çalışma saatine olan oranıdır. Örneğin bir fabrikada herhangi bir tezgah en fazla 24 saat açık kalıp çalışabiliyorken, 18 saat çalıştıysa kullanılabilirlik değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\% \text{Kullanılabilirlik} = \text{Gerçek Çalışma Süresi} \times 100 / \text{Max Çalışma Süresi}$$

$$\% \text{Kullanılabilirlik} = 18 \times 100 / 24$$

$$\% \text{Kullanılabilirlik} = \%75$$

Elde edilen performans, kalite ve kullanılabilirlik değerinin oransal çarpımı, toplam ekipman etkinliği (OEE) değerini verecektir.

$$\text{OEE} = \% \text{Performans} \times \% \text{Kalite} \times \% \text{Kullanılabilirlik}$$

$$\text{OEE} = \%91 \times \%98 \times \%75$$

$$\text{OEE} = \%66.88$$

İşletmenin toplam ekipman etkinliğini görmesi iyileştirme alanlarını ortaya çıkaracağından bir karar verilmesi gerekmektedir. Bu karar kalite, performans veya kullanılabilirlik ile ilgili olabilir. Başlıca karar mekanizmaları aşağıdaki gibidir.

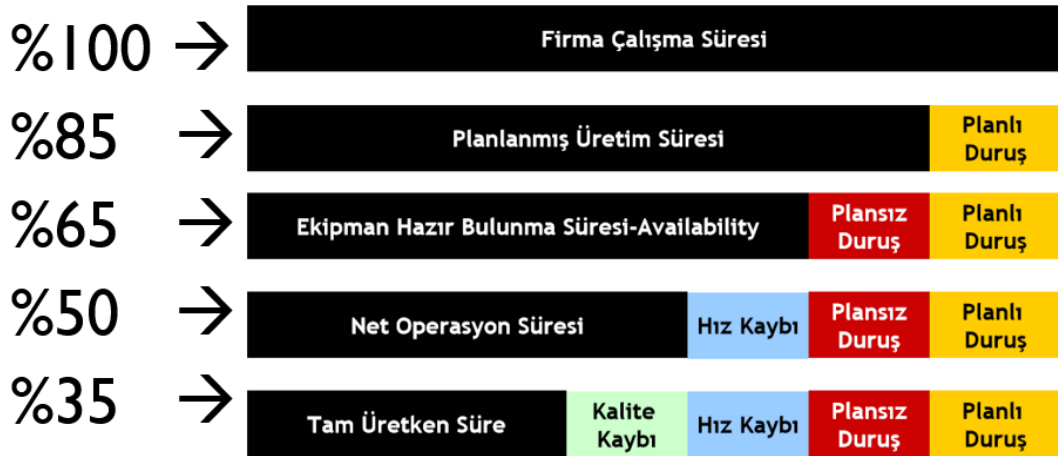
- Tezgah yatırımı olup olmayacağı
- Operatör eğitimlerinin sıklaşıp sıklaşmayacağı
- Kalite sorunlarının çözümü için hata ayıklama
- Üretim planlama sisteminin iyileştirilmesi
- Doğru operatörün doğru tezgahlarda kullanılıp kullanılmadığı
- Doğru ürünlerin doğru tezgahlarda işlenip işlenmediği

OEE değerinin hesaplanması, bu alanlardaki eksikleri ortaya çıkaracağından yapılan iyileştirmelerin de önü açılacaktır. Geleneksel yöntemde OEE değeri üretim sonunda kağıttan gelen verilerle hesaplanmaktadır. Ancak AÜYS ile OEE değeri anlık ve çeşitli birimlere göre hesaplanabilir. Bir toplam ekipman etkinliği değeri aşağıdaki seviyelere göre hesaplanabilir:

- Tezgah bazında OEE
- Birim bazında OEE
- Fabrika geneli bazında OEE

Bir üretim birimi, aynı veya benzer işleri yapan tezgahlar topluluğundan oluşur. Örneğin talaşlı imalat birimi, kesim birimi, taşlama birimi gibi farklı birimler benzer işleri yapan tezgahlardan oluşur ve iyileştirme süreci farklı seviye grupları için ilişkilendirilebilir. Bir fabrikanın gerçek verimlilik değerini ortaya koyan OEE görsel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Şekil 3: Toplam Ekipman Etkinliği Dağılımı



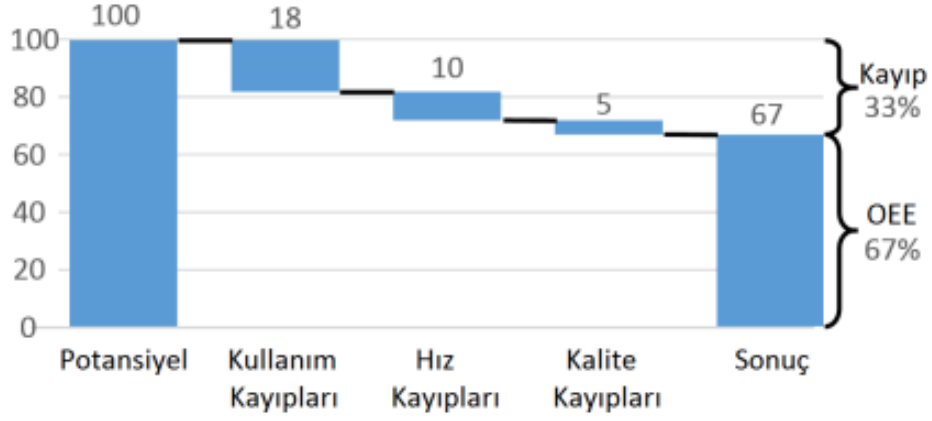
Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu örneği açıklayacak olursak firma çalışma süresi 24 saat olarak belirlenmiştir ve OEE karşılığı %100'dür. Bu süreden planlı duruşları çıkartırsak %15 azalma meydana gelir. Planlı duruşlar yemek molaları veya fabrikanın gerçekten kapalı bulunduğu saatler olabilir ve her mesai günü için aynı kabul edilir. Plansız duruşlar teknik arızalar, tezgahta meydana gelen bozulmalar, hammadde kaynaklı duruşlar veya operatörün yerinde bulunmayışından kaynaklanan duraksamalar olabilir. OEE'nin kullanılabilirlik değerini ortaya çıkarır ve ekipmanın gerçek hazırda bulunma süresidir.

Hız kaybı, parçanın işleme performans değeriyle ilişkilidir. Verilen hedef süreye bağlı olarak gerçek süreler ışığında ortaya çıkar. Performans değerinin girilmesiyle birlikte net operasyon süresi ortaya çıkar. Son olarak operatör ürettiği parçaların fire ve hurda adetlerini sisteme girerek kalite değeri belirlenir. Kullanılabilirlik, performans ve kalite değerlerinin oransal çarpım sonucu yukarıdaki örnekten anlaşılacağı gibi %35 olarak bulunmuştur.

Bir firma için OEE değerinin hangi aralıkta optimum kabul edileceği ayrı bir tartışma konusudur. Tam otomasyon, sürekli dolu, robotik sistemlerle donatılmış bir seri üretim fabrikasında %90'ın üzerindeki OEE değerleri beklenir. OEE değerinin %1 artması bile KOBİ'ler için ciddi bir maliyet unsuru kabul edilir.

Şekil 4: Toplam Ekipman Etkinliği Kayıp Grafiği



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Akıllı Üretim sistem altyapısı gerçek zamanlı OEE değerini hesaplayarak bir fabrikanın %100 potansiyel verimliliğinden kullanım kaynaklı kayıplar, hız kayıpları ve kalite kayıplarını işletmeye göstererek verimlilik sonucunu yansıtmaktadır.

AÜYS'nin ara yüzünde tezgah ve fabrika bazlı OEE değeri hesaplamalarına örnek olarak aşağıdaki tablolar gösterilebilir. Sistem tarih aralığına göre farklı sonuçlar getirmektedir.

Şekil 5: Masa Üstü Arayüzü OEE Hesaplama

Tezgah OEE Hesaplama

Tezgah: **1000** Tarih: **23.03.2016**

Seçilen Tezgahın OEE Değerleri	
Kullanılabilirlik	%66.47
Performans	%72.62
Kalite	%99.26
Günlük OEE Değeri	%47.92

Genel OEE Hesaplama

Tarih Aralığı: **01.03.2016** - **01.04.2016**

Tüm Tezgahlar Tüm Birimler **Hesapla**

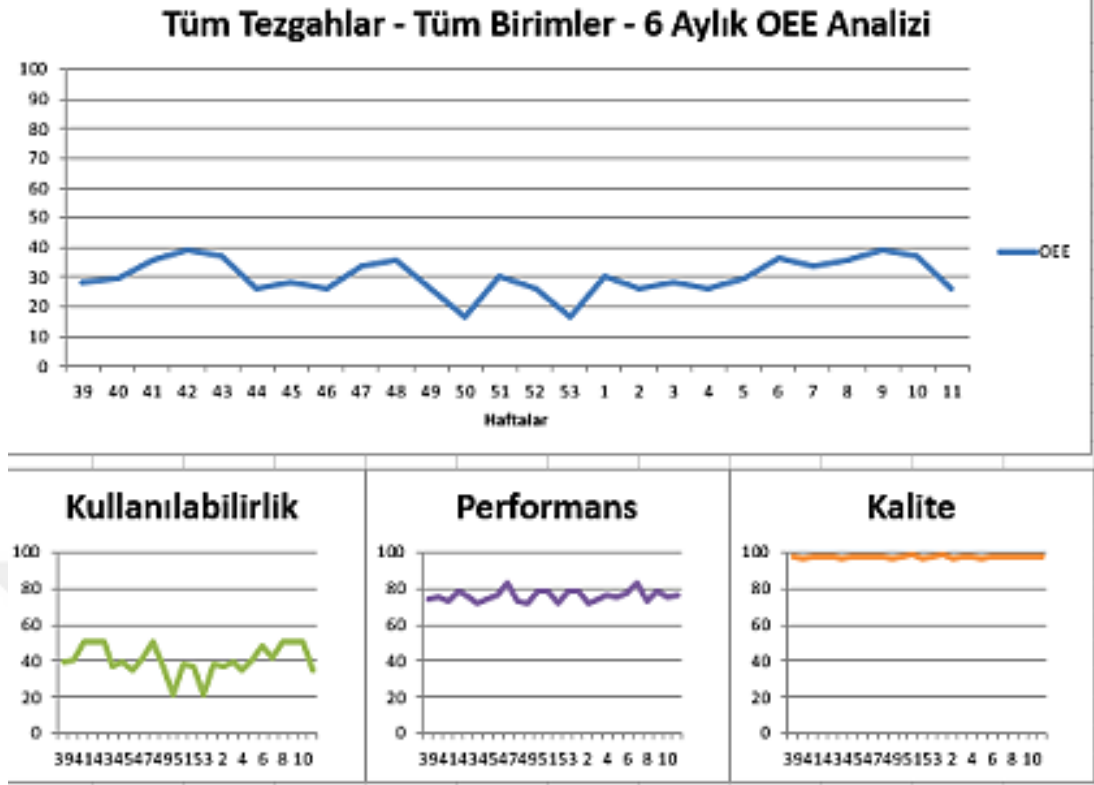
Kullanılabilirlik	%33.47
Performans	%77.34
Kalite	%97.95
Genel OEE Değeri	%25.35

☐ Tüm Tanımlı Tezgahlar Dahil

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Dijital süreçlerin bulunmadığı geleneksel yöntemde OEE hesabı yapabilmek için çok sayıda veri toplanmalı ve bu veriler sürekli olarak bir veri havuzuna girilmelidir. Ancak Akıllı Üretim’de bu veriler tabletlerden anlık alınmaktadır ve ikinci bir veri girişi ortadan kalkmıştır. Aşağıdaki grafik, Akıllı Üretim tarafından hesaplanan OEE değerlerinden otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu verilerin değerlendirilmesi haftalık üretim ve kalite toplantılarında gündeme alınmıştır.

