

## Konveyör Bant Üzerindeki Atıkların Görüntü İşleme Metodu Kullanılarak Sınıflandırılması ve Ayrıştırılması

Şakir Dağdelen<sup>1</sup>, Ahmet Bilgehan Serçe<sup>1</sup>, Furkan Kaya<sup>1</sup>, Berk Güngör<sup>1</sup>, Mehmet Barış Tabakcıoğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü/ Bursa Teknik Üniversitesi, Turkey

\*[Mehmet.tabakcioglu@btu.edu.tr](mailto:Mehmet.tabakcioglu@btu.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 02 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Dağdelen, Ş., Serçe, A.B., Kaya, F., Güngör, B. & Tabakcıoğlu, M.B. (2023). Konveyör Bant Üzerindeki Atıkların Görüntü İşleme Metodu Kullanılarak Sınıflandırılması ve Ayrıştırılması. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 75-84.

**Özet** – Dünyadaki hızla artan tüketim beraberinde atık sorununu da gündeme getirmiştir. Atıkların toplanması ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi çok ciddi bir problemdir. Bu problem, teknolojinin gelişmesiyle birlikte kısmen de olsa çözülmeye başlanılmıştır. Atıkların otomasyon sistemleri ve sensörler ile ayrıştırılarak, geri dönüştürülebilmektedir. Bu çalışmada, görüntü işleme ile atık sınıflandırılması ve sonrasında uygun bir teknikle bu atıkların ayrıştırılması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Makine Öğrenimi; Atık Sınıflandırması, Yapay Zekâ, Görüntü İşleme, Atık Ayrıştırma.

### I. GİRİŞ

Türkiye’de yılda kişi başı 390 kg atık üretilmektedir [1]. Ülke genelinde ise yılda toplam 29 milyon ton atık meydana gelmektedir. Oluşan bu atıkların çoğu ülke tarafından karşılanmasına rağmen çok az kısmı geri dönüştürülebilmektedir. Teknolojinin gelişmesi, atıkların ayrıştırma ve geri dönüşüm sorunlarına büyük oranda katkı sağlamıştır [2]. Şu an sık kullanılan atık ayrıştırma yöntemleri; Manuel Ayrıştırma, Eddy Akımları ile Ayrıştırma, Sensör Tabanlı Ayrıştırma, Yakın Kızılötesi Sensörler (NIR) ile Ayrıştırma, Robotik Ayrıştırma, X-Ray ile Ayrıştırma [3]. Literatür incelendiğinde ise oluşan bu tekniklerin çoğunun sensör ve mekanik bazlı olduğu belirlenmiştir.

Son yıllarda yapay zekânın yaygınlaşmaya başlaması ile görüntülerin işlenmesi daha kolay hale gelmiştir. Böylelikle yapay zekâ, bir nesneyi sınıflandırmak için en ideal araçlardan biri

olmuştur. Şu an kullanılan metodların aksine yapay zekâ ile yapılacak bir ayrıştırma sisteminin daha verimli, efektif ve ucuz olması beklenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada görüntü işleme üzerine bir sınıflandırma yöntemi tasarlanmıştır. Tasarımda öncelikli olarak hareket eden bir konveyör bant olacaktır. Bu konveyör bant üzerinden rastgele olarak metal, plastik ve cam olmak üzere üç farklı tipte atık gelecektir. Atığın türü öncelikle görüntü işleme ile algılanacak, sonrasında gerekli algoritma ile ayrıştırılacaktır. Her algılamada algılanan atık türü sayısının toplamı ekrana yazılacaktır.

### II. MAKİNE ÖĞRENİMİ

Makine öğrenmesi, bilgisayar/işlemci birimlerinin, çok sayıda veriden öğrenebilecek/ilişki kurabilecek şekilde kodlanması/programlanmasıdır. Makine öğrenmesi, bir matematiksel/istatistiksel model merkezli olup, çok sayıda verinin bu modele öğretilmesi sonucu, kodlama ihtiyacı duyulmadan

modelin yeni verilerden bir tahmin yapması/sonuç çıkarmasıdır [4]. Son birkaç sene içinde, makine öğrenmesi büyük ölçüde gelişim göstermiştir. Yeni konseptlerin keşfedilmesi sonucu daha güçlü algoritmalar geliştirilmiş ve bu sayede günlük hayatı farklı açılardan kolaylaştıran programlar/teknolojiler mümkün hale gelmiştir. Makine öğrenimi, çok sayıda verinin olduğu, veri işlemenin kritik olduğu ve otonom teknolojileri içeren tüm sektörlerde kullanılır. Örnek vermek gerekirse;

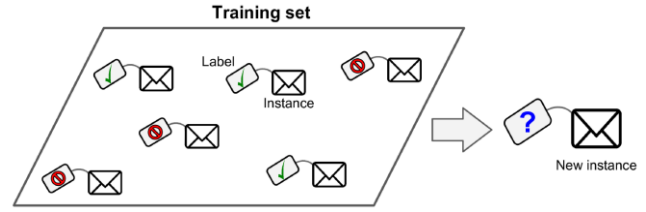
- Sağlık Hizmetleri (Görüntü İşleme ile Hastalık Tespiti)
- Ulaşım (Trafik Anomali Belirleme/Alternatif Rota Önerme Algoritmaları)
- Otonom Teknolojiler (Video İşleme ile Yol Takip/Otonom Sürüş Teknolojileri)
- Sosyal Medya (Öneri Algoritmaları)
- Pazarlama & Satış (Satın Alma Desen Tespiti/Satış Stratejisi Geliştirme)
- Bankacılık & Finans (Risk Yönetimi/Dolandırıcılık Tespiti)
- Tarım (Toprak Durum Takibi/Bitki Hastalıkları Tanımlama)

Algoritmalar makine öğrenimine güç sağlayan motorlardır. Genel olarak, iki ana tür makine öğrenimi algoritması kullanılır: Denetimli ve Denetimsiz Öğrenme. Aralarındaki fark, her birinin tahminlerde bulunmak üzere verileri nasıl öğrendiği ile ilgilidir.

