ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİŞ RADYOGRAFLARININ BİLGİSAYAR TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİYLE İNCELENMESİ VE YSA KULLANARAK SINIFLANDIRILMASI

Uğur ÖZBEK
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖZBAY

2006, 83 Sayfa

Jüri : Doç. Dr. Abdulkadir ŞENGÜN
Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖZBAY
Yrd. Doç. Dr. Salih GÜNEŞ

Bu tezin amacı diş hekimliği alanında kullanılan diş radyograflarını kullanarak radyograflar üzerinde görüntü zenginleştirmesi yapmaktır. Diş hekimlerinin hastalık teşhis ve tedavi planlamasında değişik çekim teknikleriyle alınmış diş radyografları sıklıkla kullanılır. Eğer elde edilen diş görüntülerinde uygun çekim teknikleri kullanılmazsa röntgen sonuçları bulanık olur. Bu istenmeyen etkilerden kurtulmak, iyi bir seçiciliğin sağlanabilmesi için bilgisayar tabanlı görüntü işlemeye ihtiyaç varıdır.

Bir diğer uygulama ise yapay sinir ağları ile görüntü işlemeyi birlikte kullanan bir çalışmadır. Bu çalışmada amaç değişik sınıflara ait dişleri yapay sinir ağına öğreterek sınıflandırmaktır. Bu nedenle önce görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Bu tekniklerle dişin ayırt edici özellikleri çıkartılmış ve sonra elde edilen bu özellikler yapay sinir ağına verilerek sınıflandırma başarıları çıkartılmıştır.

Son çalışma olarak günümüzde sıklıkla kullanılan hücresel yapay sinir ağları ile kenar bulma uygulaması denenmiştir. Bu sayede hücresel yapay sinir ağlarına da bir giriş yapılmış ve kenar bulma sonuçları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, görüntü zenginleştirme, Diş görüntüleri, yapay sinir ağları, hücresel yapay sinir ağları.

ABSTRACT

MS Thesis

INVESTIGATION OF TOOTH RADIOGRAPHS WITH COMPUTER BASED IMAGE PROCESSING TECHNIQUES AND CLASSIFICATION USING ANN

Uğur ÖZBEK
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical - Electronics Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Yüksel ÖZBAY

2006, 83 Pages

Jury : Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir ŞENGÜN
Asist. Prof. Dr. Yüksel ÖZBAY
Asist. Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

The objective of this thesis is making image enhancement on tooth radiographs that are used in dentistry area. Usually Dentists are using dental radiographs that are obtained with different imaging techniques for identificaton of illness and planning of medical treatment. If suitable imaging techniques did not used for obtaining dental images, the x-ray results would be blured. For escaping from these unwanted effects and for a good selectivity, there is a necessity for computer based image processing.

One Another application is, a study that is using neural networks with image processing. In this study the aim is classification of tooth by educating the neural network with different tooth classes. For this reason the image processing techniques are used firstly. With this technique the discerning properties of teeth is obtained firstly and then classification success rates are obtained by entering this properties to neural network.

As a final study, the edge sellection application by using cellular neural networks that is used frequently in recent days, is tried. With the assistance of this, an introduction to cellular neural networks is made and edge sellection results are discussed.

Keywords: Image processing, image enrichment, dental images,neural networks, cellular neural networks.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı'nda hazırlanmıştır.

İlk dental radyografın 1895 yılında kullanılmasından günümüze hızla gelişen bir bilim sahası olan radyoloji; bugün bilgisayarlar altında radyograf sonuçları kaydının tutulabildiği dijital sitemlerle beraber kullanılmaktadır.

İster klasik yöntemlerle, röntgen filminin bir banyo işlemiyle elde edilmesi isterse radyograf sonuçlarının doğrudan bilgisayar üzerinde kaydının tutulması olsun, tüm bu işlemler de hekimin radyograf sonucu üzerinde yorum yapmasını zorlaştıran gürültüler olacaktır. Özellikle banyo işlemleriyle elde edilen radyograf sonuçlarında radyoloji uzmanının tecrübesi büyük önem arz etmektedir. Pozlama süresinin iyi ayarlanmaması veya radyasyon seviyesinin tam belirlenememesi radyograf sonuçlarında istenmeyen etkiler oluşturmaktadır. Benzer şekilde günümüz sayısal radyografları ise sensör hassasiyeti ile doğrudan ilişkili bir sonuç üretir. Günümüzde kullanılan sayısal radyograflar klinik ortamda süratle kullanılması gereken yerlerde (örneğin kanal tedavisinin sürecini görmek) tercih edilir. Gerçek çürük vb tespitler en sağlıklı olarak hala film üzerinde tespit edilmektedir. Bu tez çalışmasında elde edilmiş röntgen sonuçları üzerinde görüntü işleme teknikleri kullanarak röntgen sonuçları belirginleştirilmiş ve diş hekimine teşhiste yardımcı olan bir sonuç üretilmeye çalışılmıştır.

Günümüzde görüntü işlemenin en cazip kullanım alanlarından biri de obje bulma ve değişik sinir ağları kullanarak sınıflandırma çalışması olmaktadır. Özellikle belli bir objeyi bir resim içinde aramak ve resim içinde ki yerini tespit etmek pratik olarak ta uygulama alanı bulan bir çalışmadır. Hareket algılama sistemleri, yüz tanıma sistemleri bu çalışmalara örnek verilebilir. Bu tez çalışmasında da dental resim içinden dişin kendisi aranmıştır.

Bu çalışmada değişik sınıflara ait diş resimlerinin yapay sinir ağlarıyla beraber kullanarak sınıflandırma başarısı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu uygulamada esas olan görüntü ön işlem aşamasının başarıyla yapılabilmesi ve ön işlem sonucundan sonra resmin ayırt edici özelliklerinin çıkartılması ve uygun bir düzende yapay sinir ağına verilmesi olmaktadır. Çalışmanın bu kısmı değişik tekniklerle özelliği çıkartılmış diş resimlerinde sınıflandırma başarılarını kıyaslamak olmuştur.

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde kıymetli zamanını ayırarak yardım ve desteğini esirgemeyen ve uyarıları ile yol gösteren saygıdeğer tez danışmanım Sayın **Yrd. Doç. Dr. Yüksel ÖZBAY'a** ve bana yüksek lisans düzeyinde öğrenim ve bilimsel çalışma yapma imkanını tanıyan ve yetişmemde emeği geçen Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi **Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün değerli yönetici ve öğretim üyelerine,** diş resimlerinin temininden sonuçlarının yorumlanmasına kadar benden yardımlarını esirgemeyen Selçuk Üniversitesi, **Diş Hekimliği Fakültesi, Tedavi Bölümü yönetici ve öğretim üyelerine** minnet ve şükranlarımı arz ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur ÖZBEK, 1979 yılında Konya'da doğdu. Orta öğrenimi Konya Karatay Karma Ortaokulunda, lise öğrenimi Konya Süper Lisesinde tamamladıktan sonra 1998 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2003 yılında bu bölümden mezun olarak Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2006 yılının Kasım ayında Selçuk Üniversitesi Ereğli Meslek Yüksek Okulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen burada Öğretim Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
ÖZGEÇMİŞ v
İÇİNDEKİLER vi

1.GİRİŞ 1
1.2.Konunun Tanıtılması 3
1.3.Çalışmanın Amacı ve Önemi 4
1.4. Bu Konuda Yapılan Çalışmaların Gelişimi 5

2.GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE KULLANILAN TEKNİKLER 8
2.1.Resim Formatları Arasında Dönüşüm 8
2.2.Gürültülerin Giderilmesi ve Resmin Yumuşatılması 9
2.3.Kenar Seçme Aşaması 11
2.4.Siyah – Beyaz Resimlerde Morfolojik İşlemler 12
2.5.Obje Seçme İşlemi 13

3.DİŞ GÖRÜNTÜLERİNDEN ÖZELLİK ÇIKARTIMI 15
3.1.Resim Datalarından Özellik Çıkartma 16
3.1.1.Özellik çıkartmada standart yaklaşım 17
3.1.2.Özellik çıkartmada en büyük pencere boyutları yaklaşımı 18
3.1.3.Özellik çıkartmada geometrik dönüşüm yaklaşımı 18
3.1.4.Özellik çıkarmada uygun kareler yaklaşımı 19
3.2.Resim Datalarının Dizi Haline İndirgenmesi 20
3.2.1.Sütunların uç uca eklenmesi 20
3.2.2.Sütunların toplanması 21
3.2.3.Satırların uç uca eklenmesi 22
3.2.4.Satırların Toplanması 23

4.DİŞ GÖRÜNTÜLERİNİN TANINMASI VE SINIFLANDIRILMASI 24
4.1.Siyah- Beyaz İçi Boş Datalar ve Öğrenme Sonuçları 28
4.2.Siyah – Beyaz İçi Dolu Datalar ve Öğrenme Sonuçları 34
4.3.Gri Tonlu Datalar ve Öğrenme Sonuçları 37
4.4.Algoritma Kullanılarak Yapılan Sınıflandırma Çalışması ve Sonuçları 40
4.5.Diş Resimleri Sınıflandırma Çalışmasına Genel Bakış ve Sonuçlar 42

5. DİŞ RESİMLERİNDE YEREL GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME 44
5.1. Yerel Görüntü Zenginleştirme Uygulaması 44
5.2. Yerel Görüntü Zenginleştirme Uygulama Sonuçları 47

6.GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE HÜCRESEL YAPAY SİNİR AĞLARI 50
6.1.HYSA Yapısı 51
6.2. HYSA Uygulamaları 53
6.3. Diş görüntülerinde HYSA Kullanımı 55

7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER 59
7.1. Sonuçlar 59
7.2.Öneriler 60

8.TARTIŞMA 62

9.KAYNAKLAR 64

EKLER 66
EK 1 Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz resim datalarına dönüşüm 67
EK 2 Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz içi dolu resim datalarına dönüşüm 69
EK 3 Orijinal Resim datalarından gri tonlu resim datalarına dönüşüm 71
EK 4 Orijinal Resim datalarından resmin küçültülmesi 73
EK 5 Orijinal Resim datalarından uygun kareler yöntemine dönüşüm 74
EK 6 Orijinal Resim datalarından geometrik dönüşüm 76
EK 7 Algoritma kullanarak Diş resimlerinin sınıflandırılması 78
EK 8 Orijinal Resim datalarından lokal görüntü zenginleştirme 80
EK.9 Hücresel Yapay sinir ağları uygulaması 82

1.GİRİŞ

İlk dental radyografiler, 1895'te Wilhelm C. Roentgen tarafından x ışınlarının keşfinden sonra kullanılmaya başlanmıştır. X – ışınları gözle görülmeyen sert ve yumuşak dokular hakkında bilgi verir. Radyografilerin değerlendirilmesi için, normal anatomik oluşumların ve patolojik durumların ayırt edilmesi ve bu görüntülerin, klinik bulgularla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Hastanın klinik muayenesinden elde edilen bilgiyle birlikte, radyografik ve klinik laboratuar bulgularının değerlendirilmesi teşhiste önemli bir yer tutar.

Radyografiler ile çürükler, periodontal hastalıklar, periapikal patalojikler, neoplazmalar, kistler, dişe veya çeneye gelen travmaların yaptıkları etkiler, yabancı cisimlerin lokalizasyonları ya da gömük dişlerin yerleri tespit edilir.

Bir teşhise varabilmek için gerekli olan radyografinin tipi ve sayısı klinik muayenenin amacına yöneliktir. Acil bir muayenede sadece hastanın esas şikayetine yönelik değerlendirmelere yanıt verebilecek kadar radyografi gerekirken, kapsamlı bir teşhis ve tedavi planlaması için daha detaylı radyografik incelemeye gerek duyulur.

Radyografi almadan önce, diş hekimi hastaya bazı sorular sormalıdır. Eğer hasta kadınsa, hamile olup olmadığı sorulmalıdır. Genelde diş hekimi, hastanın geçmişte fazla miktarda iyonize edici radyasyona maruz kalıp kalmadığını, yakınlarda radyografi çektirip çektirmediğini sormalıdır. Eğer radyografileri yoksa, yapılacak ağız muayenesi ile gerekli olabilen radyografiler istenmelidir.

Sayısı ve endikasyonu diş hekimliğinde hala tartışmalı bir konu olmasına karşın tüm ağızdan alınan serigrafiler kabul gören temel girişimlerdir. Ancak son yıllarda, panoramik radyografilerin kullanımında hızlı bir artış olduğu gözlenmektedir. Bu kullanımın dezavantajı panoramik grafiğin bazı alanlarda detay kaybı oluşturmasıdır.

Hangi görüntüleme yöntemi seçilirse seçilsin radyografi diagnostik kalitede olmalıdır. Bu olay uygun projeksiyon tekniği, iyi kalibre edilmiş filtrasyon olan x – ışını kullanıldığında, kurallara uygun olarak yapılmış bir banyo işlemleri ciddiyetle takip edildiğinde garanti edilebilir (Şirin, 1997).

Bu tez çalışması dokuz ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm giriş kısmını oluşturmakta ve tezin genel tanıtımı yapılmaktadır. Takip eden başlıklarda tezin amaç ve öneminden bahsedilmiş ve bu konuda yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde tüm çalışmada kullanılan genel görüntü işleme teknikleri incelenmiş ve uygulanan teknikler sırayla genel olarak açıklanmıştır. Bu teknikler arasında resimden gürültünün giderilmesi, kenar belirleme ve morfolojik işlemler oldukça önemli uygulamalardır. Özellikle gürültü varlığının tespiti ve giderilmesi ve resmin yumuşatılması ilk aşamada yapılması gereken önemli bir adımdır. Morfolojik işlemlerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi ancak resmin uygun şekilde gürültülerinin giderilmesi ve yumuşatılmasıyla mümkün olmaktadır.

Üçüncü bölümünde diş görüntülerinden özellik çıkartımına değinilmiştir. Genel olarak eğer bir resim içinde aranılan bir obje var ise resmin mutlaka özelliğinin bilinmesi gerekmektedir. Sonuç olarak kullanılan datalar diş resimleri olduğuna göre genel anlamda kullanılan resimlerde sadece dişin kendisinin kalması önem arz etmektedir. Bunun nedeni sonraki çalışmalarda dişe dahil olmayan kısımların da yapay sinir ağına data olarak girmesiyle öğrenme sürecini zora sokmasıdır.

Dördüncü bölümde yapay sinir ağlarıyla ilgili çok yönlü denemeler yapılmış ve özelliği çıkartılmış diş datalarında klasik anlamda kullanılan yapay sinir ağlarının; aynı resmi işaret eden farklı yaklaşımlara karşı ürettiği sonuçlar açıklanmıştır. Bu çalışmaya ilk başlanırken sabit bir gizli düğüme karşılık gelen öğrenme ve test süreçleri incelenmiş ve ilk fikir edinilmiştir. Daha sonra her bir çalışma için değişik gizli düğüm uygulanarak optimum gizli düğüm sayısı tespit edilerek en iyi öğrenme ve test sonuçları tablolar halinde gösterilmiştir.

Beşinci bölümde görüntü ön işlem aşamalarından geçmiş orijinal diş resimlerinde lokal görüntü zenginleştirmesi uygulaması denenmiş ve sonuçları

verilmiştir. Lokal görüntü zenginleştirme işleminde amaç, sadece diş ve diş bölgesinin görsel olarak zenginleştirilmesi böylece tüm resim de yapılacak vasat bir zenginleştirme yerine daha hızlı ve daha seçici bir uygulamadır.

Tezin altıncı bölümünde günümüzde; görüntü işlemede kullanılan ve popüler bir uygulama olan hücresel yapay sinir ağları incelenmiş ve bu konuda yapılan çalışmalara örnekler verilmiştir. Diş resimlerine de uygulanan hücresel yapay sinir ağları ile kenar belirleme çalışması denenmiş ve çok kullanılan alternatif kenar belirleme görüntüleriyle karşılaştırılmıştır.

Tezin yedinci bölümü sonuçlar ve öneriler kısmından oluşmaktadır. Bu bölümde yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar açıklanmış ve sonuçlar üzerinden yapılabilecek önerilere yer verilmiştir.

Tezin sekizinci bölümünde ise yapılan çalışmalarla ilgili tartışmalara yer verilmiş, tüm uygulamalarda kullanılan tekniklerin başarısı bu kısımda tartışılmış ve gelecek uygulamaların getireceği yenilikler açıklanmıştır.

Tezin dokuzuncu bölümünde tezde kullanılan kaynaklara yer verilmiştir.

1.2.Konunun Tanıtılması

Görüntü işleme, popülaritesini devam ettiren ve yeni tekniklerin bulunmasıyla dinamik olarak gelişen bir bilim dalıdır. Günümüzde görüntü işleme kendisine hemen hemen her alanda kullanım bulmuştur. Bu kullanım alanlarından biri de hiç şüphesiz görüntü üzerinden teşhis ve tedavi planlamasının yapıldığı ve yeni geliştirilen tekniklerle sürekli bir değişim içinde olan tıp alanında olmaktadır.

Tıp alanında bu kadar yaygın olarak kullanılmasında en önemli etken elbette ki radyografik görüntülerle olmaktadır. Radyografik görüntüler yardımıyla sert doku ve civarı bölgeler kolaylıkla görülebilir ve hastalık tedavisinde doktorun bir yol izlemesine yardımcı olmaktadır.

Günümüzde radyografik görüntüleri tıpta diş hekimliği alanında da kullanılmaktadır. Bu alandaki radyograflar çeşitli metotlarla çekilmiş çoğunlukla diş röntgen filmlerinden oluşmaktadır. Yeni geliştirilen tekniklerle diş hekimliği alanında kullanılan röntgen sonuçları doğrudan dijital olarak bilgisayarlarda kaydı tutulmaktadır. Bu tür dijital radyograf sonuçlarında gözlemlenen en büyük zorluk sensör hassasiyetinin yeteri kadar olmamasından dolayı röntgen sonuçları detaylı olmamaktadır. Şayet eski tekniklerle film üzerinden röntgen sonucu alınacaksa, röntgen filmine gelinceye kadar geçen süreçte uygulanan tekniklere göre röntgen filminin kalitesi değişik olacaktır. Bu ve benzeri kusurlar günümüzde görüntü işleme teknikleriyle olabildiğince giderilmeye çalışılmaktadır.

Diş hekimliğinde kullanılan röntgen sonuçlarının kendisine uygulama alanı bulduğu diğer bir saha ise insan kimliği tanıma sistemleridir. Bir örnek verilecek olursa trafik kazasında yanarak hayatını kaybetmiş bir şahsın kimlik bilgileri diş görüntülerinden yararlanılarak bulunmaktadır. Elbette ki kişinin önceki diş görüntüleri ile kaza sonrası alınan görüntüleri birbirine tıpa tıp uyamayacak ve bu da kimlik belirlemede zorluk oluşturacaktır. Bu tür durumlarda görüntü işleme ile iki röntgen sonucunun birbirlerine olan benzerlikleri tespit ettirilip kimlik belirlemesi büyük ölçüde başarılmaktadır.

1.3.Çalışmanın Amacı ve Önemi

Günümüzde tıp alanında geliştirilen yeni tekniklere paralel bir ilerleme gösteren görüntü işleme çalışmaları birbirini tamamlar niteliktedir. Özellikle diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanan yeni görüntüleme teknikleri beraberinde yeni sorunları da getirmiştir. Bunlardan biride röntgen görüntü kalitesinin ham haliyle yeterli seviyede olmaması denebilir. Bu nedenle bu çalışmanın bir bölümünde röntgen sonuçları kullanılarak lokal görüntü zenginleştirilmesi denenmiştir.

Görüntü işlemenin kullanıldığı bir diğer uygulama alanın da resimden özellik çıkartılmasıdır. Resmin ayırt edici özelliklerinin alınmasından sonra görüntü işleme

sonuçları başka uygulamalara da adapte edilebilir. Bu tür uygulamalardan biri de obje tanıma ve sınıflandırma çalışmalarıdır. Özelliği çıkartılmış resim sonuçları uygun bir formda yapay sinir ağlarına verilerek bu özellikler öğretilebilir. Sınıflandırma başarısı ileride otomatik kimlik belirleme uygulamalarına da adapte edilebilir. Bu çalışma da ayrıca orijinal görüntü olmasa da obje tanımaya ve sınıflandırma çalışmasına bir giriş olması amacıyla çeşitli sınıflara ait diş görüntüleri kullanılmış ve yapay sinir ağları ile sınıflandırma başarısı gözlemlenmiştir.

Görüntü işleme ile yapay sinir ağlarını birleştiren bir diğer uygulama hücresel yapay sinir ağlarıdır. Bu alanda 80'li yıllardan beri devam eden çalışmalar hala sürmekte ve popülaritesini korumaktadır. Tezin son bölümünde hücresel yapay sinir ağları uygulaması incelenmiş ve bir uygulamada diş resimleri kullanılarak yapılmıştır.

1.4. Bu Konuda Yapılan Çalışmaların Gelişimi

Chua ve ark. (1988); hücresel yapay sinir ağlarını ortaya atmıştır. Bu yapı hem görüntü işleme hem de nöral ağ mimarisini beraber barındırmakta bu özelliği ile görüntü işlemede birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamalar arasında en göze çarpan çin alfabe görüntülerinin hücresel yapay sinir ağları ile öğretimi olmuştur.

Görüntü işleme ve tıbbi görüntülerin incelenmesi çalışması uzun yıllardır süregelen çalışmalardır ve kendi başına bir bilim dalı olmuştur. Bu alanda yapılan çalışmalardan biri Vinod ve ark. (1991) tarafından gri tonlu resimsel bilgilerin nöral ağa verilmesi ve gürültü olabilecek bileşenlerin belirlenmesidir. El radyografları üzerinde yapılan bu çalışmada gri dereceli sonuçların histogramları elde edilmektedir.

