

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**DİJİTAL ODYOMETRİ GÖRÜNTÜLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE
ANALİZİ VE YORUMLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhat Miraç ŞAHİN

**Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Programı**

Haziran, 2021

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**DİJİTAL ODYOMETRİ GÖRÜNTÜLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE
ANALİZİ VE YORUMLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhat Miraç ŞAHİN
(Y1813.010013)

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Adem ÖZYAVAŞ

Haziran, 2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Dijital Odyometri Görüntülerinin Görüntü İşleme ile Analizi ve Yorumlanması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (07/06/2021)

Ferhat Miraç ŞAHİN

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki destek ve katkılarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Adem ÖZYAVAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince her zaman yanımda olan ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2021

Ferhat Miraç SAHİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 İşitme Fizyolojisi.....	1
1.1.1 Dış kulak	2
1.1.2 Orta kulak.....	2
1.1.3 İç kulak.....	3
1.2 İşitmenin Değerlendirilmesi	4
1.2.1 Saf ses odyometri	4
1.2.1.1 Hava yolu işitme ölçümleri	5
1.2.1.2 Kemik yolu işitme ölçümleri.....	6
2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1 RGB Renk Uzayı.....	9
3.2 HSB Renk Uzayı	10
3.3 Ayrık Küme Ormanı (Disjoint-set forests).....	11
3.3.1 Çalışma süresini artırmak için sezgisel yöntemler.....	12
3.4 Morfolojik Görüntü İşleme	13
3.4.1 Görüntü işleme	13
3.4.2 Görüntü türleri.....	15
3.4.3 Gri tonlamalı görüntü (grayscale image)	15
3.4.4 İkili görüntü (binary image).....	15
3.4.5 Pikseller arası ilişkiler	16
3.4.6 Aşınma (erosion).....	17
3.4.7 Genişleme (dilation).....	17
3.4.8 Morfolojik geriçatma	18
3.4.9 Sınır temizleme	18
3.4.10 Bağlı bileşenler	19
3.5 Şablon Eşleştirme Yöntemi	19
3.5.1 Şablon eşleştirme teknikleri	20
3.5.1.1 Arama noktalarının azaltılması	21
3.5.1.2 Eşleşme kriterlerini basitleştirmek.....	21
3.5.1.3 Bit genişliğini azaltmak.....	22
3.5.1.4 Tahmini tarama	22
3.5.1.5 Hiyerarşik tarama	22

3.5.1.6 Hızlı tüm tarama.....	23
3.6 OTSU Algoritması	23
3.7 Histogram Eşitleme Yöntemi	24
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	25
4.1 Dairelerin Kırmızı Piksellerini ve Merkez Noktalarını Elde Etme	26
4.2 Çarpı Sembollerinin Mavi Piksellerinin ve Merkez Noktalarının Elde Edilmesi	29
4.3 Merkezi Noktalar İçin Frekans ve Desibel Değerlerinin Belirlenmesi	30
5. SONUÇ.....	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ.....	38

KISALTMALAR

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
CBIR	: Content Based Image Retrieval
dB	: Desibel
dBHL	: decibels Hearing Level
DSF	: Disjoint-set forests
FFS	: Full Frame Searching
HSB	: Hue, Saturation, Brightness
HSI	: Hue, Saturation, Intensity
HSL	: Hue, Saturation, Lightness
HSV	: Hue, Saturation, Value
Hz	: Hertz
kHz	: Kilohertz
MAD	: Mean Absolute Difference
MR	: Manyetik Rezonans
NCC	: Normalized Cross Correlation
PS	: Piksel Sayısı
RGB	: Red, Green, Blue
SAD	: Sum of Absolute Differences
SSD	: Sum of Squared Differences
SSDA	: Sequential Similarity Detection Algorithm
SSO	: Saf Ses Odyometri
TÇTA	: Tüm Çerçeve Taraması Algoritması
YCbCr	: Luminance Blue chrominance Red chrominance
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YUV	: Luminance (Y) two chrominance (UV)

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1: İşitme Kaybı Dereceleri	4
Çizelge 1.2: İşitme Kaybı Derecelerin Kategorisi	5
Çizelge 1.3: Odyogram Sembolleri	6

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Dış Kulak Anatomisi [3]	2
Şekil 1.2: Kulak Kemikçikleri [6]	3
Şekil 3.1: RGB Renk Uzayından Diğer Renk Uzaylarına Dönüşüm Gösterimi	9
Şekil 3.2: RGB Renk Uzayı.....	10
Şekil 3.3: HSB Renk Uzayının Konik Gösterimi [26]	11
Şekil 3.4: Ayrık Kümeli Bir Orman. İki Kümeyi Temsil Eden İki Ağaç.....	12
Şekil 3.5: UNION Sonucu	12
Şekil 3.6: FIND-SET işlemi sırasında yol sıkıştırma. Köklerdeki oklar ve kendi kendine döngüler atlanır. (a) FIND-SET, yürütülmeden önce bir kümeyi temsil eden bir ağaç. Üçgenler, kökleri gösterilen düğümler olan alt ağaçları temsil eder. Her düğümün ebeveyni için bir işaretçisi vardır. (b) FIND-SET, yürütüldükten sonra aynı küme. Bul yolundaki her düğüm artık doğrudan köke işaret ediyor.	13
Şekil 3.7: AxB Sayısal Görüntü	14
Şekil 3.8: İki Boyutlu Görüntüde Sırasıyla 4 ve 8-Bitişiklik.....	16
Şekil 3.9: B Yapılandırma Elemanı ile X'in Aşınma İşlemi.....	17
Şekil 3.10: B Yapılandırma Elemanı ile X'in Genişleme İşlemi	18
Şekil 3.11: A ve C Çerçevesi	20
Şekil 3.12: Örnek Görüntü ve OTSU Algoritması Uygulanmış Hali	24
Şekil 4.1: Örnek Odyogram Grafiği Görüntüsü [51].....	25
Şekil 4.2: HSB Şeması Kullanılarak Kırmızı ve Mavi Piksel Çıkarma	26
Şekil 4.3: Aralarında Delikler Bulunan Daire ve Çizgileri Gösteren Kırmızı Pikseller	27
Şekil 4.4: Dairelerin Kırmızı Piksellerini ve Merkez Noktalarının Elde Edildiği Algoritmanın Akış Şeması.....	28
Şekil 4.5: Solda, Mavi Pikselleri Ön Plan Pikselleri Olarak Gösterir. Sağda, Çoğunluk Oylamasından Sonra En Sağdaki Mavi Çarpı Ön Plan Piksellerini Kırmızı Olarak Gösterir.....	29
Şekil 4.6: Çarpı Sembollerinin Mavi Piksellerinin ve Merkez Noktalarının Elde Edildiği Algoritmanın Akış Şeması.....	30
Şekil 4.7: Orijinal Görüntüden OTSU Yöntemiyle Elde Edilen İkili Görüntü	31
Şekil 4.8: Yatay Projeksiyon Histogramı	32
Şekil 4.9: Dikey Projeksiyon Histogramı	32

DİJİTAL ODYOMETRİ GÖRÜNTÜLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE ANALİZİ VE YORUMLANMASI

ÖZET

Odyogram, bir hastanın işitme testleri hakkında görsel bilgiler içerir. Bir hastanın işitme eşikleri, odyogramlarda bir diyagram olarak kodlanır. Bu tür verilerin çıkarılması yararlı olabilir çünkü hastalar bir hekimi ziyaret etmek zorunda kalmadan testlerinin bir yorumunu alabilirler. Bu çalışma, odyogramlardan önemli bilgileri çıkarmak için görüntü işleme ve makine öğrenme algoritmalarını kullanır. İlk olarak Ton-Doygunluk-Parlaklık (HSB) tekniği kullanılarak kırmızı (sağ) ve mavi (sol) kulak işaretleri alınır ve görüntüden çıkarılır. Bu kırmızı ve mavi işaretlerin merkez konumları daha sonra işlenmek üzere kaydedilir. OTSU yöntemi kullanılarak ikili görüntü elde edilir. Frekans ve desibel değerlerini işaretleyen çizgiler, ikili görüntüden yatay ve dikey iz düşüm histogramları kullanılarak belirlenir. Doğrusal enterpolasyon kullanılarak kesin konumlar (frekans ve desibel konumları) hesaplanır. Bu çalışmanın sonuçları, hastanın işitme yeteneklerini belirlemek için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Görüntü İşleme, Makine Öğrenimi, Görüntü Bölütleme, Odyoloji*

EXTRACTING AUDIOGRAM DATA USING IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS

ABSTRACT

Audiogram contains visual information about the hearing tests of a patient. A patient's hearing thresholds are encoded as a diagram in audiograms. Extraction such data could be useful since patients without having to visit a physician can obtain an interpretation of their tests. This study utilizes image processing and machine learning algorithms to extract important information from audiograms. First using Hue-Saturation-Brightness (HSB) technique, red (right) and blue (left) ear markings are obtained and removed from the image. The center positions of these red and blue markings are recorded for later processing. Using the OTSU method the binary image is obtained. The lines which mark the frequency and decibel values are determined using horizontal and vertical projections histograms from the binary image. Using a linear interpolation precise locations (frequency and decibel positions) are computed. The results of this study could be used to determine the hearing abilities of the patient.

Keywords: *Image Processing, Machine Learning, Image Segmentation, Audiology*

1. GİRİŞ

Ses, bir enerji kaynağından yayılan titreşimlerin etkisi sonucuyla fiziksel boyutta katı, sıvı ve gaz ortamlarında moleküllerin sıkışıp gevşemesiyle ortaya çıkan bir enerji türüdür. Sıkışma ve gevşeme hareketleri sonucunda ortamda ses dalgaları oluşmaktadır. Moleküllerin bir sefer sıkışıp gevşeme hareketi sesin dalga boyunu belirlemektedir [1].

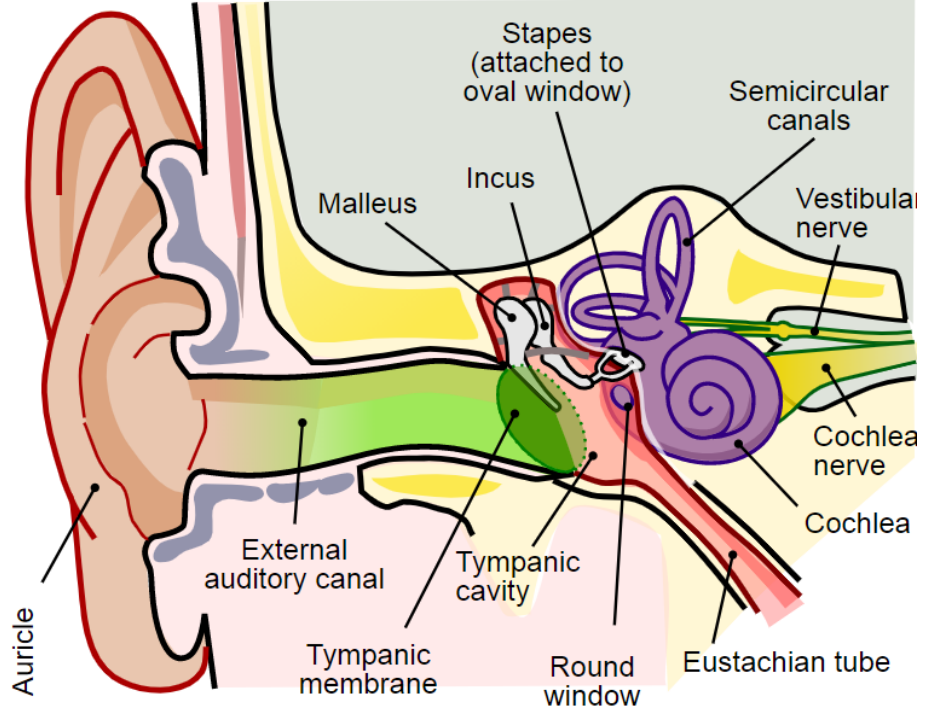
Frekans, bir saniyedeki titreşim sayısı olarak kabul edilmektedir. Frekansın birimi Hertz (Hz) olarak gösterilmektedir. Normal işiten bir insan kulağı 20-20000 Hz arasındaki sesleri işitebilmektedir. Ses dalgalarının genliği, sesin şiddetini oluşturmaktadır. Desibel (dB) sesin şiddeti birimi olarak gösterilmektedir. Normal işiten bir insan kulağı 0-120 dB arasındaki şiddet seviyesindeki sesleri duyabilmektedir. 120 dB üzerindeki ses şiddeti seviyesi normal işiten bir insan kulağı için zararlı olmaktadır [1].