#### A. Denetimli Makine Öğrenimi (Supervised Machine Learning):

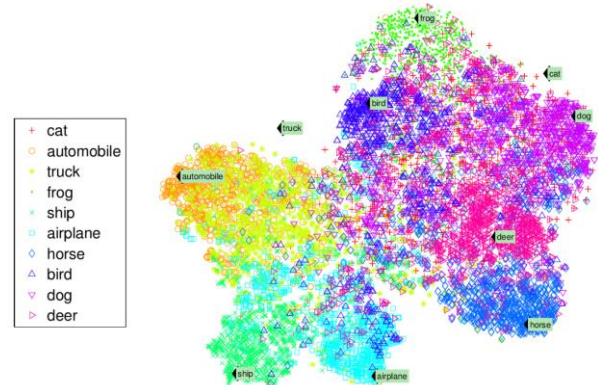
Denetimli makine öğrenimi algoritmaları en yaygın olarak kullanılan algoritmalarındandır. Modele öğretilen veri, aynı zamanda istenen/beklenen sonucu da içerir. Bu şekilde etiketli veriler ile model eğitilir ve bir bakıma yol gösterilir [5]. Bu tip makine öğrenimi, daha çok; sınıflandırma ve regresyon tipi problemlerde kullanılır.

Şekil 1. Denetimli Öğrenme Yardımıyla “Spam” Mail Tespiti [5]



#### B. Denetimsiz Makine Öğrenmesi (Unsupervised Machine Learning):

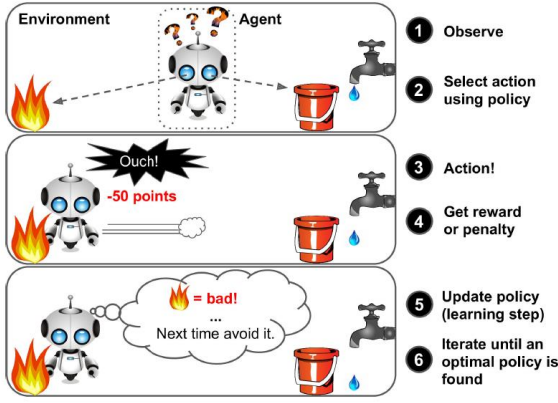
Bu tip makine öğreniminde, denetimliden farklı olarak sisteme öğretilen veriler etiketli değildir. Model hiçbir ekstra bilgi olmadan eldeki veriyi kategorize eder ve anlam çıkartmaya çalışır. Bu bazen sayısal olarak, bazen de veriler arasındaki belli benzerlikler yardımıyla kümelendirme şeklindedir [5]. Bu tip makine öğrenimi, daha çok; kümeleme, Anomali/Tuhaflik Tespiti ve görselleştirme ve boyutluluk Azaltma tipi problemlerde kullanılır.



Şekil 2. Kümeleme Kullanılarak Verinin Kümelere Ayrılması/Gruplanması [5]

#### C. Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning):

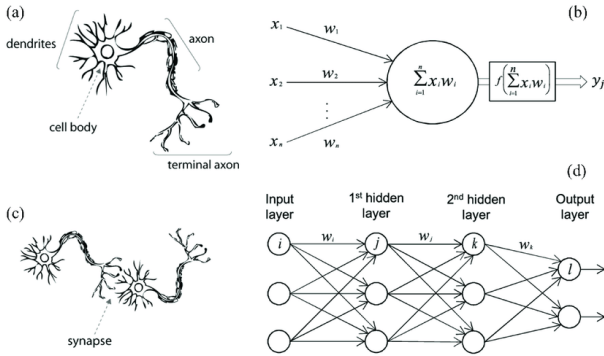
Pekiştirmeli öğrenmede, “ajan” adı verilen öğrenme sistemi, bir “öğrenme ortamını” gözlemler, bir “plan” oluşturur. Sistem bu planı uygular ve karşılığında “pozitif” veya “negatif” geri dönüş alır. Bu geri dönüşler yardımıyla sistem planını günceller ve en optimum duruma gelinceye kadar bu süreç devam eder [5].



Şekil 3. Pekiştirmeli Öğrenme Prensibi [5]

### III. YAPAY SİNİR AĞLARI (ANN)

Yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks / ANN's), biyolojik nöronlara benzer "perceptron" adlı birimlerin belli bir düzen ile dizilmesi sonucu oluşan, "katmanlı" yapıya sahip, organik beynin yapısına benzer bir makine öğrenmesi mimarisidir. Bu mimariler, matematiksel ve istatistiksel modellerdir. Parametreler yardımıyla, problem için öğretilen veri seti ile matematiksel/istatistiksel ilişki kurulur ve tahminler yapılır [6].

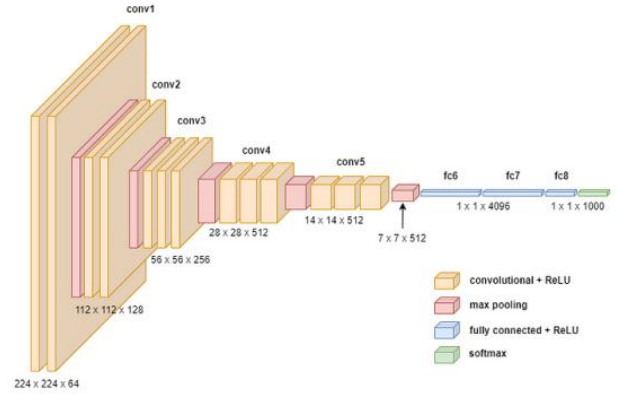


Şekil 4. Biyolojik nöronun, yapay nöron ile kıyaslanması: (a) biyolojik nöron; (b) yapay nöron; (c) biyolojik sinaps ve (d) ANN sinaps [7]

Farklı tiplerde yapay sinir ağları vardır [8]. Bunlar, farklı özellikleri, mimarileri, parametreleri ve katmanlı yapıları ile birbirlerinden ayrılırlar. En bilinen yapay sinir ağı türleri aşağıdaki gibidir.