Görüntü işleme uygulamasında kullanılan cisimlerin sınıflandırma çalışması ise Ware ve ark. (1997) tarafından yapılmıştır. Cisim tanımlama ve sınıflandırma için nöral ağları kullanan entegre görüntü işleme ortamları mevcuttur. Windows tabanlı

çalışan bu işlem ile bir menü programı tasarlanmıştır. Nesne parametrelerinin çıkartılması, çevrim rotasyon ve scala geçiş terimlerinde değişken olmayan özelliklere dayandırılmaktadır. Nöral ağ modelleri analiz edilmiş görüntülerden nesnelerin hem ayrılması hem de sınıflandırmasına olanak tanıması çerçeveye dahil edilmiştir.

Kantapanit ve ark (2001); yayımlanan makalede diş görüntülerinde çürük lezyonları tespit etmeye çalışmışlardır. X-ray filmlerin görüntülerinden dental çürük lezyonlarının belirlenmesi ve analizi için görüntü işleme teknikleri mevcuttur. Öncelikle poligonal şablonlar insan dişinin genel şeklini karakterize etmek için tanımlanır. Bu şablonlar filmde herbir dişin konumunu, tam şeklini ve boyutunun bulunmasında kullanılmaktadır. Dişin konumu ve şekli belirlendikten sonra her birinin taşıdığı lezyonlar gri scala analiziyle tanımlanabilmektedir.

Lee ve ark. (2003); şekilleri bölümlendirmeyi ve sınıflandırmayı öğrenen bir nöral ağ kullanarak göğüs kanserinin otomatik olarak belirlenmesi, bölümlendirilmesi ve sınıflandırılması görüntü işlemiyle ve yapay sinir ağı kullanılarak öğretilmiştir. Kullanılan nöral ağ daha önce görmediği bir görüntü gösterildiği zaman yeni bir problemi kendisine dahil edecek şekilde öğrenen nöral ağ modelidir. Her bir gizli nokta daha hızlı ve daha güvenilir belirleme ve ayrıştırma sağlamak için kullanılan bir bölümü ifade eder. Sonuç ifadesi ise sistemin etkinliğini örneğini işlemek için kullanılan çekirdek tanımlaması ile histolojik görüntü işleme görevini gerçekleştirmektedir.

Chen ve ark. (2004); Dental radyografide dişin dış hatları kişi tanımlama için kullanılmaktadır. Bununla birlikte bir çok görüntüde dişin sınırları karışmış ve kısmen görülmektedir. Bu görüntülerde sınırları açığa çıkarmak için aktif sınır modellemelerine dayanan bir metot kullanılmaktadır. Yeni bir dinamik enerji dişin dış hatların ayrımında doğrusal kıvrımları için hazırlanmıştır. Karışık gelen sonuç geleneksel metotlardan daha iyi şekilde sınırlarının ortaya çıkarıldığını göstermektedir.

Bir diğer çalışma ise adli tıp alanında kimlik belirleme uygulaması Zhou ve ark. (2005) tarafından yapılmıştır. Adli tıpta kimlik tespitinde dental görüntüler

kullanılabilmektedir. Sistemin amacı dental görüntüleri arşivlendirmek ve verilmiş olan dental görüntüye benzer diş şekillerine sahip görüntüleri benzetmek ve veri tabanında saklamaktır.

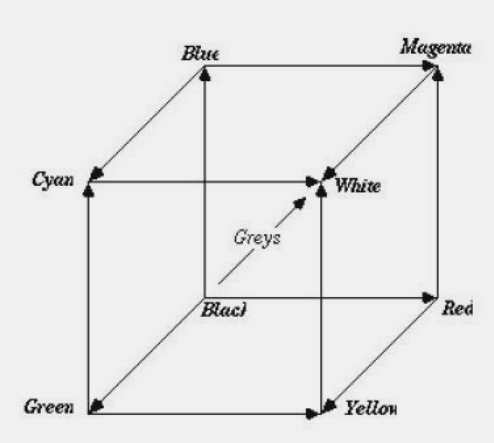
2.GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE KULLANILAN TEKNİKLER

Bu bölümde Yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak yapılan diş resimlerinin sınıflandırılması probleminde; giriş datası olarak uygulanacak resimlerin görüntü ön işlem aşamalarından bahsedilmiştir. Görüntü ön işleme, resimsel bir datadan istenilen bilginin alınması aşamasında yapılması gereken bir süreçtir. Bu uygulamada YSA sınıflandırma probleminde kullanılan resim datalarının oldukça kaliteli olmasından dolayı yoğun bir görüntü ön işlem aşamasına gerek duyulmamıştır. Ancak bilinen ve uygulanması halinde resmi daha okunabilir bir hale dönüştüren aşamalar kullanılarak resimler düzenlenmiştir. Aşağıdaki alt başlıklarda kullanılan ön işlem teknikleri açıklanmıştır.

2.1.Resim Formatları Arasında Dönüşüm

Günümüzde bilgisayar ortamında saklanan resim dosyaları için birçok format geliştirilmiştir. Bunlar arasında en bilineni .bmp ve .jpeg türü saklamalardır. Bu resim formatlarında saklanan herhangi bir resim üç ayrı sınıfa ayrılabilir, bunlar siyah – beyaz resim, gri tonlu resim ve renkli resimlerdir. Bu çalışmada kullanılan radyograflar gri tonlu bir renk düzende olduklarından dolayı radyografların bilgisayara ilk yüklenmesinde yapılması gereken, dijital resimlerin kayıt ortamının gri tonlu hale dönüştürülmesidir. Örneğin RGB uzayında eksenlere eşit uzaklıkta bulunan noktalar da gri tonlu resmi oluştururlar. Ancak böyle bir format bilgisayarlarda oldukça fazla yer kaplayacak ve sınıflandırma ve diğer problemlerin çözümü bilgisayar ile zor olacaktır.

Gri ton, renkli resmin sadece parlaklık bilgisini taşır. Bir resimde kenar seçme vb görüntü ön işlemlerin çoğu zaten gri tonlu resim düzeninde çalışmaktadır. Şekil 2.1'de RGB eksenin de gri tonu temsil eden vektör gösterilmiştir.



Şekil 2.1 RGB Renk uzayı ve gri ton renk vektörü

2.2.Gürültülerin Giderilmesi ve Resmin Yumuşatılması

Gürültü, görüntüde orijinal formunda olmaması gereken ve resmin okunabilirliğini düşüren farklı renk veya parlaklıkla kendini belli eden piksel veya piksel topluluklarıdır. Resim içinde varsa gürültüler çeşitli dağılımlar gösterebilir. Bu gürültüler arasında en çok karşılaşılanı tuz biber gürültüsü olarak bilinen, gürültü pikselinin komşu piksellere uymaması ile kendisini belli eden türüdür.

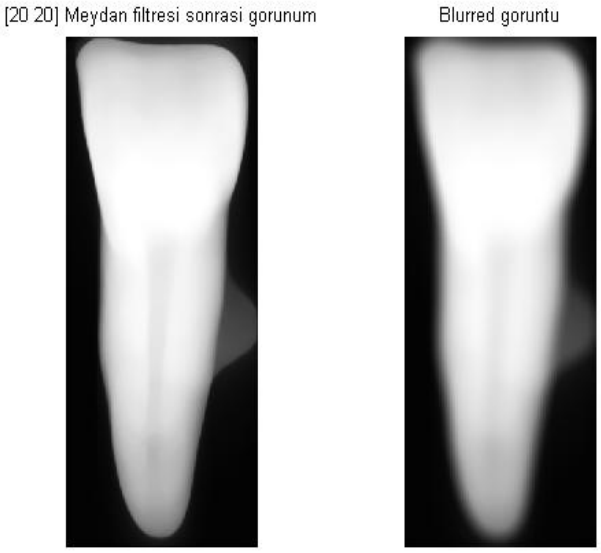
Şekil 2.2'de giriş datası olarak kullanılan resimler üzerinde yapılan median filtre uygulaması ve sonucu gösterilmiştir. Median filtresi temelde yaygın olarak görülen tuz biber gürültüsünü temizlemekte kullanılan bir çeşit maskedir. Şekilden de görüldüğü gibi resmin orijinal formu gerçekte tuz biber gürültüsü olarak sayılabilecek bozukluğa sahiptir. Resmin tamamında gezdirilen [20x20]'lik bir kernel ile sonuç resmi şeklin sağ tarafında gösterilmiştir.

Median filtresinden sonra yapılması gereken işlem filtrelenmiş resimde parlaklık bilgisini taşıyan piksel değerlerinin birbirlerine yaklaştırılması işlemidir. Bunun yapılmasının nedeni kenar seçme işleminde sonunda düz bir çizgi ile kenar bilgilerinin sürekliliğinin sağlanması gerekliliğidir. Kenar bilgilerindeki olası kopukluklar ilerleyen bölümde gösterileceği gibi obje seçme işleminde hataya sebep olabilmektedirler. Şekil 2.3'te Gaussian Blurr işlemi sonrası oluşan görüntü

gösterilmektedir. Gaussian blurr işlemi ile resmin renk tonları girişimi artmıştır. Aslında yapılan yine bir çeşit maskenin resmin tamamı üzerinde gezdirilmesidir. Bu sayede sonuç olarak resmin renk bilgileri ile oynanarak kenar seçmeye bir adım daha yaklaşılmış ancak kenar özelliklerine çok fazla dokunulmamıştır.



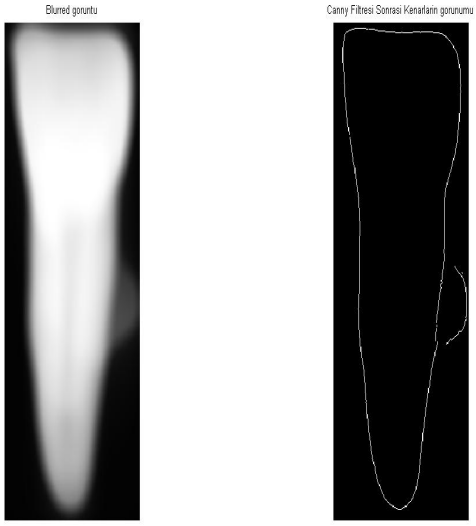
Şekil 2.2 Median filtresi sonrası diş resmi görünümü



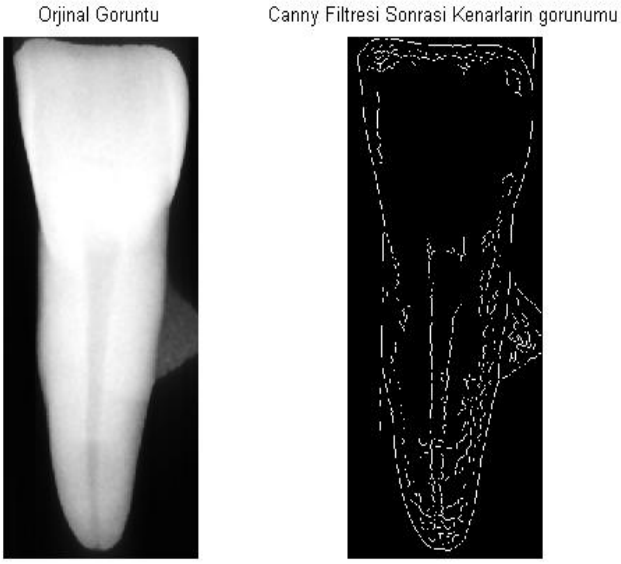
Şekil 2.3 Gaussian blurr eklendikten sonraki diş resmi görünümü

2.3.Kenar Seçme Aşaması

Median ve Gaussian Blurr filtresinden sonra kenar bilgileri daha kolay seçilebilir hale getirilen resimlerde bundan sonraki işlem; resim içinde kenar seçme algoritmasının çalıştırılmasıdır. Kenar seçme kernelleri arasında en bilinenleri canny, sobel, prewitt, laplacian türü filtrelerdir. Kenar seçme işleminde sobel ve prewitt gibi basit kerneller yatay ve dikey kenarları kolaylıkla bulabilen çok detaylı seçme yapamayan filtre modelleridir. Laplacian ise oldukca fazla detay veren bir kernel türüdür ve oldukça karmaşık sonuçlar üretmektedir. Canny filtresi ise sobel gibi basit bir kullanıma sahip ve laplacian kadar olmasa da oldukça başarılı kenar bulabilen bir filtre türüdür. Bu uygulamada standart olarak canny kenar seçme filtresi kullanılmıştır. Şekil 2.4'de canny filtresi soncu oluşan kenar seçme sonuçları görülmektedir. Resmin sağ tarafındaki bombeli kısım gerçekte olmaması gereken resim çekilirken zemine tutturulan bir çeşit yapışkanın görüntüsüdür. Bu da bir çeşit gürültü kabul edilebilir. Ancak bu gürültüyü gaussian blurr veya median filtresi ile temizlenemeyeceği açıktır. Gerçekte bu aşamaya kadar yapılan görüntü ön işlemlerin giderilmesi zor fiziksel bozuklukların zayıflatılması için de yapılmıştır. Orijinal resim doğrudan kenar seçme işlemine sokulsaydı Şekil 2.5 deki gibi bir görüntü elde edilirdi. Görüldüğü gibi resim içinde oldukça fazla detay görülmekte ayrıca yapışkan kısımda sıkı sıkıya diş hatlarına bağlı kalmaktadır.



Şekil 2.4 Kenar seçme sonrası diş resmi görünümü



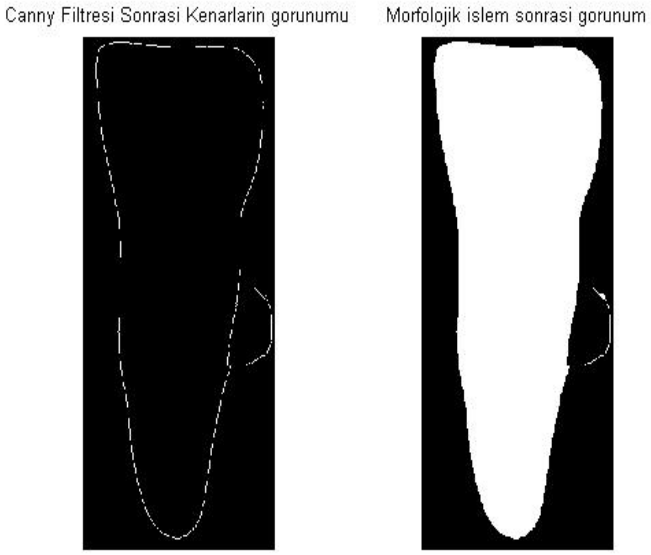
Şekil 2.5 Doğrudan Kenar seçme uygulanması sonrası oluşan görünüm.

2.4.Siyah – Beyaz Resimlerde Morfolojik İşlemler

Kenar seçme işleminden sonra yapılması gereken kenar bilgilerinden yola çıkılarak resim içinden en büyük objenin yani dişin genel hatlarının elde edilmesi işlemidir. Ancak burada bir problem vardır. Kenar seçme işleminden sonra dişin dış hatlarında da kopukluklar olacaktır. Obje buldurma yapılırken hangisinin diş hatlarına ait olduğuna veya hangisinin diş hatlarına ait olmadığına karar nasıl verilecektir sorusuna en iyi cevap morfolojik açma yapılarak olacaktır.

Resim morfolojik işlem sürecinden geçirilerek pikseller arası olası kopukluklar bağlanabilir. Böylece dişin devamı olan ancak bir iki piksellik kopukluklar bağ kurarken diş hatlarına dahil olamayanlar ise iptal edilecektir. Örnek olarak seçtiğimiz resim böyle bir çalışmaya tam karşılık gelmektedir. Diş hatları arasında çeşitli değerlerde kopukluklar ve dişe ait olmayan yapışkan tabakada görülmektedir. Şekil 2.6'da resim üzerinde morfolojik açma yapılıyor ve resim arası kopukluklar piksellerin çoğaltılması işlemi ile bağlanıyor daha sonra en büyük objenin içi dolduruluyor ve pikseller tekrar zayıflatılarak geriye yani orijinal forma dönülüyor

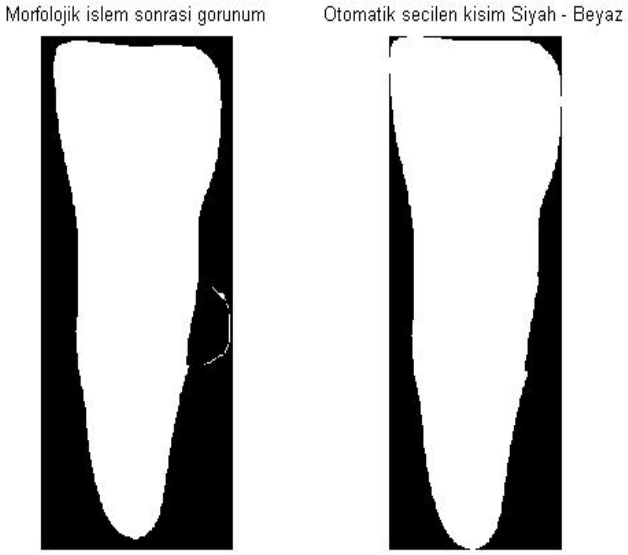
bu sayede diş hatlarına ait olmayan kısımlar açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2.6 Morfolojik işlem sonrası görünüm

2.5.Obje Seçme İşlemi

Şekil 2.6'dan görüleceği gibi sonuç resminde obje olarak sadece iki adet nesne görülmektedir. Bunlardan birisi sadece diş hatlarından oluşmuş ve içi tamamen doldurulmuş dişin kendisi diğeri ise yapışkan kısma denk gelen ince eğimli bir çizgidir. O halde bundan sonra yapılacak aşama en büyük objenin seçilmesi olacaktır. Bu sayede geriye sadece diş hatları kalacaktır. Şekil.2.7'de obje seçme işleminden sonraki kısım görülmektedir.

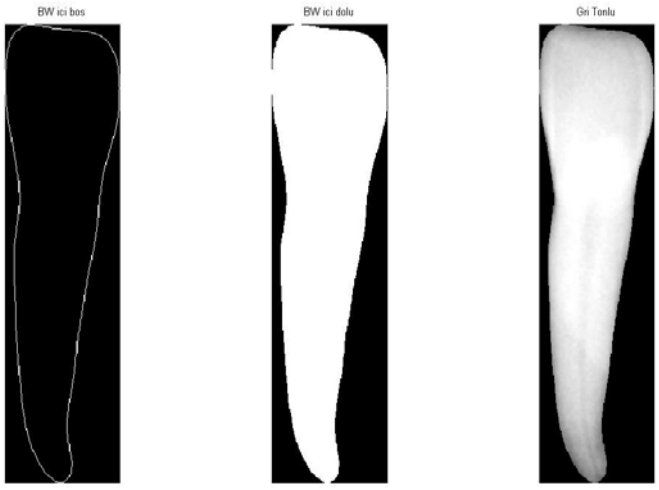


Şekil 2.7 Obje seçme işlemi sonrası görünüm.

Sonuç olarak diş datası ilk konumundan alınarak son formuna getirilmiştir. Bu işlem sürecinde resim gürültülerden arındırılmış ve gri tonlu olan seviyesi siyah – beyaz forma indirgenmiştir. Bu model artık yapay sinir ağları için uygun bir form olarak kullanılabilir.

3.DİŞ GÖRÜNTÜLERİNDEN ÖZELLİK ÇIKARTIMI

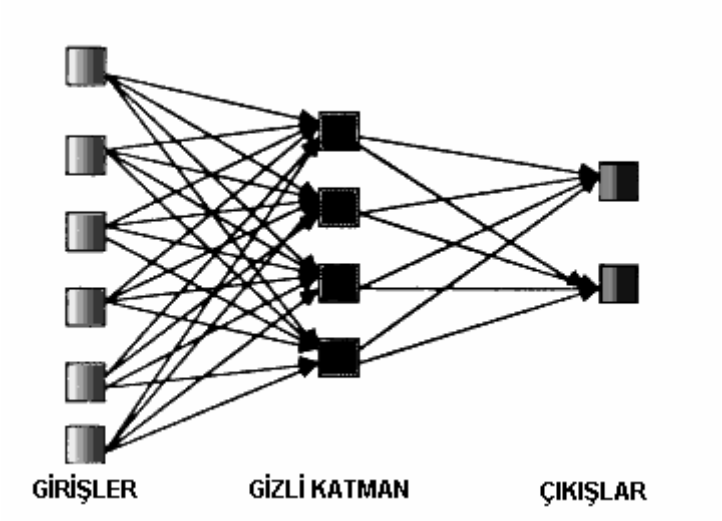
Bu bölümde YSA kullanılarak yapılacak diş sınıflandırması işlemi öncesinde ön işlemden geçmiş diş resimlerinin, YSA ya uygun forma getirilmesi aşaması açıklanmıştır. Bölüm 2 den hatırlanacağı gibi diş resimleri son haline geldikten sonra artık, orijinal resimden ayrı olarak obje seçilen dişin koordinatları tamamıyla bellidir. Bu nedenle sadece diş orijinal resimden kesilerek sadece diş datası seçilebilir. Diş resminin seçilmesinden sonraki aşama ise bu resimlerin YSA ya ne tip bir düzenle verileceği sorunudur. Bunun için ön işlemden geçmiş resmin son hali olarak üç farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar sırasıyla resmin siyah – beyaz olduğu sadece kenar bilgisini içeren formu, resmin siyah – beyaz olduğu ve kenar bilgisinden yola çıkarak diş datasının içinin doldurulduğu formu ve resmin gri tonlu formunun korunduğu işlemiş hali; YSA ya giriş datası olarak sunulmuştur. Şekil 3.1' de ön işlemden geçmiş resimlerin YSA ya uygun çeşitli formları gösterilmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 3.1 YSA modeli için kullanılan formlar. Siyah – Beyaz içi boş (a), Siyah – Beyaz içi dolu (b), Gri tonlu (c)

Görüldüğü gibi dental dataların son formları YSA için uygun bir hale getirilmiştir. Ancak dataların iki boyutlu olması, YSA' nın dizi tabanlı data almasına aykırı bir durumdur. Şekil 3.2' de tipik bir YSA ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.2 YSA Ağ yapısı

YSA ağ yapılarının sadece dizileri almaya elverişli olması görüntü dataları üzerinde bazı temel matrissel değişlikler yapılmasını gerektirir. Bu amaçla işlenmiş resim dataları sütunları uç uca ekleme, sütunları toplama, satırları uç uca ekleme, satırları toplama dan oluşan bir yapılandırmaya sokulmuştur.

