



## DEPOLAR İÇİN KUTU RENK SEÇİM ROBOTU

Ceyhun KARATAŞ<sup>1\*</sup>, Önder ŞAHİNASLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Barsan Global Lojistik, AR-GE Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Maltepe Üniversitesi, Bilişim Bölüm Başkanlığı, İstanbul, Türkiye

### Anahtar Kelimeler Öz

*Otomasyon, Robot, Depo, Verimlilik, Teknoloji ve Yenilik.* İnsanların ve iş makinelerinin bir arada kullanıldığı lojistik depolarda yoğun ve hızlı çalışma ortamları, aşırı yorgunluk, dikkat dağınıklığı, zamanlama hataları, kutuların taşınması ve yerleştirilmesinde iş kazalarının yanı sıra operasyonel hatalara da neden olmaktadır. Bu tür sorunların çözümünde teknolojikten, araç ve gereçlerden daha fazla yararlanmak çözüm olabilir. Bu çalışmada depo operasyonlarında insan gücü yerine robot kollarının kullanılmasına yönelik özgün bir robot prototipi üretilmiş ve gerçek sahadaki performans düzeyi araştırılmıştır. Depoya gönderilen her kolinin üzerindeki etiketin rengine göre robotun önceden belirlediği doğru konuma yerleştirilmesi amaçlanmıştır. Robotun mekanik parçalarının tasarımında Arduino, yürüme bandının tasarımında ise Sketchup aracı kullanıldı. Robotun motor, algılayıcı ve elektronik aksamaları hariç tüm parçaları plastik malzemeden 3d yazıcıyla 400 saatte üretildi. Çalışma sonucunda üretilen robot prototipindeki üç farklı renkteki 197 kutunun yaklaşık %99'unun robot tarafından istenilen alanlara başarıyla yerleştirildiği görülmüştür.

## BOX COLOR SELECTION ROBOT FOR WAREHOUSES

### Keywords

*Automation, Robot, Warehouse, Productivity, Technology and Innovation.*

### Abstract

In the logistics warehouses, where people and work machines are used together, the intense and fast working environment causes excessive fatigue, distraction, timing errors, work accidents in the transport and placement of boxes, as well as operational errors. In solving such problems, making more use of technology, tools and equipment may be the solution. In this study, a unique robot prototype was produced for the use of robot arms instead of manpower in warehouse operations and the performance level in the real field was investigated. It is aimed to be placed in the correct position determined by the robot according to the color of the label on each parcel sent to the warehouse. Arduino was used in the design of the mechanical parts of the robot, and the Sketchup tool was used in the design of the treadmill. All parts of the robot, except the motor, sensor and electronics, were produced from plastic material in 400 hours with a 3d printer. As a result of the study, it was seen that approximately 99% of the 197 boxes in three different colors in the robot prototype produced were successfully placed in the desired areas by the robot.

### Alıntı / Cite

Karataş, C., Şahinaslan, Ö. (2023). Depolar için Kutu Renk Seçim Robotu, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(3), 1213-1227.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

C. Karataş, 0000-0001-5560-2867  
Ö. Şahinaslan, 0000-0003-2695-5078

### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	10.11.2021
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	28.09.2022
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	14.08.2023
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	28.09.2023

\* Corresponding author: 201419120@st.maltepe.edu.tr, +90-216-626-1050

## BOX COLOR SELECTION ROBOT FOR WAREHOUSES

Ceyhun KARATAS<sup>1†</sup>, Onder SAHINASLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Barsan Global Logistics, R&D Department, Istanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Maltepe University, Department of Informatics, Istanbul, Türkiye

---

### Highlights

- Warehousing is an intense, fast, and demanding job where humans and machines work together.
- Vehicles such as forklifts and pallet trucks used in storage can cause very serious work accidents.
- The need for up-to-date information technologies and solutions is increasing day by day.
- In this study, the robot prototype developed with an original design was 99% successful.

---

### Graphical Abstract

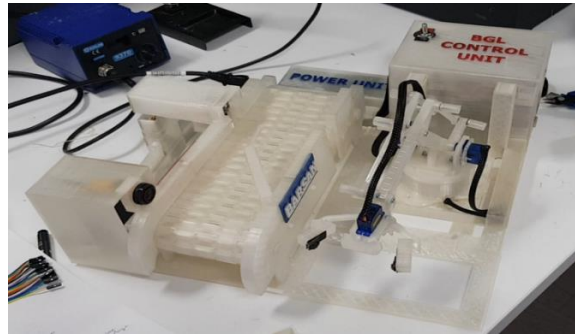


Figure. Robot Prototype Image

---

### Purpose and Scope

Producing the robot prototype that determines the position according to the color of the label on the box and testing its applicability in the field of logistics.

### Design/methodology/approach

The mechanical design of the robot, the electronic design that will connect it to the physical world, the software design and assembly phase to run the robot operating system.

### Findings

In the achievement tests, 195 out of 197 boxes (approximately 99%) were successfully placed in the desired area by the robot.

### Research limitations/implications

The techniques used in this study are limited by the capabilities of the devices and applications and the physical storage environment conditions.

### Practical implications

A sample robot prototype has been developed that can help in the correct determination of the places where the boxes will be placed and in their shipment. The technological solution that can be used instead of human labor in logistics warehouses has been successfully applied in the field.

### Social Implications

This solution will contribute to the reduction of work accidents or their vital effects in warehouses where human-machine interaction is intense. The fact that dangerous works that require heavy labor will be done with machines will increase human health and quality of life and will contribute positively to workplace productivity and sustainability.

### Originality

Original design, 3D printing, assembly, application and high performance of robot mechanical parts.

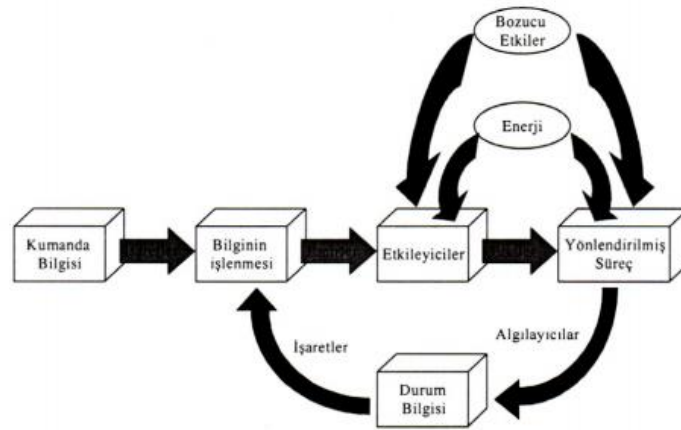
---

<sup>†</sup> Corresponding author: 201419120@st.maltepe.edu.tr, +90-216-626-1050

## 1. Giriş (Introduction)

Günümüzde zamandan ve mesaiden bağımsız sürekli çalışabilen dijital işletmelerde çevik ve hızlı yanıt verebilecek dinamik altyapılara dayalı uygulamalara ihtiyaç vardır (Şahinaslan E. , 2020). İşletmeler sundukları hizmetleri daha yüksek bir etkinlikte, performanslı ve hızlı gerçekleştirmenin yeni yol, yöntem ve teknoloji arayışı içerisinde. Taşımacılık, depolama ve dağıtım endüstrilerini barındıran lojistik sektörde güncel otomasyon teknoloji ve uygulamalarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır.

Otomasyon terimi, Mikell Groover'ın yaklaşımına göre, süreçlere insan müdahalesini azaltan teknolojilerin genel adıdır. Bu yaklaşıma göre; insan müdahalesi ile karar kriterleri, süreç ilişkileri ve bunlarla ilgili eylemler önceden belirlenerek, sürecin devamında insan müdahalesi azaltılır (Groover, 2014). Bu yaklaşıma göre; otomasyon, yapılacak işin, insan ve makine arasında paylaşılmasıdır. İnsan ve makine arasındaki iş paylaşımının oranı, otomasyonun yoğunluğunu belirler. Makine müdahalesi arttıkça, otomatikleştirilen işin, yani otomasyonun yoğunluğu da artar. Endüstriyel anlamda otomasyon tanımı da otomasyonun bu tanımıyla uyumludur. Endüstriyel otomasyon; endüstriyel işletmelerdeki makineler, süreçler, iletişim, yönlendirmeler gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Rifkin, 1995). Büyük ölçekli endüstriyel sistemlerin istenildiği ve planlandığı gibi çalışmasını ve gerçek zamanlı olarak gözlemlenmesini sağlayan bilgi ve teknolojileri içerir. Otomasyonun kuramsal temeli kumanda ve kontrol kavramına dayanmaktadır. Otomasyon sistemi temel bileşenleri ve yönlendirme döngüsü Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Otomasyon yönlendirme döngüsü (Automation routing loop) (Soysal, 1994)

Otomasyon sistemlerinin başlıca bileşenleri birbirini etkileyen bir dizi elemanın belirli mantık kuralları çerçevesinde doğru ve anlamlı işlemlerin gerçekleştirilmesine yarayan kumandadan gelen bilginin işlenmesi, etkileyiciler, algılayıcılar(sensör), işaretler ve bazı iç süreçlerden oluşan bir yönlendirme döngüsüne sahiptir. Kumanda tek yönlü ve açık bir yapıya sahip olmasına rağmen kontrolde kapalı çevrimli bir yapıya sahiptir. Bir otomasyon sisteminin temel bileşenleri; bilgi vericiler, algılayıcılar, etkileyiciler, güç yükselticileri ve yardımcı diğer bilgi işlem organlarıdır (Özturan & Tanrıtanır, 2004).

