



# Rubik's Cube Solver Robot

raspberry pi 2 ile destekleniyor.

**Ekip :**

1	2020123142	ZIEAD HASSAN	Python kodu, donanım Ayarlama ve robot çalışması
2	2022123164	Salahaldeen Alshaikhkhalil	yazılım ve web sitesi
3	2022123134	Mohamed Bakir	PCB kartı
4	2021123167	Abdallah Elgendy	
5	2022123165	Mohamed Aly	Raspberry Pi kurulumu
6	2022123159	Ahmed Algebaly	3D baskı ve Robotu birleştiri
7	2021123029	ABDELAZIZ ELSAYED ALY	

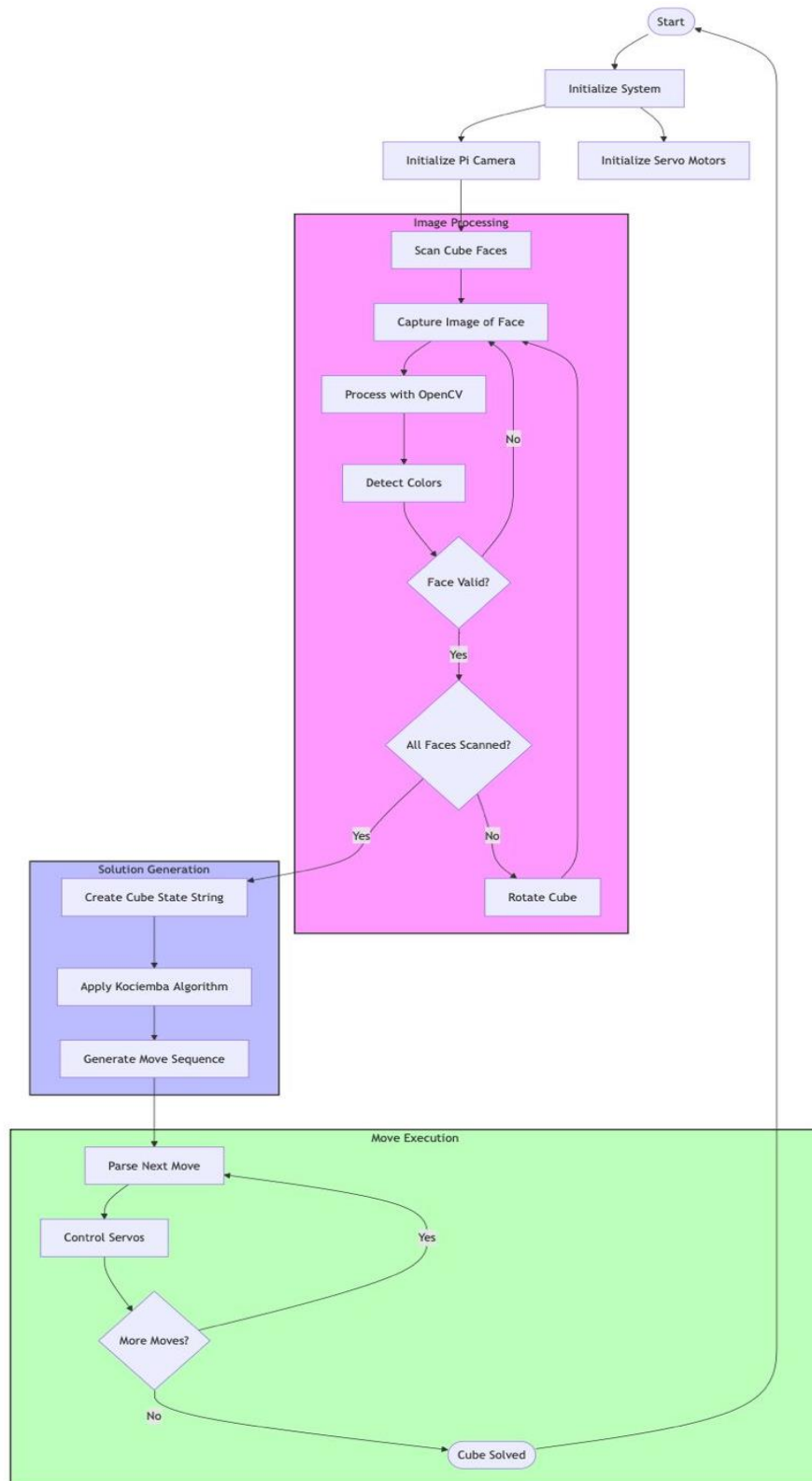
## Introduction

Bu proje, Raspberry Pi 2 kullanılarak tasarlanmış ve programlanmış bir Rubik Küpü çözme robotunu tanıtmaktadır. Robot, karmaşık algoritmalar ve görüntü işleme teknikleri sayesinde küpün durumunu analiz eder ve en hızlı çözüm yolunu hesaplar. Yenilikçi tasarımı ve teknolojik altyapısıyla bu robot, mühendislik ve yazılımın gücünü bir araya getirerek etkileyici bir performans sergilemektedir. Proje, hem algoritma geliştirme hem de robotik sistemlerin entegrasyonu açısından önemli bir öğrenme deneyimi sunmaktadır.

**Projenin github linki :** <https://github.com/Ziadmaher/Rubik-s-Cube-solver>

**Projenin web sitesini linki :** [https://github.com/SalahKhalil/Rubik\\_cube](https://github.com/SalahKhalil/Rubik_cube)

# projenin akış diagramı :



# Bölümler:

## 1. Malzemeler.

- Raspberry Pi 2
- Servo motorlar
- Kamera modülü (Raspberry Pi uyumlu)
- Sensörler (isteğe bağlı)
- LED ve dirençler
- Bağlantı kabloları ve jumper kablolar

## 2. PCB kartı.

- **Tasarım**
- **Güç dağıtımı**
- **Bağlantı Testi**

## 3. Raspberry Pi kurulumu.

- **Gerekli Yazılımları Yükleme**
- **Başlangıç Ayarları**
- **Robot Yazılımını Yükleme**








## 4. 3D baskı ve Robotu birleştirir.

- **3D Baskı Parçalar**
- **Birleştirme**

## 5. Ayarlama ve robot çalışması.

- **Kalibrasyon**
- **Test Aşaması**
- **Son Kontroller**

# 1. Malzemeler:

adet	Malzeme	Fiyat (tl)	
2	kajilai 2 adet DSSERVO DS3225 Dijital Servo 25 KG Metal Dişli Yüksek Tork	1059	
1	Raspberry Pi Zero2W	678	
1	microSDHC 16GB	120	
1	PiCamera V1.3	213	
1	LED module 3W	150	
1	2.5-5.5V TTP223 kapasitif dokunmatik sensör	99	
1	USB Type-C BREAKOUT BOARD	120	