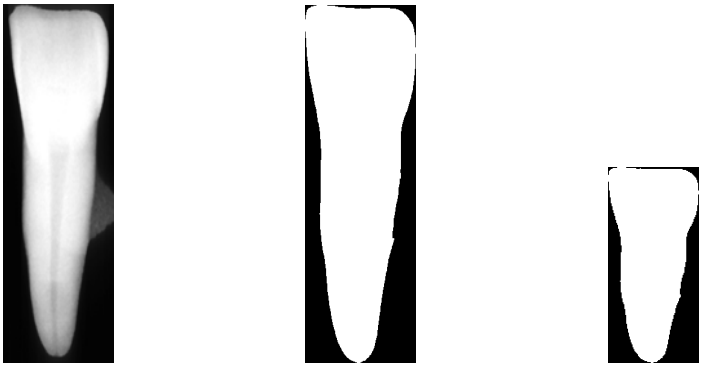
3.1.Resim Datalarından Özellik Çıkartma

İşlenmiş resim datalarında YSA modellemesine geçiş sürecinde yapılması gereken bir işlem aşamasında resimden özellik çıkartılmasıdır. Özellik çıkartmanın niteliği YSA sınıflandırma başarısını da doğrudan etkilemektedir. Bilindiği gibi dental radyograflarda çeşitli diş sınıfları değişik ebatlarda kendilerini belli ederler. Bu çalışmada dental radyograflar beş ana sınıfa ayrılmıştır, bunlar alt kesici, üst kesici, kanin, büyük azı ve küçük azı sınıflarıdır. Beş sınıfa ayrılmış dental

radyograflardan özellik çıkartmak için uygulanmış dört teknik vardır. Bunlar sırası ile aşağıdaki bölümlerde açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1.1.Özellik çıkartmada standart yaklaşım

Özellik çıkartma işleminde düşünülmüş ilk yaklaşım metodudur. Resmin ön işlemden sonraki durumları korunarak resim boyutlarının bilinear yaklaşımla [200 100] boyutlarına indirgenmesi ile oluşturulmuş halidir. Bu sayede resimde toplam 20000 piksel bulunmaktadır. Bu hücreler daha sonra alt başlıklarda anlatılan satır sütun dönüşümleri ile dizi haline getirilmiştir. Şekil 3.3' de orijinal data (solda), ön işlem sonucu görünüm (ortada) ve [200 100] data boyutuna indirgenmiş hali gösterilmektedir (sağda).



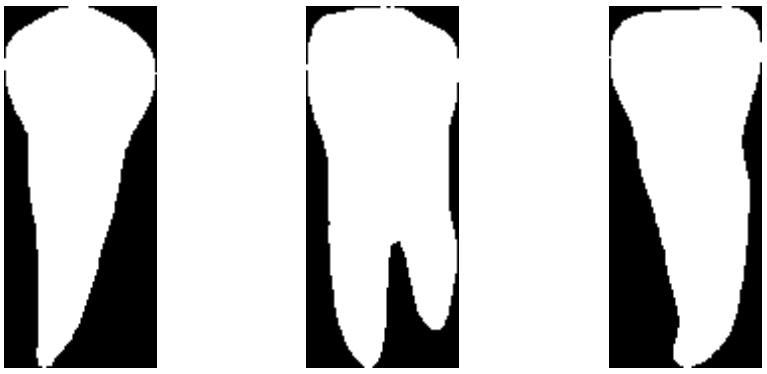
(a) (b) (c)

Şekil 3.3 Standart dönüşüm Orijinal boyut [517 159] (a), Ön işlem sonucu (b), [200 100] indirgenmiş boyut (c)

Şekil 3.3' de görüldüğü gibi resmin geometrik yapısı sonuç resminde bozulmuştur. Bu zaten beklenilen bir olaydır. Kesici dişlerin ince ve uzun olması öğütücü dişlerin kalın ve orta boya sahip olması yüzünden standart dönüşümde [200 100] gibi bir pencereye tüm sınıflandırılacak dişler yerleştirildiğinden dolayı dişlerin tamamının görünümleri bozulacaktır.

3.1.2.Özellik çıkartmada en büyük pencere boyutları yaklaşımı

Standart yaklaşımın getirdiği geometrik bozulmanın bir derece azaltılması için geliştirilmiş bir yöntemdir. Buradaki amaç sınıflandırmada kullanılacak dataların tek tek matris boyutları alınmakta, en büyük satır ve sütün değeri üzerinden tüm datalar tekrar düzenlenerek yeni bir pencereye indirgenmektedir. Böylece [200 100] gibi sabit bir pencere yerine daha az geometrik bozulmaya maruz kalmış bir pencere üzerinden sınıflandırma çalışması yapılmaya çalışılmıştır. Şekil 3.4'de en büyük pencereye aktarılmış görüntüler bulunmaktadır. Bu görüntüde kanin sınıfına ait bir diş resmi Şekil 3.4.a, büyük azı grubundan bir diş görüntüsü Şekil 3.4.b ve üst kesici grubundan bir diş görüntüsü Şekil 3.4.c'de gösterilmiştir.



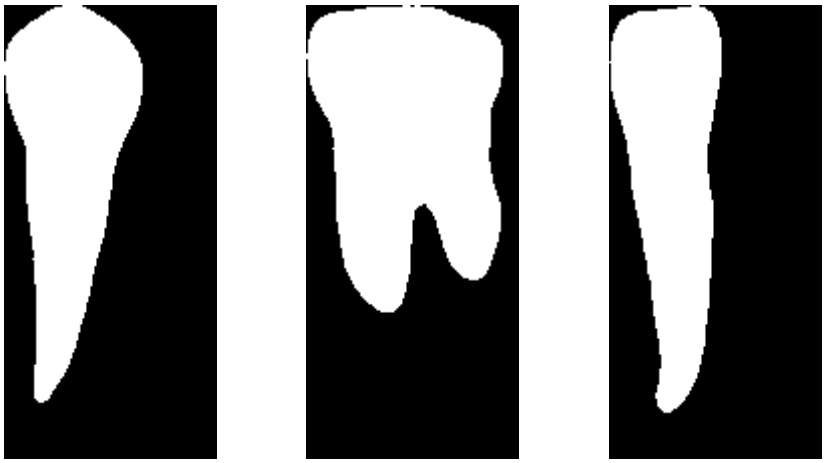
(a) (b) (c)

Şekil 3.4 En büyük Pencere yöntemi kanin (a), büyük azı (b), üst kesici (c)

3.1.3.Özellik çıkartmada geometrik dönüşüm yaklaşımı

İlk iki özellik çıkartma metotlarında görüleceği gibi dental dataların yeniden boyutlandırılması, diş resimlerinde normal olmayan bir boyutlandırma yapmaktadır. Tasarlanmış olan bir başka yaklaşım yöntemi de resim datalarının orijinal formunun bozulmadan aynı pencereye indirgenmiş halidir. Bu yaklaşımda yine en büyük pencere boyutu tüm resim dataları taranarak tespit edilir ve daha sonra tüm resimler

oluşturulacak olan bu yeni pencerenin içine gömülür. Bu sayede Tüm dişler bu maksimum pencere değerlerine sahip matris içine oturtulmuş olur. Şekil 3.5.a'da kanin, Şekil 3.5.b'de büyük azı ve Şekil 3.5.c'de üst kesici için geometrik dönüşüm sonrası resimleri gösterilmektedir.



(a) (b) (c)

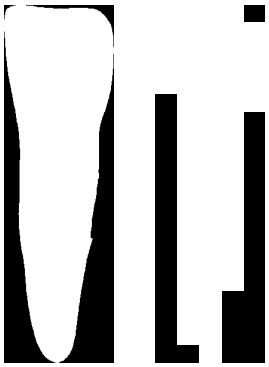
Şekil 3.5 Otomatik Dönüşüm kanin (a), Büyük azı (b), üst kesici (c)

Şekil 3.5 de görüldüğü gibi dişleri boyutlarında bir bozulma olmamaktadır. Matrissel bakımdan incelendiğinde; tüm resim datalarının boyutları aynı hale gelmiştir ve artık YSA için uygun bir form oluşturulmuştur.

3.1.4.Özellik çıkarmada uygun kareler yaklaşımı

Tasarlanmış olan son özellik çıkartma yöntemi ise resim istenilen oranda daha geniş parçalara bölünerek mozaik bir görünüm elde edilmiştir. Bu sayede oldukça büyük olan resimsel boyut 100 dizilik boyuta indirgenmiş ve YSA öğrenme süreci oldukça kısa ve etkili olmuştur. Örneğin tüm resimler için satır sayısı 10 eş parçaya sütun sayısı 5 eş parçaya ayrılırsa, orijinal resim toplamda 50 adet hücre ile temsil edilecektir anlamına gelmektedir. Şekil 3.6 da üst kesiciye ait olan bir resim için

resmin orijinal formu ve uygun kareler yöntemi gösterilmiştir. Aynı şekilde mozaik görünüm resmin fark edilebilmesi için oldukça büyütülmüştür.



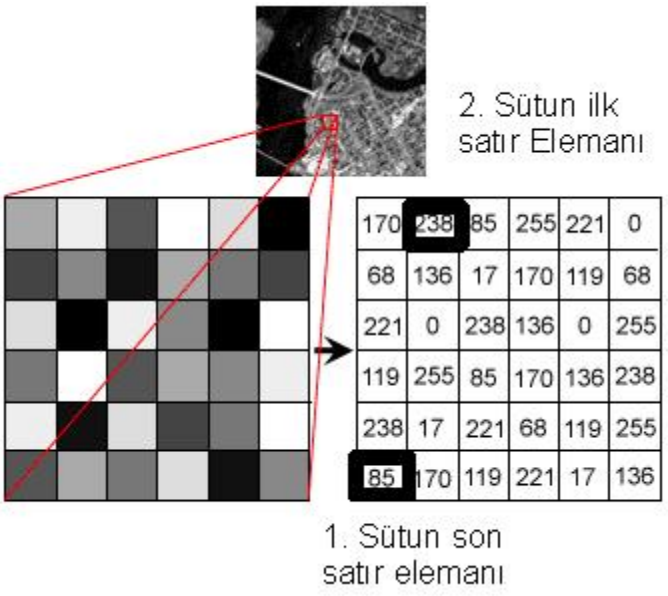
(a) (b)

Şekil 3.6 Uygun kareler yöntemi. Orijinal görüntü (a), sonuç resmi (b)

3.2.Resim Datalarının Dizi Haline İndirgenmesi

3.2.1.Sütunların uç uca eklenmesi

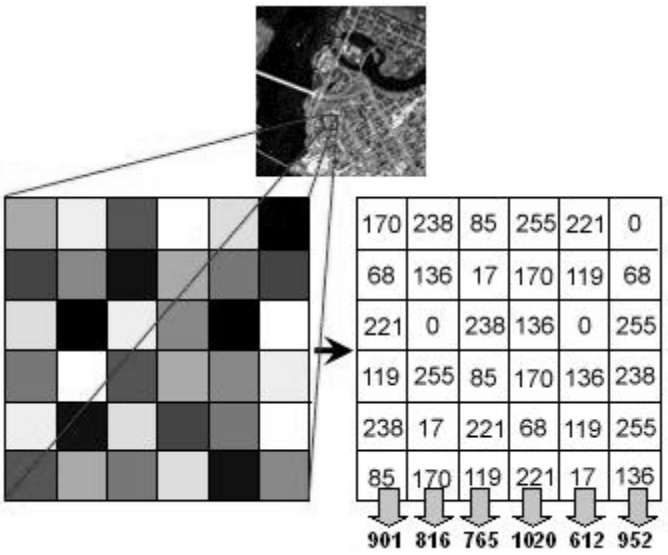
[M N] Matris boyutundan oluşmuş bir resimde sütunların uç uca eklenmesi toplamda MxN hücrelik bir diziyi meydana getirir. Sütunların uç uca eklenmesinden amaç matrissel yapıyı bozup tek bir dizi haline getirmektir. Örneğin birinci sütun son satır elemanı ile ikinci sütun ilk satır elemanı dizi boyutunda düşünülecek olursa yan yana bulunan iki hücre elemanlarıdır. Şekil 3.7' de Sütunların uç uca eklenecek pikseller gösterilmiştir. Bu sıralamaya göre dizi eleman değerleri [170 68 221 119 238 85 238 136 0 255 17 170…] şeklinde sıralanacaktır. Kalın olarak gösterilen sayılar artık komşu dizi hücrelerini temsil etmektedir.



Şekil 3.7 Sütunların uç uca eklenmesi

3.2.2.Sütunların toplanması

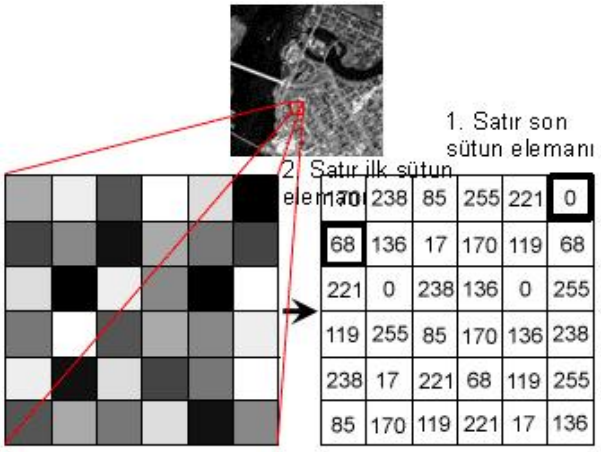
Sütunların toplanması işlemi her bir sütun elemanlarının toplanıp tek bir satırda gösterilmesi ile yapılmaktadır. [M N] Boyutunda bir resim matrisi sütunlarının toplanmasıyla [1 N] boyutuna indirgenmektedir. Görüldüğü gibi MxN boyutu yerine sadece N hücreli bir dizi kullanılmış bu sayede eğitim seti oldukça azaltılmıştır. Şekil 3.8' de Sütunların toplanması işlemi gösterilmiştir. Bu aşamadan sonra artık YSA' ya [901 816 765 1020 612 952] şeklinde bir dizi verilebilir.



Şekil 3.8 Sütunların toplanması

3.2.3.Satırların uç uca eklenmesi

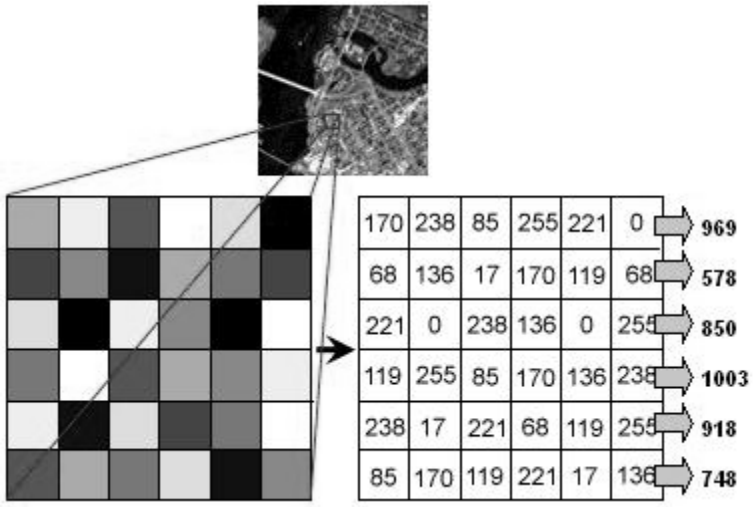
Sütunların ucu uca eklendiği düzenle düşünülmüş bir yapıdır. Ancak burada satırlar ard arda eklenmiştir. Örneğin birinci satır son sütun elemanıyla ikinci satır ilk sütun elemanı diziye yerleştirildiklerinde komşu hücreler olacaktır. Şekil 3.9' da satırların uç uca eklenmesi gösterilmiştir. Bu düzenle sıralanacak dizi elemanları ise [170 238 85 225 221 0 68 136 …] şeklinde olacaktır.



Şekil 3.9 Satırların uç uca eklenmesi

3.2.4.Satırların Toplanması

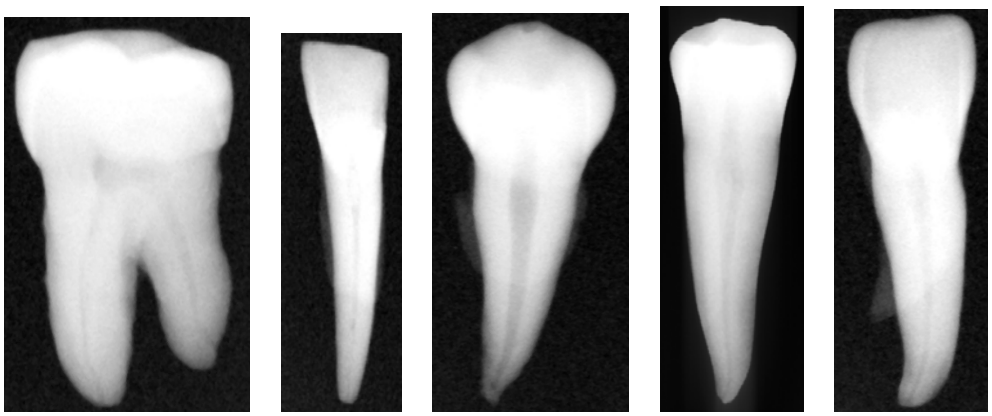
Sütunların toplanması işleminde olduğu gibi bu kez satırlar tek tek kendi aralarında toplanıp [M N] boyutundaki bir resim datası [M 1] boyutunda bir dizi haline getirilmektedir. Resim bilgisi bu sayede N kat küçültülmüş olmaktadır. Şekil 3.10' da satırların toplanması işlemi gösterilmektedir. Resmin son hali [969 578 850 1003 918 748…] düzeniyle YSA' ya verilebilir.



Şekil 3.10 Satırların Toplanması

4.DİŞ GÖRÜNTÜLERİNİN TANINMASI VE SINIFLANDIRILMASI

Bu çalışmada diş görüntülerinin YSA tabanlı sınıflandırma çalışmasında toplam olarak 50 adet diş kullanılmıştır. Bu dişlerden 4 tanesi alt kesici, 22 tanesi büyük azı, 6 tanesi kanin, 10 tanesi küçük azı, 8 tanesi üst kesici sınıfındandır. Eğitim ve Test için ortalama bir dağılım düşünülmüş test datası sayısı fazla tutulmaya çalışılmıştır. Bu sebeple 4 tane alt kesiciden iyi bir öğrenme olabilmesi için 2 tanesi eğitim setine dahil edilmiştir. Benzer şekilde 22 büyük azı dişinden 5 tanesi, 6 kanin grubundan 3 tanesi, 10 küçük azı grubundan 4 tanesi ve 8 üst kesici grubundan 3 tanesi eğitim setine dahil edilmiştir. Sonuç olarak 50 farklı dişten toplamda 17 tanesi eğitme amaçlı ayrılmış ve 33 tanesi test için sorulmuştur. Şekil 4.1 'de her bir gruba ait dişlerden gri tonlu birer örnek verilmiştir.



(a) (b) (c) (d) (e)

Şekil 4.1 Büyük azı (a), Alt kesici (b), Kanin (c), Küçük azı (d), Üst kesici (e)

Tüm çalışma boyunca YSA modellemesi yaklaşımının birbirlerine göre üstünlüğünü görebilmek amacıyla aynı gizli düğüme sahip, aynı öğrenme metoduna dayalı bir YSA mimarisi seçilmiş, daha sonra ilk deneyimler ışığında her bir çalışma için optimum YSA mimarisi aranmaya çalışılmıştır. YSA mimarisinde giriş datası kullanılan modellemeye göre değişmektedir. Örneğin satırların uç uca eklenmesi ile satırların toplanıp YSA' ya verilmesi aynı değildir. Nedeni uç uca eklemede matrisin

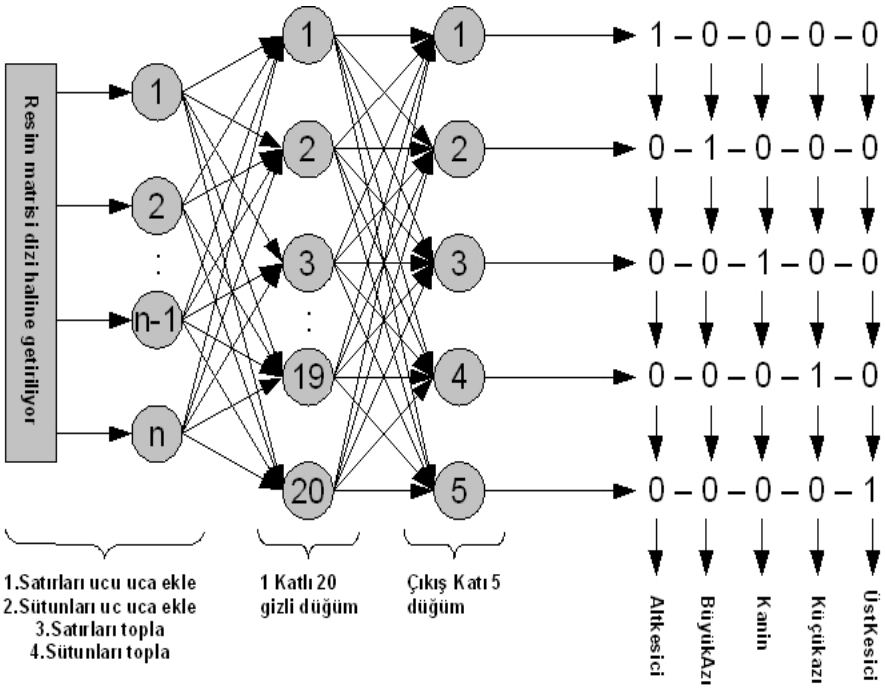
tüm hücreleri bir kerede YSA ağına giriş olarak gönderilirken satır veya sütunların toplanması ile ancak resim matrisinin bir boyutu YSA' ya giriş olarak gönderilir. Bu çalışmada akla gelen bir soruda girişten sonra gelen gizli düğüm veya düğümler ve çıkış katının nasıl olacağıdır. Öncelikle YSA ağı kurulurken ilk düşünülmesi gereken çıkış katının kaç düğümden oluşacağı ve çıkış katının özelliğidir. Elimizde beş farklı sınıf olduğuna göre YSA' nın çıkış katı bu sınıfı kapsayacak şekilde olmalıdır. 3 bitlik bir çıkış 2^3 toplam 8 farklı durumu belirtebilir bu kullanılabilecek bir yöntemdir ancak çıkış uzayının olabildiğince gerilmesi yani çıkışların birbirlerine benzememesi için 5 bitlik bir yaklaşım daha doğru olacaktır.

