



Ek 3 Standart Dış Kapak Örneği



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇALIŞMA PRENSİPLERİ FARKLI SENSÖRLER
KULLANILARAK İDEAL RADYOTERAPİ
SOLUNUM TAKİP SİSTEMİNİN GELİŞTRİLMESİ**

Ertuğrul ÖZKAN

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Metin BİLGE

Fizik Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 03.01.2019

Bornova-İZMİR

2019

EÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÇALIŞMA PRENSİPLERİ FARKLI SENSÖRLER
KULLANILARAK İDEAL RADYOTERAPİ SOLUNUM
TAKİP SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Ertuğrul ÖZKAN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Metin BİLGE

Fizik Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 03.01.2019

Bornova – İZMİR

2019

Ertuğrul ÖZKAN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Çalışma Prensipleri Farklı Sensörler Kullanılarak İdeal Radyoterapi Sisteminin Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 03/01/2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Cemal PARLAK
Raportör Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tarık KUNDURACI
Üye : Doç. Dr. Metin BİLGE

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çalışma Prensipleri Farklı Sensörler Kullanılarak İdeal Radyoterapi Solunum Takip Sisteminin Geliştirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

03 / 01 / 2019

Ertuğrul ÖZKAN

ÖZET**ÇALIŞMA PRENSİPLERİ FARKLI SENSÖRLER KULLANILARAK
İDEAL RADYOTERAPİ SOLUNUM TAKİP SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

ÖZKAN, Ertuğrul

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Metin BİLGE

Ocak 2019, 47 sayfa

Bu tezde radyoterapide kullanılmak üzere; farklı çalışma prensiplerine sahip sensörler sınanıp, insan göğüs duvarının hareketleri izlenerek nefes hareketi takip edecek verimli bir solunum takip sistemi için optimum çözümler incelenmiştir.

Günümüzde cerrahi tedavi, kemoterapi ve radyoterapi kanser tedavisinin en temel yöntemleridir. Günümüze kadar fizik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak radyoterapi yöntemleri de gelişmiştir ve radyoterapi uygulamalarının %90'ından fazlası bilgisayarların kontrolünde yapılmaktadır.

Radyoterapide, tümörlerin ışınlanmasında yan etkilerin azaltılması ve tümörle daha etkin mücadele için daha küçük tedavi alanlarında daha yüksek dozların verilebilmesi en önemli hedeftir. Bu hedef doğrultusunda geliştirilmiş olan solunum ayarlı radyoterapi teknikleri uygulanırken daha az tümör hareketi istenmektedir ve dolayısıyla solunumla birlikte tümörün ve etrafındaki organların hareket etmesi radyoterapi ışınlanması esnasında sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu aşmak için solunum ayarlı radyoterapi sistemleri geliştirilmiştir.

Çalışma prensipleri farklı olan birçok solunum takip sistemi hali hazırda kullanılmaktadır fakat birçoğu çalışma verimliliğini düşürecek ve hastayı rahatsız edebilecek aparatlara sahipken bu tezde çeşitli programlama dilleri, görüntü işleme teknikleri, Arduino mikrodenetleyici kartı ve farklı çalışma prensiplerine sahip sensörler kullanılarak bu sorunlara bulunan yanıtlar belirtilmiştir.

Anahtar sözcükler: Solunum ayarlı radyoterapi, kanser tedavisi, sensör.



ABSTRACT**DEVELOPMENT OF IDEAL RADIOTHERAPY RESPIRATION MONITORING SYSTEM USING DIFFERENT SENSORS IN WORKING PRINCIPLES**

ÖZKAN, Ertuğrul

MSc in Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Metin BİLGE

January 2019, 47 pages

In this thesis; to be using in radiotherapy, Sensors with different operating principles have been tested, the optimum solutions for an efficient respiratory tracking system that will track the breathing movement by following the movements of the human chest wall were examined.

The main methods that are effective in cancer treatment are surgical treatment, chemotherapy and radiotherapy. In parallel with the developments in physics and computer technology, radiotherapy methods have been developed and more than 90% of radiotherapy applications are performed under the control of computers.

In radiotherapy, the reduction of side effects in irradiation of tumors and the ability to deliver higher doses in smaller treatment areas is the most important target for more effective fight with the tumor. In the light of this goal, less tumor movement is desired when breathing modulated radiotherapy techniques are developed and hence the movement of the tumor and surrounding organs along with respiration poses are problem during radiotherapy irradiation. Respiratory modulated radiotherapy systems have been developed to overcome this problem.

Many respiratory monitoring systems have different operating principles, but many of them have equipment to reduce the working efficiency and disturb the patient. In this thesis; various programming languages, image processing techniques, Arduino microcontroller card and sensors with different operating principles are used to determine the responses to these problems.

Keywords: Respiration modulated radiotherapy, cancer treatment, sensor.

TEŞEKKÜR

Tüm hayatım boyunca daima arkamda olan çok kıymetli; babam Yahya ÖZKAN' a, annem Emine ÖZKAN' a ve kardeşim Hüseyin ÖZKAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca kıymetli bilgi, tecrübe ve yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Metin BİLGE' ye, Öğr. Gör. Murat KÖYLÜ 'ye, Doç. Dr. Cemal PARLAK' a ve Dr. Öğr. Üyesi M. Duygu BİLGE' ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada (Proje no: FYL-2018-20229) desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne ve Fen Fakültesi Dekanlığı'na teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Radyoterapi.....	3
2.2 Solunum Ayarlı Radyoterapi.....	4
2.3 Çeşitli Solunum ayarlı radyoterapi sistemleri.....	4
2.3.1 Solunum kapılama sistemleri.....	5
2.3.2 Solunum kontrollü nefes tutmaya dayalı sistemler.....	6
2.3.3 X-Sight sistemi	6
3. GEREÇLER ve ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....	8
3.1 Python Programlama Dili	8
3.2. OpenCV Bilgisayarlı Görü Kütüphanesi.....	8
3.3 Mikroişlemci.....	9
3.4 Mikrodenetleyici.....	10
3.5 Arduino.....	11

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5.1 Arduino yazılım dili	13
3.5.2 Arduino Uno R3	14
3.5.3 Arduino Mega 2560 R3.....	15
3.6 Cmos Sensör ve Logitech Webcam	17
3.7 Lidar ve Lidar-lite v3	20
3.8 Lazer Mesafe ölçüm sensörü ve GY-VL53L0XV2 Modülü	22
3.9 Ultrasonik Sensör ve MB7360 HRXL	24
3.10 Kızılötesi Mesafe sensörü ve Sharp GP2Y0A02YK0F	26
3.11 Step Motor ve Nema17 Step Motor	27
3.12 Step Motor Sürücü Kartı ve A4988	29
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	30
4.1 Solunum Hareketini Taklit Eden Fantom	30
4.2 Sensörlerin Devre Şemaları	33
5. BULGULAR.....	37
6. SONUÇ	39
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	41
ÖZGEÇMİŞ	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Radyoterapinin uygulanması	3
2.2 Solunum hareketi sırasında diyaframın hareketi	4
2.3 Kızılötesi kamera ve oda-içi ekranı	5
2.4 Yansıtıcı işaret kutusu	5
2.5 Hastanın tedavi pozisyonu ve ABC (aktif solunum kontrolü)	6
2.6 Tedavi pozisyonu ve solunum takip cihazının ortak çalıştığı robot kol üzerinde konumlandırılmış lineer hızlandırıcı	7
3.1 OpenCV kütüphanesi ile yapılmış otoyol izleme sistemine bir örnek	9
3.2 Mikroişlemci.....	10
3.3 Mikrodenetleyici iç yapısı	11
3.4 Arduino Uno	12
3.5 Arduino yazılım geliştirme ortamı (IDE).....	13
3.6 Arduino Uno R3 mikrodenetleyici kartı.....	14
3.7 Arduino Uno R3 bağlantı diyagramı	15
3.8 Arduino Mega 2560 R3 mikrodenetleyici kartı.....	16
3.9 Arduino Mega 2560 R3 bağlantı diyagramı.....	17
3.10 CMOS sensör.....	18

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

3.11	Logitech c310 webcam	19
3.12	Lidar lite v3 konumlandırmaları	21
3.13	Lidarın 3 boyutlu haritayı oluşturması.....	21
3.14	Lidar-lite v3sensörü ve bağlantı kablosu	22
3.15	GY-VL53L0XV2 lazer mesafe ölçüm sensör kartı	23
3.16	VL53L0XV2 mesafe sensörü	23
3.17	Ses dalgalarının farklı frekanslar için 20 C°'de uzaklık ve şiddet eğrileri	25
3.18	MaxBotix MB7360 HRXL MaxSonar-WR ultrasonik mesafe sensörü	25
3.19	Sharp GP2Y0A02YK0F kızılötesi mesafe sensörü	26
3.20	Step motor iç yapısı	27
3.21	17HS4401 NEMA17 step motor.....	29
3.22	A4988 step motor sürücü kartı.....	29
4.1	Fantom resmi	31
4.2	Mekanik parçalar	31
4.3	Fantomun elektriksel ve elektroniksel bağlantıları.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.4	Arduino Uno Kodları.....	32
4.5	Python programı ekran görüntüsü	33
4.6	Çalışmada kullanılan sensörler.....	34
4.7	Lidar-arduino devre şeması	34
4.8	Lidar sensörü için Arduino Uno kodları.....	35
4.9	Eksen tahmini	36
4.10	Satranç tahtası resimli fantom	36
5.1	Sensörlerin 70 cm için zaman-mesafe grafiği.	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1 Fantoma 40 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları	37
5.2 Fantoma 80 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları	37
5.3 Fantoma 70 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları	38



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BT	Bilgisayarlı tomografi
IR	Kızılötesi
CPU	Merkezi işlem birimi
ALU	Aritmetik mantık birimi
G/Ç	Giriş/Çıkış (birimi)
PWM	Darbe genişlik modülasyonu
CMOS	Tümler metal oksit yarıiletken
LIDAR	Işık algılama ve mesafe ölçümü
RADAR	Radyo dalgası algılama ve mesafe ölçümü
JST	Lehimsiz Japon uçbirimi
UART	Seri port
SRAM	Statik rastgele erişim belleği
EEPROM	Silinip programlanabilir salt okunur bellek
ICSP	Devre üzerinde seri programlama
OpenCV	Açık kaynak bilgisayarlı görü kütüphanesi
BSD	Berkeley yazılım dağıtımı
IDE	Yazılım geliştirme ortamı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

USB Evrensel seri veri yolu



1. GİRİŞ

Günümüzde cerrahi tedavi, kemoterapi ve radyoterapi kanser tedavisinin en temel yöntemleridir. 1895’de Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilen X ışınları sayesinde radyasyon tedavisi yani radyoterapi kanserli hastalara, uygulanmaya başlamıştır. Şimdiye kadar fizikteki ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde radyoterapi yöntemleri de geliştirilmiştir. Günümüzde radyoterapi uygulamalarının %90’ından fazlası bilgisayarların kontrolünde yapılmaktadır. Bilgisayar teknolojilerindeki bu gelişmelerin yardımıyla tümörlerin ışınlanmasında daha küçük tedavi alanları ve daha yüksek dozların verilebilmesi en önemli hedefdir. Daha yüksek dozlara çıkarılarak tümörle daha etkin mücadele daha küçük alanlar kullanılarak ise yan etkilerin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilmiş olan stereotaktik radyoterapi ve solunum ayarlı radyoterapi teknikleri uygulanırken daha az tümör hareketi istenmektedir. Özellikle torasik ve abdominal bölge tümörlerinde solunumla birlikte tümörün ve etrafındaki organların hareket etmesi radyoterapi ışınlanması esnasında sorun teşkil etmektedir (Pedersen et al., 2004; Sixel et al., 2001; Korreman et al., 2005; Wang et al., 2012)

Solunum ayarlı radyoterapi sistemi, lineer hızlandırıcı cihazı ile entegre çalışabilen ve hastaların nefes alıp vermesine göre istenilen nefes siklusu aralığında tedaviyi duraklatabilecek ve tekrar başlatabilecek sistemdir. Serbest solunum, özellikle torasik bilgisayarlı tomografi (BT) verilerinde hareket artefaktlarına sebep olur. Bu durum ise hedef (tümör) ve normal doku tanımlanmasında ve doz hesaplamasında hatalara neden olur. Radyoterapide ışınlanacak hedef hacim, tümör, tümör etrafındaki mikroskobik kalıntılar ve solunum ile tümör hareketleri hesaba katılarak belirlenir. Solunum takip sistemleri kullanılarak, solunum etkisi ile tümör hareketi minimuma indirilir ve böylece gereğinden fazla sağlıklı dokunun hedef hacme dahil edilmesi önlenir.

Göğüs duvarı hareketinin insanların solunum siklusu ile ilgili bilgi verdiği bilinen bir gerçektir. Nefes siklusundaki periyodik akciğer hacim değişimi göğsün sadece bir noktasına değil tüm göğüs duvarının konumunda değişime yol açar. Göğüs duvarının herhangi bir noktasının hareketi tüm göğüs duvarının hareketi

hakkında yeterli bilgiyi verir. Çalışma prensipleri farklı olan birçok solunum takip sistemi hali hazırda kullanılmaktadır fakat birçoğu çalışma verimliliğini düşürecek ve hastayı rahatsız edebilecek aparatlara sahipken bu çalışma ile bu soruna cevap aranacaktır.

