

Araştırma Makalesi / Research Article

Otomotiv Sektöründe Kullanılan Parçaların Robot ve Kamera Yardımı ile Ölçümü
Yapılarak, Manuel Hatanın Azaltılması

Yakup KOÇ¹, Derviş ÖZKAN^{2*}

¹ Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0141-7177>, yakupc@icloud.com

² Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4978-290X>, dervisozkan@bartin.edu.tr

Geliş/ Received: 28.06.2021;

Kabul / Accepted: 02.08.2021

ÖZET: İmalat endüstrileri daha rekabetçi bir ortamda gelişimlerini ve sürekliliklerini devam ettirerek maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir. Yalın üretime geçiş sürecinde ilk adım, israfa yol açan üretimdeki tüm aktivitelerin en aza indirilmesi ve katma değeri olan/olmayan faaliyetlerin analiz edilmesidir. Bu çalışmada, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların (Ford, Bosch, Delphi, Audi, Toyota, Honda, Hydrema, Fiat, Hitachi) ürettikleri araçlara takılan parça imalatı için ar-ge çalışması ele alınmıştır. Montaj hattı tasarımı ile yapılan iyileştirme sürecinde, imalat sürecinin işleyişi, süreç üzerindeki etkiler robot ve kamera destekli kalite kontrolü belirlenmeye çalışılmıştır. Kamera ile ölçüm sistemleri kullanarak üretim sürecinin incelenmesi, çevrim süresinin azaltılması, katma değer yaratmayan hareketlerin giderilmesi ve lay-out (yerleşim düzeni) iyileştirilmeleri hedef alınarak kompleks ve zor parçaların kalite kontrolü, montaj hatları için iyileştirme çalışmaları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalite kontrol, Yalın üretim, Görüntü işleme, Ölçüm sistemleri, Robot ile montaj hattı.

*Sorumlu yazar / Corresponding author: dervisozkan@bartin.edu.tr

Bu makaleye atıf yapmak için /To cite this article

Koç, Y., Özkan, D. (2021). Otomotiv Sektöründe Kullanılan Parçaların Robot ve Kamera Yardımı ile Ölçümü Yapılarak, Manuel Hatanın Azaltılması. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 2(2), 112-126.

Measuring the Parts Used in the Automotive Industry with the Help of Robots and Cameras, Reducing Manual Error

ABSTRACT: Manufacturing industries aim to reduce their costs by continuing their development and continuity in a more competitive environment. The first step in the transition to lean production is to minimize all activities in production that lead to waste and to analyze activities with or without added value. In this study, R-D work for the production of parts attached to the vehicles produced by companies operating in the automotive sector (Ford, Bosch, Delphi, Audi, Toyota, Honda, Hydrema, Fiat, Hitachi) is discussed. In the improvement process with the assembly line design, the functioning of the manufacturing process and the effects on the process were tried to be determined by robot and camera assisted quality control. Quality control of complex and difficult parts, improvement studies for assembly lines were evaluated by targeting the examination of the production process using camera measurement systems, reducing the cycle time, eliminating the movements that do not create added value, and improving the lay-out. Quality control of complex and difficult parts and improvement studies for assembly lines were evaluated by aiming at eliminating movements that do not create added value and improving lay-outs. Quality control of complex and difficult parts and improvement studies for assembly lines were evaluated by aiming at eliminating movements that do not create added value and improving lay-outs.

Keywords: Quality control, Lean manufacturing, Image processing, Measurement systems, Robot assembly line.

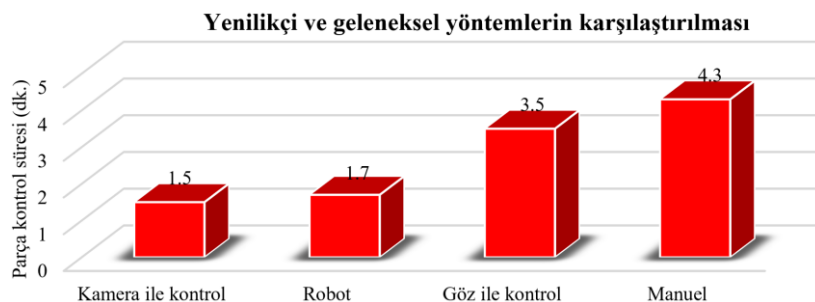
1. GİRİŞ

Günümüzde, bilgisayar ve kamera gibi elektronik ürünler; robotlar ve algılayıcılar gibi endüstriyel ürünler hayatımızın her alanında olduğu gibi otomotiv endüstrisinde de vazgeçilmez öğeleri haline gelmiştir (Ege ve ark., 2021). Otomotiv sektöründe rekabetçi koşulların oluşabilmesi ve devam ettirilebilmesi için farklı yöntemler geliştirilmektedir. Otomotiv sektörü içindeki birçok firmalarda bu rekabetçi koşulları sağlamak için yeni ve farklı yöntemlere ihtiyaç duymaktadır. Kaliteli bir imalat veya proses yönetimine sahip kuruluşlar (firmalar) sürekli olarak büyümekte ve gelişen teknolojiyle birlikte kendilerini yenileme arayışında bulunmaktadırlar. Böylelikle otomotiv sektöründe yer alan firmaların imalat alt yapılarını geliştirmeleri için geçmişten günümüze kadar endüstriyel otomasyonlarını ilerletmeleri kritik önem taşımaktadır (Manesis ve Nikolakopoulos, 2018). Bu durumun gelişimi ise otomasyonun daha kolay ve anlaşılır olmasını, uzaktan kontrol edilebilmesini ve uzaktan izlenebilir olmasını sağlamasıyla otomasyon sektörünün doğuşuna ayna tutmaktadır. Firmalar için önemli bir ihtiyaç olan endüstriyel otomasyon sistemleri kullanıldıkları yere ve ihtiyaca göre birçok farklı yapıyı bünyesinde barındırmaktadırlar. Bu otomasyon sistemlerinin büyük bir kısmını endüstriyel robotlar oluşturmaktadır (Kurt ve Bozoklu, 2019). Endüstriyel robotların otomotiv entegrasyonu ile elde edilen yeni ve farklı gelişmeler, yalnız son mamulde değil, üretim aşamalarının her birinin gelişiminde de büyük katma değer sağlamaktadır. Günümüzde otomotiv sektöründe yer alan otomasyon sistemlerinin önemli yardımcıları olan endüstriyel robotların başta kalite olmak üzere birçok avantaj/dezavantajları söz konusu olabilmektedir. Öyle ki montaj esnasında seri imalat aşamalarında parça montajında kullanılan sabit tezgahlar yerine kamera destekli görsel kontrol entegreli robot yardımı ile sabitleme ekipmanı kullanmadan bir montaj uygulaması gerçekleştirilebilmektedir (Bone ve Capson, 2003). Günümüz teknolojik gelişmeleri ışığında kamera ile kontrol sistemi ise bu yöntemlerden sadece birisidir (Sága ve ark., 2020). Kamera ile parça kontrol sistemleri; üretim sürecinin sürekli iyileştirilmesini sağlayan

