

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

NESNELERİ RENKLERİNE GÖRE AYIRAN MAKİNE PROJESİ

CANBERK CENGİZ
YÜKSEK LİSANS PROJESİ
İŞLETME II. ÖĞRETİM TEZSİZ YÜKSEK LİSANSI

GEBZE

2022

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

NESNELERİ RENKLERİNE GÖRE AYIRAN
MAKİNE PROJESİ

CANBERK CENGİZ
YÜKSEK LİSANS PROJESİ
İŞLETME II. ÖĞRETİM TEZSİZ YÜKSEK LİSANSI

PROF. DR. BÜLENT SEZEN

GEBZE

2022

GTÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından/...../..... tarihinde tez savunma sınavı yapılan'ın tez çalışmasıAnabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Ürünleri renklerine göre ayırmak insan gücü ile yapıldığında zaman alıcı ve hataya açık durumdadır. Makineler ile bu işlemlerin yapılması hem hızı arttırmakta hem de verimlilik sağlamaktadır. Bu proje kapsamında renk ayıran makinelerin çalışma yöntemleri, çeşitleri, sektörde kullanım alanları ve literatürde yer alan çalışmalar hakkında incelemeler yapılmıştır. Daha sonra ise projenin hayata geçirilmesi için gerekli olan sensörler hakkında araştırma yapılarak TCS 3200 sensörüne karar verilerek projede kullanılmıştır. Ürünleri renklerine göre ayırmak amacıyla TCS 3200 sensörü ve çeşitli elektronik ekipmanlar kullanılarak bir sistem oluşturulmuştur. Sistemi oluşturan yapısal parçaların tasarımı yapılmış ve 3D boyutlu yazıcı aracılığıyla basılmıştır. Tüm süreçler sonucunda ürünleri renklerine göre ayıran bir model ortaya çıkarılmıştır. Bu model gelişime açık ve iyileştirilebilir şekilde literatüre katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Renk Ayıran Makine, TCS3200, Arduino

SUMMARY

Separating products by color is time-consuming and error-prone when done with human power. Performing these operations with machines both increases speed and provides efficiency. Within the scope of this project, studies on the working methods, types, usage areas of the color separating machines and the studies in the literature were made. Afterwards, the sensors required for the implementation of the project were researched and the TCS 3200 sensor was decided and used in the project. A system has been created by using the TCS 3200 sensor and various electronic equipment in order to separate the products according to their colors. The structural parts that make up the system were designed and printed using a 3D printer. As a result of all processes, a model was created that separates products according to their colors. This model will contribute to the literature in a way that is open to development and can be improved.

Keywords: Color Sorting Machine, TCS 3200, Arduino

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum çalışmalar kapsamında bana yol gösteren, destek olan hocam Prof. Dr. Bülent Sezen'e danışmanlığı için çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. RENK AYIRICI SİSTEMLER	1
3. LİTERATÜR TARAMASI	2
4. RENK AYIRICI CİHAZLARIN SEKTÖRLERDE KULLANIM ALANLARI	2
5. PROJENİN KAPSAMI	3
6. VARSAYIMLAR	3
7. KULLANILACAK EKİPMAN VE MALZEMELER:	3
8. TCS 3200	4
9. PROJE AŞAMALARI	7
9.1.Devre Tasarımı	7
9.2.3D Modelleme ve Baskı Aşaması:	7
9.3Elektronik Devre ve Renk Analizi	8
9.4Montaj ve Kalibrasyon Aşaması	9

