



Görüntü İşleme İle Çikolata Konumlarının Tespit Edilip Endüstriyel Robot İle Toplanması

Detecting Chocolate Positions By Image Processing And Collecting With Industrial Robot

Ali Osman Biler¹ , Bahar Akbal¹ 

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya

Başvuru/Received: 20/06/2022

Kabul / Accepted: 29/07/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Endüstri 4.0 ile üretimde makineleşmenin önemi arttı. Bunun üzerine bir de pandemi dönemi gelince makineleşme kaçınılmaz bir hale geldi. Konu üretim hattındaki insan gücünü en aza indirmek olunca robotların önemi arttı. İnsan üretimin kontrolünü sağlarken robotlar üretim hattında fiziksel performans gerektiren işleri görev edinmektedir. Bu şekilde olan hatların ilk yatırım maliyeti oldukça yüksek olsa da parça başına üretim maliyeti düşük çıkmaktadır. Parça başına üretim maliyeti düşen bir üretim hattının yatırım maliyeti kısa süre içerisinde kendini amorti etmektedir. Bu çalışmada; paketlenmeye hazır çikolataların bulunduğu konveyörün üzerine konumlandırılan kameradan alınan görüntüye göre konveyör üzerindeki çikolataların konumu tespit edilmiş ve alınan tüm konumlar PLC'ye gönderilmiştir. PLC, HMI panel üzerinden konumları robota göndermiştir. Robot doğrusal regresyon yöntemiyle elde edilen formüle göre konum bilgilerini kendi koordinat sistemine dönüştürüp ürünlerin konumunu tespit etmiştir. Konumu tespit edilen çikolatalar konveyör üzerinden alınıp kalıbın ilgili hücrelerine bırakılmıştır. Kurulan bu sistem ile 24 saat çalışabilecek bir üretim hattı kurulmuş olmaktadır. Dünya genelinde yaşanan covid 19 salgınından dolayı birçok firma insan gücü eksikliğinden dolayı üretimine ara vermek zorunda kalmıştır. Bu dönemde makineleşmiş ve robotlarla donatılmış üretim hatlarının birçok üretimine devam etmiştir. Yatırım maliyeti bu gibi dönemlerde çok daha hızlı bir şekilde tekrar kazanılmış olmaktadır.

Anahtar Kelimeler

“Endüstriyel Robot, Görüntü İşleme, HMI, PLC, Python, RT Toolbox”

Abstract

With Industry 4.0, the importance of mechanization in production has increased. After that, when the pandemic period came, mechanization became inevitable. The importance of robots has increased when it comes to minimizing human power on the production line. Robots take on tasks that require physical performance on the production line, while humans control production. Although the initial investment cost of the lines in this way is quite high, the production cost per piece is low. The investment cost of a production line that reduces the cost of production per piece pays off in a short time. In this study,; according to the image taken from the camera placed on the conveyor where the chocolates are ready to be packed, the location of the chocolates on the conveyor has been determined and all the locations received have been sent to PLC. The PLC sent the locations to the robot via the HMI panel. According to the formula obtained by the robot linear regression method, it converted the location information into its own coordinate system and determined the position of the products. The chocolates, the location of which was determined, were taken from the conveyor and left in the corresponding cell of the mold. With this system, a production line that can work 24 hours a day has been established. Due to the COVID-19 pandemic worldwide, many companies have been forced to Decelerate their production due to lack of manpower. During this period, many of the production lines equipped with mechanized and robots continued to be produced. The cost of investment is recovered much faster during such periods.