bununla birlikte verimlik, maliyet, stok durumu ve üretim aşamasındaki zamanının optimize edilmesinde yardımcı olan önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son yıllarda işletmelerin büyük bir bölümü montaj yolu (manuel montaj) ile üretim yapmaktadır. Müşterilerin istedikleri ürünü talebe en uygun şekilde ve en uygun maliyetle firmalardan talep etmeleri firmalara ciddi bir rekabet zorunluluğu getirmektedir. Üretim taleplerinin her geçen gün artmasından dolayı, montaj hatları, fazla miktarlarda siparişleri, minimum maliyetle, istenen kalitede ve talep edilen sürede üretilmesi, amaçlanan seri üretim sistemlerinin değiştirilemez bir parçası durumuna getirmiştir (Gökçen ve ark., 2006). Bu sebeple, montaj hatları, seri üretim sistemlerinin esas ögesi olarak düşünülmektedir. Montaj hatlarında kaynakların verimli ve etkin bir biçimde kullanılmasıyla iş yükleri ve iş istasyonları dengeli bir şekilde dağıtılmaktadır. Seri üretim yapan firmalar için, montaj hattı dengeleme problemi ciddi önem taşımaktadır (Li ve ark., 2021). Yalın üretim ise, israfa neden olan üretimdeki bütün aktivitelerin en aza indirilmesi ve katma değer yaratan aktivitelerin ise artırılması yöntemidir. Yalın üretim aynı zamanda bir akış boyunca katma değer yaratmayan tüm adımların (hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci ve üretim alanı gibi) elimine edilmesi ve yalın üretim tekniklerini kullanarak müşteri taleplerine proaktif (insiyatif almak) çözümler sunmaktır (Turan, 2018). Böylelikle yalın üretimde hedef sıfır hata ve sıfır stok prensibine dayanmaktadır (Wilson, 2010). Böylece müşterinin para vermek istemeyeceği her aktivite israftır. İsraflar ise, yalın üretimdeki araçların doğru kullanılmasıyla azaltılabilir veya ortadan kalkabilir.

Ar-ge çalışması yapmak ve elinizdeki hattı iyileştirip verimliliğini arttırmak için sistemin ne kadarı manuel veya otomasyon ağırlıklı çalıştığı detaylı bir şekilde incelenip analiz edilmelidir. Revize etmek isteyeceğiniz sistem örnek olarak operatörün inisiyatifi altında ise, parçaların dizilmesi, paketlenmesi, taşınması vb. gibi iş bölümlerinin içinde ise hattın verimliliği robot yardımı ile ciddi derecede artırılabilir. Örneğin, bir mil parçasının kasalara konulması işlemi aşamasında operatör her defasında maksimum iki parça manuel olarak temin eder ve sevkiyat kasasına iletebilir. Diğer taraftan, robot ise mili tutacak uygun bir gripper (tutucu parmaklar) tasarımı ile tek sefer de birden çok parçayı zamandan tasarruf ederek de kasaya iletebilir. Bu bilgilere istinaden yenilikçi ve geleneksel yöntemler ile örnek bir parçanın kontrolünün manuel (matar yardımı ile parça kontrol) – robot – göz ve kamera ile ilgili ilişkisinin karşılaştırılmasının üretici firmaya sunulması Şekil 1’de gösterilmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi en az süre ile iş parçası kontrolü kamera ile elde edilirken en fazla sürede imal edilen parça süresi manuel olmaktadır. Bu durum üretici firmalar tarafından maliyet ve iş yükü bakımından kritik bir öneme sahip olmaktadır. Maliyet ise en önemli etken faktörlerden biridir. Robot ile iş parçası kontrolü ise yine firmaların uygun olarak benimsediği önemli olgular olarak karşımıza da çıkmaktadır. Bu nedenle, gelişen teknoloji ve seri imalat aşamaları bu kritik değerlere ciddi yatırımlar yapmakta ve imalatlarını kalite standartları kapsamında tasarlayıp hız kazanmaktadırlar. Diğer taraftan kamera veya robot işlem uygulamalarının işletmeciler açısından dezavantajı ise bu sistemlerin yüksek maliyet ile karşılıklarına çıkmasıdır.

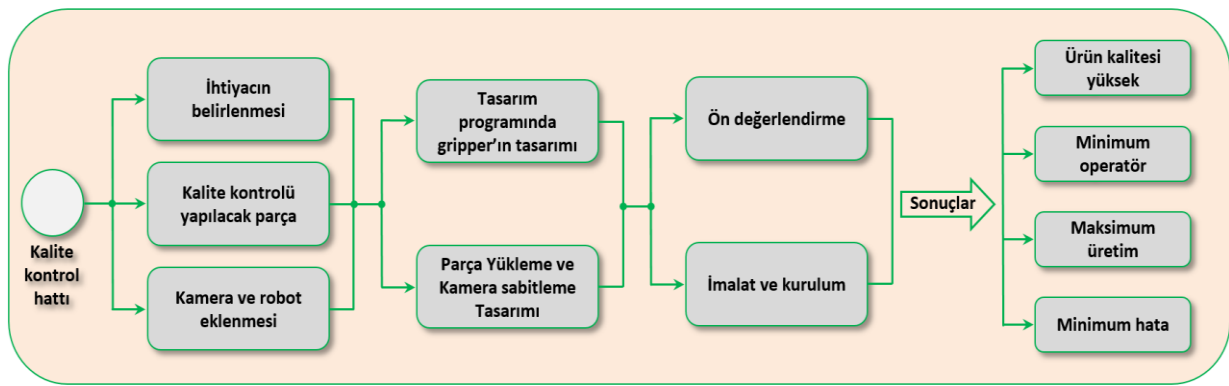


Şekil 1. Üretilen iş parçasının yenilikçi ve geleneksel yöntemler ile karşılaştırılması

Bu çalışmada, kamera kontrol üretim sistemi ile beraber montaj hattında iyileştirme çalışmalarının gereklilik, fayda ve üretim maliyetleri açılarından değerlendirilerek görüntü (kamera) işleme ile birlikte parçaların kalitesinde iyileştirme çalışmalarına farklı bir bakış açısı kazandırmak, üretim ve imalat endüstrisinde kullanılan hassas parçaların üretimini yapan bir montaj hattı için iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların uygulandığı yerlerde (üretim ve imalat fabrikaları) analiz yapılarak, ticari araçlar için montaj hattının çevrim süreleri ve operatör sayısı düşürülmesi bu kapsamda yer almaktadır.

