



**KENDİNDEN AYARLANABİLİR GÖZLÜK
TEKNOLOJİSİNDE DİJİTALLEŞME ÜZERİNE
BİR UYGULAMA**

Areej Mohammed BUQUNADAH

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU**

**KENDİNDEN AYARLANABİLİR GÖZLÜK TEKNOLOJİSİNDE
DİJİTALLEŞME ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Areej Mohammed BUQUNADAH

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU**

**KARABÜK
Ağustos 2021**

Areej Mohammed BUQUNADAH tarafından hazırlanan “KENDİNDEN AYARLANABİLİR GÖZLÜK TEKNOLOJISİNDE DİJİTALLEŞME ÜZERİNE BİR UYGULAMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU
Tez Danışmanı, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/08/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Sabri ALTUNKAYA (NEÜ) Çevrimiçi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hacı Mehmet KAYILI (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Areej Mohammed BUQUNADAH

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENDİNDEN AYARLANABİLİR GÖZLÜK TEKNOLOJİSİNDE DİJİTALLEŞME ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Areej Mohammed BUQUNADAH

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU

Ağustos 2021, 55 sayfa

Birçok gözlük kullanıcısı, görmedeki sürekli düşüş nedeniyle lenslerini değiştirmek zorunda kalmaktadır. Bazen bazı kişilerin farklı aktiviteleri gerçekleştirmek için farklı derecelerde birden fazla gözlük kullanması rahatsız edici olabilmektedir. Bu nedenle optik alanındaki araştırmacılar bu sorunu çözmek için çözümler geliştirmektedir.

Bu çalışma, lenslerinin derecesini değiştirmek için kontrol edilebilen gözlükler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu tür gözlükler, miyop ve benzeri göz sorunları olan hastalara yardımcı olmaktadır. Bu tez çalışmasında, iki lens arasına sıvı silikon enjekte edilerek aralarındaki mesafeyi kontrol etmek ve böylece lenslerin derecesini değiştirmek esas alınarak medikal gözlükler tasarlanmıştır. Mercekler arasındaki sıvı miktarı, kontrol devresine bağlı bir Android uygulaması tarafından kontrol edilmektedir.

Gözlüğün etkinliğini ve çalışmaya hazır olmasını sağlamak için bir kaç test ve deney yapılmıştır. Testler lens ölçüm cihazları yardımıyla gerçekleştirilmiş, kabul edilebilir ve iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Eski çalışmalarda sıvı enjeksiyon mekanizması, lens içindeki sıvı miktarının manuel olarak ayarlanmasına dayanmaktadır. Bu çalışmada ise, enjeksiyon mekanizmasının otomatik hale gelmesi ve bir cep telefonu ile kontrol edilip otomatik olarak ayarlanabilmesi açısından farklıdır. Bu sayede, gözlük kullanan bireyler için gözlük ayarlama sürecini kolaylaştırır, hastayı takip eden doktor kişiye uygun ayarları mobil uygulama hafızasında saklayabilir ve ardından kişi tekrar değerleri girmek zorunda kalmadan ayarları uygulayabilmektedir.

Anahtar Sözcükler : Değişken odaklı mercekler, akıllı gözlük, optik, ayarlanabilir gözlük.

Bilim Kodu : 92504

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AN APPLICATION ON DIGITALIZATION IN SELF- ADJUSTABLE EYEWEAR TECHNOLOGY

Areej Mohammed BUQUNADAH

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Biomedical Engineering

Thesis Advisor:

Asst.Prof.Dr. Ahmet Reşit KAVSAOĞLU

August 2021, 55 pages

Many eyeglasses users need to change the lenses they use due to the continuous decline in their vision. Sometimes it is uncomfortable for some people to use several glasses of different degrees. For this reason, researchers in the field of optics are developing solutions to solve this problem.

This work aims to develop eyeglasses that can be controlled to change the degree of its lenses. This type of glasses helps patients with myopia and similar eye problems. In this thesis work, the glasses were designed based on controlling the distance between two lenses by injecting liquid silicone and thus changing the degree of lenses. The amount of liquid between the lenses is controlled by an Android application connected to the control circuit.

Several tests and experiments have been carried out to ensure the effectiveness and readiness of the glasses. The tests were carried out with the help of lens measuring

Devices, acceptable and good results were obtained ensuring the effectiveness of the glasses.

In previous studies, the fluid injection mechanism was based on manual adjustment of the amount of fluid in the lens. In this study, it is different in that the injection mechanism becomes automatic and can be controlled and adjusted automatically with a mobile phone. This facilitates the process of adjusting glasses for children and the elderly, the doctor following the patient can store the appropriate settings in the mobile application memory, and then the person can apply the settings without having to enter the values again.

Key Word : Variable focal lenses, smart glass, optics, adjustable eyeglasses.

Science Code : 92504

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Reşit KAVSAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	8
İNSAN GÖZÜ	8
2.1. GÖZÜN ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ.....	8
2.1.1. Göz Küresinin Anatomisi	8
2.1.2. Göz Fizyolojisi	10
2.1.3. Görme Fizyolojisi	11
2.2. GÖZDEKİ KIRMA HATALARI	11
2.2.1. Miyopi	12
2.2.2. Hipermetropluk.....	13
2.2.3. Astigmat.....	13
2.2.4. Presbiyopi	14
BÖLÜM 3	15
MERCEKLER	15
3.1. DÜZELTİCİ LENSLER.....	15
3.1.1. Tek Görüşlü Mercek	15

	<u>Sayfa</u>
3.1.2. Çift Odaklı Mercek	15
3.1.3. Üç Odaklı Mercek.....	16
3.1.4. Gelişen Mercek	17
3.1.5. Plano Lensler	17
3.1.6. Ayarlanabilir Odaklı Lensler	18
3.2. AYARLANABİLİR LENS SİSTEMLERİ	18
3.2.1. Alvarez Lensler.....	18
3.2.2. Sıvı Kristal (LC) Lensler	19
3.2.3. Şekil Değiştiren Mekanizmalı Değişken Odaklı Lensler	20
3.2.3.1. Esnek Membran Sıvı Lensler.....	21
3.2.3.2. Elektrostatik Sıvı Ayarlanabilir Lensler	22
3.2.3.3. Şeffaf Sıvı Dolgulu Lensler	22
BÖLÜM 4	24
DİJİTAL AYARLANABİLİR GÖZLÜK TASARIMI	24
4.1. MEKANİK TASARIM	24
4.1.1. Gözlük Çerçevenin Tasarımı	24
4.1.2. Merceğin Tasarımı.....	24
4.2. ELEKTRİK DEVRE TASARIMI.....	26
4.2.1. Arduino Mikro	28
4.2.2. Stepper Motor	29
4.2.3. A4988 Step Motor Sürücü	29
4.2.4. HC-05 Bluetooth Modülü	30
4.3. MOBİL UYGULAMA TASARIMI	31
4.3.1. Android Uygulama Geliştirme Ortamı	31
4.3.2. Akıllı Gözlük Mobil Uygulaması	33
BÖLÜM 5	35
DENEYSSEL UYGULAMA VE SONUÇLAR.....	35
5.1. LENSOMETRE TESTLERİ	35
5.2. OPTİK TESTLER	37

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6	38
SONUÇ VE TARTIŞMA	38
6.1. TARTIŞMA.....	38
KAYNAKLAR	40
EK AÇIKLAMALAR A. KILLI GÖZLÜK ARDUINO KODLARI.....	45
EK AÇIKLAMALAR B. AKILLI GÖZLÜK MOBİL UYGULAMA KODLARI ..	50
ÖZGEÇMİŞ	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Kısa görüşlülük (miyopi) ve uzak görüşlülük (Hipermetropi) [2].	1
Şekil 1.2.	Makas gözlük [6].	2
Şekil 1.3.	Gerçekleştirilen sistem blok şeması.	4
Şekil 1.4.	Ren ve Tson Wu tarafından önerilen sıvı mercek [7].	5
Şekil 1.5.	Bir sıvı merceğin yapısı: a) üst levha, b) alt levha ve merceğin yandan görünüşü c) odaklamama ve d) odaklama durumları [8].	6
Şekil 1.6.	Alvarez–Lohmann merceği, a) mercek kenarı. b) lenslerin lens tutuculara montaj yönü [9].	6
Şekil 2.1.	İnsan gözünün yapısı [15].	9
Şekil 2.2.	Göz küresinin kutupları, eksenleri, meridyenleri ve ekvator [14].	9
Şekil 2.3.	Göz küresinin yatay kesit diyagramı [16].	10
Şekil 2.4.	Normal bir göz ile miyop bir göz arasındaki farkı [21].	12
Şekil 2.5.	Normal bir göz ile ileri görüşlü bir göz arasındaki farkı [23].	13
Şekil 2.6.	Normal bir göz ile astigmat bir göz arasındaki farkı [24].	14
Şekil 2.7.	Normal göz ile presbiyopiden etkilenen göz arasındaki fark [26].	14
Şekil 3.1.	Çift odaklı lensler [30].	16
Şekil 3.2.	Üç odaklı mercek [32].	16
Şekil 3.3.	Gelişen Mercek [32].	17
Şekil 3.4.	Alvarez merceği [38].	19
Şekil 3.5.	A) Voltaj kapalı ve b) voltaj açık durumda homojen olmayan hücre aralığına sahip sıvı kristal lensin çalışma prensipleri ve yapısı. ITO: indiyum kalay oksit [39].	20
Şekil 3.6.	Esnek membran sıvı lens [41].	21
Şekil 3.7.	Sıvıyla ayarlanabilen lens [41].	22
Şekil 3.8.	Çıkarılabilir pompalı ve yan kollarda ayar çarklı Adspecs gözlükleri [43].	23
Şekil 3.9.	Değişken bir okuma ilavesi sağlamak için mesafe düzeltme ve ayarlanabilir lenslerin kombinasyonu ile Superfocus [42].	23
Şekil 4.1.	STL yazılımında tasarlanmış gözlük çizimi.	25
Şekil 4.2.	Gözlük çerçeve tasarımı.	25
Şekil 4.3.	Mercek sıvı dolu halinde.	25

Sayfa

Şekil 4.4. Esnek iç lensler [44].	26
Şekil 4.5. PCB baskılı devre kartın şeması.	26
Şekil 4.6. 12 Volt DC adaptör PCB kartı ve bazı elektronik devre elemanları.	27
Şekil 4.7. PCB'ye bağlı 3D baskılı mekanizma.	27
Şekil 4.8. Elektrik devre şeması.	28
Şekil 4.9. Arduino mikro [46].	28
Şekil 4.10. Stepper motor [50].	29
Şekil 4.11. A4988 step motor sürücü [52].	30
Şekil 4.12. A4988 sürücü bağlantı şeması [53].	30
Şekil 4.13. HC-05 Bluetooth modülü [56].	31
Şekil 4.14. App inventor tasarım düzenleyici [58].	32
Şekil 4.15. Blok düzenleyici [58].	32
Şekil 4.16. Akıllı gözlük Android uygulaması.	33
Şekil 4.17. Akıllı gözlük Android uygulamasının arayüzü.	33
Şekil 5.1. Mercekleri sıvı ile doldurma süreci.	35
Şekil 5.2. Essilor CLE 070 lensmetre cihazı.	36
Şekil 5.3. 40 cm mesafeden iki lensin karşılaştırılması.	37
Şekil 5.4. Her mercek farklı derecede ayarlanabilir.	37
Şekil 5.5. Farklı kırılma derecesiyle sıvı-dolu mercekler.	37
Şekil Ek A.1. Ana sayfa kodu.	51
Şekil Ek A.2. Yeni kayıt sayfası kodu.	52
Şekil Ek A.3. Kayıtlar sayfası.	53
Şekil Ek A.4. Bluetooth ile bağlama ve değerler gönderme sayfası.	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1. Sıvı miktarı ve ortaya çıkan dereceler. 36



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

- UV : Ultraviolet (Morötesi ışını)
- PDMS : Polydimethylsiloxane (Polidimetilsiloksan)
- ERG : Elektoretinogram (Elektoretinogram)
- TS : Türk Standardı
- LC : Liquid Lrystal (Sıvı Kristal)
- ITO : Indium Tin Oxide (İndiyum Kalay Oksit)
- GRIN : Voltage-Controlled Graded Index (Voltaj Kontrollü Kademeli İndeks)
- TF : Through-Focus (Odaklanma)
- PCB : Printed Circuit Board (Baskılı Devre Kartı)
- DC : Direct Current (Doğru Akım)
- SSP : Serial Port Standard (Seri Port Standardı)
- VFL : Variable Focal Lenses (Değişken Odaklı Mercekler)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanlarda görme sorunları en yaygın sağlık sorunlarından biridir. Yaşla gözün doğal mercekleri bozulmaya başlar ve görme duyusunda miyop, uzak görüşlülük, astigmatizm ve presbiyopi gibi durumlara neden olmaktadır. Miyopi, yakındaki nesnelere net, uzaktaki nesnelere bulanık görmeyi ifade etmektedir. Uzak görüşlülük (Hipermetropi), uzaktaki nesnelere net bir şekilde görmeyi, yakındaki nesnelere ise odak dışında olmayı ifade etmektedir. Astigmatizmde gözün eğriliğinde bir kusur oluşur, bu da görmeye bulanıklığa neden olmaktadır. Presbiyopi, yakındaki nesnelere net bir şekilde odaklanma yeteneğinde bozulma ile sonuçlanan gözün yaşlanmasıyla ilişkili fizyolojik bir eksikliklerdir. Şekil 1.1’de miyopi ve uzak görüşlülüğü gösterilmektedir [1].



Şekil 1.1. Kısa görüşlülük (miyopi) ve uzak görüşlülük (Hipermetropi) [2].

Görmeyi düzeltmek için en yaygın ve en eski çözüm, mercek ve gözlük kullanmaktır. Romalılar, küçük metinleri okumaya yardımcı olabilecek küçük küresel cam parçaları geliştirmişlerdir. Tarihte bilinen ilk giyilebilir gözlükler, 13. yüzyılda İtalya’da ortaya çıkmıştır. İlkel cam mercekler, ahşap veya deri çerçevelere (veya hayvan boynuzundan yapılmış çerçevelere) yerleştirilmiştir. Bu gözlüklerin popülaritesi Rönesans döneminde arttı ve çoğunlukla rahipler ve keşişler tarafından kullanılmıştır [3].

13. Yüzyılda İbn-i Heysem, İbn-i Sina, Kindi ve Öklid gibi bilim insanları eserlerinde optik ve ışıkla ilgili bilgilere yer vermeye başlamışlardır. Bu araştırmalardan, ışığın cisimlerden kaynaklanmadığı, cisimlerden yansıdığı fikri kabul görmeye başlamıştır [4, 5].

“Kulak üstü” çerçevelerin icadından sonra gözlükle ilgili yeni gelişmeler hızlanmaya başlamıştır. 18. Yüzyıl’da gözlük ile ilgilinen önemli gelişmelerden biri, iki odaklı merceğin keşfidir. Tarihsel kaynaklar iki odaklı gözlüklerin 1780’lerde Benjamin Franklin tarafından geliştirildiğini belirtmektedir. Presbiyopi kusuruna sahip olan Franklin, iki odaklı merceğini uzak ve yakın mesafeler için kullanmıştır [4, 6].

18. yüzyılda gözlük ile ilgili diğeri bir önemli gelişme ise gözlük sapının bulunması olmuştur. Gözlük çerçeveleri için sapın icat edilmesi ile birlikte farklı çerçeve modelleri geliştirilmeye başlanmıştır. Zengin insanlar tarafından aksesuar olarak tercih edilen makas gözlükler de bu yüzyılda üretilmiştir [4]. Şekil 1.2’de makas gözlük gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Makas gözlük [6].

19. yüzyılda gözlük tasarımcıları, gözlük saplarına menteşe ekleyerek gözlüklere kıvrılabilme özelliği kazandırmışlardır. Bu yüzyılda uygun maliyetli gözlüklerin üretilmesi ile birlikte insanlar gözlükleri günlük hayatta da kullanmaya başlamışlardır. Bu yüzyılda göz sağlığı ile ilgili endüstriler artmıştır [3].