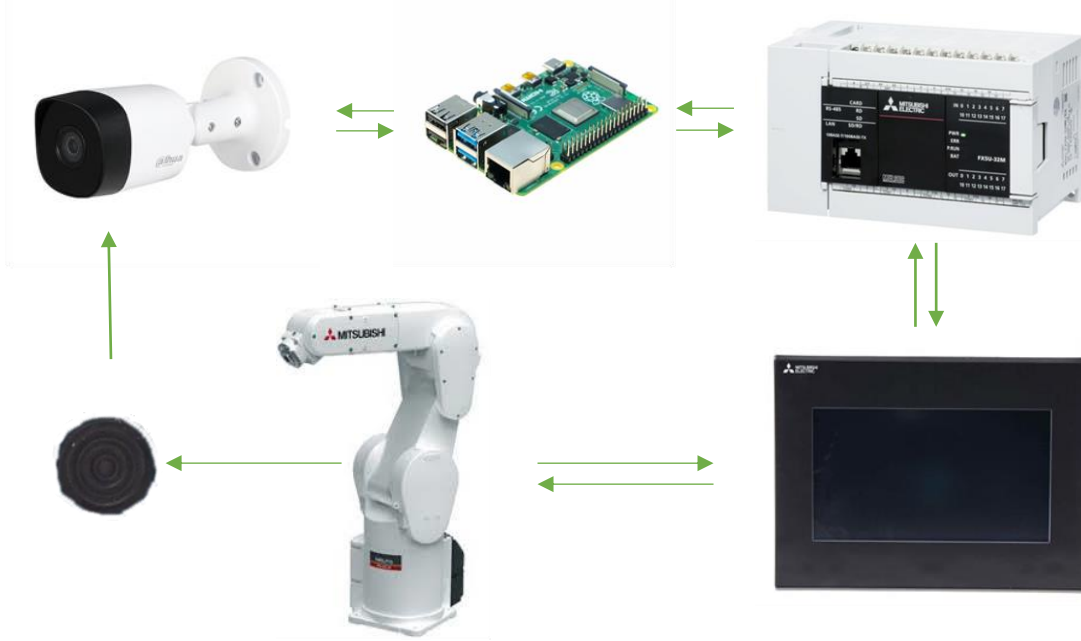
Key Words

“Industrial Robot, Image Processing, HMI, PLC, Python, RT Toolbox”

1. Giriş

Endüstri 4.0 ile robotik sistemlerin hayatımızdaki önemi her geçen daha da artmaktadır. Dolayısıyla üretim hatları üzerindeki insan etkisi de azaltmaya devam etmektedir. Konu insana bağlı üretimi azaltmak olunca robot, kamera ve otomasyon sistemlerinin kullanımı kaçınılmaz bir hal almaktadır. Bu çalışmanın temelinde de insan gücüne dayalı üretimi azaltmak yatmaktadır.

Çikolata üretim hattının son kısmı olan paketleme bölümüne yapılan bu çalışmada konveyör üzerinden farklı konumlardan gelebilen siyah ve beyaz çikolataların kalıba dizilimi vardır. Çikolata fabrikalarında bu kalıplama işlemleri için genelde elemanlar paketlenmeye hazır olan çikolataların bulunduğu konveyör bandın kenarlarında durarak topladıkları çikolataları tek tek kalıplara yerleştirmektedir. Yapılan bu çalışma sayesinde çikolataların toplanıp kalıplanması için insan gücüne olan ihtiyaç azalmıştır. Çalışmanın temelinde; nihai ürünün insan ile temasının en aza indirilmesi, üretim sırasında insan gücü düşürüldüğü için eleman maliyetinin düşürülmesi ve yapılan iş salgın gibi durumlardan etkilenmeden devam etmesi amaçlanmıştır. Şekil 1.1'de geliştirilen sistemin blok diyagramı görülmektedir.



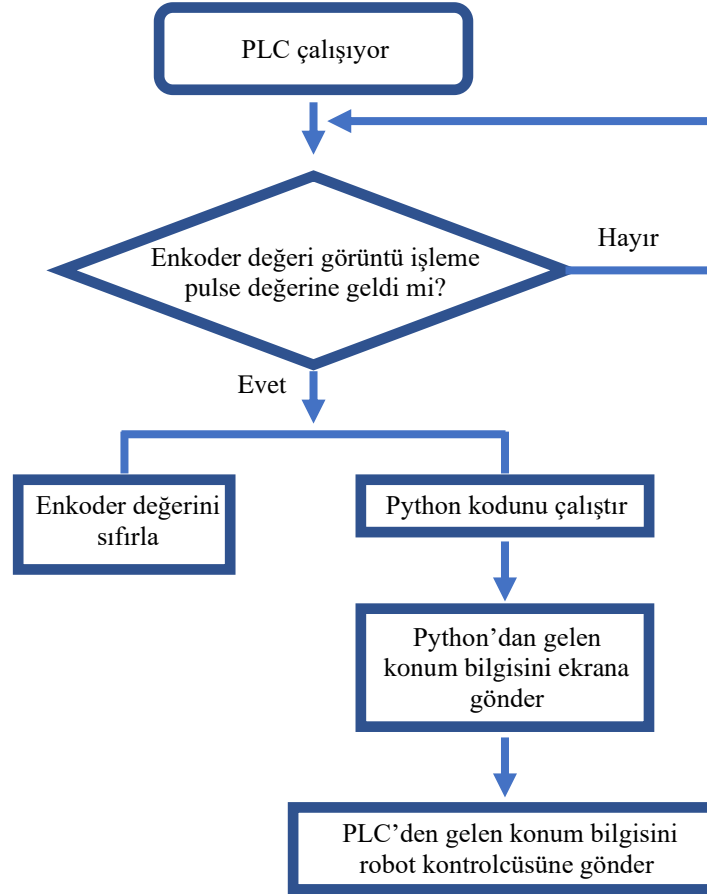
Şekil 1.1. Geliştirilen sistemin blok diyagramı