- Basit/İleri Beslemeli Sinir Ağı
- Evrimsel Sinir Ağı
- Tekrarlamalı Sinir Ağı
- Uzun/Kısa Süreli Bellek Ağları
- Transformatörler
- Üretken Tartışmalı Ağ
- Otomatik/Kendinden Kodlayıcı

Evrimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks / CNN's), yapay sinir ağlarının bir türüdür. Bu tip ağlar, beynin görsel korteksinden ilham almıştır. Genellikle yapısından dolayı görüntü işleme ve benzeri operasyonlarda kullanılırlar.



Şekil 5. Bir CNN sinir ağı olan VGG16 Mimarisi [9]

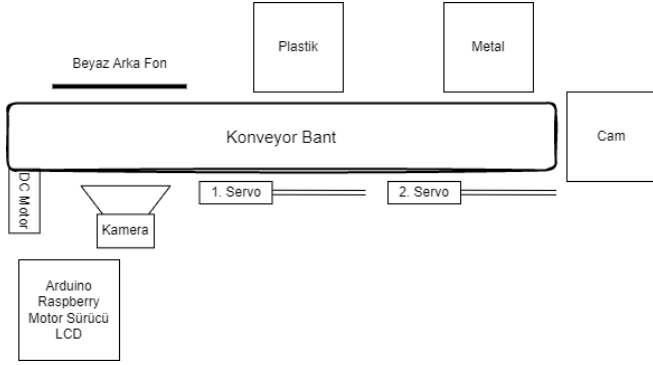
Son yıllarda işlemci teknolojilerinin gücünün artması, erişilebilir verinin artması ve keşfedilen güçlü yapay sinir ağları eğitim algoritmaları sayesinde CNN'ler insan ötesi bir performans gösterebilir hale gelmişlerdir. [8] Bu mimariler gerçek hayatta aşağıda verilen alanlarda kullanılır.

- Resim arama servisleri
- Otonom Araçlar
- Otomatik Video Sınıflandırma
- Resim Tanıma/Sınıflandırma/Segmentasyon
- Ses Tanıma
- Doğal Dil İşleme

### IV. TASARIM

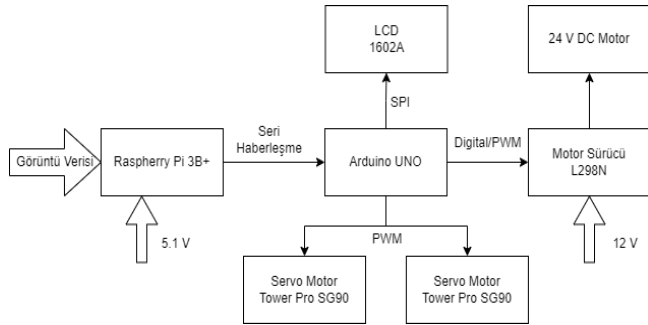
#### A. Elektronik Tasarım

Elektronik tasarım için iki farklı mikroişlemci kullanılmış olup bu işlemciler birbiri ile seri haberleşme yapmaktadırlar. İlk olarak alınan görüntü Raspberry Pi Model 3B+ ile işlenmekte, sonrasında çıktı seri port üzerinden Arduino UNO'ya aktarılmaktadır. Arduino UNO ise aldığı sınıf bilgisine göre gerekli komutları yerine getirmektedir. Arduino UNO iki servo, LCD ve motor sürücü komponentlerine bağlıdır. Motor sürücü kartı ise 24V DC bir motoru sürmektedir. Şekil 6'da tasarımın şematığı verilmiştir.

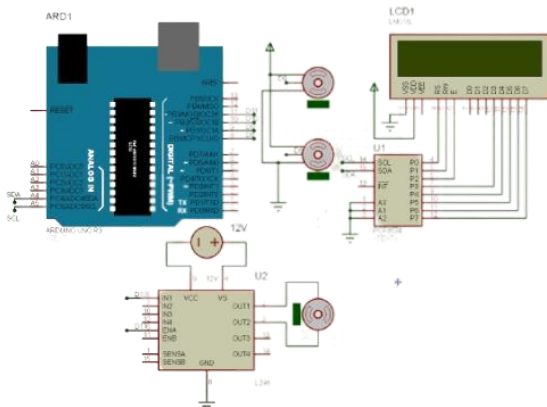


Şekil 6. Tasarımın Şematığı

Tasarımın oluşturulmasında kullanılan komponentler ve kullanılan metotlar öngörülen sistemin gereklilikleri düşünülerek seçilmiştir. Sistemde görüntü işleme için işlem kapasitesi yüksek olan Raspberry Pi mikro kontrolcüsü, ayrıştırma yaparken gerekli otomasyon komutları için Arduino Uno mikro kontrolcüsü, sınıflandırılan atıkların doğru kutulara yönlendirilmesi için SG90 servo motorları, ayrıştırılan atık sayısı bilgisinin gösterimi için 1602A LCD modülü, konveyör bandı süren motorun kontrolü için L298N motor sürücü modülü ve son olarak konveyör bandının hareketi için 24V DC motor kullanılmıştır. Tasarımın blok şeması ve giriş-çıkış bağlantıları Şekil 7 ve 8 de verilmiştir.