Endüstriyel otomasyon araçları, yapay zekâ ve robot teknolojilerinin kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Özellikle robotların kullanımıyla insan gücüne duyulan ihtiyaç azalarak bu gücün robotlardan sağlanması yaygınlaşmıştır (Gürfidan, 2015). Otomotiv parça montajı, demir-çelik, taşıma, dağıtım ve yerleştirme gibi endüstri iş kollarında robot kollarının kullanımı yaygındır. Robot kollar, tutucu ve taşıyıcı sistemlerden oluşur. Yaptıkları işler bakımından, tahrik sistemi, kontrol edilme şekli ve malzeme taşıma şekli gibi özellikleriyle birbirlerinden ayrılır (Hız, 2019).

Robot uygulamalarında yapay zekâ, makine öğrenimi ve algoritmalarından yararlanılır. Öğrenme algoritmaları yalnızca sayısal veri kümeleri üzerinde çalışır (Şahinaslan vd., 2023). Makine öğrenimi ise derin öğrenme algoritmaları ile insan zekâsını taklit eder. Arduino ise son yıllarda otomasyon ve robot sistemlerinde sıkça kullanılan, açık kaynak kodlu, geliştirilebilir bir devre kartıdır. Bu kart ile çeşitli devreler oluşturulabilir ve programlanabilir (Badamasi, 2014). Programlaması oldukça kolay ve ucuzdur. Hobi, eğitim ve profesyonel alanlarda yaygın kullanıma sahiptir. Cihaz ve kaynak erişimi de günümüzde oldukça kolaydır (Miller & Nourbakhsh, 2016).

Arduino veya benzeri sistemlerde renk belirleme için kullanılan en efektif yöntemlerden birisi RGB algılayıcılarıdır. Bunlar, bir numuneyi, üzerlerindeki bir LED vasıtasıyla aydınlatır ve geri yansıyan ışığı ölçerler.

Geniş spektrumlu bir ışık-voltaj dönüştürücü kullanarak bu numuneden yansıyan ışığın rengini tespit ederler (Beyaz, 2017). Nesne tanıma genellikle renk, şekil ve malzeme tiplerini içerir. Robotik uygulamalarda kullanılmak amacıyla üzerinde çeşitli algılayıcılar bulunduran kontrollü bir araçla birleştirilmiş yüzey materyali tanıma yöntemi sunmaktadır (Gökcan & Kahraman, 2019).

Lojistik süreçlerin idamesinde depolama önemli bir yere sahiptir (Şahinaslan, Karataş, & Şahinaslan, 2023). Depolama operasyonları yoğun insan emek, iş gücü ve dikkat isteyen anlık dalgınlık veya dikkatsizlik durumunda iş kazalarının yaşanabildiği bir çalışma alanıdır. Özellikle depolama operasyonlarında kullanılan forklift, transpalet, vinç gibi araçların neden olduğu bir kaza çok ciddi olumsuz sonuçlar doğurabilir. Öte yandan, depo operasyon verimliliğinin artması, tüm lojistik süreçlerin başarısına olumlu katkı sağlamaktadır. Depolama operasyonlarında bu tür risk ve sorunların önüne geçebilmek ve iş hedeflerine ulaşabilmek için güncel bilgi teknolojileri ve çözümlerine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanmasında yapay zekâ tabanlı görüntü işleme teknikleri, modern algılayıcı teknolojileri, henüz belirli bir zekâ düzeyine sahip olmasına rağmen çevre koşulları ile uyumlu çalışabilen robotlar ve otomasyon çözümleri ön plana çıkmaktadır. Bu çözümler sayesinde lojistik depolarda insan gücünün azaltılması, iş kazası sonucu oluşabilecek hasar ve kayıpların azaltılması, insan kaynaklı operasyonel hataların azaltılması ve depo verimliliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

Lojistik depo operasyonunda müşterilerden gelen koliler, tedarikçi çıkışında kalite kontrol birimi tarafından farklı renkteki etiketlerle ürünlerin içeriklerine göre tasnif edilmektedir. Bu renklere göre, farklı tipteki kutuların, farklı satış kanallarına gönderilmektedir. İnsan yorumuna dayalı olan bu yöntemde çeşitli hatalar yapılabilen bu da ciddi zaman ve dolayısıyla maliyet kaybına neden olmaktadır. Ayrıca insan ve makinenin birlikte çalışmasının yüksek temposu ve yoğunluğundan dolayı iş kazası olma olasılığı yüksektir. Böyle bir iş kazasında ciddi kayıplar ve olumsuz etkiler de söz konusudur. Bu çalışma, yoğun emek ve emek harcanan büyük ölçekli bir lojistik depoda yaşanan sorunların çözümüne katkı sağlamak amacıyla kutu yerleştiren robotların lojistik depoda kullanılabilirliğinin araştırılması ile ilgilidir. Çalışmanın amacı, yoğun emek gerektiren depo operasyonlarında iş kazalarının etkilerini önlemek veya azaltmak, koli yerleştirme ve dağıtımında insan kaynaklı yorumlama farklılıklarını ortadan kaldırmak ve depo verimliliğine katkıda bulunmaktır. Geliştirilen numune robot prototipi uluslararası bir lojistik firmada numunelerin sınıflandırılmasında ve farklı bölgelere yerleştirilmesinde başarıyla uygulanmıştır.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Arduino ve algılayıcılar (sensörler) robotik alanda birçok çalışmaya konu olmuştur. Karacı ve Erdemir (2017), Arduino, mesafe algılayıcıları, gaz algılayıcıları, ısı algılayıcıları ve nem algılayıcıları kullanarak ortamdaki farklı değişkenleri ölçümlemişler, elde edilen ölçüm sonuçlarını Wi-Fi aracılığıyla bir merkeze gönderen bir robot tasarlamışlardır. Bu çalışmada, gezici bir robot, bulunduğu ortamın çeşitli yerlerini otonom olarak gezerek, ortamdaki sıcaklık, nem ve zehirli gaz gibi ölçümlerinin sonuçlarını merkezi bir sisteme gönderip ortam hakkında kullanıcıları bilgilendirmiştir. Karacı ve Erdemir (2017)'in çalışmasındaki Arduino ve sensör iletişimi örneklerinden faydalanılmıştır.

Yalman ve Haşiloğlu (2015), Arduino, ultrasonik algılayıcılar ve çizgi algılayan algılayıcılarla hastanelerde ilaç dağıtımları yapan bir robot geliştirmişlerdir. Arduino ve algılayıcıları robotik alanda kullanmışlardır. Çalışmaya konu robot, insan hemşirelerin sesli komutlarıyla çalışmaya başlayıp hangi hastaya hangi ilacı vermesi gerektiğine kendisi karar verip hastalara dağıtımını yapmak üzerine tasarlanmıştır. Çalışmadaki ultrasonik algılayıcılarla ilgili araştırmalarından faydalanılmıştır.

Elfasakhany vd. (2011) çalışmalarında ucuz maliyetli bir robot kol geliştirme yollarını anlatmışlar ve bu çalışmalarında Labview yazılımını kullanmışlardır. Myint ve Theingi (2015) çalışmalarında kinematik modelleme kullanarak eklemlerli robot kol tasarımını anlatmışlardır. Aung ve Oo (2018) MATLAB yazılım ve Arduino mikro denetleyici kullanarak 5 eksenli plastik bir robot kol yapmışlardır. Söz konusu robot kol; materyalleri tutma, kaldırma, yer değiştirme ve geri bırakma gibi işlemleri yapabilmektedir. Bu çalışmadaki robot kol araştırmalarından faydalanılmıştır.

Cippitelli vd. (2017) yılında RGB algılayıcıları ve radarlar kullanarak bir düşüş engelleme araştırması yapmışlardır. İncelemede, radarlar ve RGB algılayıcıların düşme algılama sistemlerinde kullanılmasının verimli olabileceği ve hasta ve yaşlı insanların sağlıkları için kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada, RGB algılayıcıların kullanımı konusunda faydalanılmıştır.

Agudo vd. (2014) geleneksel olarak kullanılan pahalı renk ölçüm sistemleri yerine daha düşük maliyetli TCS34144CS gibi renk algılayıcılarının kullanımı konusunu incelemişlerdir. Çalışmada, TCS34144CS renk algılayıcısı Arduino ile kullanılmış ve elde edilen ölçümlerin doğruluğu MATLAB'da geliştirilen özel bir yazılım ile

ölçülmüştür. Sonuçta, diğer bilimsel araçlarla elde edilen seviyelere açıkça ulaşılmasa da düşük maliyetli algılayıcıların da kabul edilebilir değerlerde ölçümler yapabildiği ortaya konulmuştur. Araştırma konusu robotta kullanılacak renk algılayıcısının seçimi konusunda bu çalışmadan faydalanılmıştır.

Sihombing vd. (2019) yaptıkları çalışmada Arduino ve TCS3200 algılayıcısını kullanarak bir narenciye ayırma mekanizması kurmuşlardır. Bu mekanizmada, üst taraftan bir narenciye bırakılmış, orta bölümde narenciyenin rengi tespit edilip Arduino kartına gönderilmiş, Arduino kartın da 'servo' motorlara ulaştırdığı direktifler ile narenciyenin türüne göre farklı bölümlere yerleştirilmesi sağlanmıştır. Servo motor, bir mekanizmada oluşabilecek hatayı algılayan, geri besleme düzeneği ile denetleyen ve hatayı gidermeye çalışan otomatik bir aygıt olup robot teknolojisinde yaygın kullanılan bir motor çeşididir. Araştırma konusu olan çalışmada sunulan robota ait mekanik sistem yapısı ve renk ölçümüyle ilgili araştırmalarından faydalanılmıştır.