Literatürde robot kolu ve görüntü işleme ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Arenas ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada el hareketleri ile robotik kol kontrolü gerçekleştirmişlerdir. Kameradan alınan görüntüler bir derin öğrenme yapısı ile sınıflandırılarak robota komut gönderilmiştir. Robot gelen komuta göre aşağı, yukarı, sağa veya sola vb. hareketler yapmıştır. Çalışmada derin öğrenme ile komut sınıflandırması %84,5 başarı ile gerçekleştirilmiştir (Arenas, 2018). Garad 2017 yılında yaptığı çalışmada kamera altına bırakılan ve farklı çiziksel formlara sahip nesnelerin görüntülerini kameradan alıp bu görüntüleri MATLAB ile işlemiştir. Görüntü işleme işleminin sonucunda kamera altındaki nesnelere şekline göre ayrılmış olur (Garad, 2017). Zheng ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada otomobil parçalarının kaynağı sırasında kaynak başarısını arttırmak için kaynak alanlarını görüntü işleme kullanarak yüksek hassasiyet ile tespit etmişlerdir. Sistemi Çin'de bulunan bir otomobil fabrikasındaki kaynak robotuna entegre etmişlerdir (Zheng, 2018). Yıldız ve ark. 2021 yılında yaptıkları çalışmada bir çikolata üretim hattının çıkışından yani paketlenmiş çikolataların çıktığı hattan ambalajı bozuk ürünleri tespit edip bu ürünleri robot kol ile toplamışlardır. Tespit ettikleri ürünlerin konumlarını Python içerisinde depolamışlardır. Konumları panelin data transfer fonksiyonunu kullanarak robot kontrolcüsüne göndermişlerdir. (Yıldız, 2021). Barstugan ve ark. 2020 yılında Hürsan Pres firmasında yaptıkları çalışmada 5 farklı kaynakçıdan aldıkları 2250 resim ile yapılan kaynakları 3 sınıfta (iyi kaynak, gözenekli kaynak ve süreksizlik) sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmayı 2 aşamada yapmışlar. İlk aşamada kaynak bölgesini tespit etmişler. İkinci aşamada yapay sinir ağı ile kaynak bölgesinin öz niteliklerini sınıflandırmıştır. Sistemi eğitmek için 1500 resim alınmıştır. %94,03 eğitim performansını elde edilirken %94,19 doğrulama performansı elde edilmiştir. Sistemin testi için 750 resim kullanılmıştır. Sistemin test performansını %94,31 olarak elde etmişler (Barstugan, 2020). Savran 2018 yılında yaptığı çalışmada gaz kaçak testi için görüntü tabanlı pozisyonlanmalı ABB IRB 140 robot uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma içerisinde 6 eksenli ABB IRB 140 robot kullanılmış, bakır boru üzerindeki kaynak noktalarının bulunması için görüntü işleme algoritması oluşturulmuş, kamera ile robot arasında koordinat dönüşümü yapılmış ve uygulanmanın başarısının gösterilmesi için gerçek zamanlı uygulamalarda pozisyon sapmaları incelenmiştir. Görüntü işleme tarafında dijital görüntü işleme algoritma yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler ise eşik, morfolojik işlemler ve renk düzlemi çıkarma yöntemleridir. Eşik yönteminde gri tonlamalı görüntüden kaynak görüntüdeki her pikselin iki veya daha fazla sınıfını renkli görüntülerde atama işlemi olan segmentasyon yapılır. Bu yöntem görüntü işlemede amaçlanan görüntünün sınırlayarak en az bir renk veya gri skala değeri kullanarak bölmektir. Morfolojik işlemler lineer olmayan komşuluk işlemlerinde etkili bir görüntü işleme yöntemidir. Morfolojik işlemlerde

genişletme, aşındırma, açma ve kapama işlemleri kullanılmaktadır. Genişletme işleminde objelerin boyutu büyütölmektedir, aşındırma işleminde ise objelerin boyutu daraltılmaktadır. Açma işleminde birbirine yakın nesnelere değişim uygulanmadan ayrılır, kapa işleminde ise birbirine yakın nesnelere bağlanmaktadır. Renk düzlemi çıkarma yöntemi ile görüntüdeki renk bilgisi elde edilmektedir. Görüntü işleme yönteminde elde edilen pozisyonlar resim koordinat sisteminde yer almaktadır. Ancak robot olarak kullanılan ABB IRB 140 programında pozisyonlar dünya koordinat sisteminde tanımlanmaktadır. Bu nedenle lineer denklemler ile koordinat dönüşümü yapılmıştır. Sonrasında koordinat dönüşümü için kamera kalibrasyonu grid parçalı düzlemde yapılmıştır ve parametreler bulunmuştur. Bu parametreler algoritmada derinlik değişimine bağlı olarak güncellenmiştir (Savran, 2018). İnan 2013 yılında yaptığı çalışmada ürettiği iki eksenli ve eksen kontrollerini servo motor ile yaptığı robot kol üzerine kamera konumlandırmıştır. Kameradan aldığı görüntüyü işleyerek görüntü içindeki hedefin merkezi kameradan alınan görüntünün merkezine gelecek şekilde robot düzeneğini kontrol etmiştir. Görüntü işleme alanında ise iki boyutlu çapraz korelasyon yöntemi hedef tanıma yöntemi olarak seçilmiş ve görüntü işleme algoritması MATLAB programında yapılmıştır. (İnan, 2013). Andhare ve Rawat 2016 yılında yaptıkları çalışmada nesnenin x, y koordinatını bulma hakkında bir fikir verir. 2D dönüşüm yardımıyla piksel koordinatını gerçek dünya koordinatına dönüştürerek bulunur. Temelde çalışmanın görme sensörünün altına yerleştirilen nesnelere seçilmesi ve yerleştirilmesidir (Andhare, 2016). Koparde ve ark. 2020 yılında yaptıkları çalışmada görüntü işleme işlemini Python'da Open CV kütüphanesini kullanarak yapmışlar. Tüm işlemler Raspberry Pi 4B üzerinden yapılmış konumu tespit edilen nesneye PCA 9685 sürücülerin bağlı olduğu servo motorlar yardımıyla erişilmiştir (Koparde, 2020).