10.	Sonuç	10
11.	Öneriler	11
12.	Kaynakça	11

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ŞEKİLLER DİZİNİ

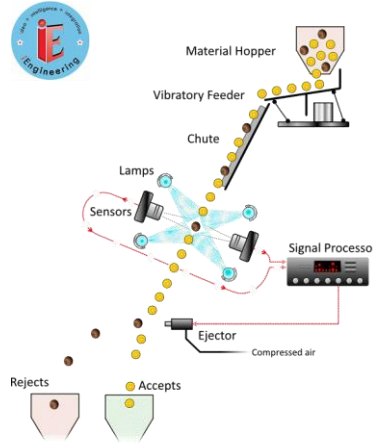
TABLÖLAR DİZİNİ

1. Giriş

Nesnelerin renklerine göre ayrıştırılması zaman alan ve zahmetli bir süreçtir. İnsan gücü kullanılarak yapılması durumunda hem makinelere göre daha yavaş ve yüksek hata oranına sahip olması ve ayrıca insan gücünün daha niteliklerde işlerde kullanılması açısından makinelerin kullanılması daha avantajlıdır. İşletme Tezsiz Yüksek Lisans bitirme projesi olarak hazırlanacak bu proje kapsamında ürünleri renklerine göre ayıran çalışan bir makine modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Yapılan araştırmalar ile sektörde aktif olarak yer verilen makinelerin çalışma mantığının araştırılmış; TCS 3200 renk sensörü ve Arduino kullanılarak bu proje kapsamında model oluşturulmuştur.

2. Renk Ayırıcı Sistemler

Renk ayırma makinelerinin çalışma mantığına baktığımızda üretim hattından makineye sürekli olarak yükleme yapılmaktadır. Makine yüklenen ürünleri sıraya sokarak inceleme işlemini kolaylaştırmaktadır. Makine içerisinde ilerleyen ürünler sensörlerin bulunduğu alandan geçer. Sensörlerden elde edilen veri, sinyali işleyen işlemci üzerinden elde edilen analiz ile üretim hattında ilerleyen ürünü basınçlı hava üfleyen ejektör ile ayırmaktadır. Aşağıda yer alan görselde bu süreç görülmektedir.



Şekil 1: Kanal Tipi Ayırıcıların Çalışma Mantığı Görseli

Renk Ayırıcılar, kayış tipi ve kanal tipi olarak iki gruba ayrılabilir. Kayış tipi ayırıcılarda ürünler kayışlar üzerinde yatay olarak hareket ederler ve bant üzerinde statik olarak bulunmaktadır. Bu tür ayırıcılar ürünlerin hassas ve kırılabilir olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Kanal tipi ayırıcılar ise kanallar içerisinde yer çekimi

etkisiyle ilerlemektedir. Bu yüzden ürünlerin zarar görebilme ve kırılma ihtimalleri fazladır. Kanal tipi ayırıcılar, kayış tipi ayırıcılara göre daha düşük satın alma maliyeti ve yüksek işleme kapasitelerine sahiptir. Yer çekimi aracılığıyla ilerleyen ürünler her iki tarafından da incelenme şansı elde edilmektedir. Bu yüzden kanal tipi ayırıcılar gıda sektöründe daha fazla tercih edilmektedir.

3. Literatür Taraması

Literatürde yapılan çalışmalara bakılırsa Shravani (2019), TCS3200 modülünü kullanarak kanal tipi renk ayırıştırma makinelerinin çalışma prensibini açıklayan bir makale ortaya çıkarmıştır. Kunhimohammed, vd. (2015) ise TCS3200 renk sensörü ve PIC Mikro kontrolcü kullanarak kayış tipi renk ayırıcı çalışma prensibini açıklayan ve uygulayan bir proje ortaya çıkarmıştır. Jeon vd. (2020) ise renk sensörü kullanmak yerine PET geri dönüşüm süreci için kayış tipi sistem kullanmış ve görüntü işleme ve makine öğrenmesi kullanarak renk ayrımı yapmıştır. Mohanto vd. (2020) , renk ayırma işlemi için TCS230 renk sensörü kullanmış ancak renkleri birbirinden ayırmak için robot kol kullanmayı tercih etmiştir. Görüldüğü üzere literatürde yer alan araştırmaların birçoğu yakın döneme ait ve güncel çalışmalardır. Günümüzde ilgi çeken ve gelişme potansiyeli mevcut bir alan olarak görülmüştür. Bu yüzden, literatürde yer alan bu araştırmalardan hareketle yapılacak olan projede, mevcut projelerin eksiklikleri giderilmeye çalışılacak ve iyileştirmelerin yapılarak literatüre yeni katkıların yapılması hedeflenmiştir.