20. Yüzyılda renkli camlar ışık duyarlılığı için kullanılmıştır. Sir William Cookes, 1913’te mor ve kızılötesi ışınları emen bir cam üretmiştir. Bu teknolojinin renkli camlara uygulanması ile birlikte güneş gözlükleri geliştirilmiştir. Güneş gözlüğü ilk

başlangıcında havacılık alanında kullanılmıştır. Güneş gözlüklerinin kullanımı 1929 yılında yaygınlaşmıştır. 1929 yılında ışığın kutuplanma (polarizeolma) özelliği keşfedilmiş ve. bu keşiften sonra polarize güneş gözlükleri geliştirilmiştir. 1940'lerde plastik üretiminin gelişmesi ile birlikte farklı şekil ve büyüklükte gözlük çerçeveleri üretilmeye başlanmıştır. [4].

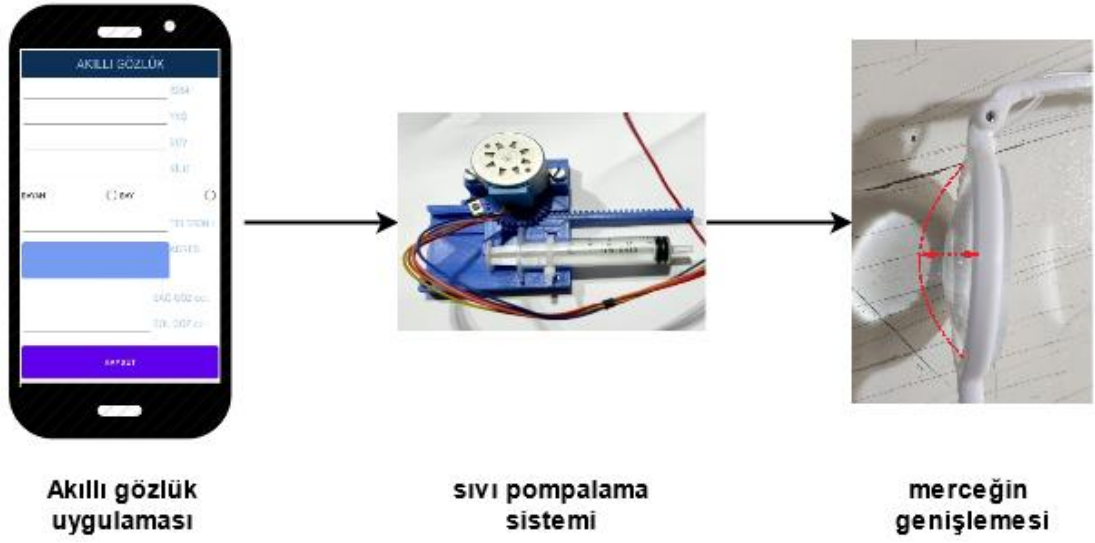
Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte, üreticiler, lensler arasındaki mesafeyi ve hizalamayı değiştirme olanağı sağlayan, tek bir çerçevede birden fazla lens tipini içeren gözlük türleri geliştirmişlerdir. Bu, mercek düzeltme derecesinin kullanıcıya uyacak şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, iki lens arasına sıvı silikon enjekte edilerek aralarındaki mesafeyi kontrol etmek ve böylece lenslerin derecesini kontrol etmek esas alınarak medikal gözlük tasarlanmıştır. Mercekler arasındaki sıvı miktarı, kontrol devresine bağlı bir Android uygulaması tarafından kontrol edilmektedir. Uygulama, kullanıcının lensleri belirli bir konuma ayarlamasını sağlar ve mercekleri otomatik olarak ayarlamak için gelecekte kullanılmak üzere yerleşik hafızasında saklamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, lensler arasına sıvı enjekte edildiğinde genişleyen esnek lensler içeren gözlükler üretmektir. Bu, merceğin derecesini değiştirme sürecini kolaylaştırır. Böylece kullanıcı, farklı derecelerde birden fazla gözlük kullanmak yerine tek bir gözlük kullanabilir ve bunları gerektiği gibi ayarlayabilmektedir.

Ayrıca bu tez çalışmasında cep telefonu ile kontrol edilebilen bir gözlük çözümü üretmeyi amaçlamaktadır. Bu gözlükler, günlük aktivitelerini gerçekleştirmek için farklı derecelerde gözlük kullanan kişiler için uygundur. Ayrıca uzun süre ekrana bakan ve okuyan kişiler tarafından da kullanılabilir.

Bu çalışmada Şekil 1.3'de gösterilen sistem blok diyagramı gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sıvı mercekli ayarlı gözlük tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sıvı mercek ayarlanması için step motor kontrollü enjektör bulunan sıvı pompalama sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sıvı pompalama sistemi tasarlanan akıllı gözlük mobil uygulaması ile kontrol edilebilmektedir.



Şekil 1.3. Gerçekleştirilen sistem blok şeması.

Kendinden ayarlı akıllı gözlüğün genel tasarımı, mobil uygulamasından komutların alınması ve daha sonra gözlüğün iki kolunda bulunan sıvı enjeksiyon mekanizması ile sıvı miktarının ayarlanmasına dayanmaktadır.

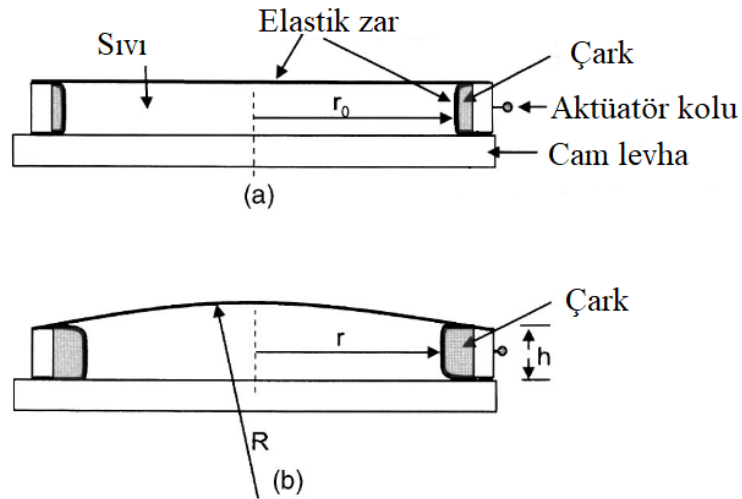
Bu tez çalışması şu şekilde tanzim edilmiştir:

Bölüm 1’de tez konusu hakkında bilgi verildikten sonra literatürde benzer çalışmalar özetlenmiş ve sistem blok diyagramına yer verilmiştir. Bölüm 2’de insan gözünün anatomisi ve insan görme fizyolojisinden bahsedilmiş ve insan gözünü etkileyen yaygın görme sorunları açıklanmıştır.

Bölüm 3’te gözlüklerde kullanılan mercek çeşitleri ve birden fazla mercek içeren sistemlerden bahsedilmiştir. Bölüm 4’de bu tez çalışmasının konusu olan gözlüğün bileşenleri, tasarımı ve mekanizması anlatılmıştır. Bölüm 5’te gerçekleştirilen gözlük tasarımı üzerinde deneysel uygulamalar yapılmış ve sonuçlara yer verilmiştir. Bölüm 6’da tez çalışması genel bir değerlendirme ile sonuçlarından bahsedilmiş ve benzer çalışmalarla arasındaki farklılıklar tartışılmıştır.

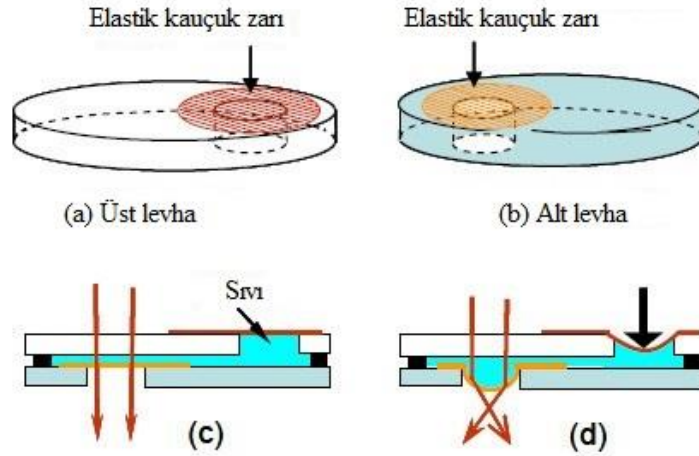
Literatürde benzer çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Ren ve Tson Wu 2005 yılında, ayarlanabilir sıvı dolu bir mercek önermişlerdir. Mercekleri elastik bir zar, katı bir plaka ve ayarlanabilir bir halkadan oluşur, merceğin içinde sabit hacimli bir sıvı depolanmıştır. Anahtar kısım, iris diyaframına benzeyen kullanılan halkadır. Halkanın yüzeyleri elastik bir zar ile kapatılmıştır. Halkanın yarıçapı ayarlanabilmektedir. Halkanın yarıçapını ayarlayarak, mercekte depolanan sıvı yeniden dağıtılacak, böylece elastik zarın eğriliği değişecektir. Bu nedenle, mercek hücresi ışığın yakınsamasına veya uzaklaşmasına neden olmaktadır. Özetle, Ren ve Tson, diyafram boyutunun değiştirilmesine bağlı olarak değişken odaklı bir sıvı mercek göstermişlerdir. Diyaframın boyutunu kontrol ederek hem pozitif hem de negatif odak elde edilebilmektedir [7]. Şekil 1.4'te Ren ve Tson Wu tarafından önerilen sıvı mercek gösterilmektedir.



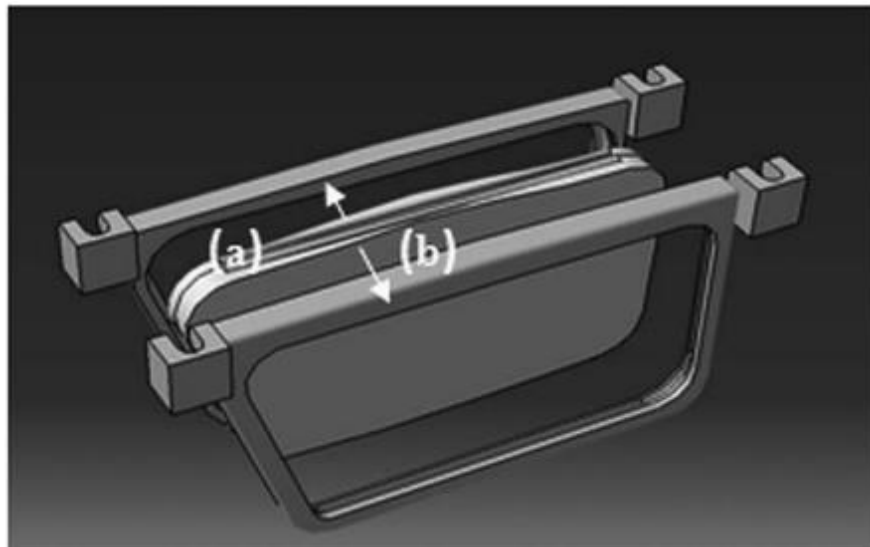
Şekil 1.4. Ren ve Tson Wu tarafından önerilen sıvı mercek [7].

Ren ve Tson Wu, 2007 yılında basınç ile indüklenen sıvı yeniden dağılımına dayalı değişken-odaklı bir sıvı mercek önermişlerdir. Sıvı merceğin açıklık boyutu, (Polidimetilsiloksan) PDMS filminin sertliği ile belirlenmektedir. Açıklık boyutu birkaç milimetreden santimetreye kadar değişebilir. Merceğin odak uzaklığı, mekanik veya piezoelektrik bir aktüatör tarafından kontrol edilmektedir. Merceğin çözünürlüğü 25 lp/mm'dir ve tepki süresi yaklaşık 40 ms'dir, mercek Şekil 1.5'te gösterilmiştir. Bu sıvı mercek, cep telefonu yakınlaştırma merceği ve gerçek zamanlı uydu görüntüleme gibi uygulamalar için kullanılmaktadır [8].



Şekil 1.5. Bir sıvı merceğin yapısı: a) üst levha, b) alt levha ve merceğin yandan görünüşü c) odaklamama ve d) odaklama durumları [8].

2011 yılında Zapata ve Barbero, Alvarez-Lohmann ilkesine dayalı ayarlı gözlük mercekleri önerdiler. Bu mercekler, subjektif kırma kusurları ölçümü ve düzeltilmesi için düşük maliyetli gözlükler sağlamak için kullanılabilir. Bu teknolojinin avantajlarını geliştirmek için yeni bir mekanik çerçeve tasarlanmıştır. Tasarım, gözbebekleri arasındaki mesafeyi lenslerin optik merkezlerinininkiyle eşleştirmek için bir mekanizma içerir, tasarımı Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Çerçeve, düşük maliyetli plastik enjeksiyon kalıplama teknikleri kullanılarak üretilmektedir. Mekanik tasarımın işleyişini test etmek için bir prototip oluşturmuşlardır [9].



Şekil 1.6. Alvarez-Lohmann merceği, a) mercek kenarı. b) lenslerin lens tutuculara montaj yönü [9].

Silver vd. 2011 yılındaki çalışmalarında, gelişmekte olan ÷lkelerde bazı mercek türlerinin bulunmaması sorununu çözmüşlerdir. Çözümü, kırılmayı düzeltmek için kendi kendine ayarlanabilen düşük maliyetli bir gözlük yapmışlardır. 5 dolarlık gözlükler, bir miktar şeffaf silikon yağı ile doldurulmuş sıvı-dolgu merceklerle sahiptir. İlk versiyonda, gözlüklerin yan kollarına monte edilmiş şırıngalar vardır. Bu şırıngalar, iki dairesel şeffaf zar arasında sıkışan sıvı miktarını değiştirmek için kullanılabilir. Zarlar eğilirken bir mercek gibi davranmaktadırlar. Doğru dereceye ulaşıldığında, lens kapatılır ve şırıngalar çıkarılabilir [10].

Wang vd. 2014 yılında presbiyopiyi düzeltmesi için bir çift diyoptri-ayarlı gözlük önermişlerdir. Gözlük, lens hücresinin tüm yüzeyinde ayarlanabilir bir optik güç sağlamaktadır. Kullanıcı gözlük köprüsündeki bir kayan çubukla optik gücü kontrol edebilmektedir, böylece presbiyopik görme etkin bir şekilde düzeltilebilir. Ön deneylerden elde edilen sonuçlar, presbiyopi hastası bu gözlük yardımıyla yakın ve uzaktaki nesnelere net bir şekilde gözlemleyebildiğini göstermiştir [11].

Padmanaban vd. 2018 yılında, Autofocals adlı yeni bir presbiyopi düzeltme gözlüğü tanıtmışlardır, gözlükleri, göz takipçilerden ve bir derinlik sensöründen gelen verileri birleştirerek doğal adaptasyon yanıtını simüle eder ve ondan sonra odak ayarlı mercekleri otomatik olarak ayarlamaktadır. Testlerde Autofocals, geleneksel düzeltme gözlüklerine çok yakın ve bazen onlardan daha iyidir [12].