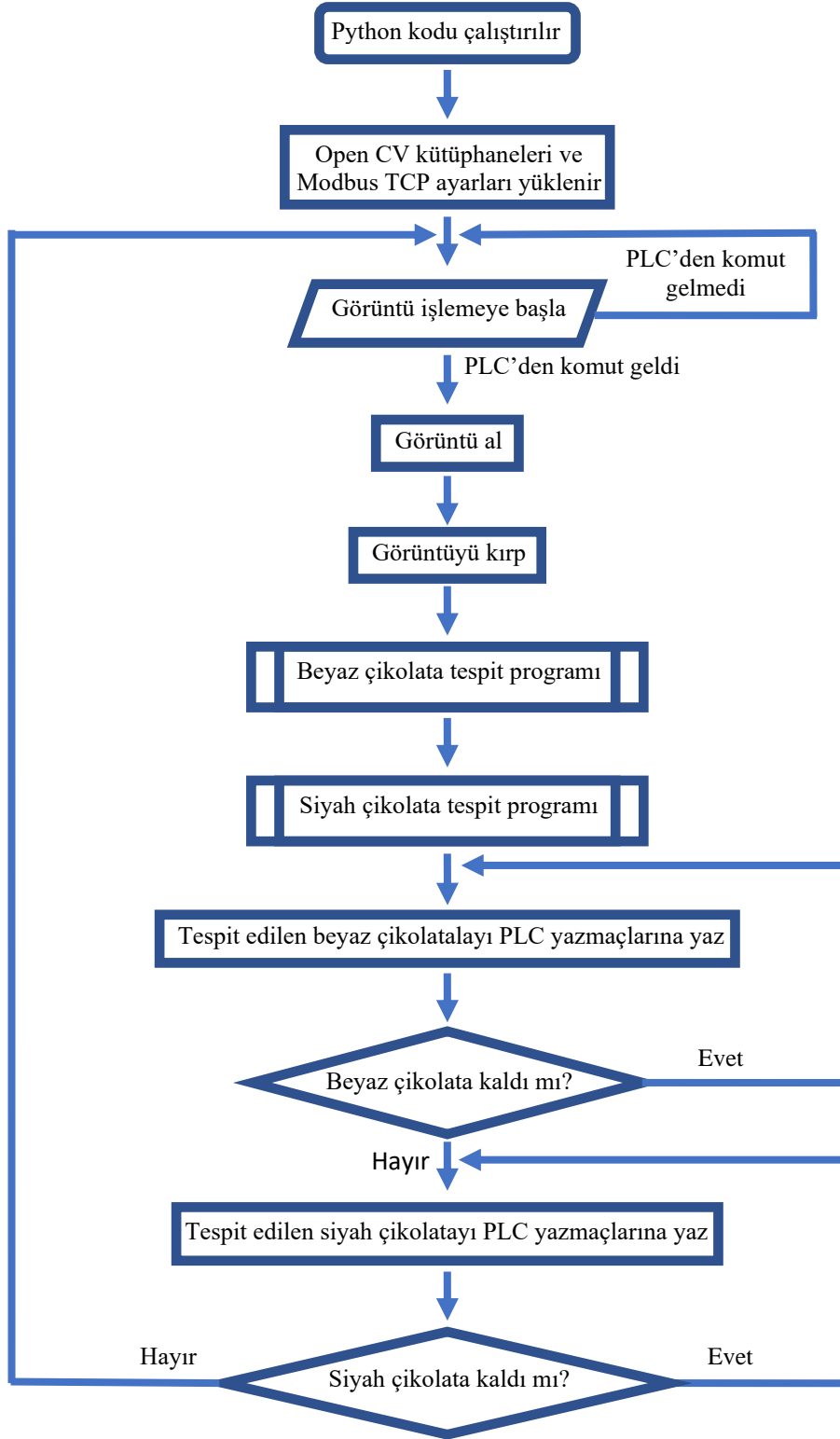
2. Materyal Yöntem

Çikolataların bulunduğu konveyöre montajı yapılan enkoder sayesinde konveyör konumu tespit edilmiş. Bu konveyör, kameradan alınan bir görüntü boyu ilerlediğinde kameradan görüntü alınmıştır. Bu kontrol mekanizması PLC içerisinde kurulmuştur. Python kodu görüntü işleyip konum elde etmesiyle alınan konum bilgileri PLC üzerinden robot kontrolcüsüne gönderilmek üzere HMI panele gönderilmiştir. HMI panel aldığı konum bilgilerini belirli zaman periyotlarında robota göndermiştir. Şekil 2.1'de PLC ve HMI panelin akış diyagramı görölmektedir.



