



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE ÇİKOLATA KONUMLARININ TESPİT EDİLİP
ENDÜSTRİYEL ROBOT İLE TOPLANMASI**

Ali Osman BİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Osman BİLER tarafından hazırlanan “Görüntü İşleme ile Çikolata Konumlarının Tespit Edilip Endüstriyel Robot ile Toplanması” adlı tez çalışması 21/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi HÜSEYİN DOĞAN

.....

Danışman

Doç. Dr. BAHADIR AKBAL

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi MÜCAHİD BARSTUĞAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ali Osman Biler

Tarih:

ÖZET
GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE ÇİKOLATA KONUMLARININ TESPİT
EDİLİP ENDÜSTRİYEL ROBOT İLE TOPLANMASI

Ali Osman BİLER

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. BAHADIR AKBAL

2022, 76 Sayfa

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi HÜSEYİN DOĞAN
Doç. Dr. BAHADIR AKBAL
Dr. Öğr. Üyesi MÜCAHİD BARSTUĞAN

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 birçoğu 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

MS THESIS

**DETECTING CHOCOLATE POSITIONS BY IMAGE PROCESSING
AND COLLECTING WITH INDUSTRIAL ROBOT**

Ali Osman BİLER

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical Electronics Engineering**

Advisor: Doç. Dr. BAHADIR AKBAL

2022, 76 Pages

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi HÜSEYİN DOĞAN

Doç. Dr. BAHADIR AKBAL

Dr. Öğr. Üyesi MÜCAHİD BARSTUĞAN

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.

Keywords: Image Processing, Industrial Robot, HMI, PLC, Python, RT Toolbox

ÖNSÖZ

Bu tezin her aşamasında emeği geçen, bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bahadır AKBAL'a, lisansüstü öğrenimim boyunca ilgi ve alakalarını esirgemeyen Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Öğrenci İşleri çalışanlarına ve tüm öğrenim hayatım boyunca benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ali Osman BİLER
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
Simgeler	ix
Kısaltmalar	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1 Mitsubishi Electric GT2107-WTBD HMI Panel	5
3.1.1 HMI Panelin Üzerindeki Etiket Bilgileri	6
3.1.2 GT21 Serisi Ekranın Terminal Bağlantıları	7
3.1.3 GT21 Serisi Güç Terminali Bağlantıları	9
3.2 Mitsubishi Electric FX5U-32MT-DSS CPU	10
3.2.1 Mitsubishi PLC'leri Üzerindeki Etiket Bilgileri	11
3.2.2 FX5U-32MT/DSS Terminal bağlantıları	12
3.2.3 FX5U Serisi Güç Terminali Bağlantıları	16
3.2.4 FX5U Serisi Genişleme Modülleri	19
3.2.5 FX5U Serisi Genişletme Kartları	21
3.2.6 Haberleşme için genişletme adaptörleri	22
3.2.7 FX5U Analog için genişletme adaptörleri	23
3.3 Mitsubishi Electric RV-4FLM-D Endüstriyel Robot	24
3.4 Mitsubishi Electric FR-D720S-025SC-EC Asenkron Motor Sürücüsü	28
3.4.1 İnverterin terminal bağlantısı	30
3.4.2 İnverterin parametreleri	32
3.5 Raspbery Pi 4	33
3.6 Dahua Marka Kamera	35
3.7 Kullanılan yöntem.....	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	44
4.1 Kameradan görüntü alınması	45
4.2 Kameradan alınan görüntünün işlenmesi	47
4.3 Alınan konum bilgilerinin PLC üzerinden kontrolü	51
4.4 FX5U CPU'dan gelen bilgilerin HMI panel üzerinden robota gönderilmesi	58
4.5 Robot kamera kalibrasyonu	62
4.6 Robot programı	66

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
5.1 Sonuçlar	73
5.2 Öneriler	74
KAYNAKLAR	75



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

₺: TL

€:Euro

Kısaltmalar

PLC : Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)

HMI : Human-Machine Interface (İnsan – Makine Arayüzü)

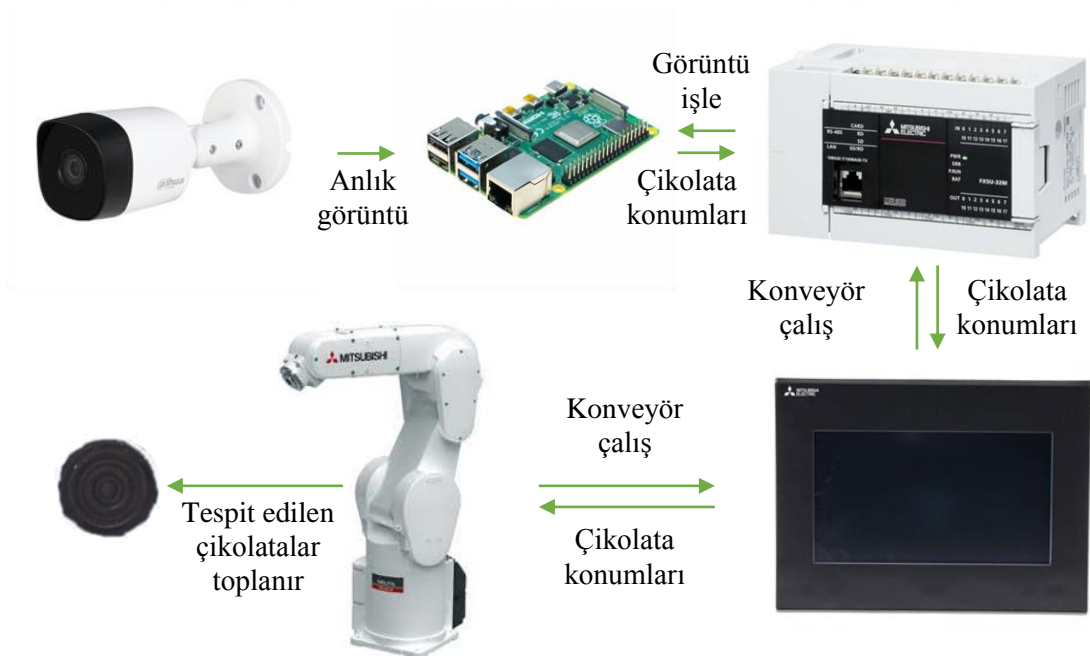
ms: milisaniye



1. GİRİŞ

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 azalmak 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 paketlenme 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

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırması için tez ile alakalı olan konu başlıkları belirlenmiş olup bu konulara göre kaynak araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu konu başlıklarından bahsetmek gerekir ise bunlar; görüntü işleme ile nesne tespiti, endüstriyel sistemlerde robot kol kullanımı konuları göz önüne alınmıştır.

Arenas ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada el hareketleri ile robotik kol kontrolü gerçekleştirmiştir. 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 formlara sahip nesnelerin görüntülerini kameradan alıp bu görüntüleri MATLAB ile işlemiştir. Görüntü işleme işleminin sonucunda kamera altındaki nesneler şekline 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 etmiştir. 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).

Barstuğan 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 ağları yöntemi ile kaynak bölgesinin öz nitelikleri sınıflandırılmıştır. Sistemi eğitmek için 1500 resim alınmış. %94,03 eğitim performansı elde edilirken %94,19 doğrulama performansı elde edilmiştir. Sistemin testi için 750 resim kullanılmış. 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 büyütülmektedir, 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 nesnelerin 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).

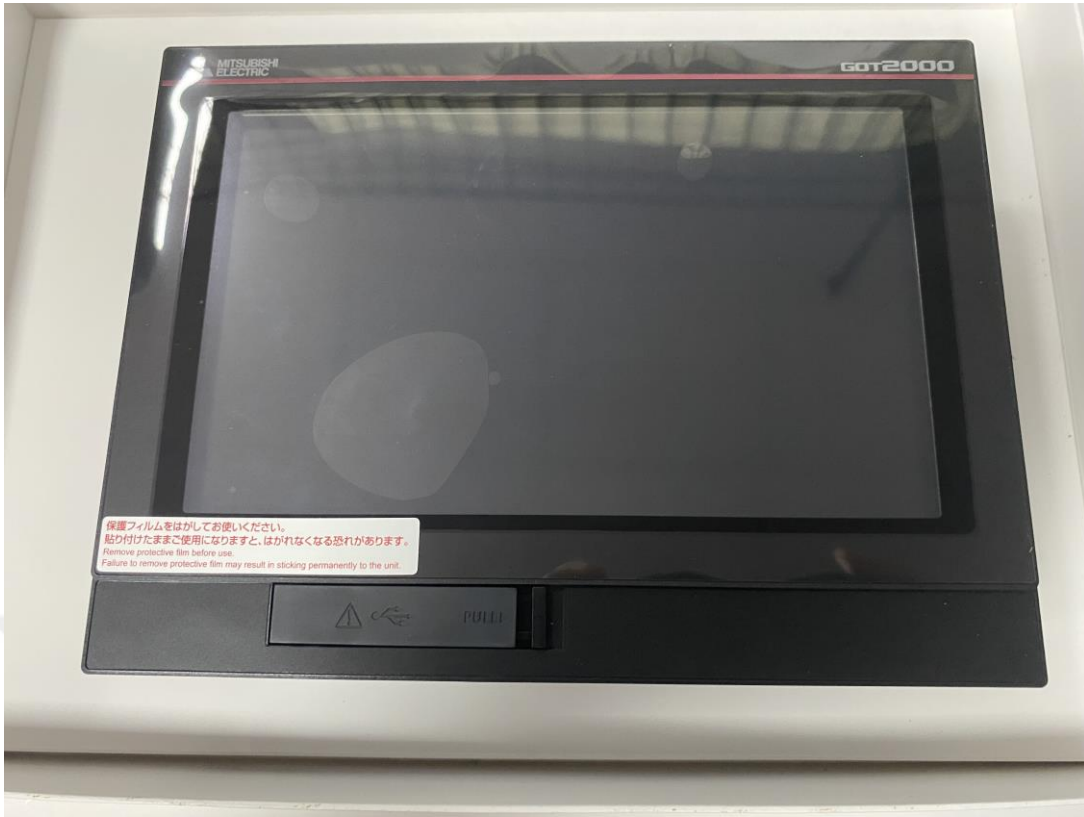


3. MATERYAL VE YÖNTEM

Geliştirilen bu sistemde bant üzerindeki bulanık görüntüyü almak için Dahua marka güvenlik kamerası, alınan görüntüyü işleyip konum bilgilerini elde etmek amacıyla Raspberry Pi 4 kart, bant durumunu kontrol edip görüntü işlemeye başla komutunu vermesi ve Raspberry Pi 4 ile haberleşmesi için FX5U-32MT/DSS PLC, Raspberry Pi 4'den PLC'ye gelen konum bilgilerini robot kontrolcüsüne gönderebilmek için data transfer fonksiyonunu kullandığımız GT2107-WTBD HMI panel, bant motorunu kontrol etmek için FR-D720S-025SC-EC asenkron motor sürücü ve konumları tespit edilmiş çikolataların bant üzerinden alınması için Mitsubishi Electric firmasının RV-4FLM-D kodlu 4 kg taşıma kapasiteli endüstriyel robotu kullanılmıştır.

3.1 Mitsubishi Electric GT2107-WTBD HMI Panel

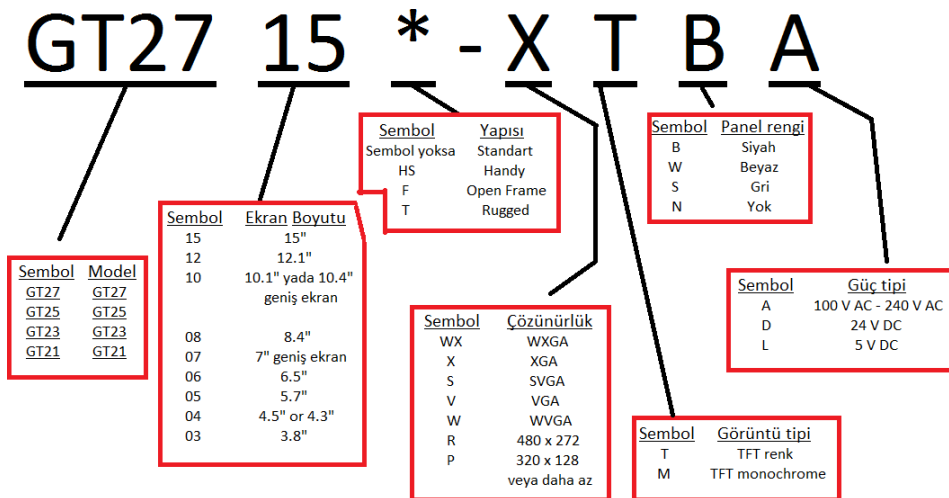
HMI, İnsan-Makine Arayüzü (Human-Machine Interfaces/HMIs) olarak adlandırılır. İnsanların makinelere tek tuşla komut göndermesi, makinenin özelliklerini ekrana yerleştirilen arayüz sayesinde değiştirebilmesine olanak sağlarlar. “GT Designer 3” adlı program ile arayüz hazırlanır ve ekranın belleğine atılır. Yönetilmesi istenen cihaz ile bağlantısı yapılır. Ardından ekran üzerinden, yönetilecek cihazın neredeyse tüm özellikleri ayarlanabilir. Bu ekranlar GOT1000, GOT2000, GT SoftGOT1000, GT SoftGOT2000 ve GS Serisi olarak ayrılır. “GT Designer 3” adlı programda proje oluştururken her bir serinin modeli için ayrı seçenek bulunmaktadır. Bunun nedeni seriler arası fonksiyon, bağlantı ve özellik farkları olmasıdır.



Şekil 3.1. GT2107-WTBD HMI Panel

3.1.1 HMI Panelin Üzerindeki Etiket Bilgileri

Şekil 3.2'deki görsel, HMI panelin etiket sembollerinin açıklamalarını içermektedir.



Şekil 3.2. HMI panelin etiket sembolleri ve anlamları (Anonim, 2022)

- SD / RD LED yanıyorsa data yollandı veya alındı anlamına gelir.
- SD / RD LED yanmıyorsa bilgi yollanamadı veya alınamadı anlamına gelir.
- Speed LED (SD) yanıyorsa 100Mbps hız ile haberleşme yapılıyor anlamına gelir.
- Speed LED (SD) yanmıyorsa 10Mbps hız ile haberleşme yapılıyor ya da bağlantı kopmuş anlamına gelir.

6 numara: Kontrolör ya da kişisel bilgisayar ile haberleşmeyi sağlayan RS-232 portu. GT21 serisinin modeline göre bağlantı kablosunun ucu değişkenlik gösterebilir.

- GT2107 ve GT2105 için D-sub 9 pin.
- GT2104-P için 9-pin konnektör terminal bloğu.
- GT2103-P için 9-pin konnektör terminal bloğu.

7 numara: Kontrolör ile haberleşmeyi sağlayan RS-422/485 portu.

GT21 serisinin modeline göre bağlantı kablosunun ucu değişkenlik gösterebilir.

- GT2107 ve GT2105 için D-sub 9 pin.
- GT2104-R için 9-pin veya 5 pin konnektör terminal bloğu.
- GT2104-P için 9-pin veya 5 pin konnektör terminal bloğu.
- GT2103-P için 9-pin veya 5 pin konnektör terminal bloğu.

9 numara: Güç bağlantısı terminali, “+”, “-“ 24 VDC güç terminali

10 numara: USB mouse, klavye ya da barkod okuyucu ve data transfer ya da datayı kaydetmek için kullanılan TYPE-A USB portu.

11 numara: Kişisel bilgisayarı ekrana bağlamak için kullanılan Mini-B USB portu

12 numara: RS-422/485 portu için sınırlama direnci. 330 ohm ya da 110 ohm olarak ayarlanabilir. (Fabrika çıkışı 330 ohm ayarında).

13 numara: Ekranın kasaya montaj noktaları.

14 numara: SD kart slotu.

15 numara: SD kart erişilebilme LEDi. Eğer;

- Yanıyorsa SD kart takılmıştır.
- Yanıp sönüyorsa SD karta erişim sağlanmıştır.
- Yanmıyorsa ya takılmamıştır ya da takılmış fakat SD karta erişilemiyordur.

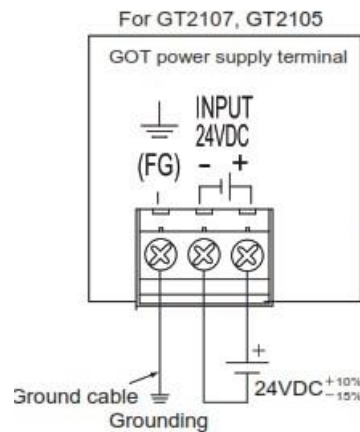
16 numara: Batarya alanı.

19 numara: Kablo kelepçesi montaj deliği. USB kablosunun çıkmaması için alınabilecek önlem, kablo kelepçesi ile kabloyu bağlamaktır.

20 numara: Plaka.

3.1.3 GT21 Serisi Güç Terminali Bağlantıları

Bir önceki başlık olan “3.1.2. GT21 Serisi Terminali Bağlantıları” başlığında bulunan Şekil 3.3’ün 9 numaralı terminali güç bağlantısının yapıldığı terminaldir. Bu bağlantı için 24V DC (+10%, -15%) kaynak kullanılması gerekir. Şekil 3.4’de GT2107 modelinin güç terminali bağlantısı verilmiştir.



Şekil 3.4. GT2107 modeli güç terminali bağlantısı (Anonim, 2022)

Şekil 3.4'de gösterildiği gibi 24V DC bir kaynağın + ve – uçları bağlanır ve topraklama(grounding) yapılır. Maksimum yüklenme durumunda 11.3W veya daha az güç tüketimi olur. 25 ° C bir ortamda, ani akım en fazla 3ms boyunca 35A veya daha az olabilir. Bu durum maksimum yüklenme durumunda meydana gelebilir.

3.2 Mitsubishi Electric FX5U-32MT-DSS CPU

PLC, otomasyon sistemlerinde kumanda ve kontrol devrelerinin gerçekleştirilmesine elverişli olan, giriş ve çıkış birimleri olan endüstriyel bir bilgisayardır. Röleli kumanda sistemleri yerine düşünülmüş olan PLC ticari olarak Modicon firması tarafından 1969 yılında çıkarılmıştır. İlk çıktığı yıllarda sadece mantıksal işlemler ile çalışmaktaydı. İlerleyen yıllarda daha birçok firma yüksek performanslı PLC'ler üretmiştir (Bingöl, 2010).

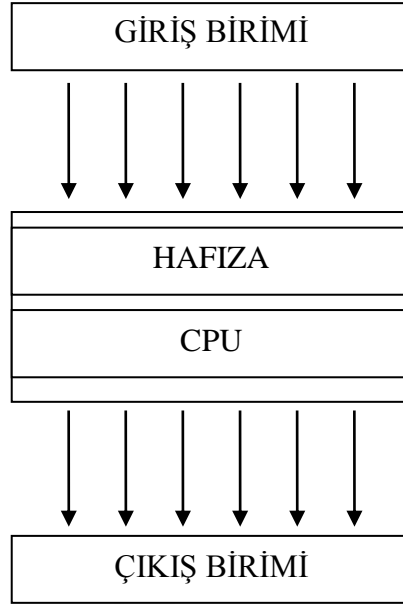
PLC, Programlanabilir Lojik Kontrolör olarak geçer. PNP veya NPN giriş tipine sahip olabilirken röle veya transistör çıkışlıda olabilir. Girişine sensör, buton, şalter gibi elemanlar bağlanabilirken, çıkışına röle, kontaktör gibi devre elemanları da bağlanabilir. Otomasyon sistemlerinde birçok cihazın kontrol görevini üstlendiği için sistemin beynine benzetilebilir (ÇOLAK, 2007).

Günümüzde piyasadaki PLC'ler sadece mantıksal işlemler yapmamaktadır. Bu da tek görevlerinin kumanda devresi olmamasını beraberinde getirir. Örnek vermek gerekirse sistem içerisine dahil edilen bir servo motor sayesinde bir referans noktası belirlenip bu noktaya göre servo motorun senkron kontrolü yapılabilmektedir.

PLC 4 bölümden oluşmaktadır. Bunlar:

- Giriş birimi
- Hafıza
- CPU (İşlemci)
- Çıkış birimi

Şekil 3.5'de PLC'nin basit yapısı görülmektedir.



Şekil 3.5. PLC'nin basit yapısı

Giriş birimi: Analog veya dijital olabilir. Dijital girişler için girişe gelen gerilim seviyeli PLC'nin içerisinde 1 veya 0 durumuna dönüşür. Buton, sensör gibi elemanlar bağlanabilir.

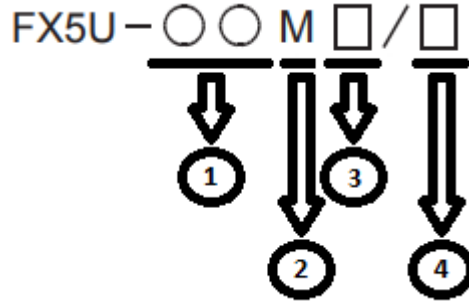
Çıkış birimi: Analog veya dijital olabilir. PLC içerisinde bulunan programdan çıkış verildiğinde uygun elektriksel bağlantı yapılmıca çıkış gerilimi değişir. Bu sayede çıkışa bağlı olan röle kontaktör gibi devre elemanları kontrol edilir.

Hafıza: Program bu kısımda depo edilir.

CPU: PLC'de programın işlediği kısımdır.

