

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÖRME ENGELLİLERİN RENKLERİ ALGILAMASI İÇİN
RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI**

**Hazırlayan
Eşref ERDOĞAN**

**Danışman
Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU**

Yüksek Lisans Tezi

**Eylül 2018
KAYSERİ**

**TC.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÖRME ENGELLİLERİN RENKLERİ ALGILAMASI İÇİN
RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Eşref ERDOĞAN**

**Danışman
Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU**

**Eylül 2018
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

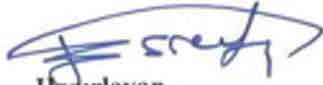
Bu tez çalışmasındaki bütün bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun yazıldığını beyan ederim. Aynı zamanda bu kuralların gerektirdiği gibi, bu tez çalışmasının özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları doğru ve eksiksiz olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Eşref ERDOĞAN

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Görme Engellilerin Renkleri Algılaması İçin Renk-Ses Dönüştürücü Tasarımı”
adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma
Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Hazırlayan

Eşref ERDOĞAN



Danışman

Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU



Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Necmi TAŞPINAR

Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU danışmanlığında Eşref ERDOĞAN tarafından hazırlanan “Görme Engellilerin Renkleri Algılaması İçin Renk-Ses Dönüştürücü Tasarımı” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

28/09/2018

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU.

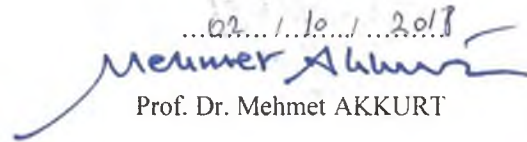
Üye : Prof. Dr. Celal YILDIZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bekir Sami TEZEKİCİ



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 28/09/2018 tarih ve 2018/46-25 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

28/09/2018

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Deneyisel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Sayın Öğr. Gör. Şekip Esat HAYBER'e ve Sayın Öğr. Gör. Timuçin Emre TABARU'ya teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eşref ERDOĞAN

Eylül 2018, KAYSERİ

GÖRME ENGELLİLERİN RENKLERİ ALGILAMASI İÇİN RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

Eşref ERDOĞAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2018
Danışman: Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

ÖZET

Görme engellilerin hayatını kolaylaştırmak adına birçok bilim adamı, teknolojik icatlar ortaya koymaktadırlar. Görme engellilerin hayatını daha yaşanabilir kılmak için etrafındaki nesnelerin renkleri hakkında bilgi sahibi olmaları, onların karanlık dünyalarını renklendirecektir. Bu düşünceden yola çıkılarak bu tez çalışmasında renklerin ses karşılıklarını görme engelli insanlara aktararak, onların nesnelerin renkleri hakkında bilgi sahibi olmalarını amaçlandı.

Bu tez çalışmasında ilk aşamada renklerin belirli frekans ses tonu karşılıklarını 14 renge kadar açık, koyu ve daha koyu gibi renklerde kullanıcıya sesli olarak aktarılması sağlandı. Renkleri algılayıp ses tonlarını üretmek için Arduino Mega 2560 kartı ve buna bağlı ses tonlarını çalan zil devresi kullanıldı. Tez çalışmasının sonraki aşamalarında çalışmayı ilerletmek adına Arduino'ya SD kart modülü bağlayarak 100 farklı renge kadar renk kelimelerinin telaffuzlarını hoparlör veya kulaklık yardımı ile söyleyen bir prototip geliştirildi. Çalışmada gerçekleştirilen prototip, düşük maliyetli olup, taşınabilir ve herhangi bir bilgisayara ihtiyaç duymaması gibi avantajlara sahiptir. Çalışmadaki prototip cihaz sadece görme engelliler için değil, düşük ışıktaki yapılan çalışmalarda sesle uyarı verilmesi gereken sistemlerde de kullanılabilir niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Renk algılayıcı, renk ses dönüştürücü, Arduino mikrodenetleyici, RGB.

COLOR TO SOUND CONVERTER DESIGN TO PERCEIVE THE COLORS FOR VISUALLY IMPAIRED PEOPLE

Eşref ERDOĞAN

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department
of Electrical and Electronics Engineering M.Sc. Thesis September 2018**

Supervisor: Prof. Dr. Ömer Galip SARAÇOĞLU

ABSTRACT

In order to make life easier for visually impaired people, many scientists are presenting technological inventions. In order to make life of visually impaired people more livable, they must have information about the colors of the objects around them, and they will color their dark worlds. For this purpose, in this thesis study, the voice responses of colors were heard to visually impaired people. They were intended to have information about the colors of the objects.

In this thesis study, the users were informed of the frequency sound tone corrections of 14 colors in the first step. These basic colors are now available for loud, dark, and darker tones to be transferred to the user. The Arduino Mega 2560 card was used to detect colors and produce tones. a ringing tone was used to play the tones. In the later stages of the thesis work, the SD card module was connected to Arduino to advance the work. A prototype has been developed that tells the pronunciations of color words to 100 different colors with the help of a loudspeaker or headset. The prototype in work is cheap, portable and has the advantages of not needing a computer. The prototype device in operation can be used not only for the visually impaired but also for the systems that need to be audibly warned when working in low light.

Keywords: Color sensors, color to sound converter, Arduino microcontroller, RGB

İÇİNDEKİLER

GÖRME ENGELLİLERİN RENKLERİ ALGILAMASI İÇİN RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Temel kavramlar	2
1.2. Literatür Çalışması	4

2. BÖLÜM

RENK ÖLÇÜM CİHAZLARI VE RENK UZAYLARI

2.1. Renk Ölçüm Cihazları	7
2.1.1. Lambert-Beer kanunu	9
2.2. Yansıma Tabanlı Algılama Teorisi.....	10
2.3. Renk Uzayları.....	12
2.3.1. RGB Renk Uzayı	13
2.3.2. HSL ve HSV Renk Uzayları.....	14
2.3.3. RGB- HSL' Dönüşümü.....	15
2.3.4. RGB- HSV' Dönüşümü	16

3.BÖLÜM

ARDUİNO MEGA 2560 VE RENKLERİN ALGILAMASI İÇİN RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

3.1.	Arduino	18
3.1.1.	Arduino Yazılımı.....	18
3.1.2.	Arduino Donanımı	20
3.1.3.	Arduino Mega 2560.....	20
3.1.4.	SD Kart Modülü.....	21
3.2.	Renk Ölçüm Cihazı Tasarımı	22
3.2.1.	Akış Şeması.....	23
3.2.2.	RGB LED	24
3.2.3.	Fototransistör Devresi	26
3.2.4.	Ses Devresi	27
3.2.5.	RGB İçerikleri ve Voltaj Değerleri.....	28
3.3.	Renklerin Telaffuzlarının Söylenmesi	31
3.3.1.	Fotodirenç Devresi	33
3.3.2.	Akış Şeması.....	33
3.3.3.	Kalibrasyonun Yapılması.....	35
3.3.4.	Renk Okuma.....	37

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	47
KAYNAKÇA	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

KISALTMALAR LİSTESİ

CCD	Yük bağlaşımlı görüntü elemanı
CIE	Uluslararası ilişkiler komisyonu
CLK	Saat
CS	Kanal seç
DC	Doğru akım
GND	Toprak
HSL	Renk tonu, saturasyon, açıklık
HSV	Renk tonu, saturasyon , değer
IDE	Entegre geliştirme ortamı
I/O	Giriş/Çıkış
LDR	Işığa duyarlı direnç
MOSI	Ana çıkış bağımlı giriş
MISO	Ana giriş bağımlı çıkış
RGB	Kırmızı-Yeşil-Mavi
SD	Depolama diski
UV	Ultraviyole
Vis	Görünür

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Sensörlerin sınıflandırılması.	2
Tablo 2.1. Bazı RGB renklerinin HSL karşılıkları.	16
Tablo 2.2. Bazı RGB renklerinin HSV karşılıkları.	17
Tablo 3.1. Arduino mega 2560 teknik özellikleri.	21
Tablo 3.2. SD Kart Modülü Arduino pin karşılıkları.	22
Tablo 3.3. Sistem değişkenlerinin sayısal değerleri.	28
Tablo 3.4. LDR direnç değerleri ve RGB değerleri.	38
Tablo 3.5. LDR direnç değerleri ve Sensör voltaj değerleri.	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Görsel süreç, ışık kaynağı, nesne ve bir alıcı (göz).	7
Şekil 2.2 Spektrofotometrelerin temel yapısı.....	8
Şekil 2.3. Lambert-Beer yasasının şematik gösterimi.....	10
Şekil 2.4. Aynasal ve dağınık yansıma.	11
Şekil 2.5. Nesnelerin renkleri yansıtması.....	12
Şekil 2.6. İnsan gözünün hassaslığı	13
Şekil 2.7. Kırmızı rengin RGB, HSL ve HSV karşılıkları.	14
Şekil 3.1 Arduino varsayılan ara yüz	19
Şekil 3.2. Arduino Mega 2560	21
Şekil 3.3. SD kart modülü.....	22
Şekil 3.4. Renk algılama teknikleri.	23
Şekil 3.5 Akış şeması	24
Şekil 3.6. Ortak Anotlu RGB LED ve Arduino Bağlantısı.	25
Şekil 3.7. RGB LEDi kırmızı yakmak için Arduino kodu.....	26
Şekil 3.8. Fototransistör devresi.....	27
Şekil 3.9. Arduino’da ton üretme kodları.....	27
Şekil 3.10. Kırmızı renge karşılık gelen 850 Hz’lik bir kare ses sinyali	29
Şekil 3.11. Zil devresi devredeyken 850 Hz’lik sinyalideki kısmi bozulma	30
Şekil 3.12. Zil devredeyken 2480 Hz’lik ses sinyalinin Auditiondaki dalga şekli	30
Şekil 3.13. Zil devredeyken 2480 Hz’lik ses sinyalinin Auditiondaki dalga şekli	31
Şekil 3.14. Renk sensörü.....	32
Şekil 3.15. Renk-Ses dönüştürücü cihaz.	32
Şekil 3.16. LDR devresi ve Arduino bağlantısı [44].....	33
Şekil 3.17. Akış Şeması.	34
Şekil 3.18. Ortam Parlaklığı.....	35
Şekil 3.19. Ortalama alma Arduino kodları.	35
Şekil 3.20. Nesne parlaklığı analiz Arduino kodları.	36
Şekil 3.21. Okuma, başlatma ve durdurma Arduino kodları.....	36
Şekil 3.22. Kırmızı LED yakma ve okuma Arduino kodları.	37
Şekil 3.23. Processing programında gerçek zamanlı görüntü	39

Şekil 3.24. Renk paletinin algılanması.....	40
Şekil 3.25 Şeftali turuncusu rengi okuması.....	41
Şekil 3.26. Gerçek renk ile ölçülen renkler.....	42
Şekil 3.27. Toplam 2744 renk seslendirme komutlarından bir bölüm.....	46



GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve günlük hayatta kullanılması ile karşılaştığımız sorunların üstesinden daha kolay gelebilmekteyiz. Engelli insanların toplum hayatında daha iyi yaşam sürmeleri için bilim adamları ve ürün geliştiriciler çalışmalar yapmaya devam etmektedir. Günlük yaşamlarında etrafındaki cisimleri göremeyen bireyler için hayat, birçok teknolojik gelişme ile birlikte daha yaşanabilir duruma gelmektedir. Bu teknolojik gelişmelere kabartılmış yazılar, ses bilgisine çevrilmiş e-kitaplar, ses ile kontrol edilen cihazlar, ekrandaki bilgiyi sese çeviren bilgisayarlar örnek verilebilir.

Görme yetisi olmayan veya çok azalmış insanların çevrelerindeki cisimlerle ilgili fikir sahibi olmaları cisimlerin tatları, şekilleri ve çıkardıkları sesler ile olabilmektedir. Fakat, konu cisimlerin rengi olduğunda, karşılaştıkları cisimler hakkında herhangi bir bilgiye sahip olamamaktadırlar. Örneğin sabah kalktığında üzerine kahverengi ayakkabısına uygun renkte bir gömlek seçebilmesi hakkında fikir sahibi olmaları tek başlarına mümkün değildir. Yanında gören birinin olması ve renkleri hafızasında ezberlemesi için bir alışma süreci geçirmesi gerekiyor. Bu sorunu ortadan kaldırmak için , renklerin de sesinin kullanıcıya iletilmesinden gerekmektedir [1].

Bu tez çalışmasında renklerin sesinin engellilere işittirilmesini sağlayan bir prototip tasarlandı. Tasarlanan cihazla birlikte renkler bir sensör aracılığıyla algılanıp o renge ait sesler belirli notalarla veya Türkçe telaffuzlarıyla kullanıcıya işittirilmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Temel kavramlar

Teknolojik gelişmelerin hızla arttığı günümüzde yaşantımızın hemen her yerinde elektronik cihazlarda bulunan sensörleri kullanmaktayız. Sensörlerle herhangi bir makine veya elektronik devre kontrol edilebilmesi için gerekli bilgi sağlanabilmektedir. Sensörler bu işlemi sıcaklık, ışık, basınç, ses gibi fiziksel büyüklüklerdeki değişimleri algılayarak yapmaktadırlar. Sensörler, ortamda bulunan fiziksel bir değişikliği elektrik işaretlerine çevirerek elektronik sistemlere aktarmada kullanılırlar [2].

Sensörleri genel olarak Tablo 1.1’deki gibi sınıflandırmak mümkündür [3]

Tablo 1.1. Sensörlerin sınıflandırılması.

Uyarıcı	Büyüklük
Akustik	Dalga (Genlik, Faz, Polarizasyon), Spekturum, Dalga Hızı
Elektrik	Akım, Gerilim, Elektrik alanı (Genlik, Faz, Polarizasyon, Spekturum), İletkenlik, Dielektrik sabiti
Manyetik	Manyetik alan (Genlik, Faz, Polarizasyon, Spekturum) Manyetik akı, Geçirgenlik
Optik	Dalga (Genlik, Faz, Polarizasyon), Spekturum, Dalga Hızı, Kırılma indisi, Kırınım, Soğurma,
Termal	Sıcaklık, Akı, Özgül ısı, Isıl geçirgenlik
Mekaniksel	Pozisyon (Doğrusal, Açısal) İvme, Kuvvet, Basınç, Yük, Kütle, Yoğunluk, Moment, Tork

Optik sensörler diğer sensörlere göre bazı avantajları olduğundan dolayı daha çok tercih edilmektedir. Bu avantajlar aşağıda verilmektedir [4].

- Daha fazla duyarlılık.
- Uzun algılama mesafesi, hızlı tepki süresi.
- Elektriksel pasiflik.
- Elektromanyetik girişime daha az maruz kalma.
- Yüksek çözünürlük.
- Kolay kurulum.
- Renk tanımlama.
- Temassız algılama.

Bu tez çalışmasında optik sensörlerin renk algılama özelliği kullanıldı. Renk algılama iki yöntemle olabilmektedir. Birinci yöntem aydınlatılmış bir cisimden yansıyan ışığın fotodetörlerle algılanması. İkinci yöntem ise CCD kameralar yardımıyla cismin renginin algılanmasıdır. Bu tez çalışmasında birinci yöntemden faydalanılmıştır.

Yansıma esaslı renk tespiti için bir beyaz ışık kaynağından (örneğin halojen lamba) gelen ışığın girişim filtreleri tarafından üç temel renge bölünmesine dayanan analitik bir yaklaşım kullanılır [5]. Bir ikinci yöntem ise cismin yüzeyinin farklı aydınlatmalardaki renk özelliğinin belirlenmesi için, RGB LED'in aydınlatma kaynağı olarak kullanılmasıdır [1].

İnsan gözünün algıladığı dalga boyları 380 nm ile 780 nm arasındadır. Bu nedenle elektromanyetik spektrumun bu bölgesine görünür ışık denir. Işık bir yüzeye çarptığında, bir kısmı soğrulur ve geri kalanı yansır. Gözümüze ulaşan ve nesneyi görmemizi sağlayan yansıyan ışıktır. Beyaz ışık farklı renklerin bir karışımıdır. Güneşten gelen beyaz ışık, kırmızı bir cisme çarptığında, cisim kırmızı hariç tüm renkleri emer. Sadece kırmızı ışık geri yansır ve bu yüzden cismi kırmızı görürüz. Cisimden yansıyan ışık cismin rengi olarak algılanmaktadır.