Şekil 6: 6 aylık OEE analizi

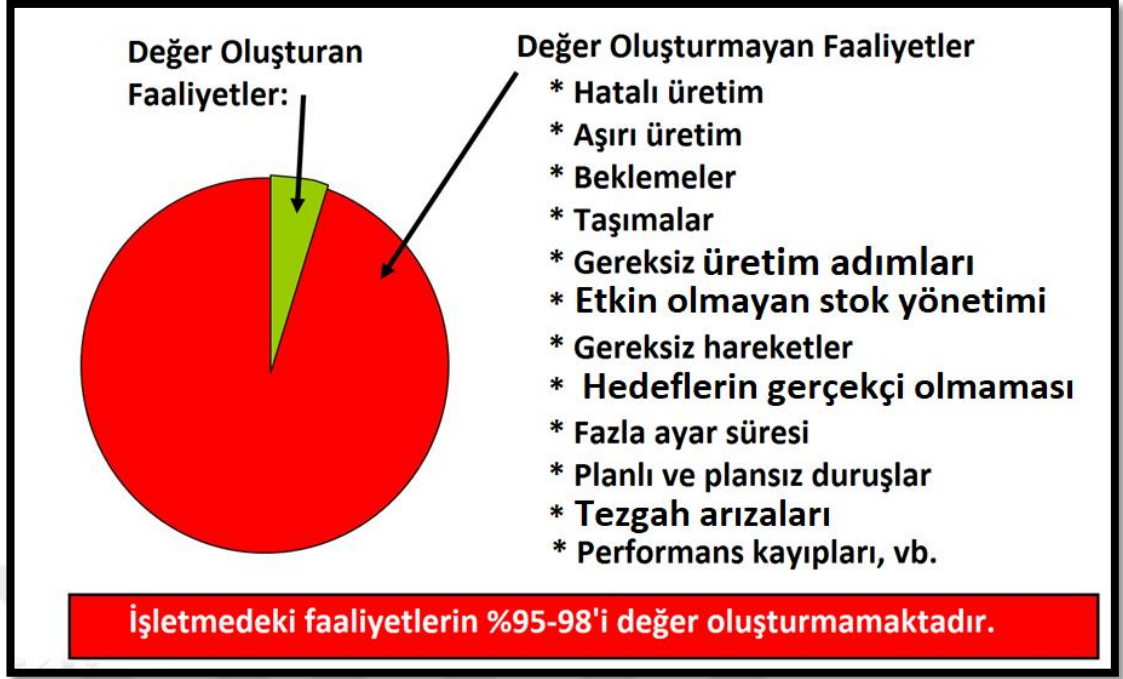


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Grafikte 50. ve 53. Haftalarda OEE değerinde önemli bir düşüş görülmektedir. Bunu asıl etkileyen faktörün kullanılabilirlik olduğu aşağıdaki üç grafiğin ilgili haftaları incelendiğinde ortaya çıkmaktadır. Kullanılabilirlik değeri az çalışma, bayram tatilleri, mesai yapmama gibi durumlarda ortaya çıkabileceği gibi müşteriden sipariş alamama gibi durumlarda tezgahın boş kalmasıyla da gerçekleşir. İşletme sadece bir faktörün toplam OEE'yi etkilediği sonucuna ulaşmıştır ve toplam fabrika verimliliğini düşüren gerçek sebeplere yoğunlaşabilmiştir. Tüm fabrikalarda yapılan ölçümlere göre en değişken faktörün kullanılabilirlik değeri olduğu ortaya çıkmıştır. KOBİ seviyesindeki işletmelerde gerçek çalışma süresi, performans ve kalite faktörüne göre daha fazla değişkenlik göstermektedir.

Kaizen (Yalın Üretim) felsefesi değer oluşturan ve değer oluşturmeyan faaliyetleri ayırmaktadır. Akıllı Üretim, değer oluşturmeyan faaliyetlerin ortaya çıkarılmasına olanak sağlayarak verimsizliği düşürmeyi amaçlar.

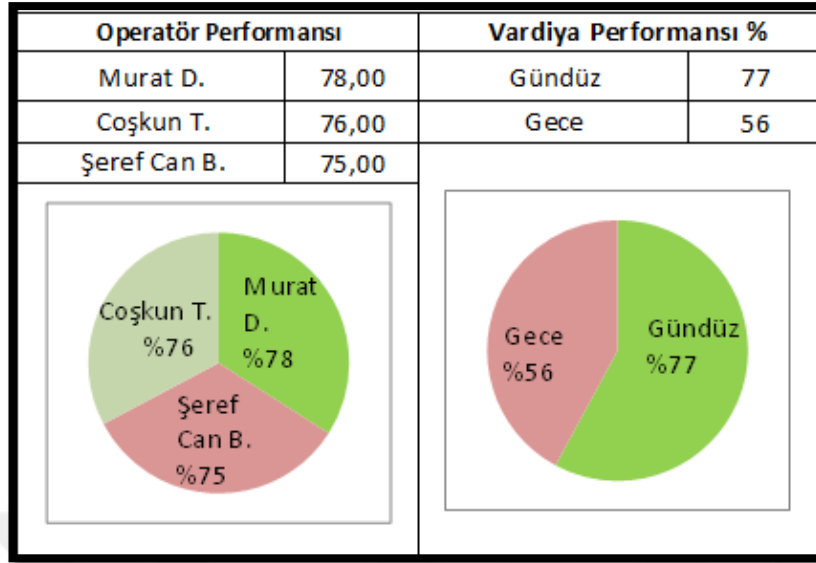
Şekil 7: Değer Oluşturan Ve Oluşturmeyan Faaliyetler



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

AÜYS ile hesaplanan diğer performans göstergeleri de haftalık olarak personele ilan panosu üzerinden sunulmuş ve tüm işletmenin gerçek verimlilik değerleri ortaya çıkarılmıştır. Ölçülmediği ve ilan edilmediği durumda işletme hangi seviyede olduğunu göremediği için iyileştirme alanlarını da ortaya çıkaramamaktadır. Ancak aşağıdaki gibi bir rapor ilan sistemi çalışanların motivasyonunu olumlu yönde etkileyerek bir iyileştirme yarışı içerisine girmelerini sağlamıştır.

Şekil 8: Operator Ve Vardiya Performansı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

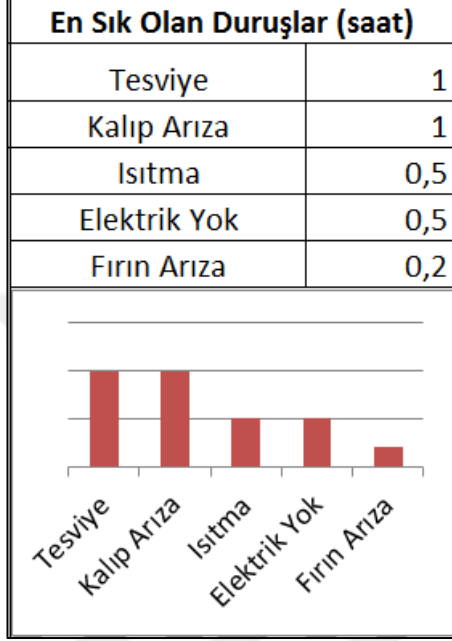
Operatörler ilgili haftanın sonunda toplam yüzde kaç performans ortalaması ile çalıştıklarını gördüklerinde işletmeye olan katkılarını sorgulayabilmişlerdir. Ayrıca fabrika zaman zaman haftanın birincisine ödül vererek verimliliğe teşvikte katkı sağlamıştır. Bir alanda bir iyileştirme yapılabilmesi için ölçüm şarttır. Bu tür performans göstergelerinin ölçümünü yapmak ise geleneksel sistemlerde ekstra çaba, zaman ve işgücü gerektirmektedir.

AÜYS'nin anlık veri akışı ile ölçülen bir diğer gösterge vardiya performansdır. ED Dövme adlı işletmede sabah 08.00 ile akşam 18.00 birinci vardiya iken akşam 18.00 ile gece 04.00 arası ikinci vardiyadır. Bu vardiyalar arasında yapılan işlemlerin tamamı hafta boyunca performans açısından değerlendirilmiş ve gündüz %77, gece %56 şeklinde bir performans ortalaması ortaya çıkmıştır.

İşletmenin gece vardiyasına kalıp kalmaması siparişlerin yoğunluğuna göre alınan bir karar olmakla birlikte gece vardiyasında dikkat dağınıklığı sebebiyle yaşanan verimsizlik ve kayıplar gece vardiyasına kalma kararının ne derece sağlıklı olduğu sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sorun ışığında KOBİ'ler için dijital süreçlerin bir diğer faydasının da gece vardiyasına kalıp kalmama kararını ortaya koymak olduğunu söyleyebiliriz.

Üretim sırasında yaşanan duruşların hangi sıklıkta olduğu, hangi tipteki duruşların öne çıktığını ölçen bir sistem işletmenin bakım sürecine katkı sağlayabilir. Örneğin aşağıdaki ED Dövme firmasının bir günlük duruş grafiğidir.

Şekil 9: En Sık Olan Duruşlar



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Gün içinde birer saatlik tesviye ve kalıp arıza türünde üretim duruşu gerçekleşmiş olduğu ortaya çıkmıştır. Tesviye ve kalıp arızanın yüksek çıkmasının sebebi hatalı işçiliğin, kalite problemlerinin ve kalıphane birimindeki çalışmaların gündeme alınması gerekliliğini ortaya koyar.

Bir performans göstergesi incelenirken tarih aralığı şu açıdan önemlidir; günlük problemler geçici önlemler alınarak çözülebilirken haftalık veya aylık gibi geniş tarih aralıklı öne çıkan problemler için sistem iyileştirmesi yoluna gidilmelidir. Eğer kalıp arıza problemi ay boyunca en sık yaşanan problem ise kalıp üretimi ile ilgili sistemsel köklü bir değişiklik gereği ortaya çıkar. KOBİ seviyesindeki bir işletme için bu arızaların tespitinin anlık olarak yapılması önemli bir fırsattır. Bir diğer sorun ve bu sorunun fırsata dönüştürülmesi örneği için ayar (set-up) süreleri ortaya çıkmaktadır.

Ayar süresi (literatürde set-up time olarak geçer); üretim istasyonu (tezgah) başında, üretim emrindeki operasyonuna ait ilk uygun ürün çıkana kadar geçirilen süredir. Ayar süresine şunlar dahildir:

- Bir önceki işten kalan kalıp, aparat, uç benzeri yardımcı ekipmanların sökülmesi
- İşlenecek parçaya ait hammadde, kalıp, takım, vb. materyallerin yerleştirilmesi
- İşlenecek parçanın varsa bilgisayar destekli programlarının, yardımcı dosyaların, yazılım ve benzerlerinin üretim tezgahına yüklenmesi
- Çıkan ilk parçanın kalite birimi tarafından ilk numune onay sürecinden geçirilmesi, onay alınması

Bir işletme için ayar süresi hayati önem taşımaktadır. Çünkü KOBİ seviyesindeki bir işletme için ayar süresi işletmeye çok ciddi zaman kayıpları yaşatmaktadır. Örneğin aşağıda yer alan tabloda ED Dövme adlı fabrikanın bir haftada en fazla ayar süresi bulunan beş parça görünmektedir.

Şekil 10: Ayar Performans Göstergesi Örneği

AYAR PERFORMANSIMIZ	
Parça	Ayar Süre
1309	01 saat, 01 dakika
1134	01 saat, 00 dakika
1169	00 saat, 54 dakika
1308	00 saat, 42 dakika
1212	00 saat, 32 dakika
HEDEF AYAR SÜREMİZ	
45 Dakika	
HAFTA ORTALAMAMIZ	
40 Dakika	

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Gerçek verileri yansıtan bu tabloya göre 1309 numaralı parça üretime girene kadar 1 saat 1 dakika vakit kaybettirmiştir. İşletmenin bir hedef ayar süresi koyabilmesi ve bunu izleyebilmesi için muhakkak süre ölçümleri yapıyor olması gerekir. Ölçüm yapmadığı durumda ayar süresi ile çalışma süresi birbiri ile karışır ve üretim süresi olduğundan daha yüksek görülebilir.