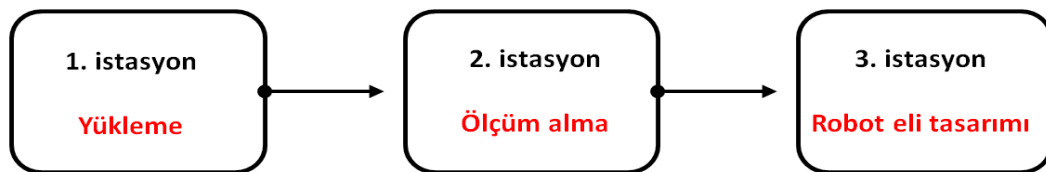
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada, montaj hattı tasarımı ile uygulanan iyileştirme sürecinde, imalat sürecinin işleyişi, süreç üzerindeki etkiler, robot ve kamera destekli kalite kontrolün belirlenmesi hedeflenerek izlenen yol ve iş akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada izlenen yol ve iş akış şeması

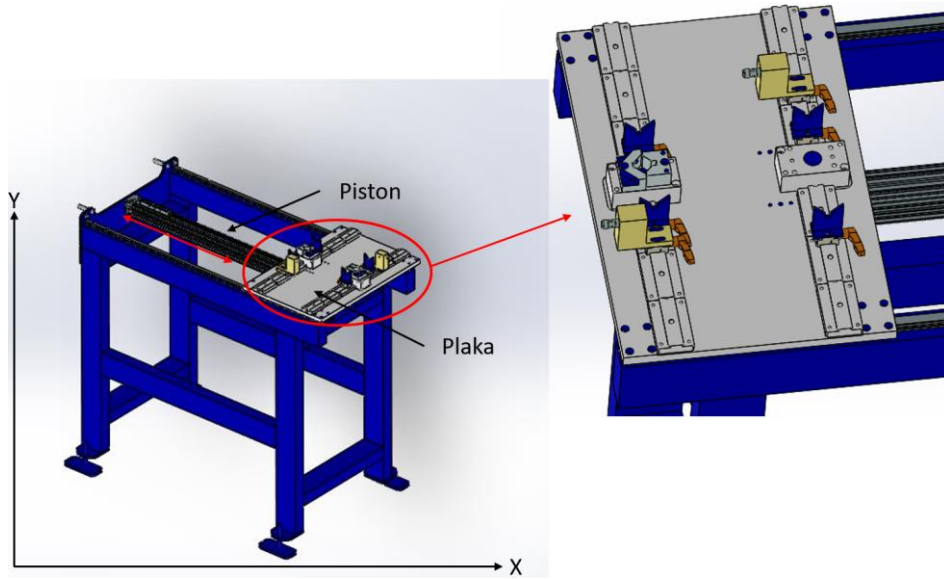
Müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenen parçaların kamera ile kalite kontrol yapılacağı hattın oluşturulması ve istenilen performansı karşılamak amacı ile işletmede kalite yönetim sisteminin tüm şartları ile uyumlu olacak şekilde tasarlanması için gerekli aksiyon (plan) ilk aşamada ele alınmıştır. Çeşitli geometrilere sahip araç parçalarının kamera ile analiz edilip, ölçüm yardımı ile kalite kontrolü yapılabilir. Tasarımı yapılan sistemin amacı araçların (binek/ticari araç) motorlarına takılan karmaşık ve ölçümü kolay olmayan parçaların, tüm yüzeylerinin müşterinin istediği ölçü toleransları girilerek oluşturulmasıdır. İyileştirme çalışmasının ilk aşamasında (hattın düzenlenmesi) ön tasarım gerçekleştirilerek bağlı bulunan istasyonlara aktarılmıştır. Şekil 3’de tasarımın üç ana bölümü olan istasyonlar gösterilmektedir.



Şekil 3. Üretim sahasındaki istasyon kısımları

İmalat aşamasında manuel olarak kalite kontrolü gerçekleştirilen hattın otomasyon desteğiyle ön tasarımın yapıp operatörün uygulayacağı hatanın en aza indirilmesi için operatörden bağımsız mekanik fikstür tasarımı gerçekleştirilerek tasarıma geçiş sağlanmıştır. Tasarımda ise Solidworks programından yararlanılarak ölçüm kamerası ile desteklenip üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada

tasarımı yapılacak ürünün Şekil 4'te gösterilen bir plaka üzerine sabitleyip tutabilecek biçimde X ekseninde bir adet piston konumlandırılmıştır. Bu plakanın bağlı olduğu kızaklı pnömatik piston ile ileri ve geri gitmesi sağlanmaktadır.



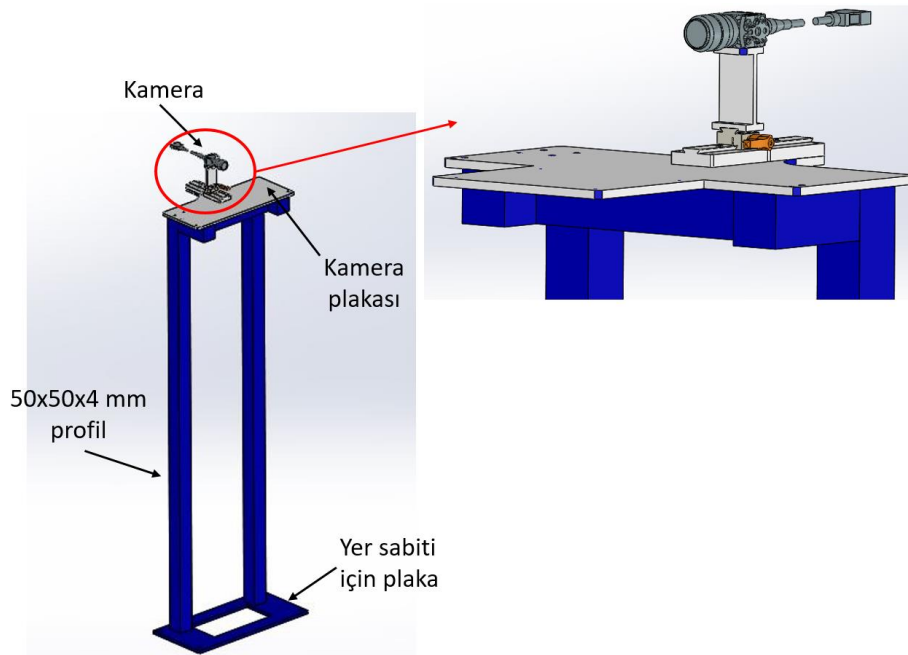
Şekil 4. Lineer kızağa bağlı tasarımın Solidworks çizimi

Birinci istasyon yani yüklemede operatör, parçaları kayar tabla üzerinde bulunan sabitlenmiş masterlarının üzerine bırakarak ve çift el butonu ile onay vererek işlemi uygular. Sistem onay aldıktan sonra plakanın kızaklı piston ile ileri gitmesi böylelikle sağlanmış olur. Plakanın hareket etmesini sağlayan kızaklı piston ve sistemin bütünü PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) ile kontrol edilmiştir. Ölçüm alma ikinci istasyonda ise yapılan işlem sistemin bütünü oluşturulmaktadır. Şekil 4'te gösterilen istasyona parça yüklenmesi yapıлып, operatör onay verdikten sonra ileri giden kayar tabla üzerindeki ürünler robot eli yardımı ile alınıp bu istasyona getirilir (Şekil 6). Kameranın fotoğraf çekme ve ölçüm hızının (6 mm/s) üstüne çıkmadan kameraya belirli açılarda gösterilir ve böylece fotoğraf çekimi sağlanmış olur. Bilgisayara iletilen fotoğraflar çeşitli görüntü işleme aşamalarından geçirilerek geometrik toleranslarının ölçümleri incelenir ve iş parçasının toleranslar içindeki uygunluğu kontrol edilir. Ürünün tam olarak hangi basamaklardan geçirilip müşteriye hazır hale getirildiğin son aşamasıdır. Bundan sonra müşteriden alınan teknik bilgiler doğrultusunda kameraya önceden görsel ve matematiksel hesaplar ile aktarılan veriler ışığında çekimi yapılan parçalar incelenir. Robotun elindeki parça kameranın programında yüklü olan toleransların içinde ise onay alıp konveyör ile sevkiyat bölümüne yönlendirilir. Eğer parça hatalı ise sırası ile diğer parametreler (kalınlık, incelik, diklik, eğrilik ve dairesellik) incelenir. Kameranın hata verdiği nokta ve toleranslar Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Hata noktaları ve tolerans gösterimleri