## Elektrikli küçük parçalar:

adet	Parça	not
1	Prototype board	Tüm parçaları bağlamak için
1	40pin (2x20) GPIO erkek başlığı	Raspberry Pi'nin WH sürümünü alamadıysanız
1	40pin (2x20) GPIO dişi başlık (Plastik gövde yüksekliği yaklaşık 8 ila 8,5 mm)	Bağlantı kartını Raspberry Pi Zero 2'ye bağlamak için
4x3	Erkek Başlıklar 90 derece	Servoları, dokunmatik sensör, LED modülünü bağlamak için
2x3	Kadın Başlıklar	Dokunmatik sensör bağlamak için, Led modülü
3	Kondansatör 16V 220uF	Servolar etkinleştirildiğinde voltaj düşüşünü sınırlamak için
1	Raspberry Pi için soğutucu	

Diğer:

Elbette bazı diğer yaygın malzemelere de ihtiyaç duyulur (teller, lehim ve lehim cihazı, lastik sargıları, kendinden yapışkanlı kauçuk ayaklar, sıcak tutkal, vb).

Rubik Küpünü unutmayın

Küpün boyutu (kenar) 56,0 ile 57,5 mm arasında olmalıdır.

# 1. Servos



Model	DS3225MG	Stall Torque (5V)	21 kg/cm (291.5oz/in)
Gear	Metal	Stall Torque (6.8V)	24.5 kg/cm (340.1 oz/in)
Dead Band	3μs	Operating Frequency	50-330hz
Pulse	500us-2500us	Drive Mode	PWM
Speed (5V)	0.15 sec/60°	Voltage	6V-8.4V
Speed (6.8V)	0.13 sec/60°	Gear Type	Copper & Aluminum
Size	1.58 x 0.79 x 1.60 in	Control Angle	180 Degree
Weight	60 g (2.12 oz)	CE Certification	Yes

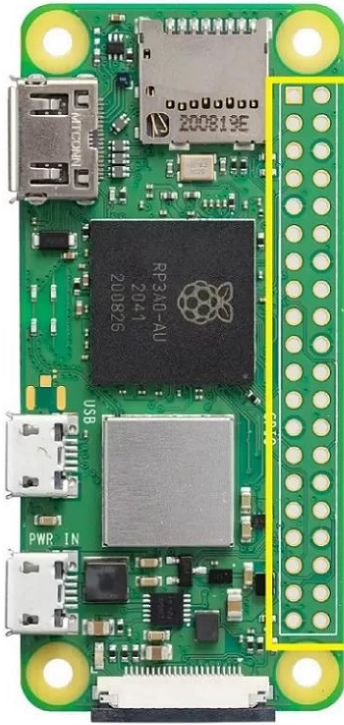
## • Özellikler:

- Maksimum tork: 25 kg/cm
- Çalışma voltajı: 6V-8.4V
- Dişli malzemesi: Metal
- Sinyal kontrol aralığı: PWM 500-2500 μs
- Kullanım alanları: Yüksek tork gerektiren robotik sistemler ve model araçlar.

## • Avantajlar:

- Dayanıklı metal dişliler
- Yüksek hassasiyet ve performans
- Kolay montaj için standart boyutlar

## 2. Raspberry pi zero 2 w



3.3V	1	2	5V
GPIO 2 Serial Data (I2C)	3	4	5V
GPIO 3 Serial Data (I2C)	5	6	GROUND
GPIO 4	7	8	GPIO 14 (TX)
GROUND	9	10	GPIO 15 (RX)
GPIO 17 Chip Enable-CE1(SPI1)	11	12	GPIO 18 Chip Enable-CE1(SPI1)
GPIO 27	13	14	GROUND
GPIO 22	15	16	GPIO 23
3.3V	17	18	GPIO 24
GPIO 10 MOSI (SPI 0)	19	20	GROUND
GPIO 09 MOSI (SPI 0)	21	22	GPIO 25
GPIO 11 SCLK (SPI 0)	23	24	GPIO 8 Chip Enable-CE0(SPI0)
GROUND	25	26	GPIO 7 Chip Enable-CE1(SPI0)
GPIO 0 EEPROM Serial DATA(I2C)	27	28	GPIO 1 EEPROM Serial Clock(I2C)
GPIO 5	29	30	GROUND
GPIO 6	31	32	GPIO 12(PWM)
GPIO 13 (PWM)	33	34	GROUND
(PWM) GPIO 19 MISO (SPI 1)	35	36	GPIO 16 Chip Enable-CE2(SPI 1)
GPIO 26	37	38	GPIO 20 MISO (SPI 1)
GROUND	39	40	GPIO 21 MISO SCLK(SPI 1)

Pin	Label/GPIO	Amaç
2, 4	5V	SBC kartını enerjilendirmek
25,6	GND	SBC kartını enerjilendirmek
8	GPIO 14 (UART TX)	Rpi ON durumunun LED'i
12	GPIO 18 (PWM)	Top_Cover PWM LED
32	GPIO 12 (PWM)	PWM Top_Cover Servo
33	GPIO 13 (PWM)	PWM Cube_holder Servo
37	GPIO 26	Dokunmatik sensör

## 3. Pi camera 1.3v



## Teknik Özellikler:

- Uyumlu Olduğu Raspberry Pi Modelleri: Raspberry Pi/3B/3B+/4/Zero
- Üretici Firma : China
- Boyutları : 25x20x9mm
- Çözünürlük : 5 MP (2592x1944 piksel)
- Video Çekimi : 1080p, 720p ve 640x480p
- Sensör Tipi : OmniVision OV5647 (5 megapiksel)
- Sensör Boyutu : 3.67 x 2.74 mml
- Piksel Sayısı : 2592 x 1944
- Piksel Boyutu : 1.4 x 1.4 um
- Lens : f = 3,6 mm, f / 2,9
- Görüş Açısı : 54 x 41 derece
- Görüş Alanı : 2 m'de 2.0 x 1.33 m
- Tam kare SLR lens eşdeğeri : 35 mm
- Sabit Odak : Sonsuza 1 m
- Video : Codec H.264 (AVC) özellikli 30 fps'de 1080p
- Pano boyutu : 25 x 24 x 9mm (esnek kablo dahil değil)