AÜYS, operatöre ayar süresi girmeyi zorunlu tutar ve ayar süresi ölçümlerinin veri havuzunda toplanmasını sağlar. Hafta ortalamalarını hesaplayarak yeni hedefler koyulmasına olanak sağlar. AÜYS öncesi geleneksel yöntemler ile yeni hedefler koymak için yapılan ölçümler kağıt üzerinden yürütülmekteydi.

Üretimdeki sorunların anbean tespit edilmesi ve çözülmesi için operatör ile idari personel arasında canlı bir etkileşim olmalıdır. Geleneksel yöntemde bu etkileşim sadece yüz yüze yapılıyordu. Ancak tablet sistemi ile gerçek zamanlı uyarılar göndermek mümkün hale gelmiştir. Birimler arası entegrasyonla birlikte birimler arası etkileşim ve haberleşmenin de önemi ortaya çıkmıştır. Örneğin Ahmet

adlı operatör ile Mehmet adlı üretim şefi birbirlerine tablet üzerinden üretimle ilgili bilgiler, mesajlar ve uyarılar gönderebilmektedir.

Parçanın üretimi sırasında sisteme yazılan açıklama ve notlar kalıcıdır. Aynı üretimden ileriki bir zamanda tekrar sipariş geldiğinde operatör ve idari personel bu açıklamaları okuyarak yaşadığı sorunların tekrar yaşanmasını önleyebilir. Operatör tarafından yazılan açıklamalar, ana sistemde (masaüstü yönetici ara yüzü tarafında) değerlendirmeye alınmaktadır. Hangi açıklama için hangi aksiyonun alındığı bilgisini kaydetmek istenmektedir. Dolayısıyla değerlendirilmeye alınmayan açıklamalar rahatlıkla sistem tarafından gösterilmektedir. Bu süreçte amaç hataların kayıt altına alınmasını sağlamak ve tekrar yaşanmamasını önlemektir.

KOBİ seviyesindeki bir işletmenin önemli bir sorunu hafta boyunca çok sayıda işle meşgul olduğundan işlere ait hata ve uyarıların doğru bir şekilde kayıt edilememesi ve sonrasında değerlendirilememesidir. Örneğin X kod adlı bir ürünün üretimi aşamasında sürekli talaşlı imalat takım ucu kırılmaktadır ve bu işletmeye ciddi bir stok ve maliyet sorunu olarak dönmektedir.

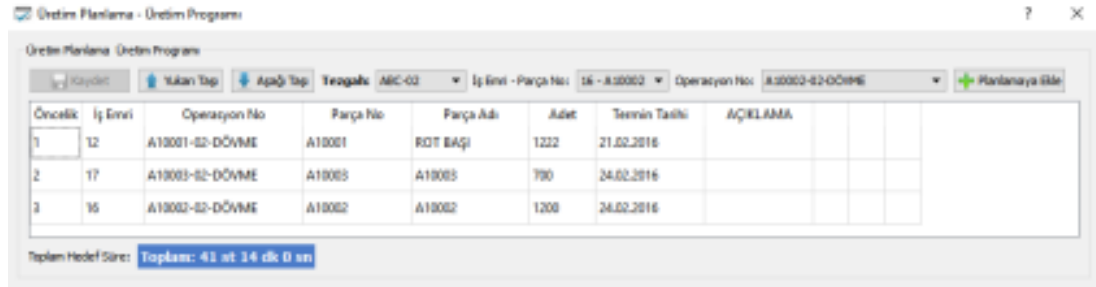
AÜYS kurulmadan önce X kodlu ürün 10 defa işleme alınmış ve hepsinde aynı takım ucu kırılmış ve değiştirilmiş olabilir. Ancak bu işlemler kayıt altına alınmadığından dolayı atlanmış ve unutulmuş, hata devamlı tekrar etmiştir. AÜYS ile bu hata bir defa yazıldığında, eğer çözüme ulaşmamışsa aynı iş emrini sistem açmaya müsaade etmemektedir. Bu da yöneticileri çözüm getirmeye teşvik etmektedir.

Geleneksel üretim süreçlerine göre üretim istasyonu (tezgah veya makina) başında operatörün teknik resimle bulunması gerekmektedir. Ancak teknik resim kağıdının güncel tasarım revizyonuna sahip olması, okunabilir olması, yırtılmaması, kirlenmemesi gerekmektedir. KOBİ seviyesindeki işletmeler her ne kadar bu temiz ortamı sağlamaya çalışsalar da üretimin rutinleri gereği kağıtların kirlenme, okunamama, kaybolma ve eski revizyonlarla karışma gibi durumları ortaya çıkmaktadır. AÜYS tablet ekranına teknik resimlerin açıldığı bir ara yüz getirilmiştir. Yönetici ekibin teknik resmin son revizyon tasarım dosyasını Akıllı Üretim’de ilgili parçaya iliştiirmesi halinde operatör bulunduğu yerden hızlı bir şekilde dosyayı görüntüleyebilmektedir.

Bazı işletmeler Akıllı Üretim kurulmadan önce tüm mevcut teknik resim dosyalarının bulunduğu bir klasörü üretim alanında operatörlere teslim etmekteydi. Operatörler yüzlerce sayfa arasından doğru olan parça resmini bulmak için ciddi bir süre harcamaktaydı. AÜYS’de operatör o an hangi parça için işlem yapıyorsa, sadece o parçaya ait teknik resim dosyası seçilebildiğinden herhangi bir dosya arama işlemi yapılmamaktadır ve eskiye göre önemli bir zaman kazancı ortaya çıkmaktadır.

KOBİ seviyesindeki işletmeler üretim planlama için genellikle Excel benzeri yazılımlar üzerinden bir tablo hazırlar. İşleri sıraya koyarlar ve bu sayede tabloyu gören operatör veya şefler üretim istasyonlarında sırayla hangi parçanın işleneceğini bilirler. Ancak bu yöntem ile Excel’de tanımlama işlemleri sırasında parça numaralarının hatalı veya eksik yazılması, öncelikli parçaları yukarı-aşağı taşımada görsel bozulmalar, operatörün tezgah başında sırada olan parça yerine farklı sıradaki bir parçaya başlaması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunları yazılımsal yöntemlerle önlemek mümkündür. Bu açıdan; AÜYS’ye bir Üretim Planlama modülü eklenmiştir. İşler bu modül altında parça numarası, tezgah veya birim bazlı sıraya sokulmakta ve öncelikler belirlenmektedir.

Şekil 11: Üretim Çizelge Hazırlama Ara Yüzü



Öncelik	İş Emti	Operasyon No	Parça No	Parça Adı	Adet	Teslim Tarihi	AÇIKLAMA
1	12	A19001-S2-DÖNME	A19001	ROT BAĞI	1232	21.02.2016	
2	17	A19003-S2-DÖNME	A19003	A19003	790	24.02.2016	
3	16	A19002-S2-DÖNME	A19002	A19002	1200	24.02.2016	

Toplam Hedef Sıra: Toplam: 43. wt. 3.4 cık D. an

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu modülde üretim parçaları sıraya konulurken tanımlamalar veri tabanı sisteminden çekileceği için herhangi bir parça kodu hatası gerçekleşmemektedir. “Yukarı Taşı” ve “Aşağı Taşı” gibi butonların yardımıyla herhangi bir görsel bozulma olmadan parçaların öncelik sırası belirlenmektedir. En önemli nokta ise tezgah başındaki operatörün tabletten sadece sıradaki parçaya göre işlem yapma zorunluluğudur. Operatör sadece üretim planlama çizelgesindeki parçaları işleyebilmektedir. Ayrıca sistem, planlamayı oluşturan yöneticiye planlamadaki

parçaların toplam gerçekleşme süresini tahminen göstermektedir. Yukarıdaki örnekte toplam 41 saat 14 dakikalık bir üretim planı oluşturulduğu ortaya çıkmıştır. Günlük maksimum çalışma süresi baz alınarak bu üretim planının kaç gün süreceği hesaplanabilir ve müşteriye bu yönde bilgilendirme yapılabilir. Bu çizelgeyi operatör, tablet ara yüzünden de görüntüleyebilmektedir. Dolayısıyla ortada ve elde dolaşan bir kağıda gerek kalmamaktadır.

Şekil 12: Üretim Çizelge Operatör Ara Yüzü

Tezgah	Öncelik	İş Emri	Parça No	Operasyon No	Açıklama
ABC-02	1	12	A10001	A10001-02-DÖVME	
ABC-02	2	17	A10003	A10003-02-DÖVME	
ABC-02	3	16	A10002	A10002-02-DÖVME	

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Akıllı Üretim öncesi bir parça işlendikten sonra, o parçaya ait üretim kayıtlarını kağıt üzerinde bile olsa saklayan işletmeler, geriye dönük izlenebilirlikte sıkıntılar yaşamaktaydı. Örneğin bir müşteri, daha önce verdiği sipariştan bir kez daha verdiğinde işletme bu parçanın geriye dönük kayıtlarına hızlı bir şekilde ulaşamadığından ve kayıtlar bir sistem üzerinden değerlendirilmediğinden tahmini cevaplar vererek siparişi hemen kabul etmekteydi. Parçanın işletmeye zarar ettirdiği, hatalı parçaların ne derece çıktığını, performansın hangi seviyede olduğunu görmeden karar vermekteydi. Ancak AÜYS ile bir parçaya iş emri açıldığında sistem geçmişe yönelik olarak kendi kendine izlenebilirlik sağlamak ve yöneticiye parçanın geçmişine ait her türlü bilgisini göstermektedir.

Bunlardan biri parçanın işlem performansdır.

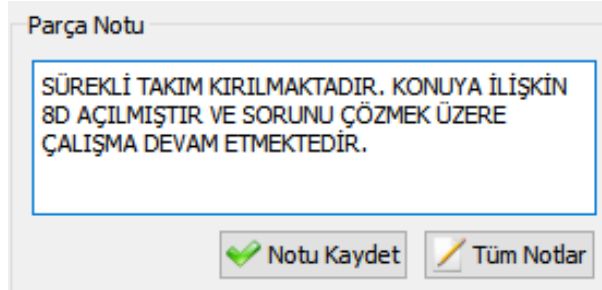
Tablo 2: İş Emri Performans Takip Raporu

İş Emri	Adet	Hedef Süre	Gerçekleşen Süre	Performans
214	1500	17 saat 40 dk.	17 saat	%103.92
199	1500	17 saat 40 dk.	19 saat	%92.98

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

İzlenebilirlik süreci için herhangi bir çalışma yapmaya gerek kalmaksızın, sistem önceki üretim verilerini kullanıcıya gösterdiğinden karar verme süreci hızlanmaktadır

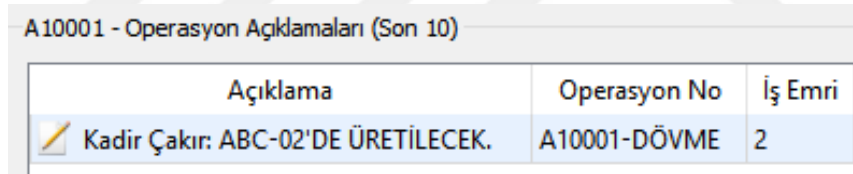
Şekil 13: Parça Notu Kaydetme Ara Yüzü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yine aynı ekran üzerinden yazılan parça notları ile yöneticiler ilgili parçaya iş emri açılırken uyarılmaktadır. AÜYS ile açıklama ve notlar sadece yöneticiler tarafından değil, operatörler tarafından da yazıldığından fabrikanın tüm birimleri ve tüm bireyleri izlenebilirlik sürecine katkı sağlamaktadır.