TCS34725 gibi diğer düşük maliyetli RGB algılayıcıların Arduino'da kullanımıyla ilgili Beyaz (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; TCS3200, Colorpall28380 ve TCS34725 gibi RGB algılayıcıları karşılaştırılmış ve ölçüm değerleri detaylı şekilde incelenmiştir. Bu araştırmanın sonuçları Tablo 1'de sunulmaktadır.

**Tablo 1.** Algılayıcı RGB Kalibrasyon Faktörleri Karşılaştırma Sonuçları (Sensor RGB Calibration Factors Comparison Results)

Test Materyalleri	TCS3200 RGB Kalibrasyon Faktörleri	Colorpall28380 RGB Kalibrasyon Faktörleri	TCS34725 RGB Kalibrasyon Faktörleri
Kırmızı Plaka	1.00, 0.98, 0.97	1.26, 0.81, 0.82	1.04, 0.98, 0.98
Yeşil Plaka	0.96, 0.96, 0.96	0.90, 0.84, 0.87	0.91, 0.93, 0.98
Mavi Plaka	0.96, 0.95, 0.92	0.91, 0.85, 0.83	0.84, 0.97, 0.93
2022 ortalama fiyatı	200 TL	800 TL	100 TL

Çalışmada, TCS3200, ColorPall28380, TCS34725 algılayıcılarının kırmızı, yeşil ve mavi plaka test materyal örnekleri üzerinden ölçümlene faktörleri karşılaştırılmış ve bunların 2022 yılı ortalama fiyatları sunulmuştur. TCS34725 gibi renk algılayıcılarının farklı renk plakaları üzerinde Arduino ile doğru kalibre edildiğinde, kabul edilebilir doğruluk paylarına ulaşarak başarılı renk ölçümleri gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada fayda-maliyet oranı açısından en uygun algılayıcı tipinin TCS34725 olduğu sonucuna varılmıştır. Geliştirdiğimiz robotta kullanılan TCS34725 algılayıcısının seçiminde bu çalışmadaki sunulan bilgilerden faydalanılmıştır. Seçimde, ölçümlene faktör değerleri, saha şartlarında kabul edilebilir sonuçlar üretebilmesi ve düşük fiyatlı olması nedeniyle TCS34725 algılayıcısı tercih edilmiştir.

Bu araçların yanı sıra hareketli bir bant üzerinde, kutu renklerini tespit edip gerekli yerleştirmelerin robot kollar ile yapıldığı çalışmaya da ulaşılmıştır (Hız, 2019). Bu çalışmada PLC kontrollü bir düzenekte, renkli toplar bir konveyör bant üzerinde hareket etmekte, düzenekte yer alan bir KS-C2 tipi algılayıcı topların rengini ayırmakta, ayrılan renklere göre toplar vakumlu bir robot kol yardımıyla farklı kutulara yerleştirilmektedir.

Güntürkün vd. (2020) yaptıkları çalışmada, PLC ile elektro-pnömatik kontrollü renk seçici robot kol tasarımı hazırlamışlar ve 800 grama kadar olan ağırlıklarda başarılı sonuçlar almalarına rağmen, daha ağır materyallerde hidrolik sistemleri önermişlerdir. Bu çalışmada ise ağırlığı yüksek materyallerle çalışmak için pnömatik veya hidrolik sistemler değil, elektrikli servo motorlar tarafından kontrol edilen mekanik sistemler kullanılmıştır. Lojistik depolara gelen ürünlerin farklı ağırlıklarda olabileceği düşünüldüğünde pnömatik sistemlerde ağırlık problemi ortaya çıkacaktır.

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Robotun tasarımında kullanılacak materyal ve yöntemler dört başlıkta planlanmıştır. Bunlar; robotun hareketlerinde belirleyici rol oynayacak mekanik tasarım aşaması, robotun yazılımının fiziksel dünyayla ile bağlantısını kuracak elektronik tasarım, robotun tüm çalışma sistemini yürütecek yazılım tasarımı ve bu üç birimi birlikte çalışacak biçimde bir araya getirecek olan montaj aşaması.

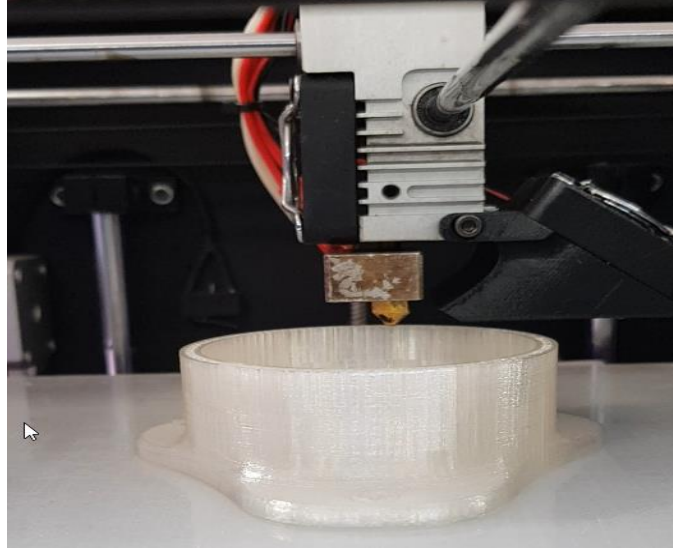
#### 3.1. Mekanik Tasarım (Mechanical Design)

Robotun mekanik tasarımı; Kutuları depo yerlerine yerleştirecek robot kol, kutuları renk ölçüm bölümüne

yönlendirecek yürüyen bant ve tüm sistemi bir arada tutacak ve bütünlük oluşturacak omurga olarak üç grupta değerlendirilmiştir. Prototip hazırlanırken, mekanik tasarım elemanlarının tamamı üç boyutlu yazıcılarda üretilmiştir.

### 3.1.1. Robot Kol Tasarımı (Robot Arm Design)

Robot kol, Thingiverse 3d paylaşım sitesinde, daGHIZmo kullanıcı adında bir tasarımcı tarafından paylaşılan, açık kaynak kodlu, EEZYbotARM olarak tanımlanan robot modelden yola çıkılarak geliştirilmiştir (daGHIZmo, 2015). daGIZMO'nun orijinal tasarımındaki boyutlar, geliştirilen prototipin tasarlanan omurgasının boyutlarıyla tam uyumlu olmaması nedeniyle, tasarım düzeneği yeniden ölçeklendirilmiştir. Şekil 2'de robot kolun üretim aşamasından bir görüntü gösterilmiştir. Parçaların tamamı zaxe x1 3d yazıcı ile yaklaşık 400 saatte üretilmiştir.

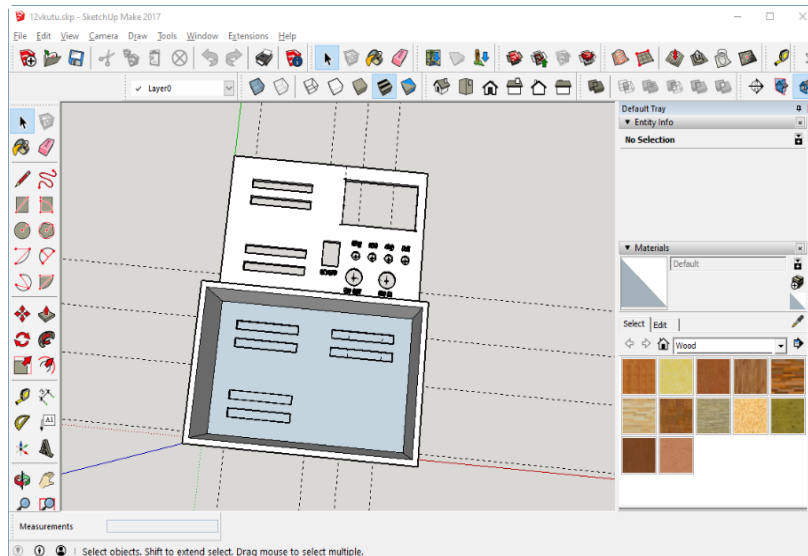


Şekil 2. ZAXE X1 3D Yazıcı ile parça üretimi (Parts production with the ZAXE X1 3D Printer)

Parçaların üretimi esnasında; prototipin çalışma prensipleri, maruz kalacağı sürtünme ve taşınması gereken ağırlık gibi faktörler göz önüne alınarak ABS tipi plastik hammadde kullanılmıştır.

### 3.1.2. Yürüyen Bant Tasarımı (Walking Belt Design)

Yürüme bandı Sketchup programında tasarlanmıştır. Yaklaşık 150 parça olarak tasarlanan yürüme bandını oluşturmak için uygulama üzerinde yaklaşık 20 model çizimi oluşturuldu. Yürüyen bandın hareketli parçaları yani bant bölümü, milleri, bandı bir arada tutan omurga kısımları dahil bandın tüm mekanik aksamı 3d yazıcıda basılacak şekilde tasarlanmıştır. Parçaların tasarım aşamasına örnek bir Sketchup programı ekran görüntüsü Şekil 3'te sunulmaktadır.



Şekil 3. Robotun Parçalarının Sketchup Programında Tasarımı (Design of Robot Parts in Sketchup Program)

Yapılan araştırmalarda tamamı plastikten üretilmiş bir yürüyen bant örneğine rastlanmamasına rağmen, bu çalışmada, miller dahil tamamı plastik malzemeden oluşan yürüyen bant örneği geliştirilmiştir. Yaklaşık 200 plastik parçadan tasarlanıp üretilen yürüyen bant modeli Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Yürüyen Bant Bölümü (Moving Belt Section)

Tasarlanan bu ürünün gövdesinde, bant bölümünde ve hareketli noktalarında hiçbir metal veya başka malzeme kullanılmayıp tamamı 3 boyutlu yazıcı ile üretilmesinden dolayı bu üretilen bantı diğer çalışmalardan bu yönüyle farklılaşmaktadır.

