

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**RÖNTGEN GÖRÜNTÜSÜ İNCELEMEDE**  
**UZMANLIK DÜZEYİ BELİRLEME**  
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:  
**Esat Can TEKİN**

İSTANBUL, 2015

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**RÖNTGEN GÖRÜNTÜSÜ İNCELEMEDE  
UZMANLIK DÜZEYİ BELİRLEME**  
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

**Esat Can TEKİN**

Öğrenci No:

120820004

Danışman:

Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL

İSTANBUL, 2015

## **YEMİN METNİ**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum "Röntgen Görüntüsü İncelemede Uzmanlık Düzeyi Belirleme" başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiği ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 14.02.2015

**Esat Can TEKİN**

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi. 120820004.....no'lu.....'in 17/2/15 tarihinde yapılan tez savunma sınavı<sup>1</sup> sonucunda. 50 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında<sup>2</sup> oybirliğiyle, KABUL kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

---

Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
Programı : BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
Tez Başlığı<sup>3</sup> : .....

---

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

Danışman

: Yrd. Doç. Dr. Ediz SAYKAL

Üye

: Yrd. Doç. Dr. Turhan Karagözü

Üye

: Yrd. Doç. Dr. Ulaş VURAL

İmza

---

<sup>1</sup> Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

<sup>2</sup> Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında "kabul", "düzeltme" veya "red" kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir.(Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

<sup>3</sup> İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığını yazılması gerekmektedir.

## TEŐEKKÜR

Tez çalıőmamda bana danıőmanlık yapan ve çok değerli yönlendirmelerde bulunan **Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL** ve **Yrd. Doç. Dr. Ulaş VURAL** hocalarıma, radyoloji deneylerinin tasarlanması ve hastalık seçimindeki katkılarında dolayı Kocaeli Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı ğretim yelerinden **Prof. Dr. Gr AKANSEL** ve **Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin SARISOY** hocalarıma, tıbbi görüntülerin işaretlenmesi ve deney ortamının hazırlanmasına katkılarında dolayı Radyoloji Anabilim Dalı asistanlarından **Halil İbrahim ADA**'ya, deneylerde görev alan tüm doktor ve asistan arkadaőlarıma, deney sonuçlarının analizi için rahat bir çalışma ortamı sunan Visus Yapay Görme ve Otomasyon Sistemleri'ne ve tez çalıőmalarım süresince bana sabırla destek olan babam **Ömer TEKİN**, annem **Leyla TEKİN**, eőim **Ayőe Merve TEKİN** ve kızım **Zeynep Elif TEKİN**'e teőekkür ederim.

Bu tez alıőması, **Yrd. Doç. Dr. Ulaş VURAL** tarafından yürütülmekte olan **113E506** numaralı "**Döngüde -doktor sistemlerinde tıbbi görüntü analizi**" isimli proje altında **TUBİTAK** tarafından desteklenmiőtir.

# RÖNTGEN GÖRÜNTÜSÜ İNCELEMEDE UZMANLIK DÜZEYİ BELİRLEME

Tezi Hazırlayan: **Esat Can TEKİN**

## ÖZET

Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknolojisinin, günümüz radyoloji okuma işlerine yardımcı olacak göz takip cihazıyla entegre çalışan radyolog uzmanlık seviyesi belirleme sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Radyologların gelişmiş tıbbi görüntüleme sistemleriyle çalışırkenki dikkat seviyelerini, ilgilerini, uzmanlıklarını ve tıbbi görüntüleri incelerken kullandıkları stratejileri ve etkileşim yöntemlerini tıbbi görüntülerin üst ve alt seviye öznelilikleriyle birlikte öğrenerek onlara destek olacak bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü İşleme, Göz Takibi, Radyoloji

# **DETERMINING EXPERTISE LEVEL ON X-RAY IMAGE ANALYSIS**

Presented By: **Esat Can TEKİN**

## **ABSTRACT**

This thesis studies the image processing technology to help today's radiology reading works by integrating eye tracking device is intended to be designed to determine the level of staff expertise radiologist system. The overall objective of the project; radiologists advanced medical imaging systems by running the attention level, interests, expertise and medical images strategies they employ to understand and interact methods of learning with medical images of the upper and lower level attributes the development of computer systems they will support.

**Keywords:** Image Processing, Eye Tracking, Radiology

# İÇİNDEKİLER

## ÖZET

## ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. TASARIMDA KULLANILAN TEKNOLOJİLER</b> .....	2
2.1. OpenCV Açık Kaynak Kodlu Bilgisayarla Görü Kütüphanesi.....	2
2.2. Göz Takip sistemleri .....	3
<b>3. BENZER ÇALIŞMALAR</b> .....	6
<b>4. RÖNTGEN GÖRÜNTÜSÜ İNCELEMEDE UZMANLIK DÜZEYİ BELİRLEME</b> .....	8
4.1. Sistem Tasarımı .....	9
4.1.1. Veri Toplama .....	9
4.1.2. Izgara Yapısı .....	11
5. Deneyler .....	12
5.1. Bilgisayar faresi ile yapılan deneyler .....	12
5.2. Göz Takip Cihazı ile Yapılan Deneyler .....	15
5.2.1. Deney Hesaplamaları ve Çıktılar .....	18
5.3. Deney Sonuçları .....	25
<b>6. SONUÇ</b> .....	26
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	28
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	



## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1</b> Uzmanlık Düzeyleri Tablosu .....	21
<b>Tablo 2</b> Uzman Radyoloğun Izgara Bakış Durumuna Göre Tüm Kullanıcılar İçin Hesaplanmış Doğruluk Tablosu.....	22
<b>Tablo 3</b> Doktorların 1.Görüntüde Harcadığı Zaman Grafiği.....	23
<b>Tablo 4</b> Doktorların 1.Görüntüde Yaptığı Göz Sıçrama Hareketlerinin Toplam Göz Hareketlerine Oranı Grafiği .....	23
<b>Tablo 5</b> Doktorların 1.Görüntüde Yaptığı Odaklanma Hareketlerinin Toplam Göz Hareketlerine Oranı Grafiği .....	23
<b>Tablo 6</b> Tüm Deneyler İçin Toplam Süre, Göz Sıçraması, Odaklanma Oranları Grafiği .....	24
<b>Tablo 7</b> Karar Matrisi .....	25

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1</b> Göz Takip Cihazı.....	4
<b>Şekil 2</b> Göz Bakışı Takip Yazılımı .....	5
<b>Şekil 3</b> Tıbbi Görüntü Değerlendirmede Temel Teknolojik Yaklaşımlar [20]: .....	7
<b>Şekil 4</b> 1. Doktorun Fareyle İşaretlenmiş Görüntü Örneği .....	13
<b>Şekil 5</b> 2. Doktorun Fareyle İşaretlenmiş Görüntü Örneği .....	14
<b>Şekil 6</b> Kocaeli Hastanesi Radyoloji Odası .....	15
<b>Şekil 7</b> 1. Doktorun Göz Bakışıyla Çizilmiş Görüntü .....	16
<b>Şekil 8</b> 4. Doktorun Göz Bakışıyla Çizilmiş Görüntü .....	17
<b>Şekil 9</b> 1.Doktorun Göz Bakışına Göre Izgara Renklendirmesi .....	19
<b>Şekil 10</b> 4.Doktorun Göz Bakışına Göre Izgara Renklendirmesi .....	20
<b>Şekil 11</b> Hesaplanan Puanlama İle Çizilen Benzerlik Grafiği 1 Ve 2 Numaralı Doktorlar .....	21

# 1 GİRİŞ

Türkiyede çekilen tıbbi görüntü sayısı yıllık iki milyonu geçmiştir ve bu sayı hızla artmaktadır. Buna karşılık bu görüntüleri değerlendirecek uzman radyolog sayısı sınırlı kalmaktadır. Dünya çapında bu görüntüleri değerlendirecek otomatik sistem çalışmaları mevcuttur [1,2] ancak bu sistemler uzman hekim başarımında değildir [3]. Üzerinde çalışılan bu otomatik sistemler sadece belli organ ve hastalıklar için çalışabilmektedir. Uzman hekim bilgi ve başarımında sistemler henüz geliştirilememiştir ve günümüz teknolojisi bunun için hazır değildir.

Ürün olarak faaliyet gösteren ve pazarda kendine pay edinmiş yazılım sistemleri doğrudan teşhis koymak yerine görüntülerin transferi, işaretlenmesi, raporlandırılması ve arşivlenmesi için yardımcı olmaktadır. Böylelikle uzman radyologların iş yoğunlukları sınırlı oranda azalmakta [4], bilgi ve belge kirliliği önlenmektedir. Bu sistemlerin dezavantajı ise giriş yapılan tüm verileri doğru kabul etmesi ve herhangi bir denetleme mekanizmasına sahip olmamalarıdır. Yapılan araştırmalarda sonuçlara her üç teşhisden birinin yanlış olduğu gözlenmektedir.

Akademik çalışmalar arasında göz takibi yapılan sistemler bulunmaktadır [5, 6, 7, 8]. Ancak bu çalışmalarda sadece alt seviye nitelikler kullanılmaktadır [9, 10, 11]. Bunlar bakış süresi, odaklanma (fixation) süresi, sıçrama (saccade) sayısı gibi özelliklerdir. Göz bakışıyla tıbbi görüntü konumunu eşleştiren sistemler yoktur [12, 13]. Bunu sebebi her insanın farklı oluşu, cihaz çekim konumları, ayarları, modelleme ve ölçeklendirme problemleridir.