BÖLÜM 2

İNSAN GÖZÜ

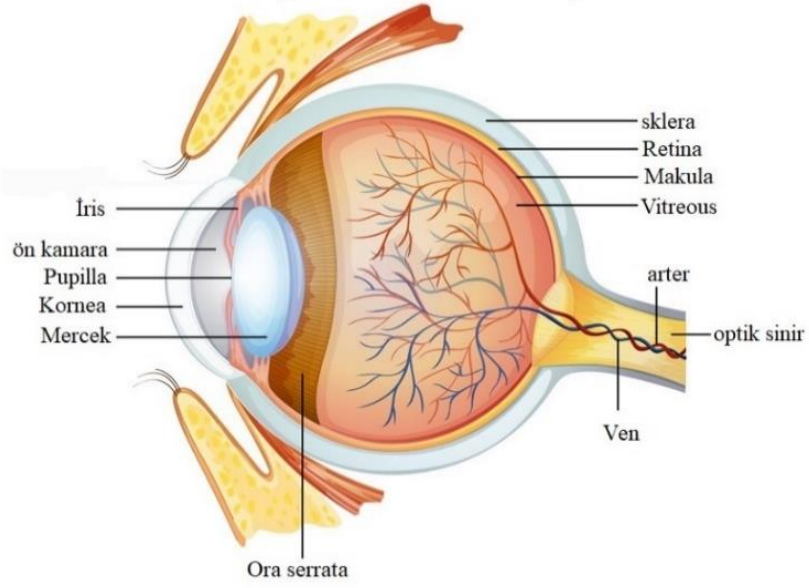
2.1. GÖZÜN ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ

İnsan gözü ışığa tepki veren ve görme fonksiyonu ile görevli bir organdır. Retinadaki çubuk ve koni hücreleri, görünür ışığı algılayabilen ve bu bilgiyi beyne iletebilen fotoreseptif hücrelerdir. Gözümüzün yaklaşık 1/5'ini görünmektedir. Yaklaşık 22 mm yarıçaplı bir küredir. Göz küresi yörünge kemikli kenarları ile çevrilidir. Göz kapağı, gözyaşı bezi ve drenaj sistemi; göz çukurunun diğer oluşumları ve kirpikler gözün yardımcı organlarını oluşturmaktadır. Beyinden çıkan 12 çift sinirden 6'sı gözle ilişkilidir. Retinaya odaklanan ışık, fotokimyasal bir reaksiyonla elektrik enerjisine dönüştürülür ve optik sinir yoluyla beyne iletilmektedir. Beyin ise her iki gözden gelen bilgileri tek bir görüntü oluşturmak için birleştirir. İnsan retinası tarafından görülebilen en kısa dalga boyu 380 nm (nanometre) iken en uzun dalga boyu ise 760 nm dir [13].

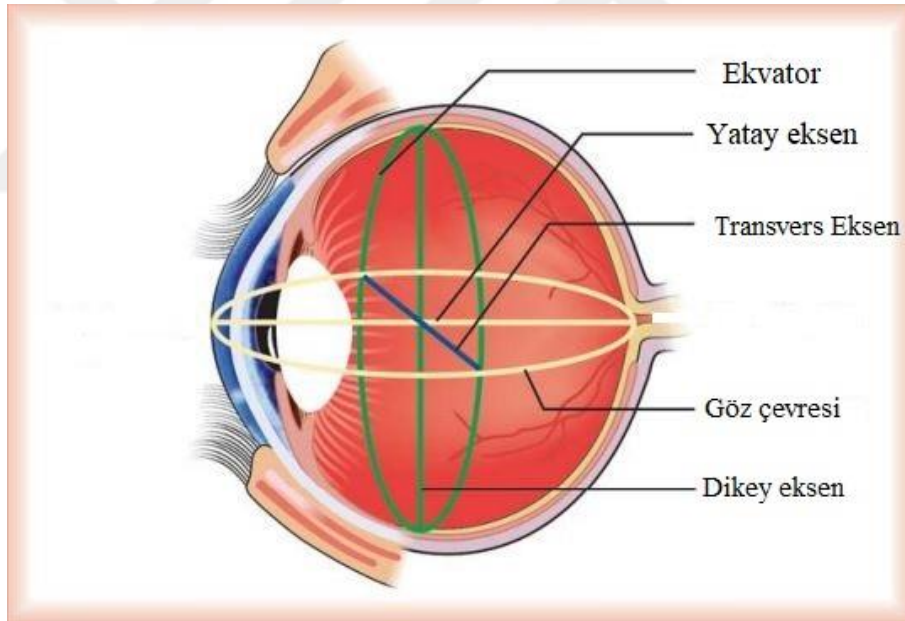
2.1.1. Göz Küresinin Anatomisi

Göz küresi Şekil 2.1'de gösterilmiş, yörünge adı verilen burun kökünün her iki tarafında yer alan dörtgen piramit şeklindeki kemik boşluğunda yer almaktadır. Her bir göz küresi, ekstraoküler kaslar ve fasyal kılıfları tarafından askıya alınır. Koruyucu bir yastık sağlamak için göz küresinin arkasında bir yağ yastığı bulunmaktadır [14].

Göz küresinin ön ve arka eğriliklerinin maksimum dışbükeylikleri üzerindeki merkezi noktalara ön ve arka kutuplar denir, Şekil 2.2'de gösterildiği gibi göz küresinin ekseni kutuplardan geçmektedir. Kutupları birleştiren çizgiye meridyen denir. Optik sinir, göz küresini arka kutbun 3 mm medialinden terk eder ve yörünge kemikli kenarları ile çevrilidir. Göz küresinin ve yörünge kemikli kenarları arasında bir açı oluşturmaktadır [14].



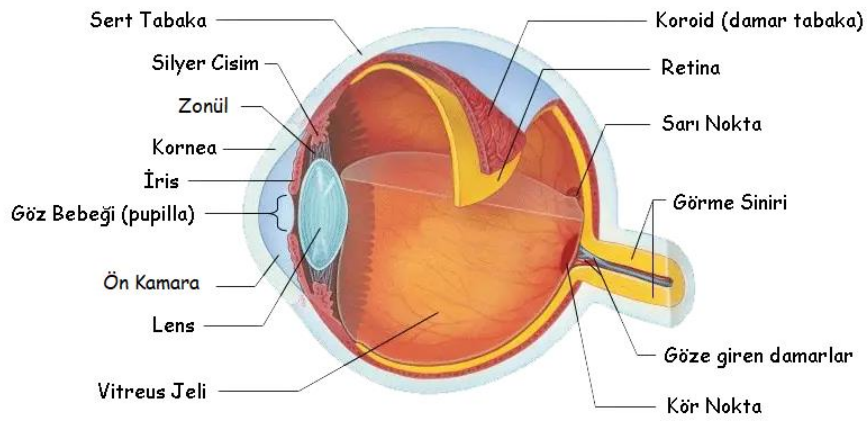
Şekil 2.1. İnsan gözünün yapısı [15].



Şekil 2.2. Göz küresinin kutupları, eksenleri, meridyenleri ve ekvator [14].

Şekil 2.3’de gösterildiği gibi göz küresi üç eş merkezli tunikten oluşmaktadır. Dış tunik, anterior altıda bir şeffaf kısım, kornea ve geri kalan altıda beş opak kısım olan skleradan oluşmaktadır. Ara vasküler tunik, koroid, siliyer cisim ve iris’ten oluşmaktadır. En içteki duyarlı katman olan retina, birincil amacı olan ışık alma ve ışık uyarılarını dönüştürme amacına hizmet eder ve merkezi sinir sistemine optik

sinir olan bir sinir lifi yolu ile bağlanmaktadır. Skleranın ön kısmı, göz kapaklarının üzerinden yansıyan ve aynı zamanda korneanın, yani limbusun çevresine sıkıca yapışan konjonktiva olan bir mukoz membranla kaplıdır. Göz küresi ön ve arka segmente ayrılabilir. Ön segment kornea, ön kamara, iris, arka kamara, lens ve siliyer cisimden oluşmaktadır. Arka segment, vitreus mizahı, retina, koroid ve optik sinir tarafından doldurulan vitreus boşluğundan oluşmaktadır. Lens, lensin asıcı ligamenti (zonül) adı verilen ince narin fibriller tarafından siliyer cisimden asılmaktadır. Ön kamara önde korneanın arka yüzeyi, arkada iris ve lensin ön yüzeyi ile sınırlıdır. Arka kamara önde irisin arka yüzeyi, arkada siliyer cisim ve zonül tarafından sıralanmaktadır. Her iki kamara da göz sıvısı içerir ve gözbebeği aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurmaktadır [14].



Şekil 2.3. Göz küresinin yatay kesit diyagramı [16].

2.1.2. Göz Fizyolojisi

Göz, çevresel bir görme organıdır. Optik olarak saydam ortam, özellikle nesnelerin görüntülerini hassas bir katman olan retina üzerinde odaklayan kornea ve lens nedeniyle işlevini yerine getirir. Göz, göz içi basıncı ile şeklini korumaktadır. Avasküler yapılar, lens ve kornea besinlerini göz sıvısı ile alır. Göz sıvısı oluşumu ve dolaşımı ve göz içi basıncının korunması, gözün fizyolojisinin önemli yönleridir. Göz sıvısı, gözün ön ve arka odacıklarını dolduran berrak bir sıvıdır. Kırılma indisi 1.336 ve viskozitesi 1.025 ila 1.040'tır. Göz sıvısı ozmotik basıncı plazmadan biraz daha

yüksektir. Sulu, glikoz, üre, proteinler, inorganik tuzlar, askorbik asit, laktik asit ve bir miktar çözünmüş oksijen içermektedir [14].

2.1.3. Görme Fizyolojisi

Nasıl gördüğümüz ışığın aktarımına bağlıdır. Işık gözün ön tarafından (kornea) merceğe geçmektedir. Kornea ve mercek, ışık ışınlarını gözün arkasına (retina) odaklamaya yardımcı olur. Retinadaki hücreler ışığı emer ve elektrokimyasal impulslara dönüştürür ardından optik sinir yardım ile beyne aktarılmaktadır. İris ve göz bebeği, gözün arkasına ne kadar ışık gireceğini kontrol eder. Karanlık olduğunda, gözbebeklerimiz büyümektedir ve retinaya daha fazla ışığa girmesine izin verir. Göz merceği odaklanmamıza yardımcı olur, ancak bazen net bir şekilde odaklanmak için ek yardıma ihtiyaç duymaktadır. Gözlükler, kontakt mercekler ve yapay lenslerin daha net görmemize sağlamaktadır [17,18].

2.2. GÖZDEKİ KIRMA HATALARI

Kırılma kusurları, net görmeyi zorlaştıran bir tür görme sorunudur. Gözün şekli ışığın retinaya doğru şekilde odaklanmasını engellediğinde meydana gelirler [19].

Sonsuzluktan gelen paralel ışık ışınları, dinlenme sırasında akomodasyonla retina üzerinde odaklanmadığında ametropi olarak bilinmektedir. Ametropi aşağıdaki nedenlere bağlı olabilir [14].

1. Anormal küre uzunluğu-eksenel ametropi, kürenin çok uzun ve çok kısa uzunlukları sırasıyla miyopi ve hipermetropiyle sonuçlanır. Belki de kürenin ekstenel uzunluğundaki değişim ametropinin en önemli nedenidir.
2. Korneanın veya lensin anormal eğriliği çok fazla ve çok az eğriliğin sırasıyla miyopi ve hipermetropiye neden olduğu eğrilik ametropisi.

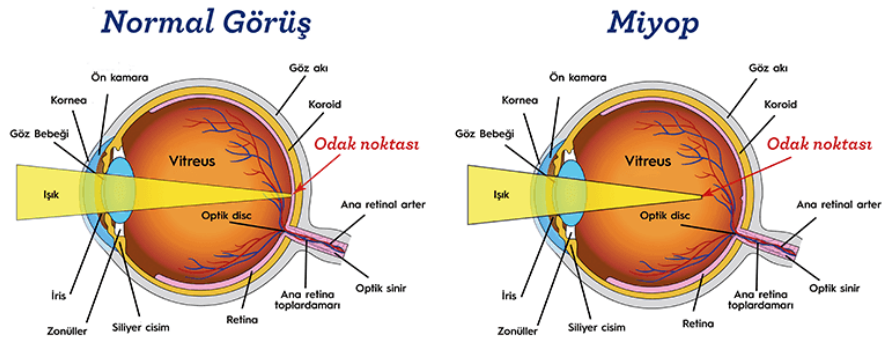
3. Ortamın anormal kırılma indeksleri - kırılma ortamının indekslerinde (kornea, sulu ve lens) artış ve vitreus indeksinde azalma olduğu indeks ametropi miyopiye neden olurken, zıt koşullar hipermetropiye yol açmaktadır.
4. Merceğin anormal konumu merceğin öne doğru yer değiştirmesi miyopiye ve geriye doğru yer değiştirmesi hipermetropiye yol açmaktadır.

4 yaygın kırma kusuru türü vardır [19]:

1. Yakın görüşlülük (miyopi) uzaktaki nesnelerin bulanık görünmesidir.
2. Uzak görüşlülük (hipermetrop), yakındaki nesnelerin bulanık görünmesidir.
3. Astigmat, uzaktaki ve yakındaki nesnelerin bulanık veya bozuk görünmesidir.
4. Presbiyopi, orta yaşlı ve yaşlı yetişkinlerin olayları yakından görmesini zorlaştırmaktır.

2.2.1. Miyopi

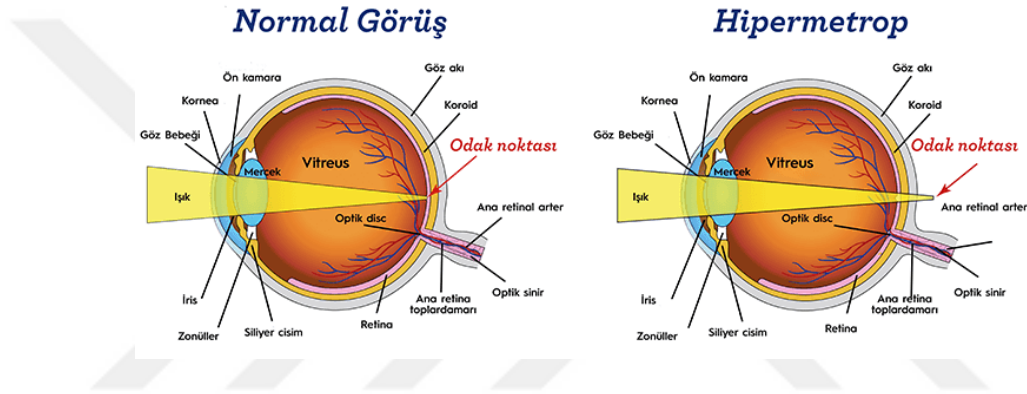
Yakını görememe olarak da bilinen miyopi, ışığın retina üzerinde değil de önünde odaklandığı bir göz bozukluğudur. Bu, uzaktaki nesnelerin bulanık olmasına ve yakın nesnelerin normal görünmesine neden olur. Diğer semptomlar baş ağrısı ve göz yorgunluğunu içerebilir. Gözlük veya kontakt lens kullanarak optik düzeltme en yaygın tedavidir [20]. Şekil 2.4 normal bir göz ile miyop bir göz arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 2.4. Normal bir göz ile miyop bir göz arasındaki farkı [21].

2.2.2. Hipermetropi

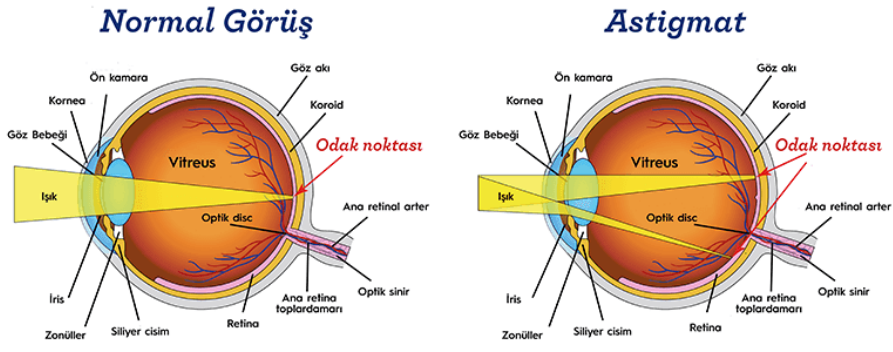
Uzak görürlük, olarak da bilinen hipermetrop, uzaktaki nesnelere net olarak görüldüğü ancak yakındaki nesnelere bulanık görüldüğü bir göz bozukluğudur. Bu bulanık etki, gelen ışığın retina duvarı üzerinde değil de arkasında odaklanmasından kaynaklanmaktadır [19]. Uzak görürlüğün en basit tedavisi, düzeltici lenslerin, gözlük veya kontakt lenslerin kullanılmasıdır. Uzak görürlüğü düzeltmek için kullanılan gözlüklerin dışbükey lensleri vardır [22]. Şekil 2.5 normal bir göz ile ileri görüşlü bir göz arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 2.5. Normal bir göz ile ileri görüşlü bir göz arasındaki farkı [23].