### 3.1.3. Omurga Dizaynı (Backbone Design)

Robot kol ve yürüyen bant dışında sistemin omurgasını ve destek mekanizmalarını oluşturan tüm parçalar Sketchup programında özgün şekilde tasarlanarak 3d yazıcıda üretilmiştir. Montaj sırasında kullanılan elemanlar:

- 3 renkli kutu,
- Renkli kutuların içine yerleştirilen 3 kutu,
- Elektronik kontrol devrelerinin içinde gizlenen 1 kutu,
- Güç ünitesinin içinde gizlenen 1 kutu,
- Algılayıcılar içinde gizlenen 2 kutu,
- Kabloların gizleneceği 12 kanal ve
- Bütün yapıyı bir arada tutacak ve birbirine yapıştırılacak 9 platform.

Bu elemanlar modellenen tasarıma uygun şekilde montaj aşamasında bir araya getirilmiştir.

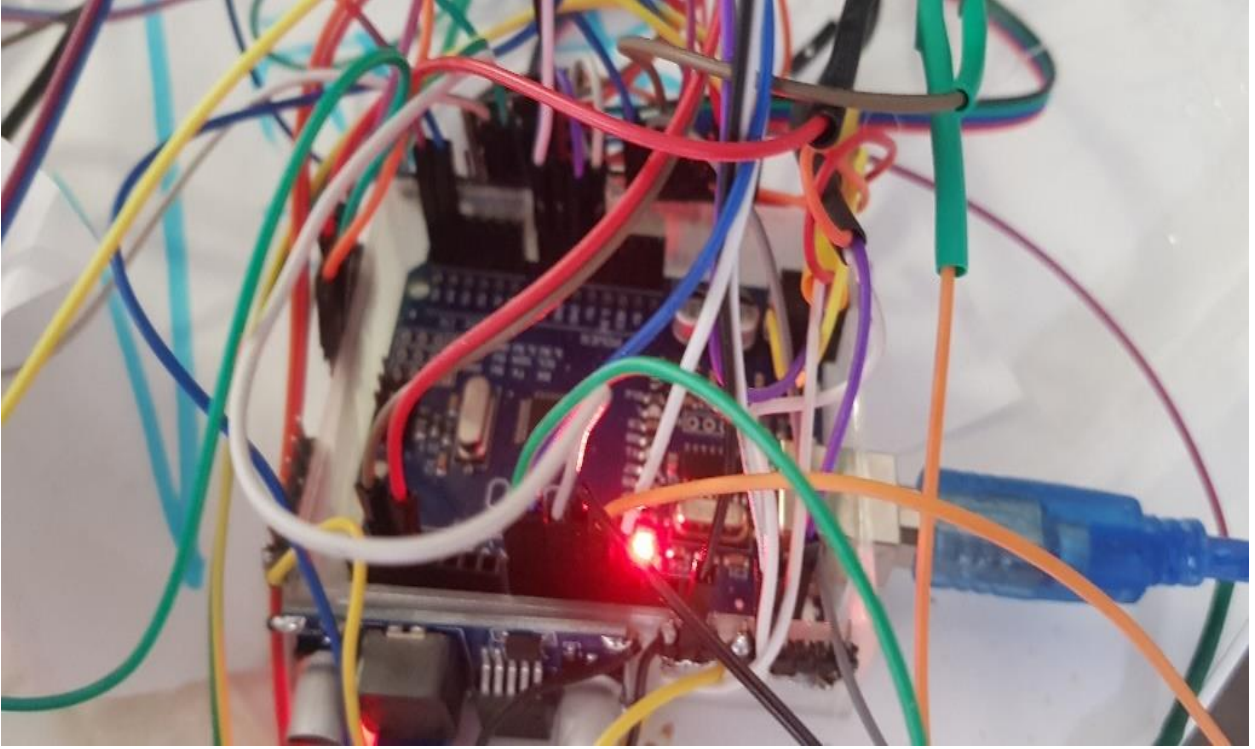
### 3.2. Elektronik Tasarım (Electronic Design)

Uygulamada kullanılan temel elektronik parçaları şunlardır:

- Yürüyen bantı hareket ettirmek için 1 adet Nanotron Nema17HS4401 step motor,
- Yürüyen bant üzerine kutu konduğunu ve renk ölçüm algılayıcısının önünde kutu bulunduğunu algılamak için 2 adet LJ12A3-4-Z/BY endüktif PNP proximity algılayıcı,
- Bant üzerindeki kutunun rengini algılamak için 1 adet TCS34725 RGB renk algılayıcısı,
- Robot kolu hareket ettirmek için 4 adet SG90 RC mini servo motor,
- Step motoru yönetebilmek için 1 adet DRV8825 step motor sürücü kart,
- Bütün sistemi kontrol edebilmek için 1 adet Arduino Uno R3 mikro denetleyici,
- Sistemin bütün parçalarına güç verebilmek için bir adet 12V/3A dizüstü bilgisayar adaptörü,
- Farklı voltajlarda çalışan motorları, kontrol kartlarını ve algılayıcıları besleyebilmek için 1 adet LM2596 step down modülü ve
- İnternete kablosuz çıkışı için 1 adet ESP8266 wi-fi seri alıcı modülü (serial transceiver modüle).



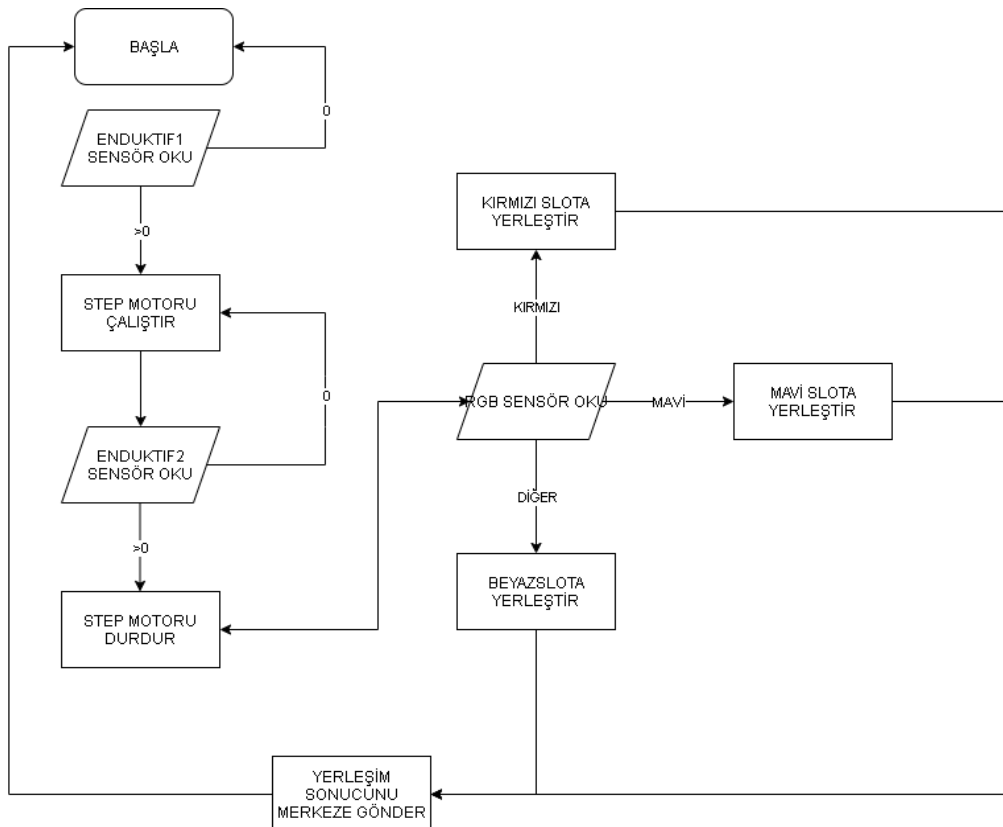
Bu donanım bileşenlerinin çalışmaya uygun şekilde bir araya getirilmesi sonucunda oluşan devre bağlantı yapısına ait örnek Şekil 5'de gösterilmektedir.



Şekil 5. Test Aşamasındaki Arduino R3 Ünitesi ve LM2596 Modülü (Testing Arduino R3 Unit and LM2596 Module)

### 3.3. Yazılım Tasarımı (Software Design)

Geliştirilen yazılıma ait akış diyagramını Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Robot Uygulaması Temel Çalışma Akış Diyagramı (Robot Application Basic Operation Flow Chart)



Hazırlanan yazılımın tasarımı, yürüyen bandın en başındaki endüktif algılayıcının sürekli izlenmesine dayanır. Bu algılayıcıdan sıfır değeri döndükçe, bandın başında herhangi bir kutu olmadığı anlaşılıp sistem beklemede tutulur. Endüktüf1 isimli bu algılayıcıdan, sıfır (0) dışında bir değer döndüğünde, yürüyen banda bir kutu koyulduğu anlaşılır ve yürüyen bandın hareket etmesini sağlayan step motor harekete geçirilir.