Bu projede daha önceden kullanılan göz bakışı sistemleri kullanılacaktır [14, 15]. Uzman radyologlara göz takibi için özel tasarlanmış bir gözlük giydirilecektir. Göz konumları ile ekran arasında kalibrasyon yapılacaktır. Uzmanın göz bakışı konum bilgisi, görüntü boyunca ne kadar sıçrama yaptığı, ne kadar yumuşak geçiş yaptığı, kaç defa göz kırptığı bilgileri alınacaktır. Odaklanma için belirli bir süreden fazla o noktaya bakması baz alınacaktır. Gözün baktığı nokta ve belirli bir çevresi görme alanı olarak kabul edilecektir.

## **2 TASARIMDA KULLANILAN TEKNOLOJİLER**

Bu bölümde kullanılan teknolojiler, kullanım alanları ve çalışma prensiplerinden bahsedilmektedir. Sistemin kolay anlaşılması için detaylı anlatılması önem arz etmektedir.

Sistemin temelini oluşturan görüntü işleme teknolojilerinden, göz takip sistemlerinden bahsedildikten sonra yazılım kısmında hangi teknolojiler ve yazılım dilleri ile tasarlandığına değinilmektedir.

### **2.1 OpenCV Açık Kaynak Kodlu Bilgisayarla Görü Kütüphanesi**

Ucuz kameraların çoğalması ve işlem gücünün artmasından dolayı görüntü işleme hızı hızla gelişmektedir. Binlerce insanın geliştirme ortamına katılmasını sağlayan OpenCV ise bu gelişimde büyük rol oynamıştır. OpenCV açık kaynak kodlu olarak C ve C++ ortamında geliştirilmiş bir görüntü işleme kütüphanesidir. Windows, Linux, ve Mac OS X makinalarda kullanılabilir. Ruby, Python, Matlab ve diğer dillerde de geliştirilebilir [16].

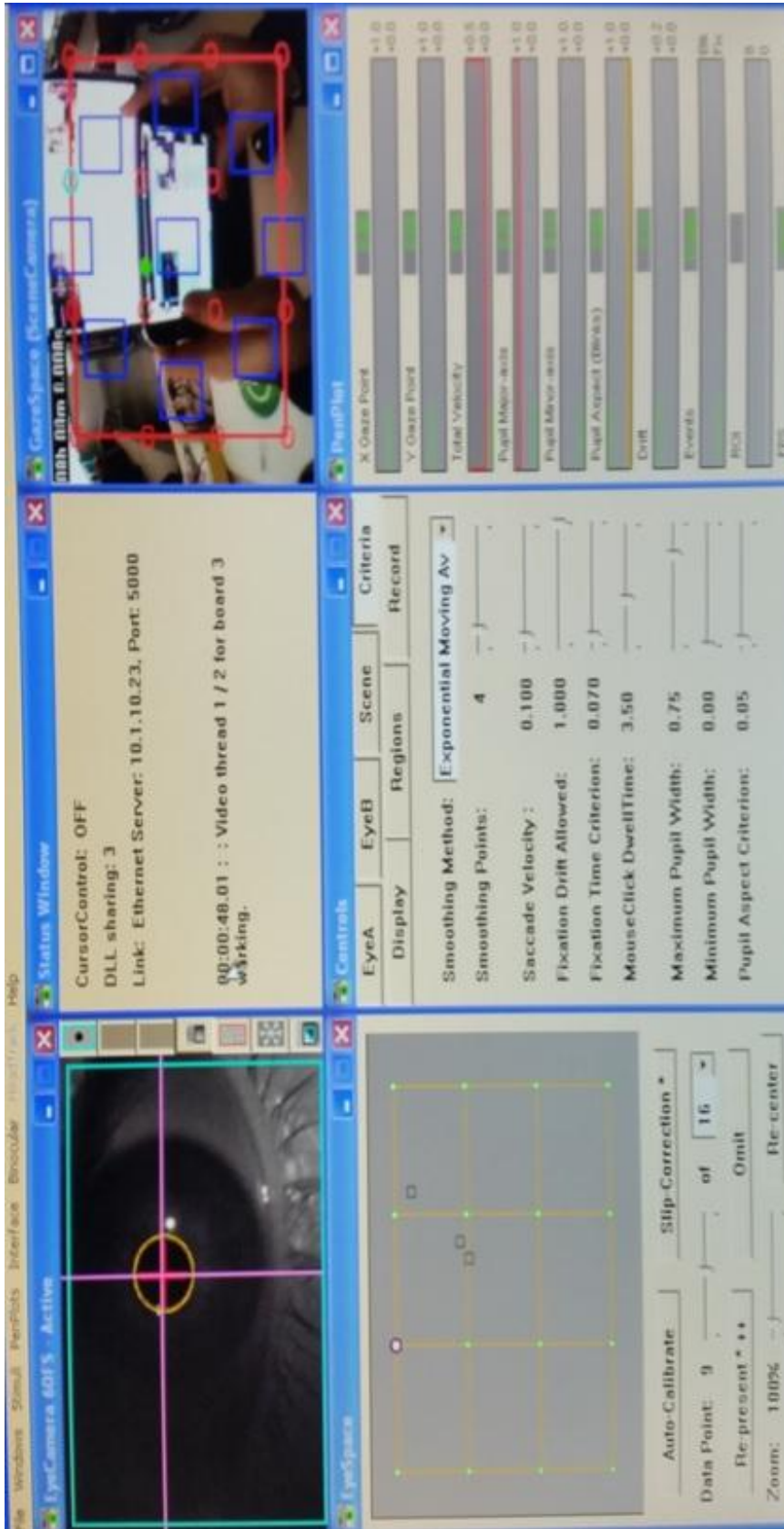
## 2.2 Göz Takip sistemleri

Gz takibi, kişinin nereye baktığını izleme işlemdir. Bu aslında insanın davranışının doğal bir parçasıdır. Küçük, stabil ve düşük maliyetli sistemleri gelişiyile birlikte, göz takibi sistemleri hem bilgisayar etkileşimini artırmak hemde insan davranışını anlamak için çok hızlı şekilde cihazlara ve yazılımalara adapte olmuştur.

İnsan davranışını anlamak için izleme; geçtiğimiz on yıl içinde, göz takibi, insan davranışlarını anlamak için doğrudan ve güçlü bir araç olarak kabul görmüştür. İnsan beyni otomatik olarak gözünü yönlendirir bu yüzden gözün hareketlerini takip ederek beynin ne işlem yaptığını görebiliriz. Tüketim malları şirketleri, ürün ambalajı ve perakende raf tasarımlarını optimize etmek için göz takibi sistemlerini kullanmaktadır. Pazar araştırma şirketleri ve büyük reklam veren firmalar baskı ve TV reklamları optimizasyonu için kullanmaktadır. Web şirketleri online kullanıcı deneyimleri optimize etmek için kullanmaktadır ve üniversiteler psikoloji, nöroloji ve tıp araştırmaları için kullanmaktadır [17].



**Şekil 1 Göz Takip Cihazı**



Şekil 2 Göz Bakışı Takip Yazılımı

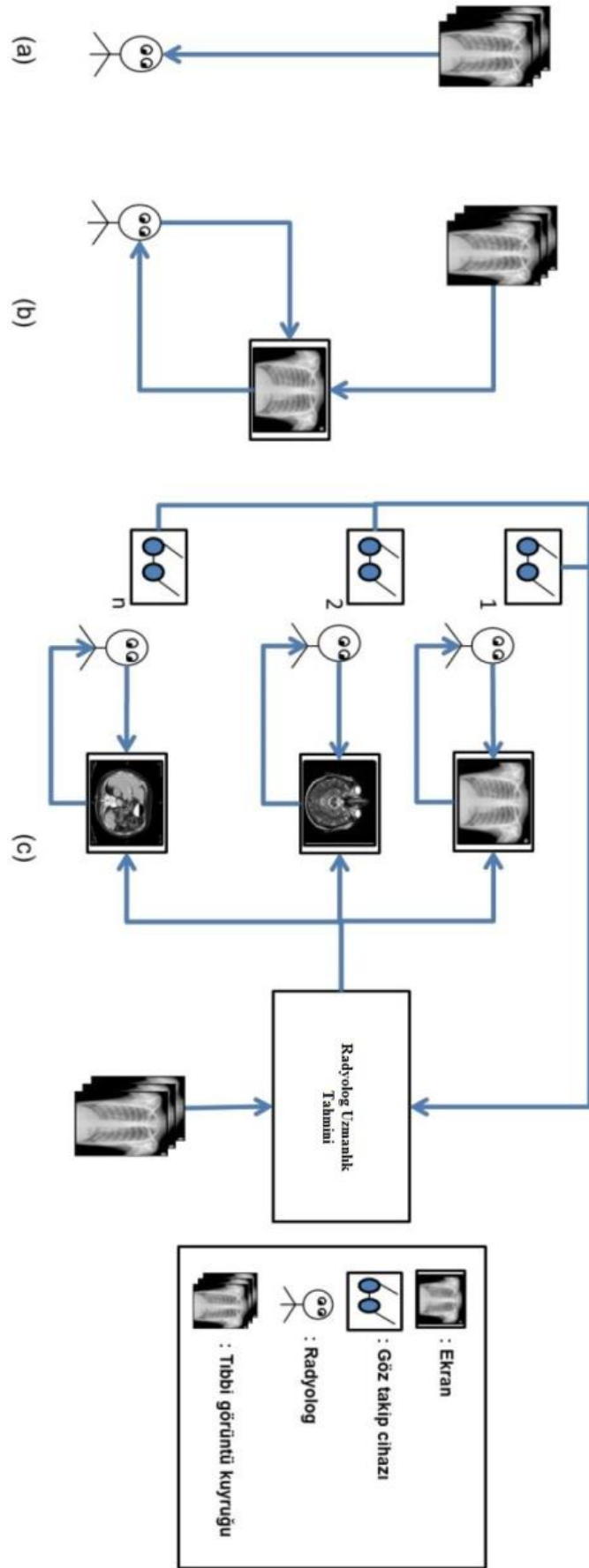
### 3 Benzer Çalışmalar

Göz takibi üzerine ve bunun sağlık alanında kullanan birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan biri güvenlik kayıtları üzerinde çevrimiçi olarak operatöre yardımcı olan bir sistemdir [14, 15]. Bu sistem operatörün odaklandığı noktanın özelliklerine benzer özelliklerde ki görüntüleri videonun tamamında arayarak operatörün önüne getirmektedir. Böylelikle operatörün bilinçaltında öne çıkardığı önemli bulguları yakalamaya yaramaktadır. Sistem otomatik bir sistem olmayı değil operatöre yardımcı bir sistem olmayı hedeflemiştir. Bu tez çalışmasında benzer şekilde radyoloğun göz hareketlerini takip ederek yardımcı bir sistem oluşturma hedeflenmiştir.