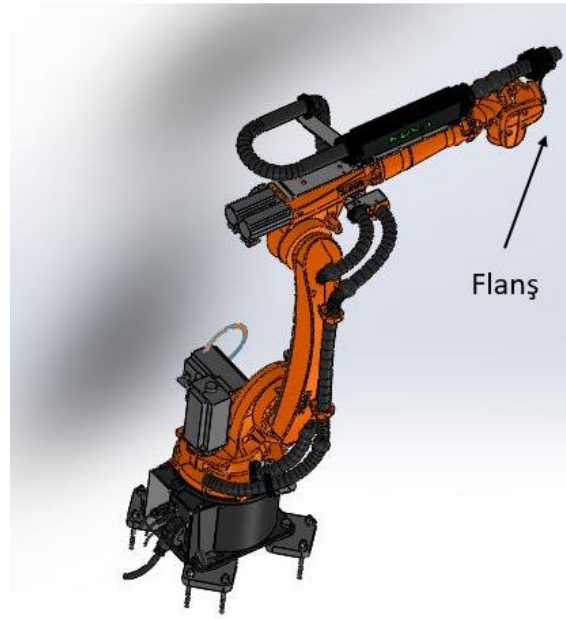
Bu kriterlere göre ürün seçimi yapıp kasalara robot eli ile bırakılır ve çevrim bu şekilde devam eder.



Şekil 6. Ölçüm alma (ikinci istasyon) istasyonunun Solidworks model gösterimi

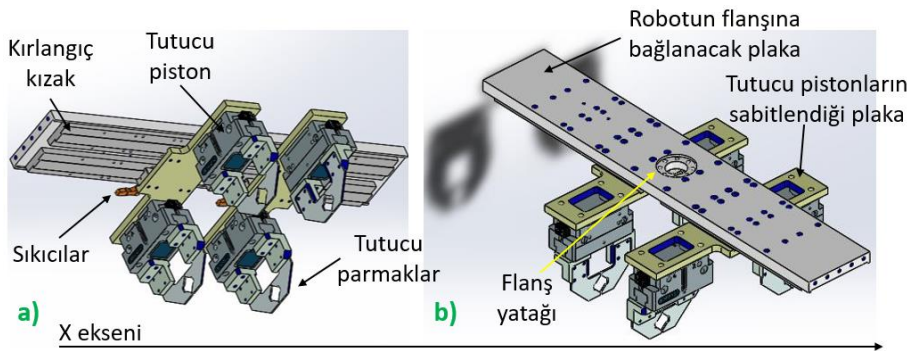
Üçüncü istasyon olan robot eli tasarımında cycle (döngü) ve insan gücünden tasarruf ettiren robot, taşıma robotu olarak ifade edilen endüstriyel bir uygulamadır. Bu robotlar, endüstriyel uygulamalar da, konveyör üretim hatlarında, insan gücü ve zamandan kısarak kaliteyi yükseltmek ve maliyeti minimum seviyelerde tutmak amacıyla kullanılmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017). Diğer bir deyişle, farklı geometrilere sahip olan iş parçalarının alınıp, kameranın önünden belirli kriterlere bağlı kalarak istenilen eksen ve açılarda hareket ettirilmesini sağlamaktır. Fotoğraf çekimi gerçekleştirildikten sonra hata analizi yapıp PLC'ye gerekli ölçü ve veriyi kaydettikten sonra iş parçasını uygun kasalara yerleştirmektedir. İhtiyaç duyulan ürünün tutulması için gripper (endüstride bir parçayı taşıma veya sabitleme amacı ile kullanılan mekanik, pnömomatik veya elektrikli ekipman) kullanılmıştır. Gripper'ın ağırlığı ve istasyonların erişim mesafesi göz önünde bulundurularak robot

seçimi yapılmıştır. Robot seçimi ise ürün adedine, ağırlığına, boyutuna ve ürünün taşınacağı uzaklığa uygun seçilmiştir. Bu çalışmada Şekil 7’de gösterilen Kuka-Kr20_R1810 endüstriyel taşıma robotu kullanılarak işlemler uygulanmıştır.



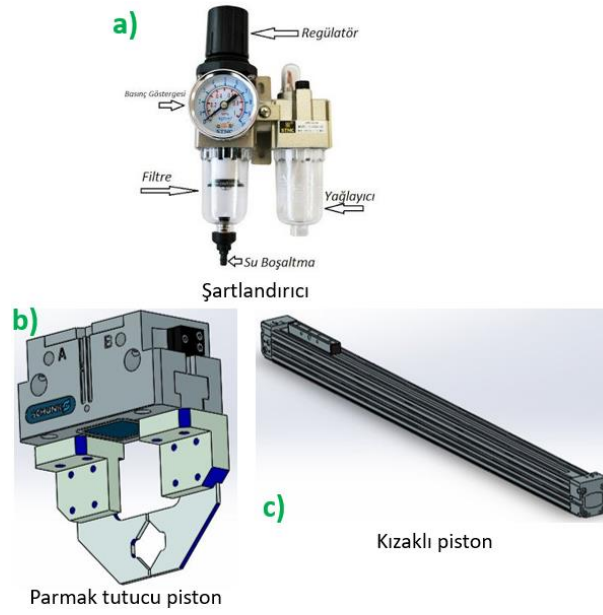
Şekil 7. Kuka-Kr20_R1810 endüstriyel taşıma robot model gösterimi (Anonim, 2021a)

Taşıma robotunun flanşına montajı yapılan gripperın tasarımı Şekil 8’de gösterilen gripper yardımı ile parça kayar tabla üzerinden alınmaktadır. Gripper olarak adlandırılan tutucular plakaya bağlı, plaka ise robotun flanşına bağlanarak sistem hazır hale gelir.



Şekil 8. Gripper sisteminin Solidworks model gösterimi

Müşterinin istediği parçayı uygun şekilde ve istenilen noktalardan tutabilmek için gripper seçimi ve tasarımı değişebilmektedir. Bu tasarımda dört adet standart çift etkili silindir kullanılmıştır (tutucu piston). Tutucuların bağlı olduğu plakalar kızaklı olduğu için X ekseninde, parçanın uzunluğuna bağlı olarak istenilen konuma çekilebilmektedir. Böylece parça istenilen hassas ve ölçüm gerektirmeyen noktalardan tutulup kameraya okutulup sonuç alınabilmektedir. Tasarımda kullanılan standart parçalar Şekil 9’da gösterilmiş olup sistemde; bir adet şartlandırıcı, dört adet çift etkili yüksek sıkma kuvvetine sahip parmak tutucu ve bir adet çift etkili kızaklı piston kullanılmıştır.