Şekil 14: Operasyon Açıklamaları Örneği



Açıklama	Operasyon No	İş Emri
Kadir Çakır: ABC-02'DE ÜRETİLECEK.	A10001-DÖVME	2

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bir açıklama bilgisayar başından da, tezgah başından da ilgili parçaya iliştilirilebilir. Geleneksel sistemde bu tür bildirimler farklı birimlerden toplanır ve ortak bir havuzda ekstra işgücü ile kaydedilirdi. Dijital süreçte böyle ekstra bir işgücüne gerek kalmamıştır. Bir diğer uyarı da hatalı üretimler sırasında operatörün girdiği kayıtlardır. Kaç adet ve hangi fire türüne ait olduğu girildiği için yoğunlaşmanın hangi alanda olduğu hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Bir üründen sipariş geldiğinde, işletmenin o ürünün tamamlanması için gereken malzeme miktarını bilmesi gerekmektedir. AÜYS ile stok hareketleri kayıt edilmektedir ve bir iş emri açılırken malzeme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Dolayısıyla malzemenin mamule dönüşme sürecinde ne kadarlık mamul için ne kadarlık malzeme gerektiği hesabı hızlı bir şekilde yöneticiye gösterilmektedir.

Şekil 15: Malzeme İhtiyaç Raporu

Malzeme İhtiyaç (A10001 için)

Malzeme İhtiyaç	Stok Miktarı
37.40 Kg abc	44.00 Kg

☐ Stoktan Düşün

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu örnekte görüldüğü gibi, sipariş miktarı kadar A10001 üretmek için gerekli malzeme ihtiyacı 37.40 Kg'dır. Stokta 44.00 Kg olduğu bilgisi ile birlikte bu iş emrinin sorunsuz üretilebileceği ortaya çıkmaktadır. Yöneticiler için karar verme süreci bu hesaplamalarla hızlanmaktadır. Bu işlemten sonra “Stoktan Düşün” seçeneği işaretlenirse stok miktarı otomatik olarak $44.00 - 37.40 = 6.6$ Kg olarak güncellenmektedir. Dolayısıyla stok yönetim sistemine giriş ve çıkış işlemleri de otomatik olarak sağlanmaktadır. Gerekli malzeme stok adedin görüldüğü gibi, stokta mevcut mamul adedi de tek ekrandan görünmektedir.

Örn: Mamül Stok Durumu: A10001 Stok Aded: 100.00

Eğer bir sipariş 250 adet geldiyse, stok adedinin 100 olduğu görülür, iş emri adedi 150 olarak açılabilir. Geleneksel süreçte hangi mamul veya hangi malzemeden stokta kaç adet mevcut bulunduğu bilgisine ulaşmak zaman almaktadır. Akıllı Üretim’de bu problemin çözümü için anlık bilgi veren ara yüzler geliştirme yoluna gidildi.

İş emri açma ekranında yöneticiye bilgi veren tablolar dışında bir de uyarı sistemi düşünülmüştür. Mantıklı sebep sonuç ilişkileri kurabilen bu sistemler yöneticiye iş emri açmadan önce aşağıdaki gibi uyarılar vermektedir.

- Bu ürün ile ilgili daha önce ciddi bir sorun yaşanmıştır. Bu sorunu düzeltmeden yeni iş emri açamazsınız.
- Bu müşteri ile yapılan anlaşma gereği bir iş emri 250’den daha az miktarda olamaz. Lütfen müşteri ile görüşün.

- Bu parça için yazılmış ve sizin değerlendirmeye almadığınız bir not bulunmaktadır. Önemli olabilir. Lütfen önce değerlendirmeye alın ve iş emri açmayı tekrar deneyin.

Bu uyarılar yöneticiye iş emri açmadan önce yapması gereken adımları göstermekte ve tavsiye etmektedir. AÜYS'den önce benzer sorunlar olduğu halde iş emirleri açılmıştır ve benzer hatalar defalarca tekrar etmiştir. Ancak Akıllı Üretim sistemi ile KLP Makina otomatik uyarılarla hatalı üretimlerin tekrarını önlemiştir. Sistem hataları düzeltmeyi mecbur tuttuğu için yeni siparişlerin kontrolsüz bir şekilde tezgah başına gönderilmesi önlenmiş, üretim hatalarında azalma meydana gelmiştir.

KOBİ seviyesindeki işletmelerde bir müşteri siparişi için satın alınan hammadde/malzeme ile siparişteki ürünün ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Eğer bu yapılmazsa hammadde alanında hangi malzemenin hangi ürün için kullanılması gerektiği bilgisine ulaşılamamaktadır ve karışıklık yaratmaktadır. Geleneksel yöntem ile bu işlem kağıt veya hammadde üzerine iliştilen kartlar ile yapılmaktaydı. Ancak herhangi elektronik bir sisteme tanıtılmadığı için izlenebilirlikte sıkıntılar yaşanmaktaydı.

Müşteri, tamamlanan bir siparişe ilgili bir soru sorduğunda veya bir problem olduğunu belirttiğinde işletme hammaddeye kadar geriye dönük bir izlenebilirlik sağlamalıdır. Bu açıdan; AÜYS ile işletmeye giren hammadde veya malzemelerin kaydı tablet veya masaüstü bilgisayar üzerinden yapılmaktadır. Kare kod ile stok kartı çıkarılmaktadır. Üretim sahasında görülen herhangi bir hammadde, karttaki kare kodu tabletin kamerasından okutmak suretiyle detaylı bir şekilde incelenebilir.

- Hammadde ne zaman geldi
- Hangi tedarikçiden geldi
- Hammadde türü, cinsi ve kodu kaç
- Hangi lot numaraya sahip
- Stokta bulunması gereken yer nedir
- Ağırlık, boy, hacim, uzunluk, vb. kaçtır

Yukarıdaki soruların cevabına hammadde sahasından tablet ile hızlıca ulaşmak ve sonrasında bu lot numarasını herhangi bir iş emri (sipariş) ile ilişkilendirmek izlenebilirliğe katkı sağlamıştır. Bir başka açıdan; operatörler de tezgah başında ürettikleri ürün için hangi hammadde veya hangi malzemeyi kullanacağını lot ve iş emri eşleştirme süreciyle birlikte ekranlarından görmektedir. Geleneksel yöntemde verilen bir işte hangi malzemenin kullanılacağı ve nerede olduğu önemli bir sorundur. Ancak Akıllı Üretim’de sahadaki her unsur ve birim, entegrasyon ve eşleştirme ile izlenebilirlikte bütünlük sağlamaktadır.

Satın alınan hammadde tedarikçiden kalite raporu, sertifika, fatura, vb. kağıtlarla birlikte gelmektedir. İşletme bu kağıtları Akıllı Üretim’de ilgili hammadde lot numarasına iliştirebilir. Bu yöntem ile hammadde raporlarına ulaşmak geleneksel yöntemle göre daha hızlı olmaktadır. İşletme hammaddenin siparişinden hammaddeyle birlikte gelen kalite raporlarına kadar geriye dönük bir izlenebilirlik sağlamalıdır. Bu anlamda ED Dövme, KLP Makina gibi işletmeler AÜYS ile hammadde takibi sorunlarını ortadan kaldırmıştır.

Gelen hammadde için belirtilen birtakım öznitelikler matematiksel işlemlere tabi tutularak üretim sahasında operatörler tarafından kullanılabilir. Örneğin borunun çap ve ağırlık değerinden kaç cm uzunluğunda kesilmesi gerektiği değerine ulaşılabilir. Bu gibi işlemler AÜYS tarafından otomatik hesaplanır, operatör bu bilgilere tablet üzerinden ulaşır ve talimat olarak işlemi başlatır. Mühendislik hesaplamalarında formül otomasyonu geçerlidir ve üretim adet hesaplama süreçleri hızlanmıştır.

KOBİ’lerin ISO 9001, TS/ISO 16949 gibi kalite standartlarına uyum sağlaması için yerine getirmesi gereken çok sayıda zorunluluğu bulunmaktadır. Bu tür belgelerin işletme tarafından temin edilebiliyor olması da çoğunlukla bir müşteri talebidir. Büyük müşteriler, bu belgelere sahip olan işletmelerle çalışmaya öncelik vermektedir. Ancak bu standartların içeriği gereği kalite sürecinin etkili çalışması istenmektedir. AÜYS’de yer alan süreçlerin kalite standartları ile entegre bir şekilde çalışması gerekmektedir.

Kalite standartlarında yer alan gereklilikler Akıllı Üretim sistemi ile karşılanabilir. Bunun için standartta yer alan maddelerin sistem karşılığı, denetimler sırasında kabul edilir olmuştur. Örnek vermek gerekirse; bir operatör üretim sırasında

makinadan çıkan parçaları önceden tanımlanmış bir kontrol planını baz alarak düzenli periyodlarla ölçmektedir. Bu müşterinin veya standartların talebi olabildiği gibi, işletmenin kendi iç kontrol mekanizması da olabilir. 16949 kalite standardında bir kontrol planında bulunması gereken asgari bilgiler tanımlanmıştır. Bunlar şu şekilde sıralanır:

- Parça No/Operasyon/Proses
- Müşteri
- Kontrol Planı Evre
- Mühendislik Değişim Düzeyi
- Revizyon
- Proses Adı veya Tanımı
- Makine, Ekipman, Takım Adı
- Ürün/Proses Karakteristiği
- Spesifikasyon
- Ölçüm Toleransı
- Özel Karakteristik Sınıfı
- Değerlendirme ve Ölçme Tekniği
- Numune Büyüklüğü ve Frekansı
- Kontrol Metodu
- Reaksiyon Planı/Düzeltilici Faaliyet
- Hatasızlaştırma

Geleneksel yöntemde kontrol planları Excel benzeri yazılımlarda kaydedilerek kağıt çıktı şeklinde operatöre verilir, yine kağıt rapor şeklinde ölçümlerin yapılması ve yazılması istenir. İşletmelerde kontrol planını her zaman aynı kalıba ve konsepte göre hazırlamak ciddi işgücü ve zaman gerektirdiği için kontrol planını benzer kayıtlara göre otomatik tamamlayan, sistematik ve mantıklı sebep sonuç ilişkileri kuran bilgilerle yöneticiye otomatik doldurtan, diğer iş süreçleriyle ilişki kurabilen, operatör kontrolüne hızlı bir şekilde sunan sistemlere ihtiyaç vardır. AÜYS bu ihtiyacı karşılamak adına operatör ve yönetici tabanlı olmak üzere çift taraflı bir kontrol planı sistemine sahiptir.

Yöneticinin hazırladığı kontrol planı operatörün karşısına otomatik olarak çıkmaktadır. Yapılan kayıtların saat ve tarihi sistem tarafından kaydedildiği için numune frekansının kontrolü gerçekçi olacaktır. Örneğin 20 dakikada 1 yapılması gereken ölçümler gerçekten 20 dakikada 1 yapıldı mı sorusu sistem ile yapılan ölçümlerde kolaylıkla alınmaktadır ve yöneticiler kontrolü sağlamaktadır. Bu ölçümler tableten yapılabileceği gibi idari personel tarafından masa üstü bilgisayardan da yapılacağından kontrol planı oluşturmada çok yönlü bir mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizma, otomatik olarak renkli uyarılar vererek yöneticiye rapor okumada kolaylık sağlar ve zaman kazandırır.

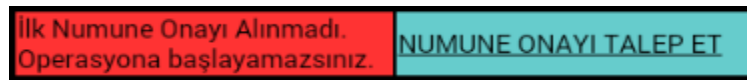
Şekil 16: Kalite Kontrol Tablosu

Kalite Kontrol Tablosu				
Sıra	Karakteristik	Spesifikasyon-Tolerans	1. Ölçüm	2. Ölçüm
1	Yükseklik	15 ± 0,4	15.1	15.6
2	İç Çap	6 ± 0,5	6.5	6.4

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Seri üretim yapan işletmelerde bu üretimin başlangıcı için bir onay süreci bulunur. Bu sürece “ilk numune onayı” adı verilir. Geleneksel yöntemde ilk numune onay süreci üretilen ilk parçanın kalite birimine gönderilmesi, götürülmesi ve ölçüm yaptırılması ile başlar. Kalite personeli yaptığı ölçümler sonunda parçaya onay verir ve seri üretim operatör tarafından başlatılır. Ancak bu yöntemin çeşitli sorunları vardır. Parça, kalite birimine ulaştırılırken veya kalite birimi ölçüm yapmak için parçanın başına gelirken zaman kaybetmektedir. Elektronik kontrolden geçmediği için üretimin başlangıcı süreci hataya ve suistimale açıktır. AÜYS’de tablet ve bilgisayar arası etkileşim ile ilk numune onay süreci gerçekleştirilmektedir. Operatör ilk çıkan parçayı/parçaları ilk numune onay sürecinden geçirmezse üretimi başlatamamaktadır. Tablet ekranından bir butona tıklayarak kalite birimi ekranına uyarı göndererek numune ölçümü talebinde bulunur.