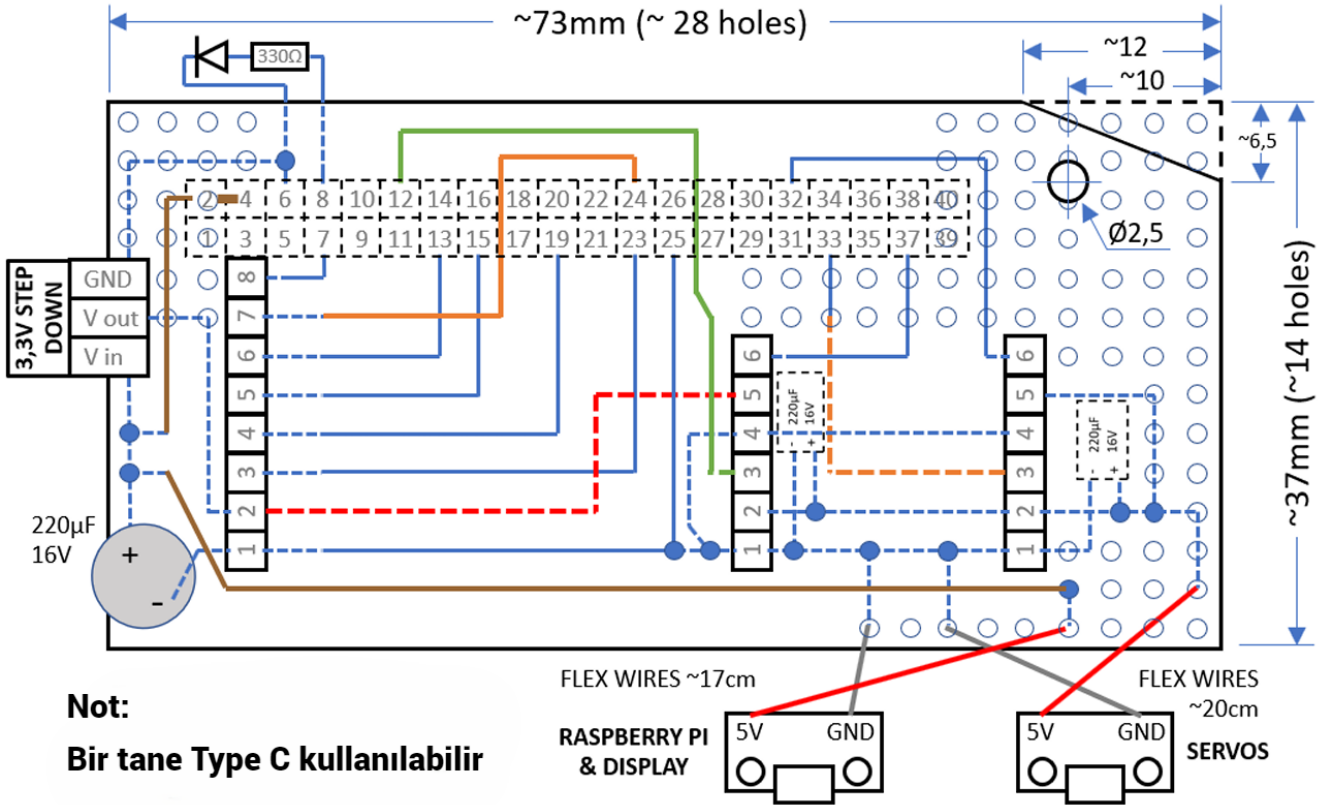
## 2.PCB Kartı



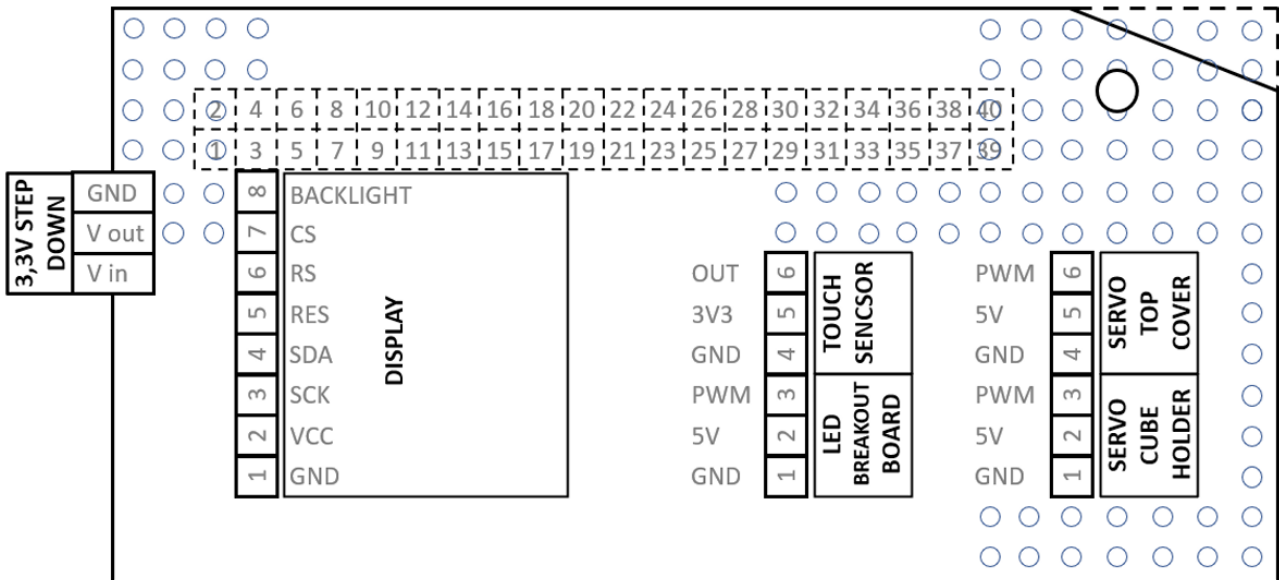
B) Prototip kart için notlar:

2. Kartı ve "sağ üst" köşeyi kesin.
3. 2x20 başlığını köşeden 3. deliğe yerleştirerek başlayın.
4. Diğer parçaların konumlandırılması için delikleri sayın.
5. Karşı taraftaki parçalar/teller için kesik çizgiler.
6. Mavi çizgiler yalıtımsız tellerdir.
7. Kırmızı, Kahverengi, Turuncu ve Yeşil çizgiler yalıtımlı tellerdir.
8. Diğer hatları geçerken yalıtımlı teller kullanın, ayrıca bunlar kartın karşı tarafında olduğunda.
9. Dolu noktalar bağlantılardır.
10. 3V3 voltaj regülatör kartı için maksimum yükseklik 15 mm'dir ve ekran konnektörünün yakınındaki kapasitör.
12. Ø2,5 mm delik, ekranı desteklemek için bir M2,5 mm civata (ve 3 somun) içindir. En yüksek somun, kart yüzeyinden ~10,5 mm uzakta olmalıdır.
13. Kart test edildikten sonra servo konnektörlerine yakın son 2 kapasitörü ekleyin.