Şekil 9. Pnömatik ekipmanların; a) Şartlandırıcı (Anonim, 2021b) b) Parmak tutucu Solidworks model (Anonim, 2021c), c) Kızaklı piston Solidworks model gösterimi (Anonim, 2021d)

Bunlardan ilki olan şartlandırıcı, havanın akış yönünden pnömatik sisteme giriş yerinde kullanılan ve havayı sistem içerisinde kullanılacak özelliklere getiren elemanlardır. Tek bir eleman olarak kullanılsa da (regülatör basınç ayarlayıcı, yağlayıcı, filtre, manometre basınç göstergesi) dört farklı pnömatik elemandan meydana gelmiştir. Şartlandırıcının ana görevi havanın içindeki suyu almak, havayı temizlemek, kuru havayı yağlamak ve havanın basıncını ayarlamaktır. Bu işlemlerin tümünü yapan elemana şartlandırıcı denilmektedir. Öte yandan, filtre, regülatör, yağlayıcı olarak adlandırıldığı da görülmektedir. Parmak tutucu ise piston yüzeyine ve hava basıncına bağlı olarak oluşan kuvvet piston kolunun iki yönde hareket etmesini sağlar. Bu şekilde iki yönde iş yapılabilir. Çalışma sırasında piston girişine hava uygulandığında piston kolu tarafındaki hava boşaltılır ya da piston kolu çıkışına hava verildiğinde piston tarafındaki hava tahliye edilir. Ürün parçasına uygun olarak parmak tutucu tasarımı yapılmıştır (Şekil 9b). Parçayı tutma işlemi bu pistonla bağlı parmaklar yardımı ile gerçekleştirilir. Ürünlerin sabitlendiği plakanın, ileri ve geri hareket etmesi ise Şekil 9c’de gösterilen kızaklı piston ile sağlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

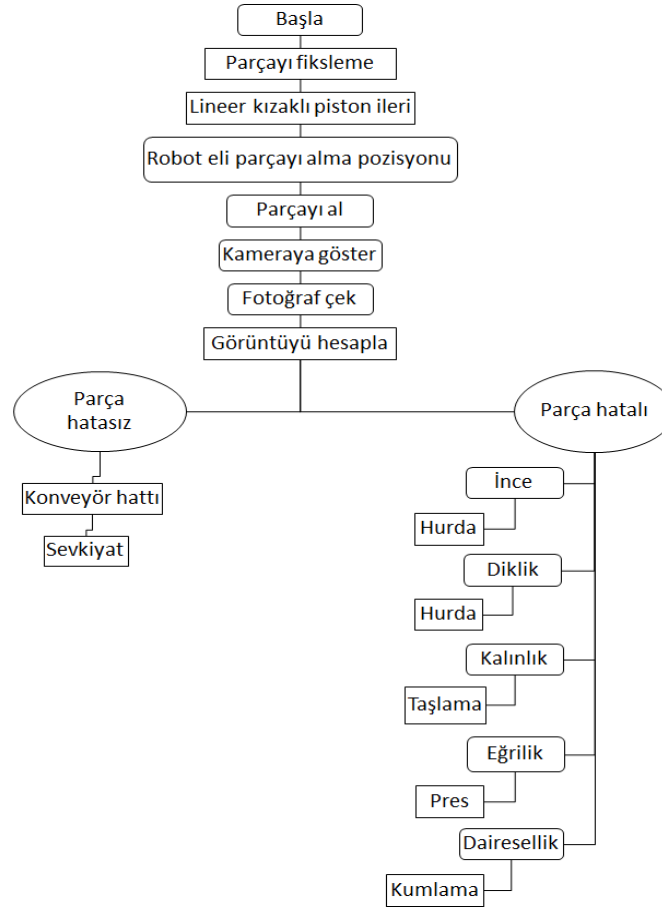
3.1 Robot Destekli Sistemin Kontrolü

PLC, fabrikalarda üretim bölümlerinde ya da makine parçalarının kontrolü gibi iş akış süreçlerinin denetlenmesinde kullanılan otomasyon cihazıdır (Şekil 10). PLC standart bilgisayarlardan farklı olarak birçok giriş ve çıkışa (I/O) sahiptir. Bu cihazlar elektriksel gürültü, sıcaklık farkı ve mekanik darbe durumlarına karşı dayanıklı üretilmektedirler. Bu özellikleri ile olumlu yönde avantaj sunmaktadırlar (Küçükkatay ve ark., 2021).



Şekil 10. PLC örnek görsel (Anonim, 2021e)

Her marka PLC'ler kendilerine özgü bir işletim sistemi bulundurmaktadırlar. Ancak tasarımda kullanılan sistemin kontrolü için müşteri talebi doğrultusunda S7-1200 (Siemens) kullanılmıştır. Sistemde, giriş bilgileri gözle görülmeyecek hız ile taranarak buna uygun çıkış bilgileri gerçek zamana yakın yanıt verecek biçimde işlemektedir. PLC, ürünleri çok düşük hata payı ile kısa sürede ve çok daha verimli olarak üretme konusunda etkindir (Taştan ve ark., 2003). Sistemde kullanılan S7-1200 PLC'nin uygulama modülü Şekil 11'de verilmiştir.



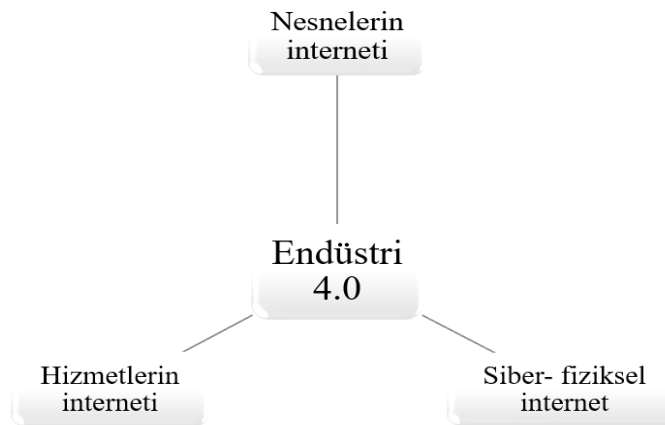
Şekil 11. PLC akış diyagramı

3.2 Kamera Destekli Görüntü İşleme

Kamera destekli görüntü işleme uygulamaları, resimlerin incelenmesi ile veriler edinmeye yarayan sistemlerdir. Görüntü işleme, kullanılmak istenen yere ve parçalara bağlı olarak, kolay hesaplamalardan en kompleks algoritmalara kadar farklı matematiksel ifadeler üzerinden çalışır (Ekstrom, 2012). Kamera programının ara yüzü yatay ve dikey olarak iki boyutlu bir düzlemde oluşmaktadır. Yatay ve dikey doğruların birleştiği her bir nokta, çekilen fotoğrafın piksel değerini