Şekil 7. Tasarımın Blok Şeması



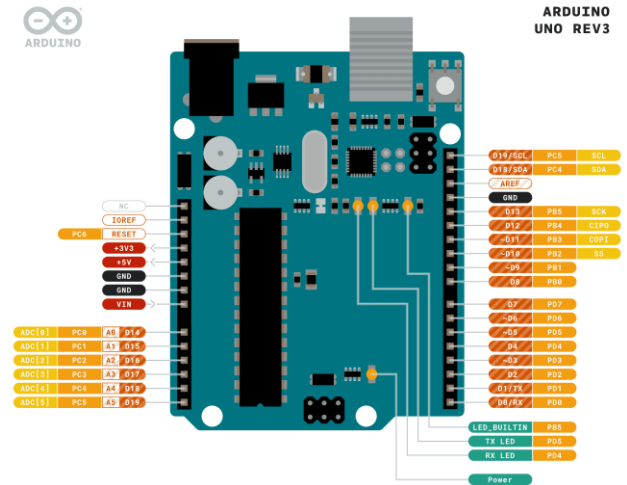
Şekil 8. Tasarımın Giriş-Çıkış Bağlantıları

## B. Elektrik ve Elektronik Komponentler

Arduino Uno, ATmega328T çipi üzerine kurulu bir mikro kontrolcüdür. Kolay kullanımı, geniş kütüphanesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle bu çalışmada kullanılmıştır. Projede genel olarak kullanılacak mikro kontrolcünün minimum gereksinimlerine bakıldığında,

- Seri Haberleşme
- SPI Haberleşme
- 4 adet Dijital Pin (3 adeti PWM özellikli)
- 5 V besleme ve Toprak girişleri

gibi özellikleri sağlaması gerektiği anlaşılmıştır. Arduino Uno, 6 tanesi PWM özellikli olmak üzere 14 dijital pine sahiptir. Ayrıca Seri, UART, TTL ve SPI haberleşme türlerine ve 1 adet 5 V, 3 adet toprak girişine de sahiptir. Bu özelliklere bakılarak Arduino Uno mikro kontrolcüsü tasarım için kullanılmıştır. Şekil 9'da Arduino Uno kartının şeması ve Tablo 1'de genel özellikleri verilmiştir.

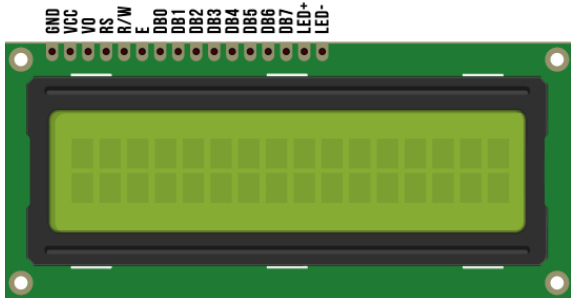


Şekil 9. Arduino Uno Giriş-Çıkış Şeması [10]

Tablo 1. Arduino Uno özellikleri [10]

Özellikler	Değerler
Çalışma Gerilimi	5 V
Giriş Gerilimi	7-12V
Dijital I/O Pinleri	14
Analog Giriş Pinleri	6
Dijital Pinlerdeki DC Akım	40 mA
3.3V Pinindeki DC Akım	50 mA
Flash Hafıza	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Çalışma Hızı	16 MHz
Zamanlayıcı Sayısı	4
PWM Pinleri	6
Haberleşme Protokolleri	Seri, UART, TTL, SPI

Şekil 10'da gösterilen 1602A LCD, 16 satır ve 2 sütun karakter kapasitesine sahip bir sıvı kristal ekrana (LCD) sahip bir modüldür. Bu modül kullanıcıya 16x2 alfabetik karaktere sahip bir ekran sunar ve her karakter 5x8'lik nokta matrisleri ile ifade edilir. Haberleşme olarak 8 bit paralel haberleşmeyi kullanan 1602A LCD modülü, Seri-SPI dönüştürücüler kullanılarak SPI haberleşme ile de kullanılabilir. Bu projede daha sade bir tasarım için hazırda SPI modülü entegre edilmiş bir 1602A modülü kullanılmıştır. LCD ekrana sadece sayılan atıkların sayısı yazılacağından LCD ekranın boyutu ve işlevi tasarım açısından uygun görülmüştür.



Şekil 10. 1602A LCD Modülü Giriş-Çıkış Şeması [11]

Şekil 11'de gösterilen 90SG servo motorları, kompakt tasarımı, enerji tüketimi ve kullanım

kolaylığı ile prototip modellerde çok sıkça kullanılan bir servo modelidir. Projede servo motorunun en kritik özelliğinin torku olacağı anlaşılmıştır. 90SG servo modelinin 1,8 kg/cm'lik uyguladığı tork ve 60 dereceyi 0.1 milisaniye (ms) de yol almasından dolayı tasarıma uygun olacağı görülmüştür [12]. Tablo 2 'de modülün genel özellikleri verilmiştir.