2.2.3. Astigmat

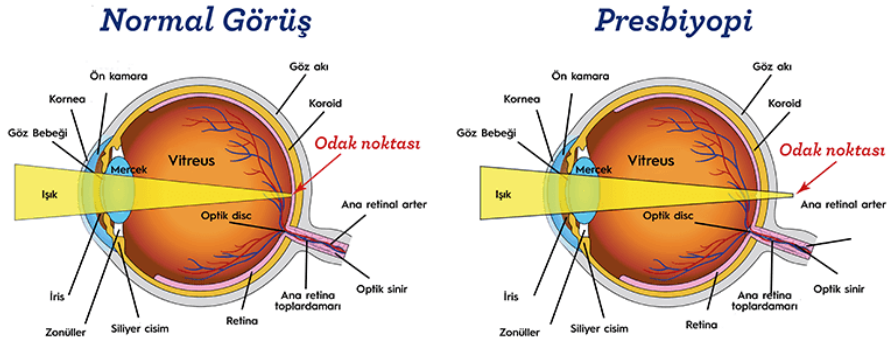
Astigmat, gözün ışığı, gözün arkasındaki ışığa duyarlı doku olan retinaya eşit şekilde odaklayamaması durumudur. Bu görüntülerin bulanık ve uzamış görünmesine neden olabilir. Astigmat gözlük, kontakt lens veya refraktif cerrahi ile düzeltilebilir. Kontakt lensler daha geniş bir görüş alanı sağlayabilmesine rağmen, gözlükler en basit ve en güvenli olanıdır. Refraktif cerrahi, gözün şeklini kalıcı olarak değiştirerek düzeltici lens takma ihtiyacını tamamen ortadan kaldırabilir, ancak tüm elektif cerrahilerde olduğu gibi, invaziv olmayan seçeneklerden hem daha fazla risk hem de masraf ile birlikte gelmektedir [19]. Şekil 2.6 astigmatı göstermektedir.



Şekil 2.6. Normal bir göz ile astigmat bir göz arasındaki farkı [24].

2.2.4. Presbiyopi

Presbiyopi, yakına odaklanma yeteneğinin daha zor hale geldiği yaşa bağlı bir durumdur. Göz yaşlandıkça, mercek artık gözün yakındaki nesnelere net bir şekilde odaklanmasına izin verecek kadar şekil değiştiremez [19]. Presbiyopi tedavisi, düzeltici lenslerin kullanılmasıdır [25]. Şekil 2.7 presbiyopi göstermektedir.



Şekil 2.7. Normal göz ile presbiyopiden etkilenen göz arasındaki fark [26].

BÖLÜM 3

MERCEKLER

3.1. DÜZELTİCİ LENSLER

3.1.1. Tek Görüşlü Mercek

Tek odaklı gözlük camları sadece bir mesafe için uygundur. Uzak mesafeyi düzeltirlerse, kişi yakını net görebilmek için uyum sağlamalıdır. Kişi uyum sağlayamıyorsa, yakın mesafeler için ayrı bir tek odaklı gözlüğe ihtiyaç duyabilir veya çok odaklı bir lens kullanabilir. Bu lensler için tipik adaylar, emetropisi olan hastalar, düşük derecede ametropisi olan (mesafe düzeltmesi gerektirmeyen) hastalar ve düzeltilmemiş görme yakın görev ihtiyaçlarını karşılayan düzeltilmemiş miyopisi olan hastalardır (yakın görevler için gözlüklerini çıkarabilen). Çok odaklı lens kullanımında ciddi zorluk yaşayan bazı hastalar, uzağı ve yakını görmek için ayrı gözlük kullanmayı tercih edebilmektedirler [27].

Uyum, gözün net bir görüntü sağlamak veya uzaklığı değişikçe bir nesneye odaklanmak için optik gücü değiştirme sürecidir [28].

3.1.2. Çift Odaklı Mercek

Çift odaklı mercekler, bir çizgiyle ayrılmış iki bölümden oluşan bir mercektir. Genellikle merceğin üst kısmı uzak görüş için, alt kısmı ise yakın görme kontrolü için kullanılır. Çift odaklı mercek Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Lensin yakın görmeye sağlanan alanına “ekleme segmenti” denir. Hastanın görsel taleplerinin yanı sıra fonksiyonel farklılıklar için seçilen ekleme segmenti için birçok farklı şekil, boyut ve pozisyon vardır. Çift odaklı mercekler, presbiyopisi olan kişilerin gözlüklerini

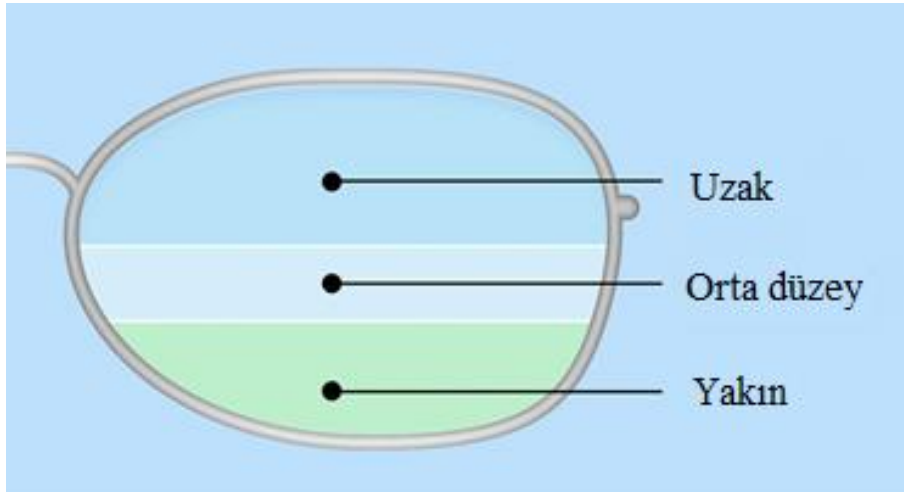
çıkarmaya gerek kalmadan uzağı ve yakını net bir şekilde görmelerini sağlanmaktadır [29].



Şekil 3.1. Çift odaklı lensler [30].

3.1.3. Üç Odaklı Mercek

Üç odaklı lensler, iki odak alanının ortada üçüncü bir alanla (orta odak düzeltmeli) ayrılması dışında iki odaklı lenslere benzer. Bu segment, hastanın görüşünü kol uzunluğundaki ara mesafeler için düzeltir, örneğin: bilgisayar mesafesi. Bu lens tipi, Şekil 3.2'de gösterildiği gibi üç farklı düzeltme segmentini bölen iki segment çizgisine sahiptir [31].

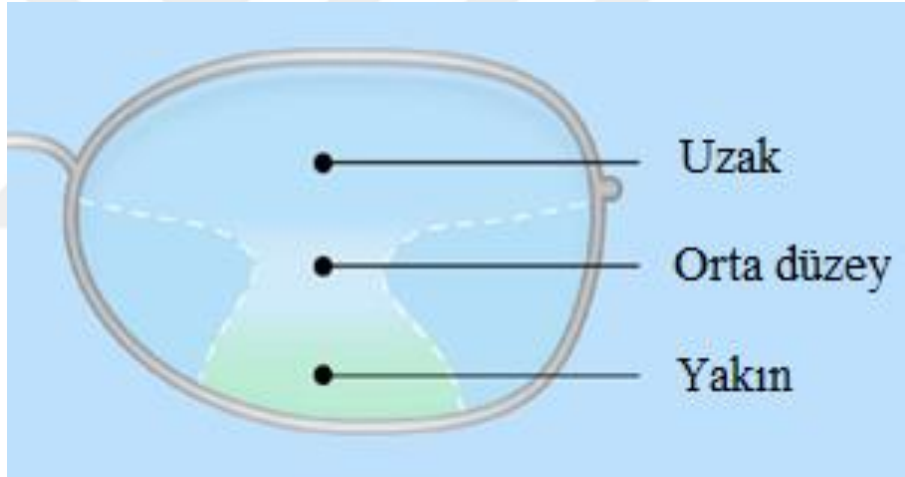


Şekil 3.2. Üç odaklı mercek [32].

3.1.4. Gelişen Mercek

Gelişen Mercek’de bir çift gözlükte üç lens bulunur. Bu gözlüklerinizi değiştirmenize gerek kalmadan yakın görüş (kitap okumak gibi), orta mesafeli çalışmalar (bilgisayardan okumak gibi) veya uzaktan görüş (araba sürmek gibi) yapmanızı sağlar. Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Bazen çok odaklı lensler olarak adlandırılmaktadır [33].

Görme sorunu olan hemen hemen herkes bu lensleri takabilir, ancak genellikle 40 yaş üstü, presbiyopi (ileri görüşlülük) olan ve okuma veya dikiş dikme gibi yakın görüş işleri yaparken görme bulanıklığı olan kişiler için bu lenslere ihtiyaç duyulur. Artan miyopiyi (uzağı görememe) önlemek için çocuklarda da gelişen mercek kullanılabilir [34].



Şekil 3.3. Gelişen Mercek [32].

3.1.5. Plano Lensler

Plano lens, gücü sıfır olan düzeltici bir lensdir. Bu lensler, bir veya iki gözde görme düzeltmesi gerektirmediğinde kullanılır. Doğal görme yeteneği iyi olan bazı insanlar, stil aksesuarı olarak gözlük takabilmektedir [35].

3.1.6. Ayarlanabilir Odaklı Lensler

Ayarlanabilir veya değişken odaklanmanın gücü veya odak uzaklığı, kullanıcının ihtiyaçlarına göre değiştirilebilir. Böyle bir merceğin tipik bir uygulaması, herhangi bir mesafede net görüş sağlayan düzeltmeyi yeniden odaklamaktır. Çift odak mercekten farklı olarak, tüm görüş alanı üzerinde herhangi bir yönde yakın görüş düzeltmesi sağlanmaktadır. Uzak ve yakın görüş arasında geçiş, kafayı eğmek ve/veya döndürmek yerine merceğin yeniden ayarlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Kişinin dikkati farklı bir mesafedeki bir nesneye geçtiğinde sürekli ayarlama ihtiyacı, böyle bir merceğin tasarım zorluğudur. Manuel ayar, çift odak mercek veya benzeri lenslerden daha hantaldır [36].

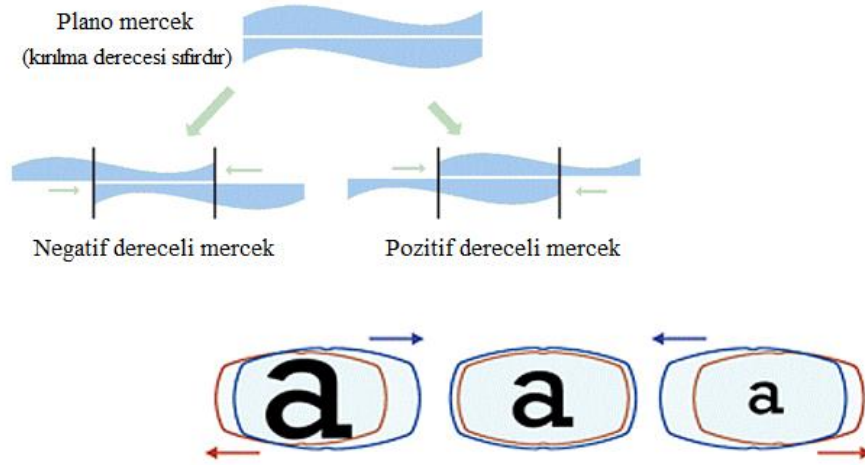
3.2. AYARLANABİLİR LENS SİSTEMLERİ

Ayarlanabilir odak kullanımı, akıllı ayarlanabilir gözlüklerdeki ana şeylerden biridir, bu bölümde ayarlanabilir odak ile lens yapma teknikleri tartışılmaktadır. Ayarlanabilir odak lenslerinin yapısı literatürde geniş bir şekilde ele alınmaktadır. Mevcut 3 tip odak lensi vardır: Alvarez lens, sıvı kristal lens (LC) ve şekil değiştirme mekanizmalı lenslerdir.

3.2.1. Alvarez Lensler

Alvarez merceği Şekil 3.4'te gösterildiği gibidir. Değişken odaklı lensler oluşturmaya yönelik ilk girişimlerden biridir. Her biri bir Plano yüzeye ve iki boyutlu kübik bir profilde şekillendirilmiş bir yüzeye sahip iki geçirgen kırılma plakasının yan al kaymasına dayanan bir değişken odaklı kompozit lens türüdür. İki kübik yüzey eşlenik, rotasyonel olarak asimetric ve asferiktir. Birbirlerinin tersi olacak şekilde yapılırlar ve monte edilirler, böylece her iki plaka da köşeleri optik ekseninde olacak şekilde yerleştirildiğinde, indüklenen faz değişimleri ortadan kalkar ve güç olmaz [37].

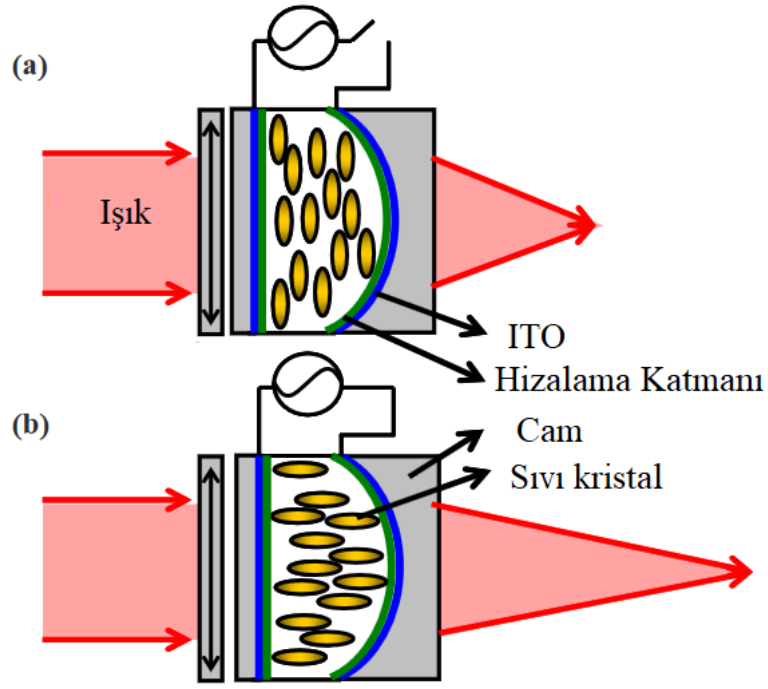
Ancak Alvarez lenslerinde bariz boşluk, kusurlar ve kayar camdaki sürtünme gibi görsel olarak rahatsız edici bazı sorunlar olabilir ve bu da onu bazı pratik durumlarda işe yaramaz hale getirebilmektedir.



Şekil 3.4. Alvarez merceği [38].

3.2.2. Sıvı Kristal (LC) Lensler

Elektriksel olarak ayarlanabilen odak uzunluklarına sahip aktif optik elemanlar olan sıvı kristal (LC) lensler, üç boyutlu ekranlar, görüntüleme sistemleri, mikroskoplar, yakınlaştırma sistemleri ve optik cımbız gibi birçok uygulamaya sahiptir. LC lenslerin düşük güç tüketimi ve ince kalınlık özellikleri taşınabilir cihazlar için umut vericidir. Ana mekanizma, bir LC lensinde yayılan bir gelen düzlem dalgasının, LC direktörlerinin oryantasyonlarının dağılımından dolayı lens benzeri bir faz farkı yaşamasıdır. Gelen düzlem dalgasının dalga cephesi daha sonra yakınsayan veya uzaklaşan bir küresel dalga olarak bükülür. LC lensler temel olarak diyafram boyutuna göre kategorize edilebilir. Küçük diyafram boyutuna (<1 mm) sahip LC lensler, mikrolens dizilerinin uygulamaları için uygundur ve geniş diyafram boyutuna (>1 mm) sahip LC lensler, cep telefonları ve pico projektörler gibi taşınabilir cihazlar için uygundur. Sıvı kristal lensin çalışma prensipleri ve yapısı Şekil 3.5’de gösterilmiştir [39].



Şekil 3.5. A) Voltaj kapalı ve b) voltaj açık durumda homojen olmayan hücre aralığına sahip sıvı kristal lensin çalışma prensipleri ve yapısı. ITO: indiyum kalay oksit [39].