1.2. Literatür Çalışması

Ses ve renk ilişkisi, tarihte eskiden beri bilim adamlarının üzerinde çalıştığı bir konu olmuştur. 1666 yılında André Félibien, yeni bir renk sisteminin temeli olarak sarı, kırmızı ve mavi renk sistemini kuran ilk kişi oldu. Aynı zamanlarda Newton ilk prizmatik deneylerini yapıyordu ve 1672’de ton aralıklarını spektrumun renk bantlarıyla ilişkilendirdi. Newton’da kozmolojik düşüncenin eserleri görülmektedir. Newton renkler, notalar ve gezegenler arasındaki ilişkilerini araştırmıştır. O renk ve müzikal aralıklar arasındaki ilişkinin fiziksel bir temele dayandığını söyler [6].

Renk; sanat, eğitim, haberleşme, mimari, film, televizyon, matbaacılık, boya endüstrisi, fotoğrafçılık, otomotiv, tekstil vb. çok farklı ve geniş bir alanda yaygın kullanıma sahiptir [7]

1973’te, ışık yayan diyotların (LED’ler) piyasaya sürülmesinden kısa süre sonra Flaschka vd. fototransistörle algılama yapabilen bir spektrofotometre önermişlerdir. Flaschka’nın çalışmasında tipik bir fotometrede, bir ışık kaynağından gelen ışık enerjisi, bir monokromasyon cihazından geçirilir ve daha sonra, ışığın bir bölümünün emildiği numune solüsyonundan geçirilir. Kalan ışık örnek hücreden çıkıp bir fotodetektöre çarpar. Daha sonra, foto-detektörden gelen sinyal yükseltilir ve bir ölçüm cihazında gösterilir [8].

Renk algılamanın literatür örnekleri incelendiğinde, olası iki yöntemin olduğu görülmektedir: Biri, optik elemanlar (Fotodirenç, Fotodiyot, Fototransistör) içeren elektronik devreler diğeri ise kamera girişli görüntü işleme teknikleridir. Devre elemanları ile yapılan algılama da ikiye ayrılmaktadır. Biri geniş bant beyaz ışık kaynak ve RGB renklerini ayrı ayrı geçiren tekil renk filtrelerinin arkasına monte edilmiş üç fotodedektör kullanırken; diğeri ise RGB ayırık renklerini üreten dar spektral genişlikli üç kaynak ve bir fotodedektör kullanır.

Abboud vd. duyuşal değişim cihazları geliştirerek görsel bilgilerin işitsel bilgilere dönüşmesini sağlamışlardır [9]. Bu çalışmalarında renk ve şekilsel bilgileri işitsel bilgilere dönüştürmüşlerdir. Bu görsel bilgileri hoş bir şekilde kulağa iletmek için doğal aletler tarafından üretilen pentatonik ölçekte müzik notaları kullanmışlardır. Görme

engelli kişiyi eğitmek ve edindiği yetenekleri test etmek için kısa bir davranış protokolünü şekil ve renk bilgilerini aktarmak için kullanmışlardır.

Nesnelerin renginin algılanması tarıma dayalı sanayi sektöründe de kullanılmaktadır. Sofu vd. Elmaların Görüntü İşleme Yöntemi ile Sınıflandırılması adlı çalışmasında kamera kullanarak elmaların renklerini algılamışlar [10].

Cavaco vd. gerçek zamanlı olarak renk ve ışık bilgilerini ses haline dönüştüren basit ve sağlam bir dijital araç sunmaktadır. SonarX olarak adlandırdıkları bu aracın temel amacı, görme engelli insanlara ışığı ve çevreyi oluşturan renkleri hakkında sinüzoidal ses tonlarıyla bilgi vermektir [11]. Araç hem hareketsiz görüntüleri hem de canlı videoları işleyebilir yetenektedir. Bir hareketsiz görüntü yüklendiğinde, araç kullanıcıya görüntüyü ses haline dönüştürür ve kullanıcı durmaya karar verene kadar sürekli oynatır. Alternatif olarak, geliştirdikleri araç bir kameradan görüntü alabilir ve video karelerini ses haline dönüştürebilir. Bu sesler anlamsız, yüksek veya alçak tonlu seslerdir.

Kamerasız sadece optik elemanlarla yapılan renk algılama uygulamalarına da literatürde rastlamaktayız. A. Polzer vd. beyaz dengeleme, renk ölçümü ve TFT monitör arka plan ışığı kontrolü gibi uygulamalarda kullanılabilmek için beyaz ışığı üreten üç tane belli açı ile konumlandırılmış RGB LED ile cismi aydınlatmışlardır. Ayrıca renk seçiciliği eklemek için en az üç fotodiyot dizisi (tristimulus) bir renk filtresi mozaigiyle kaplanmıştır [12].

Sensör dizileri çok çeşitli optik cihazlarda kullanılır. Bir sensör dizisi, tipik olarak görünür ışığa ve daha az, bir dereceye kadar kızılötesi ışığa duyarlı bir piksel dizisi içerir. Bu nedenle, bir sensör dizisi, her bir pikselin, bu piksel üzerindeki ışık olayını gösteren bir sinyal üretmesiyle, görünür ışığın tüm renklerini temsil eden bir monokromatik sinyal üretecektir. Sınırlar dahilindeki herhangi bir renk, kırmızı, yeşil ve mavi gibi üç ilave ana renkten oluşan doğrusal bir kombinasyonla temsil edilebilir. Bir sensör dizisinin rengi algılamasını sağlamak için, kırmızı, yeşil ve mavi filtre elemanlarına sahip bir renk filtre dizisi, sensör dizisi üzerine yerleştirilir, böylece renk filtresi dizisinin her filtre elemanı, sensör dizisinin bir pikseliyle hizalanır [13].

Saraçoğlu ve Altural yansıma esaslı renk sensörü geliştirmişler. Bu sensörde RGB LED ile kırmızı, yeşil ve mavi renklerle aydınlatılan cisimlerden yansıyan ışıkları bir fotodiyot aracılığı ile elektrik sinyallerine dönüştürerek cismin rengini algılamayı hedeflemişlerdir [14].

Bu tez çalışmasında Abboud vd. yaptığı gibi kamera kullanılmamıştır. Kamera yerine Optik devre elemanları (fototransistör, fotodirenç) kullanılmıştır. Onlar kamerayla cisimlerin renklerini ve şekillerini çektikten sonra ayrıca bir bilgisayara ihtiyaç duyup görüntülerin işlenmesini sağlamışlardır. Bu çalışmasında ise bilgisayar yerine Arduino Mega kartı kullanılarak bilgisayara olan ihtiyaç ortadan kaldırılmış ve portatif bir yapıya geçilmiştir. Ayrıca Cavaco vd. kameradan aldıkları renk bilgilerini anlamsız seslere dönüştürmesi bu tez çalışmasında daha da geliştirilerek renklerin isimlerinin telaffuzları kullanıcıya işittirilmiştir.

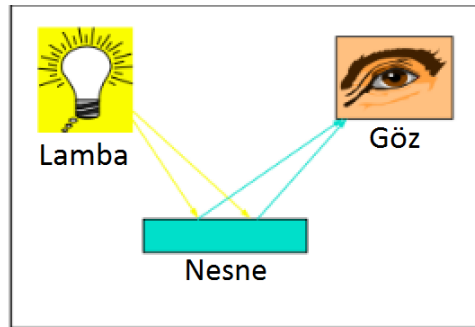
2.BÖLÜM

RENK ÖLÇÜM CİHAZLARI VE RENK UZAYLARI

2.1. Renk Ölçüm Cihazları

Modern renk bilimi, yedinci yüzyılda ortaya çıkmıştır. O zamandan önce, beyaz ışığın saf biçimi ile ışığı temsil ettiği ve bu renklerin beyaz ışıktan oluştuğu düşünülmüştür. O dönemlerde renklerin üçgen cam prizmalar yoluyla beyaz ışık geçirerek üretilebileceği çok iyi biliniyordu [15]. Rengin üç temel bileşeni vardır: ışık kaynakları, bu ışık kaynakları tarafından aydınlatılan nesneler ve gözlemciler. Renk, bu nedenle yalnızca fizik ve kimya gibi materyal bilimlerle değil, aynı zamanda fizyoloji ve psikoloji gibi biyolojik bilimleri de içerir [16].

İnsanlar renkleri algımlarken kişiden kişiye değişen bir durum ortaya çıkmakta kesin ve standart bir renk algılanamaya bilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için renk ölçüm cihazları üretilmiştir. Gelişmiş bilgisayar sistemleri ve elektronik cihazları kullanarak, özellikle spektrofotometrik ölçümlerde renk ölçümü gittikçe daha doğru hale gelmiştir. Rengi ölçmek için ilk cihazlar, iki solüsyonun eşit renkte olup olmadığını görsel kontrolle belirlemek için kullanılan absorpsiyon ölçerlerdir. Tekstil gibi opak malzemelerden yansıtılan ışığın ölçülmesinde ilk araçlar 1915-1920 yılları arasında geliştirilen refraktometrelerdir.



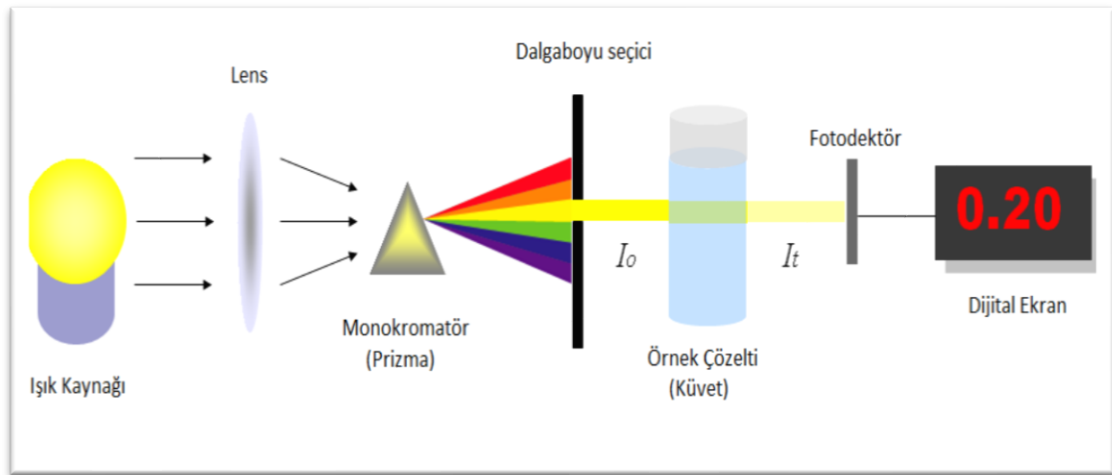
Şekil 2.1. Görsel süreç, ışık kaynağı, nesne ve bir alıcı (göz).

Bu erken araçlar, Şekil 2.1 de tasvir edildiği gibi görsel süreci yakından taklit edecek şekilde tasarlanmıştır [17].

Renk ölçümü, tristimulus kolorimetresi ve spektrofotometre gibi aletler kullanılarak gerçekleştirilir. Video kameralar da renk ölçüm ve kontrolü alanlarında kullanılmaktadır [18]. Ayrıca bu tezde kullanılan yansıma esaslı optik devre elemanları kullanılarak yapılan yöntemle de renk ölçümü yapılabilmektedir. Tristimulus kolorimetresi, CIE tristimulus verisini doğrudan ölçer; spektrofotometre, spektral yansıma faktörlerini veya geçirgenlik faktörlerini ölçer. Video kamera, çoğunlukla çevrimiçi renk izleme için kullanılır.

Renk hassasiyetini ölçmek için, modern spektrofotometre [19], renk bilimi ile ilgili endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Spektrofotometreleri kullanarak, sadece tristimulus kolorimetrelerinden elde edilen sayısal veriler değil, aynı zamanda renk için spektral yansıma grafiği de elde edilebilir. Spektrofotometre ayrıca, yüksek hassasiyetli sensörü ve çeşitli ışık koşulları için veri eklenmesi ile daha fazla doğruluğa sahiptir.

Şekil 2.2, spektrofotometrelerin temel yapısını göstermektedir. Bir ışık kaynağı, bir kolimatör, bir monokromatör, bir dalga boyu seçici, numune çözeltisi için bir küvet, bir fotoelektrik dedektör ve bir dijital ekran veya bir metreyi içerir [20].



Şekil 2.2 Spektrofotometrelerin temel yapısı.

Spektrofotometre genel olarak iki cihazdan oluşur; bir spektrometre ve bir fotometredir. Spektrometre üreten, tipik olarak ışığı dağıtan ve ölçen bir cihazdır. Fotometre ise ışığın yoğunluğunu ölçen fotoelektrik detektörünü belirtir.

Spektrometre: İstenilen dalga boyu ışığı üretir. Işık Önce bir kolimatör (lens) ve bir monokromatörden (prizma) geçer daha sonra ışık birkaç bileşen dalga boyuna (spektrum) bölünerek düz bir ışık demeti (fotonlar) şeklinde iletilir. Daha sonra bir dalga boyu seçicisi (yarık) yalnızca istenen dalga boylarını iletmede kullanılır. [21].

Fotometre: İstenilen dalga boyu ışığı küvetteki bir numunenin solüsyonundan geçtikten sonra fotometre emilen foton miktarını tespit eder ve daha sonra Şekil 2.2 de gösterildiği gibi bir galvanometre veya dijital bir ekrana sinyal gönderir. UV / Vis spektrofotometre, bir numuneden geçen ışığın yoğunluğunu ölçer (I) ve absorbans (A) veya transmitans (T) olarak ifade edilen numuneden (I_0) geçmeden önceki ışığın yoğunluğuyla karşılaştırır [21].

2.1.1. Lambert-Beer kanunu

Saydam bir ortamdan monokromatik yani tek dalga boyundaki ışık geçirilirse ışığın gücündeki azalış ortamın kalınlığına bağlıdır. Buna Lambert yasası denilmektedir. Bunu matematiksel olarak şu şekilde gösterebiliriz [22].

$$\log \frac{I_0}{I} = k \cdot l \quad 2.1$$

I_0 : Gelen ışığın yoğunluğu

I: Ortamdan geçmiş olan ışığın yoğunluğu

k: Absorblayıcı ortamın cinsine ve ışığın dalga boyuna bağlı bir sayıdır.

l: Ortamın kalınlığıdır.

Bir çözeltiden mono kromatik bir ışık geçtiğinde gelen ışık yoğunluğundaki azalış çözeltideki çözünmüş madde konsantrasyonuna bağlıdır. Buna da Beer yasası denilmektedir. Bu yasanın matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir [22].

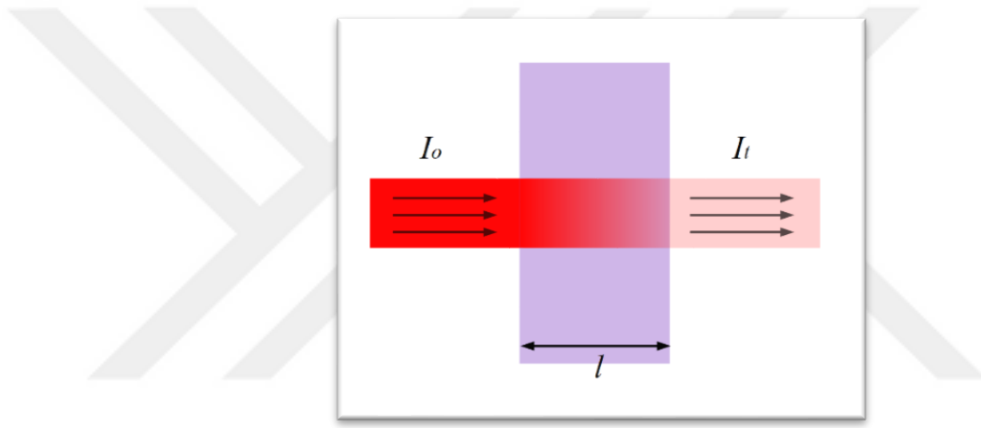
$$\log \frac{I_0}{I} = k' \cdot C \quad 2.2$$

C: Çözeltinin konsantrasyonudur.

Bu iki kanun tek bir kanun halinde birleştirilmiş ve elde edilen yeni eşitlik birçok kolorimetrik analizin temelini meydana getirmiştir. Bunu matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir. [22],

$$\log \frac{I_0}{I} = \alpha \cdot l \cdot C \quad 2.3$$

Burada α absorbtivitedir. Şekil 2.3.'de Lambert-Beer yasasının şematik bir gösterimi görülmektedir [20].