ifade etmektedir. Dijital göstergelerde görüntünün alınmasını sağlayan ve kontrolü mümkün olan en küçük birim sistemi piksel olarak adlandırılır. Her birim o noktanın netliği, parlaklığı ve rengi hakkında veri aktarımı sağlamaktadır. Görüntü işleme sistemi, kaydettiği görselin üzerindeki noktaların analizini yaparak yeni bilgiler elde etmektedir. Teknolojinin sürekli ilerlediği düşünüldüğünde ise görüntü işleme için kullanılan kameraların işleme sistemlerine ciddi derecede destek sağladığı bildirilmektedir (Köse, 2005). Üretim süreci, robot, operatör ve makinelere montajlı, görüntü işleme sistemleri ile geliştirilebilir. Kameralar, kullanılmak istenilen yere ve amaca bağlı olarak, çeşitli boyutlarda olduğu göz önüne alınarak, teknik olarak uygulanabilir. Yüksek hassasiyetli endüstri kameraların bütünü hafif ve farklı çeşitleri bulunmaktadır. Akıllı kamera entegre sistemleri, çalışma durumlarını görsel olarak kaydeder, kaydedilen dataları analiz edip, insanlara aktarabilirler. Ürün adedi, hata analizi, havacılık endüstrisinden savunma sanayisine kadar birçok farklı alan da kullanılabilen görüntü işleme sistemleri endüstri 4.0'ın bir parçasıdır (Faheem ve ark., 2018).

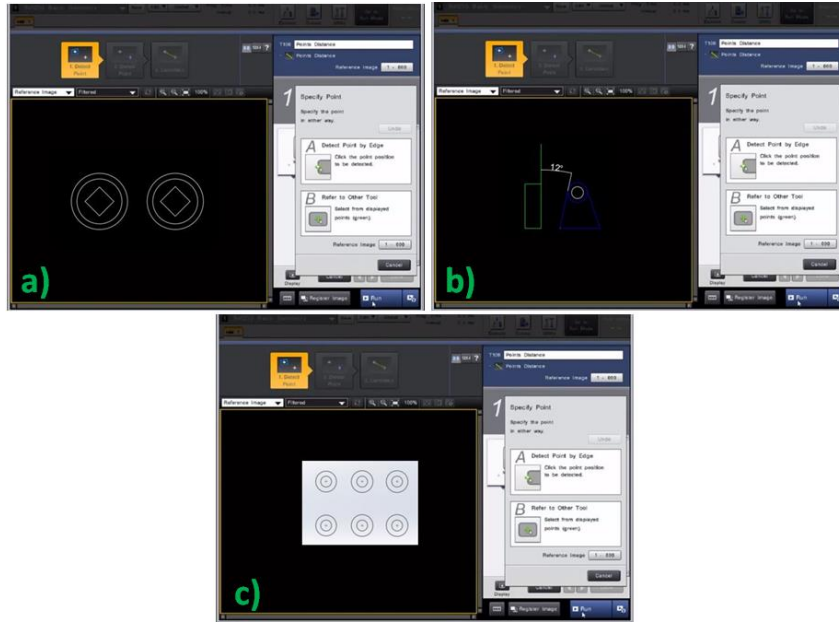
Endüstri 4.0 genel olarak şekil 12'de verilen üç ana yapıdan oluşmaktadır. Bunlar, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler ve hizmetlerin internetidir. Bu yapılar ise akıllı fabrikaların gelişiminde ve oluşmasında büyük katkı sağlarlar. Endüstri 4.0 bilişim teknolojileri ile endüstri faaliyetlerini aynı çatıda toplayan endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden birincisi, son sistem yazılım ve donanımdır. Bunlar ise düşük maliyetli, az yer kaplayan, az enerji harcayan, az ısı üreten, ancak bir o kadar da yüksek güvenilirlikte çalışan donanımlardır. İkinci ise, cihaz tabanlı internet olup, tüm cihazların birbiriyle bilgi/veri alışverişi için kullandığı, her türlü araç ve gerece uyarlanmış, sensör ve işleticilerle donatılmış olup, internet bağlantılı akıllı elektronik sistemdir. Bu sistemlerde siber-fiziksel sistemler olarak adlandırılır. Üretim sürecinde siber-fiziksel sistemin kullanılması insan gücünün en aza indirildiği hatta neredeyse kullanılmadığı süreci kendinin yönettiği ve optimize ettiği akıllı fabrikalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bütün bu olgular ışığında endüstri 4.0 stratejisi amacına uygun gerçekleşirse maliyetler, üretim süresi için ve üretim sürecinde gereksinim duyulan enerji sarfiyatını azaltarak ürün miktarını ve kaliteyi artıracaktır (Bağcı, 2018; Soylu, 2018).



Şekil 12. Endüstri 4.0'ın üç ana yapısı

Kamera destekli kalite kontrol için, müşterinin talep ettiği parçanın ölçü toleransları doğru bir şekilde kamera programına girilip tanıtılmalıdır. Her parçanın şekline, yapısına göre ölçü tolerans değerleri değişmektedir. Örneğin Şekil 13'te farklı boyutlarda ölçüm için dairesel, eğik vb. parçaların ölçü toleransların verildiği ve sonuç alındığı ara yüz gösterilmektedir. Parça değişimi yapılmak istendiğinde, yeni parçanın değerlerinin kamera programına tekrardan girilmesi gerekmektedir. Kamera destekli ölçüm yöntemi her türlü karmaşık yapıdaki parçaların ölçümünü çok daha basit hale

indirgemektedir. Bu nedenle endüstri alanında bu sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kamera programında dairesel parçaların çapını, eğik olan parçaların % kaç eğimde olduğunun yapay görme sistemi ara yüzü CV-X Machine Vision System cihazı ile ölçülür.



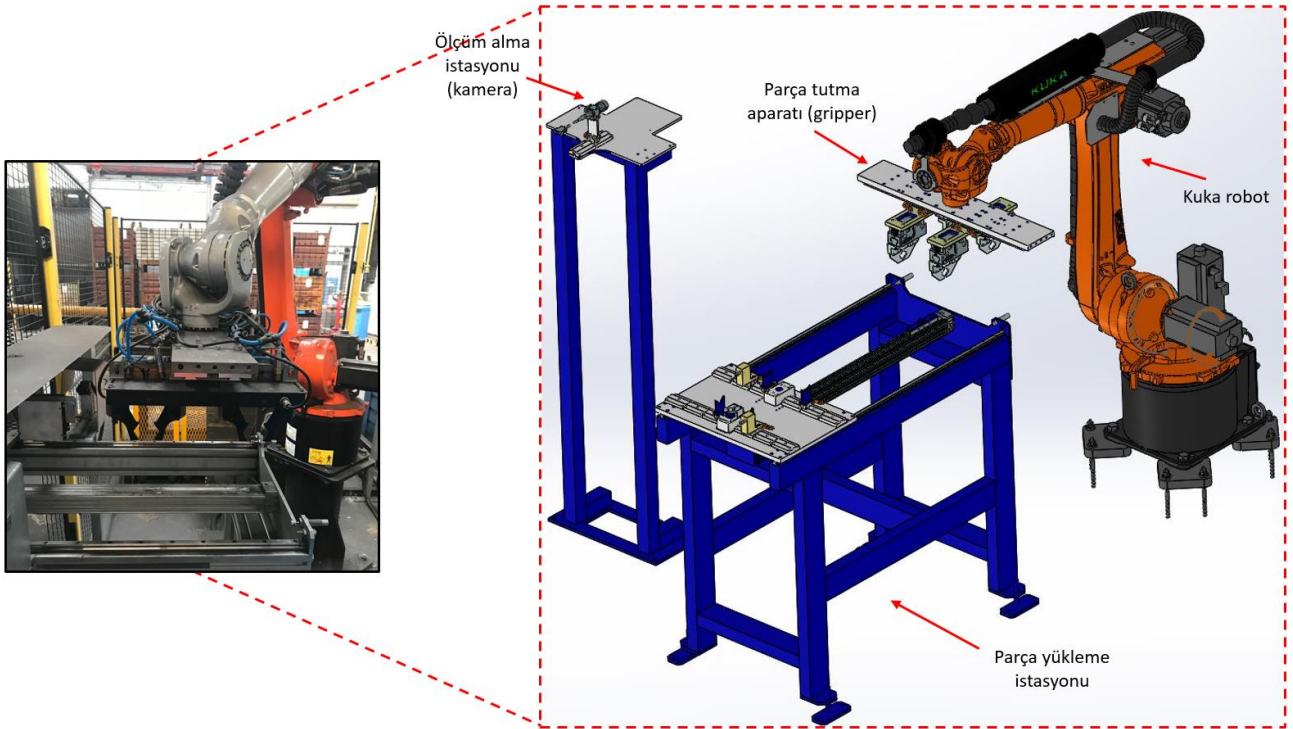
Şekil 13. Yapay görme sistemi ara yüzü; a) Dairesel parçaların ölçümü, b) Kompleks parçalar için eğim ölçümü, c) Dairesel parçanın programa tanıtılması

