

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ	3
3. YAPAY SİNİR AĞLARI	5
3.1 Yapay Sinir Ağı Hücresi	7
3.2 Yapay Sinir Ağı Türleri	9
3.3 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi	10
3.3.1 Geriye Yayılma Öğrenme Algoritması.....	11
4. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ.....	12
4.1 Kontrast Tutucu Madde ile MR Görüntüleme	12
5. UYGULAMA.....	15
5.1 Kullanılan Araçlar	15
5.2 Uygulama İçeriği	15
5.2.1 Görüntü İşleme Altlığı	15
5.2.2 FANN ile YSA Modellemesi	16
5.2.2.1 Toplam Birimi Tasarımı	18
5.2.2.2 Aktivasyon Fonksiyonu Tasarımı.....	18
5.2.2.3 YSA'nın Geri Yayılma Algoritması ile Öğrenme Aşaması.....	19
5.2.2.4 YSA'da Kullanılacak Veri Kümesinin Seçimi.....	21
5.2.2.5 YSA'nın Tasarımı.....	22
5.2.2.6 YSA Eğitim Verilerinin Hazırlanması.....	23
5.2.3 Özgün MR Analiz Uygulaması	26
5.2.3.1 Uygulamada YSA'nın Oluşturulması.....	28
5.2.3.2 Eğitim Verilerinin YSA'ya Yüklenmesi.....	30
5.2.3.3 YSA'nın Eğitilmesi	32
6. SONUÇ GÖRÜNTÜLER	39
7. YÖNTEM KARŞILAŞTIRMALARI.....	70

7.1	Aktivasyon Fonksiyonu Karşılaştırması	70
7.2	Klasik Yöntemlerle Karşılaştırma	71
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER	76
8.1	SONUÇ	76
8.2	ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR		79
İNTERNET KAYNAKLARI		79
EKLER		81
Ek 1 YSA'nın eğitiminde kullanılan malign dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri ...		82
Ek 2 YSA'nın eğitiminde kullanılan benign dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri....		85
Ek 3 YSA'nın eğitiminde kullanılan normal dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri ...		87
Ek 4 YSA'nın öğrenme hatasının öğrenme sayısına göre değişimi		90
Ek 5 Uygulama kod örneği.....		91
Ek 6 Eğitim için kullanılan text dosyası		92
ÖZGEÇMİŞ.....		93

KISALTMA LİSTESİ

3B	3 Boyutlu
CT	Bilgisayarlı Tomografi
FANN	Fast Artificial Neural Network Library
GB	Gigabyte
MB	Megabyte
MR	Manyetik Rezonans Görüntüsü
OCR	Optical Character Recognition
RAM	Random Access Memory
US	Ultrason
XOR	Exclusive OR
YSA	Yapay Sinir Ağı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Sinir sistemi işleyişi (Haykin, 1999).....	3
Şekil 2.2 Gerçek sinir hücresi [13]	3
Şekil 3.1 Basit YSA modeli [15]	6
Şekil 3.2 YSA sinir hücresi (Yurtoğlu, 2005).....	8
Şekil 3.3 Hopfield ağı örneği [13]	10
Şekil 3.4 İleri ve geri beslemeli YSA örnekleri [13]	10
Şekil 3.5 Hopfield ağı ile yeniden oluşturma [13].....	11
Şekil 4.1 Solda manyetik alan uygulanmadan önce protonların rasgele yönlerde dönüş yapması, sağda manyetik alan içerisine yerleştirilen protonların manyetik alan yönünde veya tersi yönünde hareket etmesi (Çavdaroğlu, 2006).....	12
Şekil 4.2 Malign ve Benign doku tiplerinin kontrast tutucu maddeye verdikleri tepki grafiği. (Tatlı, 2006)	13
Şekil 5.1 Görüntü işleme altlık programı	16
Şekil 5.2 Sigmoid aktivasyon fonksiyonu[5]	17
Şekil 5.3 Örnek YSA modeli ve hücre bağlantıları [14].....	18
Şekil 5.4 Gizli katmanda 8 hesaplama yöntemi [16].....	20
Şekil 5.5 "a" karakterinin YSA' ya girilmesi.....	21
Şekil 5.6 Eğitim için kullanılan malign doku MR Serisi	24
Şekil 5.7 Eğitim için kullanılan malign dokuların gri değer değişim grafiği.....	25
Şekil 5.8 YSA'nın hata grafiği.....	26
Şekil 5.9 Geliştirilen MR analiz uygulaması akış şeması	27
Şekil 5.10 Uygulamanın genel görünüşü	28
Şekil 5.11 Yeni YSA oluşturma	29
Şekil 5.12 YSA oluşturma parametreleri	29
Şekil 5.13 Eğitim verisi yükleme.....	30
Şekil 5.14 YSA'ya yüklenmiş eğitim verileri.....	31
Şekil 5.15 Uygulama eğitim verilerinin grafiksel gösterimi	32
Şekil 5.16 Eğitim sonuç ekranı.....	33
Şekil 5.17 Test sonuçları ekranı	34
Şekil 5.18 Test sonuçları çizelgesi ekranı	34
Şekil 5.19 MR işlemleri ekranı.....	35
Şekil 5.20 Sonuç MR görüntüsü.....	36
Şekil 5.21 Piksel boyutu 8.....	37
Şekil 5.22 Piksel boyutu 2.....	37
Şekil 6.1 981 nolu hastanın MR görüntüleri	40
Şekil 6.2 981 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	40
Şekil 6.3 Benign doku gri değer grafiği.....	41
Şekil 6.4 1000 nolu hastanın MR görüntüleri	42
Şekil 6.5 1000 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	43
Şekil 6.6 1000 nolu hastanın benign doku grafiği	43
Şekil 6.7 1003 nolu hastanın MR görüntüleri	44
Şekil 6.8 1003 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	44
Şekil 6.9 1003 nolu hastanın benign doku grafiği.....	45
Şekil 6.10 1019 nolu hastanın MR görüntüleri	46
Şekil 6.11 1019 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	47
Şekil 6.12 1019 nolu hastanın benign doku grafiği	47
Şekil 6.13 1020 nolu hastanın MR görüntüleri	48
Şekil 6.14 1020 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	49
Şekil 6.15 1020 nolu hastanın benign doku grafiği	50
Şekil 6.16 1033 nolu hastanın MR görüntüleri	51