Şekil 2.3. Lambert-Beer yasasının şematik gösterimi

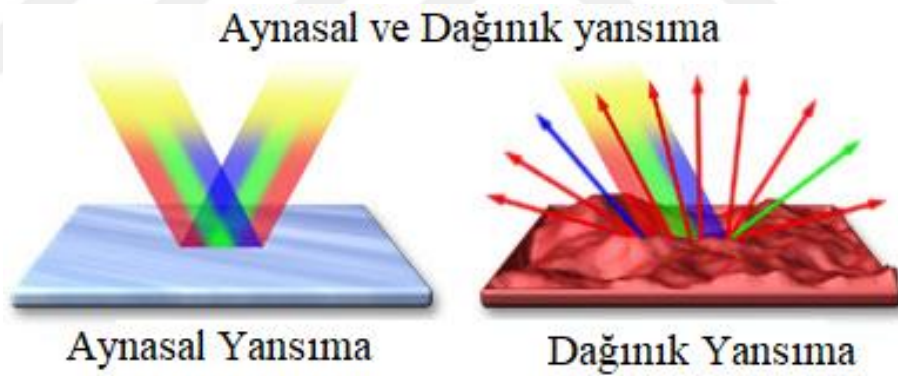
2.2. Yansıma Tabanlı Algılama Teorisi

Renk, bir ışık kaynağı, bir nesne ve bir gözlemci arasındaki etkileşimin sonucudur. Bir nesne aydınlatıldığında, nesneye düşen ışık yansıtıcılık ve transmitans gibi yüzey özelliklerine bağlı olarak yansıtılır veya emilir. Örneğin, kırmızı kâğıt spektrumun kırmızı kısmını yansıtırken spektrumun yeşil ve mavi parçalarının çoğunu emer. Dolayısıyla, bir gözlemciye kırmızı renkte görünür. Kendiliğinden aydınlatılmış nesneler söz konusu olduğunda ilke aynıdır. Işık insan gözüne ulaşır, gözün reseptörleri tarafından işlenir ve daha sonra sinir sistemi ve beyin tarafından yorumlanır.

İnsan görsel sistemi yaklaşık 380 nanometre (mor) ile yaklaşık 780 nanometre (kırmızı) arasındaki elektromanyetik spektrumu algılayabilir ve çok çeşitli aydınlatma seviyelerine ve renk doygunluğunun miktarına (saf renk ile beyaz oranı) uyum sağlayabilir [23]. Geniş aydınlatma seviyesinde çalışabilen ve değişikliklere hızlı tepki

vereabilen gözdeki ışık sensörü hücrelerine çubuklar denir ve renk algılama yeteneği yoktur. Koni olarak adlandırılan ışık sensörü hücreleri yüksek çözünürlüklü renkli görüntüleme sağlar. İnsan gözünün tanımlayabileceği dalga boylarındaki tepe duyarlılıklarına sahip üç koni seti vardır. Bunlar: kırmızı (580 nm), yeşil (540 nm) ve mavi (450 nm). Görsel spektrumdaki herhangi bir dalga boyundaki ışık, insan gözünün optik sinir ve beyin tarafından işlendiği şekliyle bu bilginin renk algısı ile bu üç tip koni hücresinin bir veya daha fazlasını harekete geçirir [23].

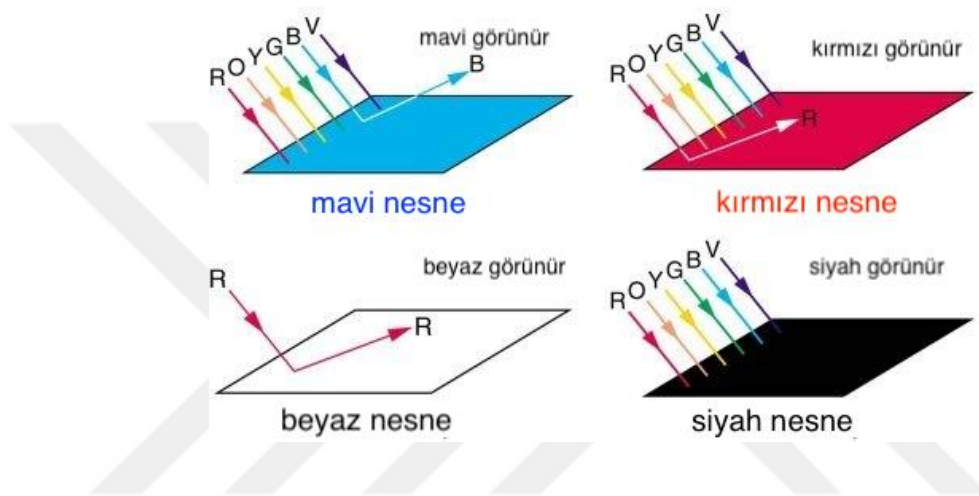
Yansıma; Aynasal (specular) ve dağınık (diffuse) yansıma olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Bu Şekil 2.4 'de temsil edilmektedir [24]. Klasik yansıma kanunlarının geçerli olduğu aynasal yansımada renk bilgisi fazla bulunmaz. Parlak nesnelerde mat nesnelere göre daha fazla aynasal yansıma vardır. Yansıma odaklı renk algılama daha çok dağınık yansıma ile ilgilenir. Çünkü yüzeyin özellikleri ile değişen gelen ışık, daha çok renk bilgisi taşıyacaktır.



Şekil 2.4. Aynasal ve dağınık yansıma.

Yansıma esaslı renk algılama ilkesi, Şekil 2.4'de gösterildiği gibi renkli bir yüzeyin yansıtma özelliğine dayanır. Beyaz bir ışık bir yüzey üzerinde tutulduğunda, yüzey diğer tüm spektrumları emerken belli bir spektrumu yansıtır. Örneğin, kırmızı bir yüzeye odaklanmış beyaz bir ışık, kırmızı olarak yansıtılır. Yansıtılan kırmızı ışık, yansıyan kırmızı renge karşılık gelen bir çıkış voltajı üreten ışık dönüştürücüsüne çarpar. Bu çıkış gerilimini bir arayüz devresi kullanarak yorumlayarak renk belirlenebilir [25].

Bir yansıma esaslı renk sensörünün başarısı, dedektöre, aydınlatıcıya (ışık kaynağı) ve hedef nesneye bağlıdır. Siyah - beyaz nesneler onlara düşen ışığın sırasıyla % 0 ve %100 'ünü yansıtırken diğer renkler ise görünür spektrumda seçilen parçaları yansıtır [25]. Şekil 2.5.'de mavi kırmızı ve siyah nesneye yansıtılan beyaz ışığın nesneden kendi yüzey rengi oranında yansımaları görülmektedir [26]. Beyaz nesne ise üzerine yansıtılan ışığı aynen geri yansıtmaktadır.



Şekil 2.5. Nesnelerin renkleri yansıtması

2.3. Renk Uzayları

Renklerin çeşitliliğinin fazla olması sebebiyle bu renkleri gruplara ayırma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Her grup farklı topluluklar tarafından kullanılmış ve ürettikleri elektronik cihazlarda bu renk standartlarını yani, renk uzaylarını kullanmışlardır. Fiziksel fenomenlerin tüm matematiksel gösterimleri gibi renk modelleri de her biri avantajları ve dezavantajları olan birçok farklı şekilde ifade edilebilir. Bazı temsiller, insanların renkleri seçmelerine yardımcı olmak için formülize edilir. Örneğin; Munsell sistemi ve diğerleri gibi, bu son kategoriye giren RGB alanları da makinelerdeki veri işlemeyi kolaylaştırmak için formülize edilir. Bundaki amaç, formülasyon karmaşıklığını ve değişken sayısını en aza indirirken, kapsadığı renkleri maksimuma çıkarmaktır. Tarihsel olarak, değişkenlere atanan anlam ne olursa olsun, şunların üçü renkleri tanımlamak için yeterliydi: RGB, Ton-Doygunluk-Parlaklık (HSB) ve diğer HS tabanlı modeller, $L^*a^*b^*$, xyY , vs [27].

Renk uzayları, görüntü işleme ve sinyal ve sistemde çeşitli amaçlarla kullanılan farklı renk standartlarıdır. Ortak renk uzaylarından bazıları şunlardır: RGB, CMY'K, Y'UV, YIQ, Y'CbC, HSV, HSL [28].

Renk algısı, gözün koni reseptörlerinde başlayan bir beyinsel bir işlemdir. Bu reseptörler, kırmızı, yeşil ve mavi renklere duyarlılık gösterir. Hunt'a göre "muhtemel" hassasiyetler, Şekil 1'de görülebilir [29]. Renkler arasındaki ayırım temiz değildir ve özellikle kırmızı ve yeşil koniler arasında olmak üzere üç renk çeşidinin hassasiyetleri



Şekil 2.6. İnsan gözünün hassaslığı

arasında belirgin bir çakışma vardır.

2.3.1. RGB Renk Uzayı

RGB en çok kullanılan renk uzayıdır. RGB kırmızı yeşil ve mavi anlamına gelir. RGB uzayı insan gözünün renkleri algılamasını en iyi şekilde temsil eder. Çünkü insan gözünde L-koni (kırmızıya daha duyarlı-580 nm), M-koni(yeşile daha duyarlı-540 nm), S-koni(maviye daha duyarlı-450nm) hücreleri vardır [30]. RGB modeli Katot ışın tüpü (CRT), Sıvı kristal ekran (LCD), Plazma Ekran veya televizyon gibi LED ekran, bilgi işlem monitörü veya büyük ölçekli bir ekran gibi görüntü cihazlarında kullanılmaktadır.

RGB renk sistemi, tüm renkleri kırmızı, yeşil ve mavi renklerin kombinasyonundan oluşturur. Kırmızı, yeşil ve mavi, her biri 0 ile 255 arasında tamsayı değerlerine sahip 8 bit kullanır. Bu, $256 * 256 * 256 = 16777216$ olası renk yapar. LED monitördeki her piksel, renkleri kırmızı, yeşil ve mavi LED'ler (ışık yayan diyotlar) kombinasyonu ile

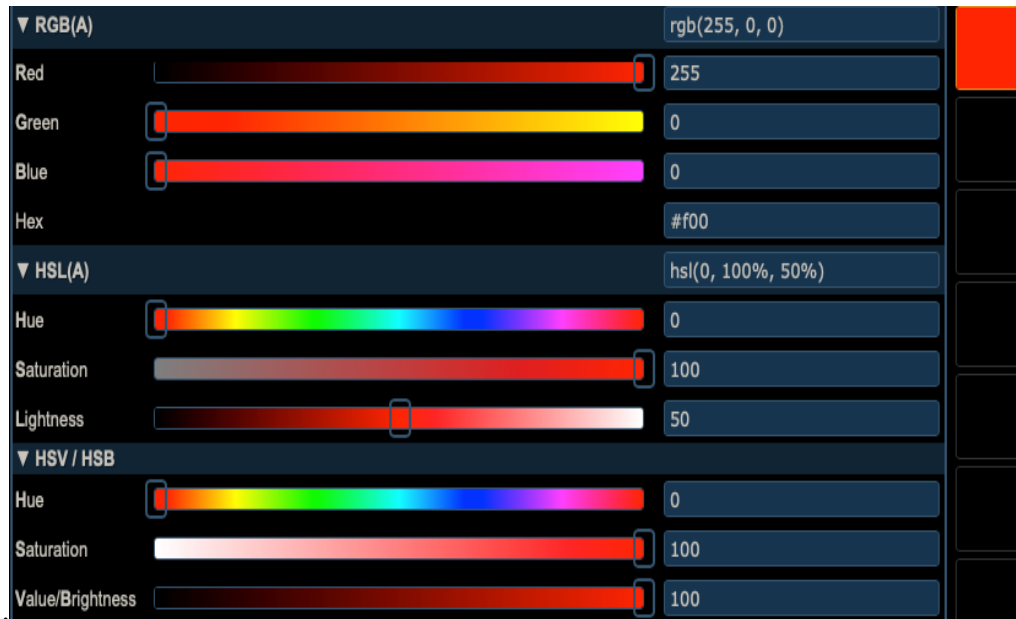
gösterilir. Kırmızı piksel 0'a ayarlandığında, LED söner. Kırmızı piksel 255 olarak ayarlandığında, LED tamamen açılır. Aradaki herhangi bir değer LED'in kısmi kırmızı rengine denk gelir.

Bu tez çalışmasında ışık kaynağı olarak RGB LED kullanıldı ve her renk için 255 değeri Arduinon'da ilgili pine maksimum voltaj (5V) vererek ayarlandı. Örneğin LED'in saf kırmızı ışık vermesi için 255-0-0 değerleri Arduino'ya tanımlanması gerekmektedir.

2.3.2. HSL ve HSV Renk Uzayları

HSL Hue, Saturation, Lightnes (renk tonu, doygunluk, açıklık) ve HSV Hue, Saturation, Value (renk tonu, doygunluk, değer), 1970'lerde, insan beynin renklendirme özelliklerinin algılayış biçimini daha yakından belirlemek için bilgisayar grafik araştırmacıları tarafından tasarlanan RGB renk modelinin iki alternatif temsilidir.

HSL ve HSV renk uzaylarındaki H (hue) ve S (saturasyon) her ikisinde de aynıdır fark L (lightness) ve V (Value) değerlerindedir. Hue 0 ile 360 arasında değerler alır. 0 ve 360 değerlerinde kırmızı, 120 değerlerinde yeşil, 240 değerlerinde ise mavi değeri alır. Şekil 2.7.'de kırmızı rengin RGB, HSL ve HSV değerleri görülmektedir [31].



Şekil 2.7 Kırmızı rengin RGB, HSL ve HSV karşılıkları.

Şekilde de görüldüğü gibi HSL uzayındaki lightness açıklık olarak %50 değerindedir. HSV uzayında ise Value/Brightness değeri ise %100 dür. Bu tez çalışmasında sensörden okunan değerler RGB Uzayına göre 0- 255 arasında değişecek şekilde ayarlandı. Renklerin seslerini tanımlarken ise bazen RGB uzayı bazen de HSL ve HSV uzaylarından faydalanıldı. Bunun sebebi renklerin aralıklarının tanımlanmasının renk uzayına göre kolaylık açısından farklılık arz etmesidir. HSL ve HSV renk uzayları için RGB Uzayından dönüşümleri sağlandı.

2.3.3. RGB- HSL' Dönüşümü

RGB renk uzayından HSL renk uzayına dönüşüm yaparken öncelikle RGB kırmızı, yeşil, mavi değerleri 0 ile 1 arasında değer alması için 255 değerine bölünür.

$$R' = R/255 \quad 2.4$$

$$G' = G/255 \quad 2.5$$

$$B' = B/255 \quad 2.6$$

Daha sonra çıkan sonuçlar arasında maksimum ve minimum değerleri belirlenir,

$$C_{max} = \max(R', G', B') \quad 2.7$$

$$C_{min} = \min(R', G', B') \quad 2.8$$

Daha sonra maksimum değer ile minimum değer arasındaki delta (Δ) değeri hesaplanır.

$$\Delta = C_{max} - C_{min} \quad 2.9$$

Renk tonu hesaplanırken ise aşağıdaki formüller kullanılır.

$$H = \begin{cases} 0, & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6 \right), & C_{max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right), & C_{max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right), & C_{max} = B' \end{cases} \quad 2.10$$

Burada hangi renk (kırmızı, yeşil veya mavi) için C_{max} değeri en büyükse karşısındaki formülle H değeri hesaplanır. Delta sıfıra eşitse renk tonu (H) sıfırdır. H hesaplandıktan sonra saturasyon değeri Aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S = \begin{cases} 0, & \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{1-|2L-1|}, & \Delta <> 0 \end{cases} \quad 2.11$$

Delta (Δ) değeri sıfır ise yani kırmızı, yeşil, mavi renkleri birbirine eşitse örneğin (150, 150, 150) ise S değeri sıfır olur.

Lightness hesaplaması ise aşağıdaki formüller yapılır.

$$L = \frac{C_{max} + C_{min}}{2} \quad 2.12$$

Tablo 2.1’de bazı RGB HSL değerleri görülmektedir.

Tablo 2.1. Bazı RGB renklerinin HSL karşılıkları.

Renk	Renk ismi	Hex	(R, G, B)	(H, S, L)
	Siyah	#000000	(0,0,0)	(0°,0%,0%)
	Beyaz	#FFFFFF	(255,255,255)	(0°,0%,100%)
	Kırmızı	#FF0000	(255,0,0)	(0°,100%,50%)
	Yeşil	#00FF00	(0,255,0)	(120°,100%,50%)
	Mavi	#0000FF	(0,0,255)	(240°,100%,50%)
	Sarı	#FFFF00	(255,255,0)	(60°,100%,50%)
	Cam Göbeği	#00FFFF	(0,255,255)	(180°,100%,50%)
	Magenta	#FF00FF	(255,0,255)	(300°,100%,50%)
	Gümüş	#C0C0C0	(192,192,192)	(0°,0%,75%)
	Gri	#808080	(128,128,128)	(0°,0%,50%)

2.3.4. RGB - HSV’ Dönüşümü

RGB uzayından HSV uzayına dönüşüm yapılırken renk tonu hesaplaması HSL de olduğu gibidir. Şekil 2.7.’de de görüleceği üzere renk tonu değerleri HSL ile HSV uzaylarında aynı değerlere sahiptir. Saturasyon değeri hesaplanırken ise aşağıdaki formül kullanılır.

$$S = \begin{cases} 0 & , \quad C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}} & , \quad C_{max} > 0 \end{cases} \quad 2.13$$

Burada Cmax değeri sıfırsa Saturasyon sıfır, değilse, $S = \frac{\Delta}{C_{max}}$ 'dır.