4. Renk Ayırıcı Cihazların Sektörlerde Kullanım Alanları

Renk ayırıcı makinalar çeşitli sektörlerde aktif olarak kullanılmaktadır. En çok tercih edilen ise tahılların ayrıştırılmasıdır. Makineler sayesinde Pirinç içerisinde yer alan taşlar ve siyah pirinç taneleri ayrıştırılmaktadır. Benzer bir mantıkla buğday, mısır, kuruyemiş ve bakliyatlar için de kullanılmaktadır. Ayrıca tahıl ürünleri içinde yer alan metal ve plastik parçaları da ayrıştırılmaktadır. Gıda ürünlerinde ise olgunlaşmamış ve çürümüş ürünlerin ayrıştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Kullanıldığı diğer bir alan ise elmas endüstrisidir. Pırlantaların şeffaflığı üzerinde saflık derecelerine göre ayırım yapılması sağlanmaktadır. Geri dönüşüm endüstrisinde ise renkli ve renksiz plastiklerin ayrıştırılmasında kullanılmaktadır.



Şekil 2: Kanal tipi renk ayırıştırma makinesi görseli



Şekil 3: Kayış tipi renk ayırıştırma makinesi görseli

Sektörde renk ayırıcı makineleri üreten birçok yerli ve yabancı firma mevcuttur. Üretilen makinalar hassasiyet, çözünürlük, ejektör sayısı, makine kapasitesi, kanal sayısı, fotoğraf çekimi, görüntü işleme ve şekil analizi gibi değişen özellikler ile çeşitlenmektedir. Ülkemizde Anzai, AKY Teknoloji, Sorturk, Tomra ve Yaşar Grup gibi markalar renk ayırıcı makinaların üretimini gerçekleştirmektedir. Ülkemizde bu konuda üretim yapan birçok firma mevcut olduğu görülmektedir. Dünya genelinde ise Bühler Group ve TAIHO gibi üreticiler mevcuttur.

5. Projenin Kapsamı

Proje kapsamında üretim hattından gelen ürünleri renklerine göre sensör yardımıyla ayıran bir model oluşturulması hedeflenmiştir.

6. Varsayımlar

Proje, endüstriyel çapta olmayacağı için bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Projede ürünlerin sisteme sürekli olarak üretim bandından yükleme yapılmadığı ve el ile yükleme yapıldığı varsayılmaktadır. Oluşturulan sistem gıda maddelerinin ayrımı için tasarlanmış ve ürünlerin temasının bulunduğu tüm 3D parçalar gıda temasına uyumlu olması için şeker kamışı temelli olan ve gıda ambalaj endüstrisinde sıklıkla kullanılan PLA maddesi kullanılmıştır.

7. Kullanılacak Ekipman ve Malzemeler:

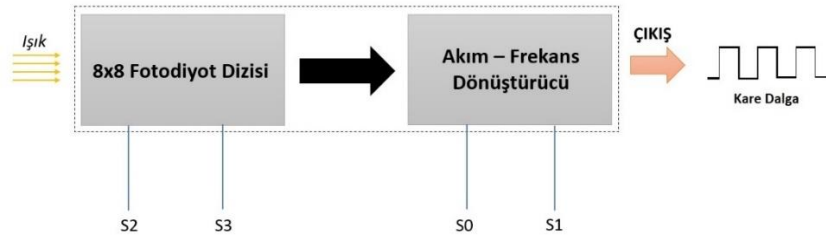
Proje kapsamında aşağıdaki malzemelerin kullanılması öngörülmektedir. Süreç içerisinde yapılabilecek geliştirmeler için parça listesine eklemeler yapılabilir.