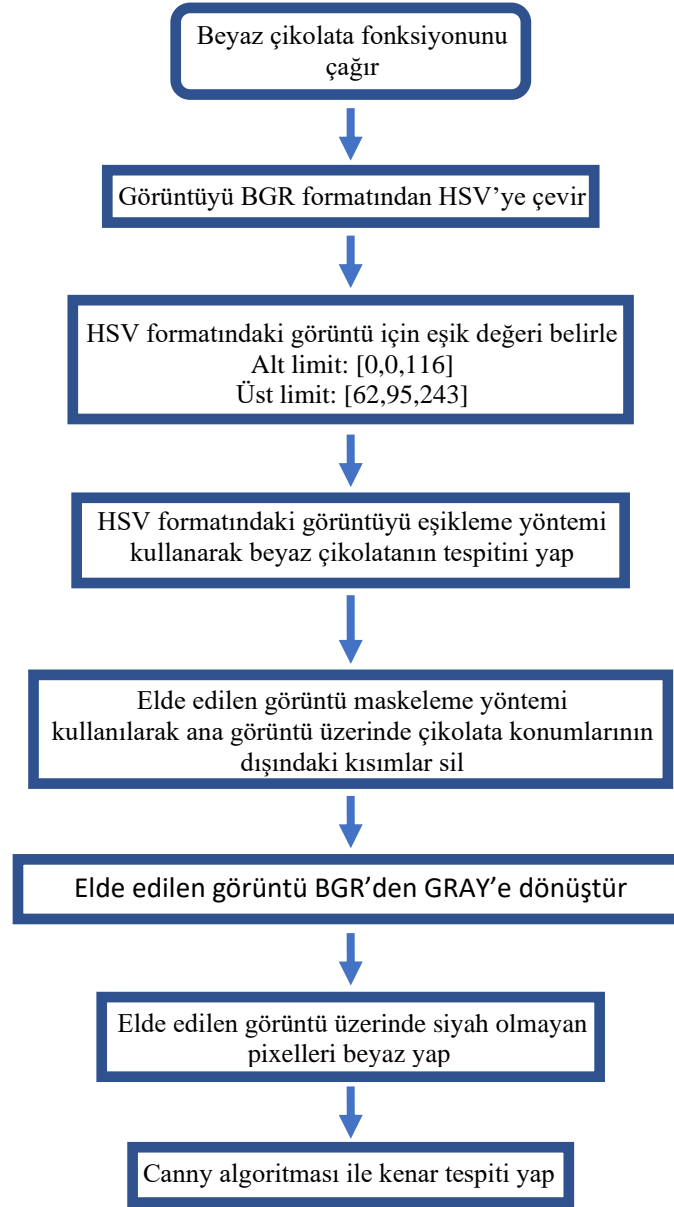
Şekil 2.1. PLC ve HMI panel akış diyagramı

Ürünlerin bulunduğu konveyöre montajı yapılan, bir turunda 1000 pulse veren, enkoder sayesinde ürün konveyörünün ilerleme miktarı tespit edildi. Ürün konveyörü 1 görüntü boyu ilerlediğinde Python koduna görüntü işle komutu verildi. Bu komut verilirken aynı zamanda bir sonraki görüntüyü çekebilmek için enkoder değeri sıfırlanır. Python görüntü işlemeyi tamamlayınca tespit ettiği ürünlerin konumlarını PLC'ye HMI panele göndermesi için gönderir. Konumlar HMI panel üzerinden robota gönderilir. Şekil 2.2'de Python kodunun akış diyagramı görülmektedir.