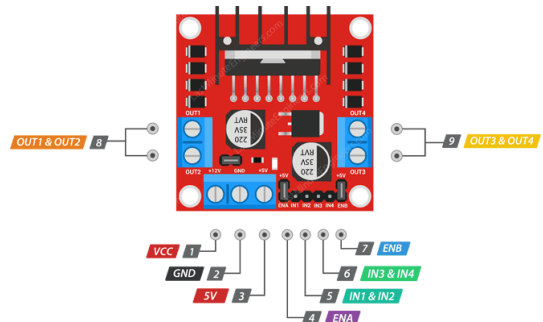


Şekil 11. 90SG Servo Motor Modülü Giriş-Çıkış Şeması [12]

Tablo 2. 90SG Servo Motor Özellikleri [12]

Özellikler	Değerler
Çalışma Gerilimi	4.8-6V
Tork	1.8kg/cm
Çalışma Hızı	60 derece /0.1ms
Çalışma Tipi	PWM
Dönme Açısı	180 derece

Projede kullanılan DC motor 3-24V çalışma gerilimine ve 0.5A nominal çalışma akımına sahiptir. Görüntü işlemedeki hataları engellemek için motor daha az gerilim verilerek (5-10V) daha yavaş bir hızda sürülmesi sağlanmıştır. Şekil 12'de gösterilen L298N motor sürücü, DC ve step motorları sürmek için H köprü ve PWM mantığını kullanan popüler bir bütünleşmiş devredir.



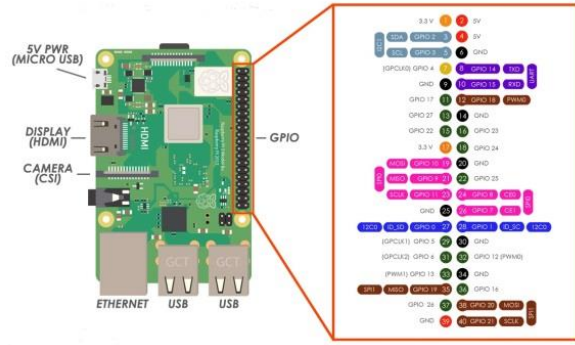
Şekil 12. L298N Motor Sürücü Giriş-Çıkış Şeması [13]

Projede motor sürücü konveyör bandın hareketini sürecek olan motoru süreceği için sistemin akışı ve hızında büyük rol alacaktır. Bu yüzden kullanılacak motor sürücünün, motorun yavaş hızda ilerletmesi ve görüntü işlemenin doğru yapılabilmesi için 7-10V arası çıkış vermesi gerektiği anlaşılmıştır. L298N modeli ise 5-45V ve maksimum 2A motor besleme akımı verebildiği için teorik olarak düşünülen değerleri karşılamakta olduğundan tasarım için uygundur. Ayrıca H köprü ve PWM mantığı kullandığı için projenin ileri prototiplerinde birçok opsiyonu (yön ve hız kontrolü) sağlayabilecektir. Motor sürücünün özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. L298N Motor Sürücü Özellikleri [13]

Özellikler	Değerler
Motor Besleme Gerilimi	5-45V
Maksimum Motor Besleme Akımı	2A
Lojik Giriş Gerilimi	5V
Lojik Giriş Akımı	0-36mA
Maksimum Güç	25W

Çalışmada DC motoru sürmek için motor sürücüyü besleyecek bir 11.1 V 3S bir Lipo batarya kullanılmıştır. Kamera modülü Raspberry Pi mikroişlemcisine, atık sınıflandırması için gerekli olan görüntü verisini sağlayacağından kalitesinin yeterince iyi olmalıdır. Bu çalışmada 1080 piksel çözünürlükte bir kamera kullanılmıştır. Şekil 13'te gösterilen Raspberry Pi, kendi içerisinde işlemci, hafıza, grafik kartı ve giriş çıkış pinlerine sahip bir mini bilgisayardır. Pi ailesi Raspbian olarak da bilenen Linux tabanlı bir işletim sistemi ile çalışmaktadır. Çalışmada ise görüntü işlemenin gerçekleşeceği ana iş istasyonu olarak kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında Raspberry Pi ile görüntü işlemenin yapılabileceği de desteklenmektedir [14].



Şekil 13. Raspberry pi 3B+ Giriş-Çıkış Şeması [15]

Raspberry Pi 3B+ modelinin özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Raspberry Pi 3B+ Özellikleri [16]

Özellikler	Değerler
Çalışma Girişi	5V, 2A
Çalışma Frekansı	1.2GHz
Dijital I/O Pinleri	26
Dahili RAM	1GB DDR2
Dijital Pinlerdeki DC Akım	16mA
GPU	1080p30 H.264 decode
Flash Hafıza	16GB SSD
USB	2.0 (4 giriş)
Video Çıkışı	HDMI
Kamera Girişi	15 pin seri giriş kamera
Kablosuz Bağlantı	802.11 b/g/n kablosuz LAN ve Bluetooth 4.1
Hafıza Kartı Slotu	6
Haberleşme Protokolleri	Seri, UART, TTL, SPI

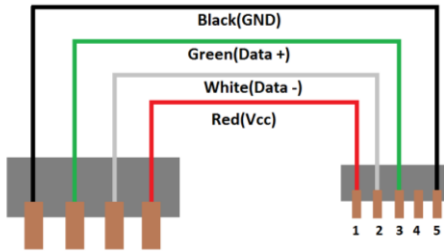
## B. Haberleşme ve Modülasyon Teknikleri

Seri haberleşme iki sistem veya cihazın aralarında tek veya birkaç kablo ile haberleşmesine olanak sağlayan bir haberleşme metodudur. Seri haberleşmede veriler bitler aracılığıyla senkron halinde bir veya fazla kablo ile bir cihazdan diğerine aktarılır. Aşağıda seri haberleşme protokolleri verilmiştir [17].