Value değeri ise Cmax değerine eşittir. Tablo 2.2 de bazı RGB renklerin HSV renk uzayındaki karşılıkları verilmiştir.

Tablo 2.2. Bazı RGB renklerinin HSV karşılıkları.

Renk	Renk ismi	Hex	(R, G, B)	(H, S, V)
	Siyah	#000000	(0,0,0)	(0°,0%,0%)
	Beyaz	#FFFFFF	(255,255,255)	(0°,0%,100%)
	Kırmızı	#FF0000	(255,0,0)	(0°,100%,100%)
	Yeşil	#00FF00	(0,255,0)	(120°,100%,100%)
	Mavi	#0000FF	(0,0,255)	(240°,100%,100%)
	Sarı	#FFFF00	(255,255,0)	(60°,100%,100%)
	Cam Göbeği	#00FFFF	(0,255,255)	(180°,100%,100%)
	Magenta	#FF00FF	(255,0,255)	(300°,100%,100%)
	Gümüş	#C0C0C0	(192,192,192)	(0°,0%,75%)
	Gri	#808080	(128,128,128)	(0°,0%,50%)

3. BÖLÜM

ARDUİNO MEGA 2560 VE RENKLERİN ALGILAMASI İÇİN RENK-SES DÖNÜŞTÜRÜCÜ TASARIMI

3.1. Arduino

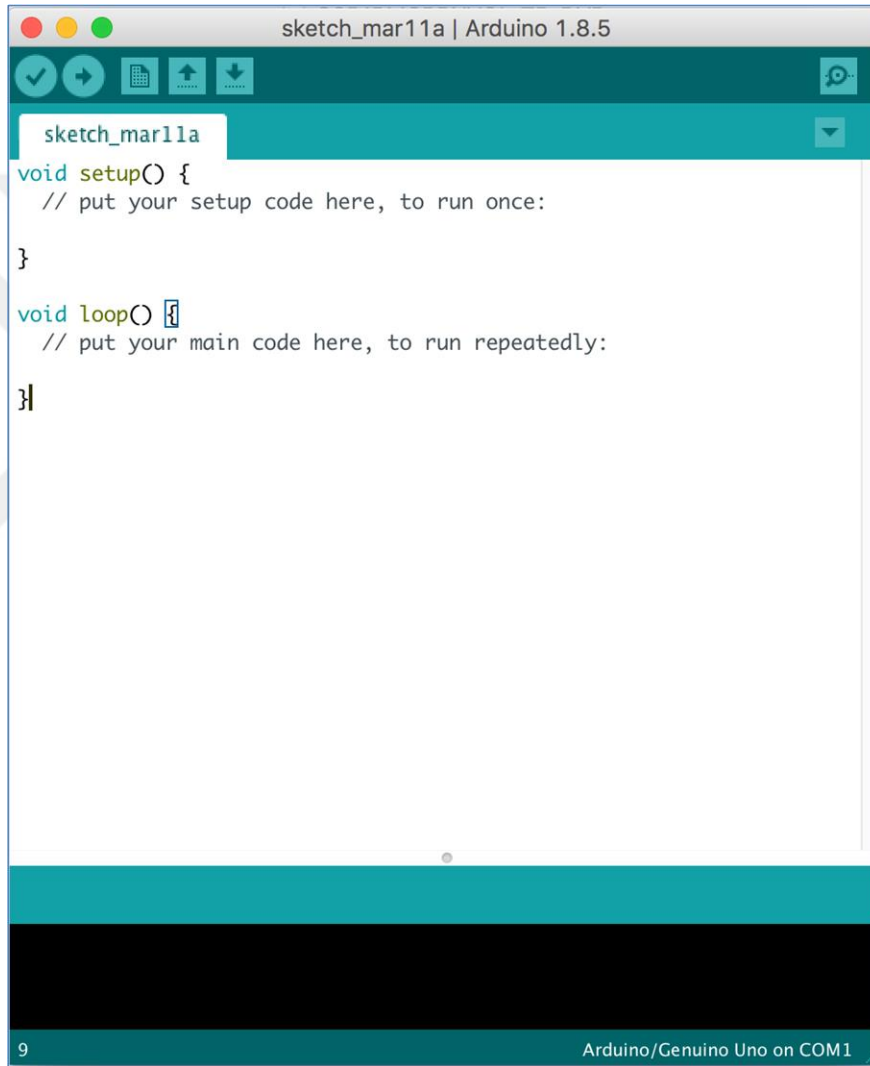
Arduino ortamı, yazılım veya elektronik deneyimi olmayan yeni başlayanlar için kullanımı kolay olacak şekilde tasarlanmış programlanabilir bir platformdur. Arduino ile, ışık, ses, dokunma ve harekete cevap verebilen ve / veya bunları kontrol edebilen nesneler oluşturulabilir. Arduino, müzik enstrümanları, robotlar, ışık heykelleri, oyunlar, interaktif mobilyalar ve hatta interaktif kıyafetler yapılabilir.

Arduino donanım özellikleri ile öne çıkar. Fakat bu donanımı programlamak için yazılıma ihtiyaç vardır. Arduino ancak hem donanım hem de yazılıma birlikte kullanılabilir. Bu kombinasyonla, fiziksel dünyayı algılayan ve kontrol eden projeler üretilir. İhtiyaç duyulan yazılım ücretsiz, açık kaynak kodlu ve çapraz platformdur. Arduino devre kartları düşük maliyetlidir ve farklı modüllerle iletişim sağlayabilir. Çünkü modüllerin tasarımları da açık kaynak kodludur. Buna ek olarak, Arduino forumları ve wiki (Arduino Playground olarak da bilinir) aracılığıyla dünya çapında erişilebilen aktif ve destekleyici bir Arduino topluluğu vardır.

3.1.1. Arduino Yazılımı

Arduino Entegre Geliştirme Ortamı veya Arduino Yazılımı (IDE) kod yazmak için bir metin editörü, bir mesaj alanı, bir metin konsolu, ortak işlevler için düğmeli bir araç çubuğu ve bir dizi menü içerir. Programları yüklemek ve onlarla iletişim kurmak için Arduino ve Genuino donanımına bağlanır [32].IDE kullanılarak yazılan programlar metin editöründe yazılır ve “. ino” uzantılı dosya uzantısına kaydedilir. Editör, kesme/yapıştırma ve metni arama / değiştirme özelliklere sahiptir. Mesaj alanı, kaydetme ve dışa aktarma

sırasında geri bildirim verir ve ayrıca hataları gösterir. Konsol, hata mesajları ve diğer bilgiler dahil olmak üzere IDE tarafından metin çıktısı olarak görüntüler. Pencerenin sağ alt köşesi, yapılandırılmış kartı ve seri bağlantı noktasını gösterir. Araç çubuğu düğmeleri programlarını doğrulamaya, yüklemeye, oluşturmaya, açmaya ve kaydetmeye yarar. Ayrıca seri monitörü açmanıza izin verir [32]. Şekil 3.1’de varsayılan olarak açılan bir Arduino programı görülmektedir.



Şekil 3.1 Arduino varsayılan ara yüz

Araç çubuğu üzerindeki şekillerin anlamları aşağıda verilmiştir:



DOĞRULAYIN

Kodunuzu derleyen hatalar için kontrol eder.



Yükleme

Kodunuzu derler ve yapılandırılmış panele yükler. Ayrıntılar için aşağıya bakın.



Yeni bir çizim oluşturur.



Aç



Kayıt etme

Taslağı kaydeder.



Seri Monitör

Seri monitörü açar.

3.1.2. Arduino Donanımı

Arduino kartı, yazılan kodun yürütüldüğü yerdir. Kart elektrik sinyallerini kontrol edebilir ve bunlara cevap verebilir, bu sayede gerçek dünya ile etkileşime girebilmesi için Arduino'ya özel bileşenler eklenebilir. Bu bileşenler, bazı fiziksel büyüklükleri elektriğe çeviren sensörler olabilir, bu sayede arduino bu büyüklüğü algılayabilir. Sensör örnekleri arasında anahtarlar, ivme ölçerler, renk ölçerler ve ultrasonik mesafe sensörleri bulunur. Aktüatörler, ışıklar ,LED'ler, hoparlörler, motorlar ve ekranlar gibi elektriksel sinyali bir eyleme dönüştüren çıkış birimleridir [33].

3.1.3. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 ATmega2560 tabanlı bir karttır. 54 sayısal giriş-çıkış pinine sahiptir. Bu giriş çıkış pinlerinin 14 tanesi PWM çıkış pini olarak ayarlanabilir. 16 adet analog girişe sahiptir. İçerisinde 4 adet UART (seri port), ve 16 MHz kristal osilatör bulunmaktadır. USB bağlantıya sahip olup, güç için bir adaptör girişi, ICSP çıkışı ve resetlemek için bir adet buton vardır.

Arduino mega 2560 Arduino Duemilanove ve Diecimila'da kullanılmak üzere üretilmiş tüm eklentilerle uyumludur. Arduino Mega 2560, Arduino Mega'nın yerini alan gelişmiş versiyonudur [34]. Şekil 3.2'de Arduino Mega 2560 kartı görülmektedir.



Şekil 3.2. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560, 6V- 20V arasında değişen harici enerji kaynağı ile çalıştırılabilir. Ancak 7V'dan daha düşük gerilimlerde 5V pini 5V tan daha düşük değerlerde voltaj verebilir ve kart çalışması kararsız hale gelebilir. 12V'dan daha yüksek bir gerilimle beslendiğinde ise regülatör aşırı ısınabilir ve kartı bozabilir. Bu nedenle 7V- 12V aralığında besleme tavsiye edilmektedir. Arduino Mega 2560 'nın teknik özellikleri Tablo 3.1 'de verilmiştir [34].

Tablo 3.1. Arduino mega 2560 teknik özellikleri.

Mikrodenetleyici	ATmega2560
Çalışma Voltajı	5V
Besleme Gerilimi	7-12V
Besleme Gerilimi (Limit)	6-20V
Dijital I/O Uçları	54 (14'ü PWM çıkışı)
Analog Giriş Uçları	16
I/O Uçlarının Akımı	40 mA
3.3V Uç Akımı	50 mA
Flash hafıza	256 KB (8kB'ını bootloader kullanıyor)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Saat Frekansı	16 MHz

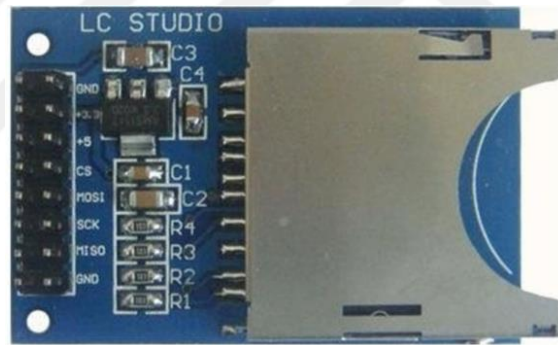
3.1.4. SD Kart Modülü

SD kartlar uzun vadede verileri depolamak için kullanılan bir çevre donanımdır. Arduino'nun özellikle SD kartlarla iletişime geçmesi için tasarlanmış bir kütüphanesi bulunur. Bu kütüphaneyle, dosyalar oluşturabilir, yazılabilir, okunabilir ve imha

edilebilir. SD kartlar özellikle verileri günlüğe kaydetme uygulamalarında çok kullanılırlar [35]. Sd kart modülü 3.3V veya 5V ile çalışır. Bu iki voltajda Arduino pinlerinde mevcuttur. Tablo 3.2’de SD kart modülünün bağlantı uçlarının Arduino Uno’da ve Arduino Mega için pin karşılıkları verilmiştir [36]. Şekil 3.3 de ise SD kart modülünün resmi verilmektedir [37].

Tablo 3.2. SD Kart Modülü Arduino pin karşılıkları.

SD kart modülü	Arduino Uno için pinler	Arduino Mega için pinler
VCC	3.3V veya 5V	3.3V veya 5V
CS	4	53
MOSI	11	51
CLK	13	52
MISO	12	50
GND	GND	GND



Şekil 3.3. SD kart modülü.

3.2. Renk Ölçüm Cihazı Tasarımı

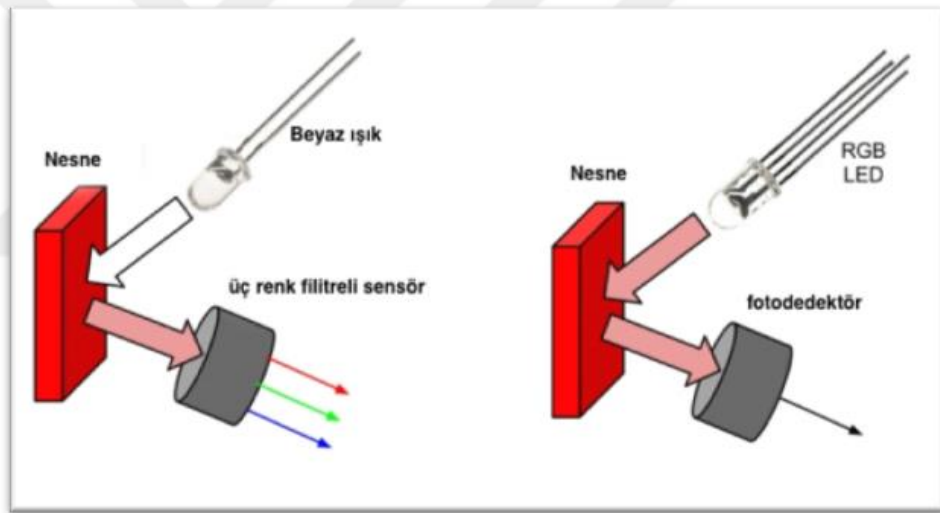
Tezin deneysel kısmının ilk aşamasında amaçlanan, algılanan renklere karşılık ses tonu üretebilmektir. Sonraki aşama, çalışmayı bir adım ileri götürerek renklerin Türkçe kelime karşılıklarını SD kart modülü aracılığı ile hoparlör veya kulaklık yardımı ile söylenmesi olmuştur. Öncelikle ilk aşamada kullanılan materyal ve yöntemler hakkında bilgi verilecektir.

Renk sensörü, genellikle RGB ölçeğinde yüzeyin rengini algılar. Renk, bir ışık kaynağı, bir nesne ve bir gözlemci arasındaki etkileşimin sonucudur. Yansıyan ışık durumunda, bir nesneye düşen ışık yansıma ve geçirgenlik gibi yüzey özelliklerine bağlı olarak yansıtılacak veya absorbe edilecektir. Örneğin, yeşil kâğıt, spektrumun yeşili dalga

boylarını yansıtarak, spektrumun kırmızı ve mavi dalga boylarının çoğunu emecek ve gözlemciye yeşil renkte görünecektir [38].

Malzemelerin renkleri ölçülürken iki yol izlenir. Bunlar Şekil 3.4.'de verilmiştir [38]. En kolay yol, renk değiştiren bir ışık kaynağı ve ışığın yoğunluğunu ölçen bir sensör kullanmaktır. Çoğu endüstriyel renk sensörü beyaz ışık yayıcı ve üç ayrı alıcı içerir. Genellikle kırmızı (580nm), yeşil (540nm) ve mavi (450nm) olarak tanımladığımız dalga boylarında pik duyarlılıklara sahip üç renk kaynağı veya renk filtresi takımı vardır [38].

Renk sensörü tasarımında izlenen ikinci yol ise; tek bir beyaz ışık kaynağı ve üç renk filtresinden oluşan fotodedektördür. Bu foto dedektör genelde fotodiyotlardan oluşur.