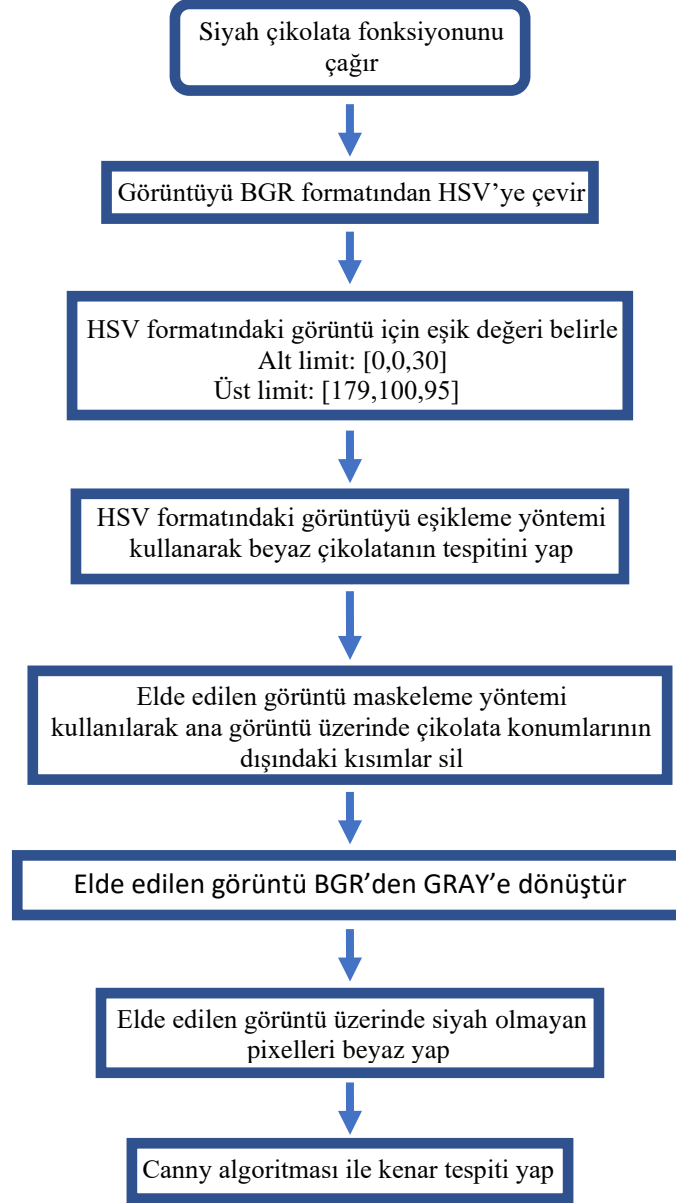
Şekil 2.2. Python programı akış diyagramı

Görüntü işlemeye başla komutu ile birlikte kamerada görüntü alınır. Alınan görüntüden çikolatanın gelmediği kısımlar kesilir. Sadece çikolata bulunabilecek kısımlar bulunan görsel; beyaz çikolata tespit programı ve siyah çikolata tespit programına gönderilir. Bu program parçalarından siyah ve beyaz çikolataların konumları tespit edilir. Tespit edilen çikolataların her birine ID numarası verilerek ID numarasına göre PLC yazmacına yazılır. Şekil 2.2’de görülen Python programı akış diyagramında bulunan “Beyaz çikolata tespit programı” isimli program parçasının akış diyagramı Şekil 2.3’de görülmektedir.



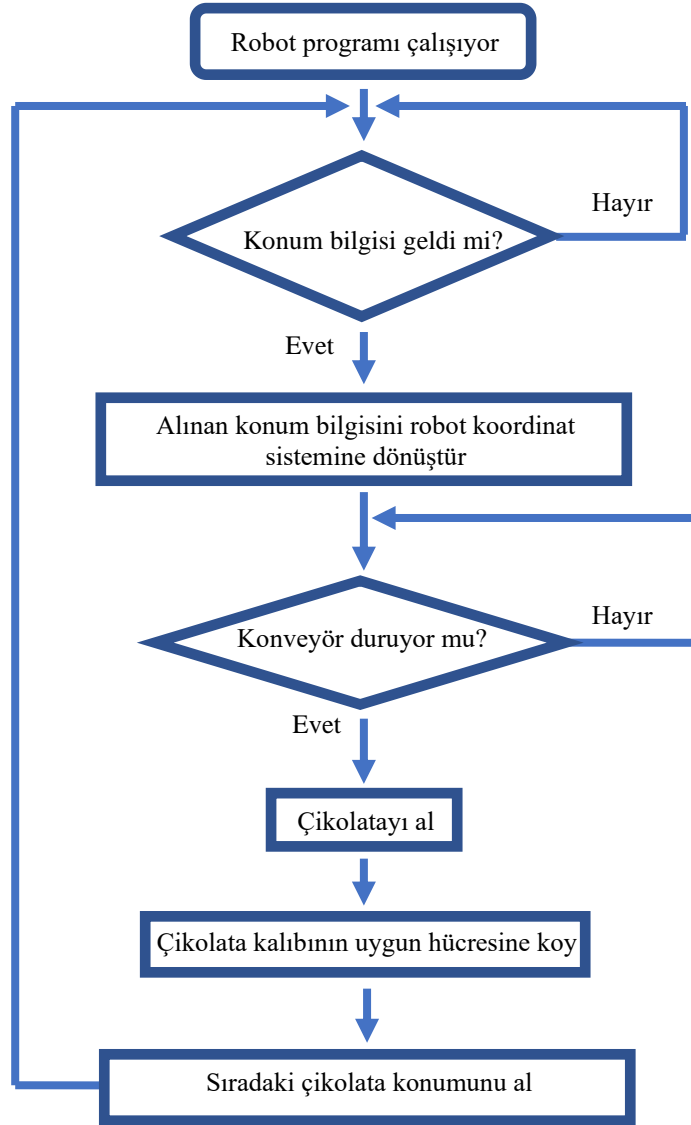
Şekil 2.3. Python programı beyaz çikolata tespit fonksiyonu akış diyagramı