Gövde Baskı Araç ve Malzemeleri		
Creality Ender 3 Pro 3D Yazıcı		
eSUN Pla+ Filament 1.75 mm	(Tahmini olarak 0,5 kg)	
Elektronik Aksam Malzemeleri		
Arduino Uno	1 Adet	
TCS3200 Renk Sensörü Kartı	1 Adet	
MG995 12 kg Servo Motor - 360°	1 Adet	
Tower Pro SG90 Servo Motor - 180°	1 Adet	
10K Potansiyometre - WH148	2 Adet	
Sarf Malzemeleri ve Bilgisayar Programları		
Birleştirme için gerekli olan vida, somun, breadboard, kablo ve diğer malzemeler		
Tinkercad Programı	3D Modelleme için kullanılacaktır	
Cura Slicer Programı	3D Modellerin Dilimlenmesi için kullanılacaktır.	

Tablo 1: Kullanılan Malzeme Listesi

8. TCS 3200 Renk Sensörü

Proje kapsamında TCS 3200 renk sensörü piyasada kullanılan verimli ve uygun fiyatlı Sensörlerden biri olduğu için bu projede tercih edilmiştir. Sensörün çalışma mantığına bakılacak olursa; maddeler üstüne gelen ışığı yansıtmaktadır. Bu yansıyan ışınların dalga boyu maddenin rengine göre değişmektedir. Fotodiyot, ışığı akıma dönüştüren yarı iletken cihazlardır. Fotodiyotlar sayesinde bu farklı dalga boyutlarında gelen ışıkları ayırt ederek nesnelerin renklerini algılamaktadır.



Şekil 4: TCS 3200 Sensörü Işık - Dalga Boyu Veri Dönüşüm Şeması



Şekil 5: TCS 3200 üzerinde yer alan fotodiyotlar

TCS3200 sensörü, fotodiyotlar ve bir akım-frekans dönüştürücüsü yardımıyla veri sağlamaktadır. Sensör, üzerine gelen ışığın şiddetiyle orantılı bir frekansta kare dalga üretmekte ve kare dalga sayesinde verileri kullanılacaktır. Arduino kodunda yer alan pulseIn() fonksiyonu sayesinde gelen dalgaların HIGH ve LOW süreleri elde edilecektir. Yukarıda yer alan görselde bu farklı özelliklere sahip fotodiyotlar açıkça görülebilmektedir. Sensör üzerinde bulunan 8x8 şeklide dizilen fotodiyotlar aşağıdaki tabloda bulunan özelliklere sahiptirler:

Fotodiyot	Özellik
Kırmızı filtreli 16 Fotodiyot	Kırmızı dalga boyuna duyarlı
Yeşil filtreli 16 Fotodiyot	Yeşil dalga boyuna duyarlı
Mavi filtreli 16 Fotodiyot	Mavi dalga boyuna duyarlı
Filtresiz 16 Fotodiyot	

Tablo 2: TCS 3200 Sensörü Işık - Dalga Boyu Veri Dönüşüm Şeması

Bu renkler RGB olarak belirtilen Red – Green – Blue (Kırmızı – Yeşil - Mavi) ana renkleri algılamaktadır. Renk paletinde yer alan diğer tüm renkler bu renklerin karışımı

ile oluşmaktadır. Sensör üzerinde yer alan pinler aşağıdaki görseldeki gibidir ve özellikleri tabloda yer almaktadır.

<p style="text-align: center;">TCS3200</p>	<table> <tr> <th>Pin Adı</th><th>Açıklama</th></tr> <tr> <td>GND</td><td>Arduino GND (Topraklama) bağlantısı</td></tr> <tr> <td>OE</td><td>Modülü Açıp kapatma çıkışı Low Durumunda Açıktır.</td></tr> <tr> <td>OUT</td><td>Çıkış frekansı</td></tr> <tr> <td>S0, S1</td><td>Çıkış frekansı ölçeklendirme seçim girişleri</td></tr> <tr> <td>S2, S3</td><td>Foto diyot ölçümleme için renk seçim bacakları</td></tr> <tr> <td>VDD (5)</td><td>Modül beslemesi (5V)</td></tr> </table>	Pin Adı	Açıklama	GND	Arduino GND (Topraklama) bağlantısı	OE	Modülü Açıp kapatma çıkışı Low Durumunda Açıktır.	OUT	Çıkış frekansı	S0, S1	Çıkış frekansı ölçeklendirme seçim girişleri	S2, S3	Foto diyot ölçümleme için renk seçim bacakları	VDD (5)	Modül beslemesi (5V)
Pin Adı	Açıklama														
GND	Arduino GND (Topraklama) bağlantısı														
OE	Modülü Açıp kapatma çıkışı Low Durumunda Açıktır.														
OUT	Çıkış frekansı														
S0, S1	Çıkış frekansı ölçeklendirme seçim girişleri														
S2, S3	Foto diyot ölçümleme için renk seçim bacakları														
VDD (5)	Modül beslemesi (5V)														