1.1 İşitme Fizyolojisi

İşitme, atmosferde oluşan ses dalgasının kulak tarafından beyindeki merkezlerde biçimsel ve anlamsal olarak algılanmasına kadar olan süredir işitme sistemini kapsamaktadır. Dış kulak, orta kulak ve iç kulak ile merkezi işitme yolları ve işitme merkezi işitme sistemin ana damarları olarak kabul edilmektedir [2]. Üç bölüme ayrılan insan kulağı, bu bölümler ses dalgalarını beyne iletirken her biri farklı bir rol oynamaktadır:

- Dış kulak
- Orta kulak
- İç kulak

1.1.1 Dış kulak



Şekil 1.1: Dış Kulak Anatomisi [3]

Dış kulak, kafanın yan tarafında bulunan kulak kepçesi (Auricle) olarak bilinen görünür kısımdan oluşmaktadır. Kulak kepçesinin amacı ses dalgalarını yakalamak, büyötmek ve kulak kanalından kulak zarına (Tympanic Membrane) doğru yönlendirmektir. Kulak zarı, dış kulak kanalını orta kulak boşluğundan ayıran ince bir yapıdır [4].

Embriyolojide dış kulak kanalı (External Auditory Canal), fetal yaşam sürecinin altıncı haftasında ilk dallanma yarığının ektoderminden kaynaklanmaktadır. Üçüncü ayın sonunda sıkı ve yoğun bir epitelyal kütle oluşmaktadır. Meatal tıkaç, dış kulak kanalının yedinci ayına kadar yeniden emilir. Dış kulak kanalı, 9 yaşına kadar boyutlanmaya devam etmektedir [5].

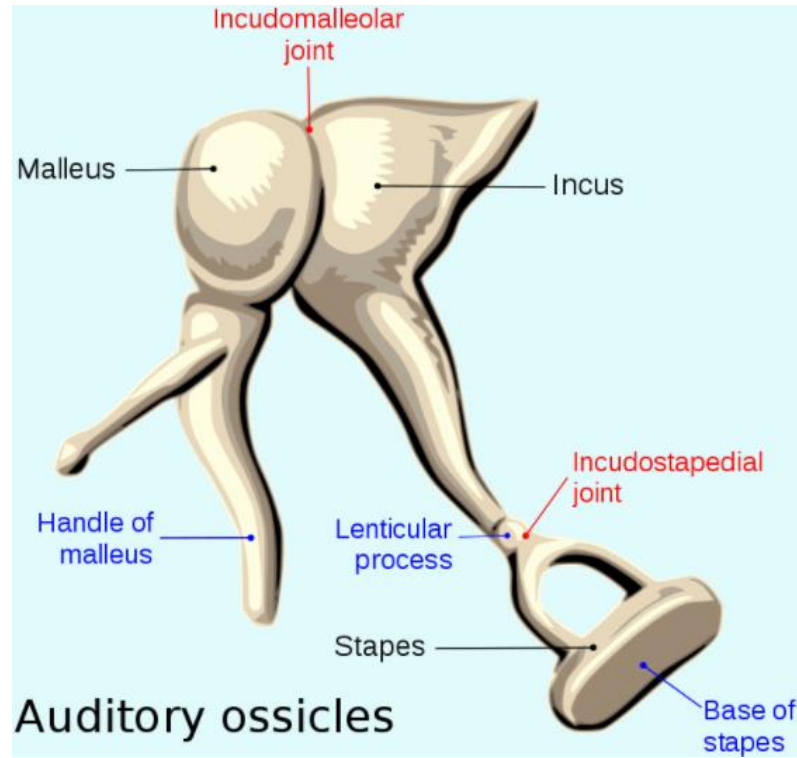
1.1.2 Orta kulak

Orta kulak, kulak zarı ve iç kulak arasında olan hava dolu bir oyuk olmaktadır. Orta kulak kemikçikler, yuvarlak pencere, oval pencere ve östaki borusundan oluşmaktadır.

Ossiküler Zincir

- Çekiç (Malleus)

- Örs (Incus)
- Üzengi (Stapes)



Şekil 1.2: Kulak Kemikçikleri [6]

Çekiç kemiğinin bir ucu kulak zarına, diğer ucu ise örs kemiğine inkudomalleolar eklem ile bağlıdır. Örs kemiği ise üzengi kemiğine inkudostapedial eklem ile bağlıdır. Üzengi kemiğinin tabanı, oval pencere denen bir çöküntüye yerleşmiş bulunmaktadır. Orta kulak boşluğunu iç kulaktan ayıran iki zar vardır. Bunlar oval pencere zarı ve yuvarlak pencere zarıdır. Östaki borusu orta kulak boşluğunu yutağın (farenks) en üst kısmı olan nazofarenkse bağlar. Östaki borusu normalde kapalı kalır ancak kişi yutduğunda, çiğnediğinde veya esnediğinde açılmaktadır. Östaki borusu orta kulak boşluğunun havalanmasını ve dış kulak ile orta kulak arasındaki basıncın eşitlenmesini sağlamaktadır [4].

1.1.3 İç kulak

İç kulak, temporal kemiğin petröz bölümünde bulunmaktadır. İşitme ve denge ile ilgili yapılar burada bulunmaktadır. Yuvarlak ve oval pencereler yoluyla orta kulakla bağlantısı bulunmaktadır. Vestibüler ve koklear akuaduktuslar yoluyla da kafa içiyle bağlantısı bulunmaktadır [7].

1.2 İşitmenin Değerlendirilmesi

1.2.1 Saf ses odyometri

Saf ses odyometri, insanların işitmelerinin ölçülmesi veya değerlendirilmesi saf seslerin kullanılmasıyla ölçülmektedir. Saf sesler odyometre cihazları ile üretilmektedir. Kulaklıklar aracılığıyla hastaya sunulmaktadır. Odyometre cihazlarından verilen uyarı frekansını, şiddetini, tipini seçmek mümkündür. Odyometre cihazları verilen uyarının hangi yolla iletileceğini transdüserler (transducer) ile hastaya göndermektedir. Transdüser, supra aural hava iletim kulaklıkları, insert hava iletim kulaklıkları, kemik iletim vibratörleri ve serbest alanda kullanılan hoparlörlerden oluşmaktadır [8].

Normal işiten insanlar, 20 ile 20000 Hz arasındaki frekansları algılayabilmektedir. Bir insanın işitmesi, 500 ile 8000 Hz arasındaki frekans aralığında, işitilebilir frekans aralığının herhangi bir ucunda olduğundan daha da hassas olmaktadır [9]. SSO, 0.25 kHz - 8 kHz frekans aralığındaki ölçülen eşikleri içermektedir. Odyometre cihazları aracılığıyla bulunan işitme eşikleri odyogram adını verilen bir grafikte işaretlenmektedir [10].

Odyogram grafikleri genellikle işitme kaybının derecesine göre sınıflandırılmaktadır. Ortalama hava iletim eşik değerlerine dayanarak işitme kaybını sınıflandırmak için çeşitli sistemler yayınlamıştır. Bunun için kullanılan frekanslar, üç frekanslı saf ses ortalaması olarak adlandırılmaktadır ve 500 Hz, 1000 Hz ve 2000 Hz olmaktadır [11].

Çizelge 1.1: İşitme Kaybı Dereceleri [12]

İşitme Kaybının Derecesi	Northern ve Down, 2002	ve Jerger ve Jerger, 1980	Goodman, 1965
Normal İşitme	<16	<21	<26
Hafif	16-25	-	-
Çok Hafif	26-30	21-40	26-40
Orta	30-50	41-60	41-55
Orta – İleri	-	-	56-70
İleri	51-70	61-80	71-90
Çok İleri	>70	>80	>90

1.2.1.1 Hava yolu işitme ölçümleri

Hastaya takılan kulaklıklar aracılığıyla saf ses gönderilip hastanın işitebileceği eşik seviyesini belirlemek için yapılan testtir. Saf ses hava iletimi eşikleri; dış kulak, orta kulak ve iç kulak dahil olmak üzere toplam işitme sisteminin işlevini ölçmektedir. Odyometri testlerinde, 250 ile 8000 Hz arasında sekizli aralıklarla değişen saf sesler hastaya kulaklık yoluyla sunulmaktadır. Eşik, seslerin ilk olarak eşğin üstünde sunulduğu daha sonra ise ses işitilemeyecek düzeye gelinceye kadar 10 dB ile 15 dB'lik azalan seviyelerde sunulduğu Hughson-Westlake'in artan yönteminin bir çeşidinin kullanılmasıyla belirlenmektedir [13].

SSO, 5 dB'e kadar, 10 dB'lik adımlarla, üç kez yanıt verilen tek işitme seviyesine kadar artmaktadır. Hava iletimi eşikleri, tek başına değerlendirildiğinde, işitme kaybının nedeni ve spesifik işitsel patoloji hakkında az bilgi sağlamaktadır. Hava iletimi eşikleri, kemik iletkenlik testi ile elde edilen eşiklerle birlikte incelendiğinde, işitme kaybının tipini ve derecesini belirlemeye daha iyi yardımcı olmaktadır. Bir odyogram grafiği üzerine çizildiğinde, SSO eşikleri işitme kaybının derecesi hakkında bilgi sağlamaktadır. 0-25 dB aralığındaki eşikler normal kabul edilmektedir, 25 dB'den büyük eşikler ise bazı işitme kaybı seviyelerini temsil etmektedir [14].

Çizelge 1.2: İşitme Kaybı Derecelerinin Kategorisi

		Frekans (Hz)										
		125	250	500	1000	2000	4000	8000				
					750	1500	3000	6000	12000			
dBHL	-10											
	0	NORMAL										
	10											
	20											
	30	HAFİF										
	40											
	50	ORTA										
	60											
	70	İLERİ										
	80											
	90											
	100	ÇOK İLERİ										
	110											
120												

1.2.1.2 Kemik yolu işitme ölçümleri

Saf ses odyometri kemik yolu iletimi eşikleri, dış kulak ve orta kulak yapılarını geçerek kokleayı doğrudan uyararak işitsel eşik bilgisi elde etmektedir. Hava yolu ve kemik yolu iletimiyle bulunan eşikler arasındaki farklar, işitme kaybının tipini ve derecesini belirlemek için kullanılmaktadır. Kemik yolu iletim testinde, mastoid üzerine bir kemik osilatörü yerleştirilmektedir. Günümüzde kullanılmaya devam eden odyometre cihazları, vibratörlerin mastoid üzerine yerleştirilmesi için kalibre edilmiştir. Hava yolu iletim ve kemik yolu iletim eşikleri arasındaki ilişki işitme kaybının tipini belirlemek için kullanılmaktadır [14].

Çizelge 1.3: Odyogram Sembolleri

	Sağ Kulak	Sol Kulak
Hava Yolu İletim	○	×
Maskeli Hava Yolu İletim	△	□
Kemik Yolu İletim	<	>
Maskeli Kemik Yolu İletim	□	□

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Dong ve arkadaşlarının çalışmasında [15] görüntü segmentasyonu yapılarak, OTSU algoritması ile sayısal veri işlemede bütün bölümlendirmeler arasında görüntülerin karşılaştırması yapılmıştır. Görüntü segmentasyonu karşılaştırmasında OTSU algoritmasının basit hesaplama ile görüntü eşikleme, otomatik eşik seçim bölgesi temelli bölümleri kullanılmıştır. Geliştirilmiş histogram ile OTSU ve K-Means yöntemine dayalı OTSU algoritması kullanılmıştır.

Camgöz'ün çalışması [16], “effects of hue, saturation, and brightness on attention and preference (renk çeşidi, doymuşluk ve parlaklığın dikkat çekme ve tercih üzerindeki etkileri)” adlı doktora tezinde, renk çeşidi, doymuşluk ve parlaklığın dikkat üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bulgulara göre, arka plan renklerinde en doymuş ve parlak olanlar %67 oranında tercih edilmiştir. Sarı-yeşil, yeşil, camgöbeği mavi bandı %45 oranında tercih edilirken; kırmızı, eflatun bandı %30 oranında tercih edilmiştir. Tercih edilmeye göre ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde, doymuşluk oranı yüksek olan renkler ve parlak renklerin %25 oranında tercih edildiği, mavi rengin ise arka plan renginden bağımsız olarak %25 oranı ile en çok tercih edilen renk olduğu saptanmış bulunmaktadır.

Görüntü işleme uygulamalarında, doğadaki bir nesneyi gerçek zamanlı şekilde takip etmek oldukça güçtür [17]. Nesnenin takip edilmesi, hareket halindeki nesnenin arka arkaya gelen görüntülerdeki koordinatlarını tahmin etmeyi içermektedir. Nesnelere gösteren özellikler, nesnelere hareketleri ve takip edilen nesnenin tam olarak tespiti gibi dinamik değişkenlerin takip işlemi sürerken göz önünde bulundurulması gerekmektedir [18].

Chattopadhyay'ın çalışmasında [19], gri tonlamalı dijital görüntülerde kenar bulma işleminde dairelerin tespiti için yeni bir yöntem geliştirerek düğüm ve kolların birlikte olduğu çizimde kesişen sınırlarını kullanmışlardır.