İleri radyoterapi tekniklerinden olan solunum ayarlı radyoterapi için farklı solunum takip yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılmakta olan solunum takip cihazları yurtdışında geliştirilmiş olup video görüntüleme ile takip, lazer ile takip, x-ışını görüntüleme ile takip ve nefes kontrolü ile takip prensiplerini kullanmaktadır. Bu çalışmada farklı çalışma prensiplerine sahip sensörler kullanılıp insan göğüs duvarının hareketleri izlenerek yani nefes hareketi takip edilerek bir solunum takip sistemi geliştirilmeye çalışılacaktır. Ayrıca solunum takip sistemleri ülkemizde üretilmemektedir. Bu sistemlerin hem kendisi hem de sistemde kullanılan yazılım oldukça da pahalıdır. Tez sonucunda muhtemel ortaya çıkarılacak solunum takip sisteminin yerli ve daha ekonomik olması beklenmektedir. Son olarak tez, ülkemizde üretilebilecek solunum takip sistemlerine de sayede kapı aralayacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Radyoterapi

Radyoterapi, kanser hastalığına karşı yüksek enerjili parçacıkların ve dalgaların akımlarının kullanıldığı tedavi çeşididir. Kanserli hücelere gama ışınları, x-ışınları, proton ve elektron gibi yüksek enerjili parçacıklar gönderilerek, bu kanserli hüceler yok edilmesi veya tahrip edilmesiyle tedavi gerçekleşir (Şekil 2.1). Yüksek enerjili parçacıklar tümöre gönderildiklerinde kanser hücelerinin yapısını bozarak, bu hücelerin büyüüp çoğalarak yayılmasını engellerler. Bu nedenle sağlıklı hücelere kıyasla hızlı çoğalan ve büyüyen kanserli hücelere karşı radyoterapi etkili bir tedavi çözümüdür.

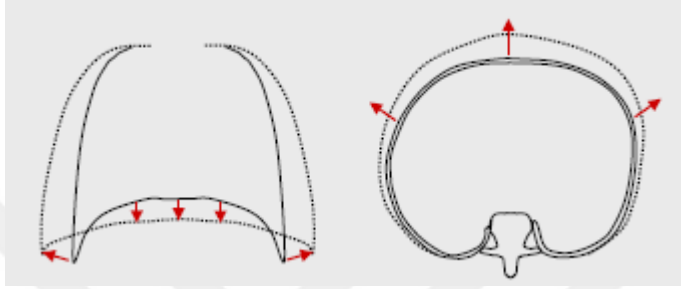


Şekil 2.1: Radyoterapinin uygulanması

Radyoterapide amaç ise, yüksek dozda radyasyon uygulayarak tümörü hızla yok ederken, tümörün yakınındaki bulunan sağlıklı dokuların zarar görmesini engellemektir. Bu amaca yönelik olarak tedavi seansları yaklaşık olarak günde 15-20 dakika kadar tutulur (Memorial, 2018).

2.2. Solunum Ayarlı Radyoterapi

Solunum mekanizması gereği sadece tümör yani hedef kitle hareket etmez; kalp, akciğer, diyafram (Şekil 2.2), kaburga gibi organlar da soluk alıp-verme sırasında hareket etmektedir (Hjelstuen et al., 2012). Bu yüzden solunum hareketi ile yer değiştiren organlarda görülen kanser çeşitlerinde solunum ayarlı radyoterapi teknikleri kullanılabilir.



Şekil 2.2: Solunum hareketi sırasında diyaframın hareketi

Ayrıca solunum hareketi istemsizce gerçekleştirilen bir eylemdir. Yaklaşık olarak 4 saniyede bir gerçekleştirilir. Nefes alma ile ciğerlere dolan havanın hacimi ise 400-500 cc civarlarındadır. Son olarak derin bir nefes alan insanın diyafram hareketinin büyüklüğü yaklaşık 4 cm iken durgun solunumda bu rakam 1-2 cm arasındadır (Keall, et al. 2006). Solunum hareketinin sebep olduğu bu yer değiştirme miktarları, tedavi sırasında ışınlanması istenmeyen, tümöre yakın sağlıklı dokuların da ışınlama alanına girerek zarar görmesine neden olur. Bahsi geçen solunum hareketi, Bilgisayarlı Tomografi (BT) yardımıyla alınan görsellerin bozulmasına sebep olur ve bu bozulma sağlıklı dokuların da ışınlanmasına yol açabilir. Bunun önüne geçmek içinse hastanın solunum hareketini izleyerek tedavilerin gerçekleştirilebilmesine yardımcı olan solunum ayarlı radyoterapi teknikleri ve solunum takip sistemleri kullanılır (Seppenwoolde et al., 2007; Kubo and Wang, 2002; Dawson et al., 2005; Wong et al., 1999).

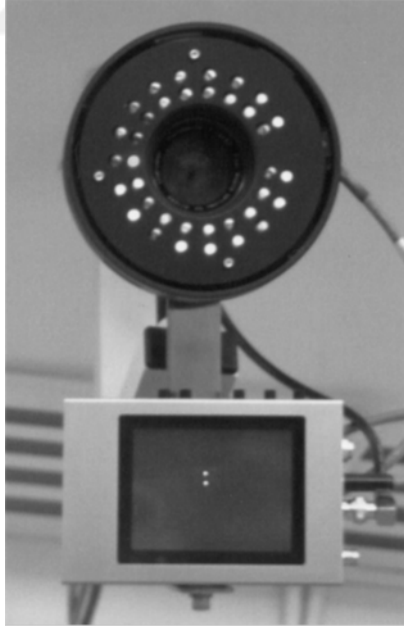
2.3. Çeşitli Solunum Ayarlı Radyoterapi sistemleri

Solunum hareketinin izlenmesinin radyoterapinin verimli bir şekilde uygulanmasındaki rolünün anlaşılmasından sonra, farklı farklı çalışma metotlarına

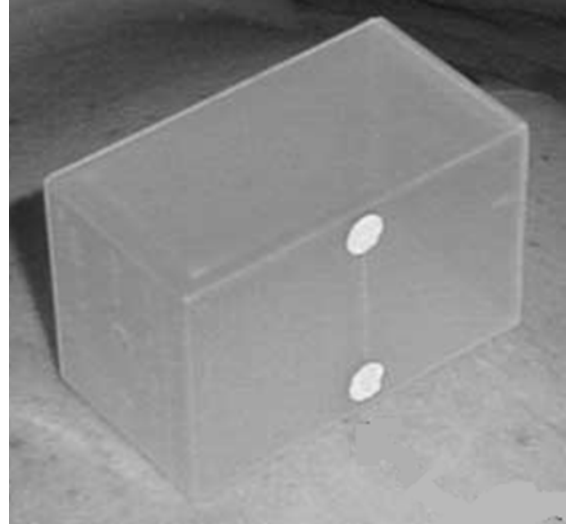
sahip çeşitli solunum ayarlı radyoterapi sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler; hastanın nefesini tutturup tümörü sabitleme, kapılama, anlık tümör takibi gibi işlemleri gerçekleştirirler.

2.3.1 Solunum kapılama sistemleri

Bu tür sistemler, hasta nefesini tuttuğunda kapılama yaparak ışını hedef bölgeye yönlendirmesini sağlarlar. Solunum kapılama sistemlerine örnek olarak Varian Medikal Sistemleri firmasının RPM (gerçek zamanlı konum yönetimi) ürünü verilebilir. Bu sistem, hastanın vücudunda belirtilen konuma yerleştirilen yansıtıcı işaret kutusunu ve bu işaret kutusunu izleyen kızılötesi kamera gibi bileşenlere sahiptir (Şekil 2.3, Şekil 2.4). Hasta solunum hareketini gerçekleştirirken yansıtıcı işaret kutusu da bu harekete bağlı şekilde hareket eder ve bir bilgisayara bağlı kızılötesi kamera yardımıyla yansıtıcı işaret kutusunun hareketleri yorumlanarak solunum hareketinin takibi sağlanır (Berson et al., 2004).



Şekil 2.3: Kızılötesi kamera ve oda-içi ekranı



Şekil 2.4: Yansıtıcı işaret kutusu

2.3.2 Solunum kontrollü nefes tutmaya dayalı sistemler

Bu çalışma metoduna sahip sistemler, hastanın nefesinin tekrar tekrar tutabilmesine yardımcı olmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu amaçla hastaya takılan ağızlık ve balon valf yardımıyla, hastanın solunumuna direk müdahale ederler.

Solunum kontrollü nefes tutma metoduna en güncel örnek Elekta firmasının ABC (aktif solunum kontrolü) adlı ürünüdür. Bu sistem; ağızlık, düğme, balon valf ve kontrol bilgisayarı gibi bileşenlere sahiptir (Rosenzweig et al., 2000).

Radyoterapi teknikeri, hastanın solunum döngüsünün uygun anında balon valfini kapatıp, önceden belirlenen hacimde havayı hastaya yönlendirecek emiri vererek, hastanın nefesini tutmasını sağlar (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Hastanın tedavi pozisyonu ve ABC (aktif solunum kontrolü)

2.3.3. X-Sight Sistemi

X-Sight, Akciğer kanserinin tedavisinde kullanıma uygun bir sistemdir. Çapı 1.5 cm'den büyük tümörlerde tercih edilir. Sistem, X-ışını yardımıyla hedef kitlenin yerini kontrol eder. Ayrıca tedaviden önce hastaya senkron yeleş giydirilir ve nefes alıp-verme hareketinin takibi için yeleşe ledler monte edilir (Yılmaz, 2012). Sistem, firmasının geliştirdiği üç eksenli hareket edebilen bir robot kolda bulunan lineer hızlandırıcıyla ortaklaşa çalışarak tedavinin gerçekleştirilmesine yardımcı olur. Kamera ve x-ışını kaynağı sayesinde, solunum

hareketiyle konumu değişen hedef kitleyi tespit eder ve robot kol ile de sürekli takip ederek ışınlamayı gerçekleştirir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Tedavi pozisyonu ve solunum takip cihazının ortak çalıştığı robot kol üzerinde konumlandırılmış lineer hızlandırıcı

3. GEREÇLER VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

3.1. Python Programlama Dili

Python programlama dili 1990 yılında Hollanda'da geliştirilmeye başlanmıştır. Guido van Rossum tarafından geliştirilmeye başlanan bu dil modüler, nesne odaklı, öğrenilmesi kolay, yüksek seviyeli bir programlama dilidir (Lutz and Ascher, 2004; Kalb, 2018).

Python programlama dili, oldukça temiz ve sade satırlarla kombine edebilmektedir. En büyük avantajlarından biri yorumlanabilir olmasıdır. Bu yönüyle C – C++ gibi dillerden ayrılmaktadır. Bunun faydası derlemeye gerek kalmadan çalıştırabilir olması ve çok çabuk bir biçimde uygulama geliştirilebilmesidir (Python dersleri, 2018). Python güçlü Garbage-Collector çöp toplayıcısı sayesinde sistemin hızını artırır ve lüzumsuz kodları hafızadan silerek programın büyüklüğü ne olursa olsun sistemin performansını korur. Birçok sisteme ve bu sistemlerin kütüphanesine uygun birden çok arayüze sahiptir. Popüler olan C ya da C++ ortamında geliştirilebilir. Programlanabilir arayüz özellikli uygulamalarda genişletilmiş dil olarak da kullanılabilir. Python kısıtlamalı bir dil değildir yani hemen hemen bütün işletim sistemleriyle (Unix, Mac, MS-DOS, Windows, Windows NT ve OS/2) çalışan bilgisayarlarda çalışabilmektedir (Pythontr, 2018).

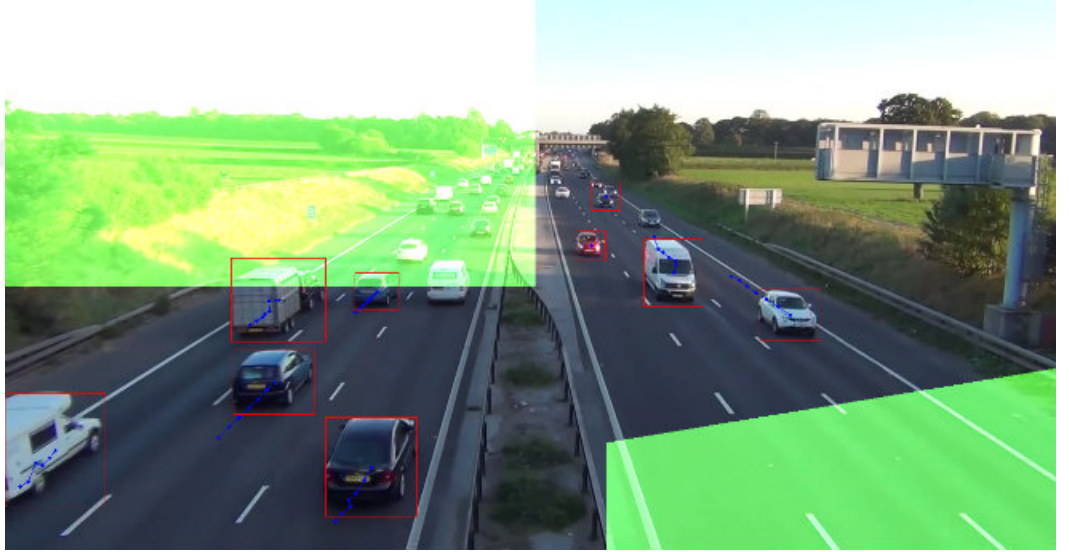
Python dili ticaretin neredeyse her alanında bütün firmalar tarafından kullanılmaktadır. Örnek olarak Google bu firmaların başında gelir. Hemen hemen işlerinin tamamında Python'u tercih etmektedir. Yahoo'nun da bazı servislerinde bu dili kullandığı bilinmektedir (Aydın, 2018).

3.2. OpenCV Bilgisayarlı Görü Kütüphanesi

1999 yılında Intel'in geliştirme çalışmalarını başlatmış olduğu OpenCV, bir resimden veya videodan anlamlı veri elde edip işleyen açık kaynak kodlu bilgisayarlı görü kütüphanesidir. Geliştirme çalışmalarının ilk adımlarında C

programlama dili daha sonrada C++ dili kullanılmıştır. Bu kütüphanede görüntü işleme ve matematiksel yöntemlerle mevcut verileri kullanarak bilinmeyenler hakkında bilgi edinmeye yönelik çok fazla (2500'den fazla) algoritma bulunmaktadır. Ayrıca OpenCV kütüphanesi BSD lisansı altında geliştirilmektedir. Bu lisans sayesinde OpenCV kütüphanesi ücretsiz olarak kullanılabilen ve değiştirilebilmektedir (Bradski and Kaebler, 2008; Pişkin, 2018).

OpenCV; C++, C#, Java, Python, Matlab gibi programlama dilleri ve arayüzleriyle çalışabilmektedir. Linux, Windows, Android ve Mac OS işletim sistemleri ile uyumlu olan bu kütüphane sayesinde nesne tanımlama, hareketli nesnelere takip etme (Şekil 3.1), yüz algılama, araç plakası okuma, vücut hareketlerini tanıma gibi eylemleri gerçekleştiren yazılımlar geliştirmek mümkündür (Elektrikport, 2018).