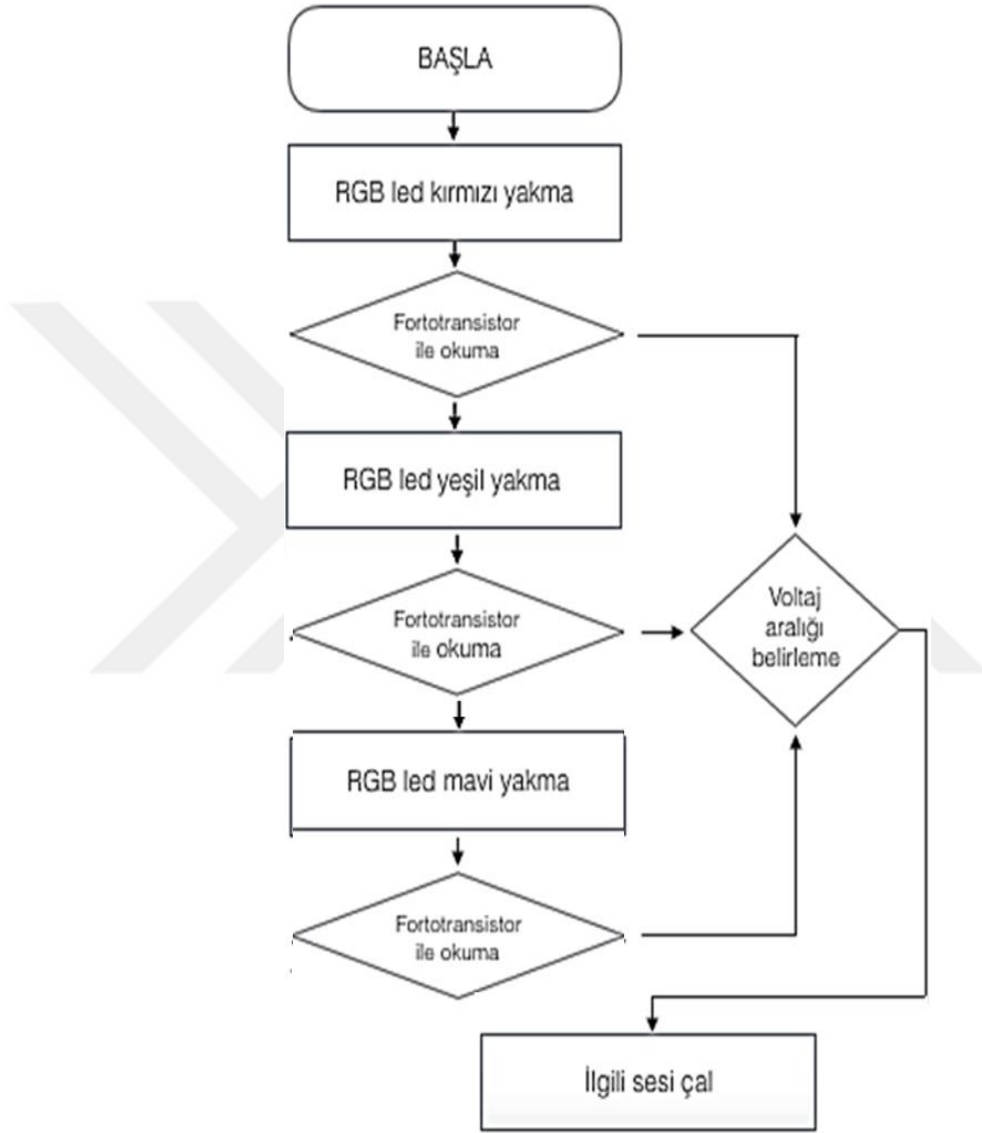


Şekil 3.4. Renk algılama teknikleri.

3.2.1. Akış Şeması

Şekil 3.7' de tez çalışmasının ilk dönemlerinde gerçekleştirilen sistemin akış şeması görülmektedir. Bu şemaya göre önce Arduino'ya verilen komutla RGB LED'in kırmızı renkte yanması sağlanır ve sonrasında fototransistörün emiter ucundan alınan bağlantının Arduino'nun analog girişine sinyal göndermesi ile cisimden yansıyan ışığın gerilim değeri ölçülür. Diğer iki renk içinde aynı işlemler uygulanıp her bir renk için önceden yazılım ile belirlenmiş voltaj aralıklarının hangisine karşılık geldiği tespit

edilir. Programın sonunda ise bir “if” karşılaştırması ile RGB gerilim değerlerine karşılık gelen frekans ses olarak çalması sağlanır.

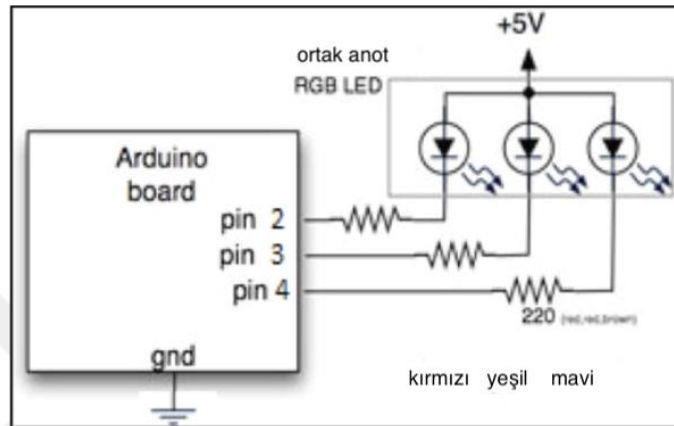


Şekil 3.5 Akış şeması

3.2.2. RGB LED

RGB LED’leri Arduino platformu ile pek çok projede yaygın olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir renk tonu, kırmızı, yeşil ve mavi temel renklerinin birleşiminden oluşur. Tüm renklerin içinde bu temel renk bileşenleri vardır. Böylece, bir RGB LED kullanarak istenilen herhangi bir renk üretilebilir [39].

Piyasada, iki tip RGB LED vardır: ortak katot ve ortak anota sahip LEDler. Tasarımcılar (özellikle yeni başlayanlar) çoğu zaman kullanımı kolay olduğu için ortak katot kullanırlar, ancak ortak anot, aynı marka ve aynı Arduino taslağı üzerinde aynı şekilde görünse bile farklı davranır [39]. Şekil 3.5.' de Ortak Anotlu RGB LED ve Arduino bağlantısı görülmektedir [40].



Şekil 3.6. Ortak Anotlu RGB LED ve Arduino Bağlantısı.

Bu tez çalışmasında nesnelerin renginin algılanması için kırmızı, yeşil, mavi ışık üreten ortak anotlu RGB LED kullanıldı. Arduino'da RGB LED'i yakmak için pinleri aşağıdaki gibi tanımlandı.

```
#define kirmiziLED 2
```

```
#define yesilLED 3
```

```
#define maviLED 4
```

RGB LEDin kırmızı ucu 2 nolu pine, yeşil ucu 3 nolu pine mavi ucu ise 4 nolu pine ayarlandı. Şekil 3.6' da RGB rengi kırmızı yakmak için 2 nolu pin "LOW" yapıldı, diğer 3 ve 4 nolu pinleri ise "HIGH" yapıldı. Şekil 3.5' de görüleceği gibi 5V besleme girişine karşı "HIGH" (5V) yapılan 3 ve 4 pinleri RGB LED içindeki yeşil ve mavi ışık yayan LED diyotları potansiyel fark sıfır olacağından yakamayacaktır. Aynı şekilde "LOW" yapılan 3 nolu pinde potansiyel fark 5V olduğundan maksimum pin voltajında tam kırmızı ışık yanacaktır.

```
// RGB LED pinlerini çıkış olarak ayarlar
pinMode(kirmiziled, OUTPUT);
pinMode(yesilled, OUTPUT);
pinMode(maviled, OUTPUT);
digitalWrite(kirmiziled, LOW); // Kırmızı LED'i aç
digitalWrite(yesilled, HIGH);
digitalWrite(maviled, HIGH);
```

Şekil 3.7. RGB LEDi kırmızı yakmak için Arduino kodu.

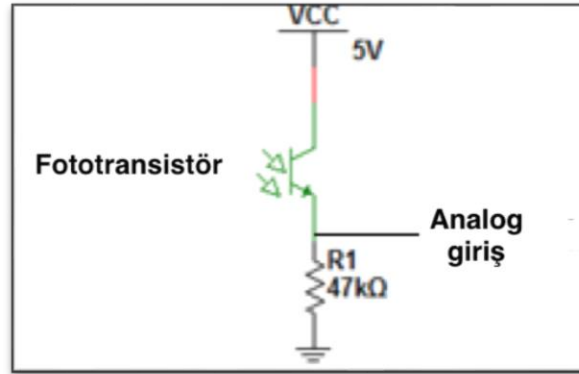
3.2.3. Fototransistör Devresi

Tez çalışmasının ilk aşamasında foto dedektör olarak fototransistör kullanıldı. İlk çalışmamızın hedefi algılanan renklere karşılık ses tonu üretebilmektir. Daha sonra çalışma, renklerin Türkçe kelime karşılıklarını SD kart modülü kullanarak hoparlör veya kulaklık aracılığı ile söyletecek şekilde geliştirildi.

Fototransistör rengi algımlarken kararlı hale gelene kadar 5 adet art arda döngü ile okuma tekrarlanır. Fototransistör, RGB LED'in Arduino tarafından pine maksimum voltaj vererek kırmızı 255 renk değerini yakmasıyla 5 kez okuma yapar ve nesnenin yüzeyinden yansıyan renge karşılık emiter ucunda bir gerilim üretir. 5 okuma sonrasında yeşil ve mavi renkler için de aynı işlemler tekrar edilir. Renklerin voltaj içerikleri üretildikten sonra, nesne rengine ait üç RGB voltaj değeri belirlenmiş olur. Sonrasında bu voltaj değerlerine denk gelen önceden belirlenmiş aralık için oluşturulmuş tonlar ses devresi ile üretilir.

Şekil 3.8'de fototransistör devresinin yapısı görülmektedir. RGB LED'den nesneye tutulan kırmızı, yeşil, mavi ışığın yansıttığı renklerden sensöre gelen ışığın fototransistörün emiterinde oluşturduğu voltaj değerleri Arduino'nun Analog giriş 1 ucuna gönderilmektedir[1].

Sensöre yansıyan koyu tonlu renkler düşük gerilim değerleri üretirken açık tonlu renkler ise yüksek gerilim değerleri üretmektedir. Böylelikle, 0-255 arasındaki her bir renk için, tonu ile orantılı bir gerilim üretilmiş olmaktadır.



Şekil 3.8. Fototransistör devresi

3.2.4. Ses Devresi

Cismin yüzeyinden sensöre yansıyan ışığın algılanması ile fototransistörde üretilen üç gerilim önceden belirlenen gerilim aralıklarıyla aynı olması şartını sağlayan “if” komutu sağlandığında sesi çal komutu aktif olur. Hangi frekans tonunun çalınacağı Şekil 3.9’da verilen Arduino komut dizisi ile sağlanır [1].

```

90  if ((red == 1) && (blue == 1) && (green == 1)) {
91      tone(buzzerPin, 850);
92      delay (5000);
93      noTone(buzzerPin);
94  }
95  else{
96      noTone(buzzerPin);

```

Şekil 3.9. Arduino’da ton üretme kodları.

Hangi renge hangi frekanstaki tonların çalınacağı aşağıdaki formülle bulunur[41]:

$$\text{Dalga boyu} = \text{Işık hızı} / \text{nota frekansı} \cdot 2^{40}$$

Örneğin D#6 notası A4 = 439 standart perdede 620 Hz. dir. Bu frekansın 40 oktav üstü yani 620 Hz ‘i 2^{40} ile çarparsak 682.62 THz elde edilir. Bir notanın oktav katları aynı notayı çaldığından notanın renklerin THz karşılıklarına karşılık gelen oktav katları alınmıştır. Işık hızını 682.62 THz’e bölersek dalga boyunu 439.18 nm buluruz ki buda mavi rengin dalga boyudur. Yukardaki formülle ses ile renk arasında bir ilişki

kurulmaktadır. Böylece siyah beyaz arası renkler toplam 14 ses tonu ile ifade edilmiştir. Renklerin ton karşılığı aşağıda verilmiştir:

- Beyaz 4000 Hz,
- Siyah 100 Hz,
- Gri 200 Hz (1 defa çalması koyu gri, 2 defa çalması gri, 3 defa çalması açık gri)
- Kırmızı 1700Hz (1 defa çalması koyu kırmızı, 2 defa çalması kırmızı, 3 defa çalması açık kırmızı) [9] (850 Hz'in bir oktav üstü)
- Yeşil 1067 Hz (1 defa çalması koyu yeşil, 2 defa çalması yeşil, 3 defa çalması açık Yeşil)
- Mavi 620 Hz (1 defa çalması koyu mavi, 2 defa çalması mavi, 3 defa çalması açık Mavi) [41].

3.2.5. RGB İçerikleri ve Voltaj Değerleri

Tablo 3.3' de cisimden yansıyarak algılana 14 farklı renkten oluşan RGB değerleri ve bu değerlerin karşılığı olan sensörde üretilen gerilim değerleri verilmektedir. Tabloda görünen renklere karşılık üç farklı gerilim değeri görülmektedir. Bu değerler, rengi algılanmak istenen cismin üzerine, RGB LED'den art arda yansıtılan, kırmızı, yeşil ve mavi ışığın cisimden yansması ile oluşan fototransistördeki voltaj değerleridir. Cisim yüzeyinden yansıyan ışığın rengi, cisim yüzeyinin renginin bir fonksiyonudur [42].

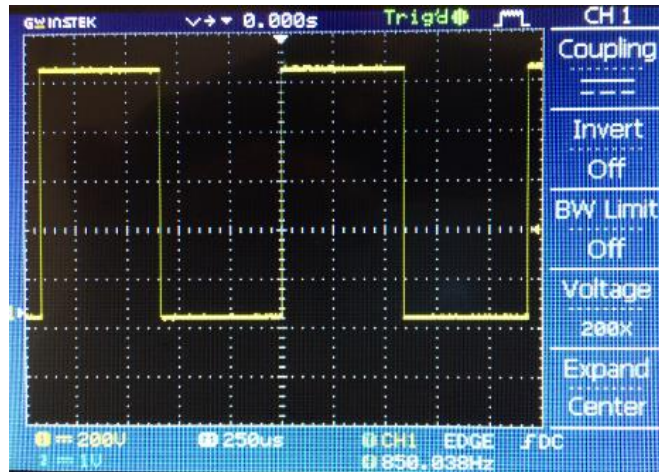
Tablo 3.3. Sistem değişkenlerinin sayısal değerleri

Ölçüm	RENK	R	G	B	R (VOLT)	G (VOLT)	B (VOLT)
1.	Siyah	0	0	0	0,5752	0,3312	0,5167
2.	Beyaz	255	255	255	4,5324	4,8157	4,8156
3.	Koyu Gri	61	61	61	0,9561	0,5365	0,8445
4.	Gri	119	119	119	2,7925	1,5145	2,3432

Tablo 3.3.'ün devamı

5.	Açık Gri	199	199	199	4,7811	3,3768	4,7746
6.	Koyu Kırmızı	96	0	0	1,7325	0,4345	0,6112
7.	Kırmızı	255	0	0	1,9523	0,5182	0,6978
8.	Açık Kırmızı	255	139	139	4,7951	1,7869	2,2409
9.	Koyu Yeşil	0	80	0	1,5481	1,2262	1,2008
10.	Yeşil	0	255	0	2,2762	3,0912	1,6752
11.	Açık Yeşil	105	255	105	2,1831	6,6129	2,4949
12.	Koyu Mavi	0	0	88	1,9392	1,2838	2,7189
13.	Mavi	0	0	255	2,2711	2,2989	4,7710
14.	Açık Mavi	83	83	255	1,5768	1,9529	4,5988

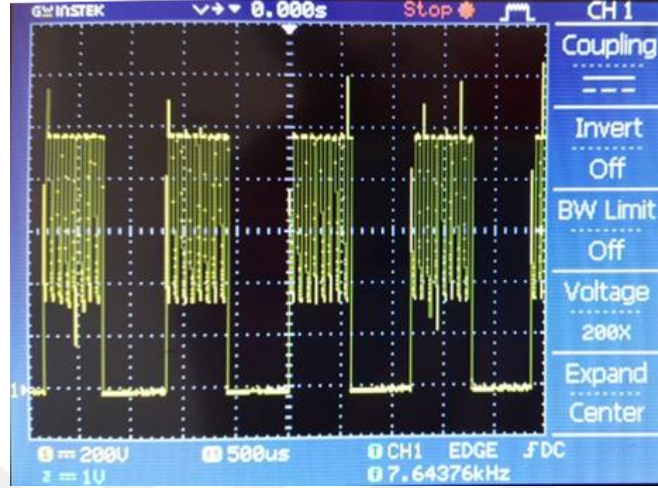
Şekil 3.10' da kırmızı rene karşılık gelen 850 Hz'lik bir kare ses sinyalinin osiloskop görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.10. Kırmızı rene karşılık gelen 850 Hz'lik bir kare ses sinyali

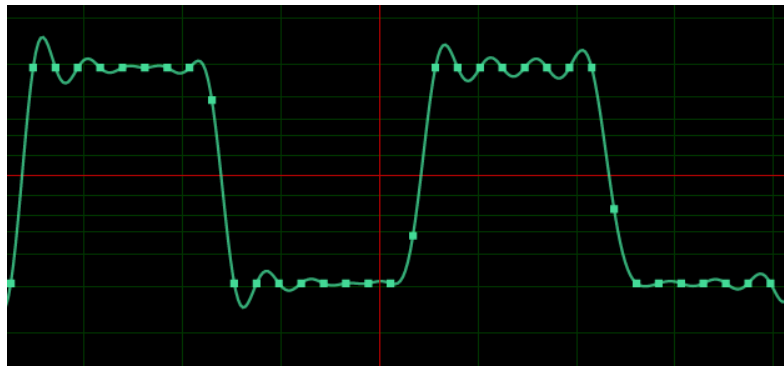
Arduino çıkışına yük olarak istediğimiz frekansı çalan zil devresi bağlanmamıştır. Şekil 3.11' de ise, Arduino çıkış pinine zil devresi bağlı konumdayken 850 Hz'lik sinyalin osiloskop işareti görülmektedir. Osiloskoptaki işaretten de görüleceği gibi, zil

devresinin Arduino'ya bağlanması, ses işaretine bir miktar gürültü eklemekte, bu nedenle ses kalitesini de kısmen etkilemektedir.