Kim'in çalışmasında [20], kiriş çiftlerini kullanarak iki adımlı bir daire tespit algoritması önermişlerdir. Kesişen iki kiriş dairenin merkezini nasıl tespit ettiğini göstermişlerdir. İlk olarak iki boyutlu Hough dönüşüm metodu kullanılarak dairenin merkezi bulunmuş, sonrasında bir boyutlu Radius histogramı kullanarak dairenin Radius'u hesaplatılmıştır.

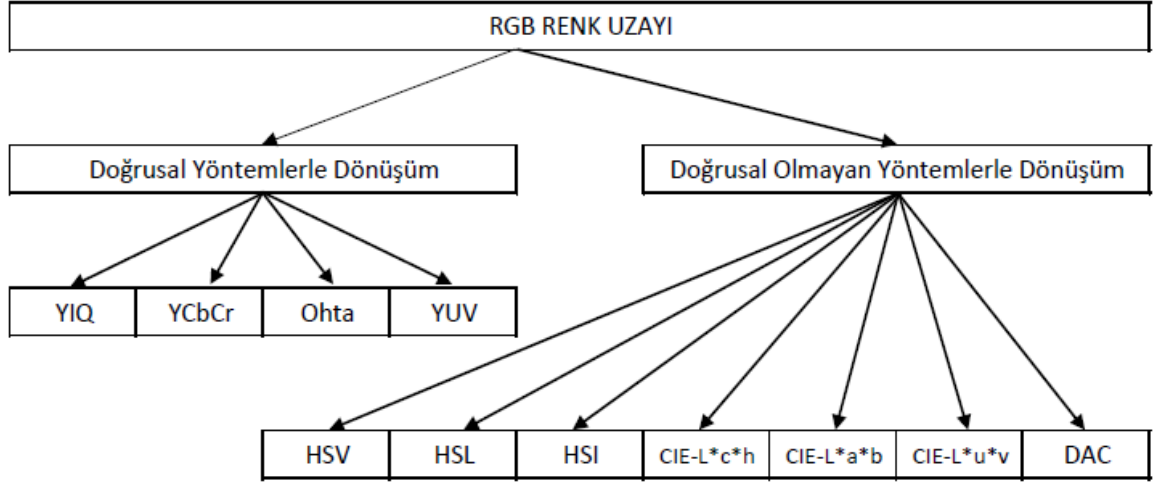
Olson'un çalışmasında [21], oluştur, test et ve Hough dönüşümü yöntemlerinin zayıf yönlerini araştırarak yeni bir yöntem sunmuştur. Bu yöntem nesne tespiti ve model çıkartma problemlerini çözebilmek için kullanmıştır.

Mingzhu ve Huanrong'ın çalışmasında [22], daire, çember gibi şekillerin tespiti için kullanılan Hough dönüşüm metodu yerine yeni bir algoritma geliştirerek dairenin merkezi ve yarıçapı bularak daha hızlı ve stabil bir yöntem sunmuşlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

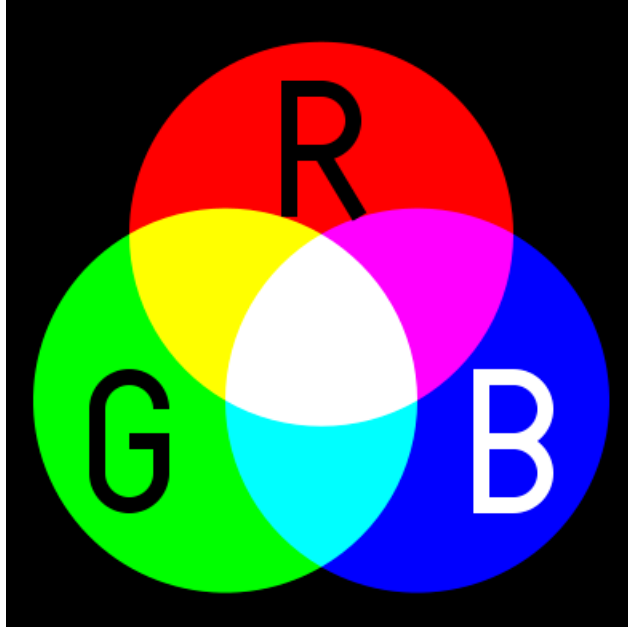
3.1 RGB Renk Uzayı

RGB renk uzayları renkleri tanımlamak için kullanılan matematiksel modellerdir ve 3 boyutludur. Ayrıca bütün renkleri temsil edecek şekilde düzenlenmişlerdir. Renk uzaylarının çeşitli yöntemlerle birbirine dönüştürülmeleri de mümkündür. Renk uzaylarının matematiksel modellerini bilmek renk analizi yapabilmek için önemlidir. Bir rengi tanımlamak için birbirinden bağımsız üç değişkene ihtiyaç vardır. Bu yüzden renk uzayları, 3 boyutlu matriste tüm renkleri temsil edecek şekilde oluşturulmaktadır. Her renk uzayının özgün bir standardı bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan renk uzayı RGB renk uzayıdır. RGB renk uzayından diğer bir renk uzayına Şekil 3.1'de gösterildiği gibi iki farklı yöntemle dönüşüm yapılabilmektedir [23].



Şekil 3.1: RGB Renk Uzayından Diğer Renk Uzaylarına Dönüşüm Gösterimi

RGB renk uzayı üç temel renkten oluşmaktadır. Bu renkler kırmızı, yeşil ve mavi olmaktadır. Doğadaki her renk, bu üç rengin farklı oranlarla birleşmesinden meydana gelmektedir. Tüm renkler tam ve eşit olarak karıştırıldığında beyaz renk ortaya çıkmaktadır.

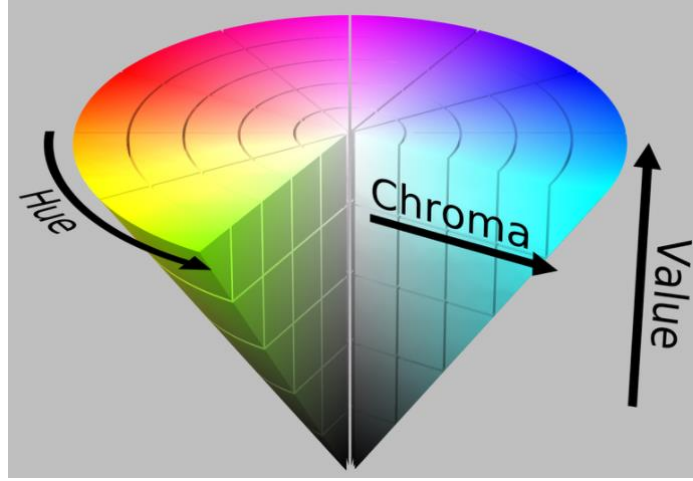


Şekil 3.2: RGB Renk Uzayı

RGB renk uzayında, görüntünün bir noktası, üç farklı matristeki değerler ile gösterilmektedir. RGB, cihaz bağımlı bir renk uzayıdır. Bu yüzden RGB renk uzayının donanım olarak gereksinimleri söz konusudur. Örnek vermek gerekirse bir renk tonunun değiştirileceğinde, her üç boyuttaki tüm verilerin getirilip, gerekli değişikliklerin yapılıp, tekrardan üç boyuta yazılması gerekmektedir. Bu nedenden dolayı da YIQ, YCbCr ve YUV gibi farklı renk uzaylarının geliştirilme ihtiyacı duyulmuştur.

3.2 HSB Renk Uzayı

HSB (Hue, Saturation, Brightness) renk uzayının renk bileşenleri sırasıyla H renk özünü, S doygunluğunu ve B ise parlaklığını ifade etmektedir. İnsan gözüne benzer renk algılayışını ifade etmek için tanımlanmıştır. HSB, renk tanıma için en uygun renk uzayıdır [24]. Çünkü, RGB'nin aksine HSB renk uzayında aydınlık değeri ayrı bir şekilde ifade edildiği için resimde ne kadar parlaklık olursa olsun H ve S değerlerinden gerçek renge erişmek mümkündür. Fakat HSB cihazdan bağımsız bir renk uzayı değildir. Farklı bir cihazdan elde edilen üzerinde çalışılan görüntü değeri olarak farklılık gösterebilmektedir [25].



Şekil 3.3: HSB Renk Uzayının Konik Gösterimi [26]

HSB, RGB renk uzayının renk bileşenlerinden doğrusal olmayan bir yöntemle elde edilmiştir.

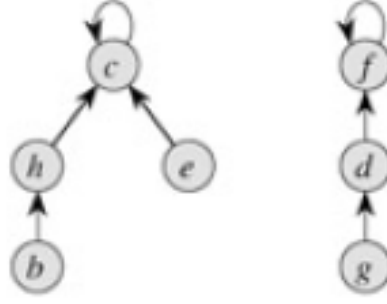
Renk özü (Hue), rengin dalga boyu değerini taşımakta ve rengin kimliğini göstermektedir. Dalga uzunluğunu verdiği için açı türden bir değerdir. 0° ile 360° arasında değer almaktadır.

Doygunluk (Saturation), renk oranını belirtmektedir. Doygunluk değeri $[0, 100]$ aralığında değişmektedir. Doygunluk bileşeni büyüdükçe renk de canlı tonlarda görünmektedir. Doygunluk oranı düştükçe ise renk gri tonlara yaklaşmaktadır.

Parlaklık (Brightness), rengin koyuluk açıklık yani aydınlık oranını belirlemektedir. Parlaklık değişim aralığı $[0, 100]$ olmaktadır [27].

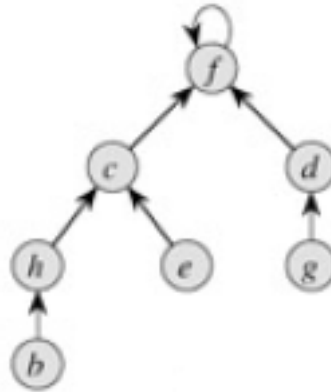
3.3 Ayrık Küme Ormanı (Disjoint-set forests)

Ayrık kümelerin daha hızlı bir şekilde uygulanmasında, kümeleri, her düğümün bir üye içerdiği ve her ağacın bir kümeyi temsil ettiği köklü ağaçlarla temsil ederiz. Şekil 3.4'te gösterilen ayrık kümeli bir ormanda, her üye yalnızca üst ögesini gösterir. Her ağacın kökü bir temsilci içerir ve kendi ebeveynidir. Göreceğimiz gibi, bu gösterimi kullanan basit algoritmalar, bağlantılı liste gösterimini kullananlardan daha hızlı olmasa da iki sezgisel yöntem (sıralama ve yol sıkıştırması ile birleştirme) sunarak bilinen asimptotik olarak en hızlı ayrık küme veri yapısını elde edebiliriz [28].



Şekil 3.4: Ayrık Kümeli Bir Orman. İki Kümeyi Temsil Eden İki Ağaç

Üç ayrık küme işlemini aşağıdaki gibi gerçekleştiriyoruz. Bir MAKE-SET işlemi, yalnızca bir düğümü olan bir ağaç oluşturur. Ağacın kökünü bulana kadar üst işaretçileri takip ederek bir FIND-SET işlemi gerçekleştiririz. Bu yolda köke doğru ziyaret edilen düğümler bulma yolunu oluşturur. Şekil 3.5'te gösterilen UNION işlemi, bir ağacın kökünün diğerinin köküne işaret etmesine neden olur [28].



Şekil 3.5: UNION Sonucu

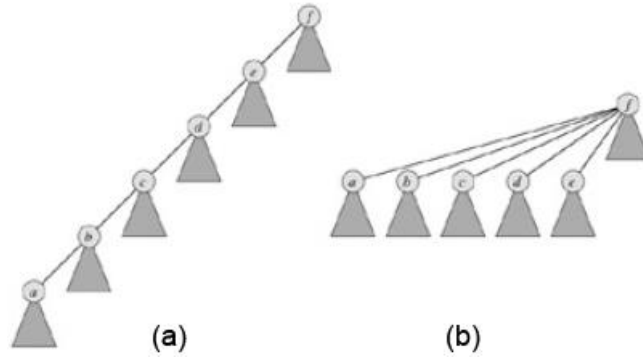
3.3.1 Çalışma süresini artırmak için sezgisel yöntemler

Şimdiye kadar, bağlantılı liste uygulamasında iyileştirme yapmadık. Bir dizi $n-1$ UNION işlemi, yalnızca n düğümden oluşan doğrusal bir zincir olan bir ağaç oluşturabilir. Bununla birlikte, iki sezgisel yöntem kullanarak, toplam işlem sayısı m içinde neredeyse doğrusal olan bir çalışma süresi elde edebiliriz.