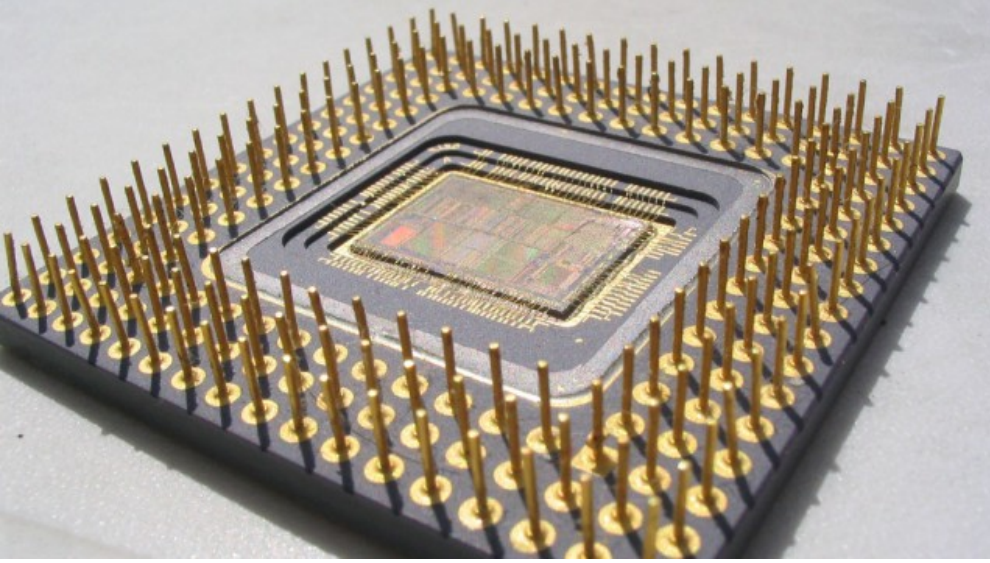


Şekil 3.1: OpenCV kütüphanesi ile yapılmış otoyol izleme sistemine bir örnek

3.3 Mikroişlemci

Verileri işlemek, birimler arası iletmek, denetlemek, kalıcı veya geçici olarak saklamak gibi veri yönetimi ve denetimi işlemlerini üstlenen program kontrollü, transistörlerden meydana gelen yarıiletken elektronik aygıtta mikroişlemci adı verilir (Şekil 3.2). Mikroişlemciler (CPU-merkezi işlem birimi), programlamayla mantıksal ve aritmetiksel milyonlarca işlemleri saniyeden kısa

sürede gerçekleştirebilirler. Yine programlama yoluyla çeşitli işlemlerden geçirdiği veriyi, G/Ç (giriş/çıkış) birimlerine aktararak veya dışarıdan gelen verileri G/Ç birimi yardımıyla alarak kullanıcının etkileştiği donanımlarla beraber çalışabilmektedir. Mikroişlemciler, özellikle her mikroişlemcinin mimarisine göre farklılık gösteren ALU (Aritmetik mantık birimi) yardımıyla hafıza biriminden komutları okuyarak onları çözer ve yapılacak işlemleri belirler. Çeşitli veri alış-verişi işlemlerini gerçekleştirirken de Register adı verilen kaydedici gözeneklerini kullanırlar. Bu veri alış-verişinin denetimini ise mikroişlemci içinde bulunan kontrol birimi yapar. Ayrıca bahsi geçen veri alış-verişi mikroişlemci içindeki veri yolları ile üzerinden gerçekleştirilir ve bu veri yollarının genişliği 4 bit, 8 bit, 16 bit, 32 bit ve 64 bit değerlerinde olabilir (Dudigan, 2018). Son olarak CPU'lar tek başlarına çalıştırılmazlar. Ona eşlik eden RAM (Rastgele erişilebilir bellek), ROM (Salt okunur bellek) gibi dış birimlerle birlikte kullanılırlar (Gümüşkaya, 2002).

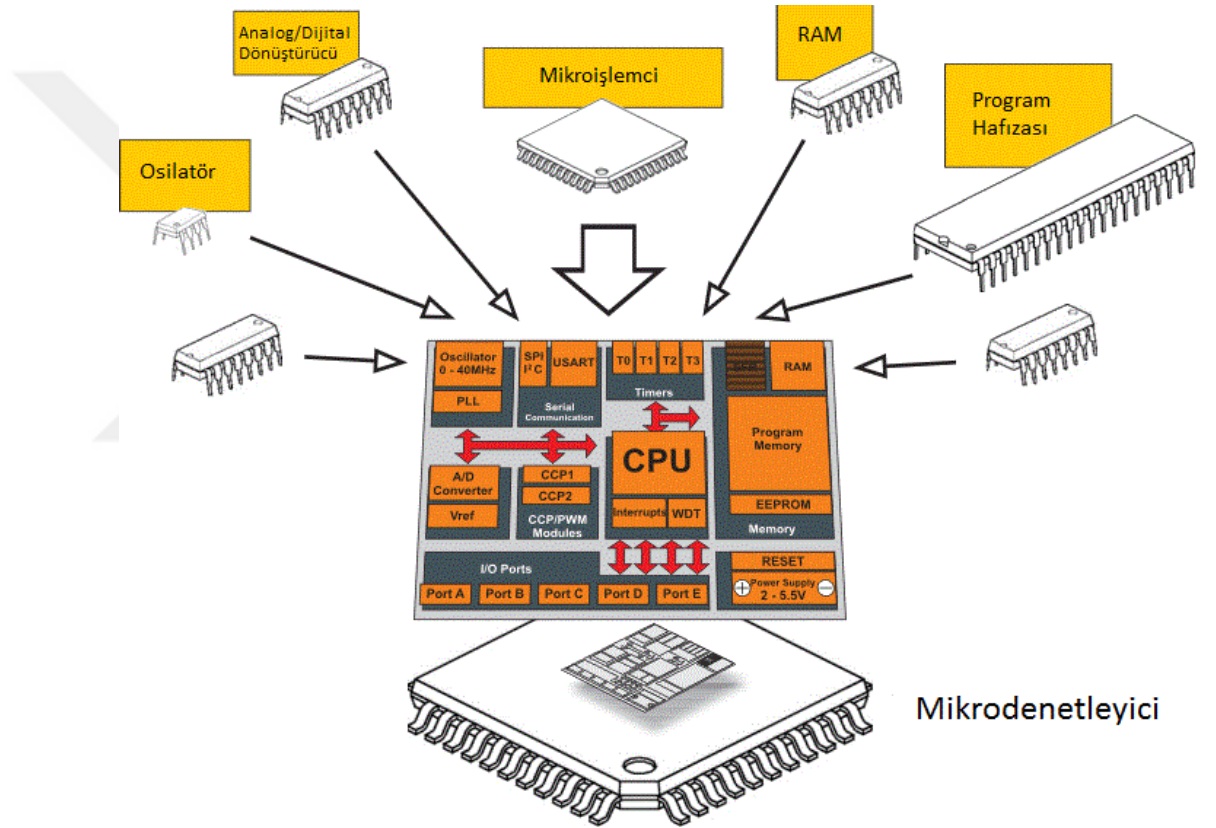


Şekil 3.2: Mikroişlemci

3.4 Mikrodenetleyici

İlk mikrodenetleyici 1970'li yıllarda General Instrument firması üretmiştir. Bu yıllarda Intel, Atmel, Texas Instrument ve Motorola firmaları da mikro denetleyici üretmeye başlamıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte günlük hayatta birçok elektronik cihaz içerisine mikrodenetleyiciler girmiş durumda. Bilgisayarlar, Cep telefonları, tabletler, kameralar, fotokopi cihazları,

televizyonlar, radyolar ve daha birçok alanda mikrodenetleyiciler kullanılmaktadır. Mikrodenetleyiciler, mikroişlemci ve mikroişlemciye bağlı kısımların birlikte bulunduğu bir entegredir. Mikroişlemciler (CPU) kendisine eşlik eden yan birimlerle birlikte kullanılmaktadırlar. Mikrodenetleyici ise mikroişlemci ve bu yan birimlerin tek bir entegre içinde toplandığı yarıiletken devre elemanıdır (Şekil 3.3). Mikrodenetleyiciler içlerinde; CPU, RAM, ROM, G/Ç birimi, seri ve paralel portlar, sayıcılar, analog/dijital dönüştürücü, dijital/analog dönüştürücü ve osilatör gibi birimleri barındırırlar (Robotiksisitem, 2018; Bay ve Görgünoğlu 2002).



Şekil 3.3: Mikrodenetleyici iç yapısı

Mikrodenetleyiciler ucuz olmaları, problemlere hızlı ve güvenilir elektronik çözümler üretebilmelerinden dolayı otomobil, cep telefonları, radyo, televizyon gibi günlük hayatta kullandığımız birçok üründe kullanılmaktadırlar. En ünlü mikrodenetleyici üreticileri Microchip, Intel ve Atmel'dir.

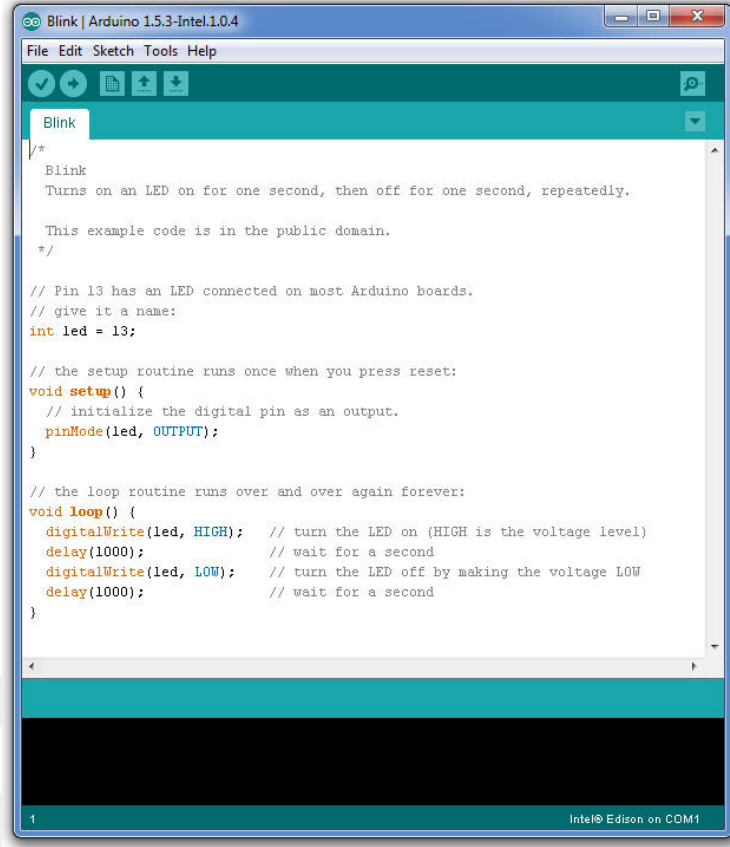
3.5 Arduino

Arduino, mikrodenetleyici kartları ve yazılım paketinden oluşan açık kaynaklı bir programlama platformudur. Açık kaynak kodlu yazılım dili ile programlanabilirler. İlk olarak Massimo Banzi öğrenci projeleri için mikrodenetleyici kart tasarımı fikrini öne sürmüştür. Çünkü kendisi İtalya'da öğretim üyesidir. Projelerde öğrencilerin ucuza, kolay ve güvenilir kartlara ihtiyacı vardır. Bu amacına kendisi gibi aynı düşüncelere sahip Malmö Üniversitesinden David Cuartielles ile ortaklaşa çalışıp Arduino'yu üreterek ulaşmıştır (Şekil 3.4) (Çamoğlu, 2014; Saygılı, 2015).



Şekil 3.4: Arduino Uno

Arduino ekosistemi şu kısımlardan oluşur: Şekil 3.5' de görülen Arduino geliştirme ortamı olan IDE. IDE, Java dilinde yazılmıştır. Arduino üzerindeki mikrodenetleyiciyi programlayan yazılım olan AVRDUDE. Arduino bootloader, derleyici olan AVR-GCC ve Arduino kütüphanelerinden oluşur. Kütüphaneler C ve C++ dillerinde yazılmıştır ve AVR-GCC ve AVR Libc. ile derlenmiştir (Badamasi, 2014).



Şekil 3.5: Arduino yazılım geliştirme ortamı (IDE)

3.5.1 Arduino yazılım dili

Arduino kitleri üzerindeki mikroişlemciler Arduino'nun kendi wiring tabanlı programlama dili yardımıyla programlanır ve kullanıcının geliştirdiği bu program Processing tabanlı Arduino'nun Yazılım/Program Geliştirme Ortamı (IDE) vasıtasıyla karta yüklenir.

Arduino'nun sahip olduğu programlama dilinden söz edilirse, sahip olduğu programlama dili olabildiğince kolaydır, temel düzeyde C++ programlama dili kullanılarak USB (Evrensel seri veri yolu) kablosu üzerinden mikrodenetleyici programlanabilmekte ve anlık etkileşimli uygulamalar çalıştırılabilmektedir. Programlama geliştirilirken de Java'dan yararlanılarak oluşturulmuş yalın, sade ve işlevsel olan bilgisayar programı kullanılmaktadır.

Arduino ekosisteminin dikkat çekici özelliklerinden biri de geliştiricileri tarafından hazırlanan içi dolu kütüphaneleridir. Bahsi geçen kütüphaneler

sayesinde, birden fazla kodlama tipinden iş yüklerinden kaçarak, asıl geliştirilmek istenilen yazılımlara yönelebilmektedir (Evans, 2011).

Arduino platformu, mikrodnetleyici kartlarında Atmel marka mikrodnetleyicileri kullanmaktadır. Mikrodnetleyiciler üretimin başında Bootloader yazılımları içine atılmış şekilde yola çıktıklarından dışarıdan bağlanacak bir programlama kartına gerek duymamaktadırlar. Bu özellik de tüm son kullanıcıların fazladan bir programlayıcı kartı gereksinimini ortadan kaldırarak büyük bir kolaylık sağlamaktadır.