3.2.1 Mitsubishi PLC'leri Üzerindeki Etiket Bilgileri

FX5U CPU'nun etiket sembollerinin açıklamaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

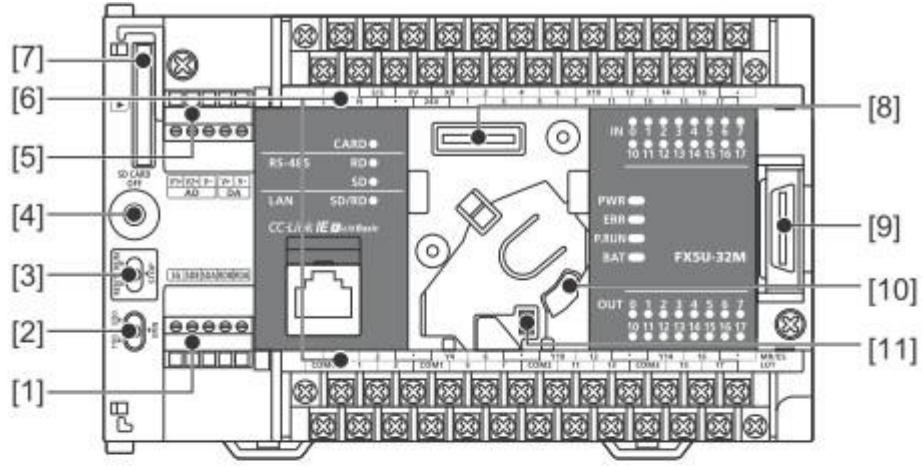


Şekil 3.6. Mitsubishi PLC etiket bilgileri

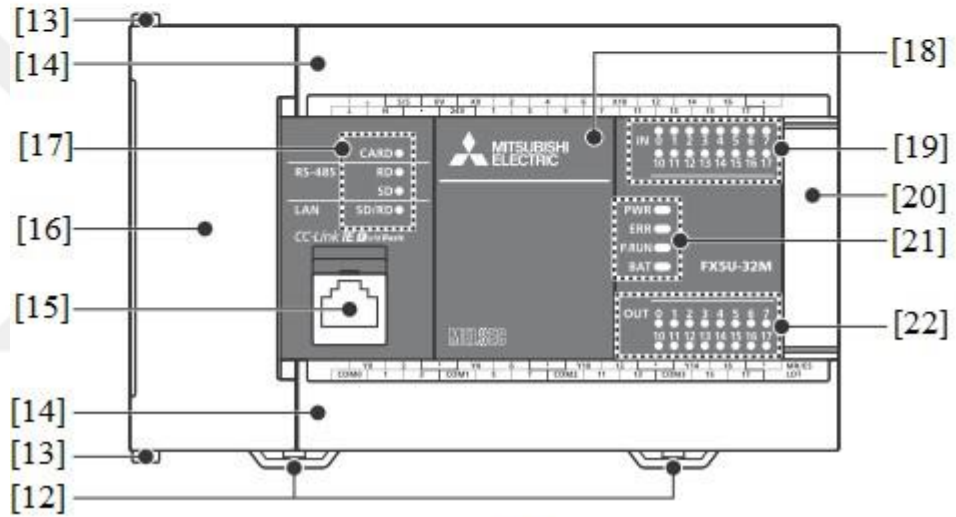
Şekil 3.6’da bulunan; 1 numaralı kısım toplam giriş çıkış sayısını, 2 numaralı kısım modül tipini (“M” olması ana CPU olduğu anlamına gelir), 3 numaralı kısım çıkış tipini (“T” ise transistor çıkış, “R” ise röle çıkılı olduğu anlamına gelir), 4 numaralı kısım cihaz beslemesi ve çıkış bağlantısının bilgisini vermektedir. Bu projede “FX5U-32MT/DSS” CPU kullanılmıştır. Bu CPU 16 giriş, 16 transistor çıkış, 24 VDC besleme ve source çıkış bağlantısına sahiptir (Anonim, 2021).

3.2.2 FX5U-32MT/DSS Terminal bağlantıları

Şekil 3.7’de FX5U-32MT/DSS modeli PLC’nin terminal bağlantıları gösterilmiştir.



a.



b.

Şekil 3.7. FX5U Serisi PLC'nin üstten görünümü (Anonim, 2021)

Şekil 3.7'nin “a” şikkında koruma kapakları açılmış hali, “b” şikkında ise koruma kapaklı hali gösterilmiştir. Numaralandırılmış bölümler açıklanırsa:

1 numara: RS-485 haberleşme terminal bloğu

2 numara: RS-485 terminal direnci seçme switchi

3 numara: RUN/STOP/RESET switchi

- CPU modülündeki operasyonu seçmek için kullanılır.
- RUN, PLC içine atılmış programı çalıştırır.

- STOP, PLC içine atılmış olan programın çalışmasını durdurur.
- RESET, CPU modülünü resetler. Switch butonu reset bölümüne doğru çekilir ve 1 saniye boyunca orada tutulur. Böylece işlem gerçekleşir.

4 numara: SD hafıza kartı deaktif switchi, SD kart çıkarılmadan önce PLC modülünün SD kart ile bağlantısını kesmeye yarar. Bağlantı kesildikten sonra SD kart güvenlice çıkartılabilir.

5 numara: Analog giriş/çıkış terminal bloğu

6 numara: Terminal isimlerinin gösterildiği alan

7 numara: SD hafıza kartı slotu

8 numara: Genişleme bord konektörü

9 numara: Uzantı(modül) konektörü, PLC'ye eklenmek istenen harici modüller için bağlantı konektörüdür. Buradan bağlanarak eklenirler.

10 numara: Batarya tutucu

11 numara: Batarya konektörü

12 numara: Raya oturtma kancaları

13 numara: Harici genişletme adaptörü bağlantısı kancaları

14 numara: Terminal blok koruyucu kapağı, bu kapak altında güç bağlantı terminalleri, toprak terminali ve giriş/çıkış terminalleri bulunur.

15 numara: Ethernet haberleşme konektörü, ethernet vasıtasıyla diğer aygıtlarla haberleşmek için bu konektör kullanılır. Ethernet kablosu bağlantısı yapıp gerekli IP ayarlamalarından sonra PLC bağlanılan aygıtla ethernet kablosu vasıtasıyla iletişim kurar.

16 numara: Korucu kapak, bu kapak altında 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 numara ile gösterilmiş terminal blokları bulunur.

17 numara: LED gösterge paneli

- CARD LED sürekli yanıyorsa SD hafıza kartının kullanılıyor ya da çıkarılamaz olduğu anlamına gelir
- CARD LED yanıp sönüyorsa SD hafıza kartı hazırlanıyor anlamına gelir

- CARD LED yanmıyorsa SD hafıza kartı takılmamış ya da çıkarılmış anlamına gelir
- RD LED sürekli yanıyorsa RS-485 seri haberleşmesi ile veri alıyor anlamına gelir.
- SD LED sürekli yanıyorsa RS-485 seri haberleşmesi ile veri yolluyor anlamına
- SD/RD LED sürekli yanıyorsa Ethernet haberleşmesi veri alışverişi yapıyor.

18 numara: Genişletme bordu koruma kapağı: Bu kapak altında genişletme bord konnektörü ve pil bağlantıları bulunur.

19 numara: Giriş gösterge LED'leridir. Aktif olan girişin ledi sürekli yanar.

20 numara: Uzantı(modül) konnektörü koruma kapağı

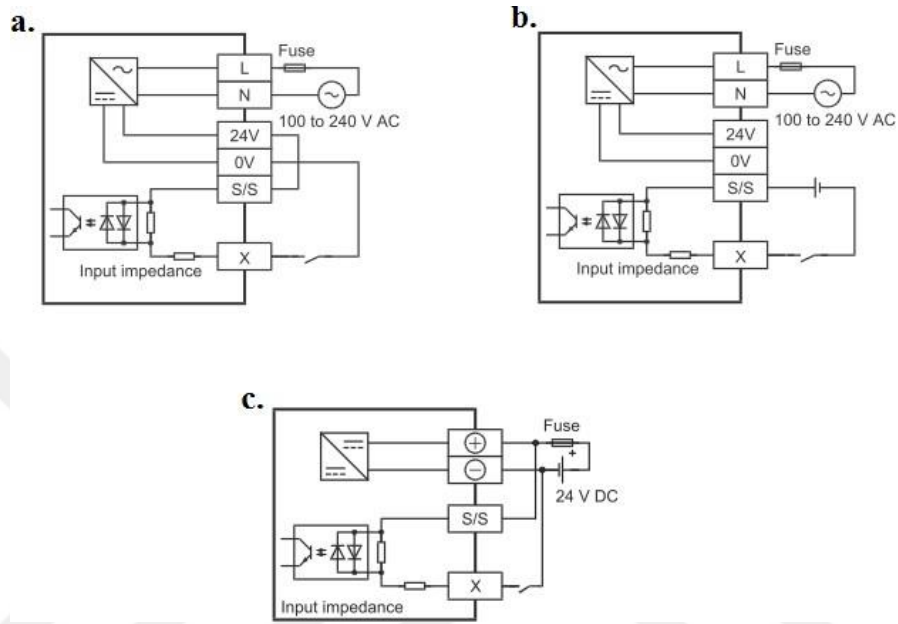
21 numara: LED gösterge paneli-2

- PWR LED sürekli yanıyorsa CPU modül aktif anlamına gelir. PWR LED yanmıyorsa CPU modül deaktif anlamına gelir.
- ERR LED sürekli yanıyorsa donanımsal ya da normal bir hata anlamına gelir ERR LED yanıp sönüyorsa fabrika ayarları, hata, donanımsal hata ya da resetleme işleminin yapıldığı anlamına gelir.
- P.RUN LED sürekli yanıyorsa PLC içindeki program normal bir şekilde çalışıyor anlamına gelir.
- P.RUN LED yanıp sönüyorsa PLC içindeki program durdurulmuş ya da online olarak program değişikliği yapılıyor anlamına gelir.
- P.RUN LED yanmıyorsa program durdurulmuş ya da durdurma hatasının olduğu anlamına gelir.
- BAT LED yanıp sönüyorsa batarya hatasının olduğu anlamına gelir. BAT LED yanmıyorsa batarya normal olarak çalışıyor anlamına gelir.

22 numara: Çıkış gösterge LED'idir. Aktif olan çıkışın ledi sürekli yanar.

3.2.3 FX5U Serisi Güç Terminali Bağlantıları

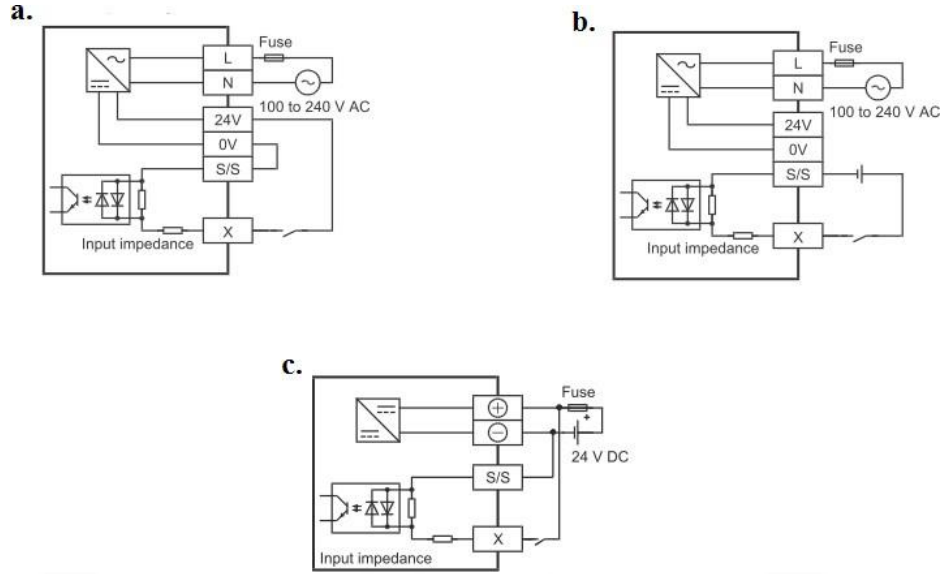
FX5U serisi PLC'lerde güç terminal bağlantısı için iki tip bağlantı şekli kullanılmaktadır. Bunlar "Sink (negatif giriş)" ve "Source (pozitif giriş)" bağlantı olarak adlandırılır. Şekil 3.8'de "Sink" bağlantı gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Farklı durumlara göre sink bağlantılar (Anonim, 2021)

Şekil 3.8'in "a" şikkında ve "b" şikkında "100-240V AC güç kaynağı kullanılmıştır. Fark olarak "a" şikkında PLC üzerindeki 24V terminali kullanılırken "b" şikkında ise "S/S" terminaline harici 24V DC güç kaynağı bağlanmıştır. "c" şikkında ise harici 24V DC güç kaynağı kullanılmıştır. "X" kısmı tüm girişleri kapsamaktadır. Farklı durumlardaki terminal bağlantıları Şekil 3.8'deki gibi yapılmalıdır.

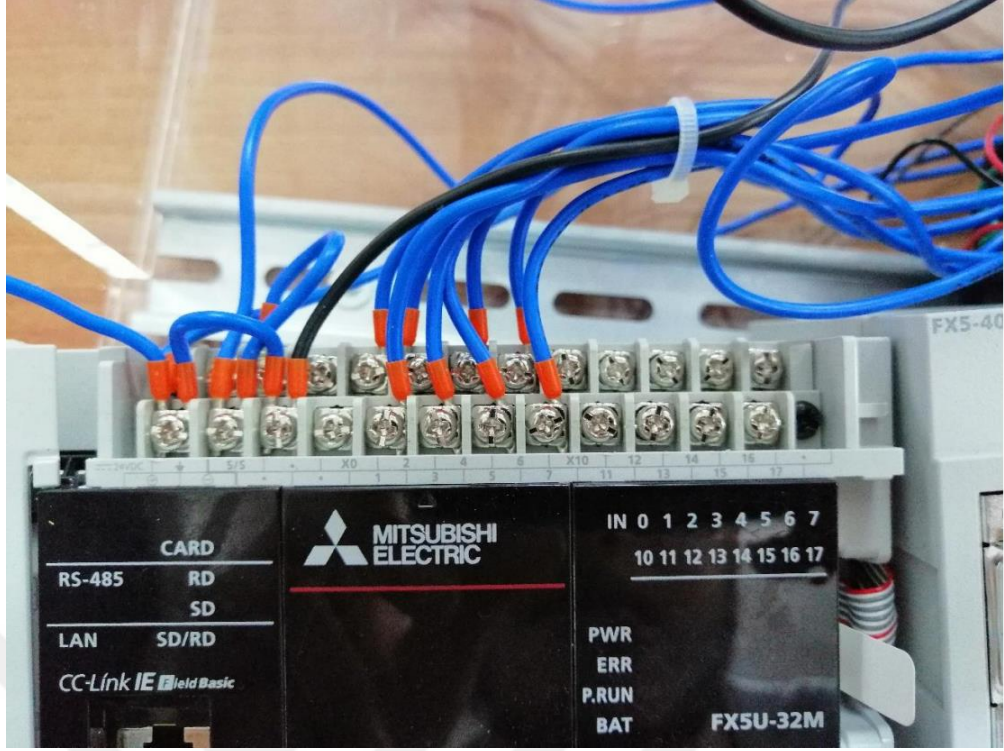
Şekil 3.9'da bir başka bağlantı çeşidi olan "Source" bağlantı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Farklı durumlara göre source bağlantılar (Anonim, 2021)

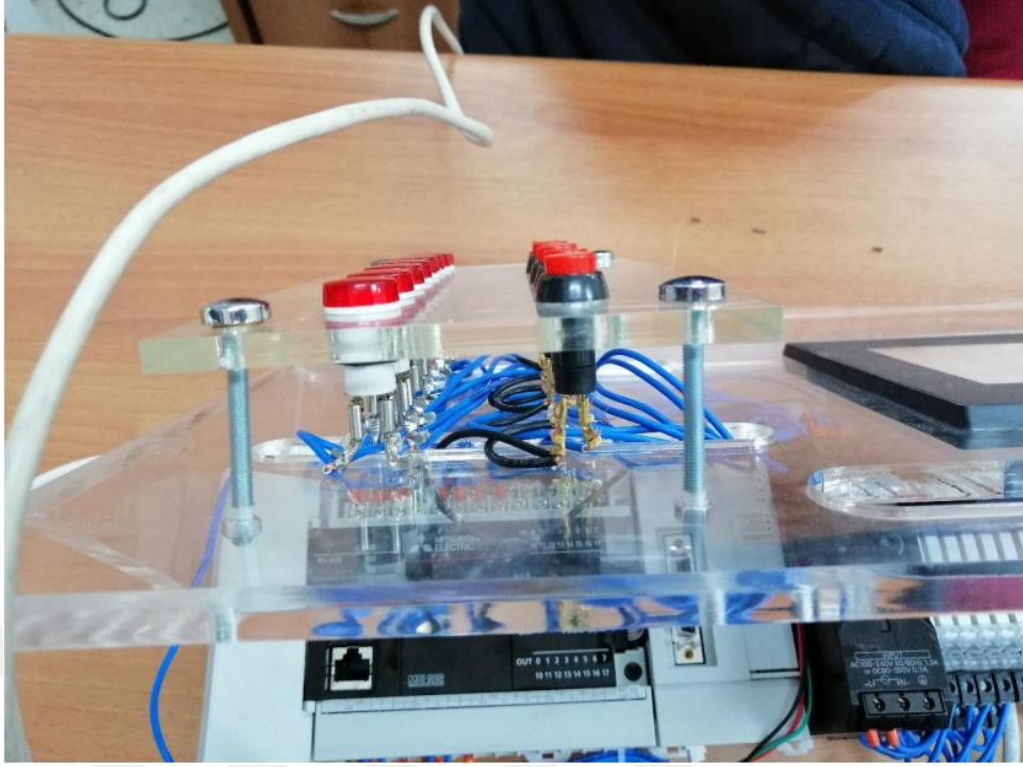
Şekil 3.9'un “a” şıkında ve “b” şıkında AC güç kaynağı tipi PLC'ler için bağlantılar gösterilmiş olup “100-240V AC güç kaynağı kullanılmıştır. Fark olarak “a” şıkında PLC üzerindeki 24V terminali kullanılırken “b” şıkında ise “S/S” terminaline harici 24V DC güç kaynağı bağlanmıştır. “c” şıkında ise DC güç kaynağı tipi PLC için bağlantı gösterilmiş olup 24V DC güç kaynağı kullanılmıştır. “X” kısmı tüm girişleri kapsamaktadır. Farklı durumlardaki terminal bağlantıları Şekil 3.9'daki gibi yapılmalıdır.

Şekil 3.10'da “Source” bağlantı yapılmış DC güç kaynağı tipi bir PLC gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Source bağlantı tipi ile güç bağlantısı yapılmış PLC

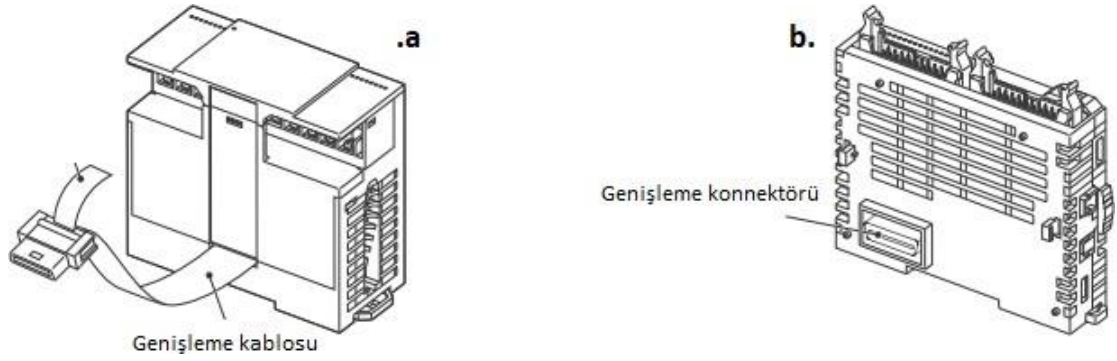
PLC'ye harici bir DC güç kaynağı vasıtasıyla enerji verilmektedir. Dolayısıyla Şekil 3.9'un "c" şıkkı bağlantısı yapılmıştır. Şekil 3.10'daki güç terminal bağlantıları yapıldıktan sonra kullanılan X girişleri siyah kablo ile bağlanmıştır. Şekil 3.9'da gösterildiği gibi kullanılan X girişlerine kablolama yapılması gerekmektedir. X girişlerinin bir kısmına butonlar, Y çıkışlarının bir bölümüne ise ledler bağlanmıştır. Şekil 3.11'de buton ve ledlerin bağlantıları gösterilmiştir. Bu şekilde dikkat edilmesi gereken siyah kablonun tüm butonlara bağlandığıdır.



Şekil 3.11. Buton ve ledlerin kabloları

3.2.4 FX5U Serisi Genişleme Modülleri

Mitsubishi PLC'lerinin genelinde genişleme modülleri vardır. Temel işlemleri PLC yapabilirken bazı durumlarda ek modül istenir. Ek modüller sayesinde PLC'lere farklı fonksiyonlar eklenebilmektedir. Ayrıca PLC üzerindeki giriş/çıkış terminalleri ve veri haberleşme yolları yetmediğinde de ek modül eklenerek bu terminallerin sayısı artırılabilir. Genişleme modüllerinin PLC'ye iki farklı şekilde bağlantı biçimi vardır. Şekil 3.12'de bu iki biçim de gösterilmiştir.

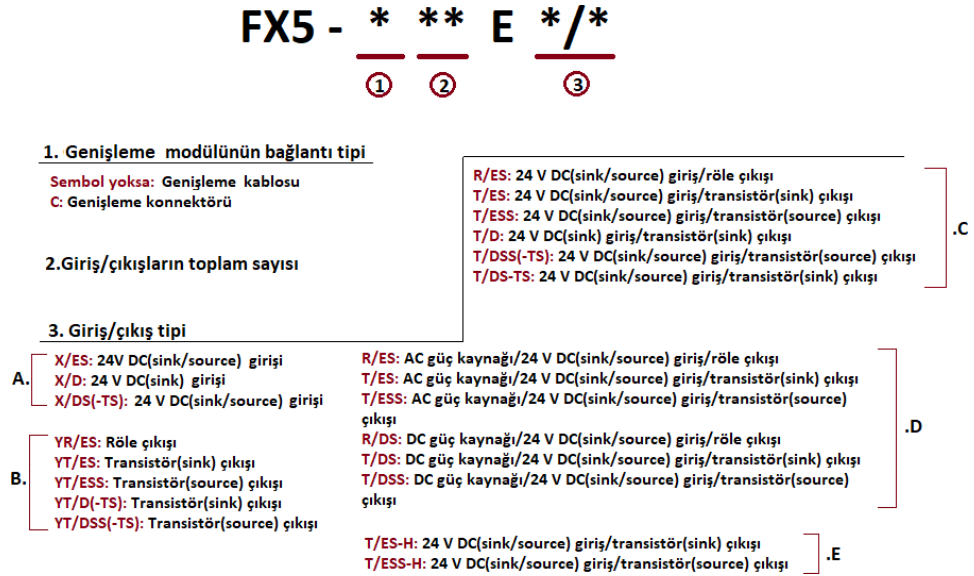


Şekil 3.12. Genişleme modül bağlantı türleri (Anonim, 2021)

Şekil 3.12'nin "a" şikkında genişleme kablosunun ucundaki aparat ile modül PLC'ye bağlanırken "b" şikkında genişleme konektörü vasıtasıyla PLC'ye bağlanır.

PLC'nin girişleri, çıkışları ya da her ikisi birden yetersiz kaldığında giriş/çıkış modülleri eklenir. Böylece giriş ve çıkış terminalleri sayısı arttırılmış olur. Ayrıca güç kaynağı içeren ve yüksek hız pulse uygulamaları için modüller de bulunmaktadır.

Şekil 3.13'de giriş ve çıkış modüllerinin etiket bilgileri gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Giriş/çıkış modüllerinin etiket bilgileri (Anonim, 2021)

Şekil 3.13’de “A” şıkkı ile gösterilenler giriş modülleridir. “B” şıkkı ile gösterilenler çıkış modülleridir. “C” şıkkı ile gösterilenler giriş ve çıkışın birlikte bulunduğu modüllerdir. “D” şıkkı ile gösterilenler güç kaynağı içeren, giriş ve çıkışın birlikte bulunduğu modüllerdir. “E” şıkkı ile gösterilenler yüksek hız pulse uygulamaları için giriş ve çıkışın birlikte bulunduğu modüllerdir.