3.2.3. Şekil Değiştiren Mekanizmalı Değişken Odaklı Lensler

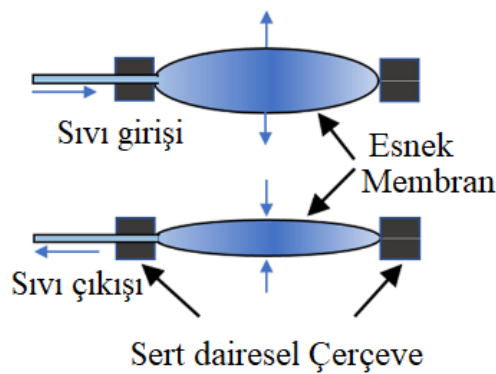
Değişken odaklı lensler (VFLs), bir kontrol sinyaline yanıt olarak ışık dalgası cephesinin eğriliğini değiştirmektedir. VFL, kayan değişken güçlü sert lensler, şekil değiştiren akışkan lensler ve voltaj kontrollü kademeli indeks (GRIN) sıvı kristaller (LCs) dahil olmak üzere çeşitli teknolojiler kullanılarak uygulanmıştır. Bunların her birinin kendine özgü erdemleri ve sınırlamaları vardır. Örneğin, kayar güçlü lenslerin yapımı çok basittir ancak sürtünme ve aşınmaya maruz kalmaktadır. Görünür hava boşlukları ve çok dar görüş alanı da üretirler. Dereceli indeks (GRIN) LC lensler çok az elektrik gücü gerektirdiğinden çekicidir. LC lensler küçük diyaframlarda (birkaç mm çapında) çok iyi çalışır ancak GRIN LC'ler, “çökülmüş” oluklu Fresnel konfigürasyonlarının dikkate değer istisnası dışında, daha geniş diyafram lensleri için gereken faz değişikliklerini sağlayamaz. Fresnel konfigürasyonları genellikle olukların görünürlüğü ve kırınım nedeniyle dairesel gürültü ile ilgili görüntü kalitesi sorunlarına sahiptir. Daha büyük açıklıklara sahip VFL'ler, çevresel çerçevenin şeklini değiştirerek, sıvıyı içeri veya dışarı sokarak ve açıklığı değiştirerek akışkan, esnek

lenslerle gerçekleştirilmiştir. Bir sıvı lens genellikle şeffaf bir optik sıvı ile doldurulmuş esnek ön veya arka yüzeylere sahip silindirik bir keseden oluşmaktadır. Lensin şekli, sıvının içeri ve dışarı pompalanmasıyla veya kesenin sıkılmasıyla değiştirilmektedir [40].

Sıvı VFL'lerde büyük bir zorluk, çalıştırma mekanizmasının seçimidir. Elektrik motorları, elektrostatik kuvvetler, elektroforetik hareket ve daha yakın zamanda piezoelektrik aktüatörler dahil olmak üzere çeşitli derecelerde başarılarla sahip çeşitli yaklaşımlar bildirilmiştir. Opportune tarafından en büyük diyafram açıklığı elektrikle kontrol edilen değişken odaklı sıvı lens, gözlük uygulamaları için çok küçük olan 10 mm'lik net bir diyafram açıklığı ile üretilmiştir. Sıvı Daha büyük açıklıklara (~30 mm) sahip VFL sistemleri yakın zamanda masa üstü laboratuvar koşullarında gösterilmiştir, ancak bunlar hafif uygulamalar için henüz gerçekleştirilmemiştir [40] .

3.2.3.1. Esnek Membran Sıvı Lensler

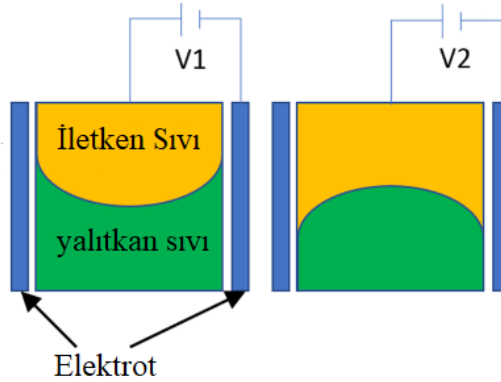
Tasarım ve uygulamada birçok varyasyon olsa da Şekil 3.6'da gösterilen yaklaşımın genel konsepti, iki esnek membran içindeki sıvı basıncının, membranları şişirmek veya söndürmek için değiştirilmesidir. Bu işlem, zarların eğrilik yarıçapını değiştirir ve böylece merceğin etkin odak uzunluğunu değiştirerek TF görüntü toplamaya izin verir. Membran eğriliği, alternatif olarak, açıklık çapının değiştirilmesi ve böylece membranların sıkıştırılması gibi farklı mekanizmalarla değiştirilebilmektedir. Bu lensler genellikle hızlıdır, ancak optik sapmalara eğilimlidir [41].



Şekil 3.6. Esnek membran sıvı lens [41].

3.2.3.2. Elektrostatik Sıvı Ayarlanabilir Lensler

Değişken odaklı sıvı lens olarak da bilinmektedir. Bu lensler, sıvı-sıvı sınır arayüzünde kırılma kullanmaktadır. Odak ayarı, birbirine karışmayan iki sıvının sınır arayüzündeki eğriliği ayarlamak için değişken bir voltaj kullanılarak elde edilir. Polar ve polar sıvıların sınırında küresel bir yüzey oluşmaktadır. Arayüzün eğriliği, elektro-ıslatma yoluyla nispi ıslanabilirlik ayarlanarak kontrol edilebilir. Bu, TF görüntü toplamayı etkinleştirmek için değişken odak uzaklığına sahip bir lens oluşturmaktadır. Sıvı lensler nispeten hızlı ve çok dayanıklıdır ve yüksek derecede faz kayması, yani odak uzaklığı değişikliği sergiler. Bu lensler uzun bir işlevsel ömre ve mekanik strese karşı düşük hassasiyete sahiptir ve ayrıca nispeten düşük güç tüketimleri nedeniyle otofokus uygulamaları için avantajlıdır. Sıvıyla ayarlanabilen lensler nispeten düşük maliyetlidir ve ticari olarak temin edilebilmektedir. Bununla birlikte, sıvı ile ayarlanabilen lenslerin optik performansı, şiddetli küresellik ve aynı zamanda yüksek mertebeden, yerçekimi kaynaklı sapmalardan uğramaktadır [41]. Bu mercek türü Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Sıvıyla ayarlanabilen lens [41].

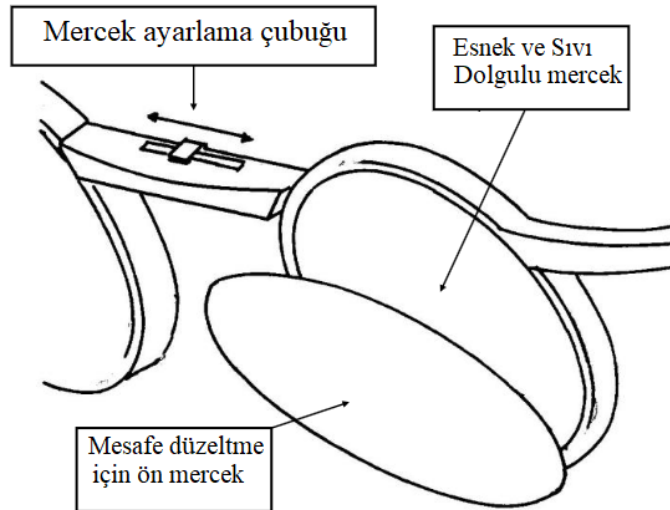
3.2.3.3. Şeffaf Sıvı Dolgulu Lensler

Bu lenslerde, küresel-silindirik ve prizmatik düzeltmeler içerebilen sert bir cam ile esnek bir cam arasında bir sıvı bulunmaktadır. Alternatif olarak, iki esnek cam kullanılabilir. Herhangi bir esnek camın eğriliği ve dolayısıyla tüm merceğin derecesi, iki cam arasında bulunan sıvının hacmi değiştirilerek kontrol

edilebilmektedir. Derece değişimi tamamen küreseldir. Bu kavram, Adspecs, Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Derece, gözlüklerin yan kolundaki pompa ve ayar çarkı kullanılarak kullanıcı tarafından her bir göz için, gerektiğinde uzak veya yakın görüş en uygun görüneye kadar ayarlanmaktadır. Ayar daha sonra devre dışı bırakılmaktadır. Adlens Hemispheres prensipte benzerdir. Uzak görüşün geleneksel sfero-silindirik lenslerle düzeltildeği Superfocus cihazı (ancak artık mevcut değil) Şekil 3.9'da gösterilmiş, uzak görüşün geleneksel sfero-silindirik lenslerle düzeltmektedir, bunlar değişken derecede sıvı dolu lenslerle yakından birleştirilmiştir [42].



Şekil 3.8. Çıkarılabilir pompalı ve yan kollarda ayar çarklı Adspecs gözlükleri [43].



Şekil 3.9. Değişken bir okuma ilavesi sağlamak için mesafe düzeltme ve ayarlanabilir lenslerin kombinasyonu ile Superfocus [42].

BÖLÜM 4

DİJİTAL AYARLANABİLİR GÖZLÜK TASARIMI

Bu tez çalışması kapsamında bu bölümde dijital ayarlanabilir gözlük tasarımı için mekanik tasarım, elektrik devre tasarımı ve mobil uygulama tasarımı kısımları incelenmiştir.

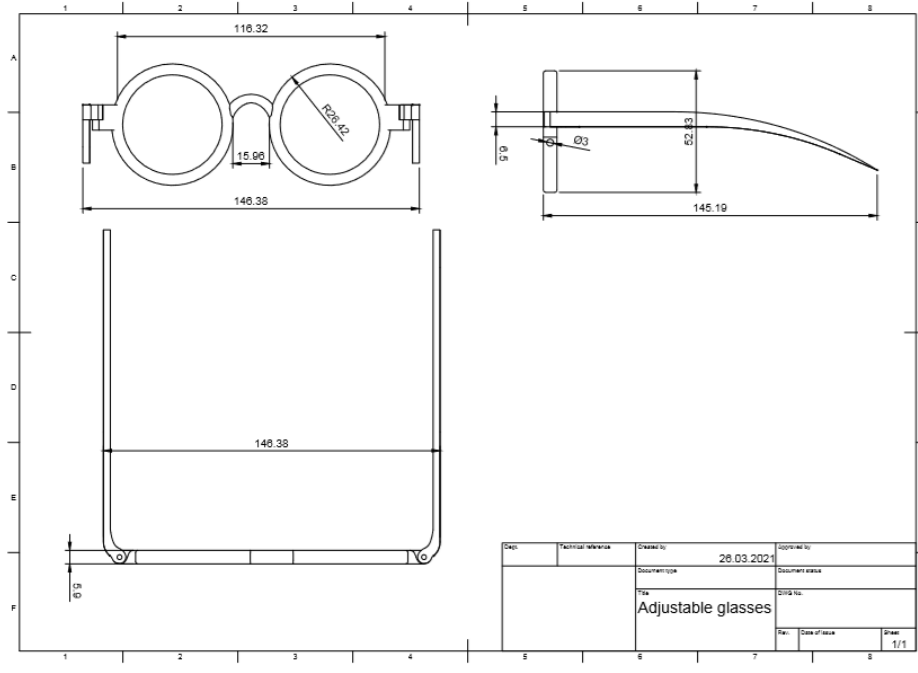
4.1. MEKANİK TASARIM

4.1.1. Gözlük Çerçevesinin Tasarımı

Gözlük çerçevesi, gözlük çerçevelerinin ortak tasarımı dikkate alınarak tasarlanmıştır. Çerçevenin ağırlığının 60 gramdan fazla olmaması, göz çevresindeki ciltte sorun yaratmaması için önemlidir. Gözlük çerçevesinin toplam genişliği yaklaşık 146 mm ve toplam uzunluğu yaklaşık 145 mm'dir. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi her iki lensin de yarıçapı 26 mm'dir. Çerçeve polietilen tereftalat kullanılarak tasarlanmıştır. Çerçevenin her iki tarafına bir şırınga yerleştirilmiştir ve Şekil 4.2'de gösterildiği gibi iki lens arasındaki alana sıvı iletmek için bir tüp ile bağlanmıştır.

4.1.2. Merceğin Tasarımı

Değişken odaklı lensin tasarımı Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Lensler plano veya kavisli olabilir, böylece tıbbi gözlük standartlarını karşılamaktadır. Lens 4 katmanlı mercekten oluşmaktadır. İki orta katman, merkezi çift lensi oluşturur ve kırılmayı sağlamaktadır. İki dış katman sistemi çevreler ve hiçbir düzeltme sağlamaz (0 derece). Mercekler arasına sıvı enjekte edildiğinde, iç bölge genişler, esnek merceklerin eğriliğine neden olur ve böylece Şekil 4.4'te gösterildiği gibi merceğin kırılma derecesini değiştirmektedir. Sıvı miktarı, sıvı enjeksiyon mekanizması ile hassas bir şekilde kontrol edilmektedir.



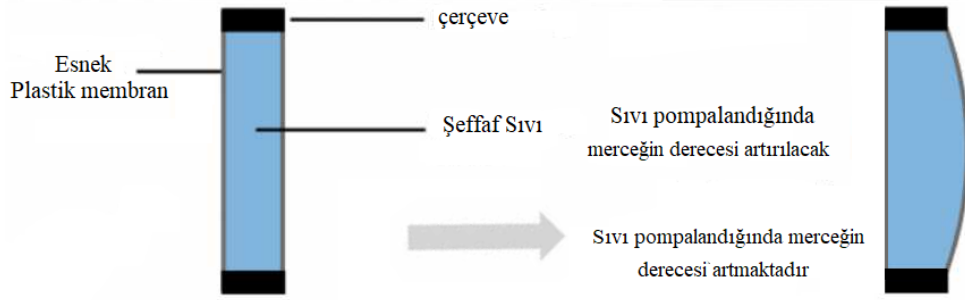
Şekil 4.1. STL yazılımında tasarlanmış gözlük çizimi.



Şekil 4.2. Gözlük çerçeve tasarımı.



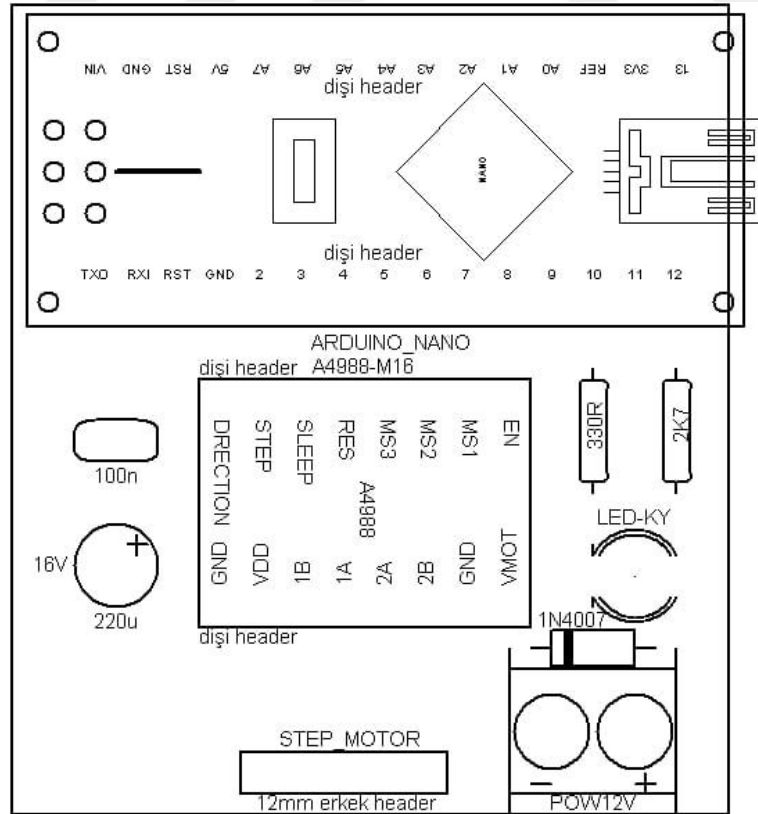
Şekil 4.3. Mercek sıvı dolu halinde.