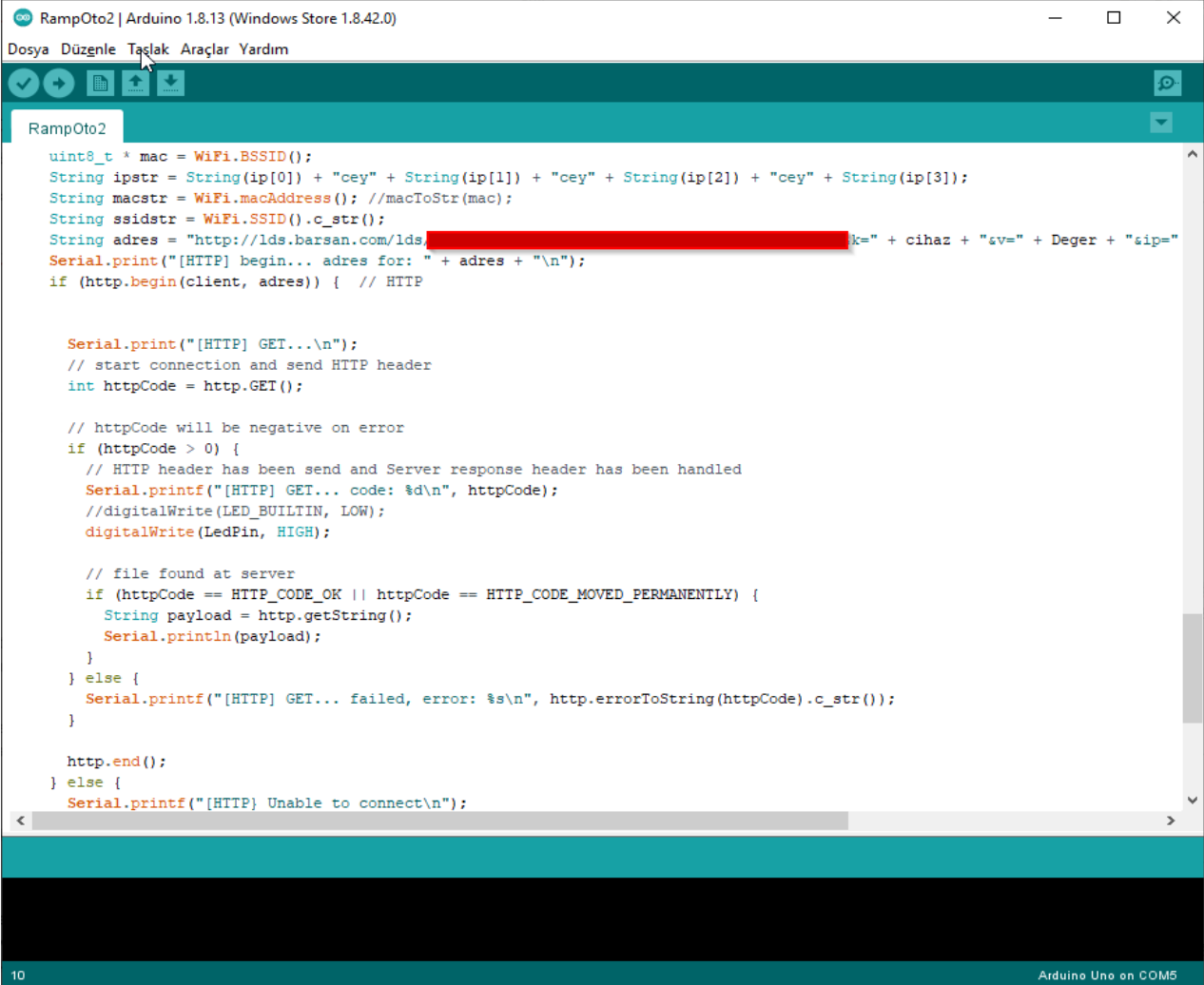
Yürüyen bant çalışır durumdayken, renk ölçüm algılayıcısının bulunduğu noktada bulunan Endüktif2 isimli algılayıcı izlenir. Bundan 0 dışında bir değer döndüğünde, kutunun renk algılayıcısının önüne geldiği anlaşılır. Step motora gönderilen akım kesilerek yürüyen bandın durması sağlanır.

Bu aşamada TCS34725 RGB algılayıcısına, okuma komutu gönderilir ve algılayıcı yanıt değeri beklenir. Bu işlem, en doğru sonucu elde etmek için 10 kez tekrarlanır. Gelen ışık değerlerinin ortalaması alınarak kutunun renk skalası tespit edilir.

Renk tespitinin sonucuna göre, robot kolu yöneten servo motorlar harekete geçirilir. Kutunun ilgili bölüme yerleştirilmesi robot kol aracılığıyla sağlanır.

Arduino ünitesindeki kodların tamamı Arduino'nun kendi geliştirme ortamında yazılmış ve geliştirmede bu kartın kendine has C tabanlı programlama dili kullanılmıştır. Sensörden alınan renk değeri, her yerleşim sonrasında bir web sayfasına gönderilerek bir veri tabanına kaydedilmiştir. Bu web sayfasının hazırlanmasında C# programlama dili kullanılmıştır.

Geliştirilen robotun çalışması için hazırlanan Arduino yazılım kodlarından renk sensörü değerlerinin kablosuz ağ üzerinden bir web sunucusuna gönderildiği örnek bir kod parçası Şekil 7'de gösterilmektedir.



```

RampOto2 | Arduino 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
Dosya Düzenle Taşak Araçlar Yardım

RampOto2

uint8_t * mac = WiFi.BSSID();
String ipstr = String(ip[0]) + "cey" + String(ip[1]) + "cey" + String(ip[2]) + "cey" + String(ip[3]);
String macstr = WiFi.macAddress(); //macToStr(mac);
String ssidstr = WiFi.SSID().c_str();
String adres = "http://lds.barsan.com/lds/";
Serial.print("[HTTP] begin... adres for: " + adres + "\n");
if (http.begin(client, adres)) { // HTTP

    Serial.print("[HTTP] GET...\n");
    // start connection and send HTTP header
    int httpCode = http.GET();

    // httpCode will be negative on error
    if (httpCode > 0) {
        // HTTP header has been send and Server response header has been handled
        Serial.printf("[HTTP] GET... code: %d\n", httpCode);
        //digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
        digitalWrite(LedPin, HIGH);

        // file found at server
        if (httpCode == HTTP_CODE_OK || httpCode == HTTP_CODE_MOVED_PERMANENTLY) {
            String payload = http.getString();
            Serial.println(payload);
        }
        else {
            Serial.printf("[HTTP] GET... failed, error: %s\n", http.errorToString(httpCode).c_str());
        }
    }
    http.end();
} else {
    Serial.printf("[HTTP] Unable to connect\n");
}

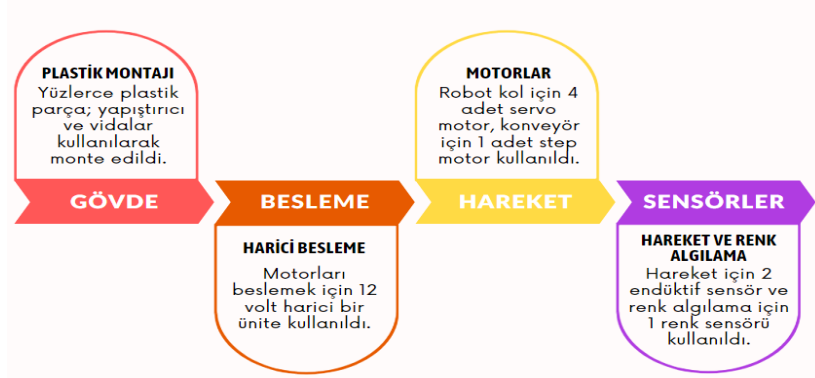
```

Şekil 7. Renk Dedektöründen Değer Çıkarmaya Yönelik Kod Parçası Örneği (Code Snippet Example for Extracting Value from Color Detector)

Renk algılayıcısından okunan değerler, yerleşim sonunda wi-fi ağıyla get metodu kullanılarak bir web sayfasına gönderilmektedir.

### 3.4. Montaj (Assembly)

Projenin ön tasarımı, çizimleri ve mekanik parçaların 3d yazıcıda hazırlanmasının ardından, birleştirme ve montaj süreçlerine geçildi. Montaj sürecinin aşamaları Şekil 8'de gösterilmiştir.

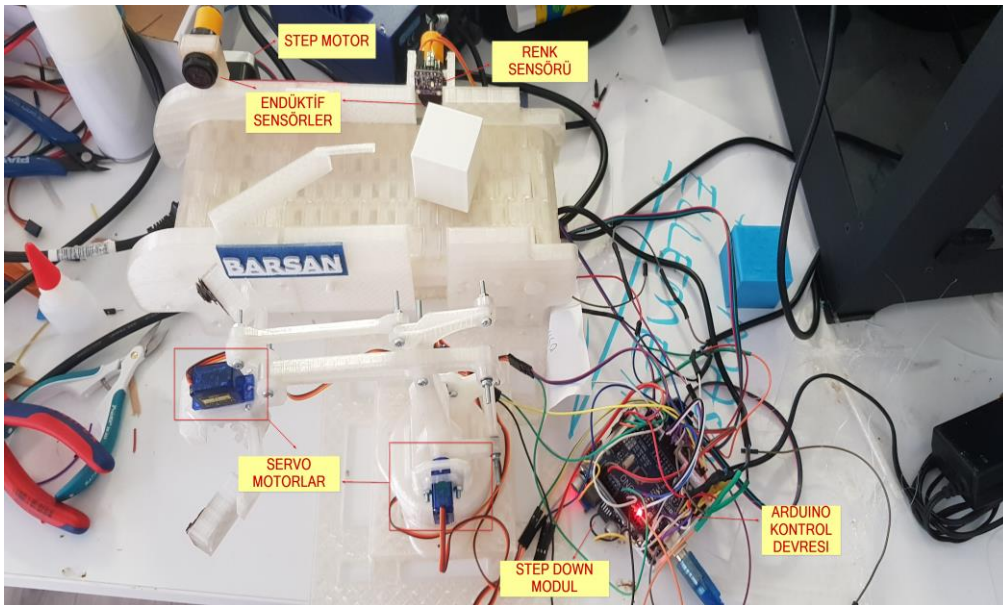


Şekil 8. Montaj Süreçlerinin Akışı (Flow of Assembly Processes)

200'den fazla parça içermesi sebebiyle önce yürüyen bandın montajına geçildi. Bandın bütün parçaları plastikten oluştuğu için, sürtünmeleri en aza indiren kadar parçaların birleştirme sürecinde revizyonlar yapıldı. Bazı parçaların yenilenerek tekrar basılması gerekti. Yürüyen bandın montajı aşamasında sürtünmeleri en aza indirmek için, kullanılan plastik türü olan ABS'ye uygun silikon yağlayıcılar da bir miktar kullanıldı.