Öncelikle gelen görsel BGR formatından HSV formatına çevrilir. HSV formatındaki görselde eşikleme yöntemi kullanılarak alt limit ve üst limit değerlerine göre beyaz çikolatalar görsel üzerinde tespit edilir. Elde edilen yeni görsel maskeleye yöntemi kullanılarak ana görsel üzerindeki çikolatalar tespit edilir. Elde edilen son görsel BGR’den Gray formata dönüştürülür. Gray formatındaki görselin beyaz çikolata bulunmayan kısımları siyah renktedir. Bu görselin siyah olmayan kısımları beyaza çevrilir. Ardından Canny algoritması kullanılarak kenar tespiti yapıp beyaz çikolatalar tespit edilmiş olur. Şekil 2.2’de görülen Python programı akış diyagramında bulunan “Siyah çikolata tespit programı” isimli program parçasının akış diyagramı Şekil 2.4’de görülmektedir.



Şekil 2.4. Python programı siyah çikolata tespit fonksiyonu blok diyagramı

Öncelikle gelen görsel BGR formatından HSV formatına çevrilir. HSV formatındaki görselde eşikleme yöntemi kullanılarak alt limit ve üst limit değerlerine göre siyah çikolatalar görsel üzerinde tespit edilir. Elde edilen yeni görsel maskeleye yöntemi kullanılarak ana görsel üzerindeki çikolatalar tespit edilir. Elde edilen son görsel BGR'den Gray formata dönüştürülür. Gray formatındaki görselin siyah çikolata bulunmayan kısımları siyah renktedir. Çikolatalar tam siyah olmadığı için renk tonları farklıdır. Bu görselin siyah olmayan kısımları beyaza çevrilir. Ardından Canny algoritması kullanılarak kenar tespiti yapıp siyah çikolatalar tespit edilmiş olur. Python'dan konum bilgilerinin robot kontrolcüsüne gelmesi ile birlikte robot algoritması başlamaktadır. Robot programının akış diyagramı Şekil 2.5'de görülmektedir.



Şekil 2.5. Robot programı akış diyagramı

Robota konum bilgisi gelince yani robot registerlarında 0'dan farklı bir değer bulunduğunda alınan pixel değerleri robotun koordinat sistemine dönüştürülür. Bu işlem doğrusal regresyon yönteminden elde edilen formül sayesinde yapılır. Konumu tespit edilen ürünleri almak için konveyörün durması beklenir. Eğer konveyör duruyorsa çikolata tespit edilen konumdan alınıp kalıbın ilgili hücrelerine konulur.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu projede kamera ile tespit edilen çikolatalar endüstriyel robot ile alınıp kalıplandı. Kameradan alınan görüntü Raspbery Pi 4'de Python kodunda işlendi. Çikolata konumları elde edildi. Daha önce yapılmış olan uygulamalarda toplanabilecek olan çikolataların konum bilgisi Python üzerinde depo edilip robota sadece toplanabilecek olan 1 adet çikolatanın konumu gönderilmiştir. Konum bilgileri ekran üzerinden gitmektedir. Ekranın data transfer periyodu tanımlanan yazmacın on off periyoduna göre değişiklik göstermektedir. Haberleşmenin data transfer süresinin "t" olduğunu düşünürsek bir verinin gönderilme süresi "t" kadar zaman alır. Bu uygulamada bu kaybın önüne geçmek için konum bilgileri tespit edildikten sonra direkt olarak PLC'ye gönderilmektedir. PLC yazmaçlarından bulunan konum bilgileri ekran üzerinden robota gönderilmektedir. Yani konum bilgileri hem PLC hem de robot yazmaçlarında depolanmaktadır. Robot ürüne hareket etmek istediği an Python'dan konum isterse verinin gitme "t" kadar zaman alacaktır. Her konum ID numarasına göre bir yazmaca yazılarak robotun konuma hareket etmek istediği an kendi yazmaçlarında bulunan konumu okuyacağından dolayı bu veri bekleme süresi en aza indirilmiş olur. Dakikada 60 adet ürün için konum göndermek gerekirse "60t" kadar zaman sadece haberleşme süresine harcanmış olur. Eğer "t" süresinin 100 ms olduğunu varsayarsak dakikada 6000 ms, saatte 360 saniye, günde 8640 saniye haberleşmeden kazanç olduğu anlamına gelir. Bu da yaklaşık %10 bir performans artışı anlamına gelir. Kullanılan bu yöntem ile çikolata konumları daha robot istemeden robot ve PLC yazmaçlarında depo edildiği için robot ilk çikolatayı aldıktan sonra ikinci çikolata için haberleşmeden bilgi beklemek zorunda kalmadan kendi yazmacını okuyarak zamandan tasarruf sağlamıştır.