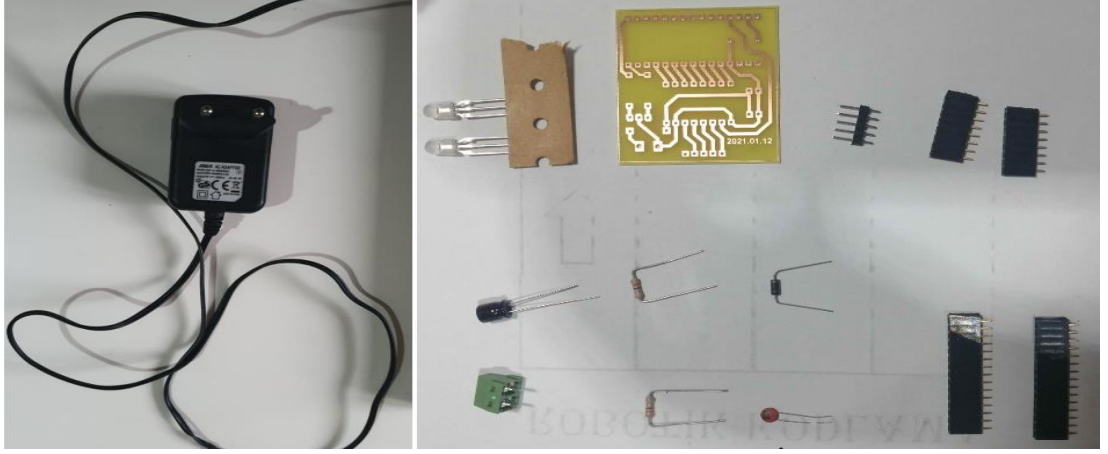
Şekil 4.4. Esnek iç lensler [44].

4.2. ELEKTRİK DEVRE TASARIMI

Baskılı devre kartı veya PCB, elektronik bileşenleri birbirine elektriksel olarak bağlamak ve kontrol ünitesinden (Arduino) gelen komutların step motora ve diğer bileşenlere iletilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. PCB baskılı elektrik kartı Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Şekil 4.6'da gösterildiği gibi elektrik devre, 12 volt DC adaptör ile beslenmektedir.

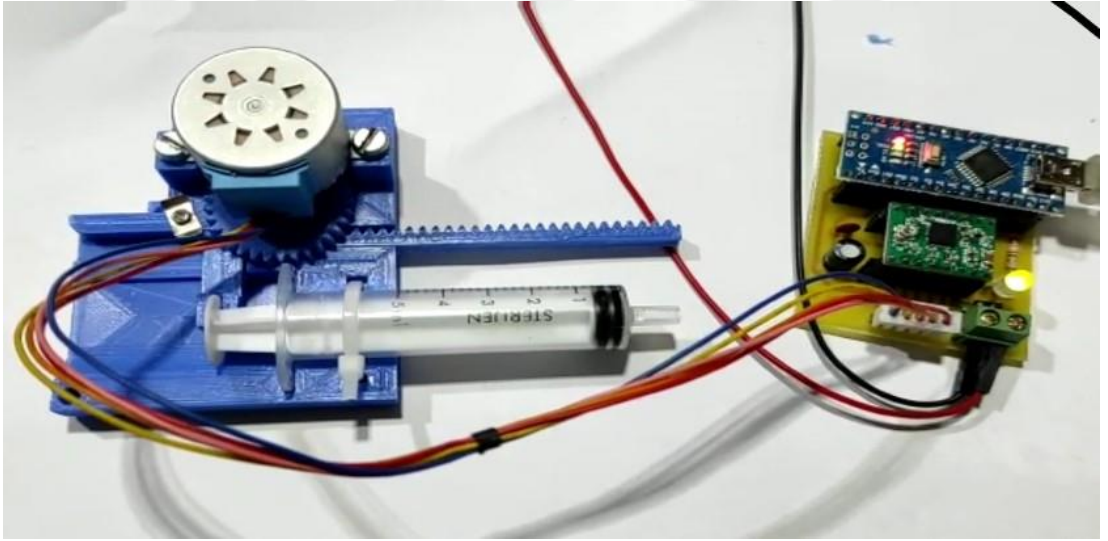


Şekil 4.5. PCB baskılı devre kartın şeması.

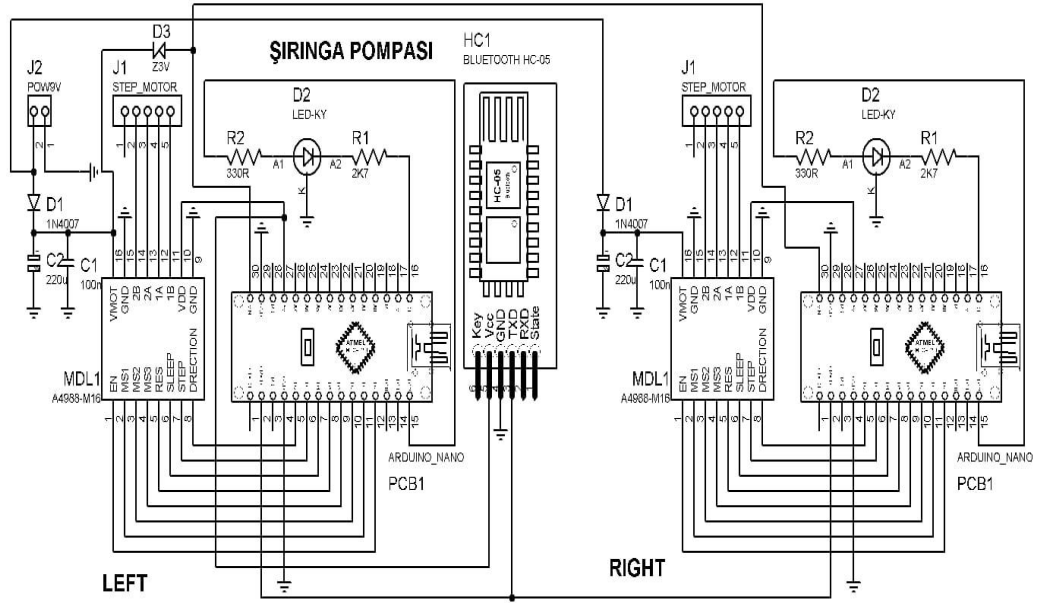


Şekil 4.6. 12 Volt DC adaptör PCB kartı ve bazı elektronik devre elemanları.

Şekil 4.7’de baskı devre ile mekanik parçalar (motor ve syeinge) arasındaki bağlantıyı gösterilmektedir. Tüm elektrikli bileşenler, Şekil 4.8’de gösterilen elektrik şemasına göre bağlanmıştır.



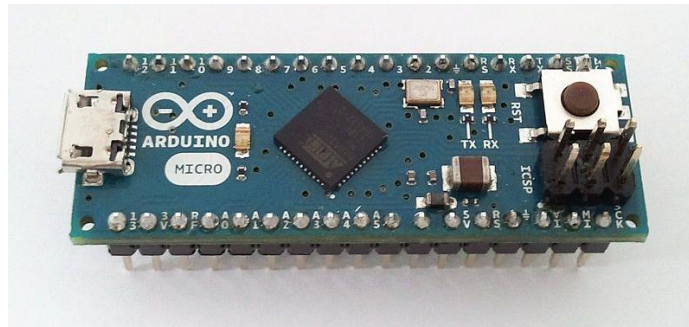
Şekil 4.7. PCB'ye bağlı 3D baskılı mekanizma.



Şekil 4.8. Elektrik devre şeması.

4.2.1. Arduino Mikro

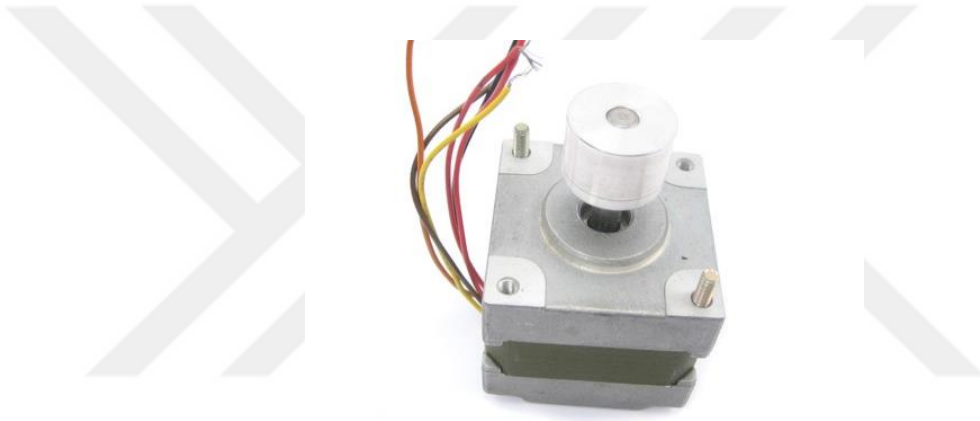
Arduino, multidisipliner projelerde etkileşimli elektronğin kullanımını kolaylaştırmak için tasarlanmıştır ve bilgisayar programlı bir mikrodenetleyici ile açık kaynaklı bir elektronik devreden oluşan bir elektronik geliştirme kartıdır. Arduino, esas olarak, sıcaklık, rüzgâr, ışık, basınç vb. gibi farklı çevresel sensörler oluşturmayı amaçlayan etkileşimli elektronik projelerin veya projelerin tasarımında kullanılmaktadır. Arduino, kişisel bilgisayar üzerinde çeşitli programlara bağlanabilmektedir [45]. Arduino mikro Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Arduino mikro [46].

4.2.2. Stepper Motor

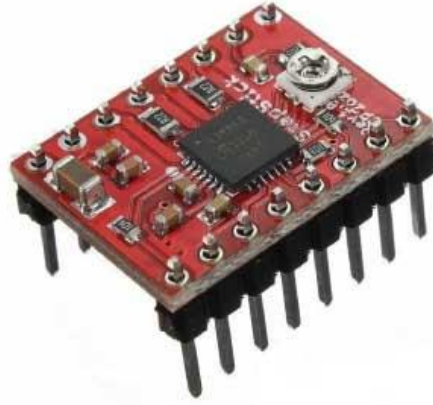
Step motorlar, elektrik enerjisini dönme hareketine dönüştüren elektromekanik cihazlardır. Bu tip motorlar, ayrı adımlarla hareket eden DC motorlardır. "Faz" adlı gruplar halinde organize edilmiş çoklu bobinleri vardır. Her faza sırayla enerji verildiğinde, motor her seferinde bir adım olacak şekilde dönecektir. Step kontrol özelliği sayesinde motorun konumu ve hızı kontrol edilebilmektedir. Bu nedenle step motorlar birçok uygulamalar için tercih edilmektedir. Step motorlar birçok farklı boyut ve stilde ve elektriksel özelliklerde mevcuttur. [47–49]. Step motor Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



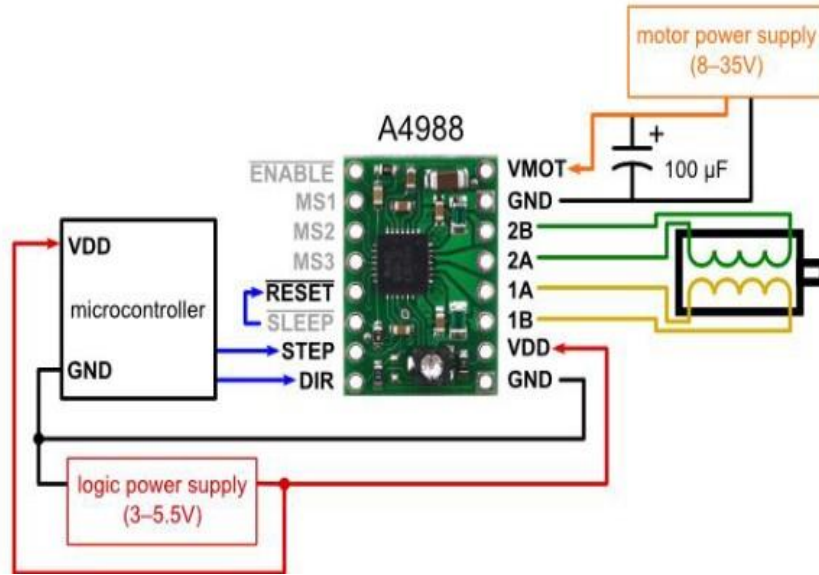
Şekil 4.10. Stepper motor [50].

4.2.3. A4988 Step Motor Sürücü

A4988, kolay kullanım için yerleşik çeviriciye sahip eksiksiz bir mikro adım motor sürücüsüdür. A4988 Şekil 4.11'te gösterilmiştir. Bipolar step motorları tam, 1/2, 1/4, 8 ve 16 adımlı modlarda, 35 V ve ± 2 Amper'e kadar çıkış sürücü kapasitesiyle çalıştırmak için tasarlanmıştır. A4988, yavaş veya karışık modlarda çalışma özelliğine sahip sabit bir kapalı zamanlı akım regülatörü içermektedir. STEP girişine sadece bir sinyal girmek, motoru bir mikro adım çalıştırır. Programlanacak faz tabloları, yüksek frekanslı kontrol hatları veya karmaşık arayüzler yoktur. A4988 arayüzü, karmaşık bir mikroişlemcinin kullanılmadığı veya aşırı yüklendiği uygulamalar için idealdir [51]. Şekil 4.12, sürücünün bağlantı şemasını göstermektedir.



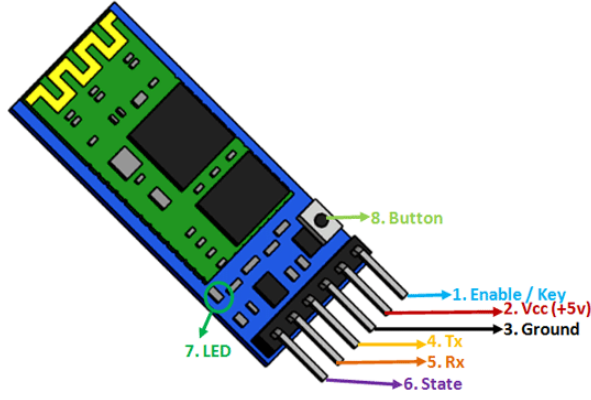
Şekil 4.11. A4988 step motor sürücü [52].



Şekil 4.12. A4988 sürücü bağlantı şeması [53].

4.2.4. HC-05 Bluetooth Modülü

HC05 Bluetooth Modülü, Bluetooth Seri Port Standardı (SSP) ve kablosuz seri iletişim uygulamalarının kullanımı için yapılmıştır, HC-05 Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Bu kart, aynı anda veri göndermeyi ve almayı desteklemektedir. Bu modül Bluetooth 2.0'ı ve 2,4 GHz frekansında iletişimi desteklemektedir [54,55].



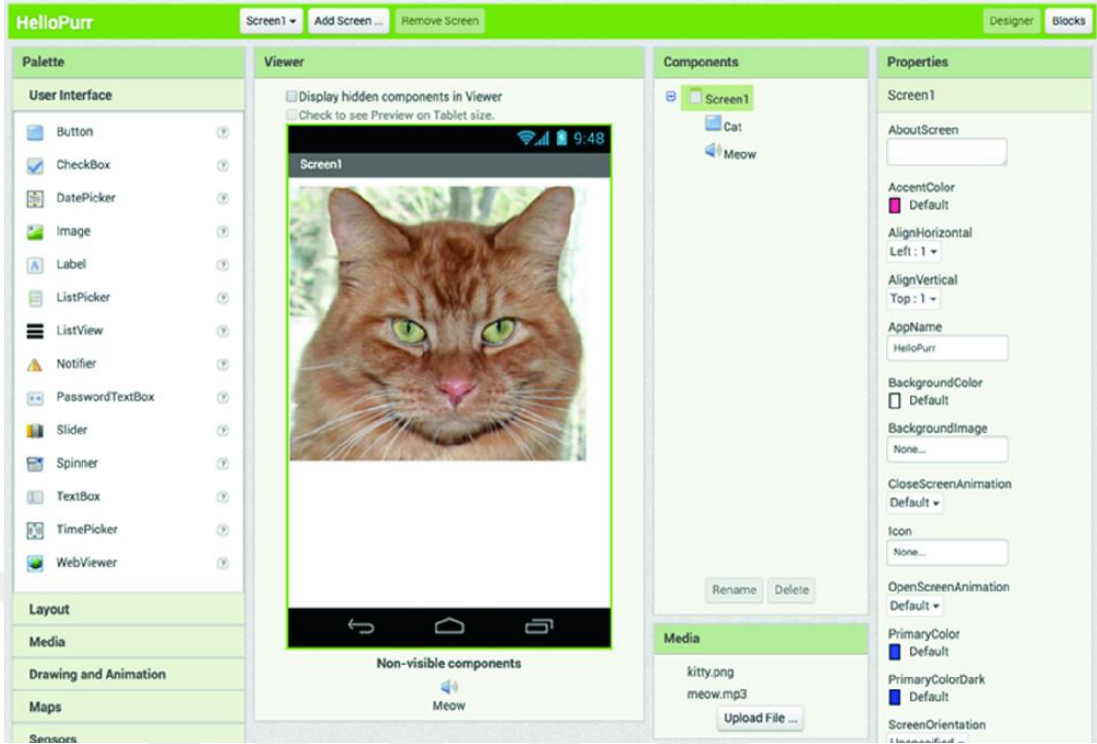
Şekil 4.13. HC-05 Bluetooth modülü [56].