**Ön görünüş (2x20 başlık karşı tarafta):**



Arkadan görünüş :



3. Raspberry Pi kurulumu.

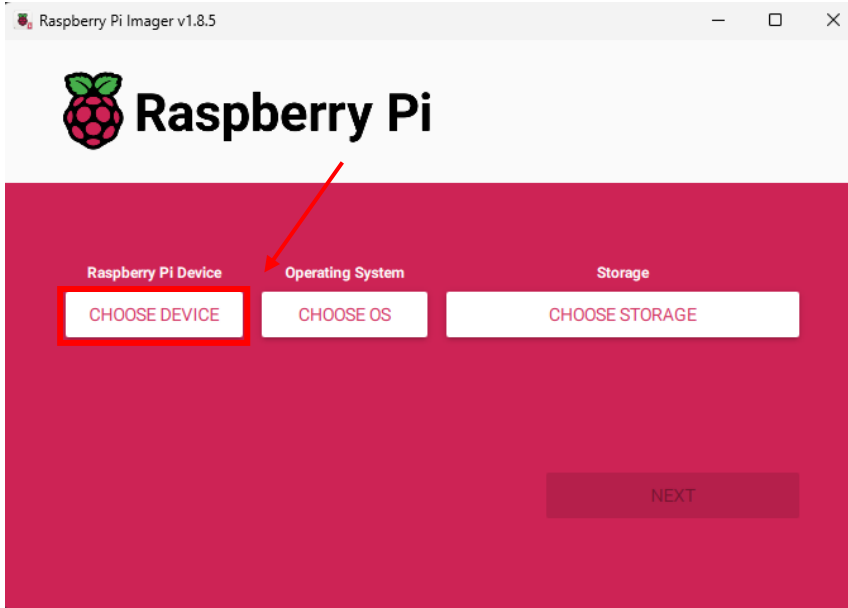
**Adım 1:** Raspberry Pi Imager'ı şu adresten indirin:

<https://www.raspberrypi.com/software/>

**Adım 2:** İşletim sistemini microSD'ye aktarın:

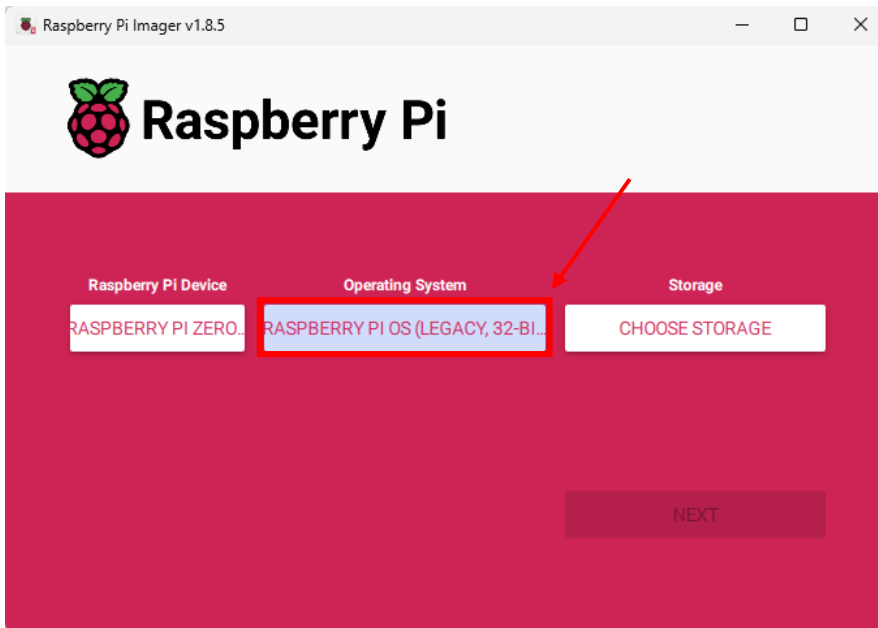
a. **CHOOSE DEVICE** seçin

b. **Raspberry pi zero 2 w** seçin

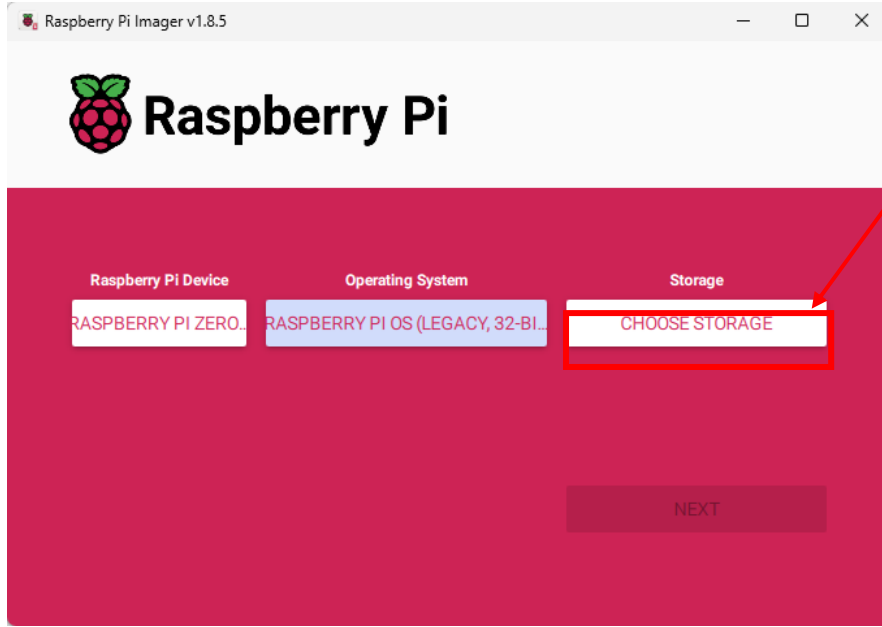


c. **Operating System** seçin

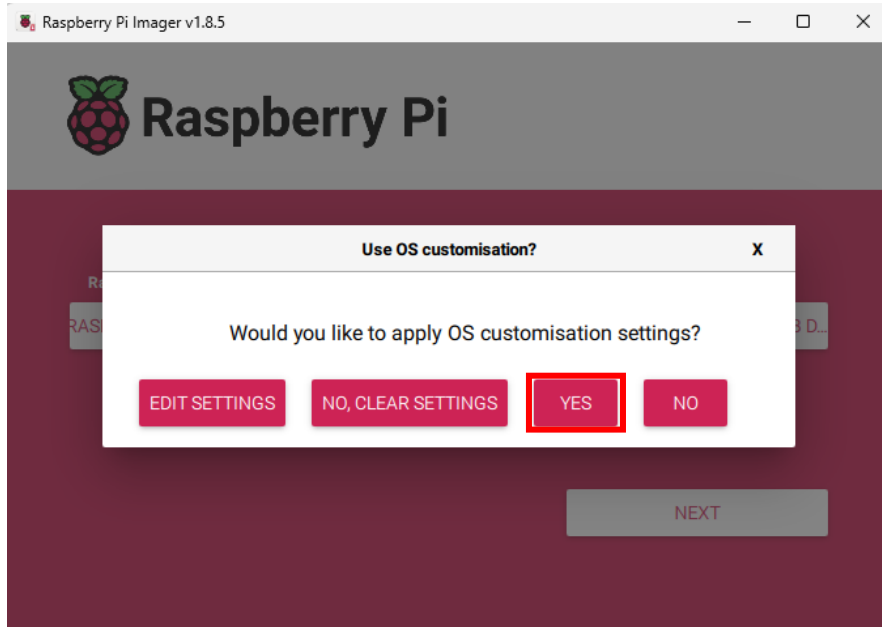
d. **Raspberry Pi OS (legacy, 32-bit) Full** seçin



e. **STORAGE** diskini seçin (microSD kart):



f. Ayarları kullanmak için YES seçin:



Raspberry Pi Imager, işletim sistemini microSD'ye yazmaya başlar ve bunu bir doğrulama takip eder.

Not: Yazma ve doğrulama yaklaşık 10 dakika sürer.

**Adım 3:** SD kartı Raspberry Pi'ye takın ve açın.

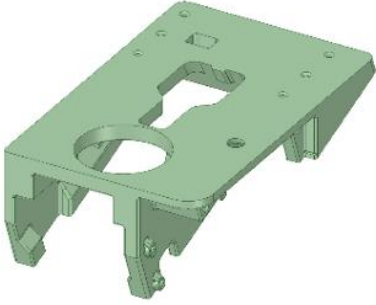
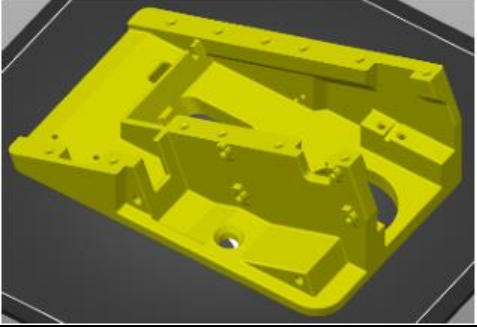
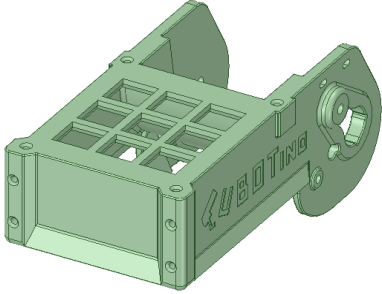
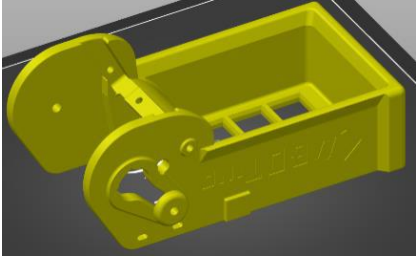
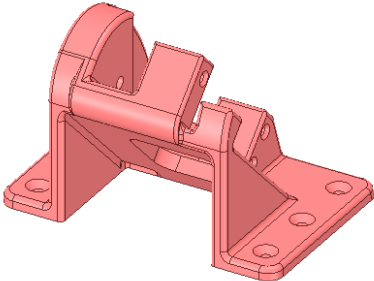

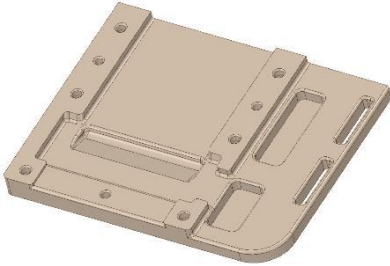
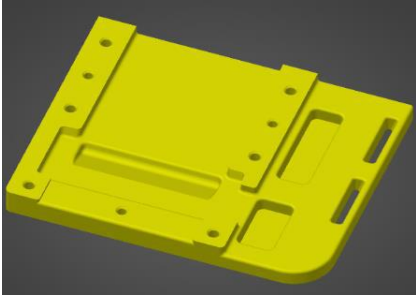
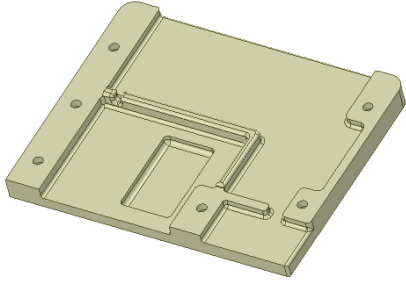
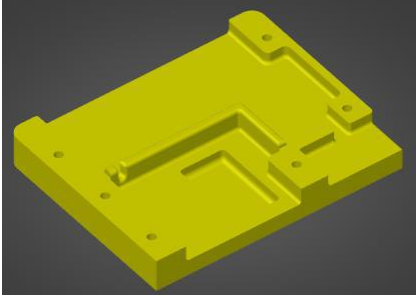
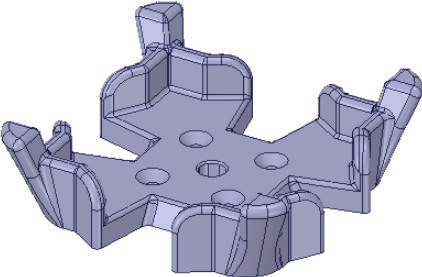
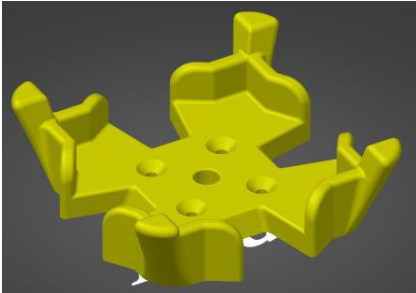
İlk başlatma iki dakikaya kadar daha uzun sürer; LED'in yanıp sönmesi durana kadar bekleyin.