Bir diğer çalışmada göğüs kanseri üzerine yapılmıştır. Röntgen inceleyerek göğüs kanseri teşhisi koymak için konunun uzmanı olmak gerekmektedir ancak bu uzmanların yetiştirilmesi de ciddi bir problemdir. Yapılan çalışmayla göğüs kanseri konusunda uzman radyolog yetiştirmeye yardımcı bir sistem tasarlanması hedeflenmiştir [18]. Uzman radyologun ve bir öğrencinin hastalıklı bir film üzerinde ki bakış hareketleri izlenerek yapılan çalışma sonucunda öğrencinin uzmana göre çok daha fazla noktaya odaklanarak film üzerinde fazla süre harcadığı tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmada ise öğrenciye uzmanın yaptığı tetkik üzerinden eğitimler verilmiş ve deney tekrarlandığında öğrencinin daha az noktaya bakarak teşhis koyduğu gözlemlenmiştir.

Bu konuda yaptığımız çalışmaya temel olan bir diğer çalışmada ise dört farklı uzmanlık düzeyine sahip radyolog grupları üzerinde yapılmıştır. Aynı röntgen veri kümeleri bu gruplara gösterilerek uzmanlık düzeyiyle röntgen inceleme yöntemleri arasında bir benzerlik olup olmadığı gözlemlenmek istenmiştir [19]. Farklı uzmanlık düzeylerinde ki 40 radyoloğa 23 nodul içeren 10 hastalıklı röntgen gösterilmiştir. Uzmanların hastalıklı bölgelerde ve sağlıklı bölgelerde geçirdiği odaklanma süreleri ve sayıları incelenmiştir. Yapılan deney sonucunda benzer uzmanlık düzeyinde ki radyologların birbirleriyle çok benzer bakış deneyimleri gözlemlenmiştir.





Şekil 3 Tıbbi görüntü değerlendirmede temel teknolojik yaklaşımlar [20]:

(a) Otomatik olmayan klasik tıbbi görüntü değerlendirme yöntemi, (b) etkileşimli sistem ve

(c) radyologların dikkat, ilgi ve uzmanlık düzeylerine göre düzenleyebilen döngüde-doktor sistemi modeli.

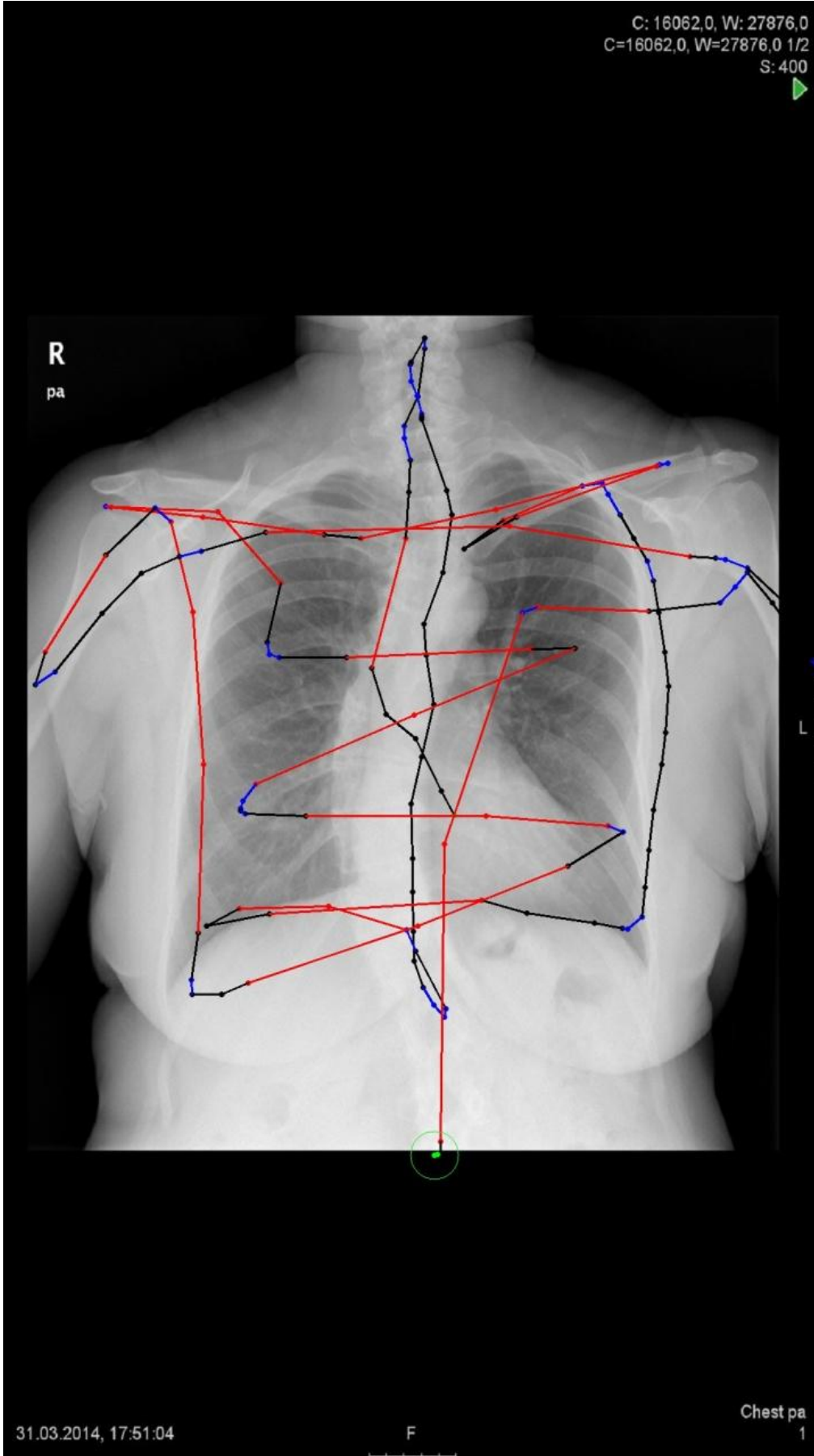
## **4 Röntgen Görüntüsü İncelemede Uzmanlık Düzeyi Belirleme**

Tıbbi görüntüleme sistemleri uzun zamandır kullanılmaktadır. Daha önceden analog cihazlarla çekim yapılmakta ve uzman radyologlar basılı filmler üzerinden teşhis koymaktaydılar (Bkz. Şekil-3.(a)). Teknolojinin gelişmesi ve ucuzlamasıyla otomatik sistemler yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte görüntüleme sayısında artmıştır. Bu görüntülerin incelenmesi, raporlanması ve arşivlenmesi için çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Bu sistemler herhangi bir denetim mekanizması içermezler ve uzman radyologların tamamen doğru doğru karar aldığını kabul etmektedirler. Geliştirilmesi planlanan sistemin örneği Şekil-3.(c)'de gösterilmiştir. Sistem alt seviye ve üst seviye öznelikleri bir arada kullanarak uzmanlık düzeyi belirleyecektir. Bunun için uzmanların göz bakışı konumları, süreleri ve hareketleri kullanılacaktır.

## **4.1 Sistem Tasarımı**

### **4.1.1 Veri Toplama**

Kocaeli Üniversitesi devlet hastanesi radyoloji bölümünden hastalıklı ve sağlık hastalara ait akciğer filmleri alındı. Bu filmler üzerinde görüntölüme işlemini yapacak yazılımı tasarlandı. Uygulama her bir kullanıcı için sırasıyla ekrana röntgen filmlerini vermekte denek tarafından bilgisayar faresi yada göz takibi cihazı ile işaretleme sağlamaktadır. Göz takibi cihazı olarak Arrinton Research Eye Tracker kullanılmıştır. Sistemde uzun süre durdukları yerleri odaklanma olarak kabul edilmiştir (Yeşil Daire). Hızlı geçiş yaptıkları noktaları kırmızı, yumuşak geçiş olan noktaları ise mavi olarak işaretlenmiştir.