Şekil 6: TCS 3200 üzerinde yer alan pinler ve açıklamaları

S2 ve S3 pinleri üzerinden fotodiyotlar kontrol edilmektedir. Örnek olarak; mavi rengi belirlemek için S2’i lojik-0 ve s3’ü lojik-1 pozisyonunda iken işlem yapılması gerekmektedir. Bu durumda sensörün önünde bulunan nesne içerisindeki mavi renk verisini elde edilememektedir. Benzer bir şekilde tablo 3’ te yer alan bilgilere göre RGB(Kırmızı-Yeşil-Mavi) değerleri elde edilebilir.

S2	S3	FOTODİYOT TİPİ
LOW	LOW	Kırmızı
LOW	HIGH	Mavi
HIGH	LOW	Filtresiz
HIGH	HIGH	Yeşil

Tablo 3: TCS 3200 S2 ve S3 Pinleri verilen değerler ve karşılıkları

S0	S1	ÇIKIŞ FREKANS ÖLÇEĞİ
LOW	LOW	Kapalı
LOW	HIGH	2%
HIGH	LOW	20%
HIGH	HIGH	100%

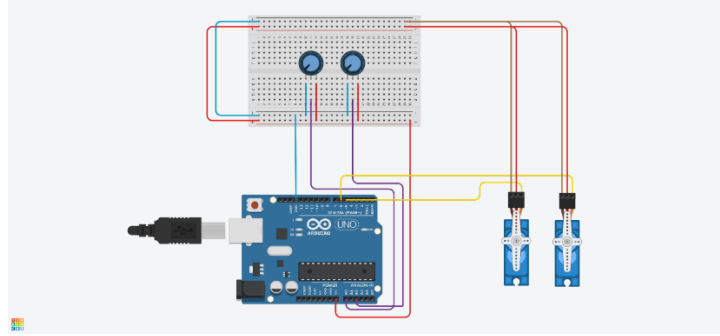
Tablo 4: TCS 3200 çıkış frekansı ölçeği tablosu

Sensörün üzerinde yer alan S0 ve S1 pinleri ise çıkış frekansını ölçeklendirmek için kullanılmaktadır. Projede ölçek, S0 “HIGH” ve S1” LOW” olacak şekilde %20 düzeyinde kullanılmıştır.

9. Proje Aşamaları

9.1. Devre Tasarımı

TCS 3200 sensörünün kullanılmasına karar verilmesinden sonra dijital ortamda devre modellenmiştir. Proje kapsamında kullanılması öngörülen elektronik devre tasarımı aşağıdaki gibidir:

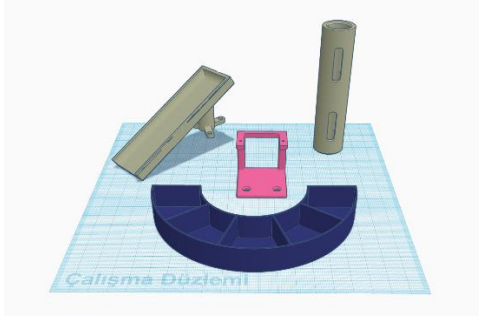


Şekil 7: Tinkercad Circuit programı ile oluşturulan devre şeması

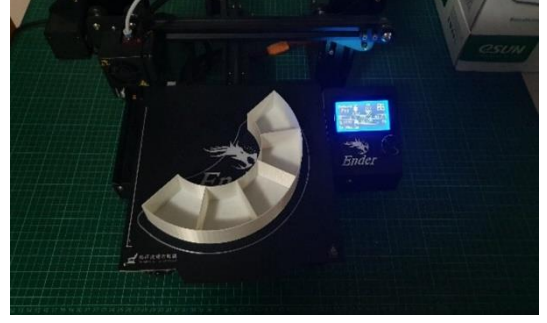
Tinkercad Circuit programı kapsamında TCS 3200 renk sensörü içerisinde yer almadığı için devre şemasına dahil edilememiştir. Servo motorların biri ile ürünün bant üstünde ilerlemesi sağlanacak, diğeri ise Arduino'dan gelen veri ile yönlendirici parçanın uygun renk alanına yönelmesini sağlayacaktır. Ürünler servo motorun yardımı ile TCS 3200 renk sensörünün altından geçerek renginin algılanması sağlanacaktır. Potansiyometreler servo motorların konumlarının ayarlanması ve kalibrasyonu için kullanılmaktadır.

9.2. 3D Modelleme ve Baskı Aşaması:

Projenin tasarımı kâğıt üzerinde hazırlanmış ve buradan elde edilen modeller 3D çizim programı (Tinkercad) aracılığıyla modellenmiştir. Projede kullanılan parçalardan örnek görseller şekil 8'de yer almaktadır.



Şekil 8: Tinkercad Programı üzerinde modellenen parçaların gösterimi

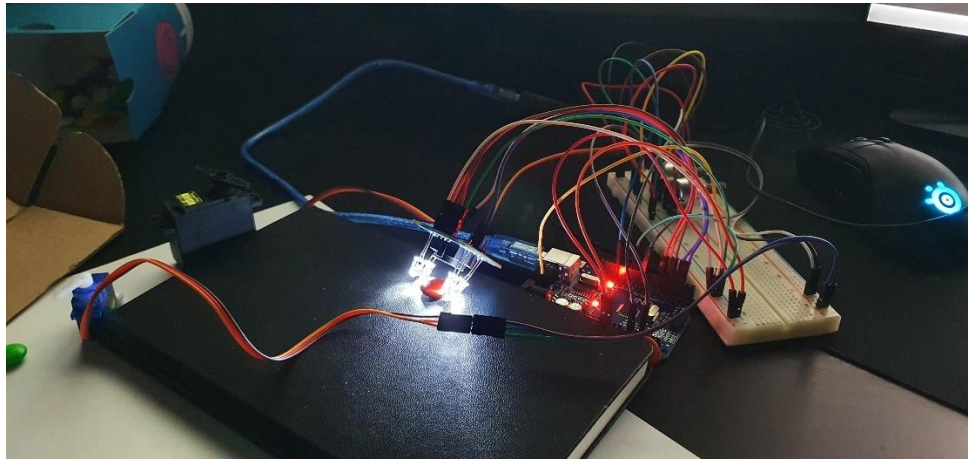


Şekil 9: 3D yazıcının baskı sırasındaki görüntüsü

Elde edilen modeller Cura programı ile dilimleme işlemi yapılarak baskı işlemine hazır hale getirilmiştir. Baskılar Creality Ender 3 – Pro modeli 3 Boyutlu yazıcı ile %80 doluluk oranı ve 0.2 mm nozzle ile toplamda 28 saat 14 dakika sürmüştür. Tüm gövde parçaları PLA maddesi ile basılmasının ardından elde edilen parçalar üzerinde vidalar için dış açma işlemi ve destek parçalarının sökümü tamamlanmıştır.

9.3 Elektronik Devre ve Renk Analizi

Baskı sürecine eş zamanlı olarak elektronik devrenin testleri ve sistemin çalışması için gerekli olan Arduino kodları oluşturulmuştur. Kodlar hazırlanırken TCS 3200 sensörü ile maddelerin RGB renk analizleri yapılmış ve bu kapsamda bir renk profilleri çıkarılmıştır. Aşağıda yer alan görsel bu renk analizi işlemini göstermektedir.