İlk sezgisel yöntem, sıraya göre birleşim, bağlantılı liste gösterimi ile kullandığımız ağırlıklı birleşim buluşsal yöntemine benzer. Buradaki fikir, daha az düğüme sahip ağacın kökünün, daha fazla düğüme sahip ağacın köküne işaret etmesini sağlamaktır. Her düğümden köklenen alt ağacın boyutunu açıkça takip etmek yerine, analizi kolaylaştıran bir yaklaşım kullanacağız. Her düğüm için,

düğümün yüksekliğinde bir üst sınır olan bir sıra tutarız. Dereceye göre birleşmede, bir UNION işlemi sırasında daha küçük rütbeye sahip kök, daha büyük rütbeye sahip kökü işaret edecek şekilde yapılır.

İkinci sezgisel yöntem olan yol sıkıştırma da oldukça basit ve çok etkilidir. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi, FIND-SET işlemleri sırasında, bulma yolundaki her bir düğümü doğrudan köke yönlendirmek için kullanırız. Yol sıkıştırma herhangi bir sırayı değiştirmez [28].

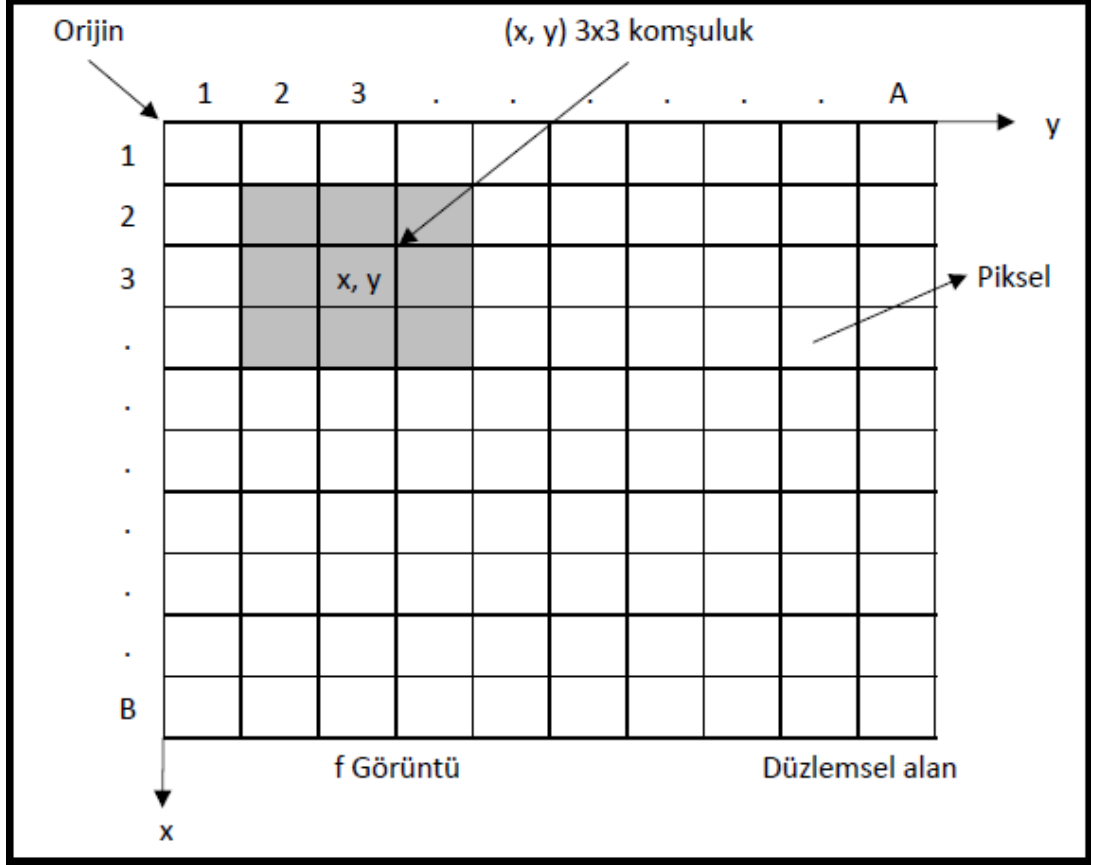


Şekil 3.6: FIND-SET işlemi sırasında yol sıkıştırma. Köklerdeki oklar ve kendi kendine döngüler atlanır. (a) FIND-SET, yürütülmeden önce bir kümeyi temsil eden bir ağaç. Üçgenler, kökleri gösterilen düğümler olan alt ağaçları temsil eder. Her düğümün ebeveyni için bir işaretçisi vardır. (b) FIND-SET, yürütüldükten sonra aynı küme. Bul yolundaki her düğüm artık doğrudan köke işaret ediyor.

3.4 Morfolojik Görüntü İşleme

3.4.1 Görüntü işleme

Bir dijital görüntü iki boyutlu bir fonksiyon olarak $f(x, y)$ şeklinde tanımlanabilir. X ve y düzlemsel koordinatlarıdır ve bir (x, y) koordinat çiftindeki fonksiyonun genliği görüntünün o noktadaki yoğunluğudur. Bu yoğunluğa gri seviye de denmektedir. X , y ve gri seviye değerleri sonlu ve başkalarına benzemeyen yani ayrık ise bu görüntüye sayısal görüntü denir [29]. Sayısal görüntü işleme, bilgisayar ve algoritmalar kullanılarak yapılır. Sayısal görüntünün belirli bir yeri ve değeri olan sonlu sayıda piksel olarak adlandırılan elemanlardan oluşur [30]. A sütun ve B satırdan oluşan sayısal görüntünün $A \times B$ adet pikseli bulunur.



Şekil 3.7: $A \times B$ Sayısal Görüntü

Düzlemsel alan görüntü düzlemini ifade eder. Bu düzlemde uygulanan görüntü işleme yöntemleri piksellere etki ederek gerçekleştirilir. Düzlemsel görüntü işleme yoğunluk transformasyonu ve filtreleme olarak ikiye ayrılır. Yoğunluk transformasyonu pikseller üzerinde tek tek işlem yaparak kontrast etkileme ve eşikleme (thresholding) işlemleri gerçekleştirir. Filtreleme de ise her pikselin belirli komşuluk ilişkisi ile çalışılarak görüntünün keskinleştirilmesi gibi işlemler gerçekleştirilir.

Biyolojide morfoloji (biçimbilim), canlıların yapı ve biçimini inceleyen bilim dalıdır. Matematikte morfoloji, düzlemsel yapıları analiz eden teori olarak tanımlanır ve bu teori görüntünün analiz edilmesinde önemli bir tekniktir [31]. Ayrıca nesnelerin şekil ve biçim yönünden analiz edilmesi ve yöntem olarak küme teorisine dayanması morfolojinin matematiksel bir yöntem olduğunu da göstermektedir.

Bir görüntü işleme probleminin çözümünde morfolojik işlemler bazen tek başına genellikle de birlikte kombinasyon oluşturacak şekilde uygulanır. Bu bölümde sık kullanılan morfolojik işlemler ve gerçekleştirilen genişleme

(dilation) işlemi anlatılacaktır. Öncesinde konunun daha iyi anlaşılması için görüntü türleri ve pikseller arasındaki ilişkiler gibi konulardan bahsedilecektir.

3.4.2 Görüntü türleri

Bu çalışmada derinliği 8 bit olan renkli odyogram görüntüleri kullanılmıştır. Sağ ve sol kulakta hava yolu işitme eşiklerinin tespiti renkli görüntüler üzerinde yapılmış olup morfolojik işlemlerin uygulanması renkli olan bu görüntülerin binary'e çevrilmesinden sonra gerçekleştirilmiştir.

3.4.3 Gri tonlamalı görüntü (grayscale image)

Gri tonlamalı görüntüleme gri renk tonlarının kullanıldığı bir görüntüleme türüdür. Dijital görüntüleme gri renk tonlarının gösterimi için sınırlı sayıda renk tonu kullanılabilir. 256 tonlu gri tonlamalı görüntü en çok kullanılan metotlardan biri olmasına karşın daha çok ve daha az tonların kullanıldığı görüntüleme metotları da vardır. Bir görüntüdeki gri renk tonları sayısının kaç bit ile ifade edildiği o görüntünün derinliğini verir. Derinliği 2 bit bir görüntüde gri renk tonlarının gösterimi için (2^2 , 0-3) 4 farklı gri renk tonu gösterilebilir iken derinliği 8 bit bir görüntüde gri renk tonlarının gösterimi için (2^8 , 0-255) 256 farklı gri renk tonu gösterilebilir.

Gri tonlamalı görüntüler tıbbi görüntüleme BT (Bilgisayarlı Tomografi) görüntüleme, MR (Manyetik Rezonans) görüntüleme gibi yöntemleri kullanılarak elde edilir ve ayrıca renkli görüntülerin dönüşümü yolu ile de elde edilirler. Gri tonlamalı görüntüler yoğunluk transformasyonu ve düzlemsel filtreleme yöntemleri ile işlenir ve ayrıca görüntünün binary'e dönüşümü yolu ile morfolojik işlemlerle de işlenebilir.

3.4.4 İkili görüntü (binary image)

Bir binary görüntünün piksel değerleri, pikselin nesneye mi yoksa arka plana mı ait olup olmadığına göre 1 veya 0'dır. Genellikle siyah zemin üzerine beyaz nesne olacak şekilde kullanılabilir veya tam tersi de olabilir. Morfolojik görüntü işlemede görüntünün içindeki nesne ya da nesnelere küme ya da kümeler olarak kabul edilir.

Görüntü işlemenin en temel yöntemlerinden biri eşikleme (thresholding) yöntemidir. Binary görüntüler genellikle eşikleme yöntemi kullanılarak gri tonlamalı görüntülerden elde edilirler. Arka planın siyah üzerinde beyaz nesne ya da nesnelere şeklindeki görüntü gösteriminde gri ton eşikleme (thresholding) eşitlik 1.1.'deki uygulanır.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } f(x, y) > T \\ 0 & \text{eğer } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (1.1.)$$

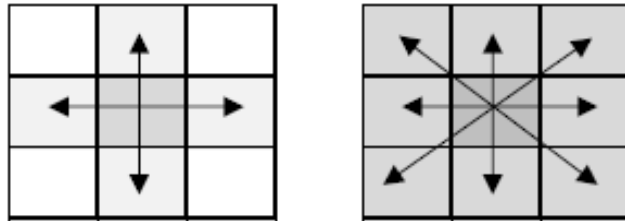
3.4.5 Pikseller arası ilişkiler

$f(x, y)$ fonksiyonu olarak tanımlanan Şekil 3.8'deki görüntüde (x, y) konumundaki p pikselinin sekiz adet komşusu bulunmaktadır. Bunlar iki adet yatay, iki adet dikey ve dört adet köşegendir. p pikselinin dikey ve yatay komşuları, dört komşusu olarak tanımlanmaktadır. $N_4(p)$ şeklinde gösterilmektedir. p pikselinin 4 köşegen komşusu $N_D(p)$ şeklinde gösterilmektedir. p pikselinin iki boyutlu eksenlerdeki komşuları $N_8(p)$ şeklinde gösterilmektedir.

Dijital görüntülerde bitişiklik kavramı komşuluk konusuna ek olarak piksellerin yoğunluk değerlerini ilişkilendirmek içinde kullanılmaktadır. Bitişikliği tanımlarken bir V yoğunluk değeri kümesi kullanırsak ikili (binary) bir görüntüde 1 değerine sahip piksellerin bitişikliğini tanımlamak için $V = \{1\}$ olacaktır ve 4-Bitişiklik, 8-Bitişiklik kavramları aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

4-Bitişiklik: Eğer bir q pikseli p 'nin 4 komşuluğu içerisinde ($N_4(p)$) ve değeri V 'den ise p ve q pikselleri 4-bitişiktir.

8-Bitişiklik: Eğer bir q pikseli p 'nin 8 komşuluğu içerisinde ($N_8(p)$) ve değeri V 'den ise p ve q pikselleri 8-bitişiktir [32].



Şekil 3.8: İki Boyutlu Görüntüde Sırasıyla 4 ve 8-Bitişiklik

3.4.6 Aşınma (erosion)

Aşınma ve genişleme operasyonları morfolojik görüntü işlemenin temellerini oluşturan işlemlerdir. Aşınma işlemi görüntü içerisindeki bir nesneye daraltma ve inceltme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Genişleme işlemi görüntü içerisindeki nesnelere kalınlaştıran veya büyüten bir işlem olmaktadır. Kalınlaştırma ve inceltme işlemleri yapılandırma elemanı modeli tarafından kontrol edilmektedir [29].