Şekil 4 İşaretlenmiş Akciğer filmi

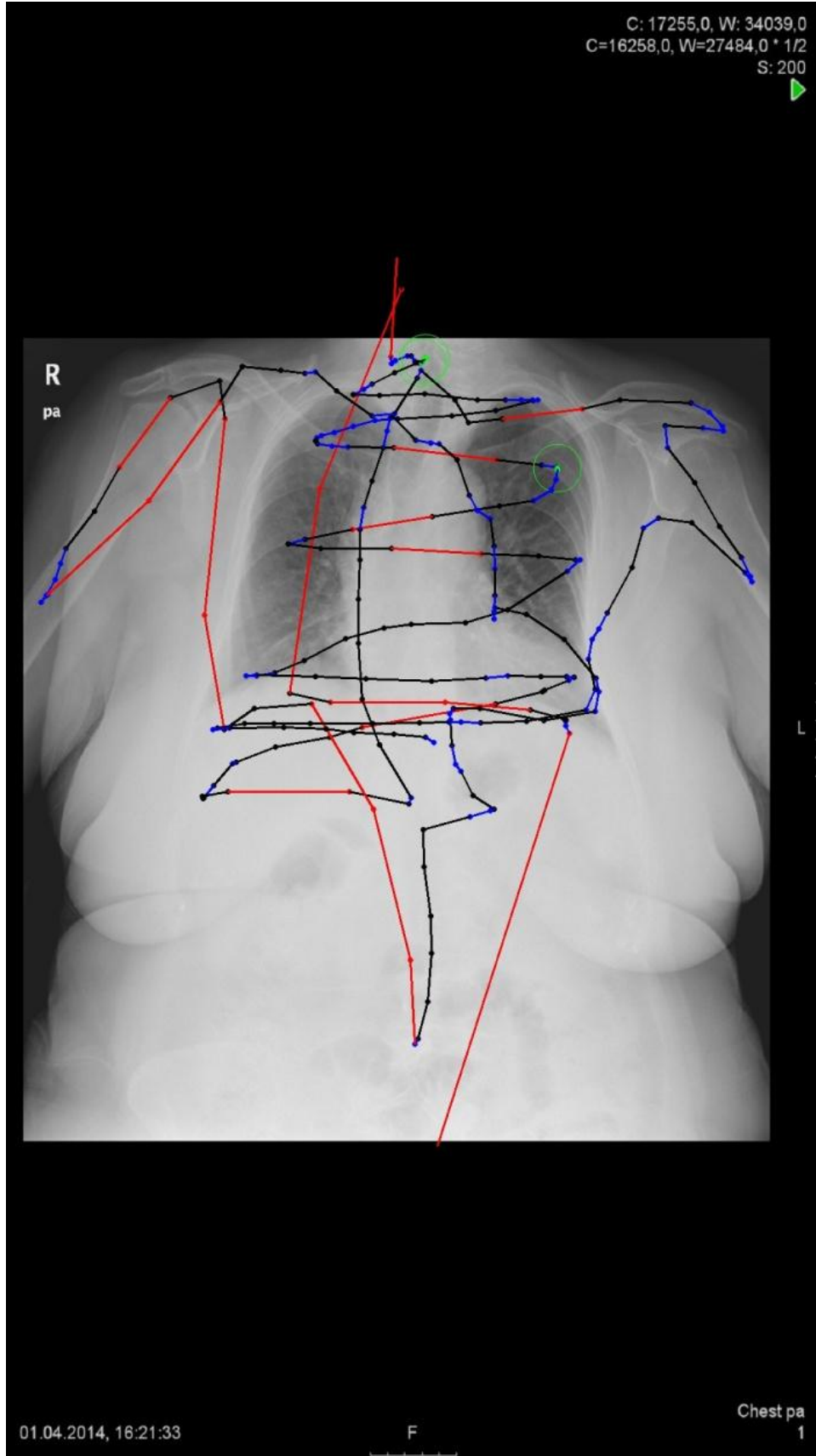
### **4.1.2 Izgara Yapısı**

Elimizde ki tüm ciğer filmlerini eş ızgaralara bölünmüş ve tüm ızgaralar için bazı özellik vektörleri çıkartılmıştır. Bunlar göz bakış hareketinin ızgaraya ilk ne zaman girdikleri, kaç defa girdikleri, son ne zaman çıktıkları, ızgarada toplam kalma süreleri, odaklanma sayıları ve maksimum odak sayılarıdır. Izgara kullanma sebebimiz göz bakış alanını belirleme ve görüntüde ki gürültü etkisini azaltmaktır.

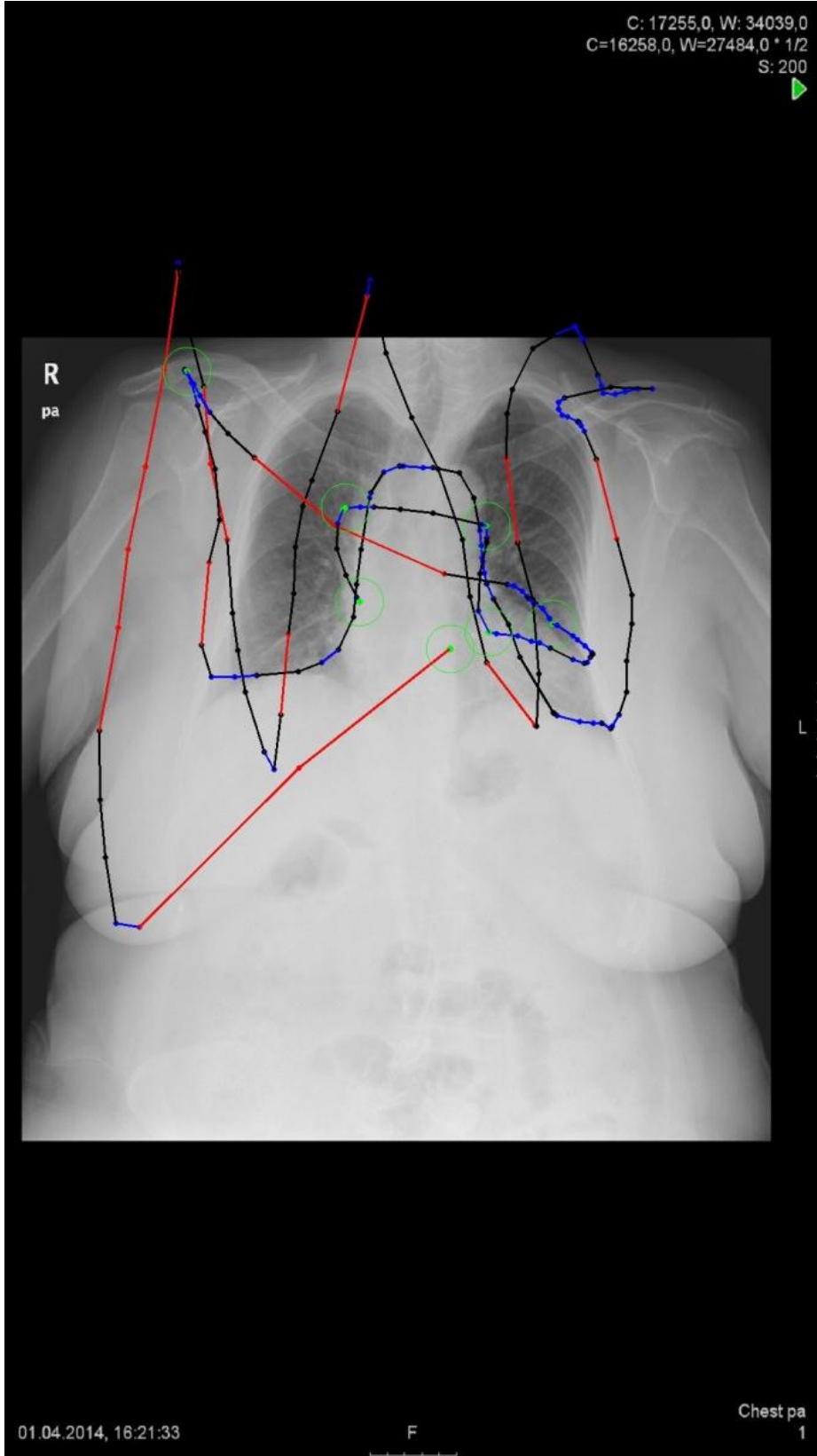
## 5 Deneyler

### 5.1 Bilgisayar faresi ile yapılan deneyler

Kocaeli Üniversitesi hastanesi radyoloji bölümü uzman doktorlarına 10 adet hastalıklı 10 adet sağlıklı akciğer filmi gösterilmiş ve bilgisayar faresiyle baktıkları yer üzerinde gezinmeleri istenmiştir. Böylece bilinçli olarak baktıkları ve bakılması gereken yerleri işaretlenmiştir. Aşağıda aynı filmin iki farklı doktor tarafından görüntülenmesi yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında yapılan tüm deneyler **Kocaeli Üniversitesi Klinik Araştırma Etik Kurulu** tarafından **12.02.2013** tarihinde **4/10** numaralı kararına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Karar ektedir.