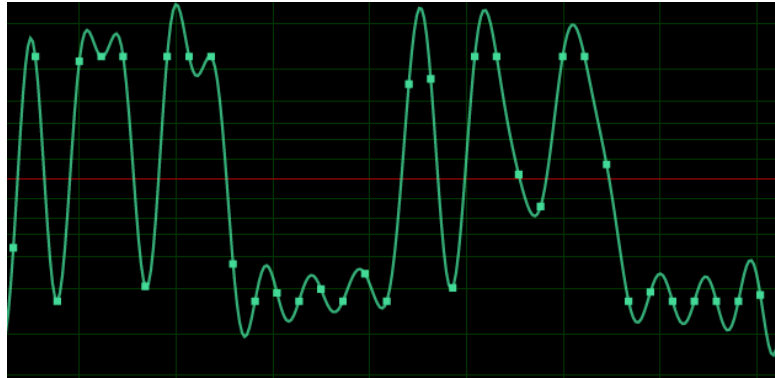
Şekil 3.11. Zil devresi devredeyken 850 Hz'lik sinyaldeki kısmi bozulma

620 Hz'lik mavi renge ait ses sinyalinin 2 oktav üstü 2480 Hz'lik frekansa sinyalin Adobe Audition [43] ses programındaki dalga şekli de osiloskoptaki dalga şekillerine benzer bir yapıdadır. Arduinoya yük olarak zil devresi bağlanmamışken elde edilen dalga şekli, Şekil 3.12' de verilmiştir.



Şekil 3.12. Zil devredeyken 2480 Hz'lik ses sinyalinin Auditiondaki dalga şekli

Arduino'ya yük olarak zil devresi bağlanmamışken elde edilen dalga şekli Şekil 3.13' de verilmiştir



Şekil 3.13. Zil devredeyken 2480 Hz’lik ses sinyalinin Auditiondaki dalga şekli

Arduino çıkışına istediğimiz frekanslardaki kare dalgayı çaldıran zil devresi bağlandığında sesin kısmen bozulduğu Audation programından da görülmektedir. Dalga şekillerinin Audation programı ve osiloskoptaki gibi bozulmasından çıkarılacak sonuç, zil devresi Arduino’ya bağlandığında, devredeki empedans sebebiyle, seste bozulmalar meydana gelebileceğidir. İşitme kalitesi bundan olumsuz etkilenmektedir. Arduino çıkış pinine uygun empedanslı anfil hoparlör kullanıldığında daha kaliteli sesler elde edilmiştir.

3.3. Renklerin Telaffuzlarının Söylenmesi

Görme engelli insanların etrafındaki nesnelerin renkleri hakkında fikir sahibi olabilmeleri ancak renk hakkında sesli bir bilginin duyulması ile mümkün olabilmektedir. Tez çalışmasının ikinci aşamasında optik tabanlı renk sensörünü öncekinden bir adım daha ileriye götürerek bu renkleri, renk kelime telaffuzları ile sesli bir şekilde ifade eden renk-ses dönüştürücü prototipi geliştirilmiştir.

Özellikle, görme yetisini kaybetmiş kişilerin renkleri ses olarak algılamasını hedefleyen bu tasarımda ilk olarak ortak anotlu bir RGB LED ile aydınlatılan cisim yüzeyin RGB gerilim değerleri tez çalışmasının önceki aşamasından farklı olarak uygun RGB renk değerlerine dönüştürülmektedir. Daha sonra bu RGB değerleri önceden belirlenen aralıklarda ise SD kart modülünde bulunan veri tabanında kayıtlı olan ilgili rengin sesi bir kulaklık veya hoparlör yardımıyla kullanıcıya iletirilmektedir. Renkleri algılayacak cihaz çalışmaya başlarken bir defalığa mahsus kalibre edilmektedir. Toplamda 100 renk algılanmıştır. Mikrodenetleyici kart olarak Arduino Mega 2560 tercih edilmiştir. Arduino tüm bu işlemleri yaparken elektronik kablolama tabanlı Arduino programlama

dili ve IDE kullanılmıştır. Sesleri hafızada tutup çalmasını sağlamak içinde SD kart modülü kullanılmıştır. Ayrıca Arduino'nun yardımcı programı olan Processing programı kullanılmış olup, seri porttan haberleşerek algılanan renklerin bilgisayar ekranında simülasyonu yapılmıştır. Böylelikle hangi renge hangi ses çalınacak ekrandan kontrol etme sağlanmaktadır [35]. Şekil 3.14.'de tez çalışmasında kullanılan sensör görülmektedir. Şekil 3.15.'de ise Renk-Ses dönüştürücü cihaz görülmektedir.



Şekil 3.14. Renk sensörü.

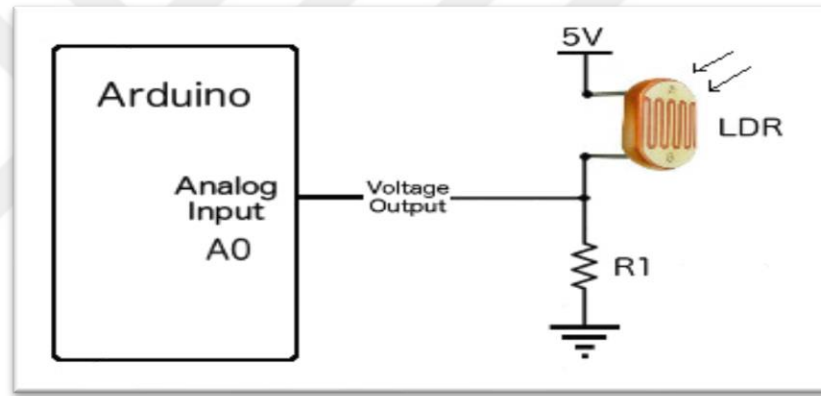


Şekil 3.15. Renk-Ses dönüştürücü cihaz.

3.3.1. Fotodirenç Devresi

Fotodirenç devresinde Arduinodan alınan 5V DC sinyali seri bağlı LDR ve 10 k Ω 'luk bir dirence tatbik edildi. Fotodirenç fazla ışıktaki az direnç gösteren az ışıktaki çok direnç gösteren devre elemanıdır. Fotodirenç ve 10 k Ω 'un birleştiği noktadan analog sinyalini Arduino'nun analog A0 pinine bağlandı. Şekil 3.16'da LDR devresi görülmektedir [35].

LDR devresinden alınan analog sinyaller Arduino'da bulunan ADC ile dijital sinyallere dönüştürülür. Okumalar iki evrede gerçekleşir. Birincisi sensörün kalibrasyonu zamanında, diğeri ise RGB değerlerini okurken olanıdır. Hem kalibre edilirken hem de RGB değerleri okunurken nesneye art arda kırmızı, yeşil ve mavi renkler RGB LED aracılığı ile yansıtılır [35].



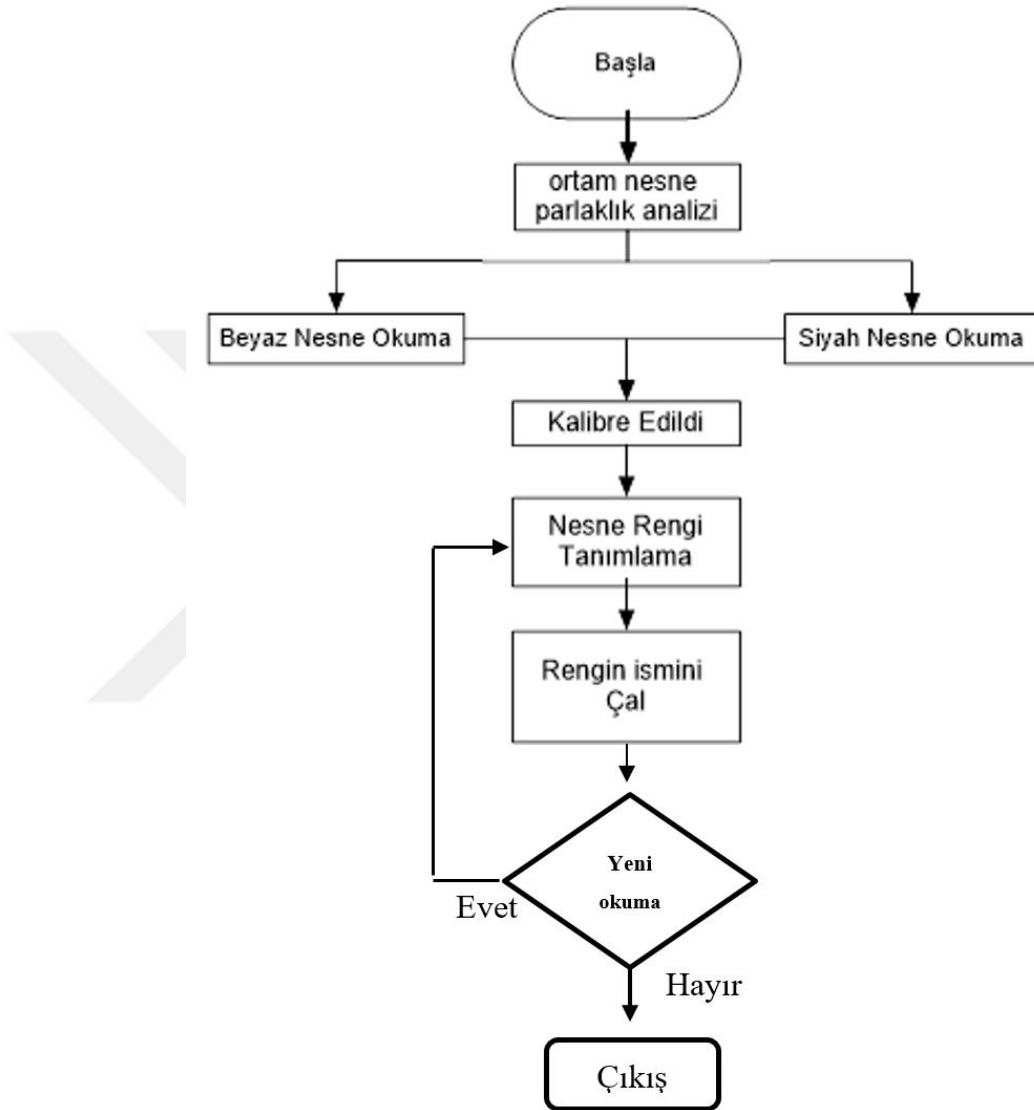
Şekil 3.16. LDR devresi ve Arduino bağlantısı [44].

Belirtilen analog pinden değeri okur. Arduino kartında 6 kanal (Mini ve Nano'da 8 kanal, Mega'da 16 adet), 10-bit analogdan dijital dönüştürücü bulunmaktadır. Bu, 0 ile 5 volt arasındaki giriş gerilimlerini 0 ile 1023 arasında tamsayı değerlerine dönüştüreceği anlamına gelir. Bu, 5 volt/1024 birim veya birim başına 0,0049 volt (4,9 mV) okuma değerleri arasında bir çözünürlük sağlar. Giriş aralığı ve çözünürlük, analogReference () kullanılarak değiştirilebilir [45].

3.3.2. Akış Şeması

Arduino'ya enerji verildiğinde sistem ortamın ışık miktarını sensör vasıtasıyla algılayıp kaydeder. Daha sonra sensörün herhangi bir nesneye yaklaştırılması uyarısıyla sensör nesneye tutulur ve nesneye tutulma anındaki ışık miktarı kaydedilir. Sonrasında sensör

sırayla beyaz ve siyah nesneye tutularak kırmızı, yeşil, mavi ışıktaki en yüksek ve en düşük değerleri kaydedilir. Böylece cihaz kalibre edilmiş olur. Şekil 3.17.'de devrenin Akış şeması görülmektedir.



Şekil 3.17. Akış Şeması.

Nesnenin renklerinin algılanması, nesne üzerine kalibrasyonda olduğu gibi kırmızı, yeşil ve mavi ışıkları RGB LED aracılığıyla yansıtarak 5 defa LDR devresinden voltaj değerlerinin okunması ve bu değerlerin ortalamasının alınması ile gerçekleştirilmektedir. Daha sonra önceden belirlenmiş değerlerle karşılaştırılıp eşleşme sağlandığında SD kartta kayıtlı ses dosyaları çalınmaya başlamaktadır.

3.3.3. Kalibrasyonun Yapılması

Kalibre edilmeye başlandığında öncelikle ortam parlaklığı analiz edilir. 5 defa LDR ortam parlaklığını okur ve ortalamasını alınır. Ayrıca kararlı hale gelmesi için bu işlemler 3 defa “for” döngüsü ile tekrarlanır. Ortalama alma fonksiyonu, kalibre ve RGB okuma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu Şekil 3.18.’deki Arduino kodlarıyla yaptırılır.

```
//Çevrenin parlaklığını analiz edin
ortam_deg = ortamOkuma(Ortalama);
ortam_deg -= ortam_deg/tolerans;
```

Şekil 3.18. Ortam Parlaklığı

Ortalama alma fonksiyonu şekil 3.19’deki kodlarla yapılmaktadır.

```
int sensorOkuma(int defa) {
    okuma = 0;
    toplama = 0;

    // ortalaması için toplam yapılıyor
    for (int i = 0; i < defa; i++) {
        okuma = analogRead(ldr);
        toplama += okuma;
        delay(50);
    }

    // ortalamayı hesaplar
    return ((toplama) / defa);
}
```

Şekil 3.19. Ortalama alma Arduino kodları.

Ortam parlaklığı analiz edildikten sonra “sensörü herhangi bir nesneye tutun” sesli uyarısı verilmekte ve nesne parlaklığı analiz edilmektedir. Bu analiz Şekil 3.20.’deki kodlarla yapılmaktadır.

```
//Nesne parlaklığı analizi
nesne_deg = ortamOkuma(Ortalama);
nesne_deg += nesne_deg/tolerans;
```

Şekil 3.20. Nesne parlaklığı analiz Arduino kodları.

Ortam parlaklığı ve nesne analizlerini yapmamızın nedeni sensörü nesneye tutmadığımızda veya nesneye tuttuğumuzda kalibre ve okuma işlemlerinin başlayıp bitmesini ayarlamaktır. Bu Şekil 3.21.'deki komutlarla yapılmaktadır.

```
while(analogRead(ldr) < ortam_deg);
while(analogRead(ldr) > nesne_deg);
```

1

Şekil 3.21. Okuma, başlatma ve durdurma Arduino kodları.

Kalibre işleminin bir safhası da maksimum ve minimum okuma bilgilerini elde etmektir. Önce sensörün beyaz renkli nesneye tutulması sesli olarak kullanıcıdan istenmekte ve maksimum okuma değeri kaydedilmektedir. Daha sonra sensörü siyah renkli nesneye tutulması ve minimum okuma değerlerinin kaydedilmesi işlemi yapılmaktadır.

Ortam parlaklığı, nesne parlaklığı ve beyaz nesne ve siyah nesne okumaları alınırken üç renk (Kırmızı, Yeşil, Mavi) için de aynı işlemler 5 defa tekrarlanıp ortalaması alınarak gerçekleştirilir. Bütün bu işlemleri yaparken her yeni bir işlemde;

“Sensörü herhangi bir nesneye tutun.”