YSA için düşünülmesi gereken bir diğer sorunda çıkış ile giriş arasında kurulması gereken gizli katman sayısı ve katmandaki gizli düğüm sayısıdır. Gizli katman, gizli düğüm sayısının tespiti için en doğru yaklaşım deneme yanılma yoluyla değişik çalışmalar yapmaktır. Ancak çıkış katını giriş katına bağlayan ortalama bir değer gizli düğüm sayısı olarak kurulabilir. Örneğin bu çalışmada satırların uç uca eklenmesiyle 20000 giriş 5 çıkış, satırların toplanmasıyla 100 giriş 5 çıkış oluşturulacaksa gizli katman ve düğüm sayısı giriş ile çıkışı birbirine uygun şekilde bağlayabilecek şekilde düşünülmelidir. Bu amaçla ilk denemelerde ağ yapılarının birbirlerine göre üstünlüklerini görmek için 20 gizli düğüm tüm çalışmada sabi tutulmuş. Ağ mimarisi derinlemesine incelendiğinde tek tek her çalışma için optimum YSA aranmıştır. Tablo 4.1'de sınıflara karşılık gelen çıkış değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1 YSA çıkış değerleri ve Sınıf Karşılıkları

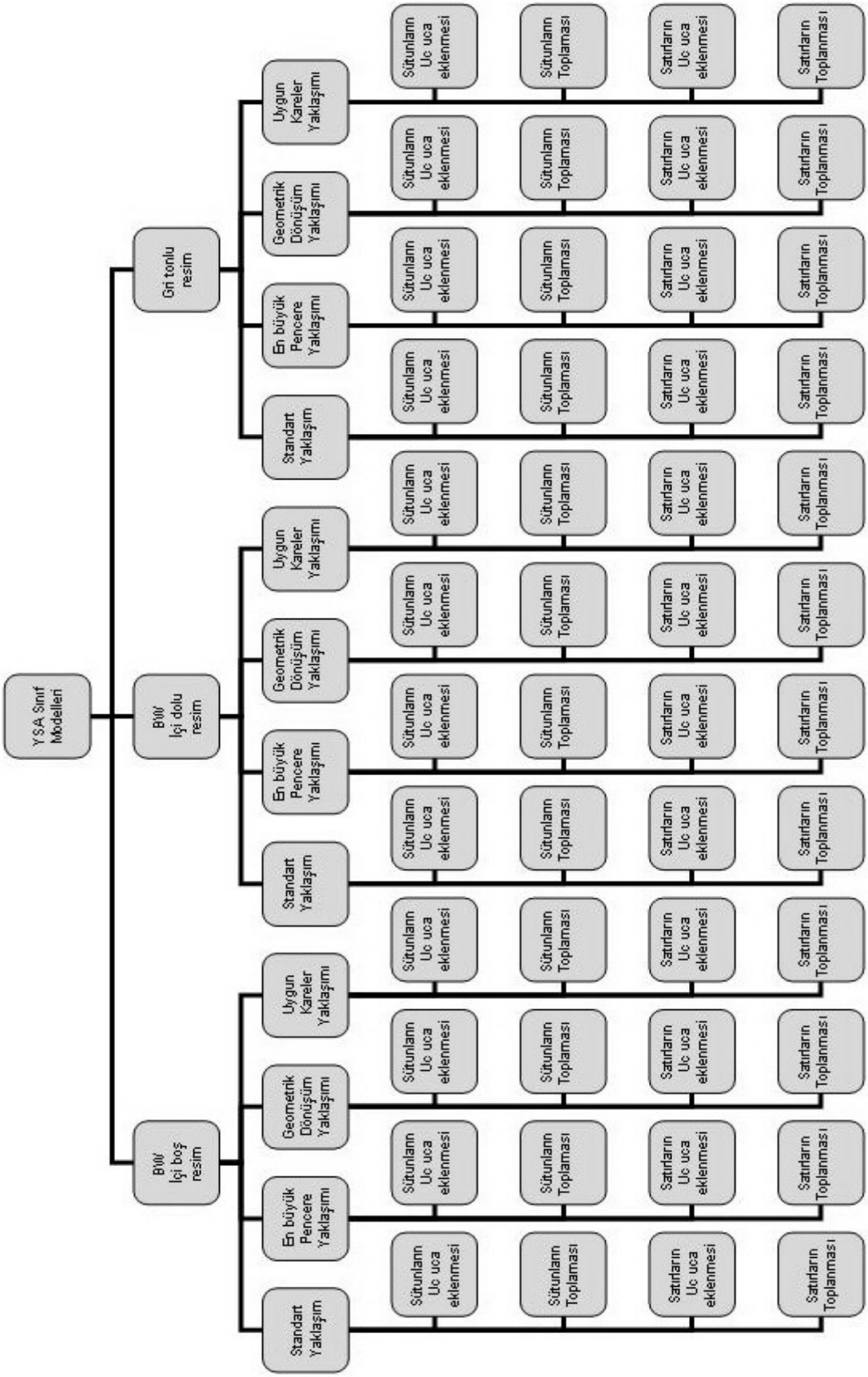
Çıkış Değerleri	***Diş Sınıf Adı***
1 – 0 – 0 – 0 – 0	Alt Kesici
0 – 1 – 0 – 0 – 0	Büyük Azı
0 – 0 – 1 – 0 – 0	Kanin
0 – 0 – 0 – 1 – 0	Küçük Azı
0 – 0 – 0 – 0 – 1	Üst Kesici

Şekil 4.2'de ağın yapısı gösterilmiştir. Giriş dizisinin değişken olmasından dolayı sadece özelliği çıkartılmış resim datalarının son dizi formu gösterilmiştir. Diğer katlar sabit şekilde kalmaktadır.



Şekil 4.2 Kullanılan YSA mimarisi (giriş, gizli katman ve çıkışlar)

Bu çalışmada her bir özelliği çıkartılmış resim formatları için toplam 48 adet YSA sınıflandırma çalışması denenmiştir. Şekil 4.3 'de uygulanmış olan tüm sınıflandırma çalışması tek bir grafik altında toplanmıştır.



Şekil 4.3 Uygulanmış olan YSA sınıflandırmaları

Genel olarak YSA sınıflandırması çalıştırmasında diş resimlerinin gri tonlu veya siyah beyaz olması ile dental resimlerinin özellik çıkartılması ve YSA ya veriliş sırası da kıyaslanmıştır. YSA algoritması çalıştırılırken bazı sınırlar belirlenmiştir. Bunlar arasında en önemlileri maksimum iterasyon sayısı 2000, ulaşılmak istenen minimum hata 10^{-6}, öğrenme oranı 0.9, moment oranı 0.7 olarak ağ yapısı kurulmuştur. YSA ile ilgili bir diğer seçim ise gizli düğüm ve çıkış katındaki transfer fonksiyonun belirlenmesidir. Her iki katman içinde logaritmik yaklaşım fonksiyonu uygun bulunmuştur. Bunun sebebi eşik değerleri 0 – 1 arasında olması ve kullanılan resimler ile aynı özellikte olmasıdır. Aşağıdaki alt başlıklarda üç farklı yaklaşım kullanılarak yapılmış sınıflandırma sonuçları incelenmektedir.

4.1.Siyah- Beyaz İçi Boş Datalar ve Öğrenme Sonuçları

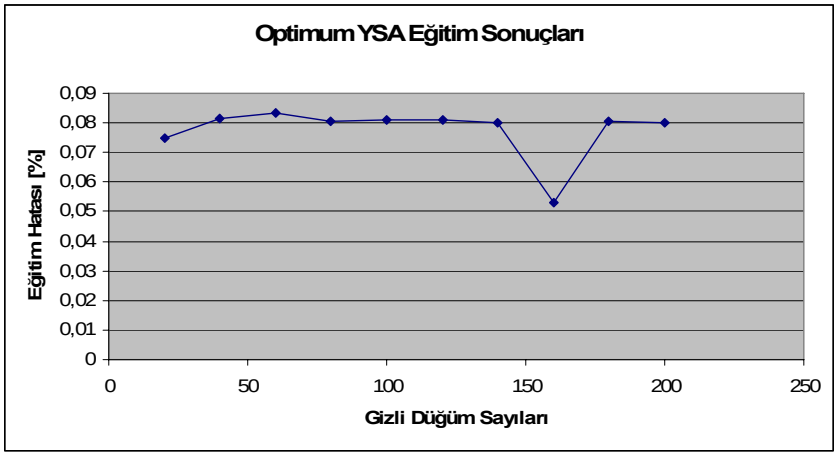
Sınıflandırmada kullanılan ilk temel düşünce dataların sadece kenar bilgilerinin alınıp YSA ya verilmesi olmuştur. Bu amaçla görüntü ön işleminden geçen dataların kenar bilgisi standart yaklaşım, uygun kareler yaklaşımı, en büyük pencere yaklaşımı ve geometrik dönüşüm yaklaşımıyla yeniden düzenlenmiştir. Bu grup çalışmada en iyi sonucu geometrik dönüşüm yaklaşımı sağlamıştır. Uygun kareler yaklaşımı içi boş siyah – beyaz resimlerde oldukça kararlı bir sonuç üretmektedir. Toplam olarak uygun kareler yaklaşımı 90 datayı doğru sınıflandırmıştır. İkinci en iyi sınıflandırma ise geometrik dönüşüm yaklaşımı toplam 88 datayı doğru sınıflandırmıştır.

İkinci en iyi sonucu veren geometrik dönüşüm yaklaşımının diğer yaklaşım modellerine göre daha iyi sonuç vermesinin sebebi resim datalarında dişlerin geometrik yapılarının tamamen korunması hiç bir şekil bozukluğu olmamasında yatmaktadır. En iyi yaklaşım olan uygun kareler metodunun özünde ise benzer şekilde diş datalarının geometrik yapılarının bozulmaması yatmaktadır. Bölüm 3 ‘te anlatıldığı gibi uygun kareler yaklaşım metodunda satır ve sütunlar belirlenen eş parçalara ayrılıyor bu sayede matris boyutu ne olursa olsun, kenarlar eş parçalara ayrılmasından dolayı orijinal görünümü korunmaktadır. Uygun kareler ile söylenebilecek bir ilave bilgi ise kullanılan data sayısının diğerlerine göre oldukça az

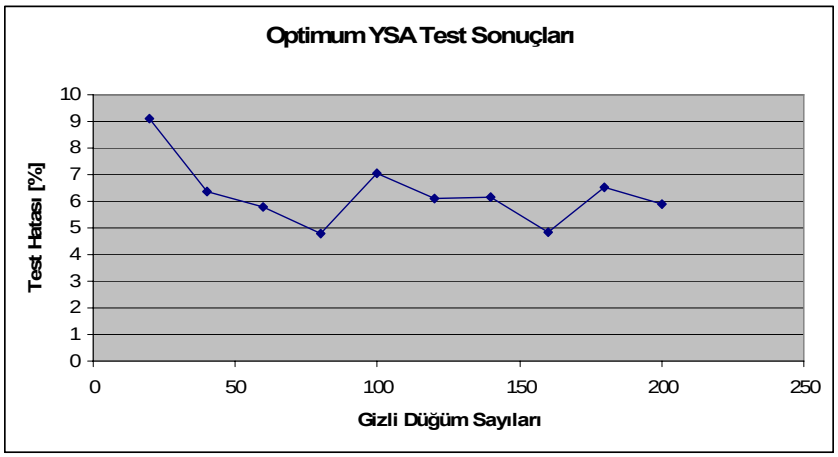
olmasıdır. Örneğin standart yaklaşımda sütunları uç uca ekleme metoduyla 20000 data için öğrenme süresi yaklaşık 90 saniye sürerken, uygun kareler yöntemin de aynı metot ile yapılan sınıflandırma sonucu sadece 11 saniye sürmektedir. Yine aynı metotla standart yaklaşım sadece 13 dataya doğru cevap verirken uygun kareler yaklaşımı 18 datayı doğru sınıflandırmaktadır.

Uygulanan dört yaklaşım metodunu olduğu gibi YSA ya verilememesinden dolayı her bir yaklaşım için dört ayrı sıralama ve YSA ya uygun form düşünülmüştür. Bu türler arasında da en iyi cevabı satırların toplanması metodu vermiştir. Bunun nedeni resim dosyalarında matris formlarının, satır sayılarının sütun sayılarından fazla olması yatmaktadır. Bu sayede daha iyi örneklenmiş resim datalarından YSA daha iyi sonuç üretmektedir. Tablo 4.2.'de içi boş Siyah - Beyaz resim dataları kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçları görülmektedir.

Yapılan ilk denemeler sonunda her bir çalışma için tek tek optimum YSA mimarisi aranması oldukça zaman alan ancak en iyi yapının bulunması için gerekli olan ek çalışmadır. Genelde tüm çalışmada gizli düğüm sayısı 20 – 140 arasında değişen çoğunlukla 60 gizli düğümde en iyi sonucu veren bir yapı bulunmuştur. Şekil 4.4.a ve Şekil 4.4.b'de İçi boş siyah – beyaz datalar için aranılan optimum YSA mimarisine ait gizli düğüm sayılarına göre değişen öğrenme ve test sonuçları grafiği gösterilmiştir.



(a)



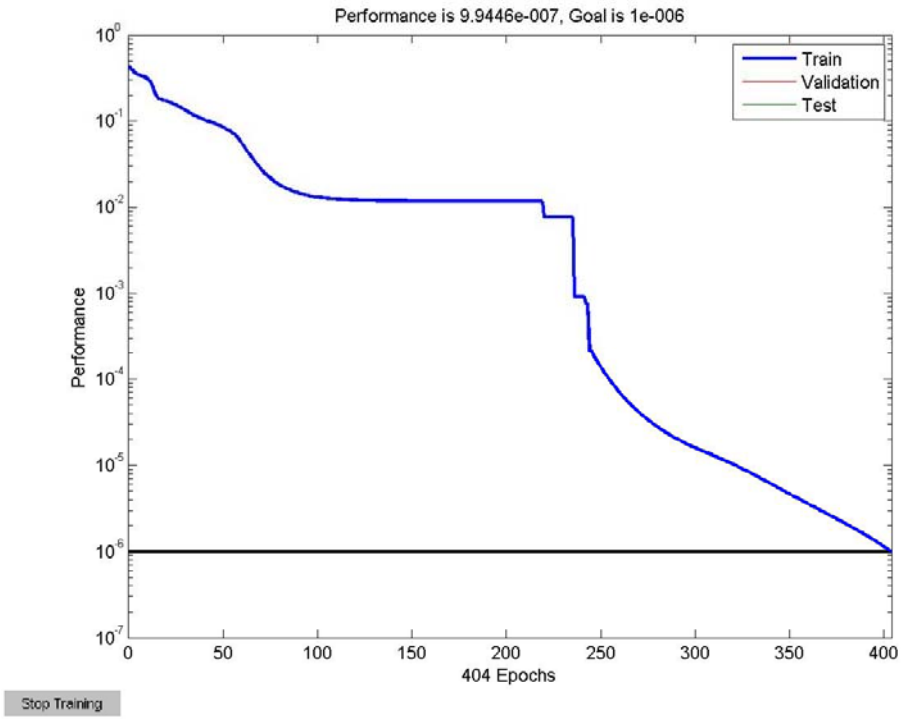
(b)

Şekil 4.4 Siyah – Beyaz içi boş Data / Geometrik Dönüşüm / Satırların Toplanması Eğitim Hatası (a), Test Hatası (b)

Tablo 4.2 Siyah – Beyaz içi boş resim datalarının sınıflandırılması

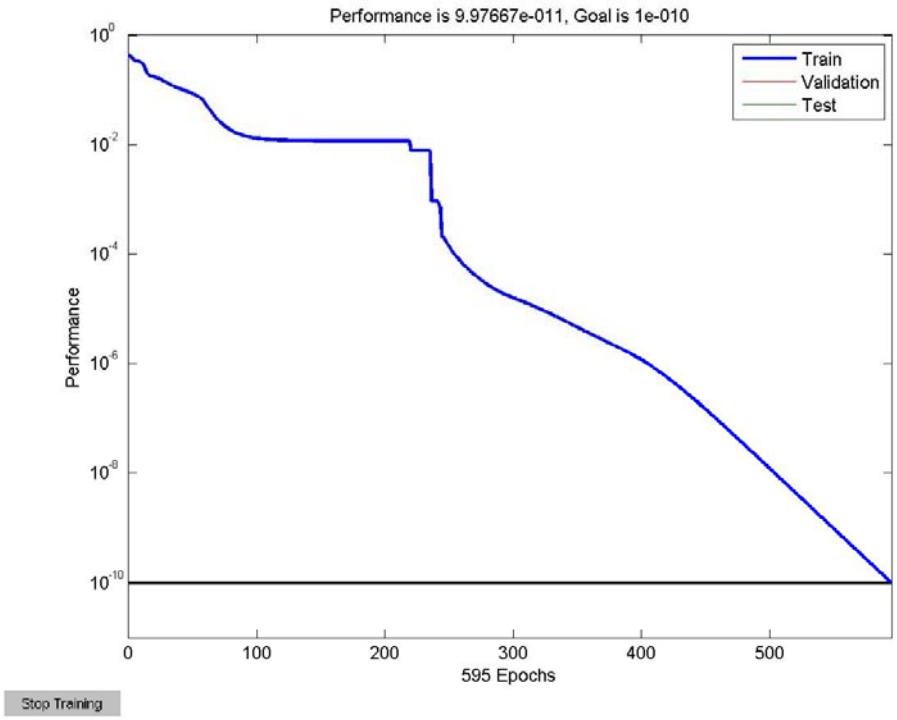
SİYAH BEYAZ İÇİ BOŞ RESİM TABANLI SINIFLANDIRMA								
YSA Modeli		**Optimum Gizli düğüm sayısı**	**% Eğitim Hatası**	**% Test Hatası**	**Toplam Süre**	**İterasyon Sayıları**	**Doğru-Yanlış Sınıflandırma**	**% Başarı**
Standart Yaklaşım	**Sütunları uç uca ekleme**	20	0.0906	17.44	49.45	257	18 – 15	54.54
	Sütunları Toplama	40	0.0847	22.43	6.24	300	12 – 21	36.36
	Satırları uç uca ekleme	60	0.0935	17.80	98.17	187	19 – 14	57.57
	Satırları toplama	140	0.0792	5.95	7.47	228	29 – 4	87.87
En büyük Pencere Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	140	0.0926	18.93	154.08	189	17 – 16	51.51
	Sütunları Toplama	140	0.0818	20.83	7.49	297	16 – 17	48.48
	Satırları uç uca ekleme	80	0.0916	20.13	88.27	183	14 – 19	42.42
	Satırları Toplama	60	0.0760	9.41	10.6	335	25 – 8	75.75
Geometrik Dönüşüm Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	60	0.0891	18.21	191	191	19- 14	57.57
	Sütunları Toplama	100	0.0826	14.78	5.46	229	21–12	63.63
	Satırları uç uca ekleme	60	0.0923	16.221	107.32	187	21 – 12	63.63
	Satırları Toplama	80	0.0804	4.80	21.2	404	29 – 4	87.87
Uygun Kareler Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	140	0.0796	13.669	14.15	299	22 – 11	66.66
	Sütunları Toplama	20	1.20	17.32	80.63	1844	20 – 13	60.11
	Satırları uç uca ekleme	60	0.0791	14.47	9.25	221	22 – 11	66.66
	Satırları Toplama	60	9.19	12.26	25.21	627	26 – 7	78.78

Bu çalışma setinde en iyi sonucu veren yapı yani Geometrik Dönüşüm / Satırların Toplanması uygulaması daha derinlemesine incelenebilir. Bu Tablo 4.2 'den görüleceği gibi 404 iterasyon sonunda istenilen hata değerine inilmiş ve çalışma sonlandırılmıştır. O halde bu çalışmada daha kararlı bir öğrenme yaptırılmak isteniyorsa minimum hata değeri e^{-10}'a çekilebilir. Bu sayede daha az eğitim hatası ve daha fazla test datasına doğru sonuç vermesi sağlanabilir. Şekil 4.5' te 404 iterasyon için 10^{-6} hata değerine inen ve bunu grafiksel olarak gösteren yapı vardır. Grafikten de görüleceği gibi yaklaşık 250. iterasyona kadar öğrenmeme veya zorlanarak öğrenme yapısı görülmektedir. Ancak belli bir iterasyondan sonra öğrenmede bir konum değişikliği olmuş ve aniden istenilen hata değerine süratle düşmüştür. Buradan şu çıkarsama yapılabilir. Belli bir noktadan sonra ağırlık vektörleri çözülmüş ve öğrenme süratle bitmiştir.