Şekil 4 1. Doktorun fareyle işaretlenmiş görüntü örneği



Şekil 5 2. Doktorun fareyle işaretlenmiş görüntü örneği

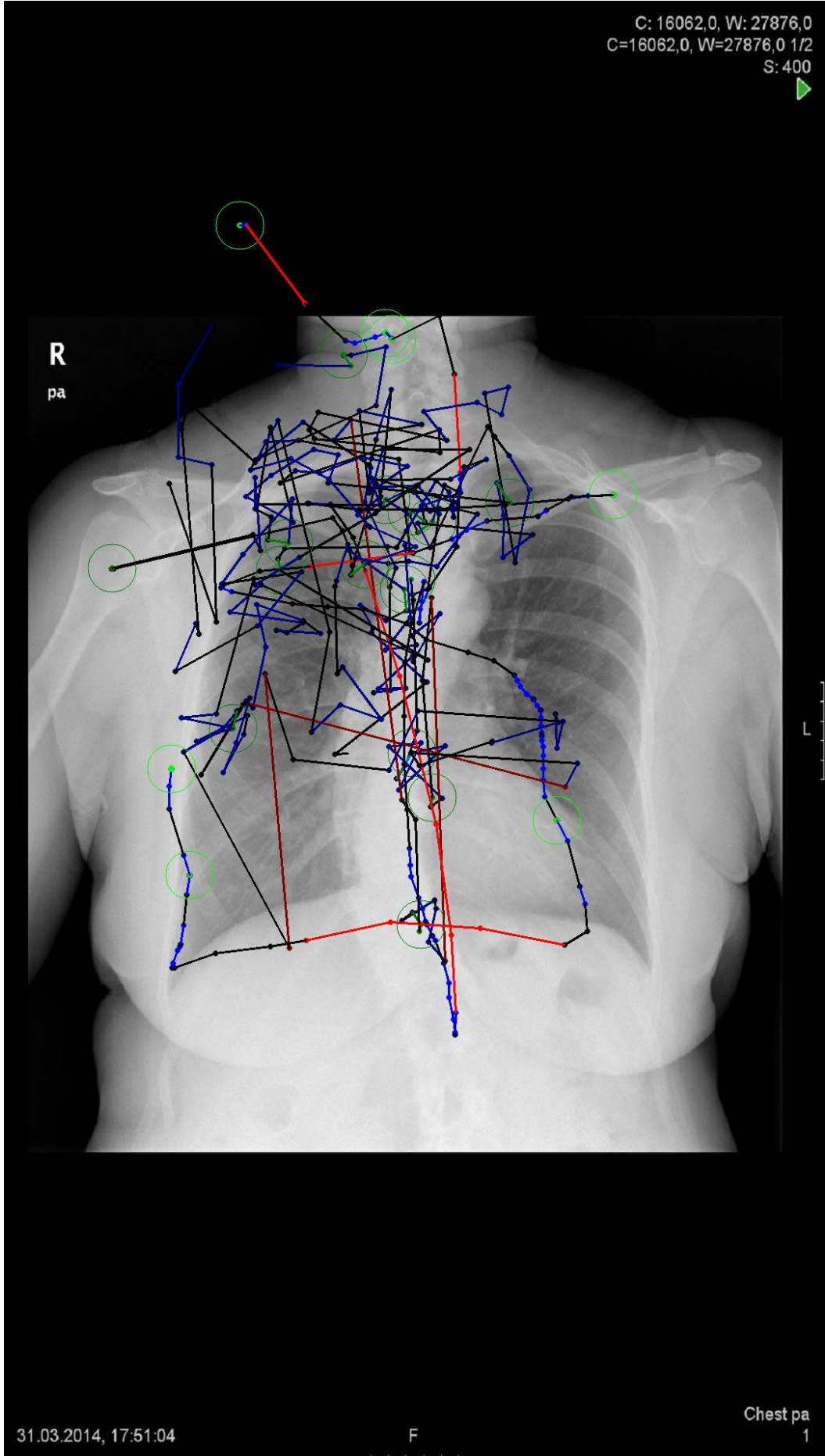


## 5.2 Göz Takip Cihazı ile Yapılan Deneyler

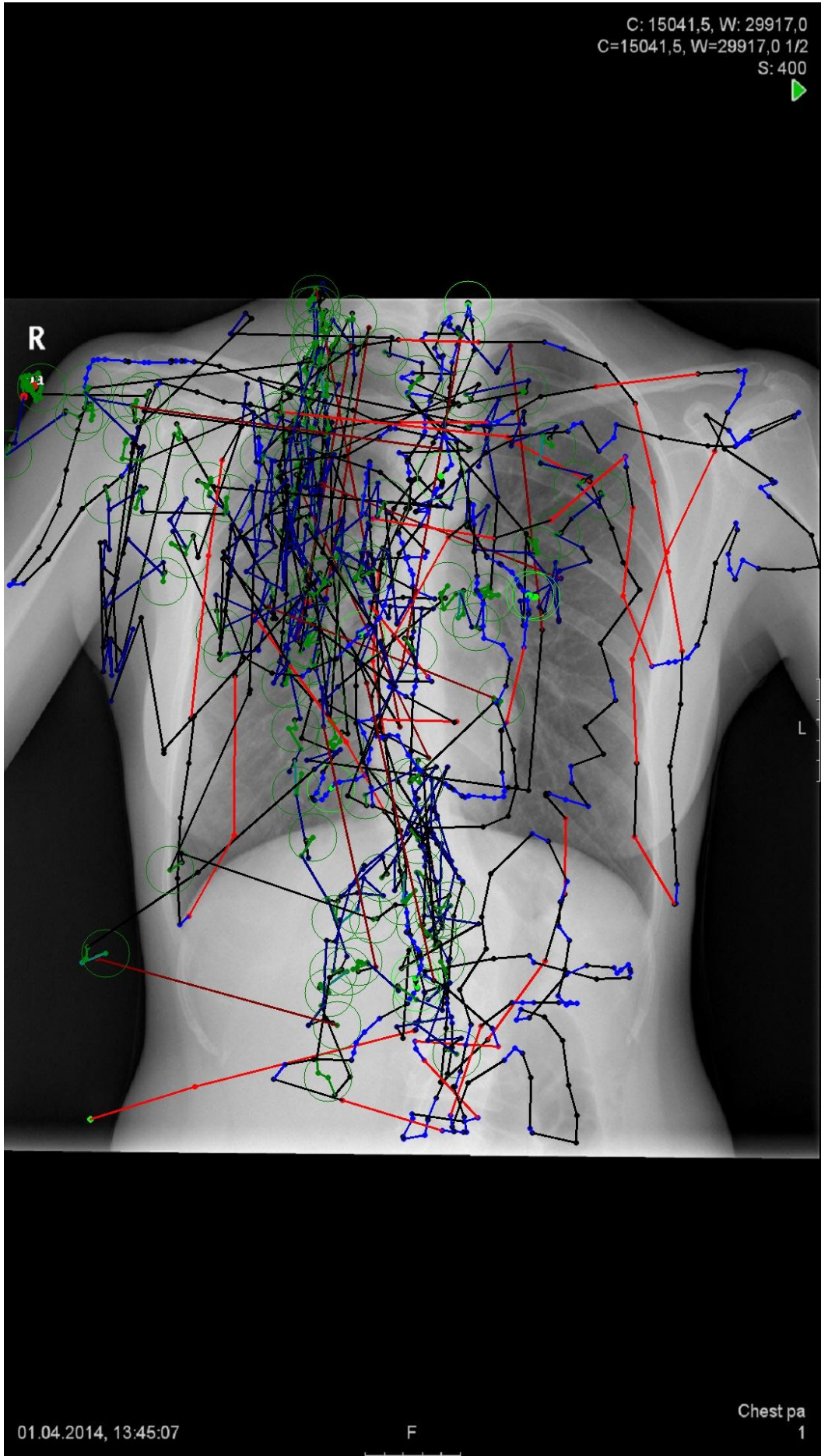
Kocaeli niversitesi hastanesinde, çeşitli uzmanlık düzeylerinde radyologlar ile çalışma yapılmıştır. Bunlar uzman radyologlar, asistan radyologlar, intern ve 5.sınıf öğrencileridir. Uzman radyolog olarak 2, asistan olarak 5 ve ğrenci olarak 4 kullanıcı kişi katılım sağlamıştır. Deney yapılırken 10 adet hastalıklı ve 10 adet sağlıklı görüntüden oluşan deney seti kullanılmıştır. Radyologlardan göz takip cihazını takarak görüntüleri izlemeleri ve teşhis koymaları istenmiştir. Bu sırada arka planda ki yazılım göz bakış noktalarını 100ms aralıklarla dosyaya kaydetmiştir.



şekil 6 Kocaeli Hastanesi Radyoloji Odası



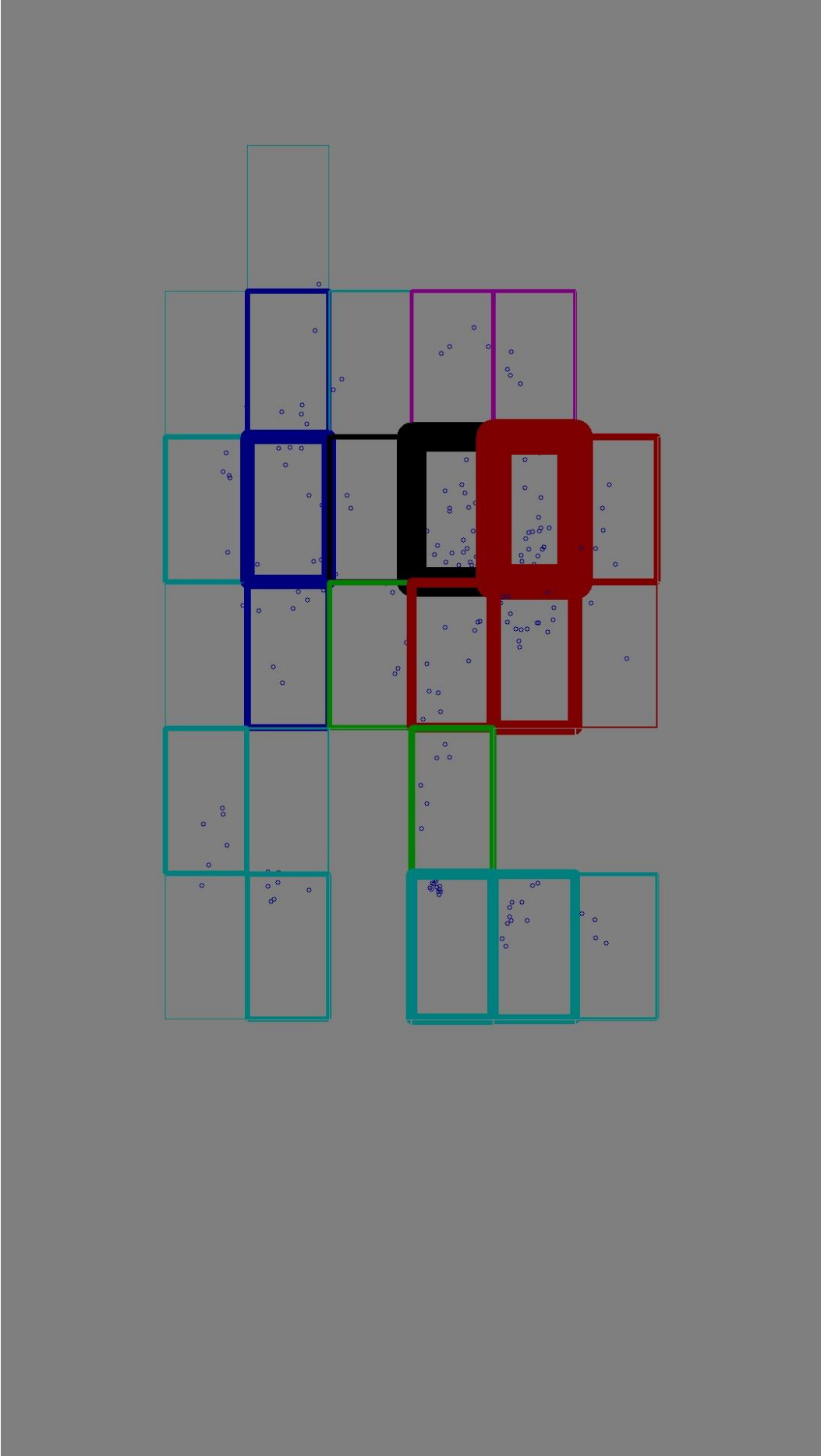
Şekil 7 1. Doktorun göz bakışıyla çizilmiş görüntü