4.3. MOBİL UYGULAMA TASARIMI

4.3.1. Android Uygulama Geliştirme Ortamı

MIT App Inventor [57], herkesin gerçek dünyadaki sorunları çözmek için kullanabileceği bir geliştirme platformudur. Android ve iOS işletim sistemleri için cep telefonu uygulamaları oluşturmak için web tabanlı bir “Gördüğünüz şey elde edersiniz” düzenleyicisi sağlamaktadır. Google Blockly üzerine kurulu blok tabanlı bir programlama dili kullanır ve StarLogo TNG ve Scratch gibi dillerden etkilenmiştir ve herkesin bir ihtiyacı karşılamak için bir cep telefonu uygulaması oluşturmasını sağlamaktadır. Birçok insanlar, aileleri, toplulukları ve dünyadaki gerçek sorunlara mobil çözümler sağlamak için App Inventor'u kullanmaktadır [58].

MIT App Inventor kullanıcı arayüzü iki ana düzenleyici içerir: tasarım düzenleyici ve blok düzenleyicidir. Şekil 4.14'te gösterilen tasarım düzenleyici veya tasarımcı, uygulamanın kullanıcı arayüzünün (UI) nesnelерini yerleştirmek için bir sürükle-bırak arayüzüdür. Şekil 4.15'te gösterilen blok düzenleyici, uygulama üreticilerinin, programı tanımlamak için yapboz parçaları gibi birbirine geçen renk kodlu blokları kullanarak uygulamalarının mantığını görsel olarak düzenleyebilecekleri bir ortamdır. Şekil 4.14'de gösterildiği gibi kullanıcı bileşenlerin özelliklerini değiştirebilmektedir (en sağda). Ekranın bileşenlerine ve proje ortamına genel bir bakış da görüntülenmektedir (orta sağda) [58].



Şekil 4.14. App inventor tasarım düzenleyici [58].



Şekil 4.15. Blok düzenleyici [58].

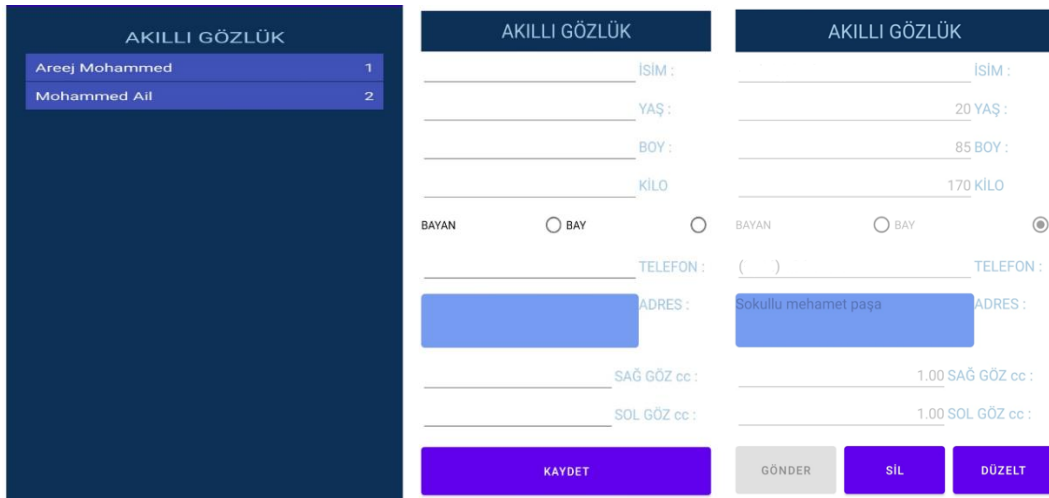
4.3.2. Akıllı Gözlük Mobil Uygulaması

Akıllı gözlük uygulamasının ikonu Şekil 4.16’te gösterilmiştir. Akıllı gözlük uygulaması arayüzü Şekil 4.17’de gösterildiği gibidir. Bu uygulama birden fazla kişi tarafından kullanılabilir. Bu nedenle gözlük kullanılmadan önce isim, cinsiyet, kilo, boy, yaş, adres ve telefon numarası gibi kişisel bilgiler kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca sağ ve sol göz merceğinin kırılma dereceleri gibi ayrıntılı bilgileri de hafıza’da saklamaktadır.



Şekil 4.16. Akıllı gözlük Android uygulaması.

Akıllı gözlük uygulamasının ana ekranında lens ayarlama ve gönderme seçeneği bulunmaktadır. Kullanıcı lens ayarlama seçeneğini kullanarak lensleri ihtiyaçlarına göre ayarlayabilmektedir. Daha sonra gönder'e tıklayarak veriler gözlüklere gönderilmektedir. Gözlük, alınan verilere göre merceklere doğru miktarda sıvı enjekte ederek sıvı merceкли gözlük tasarımında istenen gözlük derecesini oluşturmaktadır.



Şekil 4.17. Akıllı gözlük Android uygulamasının arayüzü.

Lensler, gözlüğün her iki tarafına yerleştirilmiş küçük bir şırıngaya bağlanmaktadır. Kullanıcı Android uygulamasını kullanarak her bir lensin içine enjekte edilen sıvı miktarını ayarlayabilmektedir. İçine sıvı enjekte edildiğinde, merceğin kırılma derecesi artar (hipermetrop veya ileri görüşlülüğü düzeltmektedir). Tersine, sıvı çekildiğinde, merceğin kırılma derecesi azalır, bu da miyopiyi düzeltmektedir. İçine veya dışına silikon sıvı enjekte ederek merceğin fiziksel şeklini değiştirmek, kırılma derecesini değiştirmektedir.



BÖLÜM 5

DENEYSEL UYGULAMA VE SONUÇLAR

Gözlükler hazırlandıktan ve tüm parçaları monte edildikten sonra ilk olarak lensler sıvı ile doldurulmuştur. Bu çalışmada, sıvı olarak viskozitesi 5000 cst olan, gözlüklere mükemmel bir şekilde enjekte edilebilen silikon yağı kullanılmıştır. Silikon yağları iyi viskozite özelliklerine sahip olduğundan optikle ilgili birçok alanda kullanım için ideal bir seçimdir. Şekil 5.1, lenslerin sıvı ile doldurulma sürecini göstermektedir.



Şekil 5.1. Mercekleri sıvı ile doldurma süreci.

5.1. LENSOMETRE TESTLERİ

Essilor CLE 070 lensometre cihazı Şekil 5.2’de gösterilmiştir, bu cihaz ışık hüzmelerini lenslere yönlendirerek ve lensten geçen ışığın kırılma derecesini ölçerek lenslerin kırılma derecelerini ölçmektedir [59]..



Şekil 5.2. Essilor CLE 070 lensmetre cihazı.

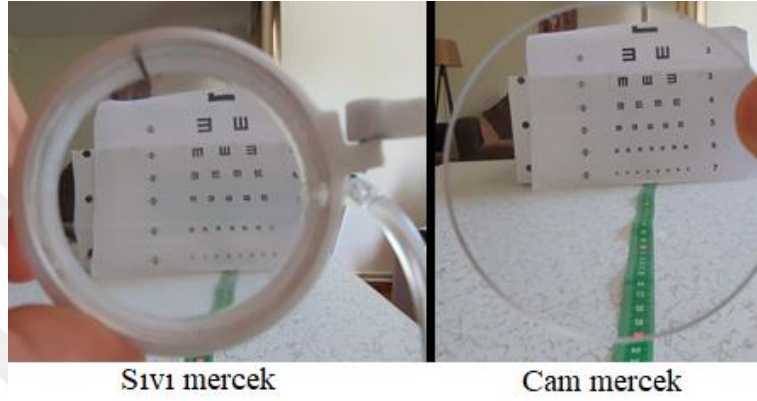
Lenslere her seferinde farklı miktarda sıvı enjekte edilerek mercekler üzerinde testler yapılmıştır. Çizelge 5.1, 10 farklı derecede lenslerin test sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, aynı derecedeki normal cam merceklerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.1. Sıvı miktarı ve ortaya çıkan dereceler.

<i>Sıvının hacmi (ml)</i>	<i>Merçeğin derecesi</i>
0.5 ml	+1.00
1.00 ml	+2.00
1.50 ml	+3.00
2.00 ml	+4.00
2.50 ml	+5.00
3.00 ml	+6.00
3.50 ml	+7.00
4.00 ml	+8.00
4.50 ml	+9.00
5.00ml	+10.00

5.2. OPTİK TESTLER

40 cm mesafeden sıvı-dolu lensler üzerinde optik testler yapıldı ve aynı mesafedeki aynı derecede bir cam lens ile karşılaştırılmıştır. Şekil 5.3, iki lens arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir. Gözlüklerin Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te gösterildiği gibi sağ tarafı sol taraftan farklı bir derecede ayarlanabilmektedir.



Şekil 5.3. 40 cm mesafeden iki lensin karşılaştırılması.



Şekil 5.4. Her mercek farklı derecede ayarlanabilir.



Şekil 5.5. Farklı kırılma derecesiyle sıvı-dolu mercekler.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada değişken odaklı gözlükler tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu sonuçlara, göz anatomisi, görme fizyolojisi ve görme ile ilgili yaygın sağlık sorunlarının en önemli kaynakların kapsamlı bir şekilde incelenmesinden sonra ulaşılmıştır. Daha sonra geleneksel gözlüklerde kullanılan lens türleri incelenmiştir. Ayrıca değişken odaklı gözlüklerle ilgili daha önceki çalışmalar ve onların üretiminde kullanılan teknikler de incelenmiştir.

Gözlük çerçevesinin tasarlanması aşamasında, ağırlık ve ölçüler açısından gözlüklerin ortak tasarımları dikkate alınmıştır. Gözlük çerçevesinin tasarımı tamamlandıktan sonra tasarıma lensler eklenmiş, ardından elektrik devresinin tasarımı ve sıvı enjeksiyon mekanizması tamamlanmıştır. Bu tasarım ile gerçekleştirilen akıllı gözlük mobil uygulaması entegre edilerek sıvı mercekli ayarlanabilir gözlük kişiselleştirilebilir hale getirilmiştir.

Tasarım ve programlama aşamalarını tamamladıktan sonra, gözlüğün etkinliğini ve çalışmaya hazır olmasını sağlamak için birkaç test ve deney yapılmıştır. Testler lens ölçüm cihazları yardımıyla gerçekleştirilmiş, kabul edilebilir ve iyi sonuçlar elde edilmiştir.

6.1. TARTIŞMA

Önceki bilimsel literatürün incelenmesinden sonra, değişken odaklı mercekleri ile ilgili çalışmaların az olduğu görülmüştür. Bu çalışmalardan bazıları, Ren ve Tson Wu'nun çalışmalarında olduğu gibi gözlük alanında değil, bazı endüstriyel alanlarda sıvı-dolgu mercekler konusunu tartışmıştır. Gözlük uygulamalarında sıvı-dolgu lenslerin kullanımını tartışan bazı çalışmalar bile, esnek merceklerden kaynaklanan

kırılma derecesine değil, sıvının sunduğu kırılma derecesine dayanmaktadır Bu çalışma diğer çalışmalardan farklı olarak mobil uygulama ile kontrol edilebilen ayarlı gözlük teknolojisi sunmaktadır.

Bu çalışmaya en çok benzeyen çalışma Adspecs gözlük projesidir. Adspecs projesinde sıvı enjeksiyon mekanizması, lens içindeki sıvı miktarının manuel olarak ayarlanmasına dayanmaktadır. Bu çalışma, enjeksiyon mekanizmasının otomatik hale gelmesi ve bir cep telefonu ile kontrol edilip otomatik olarak ayarlanabilmesi açısından Adspecs gözlüklerinden farklıdır. Bu, çocuklar ve yaşlılar için gözlük ayarlama sürecini kolaylaştırır, hastayı takip eden doktor kişiye uygun ayarları mobil uygulama hafızasında saklayabilir ve ardından kişi tekrar değerleri girmek zorunda kalmadan ayarları uygulayabilmektedir.

Diğer birçok proje, kullanışlı olmadıkları veya bunları üretmek için gerekli malzemeleri sağlamanın yüksek maliyeti nedeniyle gerçek hayatta uygulanmamıştır. Gerçekleştirilen tasarımın anlık gözlük derecelerini değiştirmesi özelliği kullanılarak ilerki çalışmalarda EEG sinyalleri ile ilişkisi üzerine çalışmalarda iyi bir platform oluşturacağı açıktır.

KAYNAKLAR

1. Wojciechowski, R., "Nature and nurture: The complex genetics of myopia and refractive error", *Clinical Genetics*, 79 (4): 301–320 (2011).
2. Internet: NY Eye Doctors, "Near & Far Sightedness", <https://www.nyeyedoctors.com/eye-disorders/near-far-sightedness> (2021).
3. Internet: All about eyes, "See Into the Past: The Fascinating History of Eyeglasses", <https://allabouteyes.com/see-past-fascinating-history-eyeglasses/> (2021).
4. Özdemir, E. and Kabak, S., "GÖZLÜKÇÜLÜĞÜN TARİHSEL GELİŞİMİ VE TÜRKİYE'DE GÖZLÜK SEKTÖRÜ", 1. Ed., *Okan Üniversitesi*, İstanbul, 184 (2018).
5. Bieganowski, L., "History of the spectacles in Poland from the 15th till 17th century.", *Hist Ophthalm Intern*, 2: 39–45 (2017).
6. Barck, C., "The history of spectacles", *Reprinted From St. Louis Medical Review, Chicago*, (1907).
7. Ren, H. and Wu, S. T., "Variable-focus liquid lens by changing aperture", *Applied Physics Letters*, 86 (21): 1–3 (2005).
8. Ren, H. and Wu, S.-T., "Variable-focus liquid lens", *Optics Express, Vol. 15, Issue 10, Pp. 5931-5936*, 15 (10): 5931–5936 (2007).
9. Zapata, A. and Barbero, S., "Mechanical design of a power-adjustable spectacle lens frame", *Journal Of Biomedical Optics*, 16 (5): 055001 (2011).
10. He, M., Congdon, N., MacKenzie, G., Zeng, Y., Silver, J. D., and Ellwein, L., "The child self-refraction study: results from urban Chinese children in Guangzhou", *Ophthalmology*, 118 (6): 1162–1169 (2011).
11. Wang, L., Cassinelli, A., Oku, H., and Ishikawa, M., "A pair of diopter-adjustable eyeglasses for presbyopia correction", *Novel Optical Systems Design And Optimization XVII*, 9193: 91931G (2014).
12. Padmanaban, N., Konrad, R., and Wetzstein, G., "Autofocals: gaze-contingent eyeglasses for presbyopes", *ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies*, 1–2 (2018).