3.5.2 Arduino Uno R3

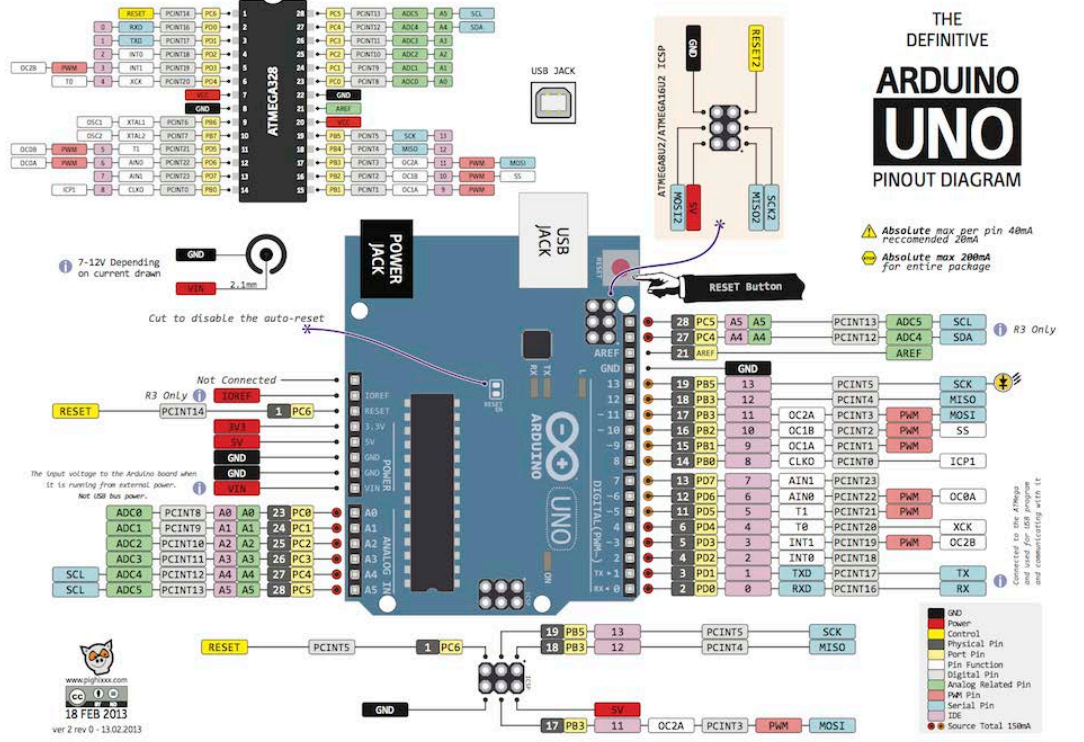
Arduino Uno en popüler ve sık kullanılan Arduino modelidir (Şekil 3.6). ATmega328P mikrodnetleyicilerini kullanan çeşididir. 14 adet dijital G/Ç bağlantı ucu vardır. Bu bağlantı uçlarından 6'sı PWM çıkışı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca bu kartın 6 adet analog veri tipinde girişi, 1 adet seri port bağlantısı için kullanılacak UART'ı, osilatör olarak 16 MHz'de titreşecek şekilde kesimi yapılmış kristali, USB bağlantı soketi, güç giriş soketi, ICSP bağlantı uçları ve resetleme işlemi için butonu mevcuttur (Şekil 3.7).



Şekil 3.6: Arduino Uno R3 mikrodnetleyici kartı

Arduino Uno'nun diğer özelliklerini incelersek; kartın çalışma gerilimi 5 V'dir. Dışarıdan piller veya şarj edilebilir bataryalar ile kartı besleyebilmek için bulunan

güç soketine ise, 7 V ile 12 V arasında gerilim beslemesi yapılabilir. Bu soketin üst sınırı ise 20 V'dir ama bu gerilimi uygulamak önerilmez. Kartın sahip olduğu G/Ç bağlantı uçlarının her biri 40 mA akım değerine kadar çalışabilir. Son olarak kartın sahip olduğu mikrodenetleyicinin belleklerini incelersek; 2 kilobaytlık SRAM, 1 kilobaytlık EEPROM ve 32 kilobaytlık flash hafıza göze çarpmaktadır.



Şekil 3.7: Arduino Uno R3 bağlantı diyagramı

3.5.3 Arduino Mega 2560 R3

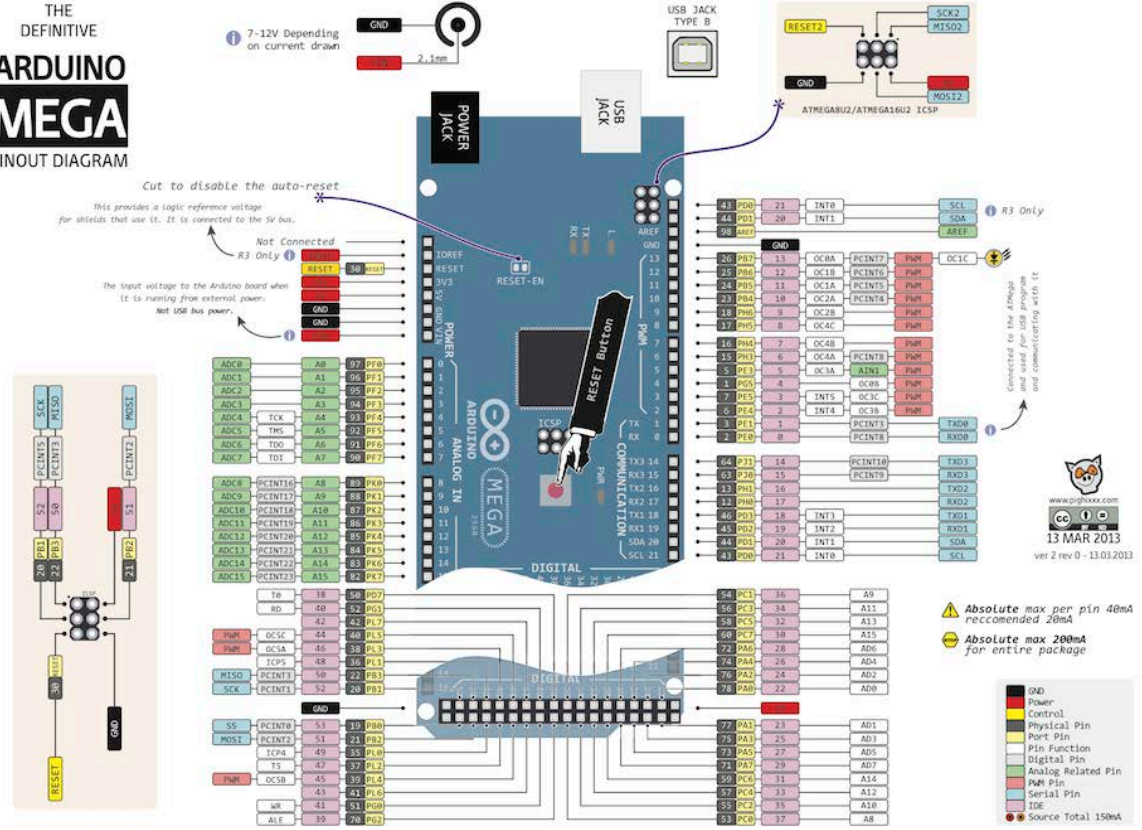
ATmega2560 mikrodenetleyici çeşidini içeren bir Arduino çözümdür (Şekil 3.8). 54 adet dijital G/Ç bağlantı ucu vardır. Dijital bağlantı uçlarının 14 adeti PWM özelliğine sahiptir. 16 adet analog veri girişi, 4 adet seri port bağlantısı için UART, osilatör olarak 16 MHz'de titreşen kristal, B tipi USB soketi, gerilim besleme girişi, ICSP bağlantı uçları ve resetleme işlemlerini gerçekleştiren düğmesi mevcuttur (Şekil 3.9).



Şekil 3.8: Arduino Mega 2560 R3 mikrodenetleyici kartı

Arduino Mega'nın diğer özellikleri de şu şekildedir: kartın çalışma gerilimi 5 V'dir. Kartın üzerinde bulunan voltaj düşürücüler sayesinde Mega, 7 V ile 12 V arasındaki gerilim değerleri ile rahatça beslenebilir. Tüm dijital G/Ç uçları 40 mA akım değerine kadar besleme yapabilmektedirler. En son olarak kartın sahip olduğu mikrodenetleyicinin belleklerine göz atılırsa; 8 kilobaytlık SRAM, 4 kilobaytlık EEPROM ve 256 kilobaytlık flash hafıza değerlerine sahiptirler.

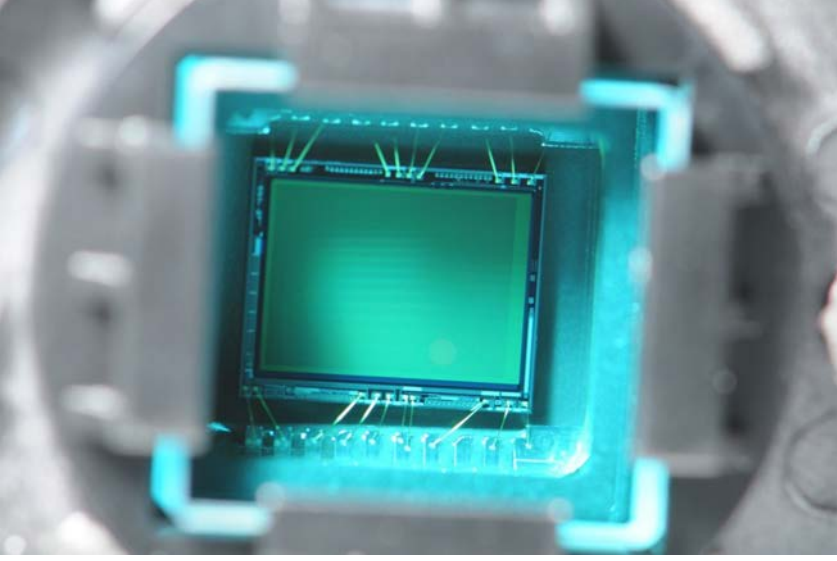
THE
DEFINITIVE
**ARDUINO
MEGA**
PINOUT DIAGRAM



Şekil 3.9: Arduino Mega 2560 R3 bağlantı diyagramı

3.6 Cmos Sensör ve Logitech Webcam

Frank Wanlass 1963 yılında CMOS sensörlerini keşfetmiştir. Bu sensörler ışığı elektronik sinyallere çevirirler (Şekil 3.10). CMOS sensörleri yaklaşık olarak yüzlerce sayıda transistöre sahiptirler. Sensörün sahip olduğu piksellerin her biri bir transistörden üretilmektedirler.



Şekil 3.10: CMOS sensör

CMOS sensörlerin farklı farklı görevlerde kullanıldığını görebiliriz. Geçen zaman içinde daima gelişime uğramaları ve sadece fotoğraf makinelerinde değil bir çok farklı elektronik cihazda kullanılmaları buna sebep olmuştur. Bolca kullanımı bulunduğundan dolayı makul fiyatlara geliştirimi ve üretimi mümkün olan bu sensörler, özellikle ulaşılabilir dijital fotoğraf makinelerinde sıkça kendilerine yer bulurlar. Oldukça ufak hacimde yer tutmaları bu sensörün bolca kullanılma sebeplerindedir. Ayrıca oldukça az enerji tüketimi gerçekleştirmeleri de CMOS sensörlerinin çeşitli cihazlarda rol kapmalarına etkendir (Birkarefotoğraf, 2014).

Bu çalışmada hasta göğüs duvarının hareketini ölçmek için, webcamden görüntüler alınmış OpenCV kütüphanesi yardımıyla bu görüntüler işlenerek bulunması amaçlanan, hasta ile sensör arasındaki mesafe verileri üretilmiştir. Webcam olarak ise cmos sensöre sahip logitech c310 modeli kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Logitech c310 webcam

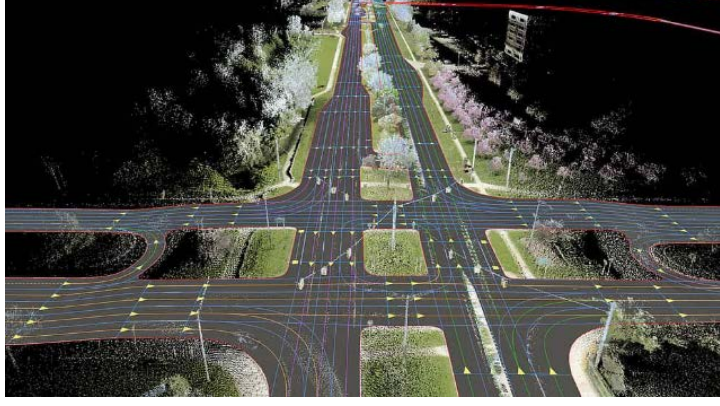
Logitech c310 webcam'in başlıca özellikleri şu şekildedir:

- Maksimum Çözünürlük: 720p/30fps
- Odak türü: sabit odak
- Objektif teknolojisi: standart
- Yerleşik mikrofon: mono
- Görüş alanı: 60°
- 1.5m Usb kablo

3.7 Lidar ve Lidar-lite v3

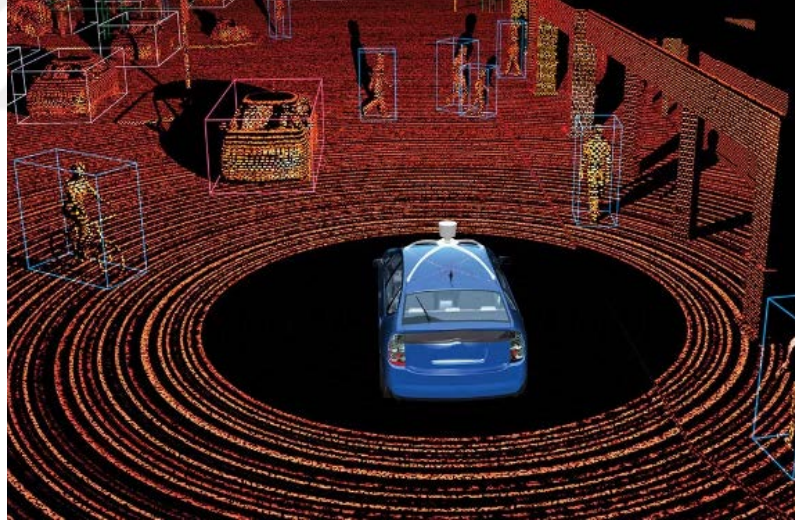
Lidar (ışık algılama ve mesafe ölçümü) kelime olarak aslında radar (radyo dalgası algılama ve mesafe ölçümü) kelimesinden esinlenilerek ortaya çıkarılmış. Klasik radar sistemlerinde elektronik manyetik dalgalar kullanılırken lidarda hiç manyetik dalga yoktur ve tümüyle lazer ışınlarına bağlıdır. Bu sebeple lidar, ışık ve radar kelimelerinin İngilizce karşılıkları olan light ve radarın karıştırılmasıyla ortaya çıkmış bir isimdir. Yani lidar için kısaca ışık ile ölçüm yapan radar sistemi denilebilir. Teknik olarak; üç boyutta lazer ışınları kullanarak taramalar yapan Lidarlar, 1960'lerde hava taşıtları vasıtasıyla düşman denizaltılarının belirlenmesi amacıyla araştırma-geliştirmesi yapılmış olup, 1970'lerde hizmetlerine başlanmışlardır. Devam eden yıllarda da havadan olsun, karadan olsun bu tekniği gerçekleştiren sensörlerin türevleri ve hizmet alanları artmıştır.