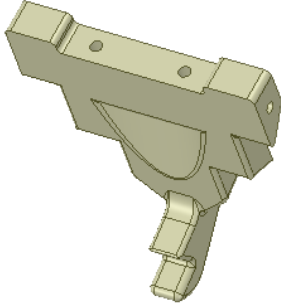

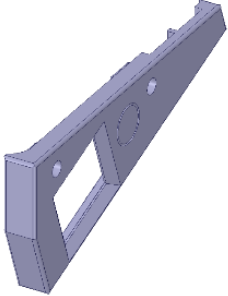
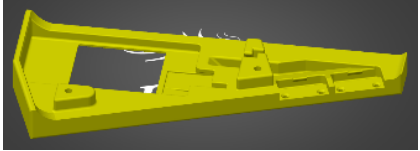
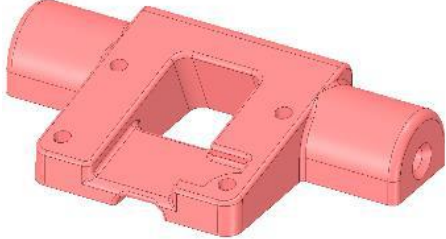
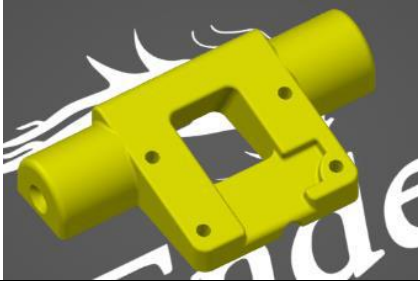
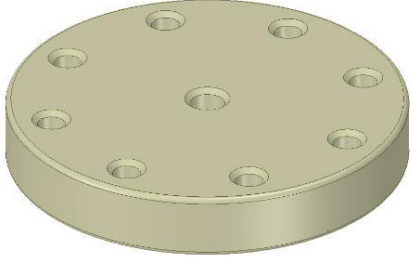
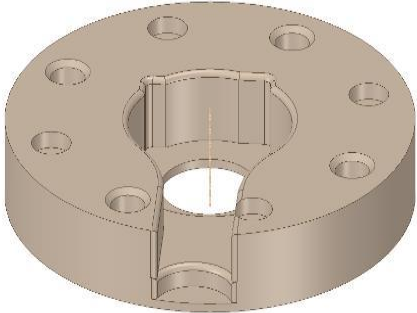

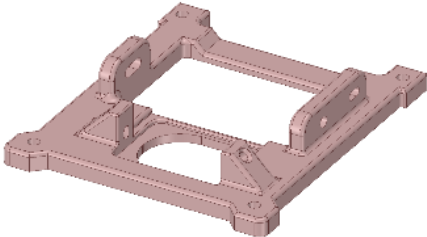
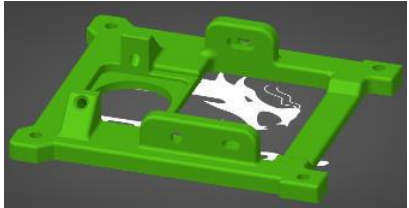
## 4. 3D baskı

Ref	Parça	Filaman (gram)	Baskı zamanı
1	Structure	145	14.5s
2	Top_cover	117	12.5s
3	Hinge	51	5.5s
4	Baseplate front	36	3.5s
5	Baseplate back	37.3	3.5s
6	Cube_holder	34.4	3.5s
7	Cube_lifter	16.2	2s
8	Servo_axis_sup	7.2	1s
9	Servo_axis_inf	7	1s
10	PCB_cover_display	41.4	4.5s
11	PiCamera holder	6.5	0.5s
12	PiCamera holder frame	18	2.5s

### Notlar:

1. En büyük kısmı Yapıdır ve 200x200mm plaka boyutuna sahip yazıcılara kolaylıkla sığar.
2. Filament uzunluğu Ø1,75 mm'ye dayanmaktadır.
3. Filament ağırlığı, PETG yoğunluğuna (1,23g/mm<sup>3</sup>) ve doğru sonuç için Ender 3 yazıcımda kullandığım yazdırma ayarlarına dayanmaktadır:
  1. 0,2 mm katmanlar
  2. Düşük hız (dış parçalar ve 1. katman için 25 ila 40 mm/s arası)
  3. Dikey duvarlarda 4 katman
  4. Yatay duvarlarda 5 katman
  5. %30 dolum
  6. 8mm kenar
4. Tablodaki filament miktarı ve baskı süresi üst sınır olarak dikkate alınmalıdır. Yazdırdıktan sonra temel versiyon için toplam ağırlık, dilimleyici SW tarafından tahmin edilen 466 gramdan 400 grama daha yakındı.
5. ~ 8 saat gerektiren 3 (veya 4) parça daha yazdırarak Temel sürümü yükseltmek mümkündür.
6. Tüm parçalar çıkıntıları desteklemeden basılacak şekilde tasarlanmıştır.
7. Daha kolay ve daha iyi 3D baskı için bazı parçalar bölünmüştür.
8. 3D baskı için önerilen parça oryantasyonu aşağıdaki Tabloda gösterilmektedir.

Parça adı	Resim	3D
Structure		
Top_cover		
Hinge		
Baseplate front		
Baseplate rear		
Cube_holder		

Cube_lifter		
PCB_cover_display		
PiCamera holder		
Servo_axis_sup		Symmetrical
Servo_axis_inf		
PiCamera frame		



# Robotun birleřtirmesi

## Robotu monte etmeden önce:

- Bağlantı panosunu yapın.
- Raspberry Pi'yi kurun.
- İki servo çıkış dişlisini orta konumlarına konumlandırın.