Projenin robot kol ünitesi 3 boyutlu hareket edeceğinden kolu X, Y ve Z eksenlerinde hareket ettirecek 3 adet motorun yanı sıra kolun ucunda ağız kapatıp açmaya yarayan 1 adet motor daha eklenmiştir. Robot kol ünitesi için toplam 4 adet servo motor kullanıldı. Servo motorların kontrolörler aracılığıyla yönetilmesi nispeten basittir. Bu tür motorlarda üç soket vardır. Bu prizlerden biri; artı biri eksi diğeri sinyal soketleridir. Servo motorların sağlıklı çalışması ve titreşimin önlenmesi amacıyla mikrodenetleyici üzerinden değil, harici bir güç kaynağından beslenmesi tercih edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta motorların kontrol sinyallerine cevap verebilmek için kontrol ünitesi ile aynı negatif hattı paylaşmasıdır. Bu durumda motorun sinyal ünitesinden farklı voltajlar gönderilerek motorun hareket edeceği açı ayarlanabilmektedir.

Bandın üzerine yeni bir kutu yerleştirildiğini anlamak için hareketli bandın başlangıç yönüne endüktif algılayıcı yerleştirildi. Kutunun renk ölçüm alanında olduğunun anlaşılabilmesi için aynı algılayıcıdan bir tane daha renk algılayıcının hemen altına yerleştirildi. Robot prototipinin mekanik ve elektronik elemanlarının montaj aşamasına ait örnek bir görüntü Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Robotun Montaj Süreci (Robot Assembly Process)

Robotun montaj aşamasında kullanılan parçalar ve bunların montaj işlemleri aşağıdaki gibi gerçekleştirildi.

Endüktif algılayıcılar, algılama mesafesi ayarlanabilen, bu mesafe içinde bir cisimle karşılaştığında, sinyal kanalından belli bir akım gönderen algılayıcılardır. 3 bağlantı birimi bulunmaktadır. Artı ve eksi yanında cisim algıladığında veya algılanmadığında (PNP veya NPN tipine göre) belli bir akımda elektrik sinyali gönderdiği 3'üncü bir giriş mevcuttur.

Yürüyen bant hareket ettirmek için de bir step motor ünitesi kullanılmıştır. Kullandığımız step motor 1.6 amper akım çeken, oldukça güçlü bir motor çeşididir.

Step motorlar, DC ve servo motorlara göre kontrol edilmesi daha zor motor üniteleri olduğu için, bu motoru kontrol eden bir de harici devre projede kullanılmıştır.

Bu çevresel ünitelerin tamamına, ayrı ayrı hatlardan artı elektrik verilmiştir. Çünkü farklı voltajlarda çalışabilmektedir. Ayrıca mikro denetleyici üzerinden çevre ünitelere elektrik akımları vermek, mikro denetleyicinin güç sınırlarını zorlamakta ve devrelerin aşırı ısınıp yanmasına neden olabilmektedir. Ancak, cihazlarla haberleşmek için, bütün elektronik birimler ortak bir eksi hatta sonlandırılmalıdır.

Ayrıca projedeki elektronik devrelerin bazıları 5 volt, bazıları ise 12 volt gerilimle çalışacak biçimde üretildiği için, farklı voltaj ihtiyaçları ortaya çıkmıştır. Ayrı ayrı adaptörler kullanmak projenin pratikliğini olumsuz etkileyeceği için, tek bir 12 volt besleme ünitesi kullanılmış, 5 volt ile çalışan cihazlar ise araya bir step down (voltaj düşürücü) devre yardımıyla beslenmiştir.

#### 4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

Yapılan ilk testlerde endüktif algılayıcılarla yüzde yüz başarı sağlanmıştır. Yürüyen bant önüne koyulan kutular bütün testlerde başarılı şekilde algılanmış, motor çalıştırılmış ve kutu renk ölçüm bölümüne gelince ikinci endüktif algılayıcı kutuyu başarılı şekilde tespit etmiştir. İkinci endüktif algılayıcıdan gelen sinyal ile step motor durdurularak renk algılayıcısına renk ölçüm komutları gönderilmiştir.

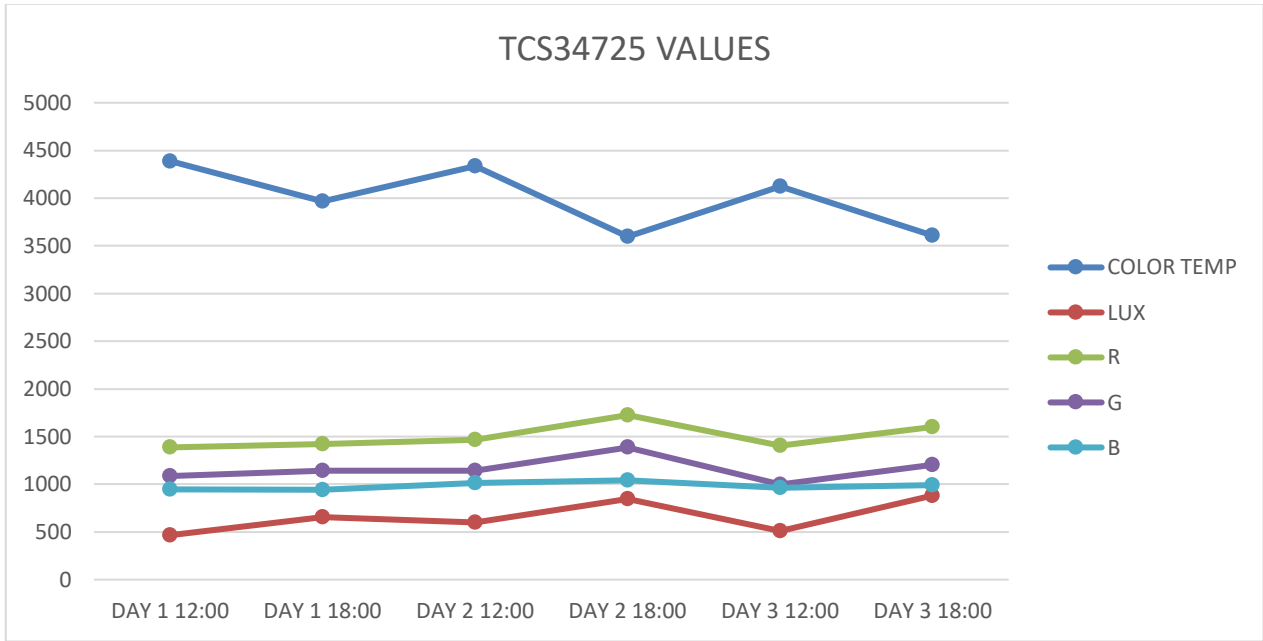
TCS34725 renk ölçüm algılayıcısı, renk okumaları için Adafruit\_TCS34725.h isimli bir kütüphane barındırmaktadır. Bu kütüphane ile kullanıldığında, algılayıcıdan altı farklı değer bir seferde alınabilmektedir. Bu değerler; renk sıcaklığı, metrekaareye düşen lümen cinsinden ışık şiddeti, kırmızı, yeşil ve mavi değerleri, ayrıca filtrelenmemiş ölçüm değeridir.

TCS34725 algılayıcısı, üç gün boyunca, günde iki kez, saat 12:00 ve 18:00'da aynı mavi kutu üzerinde ölçümler yapılarak test edilmiştir. Bu ölçümler esnasında robotun yeri sabit tutularak, çevresel koşulların olabildiğince aynı olması amaçlanmıştır. Ölçüm hep aynı mavi kutu ile denenmiştir. Kutunun her seferinde algılayıcıya tam olarak 5 mm uzaklıkta olması sağlanmıştır. Her ölçüm zamanı, algılayıcıdan 10 ölçüm sonucu istenmiş, bu 10 ölçüm sonucunun değerlerinin ortalaması alınıp tam sayıya çevrilmiştir. 3 gün boyunca yapılan ölçüm sonuçları Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2.** TCS34725 Ölçüm Sonuçları (TCS34725 Measurement Results)