Şekil 17: Numune Onay Talep Ekranı



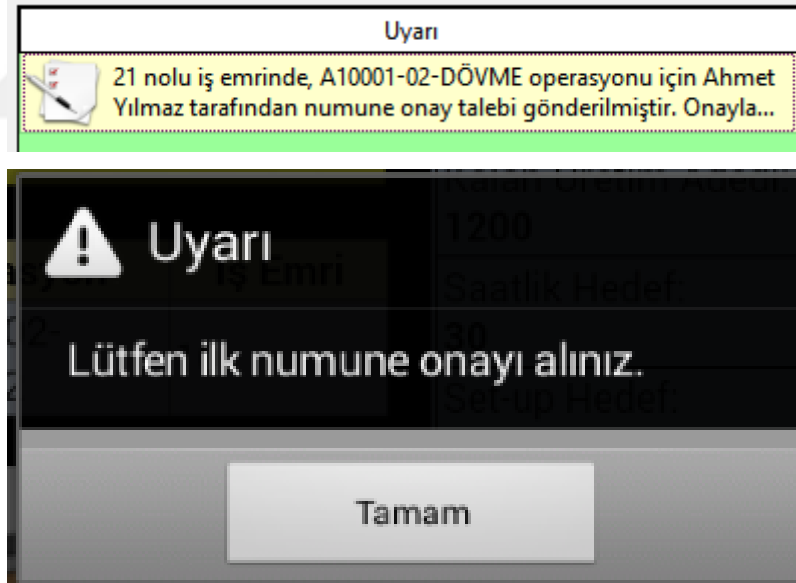


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu noktada kalite personeli, uyarıyı bilgisayar ekranında anlık almaktadır ve hangi üretim istasyonundan hangi operatörün talepte bulunduğu bilgisine ulaşmaktadır. Numune onay sürecinde operatörün yer değiştirmesine gerek kalmamaktadır.

İlk numune onay sürecini operatör kendi inisiyatifi ile geçememektedir. Yetkilendirme ve kişiselleştirme ile işletme bu süreçleri kendi yapısına göre uyarlayabilir veya tamamen ortadan kaldırabilir. Çünkü seri imalat mantığı ile çalışmayan işletmelerde ilk numune onay süreci genellikle kullanılmaz. Bu gibi durumlarda yazılımın işletmeler arası esneklik boyutu önem kazanmaktadır.

Şekil 18: Numune Onay Alma Uyarı Ekranı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Yazılımın bir özelliği A işletmesinde açıkken B işletmesinde kapalı olabilir. Bu durumun sebebi çoğunlukla A işletmesi ile B işletmesinin farklı süreç yapılarına sahip olmasıdır. İşletmelere sunulan bir sistem bu esnek yapıya sahip olmazsa işletme sisteme ayak uydurmak zorunda kalır. Yazılım 2015 yılından itibaren kurulan

her işletmede esneklik kazandı ve kişiselleştirme seçenekleri her fabrikada farklı yapıda yer aldı.

İşletmelerde bir ürün üretilmeye başlanmadan önce bir yapılabilirlik (fizibilite) çalışması yapılması gerekir. Ürün gerçekten işletme tarafından seri üretime alınmalı mıdır, alınmamalı mıdır sorusuna cevap vermek adına yapılan bu fizibilite işlemi hem standartlar, hem de müşteriler tarafından tercih edilmektedir. Bu süreci kağıt üstünden dijital ortama aktarmak için Akıllı Üretim’de bir modül oluşturuldu. Ürün devreye alınmadan önce işletmenin mühendislik, kalite, üretim ve benzeri birimleri tarafından gerçekleştirilen bir süreçtir.

Fizibilitede, belirtilen konulara karşılık verme yeteneğine göre işletmenin ilgili ürünü üretip üretemeyeceği kararı alınır. Ürün devreye alınmadan önce işletmenin mühendislik, kalite, üretim ve benzeri birimleri tarafından gerçekleştirilen bir süreçtir. Fizibilitede, belirtilen konulara karşılık verme yeteneğine göre işletmenin ilgili ürünü üretip üretemeyeceği kararı alınır.

Akıllı Üretim’in bir ürün devreye alınmadan önce işletmeye sorduğu sorular fizibilite sürecini başlatır. Sorular şöyledir:

- 1- Ürünün özellikleri net bir şekilde tanımlanmış mı? Yapılabilirlik çalışması için yeterli mi?
- 2- Mühendislik performans değerleri-gereksinimleri belirtildiği şekilde sağlanabilir mi?
- 3- Ürün, teknik resimde belirtilen toleranslar dahilinde üretilebilir mi?
- 4- Ürün, belirtilen Cpk değeri ile üretilebilir mi?
- 5- Ürünü üretebilmek için yeterli kapasite mevcut mu?
- 6- Malzeme ve mamülün taşınması-yüklenmesi uygun mu?
- 7- Ürün, ekipman yatırımına ihtiyaç duyulmadan üretilebilir mi?

- 8- Ürün, takım yatırımına ihtiyaç duyulmadan üretilebilir mi?
- 9- Ürün, alternatif imalat metoduna ihtiyaç duyulmadan üretilebilir mi?
- 10- Ürün için istatistiksel kontrol gerekli mi?
- 11- Benzer ürünlerde SPC (istatistiksel kontrol uygulandı) mı?
- 12- SPC yapılan benzer ürünlerde proses kararlı ve kontrol altında mı?
- 13- SPC yapılan benzer ürünlerde Cpk, 1.33'ten büyük mü?
- 14- Proje için hedeflenen sürelere uyulabilir mi?
- 15- Dokümantasyon (iş akışı, kontrol planı, FMEA, talimatlar, vb) yeterli ve prosesleri tam karşılıyor mu?

Bu sorular işletmenin yapısına göre yeniden oluşturulabilir, sayıları artırılabilir veya içeriği sahip olunan süreçlere göre değiştirilebilir. Ancak standartların tavsiye ettiği fizibilite süreci için yeterlidir.

AÜYS'de sistem nihai bir karar verecektir. Sistem üç farklı karar verebilir. Bu kararlar şöyledir;

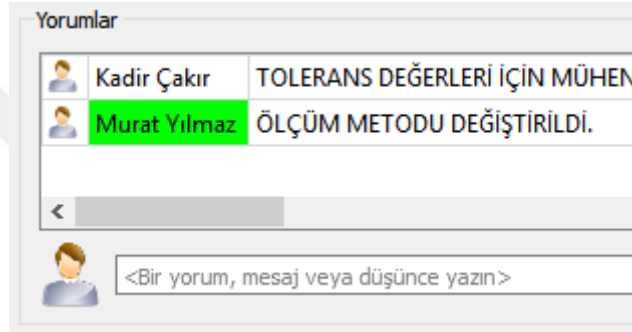
1- Yapılabilir. Ürün, şartnameler değiştirilmeksizin üretilebilir: Belirlenen konulara verilen cevaplar doğrultusunda işletme kaynakların bu ürünü üretebilecek yeterlilik ve kapasitededir.

2- Yapılabilir Ancak Değişiklikler Önerildi. Belirlenen konular arasında işletmenin üretimi yeterli ölçüde karşılayamayacağı durumlar tespit edilmiştir ancak bu durumlar işletmenin yakın bir zamanda düzeltebileceği seviyededir. İlgili konular işaretlenmiş ve açıklamaları yapılmış olsa da, yan tarafta yer alan Açıklama ve Notlar alanının doldurulması tavsiye edilir. Konular görüşüldükten sonra fizibilite raporu tekrar güncellenmelidir.

3- Yapılamaz. İsteklere göre üretilmesi için tasarım değişikliği gereklidir: Ürünün işletmede üretilmesi, belirlenmiş kriterlere göre mümkün değildir. Müşteri ile görüşülmeli ve ürünün tasarımı, üretim yöntemi veya kaynaklarda yapısal değişikliklere gidilmelidir.

Yapılabilirlik çalışması dinamik bir süreçtir. Sistemde panelin alt tarafında yorumlar bölümü yer almaktadır. Mühendislik, tasarım, üretim, kalite, satın alma gibi birimler bu alana ürünün fizibilitesi hakkında mesaj yazabilir, dolayısıyla alınan kararlar tüm birimler arasında entegre bir şekilde görülebilir. Örnek bir mesajlaşma tablosu şöyledir:

Şekil 19: Birimler Arası Mesajlaşma Ara Yüzü

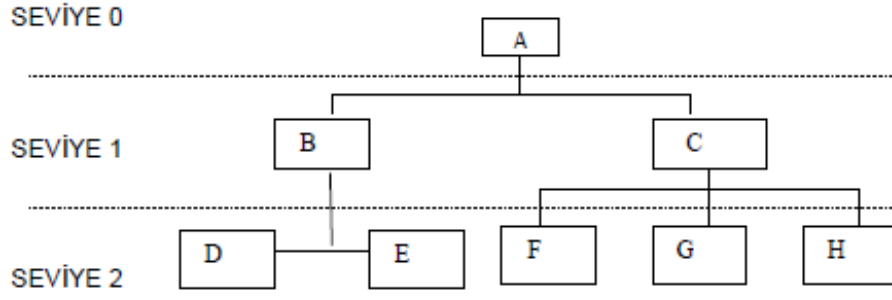


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Üretimde montajlı parçaların üretiminde, seviyelendirme mantığı ile çalışan bir ürün ağacı gerekmektedir. Örneğin A parçasının üretimi için B ve C parçalarının üretilmesi gerekiyorsa akıllı bir sistemin bu bilgiyi tutması ve işlemesi gerekmektedir. Geleneksel yapıdaki şirketler bu bilgiyi tutsalar bile, malzeme ihtiyaçlarının belirlenmesi ve stok bilgilerinin otomatik alınması için seviyeler arası ciddi kontroller yapmak zorunda kalmaktadır. Bu karmaşayı önlemek adına AÜYS, ürün seviyelendirme modülü ile ürün ağacını oluşturmaktadır.

Aşağıdaki gibi bir ürün seviye ağacı olduğunu varsayalım.

Şekil 20: Parça Seviyelendirme Ürün Ağacı



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Tablo 3: Parça Seviyelendirme

Bileşen Parça No	Seviyesi	Üst Bileşeni
A	0	
B	1	A
C	1	A
D	2	B
E	2	B
F	2	C
G	2	C
H	2	C

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Sistem, iş emri açıldığında alt bileşen ihtiyaçlarıyla birlikte yöneticiyi yönlendirmektedir ve bu geleneksel sistemdeki zaman kaybını önlemektedir. Yönetici bir parçayı üretmek için hangi parçalara gerek olduğu bilgisine hızlı bir şekilde ulaşarak verimliliği artırmaktadır, zaman kazanmaktadır.