- RS-232
- UART

- SPI
- I2C
- USB

Seri haberleşmede en önemli unsur baud rate ve start-stop bitleri gibi parametrelerin belirlenmesidir. Baud hızı, haberleşme kanalından saniyede gönderilecek toplam bit sayısını belirler. Başlangıç-bitiş bitleri ise gönderilen verinin başlangıç ve bitiş kısımlarını belirler. Bunlara ek olarak seri haberleşme içerisinde yanlış veri gönderimini engellemek için hata kontrolü mekanizması da mevcuttur. Bu mekanizma eşlik bitleri gibi hatanın belirlenmesinde rol alan metotları barındırır. Çalışmada iki farklı seri haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Bunlar USB ve SPI protokolleridir. USB protokolü Raspberry Pi ile Arduino haberleşmesinde kullanılmaktadır. Bu haberleşme için parametreler baud hızı 115200, eşlik biti yok ve bitiş biti 1 şeklinde konfigüre edilmiştir. SPI protokolü ise Arduino ile LCD arasındaki haberleşme için kullanılacaktır. SPI protokolü için gerekli olan veri akış hızı ve veri aktarımı gibi değerler otomatik olarak senkron edildiği için herhangi ekstra bir parametre belirlenmemiştir. Şekil 14'te USB, Şekil 15'te ise SPI seri haberleşme protokolü giriş-çıkış şemaları verilmiştir.



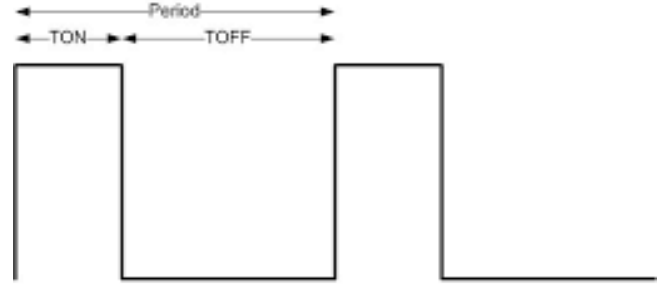
Şekil 14. USB Seri Haberleşme Protokolü Giriş-Çıkış Şeması[18]



Şekil 15. SPI Seri Haberleşme Protokolü Giriş-Çıkış Şeması[19]

PWM (Pulse Width Modulation) metodu bir cihaza aktarılan gerilim veya akım değerini, açık veya

kapalı şeklinde anahtarlayarak kontrol etmek için kullanılan bir tekniktir. Şekil 16'da gösterilen bir PWM sinyali genellikle mikro kontrolcüler tarafından oluşturulur. Bu sinyaller genelde belirli bir genişliğe sahip darbeler içerir. Bu genişliklere görev döngüsü (duty cycle) adı verilir ve aktarılan sinyalin gücünü bu genişlikler belirler. Görev döngüsü değeri darbelerin ne kadarının açık olarak kalacağını gösterir.



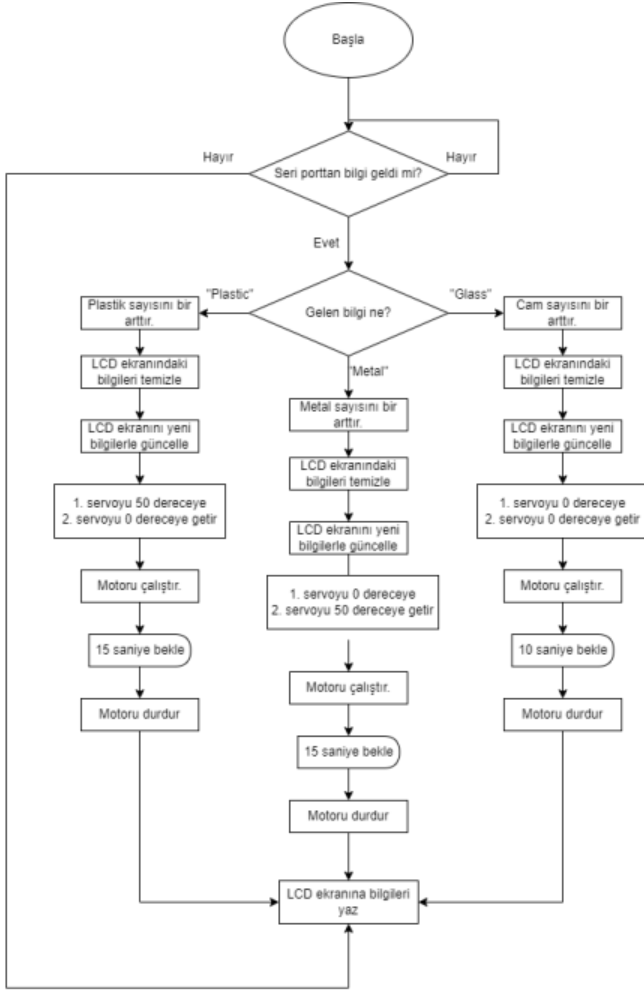
Şekil 16. PWM Tekniği [20]

Projede hem servo motorlar hem de motor sürücü PWM tekniği ile kontrol edilmektedir. Servo motorlar için gerekli görev döngüsü parametresi hazırda bulunan kütüphaneler ile verilmektedir. Motor sürücü için gerekli parametre ise 255 (Arduino analog pinlerindeki değer 0-255 arasındadır. Bu aralık 0-5V aralığındaki gerilim değerine eşittir.) olarak verilmiştir. Bunun sebebi LIPO bataryanın tüm gücünün motora iletilmesinin istenmesidir.

### C. Yazılımsal Tasarım

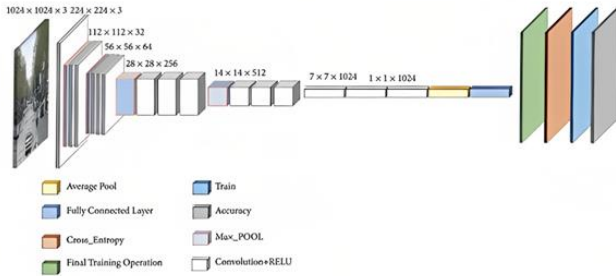
Projede oluşturulan iki farklı yazılım tasarımı vardır. Bunlardan birincisi görüntü işlemeyi sağlayacak olan ve Raspberry Pi mikro kontrolcüsüne gömülecek olan yazılımdır. İkincisi ise sistemin ayrıştırma operasyonu ve diğer görevleri yerine getirecek ve Arduino Uno mikro kontrolcüsüne gömülecek olan yazılımdır.