Z tamsayılar kümesidir. Z^2 'nin içerisinde X ve B kümeleri vardır. X 'in B ile aşınması işlemi $X \ominus B$ ile gösterilmektedir. Eşitlik 1.2.'deki gibi z kadar öteleme durumunda B 'nin X içerisinde yer alacağı bütün z noktaları kümesi olarak ifade edilmektedir [29].

$$X \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq X\} \quad (1.2.)$$

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

X

1
1
1

B

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	x	x	x	x	x	0
0	1	1	1	1	1	0
0	x	x	x	x	x	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

X \ominus B

Şekil 3.9: B Yapılandırma Elemanı ile X'in Aşınma İşlemi

3.4.7 Genişleme (dilation)

Z bir tamsayılar kümesidir. X ve B , Z^2 'nin içerisindeki kümelerdir. B 'nin bir yapılandırma elemanı olduğunu ve X 'in genişleme işlemi uygulanacak görüntü kümesi olduğunu söylersek X 'in B ile genişleme işlemi şeklinde $X \oplus B$ gösterilmektedir. Tanımı ise, yapılandırma elemanının görüntü kümesi X üzerinde z kadar ötelenirken yapılandırma elemanının merkezinin görüntü ile kesiştiği her bir nokta için yapılandırma elemanının kapsadığı alanların tamamıdır [31].

Şekil 3.10'da 5 birim uzunluğundaki yatay bir nesnenin 3 birim uzunluğunda dikey bir yapılandırma elemanı ile genişletilmiş hali görülmektedir. Yapılandırma elemanının merkezinin nesne ile her kesiştiği noktada kapladığı alanlar genişletilmiş görüntüde x ile işaretlenmiştir. Morfolojik genişleme nesneleri büyötmek için kullanılır ve belirli noktalardan görüntü içerisindeki nesnelere tekrar inşa eden morfolojik geri çatmanın da adımlarından biridir.

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

X

1
1
1

B

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	x	x	x	x	x	0
0	1	1	1	1	1	0
0	x	x	x	x	x	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

$X \oplus B$

Şekil 3.10: B Yapılandırma Elemanı ile X'in Genişleme İşlemi

3.4.8 Morfolojik geriçatma

Morfolojik geriçatma işlemi iki görüntü ve bir yapılandırma elemanını ile uygulanan morfolojik bir operasyondur. Morfolojik geriçatma işlemi görüntü içerisindeki belli noktalardan nesnelere tekrar yaparak görüntüden çıkarmayı sağlamaktadır. İşaretleyici denilen görüntü, dönüşümün başlangıç noktalarını belirleme işiyle görevliken maske denilen görüntü ise dönüşümün sınırlarını belirlemektedir. Yapılandırma elemanı, bitişikliği tanımlamak için kullanılmaktadır. [29, 30].

3.4.9 Sınır temizleme

Uygulamalarda görüntü sınırına dokunan nesnelere kaldırılması büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür problemler morfolojik geriçatma denilen yöntem kullanılarak çözülebilmektedir. Böyle bir durumda görüntü maske, görüntü sınırında bulunan nesnelere sınıra temas ettiği yerleri gösteren görüntü ise işaretleyici olarak kullanılmaktadır. İşaretleyici, görüntü kenarlarına dokunan tüm nesnelere büyötmek için kullanılan bir kar topu niteliğinde olmaktadır. Görüntü sınırına dokunan nesnelere bu işaretleyiciden genişleme ile geriçatma kullanılarak büyötmekte ve ana görüntüden çıkarılmaktadır [31].

3.4.10 Bağlı bileşenler

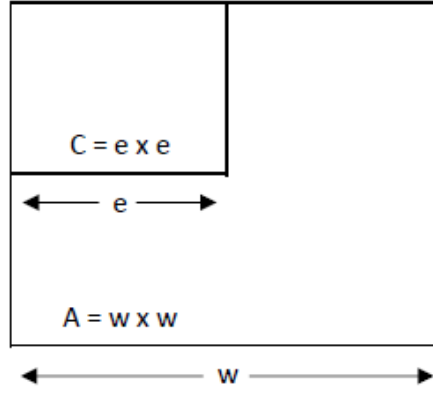
Bir görüntü kümesi içerisindeki her nokta komşuluk ilişkisi ile birbirine bağlıysa bu kümeye bağlı küme denir. Binary görüntülerde bağlı bileşenlerin her birini ayrı ayrı birer nesne olarak düşündüğümüzde bağlı bileşenleri etiketlemek, nesnenin özelliklerine göre filtreleme yapabilmek için gereklidir. Bağlı bileşenleri etiketlemek için farklı yöntemler kullanılabilir [31, 33].

Geriçatma işlemiyle bağlı bileşenleri çıkarma, bağlı bileşenleri etiketlemek için kullanılacak yöntemlerden biri sayılabilir. Geriçatma işlemiyle bağlı bileşenleri çıkarma işlemine, görüntü içerisindeki ön plan piksellerinden rastgele biriyle başlanmaktadır. Pikselin bağlı bulunduğu nesne morfolojik geriçatma işlemiyle büyütülerek etiketlenir sonrasında görüntüden çıkarılmaktadır. Geriçatma işlemine görüntüden geriye kalan nesnelere rastgele birine ait bir ön plan pikseliyle devam edilmektedir. Görüntüdeki bütün ön plan pikselleri etiketlenene kadar işlem devam etmektedir. Görüntü içerisindeki bağlı bileşenler çıkartıldıktan sonra her bağlı bileşen üzerinde nesnenin özelliğine göre filtreleme için işlem yapılabilir [34].

3.5 Şablon eşleştirme yöntemi

Şablon, aranan alt görüntü dahil şablon eşleştirmenin temel amacı alt görüntüyü aramanın yapılacağı görüntülerde arattırarak şablonunun eşleşmelerini bulmaktır. Şablon eşleştirme algoritması video takip etme, hareket analizi, tıbbi görüntüleme ve adli görüntülerin analizi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Şablon eşleştirme algoritmasında aranan örnek resme şablon denilmektedir, bir sonraki çerçevede şablon eşleştirme algoritmalarından en uygun olanı kullanılarak bulunur.

Şablon eşleştirme yönteminde temel metot Tüm Çerçeve Taraması Algoritması (TÇTA) gerçeğemesidir [35]. Şablon eşleştirme yöntemi, örnek çerçeve (C), eşleştirilmek istenilen çerçeve (A) üzerinde aranarak maksimum çapraz korelasyonun bulunduğu konumdaki eşleştirme ya da minimum bozulmanın bulunduğu konumdaki eşleştirmedir. Arama yapılan çerçeve Şekil 3.11'deki $A = wXw$, referans çerçeve $C = eXe$ ve $w > e$ olmak üzere C'nin A üzerindeki tüm piksellerde dolaştırılması sonucu ile oluşan eşleştirmeye TÇTA denir.



Şekil 3.11: A ve C Çerçevesi

3.5.1 Şablon eşleştirme teknikleri

Şablon eşleştirme algoritmaları, alan tabanlı ve öznitelik tabanlı algoritmalar olarak iki gruba ayrılmaktadır [36]. Alan tabanlı algoritmalarından en yaygın kullanılanlar, Normalize Edilmiş Çapraz İlinti (Normalized Cross Correlation- NCC), Farkın Tam Değerinin Ortalaması (Mean Absolute Difference- MAD), Ardışık Benzerlik Algılaması (Sequential Similarity Detection Algorithm- SSDA), Farkların Karelerinin Toplamı (Sum of Squared Differences- SSD), Farkların Mutlak Değerlerinin Toplamı (Sum of Absolute Differences- SAD). Öznitelik tabanlı algoritmalarda ise şablondaki nesnelere ait olan kenar, şekil, köşe ve doku bilgileri kullanılarak bu bilgiler çerçeve üzerinde arattırılmaktadır [37].

Her yöntemin farklı farklı uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları söz konusudur. SSD metodu, matematiksel olarak ifadesinin ve kullanılabilirliğinin iyi olmasından dolayı şablon eşleştirme de dahil olmak üzere en yaygın olarak kullanılan mesafe ölçüm algoritmasıdır [38]. NCC metodu özellikle endüstriyel alanlarda kullanılan uygulamalarda tercih edilmektedir. Çok sayıda şablonu aynı anda bulmak için uygun bir metottur. Ancak bu yöntem parlaklık değişikliklerinden kaynaklanan ve nesnenin konum değiştirmesi sonucunda hata verebilmektedir. Kayıtlı görüntüler üzerinden bir şablonu arattırıp bulmak için oldukça verimli metottur. NCC ve SSD metotlarının parlaklık ya da karmaşık arka plan yüzünden kötü sonuç vermesi SAD metodu kullanılarak çözülmektedir [39].

Şablon eşleştirme metotlarında yüksek oranda doğruluk seviyesi veren metot Tüm Çerçeve Taraması metodudur. Tüm Çerçeve Taraması metodunun

uygulanması kolay olmasına rağmen işlem yüklü oldukça fazladır. Bu yöntemde örnek çerçeve $T=n \times n$, eşleştirilmek istenilen çerçeve $S=m \times m$ olmak üzere, SAD, SDD, MAD ya da NCC algoritmalarından herhangi biri kullanılarak FFS uygulanmak istenilirse, işlenmesi gereken piksel sayısı (PS) 1.3'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$PS = (m-n+1)^2 n^2 \quad (1.3)$$

Tek bir şablon eşleştirmesi için işlenmesi gereken piksel sayısı günümüz bilgisayarları ile çok rahat işlenmesine rağmen, gerçek zamanlı bir uygulamada SAD, SDD, MAD ya da NCC metotlarından herhangi birini kullanarak Tüm Çerçeve Taraması yapılmak istenilirse; işlenmesi gereken piksel sayısı, m ve n 'e bağlı olarak karesi ile orantılı, kamera hızına bağlı olarak da doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu durumda Tüm Çerçeve Taramasını gerçek zamanlı işlemle meyi zorlaştırmaktadır. Ayrıca m , n ve kamera cihazının hızına göre de zaman zaman imkânsız duruma düşürmektedir. Tüm Çerçeve Taramasını hızlandırmak için birçok algoritma kullanılmaktadır. Bu hızlandırma algoritmaları 6 başlık altında toplamıştır: Arama Noktalarının Azaltılması, Eşleşme Kriterlerini Basitleştirmek, Bit Genişliğini Azaltmak, Tahmini Tarama, Hiyerarşik Tarama ve Hızlı Tüm Tarama algoritmalarıdır [40].

3.5.1.1 Arama noktalarının azaltılması

Tüm Çerçeve Taramasında görüntüdeki tüm pikselleri dolaşarak doğru sonuca varılsa da dolaşılacak piksel sayısını azaltarak da doğru sonuca varmak mümkündür. Göründe aranan noktaların azaltılarak, yapılması gereken işlem sayısı önemli ölçüde azalmaktadır. Arama noktalarını azaltan birçok algoritma bulunmaktadır. Tahmin Edilebilir Çizgi Araması algoritması eşleştirme için gerekli işlem sayısını hem azaltarak hem de veri akışını düzenleyerek ve hafızaları daha etkin kullanarak paralel işleme sayesinde arama noktalarını azaltan algoritmayı çok daha iyi ve hızlı bir hale getirmişlerdir [40].

3.5.1.2 Eşleşme kriterlerini basitleştirmek

Tüm Çerçeve Taraması, eşleştirme işlemi için şablondaki tüm pikseller işleme sokmaktadır. Bu durumda işlem yükünü çoğaltmaktadır. İşlem yükünü azaltmak için ise ilk olarak alt şablonlar yönteminin kullanılması önerilmiştir [41]. Alt şablonların kullanılması yöntemi değişikliği tahmin etmek, eşleşmeyi bulmak

için yatay ve düşeyde her iki pikselden sadece birini işleme sokmaktadır. Bu durumda işlem yükünü dört kat azaltmış olmaktadır.

Yöntemde alçak geçiren filtreler kullanılarak bozunumlar engellenmektedir. Bozunumları engellemek için sonradan dört tane alt şablonun farklı arama bölgelerinde uygulanması önerilmiştir [42]. Sonraki zamanlarda adaptif piksel seyreltme şeması önerilmiştir. Bu yöntemde eşleştirme için bütün şablonun kullanılmasındansa eşleştirmeyi sağlayan şablonun üzerindeki belli bazı özelliklerin kullanılması amaçlanmıştır [43].

3.5.1.3 Bit genişliğini azaltmak

Her pikselin 1 bit ile ifade edilerek geleneksel hareket tahmini yönteminin uygulanmasını sağlamıştır [44]. Piksellerin bit genişliğini doğrudan kısaltmışlardır [45]. Pikseller 4 bitten fazla ifade edildiği süresince görüntü kalitesinde kayıplar yaşanmasının önüne geçilmiştir. Piksel kısaltması donanım üzerinde harcanan gücü hafifletmektedir fakat bu durumda da çok fazla nitelik kaybı ortaya çıkmıştır.

3.5.1.4 Tahmini tarama

Nesnelerin hızlı hareket ettiği video görüntülerinde bahsedilen hızlandırma teknikleri uygulandığında tahmini bölgedeki sürekli bozunmadan dolayı bu tekniklerin başarı oranı düşük görülmektedir. Hareketi tahmin eden algoritmalarda geçici bloklardaki hareket bilgilerini verimli bir şekilde kullanarak tarama yapılacak alan ve doğal olarak işlem yükü de azalmaktadır [46].