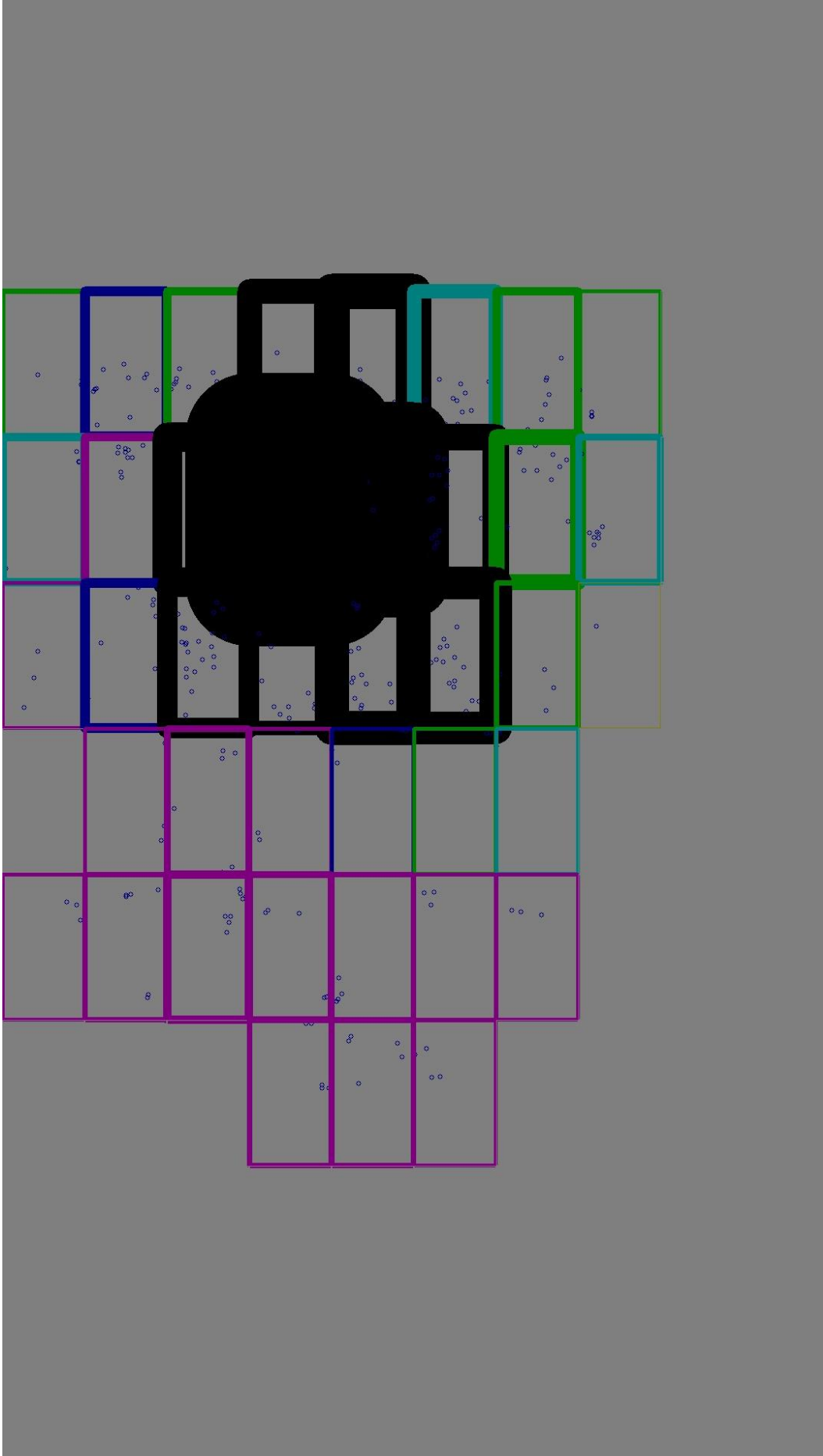
Şekil 8 4. Doktorun göz bakışıyla çizilmiş görüntü

### **5.2.1 Deney Hesaplamaları ve Çıktılar**

Tüm görüntüleri 10'a 10'luk eş ızgaralara bölünmüştür. Her görüntü için 100 ızgara elde edilmiştir. Izgaraları büyük kullanmamızın sebebi kişinin odaklandığı nokta ve belirli bir alan çevresini görmesinden ötürüdür. Göz bakış noktası herhangi bir ızgara içerisinde olan kişi için o ızgaraya baktığı, o ızgaraya bakış süresine göre de odaklanma miktarları çıkartılmıştır. Bir deney süreci için zamanı üç dilime bölünmüş ve ızgarada geçirdiği süreler göre ızgaraları kırmızı (1.zaman dilimi), mavi (2.zaman dilimi), yeşil (3.zaman dilimi) ve karışımlarına boyanmıştır. Mavi yuvarlak noktalar ise göz bakış noktalarını göstermektedir.

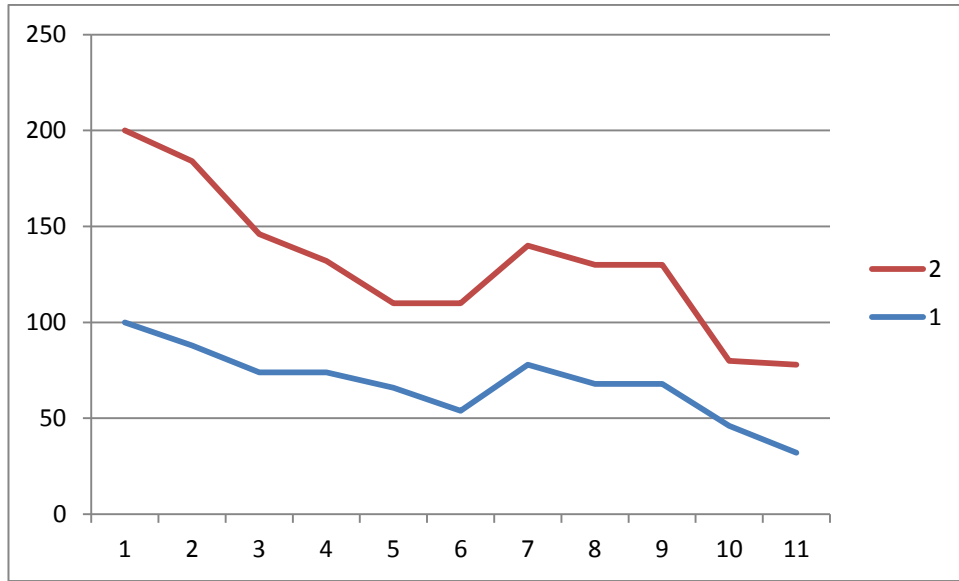


Şekil 9 1.Doktorun göz bakışına göre ızgara renklendirmesi



Şekil 10 4.Doktorun göz bakışına göre ızgara renklendirmesi

Uzman radyoloğun göz bakışı ızgara bilgilerini model olarak bir matris oluşturuldu. Bu matris de uzman radyoloğun baktığı ızgaralara 1 puan bakmadığı ızgaralara -1 puan verilmiştir. Daha sonra tüm denekler için mesafe matrisi hesaplanmıştır. Hocanın baktığı yere bakmışsa PP, hocanın baktığı yere bakmamışsa PN, hocanın bakmadığı yere bakmamışsa NN ve hocanın bakmadığı yere bakmışsa NP olarak atama yapılmıştır. Tüm deney seti için bu hesaplama tekrarlanmıştır.