Lidar sensörleri temel olarak ışık (lazer) ile mesafe ölçmek için tasarlanmış hassas mesafe sensörleridir. Kızılötesi lazer ışığının bir yüzeyden yansıma süresini ölçen bu cihazlar ultrasonik sensörler ile çok benzer bir çalışma mantığına sahiptir. Lidarların avantajı ses yerine ışık kullanmalarından kaynaklanır. Bu sistemlerde kaynaktan dışarı çıkan ışınlar kesikli olup, bir düzen içinde yansıtıcıya çarptırılıp Lidarla taraması yapılması istenen bölgeye yönlendirilirler. Bu sayede istenirse havadan ya da karadan sabitleme düzenekleri üzerinden taraması istenilen bölgenin saniyede 1000 kez ile 150.000 adet noktasının taraması icra edilir ve sensör sayesinde konumlandırmalar yapılır (Şekil 3.12). Bu yapılan konumlandırmalarını milyonlarca noktadan oluşan nokta kümeleri haline çevirir.



Şekil 3.12: Lidar lite v3 konumlandırmaları.

Uçaklarda, helikopterlerde, otonom araçlarda (Şekil 3.13), geniş alanların topografik haritalarında ve iç mekanların mimari modellerini çıkartmada, arkeolojide, jeolojide, meteorolojide havadaki kimyasalların ölçümlerinde, şehircilik planlamalarında, petrol ve doğal gaz kaynaklarının aramalarında ya da doğa araştırmaları gibi birçok alanda Lidarlar kullanılmaktadır (Surveying, 2018).



Şekil 3.13: Lidarın 3 boyutlu haritayı oluşturması.

Bu çalışmada ise, hasta göğüs duvarının hareketlerini izleyebilmek için diğer mesafe sensörleriyle beraber Garmin markasının Lidar-lite v3 adlı ürünü de kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Lidar-lite v3 sensörü ve bağlantı kablosu

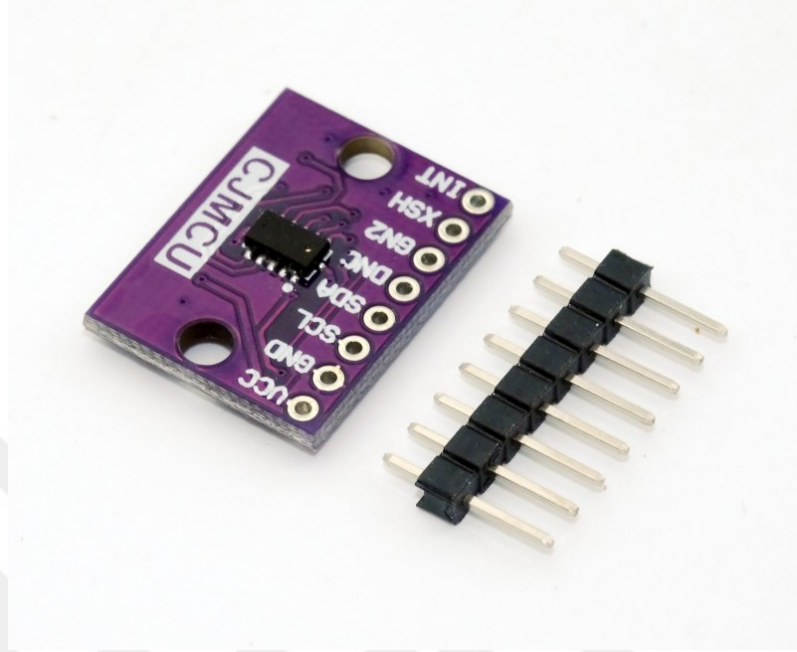
Lidar-Lite v3 sensörü, Garmin firmasının piyasaya sürdüğü küçük boyutlara sahip ve performanslı optik mesafe sensör çeşididir. Başlıca özelliklerinden bahsetmek gerekirse; sensörün ölçüm menzili 40 m'ye kadardır, hassasiyeti 1 m'den yakın mesafelerde 4 cm'den az iken 1 m'den büyük uzaklıklarda toplam 5 cm'yi bulmaktadır, önerilen besleme gerilimi 5 V'dir, lazer kaynağından çıkan ışınların dalgaboyu 905 nm'dir ve mikrodenetleyicilerle I2C (Entegre Devreler Arası) veri yolu standardı veya PWM yöntemi aracılığıyla kullanılabilir.

3.8 Lazer Mesafe Ölçüm Sensörü ve GY-VL53L0XV2 Modülü

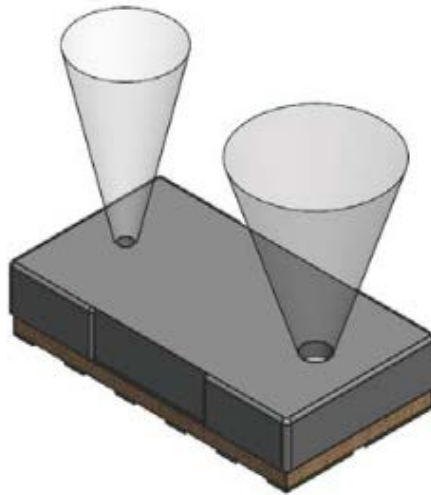
Lazer sensörler küçük nesnelerin algılanmasının gerektiği veya özellikle net bir konum algılanmasının gerektiği yerlerde kullanılır. Lazer ışını, birbirleriyle sabit bir faz ilişkisine sahip eşit dalga boyu ışık dalgasından oluşur. Buradan lazer sensörlerinin önemli bir özelliği ortaya çıkar, ışık demetine hemen hemen paraleldir. Sonuç olarak küçük uzaklaşma açısı ile büyük menzil elde edilir. Gün ışığında açıkça görünen lazer noktası sistemin düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır. Odaklanan ışınlar, sensör tarafından yayılır. Işık ışınlarının kaynağa tekrar yansımaları için gerekli zaman hesaplanır ve elde edilen sonuçlar sayesinde mesafe oldukça hassas bir şekilde tespit edilir.

Çalışmada, hasta göğüs duvarının hareketlerini ölçmek amacıyla diğer mesafe sensörleriyle beraber GY-VL53L0XV2 adlı lazer mesafe ölçüm sensör

kartı da kullanılmıştır (Şekil 3.15). Bu kart üzerinde ise Dünya'nın en küçük uçuş süresi hesabı ile yer tespiti ve hareket algılama sensörü olan VL53L0X bulunmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.15: GY-VL53L0XV2 Lazer mesafe ölçüm sensör kartı



Şekil 3.16: VL53L0XV2 sensörü

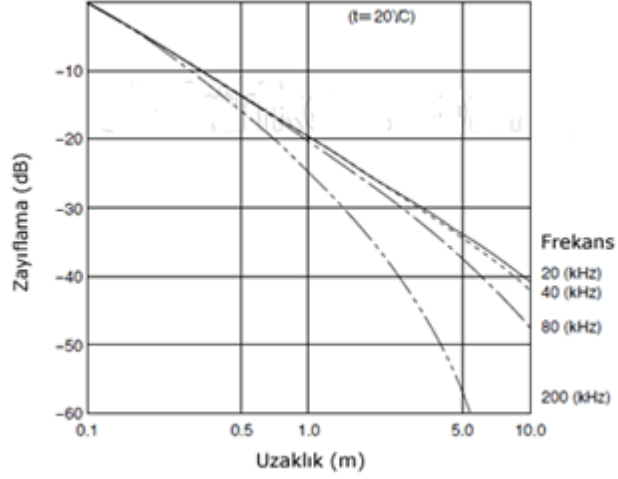
Sensör kartının özellikleri şu şekildedir:

- Lazer ışını: 940 nm dalga boyunda
- Ağırlık (headerlar hariç): 0.5 gr
- Çalışma gerilimi: 2.6-5.5 V
- Çalışma akımı: 10 mA (tipik ortalama değer, maksimum 40 mA'ya kadar çıkabilmektedir)
- Çıkış: I2C üzerinden 16-bit mm cinsinden mesafe değeri
- Ölçüm aralığı: 2 m'ye kadar (efektif menzil konfigürasyon, obje ve ortam koşullarına göre değişiklik gösterebilir)
- Minimum ölçüm mesafesi: ~3 cm
- Hassasiyet: 1 mm.

3.9 Ultrasonik Sensör ve MB7360 HRXL

Gözleri olmadan gece karanlığında teorik olarak görebilen ve hayatını bu şekilde devam ettiren hayvan olan yarasaların kullandığı teknik, gündelik hayatımızda ve endüstrideki otomasyon sistemlerinde yaygın olarak tercih edilmektedirler. İnsan kulağı tarafından duyulabilen frekansların (20 kHz) üzerindeki seslere ultrasonik dalgalar denir. Bu dalgaların hareketlerinin hızları frekanslarının ve dalgaboylarının çarpımına eşittir. Bir elektromanyetik dalganın hızı 3×10^8 m/s iken, sesin 20 C°'deki hava boşluğundaki hızı 344 m/s'dir. Yavaş olan ses dalgası demek, uzaklık ve yön çözünürlüğünün de yüksek olması demektir. Daha kesin ölçüm sonuçları elde edebilmeye olanak tanıyan da bu yüksek çözünürlüktür.

Ultrasonik (sesüstü) dalgalarının hareketi $c=331,5+0,607t$ (m/s) bağıntısıyla açıklanabilir. Bağıntıdan da görülebileceği gibi ses dalgalarının hareketi, ortamın sıcaklığı ile (t: C°'dir) ilintili olarak değişmektedir. Şekil 3.17'de ses dalgalarının farklı farklı frekanslar için 20 C° sıcaklığında uzaklık ve şiddet eğrileri görülmektedir (Odyolojikulübü, 2018).



Şekil 3.17: Ses dalgalarının farklı frekanslar için 20 C°'de uzaklık ve şiddet eğrileri.

Şekilden de görülebileceği gibi hava boşluğunda hareket eden ultrasonik dalgaların sahip olduğu şiddeti uzaklık arttıkça azalmaktadır. Şekilden görülebilecek başka sonuç ise de: frekansları yüksek ultrasonik dalgaların frekansları düşük ultrasonik dalgalara oranlandıklarında daha kısa mesafelere ulaştıklarıdır (Carullo and Parvis, 2001).

Bu çalışmada hasta göğüs duvarının mesafe verisini ölçmek için farklı çalışma prensiplerine sahip sensörlerle beraber MaxBotix MB7360 HRXL MaxSonar-WR Ultrasonik mesafe sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: MaxBotix MB7360 HRXL MaxSonar-WR ultrasonik mesafe sensörü.

Şekildeki ultrasonik mesafe sensörünün başlıca özellikleri şöyledir; ölçü hassasiyeti 1mm'dir, 5 m değerindeki uzaklığa kadar mesafe ölçümleri alabilir, kullandığı sesüstü dalganın frekansı 42kiloHertz'dir, besleme gerilim değerleri 2,7 V ile 5,5 V değerleri arasındadır, harcadığı akımın ortalaması 2.9 mA'dır, saha koşullarına dayanıklıdır ve seri portu kullanarak çeşitli cihazlarla veri alış-verişini yapabilir.

3.10 Kızılötesi mesafe sensörü ve Sharp GP2Y0A02YK0F

Kızılötesi sensörler dış dünyaya ışık sinyali yayarlar. Şartlar uygunsa yayımlanan bu ışık sensöre geri yansır. Işığın sensöre geri yansımadaki açılar, çıkan ışınların düştüğü nesnenin uzaklığı ile ilgilidir. Bu yansıyan ışınların açıları hesaplara tabi tutularak cismin sensöre olan uzaklığı belirlenir. Sensör, yaptığı bu ölçümlerde çevredeki ışık şartlarından çok az miktarda etkilenir. Örnek olarak; bol ışık alan bir ortamda dahi siyah renkli bir duvarı algılayabilir.

Çalışmada ise farklı çalışma prensiplerine sahip diğer sensörlerle birlikte Sharp markasının GP2Y0A02YK0F model kızılötesi mesafe sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.19).

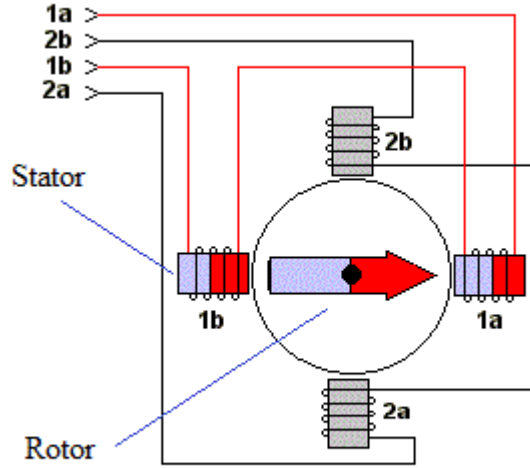


Şekil 3.19: Sharp GP2Y0A02YK0F kızılötesi mesafe sensörü

Bu kızılötesi mesafe sensörünün bazı özellikleri şu şekildedir; çalışma gerilim aralığı 4,5 V- 5,5 V'dir, harcadığı akım miktarı ortalama 33 mA'dır, 20 cm ile 150 cm arasındaki uzaklık değerlerini algılayabilir.