Ayrıştırma operasyonunu gerçekleyecek olan yazılım Arduino Uno üzerine C/C++ programlama dili ve Arduino IDE'si kullanılarak gömülmüştür. Şekil 17'de tasarlanan yazılımın iş akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 17. Ayırıştırma Otomasyonu İş Akışı

Görüntü işleme yazılımı için CNN (Evrşimsel Sinir Ağı) mimarisi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan model, taban olarak Şekil 18’de verilen MobileNet kullanılmaktadır. Modelin istenen şekilde çalışması için bazı katmanlar eklenmiş olup, özel bir model oluşturulmuştur. Tablo 5’te oluşturulan modelin mimarisi verilmiştir.

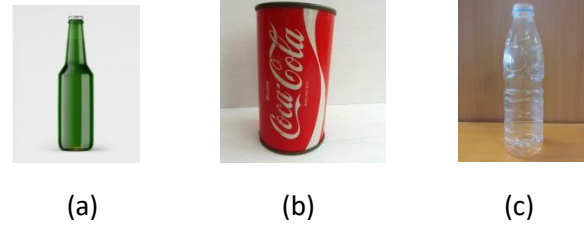


Şekil 18. Kullanılan “MobileNet” CNN Modeli Mimarisi

Tablo 5. Oluşturulan CNN Modelin Mimarisi

Model: "sequential_1"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
sequential_9 (Sequential)	(None,224,224,3)	0
mobilenet_1.00_224 (Functional)	(None,7,7,1024)	3228864
global_average_pooling2d_1 (GlobalAveragePooling2D)	(None, 1024)	0
dense_2 (Dense)	(None, 64)	65600
dropout_1 (Dropout)	(None, 64)	0
dense_3 (Dense)	(None, 3)	195
Total params: 3,294,659		
Trainable params: 65,795		
Non-trainable params: 3,228,864		

Oluşturulan modelin eğitiminde Şekil 19’da verilen 3 farklı sınıfa ait (Metal, Cam, Pet) toplam 8025 görselden oluşan bir veri seti kullanılmıştır.



Şekil 19. Kullanılan Eğitim Görüntüsü Örnekleri: (a) Cam Sınıfı; (b) Metal Sınıfı; (c) Pet Sınıfı

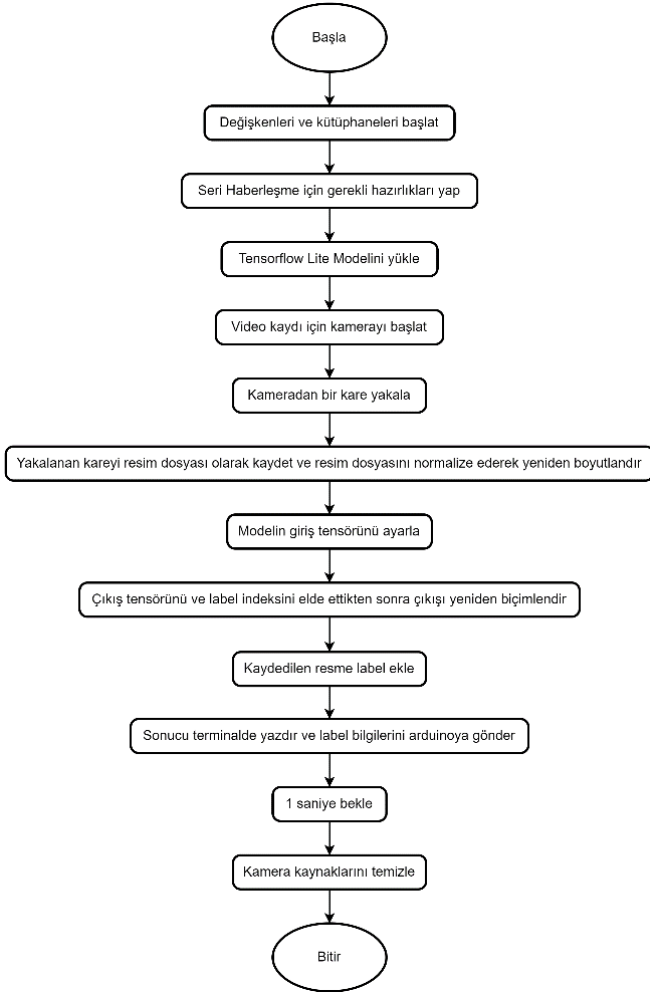
Oluşturulan modelin eğitiminde kullanılacak veri setinin küçük olmasından dolayı “veri çoğaltma” kullanılmıştır. Buna ek olarak en iyi hiper parametreler için modele GridSearch denilen algoritma uygulanıp en iyi hiperparametre listesi elde edilmiştir. Modelin eğitiminde ve paketlenmesinde kullanılan hiper parametreler Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Model Hiper parametre Listesi

Öğrenme Oranı (Learning Rate)	Devirler (Epochs)	Küme Büyüklüğü (Batch Size)	İyileyici (Optimizer)
0.001	50	16	Adam

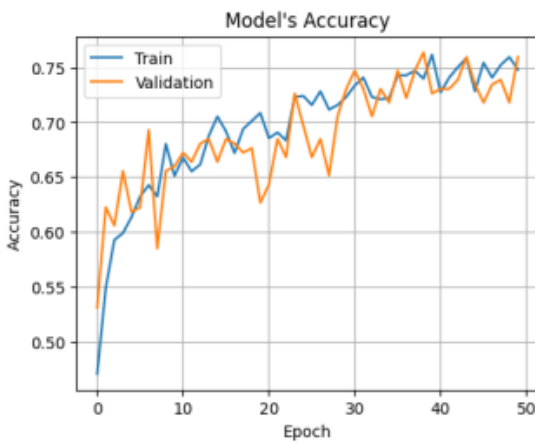
Programın algoritması Şekil 20’de verilmiştir.