Şekil 11 Hesaplanan puanlama ile çizilen benzerlik grafiği 1 ve 2 numaralı doktorlar

Uzman	Uzmanlık Düzeyi	
1	18 yıl	Uzman
2	17 yıl	Uzman
3	2 yıl	Asistan
4	1 yıl	Asistan
5	7 ay	Asistan
6	5 ay	Asistan
7	2 ay	Asistan
8		Öğrenci
9		Öğrenci
10		Öğrenci
11		Öğrenci

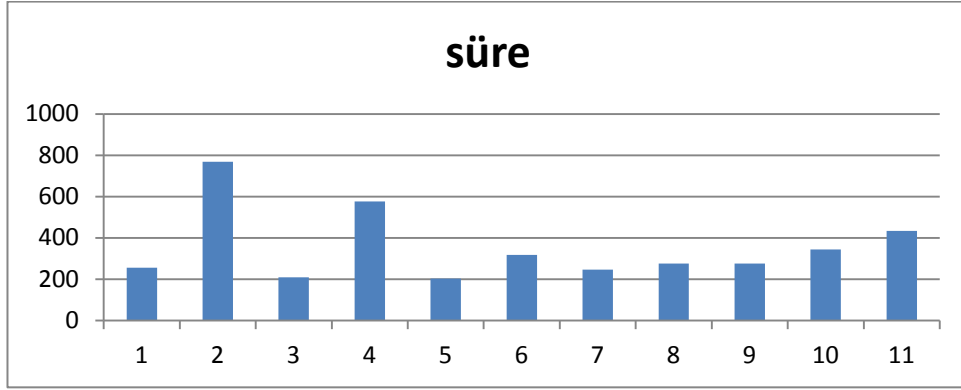
Tablo 1 Uzmanlık Düzeyleri Tablosu

Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11															
PP	25	25	21	23	18	21	20	21	21	23	24	PP	19	19	13	19	12	16	17	18	18	16	17	PP	12	12	10	12	4	10	12	4	10	11	12	2	7	PP	21	21	17	20	7	10	19	21	21	19	17	
NN	75	69	66	64	65	56	69	63	63	50	42	NN	81	74	70	64	71	59	71	64	64	59	50	NN	88	83	73	60	80	69	83	65	65	88	70	NN	79	67	67	60	69	73	67	60	60	54	55			
PN	0	0	4	2	7	4	5	4	4	2	1	PN	0	0	6	0	7	3	2	1	1	3	2	PN	0	0	2	0	8	2	1	0	0	10	5	PN	0	0	4	1	14	11	2	0	0	2	4			
NP	0	6	9	11	10	19	6	12	12	25	33	NP	0	7	11	17	10	22	10	17	17	22	31	NP	0	5	15	28	8	19	5	23	23	0	18	NP	0	12	12	19	10	6	12	19	19	25	24			
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
PP	21	21	13	13	17	17	17	17	17	15	12	PP	15	15	14	13	2	14	12	13	13	10	12	PP	14	14	12	11	3	6	7	13	13	10	13	PP	15	15	12	13	2	6	9	15	15	9	8			
NN	79	68	66	62	66	61	68	69	69	50	60	NN	85	80	67	69	71	64	75	68	68	66	68	NN	86	83	68	54	71	78	64	64	64	59	54	NN	85	82	64	60	64	67	67	63	63	64	68			
PN	0	0	8	8	8	4	4	4	4	4	6	PN	0	0	1	2	13	1	3	2	2	5	3	PN	0	0	2	3	11	8	7	1	1	4	1	PN	0	0	3	2	13	9	6	0	0	6	7			
NP	0	11	13	17	13	18	11	10	10	29	19	NP	0	5	18	16	14	21	10	17	17	19	17	NP	0	3	18	32	15	8	22	22	22	27	32	NP	0	3	21	25	21	18	18	22	22	21	17			
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
PP	22	22	17	18	5	8	14	17	17	18	20	PP	23	23	21	16	4	10	20	20	20	18	20	PP	26	26	15	14	5	14	14	22	22	16	21	PP	20	20	16	12	12	16	12	16	16	13	12			
NN	78	76	69	61	67	70	67	64	64	49	53	NN	77	75	57	56	68	68	68	63	63	46	56	NN	74	70	57	52	63	56	67	65	65	50	57	NN	80	75	64	59	74	53	70	71	71	62	70			
PN	0	0	5	4	17	14	8	5	5	4	2	PN	0	0	2	7	19	13	3	3	3	5	3	PN	0	0	11	12	21	12	4	4	10	5	PN	0	0	4	8	8	4	8	4	4	7	8				
NP	0	2	9	17	11	8	11	14	14	29	25	NP	0	2	20	21	9	9	14	14	31	21	NP	0	4	17	22	11	18	7	9	9	24	17	NP	0	5	16	21	6	27	10	9	9	18	10				
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
PP	16	16	14	7	7	9	2	16	16	14	16	PP	18	18	13	9	4	8	10	15	15	14	18	PP	14	14	11	7	4	7	9	14	14	9	14	PP	18	18	15	8	6	12	16	18	18	13	18			
NN	84	80	61	59	66	61	84	65	65	49	55	NN	82	78	56	59	64	62	62	65	65	60	57	NN	86	84	57	62	70	70	68	60	60	48	49	NN	82	82	64	67	65	61	73	66	66	52	58			
PN	0	0	2	9	9	7	14	0	0	2	0	PN	0	0	5	9	14	10	8	3	3	4	0	PN	0	0	3	7	10	7	5	0	0	5	0	PN	0	0	3	10	12	6	2	0	0	5	0			
NP	0	4	23	25	18	23	0	19	19	35	29	NP	0	4	26	23	18	20	20	17	17	22	25	NP	0	2	29	24	16	16	18	26	26	38	37	NP	0	0	18	15	17	21	9	16	16	30	24			
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

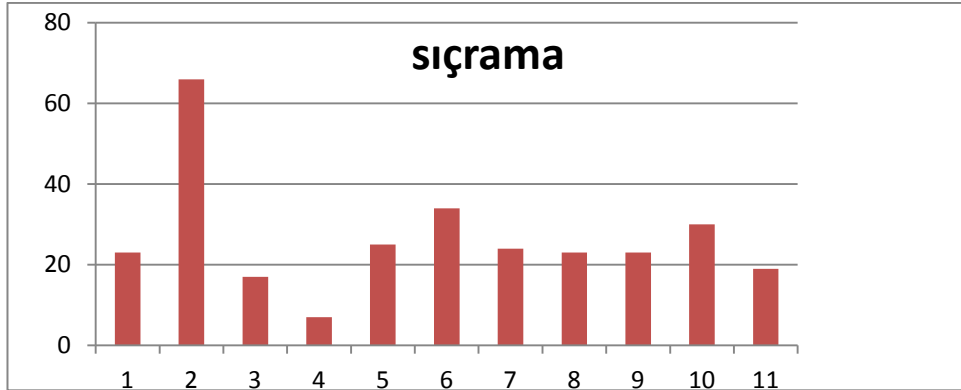
Tablo 2 Uzman radyoloğun ızgara bakış durumuna göre tüm kullanıcılar için hesaplanmış doğruluk tablosu



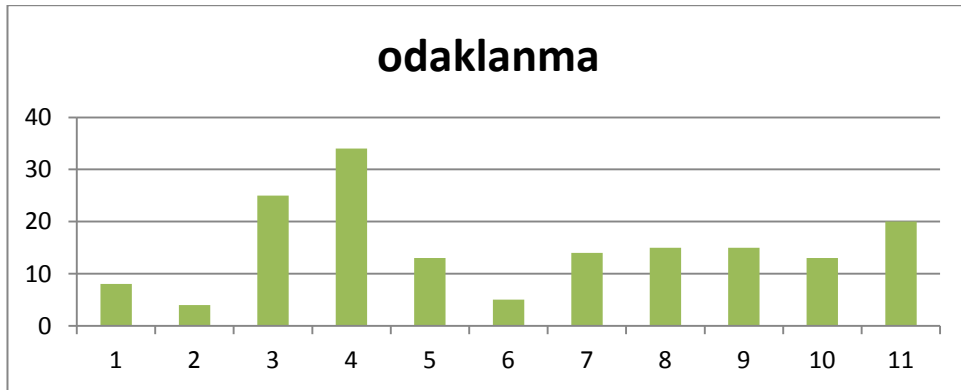
Bu bilgilere her bir deney seti için süre(time), odaklanma(fixation) ve sıçrama(saccade) bilgilerini de ekleyerek 7 değişkenli özellik vektörümüzü oluşturduk. 220 deneyden oluşan setimi her bir turda 20'sini ayırarak diğer 200 bilgiyi makine öğrenmesi (SVM) hesaplamasına verdik. Daha sonra ayırdığımız 20 deney için sorduğumuzda %85 oranında doğru tahmin alınmıştır.



**Tablo 3 Doktorların 1.görüntüde harcadığı zaman grafiği**



**Tablo 4 Doktorların 1.görüntüde yaptığı göz sıçrama hareketlerinin toplam göz hareketlerine oranı grafiği**



**Tablo 5 Doktorların 1.görüntüde yaptığı odaklanma hareketlerinin toplam göz hareketlerine oranı grafiği**

Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Toplam süre	256	768	210	577	203	318	247	277	277	345	435	Toplam süre	134	402	226	738	179	218	245	292	292	2	196
Sıçrama %	23	66	17	7	25	34	24	23	23	30	19	Sıçrama %	16	71	11	10	25	35	17	21	21	0	15
Odaklanma %	8	4	25	34	13	5	14	15	15	13	20	Odaklanma %	18	6	32	33	15	7	20	14	14	0	25
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Toplam süre	155	465	275	423	108	202	286	169	169	341	179	Toplam süre	69	207	309	530	77	51	233	298	298	160	219
Sıçrama %	25	73	15	16	30	37	20	28	28	24	20	Sıçrama %	31	73	13	15	29	29	26	24	24	31	17
Odaklanma %	7	2	30	20	1	2	25	6	6	20	29	Odaklanma %	2	0	30	24	19	15	15	17	17	15	25
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Toplam süre	107	321	360	436	71	35	164	207	207	384	336	Toplam süre	157	471	279	379	55	86	219	214	214	260	375
Sıçrama %	33	77	11	14	36	51	24	24	24	32	17	Sıçrama %	29	76	11	15	40	38	22	22	22	26	18
Odaklanma %	1	0	30	24	4	0	17	12	12	11	26	Odaklanma %	7	2	35	24	16	4	14	13	13	15	26
Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Uzman	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Toplam süre	81	243	328	319	96	63	2	211	211	468	415	Toplam süre	54	162	404	295	94	62	180	273	273	359	619
Sıçrama %	25	74	16	15	36	66	50	23	23	22	19	Sıçrama %	27	75	16	16	35	50	25	22	22	23	18
Odaklanma %	7	2	24	31	6	0	0	13	13	21	22	Odaklanma %	1	0	22	22	5	4	11	14	14	17	18