3.11 Step Motor ve Nema17 Step Motor

Step (adım) motorlar, elektrik sinyallerini mekaniksel hareketlere dönüştüren elektromekanik cihazlardır. Adım motorları, bağlantı uçlarına gerilim verildiğinde dairesel hareket eden doğru akım motorlarından farklı teknikle çalışırlar. Adım motorlarının ortasında mıknatıstan veya metalden oluşan rotor ve statoru saran bobinler mevcuttur (Şekil 3.20). Rotor saran bobinlere, A4988 sürücü devre kartı gibi devreler tarafından elektrik sinyalleri gönderilir. Bu şekilde oluşturulan elektromanyetik etkilerle adım motoru oldukça küçük açıda bir dairesel hareket gerçekleştirir. Ardından gönderilen elektrik sinyalinin sıradaki bobine ulaştırılmasıyla elektromanyetik çekim o bobine doğru gerçekleşir. Bu iki işlem basamağı devamlı olarak sağlandığında küçük açılar şeklinde gerçekleşen hareketlerle dairesel hareket devam ettirilir (Proctor, 1963).



Şekil 3.20: Step motor iç yapısı

Adım motoruna sürücü devresinden gelecek bir sinyalle rotorun gerçekleştireceği dairesel hareketin miktarı, motorun üretiminde belirlenen adım açısıyla ilgilidir. Adım açısının düşük olması, motorun dairesel hareketinin çözünürlüğünü arttırmaktadır. Ayrıca motora gönderilecek sinyallerin frekansı değiştirilerek, hızına hükmedilebilir. Step motorun hangi yöne döneceği, dönüş

hızı, devir sayısı gibi değerler “step motor sürücü kartları” ve mikrodenetleyiciler yardımıyla uygulanabilir (Elektrikrehberiniz, 2018).

Bu çalışmada soluk alıp-verme taklidini gerçekleştiren fantomun mekaniksel hareketleri için 17HS4401 NEMA17 model bir step motor kullanılmıştır (Şekil 3.21) ve başlıca özellikleri şu şekildedir:

- Karşılıklı bobin sayısı: 2
- Adım açısı: 1.8°
- Motor uzunluk: 40 mm
- Çalışma akımı : 1.7 A
- İç direnç : 1.5Ω
- Faz inductansı : 2.8 mH
- Tutunma torku : 40 N.cm
- Tetik torku : 2.2 N.cm
- Rotor ataleti: 54 g.cm²
- Ağırlık: 280 gr.



Şekil 3.21: 17HS4401 NEMA17 step motor

3.12 Step Motor sürücü Kartı ve A4988

Step (adım) motor sürücü kartları, mikrodenetleyicilerle birlikte step motorların yönlendirilmesini sağlayan kartlardır. Bu kartlar step motorları mikro adımlarla da kontrol edebilirler. Tam, yarım, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ ve $\frac{1}{16}$ bipolar motor sürüş modlarının gerçekleştirilmesini sağlayabilirler. Genellikle step motorların aşırı akım çekmelerine karşı korumalara sahiptirler (Robolink, 2018).

Bu çalışmadaki step motoru sürmek içinse Allegro tarafından üretilen A4988 step motor sürücü kartı kullanılmıştır (Şekil 3.22). Kartın bazı özellikleri şu şekildedir: besleme gerilimi aralığı 8 V-35 V'dir, lojik gerilim aralığı 3 V ile 5.5 V arasındadır, faz başına akım 2 A'dır, kısa devre korumasına ve değiştirilebilir akım trimpotuna sahiptir.



Şekil 3.22: A4988 step motor sürücü kartı

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Solunum Hareketini Taklit Eden Fantom

Bir solunum takip sisteminden bahsediyorsak, doğal olarak solunum hareketi bu çalışmanın önemli noktalarından biridir. Bu çalışmada ise, çalışma prensipleri farklı sensörleri sınavabilmek için solunum hareketini gerçekleştirecek bir fantom geliştirilmiştir. Bu fantom çeşitli elektronik devreler, mikrodenetleyici, step motor ve mekanik aksamlar sayesinde insanın solunum hareketinin simülasyonunu gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca üç boyutlu yazıcıdan göğüs duvarını temsil eden bir parça basılmış ve bu fantomun hareketli kısmına konumlandırılmıştır (Şekil 4.1). Fantomun geliştirilmesinde yararlanılan malzemeler aşağıdaki gibidir (Şekil 4.2):

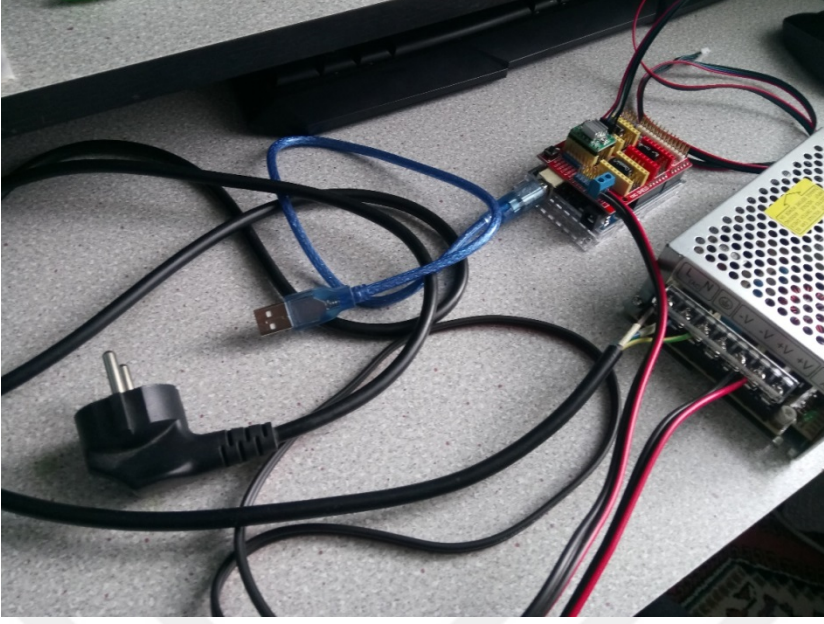
- Arduino Mega
- Arduino Uno
- Arduino Uno CNC Shield
- A4988 step motor sürücü kartı
- Nema17 Step Motor
- Nema17 Step Motor tutucu
- 2 adet krom kaplı mil
- Vidalı mil
- 2 adet lineer rulman
- 2 adet dairesel rulman
- 6 adet mil tutucu
- Kaplin
- 12 V güç kaynağı



Şekil 4.1: Fantom resmi



Şekil 4.2: Mekanik parçalar



Şekil 4.3: Fantomun elektriksel ve elektronik bağlantıları

```

rs232_step1 | Arduino 1.8.5
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

rs232_step1

# define EN 8 // stepper motor enable , active low
# define X_DIR 5 // X -axis stepper motor direction control
# define Y_DIR 6 // y -axis stepper motor direction control
# define Z_DIR 7 // z axis stepper motor direction control
# define X_STP 2 // x -axis stepper control
# define Y_STP 3 // y -axis stepper control
# define Z_STP 4 // z -axis stepper control

int incomingByte = 0;

void step (boolean dir, byte dirPin, byte stepperPin, int steps)
{
  digitalWrite(dirPin, dir);
  delay(50);
  for(int i = 0; i<steps;i++)
  {
    digitalWrite(stepperPin, HIGH);
    delayMicroseconds(800);
    digitalWrite(stepperPin, LOW);
    delayMicroseconds(800);
  }
}

void setup () { // The stepper motor used in the IO pin is set to output
  pinMode(X_DIR, OUTPUT); pinMode(X_STP, OUTPUT);
  pinMode(Y_DIR, OUTPUT); pinMode(Y_STP, OUTPUT);
  pinMode(Z_DIR, OUTPUT); pinMode(Z_STP, OUTPUT);
  pinMode(EN, OUTPUT);
  digitalWrite(EN, LOW);
}

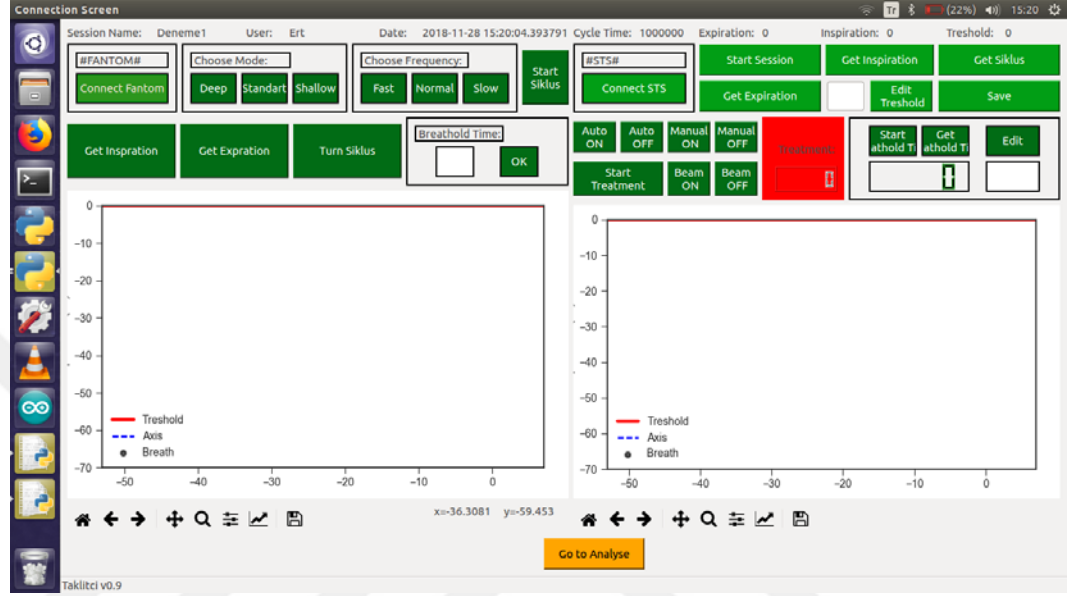
Kaydedildi.
Çalışmanız programın 2134 bayt (6 %) saklama alanını kullandı. Maksimum 32256 bayt.
Global değişkenler belleğin 184 byte kadarını (8%) kullanıyor. Yerel değişkenler için 1864 byte yer kalıyor. En fazla 2048 byte kullanılabilir.
7

```

Şekil 4.4: Arduino Uno Kodları

Şekil 4.3'de görüldüğü üzere, elektriksel ve elektronik bağlantılar tamamlandıktan sonra ve Şekil 4.4'teki kodlar Arduino Uno'ya yüklendikten sonra fantom çalışmaya hazırdır. Fakat fantom, bu çalışmada geliştirilmiş Python programından (Şekil 4.5) gelen emirler ile çalışmaya başlayarak, insanın solunum hareketini taklit eder. Fantomun Arduino Uno'su ise, Python programlama dilinde

yazılmış kodun çalıştığı bilgisayara USB portu üzerinden bağlanmıştır. Çalışmaya dahil edilen, çalışma prensipleri farklı sensörler de aynı bilgisayara yine USB portu üzerinden bağlanmıştır. Bilgisayar son aşamada ise, fantom ve sensörden gelen konum bilgilerini karşılaştırarak o sensörün bir solunum takip sistemine uygunluğunu sınamaktadır.



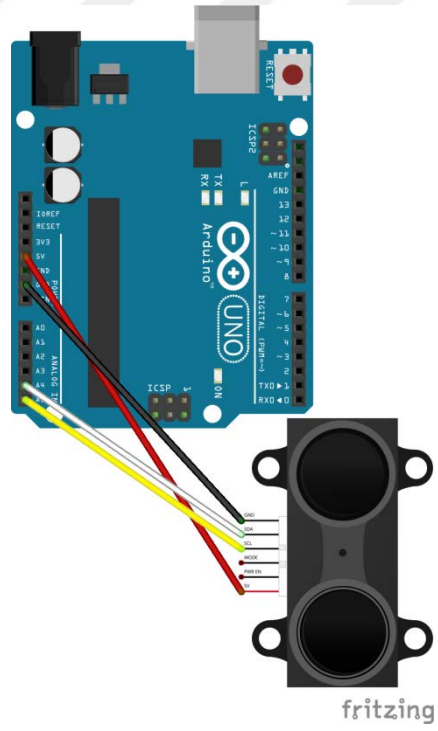
Şekil 4.5: Python programı ekran görüntüsü

4.2. Sensörlerin Devre Şemaları

Çalışmada; ideal bir solunum takip sisteminde kullanılmaya aday, beş farklı sensör çeşidi sınanmıştır. Bunlar; webcam (cmos), lidar, lazer mesafe sensörü, ultrasonik mesafe sensörü ve kızılötesi mesafe sensörüdür (Şekil 4.6). Bu sensörlerden webcam, Python dilinde yazılmış fantom yazılımının çalıştığı bilgisayara USB portu üzerinden direk bağlanarak veri akışı sağlanmıştır; diğer sensörler ise bahsi geçen bilgisayara USB port üzerinden bağlı olan Arduino Uno'ya verilerini iletmektedirler (Şekil 4.7). Arduino Uno da Şekil 4.8'teki gibi kodlarla kendisine bağlı sensörlerden mesafe ölçüm verilerini alıp ve bilgisayara göndermektedir.