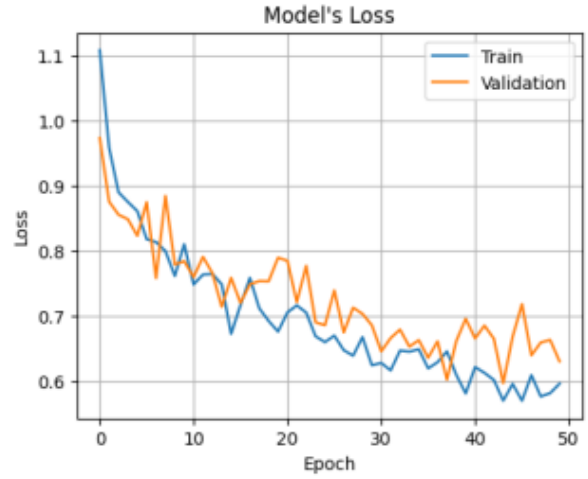


Şekil 20. Program Algoritma Yapısı

Eğitim sonrası modelin eğitim (Train) ve doğrulama (Validation) veri setlerine ait isabetlilik (Accuracy) Şekil 21 ve kayıp (Loss) grafikleri Şekil 22'de gösterilmiştir.

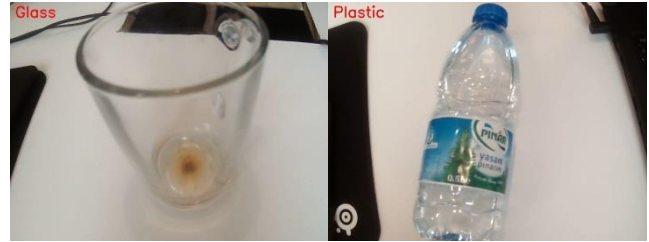


Şekil 21. Modelin Doğruluk (Accuracy) Grafiği



Şekil 22. Modelin Kayıp (Loss) Grafiği

Buradan modelin doğruluk oranı (accuracy) çok yüksek olmasa da (%76 civarı) genelleme açısından iyi olduğu (Doğrulama değerleri ile değerler çok yakın) görülür. Modelin test çıktıları Şekil 23'te gösterilmektedir.



Şekil 23. Modelin Test Çıktıları

#### KAYNAKÇA

[1] Waste Atlas Veritabanı, Waste Atlas

<http://www.atlas.d-waste.com/>

[2] Siddappaji, K. Sujatha and R. C. Radha, "Technologies for segregation and management of solid waste: A review," 2016 International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS), Pudukkottai, India, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICETETS.2016.7603046.

[3] Aleena VJ, Kavya Balakrishnan, Rosmi TB et Automatic Waste Segregator and Monitoring System. Journal of Microcontroller Engineering and Applications. 2016; 3(2): 1-7p.

[4] Makine Öğrenimi ve Yapay Zekâ, Amazon Makine Öğrenimi

<https://aws.amazon.com/tr/what-is/machine-learning/>

[5] Géron, Aurélien. *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools,*

and Techniques to Build Intelligent Systems (2nd Edition), Sebastopol, O'Reilly Media Inc., 2019.

[6] Suzuki, K. *Artificial Neural Networks-Architectures and Applications*; IntechOpen Limited: London, UK, 2013.

[7] Sumari, Putra & Jamal, Syed Saqib & Abualigah, Laith. (2021). A Novel Deep Learning Pipeline Architecture based on CNN to Detect Covid-19 in Chest X-ray Images. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*. Vol. 12. 2001-2011. 10.17762/turcomat.v12i6.4804.

[8] Medium Blog , Medium

<https://medium.com/cloud-believers/quickly-understand-the-6-types-of-neural-networks-5e5300c45701>

[9] J. Maldonado-Romo and M. Aldape-Pérez, "Interoperability between Real and Virtual Environments Connected by a GAN for the Path-Planning Problem," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 21, p. 10445, Nov. 2021, doi: 10.3390/app112110445.

[10] Arduino Uno Dokümantasyonu, Arduino CC

<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>

[11] Qxf2 Blog,

<https://qxf2.com/blog/arduino-tutorials-testers-lcd-display/>

[12] 90 SG Servo Motor Dokümantasyonu,

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/1132104/ETC2/MG90S.html><https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/1132104/ETC2/MG90S.html><https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/1132104/ETC2/MG90S.html>

[13] L298N Motor Sürücü Dokümantasyonu, STMicroelectronics

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html>

[14] J. Marot and S. Bourennane, "Raspberry Pi for image processing education," 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), Kos, Greece, 2017, pp. 2364-2366, doi: 10.23919/EUSIPCO.2017.8081633.

[15] YoungWorks,

<https://www.youngwonks.com/blog/Raspberry-Pi-3-Pinout>

[16] Raspberry Pi Dokümantasyonu, Raspberry Pi

<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

[17] Dawoud, Dawoud Shenouda, and Peter Dawoud. *Serial Communication Protocols and Standards*. CRC Press, 2022.

[18] <https://www.etechnog.com/2021/07/usb-wiring-diagram-connection-pinout.html>

[19] [https://www.sparkfun.com/engineering\\_essentials](https://www.sparkfun.com/engineering_essentials)

[20] <https://ebldc.com/?p=48>