## Montaj sırası :

1. Alt servoyu yapıya vidalayın
2. Servo\_axis\_inf / servo kolu / Servo\_axis\_inf sandviğini hazırlayın.
3. Cube\_holder'ı Servo\_axis düzeneęine birleştirin.
4. Cube\_holder düzeneğini alt servoya monte edin.
5. Menteşeyi Yapıya monte edin.
6. "T25" servo kolunu ancak servonun orta konumda olduğunu öğrendikten sonra üst servoya monte edin.
7. Top\_servo düzeneğini Top\_cover yuvasına yerleştirin.
8. Top\_cover düzeneğini Menteşeye monte edin.
9. Üst servo aksamını Menteşeye kadar tamamlayın.
10. Kaldırıcıyı Top\_cover'a monte edin.

## Adım 1: (Alt servoyu yapıya monte edin):

4x M3x12mm silindirik kafa

### Birkaç not:

- Dört vidayı sıkmadan önce servo çıkış dişlisinin Yapı deliğine iyi ortalanmış olup olmadığını kontrol edin.
- Aşğıdaki iki vidanın çıkıntısını sınırlamak için bu vidalara birkaç pul ekleyin; Bu, servo\_axis\_inf kısmına olası müdahaleyi önlemek içindir.

## Adım 2: (Cube\_holder düzeneğini alt servoya monte edin):

Bu adım sırasında Servo çıkış dişlisini döndürmemeye çalışın: Diş bağlantısını yavaşça hissetmeye çalışın ve Cube\_holder iyi hizalanmamışsa geri çekin, Cube\_holder yaklaşık 90 derece döndürün ve tekrar kontrol edin.

Servo çıkışı ve Servo kolunun çift sayıda dişleri vardır.

### Adım 3: (Menteşeyi Yapıya Birleştirin):

Not: Üç vida Yapının altından hafifçe çıkıntı yapacaktır; Vidalar 12 mm ise bu bir sorun olmayacaktır.

### Adım 4: (Top\_servo düzeneğini Top\_cover yuvasına yerleştirin):

1x M3x12mm silindirik kafa

“T25” kolunun yuvası sıkı olabilir; Gerekirse fazla malzemeyi çıkarın.

M4 vida deliğinin vidayı kısıtlamadığından emin olun (Ø4,1 ila Ø4,3 mm olmalıdır).

### Adım 5: (Top\_cover düzeneğini Menteşeye monte edin):

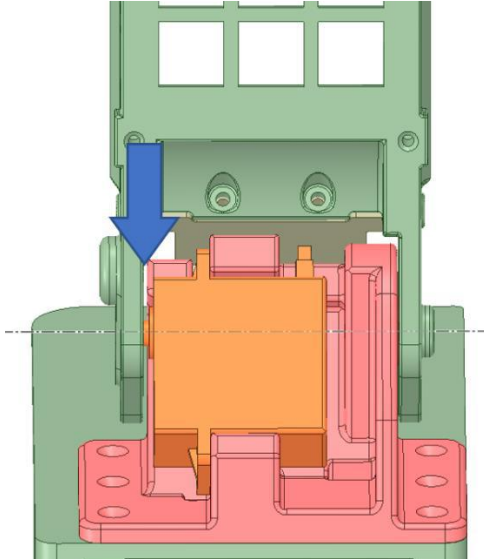
1x M4x20mm silindirik kafa

3x M3x12mm silindirik kafa

M4 vida deliğinin vidayı kısıtlamadığından emin olun (Ø4,1 ila Ø4,3 mm olmalıdır)

Üçüncü vida da yerleşene kadar iki M3x12mm'yi tamamen sıkmayın.

Not:



Servo çıkış dişlisi tarafında (yandaki ok)  
Top\_Cover ile Menteşe arasında boşluk  
olduğunu doğrulayın.

Çok az boşluk olması veya hiç boşluk  
olmaması durumunda, servonun M3  
vidalarını sökün ve servo ile Menteşe  
arasına (tercihen vida konumlarına yakın)  
birkaç küçük ara parça (0,5 ila maksimum 1  
mm) yerleştirin.

M3 vidalarını sıkın ve Top\_cover ile Menteşe  
arasındaki boşluğu yeniden kontrol edin.

### Adım 6: (PiCamera tutucu çerçevesini Top\_cover'a monte edin):

4x M3x12mm silindirik kafa

PiCamera esnek kablosunu Top\_cover ile PiCamera tutucu çerçevesi arasına sıkıştırın.

### **Adım 7:** (LED break board monte edin):

2x M3x12mm silindirik kafa ekleyin.

Alanın kısıtlı olması nedeniyle karttaki konnektör yerine kabloları çözmek daha uygun olacaktır.

Vida ucu panele temas ettiğinde vidalamayı bırakın.

### **Adım 8:** (PiCamera esnek kablosunu Raspberry Pi Zero2 kartına bağlayın ve Yapıya sabitleyin)

4x M2,5x4mm (veya M2,5x maksimum 12 mm'ye kadar) silindirik kafa.

### **Adım 9:** (PCB\_cover'ı birleştirin):

2x M3x12mm konik kafa

Kabloların Yapıya doğru sıkışmamasına dikkat edin.

### **Adım 10:** (PiCamera modülünü PiCamera tutucuya monte edin):

Ø1,75 mm'lik küçük filament parçaları gereklidir.

4 parçayı tutucuya bastırın, tahtayı kaydırın, sıcak bıçakla filamanı deforme edin.

## **Robotu birleştirdikten sonra şöyle görünecek:**



## 5. Ayarlama ve Kodlar.

### **Servo açılarının ayarlanması:**

Sarf malzemeleri listesindeki servolar 180° dönüşe sahiptir; bu, bu robotun kaldırıcı ve Üst\_kapak açısı için fazlasıyla yeterlidir ve Cube\_holder için yeterince doğru olmalıdır; Açı çözünürlüğünü etkileyeceği için 270° servo almanızı önermiyorum.

Farklı servolar arasındaki toleransların yanı sıra, bir varyasyon kaynağı da servo kolları ile servonun çıkış dişlisi arasındaki bağlantılardır ve birçok olası konuma sahiptir (25 diş olduğuna inanıyorum).

Bu, robotumda düzgün çalışan Cubotino\_T\_servo\_settings.txt dosyasında ayarlanan referans açıların diğer sistemlerde mutlaka en iyi seçim olmadığı anlamına gelir: Bu parametreler her sistemde ayarlanmalıdır!

Servolar bir PWM sinyali aracılığıyla açılı olarak kontrol edilir  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Servo\\_control](https://en.wikipedia.org/wiki/Servo_control))

Sarf malzemeleri listesindeki servolar, 1 ms'den 2 ms'ye kadar bir Darbe Genişliği sinyalini kabul eder; burada 1,5 ms, orta açıdır.