Şekil 4.5 Geometrik dönüşüm / Satırların Toplanması 10^{-6} hata değeri

Şekil 4.6'da ise aynı grup çalışma için bu sefer 10^{-10} hata değerine indirilmek istenmiştir.



Şekil 4.6 Geometrik dönüşüm / Satırların Toplanması 10^{-10} hata değeri

Geometrik dönüşüm için yapılan ikinci bir çalışmadan sonra Tablo 4.3'te her iki modelinde sonuçları verilmiştir. Tablo 4.3' ten de görüleceği gibi %eğitim hatası ve % Test hatası azalmıştır. Ancak test datalarında bu farka rağmen yinede aynı sınıflandırma başarısını göstermiştir.

Tablo 4.3 Geometrik dönüşüm / Satırların Toplanmasına ait iki farklı çalışma sonuçları

Minimum Hata Değeri	% Eğitim Hatası	% Test Hatası	Toplam Süre	İterasyon Sayıları	Doğru-Yanlış Sınıflandırma	% Başarı
10^{-6}	0.0804	4.80	21.27	404	29 – 4	87.87
10^{-10}	0.0008	3.7662	25.17	595	29 – 4	87.87

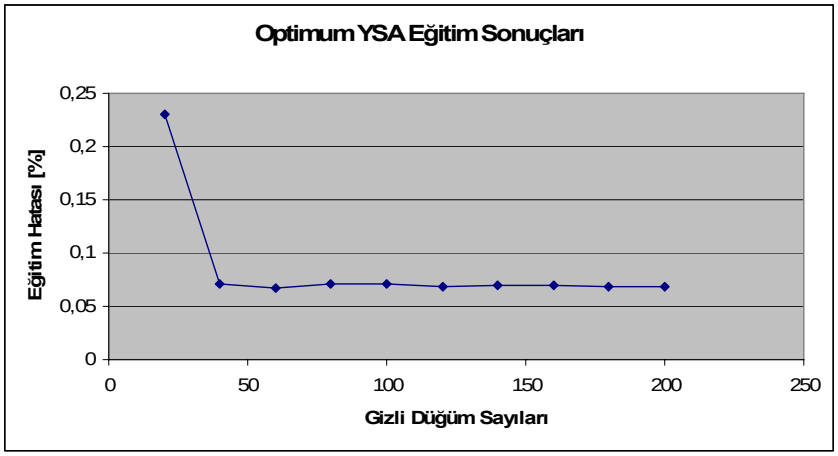
4.2.Siyah – Beyaz İçi Dolu Datalar ve Öğrenme Sonuçları

Sınıflandırmada kullanılan ikinci düşünce ise dataların sadece kenar bilgilerinin alınıp kenarları belirlenmiş içi boş dataların içlerinin bir yani beyaz renk ile doldurulmasıyla oluşturulmuş data setlerinin YSA ya sürülmesi olmuştur. Bu amaçla ön işlemden geçen datalar içi boş data çalışmasında olduğu gibi standart yaklaşım, uygun kareler yaklaşımı, en büyük pencere yaklaşımı ve geometrik dönüşüm yaklaşımıyla yeniden düzenlenmiştir. İçi dolu datalar ile yapılan çalışmada en iyi sonucu veren En büyük pencere metodu / Satırların toplanması ve Geometrik dönüşüm / Satırların toplanması çalışmaları olmuştur.

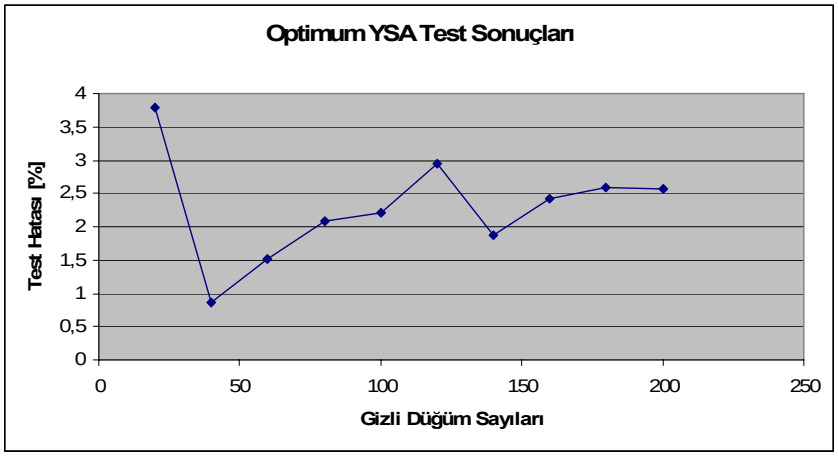
Toplamda geometrik dönüşüm yaklaşımı 106 datayı doğru sınıflandırırken ikinci en iyi sınıflandırma ise en büyük pencere yaklaşımda 99 data ile sınırlı kalmıştır. Bu çalışma setinde Geometrik dönüşüm yaklaşımı / Satırların toplanması yaklaşımı en iyi sonucu vermekte ancak diğer yaklaşımlarda o kadar başarılı olamamaktadır. Tablo 4.4'de içi dolu siyah – beyaz resim dataları kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçları görülmektedir. Tablo incelendiğin de görülecektir ki birçok çalışmada iterasyon sayıları maksimuma oldukça yaklaşmıştır. Şekil 4.7'de Siyah – Beyaz içi dolu resim dataları üzerinden yapılan YSA sınıflandırması için optimum gizli düğüm grafiği gösterilmektedir.

Tablo 4.4 Siyah – Beyaz içi boş resim datalarının sınıflandırılması

SİYAH – BEYAZ İÇİ DOLU RESİM TABANLI SINIFLANDIRMA								
YSA Modeli		**Optimum Gizli düğüm sayısı**	**% Eğitim Hatası**	**% Test Hatası**	**Toplam Süre**	**İterasyon Sayıları**	**Doğru-Yanlış Sınıflandırma**	**% Başarı**
Standart Yaklaşım	**Sütunları uç uca ekleme**	60	0.0855	14.50	743	1607	19 - 14	57.57
	Sütunları Toplama	60	0.0705	12.66	45.33	1368	24 - 9	87.87
	Satırları uç uca ekleme	100	0.089	13.12	318.06	427	20 – 13	60.60
	Satırları toplama	40	0.48	5.98	64.15	2000	27 – 6	81.81
En büyük Pencere Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	140	0.0547	13.96	1255	1763	21 - 12	63.63
	Sütunları Toplama	60	0.0719	13.65	35.12	1252	21 - 12	63.63
	Satırları uç uca ekleme	80	4.01	14.15	815.96	2000	23 -10	69.69
	Satırları Toplama	40	0.373	4.58	64.91	2000	31 - 2	93.93
Geometrik Dönüşüm Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	100	0.0703	10.92	453.48	512	24 -9	87.87
	Sütunları Toplama	100	0.0658	12.72	54.51	1606	23 - 10	69.69
	Satırları uç uca ekleme	80	0.0610	8.94	1345.23	1768	26 - 7	78.78
	Satırları Toplama	40	0.0711	0.87	65.89	1978	33 - 0	100
Uygun Kareler Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	60	0.0773	13.10	10.626	376	21 -12	63.63
	Sütunları Toplama	60	3.33	17.75	54.16	2000	18 - 15	54.54
	Satırları uç uca ekleme	40	0.0771	12.07	8.12	300	26- 7	78.78
	Satırları Toplama	80	0.0720	7.41	6.45	244	25- 8	75.75



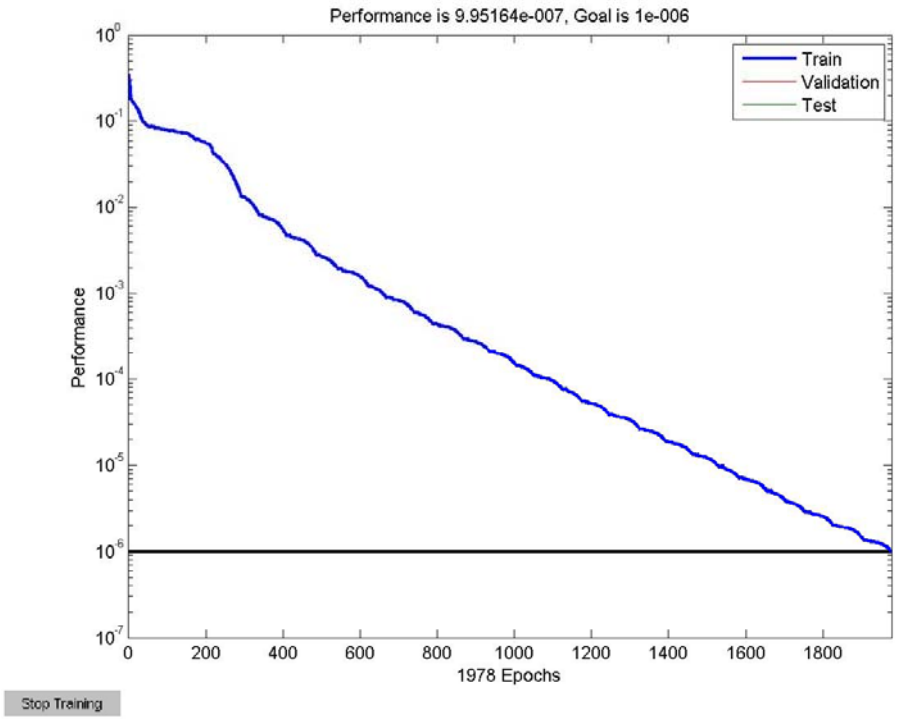
(a)



(b)

Şekil 4.7 Siyah – Beyaz içi dolu Data / Geometrik Dönüşüm / Satırların Toplanması Eğitim hatası (a), Test hatası (b)

Şekil 4.7 incelendiğinde görülecektir ki 40 gizli düğüm için YSA oldukça iyi bir öğrenme yapmış ve tüm test datasını doğru sınıflandırmıştır. Bu öğrenmeye ait anlık iterasyon – ortalama karesel hata grafiği Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Bu grafiğe göre Düzenli bir öğrenme gerçekleşmiş ve 1987. iterasyonda istenilen ortalama karesel hataya inilmiştir. Bu öğrenmede tüm test datasına doğru cevap verdiği için ortalama karesel hatayı daha düşük seviyeye çekip daha kararlı bir öğrenme yaptırmaya gerek kalmamıştır.



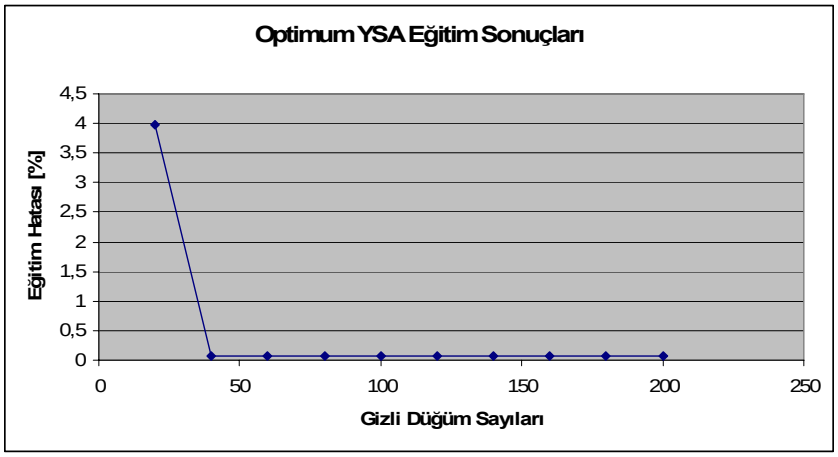
Şekil 4.8 Geometrik dönüşüm / Satırların Toplanması uygulaması

4.3.Gri Tonlu Datalar ve Öğrenme Sonuçları

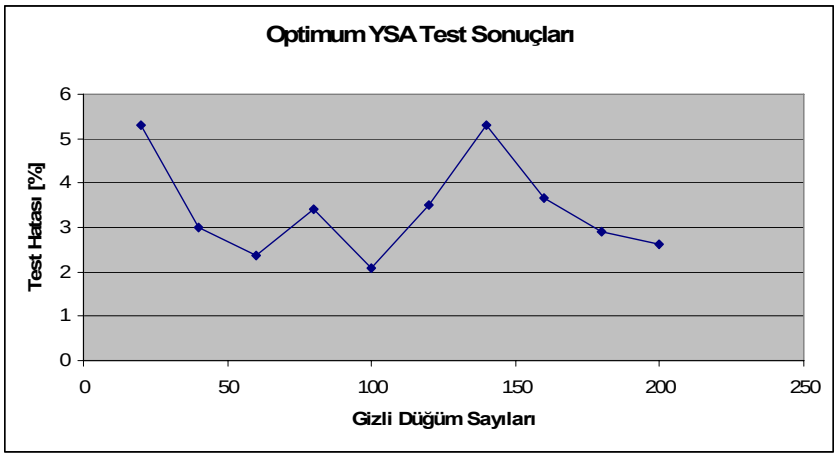
Sınıflandırmada kullanılan üçüncü bir düşünce ise dataların sadece kenar bilgilerinden yola çıkarak orijinal resmin datasından sadece diş olarak alınan kısmın gri tonlu renk seviyesi korunarak YSA ya verilmesidir. Bu amaçla ön işlemden geçen datalar diğer iki grup çalışmada olduğu gibi standart yaklaşım, uygun kareler yaklaşımı, en büyük pencere yaklaşımı ve geometrik dönüşüm yaklaşımıyla yeniden düzenlenmiştir. Gri tonlu datalar ile yapılan çalışmada en iyi sonucu veren Geometrik dönüşüm / Satırların toplanması olmuştur.

Toplamda geometrik dönüşüm yaklaşımı 109 datayı doğru sınıflandırırken bir diğer yaklaşım olan En büyük pencere metodu 104 dataya doğru cevap vererek ikinci en iyi metot olmuştur. Tablo 4.5 'de Gri tonlu datalar için yapılmış çalışma sonuçlarının toplu olarak gösterilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi satırların toplanması metodu tüm yaklaşımlarda iyi sonuç vermektedir.

Şekil 4.9'da Gri tonlu datalar için yapılan sınıflandırma çalışmasında kullanılan YSA için optimum ağ yapısı gösterilmiştir.



(a)



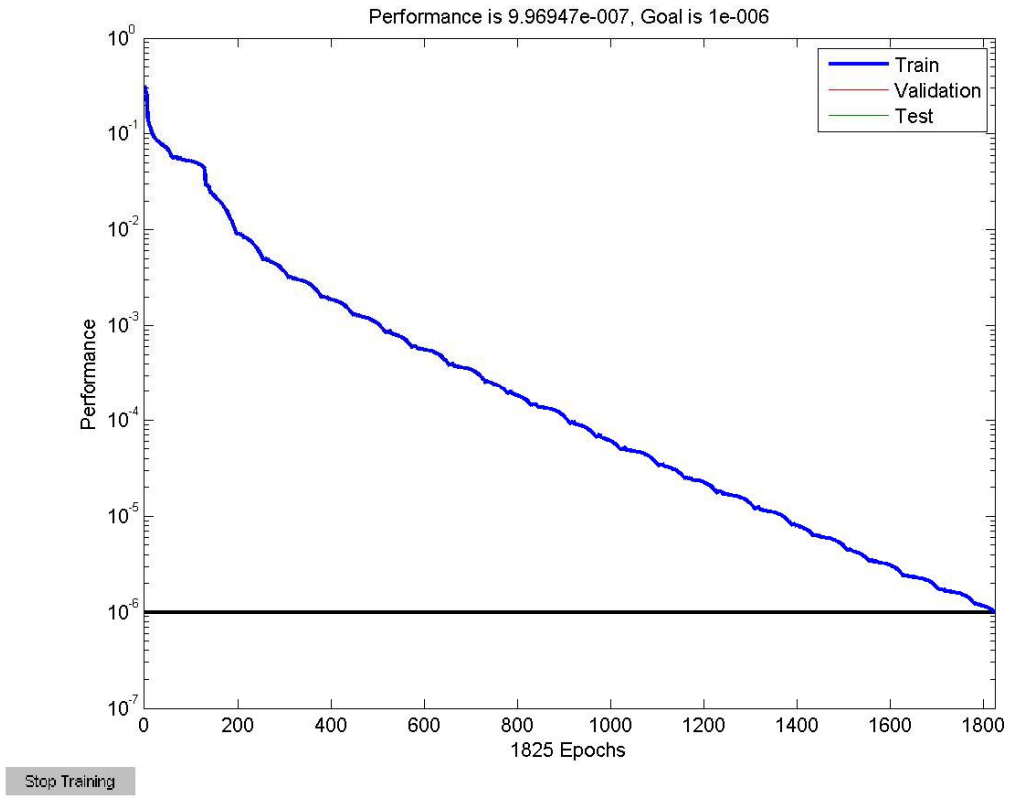
(b)

Şekil 4.9 Gri Tonlu Data / Geometrik Dönüşüm / Satırların Toplanması
Eğitim hatası (a), Test hatası (b)

Tablo 4.5 Gri Tonlu resim datalarının sınıflandırılması

GRİ TONLU RESİM TABANLI SINIFLANDIRMA								
YSA Modeli		**Optimum Gizli düğüm sayısı**	**% Eğitim Hatası**	**% Test Hatası**	**Toplam Süre**	**İterasyon Sayıları**	**Doğru-Yanlış Sınıflandırma**	**% Başarı**
Standart Yaklaşım	**Sütunları uç uca ekleme**	80	0.088	13.49	546.75	659	24 - 9	72.72
	Sütunları Toplama	60	0.8462	13.7428	54.8306	1000	23 - 10	69.69
	Satırları uç uca ekleme	80	0.909	15.55	1617.13	2000	22 – 11	66.66
	Satırları toplama	40	0.411	6.77	102.46	2000	29 - 4	87.87
En büyük Pencere Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	60	0.086	8.39	541.73	1192	29 - 4	87.87
	Sütunları Toplama	60	0.20	14.99	62.22	2000	22 - 11	66.66
	Satırları uç uca ekleme	60	0.0862	10.72	288.08	633	26 – 7	78.78
	Satırları Toplama	80	0.21	6.57	62.67	2000	27 - 6	81.81
Geometrik Dönüşüm Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	80	0.0895	8.94	623.85	627	24 - 9	72.72
	Sütunları Toplama	80	0.0656	11.11	60.35	1957	25 - 8	75.75
	Satırları uç uca ekleme	120	0.0395	6.12	1541.05	1409	27 - 6	81.81
	Satırları Toplama	60	0.0066	2.37	57.19	1825	33 - 0	100
Uygun Kareler Yaklaşımı	**Sütunları uç uca ekleme**	60	0.0786	15.7	9.44	358	19 - 14	57.57
	Sütunları Toplama	60	0.88	30.99	59.20	2000	10 - 23	30.30
	Satırları uç uca ekleme	80	0.0792	16.19	8.1676	286	18 - 15	54.54
	Satırları Toplama	80	0.0703	7.85	17.56	630	29 - 4	87.87

Şekil 4.10 ‘da Gri tonlu datalarda en iyi sonucu veren Geometrik Dönüşüm / Satırların toplanması, YSA eğitim süreci ortalama karesel hata - iterasyon grafiği gösterilmiştir.



.

Şekil 4.10 Geometrik dönüşüm / Satırların Toplanması uygulaması

4.4.Algoritma Kullanılarak Yapılan Sınıflandırma Çalışması ve Sonuçları

YSA tabanlı sınıflandırma çalışmasının üstünlükleri veya eksikliklerini görmek açısından yapılan bir diğer çalışmada doğrudan resmin alınıp ön işlemden geçtikten sonra resmin boyutlarından yola çıkarak diş resminin hangi sınıfa ait olduğunun tespitidir.

Bu uygulamada tüm test ve eğitim setindeki diş resimleri otomatik olarak yükleniyor. Daha sonra her bir resmin ait olduğu sınıf göz önünde bulundurularak ortalama bir boyut bilgisi alınmıştır. Algoritmaya bu boyut aralığı girilerek tüm data

tekrar sorulmuştur. Sonuçlar Tablo 4.6 da gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Algoritma kullanarak yapılan diş sınıflandırma çalışması sonuçları

Gerçek Diş Datası	**Algoritma Sonucu**	**Gerçek Diş Datası**	**Algoritma Sonucu**
altkesici01	-	kanin02x	-
altkesici02	Üst Kesici	kanin03	Küçük azı üst kesici
altkesici03	-	kanin04	Kanin
altkesici04	Üst Kesici	kanin04x	-
buyukazi01	Büyük azı	kucukazi01	Küçük azı üst kesici
buyukazi02	-	kucukazi01x	Küçük azı üst kesici
buyukazi07'	Büyük azı	kucukazi02	Küçük azı
buyukazi08	Büyük azı	kucukazi02x	Küçük azı
buyukazi10	-	kucukazi03	Küçük azı
buyukazi12	Büyük azı	kucukazi05	Küçük azı üst kesici
buyukazi13	Büyük azı	kucukazi05x	Küçük azı üst kesici
buyukazi14	-	kucukazi06	Küçük azı
buyukazi16	-	kucukazi06x	Küçük azı
buyukazi17	Büyük azı	kucukazi07	Küçük azı
buyukazi18	-	ustkesici01	Alt kesici üst kesici
buyukazi19	Büyük azı	ustkesici01x	Alt kesici üst kesici
buyukazi20	-	ustkesici02	Küçük azı,
buyukazi25	Büyük azı	ustkesici02x	Üst kesici
buyukazi26	Büyük azı	ustkesici03	Alt kesici üst kesici
buyukazi28	-	ustkesici03x	Alt kesici üst kesici
buyukazi30	Büyük azı	ustkesici04	Küçük azı
buyukazi31	Büyük azı	ustkesici04x	Üst kesici
buyukazi32	-		
buyukazi34	-		
buyukazi35	Büyük azı		
buyukazi36	-		
kanin01	Küçük azı Üst kesici		
kanin02	Kanin		

Tablo 4.6 incelendiğinde görülecektir ki YSA tabanlı diş datalarının sınıflandırılması daha sağlıklı sonuç vermekte ortalama bir sınıflandırma başarısı bile algoritma kullanılarak yapılan sınıflandırmadan başarılı olmaktadır.