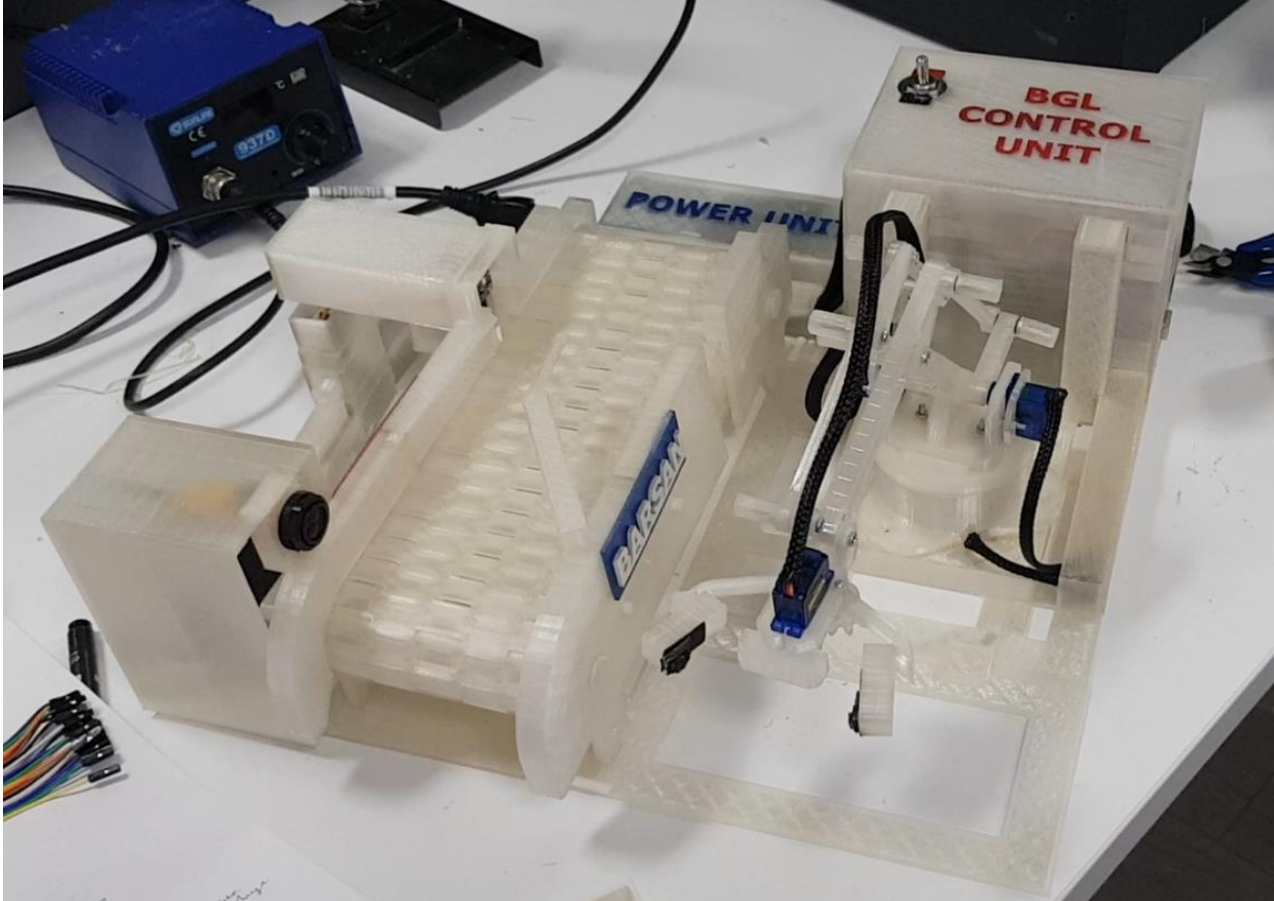
Ölçüm zamanı	Renk sıcaklığı	LUX	R	G	B
Gün 1- 12:00	4388	466	1386	1085	945
Gün 1- 18:00	3966	655	1420	1140	942
Gün 2- 12:00	4333	599	1466	1142	1014
Gün 2- 18:00	3596	844	1725	1385	1041
Gün 3- 12:00	4121	512	1402	998	965
Gün 3- 18:00	3606	881	1602	1201	989

Bu deneysel ölçümlere göre TCS34725 algılayıcısından okunan verilerin dış ortam ışık durumundan büyük ölçüde etkilendiği belirlenmiş ve buna bağlı olarak farklı zamanlarda ve farklı ışık koşullarında çok sık yeniden kalibre edilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. TCS34725 ölçüm sonuçlarının değişim grafiği Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. TCS34725 Ölçüm Sonuçları Değişim Grafiği (TCS34725 Measurement Results Change Graph)

Bu yapılan ölçümler ışığında mavi, kırmızı ve beyaz kutuların tespitinde ölçülen değer aralıklarının yüksek olabileceği hesaba katılarak, değer aralıkları da yüksek tutuldu. Günün belli zamanlarında tekrar tekrar ölçümler yapılarak, kutuların hangi ışık koşullarında, hangi değerleri döndürebileceği gözlemlenerek, kutunun rengine karar verilen kod parçacıklarında bu değerler kullanıldı. Geliştirilen robot prototipi Şekil 11'de gösterilmektedir.



Şekil 11. Robot Prototipi (Robot Prototype)

Geliştirme ve test süreçleri tamamlanan robot devreye alınarak 10 gün boyunca robot kutuları ile beslendi. Farklı renkteki 197 kutunun robot yerleştirme sonuçları Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3. Renkli Kutuların Yerleştirme Sonuçları (Placement Results of Colored Boxes)**

Yerleşim bölgesi	Kırmızı kutu	Mavi kutu	Beyaz kutu
Kırmızı bölge	62	0	0
Mavi bölge	0	50	0
Beyaz bölge	1	1	83

Elde edilen sonuçlara göre 197 kutunun tamamı endüktif algılayıcılar tarafından başarılı bir şekilde algılandı, sistem çalıştırıldı. 195 kutunun renkleri doğru olarak algılanarak farklı noktalara yönlendirildi. Düzeneğe koyulan 63 kırmızı kutudan 62 tanesi kırmızı bölgeye yerleştirilmiş, 1 kutu ise doğru tespit edilemeyerek beyaz bölgeye yerleştirilmiştir. 51 mavi kutudan 50 tanesi mavi bölgeye, 1 tanesi ise beyaz bölgeye yerleştirilmiştir. 83 beyaz kutunun tamamı ise beyaz bölgeye yerleştirilmiştir. Özetle elde edilen deney sonuçlarına göre 197 kutunun yaklaşık %99'u robot tarafından istenilen bölgeye başarılı bir şekilde yerleştirilmiştir.

Literatürde benzer özelliklere sahip bir çalışma Hız (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan cihaz türlerinin benzer ve farklı yönlerine ilişkin özet bilgiler Tablo 3'te sunulmaktadır.

**Tablo 3. Benzer İki Çalışmanın Ortak ve Farklı Yanları (Common and Different Sides of Two Similar Studies)**

	Hız (2019)'a ait çalışma		Depolar için kutu renk seçim robotu	
<b>Ana kontrol tipi</b>	PLC	PLC endüstriyel koşullarda daha sağlam	Arduino	Arduino daha ucuz ve daha kolay programlanabilir
<b>Robot kol ana materyali</b>	Metal	Metal malzemeler daha sağlam	Plastik	Plastik düzenek tasarımı daha kolay değiştirilebilir
<b>Robot kol tutucu tipi</b>	Vakum tutucu	Vakum tutucular daha hassas	Servo elektrikli tutucu	Servo tutucular daha ağır materyal taşıyabilir
<b>Renk algılayıcı tipi</b>	KS-C2	KS-C2 endüstriyel kullanımı daha yaygın	TCS34725	Fiyat avantajı

Her iki çalışma bu bir takım benzerlikler gösterse de aralarında çok temel farklılıklar da mevcuttur. Özellikle robot kolun tutucu bölümünde hava kompresörlü ve vakumlu tutucular kullanmak depo operasyonlarında karşılaşılabilecek ağır malzemelerde yetersiz kalabilecektir. Bunu telafi etmek için ekonomik olmayan pahalı çözümler gerektirebilecektir. Oysa bu çalışmada kullanılan servo elektrikli tutucu, depolarda karşısına çıkabilecek farklı boyut ve ağırlıktaki malzemelerde daha esnek çalışma imkânı sağlayacaktır. Bunun yanında PLC cihazlar genelde oldukça pahalı cihazlardır ve programlanması üst düzey uzmanlık gerektirir. Arduinio denetleyiciler ise oldukça ucuz, yaygın ve programlaması nispeten kolay devrelerdir. Çalışma saha koşulları dikkate alınarak geliştirilen bu çalışmada kullanılan malzemeler daha ulaşılabilir ve daha ekonomik bir çözüm sunmaktadır.

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Lojistik süreçlerinin büyük bir kısmını ise depolama operasyonları oluşturmaktadır. Operasyon süreçlerinin yürütülmesinde iş kazaları önemli bir konu olarak kabul edilmektedir. İş kazaları; depo operasyonlarda insan müdahalesinin fazla olması, zamanlama hataları, dikkat dağınıklıkları gibi birçok basit sayılabilecek sebeplere anlık sürelerde gerçekleşmektedir. Özellikle forklift ve benzeri çalışan endüstriyel araçlarla yapılan depo operasyonları sırasında bu tür kazaların yaşanma ihtimali artabilmekte, kazanın olumsuz etkisi ise hayati derecede yüksek olabilmektedir. Bu nedenle depo operasyonları sırasında bu tür kazaların ve bu kazalardan kaynaklanan maddi/manevi kayıpların önlenmesi ve en aza indirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer husus insan yorumuna dayalı olarak yürütülen depolama faaliyetlerinde kişide oluşan yorgunluk ve dikkat dağınıklıkları gibi nedenler ürün depo konumlarının yanlış saptanmasına, bunun bir sonucu olarak operasyonel hatalara, zaman kaybına, maliyet artışı ve verimsizlik gibi birçok olumsuz problemle sebep olabilmektedir. Her iki problemin kök nedeni, depo operasyonlarında insan emek ve iş gücünün yoğun kullanılması, yorgunluk, dalgınlık gibi insanın doğasından kaynaklı nedenlerin ağırlıklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu problemlerin çözümünde robotlar dahil günümüz teknoloji, araç ve gereçlerinden daha fazla yararlanmanın bir çözüm olabileceği öngörülmüştür.