3.2.5 FX5U Serisi Genişletme Kartları

Genişletme kartları ve adaptörleri fonksiyon eklemek için CPU modülüne takılır. Genişletme kartları CPU ön tarafına, genişletme adaptörleri CPU sol tarafına takılır. Haberleşme ve analog için kullanılabilirler. Her CPU yalnızca 1 adet genişletme kartı ve 6 adet genişletme adaptörü takımına izin verir.

Harici seri arabirim ekipmanı ile kolayca veri bağlantısı ve haberleşme kurar. Bu kart sayesinde bir tane daha seri haberleşme slotu eklenir. Şekil 3.14’de haberleşme için eklenen genişletme kartı gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Genişletme kartı

Bazı genişletme kartı modelleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Model	Fonksiyon	Akım harcaması	
		5 V DC güç kaynağı	24 V DC güç kaynağı
FX5-232-BD	RS-232C haberleşmesi için	20mA	-
FX5-485-BD	RS-485 haberleşmesi için	20mA	-
FX5-422-BD-GOT	RS-422 haberleşmesi için (HMI bağlantısı)	20mA	-

Tablo 3.1. Genişletme kartları modelleri (Anonim, 2021)

3.2.6 Haberleşme için genişletme adaptörleri

Harici seri arabirim ekipmanı ile kolayca veri bağlantısı ve haberleşme kurar. Genişletme kartlarında olduğu gibi bir tane daha seri haberleşme slotu eklenir. Şekil 3.51’de haberleşme için eklenen genişletme adaptörü gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Genişletme adaptörü

Haberleşme için eklenen genişletme adaptörü modelleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Model	Fonksiyon	Akım harcaması		
		5 VDC güç kaynağı	24 VDC güç kaynağı	Harici 24 VDC güç kaynağı
FX5-232ADP	RS-232C haberleşmesi için	30mA	30mA	-
FX5-485ADP	RS-485 haberleşmesi için	20mA	30mA	-

Tablo 3.2. Haberleşme için eklenen genişletme adaptörü modelleri (Anonim, 2021)

3.2.7 FX5U Analog için genişletme adaptörleri

Giriş ve çıkış (voltaj/akım) sinyalleri ve analog veriler, sıcaklık sensörlerinden gönderilir. Şekil 3.15’de analog için eklenen genişletme adaptörü gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Genişletme adaptörü

Analog için eklenen genişletme adaptörü modelleri Tablo 3.3’da gösterilmiştir.

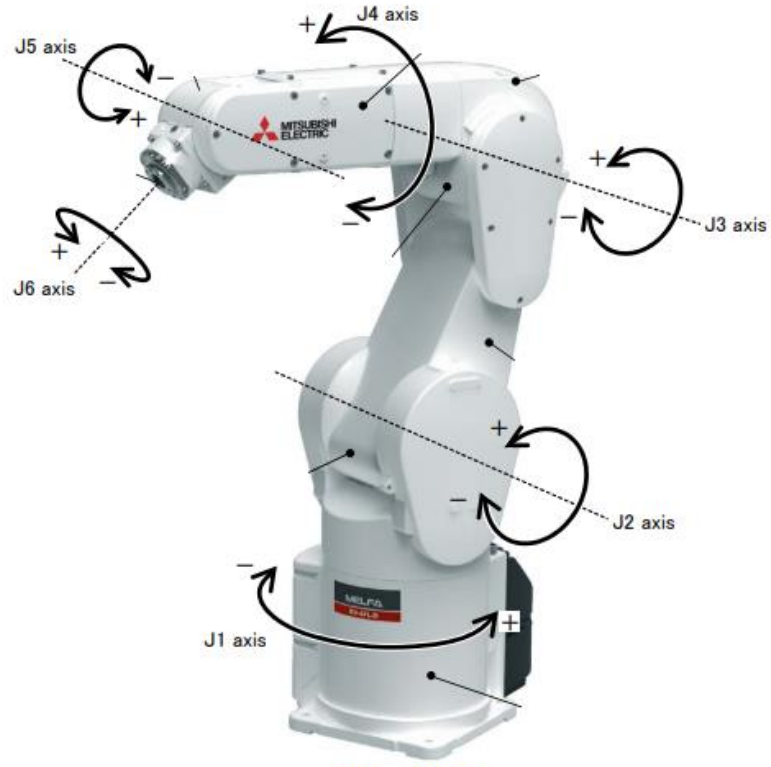
Model	Fonksiyon	Giriş/ çıkış sayısı (Analog)	Akım harcaması		
			5 VDC güç kaynağı	24 VDC güç kaynağı	Harici 24 VDC güç kaynağı
FX5-4AD-ADP	4 kanal voltaj giriş/akım girişi	4	10mA	20mA	-
FX5-4DA-ADP	4 kanal voltaj çıkış/akım çıkışı	4	10mA	-	160mA

Tablo 3.3. Analog için eklenen genişletme adaptörü modelleri (Anonim, 2021)

3.3 Mitsubishi Electric RV-4FLM-D Endüstriyel Robot

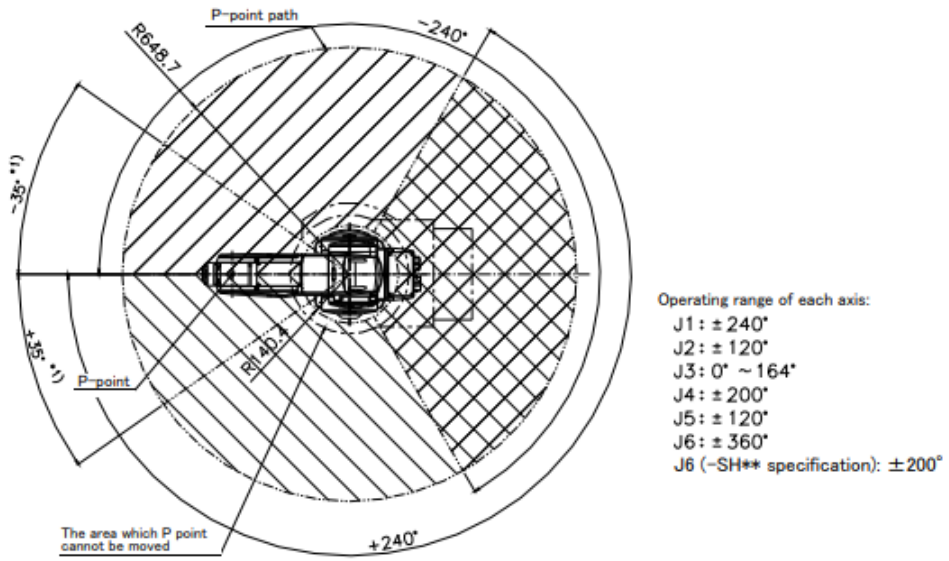
Robotu tanımlayanın robota bakış açısından dolayı robot hakkında günümüze kadar birçok tanımlama yapılmıştır. Robotlar hakkında teknik bilgiye sahip olmayan kişi robotu mekanik bir insan modeli olarak tanımlarken endüstride çalışan kişi; hızlı çalışan, yorulmayan, 24 saat çalışabilen ve maaş istemeyen işçi makine olarak robotu tanımlayabilir (İzgi, 2015).

Bu uygulamada Mitsubishi Electric ürünü olan “RV-4FLM-D” kodlu 4 kg taşıma kapasiteli endüstriyel robot kullanılmıştır. 6 eksenli bulunan robot, mafsallı robot kol türünden bir robot koldur. 6 eksenin tamamında servo motor bulunmaktadır. Bu uygulamada kullanılan robotun eksenlerin robot üzerinde bulunduğu noktalar Şekil 3.16’da görülmektedir.



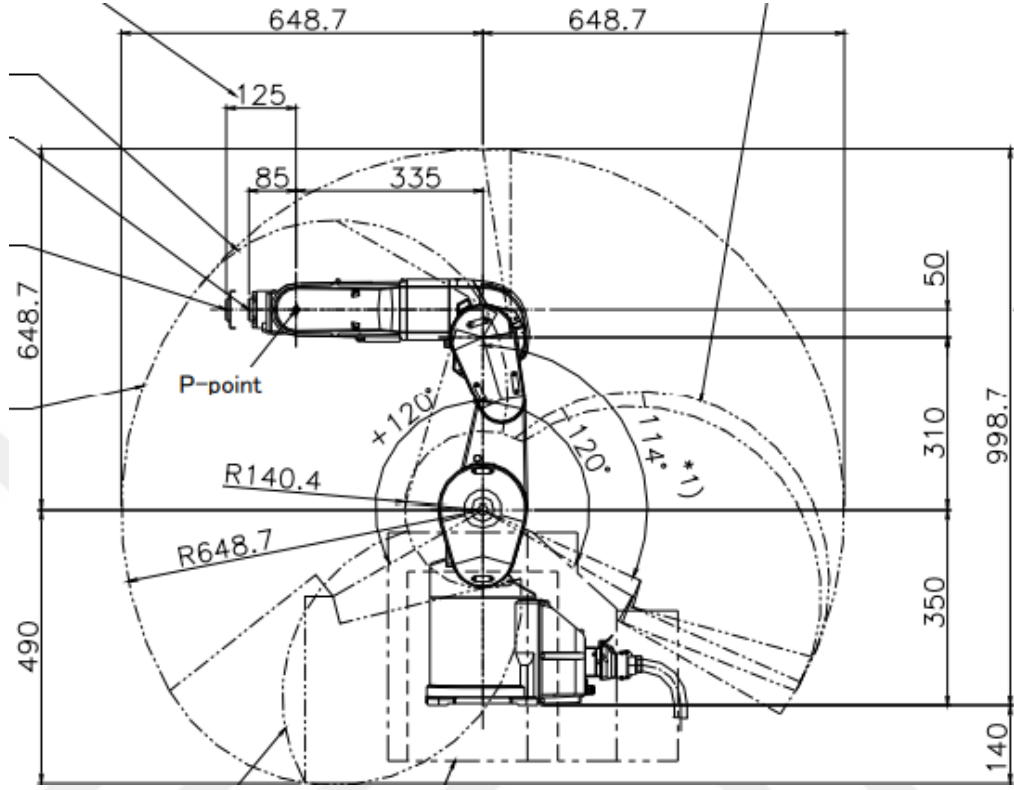
Şekil 3.16. ME RV-4FLM-D robotun eksen bilgileri (Anonim, 2022)

RV-4FLM-D kodlu robotun eksenlerinin hareket miktarları Şekil 3.17’te görülmektedir.



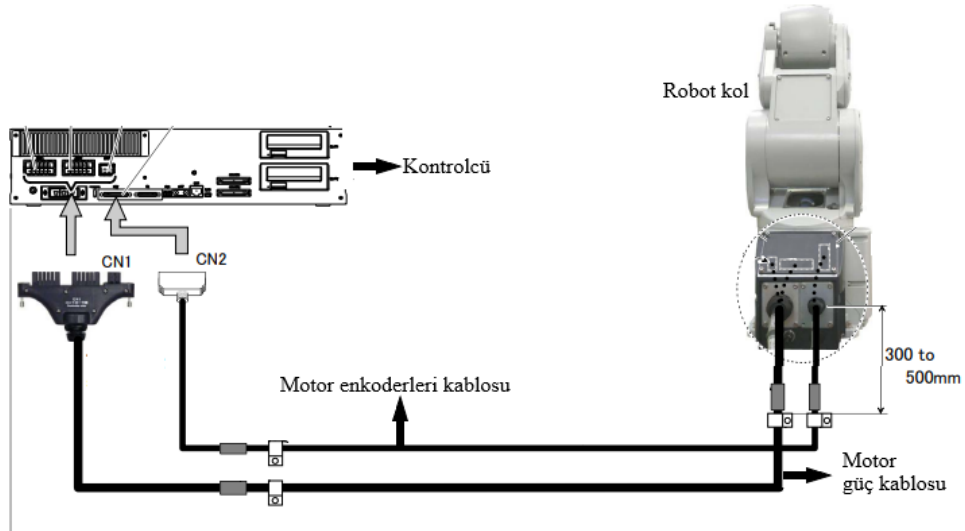
Şekil 3.17. ME RV-4FLM-D robotun eksenlerinin hareket miktarları (Anonim, 2022)

Şekil 3.17’de görülen hareket miktarları ile robotun erişim alanı Şekil 3.18’de yer almaktadır. Robotun maksimum erişim mesafesinin 648,7 mm olduğu görülmektedir (Anonim, 2021).



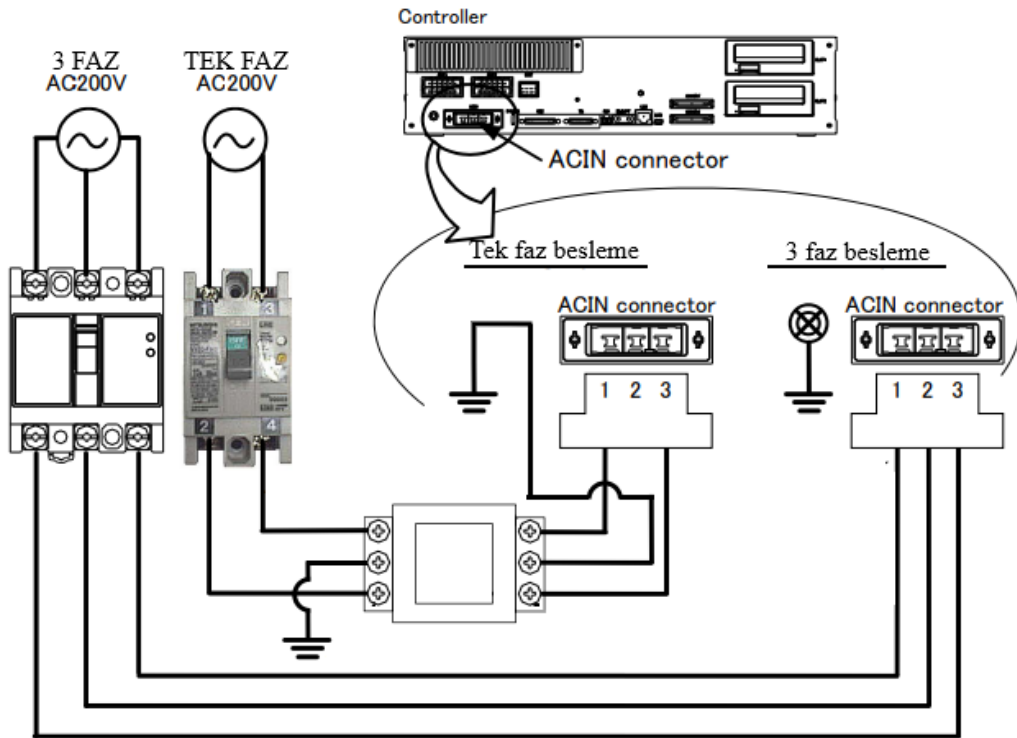
Şekil 3.18. ME RV-4FLM-D robotun erişim mesafesi (Anonim, 2022)

6 eksenli ve her ekseninde bir servo motoru bulunan bu robotun kontrolü yine ME ürünü olan “RV-4FLM-1D1-S15” kodlu kontrol ünitesi üzerinden yapılmaktadır. Birinci eksenin alt tarafından enkoder ve güç kablosu olmak üzere iki adet kablo kontrol ünitesine gitmektedir. Bu kabloların bağlantı şekli Şekil 3.19’da görülmektedir. Robot için yazılan program ve enkoder bilgileri kontrol ünitesi içerisinde depo edilmektedir.



Şekil 3.19. Robotun enkoder ve güç kablosu bağlantı şeması (Anonim, 2022)

Robot kontrol ünitesi 3 faz veya tek faz olmak üzere iki farklı şekilde beslenebilmektedir. Besleme gerilimi eğer 3x200 VAC ise 3 fazlı, faz nötr arası gerilim 200 VAC ise tek fazlı beslenmektedir. Şekil 3.20’de kontrol ünitesinin enerji bağlantısı görülmektedir.



Şekil 3.20. Kontrol ünitesinin enerji bağlantısı (Anonim, 2022)

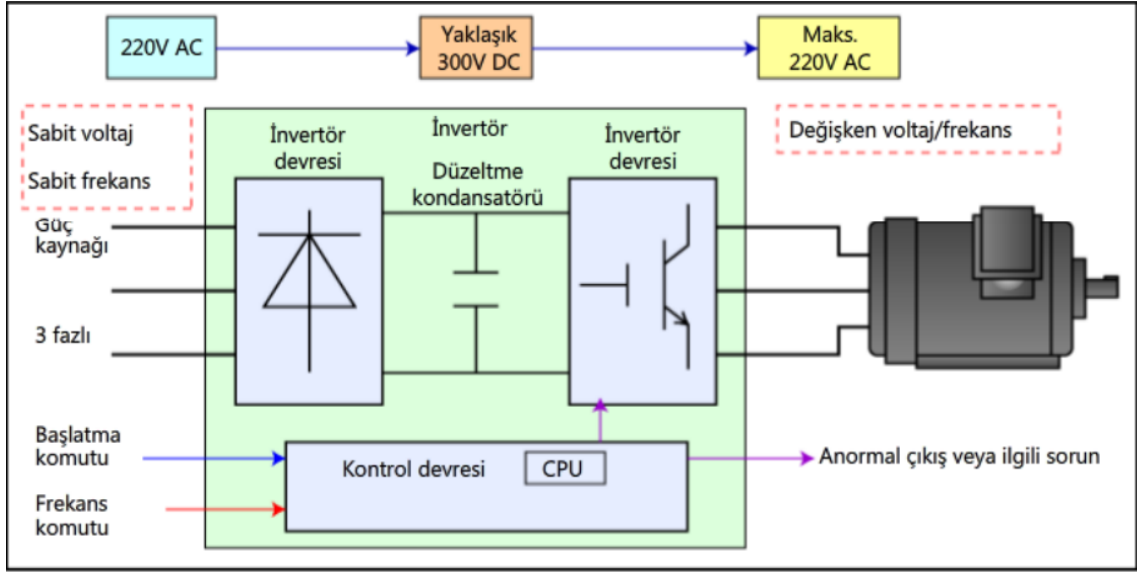
Kablolaması yapılan robot ve kontrol ünitesi artık program yazılmaya hazır durumdadır. “RT Toolbox 3” program arayüzü aracılığıyla program yazılabilir. Kontrolcü üzerinde bulunan ethernet veya mini USB soketi ile kontrolcü ile bağlantı kurulmaktadır.

3.4 Mitsubishi Electric FR-D720S-025SC-EC Asenkron Motor Sürücüsü

Asenkron motorlar az bakım, düşük maliyet, güvenlik ve sağlamlık gibi avantajlara sahiptir. Asenkron motorun bunun gibi birçok artı yönünün olmasına rağmen hız kontrolü uygulamalarında DC motorlarında tercih edildiği zamanlar olmuş. Fakat günümüzde yarı iletken ve mikroişlemci teknolojisinin gelişmesiyle birlikte güç elektroniği devreleri yüksek verimlilikle tasarlanabilir hale gelmiştir. Bu da asenkron motor sürücü devrelerinin tasarlanabilir olmasına sebep olmuştur. Bu sayede asenkron motorların kullanım oranı artmıştır (Külekçioğlu, 2003).

İnverterler piyasada kullanım alanı geniş olan güç elektroniği çeviricileri arasında yer almaktadır. Çıkışlarında istenilen genlik ve frekansta gerilim üretebilmektelerdir. Başta otomasyon sistemleri olmak üzere birçok alanda önem arz eder. Besleme gerilimi tek faz çıkışı çok faz veya besleme gerilimi çok faz çıkışı çok faz dönüşümlerde, şebeke gerilimi düzeltme gibi birçok uygulamada inverter uygulamaları ile karşılaşabiliriz (Yalçın, 2009).

Şekil 3.21’de inverterin yapısı görülmektedir.

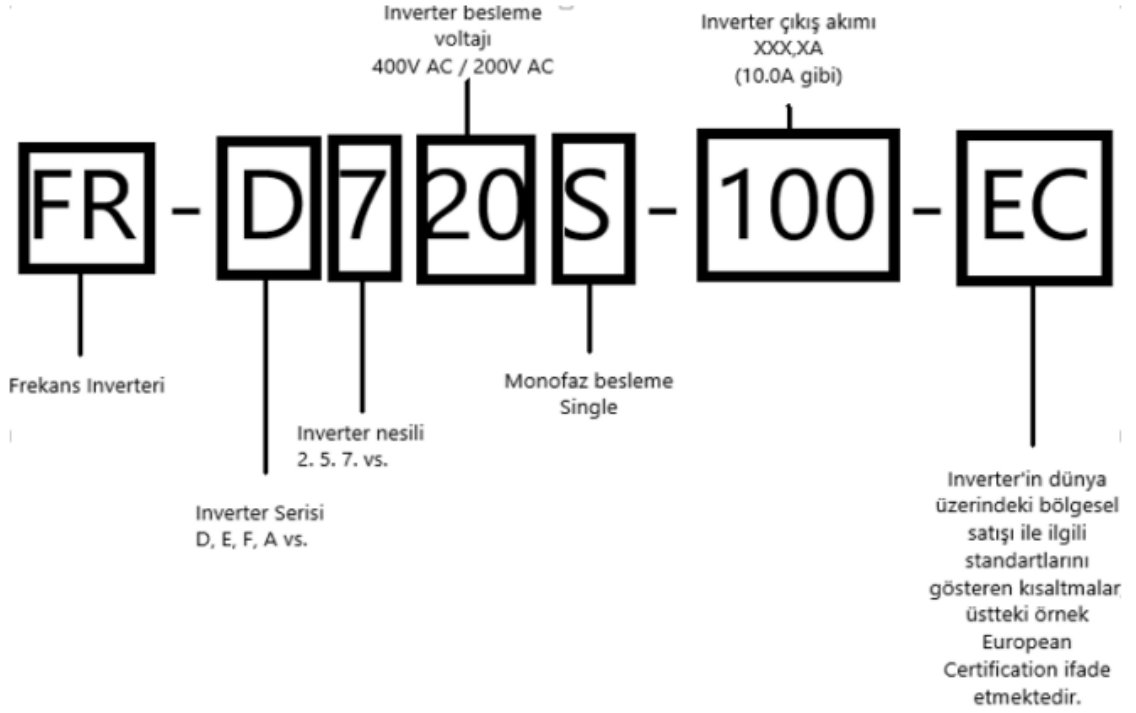


Şekil 3.21. İnverterin yapısı (Anonim, 2014)

İnverter 4 bölümden oluşmaktadır. Bunlar; konvertör devresi, düzeltme kondansatörü, inverter devresi ve kontrol devresidir. Bunlar aşağıda tek tek açıklanmıştır (Anonim, 2014).