“Sensörü kaldırın.”

“Sensörü beyaz nesneye tutun.”

“Kalibre ediliyor.”

“Sensörü kaldırın.”

“Sensörü siyah nesneye tutun.”

“Sensörü kaldırın.”

“Kalibre edildi.”

komutları sesli olarak kullanıcıya işittirilmektedir [35].

Sensörden renk okunurken parlak yüzeyler ve parlak olmayan pürüzlü yüzeylerde değerler birbiri ile uyuşmamaktadır. Bu da okunan renklerin farklı olmasına sebebiyet vermektedir. Bu sorunu gidermek için numune beyaz ve siyah nesneler, parlak yüzeyli ve pürüzlü olmak üzere ikiye ayrıldı. Kalibrasyon yaparken iki yüzey içinde aynı işlemler tekrarlandı ve maksimum ve minimum referans değerleri kaydedildi.

3.3.4. Renk Okuma

Nesnelerden yansıyan ışığın rengi, nesnenin renginin bir fonksiyonudur. Örneğin, kırmızı bir nesne üzerine odaklanan beyaz ışık, kırmızı olarak yansır. Yansıyan kırmızı ışık, R-G-B çıkış voltajları üreten renk sensörüne çarpar. Üç voltaj yorumlanarak renk belirlenebilir [42].

Tez çalışmasında nesnelerin renk içerikleri okunurken önce kırmızı ışık nesneye tutulur ve 5 defa okuma yapılır her okumadaki sensör değeri toplanır ve ortalaması alınır ve kaydedilir. Daha sonra bu işlem yeşil ve mavi renkler için de tekrarlanır. Şekil 3.22.’de bu işlemlerin arduino kodları verilmiştir.

```
digitalWrite(led_r, LOW); // Kırmızı LED'i aç
delay(100); //LDR'nin dengelenmesi için 100 ms bekleyin
// Sensör okumayı gerçekleştirir
okuma_ldr[0] = ortamOkuma(Ortalama);
```

Şekil 3.22. Kırmızı LED yakma ve okuma Arduino kodları.

Yukarıdaki kodda kırmızı LED “LOW” yapılmış diğer yeşil ve mavi “HIGH” yapılmıştır. Bu ortak anotlu RGB LED kullanmamızdan dolayıdır.

“OrtamOkuma (Ortalama)” fonksiyonu kodları kalibrasyon bölümünde verilmiştir. Okumalar sağlandıktan sonra renklerin sensördeki değer karşılıkları RGB değerleri ile

uyuşmadığı için bu değerleri 0-255 RGB değerleri arasına oturtabilmek için “constrain” ve “map” komutları kullanıldı.

Map komutu bir dizi tamsayı değerini başka bir aralık veya tamsayı değerlerine ölçeklendirir. Bu ölçeklendirme aşağıdaki komutlarla yapılmaktadır

“map(okuma_ldr[0], black_cal[0], white_cal[0], 0, 255);”

Bu komutta white_cal maksimum okunan değerdir. Beyaz nesneye tutularak elde edilir. Black_cal ise min okunan değerdir. Siyah nesneye tutularak elde edilir. “constrain” komutu sınırlama fonksiyonunun parametreleri olarak verilen değer aralığını bitiş noktalarına sınırlar. Aşağıda constrain komutunun kullanımı verilmiştir.

“constrain(map(okuma_ldr[0], black_cal[0], color_cal[0], 0, 255),0,255); “

Bu komutta map komutu ile ölçeklendirilen okuma_ldr [0] değeri 0-255 değer aralıkları ile sınırlandırılmıştır.

Sensör artık 0-255 değerleri arasında değer veren kırmızı, yeşil, mavi okumaları rengin RGB içeriği hakkında bilgiler vermektedir. Tablo 3.4.’de bazı renkler için RGB değerleri ve RGB’ye dönüştürülmeden önceki LDR değerleri görülmektedir. Tablodaki LDR değerleri LDR’de okunan voltajın 0-1023 arası voltaj karşılığıdır. Bunları map ve constrain komutları ile 0-255 değerleri arasına sınırlandı.

Tablo 3.4. LDR direnç değerleri ve RGB değerleri.

RENKLER	LDR değerleri			RGB değerleri		
Beyaz	902	778	737	255	254	255
Siyah	561	339	309	0	0	0
Turkuaz	803	719	659	171	217	201
Turuncu	899	529	425	252	98	41
Kırmızı	870	436	386	227	40	15

RGB değerleri ve renkleri ayrıca processing programıyla bilgisayar ekranından da gözlemlenebilir. Processing programıyla gözlemlenen RGB değerlerini ses eşleştirmede referans değerler olarak kullanılır [13]. RGB değerlerinde artı – eksi 10 toleranslı okuma yapıldı. Bu da okumadaki hataları azaltmada yardımcı olmaktadır. Processing

yazılım kavramlarını görsel form, hareket ve etkileşim ilkeleriyle ilişkilendirir. Processing görsel bilgisayar programlamanın temellerini öğretmek, bir yazılım tasarlama defteri olarak kullanılmak üzere oluşturulan programlama dilidir.

Arduino ile RGB değerleri elde ettikten sonra aşağıda komutlarla RGB değerlerini ekrana yazdırıldı.

```
Serial.print("R = ");
Serial.println(red, DEC);
Serial.print("G = ");
Serial.println(green, DEC);
Serial.print("B = ");
Serial.println(blue, DEC);
```

Processing programı Arduino ile seri porttan haberleşir. Processing programı seri porttan Arduinoda yazılan yukardaki komutlarla ekrana yazdırılan değerleri alır ve içindeki kütüphane sayesinde RGB değerlerini ekrana renk olarak gösterir. Şekil 3.23. 'de processing programında RGB, HSV ve HSL renk uzaylarındaki renkleri ekrana yansıtılmış bir görüntü görülmektedir.



Şekil 3.23. Processing programında gerçek zamanlı görüntü

Renk sensörü ile algılanan renk paleti resmi ise Şekil 3.24.' de görülmektedir. Processing programının ekranında görülen rengin RGB içeriği ile renk paletindeki kırmızı rengin birbirine çok yakın olması için sensör yazılımı geliştirildi. Bunun için RGB değerlerine bir dördüncü parametre olan beyaz ışık altında LDR okuması eklendi. Böylece parlak renklerde beyaza yaklaşıma ve kırmızı renklerde turuncuya kaçma hatası giderildi. Algılamada beyaz değişkeninin eklenmesi ile nesnelerin renginin açık renkte mi koyu renkte mi olduğu da tespit edilmektedir.



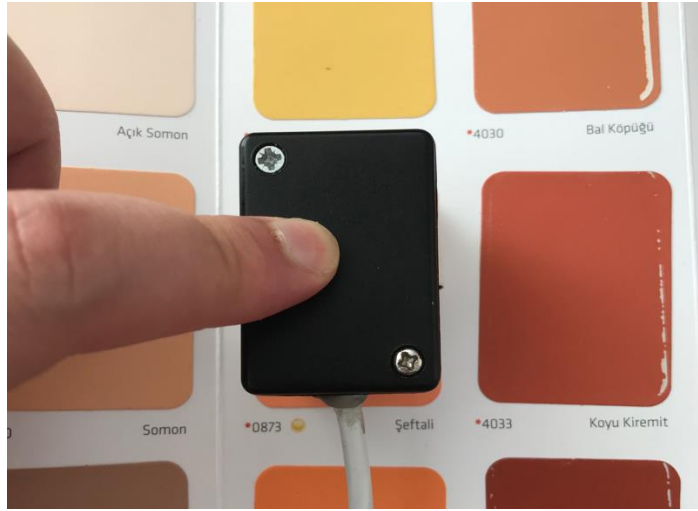
Şekil 3.24. Renk paletinin algılanması

Şekil 3.25. 'de R: 252, G:209, B: 137 değerlerine sahip Şeftali turuncusu rengi görülmektedir. Bu. Renge ait sensörde okunan voltaj değerleri ise aşağıdaki gibidir.

Kırmızı: 4,4482V

Yeşil: 3,4668V.

Mavi: 2,5781V.



Şekil 3.25 Şeftali turuncusu rengi okuması

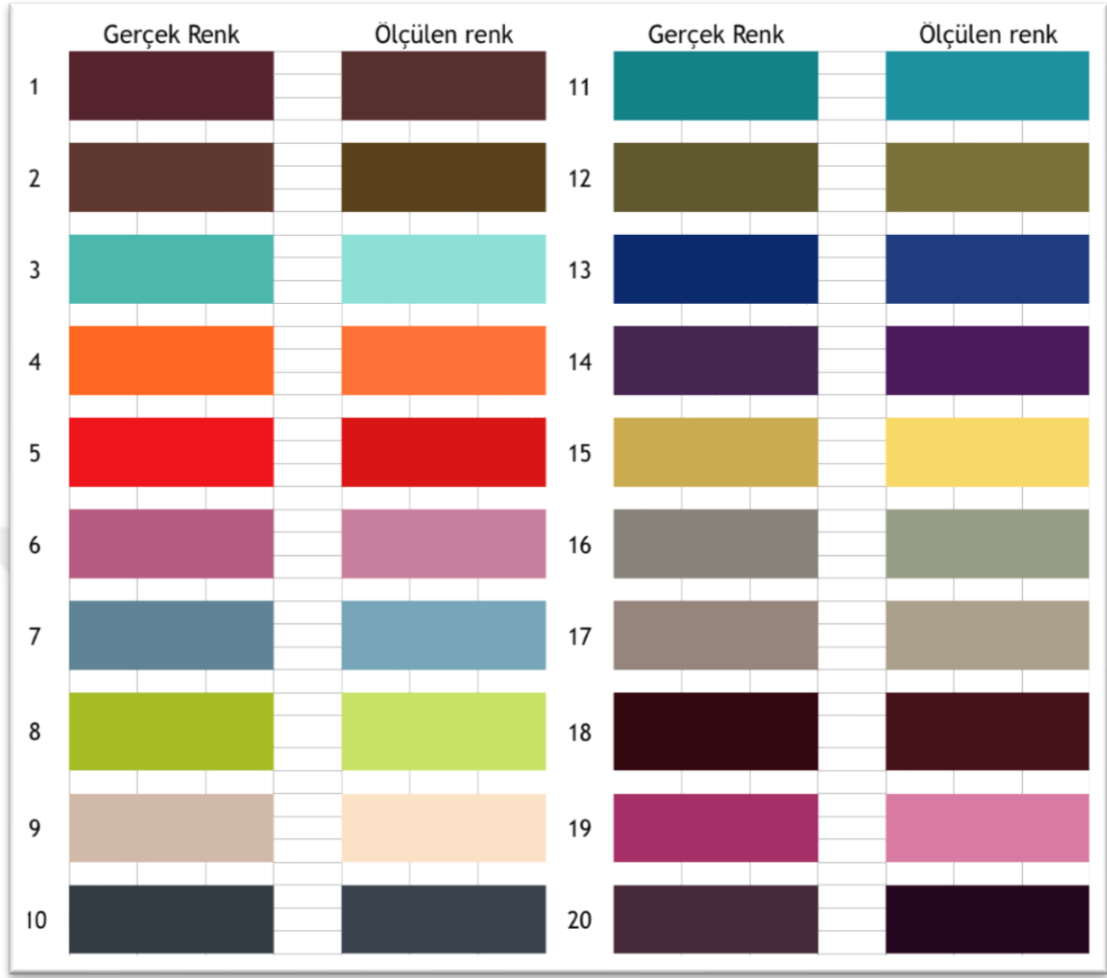
LDR 'nin kırmızı, yeşil, mavi ışıktaki direç değerleri ise aşağıdaki gibidir.;

Kırmızı: 1240 Ω

Yeşil: 4422 Ω

Mavi: 9394 Ω

Şekil 3.26. 'da ise gerçek renklerin cihaz tarafından ölçülen renklerle kıyaslaması gösterilmektedir. Koyu renklerden Açık renklere gidildikçe cihaz biraz daha parlak göstermektedir. Bu sonuç görme engelli bir insanın günlük hayatında önemsenmeyecek bir farklılıktır. 19 ve 20 nolu örneklerde parlak olmayan giysilerde denenmiştir. 19 nolu örnek açık renk olduğundan ölçülen renk değeri normalden daha açık ölçülmüştür. 20 nolu örnekte ise koyu renk olduğundan normalden daha koyu ölçülmüştür. Bu nesnenin parlak yüzeyli olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.26. Gerçek renk ile ölçülen renkler

LDR devresine 5V tatbik edildiğinde okunan direnç değerleri Tablo3.5.'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi ışık miktarı arttıkça direnç değeri düşmektedir. Bununla ters orantılı olarak 10k Ω luk direnç üzerinden okunan analog sinyaldeki voltaj değeri Şekil 3.16.'daki bağlantıya uygun olarak parlak renklerde artmaktadır.

Tablo 3.5. LDR direnç değerleri ve Sensör voltaj değerleri

RENK TELEFFUZLARI	LDR DİRENÇ DEĞERİ Ω			SENSÖR VOLTAJ DEĞERİ (V)		
Beyaz	1340	3247	4105	4,409	3,774	3,545
Siyah	7385	16877	18764	2,876	1,860	1,738
Turkuaz	2752	4525	5778	3,921	3,442	3,169
Turuncu	1353	9768	14381	4,404	2,529	2,051
Kırmızı	1730	14094	16324	4,263	2,075	1,899
Koyu Pembe	1797	7686	7625	4,238	2,827	2,837
Gri Mavi	2962	6126	6650	3,857	3,101	3,003
Limon Yeşili	1811	4027	10941	4,233	3,564	2,388
Krem	1353	3894	5657	4,404	3,599	3,193
Koyu Gri	4670	12213	13704	3,408	2,251	2,109
Bitter	5329	14208	18132	3,262	2,065	1,777
Çimen Yeşili	2220	3819	10521	4,092	3,618	2,437
Zeytin Yeşili	2752	7933	13220	3,921	2,788	2,153
Koyu Lacivert	5925	12069	9357	3,140	2,266	2,583
Mor	3763	14323	11157	3,633	2,056	2,363
Koyu Lila	4670	11468	9692	3,408	2,329	2,539
Sarı	1365	4163	10118	4,399	3,530	2,485
Gri	2162	5876	7686	4,111	3,149	2,827
Kapuçino	2047	6126	8253	4,150	3,101	2,739
Kahve	5059	14976	16528	3,320	2,002	1,885

RGB renk skalasındaki değerler $255 \times 255 \times 255 = 16.581.375$ adettir. Bu renkler insan gözü tarafından algılanabilmektedir. Fakat birbirine yakın değerleri ayırt etmemiz zorlaşır. Bu nedenle bazı aralıklar hem RGB uzayında hem de HSL ve HSV uzaylarında belirlendi. Mesela turuncu rengi için aşağıdaki gibi bir aralık belirlenmiştir. Burada üç farklı aralık belirlenmiştir bunun nedeni kırmızı değeri değişirken farklı oranlarda yeşil ve mavi değerlerinin değişmesidir.

(Red ≥ 225 && red ≤ 255 && blue ≥ 28 && blue ≤ 92 && green $\geq$ blue + 30 && green $\leq$ blue + 90 && green ≤ 165)

(Red ≥ 225 && red ≤ 255 && blue > 0 && blue ≤ 93 && green ≥ 116 && Green ≤ 165)

(Red ≥ 200 && red ≤ 225 && blue ≥ 28 && green $\geq$ blue + 30 && green $\geq$ blue + 90 && green ≤ 119)

Her renge ait sesin çalınması için sadece RGB uzayı kullanılmadı. Kolaylık sağlamak için HSL ve gerektiğinde HSV uzaylarından da yararlanıldı. Aşağıda bunun bir örneği görülmektedir.

```
else if (nH >= 44 && nH >= 64 && nSL >= 68 && (nL - nH) >= 1 && (nL - nH) <= 42 && nL <= 86 && nL >= 67) {
```

```
    tmrpcm.play("e_a_s.wav"); // açık sarı rengi ismi çalınıyor.
```

```
    delay(1368);
```

```
}
```

Buradaki nH, değeri Hue (renk tonu), nSL saturasyon, nL ise lightness yani açıklıktır. Bu değerler RGB değerlerinden türetilmiştir. Aşağıda bu dönüşümün Arduino kodları verilmiştir.