Bir parçanın üretim alanındaki durumunu hızlı bir şekilde öğrenmek için kare kod yöntemi henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Üretim sahasında karşılaşılan bir ürün, malzeme veya hammaddenin durumunu yöneticiye bildirmek için kare kod sistemi tasarlanmıştır. Buradaki problem sadece tanıtım kartı üzerinde yazan kod ve birkaç bilginin ürün hakkında her şeyi belirtmiyor oluşudur. Ancak kare kod ile okutulan bir ürün hakkında AÜYS tüm izlenebilirlik kayıtlarını tuttuğu için çok sayıda bilgi sunabilir. Bu bilgiler şunlar olabilir:

- Ürünün hangi rafta durması gerektiği
- Hangi tedarikçiden geldiği

- Hangi müşteri için ayrıldığı
- Kaç adet kaldığı
- Hammadde cinsi, türü, özelliği
- Sorumlu kişi
- Geldiği birim
- Gönderileceği birim
- Son yapılan işlem
- Sırada bekleyen işlem

Benzer tüm verileri aşağıdaki gibi bir kare kod ile tabletin kamerasından görüntülemek mümkündür.

Şekil 21: Parça Numarası İçin Kare Kod Örneği

A10001



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu işlem, Ege Bölgesi civarındaki büyük ve orta ölçekli fabrikalarda çoğunlukla el terminali üzerinden okutularak yapılmaktaydı. Ancak ekran yetersizliğinden dolayı alınan bilgi oldukça kısıtlıydı. Ayrıca el terminallerinin maliyeti akıllı tabletlere göre bir hayli yüksek kaldığı için maliyet açısından ciddi bir problem teşkil etmekteydi. Bir el terminalinin ortalama maliyeti 1000 dolar ve üzerindeyken bir tabletin ortalama maliyeti 100 dolar civarındadır. Ayrıca tabletlerin esnek programlama ve açık kaynak yapısı ile geliştirilebilir olması eski sisteme göre önemli bir avantaj kazandırmaktadır. Tablet kamerası ile okunan kare kod, yöneticilere sahada yer alan ürünler hakkında önemli, hızlı ve pratik bilgiler vermeye başlamıştır. Sonuç olarak zaman, esneklik ve maliyet avantajı ile tablet üzerinden kare kod okumak Akıllı Üretim'in önemli bir unsuru haline gelmiştir.

Kare kod ile yapılan işlemlerden bir diğeri de stok hareketleridir. Okutulan malzeme, ürün veya hammaddenin stok sistemindeki giriş ve çıkış işlemleri tabletin

kamerası ile hızlı ve pratik bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Eski tip barkod okuyucularda olması gereken klavye eşleşmesi, bilgisayar ihtiyacı gibi teknik zorunluluklar ortadan kalkmıştır.

Bir işletmede gün içinde gerçekleşen işlemlerin idari ekip tarafından takibi, geleneksel yöntemlerde sezgisel olarak yapılmaktadır. Örneğin AÜYS'nin kurulduğu işletmeler sistemden önce hangi personelin hangi işi yapmakta veya yapmış olduğunu sözlü ve gözlem yoluyla öğrenmekteydi. Bir patron veya yönetici için altında çalışan insanların nelerle meşgul olduğunu öğrenmek güçtü.

Bu sorunu ortadan kaldırmak adına Akıllı Üretim için fabrika içi bildirim sistemi geliştirilmiştir. Yapılan tüm hareketler bildirim sistemine mesaj olarak düşmekte ve tüm kullanıcıların yaptığı işlemler sistem üzerinden izlenebilmektedir. Bu sayede işletmenin personeli takip yeteneği de büyük ölçüde artmıştır.

Şekil 22: Bildirimler Mobil Ara Yüzü

	Naci Özcan, A10001-02-DÖVME nolu operasyona acıklama yazdı: pimlerde problem var. İş Emri: 85	14:49:52 07.01.2017
	Naci Özcan, ABC-01 nolu tezgahta A10001-02-DÖVME nolu operasyona başladı. İş Emri: 85	14:47:50 07.01.2017
	Kadir Çakır yeni bir iş emri açtı. Parça No: A10001 - Adet: 150 - İş Emri No: 85	14:47:10 07.01.2017
	Kadir Çakır 84 nolu iş emrini sildi. Parça no A10001, adet ise 1 İdl.	14:45:08 07.01.2017

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bu bildirimler mesajlaşma ve içerik paylaşımı da içerdiği işletmenin sosyal ağ mekanizmasını oluşturmaktadır. Cep telefonu, bilgisayar ve tablet ekranlarının kendilerine özel bildirim sayfası olduğundan cihazlar arası çok yönlü bir etkileşim söz konusudur. Bu da yöneticinin fabrika içi veya dışı fark etmeksizin her alanda takip yeteneğine sahip olacağı anlamına gelmektedir.

Şekil 23: Bildirimler Masa Üstü Ara Yüzü

Bildirimler ve Mesaj Panosu

<Bir duyuru, mesaj veya düşünce yazın> Mesajı Paylaş

8D	Kadir Çakır 1 nolu yeni bir 8D açtı. Konu: TAKIM KIRILMASI	0 Yorum	18.02.16 14:01:28
	Ahmet Yılmaz, ABC-02 nolu tezgahta x-9 nolu operasyona başladı. İş Emri: 11	0 Yorum	15.02.16 18:21:38
	Kadir Çakır yeni bir iş emri açtı. Parça No: x - Adet: 1 - İş Emri No: 11	0 Yorum	12.02.16 16:53:06
	Kadir Çakır yeni parça tanımladı. Parça No: x	0 Yorum	12.02.16 16:52:56
	Ahmet Yılmaz, A10001-DÖVME nolu operasyona açıklama yazdı: PİM KIRILDI. İş Emri: 8	0 Yorum	12.02.16 15:40:20
	Kadir Çakır bir açıklama yazdı: Hattı 16:00'da durdurun. (10		

Süz: Tümü ☐ Seçli İş Emri Listeyi Uzat

Yorumlar

	Kadir Çakır	8D'yi takımımıza email olarak gönderdim.
	Murat Keser	Takımcı bugün 16.00'da ziyarete gelecek.

Bildirimler ve Mesaj Panosu

SAAT 15.00'TE KALİTE TOPLANTISI OLACAKTIR!

Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Sosyal ağ mekanizmasını destekleyecek bir şekilde, işletme içerisinde herhangi bir hareket/bildirim için kullanıcılar yorum ve tartışma başlatabilir. Bu sistemde kalıcı olacağından ve gerekliyse yukarı sabitlenebileceğinden bir problemi herkesin görmesi ve herkese ulaşması sağlanmaktadır.

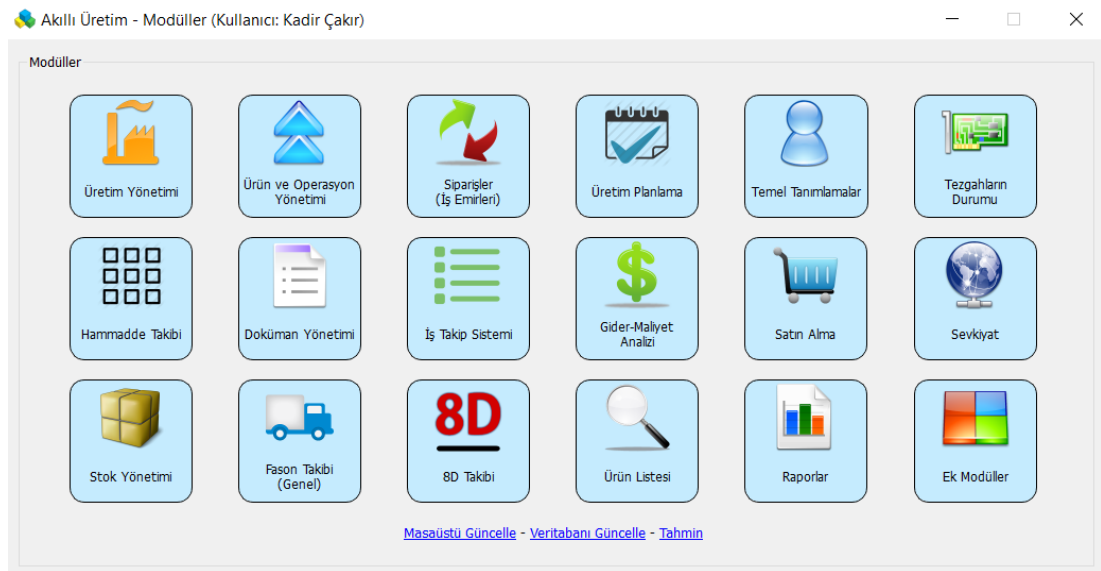
İşletmelerde sosyal ağ yapısının gerekliliği bir tartışma konusudur. Akıllı Üretim'den elde edilen tecrübeye göre bu sosyal ağın mevcut kullanılmakta olan bir sistem ile entegre çalışması verimliliği artırmaktadır. Mevcut sistem ile entegre olmayan ve kendi başına çalışan bir sosyal ağ yapısı ana işler hakkında anlık bilgi vermeyeceğinden işletme kaynaklarının izlenmesi güç hale gelecektir. Sosyal ağ

operatörün yanlış kalite kontrol ölçümünden, stok hareketi bilgilerine kadar tüm fabrikanın hareketlerini taşıyor olması gerekir.

4. YÖNTEM VE UYGULAMA

AÜYS bilgisayar, tablet ve telefon arasında çok yönlü bir iletişim yeteneğine sahiptir. Tüm tanımlama, yönetim ve raporlama işlemleri bilgisayar (masaüstü) arayüz aracılığıyla gerçekleşmektedir. Birimler arası interaktif entegrasyon fabrika içerisinde kullanıcı bazlıdır. Masaüstünden tanımlanan bilgiye operatörler tablet üzerinden ulaşır ve fabrika içerisinde gerçekleştirdiği tüm hareketler tableten doğrudan veri tabanına gönderilir.

Şekil 24: Masa Üstü Modüller Ara Yüzü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Operatörler, üretim yaptıkları istasyonda tableti iki amaçla kullanmaktadır. Veri görüntüleme ve veri gönderme. Veri görüntüleme işlemlerine şu örnekler verilir; Üretim emri (iş emri, işlenecek parça listesi), teknik resim ve dokümanlar, üretim talimatları, kalite kontrol raporları, açıklama, uyarı, not ve hatırlatmalar, parçaya ait geçmiş üretim kayıtları, üretim planı, bakım talimatları ve hedef işleme süreleri.

Şekil 25: Operatör Ara Yüzü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Veri gönderme işlemlerine ise şu örnekler verilir (gerçek zamanlı), üretim başlama zamanı (hazırlık süresi dahil), üretim tamamlanma zamanı, üretimde çıkan sağlam adetler, fire, hurda ve hatalı ürün adetleri, kalite kontrol ölçümleri, açıklama veya bilgilendirme notu yazma, üretimde yaşanan duruşları girme, bakım ve onarım bilgisi girme ve vardiya, operatör, performans verisi gönderme.

Akıllı Üretim sisteminin sensor tabanlı altyapısı için işlemler operatöre bağımlı veya bağımsız olabilir. Operatör bağımsız durumlarda veri otomasyonu ve seri haberleşme kanalları kullanılmaktadır. Örneğin tezgah arızaya geçtiğinde makinenin seri haberleşme protokolü aracılığıyla sisteme arıza bilgisi operatörden bağımsız ve gerçek zamanlı olarak gönderilir. Üretim tezgahlarından gönderilen verileri yöneticiler masaüstü, tablet veya telefonda anlık görüntüleyebilmektedir.