3.5.1.5 Hiyerarşik tarama

Piramit yapı olarak bilenen yapılar, görüntü işleme uygulamaları için iyi sonuç veren sayısal konfigürasyonlardır. Çoklu çözünürlüklü yapı olarak da adlandırılan piramit yapılar ilk turdaki tahmin hassas yapılmaz, sonraki turlarda tahmin hassasiyeti artırılmaktadır. Tahmin hassasiyetinin sağlandığı turlarda tarama aralığı orijinal tarama aralığından daha küçük olmaktadır. Daha yüksek turlara çıkılarak tarama işlemleri yapılabilmesine karşın bilgi içeren detayların kaybolmasından dolayı hata olasılığı artmaktadır [47].

3.5.1.6 Hızlı tüm tarama

İlk turda aday bloğun optimum mu değil mi olduğu kontrol edilmektedir. Potansiyel aday bloklar detaylı bozunum hesaplaması için kullanılırlar. Uygun olmayan bloklar elenerek gereksiz işlemlerden kurtulmuş olunur [48].

3.6 OTSU Algoritması

OTSU metodu, gri tonlamalı görüntüler üzerinde uygulanan bir metottur. Görüntünün üzerindeki piksel değerleri, görüntüde kaç defa var mantığı ile geliştirilen OTSU metodu, bir görüntüyü en iyi şekilde siyah beyaz hale getirmek için en çok tercih edilen metotlardan biridir. OTSU algoritmasının çalışma prensibi renk piksel değerlerinin kaç defa kullanıldığına bakıldığı için ilk önce görüntünün histogramı hesaplanmaktadır. Sonra yapılan işlemlerde bu histogram hesabı kullanılmaktadır. OTSU yönteminde, eşik değerinin belirlenmesi için öncelikle arka plan piksellerine ilişkin ağırlıkları belirlenmiş sınıf için varyans değerinin küçültülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Sınıf içi varyans değerinin küçülten değer sınıflar arası varyans değerini en büyük yapar [49]. OTSU algoritmasının uygulanmasına yönelik Şekil 3.12’de örnek verilmiştir.

Gri tonlamalı görüntüyü siyah beyaz görüntüye dönüştürebilmek için bir eşik değerine ihtiyaç duyulur. Eşik değeri belirlendiğinde farklı görüntülerde sonuçlar farklı olacağı için her işlem adımında eşik değerinin bulunması gerekmektedir. OTSU metodu sayesinde gerekli olan eşik değeri bulunmaktadır. Eşik değeri hesaplanırken sınıf içi varyans değerine bakılmaktadır. Varyans değeri en küçük olduğu zaman ortaya çıkan değer kullanmak için en uygun olan eşik değeridir. Görüntüdeki pikseller hesaplanan eşik değerine göre iki kümeye ayrılmaktadır. Eşik değerin altındaki pikseller siyaha dönüştürülmektedir. Eşik değerin üstündeki pikseller ise beyaza dönüştürülmektedir.



Şekil 3.12: Örnek Görüntü ve OTSU Algoritması Uygulanmış Hali

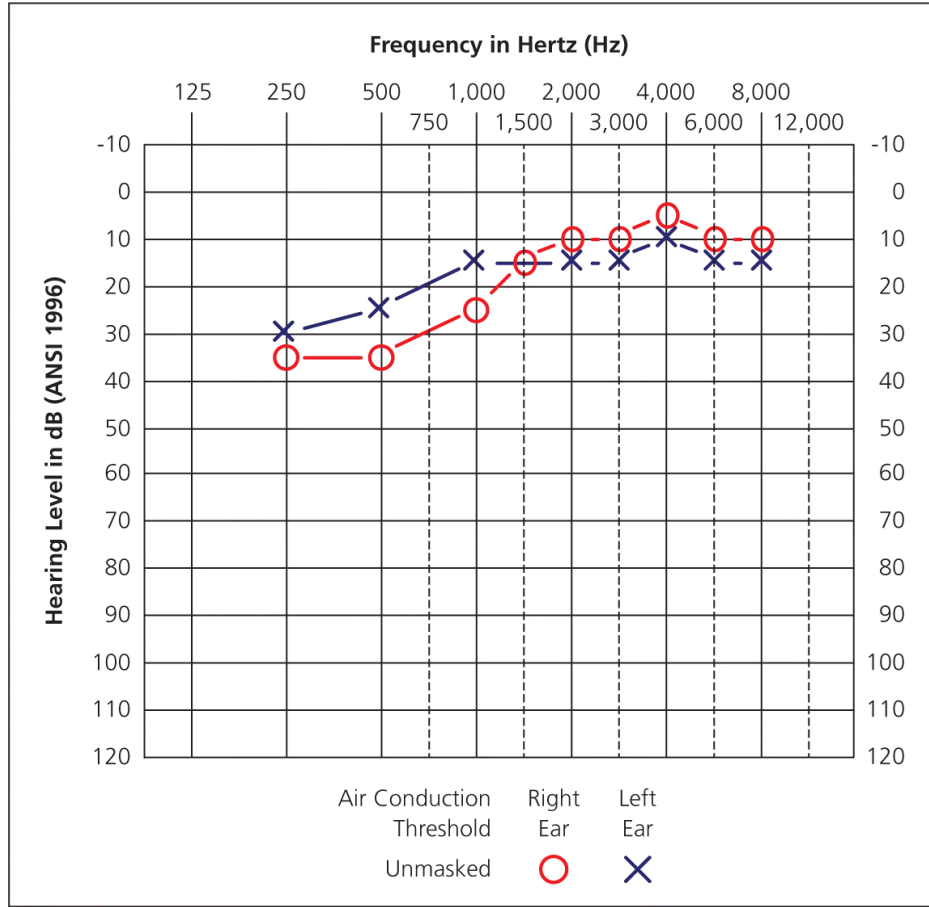
3.7 Histogram Eşitleme Yöntemi

Sayısal bir görüntünün s ile temsil edildiği varsayalım. Bu görüntünün de her bir pikseline ait genlik değerinin 0 ile $G-1$ arasında değiştiği kabul edilsin. Buradaki G görüntüdeki olası genlik değerleri toplam sayısını göstermektedir. Ayrıca Gri tonlamalı görüntüler için de 256 değerini almaktadır [50].

Sayısal bir görüntünün histogram eşitlemesinin hesaplanması üç adımdan oluşmaktadır. İlk işlem olarak sayısal görüntünün her pikselindeki renk genlik değerini saymaktır olacaktır. Sonrasında diğer pikseller için aynı genlik değeri bulunduğu genlik indeks sayısını bir adet arttırmak olacaktır. Bu işlem sayısal görüntünün histogramı hesaplanmış olmaktadır. İkinci işlemde, yığılmalı histogramın hesap edilmesi olacaktır. Yığılmalı histogram, her renk değerine atanan indeksin kendinden önce gelen indeks değerlerinin toplanması ile elde edilmektedir. Üçüncü adımda ise yığılmalı histogramın değerlerinin görüntüdeki en büyük değer ile çarpılıp elde edilen sonuçla toplam piksel sayısına bölünmesi işlemi olacaktır. Bütün bu işlemlerin sonucunda sayısal görüntünün histogramı renk genlikleri orantılı bir şekilde dağılım gösterecektir ve görüntünün düşük karışıklık sorunu ortadan kalkmaktadır [50].

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bir odyogram grafiği görüntüsünün işlenmesi, öncelikle orantılı bir şekilde küçültülmesiyle başlar. Örnek bir odyogram grafiği görüntüsü Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



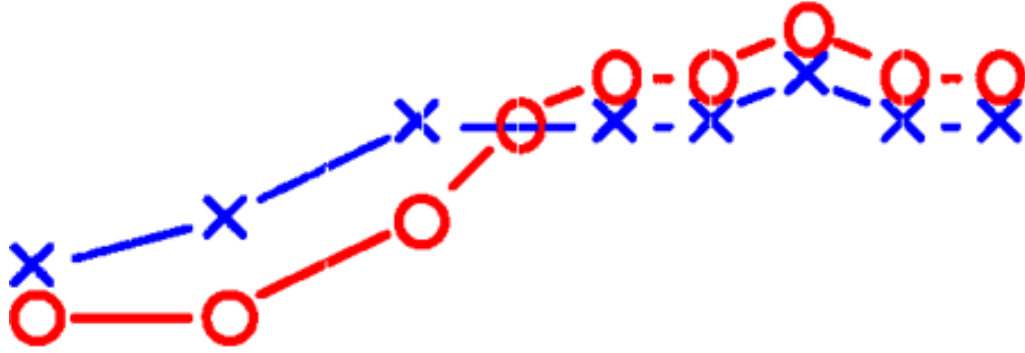
Şekil 4.1: Örnek Odyogram Grafiği Görüntüsü [51]

Görüntüyü belirli bir genişliğe ve yüksekliğe orantılı bir şekilde küçültmek, mavi renkli çarpıları bulmak için kullanılan şablon eşleştirme yönteminin daha doğru sonuç vermesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca görüntüdeki kırmızı renkli dairelerin boyutunu belirlemeyi de kolaylaştırmaktadır. Görüntü belirli bir genişliğe yeniden ölçeklendirildikten sonra yapılacak adım, daha sonra işlenmek üzere görüntüden kırmızı ve mavi renkli pikselleri çıkarmak olacaktır. Bir odyogram grafiği görüntüsünde kırmızı ve mavi renklerin farklı tonları

bulunabileceğinden, Ton-Doygunluk-Parlaklık (HSB) renk uzayı farklı renk tonlarını algılamada basit RGB renk uzayına göre daha iyi sonuçlar verdiği için, HSB renk uzayı kullanılmaktadır.

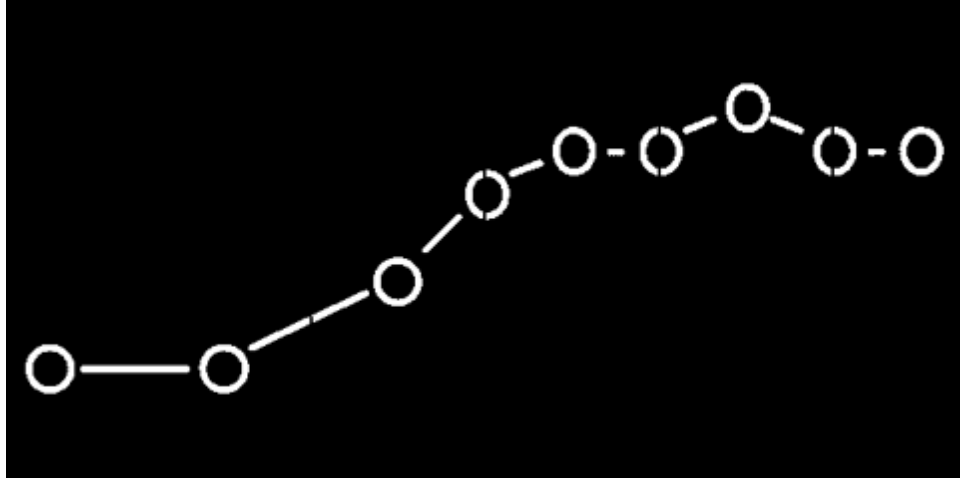
4.1 Dairelerin Kırmızı Piksellerini ve Merkez Noktalarını Elde Etme

HSB renk uzayı kullanılarak kırmızı ve mavi pikseller çıkarılır. Şekil 4.2, Şekil 4.1'de gösterilen orijinal görüntüden kırmızı ve mavi renkli piksellerin çıkarılmasının bir örneğini göstermektedir. Kırmızı ve mavi renkli pikseller beyaz ön plan pikselleri olarak algılandıktan sonra, görüntünün geri kalanı arka plan görüntüsü olarak ele alınmaktadır.



Şekil 4.2: HSB Şeması Kullanılarak Kırmızı ve Mavi Piksel Çıkarma

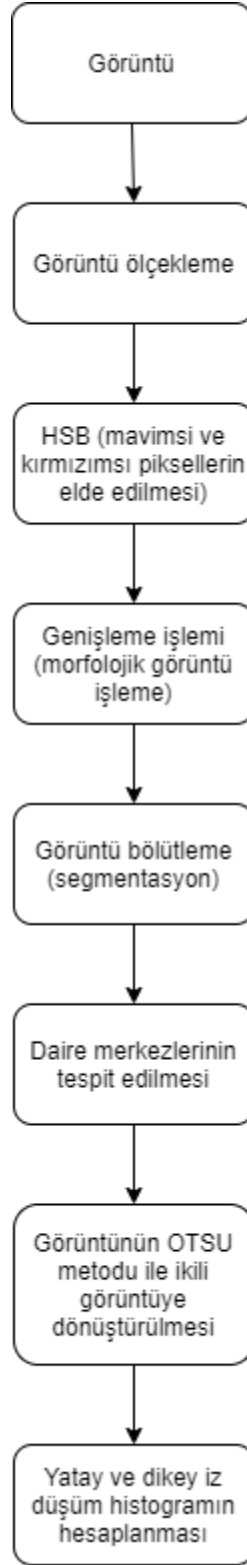
Bir sonraki adım, kırmızı ve mavi renkli pikselleri gruplarına ayırmak olacaktır. Kırmızı renkli pikseller, ön plan piksellerinin beyaz ve arka plan piksellerinin siyah olarak gösterildiği Şekil 4.3'te gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, dairelerin ön plan piksellerinde, orijinal görüntüde mavi renkli pikseller veya üzerlerinde bir çizgi olduğu için bazı delikler bulunmaktadır.