Konveyörden görüntü almak için kullanılan enkoder sayesinde Python programı sürekli fotoğraf alıp görüntü işlettirilmemiştir. Bu da cihazın boş yere görüntü işlememesini sağlamıştır. Enkoderden alınan pulse bilgisine göre konveyör bir görüntü boyu ilerleyince görüntü işlemesi için Python'a komut verilmiştir.

Konum bilgileri doğrusal regresyon yönteminden elde edilen formülde işlenip robot koordinat sistemindeki ürün konumu tespit edilip ürünler toplanmıştır. Toplanan ürünler 3x3 çikolata kalıbında konulması gereken noktanın konumu hesaplanarak konumlandırılmıştır. Kalıbın sadece 1. satırının ve 1. sütununun konumu tanıtılmıştır. Diğer kalıp hücreleri kalıbın X ve Y eksenindeki hücreler arası uzaklık değerlerinden elde edilmiştir. Bu uygulama sayesinde çikolatalar daha hijyenik bir şekilde toplandı. Buna ek olarak da toplama işlemini robot yaptığı için 24 saat çalışma opsiyonu sunulmuş oldu. Bu da gün sonunda toplanan ürün adetini arttırdı.

Çikolata ve konum tespiti bir endüstriyel kamera yerine, bir kamera ve Raspberry Pi 4 ile yapılarak, endüstriyel bir kamera ile yapılarak maliyet ciddi anlamda düşürülmüştür.

Yapılan tüm çalışma sonuçlarından yola çıkarak aşağıdaki değerlendirmeler ve öneriler yapılabilir:

- Kameranın konumlandırıldığı bölgenin kabin ile kapatılıp ortam ışığından etkilenmesi önlenmelidir.
- Robot gripperi ürün tutma hızını arttırmak amacıyla değiştirilebilir.
- Akan bir konveyör üzerinden ürün toplayabilmek amacıyla konveyörde enkoder takibi yapılabilir.
- Görüntü işleme süresini hızlandırmak amacıyla Raspberry Pi 4 yerine daha güçlü bir donanım kullanılabilir.
- Derinlik ölçen bir kamera kullanılarak ürün yüksekliği tespit edilip ürünlerin sınıflandırılması yapılabilir.

4. Referanslar

Andhare, P. ve Rawat, S. (2016, Ağustos). Bilgisayar görüşlü endüstriyel robot kontrolörünü seçin ve yerleştirin. 2016'da Uluslararası Bilgi İşlem İletişim Kontrolü ve Otomasyonu Konferansı (ICCUBEA) (s. 1-4). IEEE.

Arenas, JOP, Moreno, RJ ve Beleño, RDH (2018). El hareketleriyle robotik bir kolun kontrolü için DAG mimarisine sahip evrişimli sinir ağı. Çağdaş Mühendislik Bilimleri , 11 (12), 547-557.

Barstugan, M., Ceran, YS, Yılmaz, M., & DüNDAR, NA (2020, Temmuz). Tek Boncuk Kaynakta Hataların Makine Öğrenimi Yöntemleriyle Tespiti. IOP Konferans Serisinde: Malzeme Bilimi ve Mühendisliği (Cilt 895, No. 1, s. 012012). GİB Yayıncılık.

Garad, PV (2017). Şekle göre nesne sıralama robotu. Int. J. of Adv. Araş., Fikirler ve Innov. Technol'de , 3 , 129-134.

İnan, T. (2013). Hareketli hedefi takip eden robot kolu sistemi (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey))

Koparde, S., Chavan, O., Joshi, M., & Bodke, S. (2020, Nisan). Rohanish Rover: Robotik Kol ve Görüntü İşleme. 2. Uluslararası İletişim ve Bilgi İşleme Konferansı'nda (ICCIP) .

Savran, A. İ., & Kumbasar, T. (2018, Ekim). Görüş Tabanlı Konumlandırma Gaz Kaçağı Test Otomasyon Sistemi. 2018'de 6. Uluslararası Kontrol Mühendisliği ve Bilişim Teknolojileri Konferansı (CEIT) (s. 1-6). IEEE.

Yıldıza, İ., Kayaa, A., Gedika, MA ve Barstuğana, M. (2021). Arızalı Ürünlerin Üretim Hattından Robotik Kolla Görüntü İşleme Yöntemleri ile Ayrılması. CEUR Çalıştay Bildirilerinde . CEUR-WS.

Zheng, Z., Ma, Y., Zheng, H., Gu, Y., & Lin, M. (2018). 2D monoküler görüşle yönlendirilen robotik bir kol kullanarak endüstriyel parça lokalizasyonu ve kavrama. Endüstriyel Robot: Uluslararası Bir Dergi .