Şekil 10: Montaj öncesi renk profilleri oluşturulma işlemi

Sistemde iki adet servo motor bulunmaktadır. MG995 kodlu motor besleyici motor olarak yer almaktadır. Ortada yer alan diskin dönmesini sağlayarak ürünün besleme hattından sensöre, sonrasında ise ayırıcıya ulaşmasını sağlamaktadır. İkinci motor ise SG90 kodlu karar verici motordur. Bu servo motor ise üzerinde yer alan kaydırak sayesinde ürünün depolama haznesinde renk için belirlenen alana yönlendirilmesini sağlamaktadır.

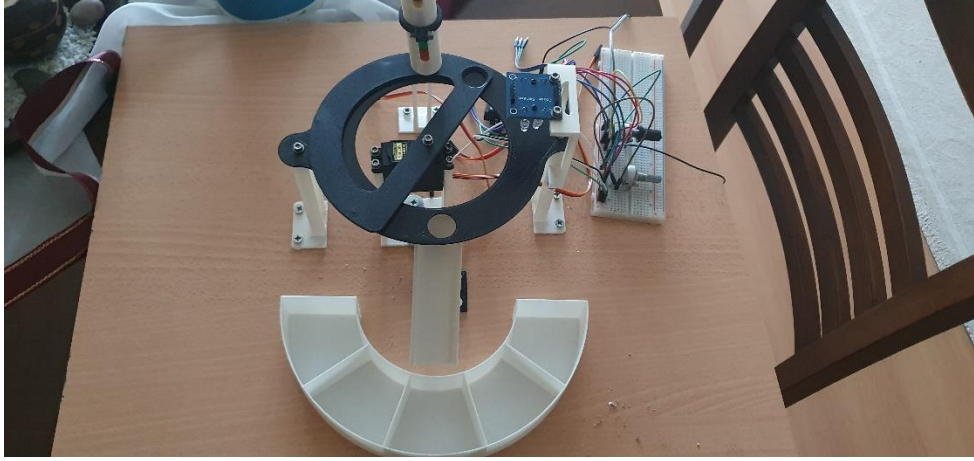
9.4 Montaj ve Kalibrasyon Aşaması

Elektronik devre sistemde yaşanabilecek mekanik ya da elektriksel sorunlara karşın, 3D baskı parçalar ile birleştirilmeden test edilmiş ve basılan 3D malzemelere zarar vermeden müdahale edilmesi amaçlanmıştır. Sistemde ürün ayırımı yapılabilmesi için küçük renkli şekerler tercih edilmiştir. Oluşturulan sistemin boyutu baskı süresini minimize etmek ve aynı zamanda işlevselliği maksimum seviyede tutmak için optimize edilmiştir. Bu doğrultuda ürünlerde renk ayırımı yapmak için küçük renkli şekerler ile sistemin testleri yapılmıştır. Sistemin boyutlarının büyütülmesi ile daha büyük ürünlerin ayırımının sağlanabilmesi mümkün durumdadır. Aşağıdaki görselde kategorize edilmek üzere kullanılan şekerler görülmektedir.



Şekil 11: Renk ayırımı için kullanacak Kırmızı, Turuncu, Yeşil, Sarı ve Mor şekerler

3D Baskı parçaların ve elektronik devrenin tamamlanmasının ardından sistem birleştirilmiş ve montaj işlemleri tamamlanmıştır.