Şekil 4.3: Aralarında Delikler Bulunan Daire ve Çizgileri Gösteren Kırmızı Pikseller

Kullanılan segmentasyon algoritmasına ayırık küme ormanı (DSF) segmentasyonu denir. Gerçek zamanlı uygulamalar için uygun bir grafik tabanlı doğrusal zaman algoritmasıdır. Algoritma ilk önce her pikseli, her pikselin grafiğin bir düğümünü oluşturduğu komşu 4 piksele bağlayarak bir grafik oluşturur. Başlangıçta, her düğüm kendi tek düğümlü grafiğinin ana düğümüdür. Daha sonra algoritma, daha büyük bir piksel kümesi oluşturmak için aynı kümeye iki komşu pikselin dahil edilip edilemeyeceğini kontrol eder. İki komşu piksel yeterince yakınsa, bu iki pikselin ait olduğu bu iki alt ağaçtaki iki düğümü birbirine bağlayan minimum kenar tarafından belirlenir. Sonunda, daha fazla kapanım mümkün olmadığında, her piksel kümesi bir segment olarak kabul edilir. Her piksel, mevcut bir piksel kümesine dahil edilerek veya dahil edilmeyerek bir kez ele alındığından, algoritma, görüntüdeki piksel sayısı ile doğrusal olarak doğrusal zaman alır. Çevrelerin algılanması, çevrelerin içine aldığı arka plan piksellerinin algılanması anlamına gelir. Görüntü ikili bir görüntüye dönüştürüldüğünden, segmentlerin belirlenmesi görüntüdeki tüm arka plan piksellerini bağlayarak gerçekleştirilir. DSF segmentasyon algoritmasında küçük bir değişiklik yapılır. Bir pikselin başka bir segmente dahil edilip edilmeyeceğine karar vermek için Kruskal'ın minimum kenarını kullanmak yerine, temsil eden piksellerin eşitliği kontrol edilir. İki piksel aynı renkte olduğunda, bunlar aynı piksel kümesine dahil edilir. Değilse, ayrı bölümlerde tutulurlar. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, ikili görüntüde on segment vardır: 9 daire ve arka plan piksellerinin geri kalanı. Bu on segmentten en fazla piksele sahip olan (arka plan siyah pikselleri) atılır. Kalan (iç) daire pikselleri, segmentte

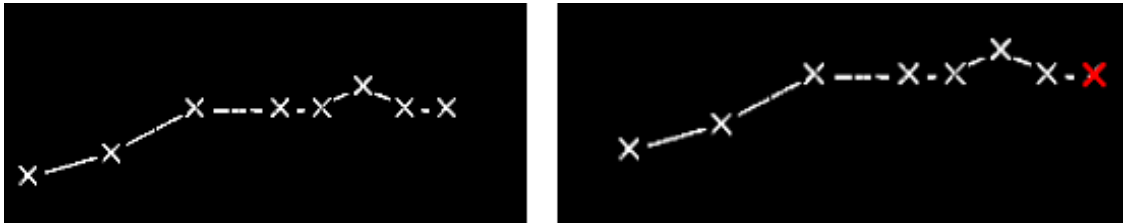
bulunan her pikselin x ve y koordinatlarının ortalamasını alarak merkezi noktaları hesaplamak için kullanılan segmentlerdir.



Şekil 4.4: Dairelerin Kırmızı Piksellerini ve Merkez Noktalarının Elde Edildiği Algoritmanın Akış Şeması

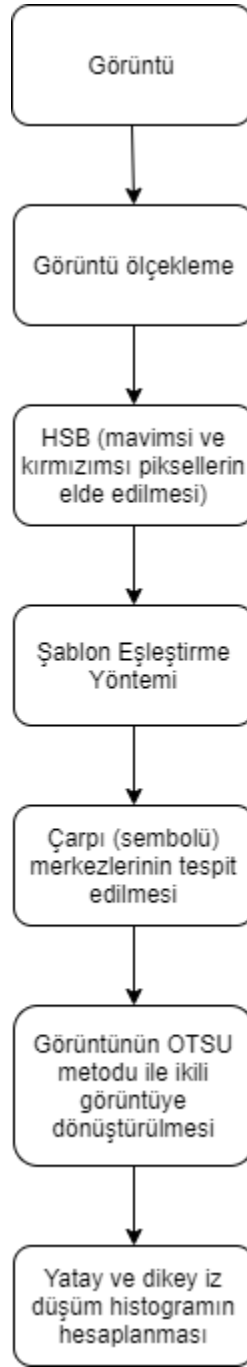
4.2 Çarpı Sembollerinin Mavi Piksellerinin ve Merkez Noktalarının Elde Edilmesi

Aynı HSB tekniği, başlangıçta odyogram görüntülerindeki mavi pikselleri tespit etmek için kullanılır. Tüm odyogram görüntüleri, herhangi bir bozulma olmaması için genişliğe ve karşılık gelen bir yüksekliğe yeniden ölçeklendirilir. Her mavi renkli çarpı, yeniden ölçeklenen görüntülerde hemen hemen aynı boyuta ve oryantasyona sahiptir. Bu nedenle mavi çarpıların merkez noktalarının tespitinde şablon eşleştirme tekniği kullanılmaktadır. İlk olarak tüm mavi çarpılar, çevreleyen bir dikdörtgen pencere ile manuel olarak işaretlenir. Bu amaçla birkaç örnek yeniden ölçeklendirilmiş görüntü kullanılır. Bu çevreleyen pencerelerde, mavi çarpıların bu piksel kısımları otomatik olarak ön plan pikselleri ve arka plan olmayanlar olarak sayılmaktadır. Pencere piksellerinin çoğunluk oylaması, bir pikselin birkaç görüntü üzerinde ön plan mı yoksa arka plan olarak mı sayılacağını belirlemektedir.



Şekil 4.5: Solda, Mavi Pikselleri Ön Plan Pikselleri Olarak Gösterir. Sağda, Çoğunluk Oylamasından Sonra En Sağdaki Mavi Çarpı Ön Plan Piksellerini Kırmızı Olarak Gösterir

Çarpılar bulunduğunda, merkez noktalar şablonlarda zaten bilindiğinden, şablonlar kullanılarak merkezi noktalar belirlenir.



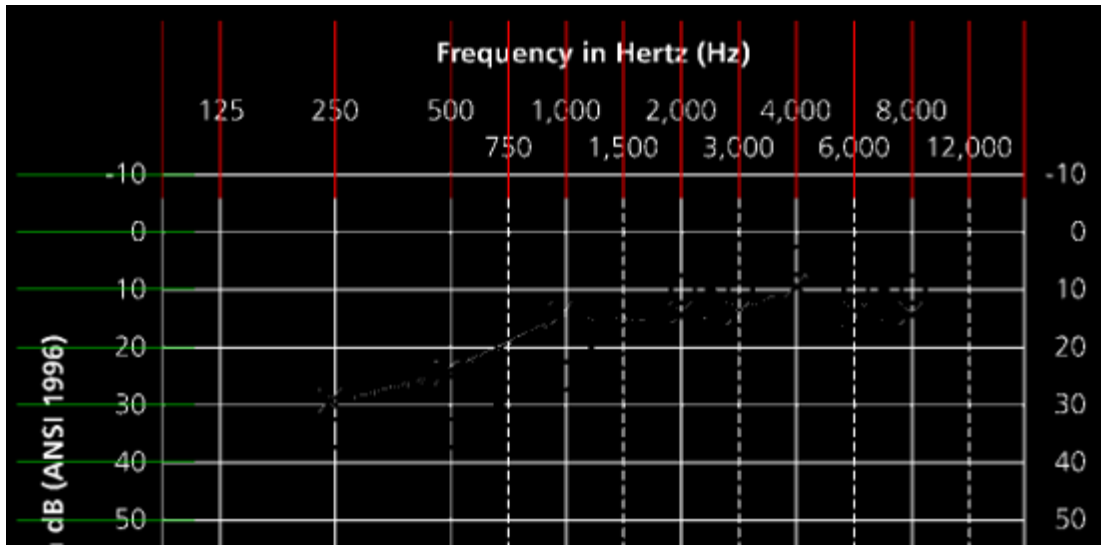
Şekil 4.6: Çarpı Sembollerinin Mavi Piksellerinin ve Merkez Noktalarının Elde Edildiği Algoritmanın Akış Şeması

4.3 Merkezi Noktalar İçin Frekans ve Desibel Değerlerinin Belirlenmesi

Son adım, her daire ve çarpının merkez noktaları için frekans ve desibel değerlerinin belirlenmesidir. Önerilen yöntem, dikey ve yatay çizgilerin frekans ve desibel değerlerini hesaplamak için yatay ve dikey iz düşüm histogramlarını kullanır. Segmentasyon için dikey ve yatay iz düşüm histogramları kullanılabilir. Orijinal görüntüden kırmızı ve mavi pikseller çıkarıldıktan sonra

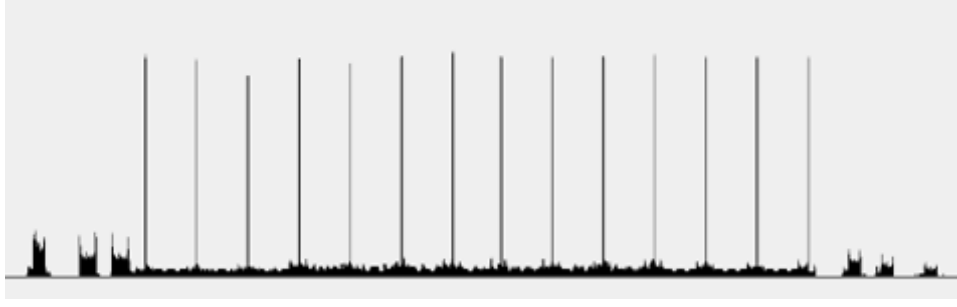
OTSU yöntemi kullanılarak ikili görüntü elde edilir. Orijinal görüntüdeki siyah/gri pikseller olan ikili görüntüdeki çizgiler ve karakterler ön plan pikselleri olarak kabul edilir. Bu nedenle, beyaz pikseller olarak işaretlenirler. Kalan tüm pikseller arka plan olarak işaretlenir ve dolayısıyla siyah pikseller olarak işaretlenir.

Şekil 4.7, Şekil 4.1’de gösterilen orijinal görüntüden elde edilen ikili görüntüyü göstermektedir. Kırmızı ve mavi çizgi başlangıçlarının, bu çizgilerin doğru bir şekilde algılandığından emin olmak için işaretlendiğine dikkat edin. Resmin sadece üst kısmı aşağıda gösterilmiştir.



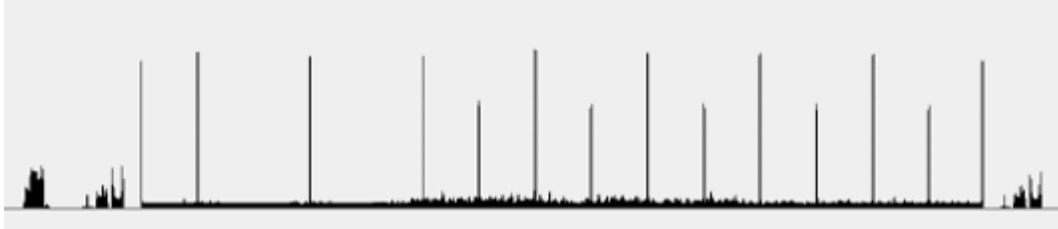
Şekil 4.7: Orijinal Görüntüden OTSU Yöntemiyle Elde Edilen İkili Görüntü

İkili görüntüyü kullanan bir sonraki adım, ikili görüntüdeki yatay ve dikey çizgileri tespit etmektir. Bu amaçla önce yatay ve dikey iz düşüm histogramları hesaplanır. Yatay ve dikey iz düşüm histogramları genellikle bölümlenme için kullanılır. Bu iki histogram için, yatay ve dikey olarak toplanan beyaz piksel sayısıdır. Yani, ikili görüntüdeki her satır ve sütun için toplam beyaz piksel sayısı sayılır ve saklanır. Şekil 4.8, Şekil 4.7’te gösterilen ikili görüntünün yatay iz düşüm histogramını göstermektedir.