Algoritma kurularak yapılan sınıflandırma çalışmasında alt kesici dişlerin hiçbirine doğru yanıt verememiştir. Bunlardan iki tanesini sınıflandırmış 2 tanesini de üst kesici diş sınıfına dahil etmiştir. Büyük azı dişlerde durum daha farklıdır. Bu grup datalarda algoritma kurgusu büyük azıların çoğunluğunu doğru olarak sınıflandırmış ya da hiç sınıflandırmamıştır. Kanin grubu datalarda ise algoritma kurgusu dataları benzer şekilde doğru bir sınıflandırmaya tabii tutmamıştır. Kanin sınıfına dahil olması gereken dataları küçük azı ve üst kesici sınıflarına dahil etmiştir. Küçük azı diş datalarında büyük bir doğrulukla dataları doğru sınıflandırmış ancak yinede bazı dişleri üst kesici diş sınıfına da dahil etmiştir. Üst kesici datalarda da durum benzerdir. Bu guruba dahil olması gereken dişler yanlış sınıflandırmaya tabii tutuluştur.

4.5.Diş Resimleri Sınıflandırma Çalışmasına Genel Bakış ve Sonuçlar

Kullanılan tüm bu metotlar incelenip genel bir çerçeveden bakılacak olursa; içi boş siyah beyaz datalarda toplam doğru sayısı 330 adet, İçi doldurulmuş siyah beyaz datalarda 382 ve gri tonlu datalarda ise 387 tanesine doğru cevap vermiştir. O halde ilk tespit olarak içi dolu ve gri tonlu datalarının, YSA tabanlı sınıflandırma sorusuna daha doğru cevap verdiği söylenebilir. İkinci bir yaklaşım ise iterasyon sayılarına bakılarak ta yapılabilir. İçi boş datalar kullanılarak yapılan sınıflandırma çalışmasında neredeyse tamamında belirlenen maksimum iterasyon sayısına ulaşmadan istenilen hedef değere ulaşmıştır. İçi dolu ve gri tonlu resim datalarında ise büyük çoğunluğunda maksimum iterasyon sayısına oldukça yaklaşılmıştır. O halde içi dolu veya gri tonlu datalarda öğrenme içi boş datalara göre oldukça zor olmaktadır denebilir. Bir diğer yaklaşımda elde edilmiş dataların YSA ya veriliş düzeniyle ilgilidir. Tablolar incelendiğinde görülecektir ki sütun toplama ve sütun uç uca ekleme metotları YSA'nın öğrenmesini zorlaştırmaktadır. Satır tabanlı çalışmalarda ise YSA daha doğru kararlar vermektedir.

Algoritma tabanlı sınıflandırma çalışması ise YSA tabanlı tüm çalışmalara göre oldukça zayıf kalmaktadır. Bunun nedeni diş resimlerinin gerçekten kenar

bilgileriyle değil de sadece pencere boyutundan yola çıkılarak elde edilmeye çalışılan dataya ait karakteristiksel bilgilerin tutarsız oluşudur. Genel anlamda büyük azı dişine ait datalar doğru sınıflandırılırken diğer sınıfa ait diş resimleri ya sınıflandırılamamış ya da birden fazla sınıfına dahil edilmiştir.

5. DİŞ RESİMLERİNDE YEREL GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME

5.1. Yerel Görüntü Zenginleştirme Uygulaması

Tezin bu bölümünde gerçek diş radyografları kullanarak yerel görüntü zenginleştirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada amaç diş radyograflarındaki diş ve diş civarı bölgesinin zenginleştirilmesi, resimdeki diğer kısımların ise olduğu gibi bırakılarak; resimde en iyi seçiciliğin sağlanmasıdır. Şekil 5.1'de orijinal radyograf görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.1 Orijinal Radyograf Görüntüsü

Şekilden de görüleceği gibi diş eti haricindeki kısım radyografta siyah olarak görülmektedir. Bu kısım ağız boşluğu olarak ta nitelendirilebilir. Resimde iki adet diş

resmi açık olarak seçilmektedir. Bu resim üzerinde söylenebilecek bir yorum da ağız boşluğuna denk gelen dişin taç kısmı radyografta kolay olarak ayırt edilebilirken diş eti içinde kalan kısım diş boyu uzadıkça seçiciliğini kaybetmekte ve kök ucuna doğru belirsizleşmeye başlamaktadır.

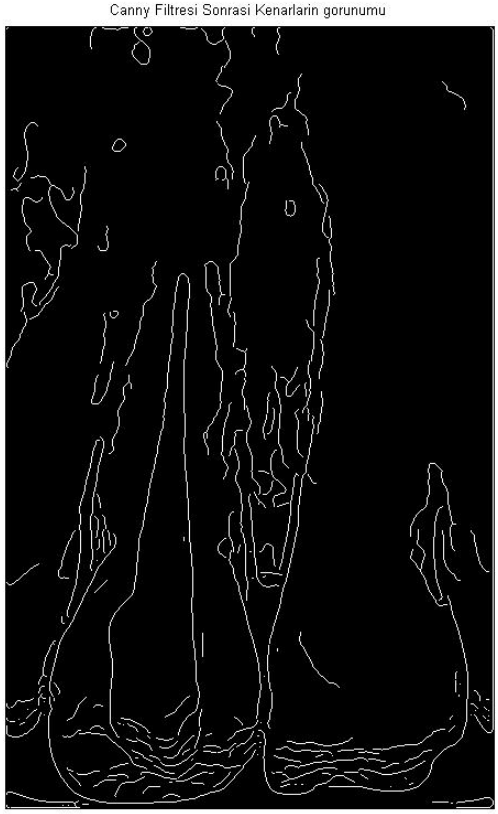
Böyle bir radyografta doğrudan tüm resim içerisine yapılacak bir görüntü zenginleştirmesi resmin tamamında çalışacak ve radyograf sonucunu belli bir seviye çekecektir. Bu çalışma en genel haliyle yapılacak olursa tüm resim boyutunda çalışacak bir görüntü zenginleştirme resmin boyutuna göre uzun zaman alacaktır ve istenilen bir resim seçicilik seviyesine de yaklaşılamayabilir. Onun yerine sadece diş civarı seçilip, seçilen kısım zenginleştirilirse zaman olarak tasarruf yapılacağı resim boyutunun küçülmesinden dolayı açıktır. Ayrıca seçilen kısımda çalışacak bir görüntü zenginleştirmesi ile daha anlaşılabilir bir resim elde edilebilir.

Orijinal diş resimlerinde diş hatlarının seçilebilmesi için bölüm 2 de anlatılan teknikler uygulanarak resim, görüntü ön işlemden geçmelidir. Şekil 5.2 ‘de [20 20] lik median filtresi sonrası diş resminin görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.2 [20 20] Median Filtresi sonrası görünüm

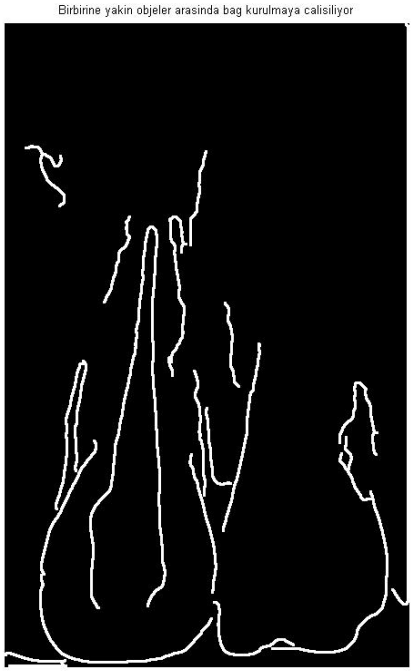
Median filtresinin uygulanmasının sebebi diş bölgesinin seçilebilmesini kolaylaştırmaktır. Seçme işleminde en büyük objenin seçilmesi ve seçilen pencerede yapılacak lokal görüntü zenginleştirmesi hedef uygulamadır. Bu aşamadan sonra ideal bir kenar belirleme olan canny filtresi ile orijinal resimde kenar seçme uygulaması yapılıyor. Şekil 5.3'te canny filtresi sonrası görünüm görülmektedir. Bu resimde görüleceği gibi irili ufaklı birçok kenar bilgisi seçilmiştir. En belirgin kenarlar dişin taç kısmında kendisini göstermektedir. Bu kısım gerçek resimde ağız boşluğuna denk gelmekte ve seçilmesi en kolay olan parçadır. Derinlere inildikçe diş kenarları seçilememekte ve belli bir noktadan sonra tamamen kaybolmaktadır.



Şekil 5.3 Canny filtresi sonrası diş resminde kenarların görünümü

Canny algoritması sonrası oluşan irili ufaklı kenar bilgilerinde, birbirleriyle ilişkili ancak bir iki piksellik kopukluklar bağlanarak daha kolay seçilebilir. Şekil 5.4'te morfolojik işlem sonrası olası kopuklukların bağlandığı görüntü verilmektedir.

Aynı resimde küçük objeler atılarak geriye büyük objeler bırakılmıştır.



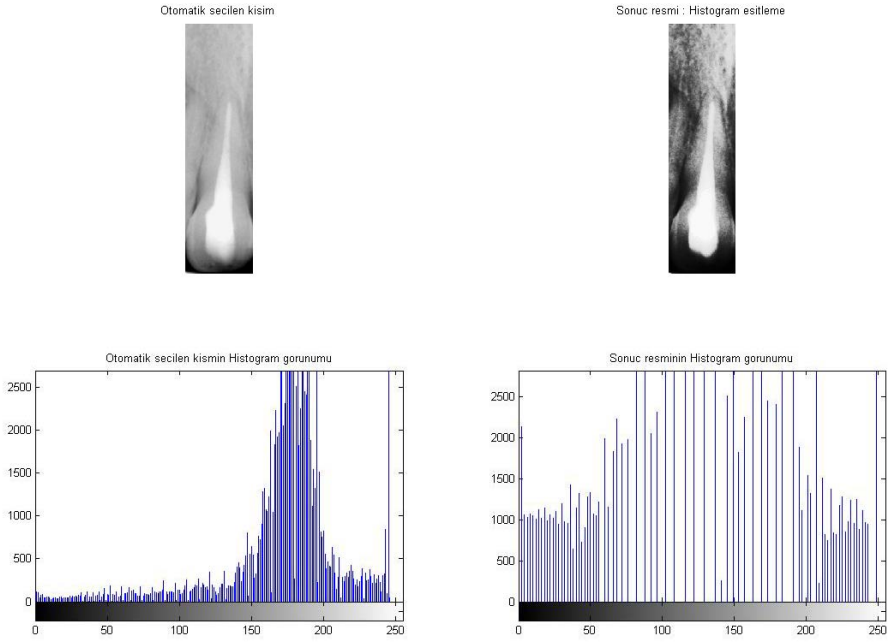
Şekil 5.4 Morfolojik işlem sonrası görünüm

Bu aşamadan sonra yapılması gereken tekrar en büyük objenin bulunduğu pencereyi seçmek ve sadece o pencere de yapılacak olan görüntü zenginleştirme işlemidir.

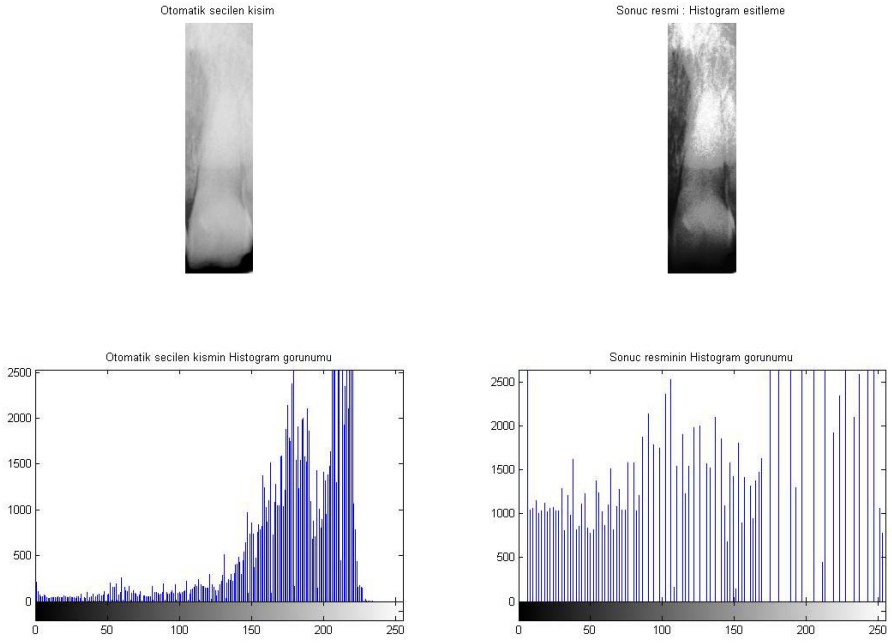
5.2. Yerel Görüntü Zenginleştirme Uygulama Sonuçları

Görüntü zenginleştirme için kullanılabilecek teknikler oldukça fazladır. Radyograf görüntülerin gri tonlu olması sebebiyle kontrast açma, parlaklık ayarlama, gama açma, histogram eşitleme gibi teknikler kullanılabilir. Bu çalışmada en çok tercih edilen histogram analizi kullanılmıştır. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 ‘da seçilen diş bölgelerinin önceki ve histogram eşitleme sonrası görünümleri gösterilmektedir.

Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 grafiklerinin sol kısımları resmin orijinal görüntüsünden otomatik olarak seçilmiş diş bölgesidir. Sağ taraftaki görüntüler ise histogram eşitleme işleminden sonraki görüntüleridir. Histogram eşitleme gri tonlu bir resimde, gri ton parlaklık seviyelerini minimum ve maksimum parlaklık eksenine yayma işlemidir. Grafiklerden de görüleceği gibi parlaklık ekseninin orta kesiminde toplanmış olan piksel değerleri histogram eşitleme işleminden sonra mümkün olduğunca tüm skalaya yayılmıştır. Bu işlem sonunda ilkel halde gözle seçilemeyen bölgeler kolaylıkla ayırt edilebilmiştir.



Şekil 5.5 Seçilen diş bölgesinde histogram eşitleme işlemi



Şekil 5.6 Seçilen diş bölgesinde histogram eşitleme işlemi

6.GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE HÜCRESEL YAPAY SİNİR AĞLARI

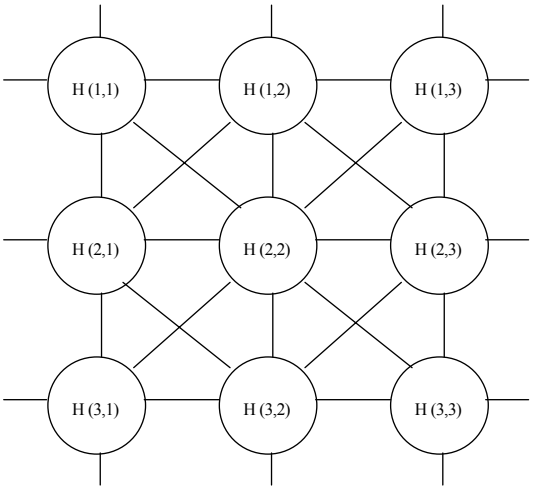
Bu bölümde klasik YSA anlamının dışına geliştirilen özü itibariyle; YSA ‘ya benzese bile iki boyutlu yani matris tabanlı çalışmaya elverişli olmasıyla görüntü işlemede tercih edilen hücresel yapay sinir ağları anlatılmıştır.

Hücresel Yapay Sinir Ağı (HYSA) Leon Chua ve Lin Yang tarafından 1988 yılında ortaya atılmış bir yaklaşımdır (Chua ve ark). HYSA iki boyutlu çalışan bir algoritması, birbirine bağlı iki boyutlu hücreler ve bu hücreler arasındaki bağlantılara dayanan bir yapısı vardır. İki boyutlu hücrenin bileşenleri arasındaki bağlantı ağırlıklarının değişmez olması, HYSA’ yı diğer YSA’ lardan ayıran en önemli özelliğidir. Bu özellik de HYSA’ yı klasik anlamdaki YSA’ lara göre oldukça avantajlı bir konuma sokmaktadır. Bilinen anlamdaki YSA’ ların bazı temel özelliklerini taşımasının yanı sıra özellikle iki boyutlu yapılarından dolayı HYSA’ lar pratikte görüntü işleme ve örüntü tanıma konularında oldukça fazla uygulama alanları bulmuşlardır (Chua 1991, Suzuki ve ark. 1992, Günsel ve ark. 1993, Sziranki ve ark. 1994, Güzeliş 1996, Özmen ve ark. 1999).

Görüntü işlemede HYSA kullanılması durumunda, HYSA’ nın hücresel yapısı, işlenecek resim üzerinde hareket ettirilerek resmin sürekli taranması sağlanır. Dolayısıyla resmi oluşturan her hücresel yapı benzeri parçacığı hakkında bilgiler hücre yapısına bir desen olarak tanıttırılır. Böylece resmin ayırt edici özellikleri hücre tarafından öğrenilir. Paralel çalışma ve iki boyutlu özelliklerinden dolayı bu ağ yapısı, karakterlerin bazı ayırt edici özelliklerinin çıkarılmasını sağlayan bir ön işleme elemanı olarak kullanılır. Burada üzerinde işlem yapılacak olan görüntüdeki her nokta bir nörona karşılık gelir (Ceylan 2006). HYSA’ lar, görüntü işlemenin yanı sıra hareket sezme işlemlerinde de kullanılmaktadır (Chua ve ark. 1988.a, Chua ve ark. 1988.b).

6.1.HYSA Yapısı

Bir Hücresel Yapay Sinir Ağındaki hücre, etrafındaki hücreler ile belli bir komşuluk ilişkisi içindedir. Şekil 6.1'de HYSA için örnek bir hücre ve komşuluk gösterimi verilmiştir.



Şekil 6.1 HYSA ve komşuluk hücreleri

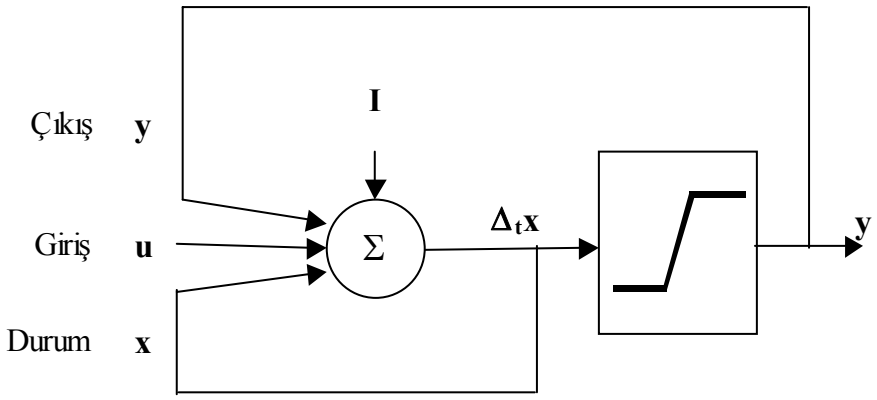
HYSA ile elde edilen çıkış görüntüleri normal resim formatlarından ayrı olarak her bir piksel değeri -1 ile +1 arasında bir değere yaklaştırılır. Buradaki amaç görüntü işlemede kullanılan HYSA' nın, herhangi bir giriş görüntüsünü istenilen amaca uygun olarak bir çıkış görüntüsüne dönüştürmektir. Giriş resmi değişken olabilir istenirse renkli veya gri tonlu bir resim HYSA' ya giriş resmi olarak verilebilir.

Görüntü işlemede kullanılan HYSA' da giriş resmi, dinamik bir işlemden geçirildikten sonra çıkış resmi olarak elde edilir. HYSA yapısının dinamik olmasından dolayı istenilen kararlı görüntü durumu elde edilene kadar çıkış görüntüsü her an sürekli değişim göstermektedir. Hücresel yapay sinir ağlarının komşuluk düzenindeki yapıları özellikle tüm devre olarak gerçekleştirilmesinde büyük kolaylıklar sağlamıştır (Ceylan 2006).

HYSA' yı diğer YSA' lar dan ayıran başlıca özellikleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz (Güzeliş 1996):

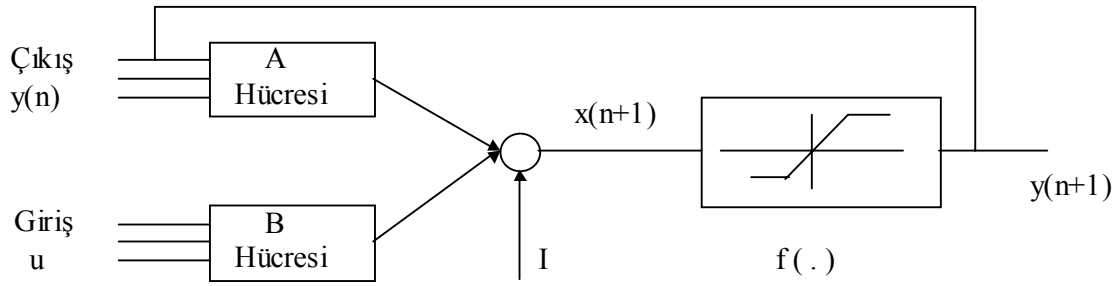
- İki boyutlu bir ızgaraya benzer hücreler sadece kendi komşuları ile ilişkilidirler.
- Hücreler içindeki bağlantı ağırlıkları, tüm hücrelerde aynıdır.
- Hücrelerin hücre dışı bağlantı ağırlıkları da aynıdır.