Şekil 4.6: Çalışmada kullanılan sensörler



Şekil 4.7: Lidar-arduino devre şeması



```

rs232_lidar | Arduino 1.8.5
Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım
rs232_lidar
#include <Wire.h>
#include <LIDARLite.h>

LIDARLite lidarLite;
int cal_cnt = 0;
int incomingByte = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lidarLite.begin(0, true); // Set configuration to default and I2C to 400 kHz
  lidarLite.configure(0); // Change this number to try out alternate configurations
}

void loop() {

  int dist;
  if (Serial.available() > 0) {
    // read the incoming byte:
    incomingByte = Serial.read();

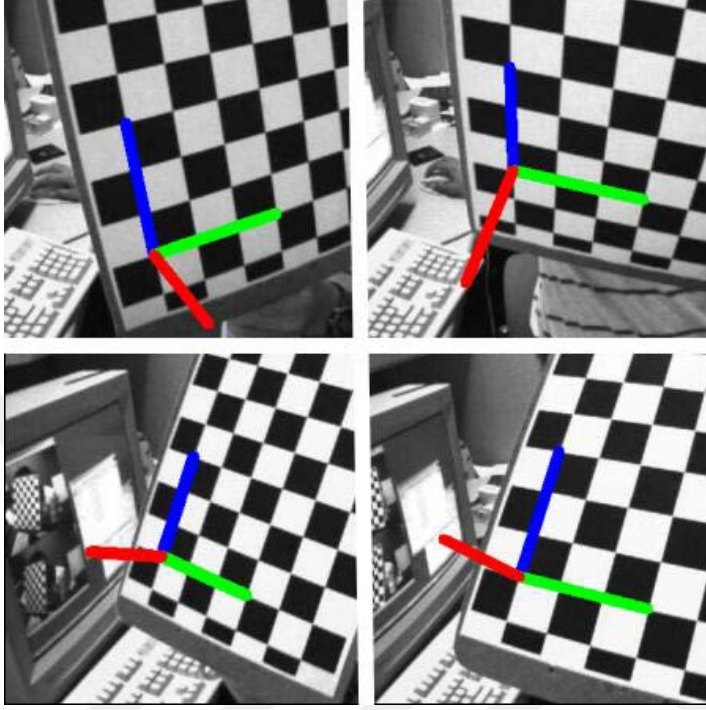
    // say what you got:
    if (incomingByte == 49) { // ASCII printable characters: 49 means number 1
      // At the beginning of every 100 readings,
      // take a measurement with receiver bias correction
      if ( cal_cnt == 0 ) {
        dist = lidarLite.distance(); // With bias correction
      } else {
        dist = lidarLite.distance(false); // Without bias correction
      }
    }
  }
}
Kaydedildi.
3

```

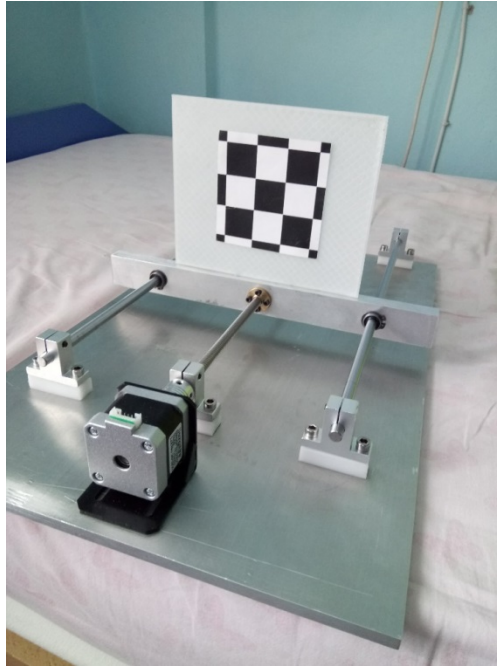
Şekil 4.8: Lidar sensörü için Arduino Uno kodları

Çalışmada webcam’den elde edilen mesafe ölçüm verileri ise Python programlama dili ve OpenCV bilgisayarlı görü kütüphanesini temel alarak geliştirilmiş yazılım ile sağlanmıştır. Bu verilerin üretilmesinde ise kütüphanenin “Eksen Tahmini” adı verilen fonksiyonundan yararlanılmıştır (Şekil 4.9). Eksen tahmini, bilgisayara iletilen resim üzerinden başlangıçta referans noktalarının seçilip, bu referans noktaları üzerinden matrislerden yararlanılarak yapılan vektör analizi hesapları ile gerçekleştirilir. Bu noktaların yönelimleri hesaplanarak ise üç eksen de yer değiştirmeler hesaplanır. Fakat bu eksen tahminini daha doğru şekilde gerçekleştirilmesi için ilk olarak, eksen tahmini ve buna bağlı olarak üretilecek mesafe ölçüm verisinin, mümkün olduğunca yüksek doğrulukta olması için, webcam OpenCV kütüphanesinde mevcut “Kalibrasyon” fonksiyonu sayesinde kalibre edilmiştir (Sert vd., 2012). Kalibre işleminde webcamın öz kamera matrisi içindeki, iki eksen için odak uzaklıklarının yazıldığı matris bileşenleri yeniden düzenlenmiş ve mesafe ölçümünün doğru gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Kütüphanenin hem “Kalibrasyon” fonksiyonu hem de “Eksen Tahmini” fonksiyonunun kullanımında satranç tahtası resminde faydalanılmış, fantom üzerine de bu resim yapıştırılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.9: Eksen tahmini, (Bradski, 2008).



Şekil 4.10: Satranç tahtası resimli fantom

5. BULGULAR

Aşağıdaki tabloda, beş farklı sensör için fantom hareketine karşı aldıkları mesafe ölçüm değerleri bulunmaktadır. İnsanın durgun solunumunda göğüs duvarının yer değiştirmesi 20 mm değerinde olduğundan, fantomun hareketi 20mm olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan sensör çeşitlerinin çalışma hassasiyetleri birbirinden farklıdır. Bu farklılık nedeniyle ölçüm alınan noktalarda bir sensör çok iyi çalışırken diğer sensör aynı doğrulukta çalışmamaktadır. Benzer şekilde başka bir noktada kötü sonuç veren sensör çok iyi çalışmakta iyi sonuç veren ise kötü çalışmaktadır. Çalışmada bu durumlar göz önüne alınarak ölçüm noktaları belirlenmiştir. Sensörlerin fantoma olan uzaklıkları, bazı sensörlerin yakın bazı sensörlerin uzak mesafelerde verimli çalışması nedeniyle 40 cm ve 80 cm için ölçümler alınmıştır. Bu iki ölçüm (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2) fantomun 20 mm'lik yer değiştirmesine karşılık sensörlerin algıladığı değerlerdir. Bütün sensörlerin verimli çalıştığı ortak nokta olan 70 cm için elde edilmiş değerler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Sensör Tipi	Fantomun yer değiştirmesi (mm)	Sensörün aldığı ölçüm (mm)
Lidar	20	30.00
Ultrasonik	20	21.00
Lazer	20	22.00
Webcam	20	21.12
Kızılötesi	20	22.23

Çizelge 5.1: Fantoma 40 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları

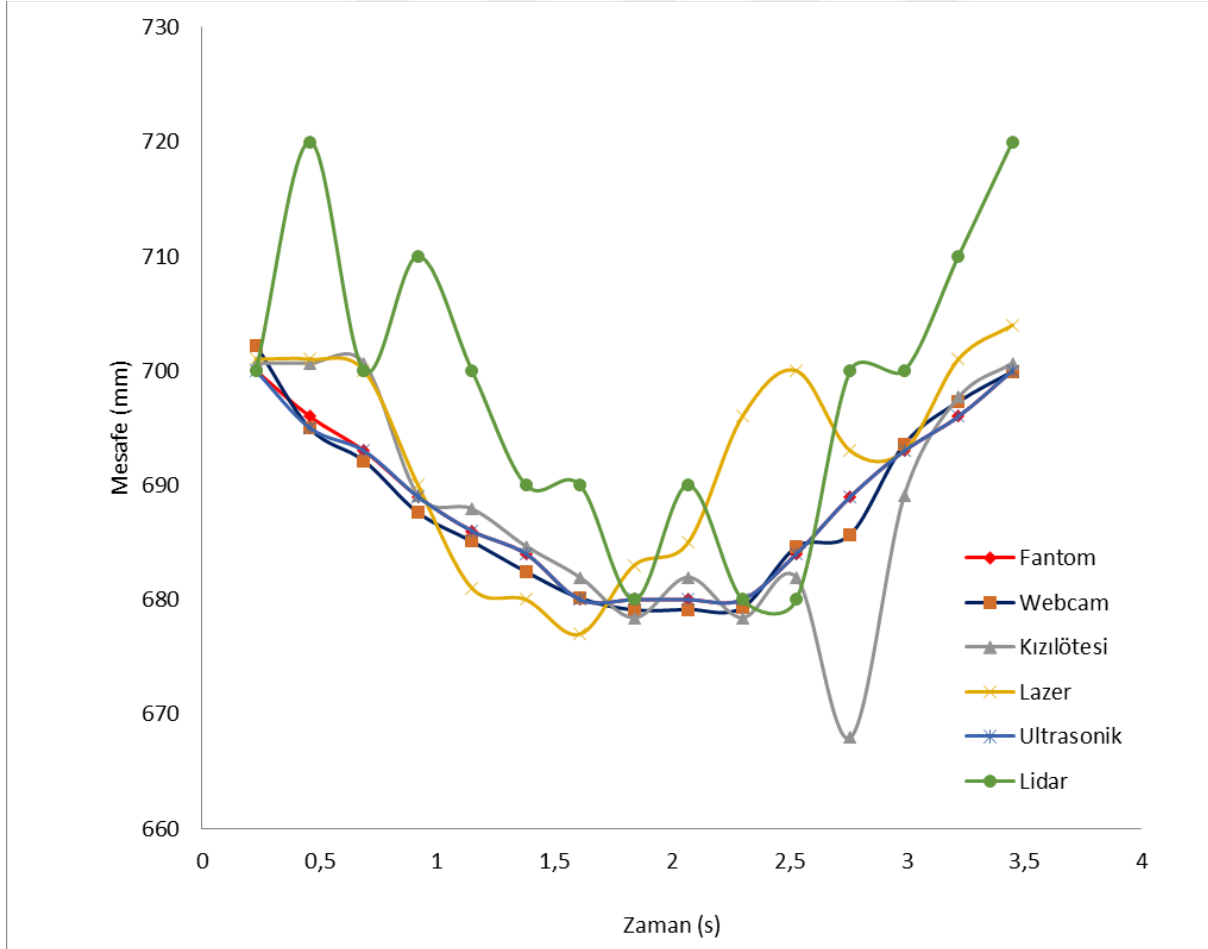
Sensör Tipi	Fantomun yer değiştirmesi (mm)	Sensörün aldığı ölçüm (mm)
Lidar	20	30.00
Ultrasonik	20	20.00
Lazer	20	23.00
Webcam	20	21.27
Kızılötesi	20	22.81

Çizelge 5.2: Fantoma 80 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları

Zaman (s)	Mesafe (mm)	Sensörlerden Ölçülen Mesafe (mm)				
	Fantom	Kızılötesi	Webcam	Lazer	Ultrasonik	Lidar
0.23	700.00	700.67	702.23	701.00	700.00	700.00
0.46	696.00	700.67	694.97	701.00	695.00	720.00
0.69	693.00	700.67	692.13	700.00	693.00	700.00
0.92	689.00	689.13	687.61	690.00	689.00	710.00
1.15	686.00	687.94	685.09	681.00	686.00	700.00
1.38	684.00	684.67	682.44	680.00	684.00	690.00
1.61	680.00	681.96	680.14	677.00	680.00	690.00
1.84	680.00	678.43	679.11	683.00	680.00	680.00
2.07	680.00	681.96	679.15	685.00	680.00	690.00
2.30	680.00	678.43	679.30	696.00	680.00	680.00
2.53	684.00	681.96	684.60	700.00	684.00	680.00
2.76	689.00	667.94	685.70	693.00	689.00	700.00
2.99	693.00	689.13	693.59	693.00	693.00	700.00
3.22	696.00	697.67	697.29	701.00	696.00	710.00
3.45	700.00	700.67	699.93	704.00	700.00	720.00

Çizelge 5.3: Fantoma 70 cm uzaklıktaki ölçüm sonuçları

Çizelge 5.3'teki verilerin grafik olarak gösterimi Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1: Sensörlerin 70 cm için zaman-mesafe grafiği.

6. SONUÇ

Fantom vasıtasıyla sensörlerden elde edilen bulgular sonucunda; çalışmada kullanılan ultrasonik mesafe sensörüne ait kullanım kılavuzunda, sensörün 50 cm mesafeden daha yakın uzaklıklarda daha az verimli çalışabileceği belirtilmiştir. Alınan ölçümlerde de sensörün bu mesafe bandında çalışırken, ürettiği mesafe değerlerinin hassasiyetinin çok az kötüleştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca ürünün kullanım kılavuzunda belirtildiği üzere 30 cm'den yakın mesafedeki ölçümlerde, ölçüm sonuçlarının 30 cm değerinde sabitlediği belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında sensörün, tedavi pozisyonuna ve kendi çalışma doğruluğuna uygun şekilde konumlandırılması geliştirilecek solunum takip sisteminin püf noktası olacaktır. Sensörün 50 cm'den daha uzakta alınan mesafe ölçümlerinde yüksek hassasiyette sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışma süresince alınan ölçümlerde ultrasonik mesafe sensörünün, diğer sensör çeşitlerine göre de en yüksek doğrulukta ve en yüksek hassasiyette mesafe ölçümlerini yaptığı gözlemlenmiştir. Bu sensör, bir solunum takip sisteminde kullanılmaya uygun doğruluğa ve hassasiyete sahiptir.

Kızılötesi mesafe sensörünün ise, sensörün fantoma en az 25 cm'den uzakta konumlandırılması durumunda daha doğru mesafe ölçümleri aldığı fark edilmiştir. Sensörün kendi ölçüm üst sınırı olan 1.50 m'ye kadar ölçümler alabildiği de gözlemlenmiştir. Fakat fantoma göre herhangi bir uzaklıkta konumlandırılan bu sensör ile alınan ölçüm sonuçlarının doğruluğu, bir solunum takip sisteminde ihtiyaç duyulacak hassasiyeti sağlamamıştır.

Lidar sensörü ile alınan ölçümlerde ise, ölçüm sonuçlarının hassasiyetinin 1 cm'den büyük olması gözden kaçmamıştır. Lidar sensörlerinin, çeşitli elektronik çalışmalarda ve çok büyük mesafe ölçümü gerektiren uygulamalarda iyi birer seçenek olmalarına karşın, çalışmada kullanılan lidar sensör modelinin kısa mesafe gerektiren bir solunum takip sisteminde kullanılacak kadar hassas olmadığı gözlemlenmiştir.