Sebep sonuç ilişkileri kurabilme yeteneğinin geliştirilmesi için masaüstü yazılımın yöneticiye çeşitli uyarılar vermesi sağlanmaktadır. Örneğin problemlili bir parça için sistemde düzeltici önleyici faaliyet açıldıysa, bu problem çözülene kadar sistem üretim emrini bir uyarı mekanizması ile açacaktır veya problemin önem derecesine göre üretim emrinin açılmasına müsaade etmeyecektir. Bu ilişkiler birimler arası entegrasyon halindedir. Örneğin tezgahlardan gelen üretim miktarı ile

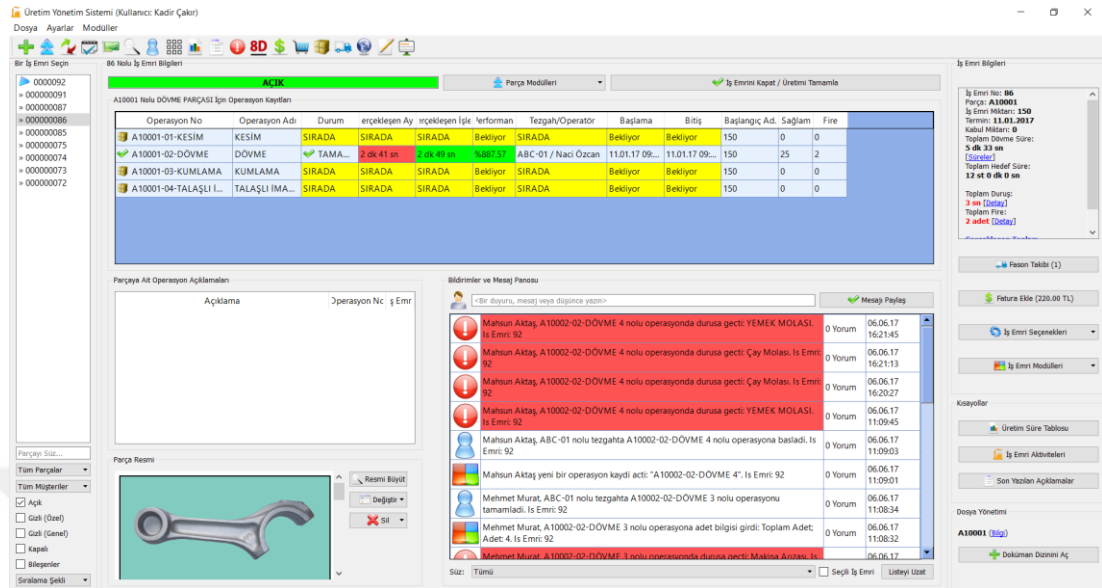
depo yöneticisinin asgari stok seviyesi sistem tarafından anlık kontrol edilmekte ve uyarı mekanizmaları devreye girmektedir. Sistem modüler yapıda çalışmaktadır.

Modüler yapıda üretim sürecine destek olan diğer süreçler de sistem içerisinde bütünleşik ve interaktif bir yapıdadır. Hammadde, satın alma, planlama, kalite, maliyet analizi, yapılabirlik ve fason prosesler de üretime destek süreçler olarak çalışmaktadır. Masaüstü arayüz, iş emri (üretim emri) odaklı olup tezgahlardan gelen veriler iş emirlerine göre ayrıntılarıyla birlikte yöneticiler tarafından gerçek zamanlı olarak görüntülenmektedir. Tablet arayüzünde ise, masaüstünden gönderilen üretim emirleri (iş emirleri) seçilmektedir ve veri görüntüleme/gönderme işlemleri yapılmaktadır.

Cihazlardan toplanan veriler sistem tarafından değerlendirilerek aşağıdaki raporların oluşması sağlanır ve yöneticiler bu raporları kullanarak karar verme süreçlerini hızlandırır. Bu raporlara örnek vermek gerekirse; operasyon performans sıralaması, en verimli operatörler, en verimli tezgahlar, kalite ve sık gerçekleşen ölçüm hataları, tezgah kullanılabilirlik oranları, üretim fire sıralaması, PPM (parts-per-million) değerleri, en çok hazırlık aşaması gerektiren ürünler, en sık gerçekleşen duruş tipleri, boşta kalan tezgahlar, operatörler, çalışma süreleri ve gündüz/gece vardiya verimliliği, maliyeti yüksek ve düşük, en kârlı-en zararlı ürünler, stok devir hızı yüksek ürünler, vb. gösterilebilir.

Üretim Yönetimi modülü yöneticilere özel, anlık bilgilerin düştüğü, gerekli düzenleme ve yönetim işlemlerinin yapıldığı, yetkilendirme dahilinde çalışan ve modüler-esnek yapıda işletmelere göre özelleştirilebilen bir yapıdadır.

Şekil 26: Üretim Yönetimi Modülü Ara Yüzü



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Diğer modüller ana üretim modülüne destek süreçlerdir. Satın alma sürecinden sevkiyat sürecine kadar mobil cihazlar ve masaüstü bilgisayarlardan süreler takip edilir.

Şekil 27: Akıllı Üretim Süreçleri

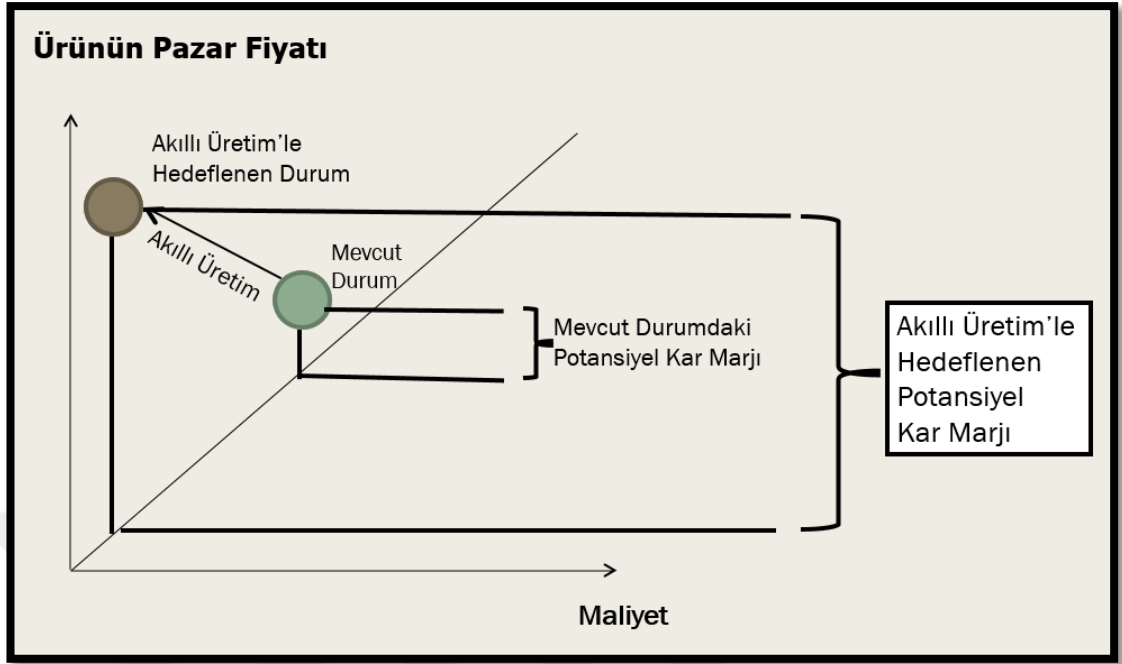


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Bir işletmenin kar edebilmesi için ürünün pazar fiyatının maliyetinden yüksek olması beklenmektedir. Pazar fiyatı ile maliyetin eşit olduğu noktada işletme kar edemez. Geleneksel takip sistemleri kullanılan bir işletmenin, dijital süreçlere yönelmesinin sebebi rekabetçi koşullarda bu kârı daha yüksek bir seviyeye çıkarabilmektir. Aşağıdaki grafikte 2 nokta gösterilmiştir. “Mevcut durum” yazan nokta geleneksel yöntemler kullanılan işletmelerin potansiyel kar marjını göstermektedir.

Akıllı Üretim ile hedeflenen bu kar marjının daha yüksek bir aralığa çıkarılmasıdır. Takip yeteneğinin artması, bilginin daha hızlı ve gerçek zamanlı olarak akması, insana duyulan ihtiyacın azalması, prestij ve kalite yönetim sistemlerine uyum ile bu aralığın açılması ve işletmenin daha fazla kar etmesi beklenmektedir.

Şekil 28: Ürünün Maliyeti İle Pazar Fiyatı Arasındaki İlişki

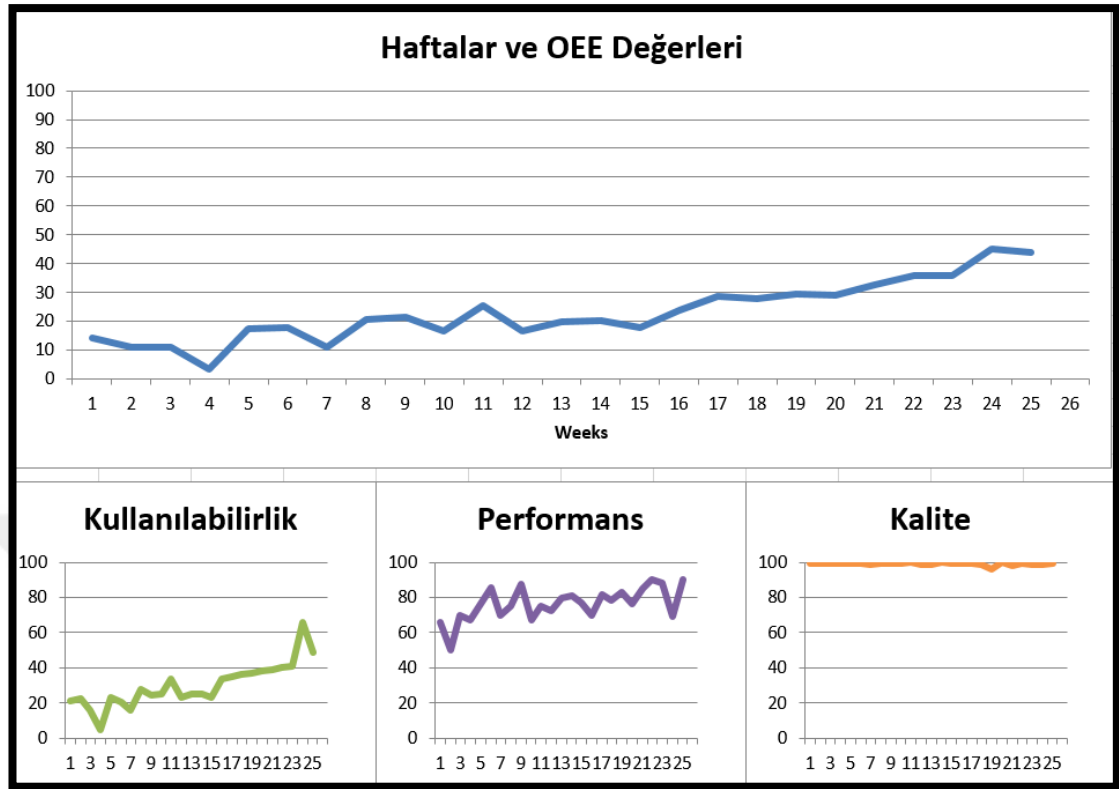


Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

5. UYGULAMANIN PERFORMANS DEĞERLERİNE ETKİSİ

2016 ve 2017 yıllarında uygulanan Akıllı Üretim Yönetim Sistemi'nin KLP Makina'da Overall Equipment Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği) değerleri aşağıdaki gibi ölçülmüştür:

Şekil 29: Haftalık OEE Değerleri



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

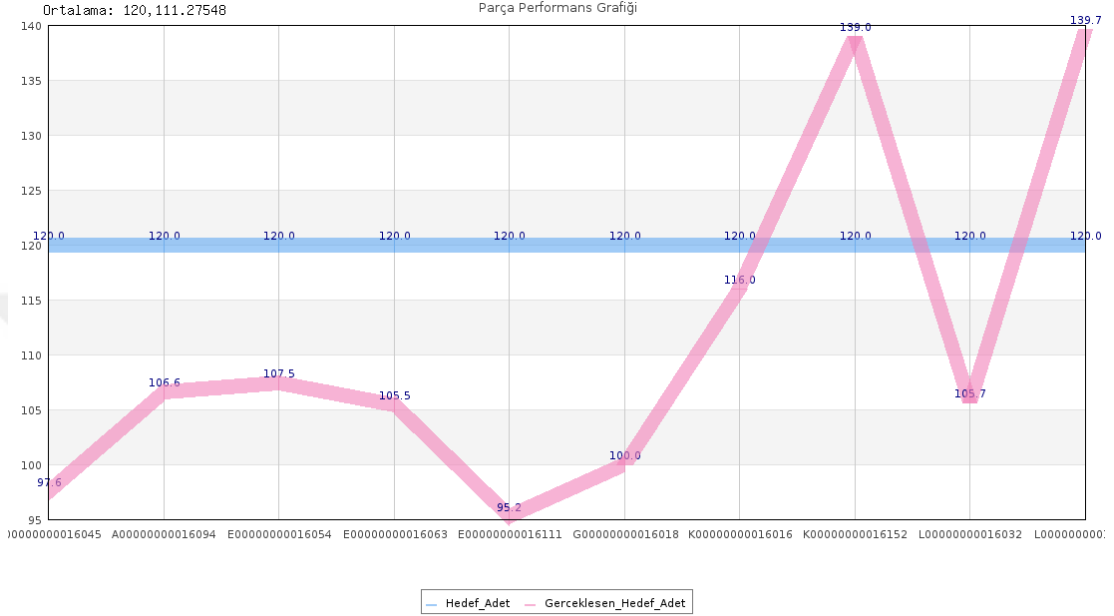
Kullanılabilirlik, performans ve kalite değerlerinin oransal çarpımı olan OEE değeri 1'inci haftada %10 seviyelerindeyken 24 ve 25'inci haftalarda %40 ve %50 arasındaki seviyelere yükselmiştir. Ancak aradaki dönemlerde belirli periyodlarla inişler ve çıkışlar gerçekleşmiştir. Bu iniş ve çıkışların sebebi bazı haftalarda gece vardiyasının yapıp bazı haftalarda yapılmıyor oluşudur. Vardiyanın sıklığı kullanılabilirlik değerini ve dolayısıyla genel OEE değerini büyük ölçüde etkilemektedir. Performans değeri ise ilk haftalarda %50 ve %60 seviyelerinde iken son haftalarda %80 civarında ölçülmüştür. Kalite oranında ise genellikle %99 civarında sonuç alındığı için 26 haftalık dönemde dikkate değer bir fark gözlenmemiştir.

Kullanılabilirlik ve performans değerlerindeki artışların sebebi Akıllı Üretim Yönetim Sistemi'nin haftalık olarak verdiği değerlerin ilan edilmesi, kalite panolarında çalışanlara sunulması ve yöneticilerin haftalık kalite toplantılarında yeni

hedefler koyması olmuştur. Yöneticiler bir sonraki hafta için daha yüksek hedefler koymakta ve bu hedeflere ulaşılma konusunda teşvik edilmiştir.

2015 ve 2016 yıllarında ED Dövme fabrikasında 100160 numaralı parçanın hedef adet ve gerçekleşen adet grafiği ve tablosu şu şekilde kaydedilmiştir:

Şekil 30: Hedef Adet Ve Gerçekleşen Adet Grafiği



Kaynak: Yazar tarafından derlenmiştir.

Grafikte mavi renkli çizgideki 120 değeri parçanın saatlik hedef adet bilgisidir. Kırmızı renkli çizgi ise gerçekleşen adetleri göstermektedir. Son 10 iş emri incelendiğinde saatlik üretim adedinin 90'lar seviyesinden 100 ve üzeri seviyelere yükseldiği görülmektedir. Bu noktada yöneticilerin saatlik hedef adet bilgilerini günlük olarak kontrol etmesi, sonucu grafiksel olarak gördükleri için trendin nereye doğru gittiğinin bilincinde olması ve üretimi devamlı ve anlık izliyor olmaları sonuca olumlu katkı sağlamıştır.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma için geliştirilen yazılım Türkiye’de 2015 yılından itibaren toplam yedi farklı fabrikada kurulmuş ve uygulanmıştır. Yerel işletmeler, üretim süreçlerinde bilişim sistemlerinin kullanılmasıyla birlikte yüksek kontrol ve hızlı müdahale yeteneğine kavuşmuştur. Yöneticiler bu sisteme geçmeden önce makinelerin durumunu ancak üretim sahasına indikleri zaman görebiliyorlardı; ancak yeni sistemle masa başı, ofis veya fabrika dışından üretim istasyonlarının ne durumda olduğunu izleyebilmektedir.

Her ne kadar gerçek zamanlı bilgi akışı yerel işletmelere farklı bir boyut kazandırmış olsa da küçük ve orta ölçekli işletmelerin büyük çoğunluğu verinin tekrar etmeden anlık dolaşmasının verimliliği artıracakı konusunda yeterli farkındalığa ulaşmış değillerdir. Sistem için gerekli yazılım ve ekipman yatırımlarının geri dönüşü konusunda endişe duymaktadır ve yatırımdan kaçınmaktadır.

Yazılımın test edildiği sekiz yerel işletme arasında kalıp üretimi, sıcak metal dövme, tıbbi cihaz üretimi, otomotiv parçası üretimi, dişli, gemi ve motor parçası üretimi gibi sektörler yer almaktadır ancak çıktı olarak aldığımız sonuç ve performans göstergelerinde sektörlerle bağlı önemli bir fark görülmemiştir. Bunun aksine sistemi kullanan işletmelerde kurulum, uyarılma ve geliştirme aşamalarında ortak zorluklarla karşılaşmıştır. Kurulum aşamasındaki zorluklar fabrikaların donanım, yazılım, internet bağlantısı ve access point gibi teknolojik faktörlerde yetersiz kalışıdır. Sistemin kendisinin haricinde de yatırım gerektiriyor oluşu, projenin devreye alınmasını zorlaştırmıştır. Uyarılma aşamasında karşılaşılan güçlükler arasında yerel işletmelerin veri ve bilgi yönetimi konusunda yetersiz oluşu ön sıradadır. Sistemin çalışmaya başlaması için işletmeden ürün listesi, operasyon kodları, hedef işleme süreleri gibi operasyon odaklı bilgilerin alınması gerekmektedir ancak bu verilerin temin edilmesi konusunda bazı yerel işletmeler eksik kalmıştır. Geliştirme ve uygulama aşamasında, sisteme girilen kayıtların doğruluğunu takip edecek bir personel şarttır. İşletme müdürleri bu sorumluluğu kime verecekleri konusunda kararlı olmalıdır ve bu personelin görev tanımını yapmalıdır.

Akıllı Üretim yazılımı tarafından hesaplanan performans göstergeleri, üst yönetimin yeni kurumsal hedefler koymasına olanak sağlamıştır. Daha önce ölçülemeyen pek çok performans değeri ölçülebilir hale gelmiş ve bu alanlarda iyileştirmenin önünü açmıştır. Bir örnek vermek gerekirse; üretime başlamadan önce hesaplanan hazırlık (set-up) sürelerini inceleyebiliriz. Operatörler, seri üretime başlamadan önce tablet üzerinden hazırlık aşamasında olduklarını belirtmekte ve sistem her iş için harcanan hazırlık süresini hesaplamaktadır. Yöneticiler bu sürenin 45 dakika olması gerektiğini operatörlere ilan etmiştir. Birinci ayda 71 dakika olan sürenin altıncı ayda büyük ölçüde azaldığı ve seri üretime daha hızlı geçildiği sonucu ortaya çıkmıştır. Gözlenen bu iyileşmenin birinci sebebi sürenin sistem sayesinde devamlı kontrol edilmesi, takip edilmesi ve hedef belirlenmesidir. İkinci sebebi hedef sürenin ve gerçekleşen sürenin her an tablet üzerinden işçilere gösteriliyor olmasıdır. Bu uyarılar geri sayım, renkli ikaz, pano duyurusu gibi yöntemlerle devamlı operatöre yansıtılmıştır.

Raporlara bakıldığında bazı performans göstergelerinde iyileşme olmakla birlikte, bazılarında iyileşme görülmemiştir. Örneğin toplam ekipman etkinliğinin (overall equipment effectiveness) önemli bir unsuru olan tezgah doluluk oranı (availability), performans ve kalite değerleri 1 yıl boyunca işletme panosunda ilan edilmiş olmasına rağmen önemli ölçüde bir fark ortaya çıkmamıştır. Bu iyileşmenin ortaya çıkmamasındaki en önemli sebepler şunlardır; yerli sanayi sektörünün tezgahları dolduracak yeterli siparişi alamaması, aynı anda çok sayıda tezgahı çalıştıracak enerji altyapısına sahip olmaması, ikinci vardiyaya kalacak personelin yetersizliği, küçük veya büyük çaplı ekonomik krizler, yeni işleri devreye alırken doğru fizibilite uygulayamama ve yanlış hedefler belirlemek. İyileşme göstermeyen performans göstergelerinde dış etkenler ön plandadır.

4. Sanayi Devrimi altyapısı ile geliştirilen akıllı bir yazılımın bir işletmede başarıyla uygulanması için vizyon sahibi yöneticiler şarttır. Geleneksel yöntemlerle rekabetçi piyasada yol alamayacağını anlayan işletme müdürleri ve patronlar fabrikaların dijitalleşmesi fikrini destekledikleri için Akıllı Üretim'in uygulanması ve fabrikaya uyarlanması konusunda doğrudan ilgilenmekte ve gereken desteği personel ve ekipman yatırımı ile sağlamaktadır. Ancak Endüstri 4.0'ın geleneksel yöntemlerden nasıl ayrıldığını anlayamayan işletme müdürleri Akıllı Üretim'e

gereken ilgi ve kaynağı ayırmadıkları için sistemi kendi başına terk etmekte ve sistemin kendi kendine çalışacağı yanılgısına düşmektedir. Bu projenin başarılı olması, ciddi bir işbirliği ve vizyon sahibi bakış açısı ile mümkündür.



KAYNAKÇA

Andrew, Kusiak. “Smart manufacturing must embrace big data”, NATURE, Sayı: 544, 2017, ss. 23–25.

Control Engineering, “Smart Factory 1.0 is Helping China’s Industry” controleng.com/single-article/smart-factory-10-is-helping-china-s-industry-toupgrade/99453551b21b649559dad2fe91d68708.html, (10.04.2016).

Davis, Jim. “Smart Manufacturing”, Annu. Rev. Chem. Biomol. Eng. Sayı: 6, 2015, ss. 141-160.

Davis, Jim. “Smart Manufacturing. The Next Revolution In Manufacturing” CMTC’s Guide To Smart Manufacturing, Sayı: 1, 2015.

DMDII, “Digital Manufacturing And Design Innovation Institute”, <http://dmdii.uilabs.org>, (10.04.2016).

European Commission, “Digital Single Market” <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/fourth-industrial-revolution>, (10.04.2016).

Ekoiq, “Akıllı Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi - Endüstri 4.0: Bilişimin Endüstriyle Buluştuğu Yer: Türkiye Akıllı Üretime Hazır mı?”, <http://ekoiq.com/wp-content/uploads/2014/12/ekoiq-ek-d.pdf>, (16.04.2016).

European Comission, <https://ec.europa.eu/>. (10.04.2016).

Fountaine, Lance, “The journey towards SMART: the changing face of manufacturing. Smart Manufacturing”, <http://smartmanufacturing.com/2012/06/> (06.06.2016)

Jaeger, Andreas, “Industry 4.0. Challenges for the human factor in future production scenarios. 4th Conference on Learning Factories”, KTH Royal Institute of Technology, Sayı:1, 27-28.05.2014.

SMLC, “Smart Manufacturing Leadership Coalition”, <https://smartmanufacturingcoalition.org>, (04.05.2016).

Stamelos, Ioannis. “Code quality analysis in open source software development”, Sayı: 12, 2002, ss.43-60.

Olson, David. “Case study of open-source enterprise resource planning implementation in a small business”, Sayı: 6, 2012, ss. 79,94.

TÜBİSAD, Bilişim Sanayicileri Derneği, “Verimlilik ve katma değer artışı için Kobi’lerin teknoloji vizyonu üzerine bir araştırma”, http://www.tubisad.org.tr/Tr/MediaCenter/Sayfalar/GIB_arastirma_basin_bulteni.aspx, (06.07.2017)