HYSA' lar da her bir hücre ağırlıklı toplama yapan doğrusal bir giriş birimi, doğrusal bir dinamik ara birimi ve *n* parçalı (genellikle üç parçalı) orijine göre simetrik bir çıkış biriminden oluşur. Şekil 6.2'de bir hücrenin dinamik yapısı gösterilmiştir (Ceylan 2006).



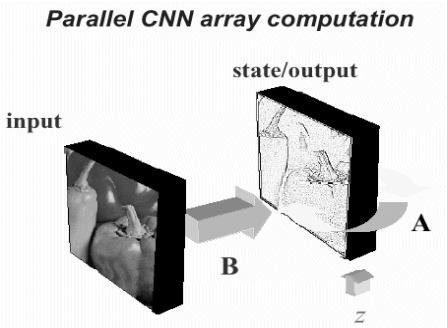
Şekil 6.2 HYSA hücrenin dinamik yapısı

HYSA ile ilgili hücre yapısının ilk ortaya çıkışı devresel bir gösterim ile olmuştur. Bu devredeki hücrelerin her biri doğrusal ve doğrusal olmayan dirençler, kapasiteler ile akım ve gerilim kontrollü kaynaklar içerir. HYSA' nın elektriksel olarak gösterilmesi gerçekten devre elemanlarıyla yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. HYSA' nın dalgacık modeli Şekil 6.3' te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Dalgacık Hücresel Yapay Sinir Ağları

Şekil 6.3 'ün daha anlaşılır olması için Şekil 6.4 'te örnek olarak verilebilir. Bu grafiklerde orijinal resim B matrisiyle konvolisyonu alınıp çıkış resmine transfer ediliyor ve çıkış atında da A matrisiyle konvolisyonu alınıyor. Tüm bu işlemlerde bir de Z veya I olarak bilinen skaler bir sabitte çıkış katına ekleniyor ve bu geribesleme döngüsü çıkış resmi kararlı bir yapı alıncaya kadar devam ettiriliyor.

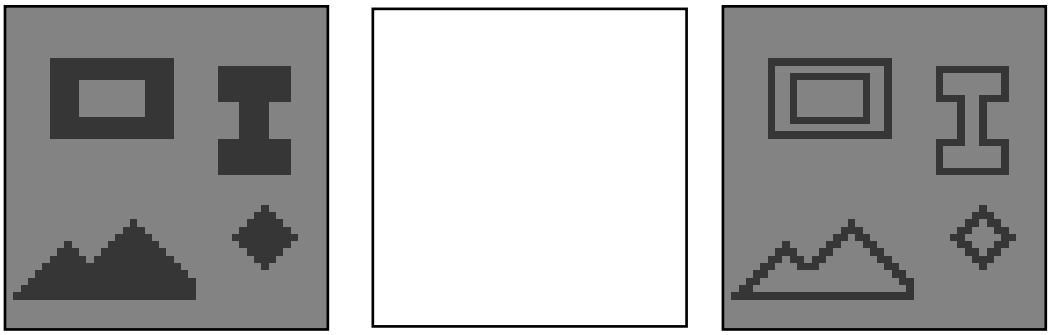


Şekil 6.4 Hücresel Yapay Sinir Ağları şablonların uygulanması

6.2. HYSA Uygulamaları

HYSA, günümüzde iki boyutlu bir yapıya sahip olması nedeniyle iki boyutlu matrislerde yani resimsel bilgilerde sıklıkla kullanılan bir yapay sinir ağı türüdür. Görüntü işlemede özelikle özellik çıkartma uygulamalarında sıklıkla

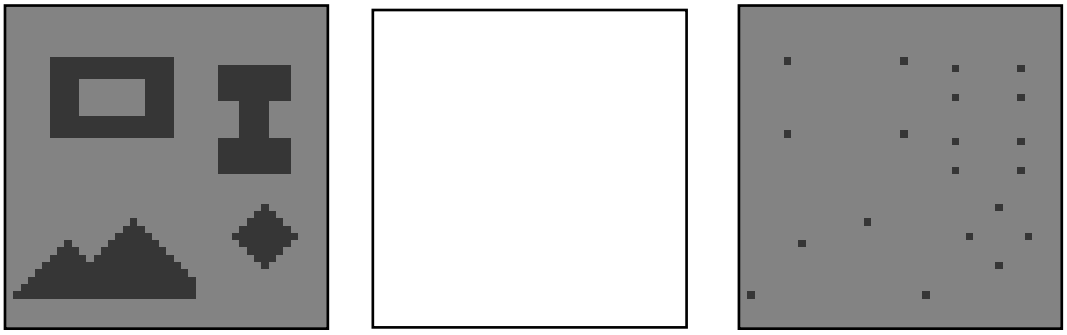
kullanılır. Bunlardan biri de kenar belirleme işlemidir. Şekil 6.5'de kenar belirleme ile ilgili bir örnek gösterilmiştir. Bu uygulamada A matrisi [0 0 0 ; 0 2 0 ; 0 0 0], B matrisi [-1 -1 -1 ; -1 8 -1 ; -1 -1 -1] ve Z matrisi skaler olarak -0.5 olarak uygulanmaktadır.



(a) (b) (c)

Şekil 6.5 HYSA kullanarak kenar belirleme çalışması. Orijinal resim (a), örüntü yüzeyi (b), sonuç (c).

Aynı uygulamada sadece Z matris değeri -8.5 değerine dönüştürülürse aynı uygulama köşe belirlemekte de kullanılır. Şekil 6.6'da Köşe belirleme uygulaması gösterilmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 6.6 HYSA kullanarak köşe belirleme uygulaması.Orijinal resim (a), örüntü yüzeyi (b), sonuç (c).

Benzer şekilde morfolojik açma işlemleri de HYSA kullanarak yapılabilir. Şekil 6.7 ‘de boşlukları doldurma işlemi gösterilmiştir. Bu uygulamada Z matrisi -1 A matrisi [0 1 0 ; 1 3 1 ; 0 1 0] ve B matris değeri ise [0 0 0 ; 0 4 0 ; 0 0 0] olarak belirlenmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 6.7 HYSA kullanarak morfolojik açma işleminin yapılması. Orijinal resim (a), örüntü yüzeyi (b), sonuç (c).

6.3. Diş görüntülerinde HYSA Kullanımı

Bu çalışmada dental radyograflar üzerinde kenar belirleme uygulaması HYSA kullanılarak denenmiştir. Bilindiği gibi orijinal diş görüntülerinde kullanılan canny, sobel, prewitt, laplacian gibi kenar belirleme filtreleri ağız boşluğuna denk gelen kısımlarda oldukça kararlı sonuç vermekte ancak dişin gömülü olduğu yapıya ulaşılınca diş kenarlarında kopukluklar ve diş bölgesini seçmede zorlanmalar olmaktadır.Şekil 6.8’de orijinal diş resminde sobel kenar belirleme algoritması kullanılmıştır.



Şekil 6.8 Sobel Fitre görünümü

Şekil 6.8’ de görüldüğü gibi kenarlar çok zayıf olarak belirmektedir.Şekil 6.9’da başka bir kenar belirleme yöntemi olan laplacian denenmiş ve sonuç aşağıda gösterilmiştir.



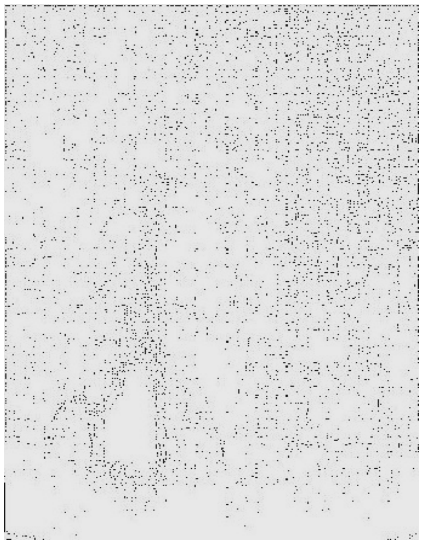
Şekil 6.9 Laplacian uygulaması sonrası kenarların görünümü

Şekil 6.9'da görüldüğü gibi Laplacian uygulaması diğer kenar belirlemeye göre daha iyi sonuç vermiştir. Diğer kenar belirleme uygulamaları da yaklaşık olarak sobel ile laplacian arasında sonuç vermektedir. Aynı resmi HYSA ile kenar belirlemeye sokacak olursak Şekil 6.10'daki görünüm ortaya çıkar.



Şekil 6.10 HYSA ile kenar belirleme

Şekil 6.10'da görüldüğü gibi HYSA ile kenar belirleme oldukça iyi sonuç vermektedir. Ancak HYSA ile bu kenar belirleme seviyesi arttırılırsa kenarlar süratle kaybolmakta ve sadece noktadan oluşan bir görüntü kalmaktadır. Bu kusur Şekil 6.11'te gösterilmiştir.



Şekil 6.11 HYSA kenar belirleme ileri seviye görüntüsü

7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, sonuçlar genel olarak göstermiştir ki görüntü işlemenin en zor uygulama alanlarından biri de diş radyografları üzerinde olmaktadır. Bunun nedeni düşük radyasyon seviyesi kullanılarak çekilen dental resimlerde netlik kaybının fazla olması ve çevresel faktörler örneğin resmin üzerine gürültünün binmesi sıralanabilir.

Bu amaçla ilk aşamada dataların rahat işlenebilmesi için görüntü işlemede ön işlem aşamaları gerek diş resimleriyle gerekse başka resimlerle denenmiştir. Bu aşamalar tüm çalışmayı doğrudan etkileyen ve sonuçların başarıyla alınmasında en önemli unsurdur.

Daha sonraki çalışmalarda klasik anlamda dizi halinde data almaya elverişli YSA bloklarını matris boyutunda nasıl işleneceği ve YSA ya nasıl adapte edilip verileceği konusu incelenmiştir. Bu amaçla kullanılan beş farklı sınıfa ait dişlerle kapsamlı bir çalışmaya girilmiş ve değişik yaklaşımlarla beş farklı sınıf diş YSA tarafından sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Sınıflandırma aşamasında YSA'ya uygun forma resimlerin dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla resimler üç farklı yaklaşımla yeniden düzenlenmiş ve her bir yaklaşım için özellik çıkartılmıştır. Daha sonra YSA ya uygun forma getirilen datalar ile geniş bir yelpazede çalışma tamamlanmıştır. Bu çalışma sonuçları göstermiştir ki üç farklı ana grupta en zor öğrenme gri tonlu datalarda daha sonra içi beyaz renkle doldurulmuş datalarda ve en kolay öğrenme de içi boş resimlerde olmaktadır. Benzer şekilde en iyi sınıflandırma başarıları orijinal resmin özeliklerinin korunduğu resimlerde olmaktadır. YSA kullanmadan yapılan bir sınıflandırma çalışması ise oldukça yetersiz cevap vermiş, bir çok diş datası birden fazla sınıfa dahil edilmiştir.

Diğer bir uygulama da önceki uygulamalardan esinlenerek türetilmiş orijinal resimlerde lokal görüntü zenginleştirmesi uygulamasıdır. Bu çalışmada amaç orijinal görüntüde dişin bulunduğu bölge tespit edilerek sadece o bölgeye özel bir görüntü zenginleştirmesi yapılmıştır. Bu sayede tüm resim boyunca çalışacak olan zenginleştirme işlemi ile elde edilecek otalama başarı diş bölgesinde yapılan özel çalışmayla daha seçici hale getirilmiştir.

Son çalışma ise uzun zamandır kullanılan ancak günümüzde kullanım başarısını devam ettiren HYSA ve uygulamalarıdır. HYSA görüntü işleme konusunu oldukça popüler hale getirmiş yeni bir yaklaşımdır. İteratif olmasıyla YSA modeline benzer ancak matrissel düzende çalışması ve gerçekte resim üzerinde bir maskenin dinamik olarak değişmesi ve sonuç olarak kararlı bir yapıya ulaştığında sona eren bir yapısı vardır. Bu uygulamada pratikte kullanılan HYSA uygulamaları örneği verilmiştir. Dental uygulama olarak HYSA ile kenar belirleme uygulaması çalışması yapılmış ve sonuçlar alternatif kenar bulma yöntemleriyle kıyaslanmıştır.

7.2.Öneriler

Genel anlamda tüm çalışmalarda kullanılan görüntü işleme teknikleri eldeki diş resimleri için yeterli cevap vermektedir. Ancak daha başka çalışmalarda kullanılamayacağı açıktır. Bu amaçla görüntü işlemede ön işlem aşamaları başka ön işlem tekniklerle de desteklenebilir. Bu sayede daha genel bir çerçevede çalışan bir algoritma düzeneği oluşturulabilir.

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan sınıflandırma çalışması oldukça derinlemesine incelenmiş ve diş datalarının sınıflandırılması hakkında detaylı bilgiler ve tecrübe kazanılmıştır. Ancak geliştirilen tekniklerin yanına daha başka tekniklerde katılabilir. Bunlar arasında akla ilk gelen bulanık mantk tabanlı kümeleme uygulamaları sıralanabilir. Benzer şekilde diş resimlerinde dişin karakteristik özelliğinin alındığı bir fonksiyonun yapay sinir ağlarına verilmesi daha başarılı bir öğrenme gerçekleştirebilir.

Hücresel yapay sinir ağları ile yapılan çalışma sadece kenar belirleme uygulamasıyla sınırlı kalmıştır. Resim üzerindeki mevcut gürültülerin ayıklanabildiği bir hücresel yapay sinir ağı tasarımı sunulabilir. Bu sayede görüntü zenginleştirme işlemi başka bir yaklaşımla yapılabilir.

8.TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında diş resimlerinin zenginleştirilmesi, diş resimlerinde sınıflandırma çalışması ve ileri düzey bir uygulama olan hücresel yapay sinir ağları çalışması denenmiştir.

İlk bölümde kullanılan görüntü ön işlem aşamaları genel bir çerçeveden bakılacak olursa ister diş resimleri ile ilgili uygulamalarda isterse başka uygulama alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Görüntü ön işlem sonuçlarının başarısı kullanılan tekniklerin hassasiyeti, (örneğin median filtre penceresi boyutlarının değişimi) ile değişmektedir. Bu hassasiyet, gözlem yoluyla veya deneme yanılma yöntemleriyle optimum ön işlem aşaması tespit edilmektedir. Bunun yerine görüntü ön işlem aşamaları daha bilimsel açıdan yaklaşılabilir ve belli kurallara bağlanabilir.

Bir diğer çalışma olan diş resimlerinin sınıflandırılması işlemi ise geniş bir çalışma olmuş ve her bir özelliği çıkartılmış diş resimlerinin öğrenme ve test sonuçları tablolar halinde verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan farklı yaklaşımlar ile aynı diş resimleri yapay sinir ağları tarafından farklı bir öğrenme sürecine sokulmuş ve kullanılan farklı tekniklerin birbirlerine göre üstünlükleri incelenmiştir. Genel olarak siyah – beyaz içi boş datalar en hızlı öğrenmeyi gerçekleştirirken, gri tonlu resmin yapay sinir ağları tarafından öğrenilmesi oldukça güç olmakta ancak en iyi sınıflandırmayı da bu tür resim datalarında gerçekleştirmektedir. Bir diğer diş resimleri sınıflandırma başarısını etkileyen faktör de diş resimlerinin yapay sinir ağına veriliş düzenleridir. Bilindiği gibi yapay sinir ağları tek boyutlu datalar almakta ancak resimsel bilgileri bazı dönüşümler ile adapte edilmektedir. Bu teknikler arasında kullanılan satırların bir dizi haline getirilip toplanması en iyi sonucu vermekte en kötü sonuçlar ise sütunların toplanmasında olmaktadır. Burada gerçekleşen öğrenme zorluğu elbette ki resmi temsil eden özeliklerinin satırların toplanması çalışmasında yeterli seviyede olması bunun aksine sütunların toplanması ise diş resminin özelliğini yeterince temsil etmemektedir. Sınıflandırma çalışmasında kullanılan bir diğer çalışma ise yapay sinir ağları kullanmadan, sadece algoritma

kurgusuyla diş resimlerinin sınıflandırması olmuştur. Çalışmada hafızaya yüklenen diş resminin matrissel boyutları göz önüne alınarak genel diş sınıfına ait ortalama diş uzunlukları boylarına göre yüklenen resimler otomatik olarak sınıflandırılmıştır. Bu uygulama göstermiştir ki yapay sinir ağları orta dereceli bir öğrenme bile algoritma kurgusuyla çalışan modele göre oldukça başarılıdır. Zaten algoritma kullanılarak yaptırılan sınıflandırmada bir çok diş resmi birden fazla sınıfa dahil edilmiş bu çalışmada başarılı bir çalışma için uygun bir eşik seviyesi belirlenememiştir.

Diğer bir çalışmada ise görüntü işleme teknikleri kullanılarak orijinal diş resimlerin de yerel görüntü zenginleştirme çalışması olmuştur. Bu çalışmada amaç sadece diş bölgesinin zenginleştirilmesidir. Bu işlem bazı diş resimlerinde başarıyla çalışmaktadır. Ancak yinede algoritma birçok diş resminde istenilen başarıyı sergileyememekte ve diş bölgesini otomatik olarak bulamamaktadır. Bu tür diş resimlerinde genel olarak tedavi esnasında çekilen özentisiz resimler olmakta ve ağız içerisinde yabancı objeler bulunmakta ve bunlarda röntgen filminde gözükmektedir.

Son çalışma ise hücresel yapay sinir ağları kullanarak diş resimlerinde kenar belirleme uygulamasıdır. Görüntü işlemede kullanılan benzer kenar belirleme çalışmalarıyla bir kıyaslama yapılmıştır. Hücresel yapay sinir ağları bu çalışmada benzerleri kenar bulma algoritmalarına göre oldukça fazla detay vermiştir. Ancak hücresel yapay sinir ağları ile iteratif olarak çalışma devam ettirildiğinde daha iyi sonuç verme yerine sadece noktasal olarak kenarları göstermiştir.

9.KAYNAKLAR

Bal A., 2002, " Dalgacık Yapay Sinir Ağları ve Öğrenme Algoritması", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ceylan M., 2006, " Görüntü İşlemede Hücresel Yapay Sinir Ağları", Doktora Semineri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Chua L. O., Yang L., 1988b, " Cellular Neural Networks: Theory", IEEE Transactions on Circuit and Systems, Vol. 35, No. 10, pp.1257-1272.

Chua L. O., 1991, "An Analytic Method for Designing Simple Cellular Neural Networks", IEEE Transactions on Circuit and Systems, Vol. 38, No. 11, pp.1332-1341.

Günsel B., Güzeliş C., 1993, " Hücresel Yapay Sinir Ağları Kullanılarak İmge Onarımı ve İmge Geriçatımı", IEEE SIU' 93, ss. 1-4.

Güzeliş C., 1996, " Hücresel Yapay Sinir Ağları ile Görüntü İşleme ", TÜBİTAK, Proje No: EEEAG-103, Kocaeli

Hong Chen; Jain, A.K.;'Tooth contour extraction for matching dental radiographs', IEEE International Conference on Volume 3, 23-26 Aug. 2004

Jindan Z.;Mohamed A.; 'A content-based system for human identification based on bitewing dental X-ray images', Science Direct Article on Information Science, 9 April 2005

Kantapanit, K.; Inrawongs, P.; Wiriyasuttiwong, W.; Kantapanit, R.;'Dental caries lesions detection using deformable templates',IEEE International Symposium on Volume 2, 6-9 May 2001

Kyoung-Mi Lee; Street, W.N.;'An adaptive resource-allocating network for automated detection, segmentation, and classification of breast cancer nuclei topic area',IEEE Transactions on Volume 14, Issue 3, May 2003

Özmen A., Uçan O. N., Albora A. M., 1999, " Image Processing Based on Cellular Neural Network of Magnetic Objects in Archaeological Areas ", Workshop Archaeology and Geophysics, TMMOB Chamber of Geophysical Engineers, İzmir.

Suzuki H., Matsimoto T., Chua L. O., 1992, " A CNN Handwritten Character Recognizer ", International Journal of Circuit Theory and Application, Vol. 20, pp. 601-612.

Sziranki T., Csapodi M., 1994, "Texture Classification and Segmentation By Cellular

Neural Network Using Genetic Learning", Research Report, Computer and Automation Institute Hungarian Academy of Sciences, Budapest.