Otomotiv, kamyon ve traktör vb. fabrikaların ihtiyaçları doğrultusunda, kendi bünyelerine kamera destekli ölçüm sisteminin kurulması için en önemli hususların başında ilk önce kullanım amacı, kalite, zaman, süreklilik ve verim gibi beklentilerin karşılanması amaçlanmalıdır. Ölçülmek istenen parçaya uygun, yeni istasyonun tasarımının verimli kullanımı için olması gereken şartlar tespit edilmelidir. Oluşturulmak istenen üretim istasyonunun hareketleri ve komutları sadeleştirilip, daha anlaşılabilir bir hale getirilmelidir. Hattın döngü sürecinde ürünü aldıktan ve gerekli işlemleri yaptıktan sonra çıkan ürünler kontrol sonrasında, kabul (OK) ya da ret (NG (not good)) durumuna göre tasnif edilmelidir. İhtiyaca göre oluşturulmak istenen risk-hat (insan ve makine sağlığı) analizi göz önüne alınmalıdır. Örnek olarak Şekil 4, Şekil 6 ve Şekil 8'deki istasyonların parçaları Solidworks ortamında bir araya getirilmesi ile tasarım oluşturulmuş, imalatı ve montajı yapılmıştır. Birçok kompleks parçaların fiziksel bütünleştirmelerinin sağlanmasının ardından PLC programının algoritması ile birlikte yazılımı oluşturulmuştur (Şekil 11). PLC sistemi eğitim setindeki tüm komutların yönetildiği mekanik, elektrik, pnömatik komutların verildiği bir yazılım olması nedeni ile amaca uygun olarak kullanılmıştır (Kurtulan, 2005).

Kamera destekli kalite kontrol sistemleri, otomotiv sanayisinden uzay sanayisine, tekstilden kimyaya, tüm alanlarda ürünün kontrolü sürecinde görüntü işleme yöntemlerinin yardımı ile etkin bir şekilde kullanım alanına sahiptir (Deniz ve Cakir, 2018). Kontrol sürecindeki ürünün insan gözünün algılayamayacağı boyut ya da hızdaki hataları bile kısa sürede tespit ederek insan ve iş gücü olarak üretime olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Bu bulgular sonucunda yapılan mekanik, elektrik ve pnömatik testler ile denenerek sürekliliği kontrol edilerek uygunluğu araştırılmalıdır. Görüntü işleme ile kalite kontrol, günümüzdeki endüstri uygulamalarına daha fazla yarar sağlaması düşünülen kısım ve bölümler incelenmelidir. Örnek olarak Şekil 4, Şekil 6 ve Şekil 8'deki istasyonların tasarımı yapılırken bu kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

3.3 Proses Hattı

Proses, diğer bir ifade ile süreç olarak da adlandırılmakta olup olayların ya da iş akışının beklenen sonuca ulaşabilmesi için bir taslağa uygun şekilde düzenlenmesi işlemidir. Bir uygulamanın gerçekleşmesi için ardı sıra oluşan işlemler dizisi ya da eylemler dizisi olarak da tanımlanabilir. Kalite kontrol hattı sistemi ise bu eylemler dizisinin bütünüdür. Bu tasarımı gerçekleştirilen proseste (Şekil 14) operatör, ölçüm yapılmak istenen parçaları manuel (el yardımı ile) parça yükleme istasyonunun üzerindeki, lineer pistona bağlı plakanın üzerindeki master kalıbına bırakıp işlemin başlaması için onay verdikten sonra, plaka piston yardımıyla ileri konumuna gitmektedir. Robot, plakanın üzerindeki parçaları, robotun flanşına bağlı gripper yardımıyla alıp, ölçüm alma istasyonuna montajı yapılan kameraya belirli açı ve hız da göstermektedir. Kamera programı ise, müşterinin istediği ölçü toleranslarına göre, Şekil 5’de verilen belirli süzgeçlerden geçirilip analiz yapıldıktan sonra doğru ve hatalı parça olduğu sinyali PLC’ye gönderir. PLC ise gelen sinyali robota iletir ve robot da parçanın hatasına göre istenilen kutuya bırakıp döngüye devam etmektedir ve işlem süresi bu şekilde minimuma indirgenmiş olur. Bu çalışmada uygulanan örnek tasarımın bütün hali Şekil 14’teki görselde verilmiştir.



Şekil 14. Proses hattının gerçek ve solidworks tasarımının nihai halinin gösterimi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, birçok otomobil firmasının ürettiği parçaların kalite kontrolü sırasında kamera desteğinden faydalanarak firmalara etkin bir şekilde katkı sağlaması öngörülmüştür. Kamera ile ölçüm sistemlerinin kullanımıyla üretimin baştan sona incelenmesi, çevrim süresinin en aza indirgenmesi, verim sağlamayan süreçlerin kaldırılması ve yerleşim düzeni iyileştirilmeleri hedef alınarak en etkin şekilde verimlilik artışı sağlanması amaçlanmıştır. Tüm sektörler (imalat) için bir değişim söz konusu olduğunda hizmet verilen işletmenin kendi pazarındaki güncel tüm ihtiyaçları, gereksinimleri, modernlikleri ele alınarak bu değişimi başlatmak, alanı küresel bir pazarın içindeyse tek başına yeterli olmayacaktır. Bu durumda yapılması gereken teknolojik gelişmeleri yakından takip

edip her gün gelişen endüstri teknolojilerini iyi analiz ederek üretim ve sonraki süreçlerine yansıttığı değer ve avantajlarını belirlemek faydalı olacaktır. Gelişen teknolojiyi takip etmezsek rakiplerimiz günden güne daha fazla gelişecek ve bulunduğumuz endüstri içinde devrim dahi yapabileceklerdir. Dolayısı ile içinde bulunulan endüstri sürekli gelişen teknolojinin üretim ve diğer birçok fonksiyonuna etki ettiği bir endüstri olduğundan, kamera destekli kalite kontrol ve ölçüm teknolojisi her açısından işletmeye avantaj sağlayacak türdendir.