GY-VL53L0XV2 lazer mesafe ölçüm sensör kartı ile alınan ölçümlerde; sensör kartının varsayılan çalışma modunda, yakın mesafeli ölçümlerde uzak

mesafeli ölçümlere göre görece daha hassas ölçüm sonuçları verdiği görülmüş, uzak mesafeden fantom yardımıyla alınan ölçümlerde ise hata payının arttığı gözlemlenmiştir. Fakat sensör kartı uzun mesafeli ölçüm modunda çalıştırıldığında ise, ölçüm sonuçlarında hata payı oldukça atmıştır. Çalışma sırasında bu sensör kartı ile alınan tüm ölçümlerin sonuçları incelendiğinde, sensör kartının bir solunum takip sisteminde ihtiyaç duyulan doğruluk ve hassasiyete sahip olmadığı açıkça söylenebilir.

Webcam ve OpenCV kütüphanesi yardımıyla yapılan ölçümlerin hassasiyeti ise oldukça tatminkâr olmuştur ve çalışmadaki sensörlere göre ultrasonik mesafe sensöründen sonra en iyi doğrulukta ve hassasiyette ölçüm sonuçları ortaya koymuştur. Fakat, ölçümlerin yüksek hassasiyette olabilmesi adına, webcam için kalibrasyon işlem basamağının çok iyi ve gerekirse tekrarlanarak yapılmasının gerekliliği gözlemlenmiştir. Bu kalibrasyon işlem basamağının gerekliliği ve zaman alması, bir solunum takip sisteminde webcam veya kamera ile çalışmanın diğer sensörlere göre dezavantaj oluşturacağı düşünülebilir fakat kalibrasyon işleminin bir kere doğru yapılması bir solunum takip sistemi için yeterli doğruluğu ve hassasiyeti sağlamıştır. Ayrıca bu yöntemin bir dezavantajı, fantomun hasta göğsünü temsil eden hareketli kısmına, satranç tahtası resminin yapıştırılması olmuştur ki, diğer sensör çeşitlerinde bu gereklilik yoktur. Öneri olarak, eğer bir solunum takip sisteminde webcam veya başka bir cmos sensörlü cihaz türü kullanılmak isteniyorsa, görüntü işleme tekniklerinden satranç tahtası yardımıyla eksen tahmini metodu veya hasta üzerine kutu gibi hacimli herhangi bir işaretleyici yerleştirilmesi gerekmeyen tekniklerin seçilmesi verimli bir solunum takip sistemini doğuracaktır.

Sonuç olarak çalışmada kullanılan sensör çeşitlerinin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında; ultrasonik mesafe sensörünün ve görüntü işleme yazılım tekniklerini kullanan webcamın, bir solunum takip sisteminde hasta göğüs duvarının yer değiştirmesini ölçmek amacıyla kullanılmaya uygun oldukları saptanmıştır. Ayrıca bu sensör çeşitlerinin birlikte kullanıldığı, mesafe ölçüm metodu da solunum takip sisteminde kullanılmaya aday olabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aydın, M.**, 2015, Python nedir?, <http://www.aydinmahmut.com/python-nedir/> (Erişim tarihi: 10 Şubat 2018).
- Badamasi, Y.A.**, 2014, The working principle of an Arduino, 11th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO), 1-4pp.
- Bay, Ö.F. ve Görgünoğlu, S.**, 2002, 8051 Ailesi miyodenetleyici eğitim setinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 5(3):195-207ss.
- Berson, A.M., Emery, R., Rodriguez, L., Richards, G.M., Tracy, N.G., Sanghavi, S. and Barsa, J.**, 2004, Clinical experience using respiratory gated radiation therapy: Comparison of free-breathing and breath-hold techniques, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 60(2):419-426 pp.
- Birkarefotograf**, 2014, CMOS ve CCD nedir ? Aralarındaki farklar nelerdir ?, <http://www.birkarefotograf.com/cmos-ve-ccd-nedir-aralarindaki-farklar-nelerdir/> (Erişim tarihi: 20 Şubat 2018).
- Bradski, G. and Kaebler, A.**, 2008, Learning OpenCV, O'Reilly Media Inc., California, 556p.
- Carullo, A. and Parvis, M.**, 2001, An ultrasonic sensor for distance measurement in automotive applications, *IEEE Sensors Journal*, 2:143-147 pp.
- Çamoğlu, D.**, 2014, İleri Seviye Arduino, Dikeyksen Yayın Dağıtım Yayıncılık, İstanbul, 208s.
- Dawson, L.A., Eccles, C., Bissonette, J.P. and Brock, K.K.**, 2005, Accuracy of daily image guidance for hypofractionated liver radiotherapy with active breathing control, *Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys.*, 62:1247-1252 pp.
- Dudigan**, 2015, mikroişlemciler nedir?, <http://www.dudigan.com/2015/12/mikroislemciler-nedir/> (Erişim tarihi: 15 Şubat 2018).
- Elektrikport**, 2012, OpenCV nedir?, <https://www.elektrikport.com/universite/opencv-nedir/21537> (Erişim tarihi: 10 Şubat 2018).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Elektrikrehberiniz,** Step motor nedir?
<http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/step-motor-nedir-543/> (Erişim tarihi: 10 Mart 2018).
- Evans, B.,** 2011, *Beginning Arduino Programming*, Springer Science+business Media, New York, 245p.
- Gümüşkaya, H.,** 2002, *Herkes İçin Mikroişlemciler ve Bilgisayarlar*, Alfa Yayıncılık, İstanbul, 430s.
- Hjelstuen, M.H.B., Mjaaland, I., Vikström, J. and Dybvik, K.I.,** 2012, Radiation during deep inspiration allows loco-regional treatment of left breast and axillary-, supraclavicular- and internal mammary lymph nodes without compromising target coverage or dose restrictions to organs at risk, *Acta Oncologica*, 51:333-344 pp.
- Kalb, I.,** 2018, *Learn to Program with Phyton 3*, Mountain View, California, 350p.
- Keall, P.J., Mageras, G.S., Balter, J.M. et al.** 2006, Report of AAPM Task Group 76, The management of respiratory motion in radiation oncology. *American Association of Physicists in Medicine*, College Park, Maryland.
- Korreman, S.S., Pedersen A.N., Nøttrup, T.J., Specht, L. and Nyström, H.,** 2005, Breathing adapted radiotherapy for breast cancer: Comparison of free breathing gating with the breath-hold technique, *Radiotherapy and Oncology*, 76:311-318 pp.
- Kubo, H.D. and Wang, L.,** 2002, Introduction of audio gating to further reduce organ motion in breathing synchronized radiotherapy, *Medical Physics*, 29:345-350 pp.
- Lutz, M. and Ascher D.,** 2004, *Learning Phyton*, O'Reilly and Associates Inc., California, 593p.
- Memorial,** 2017, Radyoterapi Nedir, Nasıl Uygulanır, Yan Etkileri Nelerdir?, <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberleri/radyoterapi/> (Erişim tarihi: 27 Ocak 2018).
- Odyolojikulübü,** 2016, Ses, <http://odyolojikulubu.com/ses/> (Erişim tarihi: 3 Mart 2018).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pedersen A.N., Korreman, S.S., Nyström, H. and Specht, L.,** 2004, Breathing adapted radiotherapy of breast cancer: reduction of cardiac and pulmonary doses using voluntary inspiration breath-hold, *Radiotherapy and Oncology* 72:53-60 pp.
- Pişkin, M.,** 2015, OpenCV nedir?, <http://mesutpiskin.com/blog/opencv-nedir.html> (Erişim tarihi: 10 Şubat 2018).
- Proctor, J.,** 1963, Stepping motors move in, *Prod. Engrg.*, 34:74-78 pp.
- Python Dersleri,** 2005, Enine boyuna Python, <http://www.pythondersleri.com/2013/04/enine-boyuna-python.html> (Erişim tarihi: 5 Şubat 2018).
- Pythontr,** 2014, Python nedir?, <https://www.pythontr.com/makale/python-nedir-235> (Erişim tarihi: 10 Şubat 2018).
- Robolink,** A4988 Step motor sürücü kartı, <https://www.robolinkmarket.com/a4988-step-motor-surucu-karti.html> (Erişim tarihi: 10 Haziran 2018).
- Robotiksistem,** Mikrodenetleyici nedir? http://www.robotiksistem.com/mikrodenetleyici_nedir_pic_ozellikleri.html (Erişim tarihi: 15 Şubat 2018).
- Rosenzweig, K.E., Hanley, J., Mah, D., Mageras, G., Hunt, M., Toner, S., Burman, C., Ling, C.C., Mychalczak, B., Fuks, Z. and Leibel, S.A.,** 2000, The deep inspiration breath-hold technique in the treatment of inoperable non-small-cell lung cancer, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 48(1):81-87 pp.
- Saygılı, S.D.,** 2015, Projelerle Arduino, Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri, İstanbul, 184s.
- Seppenwoolde, Y., Berbeco, R.I., Nishioka, S., Shirato, H., Heijmen, B.,** 2007, Accuracy of tumor motion compensation algorithm from a robotic respiratory tracking system: A simulation study, *Medical Physics*, 34(7):2774-2784 pp.
- Sert E., Taşkın D., Taşkın C., Topçubaşı N. ve Köprücü İ.,** 2012, OpenCV ile kamera kalibrasyonu, Uşak Üniversitesi-Akademik Bilişim, 1-3 Şubat 2012., Uşak.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sixel, K.E., Aznar, M.C. and Ung, Y.C.**, 2001, Deep inspiration breath hold to reduce irradiated heart volume in breast cancer patients, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 49(1):199-204 pp.
- Surveying, G.**, 2018, Lidar nedir? Nasıl çalışır?, <http://surveyinggroup.com/lidar-nedir-nasil-calisir> (Erişim tarihi: 2 Mart 2018).
- Wang, X., Pan, T., Pinnix, C., Zhang, S.X., Salehpour, M., Sun, T.L., Gladish, G., Storm, E.A., Perkins, G.H., Tereffe, W., Woodward, W., Hoffman, K.E., Buchholz, T.A., and Yu, T.K.**, 2012, Cardiac motion during deeo-inspiration breath-hold: Ipmlications for breast cancer radiotherapy, *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 82(2):708-714 pp.
- Wong, J. W., Sharpe, M.B., Jaffray, D.A., Kini, V.R., Robertson, J.M., Stromberg, J.S. and Martinez, A.A.**, 1999, The use of active breathing controlABCto reduce margin for breathing motion, *Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys.*, 44:911–919 pp.
- Yılmaz, S.**, 2012, RPM tekniklerinin tekniker yönüyle incelenmesi, 10.Ulusal Radyasyon Onkolojisi Kongresi, 19-23 Nisan 2012, Antalya.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ertuğrul Özkan

Doğum Yeri ve Tarihi : Konak/İzmir, 30.09.1989

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim:

2003-2008 75.Yıl Anadolu Teknik Lisesi (Birincilik Derecesi ile)

2008-2010 Dokuz Eylül Üniversitesi Mekatronik Ön Lisans Programı

2010-2015 Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

2011-2017 Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

2017- Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematiksel Fizik

İş Deneyimleri:

2006 Schneider Elektrik A.Ş. Stajyer

2007 Data Teknik Medikal Sistemler Ltd. Şti. Stajyer

2009 Smart Otomasyon Ltd. Şti. Stajyer

2010 Smart Otomasyon Ltd. Şti. Stajyer

Başarı Belgeleri:

2008 MEB Proje Tabanlı Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlar Arası Proje Yarışmasında il ve bölge birinciliği, ülke beşinciliği.

2008 İzmir 5. Eğitim ve Bilim Olimpiyatında teknik dalda birincilik.

2008 Xplore Yenilikçi Otomasyon Ödülü yarışmasında dünyada ilk yüz arasına girmek.

- 2010 DEÜ, Mekatronik 2. Proje Sergisinde proje, poster ve tasarım kategoride birincilik.
- 2018 Tübitak 4007 Urla Bilim Şenliği-118B668 no'lu projede Rehber.

Bilimsel Yayınlar:

Uluslararası Kongreler.

[1] E. Özkan, M. Köylü, M. Bilge, Radiotherapy respiratory tracking system: ERTS (Ege respiratory tracking system), Turkish Physical Society 32. International Physics Conference, 6-9 September 2016, Bodrum, Turkey.

[2] E. Özkan, M. Bilge, D. Bilge, Ö. Alver, C. Parlak, Sensor Application of Pristine and M-doped (M = Si, Al or Ge) C60 Fullerenes in 3-trifluoromethylphenylpiperazine Drug Detection, III. International Turkish Congress on Molecular Spectroscopy TURCMOS 2017, 26-29 August 2017, Bodrum, Turkey

[3] M. Köylü, E. Özkan, K. Köseoğlu, M. Sapaz, M. D. Bilge, C. Parlak, M. Bilge, Development of Radiation Warning Device (Petfinder), Turkish Physical Society 33. International Physics Conference, 6-10 September 2017, Bodrum, Turkey.

[4] M. Köylü, E. Özkan, D. Yalman, M. Bilge, Colonogenic Cell Counter, Turkish Physical Society 34. International Physics Conference, 5-9 September 2018, Bodrum, Turkey.

Ulusal Kongreler:

[1] E. Özkan, M. Köylü, H. Eren, M. Bilge, Film dozimetre kullanarak radyoterapi derin doz ölçümlerinin analizi, İzmir Genç Fizikçiler Kongresi GEFİK-2016, 12-14 Ekim 2016, İzmir, Türkiye.

[2] İ. Durmuş, E. Özkan, D. Bilge, Arduino platformu kullanılarak sonar sistemi tasarım ve yazılımı, İzmir Genç Fizikçiler Kongresi GEFİK-2016, 12-14 Ekim 2016, İzmir, Türkiye.

[3] C. Parlak, E. Özkan, M. Bilge, Bazı Fizik Kavramlarının Ekonomik Karşılıklarının Türetilmesi, Adım Fizik Günleri VII, Adnan Menderes Üniversitesi, 23-25 Mayıs 2018, Aydın, Türkiye.