- Konvertör devresi, AC'yi DC'ye dönüştürür.
- Düzeltme kondansatörü, konvertör devresi tarafından dönüştürülen DC voltajın kalitesini yükseltmek için çalışır.
- İnverter devresi, DC gerilimi AC gerilime çeviren kısımdır. İşlev olarak konvertör devresinin tersidir.
- Kontrol devresi, inverter devresini kontrol eder.

Şekil 3.22'de inverter kodunun açıklaması bulunmaktadır



Şekil 3.22. İnverter kodunun açıklaması (Anonim, 2019)

Bu uygulamada “FR-D720S-025SC-EC” 2.5 A çıkış akımı veren ve 220 V tek faz beslenen inverter kullanılmıştır. İnverter hızı haberleşme üzerinden gönderilirken inverterin start komutu seri haberleşmeden kaynaklı gecikmeden dolayı dijital çıkışlardan verilmiştir.

3.4.1 İnverterin terminal bağlantısı

Şekil 3.23’de FR-D700 serisi inverterlerin kontrol devre terminal bağlantılarına yer verilmiştir. Aşağıda, bu uygulamada kullanılan bağlantıların açıklaması yapılmıştır.

“U, V, W” terminalleri 3 fazlı motorlara bağlanan inverter çıkışlarıdır. Motorlara güç beslemesi sağlarken aynı zamanda inverterden gelen komutları iletir.

“10, 2, 5, 4” terminallerinden ise farklı kombinasyonlarla (5 numara analog ortak bağlantı olarak kullanılır.) dışarıdan 0-10V veya 4-20mA verilerek frekans ayarlaması yapılabilmektedir. Bu 2 yöntemde de 5 numaralı terminal ortak bağlantının yapıldığı terminaldir.

“AM ve 5” terminalleri ise çıkış terminalleridir. Bu terminaller, tek bir invertere 4-20mA verilerek birden fazla inverterin kontrolünü sağlamada kullanılır. 4-20mA verilen inverterin ‘AM ve 5’ terminallerinden çıkış alınır. Sonraki inverterin “2 ve 5” numaralı terminallerine sırasıyla bağlantı yapılır. Başka inverter bağlanacaksa aynı bağlantı şekli ile bağlantı yapılabilir.

3.4.2 İverterin parametreleri

İverterlerin modeline ve serisine göre farklı parametreler bulunmaktadır. Bu inverter serisinde sık kullanılan parametreler Şekil 3.24’de görülmektedir.

Pr.	Parametre adı	Ayar aralığı	Fabrika değeri	Set aralığı	Parametre açıklaması	
1	Maksimum frekans	0,01Hz	120Hz	0-120Hz	İstenecek minimum çıkış frekansı limiti	
2	Minimum frekans	0,01Hz	0Hz		İstenecek maksimum çıkış frekansı limiti	
3	Baz frekans	0,01Hz	50Hz	0-400Hz	Motor etiketinde yazan frekans değeri girilir	
4	Çoklu hız ayarı	0,01Hz	RH	50Hz	Değişik hızlarda çalışmak istendiğinde ve ilgili teminaller kullanıldığında belirlenmiş çıkış frekans değerleridir.	
5			RM	30Hz		
6			RL	10Hz		
7	Hızlanma zamanı	0,1s	5/10/15s	0-3600s	Hızlanma ve yavaşlama sürelerinin girildiği parametrelerdir.	
8	Yavaşlama zamanı		5/10/15s			
9	Elektronik termik röle	0,01A	Inverterin etiketinde yazan çıkış akımı	0-500A	Motor koruma fonksiyonu, motor etiket akımı girilir	
71	Motor tipi	1	0	0/1/3/13/23/40/43/50/53	Uygulamada kullanacağınız motor tipini giriniz, standart tip motorlar için 3 girilebilir, özel motor kullanırsa manüel inceleyiniz.	
77	Parametre yazma koruması	1	0	0/1/2	Bu parametre 0 yapılırsa inverter çalışmadığı zamanlarda parametre değiştirmek mümkün olur, 1 yapılırsa parametreleri hiçbir şekilde değiştirmek mümkün olmaz, 2 yapılırsa inverter çalışırken veya dururken parametreleri değiştirmek mümkün olur.	
79	Çalışma modu seçimi	1	0	0/1/2/3/4/6/7	Start bilgisinin ve çalışma frekansının veriliş şekli ile ilgili lokasyonun seçildiği parametre	
80	Motor etiketindeki güç değeri	0,01kw	9999	0,1 ile inverter gücü arası / 9999	Motor etiketindeki güç bilgisi girilir.	
81	Motor kutup sayısı	1	9999	2/4/6/8/10	Motor etiketindeki kutup sayısı girilir	
83	Motor etiketindeki voltaj değeri	0,1VAC	200VAC/400VAC	0VAC ile 1000VAC arası	Motor etiketindeki ve inverterin ön yüzündeki etiketteki voltaj bilgisi.	
84	Motor etiketindeki frekans değeri	0,01Hz	50Hz	10 ile 120Hz arası	Motor etiketindeki frekans değeri girilir	
96	Auto tuning tipi	1	0	0/11/21	Yapmak istediğimiz Autotuning tipi girilir. Bu parametre ile ilgili Autotuning prosedürünü inceleyiniz.	
125	Frekans ayarı kazanç frekansı	0,01Hz	50Hz	0-400Hz	Terminal 2	0-10VDC giriş yapıldığı terminaldir, bu parametreye, değer 10VDC ye geldiğinde istenen maksimum çıkış frekansı girilir.
126					Terminal 4	4-20mA giriş yapıldığı terminaldir, bu parametreye, değer 20mA e geldiğinde istenen maksimum çıkış frekansı girilir.

Şekil 3.24. FR-D700 serisi inverterde sık kullanılan parametreler

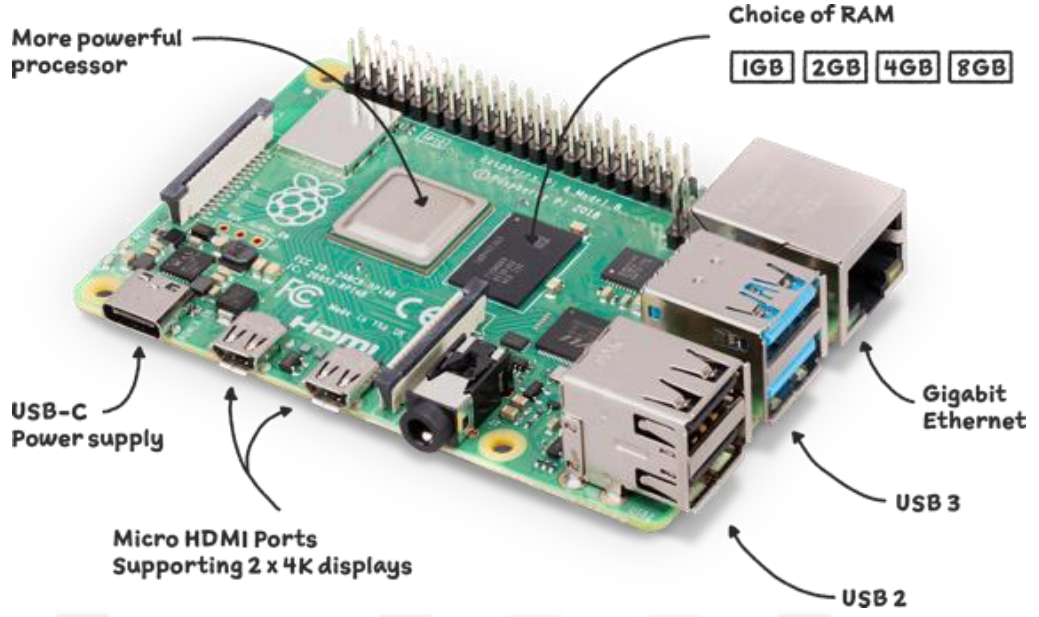
3.5 Raspberry Pi 4

Gömülü PC olarak kullanılacak olan Raspberry Pi 4 bir kart bilgisayardır. Bunun anlamı, bir bilgisayar için gerekli olan işlemci, RAM bellek, giriş/çıkışlar gibi tüm birimler tek bir devre kartı üzerinde toplanmıştır.

Küçük tasarımı ve kompakt yapısı sayesinde bu bilgisayarları robotik projelerimizde, akıllı ev sistemlerinde, gömülü sistemlerde kullanılabilir. Klavye, fare, ekran gibi çevre birimleri bağlayarak masaüstü bilgisayar olarak da kullanmak mümkündür.

Şekil 3.25’de Raspberry Pi 4 görülmektedir. Raspberry Pi 4’ün teknik özellikleri (Raspbery, 2022);

- Broadcom BCM2711, dört çekirdekli Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- 1GB, 2GB, 4GB veya 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (modele bağlı olarak)
- 2.4 GHz ve 5.0 GHz IEEE 802.11ac kablosuz, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 USB 3.0 bağlantı noktası; 2 USB 2.0 bağlantı noktası.
- Raspberry Pi standart 40 pinli GPIO başlığı (önceki kartlarla tamamen geriye dönük uyumlu)
- 2 × mikro-HDMI bağlantı noktası (4kp60'a kadar desteklenir)
- 2 şeritli MIPI DSI ekran bağlantı noktası
- 2 şeritli MIPI CSI kamera bağlantı noktası
- 4 kutuplu stereo ses ve kompozit video bağlantı noktası
- H.265 (4kp60 kod çözme), H264 (1080p60 kod çözme, 1080p30 kodlama)
- OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
- İşletim sistemini yüklemek ve veri depolamak için Micro-SD kart yuvası
- USB-C konektörü aracılığıyla 5V DC (minimum 3A*)
- GPIO başlığı aracılığıyla 5V DC (minimum 3A*)
- Ethernet Üzerinden Güç (PoE) etkin (ayrı PoE HAT gerektirir)
- Çalışma ortam sıcaklığı: 0 – 50 °C



Şekil 3.25. Raspberry Pi 4 (Raspbery, 2022)

3.6 Dahua Marka Kamera

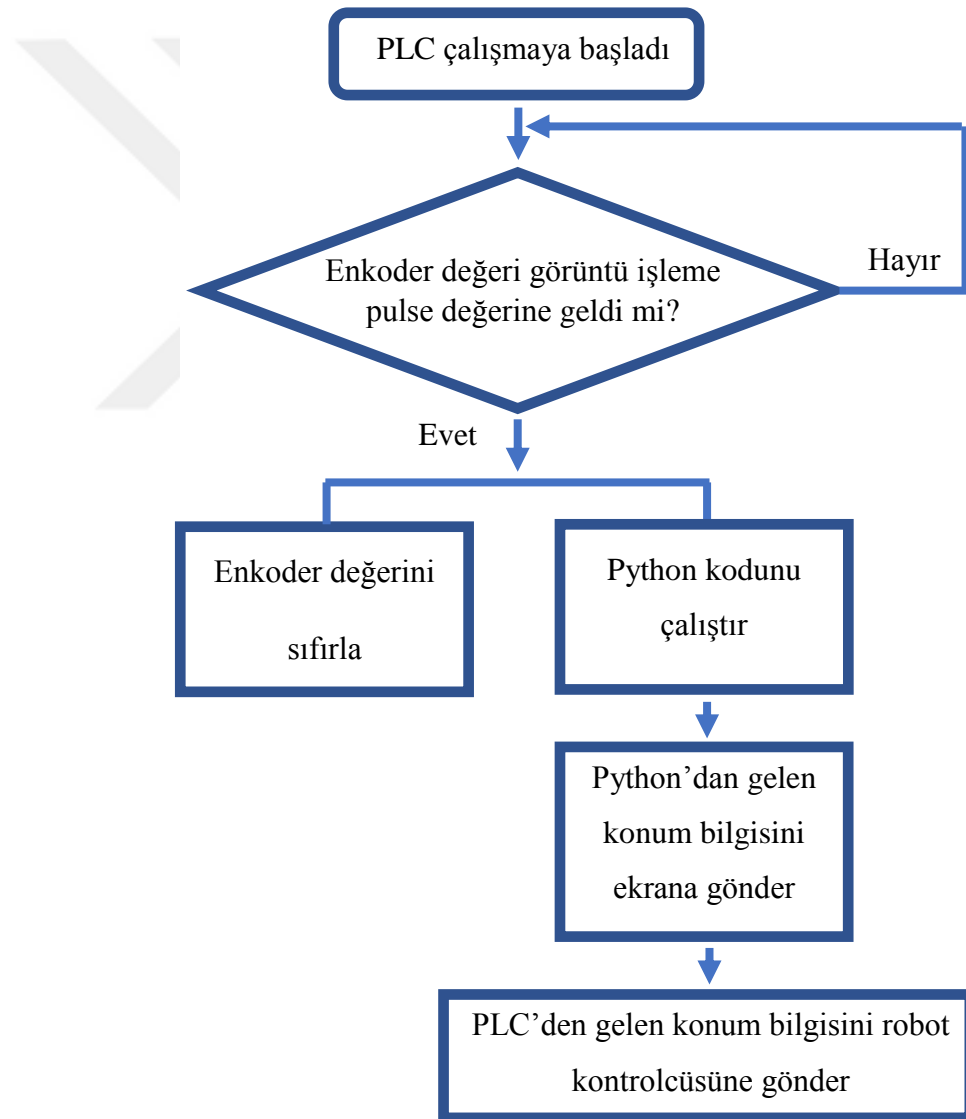
Maliyeti düşürmek amacıyla bu projede Dahua marka güvenlik kamerası kullanılmıştır. Bu kamera 2 Mp çözünürlüğe sahiptir. Bu da bu uygulama için yeterli bir çözünürlüktür. Kamera IP67 koruma sınıfına sahiptir. Şekil 3.26’da Dahua markalı kamera görülmektedir.



Şekil 3.26: Dahua marka kamera (Dahua, 2022)

3.7 Kullanılan yöntem

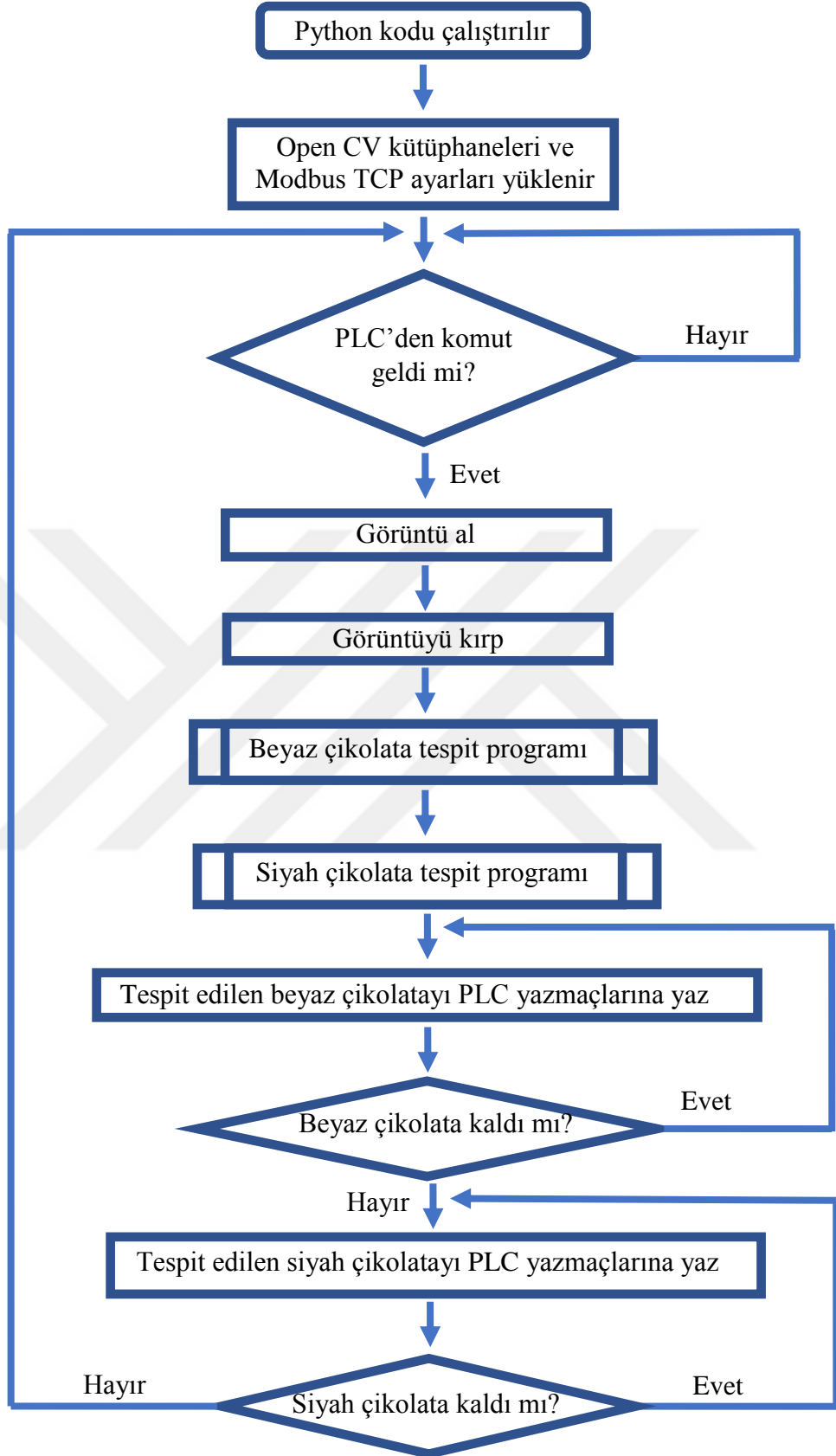
Çikolataların bulunduğu konveyöre montajı yapılan enkoder sayesinde konveyör konumu tespit edilmiş. Bu konveyör, kameradan alınan bir görüntü boyu ilerlediğinde kameradan görüntü alınmıştır. Bu kontrol mekanizması PLC içerisinde kurulmuştur. Python kodu görüntü işleyip konum elde etmesiyle alınan konum bilgileri PLC üzerinden robot kontrolcüsüne gönderilmek üzere HMI panele gönderilmiştir. HMI panel aldığı konum bilgilerini belirli zaman periyotlarında robota göndermiştir. Şekil 3.27’de PLC ve HMI panelin akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.27. 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 3.28'de Python kodunun akış diyagramı görülmektedir.

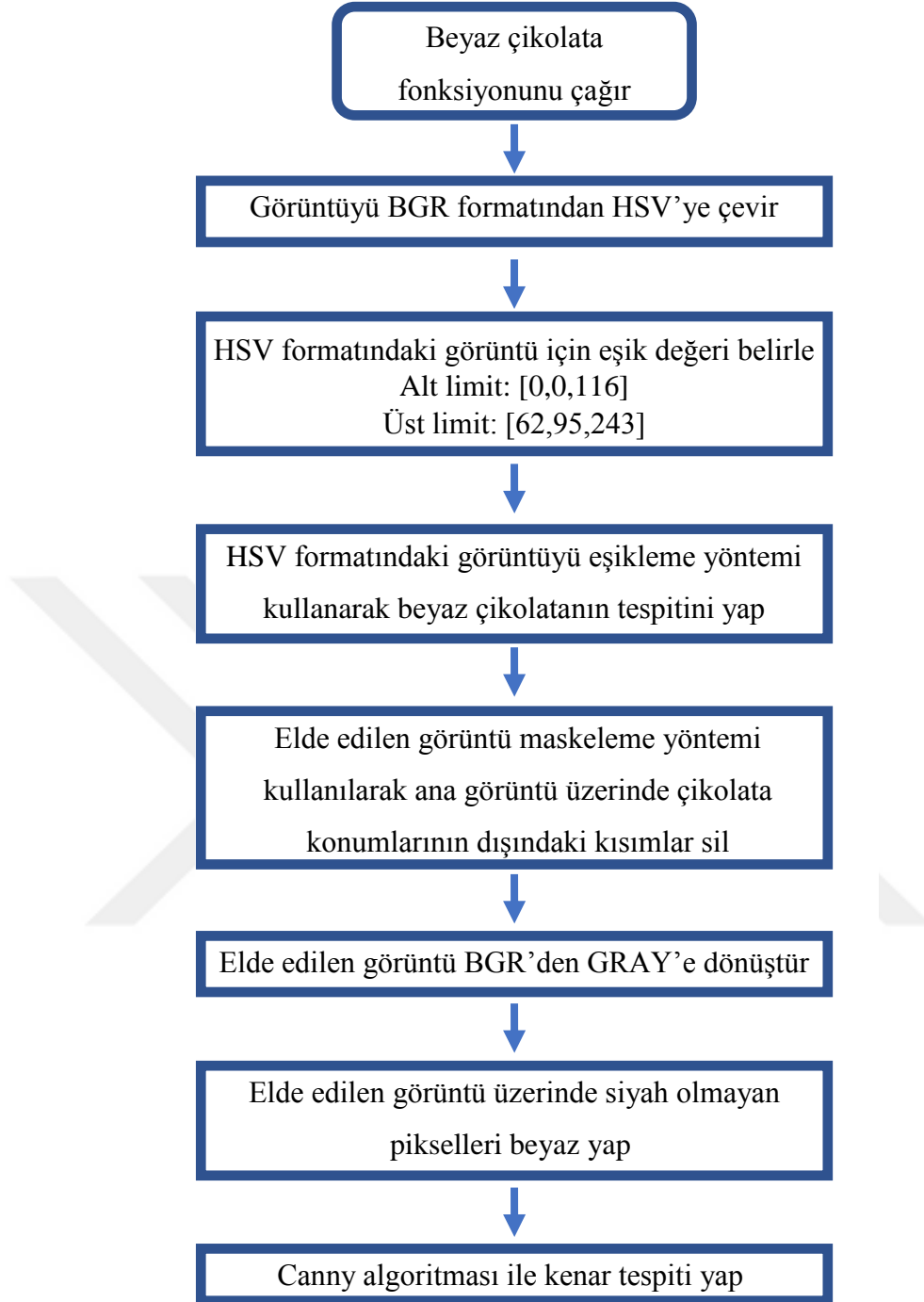




Şekil 3.28. Python programı akış diyagramı

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 3.28’de görülen Python programı akış diyagramında bulunan “Beyaz çikolata tespit programı” isimli program parçasının akış diyagramı Şekil 3.29’da görülmektedir.