Teknolojinin yakın takibinin uygulanabilmesi açısından ise ekip çalışması büyük önem arz etmektedir. Firmanın/kurumun kalifiye eleman seçimi, değişikliğe adaptasyon sürecini iyi yönetecek ekiple çalışması üretim sürecinde etkili olacaktır. İlgili eğitimleri tamamlanmış fikirleri ile üretime katkı sağlayacak personellerin katkısı teknoloji ile birleştiğinde çok daha verimli sonuçlar alınacaktır. Montaj hatlarında bu ve buna benzer çalışmalar ile daha da iyileştirilebilir ve bilimsel anlamda gerek yalın üretimin gerekse kamera ile ölçüm montaj hatlarının üretim alanındaki fayda ve yararlılıklarını ortaya çıkarabilir.

Üretim düzeylerini korurken ya da arttırırken, malzeme ve işçilik israfını asgariye indirmek için kullanılan ve bu çalışmada da konusu geçen türevlerin etkin bir şekilde kullanılması ile verimlilikte artış gözlemlenebilecektir. Firmaların verimlilik sağlama koşullarına verdikleri önem her geçen gün artmakta ve imalat endüstrisinde şimdiye dek olduğundan daha önemli olmaktadır. Sonuç olarak, gelişen teknolojinin yakından takip edilmesi en önemli konulardan biri olup, üretim sürecine hız kazandırabilecek robot ve kamera ile desteklenmesi, firmanın hata payını en aza indirgeyip seri üretimde hız kazanması, üretkenlikte net ve kaliteli bir iyileşme sağlamasıyla süreci daha verimli hale getirecektir. Bu çalışmada bahsi geçen verimlilik artışı ürünün kalite kontrolü manuel olarak yapıldığı zaman geçen süre cycle (döngü-çevrim) 4.3 dakikadır. Manuel kontrollün robot, kamera, göz kontrolü ile karşılaştırıldığı zaman, robotun çevrim süresi 1.7 dakikadır. Aralarındaki zaman farkı %60.46 düşüş sağlayarak çevrim süresinin azaldığı görülmektedir. Kamera ile manuel kontrol karşılaştırıldığında ise %65.11'lik bir düşüş görülmektedir. En az süre ile iş parçası kontrolü kamera ile elde edilirken en fazla sürede imal edilen parça süresi manuel olmaktadır. Göz kontrol ile manuel kontrol arasındaki zaman kazancı 0.79 dakika olup %18.60 verim artışı gözlenmektedir.

5. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

6. YAZAR KATKISI

Yakup KOÇ ve Derviş ÖZKAN çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, fikirsel içeriğin eleştirel incelenmesi, son onay ve tam sorumluluk aşamalarında katkı sağlamışlardır.

7. KAYNAKLAR

Anonim, 2021a. Kuka, <https://www.kuka.com/tr-tr/%C3%BCr%C3%BCnler-hizmetler/robot-sistemleri/end%C3%BCstriyel-robot/kr-z/> (Erişim Tarihi: 27.06.2021).

Anonim, 2021b. Serkanhoca, <https://www.serkanhoca.org/2018/01/fry-sartlandrc-hava-hazrlayc.html/> (Erişim Tarihi: 27.06.2021).

- Anonim, 2021c. Schunk, https://schunk.com/tr_en/homepage/ (Erişim Tarihi: 27.06.2021).
- Anonim, 2021d. Festo, https://www.festo.com/cat/tr_tr/products/ (Erişim Tarihi: 27.06.2021).
- Anonim, 2021e. Robotistan, <https://maker.robotistan.com/plc-nedir-plc-programlama-teknikleri-ve-ozellikleri/> (Erişim Tarihi: 27.06.2021).
- Bağcı E., Endüstri 4.0: Yeni üretim tarzını anlamak, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi 9 (24), 122-146, 2018.
- Bone G. M., Capson D., Vision-guided fixtureless assembly of automotive components. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 19(1-2), 79-87, 2003.
- Deniz C., Cakir M., In-line stereo-camera assisted robotic spot-welding quality control system. Industrial Robot 45 (1), 54-63, 2018.
- Ege G. K., Kesen U., Yüce H., Genç G., FR4 ve FR2 Baskı Devre Kartlarının Mikroşerit Anten Uygulamasında Tasarımı ve Simülasyonu. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM) 2 (1), 51-59, 2021.
- Ekstrom M. P., Digital image processing techniques. Academic Press, Second Edition, 2, 372, 2012.
- Faheem M., Shah S. B. H., Butt R. A., Raza B., Anwar M., Ashraf, M. W., Gungor, V. C., Smart grid communication and information technologies in the perspective of Industry 4.0: Opportunities and challenges. Computer Science Review 30, 1-30, 2018.
- Fırat O. Z., Fırat S. Ü., Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi 46 (2), 211-223, 2017.
- Gökçen H., Ağpak K., Benzer R., Balancing of parallel assembly lines. International Journal of Production Economics 103 (2), 600-609, 2006.
- Köse F., Dişli çark hatalarının görüntü işleme yöntemleri ile ölçümü. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans (Basılmış), 2005.
- Küçükataç O., Köse E., Yıldız Z., PLC Kontrollü Kurutucu Konveyör Tasarımı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi 36 (1), 249-260, 2021.
- Kurt D., Bozoklu Ü., Robot Ekonomisinin Yükselişi. Sosyal Bilimler Metinleri 1, 25-47, 2019.
- Kurtulan S., PLC ile endüstriyel otomasyon. Birsen Yayınevi, 3. Baskı, 1, İstanbul, 2003.
- Li Z., Kucukkoc I., Tang Q., Enhanced branch-bound-remember and iterative beam search algorithms for type II assembly line balancing problem. Computers & Operations Research 131, 2-9, 2021.
- Manesis S., Nikolakopoulos G., Introduction to Industrial Automation, First edition, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.
- Sága M., Bulej V., Čuboňova N., Kuric I., Virgala I., Eberth M., Case study: Performance analysis and development of robotized screwing application with integrated vision sensing system for automotive industry. International Journal of Advanced Robotic Systems, 17 (3), 1-23, 2020.
- Soylu A., Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 32, 43-57, 2018.
- Taştan M., Aluçoğlu A., Programlanabilir lojik denetleyici ile deneysel endüstriyel sistemin kontrolü. Elektrik Mühendisleri Odası 67-74, 2003.

Turan H., Japon Yalın Üretim Yönetim Modelinin Türk Üretim Sektöründe Uygulanabilirliğinin İncelenmesi: Otomotiv Sektöründe bir Uygulama. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi 14 (2), 451-459, 2018.

Wilson L., How to implement lean manufacturing, The McGraw-Hill Education, New York, 2010.