13. BAŞMAK, H., "GÖZÜN ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ", Türkiye Optik ve Optometrik Meslekler Derneği, *Türkiye Optik Ve Optometrik Meslekler Derneği*, Eskişehir, (2003).
14. Nema, N., "Textbook of Ophthalmology", Textbook of Ophthalmology, 5. Ed., *Jaypee Brothers*, 1–273 (2008).
15. Internet: Exter eye, "Eye Anatomy", <https://www.extereye.co.uk/the-eye/eye-anatomy/> (2021).
16. Internet: Gündoğan, Ç., "Retina Yırtıkları ve Retina Dekolmanı", <https://gozdoktor.net/retina-yirtik-ve-retina-dekolman/> (2021).
17. Internet: Lunet Optik, "Görme Fizyolojisi", <https://www.lunetoptikkavacik.com/gorme-fizyolojisi> (2021).
18. Internet: Kellogg Eye Center, "Anatomy of the Eye", <https://www.umkelloggeye.org/conditions-treatments/anatomy-eye> (2021).
19. Internet: National eye institute, "Refractive Errors", <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/refractive-errors> (2021).
20. Foster, P. J. and Jiang, Y., "Epidemiology of myopia", *Eye*, 28 (2): 202 (2014).
21. Internet: Berrak Optik, "Miyopi Nedir?", <https://berrakoptik.net/2018/10/01/miyopi-nedir-miyopi-belirtileri-nelerdir/> (2021).
22. Settas, G., Settas, C., Minos, E., and Yeung, I. Y., "Photorefractive keratectomy (PRK) versus laser assisted in situ keratomileusis (LASIK) for hyperopia correction", *Cochrane Database Of Systematic Reviews*, (2012).
23. Internet: Berrak Optik, "Hipermetropi Nedir?", <https://berrakoptik.net/2018/10/01/hipermetropi-nedir-hipermetropi-belirtileri-nelerdir/> (2021).
24. Internet: OPTİK, C., "Astigmat Nedir?", <https://cengizoptiklens.com/astigmat-nedir/> (2021).
25. Alió, J. L., Grzybowski, A., and Romaniuk, D., "Refractive lens exchange in modern practice: when and when not to do it?", *Eye And Vision*, 1 (1): (2014).
26. Internet: Berrak Optik, "Presbiyopi Nedir?", <https://berrakoptik.net/2018/10/01/presbiyopi-nedir-presbiyopi-belirtileri/> (2021).
27. Mancil, G. L., Author Ian Bailey, P. L., Kenneth Brookman, M. E., Bart Campbell, M. J., Michael Cho, O. H., Alfred Rosenbloom, O. A., James Sheedy, D. E., Carlson, N. B., Heath, D. A., Diane Adamczyk, C. T., John Amos, O. F.,

- Brian Mathie, M. E., and Stephen Miller, O. C., "Care of the Patient with Presbyopia OPTOMETRIC CLINICAL PRACTICE GUIDELINE OPTOMETRY: THE PRIMARY EYE CARE PROFESSION OPTOMETRIC CLINICAL PRACTICE GUIDELINE CARE OF THE PATIENT WITH PRESBYOPIA Reference Guide for Clinicians Prepared by the American Optometric Association Original Consensus Panel on Care of the Patient with Presbyopia: Reviewed by the AOA Clinical Guidelines Coordinating Committee: Presbyopia iii", (2010).
28. Duane, A., "Studies in monocular and binocular accommodation with their clinical applications", *American Journal Of Ophthalmology*, 5 (11): 865–877 (1922).
 29. Raab, W., "Bifocal Lenses", Encyclopedia of Ophthalmology, *Springer Berlin Heidelberg*, 249–250 (2018).
 30. Internet: Thomas Eye Center, "What Lens Is Right for You? - Bifocal and Trifocal Lenses", <https://www.thomaseyecenter.com/what-lens-is-right-for-you-bifocal-and-trifocal-lenses/> (2021).
 31. Internet: Silver Natalie, "Trifocal Lenses: Uses, Benefits, Costs, and Comparison to Bifocals", <https://www.healthline.com/health/trifocal-lenses> (2021).
 32. Internet: Heiting, G., "Bifocals and Trifocals for Vision after Age 40", <https://www.allaboutvision.com/over40/segmented.htm> (2021).
 33. Internet: Whitney Seltman, "Progress in the Spectacle Correction of Presbyopia. Part 1: Design and Development of Progressive Lenses", <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1444-0938.2007.00245.x> (2021).
 34. Internet: Whitbourne, K., "Progressive Lenses: Pros and Cons of Progressive Lens Glasses", <https://www.webmd.com/eye-health/about-progressive-lenses> (2021).
 35. Internet: Safopedia, "What Are Plano Lenses?", <https://www.safeopedia.com/definition/115/plano-lenses> (2021).
 36. Barbero, S. and Rubinstein, J., "Adjustable-focus lenses based on the Alvarez principle.pdf", *J. Opt*, 13: 125705–125716 (2011).
 37. Li G. and Li, Z., "Adaptive Alvarez Lens for Vision Assessment and Correction", *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 58 (8): (2017).
 38. Internet: Triggs, R., "Optical Zoom & Smartphones - the next Big Thing?", <https://www.androidauthority.com/optical-zoom-smartphone-cameras-372064/> (2021).

39. Lin, H.-C. M.-S. Y.-H., "A Review of Electrically Tunable Focusing Liquid Crystal Lenses", *Transactions On Electrical And Electronic Materials*, 12 (6): 234–240 (2011).
40. Hasan, N., Banerjee, A., Kim, H., and Mastrangelo, C. H., "Tunable-focus lens for adaptive eyeglasses", *Optics Express*, 25 (2): 1221 (2017).
41. Attota, R., "Through-focus or volumetric type of optical imaging methods: a review", *Journal Of Biomedical Optics*, 23 (7): 070901 (2018).
42. Charman, W., "OF THE ADLENS “ WHITE PAPER ” ON THE SALE OF ADJUSTABLE FOCUS SPECTACLES : OCTOBER 1 st 2015", .
43. Internet: Design Indaba, "Spectacle Revolution", <http://www.designindaba.com/articles/creative-work/spectacle-revolution> (2021).
44. Internet: How to pedia, "Fluid Filled Lens", <http://en.howtopedia.org/wiki/File:Fluidfilledlens.gif> (2021).
45. Internet: Circuit Schools, "What Is Arduino, How It Works and What You Can Do with Arduino", <https://www.circuitschools.com/what-is-arduino-how-it-works-and-what-you-can-do-with-arduino/> (2021).
46. Internet: Wikimedia, "Wikimedia Commons Arduino Micro", https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arduino_Micro.jpg (2021).
47. Internet: Omega Engineering, "What Is a Stepper Motor? - Principles, Types and Crontollers", https://www.omega.co.uk/prodinfo/stepper_motors.html (2021).
48. Internet: Yağız Semiz, T., "Step Motor Nedir? Çeşitleri Nelerdir?", <https://maker.robotistan.com/step-motor-nedir/> (2021).
49. Internet: Adafruit Learning System, "What Is a Stepper Motor? ", <https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors> (2021).
50. Internet: Power inverter, "Küçük Step Motor", <http://powerinverterled.blogspot.com/2017/07/kucuk-step-motor.html> (2021).
51. Internet: Allegro MicroSystems, "A4988: DMOS Microstepping Driver with Translator", <https://www.allegromicro.com/en/products/motor-drivers/brush-dc-motor-drivers/a4988> (2021).
52. Internet: How to mechatronics, "How To Control Stepper Motor with A4988 Driver", <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-control-stepper-motor-with-a4988-driver-and-arduino/> (2021).

53. Internet: Pololu Robotics and Electronics, "A4988 Stepper Motor Driver Carrier", <https://www.pololu.com/product/1182> (2021).
54. Internet: Bir Teknoloji Versene, "Bir Teknoloji Versene: HC05 Bluetooth Modülü Nedir?", <https://www.birteknolojiversene.com/2020/12/hc05-bluetooth-modulu-nedir.html> (2021).
55. Internet: GM Electronic, "HC-05 Bluetooth Module User's Manual V1.0", <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-148.1.pdf> (2021).
56. Internet: Components 101, "HC-05 Bluetooth Module Pinout,", <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module> (2021).
57. Internet: MIT App Inventor, "MIT App Inventor", <https://appinventor.mit.edu/> (2021).
58. Patton, E. W., Tissenbaum, M., and Harunani, F., "MIT app inventor: Objectives, design, and development", Computational Thinking Education, *Springer, Singapore*, 31–49 (2019).
59. Bragg, T. L., "Mark E Wilkinson, OD Plus Cylinder Lensometry", (2015).



EK AÇIKLAMALAR A.

AKILLI GÖZLÜK ARDUINO KODLARI

```

/*şırınga pompası 2021.01.12*/
const int ledK = 12;
const int ledY = 13;
const int enPin = 9;           // A4988 pin
const int ms1Pin = 8;         // A4988 pin
const int ms2Pin = 7;         // A4988 pin
const int ms3Pin = 6;         // A4988 pin
const int resPin = 5;         // A4988 pin
const int sleepPin = 4;       // A4988 pin
const int stepPin = 3;        // A4988 pin
const int dirPin = 2;         // A4988 pin
unsigned int adım;           // motorun gideceği adım sayısı
//String ccDegerStr;          // şırınganın gitmesini istediğimiz cc noktası
int ccDeger;                   // şırınganın gitmesini istediğimiz cc noktası
int sonPozisyon;              // step motorun pozisyon bilgisini saklar
char dizi[8];
char birler,onlar,yuzler;
/*=====*/
void AdimlaUyu(){
  for(int x = 0; x < adım; x++)
  {
    digitalWrite(stepPin, HIGH);    //motora
    delayMicroseconds(200);         //bir
    digitalWrite(stepPin, LOW);     //adım
    delayMicroseconds(200);         //attırır.
  }
  digitalWrite(sleepPin, LOW);      //step motoru
  digitalWrite(enPin, HIGH);        //uykuda beklet
  digitalWrite(ledK, LOW);          //ledleri
  digitalWrite(ledY, LOW);         //söndür
}
/*=====*/
void BaslangicPozisyonu(){

```

```

digitalWrite(dirPin, HIGH);           //motor yönü seçildi
digitalWrite(sleepPin, HIGH);        //motoru uykudan çıkar
digitalWrite(enPin, LOW);            //motorun çalışmasına izin verildi
digitalWrite(ledK, HIGH);
digitalWrite(ledY, LOW);
adim = 34000;                         //10cc (10ml) için step motor adım sayısı
AdimlaUyu();
}
/*=====*/

void setup() {
  delay(100);
  Serial.begin(9600);

  pinMode(ledK, OUTPUT);
  pinMode(ledY, OUTPUT);
  pinMode(enPin, OUTPUT);
  pinMode(ms1Pin, OUTPUT);
  pinMode(ms2Pin, OUTPUT);
  pinMode(ms3Pin, OUTPUT);
  pinMode(resPin, OUTPUT);
  pinMode(sleepPin, OUTPUT);
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);

  digitalWrite(enPin, LOW);           //Step
  digitalWrite(ms1Pin, LOW);         //motor
  digitalWrite(ms2Pin, HIGH);       //için
  digitalWrite(ms3Pin, LOW);        //set
  digitalWrite(resPin, HIGH);       //değerleri
  digitalWrite(sleepPin, HIGH);     //yüklendi

  BaslangicPozisyonu();
  sonPozisyon = 0;

```

```

}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) {      //yeni veri geldi mi?
    Serial.readBytes(dizi,7);    //gelen 7 bayt veriyi al
    birler = dizi[6];
    onlar = dizi[5];
    yuzler = dizi[4];

    ccDeger = ((yuzler-0x30)*100)+((onlar-0x30)*10)+(birler-0x30);
  }

  if((ccDeger >= 0) && (ccDeger <= 1000)){ //veri doğru aralıkta mı?
    if(ccDeger < sonPozisyon){
      adım = (sonPozisyon - ccDeger);    //geri gidilecek adım hesaplanıyor
      sonPozisyon = (sonPozisyon - adım);
      digitalWrite(dirPin, HIGH);    //motor yönü seçildi
      digitalWrite(sleepPin, HIGH);    //motoru uykudan çıkar
      digitalWrite(enPin, LOW);    //motorun çalışmasına izin verildi
      digitalWrite(ledK, HIGH);
      digitalWrite(ledY, LOW);
      adım = (34000/1000)*adım;    //girilen cc değerini gerekli adıma çevir
      AdimlaUyu();
    }
    else if(ccDeger > sonPozisyon){
      adım = (ccDeger - sonPozisyon);    //ileri gidilecek adım hesaplanıyor
      sonPozisyon = (sonPozisyon + adım);
      digitalWrite(dirPin, LOW);    //motor yönü seçildi
      digitalWrite(sleepPin, HIGH);    //motoru uykudan çıkar
      digitalWrite(enPin, LOW);    //motorun çalışmasına izin verildi
    }
  }
}

```

```
digitalWrite(ledY, HIGH);
digitalWrite(ledK, LOW);
    adim = (34000/1000)*adim;    //girilen cc değerini gerekli adıma çevir
    AdimlaUyu();
}
}
else{
    digitalWrite(ledK, HIGH);    //hatalı veri gelirse burası çalışır
    digitalWrite(ledY, HIGH);    //hatalı veri gelirse burası çalışır
    delay(1000);                //hatalı veri gelirse burası çalışır
    digitalWrite(ledK, LOW);    //hatalı veri gelirse burası çalışır
    digitalWrite(ledY, LOW);    //hatalı veri gelirse burası çalışır
}
```

EK AÇIKLAMALAR B.

AKILLI GÖZLÜK MOBİL UYGULAMA KODLARI

```
when Button1 .Click
do open another screen screenName " Screen3 "

when Button2 .Click
do open another screen screenName " Screen2 "

when Button3 .Click
do close application
```

Şekil Ek A.1. Ana sayfa kodu.

```
initialize global adlar to create empty list
initialize global yaslar to create empty list
initialize global sag to create empty list
initialize global sol to create empty list

when Button2 .Click
do open another screen screenName "Screen1"

when Button1 .Click
do
  add items to list list get global adlar
  item TextBox1 . Text
  add items to list list get global yaslar
  item TextBox2 . Text
  add items to list list get global sag
  item TextBox2 . Text
  add items to list list get global sol
  item TextBox2 . Text
  call TinyDB1 .StoreValue
  tag "adlar"
  valueToStore get global adlar
  call TinyDB1 .StoreValue
  tag "yaslar"
  valueToStore get global yaslar
  call TinyDB1 .StoreValue
  tag "sag"
  valueToStore get global sag
  call TinyDB1 .StoreValue
  tag "sol"
  valueToStore get global sol
  set Label10 . Text to "Kayıt Başarlı"
```

Şekil Ek A.2. Yeni kayıt sayfası kodu.

```
initialize global names to create empty list

when Button2 .Click
do
  add items to list list
  item
  call TinyDB1 .GetValue
  tag "adlar"
  valueIfTagNotThere create empty list
  set ListView1 . Elements to select list item list
  index
  get global names

when ListView1 .AfterPicking
do
  open another screen screenName "Screen4"

when Button1 .Click
do
  open another screen screenName "Screen1"
```

Şekil Ek A.3. Kayıtlar sayfası.

```

initialize global sag to 0
initialize global sol to 0

when Button2 .Click
do open another screen screenName " Screen1 "

when Screen4 .Initialize
do
set global sag to select list item list call TinyDB1 .GetValue
tag " sag "
valueIfTagNotThere create empty list
index 1
set Label4 . Text to get global sag
set global sol to select list item list call TinyDB1 .GetValue
tag " sol "
valueIfTagNotThere create empty list
index 1
set Label3 . Text to get global sol

when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 . Elements to BluetoothClient1 . AddressesAndNames

when ListPicker1 .AfterPicking
do set Label5 . Text to call BluetoothClient1 .Connect
address ListPicker1 . Selection

when Button1 .Click
do
call BluetoothClient1 .SendText
text " sag "
call BluetoothClient1 .SendText
text Label4 . Text
call BluetoothClient1 .SendText
text " sol "
call BluetoothClient1 .SendText
text Label3 . Text

```

Şekil Ek A.4. Bluetooth ile bağlama ve değerler gönderme sayfası.

ÖZGEÇMİŞ

Areej Mohammed Wannees Buqunaydah, İlk ve orta öğrenimini Trablus/Libya şehrinde tamamladı. Bright Star Fen bilimleri Lisesinden mezun oldu, 2001 yılında Trablus, İbn Manzur Tıp Meslekleri Yüksekokulu /Optik Mühendisliği Bölümü'nde eğitime başladı ve 2003 yılında mezun oldu. Aynı yerde bir yıl medikal optik mühendisliğinde teknisyen olarak çalışmaya başladı. 2011 yılında Tıbbi Teknoloji Enstitüsü/Bani Walid'de öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2019 yılında Türkiye'de Karabük Üniversitesi'nde Biyomedikal Mühendisliği Anabilimdalında yüksek lisans eğitime başladı.