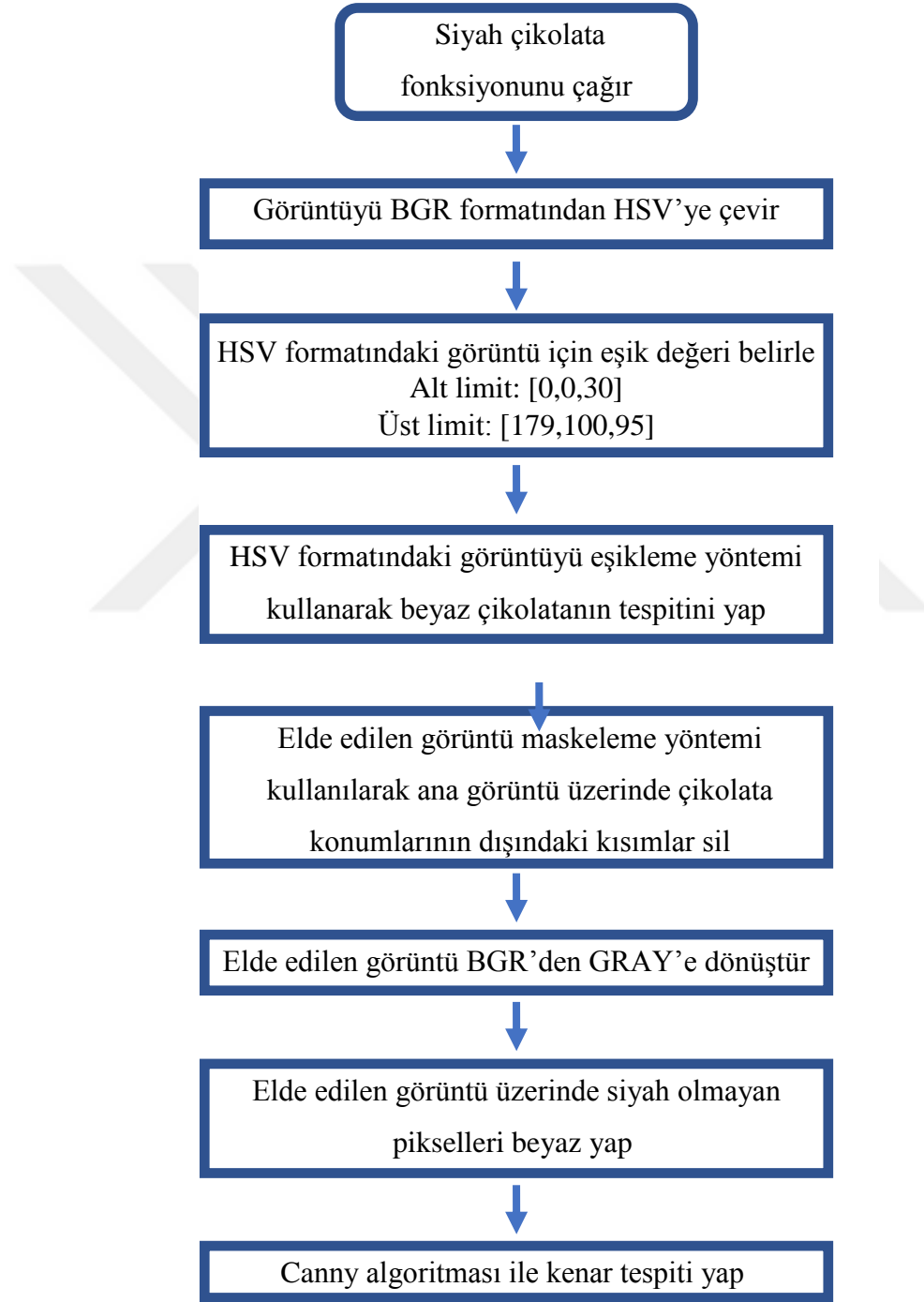




Şekil 3.29. Python programı beyaz çikolata tespit fonksiyonu akış diyagramı

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

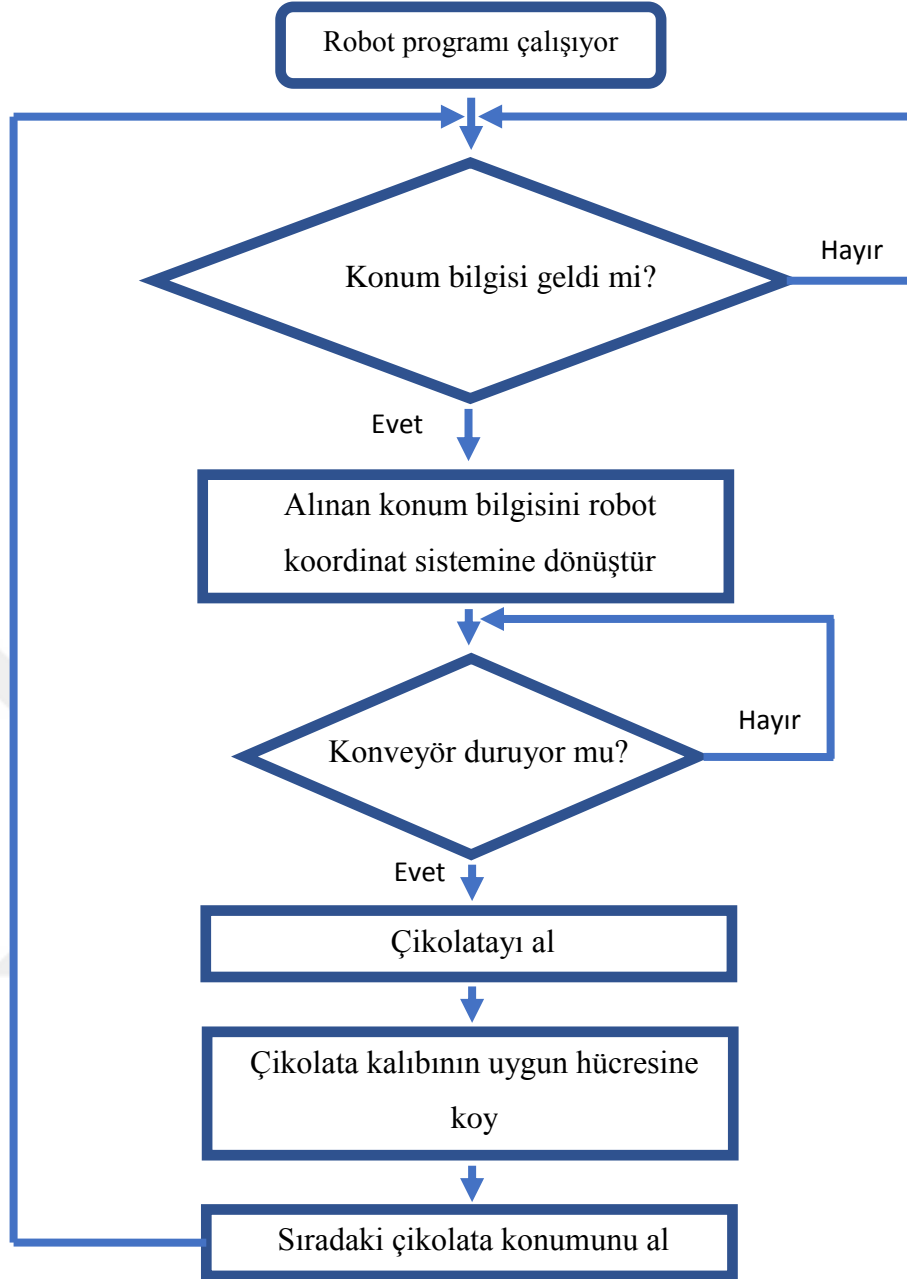
bulunmayan kısımları siyah renktedir. Bu görselin siyah olmayan kısımları beyaza çevrilir. Ardından Canny algoritması kullanılarak kenar tespiti yapıp beyaz çikolatalar tespit edilmiş olur. Şekil 3.28’de görülen Python programı akış diyagramında bulunan “Siyah çikolata tespit programı” isimli program parçasının akış diyagramı Şekil 3.30’da görülmektedir.



Şekil 3.30. Python programı siyah 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 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.

Çikolatalar tespit edilirken kırılmış olan görüntünün sol en üst pikseli X ekseninde ve Y ekseninde sıfır kabul edilir. Ardından çikolataların etrafına bir kare çizildiğinde sol üst köşesinin piksel konumu baz alınarak çikolatanın konum değeri tespit edilir. Python'dan konum bilgilerinin robot kontrolcüsüne kadar gelmesi ile birlikte robot algoritması başlamaktadır. Robot programının akış diyagramı Şekil 3.31'de görülmektedir.



Şekil 3.31. Robot programı akış diyagramı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Projenin blok diyagramı Şekil 4.1’de görülmektedir. Kamera görüntü almak için kullanılmıştır. Kameradan alınan görüntü Raspbery Pi 4 içerisinde işlenir. Bu işlemin sonucunda çikolata rengi ve konumu elde edilmiş olur. Elde edilen her konum bilgisini konum bilgisine atanan ID numarasına göre MODBUS TCP üzerinden PLC yazmacına yazılmıştır. PLC yazmaçları yazılan konum bilgisi HMI panel üzerinden robota gönderilir. Bu bilgi görüntüdeki piksel bilgisi olduğu için bu bilgiyi robotun koordinat sistemine uygun hale getirmek gerekir. Bu dönüşüm için Excel üzerinden doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bu durumun sonucunda elde edilen formülün katsayıları robot programına dahil edilerek piksel bilgisinin robotun koordinat sistemindeki karşılığı bulunmuş olur. Bu bilgiye göre robot ürün alma noktasındaki sensörden bilgi alınca ürüne doğru harekete başlar. Çikolatanın üzerine gelince tutucu vasıtasıyla çikolata alınıp kalıp üzerindeki uygun noktaya konulur. Sonrasında yeni çikolata ile bu döngü devam eder. Bu uygulamada aynı kod içerisinde hem beyaz çikolatanın hem de siyah çikolatanın analizi yapılmıştır.



Şekil 4.1. Sistemin blok diyagramı

4.1 Kameradan görüntü alınması

Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi kamera, çikolatanın varlığını ve konumunu tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Çikolatanın geldiği konveyörün yaklaşık 40 cm yukarısına montajı yapılan ve ışık almaması için etrafı kafes ile kapatılan kameradan belirli periyotlarla Raspbery Pi 4 üzerinden görüntü alınmıştır. Kameranın montajının yapıldığı kamera kabini Şekil 4.2’da görülmektedir.



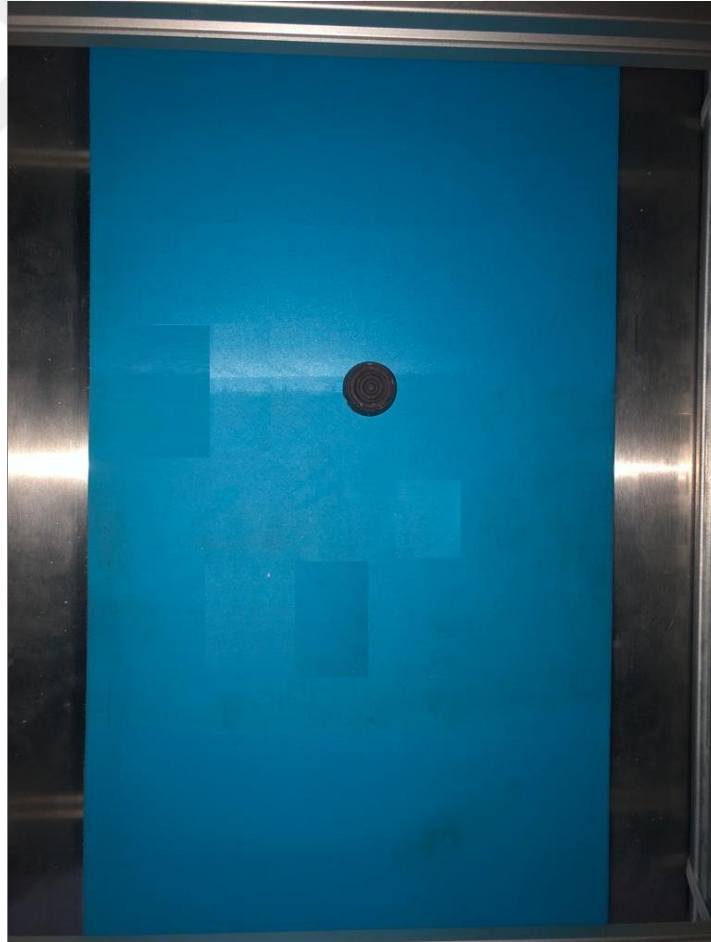
Şekil 4.2. Kamera kabini

Konveyöre montajı yapılan 1000 pulse enkoder sayesinde konveyörün hareket miktarı izlenmiştir. Konveyörden gelen her 1700 pulse miktarındaki hareketin sonrasında fotoğraf çekip görüntü işleme komutu PLC üzerinden verilmiştir. Kameradan alınan görüntü “img” değişkenine tanımlandı. Kameradan görüntü almamızı sağlayan Python kodu Şekil 4.3’de görülmektedir.

```
cikolata = cv2.VideoCapture(0)
```

Şekil 4.3. Kameradan görüntü alan Python kodu

Görüntü alma işlemi ilk olarak zamana bağlı yapılmış fakat bu işlemin ürünlerin konumu belirlenmeden konveyör üzerinden geçtiği görüldüğü için bant mekanizmasına enkoder bağlanmıştır. Alınan ilk ve işlenmemiş görüntü Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4. Kamerada alınan işlenmemiş görüntü

4.2 Kameradan alınan görüntünün işlenmesi

Kamerada alınan görüntünün kırılması için “cv2.resize” komutu kullanılmıştır. 768x1024 ebatlarında ebatlanmış olan ve “img” değişkenine tanımlanmış görüntünün “img[315:880,100:650]” komutu ile çikolata gelme ihtimali olmayan kısımları silinir. Çikolatanın bulunabileceği alan yine “img” değişkenine tanımlanır. “img” değişkeni programın diğer kısımlarında kullanmak amacıyla “frame” değişkenine tanımlanır. Ebatlama ve kırma işlemini yapan program parçası Şekil 4.5’de görülmektedir.

```
width = 768
height = 1024
dim = (width, height)

# resize image
img = cv2.resize(img, dim, interpolation = cv2.INTER_AREA)
img = img[315:880,100:650]
frame = img
```

Şekil 4.5. Ebatlama ve kırma işlemini yapan program parçası

“frame” değişkeninde bulunan görüntü önce fonksiyon olarak yazılan ve beyaz çikolata tespiti yapılacak fonksiyona atılır. Beyaz çikolata için yazılan program parçası Şekil 4.6’da görülmektedir.

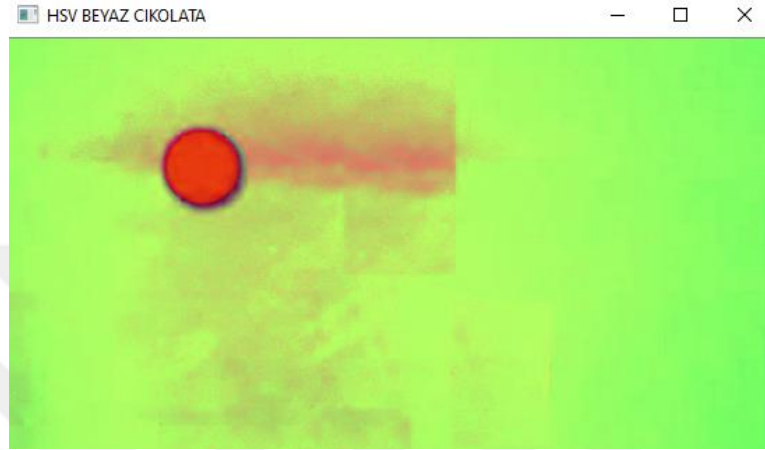
```
def beyaz_cik(f):
    frame = f
    hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    #hsv = frame
    cv2.imshow("HSV BEYAZ CIKOLATA ",hsv)
    LowerRegion = np.array([0,0,116],np.uint8)
    upperRegion = np.array([62,95,243],np.uint8)

    aralik = cv2.inRange(hsv,LowerRegion,upperRegion)
    cv2.imshow("BEYAZ ISLENMIS ",aralik)
    res1=cv2.bitwise_and(frame, frame, mask = aralik)
    res1 = cv2.cvtColor(res1,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    res1[res1>0]=255
    edged = cv2.Canny(res1, 50, 50)

    return edged
```

Şekil 4.6. Beyaz çikolata tespit fonksiyonu

“frame” görüntüsü önce RGB formatından HSV formatına dönüştürülür. Dönüştürülen görüntü incelemek amacıyla ekrana “HSV BEYAZ ÇİKOLATA” penceresi adı altında açılır. Bu görüntü ekranda Şekil 4.6’da görülen “cv2.imshow("HSV BEYAZ CIKOLATA "hsv)” kodu ile gösterilir. Dönüştürülen görüntünün HSV formatındaki hali Şekil 4.7’de görülmektedir.



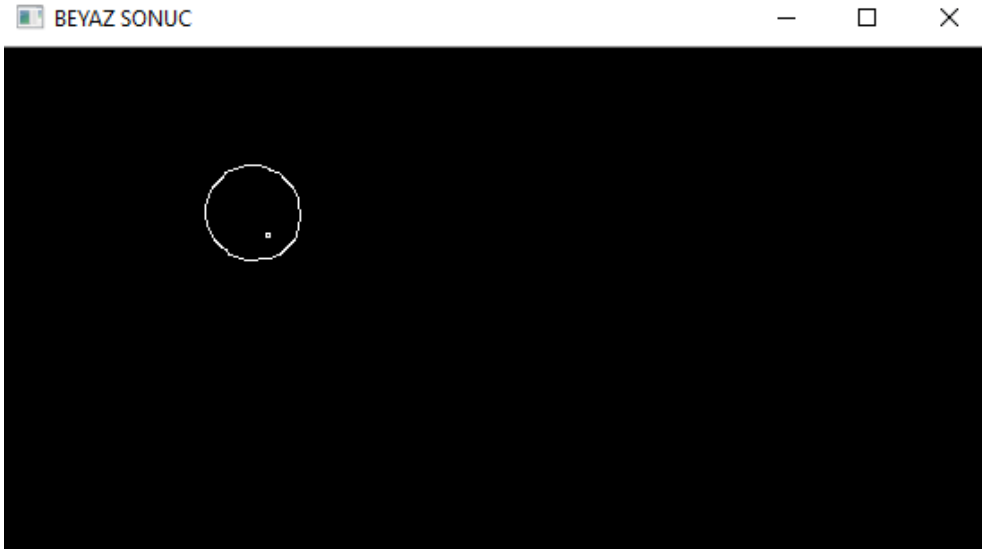
Şekil 4.7. Alınan görüntünün HSV formatındaki hali

HSV formatına dönüştürülen görüntü üzerinde eşikleme yöntemi kullanılarak eşik değerinin altında kalan kısımlar siyah renk bu değer üstünde kalan kısımlar beyaz renk yapılır. Bu sayede arka plan ile beyaz çikolata ayrılmış olur. Bu ayrılmanın sonucunda son görüntü “BEYAZ İŞLENMİŞ” penceresi içerisinde ekranda açılır. Bu görsel Şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. Alınan görüntünün arka plan ve diğer öğelerden ayrılmış hali

Daha sonra görüntü gri seviyeye dönüştürülerek $[0-1]$ aralığından $[0-255]$ aralığına getirilir. Bunun sebebi kenar tespiti için Canny algoritmasının $0-255$ aralığını kullanmasıdır. Şekil 4.9'da kenar tespiti yapılmış çikolatanın görseli görülmektedir.



Şekil 4.9. Beyaz çikolata tespit fonksiyonunun çıktısı

Aynı adımlar siyah çikolatanın tespiti içinde yapılır. Eşik değerleri siyah çikolata tespiti için değişiklik gösterir. Siyah çikolata tespit fonksiyonu Şekil 4.10'da

gösterilmiştir. Program parçasında bulunan “LowerRegion” eşik değerinin alt limitini belirtirken “upperRegion” değişkeni eşik değerinin üst limitini belirtmektedir.

```
def siyah_cik(f):
    frame = f
    hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    cv2.imshow("HSV SIYAH CIKOLATA ",hsv)
    LowerRegion = np.array([0,0,30],np.uint8)
    upperRegion = np.array([179,100,95],np.uint8)

    aralik = cv2.inRange(hsv,LowerRegion,upperRegion)
    cv2.imshow("SIYAH ISLENMIS ",aralik)
    res1=cv2.bitwise_and(frame, frame, mask = aralik)
    res1 = cv2.cvtColor(res1,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    res1[res1>0]=255
    edged = cv2.Canny(res1, 30, 30)

    return edged
```

Şekil 4.10. Siyah çikolata tespit fonksiyonu

Python üzerinden FX5U CPU’ya veri yazmak için “plc.write_multiple_registers” kodu kullanılır. Bu kodun kullanımı Şekil 4.11’de PLC’ye çikolata konumu yazan kod görünmektedir. Gelen çikolatalar sırayla yazmaçlara yazıldığı için “sıra” değişkeni her veri yazıldığında 1 arttırılmıştır.

```
plc.write_multiple_registers(2000+indeks1, [y])
```

Şekil 4.11. PLC’ye çikolata konumu yazdırma

Python üzerinden FX5U CPU’dan veri okumak için “plc.read_holding_registers” kodu kullanılır. Bu kodun kullanımı Şekil 4.12’de görünmektedir. Şekil 4.12’de bulunan kod ile PLC yazmaçlarından “D500” den başlanarak 1 yazmaç okunur. “değer[0]” değişkeninde “D500” de bulunan değer bulunur.