Şükrü Şirin, İlknur Özcan,Oral Diagnoz,1997

Vinod, V.V.; Chaudhury, S.; Mukherjee, J.; Ghose, S.;'A connectionist approach for gray level image segmentation', IEEE International Conference on Voume 3,Issue 30 August - 3 September 1992

Ware, J.A.; Ciuca, I.;'A neural network based integrated image processing environment for object recognition in medical applications', IEEE Symposium on, 11-13 June 1997

EKLER

EK 1 : Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz resim datalarına dönüşüm

EK 2 : Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz içi dolu resim datalarına dönüşüm

EK 3 : Orijinal Resim datalarından gri tonlu resim datalarına dönüşüm

EK 4 : Orijinal Resim datalarından resmin küçültülmesi

EK 5 : Orijinal Resim datalarından uygun kareler yöntemine dönüşüm

EK 6 : Orijinal Resim datalarından geometrik dönüşüm

EK 7 : Algoritma kullanarak Diş resimlerinin sınıflandırılması

EK 8 : Orijinal Resim datalarından lokal görüntü zenginleştirme

EK 9 : Hücresel Yapay sinir ağları uygulaması

EK 1 : Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz resim datalarına dönüşüm

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
};
% 1 - Resmi yukle ve gri tonlu hale getiriliyor
[dosya_satir,dosya_sutun] = size (Dosya_Adi);
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
[RGB,MAP] = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end
%figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
%-----------------------------------
% 2 - 20 x 20 luk meydan filtresi ile kucuk gurultuleri temizleniyor.
% Resimdeki kenarlarda gorulen girisimler kabul edilebilir seviyede olmali
MEYDAN = medfilt2 (GRAY,[20 20]);
%figure (2);imshow (MEYDAN);title ('[10 10] Meydan Filtresi Sonrasi Gorunum');
%---------------------------
% 3 - Resim icinde yumusak gecislerin saglanabilmesi ve kenar secmede
% kolaylik olmasi acisindan gaussian blur filtresi kullanilmistir.
H = fspecial('disk',10);
GAUSSIAN = imfilter (MEYDAN,H,'replicate');
```

```
%figure (3);imshow (GAUSSIAN); title('Blurred goruntu');
%--------------------------
% 3 - Canny ile kenarlari belirleniyor. Gercekte sobel gibi filtreler daha
% hizli cvevap veriyor ancak canny daha duyarli sonuc vermesiyle tercih
% edilmeli
BW_edge = edge (GAUSSIAN,'canny');
%figure (4);imshow (BW_edge);title ('Canny Filtresi Sonrasi Kenarlarin gorunumu');
%--------------------
BW_dilate = bwmorph (BW_dilate,'dilate');
BW_dilate = imfill (BW_dilate,'holes');
BW_erode = bwmorph (BW_dilate,'erode');
%figure (5);imshow (BW_dilate);title ('imdilate islemi sonrasi gorunum');
%----------------------------------
% 5 - resim icinde en buyuk objeyi secmek icin BW_dilate kullanmakla
% kopukluklar sonrasi disin kendisini secmis oluruz.
for artim=0:100:5000,
   BW_label = bwareaopen (BW_erode,artim,8);
   [L,num] = bwlabel (BW_label,8);
   if num <= 1 % En uzun kenar kalmissa
      break;
   end
end
%------------------------
% 6 - bwlabel fonksiyonu ile numaralandirilmis L matrisinden 1 numarali
% obje seciliyor ve penceresi olusturuluyor. Bu pencere dilimi icinde
% baska objelerde olabilir. Genel olarak sonraki islemlerde Secilen1
% matrisi kullanilacak ve kucuk objeler temizlenecek.
[r,c] = find(L==1);
min_y = min (c); % sol cerceve
max_y = max (c); % sag cerceve
min_x = min (r); % ust cerceve
max_x = max (r); % alt cerceve
Secilen0 = imcrop (GRAY,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
Secilen1 = imcrop (L,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
%figure (6);imshow (Secilen0);title ('Otomatik secilen kisim Gri tonlu orj.');
%figure (7);imshow (Secilen1);title ('Otomatik secilen kisim Siyah - Beyaz');
%------------------------
Secilen1 = im2uint8 (Secilen1);
Secilen2 = bwmorph (Secilen1,'remove');
sonuc = Secilen2;
Dosya_cikis_resim = strcat ('resimler_BW/',Dosya_Adi {dosya_sayac,2},'.bmp')
imwrite (sonuc,Dosya_cikis_resim,'bmp');
%------------------------
end
```

EK 2 : Orijinal Resim datalarından siyah – beyaz içi dolu resim datalarına dönüşüm

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
};
% 1 - Resmi yukle ve gri tonlu hale getiriliyor
[dosya_satir,dosya_sutun] = size (Dosya_Adi);
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
[RGB,MAP] = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end
%figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
%-----------------------------------
% 2 - 20 x 20 luk meydan filtresi ile kucuk gurultuleri temizleniyor.
% Resimdeki kenarlarda gorulen girisimler kabul edilebilir seviyede olmali
MEYDAN = medfilt2 (GRAY,[20 20]);
%figure (2);imshow (MEYDAN);title ('[10 10] Meydan Filtresi Sonrasi Gorunum');
%---------------------------
% 3 - Resim icinde yumusak gecislerin saglanabilmesi ve kenar secmede
% kolaylik olmasi acisindan gaussian blur filtresi kullanilmistir.
H = fspecial('disk',10);
GAUSSIAN = imfilter (MEYDAN,H,'replicate');
```

```
%figure (3);imshow (GAUSSIAN); title('Blurred goruntu');
%--------------------------
% 3 - Canny ile kenarlari belirleniyor. Gercekte sobel gibi filtreler daha
% hizli cvevap veriyor ancak canny daha duyarli sonuc vermesiyle tercih
% edilmeli
BW_edge = edge (GAUSSIAN,'canny');
%figure (4);imshow (BW_edge);title ('Canny Filtresi Sonrasi Kenarlarin gorunumu');
%--------------------
BW_dilate = bwmorph (BW_dilate,'dilate');
BW_dilate = imfill (BW_dilate,'holes');
BW_erode = bwmorph (BW_dilate,'erode');
%figure (5);imshow (BW_dilate);title ('imdilate islemi sonrasi gorunum');
%----------------------------------
% 5 - resim icinde en buyuk objeyi secmek icin BW_dilate kullanmakla
% kopukluklar sonrasi disin kendisini secmis oluruz.
for artim=0:100:5000,
   BW_label = bwareaopen (BW_erode,artim,8);
   [L,num] = bwlabel (BW_label,8);
   if num <= 1 % En uzun kenar kalmissa
      break;
   end
end
%------------------------
% 6 - bwlabel fonksiyonu ile numaralandirilmis L matrisinden 1 numarali
% obje seciliyor ve penceresi olusturuluyor. Bu pencere dilimi icinde
% baska objelerde olabilir. Genel olarak sonraki islemlerde Secilen1
% matrisi kullanilacak ve kucuk objeler temizlenecek.
[r,c] = find(L==1);
min_y = min (c); % sol cerceve
max_y = max (c); % sag cerceve
min_x = min (r); % ust cerceve
max_x = max (r); % alt cerceve
Secilen0 = imcrop (GRAY,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
Secilen1 = imcrop (L,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
%figure (6);imshow (Secilen0);title ('Otomatik secilen kisim Gri tonlu orj.');
%figure (7);imshow (Secilen1);title ('Otomatik secilen kisim Siyah - Beyaz');
%------------------------
sonuc = Secilen1;
sonuc = im2bw (sonuc);
Dosya_cikis_resim = strcat ('resimler_BW/',Dosya_Adi {dosya_sayac,2},'.bmp')
imwrite (sonuc,Dosya_cikis_resim,'bmp');
%------------------------
End
```

EK 3 : Orijinal Resim datalarından gri tonlu resim datalarına dönüşüm

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
};
% 1 - Resmi yukle ve gri tonlu hale getiriliyor
[dosya_satir,dosya_sutun] = size (Dosya_Adi);
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
[RGB,MAP] = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end
%figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
%-----------------------------------
% 2 - 20 x 20 luk meydan filtresi ile kucuk gurultuleri temizleniyor.
% Resimdeki kenarlarda gorulen girisimler kabul edilebilir seviyede olmali
MEYDAN = medfilt2 (GRAY,[20 20]);
%figure (2);imshow (MEYDAN);title ('[10 10] Meydan Filtresi Sonrasi Gorunum');
%---------------------------
% 3 - Resim icinde yumusak gecislerin saglanabilmesi ve kenar secmede
% kolaylik olmasi acisindan gaussian blur filtresi kullanilmistir.
H = fspecial('disk',10);
GAUSSIAN = imfilter (MEYDAN,H,'replicate');
```

```
%figure (3);imshow (GAUSSIAN); title('Blurred goruntu');
%--------------------------
% 3 - Canny ile kenarlari belirleniyor. Gercekte sobel gibi filtreler daha
% hizli cvevap veriyor ancak canny daha duyarli sonuc vermesiyle tercih
% edilmeli
BW_edge = edge (GAUSSIAN,'canny');
%figure (4);imshow (BW_edge);title ('Canny Filtresi Sonrasi Kenarlarin gorunumu');
%--------------------
BW_dilate = bwmorph (BW_dilate,'dilate');
BW_dilate = imfill (BW_dilate,'holes');
BW_erode = bwmorph (BW_dilate,'erode');
%figure (5);imshow (BW_dilate);title ('imdilate islemi sonrasi gorunum');
%----------------------------------
% 5 - resim icinde en buyuk objeyi secmek icin BW_dilate kullanmakla
% kopukluklar sonrasi disin kendisini secmis oluruz.
for artim=0:100:5000,
   BW_label = bwareaopen (BW_erode,artim,8);
   [L,num] = bwlabel (BW_label,8);
   if num <= 1 % En uzun kenar kalmissa
      break;
   end
end
%------------------------
% 6 - bwlabel fonksiyonu ile numaralandirilmis L matrisinden 1 numarali
% obje seciliyor ve penceresi olusturuluyor. Bu pencere dilimi icinde
% baska objelerde olabilir. Genel olarak sonraki islemlerde Secilen1
% matrisi kullanilacak ve kucuk objeler temizlenecek.
[r,c] = find(L==1);
min_y = min (c); % sol cerceve
max_y = max (c); % sag cerceve
min_x = min (r); % ust cerceve
max_x = max (r); % alt cerceve
Secilen0 = imcrop (GRAY,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
Secilen1 = imcrop (L,[min_y min_x (max_y-min_y) (max_x-min_x)]);
%figure (6);imshow (Secilen0);title ('Otomatik secilen kisim Gri tonlu orj.');
%figure (7);imshow (Secilen1);title ('Otomatik secilen kisim Siyah - Beyaz');
%------------------------
Secilen0 = uint8 (Secilen0);
Secilen1 = uint8 (Secilen1);
sonuc = Secilen0.*Secilen1;
Dosya_cikis_resim = strcat ('resimler_BW/',Dosya_Adi {dosya_sayac,2},'.bmp')
imwrite (sonuc,Dosya_cikis_resim,'bmp');
%------------------------
End
```

EK 4 : Orijinal Resim datalarından resmin küçültülmesi

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
 };
% 1 - Resmi yukle ve gri tonlu hale getiriliyor
[dosya_satir,dosya_sutun] = size (Dosya_Adi);
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
[RGB,MAP] = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end

sonuc = imresize (GRAY,[200 100],'bilinear');
sonuc = im2bw (sonuc,graythresh (sonuc));
Dosya_cikis_resim=strcat('resimler_BW_uygun/',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp')
imwrite (sonuc,Dosya_cikis_resim,'bmp');
%------------------------
end
```

EK 5 : Orijinal Resim datalarından uygun kareler yöntemine dönüşüm

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
  'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
  };
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
   matris = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
   mozaik_x = 20
   mozaik_y = 5;
   [x,y] = size (matris);
   kalan_x = mod (x,mozaik_x);
   kalan_y = mod (y,mozaik_y);
   sonuc_x = x-kalan_x;
   sonuc_y = y-kalan_y;
   matris = imresize (matris,[sonuc_x sonuc_y],'bilinear');
   artim_x = sonuc_x / mozaik_x;
   artim_y = sonuc_y / mozaik_y;
   temp_x_artim = 0;
   for a=1:artim_x:sonuc_x
      temp_x_artim = temp_x_artim+1;
      temp_y_artim = 0;
      for b=1:artim_y:sonuc_y
         temp_y_artim = temp_y_artim+1;
         sonuc (temp_x_artim,temp_y_artim)  = (sum ( sum (matris (a:a+artim_x-
1,b:b+artim_y-1) ) ) ) / (artim_x*artim_y) ;
      end
   end
%sonuc = im2uint8 (sonuc);
%sonuc = im2bw (sonuc,graythresh (sonuc));
Dosya_cikis_resim= trcat ('resimler_BW_kare/',Dosya_Adi {dosya_sayac,2},'.bmp')
```

```
imwrite (sonuc,Dosya_cikis_resim,'bmp');
end
```

EK 6 : Orijinal Resim datalarından geometrik dönüşüm

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
 'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
                    };
tempx = 0;
tempy = 0;
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
   matris = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
   [x,y] = size (matris);
   if x >= tempx
      tempx = x;
   end
   if y >= tempy
      tempy = y;
   end
end
tempx
tempy
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
   temp = uint8 (zeros (tempx,tempy));
   %temp = im2bw (temp);
   matris = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
   [x,y] = size (matris);
   for a = 1:x
      for b = 1:y
         temp (a,b) = matris (a,b);
      end
   end
```

```
    Dosya_cikis_resim = strcat ('resimler_BW_geo/',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp')
    imwrite (temp,Dosya_cikis_resim,'bmp');
end
```

EK 7 : Algoritma kullanarak Diş resimlerinin sınıflandırılması

```
clc ; clear; close all;
Dosya_Adi= {
 'resimler_orj/','altkesici01';'resimler_orj/','altkesici02';'resimler_orj/','altkesici03';
'resimler_orj/','altkesici04';'resimler_orj/','buyukazi01';'resimler_orj/','buyukazi02';
'resimler_orj/','buyukazi07';'resimler_orj/','buyukazi08';'resimler_orj/','buyukazi10';
'resimler_orj/','buyukazi12';'resimler_orj/','buyukazi13';'resimler_orj/','buyukazi14';
'resimler_orj/','buyukazi16';'resimler_orj/','buyukazi17';resimler_orj/','buyukazi18';
'resimler_orj/','buyukazi19';'resimler_orj/','buyukazi20';resimler_orj/','buyukazi25';
'resimler_orj/','buyukazi26';'resimler_orj/','buyukazi28';resimler_orj/','buyukazi30';
'resimler_orj/','buyukazi31';'resimler_orj/','buyukazi32';'resimler_orj/','buyukazi34';
'resimler_orj/','buyukazi35';'resimler_orj/','buyukazi36';resimler_orj/','kanin01';
'resimler_orj/','kanin02';'resimler_orj/','kanin02x';resimler_orj/','kanin03';
'resimler_orj/','kanin04';'resimler_orj/','kanin04x';'resimler_orj/','kucukazi01';
'resimler_orj/','kucukazi01x';'resimler_orj/','kucukazi02';resimler_orj/','kucukazi02x';
'resimler_orj/','kucukazi03';'resimler_orj/','kucukazi05';resimler_orj/','kucukazi05x';
'resimler_orj/','kucukazi06';'resimler_orj/','kucukazi06x';'resimler_orj/','kucukazi07';
'resimler_orj/','ustkesici01';'resimler_orj/','ustkesici01x';'resimler_orj/','ustkesici02';
'resimler_orj/','ustkesici02x';'resimler_orj/','ustkesici03';'resimler_orj/','ustkesici03x';
'resimler_orj/','ustkesici04'; 'resimler_orj/','ustkesici04x'
 };
kay = fopen ('sonuclar.txt','w');
% 1 - Resmi yukle
[dosya_satir,dosya_sutun] = size (Dosya_Adi);
for dosya_sayac = 1 : dosya_satir
[RGB,MAP] = imread (strcat (Dosya_Adi {dosya_sayac,1},Dosya_Adi
{dosya_sayac,2},'.bmp'));
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end
%figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
[x,y] = size (GRAY)
%-----------------------------------
if ( 473 <= x ) && ( x <= 513 ) && ( 113 <= y ) && ( y <= 153 ) % Altkesici
   fprintf (kay,'Yüklenen Resim : %s       Bulunan Resim : Altkesici\n',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2});
end
if ( 362 <= x ) && ( x <= 402 ) && ( 207 <= y ) && ( y <= 247 ) % BüyükAzı
   fprintf (kay,'Yüklenen Resim : %s       Bulunan Resim : BüyükAzı\n',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2});
```

```
end
if ( 521 <= x ) && ( x <= 561 ) && ( 155 <= y ) && ( y <= 195 ) % Kanin
   fprintf (kay,'Yüklenen Resim : %s        Bulunan Resim : Kanin\n',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2});
end
if ( 468 <= x ) && ( x <= 508 ) && ( 153 <= y ) && ( y <= 193 ) % Küçükazı
   fprintf (kay,'Yüklenen Resim : %s        Bulunan Resim : Küçükazı\n',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2});
end
if ( 485 <= x ) && ( x <= 525 ) && ( 136 <= y ) && ( y <= 176 ) % Üstkesici
   fprintf (kay,'Yüklenen Resim : %s        Bulunan Resim : ÜstKesici\n',Dosya_Adi
{dosya_sayac,2});
end
end
fclose (kay);,
```

EK 8 : Orijinal Resim datalarından lokal görüntü zenginleştirme

```
% 1 - Bu kisimda standrt islemler yani resmin yuklenmesi yapiliyor ve gri tonlu
% hale getiriliyor
clc ; clear; close all;
Dosya_adi = input ('Ornek: /mnt/T/deneme.bmp \n\n Resmin tam adini giriniz.: ','s');
tic
[RGB,MAP] = imread (Dosya_adi);
if length (MAP) > 0
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   GRAY = RGB;
end
figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
%-----------------------------------
% 2 - Meydan filtresi ile kucuk bilesenler atiliyor
MEYDAN = medfilt2 (GRAY,[10 10]);
figure (2);imshow (GRAY);title ('[10 10] Meydan Filtresi Sonrasi Gorunum');
%---------------------------
% 3 - Canny ile kenarlar belirleniyor
canny_edge = edge (MEYDAN,'canny');
figure (3);imshow (canny_edge);title ('Canny Filtresi Sonrasi Kenarlarin gorunumu');
%--------------------
% 4 - Bu kisimda for next dongusuyle bastan sona dogru 20 obje kalincaya kadar
% devam ediyor ve donguden cikiyor
for artim=50:300, %500'e kadar obje kalmadigi var sayiliyor
   BW = bwareaopen (canny_edge,artim,8);
   [L,num] = bwlabel (BW,8);
   artim
   num
   if num <= 20 % En uzun kenar kalmissa
      break;
   end
end
%------------------------
% 5 - Olasi kopukluklar birlestiriliyor
BW1 = bwmorph (BW,'dilate');
figure (4);imshow (BW1);title ('Birbirine yakin objeler arasinda bag kurulmaya
calisiliyor');
% -------------------------
% 6 - Bu kisimda bir kez daha for next dongusune giriliyor ve 5 obje
% birakiliyor
for artim=600:800, %500'e kadar obje kalmadigi var sayiliyor
```

```
   BW2 = bwareaopen (BW1,artim,8);
   [L,num] = bwlabel (BW2,8);
   artim
   num
   if num <= 10 % En uzun kenar kalmissa
      break;
   end
end
%------------------------
% 7 - Kalan objelerden L nin koordinatlari kullanilarak en uzak yan
% kenarlari tespit ediliyor. Burada dis olmasi muhtemel alan secilmeli
% ortalama bir disin yanlardan uzunlugu
for a=1:num
   [r,c] = find(L==a);
   min_y = min (c); % sol cerceve
   max_y = max (c); % sag cerceve
   min_x = min (r); % ust cerceve
   max_x = max (r); % alt cerceve
   if ((max_y-min_y) >= 100) & ((max_y-min_y) <= 350)
      [size_x size_y] = size (BW2);
      Secilen = imcrop (GRAY,[min_y 0 (max_y-min_y) size_x]);
      Duzeltilmis = histeq (Secilen,128);
      figure (a+4);
      subplot (2,2,1);imshow (Secilen);title ('Otomatik secilen kisim');
      subplot (2,2,2);imshow (Duzeltilmis);title ('Sonuc resmi : Histogram esitleme');
      subplot (2,2,3);imhist (Secilen);title ('Otomatik secilen kismin Histogram
gorunumu');
      subplot (2,2,4);imhist (Duzeltilmis);title ('Sonuc resminin Histogram
gorunumu');
   end
end
pseudo_color = label2rgb(L, @spring, 'k', 'shuffle');
figure (a+5);imshow(pseudo_color);title ('Kalan <= 10 objenin gorunumu');
toc
%-------------------
```

EK.9 : Hücresel Yapay sinir ağları uygulaması

```
clear
N=10;
[RGB,MAP] = imread ('25_01.jpg'); % Resim tam olarak yukleniyor
if length (MAP) > 0 % indexed ise length fonku MAP matrisinin sutun sayisini verir
   RGB = ind2rgb (RGB,MAP);
end
if length (size(RGB)) > 2 % Eger resim gercekten RGB formunda ise
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = rgb2gray (RGB);
else
   RGB = im2uint8 (RGB);
   GRAY = RGB;
end
%figure (1);imshow (GRAY);title ('Gri tonlu Orjinal resim');
%-----------------------------------
u = GRAY;
u=double(u);u=u/max(max(u));u=1-(2*u);%u=u(1:5,1:5);
%u=hardlims(-u);
%u=[-0.8 1.0 -1.0 -0.6;1.0 1.0 1.0 -1.0;-1.0 0.9 -1.0 -0.8;-0.9 -1.0 -0.7 -0.8];
lx=length(u(:,1));ly=length(u(1,:));
  %% kenar saptama için katsayılar %%
A=[-0.183609 -0.272395 -0.176370;-0.252308 3.740537 -0.252308;-0.176370 -
0.272395 -0.183609];
B=[-0.143273 -0.139575 -0.143900;-0.139575 -0.069787 -0.139575; -0.143900 -
0.139575 -0.143273];
I=-0.254006;
x=u;
u=[zeros(lx,1) u zeros(lx,1)];
u=[zeros(1,ly+2);u;zeros(1,ly+2)];
for i=2:lx+1
for j=2:ly+1
  geu=u(i-1:i+1,j-1:j+1);
  sab(i-1,j-1)=sum(sum(geu.*B))+I;
end
end
for sa=1:N;
  tic
y=0.5*(abs(x+1)-abs(x-1));%-0.5*(abs(x+1/2)-abs(x-1/2));
y=[zeros(lx,1) y zeros(lx,1)];
y=[zeros(1,ly+2);y;zeros(1,ly+2)];
for i=2:lx+1
for j=2:ly+1
  ge=y(i-1:i+1,j-1:j+1);
  geu=u(i-1:i+1,j-1:j+1);
  x(i-1,j-1)=sum(sum(ge.*A))+sab(i-1,j-1);
end
```

```
end
y=y(2:lx+1,2:ly+1);
%ys(:,:,sa)=y;
sa
%u=u(2:lx+1,2:ly+1);
figure(sa+1);imagesc(y);axis off;colormap (gray)
toc
end
u=u(2:lx+1,2:ly+1);
subplot(2,2,1);imagesc(u);axis off
```