//RGB yi HSL ve HSV YE dönüştürme işlemi

```
nR = red, nG = green, nB = blue;
```

```
nR = nR / 255, nG = nG / 255, nB = nB / 255; // RGB değerleri 0 ile 1 arasına ayarlanır
```

```
nCMax = max(max(nR, nG), nB); // maksimum değer bulunur
```

```
nCMin = min(min(nR, nG), nB); // minimum değer bulunur
```

```
nDelta = nCMax - nCMin;
```

```
if (nDelta > 0) { // Eğer delta sıfırdan büyükse
```

```
    if (nCMax == nR) { // Maksimum değer kırmızı renge ait ise
```

```
        nH = 60 * (fmod(((nG - nB) / nDelta), 6));
```

```
        nH2 = nH;
```

```
    } else if (nCMax == nG) { // Maksimum değer yeşil renge ait ise
```

```

nH = 60 * (((nB - nR) / nDelta) + 2);

nH2 = nH;

} else if (nCMax == nB) { // Maksimum değer mavi renge ait ise

    nH = 60 * (((nR - nG) / nDelta) + 4);

    nH2 = nH;

}

if (nCMax > 0) else {

    nS = 0;

    nSL = 0;

}

```

Buraya kadar özel tip belli başlı renklere sesler tanımlandı. Daha sonra çevredeki her şeyin rengini seslendirmek için RGB değerlerini 20 şer arttırarak toplamda:

$14 \times 14 \times 14 = 2744$ renge 100 tane renk ismi vererek seslendirildi. Algılama aralığı ise 10 değer altı ve 10 değer üstü olarak belirlendi. Böylece rengi cihaza okutturulduğunda seslendirilmeyen renk kalmamış oldu. Şekil 3.26'da bu kodların bir bölümü görülmektedir.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya Engellilik Raporuna göre hükümetlerin ve diğer paydaşların engellilerin, eğitim, sağlık, istihdam ve sosyal hizmetler gibi herkese yönelik herhangi bir hizmette eşit katılımının önündeki engelleri ortadan kaldırması gerekir. Bu gerçekleşmesi için yasa, politika, kurum ve ortamlarda değişiklik yapılmasını gerekir. Sadece engelli kişilerin insan haklarını yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda daha uygun maliyetli çözümler de üretilmesi gerekir Engelli insanlar bütün bu çalışmaların odağında yer almalıdırlar.

Dünya genelinde 36 milyon görme engelli yaşamaktadır. Bu insanlar için teknoloji her geçen gün yeni gelişmelerle çözümler üretmeye devam ediyor. Bu tez çalışmasında görme engelli insanların etrafındaki cisimlerin renkleri hakkında fikir sahibi olmaları için Renk-Ses dönüştürücü devresi geliştirilmiştir. Tez çalışmasının ilk dönemlerinde renkleri algılayabilmek için sensör tasarımıyla kullanılan fototransistör yardımıyla cisimden yansıyan renklerin emiterde oluşturduğu voltajlar tespit edilmiştir. Bu voltaj değerleri Arduino'nun serial ekranındaki çıktıların sayısal dönüşümü sağlanarak elde edilmiştir. Sonraki adımda ise Arduino'nun ses frekansı üretme yetenekleri kullanılarak sensör devresinden Arduino'nun analog giriş pinine gelen voltaj değerleri, renk voltaj veri tabanındaki değerlerle karşılaştırılarak uygun renge atanan ses frekans değerleri bir zil devresi yardımıyla çalınmaktadır.

Cihazda sayısı geliştirilmeye açık 14 değişik renk ile temsil edilen renk içerikleri, Arduino Mega 2560 kartına bağlı renk sensörü ile algılanıp yine Arduino'nun içinde bulunan ses devresi aracılığıyla farklı frekanslardaki ses tonlarına dönüştürülmüştür. Böylece renklerin görme engelliler tarafından ses olarak duyulması ve ayırt edilebilmesi mümkün olmuştur. Tezin ilk aşamasında ses devresinden çıkan kare dalga sesler renkler

Hakkında dalga sesler daha algısal bir bilgi vermektedir. Örneğin kırmızı rengin açık kırmızı mı koyu kırmızı mı olduğu uygun bir ses tonu ile algılanabilmektedir. Kullanıcı bunu yaparken bir öğrenme ve alışma sürecine de girmektedir. Bu öğrenme sürecini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için, tez çalışmasının ikinci aşamasında, daha yetenekli modüller kullanılarak ses tonları yerine, rengin ismini kullanıcıya söyleyecek bir devre oluşturulmuştur.

Bu çalışmada cihazda 100 farklı renk ismi ile seslendirilen renk içerikleri, Arduino Mega 2560 kartı ile algılanıp SD kart modülü sayesinde kullanıcıya işittirilmiştir. Doğru renk sonuçları elde edebilmek için cihaz kalibre edilmiştir. Kalibre edilirken parlak ve pürüzlü yüzeyler için ayrı ayrı değerler kaydedildi. Böylelikle parlak bir yüzeyle aynı renkteki pürüzlü yüzeyden aynı değerler alınabilmektedir. Buna rağmen renkler açık renklere doğru gittikçe pürüzlü yüzey ölçümlerinde gerçek renklere göre daha parlak değerler ölçülmüştür. Bu sorun giderilmek için parlaklık analizi yapılmıştır. Parlaklığı 150 değerinden fazla olan pürüzlü renkler için parlak renk okuma fonksiyonu çağırılmıştır. Böylece daha sağlıklı sonuçlar gözlemlenmiştir.

Renkler Arduino programının seri port ara yüzünden metin olarak Processing programıyla ise gerçek renk görüntüleri olarak gözlemlenmiştir. Processing programında görülen görüntüler ölçülen gerçek değerlerle çok büyük bir yakınlık göstermektedir. Bazı renklerde kırmızı renginin RGB değeri 20-25 değer fazla çıkmakta. Bu durum kalibrasyon değerlerindeki siyah değerlerinin yazılımsal olarak artırılması ile çözülmektedir. Processing programında ayrıca renklerin HSL ve HSV değerleri de görülmektedir.

Okunan renklere aralıklarına karşılık gelen 100 adet renk ismi sesli olarak kullanıcıya işittirilmektedir. 2744 renk aralığı ve bunlara ek olarak RGB HSL ve HSV renk uzayları kullanılarak tanımlanan aralıklar sayesinde bütün renklerin doğruya çok yakın telaffuzları kullanıcıya işittirilmektedir. Renkler arası en fazla uzaklık 20 RGB değeri arasındadır. Buda insan gözünün yakın renkleri ayırt etmesi için yeterli bir aralıktır. Cihaz okunamayan renk çıktısı üretmemektedir.

Tez çalışmasında kullanılan cihaz düşük maliyetlidir. Arduino kart, SD modül ve sensör ile birlikte yaklaşık 90 tl ye mal olabilmektedir. Kullanılan fotodedektörün LDR olması maliyeti arttıran üç filitreli fotodiyot kullanma ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Ayrıca

literatürdeki kamera ile çalışma, bilgisayara ihtiyaç duyma gibi gereksinimleri de ortadan kaldırmıştır. Taşınabilir bataryalar ile cihaz enerjilendirilerek herhangi bir kablolama ihtiyacı da ortadan kalkmaktadır. Ayrıca diğer çalışmalardaki gibi görme engelli kişiler için fazla bir öğrenme sürecine de gerek kalmamıştır.

Tez çalışmasında renk ölçümünde üç optik algılayıcı (LDR, fototransistör, fotodiyot) kullanıldı. En iyi sonuç LDR ile yapılan sensörde alındı. Fototransistör ve fotodiyotta koyu renklerde processing programında renkler gerçeği ile uyuşma sağlayamadı. Bunun nedeni fototransistörün ve fotodiyotun bağlı spektral hassasiyetlerin görünür bölgeyi tam kapsamaması ve infrared (800nm-1000nm) ışığa daha duyarlı olmasıdır. LDR' nin bağlı spektral hassasiyeti ise görünür bölgede olduğu için koyu renklerde iyi sonuçlar vermektedir.

Çalışmada gerçekleştirilen renk-ses dönüştürücü devresi, sadece görme engelliler için değil, ışık ve aydınlatmanın yetersiz olduğu ortamlarda renk bilgilerini almak isteyen diğer insanların da kullanabileceği yetenektedir.

KAYNAKÇA

1. Erdoğan, E., Saraçoğlu, Ö.G. 2016 Görme engellilerin renkleri algılaması için renk- ses dönüştürücü tasarımı. in *International Artificial Intelligence And Data Processing Symposium (Idap'16)* Malatya.
2. Megep. 2012, (Web sayfası: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sensörler%20Ve%20Transduserler.pdf) (Erişim Tarihi: Ocak 2017)
3. Sensors, İ.t., (Web sayfası: <http://engineering.nyu.edu/gk12/amps-cbri/pdf/Intro%20to%20Sensors.pdf>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
4. WTEC, H.-L., 1996, Optical Sensor Technologies. (Web sayfası: http://www.wtec.org/loyola/opto/c6_s3.htm) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
5. Ripka, P., Tipek, A., 2007, *Modern Sensors Handbook*. ISTE Ltd: United States. p. 515.
6. Jewanski, J., Colour and Music. (Web sayfası: <http://www.musictheory21.com/jae-sung/syllabus/graduate/rameaustudies/-2002-1/documents/color-and-music.pdf>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
7. Yurdanur, M., Altun, H., Renk Sentezleyici Tasarlayarak Renk Oluşturulması Ve Taos Tcs230 Programlanabilir Renk Sensörü Kullanılarak Renk Tanıma Uygulaması. (Web sayfası: https://www.academia.edu/5537912/Renk_Sentezleyici) (Erişim Tarihi)
8. McKeithan, C.M., 1973. Application of light emitting diodes and phototransistors to photometers. **Georgia Institute of Technology**.
9. Abboud, S., et al., 2014. EyeMusic: Introducing a “visual” colorful experience for the blind using auditory sensory substitution. **Restorative Neurology and Neuroscience** 32: 247–257.
10. Sofu, M.M., et al., 2013. Elmaların görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırılması ve leke tespiti. **Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 8(1): 12-25.
11. Cavaco, S.a., et al., 2013. From pixels to pitches: unveiling the world of color for the blind. **Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**: 1-8.

12. Polzer, A., Gaberl, W., Zimmermann, H. 2011 Filter-Less vertical integrated RGB color sensor for light monitoring. in *In MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention*. Opatija in Croatia.
13. Gruhlke, R.W., Burak, D., Dungan, T.E., Vertical tri-color sensor. Google Patents. 2009
14. Saracoglu, Ö.G., Altural, H., 2010. Color regeneration from reflective color sensor using an artificial intelligent technique. **Sensors**, **10**(9): 8363-8374.
15. Shevell, S.K., 2003, The Origins Of Modern Color Science, pp. 1-36. in: *The Science of Color*. Elsevier, Chicago.
16. Hunt, R.W.G., Pointer, M.P.D. 2011 Measuring Colour. [Electronic Resource]. Wiley-IS&T series in imaging science and technology. Hoboken, N.J. : Wiley, 2011., UK. 493 pp. s.
17. Randall, D., Charlotte, N., 1997. Instruments for the measurement of color. **Color Technology in the Textile Industry, Second Edition**, AATCC: 9-17.
18. Seymour, J. 2009 Color measurement with an RGB camera. in Proc. TAGA- Technical Association of the Graphic Arts, Proceedings of the 61st Annual Meeting. Swansea, United Kingdom.
19. Chong, T.F., 1988. Instrumental measurement and control of colour. **Review of Progress in Coloration and Related Topics**, **18**(1): 47-55.
20. Renjini, A., Dileep, D., 2017. Spectrophotometry And Spectrometry - Concept And Applications. **Ijariie**, **2**(4): 96 100.
21. Sanda, F.M., et al., 2012, Spectrophotometric measurments techniques for fermentation proses. (Web sayfası: <http://imtuoradea.ro/bioethanol/UV.VIS.theory.pdf>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
22. Biryol, İ. 1995 Analitik Kimya Ders Kitabı. Vol. 72, Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları s.
23. Joh, N.J., Boon, L.K., Leong, K.Y., 2006. Understanding Avago Technologies RGB Color Sensors. **Avago Technologies - Optoelectronic Products Division**.
24. 2007, Reflective color sensing with Avago Technologies' RGB color sensor,. (Web sayfası: <https://www.techonline.com/electrical-engineers/educationtraining-tech-papers/4134870/Reflective-Color-Sensing-with-Avago-Technologies-RGB-Color-Sensor>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)

25. Assaad, M., et al., 2014. Design and Characterization of Automated Color Sensors System. **International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems**, 7(1): 1-12.
26. Quora. (Web sayfası: <https://www.quora.com/If-black-absorbs-all-light-then-how-do-we-see-the-colour-black-because-we-see-things-by-the-reflection-of-light>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
27. Pascale, D., 2003. A review of rgb color spaces... from xyy to r'g'b'. **Babel Color**, 18: 136-152.
28. Introduction to Color Spaces. (Web sayfası: https://www.tutorialspoint.com/dip/introduction_to_color_spaces.htm) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
29. Hunt, R.W.G. 2005 The Reproduction Of Colour. 8 ed. John Wiley & Sons s.
30. Human Vision and Color. (Web sayfası: <http://sensitus.biomachina.org/courses-imageproc/121.pdf>) (Erişim Tarihi: Haziran 2018)
31. Color picker, calculator and generator with high precision and contrast test. . (Web sayfası: <http://colorizer.org>) (Erişim Tarihi: Ağustos 2018)
32. 2015, Arduino Software (IDE). (Web sayfası: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Environment>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
33. Margolis, M. 2011 Arduino Cookbook. O'Reilly Media, Inc., United States of America. 658 s.
34. Alpat, A., 2012, Arduino Mega 2560 Nedir? (Web sayfası: <http://arduinoturkiye.com/arduino-mega-2560-nedir/>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
35. Erdoğan, E., Saraçoğlu, Ö.G. 2017 Yüzey renk bilgisinin belirlenerek bilgisayar destekli işitsel olarak üretilmesi. in *1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings Book*. Malatya.
36. Guide to SD Card Module with Arduino. (Web sayfası: <https://randomnerdtutorials.com/guide-to-sd-card-module-with-arduino/>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
37. SD Card Module. (Web sayfası: <https://www.direnc.net/arduino-micro-sd-card-module>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
38. Color sensor. (Web sayfası: <http://home.roboticlab.eu/en/examples/sensor-color>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)

39. Using Common Cathode and Common Anode RGB LED with Arduino. (**Web sayfası:** <https://create.arduino.cc/projecthub/tech-duino/using-common-cathode-and-common-anode-rgb-led-with-arduino-7f3aa9>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
40. Common anode RGB led. (**Web sayfası:**<http://www.eng.utah.edu/~cs5789/-links.html>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
41. The Color of Sound. (**Web sayfası:** http://www.flutopedia.com/sound_color.-htm) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
42. Technologies, A., 2007, Reflective Color Sensing with Avago Technologies' RGB Color Sensor. (**Web sayfası:** <http://www.avagotech.com/docs/AV02-0172EN>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
43. Adobe Audition CC. (**Web sayfası:**<http://www.adobe.com/tr/products-/audition.html>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
44. LDR Arduino Circuit Diagram. (**Web sayfası:**<http://cactus.io/hooks/sensors/-light/ldr/ hookup-arduino-to-ldr-sensor>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)
45. AnalogRead(). (**Web sayfası:** <https://www.arduino.cc/reference/en/language/-functions/analogio/analogread/>) (Erişim Tarihi: Mart 2018)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Eşref ERDOĞAN
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 17 Ağustos 1983, Mersin
Medeni Durumu: Bekâr
Tel: +90 388 211 29 43
Fax: +90 388 211 29 49
Email: eşref. erdogan@ohu.edu.tr
Yazışma Adresi: Niğde Teknik Bilimler MYO Derbent Yerleşkesi
 Merkez/NİĞDE

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Mersin Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği	2005
Lise	Dumlupınar Lisesi, Mersin	2000

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2012- Halen	Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2010-2011	BES ELEKTRİK ELEKTRONİK LMT ŞTİ	Elektrik Şantiye Şefi
2009-2010	Setaş AŞ Doğalgaz Çevrim Santrali	Elektrik Elektronik Mühendisi
2008-2009	BALİTECH AŞ	Araştırma Geliştirme / AR-GE Mühendisi
2007-2007	Yüksel İş	Şantiye Şefi

YABANCI DİL

İngilizce,

YAYINLAR

1. Erdoğan, E., Saraçoğlu, Ö.G. 2016 Görme engellilerin renkleri algılaması için renk-ses dönüştürücü tasarımı. in International Artificial Intelligence And Data Processing Symposium (Idap'16) Malatya.
2. Erdoğan, E., Saraçoğlu, Ö.G. 2017 Yüzey renk bilgisinin belirlenerek bilgisayar destekli işitsel olarak üretilmesi. in 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies Proceedings Book. Tokat.