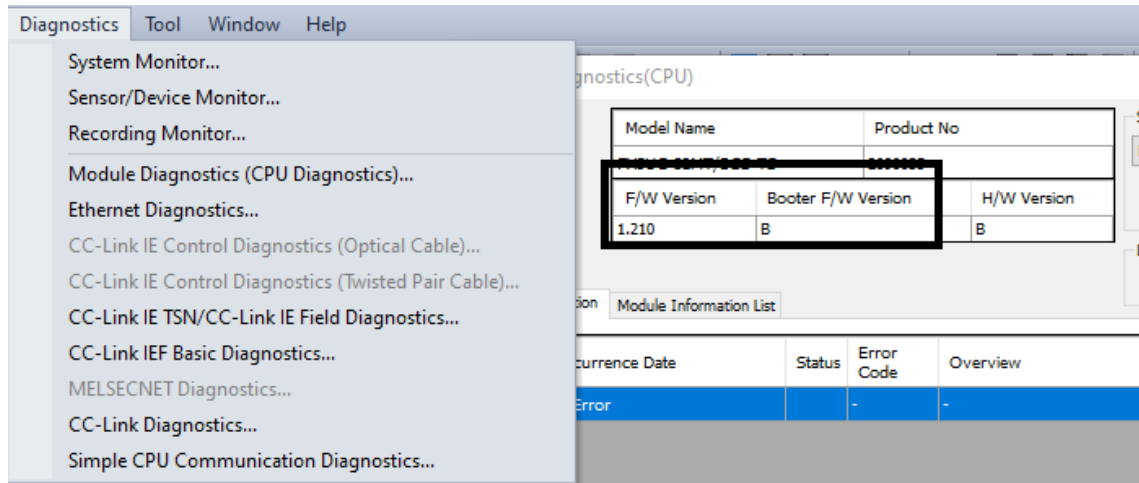
```
deger = plc.read_holding_registers(500,1)
goruntu_al = deger[0]
```

Şekil 4.12. PLC’den yazmaç okuma

4.3 Alınan konum bilgilerinin PLC üzerinden kontrolü

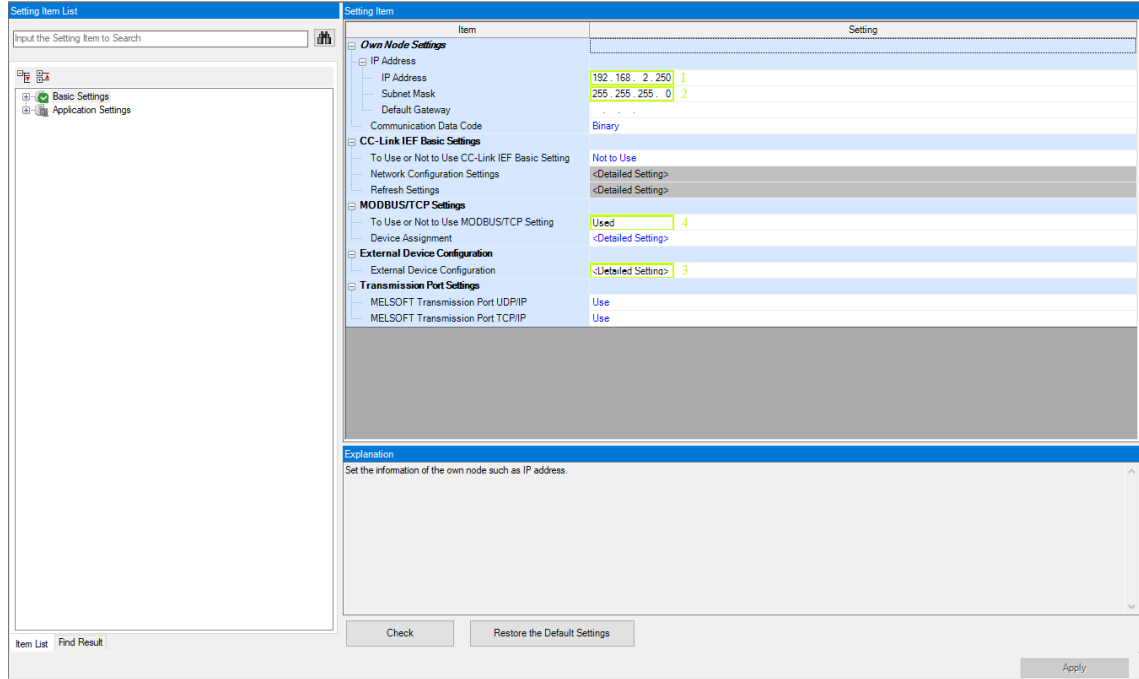
PLC'ye elektriksel bağlantısı yapılan enkoder sayesinde konveyör durumu izlenen sistemde, 1700 pulse aralıklarla fotoğraf çektirilmiştir. Fotoğraf çek komutu ile başlayan görüntü işleme algoritması eğer görüntü içerisinde siyah veya beyaz çikolata bulursa bu çikolatanın; konum bilgisini, renk bilgisini PLC'ye yazmaktadır. PLC, aldığı bilgileri ekran üzerinden robota göndermektedir. PLC'nin bu projedeki görevi belirli aralıklarla fotoğraf çektirip ardından aldığı konum bilgilerini HMI panele iletmektir. PLC olarak kullanılan ME FX5U CPU'nun Rapsbery Pi 4 ile haberleşmesi için kendi arayüzü olan "GX WORK 3" programı üzerinden bazı ayarları yapmak gereklidir. Bu ayarlar adım adım aşağıda açıklanmıştır.

FX5U-32MT/DSS ve Python programı MODBUS TCP üzerinden haberleştirilmiştir. FX5U PLC'nin MODBUS TCP üzerinden haberleşmesi için firmware versiyonunun 1.060'ın üzerinde olması gerekmektedir (Anonim, 2022). PLC sürümüne Şekil 4.13'de gösterildiği gibi "Diagnostics→Module Diagnostics (CPU Diagnostics)" yolu ile ulaşılabilir. Bu pencereden firmware versiyonu görüntüleyebilmek için PLC'ye ping atabiliyor olmak gerekir. Açılan pencerede "F/W Version" adı altında firmware versiyonu yazmaktadır.



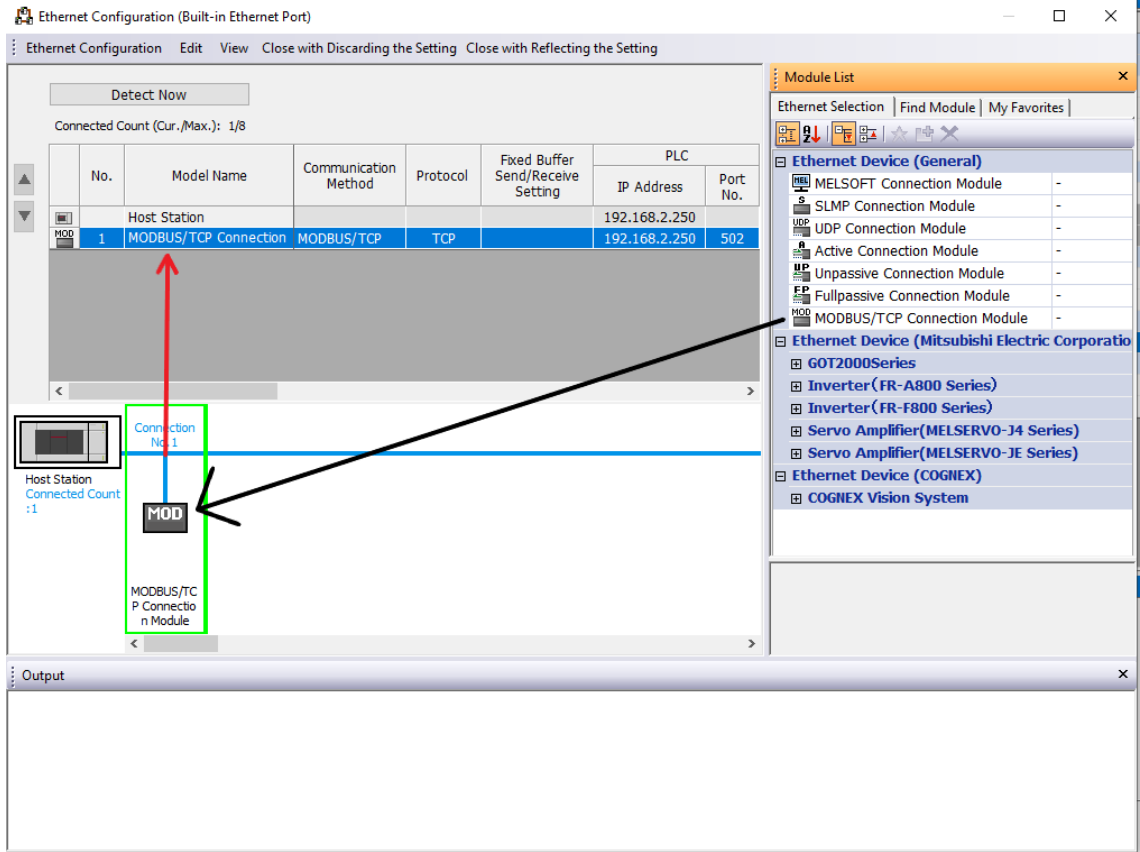
Şekil 4.13. FX5U CPU'nun firmware bilgisi

Firmware versiyonu 1.060'ın üzerinde olan PLC'nin Ethernet portu ayarlarını yapmak amacıyla arayüzde bulunan "Navigation→Parameter→FX5UCPU→Module Parameter→Ethernet Port" ayarları açılır. Açılan sayfa Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14. FX5U CPU'nun ethernet port ayarları

Şekil 3.34'de görülen 1 numaralı kısma PLC'nin IP adresi tanımlanmalıdır. Dikkat edilmesi gereken husus network içerisinde bulunan cihazların (PLC, HMI, robot, Raspberry Pi 4) IP adresinin ilk 3 bloğunu aynı ve son bloğunun farklı olmasıdır. 2 numaralı "Subnet Mask" kısmına alt ağ geçiş maskesi olarak da bilinen "255.255.255.0" değerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu işlemin ardından 3 numaralı kısımdan Şekil 4.15 açılmalıdır.

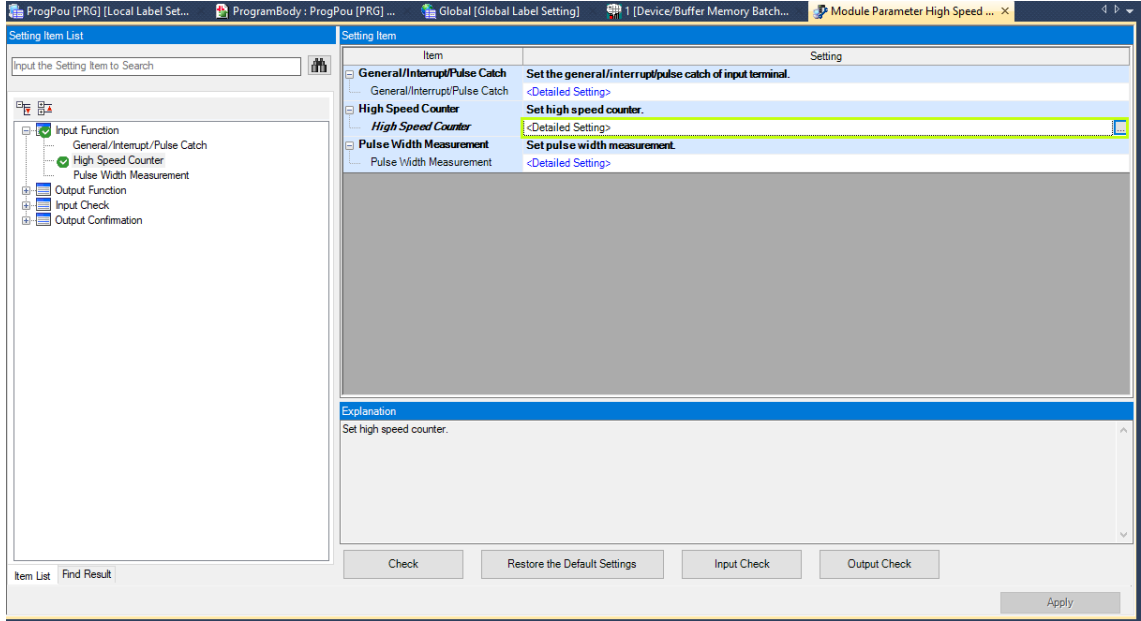


Şekil 4.15. FX5U CPU'nun port configuration ayarları

Şekil 4.15’de siyah ok ile gösterilmiş olan “MODBUS/TCP Connection Modüle” sürüklenip siyah okun ucundaki alana bırakılmalıdır. Modül bu kısma bırakılınca kırmızı ok ile gösterilmiş olan satır oluşur. Bu işlemler yapılınc bu sayfa kapatılır. Sayfa kapatılırken yapılan ayarların kaydedilmesi için bir uyarı gelir. Bu uyarıda bulunan “Evet” butonuna basılarak modül ayarı kaydedilir. Şekil 3.34’de bulunan pencereye tekrar dönülür. Şekil 4.14’de bulunan 4 numaralı kısımdan “Used” seçilir. Ardından yapılan tüm ayarlar “Apply” butonu ile kaydedilerek cihazın MODBUS/TCP ayarları tamamlanmış olur.

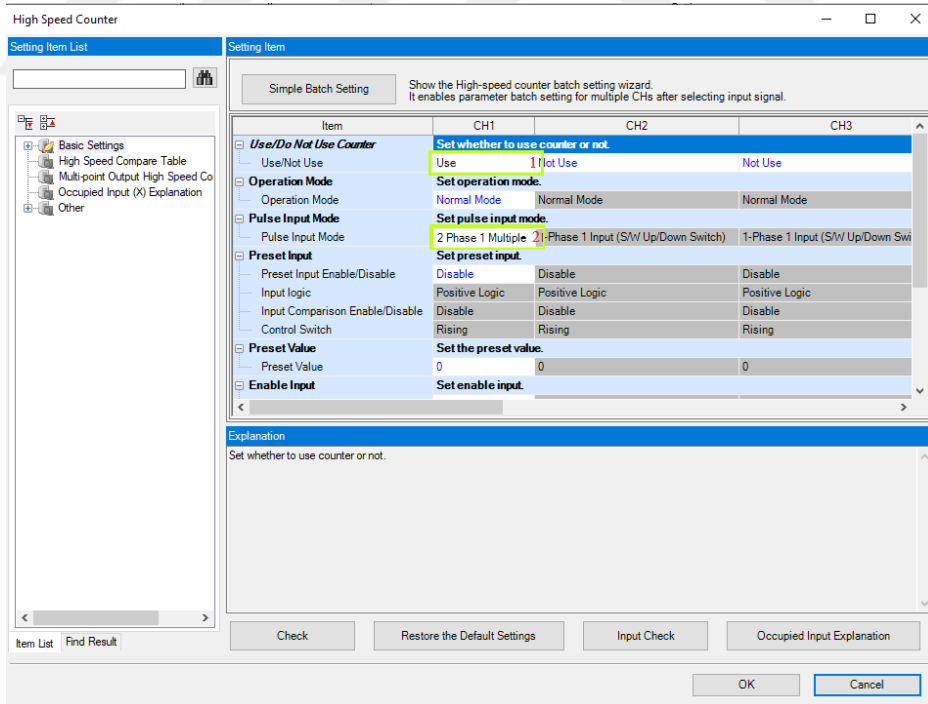
Konveyöre montajı yapılan enkodere okuyup alınan bilgiyi işleyebilmek için FX5U CPU içerisinde program yazılmıştır. İlk olarak enkoder bilgisini okumak için enkoderin bağlı olduğu “X0” ve “X1” girişinin hızlı sayıcı fonksiyonunu aktif etmek gereklidir. Bu fonksiyonu aktif etmek için “Navigation→Parameter→FX5UCPU→

Modüle Parameter→High Speed I/O” ayarları açılır. Açılan sayfa Şekil 4.16’da görülmektedir.



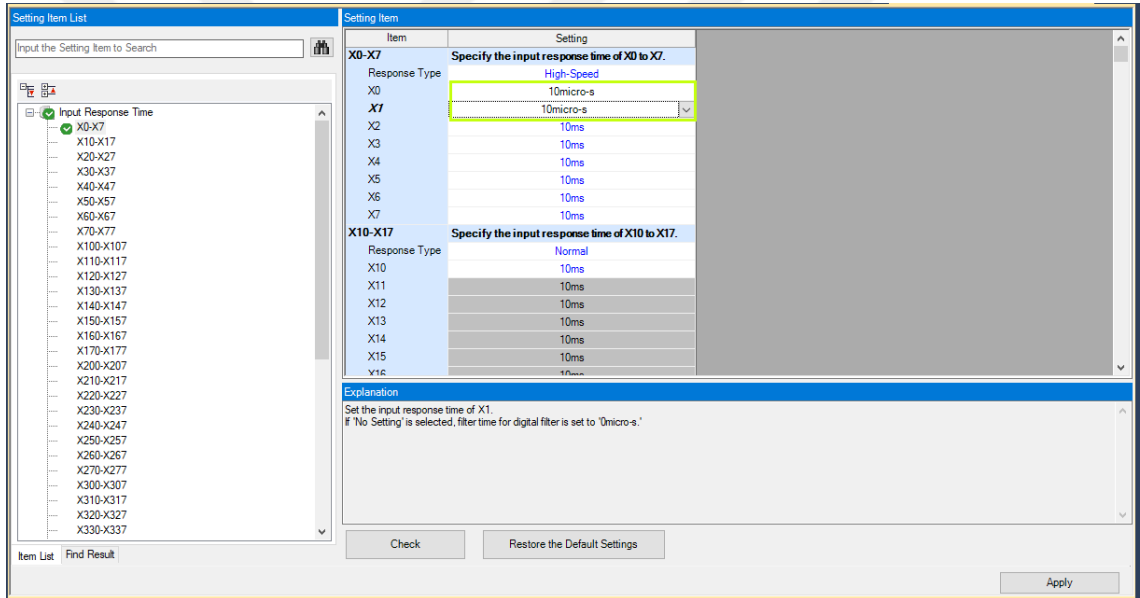
Şekil 4.16. FX5U CPU hızlı I/O ayarları

Şekil 4.16’da bulunan ve yeşil kutucu içerisine alınan “High Speed Counter” ayarları açılır. Açılan sayfa Şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.17. FX5U CPU hızlı sayıcı ayarları

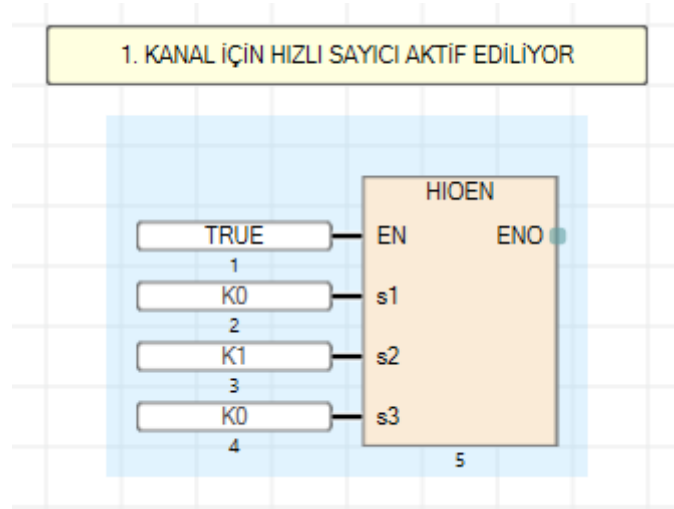
Şekil 4.17’de bulunan 1 numaralı yeşil kutucuktan “Use” seçilerek hızlı sayıcı kanalı aktif edilir. 2 numaralı yeşil kutucuktan “2 Phase 1 Multiple” seçilir. Bu seçim enkoder tipine göre değişiklik gösterir. Bu uygulamada 2 fazlı (A fazı ve B fazı) enkoder kullanıldığı için “2 Phase 1 Multiple” seçilmiştir. Bu iki seçimin ardında “OK” butonuna basılarak sayfadan çıkılır. Şekil 3.36’da bulunan sayfaya dönünce “Apply” butonuna basılarak sayfadan çıkılır. Enkoder ile ilgili parametre ayarları tamamlanmış olur. Enkoderin bağlı olduğu “X0” ve “X1” girişlerinin enkoder okuma hassasiyetlerinin pulse kaçırma probleminin yaşanmaması için artırılması gerekmektedir. Bu işlem için “Navigation→Parameter→FX5UCPU→Modüle Parameter→Input Response Time” ayarları açılır. Şekil 4.18’de input response time ayarları görülmektedir.



Şekil 4.18. FX5U CPU giriş hassasiyet ayarları

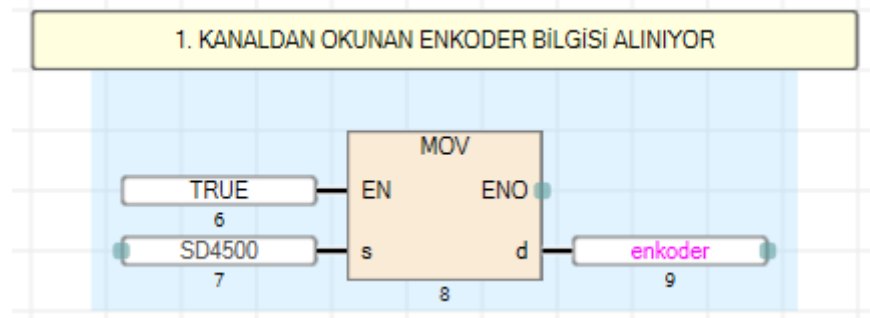
Giriş hassasiyetini arttırmak için Şekil 4.18’de görünen yeşil kutucuk içerisinde bulunan ve enkoder fazlarının bağlı olduğu girişlerin hassasiyetin en yüksek olması için “10micro-s” değerine alınması gerekir. Enkoderin bağlı olduğu iki giriş içinde bu işlem yapıldıktan sonra “Apply” butonuna basılarak sayfadan çıkılır.

Sağlıklı bir şekilde enkoder okumak için yukarıda bahsi geçen ayarlar yapıldıktan sonra program arayüzünden okumak istediğimiz hızlı girişi aktif etmek gereklidir. Şekil 4.19’da kanal aktif etmek için yazılan program görülmektedir.



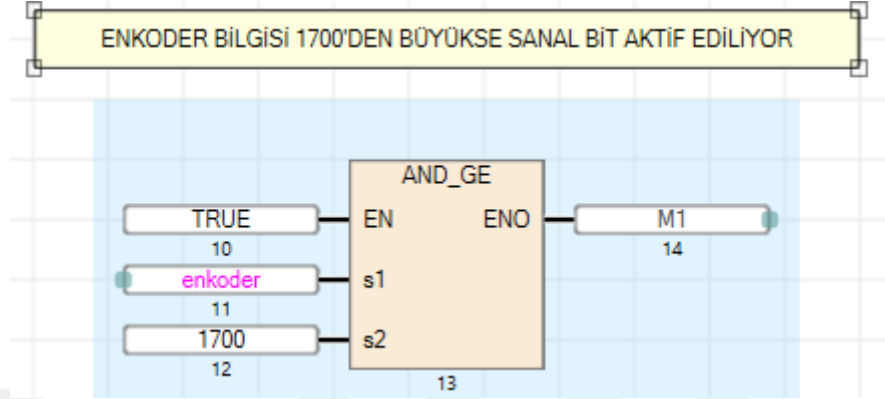
Şekil 4.19. FX5U CPU enkoder kanalının aktif edilmesi

“HIOEN” bloğunun “EN” girişine “TRUE” biti tanımlanarak bloğun sürekli aktif olması sağlanmıştır. “S1” girişine hızlı sayıcı okuyabilmek için “K0” tanımlanmıştır. “S2” girişine aktif edilmek istenilen kanalın binary kod sistemindeki karşılığının 10’luk tabandaki karşılığı tanımlanır. Bu uygulamada sadece 1. kanaldan okuma yapıldığı için “K1” değeri tanımlanmıştır. “S3” girişine pasif edilmek istenilen kanalın binary kod sistemindeki karşılığının 10’luk tabandaki karşılığı tanımlanır. Bu uygulamada pasif edilmek istenilen kanal olmadığı için “K0” değeri tanımlanmıştır. Bu blok sayesinde aktif edilen enkoder kanalından enkoder değeri “SD4500” yazmacından okunur. Bu yazmacı “enkoder” isimli bir sanal yazmaca taşıyarak enkoder değeri izlenmiştir. Şekil 4.20’de enkoder değerini taşıma işlemi görülmektedir.