Farklı darbe genişliği aralığına sahip servolar kullanmak yine de mümkündür; bu durumda ilgili servo için min\_pulse\_width ve max\_pulse\_width parametrelerini ayarlayın, daha fazla bilgi için bkz. Parametreler ve ayarlar.

Cubotino\_T\_servos.py, servo PWM'yi yönetmek için gpiozero kütüphanesini kullanır.

Bu kitaplık, Darbe Genişliği aralığına (örn. 1 ila 2 ms veya 500 ila 2500us) bağlı olarak -1 ila 1 (0 orta açıdır, değer kayan noktadır) arasında değişen bir parametreye sahip bir hedef servo konumu/açı kullanır. )

## Top\_cover (t\_servo) açıları:

Servoların çalışma açıları bir (Json) metin dosyasında ayarlanır:  
Cubotino\_T\_servo\_settings.txt.

Tanımlanmış 5 açı vardır (çoğunlukla konum olarak bahsedilir):

- Close: üst ve orta küp katmanlarını sınırlandıracak konum.
- Rel: Kapalı konumda küpteki gerilimi serbest bırakma konumu.
- Open: Küp ve Küp\_tutucusu ile çakışmayan konum.
- Read: Kaldırıcı neredeyse küpe geçecek şekilde kamera okuması konumu (ve ne yazık ki Cube\_holder'ı kısıtlıyor).
- Flip: Kaldırıcının küpü çevireceği konum (yaklaşık 2 küp katmanı yüksekliğinde).

## Cube\_holder (b\_servo) açıları:

There are 7 defined **Description**  
angles

Home	CCW ve CW arasındaki orta konum
CCW	Cube_holder'ı Ana Sayfadan yaklaşık 90° CCW yönünde döndürme veya döndürme konumu (Motorun bakış açısına göre yön)
CW	Cube_holder'ı Başlangıç konumundan yaklaşık 90° saat yönünde döndürme veya döndürme konumu (Motorun bakış açısına göre yön)
Release_CW	CW'de küp gerilimini serbest bırakın (daha önce b_extra side olarak adlandırılıyordu)
Release_CCW	CCW'de küp gerilimini serbest bırakın (daha önce b_extra side olarak adlandırılıyordu)
Extra_home_CCW	CCW'den dönerken evde küp gerginliğini serbest bırakın (daha önce b_extra home olarak adlandırılıyordu)
Extra_home_CW	release cube tension at home, when rotating from CW (called <i>b_extra home</i> before)

## Kod Yapısı:

# 1. Gerekli Kütüphaneler:

Kod, çeşitli işlemler için birçok kütüphane kullanır:

- **argparse**: Komut satırı argümanlarını işlemek için.
- **cv2 (OpenCV)**: Görüntü işleme ve analiz için.
- **RPi.GPIO**: Raspberry Pi GPIO pinlerini kontrol etmek için.
- **numpy**: Matematiksel işlemler ve veri analizi için.

# 2. Komut Satırı Argümanları

Kod, komut satırından alınan argümanlarla çalıştırılabilir. Örneğin:

- **--debug**: Hata ayıklama modunu etkinleştirir.
- **--cycles**: Otomatik çözüm döngülerinin sayısını belirler.

# Fonksiyonlar

Kodun büyük bir kısmı, modüler bir yaklaşımla yazılmış fonksiyonlardan oluşur. Aşağıda her bir fonksiyonun detaylı açıklaması verilmiştir:

## 1. **import\_parameters(debug=False)**

**Açıklama:** JSON formatında bir ayar dosyasından robotun çalışma parametrelerini alır. Bu, robotun farklı yapılandırmalar için kolayca ayarlanmasını sağlar.

**Girdi:**

- **debug (bool)**: Hata ayıklama çıktısını etkinleştirmek için.

**Çıktı:**

- Başarılıysa parametreler yüklenir, aksi halde hata döndürür.

## 2. **read\_facelets(frame, w, h)**

Açıklama: Kameradan alınan görüntüyü işler ve küp yüzeyindeki kareleri algılar. OpenCV'nin kenar algılama ve kontur bulma yöntemlerini kullanır.

Girdi:

- frame: Kameradan alınan bir görüntü.
- w, h: Görüntü genişliği ve yüksekliği.

Çıktı:

- Algılanan konturlar ve kontur hiyerarşisi.

### **3. Robot\_camera\_setting(debug, os\_version, camera, face)**

Açıklama: Kamera ayarlarını stabilize eder ve tutarlı görüntüler elde etmek için gerekli değişiklikleri yapar.

Girdi:

- debug (bool): Hata ayıklama modu.
- os\_version: Raspberry Pi OS sürümü.
- camera: Kamera nesnesi.
- face: Küpün analiz edilen yüzü.

Çıktı:

- Stabilize edilmiş kamera parametreleri.

## **Kamera İşleme**

Kod, küp durumunu algılamak için kamera görüntülerini işler. Aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

1. Görüntü Kırpma: Fazlalık alanlar kaldırılır.
2. Perspektif Düzeltme: Görüntü, küpün üstten görünümüne benzer hale getirilir.
3. Kenar Algılama: Küp yüzeyindeki karelerin sınırları belirlenir.

## **Kociemba Algoritması Nedir?**

Kociemba algoritması, Rubik Küpü çözmek için kullanılan optimize bir yöntemdir ve iki aşamada çalışır:

1. Faz 1 (Phase 1): K p, belirli bir ara duruma ( rneėin, tüm kenarların hizalanmış olduğu bir duruma) getirilir.
2. Faz 2 (Phase 2): K p, ara durumdan tamamen  z lm ř duruma getirilir.

## Kociemba Algoritması Kullanımının Adımları

1. Küp Durumunu Algılama:
  - Robot, PiCamera ve OpenCV kullanarak küpün renklerini tanır.
  - Her yüzeyin rengi U, F, R, B, L, D ile temsil edilir (üst, ön, sağ, arka, sol, alt).
2. Durum Dizisini Hazırlama:
  - Tüm yüzlerin renkleri tek bir diziye dönüştürülür.
3. Kociemba Çözücüsünü Kullanma:
  - Kociemba çözücüsü, durumu analiz ederek çözüm adımlarını hesaplar.
4. Hamleleri Uygulama:
  - Çözüm adımları servo motorlara aktarılır ve küp çözülür.