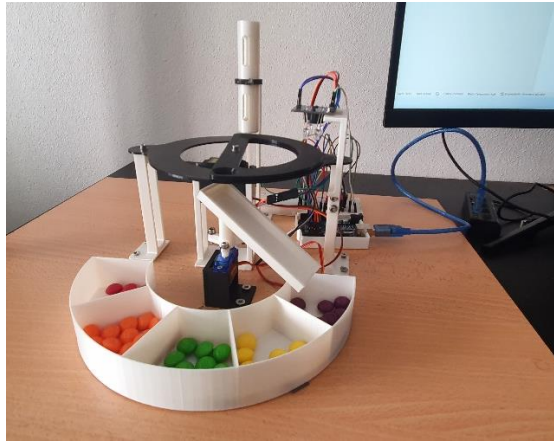


Şekil 12: Montaj sonrası sistemin son hali

İlerleyen aşamada Arduino kartının bilgisayar ile bağlantısı yapılarak hazırlanan kod üzerinde sensör ve motorları kalibrasyonu sağlanmıştır. TCS 3200 sensörü ortamdaki dış ışık şartlarından etkilenebilmekte ve sonuçlarda sapmalara sebep olabilmektedir. Bu yüzden sensör ile 100’den fazla örnek üzerinde çalışarak en optimize değerler elde edilmiştir.

10. Sonuç

Sonuç olarak, görsel 8’de görüldüğü üzere ürünleri renklerine göre ayırabilen bir otomatik sistem elde edilmiştir. Besleyici servo motor yardımı ile ilerleyen ürünler TCS 3200 sensörü altında geçmekte ve elde edilen veri neticesinde kriterlere uyan hazneye karar verici servo motor üzerinde yer alan yönlendirici yardımıyla düşmesi sağlanmaktadır. İnsan faktörünün sistemden çıkarılması ile daha hızlı ve hata oranı düşürülmesinde büyük önem arz etmektedir. Bu sayede insan gücünün daha niteliklerde işlerde kullanılmasının önü açılmaktadır.



Şekil 13: Renk ayırma sisteminin operasyonel hali

Bir ürünün sisteme yüklenmesi, sensörün algılama süresi ve karar sonrası ürünün gerekli alana aktarılması yaklaşık 6 saniye sürmektedir. Endüstriyel ölçekli işletmelerde kullanılan makineler ile bu süreler mümkün olduğunca düşürülebilmesi mümkündür. Ancak, 3D yazıcı ile basılan parçalar ve piyasada ulaşılabilir elektronik aksamlar ile hazırlanan bu sistemin sınırlarını zorlamak, sistemin zarar görmesine sebep olacağı için motorların hızları sınırlandırılmıştır.

11. Öneriler

Bu konu hakkında ileride yapılacak çalışmalarda sistemin sağlamlığı ve hızı üzerinde çalışmaların yapılması literatüre katkı sağlayacaktır. Endüstriyel olmayan bir 3D yazıcı kullanıldığı, malzeme olarak PLA kullanılması ve sınırlı tasarım bilgisi oluşturulan bu model, gelişmiş malzemeler ve profesyonel bilgi birikimi ile geliştirilmeye oldukça açıktır.

12. Kaynakça

- Jeon, Y., Um, S., Yoo, J., Seo, M., Jeong, E., Seol, W., Kang, D., Song, H., Kim, K. S., & Kim, S. (2020). Development of real-time automatic sorting system for color PET recycling process. International Conference on Control, Automation and Systems, 2020-October, 995–998. <https://doi.org/10.23919/ICCAS50221.2020.9268282>
- Kunhimohammed, C. K., Muhammed Saifudeen, K. K., Sahna, S., Gokul, M. S., & Usman Abdulla, S. (2015). Automatic Color Sorting Machine Using TCS230 Color Sensor And PIC Microcontroller. International Journal of Research and Innovations in Science & Technology, 2(2), 33–38. <https://doaj.org/article/206a0c06216649eda81a291f324578f3>
- Mohanto, T., Talukde, A., & Tasneem, Z. (2020, December 19). Development of a 3DOF Color Sorting based Robotic Arm using MATLAB GUI. ICCIT 2020 - 23rd International Conference on Computer and Information Technology, Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ICCIT51783.2020.9392750>
- Mouser Electronics. (2009, July). TCS3200, TCS3210 Programmable Color Light-to Frequency Converter Datasheet. TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER. Retrieved June 12, 2022, from <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/tcs3200-e11.pdf>
- Shravani, C., Indira, G., & Appalaraju, V. (2019). Arduino based color sorting machine using TCS3200 color sensor. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(6 Special Issue 4), 1259–1261. <https://doi.org/10.35940/ijitee.F1258.0486S419>