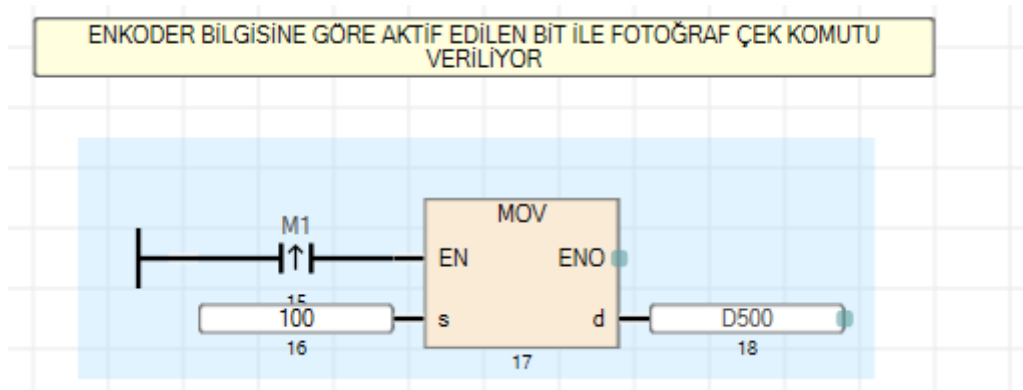
Şekil 4.20. Enkoder değerini taşıma

“MOV” bloğu sayesinde enkoder değeri “enkoder” isimli yazmaca taşınmış olur. Bu değişken içerisindeki değer 1700’den büyükse sanal bir bit aktif etmek için Şekil 4.21’de görülen program parçası yazıldı.



Şekil 4.21. Enkoder değerini göre sanal bit aktif etme

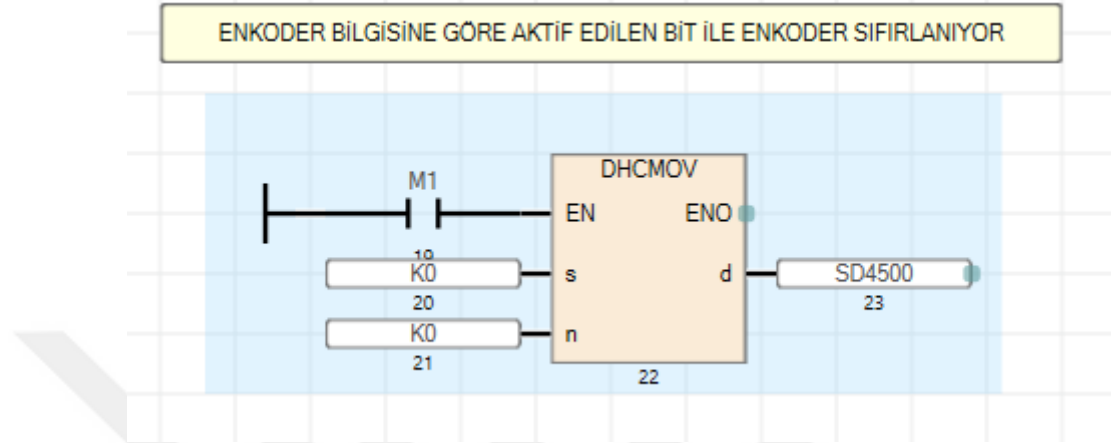
“AND_GE” bloğu ile enkoder bilgisi 1700’den büyükse “M1” biti aktif edilmiştir. Bu işlem PLC “RUN” modunda ise sürekli olarak yapılmıştır. Aktif edilen “M1” biti ile birlikte hem Raspberry Pi 4’e fotoğraf çekip görüntü işleme için komut verilmiş hem de enkoder bilgisi sıfırlanmıştır. Enkoder değeri sıfırlanınca “M1” biti pasif konuma düşmüştür. Python’a fotoğraf çekip görün işleme için “M1” bitinin yükselen kenarında “D500” yazmacına “100” yazılarak komut verilmiştir. Fotoğraf çekmek için yazılan program parçası Şekil 4.22’de görülmektedir.



Şekil 4.22. Enkoder değerini göre Python’a görüntü işle komutu verme işlemi

Python’a görüntü işle komutu yazıldıktan sonra enkoder değeri sıfırlanarak tekrardan 1700’ün üstüne çıkması beklenir. 1700 değeri kamera altında bir görüntü

alanının geçtiğini belirtir. Bu değeri bulmak için önce enkoder değeri sıfırlanmış ardından konveyör bir görüntü boyu ilerletilmiştir. İlerlemenin ardından enkoder değerinde 1700 civarı bir pulse miktarı görüldüğü için 1700 değeri seçilmiştir. Enkoder değerini sıfırlayan program parçası Şekil 4.23’de görülmektedir.



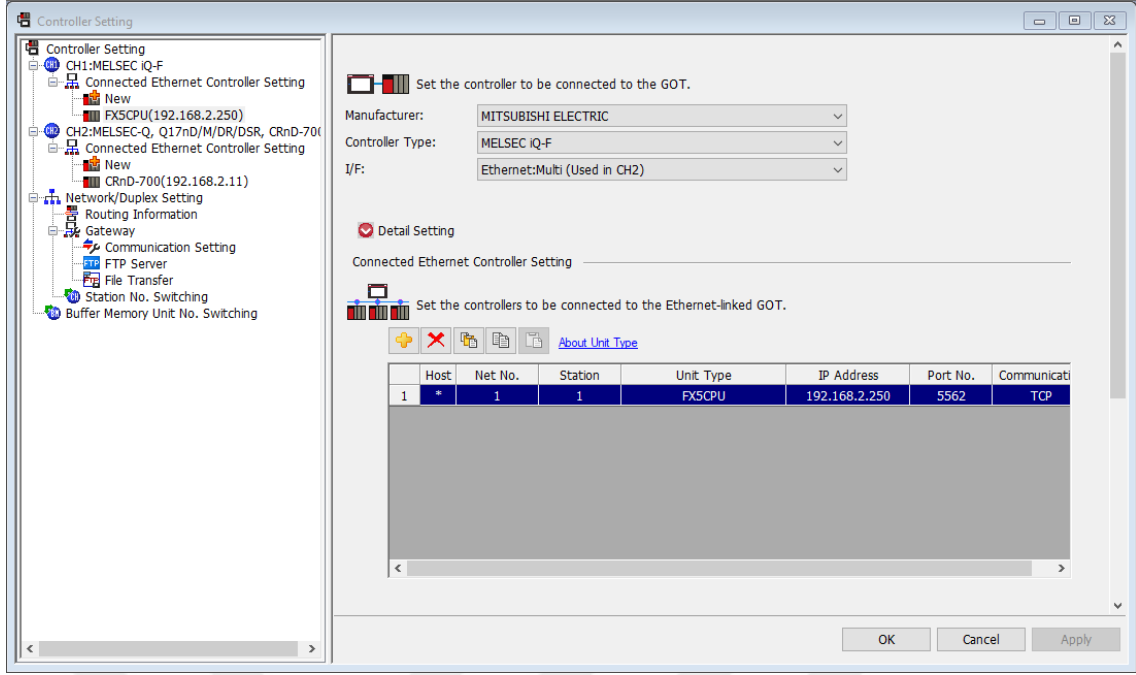
Şekil 4.23. Enkoder değerini sıfırlama programı

“DHCMOV” bloğu hızlı değer taşıma bloğudur. Bu bloğun “EN” girişine enkoder değeri 1700’ün üzerine çıkınca aktif edilen “M1” biti tanımlanmıştır. “s” girişine “d” çıkışına bağlı değere 0 değerinin atılması için “K0” tanımlanır. “n” girişine değeri taşıdıktan sonra yazmacı sıfırlaması için “K0” değeri tanımlanmıştır. Yazılan bu program parçaları sayesinde enkoder değerine göre fotoğraf çekirme işlemi PLC üzerinde yaptırıldı.

4.4 FX5U CPU’dan gelen bilgilerin HMI panel üzerinden robota gönderilmesi

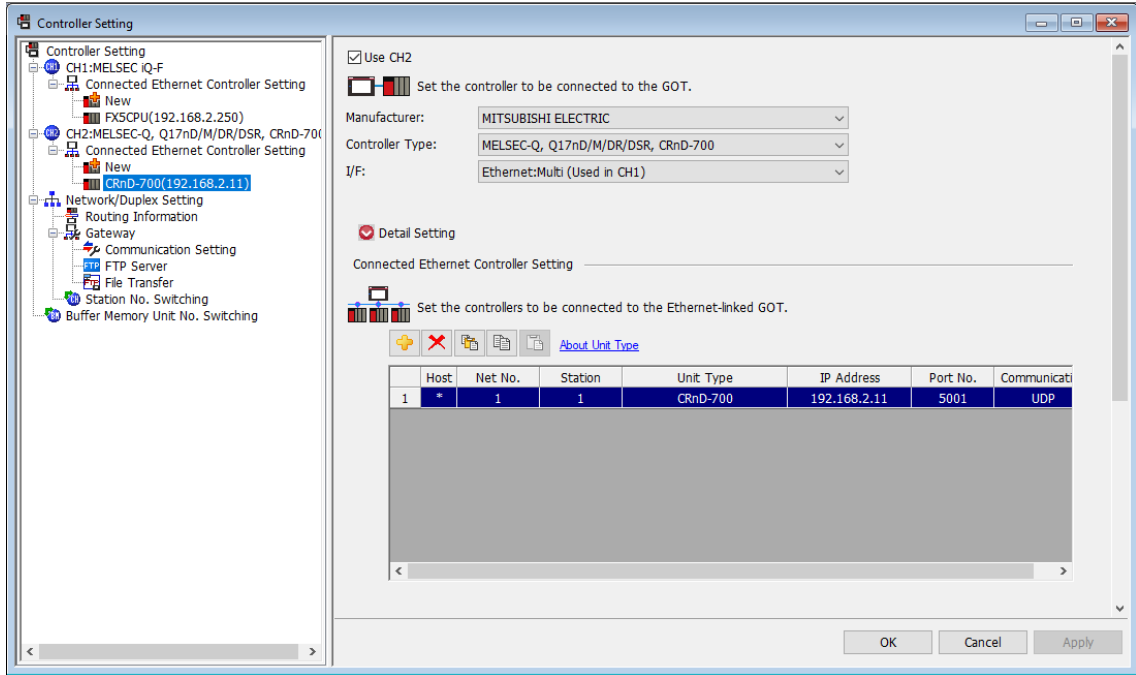
Alınan bilgiler HMI panel üzerinden robota gönderilir. Robota konum bilgileri gönderilir. Bu işlemi yapabilmek için GT2107 HMI panelin data transfer fonksiyonu kullanılır. Öncelikle PLC ve robot ile haberleşebilmek için haberleşme ayarlarını yapmak gerekmektedir. Bu haberleşme ayarları aşağıda adım adım anlatılmaktadır.

PLC ile HMI panel arasındaki haberleşmenin sağlanması için GT Designer 3 ekran programından kullanılan ekran için proje açıldıktan sonra Şekil 4.24’de bulunan haberleşme ayarlarını yapıldı. Şekil 4.24’de bulunan pencereye “System→Controller Settings→CH1” yolundan erişilir.



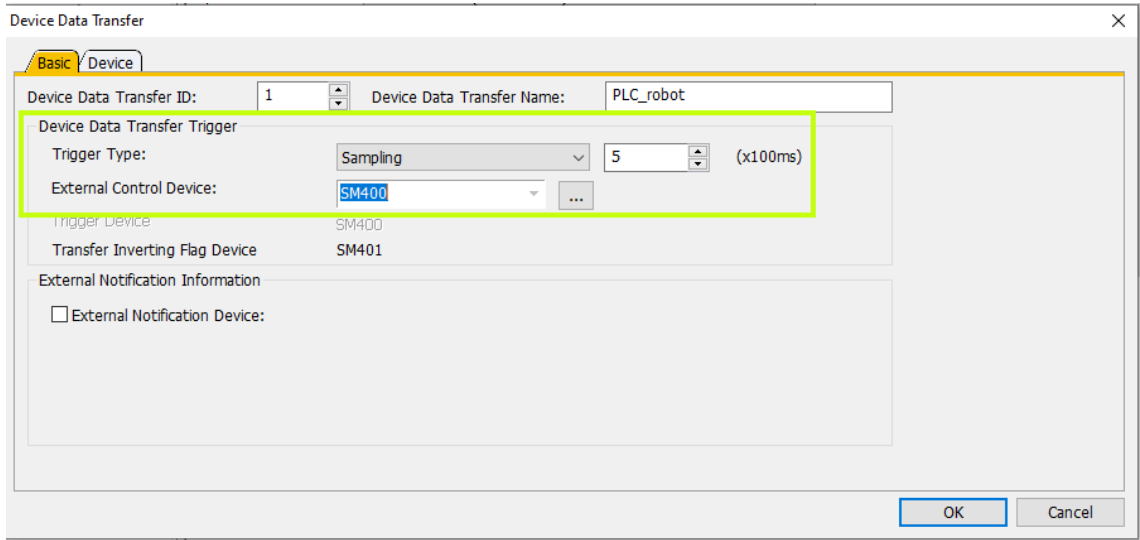
Şekil 4.24. HMI panel PLC haberleşme ayarları

HMI panel robot kontrolcüsü arasındaki haberleşmenin sağlanması için Şekil 4.25’de bulunan haberleşme ayarları yapıldı. Robot kontrolcüsünün bu serisinde yani CR751 serisinde CC/Link IE Field Basic haberleşmesi dahili olarak olmadığı için ekran üzerinde haberleşme yapılmıştır.



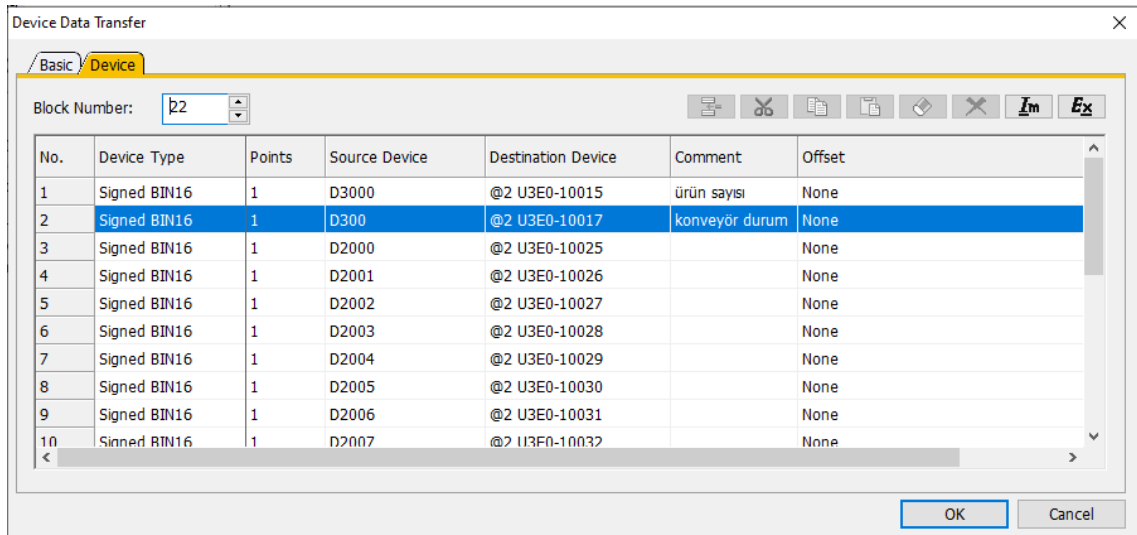
Şekil 4.25. HMI panel robot kontrolcüsü haberleşme ayarları

Robot kontrolcüsü ve PLC ile haberleşmesi için gereken ayarlar yapıldıktan sonra PLC'den robota gönderilecek olan bilgiler tanımlandı. Bu bilgileri göndermek için GT2107 ekranın data transfer fonksiyonu kullanıldı. Bu fonksiyon tanımlanan periyotlarda bir yazmaçta bulunan değeri başka bir yazmaca taşımaktadır. Data transfer ayarlarına “Project→Device Data Transfer→New” yolundan erişilir. Öncelikler PLC'den robota gönderilecek olan bilgilerin transferi için “PLC_robot” isimli data transfer sayfası eklendi. Bu sayfa iki kısımdan oluşmaktadır ilk kısmında data transfer ayarları bulunmaktadır. Şekil 4.26'da sayfanın ilk kısmı görülmektedir.



Şekil 4.26. PLC'den robota data transfer ayarlarının 1. Kısmı

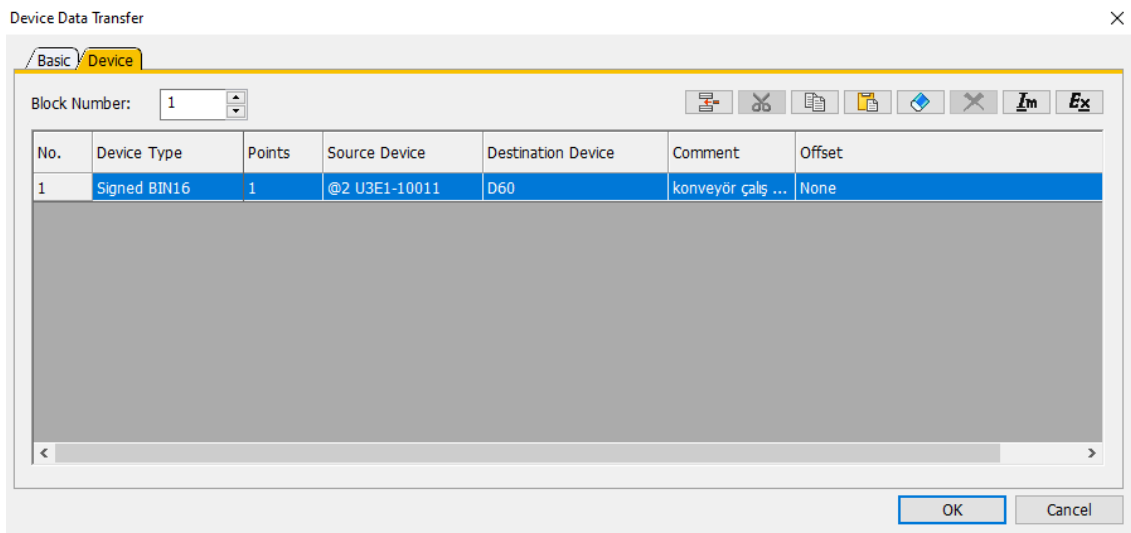
Şekil 4.26'da yeşil kutucuk içerisinde bulunan kısımdan data transfer ayarları yapıldı. “Trigger Type” ayarına “Sampling” tanımlanarak robota belirli periyotlarda veri gönderilmesi sağlandı. Buraya en az “5” değeri girilebilmektedir. Yani robota 500 ms periyotla veri gönderilmektedir. “External Control Device” parametresine PLC “RUN” modundayken sürekli aktif olan “SM400” biti tanımlandı. Bu sayede PLC “RUN” modundayken data transfer işlemi yapılmış oldu. Data transferin 2. sayfası olan “Device” kısmına geçerek taşınılacak olan yazmaçlar belirlendi. Şekil 4.27'de “Device” sayfası görülmektedir.



Şekil 4.27. PLC'den robota data transfer ayarlarının 2. Kısmı

Data transferin 2. Kısmında ürünlerin konum bilgileri, konveyörün çalışma durumu ve tespit edilen ürün konumu robota gönderilmiştir.

Robottan PLC'ye gönderilen datalar için de bir data transfer fonksiyonu oluşturulur. Yeni fonksiyon oluşturmak için "Project→Device Data Transfer→New" yolundan izlendi. Açılan sayfada data transfer ismine "robot_plc" ismi verildi. Açılan sayfanın 1. Kısmında bulunan ayarlar Şekil 4.26'da görülen PLC'den robota data transfer ayarlarının 1. Kısmı ile aynıdır. 2. Kısmında ise robottan PLC'ye konveyör çalış komutu ve robot çalışıyor bilgisi gönderildi. Konveyör bant motoruna çalış komutu robot üzerinden verilmiştir. Robottan PLC'ye data transfer fonksiyonunun 2. Kısmı Şekil 4.28'de bulunmaktadır.



Şekil 4.28. Robottan PLC'ye data transfer ayarlarının 2. Kısmı

Yapılan ayarlar ile birlikte HMI panelin ayarları tamamlanmış oldu.

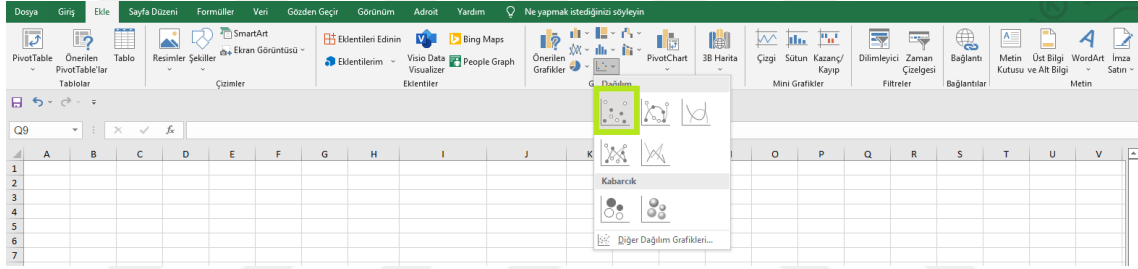
4.5 Robot kamera kalibrasyonu

Kamera ürün konumunu piksel değeri olarak vermektedir. Bu değerleri robotun koordinat sistemine dönüştürülüp sonrasında kullanmak gerekmektedir. Yıldız ve ark. 2021 yılında yaptıkları çalışmada konveyör üzerinde bulunan paketli çikolataları Python üzerinde tespit edip konum bilgilerinin robotun koordinat sistemine lineer (doğrusal) regresyon yöntemiyle çevirmiştir (Yıldıza, 2021). Bu çalışmadan yola çıkarak bu projede de excel üzerinde regresyon formülü çıkarılmıştır. Kamera fotoğraf çektilirip kamera altında bulunan ürünün piksel konumu kayıt altına alınır. Aynı ürünü robotun alacağı noktaya getirip robotun X,Y,Z koordinat sistemindeki Y eksen konumu kayıt altına alınmıştır. Ürün konveyörü üzerinde kapasitif sensör olduğu için ürün robotun alınabileceği bir noktaya gelince konveyör durdurulmuştur. Bunun sayesinde X ekseninde regresyon yapmaya gerek kalmamıştır. Ürün, konveyör durdurulduğu için hep aynı X konumunda gelmiştir. Kamera toplamda 8 ürün için konum bilgisi alındı. Alınan kamera konumları ve robot konumları Tablo 4.1'de görülmektedir.