Bu çalışmada bir lojistik depoya gelen bir kolinin yerinin ve taşınmasının belirlenmesinde kullanılabilecek veya

üzerinde bulunan etiket rengine göre sevk edilebilecek bir robot numunesi üretilmesi amaçlanmaktadır. Robotun mekanik koşu bandının tasarımında Sketchup aracı kullanıldı. Gerçek saha koşullarını taklit eden Arduino tabanlı ortamda geliştirilen örnek robotun motor, algılayıcı ve elektronik aksamlar dışında tüm parçaları plastik malzemeler kullanılarak üç boyutlu yazıcıda yaklaşık 400 saatte üretilmiştir.

Saha koşullarına mümkün olduğunca yakın tasarlanan bu prototip robot, yaklaşık yüzde doksan dokuz başarı oranıyla çalıştırıldı. Gerçek saha koşullarında uygulandığında yoğun iş süreçlerinde plastik parçalar yerine metal parçaların kullanılması uzun süreli dayanıklılık açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir. Endüktif algılayıcıların ölçüm sonuçları oldukça tatmin edici olduğu için gerçek iş ortamlarında aynı algılayıcılar kullanılabilir. Gerçek depo uygulamalarında koliler içerdikleri malzemeler bakımından oldukça ağır malzeme içerebilir. Saha uygulamalarında bu mekanizmaların plastik yerine dayanıklı metallerden üretimi düşünülebilir. Bu tür bir malzeme değişikliği yapılması durumunda gerçek üretim aşamasında kullanılacak step motorları da daha güçlü olmalıdır. Aynı durum servo motorlar için de geçerlidir. Prototipte kullanılan bütün motorların çalışma biçimleri aynı kalmak kaydıyla, saha şartlarında ayırt edilecek malzemenin yapısına göre motor gücü hesaplanarak daha yüksek olanlar tercih edilmelidir.

Renk ölçümü ile ilgili algılayıcılarda farklı alternatiflere yönelerek ürünün başarı oranı artırılabilir. Ölçümlerde daha tutarlı sonuçlar alınan renk algılayıcıları, günün her vakti ve farklı ışık koşullarında daha dar aralıklarda sonuçlar verebilir. Bu durum yazılım tabanlı tespit işlemlerini kolaylaştırabilir. Bu çalışmanın devamı olarak, farklı ışık koşullarında daha başarılı sonuçların ortaya çıkmasını desteklemek amacıyla makine öğrenmesi tabanlı yeni bir algoritma ile robotun yazılımını desteklemek olabilir.

Renk ölçüm algılayıcısında algılama hassasiyeti yüksek farklı alternatifler kullanılarak ürünün algılama ve ayırt etmedeki başarı oranı daha da artırılabilir. Ölçüm değerlerinde daha tutarlı sonuçlar alınabilen renk algılayıcıları, günün her vakti ve farklı ışık koşullarında daha dar aralıklarda veriler üretebilir. Bu durum yazılım yoluyla gerçekleştirilen ürün tespit işlemlerini kolaylaştırabilir.

Gelecek çalışmalarda başarı oranı üzerinde yapılabilecek iyileştirme yöntemlerinden bir diğeri de, farklı ışık koşullarında hangi değerlerin ortaya çıktığını tespit edebilen, makine öğrenmesi tabanlı yeni bir algoritma kullanılarak robotun mevcut yazılımının desteklenmesidir. Araştırmacılar çalışmayı daha ileriye taşıyabilecek benzer alanlarda yeni çalışmalar yürütebilirler.

Sonuç olarak kutuların yerleştirileceği konumların doğru belirlenmesinde ve sevkiyatında yardımcı olabilecek örnek bir robot prototipi geliştirilmiştir. Robotun tüm mekanik parçaları orijinal olarak tasarlanmıştır. Kutu üzerindeki etiketin rengine göre pozisyon belirleyen robot prototipinin üretilmesi ve lojistik alanında uygulanabilirliğinin test edilmiştir. Başarı testlerinde 197 kutudan 195'inin (yaklaşık % 99'unun) robot tarafından istenilen alana başarıyla yerleştirildiği görüldü.

Bu çalışmada kullanılan teknikler, cihazların ve uygulamaların yetenekleri ve fiziksel depolama ortamı koşulları ile sınırlıdır. Bu çözüm, insan-makine etkileşiminin yoğun olduğu depolarda iş kazalarının veya hayati etkilerinin azaltılmasına katkı sunacaktır. Ağır işçilik gerektiren tehlikeli işlerin daha fazla robot tipi makinelerle yapılacak olması insan sağlığını ve yaşam kalitesini artıracak gibi işyeri verimliliğine ve sürdürülebilirliğine de olumlu katkı sağlayacaktır.

### **Teşekkür (Acknowledgement)**

Bu çalışmanın yürütülmesinde sağladıkları çalışma ortamı ve destek için Barsan Global Lojistik şirket yönetimine ve uzman ekiplerine teşekkür ederiz. Ayrıca çalışmamızı sunma fırsatını bize sağlayan derginin editör ve yönetimine, değerli görüşleriyle katkıda bulunan hakemlere de teşekkür ederiz.

We would like to thank Barsan Global Logistics company management and expert teams for the working environment and support they provided in the execution of this study. We would also like to thank the editor and management of the journal who gave us the opportunity to present our study, and the referees who contributed with their valuable opinions.

### **Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.



**Kaynaklar (References)**

- Agudo, J., Pardo, P., Sánchez, H., Pérez, Á., & Suero, M. (2014). M.I. A Low-Cost Real Color Picker Based on Arduino. *Sensors*, 11943-11956.
- Aung, M. m., & Oo, S. A. (2018). Design and Implementation of Trainable Robotic Arm. *International Journal of Science Engineering and Technology Research* 7(2), 230-234.
- Badamasi, Y. A. (2014). The working principle of an Arduino. 2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO) (p. 1). Abuja, Nigeria: IEEE.
- Beyaz, A. (2017). Comparison of arduino based inexpensive colormeters effectiveness at some agricultural, products. *Fresenius Environ. Bull*, 6457-6469.
- Cippitelli, E., Fioranelli, F., Gambi, E., & Spinsante, S. (2017). Radar and RGB-Depth Sensors for Fall Detection: A Review. *IEEE Sensors Journal* (Volume: 17, Issue: 12, June15, 15 2017), 3585-3604.
- daGHIZmo. (2015, Eylül 22). EEZYbotARM. Retrieved from Makerbot Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/thing:1015238>
- Elfasakhany, A., Yanez, E., Baylon, K., & Salgado, R. (2011). Design and Development of a Competitive Low-Cost Robot. *Modern Mechanical Engineering*, 47-55.
- Gökcan, S. E. & Kahraman, N. (2019). Robotic Surface Material Recognition System Using Sensor Network . *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* , 7 (1) , 81-89 . DOI: 10.21923/jesd.452153
- Groover, M. (2014). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley Publishing.
- Güntürkün, R., Hız, O., & Şahin, H. (2020). Design and Application of Plc Controlled Robotic Arm Choosing Objects According to Their Color. *Electronic Letters on Science & Engineering* 16(2), 52-62
- Gürfidan, R. (2015). Kinect teknolojisi kullanılarak robot kol kontrolü. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hız, O. (2019). *Cisimleri Renklerine Göre Seçen PLC Kontrollü Robot Kol Tasarımı ve Uygulaması*. Eskişehir: Dumlupınar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Karacı, A., & Erdemir, M. (2017). Arduino ve Wifi Temelli Çok Sensörlü Robot Tasarımı ve Denetimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Sayı 4, 435-442.
- Miller, D. P., & Nourbakhsh, I. (2016). Robotics for education. In *Springer handbook of robotics* (pp. 2115-2134). Springer, Cham.
- Myint, W. M., & Theingi. (2015). Kinematic Control of Pick and Place Robot Arm. *International Journal of Engineering and Techniques* 1(4), 63-70.
- Özturan, S., & Tanrıtanır, E. (2004). Otomasyon ve Otomasyon Sistemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 31.
- Rifkin, J. (1995). *The End of Work: Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-market Era* . Putnam Publishing Group.
- Sihombing, P., Tommy, F., Sembiring, S., & Silitonga, N. (2019). The Citrus Fruit Sorting Device Automatically Based On Color Method By Using Tcs320 Color Sensor And Arduino Uno Microcontroller. *The 3rd International Conference on Computing and Applied Informatics* (pp. 1-6). Sumatera Utara, Indonesia: IOP Publishing.
- Sosyal, A., (1994). *Otomasyon ve Endüstri Mühendisliği, Sanayide Bilgisayar Kullanımı ve Otomasyon* (pp. 59- 61). İrfan Yayımcılık, İstanbul.
- Şahinaslan, E. (2020). Endüstri 4.0 Dönüşümünde Öne Çıkan Teknolojiler. *Fen Bilimleri ve Matematik Alanında Akademik Çalışmalar*, Gece Kitaplığı, Ankara, 61-78.
- Şahinaslan, E. , Günerkan, M. & Şahinaslan, Ö. (2023). Makine Öğrenmesinde Kategorik Veri Kodlama Tekniğinin Kullanımına Alternatif Bir Çözüm Yöntemi . *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications* , 6 (1) , 1-11 . DOI: 10.38016/jista.1140499
- Şahinaslan, Ö., Karataş, C. ve Şahinaslan, E. (2023). "Lojistik Depolarda Sipariş Toplama ve Konumlandırmaya Yönelik Yenilikçi Bir Yaklaşım", *Verimlilik Dergisi*, 57(3), 491-512. DOI: 10.51551/verimlilik.1188635
- Yalman, S., & Haşiloğlu, A. (2015). Hastanelerde Eş-Zamanlı İlaç Dağıtımı. *Tıp Teknolojisi Ulusal Kongresi* (pp. 432-435). Muğla: Biyomedikal ve Klinik Mühendisliği Derneği.