Tablo 6 Tüm deneyler için toplam süre, göz sıçraması, odaklanma oranları grafiği

### 5.3 Deney Sonuçları

11 farklı uzmanlık düzeyine sahip radyologa gösterdiğimiz 20 farklı görüntü için elde ettiğimiz 220 deney setinin her bir elemanı için makine öğrenmesi ile tahminde bulunulmuş ve sonuç olarak bir karar matris elde edilmiştir. 1. ve 2. kullanıcı hoca düzeyindedir "Expert" olarak isimlendirilmiştir. 3.den 7.ye kadar asistandır "Assistant" olarak isimlendirilmiştir. 8.den 11.ye kadar 5. ve 6. sınıf öğrencileridir "Student" olarak isimlendirilmiştir. 2 uzman bilgisi deney kümemizden çıkarılmıştır. Bunun sebebi bir radyoloğun görüntüleri daha önceden biliyor olması ve çok hızlı şekilde başarı göstermesi diğeri ise miyop olduğu için göz takip cihazını kullanamamış olmasıdır.

	Expert	Assistant	Student	
p.Expert	40	1	0	41
p.Assistant	0	80	12	92
p.student	0	19	68	87
	40	100	80	220

**Tablo 7 karar matrisi**

## 6 Sonuç

Radyologlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar ve çalışmalarda yüksek-seviye ve alt-seviye görsel öznitelikler uzmanlık belirlemek için kullanılmıştır. Öncelikle radyologların göz-bakış değerleri kaydedilmiş ve verilen tıbbi görüntülerin özniteliklerini çıkartabilecek bir arabirim geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda farklı uzmanlık seviyelerindeki doktorların tıbbi görüntüleri incelemeleri ve teşhislerini belirtmeleri istenmiştir. İncelenen görüntüler ve göz bakış değerleri kendi geliştirdiğimiz yazılım yardımıyla nitelik vektörlerine çevrilmiştir. Makine öğrenmesine verilerek bu veriler kıyaslanmış ve bu değerlerden yararlanılarak uzmanlık seviyeleri tespitinde bulunulmuştur.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda zaman bilgisi, göz sıçrama hareketi, odaklanma süreleri hesaplanarak çeşitli uzmanlık bulma çalışmaları yapılmıştır ancak bakış konum bilgisi ve dokusal özellikler kullanılarak yapılan bir çalışma yoktur. Yaptığımız bu çalışmada doğrudan baktığı konum bilgileri kullanılarak uzmanlık tahmini yapılmıştır. Üst düzey uzman alanında %100 başarımlı yakalanmıştır. Genel ortalamada %85 oranla sistem doğru karar vermektedir. İlerleyen aşamalarda doktorun doğrudan baktığı konum bilgileri kullanılarak sisteme tanıtılmış organ bilgileri ve dokusal özellikler kullanılarak uzman doktorlar arasında uzmanlık alanı tahmini yapılacaktır.

Projenin ikinci aşamasının ar-ge yönü oldukça yüksektir ve küresel anlamda yenilikçidir. Geliştirilecek sistem doktorların uzmanlıklarını, anlık psikolojik ve mental durumlarını ölçerek iş yükü dağılımı yapacaktır. Sistemin, doktor performansının gözlenmesinin yanında farklı sözleşmelere sahip doktorlar arasında en düşük maliyetli tıbbi görüntü değerlendirmeye de izin vermesi beklenmektedir.

Geliştirilmesi planlanan sistem ile tıp eğitiminin ve tıp hizmetlerinin hız ve kalitesinin artırılması sağlanacaktır. Bu nedenle projenin yaygın etkisi oldukça yüksektir. Birçok hastalığın teşhisi için kullanılan tıbbi görüntüleri değerlendirecek uzman sayısı kısıtlıdır. Bu nedenle tıbbi görüntü başına ayırabildikleri inceleme süreleri sınırlıdır. Bu nedenle tıbbi görüntüler yeterince iyi şekilde incelenememekte ve hastalıklara zamanında ve doğru teşhisler konulamamaktadır. Geliştirilecek sistemlerin kullanılmasıyla radyologların uzmanlık, psikolojik ve zihinsel durumları uygun şekilde bilgisayar sistemlerince desteklenmesi sağlanacaktır.

Projenin bir diğer etkisi de benzer görsel işleri yapan çok sayıda personeli çalıştıran firmalarda görülebilecektir. Bu işletmeler çalışan personelin çevrimiçi ilgi, dikkat, uzmanlık ve başarımları seviyesi gibi değerlerini ölçerek onların anlık durumuna uygun iş dağılımı yapabilecektir. Bu sayede hem işgücü kaynağı verimli şekilde kullanılmış olacak hem de insan hatalarına karşı gürbüz bir iş paylaşım modeli uygulanabilecektir.

## 7 Kaynaklar

- [1] DHAWAN, A. P. (2011). Medical image analysis (Vol. 31). Wiley-IEEE Press.
- [2] SHAMS, R., Sadeghi, P., Kennedy, R., & Hartley, R. (2010). A survey of medical image registration on multicore and the GPU. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 27(2), 50-60.
- [3] HU, X. P., Dempere-Marco, L., & Yang, G. Z. (2003). Hot spot detection based on feature space representation of visual search. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, 22(9), 1152-1162.
- [4] REINER, B. (2008). Automating radiologist workflow, part 2: hands-free navigation. *Journal of the American College of Radiology*, 5(11), 1137-1141.
- [5] ALZUBAIDI, M., Black, J. A., Patel, A., & Panchanathan, S. (2009). Conscious vs. subconscious perception, as a function of radiological expertise. In *Computer-Based Medical Systems, 2009. CBMS 2009. 22nd IEEE International Symposium on* (pp. 1-8). IEEE.
- [6] ANTONELLI, M., & Yang, G. Z. (2007, September). Lung nodule detection using eye-tracking. In *Image Processing, 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. II-457). IEEE.
- [7] DEMPERE-MARCO, L., Hu, X. P., MacDonald, S. L. S., Ellis, S. M., Hansell, D. M., & Yang, G. Z. (2002). The use of visual search for knowledge gathering in image decision support. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, 21(7), 741-754.

- [8] YANG, G. Z., Dempere-Marco, L., Hu, X. P., & Rowe, A. (2002). Visual search: psychophysical models and practical applications. *Image and vision computing*, 20(4), 291-305.
- [9] ALZUBAIDI, M., Balasubramanian, V., Patel, A., Panchanathan, S., & Black Jr, J. A. (2010, March). What catches a radiologist's eye? A comprehensive comparison of feature types for saliency prediction. In Proc. of SPIE (Vol. 7624, p. 76240).
- [10] MANNING, D., Ethell, S., Donovan, T., & Crawford, T. (2006). How do radiologists do it? The influence of experience and training on searching for chest nodules. *Radiography*, 12(2), 134-142.
- [11] MELLO-THOMS, C., Nodine, C. F., & Kundel, H. L. (2002, March). What attracts the eye to the location of missed and reported breast cancers?. In Proceedings of the 2002 symposium on Eye tracking research & applications (pp. 111-117).
- [12] CARMODY, D. P., McGrath, S. P., Dunn, S. M., Van Der Stelt, P. F., & Schouten, E. (2001). Machine classification of dental images with visual search. *Academic Radiology*, 8(12), 1239-1246.
- [13] HU, X. P., Dempere-Marco, L., & Yang, G. Z. (2003). Hot spot detection based on feature space representation of visual search. *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, 22(9), 1152-1162.
- [14] VURAL, U., & Akgul, Y. S. (2009). Eye-gaze based real-time surveillance video synopsis. *Pattern Recognition Letters*, 30(12), 1151-1159.

- [15] VURAL, U., & Akgul, Y. S. (2011). Operator attention based video surveillance. In Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on (pp. 1955-1962). IEEE.
- [16] Bradski, Gary, and Adrian Kaehler. *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc.", 2008.
- [17] tobii.com, "What is eye tracking ?" , <http://www.tobii.com/en/what-is-eye-tracking/> , 2014.
- [18] CHEN, Y., & Gale, A. (2010, February). Using eye gaze in intelligent interactive imaging training. In Proceedings of the 2010 workshop on Eye gaze in intelligent human machine interaction (pp. 41-44). ACM.
- [19] PIETRZYK, M. W., Manning, D. J., Donovan, T., & Dix, A. (2009, February). Spatial frequency characteristics at image decision-point locations for observers with different radiological backgrounds in lung nodule detection. In Proc SPIE (Vol. 7263, p. 72630I).
- [20] VURAL, U. (2013). Döngüde -doktor sistemlerinde tıbbi görüntü analizi, TÜBİTAK 113E506.



## ÖZGEÇMİŞ

14 Mart 1988 tarihi, İstanbul ili Şişli ilçesi doğumluyum. İlk ve Ortaokulu Beyazıt ilköğretim İlkokulunda, Liseyi Vefa Anadolu Lisesinde okuduktan sonra 2011 yılında Beykent Bilgisayar mühendisliği bölümünden 3.49 ortalama ile mezun oldum. 2012 yılında Beykent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans bölümüne kayıt oldum.

Yabancı dilim İngilizce olup, evli ve bir çocuk babasıyım.

Esat Can Tekin