	Kamera Y Konumu	Robot Y Konumu
1. Çikolata	64	57
2. Çikolata	132	21.71
3. Çikolata	218	-9.94
4. Çikolata	292	-45.27
5. Çikolata	373	-80.65
6. Çikolata	40	65.25
7. Çikolata	124	30.36
8. Çikolata	194	-3.2

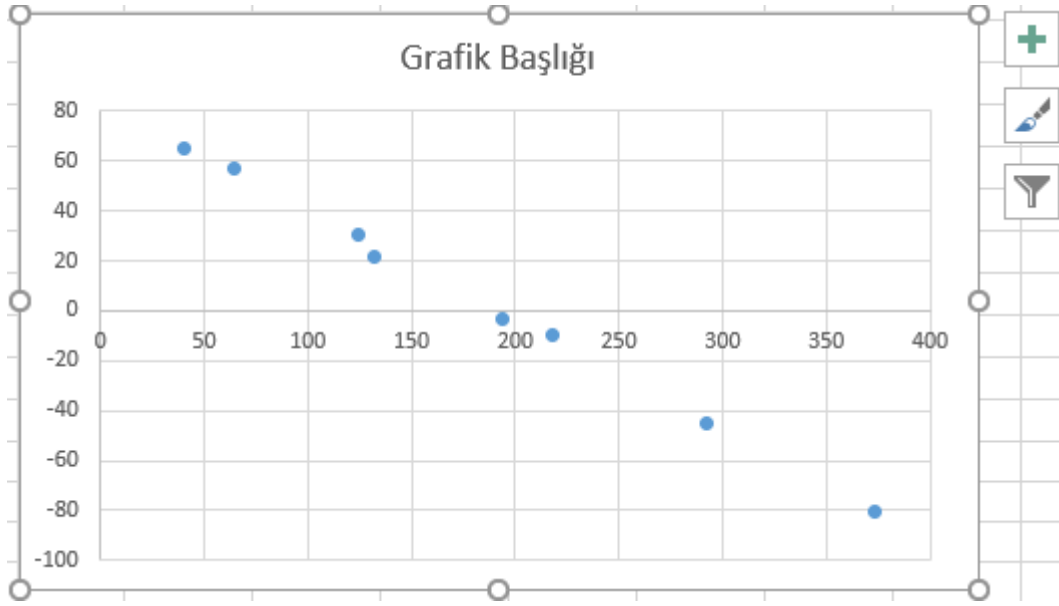
Tablo 4.1. Python'dan alınan konum bilgileri ve robot koordinat sistemindeki karşılıkları

Excel'de Tablo 4.1 oluşturulduktan sonra kamera Y konumlarının ve robot Y konumlarının bulunduğu hücreler seçildi. Excel'de ekle sekmesinden grafikler seçeneğine girildi. Şekil 4.29'da yeşil kutucuk içerisinde bulunan kutucuk seçildi.



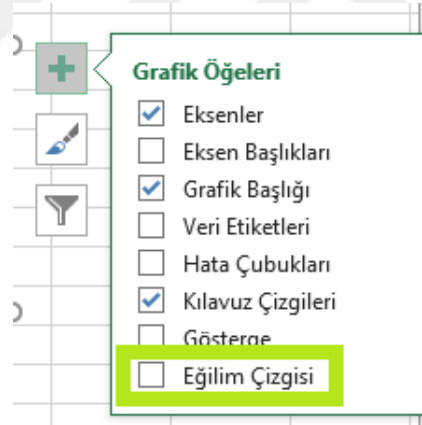
Şekil 4.29. Excel'de grafik oluşturma

Kameranın Y değerlerine karşılık gelen robotun Y değerleri grafiğe dönüştürülmüş oldu. Oluşan grafiğin ilk hali Şekil 4.30'da görülmektedir.



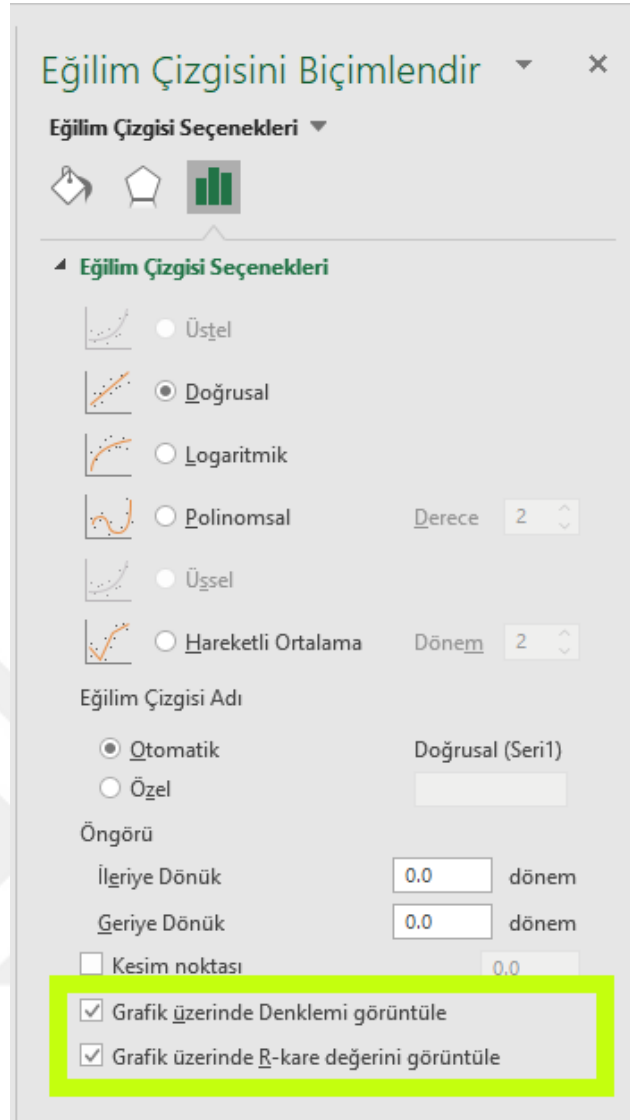
Şekil 4.30. Excel'de oluşturulan grafik

Oluşan grafiğin sağ üst köşesinde bulunan “+” butonuna basılarak Şekil 4.31’de görülen yeşil kutucuk içerisindeki check box işaretlenerek değerlerin grafiği çizdirildi.



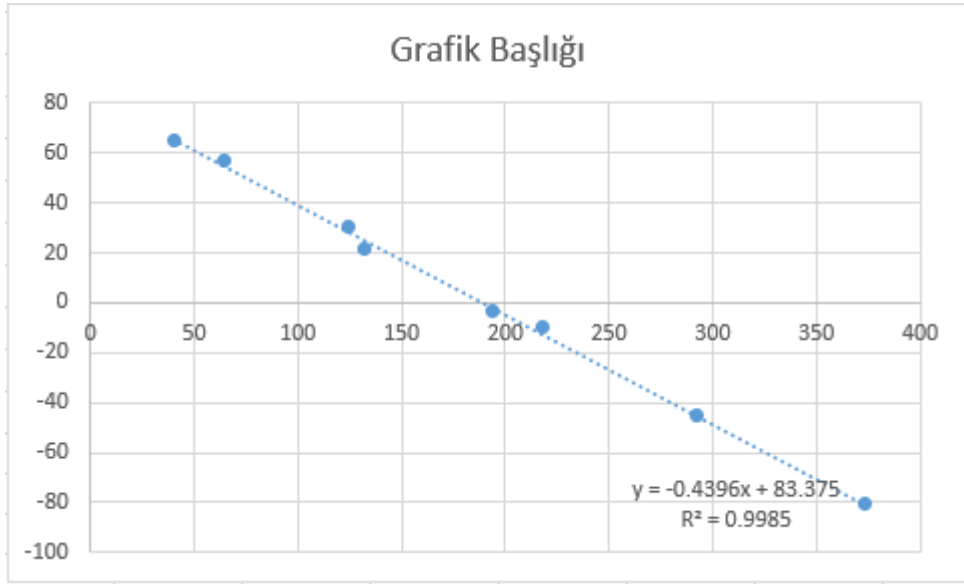
Şekil 4.31. Excel’de oluşturulan grafik üzerine çizgi çizdirme

Ardından grafik çizgisinin üzerine basıldı. Şekil 4.32’de bulunan pencere sağ tarafta açıldı. Bu pencereden oluşturulan grafiğin formülünü görüntülemek için Şekil 4.32’de bulunan check boxlar işaretlendi.



Şekil 4.32. Excel’de oluşturulan grafiğin formülünü ve doğruluk oranını görüntüleme

Şekil 4.33’de oluşturulan grafiğin formülü ve eğilim çizgileri oluşturulmuş hali görülmektedir. Şekil 4.43’de görüldüğü gibi grafik üzerinde Y değerine bağlı X değişkeninin katsayıları ve “R²” değeri oluşmuştur. Burada bulunan X değeri yerine kameradan gelen konum değeri yazıldığında robotun koordinat sistemindeki Y değeri elde edilir. “R²” değeri grafiğin Y eksenindeki X sapmasına ilişkin sapma oranıdır. Bu grafik için “R²” değeri Şekil 4.33’de görüldüğü gibi “0.9985” hesaplanmıştır. Bu değer olabildiğince 1’e yakın olması gerekmektedir. “0.9985” kabul edilebilir bir değerdir. Regresyon yöntemi ile bulunan formül katsayıları robot programında kullanılmak için kayıt altına alındı.



Şekil 4.33. Excel’de oluşturulan grafiğin eğilim çizgisi, denklemini ve “R²” değeri oluşturulmuş hali

4.6 Robot programı

Robot kontrolcüsü ile haberleşme ağı içerisinde bulunan diğer cihazların haberleşmesi için öncelikle IP ayarlaması yapıldı. Robot kontrolcüsünün IP’si “192.168.2.11” olarak ayarlandı. Robot kontrolcüsünün IP’sine RT Toolbox 3 arayüzünden bağlandıktan sonra “Workspace→CIKOLATA_TOPLAMA(Proje adı)→RC1→Online→Parameter→Communication Parameter→Ethernet” yolundan erişilir. Şekil 4.34’de robot kontrolcüsünün ethernet ayarları görülmektedir. IP ayarlaması yapıldıktan sonra kaydolması için “Write” butonuna basılmalıdır.

Menu:	Copy PC Network Settings	
IP Address	IP Address: (NETIP)	192 . 168 . 2 . 1
Device & Line	Subnet Mask: (NETMSK)	255 . 255 . 255 . 0
Realtime Monitor	Default Gateway: (NETGW)	192 . 168 . 2 . 1
Real-time External Command		
		<input type="button" value="Explain"/> <input type="button" value="Write"/>

Şekil 4.34. Robot kontrolcüsü ethernet ayarları

Robot kontrolcüsü haberleşme ayarları yapıldıktan sonra robot kontrolcüsünün kullanacağı giriş ve çıkışlar belirlendi. Çikolatayı tutacak olan tutucu robot kontrolcüsünden kontrol edilmiştir. Robot kontrolcüsünün 27 numaralı çıkışına tutucu açtırma, 29 numaralı çıkışına tutucu kapatırma için gerekli bağlantı yapılmıştır. Bu çalışmada Schunk firmasının “EGP 50-N-N-B” tutucusu tercih edilmiştir. Bu g tutucu çalışması için herhangi bir kompresöre ihtiyaç duymadığı için tercih edilmiştir. Açma kapatma hareketini elektriksel olarak kendi içerisinde yapmaktadır. Şekil 4.35’de kullanılan tutucu görülmektedir.



Şekil 4.35. Kullanılan tutucu

Bu çalışmada kullanılan diğer sinyal ve veriler ekran üzerinden PLC'ye gönderilip alındı. Robot kontrolcüsünde kullanılan giriş ve çıkışlar ekran üzerindeki karşılığı farklıdır. Örnek vermek gerekirse robot kontrolcüsündeki "10160" numaralı 16 bitlik bir veri ekran üzerinden "10010" numaralı girişten okunmaktadır. Robot kontrolcüsü üzerinden 10160 numaralı 16 bitlik çıkışına "100" yazılmak istenirse "M_Out16(10160)=100" komutu kullanılır. Robot kontrolcüsünün 10160 numaralı 16 bitlik çıkışı ekran üzerinden okunmak istenirse "U3E1-10010" ekran yazmacı okunur. Eğer robot kontrolcüsü üzerinde 10176 numaralı girişteki 16 bitlik veri okunmak istenirse "M_In16(10176)" komutu kullanılır. Robot kontrolcüsünün 10160 numaralı girişine 16 bitlik veri yazdırılmak istenirse ekran üzerinden "U3E0-10010" yazmacı kullanılır. Bu projede kullanılan ve robot kontrolcüsüne giriş olan yazmaç listesi Tablo 4.2'de görülmektedir.

HMI KODU	HMI ADRESİ	BİT	ROBOT GİRİŞ ADRESİ	AÇIKLAMA
U3E0	10016	16Bit	10256	Raspberry start bilgisi
U3E0	10017	16Bit	10272	Konveyör durumu
U3E0	10024	16Bit	10384	1. ürün konumu
U3E0	10025	16Bit	10400	2. ürün konumu
U3E0	10026	16Bit	10416	3. ürün konumu
U3E0	10027	16Bit	10432	4. ürün konumu
U3E0	10028	16Bit	10448	5. ürün konumu
U3E0	10029	16Bit	10464	6. ürün konumu
U3E0	10030	16Bit	10480	7. ürün konumu
U3E0	10031	16Bit	10496	8. ürün konumu
U3E0	10032	16Bit	10512	9. ürün konumu
U3E0	10033	16Bit	10528	10. ürün konumu
U3E0	10034	16Bit	10544	11. ürün konumu
U3E0	10035	16Bit	10560	12. ürün konumu
U3E0	10036	16Bit	10576	13. ürün konumu
U3E0	10037	16Bit	10592	14. ürün konumu
U3E0	10038	16Bit	10608	15. ürün konumu
U3E0	10039	16Bit	10624	16. ürün konumu
U3E0	10040	16Bit	10640	17. ürün konumu
U3E0	10041	16Bit	10656	18. ürün konumu
U3E0	10042	16Bit	10672	19. ürün konumu
U3E0	10043	16Bit	10688	20. ürün konumu

Tablo 4.2. Robot kontrolcüsü giriş yazmaç adresleri

Bu projede kullanılan ve robot kontrolcüsüne çıkış olan yazmaç listesi Tablo 4.3'de görülmektedir.

HMI KODU	HMI ADRESİ	BİT	ROBOT ÇIKIŞ ADRESİ	AÇIKLAMA
U3E1	10010	16Bit	10160	Robot hareket ediyor

Tablo 4.3. Robot kontrolcüsü çıkış yazmaç adresleri

Robot kamera kalibrasyonu sırasında Excel üzerinden lineer (doğrusal) regresyon yöntemi kullanılarak kameradan gelen Y konumuna karşılık robot koordinat sistemindeki Y eksen konumunu bulacak olan formülün katsayıları bulunmuştu. Bu katsayılar robot kontrolcüsünde yazılan programda kullanıldı. Şekil 4.36'da robot koordinat sistemindeki ürün konumunu hesaplayan program görülmektedir.

```

1 sayac := sayac+1
2 reg := 10368+16*sayac
3 Wait M_In16(reg)>0
4 urun_y := M_In16(reg)
5 Pkonveyor_ara.Y := 83.375-urun_y*0.4369-20
6 Purun_yaklas.Y := Pkonveyor_ara.Y
7 Purun_al.Y := Pkonveyor_ara.Y

```

Şekil 4.36. Çikolata konumunu hesaplaya program parçası

Şekil 4.36’da görülen robot kontrolcüsüne yazılan programda kullanılan; “Pkonveyor_ara” konumu konveyör üzerinde ürünün yukarısında beklediğimiz konum, “Purun_yaklas” konumu çikolatanın Z ekseninde yukarısında bulunan konum, “Purun_al” konumu çikolatanın konveyör üzerinde bulunduğu konumdur. Şekil 4.36’da görülen program parçası aşağıda satır satır anlatılmaktadır.

- 1. satırında bir sayaç değişkeni 1 arttırılmıştır. Bunun sebebi kamera ile robot arasında 1’den fazla çikolata olabilme ihtimalidir. Python programında alınan her çikolata konumu “D2000” ile “D2019” arasındaki toplamda 20 yazmaca yazılmıştır. Hattan gelen 20. çikolatadan sonraki çikolataların konumu tekrar baştan başlanarak “D2000” yazmacına yazılmış ve bu döngü Python programı çalıştığı sürece devam etmiştir. Python tarafından veriler sırayla yazmacılara yazıldığı için robot kontrolcüsü tarafında da aynı şekilde sırayla okumak gereklidir. Bundan dolayı sayaç değişkeni her ürün geldiğinde 1 arttırılıp okunmuştur.
- 2. satırda “reg” değişkeni içerisine, çikolata numarası olan “sayaç” değişkeni 16 ile çarpılıp “10368” ile toplanarak yazılmıştır. İlk çikolatanın konumu kontrolcü içerisindeki “10384” numaralı girişe gelmektedir. Okunan her bilgi 16 bit olduğu için “16” ile çarpılmıştır. Birinci çikolata konumu “10384” numaralı girişe yazıldığından dolayı birinci çikolatanın konumunu elde etmek için “sayaç” değişkeni 1 değerini verir. “reg” değişkeninin içinde “10384” değeri bulunmuş olur.
- 3. satırda hesaplanan “reg” yazmacı değerinin 0’den büyük olması beklenir
- 4. satırda Python’dan gelen Y değeri “urun_y” değişkenine tanımlanır.

- 5. satırda “urun_y” değişkeni excelde hesaplanan formül katsayıları ile işleme tabi tutularak robot kontrolcüsündeki daha önceden tanıtılmış olan “Pkonveyor_ara” konumunun Y eksenini değerine tanımlanır
- 6. satırda daha önce tanıtılan “Purun_al” konumunun Y eksenini değerine “Pkonveyor_ara” konumunun Y eksenini değeri tanımlanır.
- 7. satırda daha önce tanıtılan “Purun_yaklas” konumunun Y eksenini değerine “Pkonveyor_ara” konumunun Y eksenini değeri tanımlanır.

Konveyörden tutucu ile alınmış olan çikolatanın kalıp üzerinde konulacağı noktayı hesaplayan program parçası Şekil 4.37’de görülmektedir.

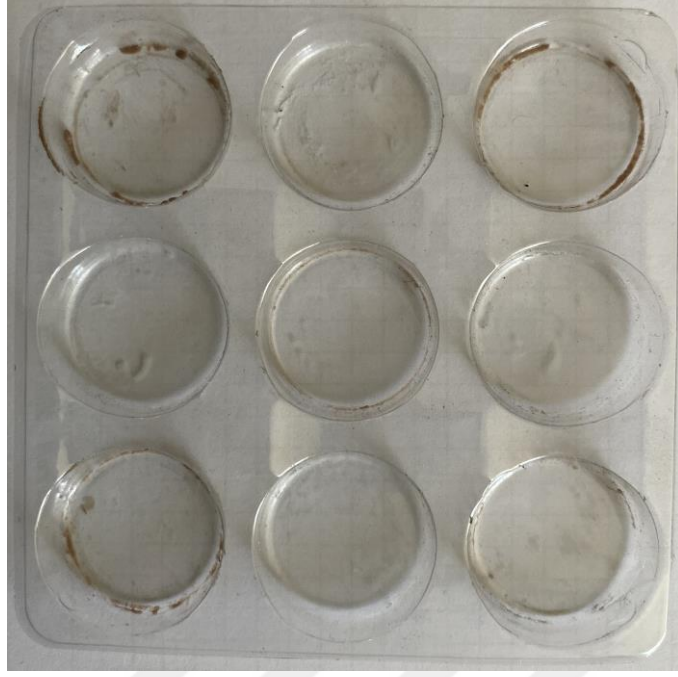
```

1  satir=satir+1
2  IF satir >=4 Then
3  ...sutum=sutum+1
4  ...IF sutun>=4 Then
5  .....sutun=1
6  ...EndIf
7  ...satir=1
8  EndIf
9  Pkalip=Pbirak
10 Pkalip.X=Pbirak.X-30*satir
11 Pkalip.Y=Pbirak.Y+30*sutum
12 Mov Pkalip

```

Şekil 4.37. Kalıp üzerinde çikolatanın konulacağı konumu hesaplayan program parçası

Şekil 4.37’de de görülen “Pbirak” konumu kalıbın 1. satır, 1. sütunun konumudur. Bu konumdan yola çıkılarak kalıp üzerindeki diğer çikolata hücrelerinin konumu belirlenmiştir. Robot kontrolcüsünde yazılan programda “satir” ve “sutun” adında iki adet değişken tanımlanmıştır. Bu iki değişken kullanılarak bir matrisi adresler gibi kalıp hücreleri adreslenmiştir. Kalıp hücrelerinin X ve Y eksenlerinde hücreler arası uzaklık 30 mm olduğu için satır ve sütun değerleri 30 ile çarpılmıştır. Elde edilen değerler “Pbirak” konumuna eklendikten sonra “Pkalip” konumuna tanımlanmıştır. Şekil 4.38’de bu çalışmada kullanılan çikolata kalıbı görülmektedir.



Şekil 4.38. Çikolata kalıbı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu projede kamera ile tespit edilen çikolatalar endüstriyel robot ile alınıp kalıplandı. Kameradan alınan görüntü Raspberry 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.

Yapılan bu projeyi endüstriyel bir kamera ile yapmak istersek yaklaşık 15000 € civarında kamera maliyeti çıkmaktadır. Bu çalışmada 5000 ₺ civarında bir kamera ve Raspbery Pi 4 maliyeti ile çikolata ve konum tespiti yapıldı.

5.2 Öneriler

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

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

KAYNAKLAR

- Anonim, 2014, FA Equipment for Beginners (İnverter), MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- Anonim, 2019, FR-D700 INSTRUCTION MANUAL (BASIC), MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- Anonim, 2021, MELSEC iQ-F FX5U User's Manual (Hardware), MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- Anonim, 2022, Mitsubishi Industrial Robot CR750-D/CR751-D/CR760-D Controller RV-4F-D/7F-D/13F-D/20F-D/35F-D/50F-D/70F-D Series Standard Specifications Manual, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- Anonim, 2022, GOT2000 Series User's Manual (Hardware), MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- Anonim, 2022, MELSEC iQ-F FX5 User's Manual (MODBUS Communication)), MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
- 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.
- Bingöl, O., Aydoğan, T., DİDİN, H. R., Yalçiner, A. S., & DUYGULU, K. (2010). Plc Kontrollü Otomatik Katli Otopark Sistemi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 2(1), 65-76.
- ÇOLAK, İ., Bayındır, R., & KURUŞÇU, S. (2007). PLC KONTROLLÜ ASANSÖR EĞİTİM SETİ TASARIMI VE UYGULAMASI. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 86-94.

- Dahua ,2022, Dahua IPC-HFW1230S-S5 2MP IP IR Bullet Kamera
<https://dahua-tr.com/ipc-hfw1230s-s5> [Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2022].
- 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))
- İzgi, V. (2006). Altı eksenli endüstriyel robot tasarımı.
- 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)* .
- KÜLEKÇİOĞLU, A. (2003). Değişken gerilim ve tek fazlı AC-AC çeviriciden beslenen asenkron motor sürücü tasarımı/Design of an induction motor drive fed by a single-phase AC-AC converter with variable frequency and voltage.
- Raspbery, 2022, Raspbery Pi 4 Teknik Özellikleri
<https://www.raspberrypi.com/products/raspbery-pi-4-model-b/specifications/>
[Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2022].
- 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.
- Yalçın, F. (2009). *Bir fazlı inverter tasarımı* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- 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* .