Şekil 4.8: Yatay Projeksiyon Histogramı

Uzun ince çizgiler, görüntüdeki on dört yatay çizgidir. Dikey projeksiyon histogramı, her sütun için toplam beyaz piksel sayısı sayılarak aynı şekilde hesaplanır. Şekil 4.9 bunun histogramını göstermektedir. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'daki her iki histogramın genişliğinin siyah beyaz görüntünün genişliği olduğuna dikkat edin. Her bir yatay ve dikey iz düşüm histogramı, uygulamada tek boyutlu bir dizide saklanır. Bu iki dizinin uzunluğu, sırasıyla ikili görüntünün genişliği ve yüksekliğidir. Bu nedenle, bir dizindeki dizi ögesi, o satır veya sütundaki toplam beyaz piksel sayısını belirtmektedir. Bu nedenle, uzun ince çizgilerin indekslerini bulmak, ikili görüntüde çizgilerin bulunduğu satır ve sütunu bulmak anlamına gelmektedir.



Şekil 4.9: Dikey Projeksiyon Histogramı

Benzer şekilde, uzun ince çizgiler, ikili görüntüdeki dikey çizgilerdir. Gördüğümüz gibi, ikili görüntünün solunda düz dikey çizgiler arasında var olan normal kesikli çizgiler olmadığı için sol ince çizgilerde iki büyük boşluk vardır. Ayrıca, daha uzun çizgiler, düz dikey çizgilerin toplamını temsil eder ve histogramdaki daha kısa çizgiler, ikili görüntüdeki kesikli çizgiler içindir.

Odyogram görüntülerinde ilk dikey çizginin okumasının 125 Hz ile başladığı kabul edilmekte ve bilinmektedir. Benzer şekilde, ilk yatay satır okuması -10db ile işaretlenmiştir. Her dikey ve yatay çizgi, Şekil 4.1'deki orijinal görüntüde gösterilen set okumalarına sahiptir. İkili görüntüden çizgilerin konumlarının çıkarılması, yatay ve dikey iz düşüm histogramlarında çizgilerin x ve y

konumlarını bulmak anlamına gelir. Bunun için bir eşik değeri kullanılır. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi, orta noktanın etrafına yatay bir çizgi çizmek, değeri eşikten büyük olan herhangi bir dizi indeksinin ikili görüntüde bir çizginin varlığını göstereceği anlamına gelir. Uygulamada yatay ve dikey iz düşüm histogramlarındaki değerlerin standart sapması ayrı ayrı bulunarak eşik hesaplanır. Bir dizi ögesindeki bir değer, standart sapmanın %30'undan büyük olduğunda, o ögenin dizini ikili görüntüde bir çizgi olarak kabul edilir. Şekil 4.7'teki kırmızı ve yeşil çizgi başlangıçları dikey ve yatay çizgileri gösterir.

Doğruların x ve y koordinatlarını hesaplamak, görüntüdeki daire ve çarpıların merkez noktalarının koordinatlarını bulmaya yardımcı olur. Basit doğrusal enterpolasyon kullanılarak her dairenin ve çarpının merkezi noktaları hesaplanabilir.

5. SONUÇ

Bildiğimiz kadarıyla, odyogram grafikleri üzerine yapılan çalışmaların birçoğu, makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sayısal odyogram verilerinin yorumlanmasıyla ilgili olmaktadır. Yapılan bu çalışmada, yorumlama için veri setini oluşturması bakımından bu tür algoritmalar için bir ön işleme adımı olarak düşünülebilir. Ayrıca elinde odyogram grafik görüntüleri olan hastalar, odyogram grafiği halinde sunulan işitme testi sonuçlarının analizini bir odyolog ziyaretine gerek kalmadan elde etmek için bu çalışmada üretilen çalışmayı kullanabilirler. Bu çalışmadaki tüm kodlar Java programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **ELVAN, O.**, “İç Kulak Anomalisi Olan Koklar İmplant Kullanıcılarında Koklar İmplant Sonuçları”, Uzmanlık Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2015.
- [2] **AKYILDIZ, N. A.**, Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi, cilt 1, Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara, 75-130, 1998.
- [3] “Outer Ear”, https://en.wikipedia.org/wiki/Outer_ear, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)
- [4] “Tympanic Membrane”, <https://www.boystownhospital.org/research>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)
- [5] **Mazon, M., Pont, E., Montesinos, P., Carreras- Polo, J., Mas-Estelles, F.**, Radiology of External Ear: Indications, Normal Anatomy and Pathological Processes. Radiologia, 2016.
- [6] “Incudomalleolar Joint”, https://en.wikipedia.org/wiki/Incudomalleolar_joint, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)
- [7] **Cengiz, H.**, Çocukluk Çağı Kanserlerinde Kullanılan Sisplatin ve Karboplatinin Ototoksisite Yan Etkisinin Değerlendirilmesi, Tıpta Uzmanlık Tezi, Ankara Üniversitesi, 2012.
- [8] **Belgin, E., Şahlı, S. (Ed.)**, Temel Odyoloji, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, s:90-99, 2017
- [9] **Katz, J., Chasin, M., English, K. (Eds.)**, Handbook of Clinical Audiolgy, 7th edition, Wolters Kluwer, China, p:30, 2015.
- [10] **John, A. B., Kreisman, B. M.**, Equivalence and Test–Retest Reproducibility of Conventional and Extended-High-Frequency Audiometric Thresholds Obtained Using Pure-Tone and Narrow-Band-Noise stimuli, International Journal of Audiology, 56(9), p:630–645, 2017.
- [11] **Katz, J., Chasin, M., English, K. (Eds.)**, Handbook of Clinical Audiolgy, 7th edition, Wolters Kluwer, China, p:35-40, 2015.
- [12] **Belgin, E., Şahlı, S. (Ed.)**, Temel Odyoloji, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, s:100-105, 2017.
- [13] **Dowson, S. P., McNeill, H. A., Torr, G. R.**, The Performance and Calibration of TDH39 Earphones Fitted With Model 51 and MX41/AR Cushions, British Journal of Audiology, 25(6), p:415–425, 1991.
- [14] **Kileny, P.R., Zwolan**, Diagnostic Audiology, Cummings Otolaryngology Head and Neck Surgery, 5th ed., Mosby Elsevier, Philadelphia, 2010.
- [15] **Y. X. Dong**, “Review of OTSU Segmentation Algorithm,” Adv. Mater. Res., vol. P:985–995, pp. 1959–1961, 2014.
- [16] **Camgöz, N.** (2000). Effects of Hue, Saturation, and Brightness on Attention and Preference. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- [17] **Kettnaker, V. and Zabih, R.** 1999. “Bayesian multi-camera surveillance”. Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference on., 2:-259 Vol. 2. doi:10.1109/CVPR.1999.784638.

- [18] **Hanna, G.**, 2011. Object Tracking. Hard Cover, Publisher: In Tech, Subject: Artificial Intelligence, pp: 284, ISBN: 978-953-307-360-6
- [19] **Chattopadhyay, K., Basu, J., and Konar, A.**, “An Efficient Circle Detection Scheme in Digital Images Using Ant System Algorithm”, Proceedings of the IEEE Conference on Computational Intelligence, Control and Computer Vision in Robotics & Automation, India, 145-148 (2008).
- [20] **Kim, H. S., and Kim, J. H.**, “A Two-step circle detection algorithm from the intersecting chords”, Pattern Recognition Letters, 22: 787-798 (2001).
- [21] **Olson, C. F.**, “A general method for geometric feature matching and model extraction”, International Journal of Computer Vision, 45 (1): 39–54 (2001).
- [22] **Mingzhu, Z., and Huanrong, C.**, “A new method of circle’s center and radius detection in image processing”, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, China, 2239 – 2242 (2008).
- [23] **Yılmaz, İ.**, (2002). Renk Uzayları ve Dönüşüm Algoritmaları. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [24] **B. D. Zarit, B. J. Super, F.K.H. Quek.** Comparison of Five Color Models in Skin Pixel Classification. In: Proc. Int. Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, P:60-65, 1999.
- [25] **N. Beak, S.-M. Park, K.-J. Kim, and S.-B. Park.** Vehicle Color Classification Based On The Support Vector Machine Method. D.-S. Huang, L.Heutte, and M. Loog (Eds): ICIC 2007, CCIS 2, P:1130 – 1140, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [26] “HSL and HSV”, https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)
- [27] **R.E. Woods, R.C. Gonzalez, S.L. Eddins,** Color Image Processing (Ch 6), Digital Image Processing Using Matlab, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River / New Jersey, 2004.
- [28] **T.H. Cormen, C.E. Leiserson and R.L. Rivest.** Introduction to Algorithms. The MIT Press, McGraw-Hill Book Company, 1990.
- [29] **Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L.,** Digital Image Processing Using MATLAB, 2nd edn., USA:Gatesmark Publishing, 2009.
- [30] **Gonzalez, R.C., Woods, R.E.,** Digital Image Processing, 3rd edn., Pearson Prentice Hall, 2008.
- [31] **Soille, P.**, Morphological Image Analysis: Principles and Applications, 2nd edn., Germany, Springer, 2002.
- [32] <https://www.mathworks.com/help/images/ref/bwconncomp.html>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)
- [33] **Sedgewick, R.**, Algorithms in C, 3rd edn., Addison-Wesley, 1998.
- [34] **Solomon, C., Breckon, T.**, Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab, 1st edn., Wiley-Blackwell, 2011.
- [35] **MATTOCCIA, S., TOMBARÌ, F. and STEFANO, L.D.** 2008. “Fast Full-Search Equivalent Template Matching by Enhanced Bounded Correlation”. IEEE Transactions on Image Processing 17 (4): 528–38. doi:10.1109/TIP.2008.919362.

- [36] **BROWN, L. G.** 1992. "A Survey of Image Registration Techniques". *ACM Comput. Surv.* 24 (4): 325–76. doi:10.1145/146370.146374.
- [37] **LOWE, D.G.** 2004. "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints". *International Journal of Computer Vision* 60 (2): 91–110. doi:10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94.
- [38] **B.S., JOSEFINA J. and NOURAIN, N.** 2011. "Fast Template Matching Method based Optimized Sum of Absolute Difference Algorithm for Face Localization". *International Journal of Computer Applications (IJCA)*, Mart. <http://eprints.utp.edu.my/4685/>.
- [39] **SARAVANAN, C. and SURENDER, M.** 2013. "Algorithm for Face Matching Using Normalized Cross-Correlation". *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)* ISSN, 2249–8958.
- [40] **HUANG, Y.W., MA,S.Y., SHEN,C.F. and CHEN, L.G.** 2003. "Predictive line search: an efficient motion estimation algorithm for MPEG-4 encoding systems on multimedia processors". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 13 (1): 111–17. doi:10.1109/TCSVT.2002.808093.
- [41] **BIERLING, M.** 1988. "Displacement estimation by hierarchical block matching", 942–51. doi:10.1117/12.969046.
- [42] **LIU, B. and ZACCARIN, A.** 1993. "New fast algorithms for the estimation of block motion vectors". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 3 (2): 148–57. doi:10.1109/76.212720.
- [43] **WANG, Y., WANG Y. and KURODA, H.** 2000. "A globally adaptive pixel-decimation algorithm for block-motion estimation". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 10 (6): 1006–11. doi:10.1109/76.867940.
- [44] **LUO, J.H., WANG, C.N. and CHIANG, T.** 2002. "A novel all-binary motion estimation (ABME) with optimized hardware architectures". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 12 (8): 700–712. doi:10.1109/TCSVT.2002.800859.
- [45] **HE, Z.L., TSUI,C.Y., CHAN,K.K. and LIOU, M.L.** 2000. "Low-power VLSI design for motion estimation using adaptive pixel truncation". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 10 (5): 669–78. doi:10.1109/76.856445.
- [46] **Chalidabhongse, J. and Kuo, C.C.J.** 1997. "Fast motion vector estimation using multiresolution-spatio-temporal correlations". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 7 (3): 477–88. doi:10.1109/76.585927.
- [47] **Li, W. and Salari, E.** 1995. "Successive elimination algorithm for motion estimation". *IEEE Transactions on Image Processing* 4 (1): 105–7. doi:10.1109/83.350809.
- [48] **Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L.,** *Digital Image Processing Using MATLAB*, 2nd edn., USA: Gatesmark Publishing, 2009.
- [49] **D. Özkan.** 2011. *Kamera Görüntülerinden Hareketli Hedef Tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- [50] **Gonzales, R.C., and Woods, R.E.,** 2002. *Digital image processing*. Prentice Hall, New Jersey.
- [51] <https://www.aafp.org/afp/2013/0101/p41.html>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021)

ÖZGEÇMİŞ

Ad ve Soyadı : Ferhat Miraç ŞAHİN