Şekil 6.17 1033 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	52
Şekil 6.18 1033 nolu hastanın benign doku grafiği.....	53
Şekil 6.19 1042 nolu hastanın MR görüntüleri	54
Şekil 6.20 1042 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	55
Şekil 6.21 1042 nolu hastanın benign doku grafiği	55
Şekil 6.22 1009 nolu hastanın MR görüntüleri	56
Şekil 6.23 1009 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	57
Şekil 6.24 1009 nolu hastanın malign doku grafiği.....	57
Şekil 6.25 1010 nolu hastanın MR görüntüleri	58
Şekil 6.26 1010 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	59
Şekil 6.27 1010 nolu hastanın malign doku grafiği.....	59
Şekil 6.28 1013 nolu hastanın MR görüntüleri	60
Şekil 6.29 1013 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	61
Şekil 6.30 1013 nolu hastanın malign doku grafiği.....	61
Şekil 6.31 1015 nolu hastanın MR görüntüleri	62
Şekil 6.32 1015 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	63
Şekil 6.33 1015 nolu hastanın malign doku grafiği.....	63
Şekil 6.34 1018 nolu hastanın MR görüntüleri	64
Şekil 6.35 1018 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	65
Şekil 6.36 1018 nolu hastanın malign doku grafiği.....	65
Şekil 6.37 1021 nolu hastanın MR görüntüleri	66
Şekil 6.38 1021 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	66
Şekil 6.39 1021 nolu hastanın malign doku grafiği.....	67
Şekil 6.40 1046 nolu hastanın MR görüntüleri	68
Şekil 6.41 1046 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü.....	69
Şekil 6.42 1046 nolu hastanın malign doku grafiği.....	69
Şekil 7.1 Doğrusal fonksiyonun eğitim hatası.....	70
Şekil 7.2 Doğrusal aktivasyon fonksiyon sonuç grafikleri	71
Şekil 7.3 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç	72
Şekil 7.4 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı,2006)	72
Şekil 7.5 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç	73
Şekil 7.6 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı, 2006)	73
Şekil 7.7 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç	74
Şekil 7.8 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı, 2006)	74
Şekil 7.9 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç	75
Şekil 7.10 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı,2006)	75
Şekil 8.1 Malign doku piksel değişimleri	84
Şekil 8.2 Tüm benign doku gri değer değişimleri	86
Şekil 8.3 Normal doku gri değer değişimleri	89

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 XOR çizelgesi	6
Çizelge 3.2 "VE" mantıksal çizelgesi	7
Çizelge 3.3 Aktivasyon fonksiyonları [4]	9
Çizelge 5.1 MR çekim çizelgesi	15
Çizelge 5.2 Resim ebatlarına göre gereken hafıza miktarı	22
Çizelge 5.3 Doku tiplerine göre YSA çıktısı.....	23
Çizelge 5.4 Örnek malign doku gri değer değişimleri.....	25
Çizelge 5.5 MR sonuç renk çizelgesi.....	35
Çizelge 6.1 MR sonuç çizelgesi	39
Çizelge 7.1 1. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları.....	72
Çizelge 7.2 2. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları.....	73
Çizelge 7.3 3. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları.....	74
Çizelge 7.4 4. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları.....	75
Çizelge 8.1 Malign doku içeren örnek MR serisi	82
Çizelge 8.2 Tüm malign doku gri değer değişimleri	82
Çizelge 8.3 Benign doku içeren örnek MR serisi	85
Çizelge 8.4 Tüm benign doku gri değer değişimleri	85
Çizelge 8.5 Normal doku içeren örnek MR serisi	87
Çizelge 8.6 Tüm normal doku gri değer değişimleri.....	87
Çizelge 8.7 Öğrenme sayısına göre hata değeri değişimi	90

ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince akademik bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan, çalışmamın her aşamasında, karşılaştığım her zorlukta beni cesaretlendiren ve yönlendiren, sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Bülent Bayram'a, tıbbi konularda beni bilgilendiren, çalışmada kullandığım verileri sağlayan ve bana kıymetli zamanlarını ayıran sayın Uzm. Dr. Mehmet Atasoy'a, teziyle ilgili verileri benimle paylaşan Petek Tatlı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezin bir çok aşamasında, yardımına koşan ve bilgi birikimini benimle paylaşan sevgili dostum Çiğdem Çavdaroglu'na; beni her zaman destekleyen ve hep yanımda olan anne ve babam ve kardeşlerime teşekkür ederim.

İstanbul, 2006

Hilmi Kemal KOCA

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kontrast tutucu madde verilerek çekilen meme MR görüntülerindeki benign ve malign tümör tiplerini öğrenen bir yöntem geliştirmektir. Uygulamanın öğrenme yeteneği için Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. Öğrenme algoritması olarak ise geri yayılım algoritması kullanılmıştır.

Çalışma 3 ana bölüm ve eklerden oluşmaktadır.

İlk bölümde YSA'nın özelliklerinden ve uygulamada da kullanılan geri yayılma algoritmasından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde MR tekniği ve kontrast tutucu madde ile MR görüntülerinden tümör tespitinin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde ise geliştirilen uygulama ve sonuçlarından bahsedilmiştir. Uygulamada kullanılan geri yayılma algoritması daha detaylı biçimde aktarılmış, uygulamanın nasıl öğrendiği üzerinde durulmuştur. Geliştirilen uygulama 4 kısım olarak yapılmıştır. 1. Kısım YSA'nın oluşturulmasıdır. 2. kısım ise uygulamanın benign ve malign tümör içeren MR görüntüleri ile eğitilmesidir. 3. kısım ise uygulamanın test edilmesidir. 4. kısım ise uygulamanın artık yeni MR üzerinde analiz yaptığı kısımdır. Uygulama eğitim sonucunda öğrendikleri ile MR'ları piksel piksel dolaşarak analiz etmekte ve tümör tipini bulmaktadır.

Sonuç olarak geliştirilen uygulama, bir bilgisayar destekli tanı sistemi olup, hekimlere tanı koymada yardımcı olmayı amaçlamıştır.

Anahtar kelimeler: Yapay Sinir Ağları, görüntü tanıma, görüntü segmentasyonu

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Bülent Bayram
2. Prof. Dr. Derya Maktav
3. Doç. Dr. Fatmagül Batuk

Kabul tarihi: 16.01.2007
Sayfa Sayısı: 103

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a method to learn the benign and malign tumors which are shown in the breast MR by giving contrast enhanced. Neural network is used for the learning ability of this application. Backproagation is used for the learning algorithm.

Study consists of three main parts and additional parts.

In the first part, Neural Network's features and backproagation, which is used in practice, are mentioned.

In the second part, technique of MR and how to determine the tumors with contrast enhanced MR displays are explained.

Developing the application and its results are explained in the third part. Backproagation that is used in application is explained more detailed and how the application learns is told. Developed application consists of four parts. First part is creating the Neural Network. Second part is educate the application with MR images which include benign and malign tumors. Third part is testing the application. Fourth part is the part which application makes analysis on the new MR. Application analyses the MR's, which it learned with the education, pixel by pixel and finds the tumor.

Consequently, developed application is a computer aided diagnoses system, is aimed to help the doctors to diagnose.

Keywords: Neural Networks, pattern recognition, image segmentation

JÜRİ:

1. Yrd. Doç. Dr. Bülent Bayram
2. Prof. Dr. Derya Maktav
3. Doç. Dr. Fatmagül Batuk

Kabul tarihi: 16.01.2007
Sayfa Sayısı: 103

1. GİRİŞ

Tıp biliminde kanıta dayalı olarak geliştirilen yöntemlerle hizmet verilmesi, tutarlı, sağlıklı ve güvenilir tanı ve tedavi yöntemleri kullanılması oldukça önem taşımaktadır. Kanıta dayalı uygulamalar ilk defa 1895 yılında, Roentgen'in X ışınlarını bulmasıyla geliştirilmiştir. Tanı uygulamaları bu gelişmeden önce varsayımlara ve tahminlere dayanılarak yürütülmekteydi. Röntgen cihazlarının tıp bilimine girmesiyle somut ve kesin nitelikli tanı uygulamaları yapılabilmesi olanaklı olmuştur. X ışınları kemik doku gibi sert dokularda iyi sonuç vermesine karşın, kas doku gibi X ışını geçiren dokularda fayda sağlayamamıştır. Teknolojinin ilerlemesi ve manyetik alan teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak yeni görüntüleme yöntemleri geliştirilmiştir. Ultrason (Ultrasound - US), Bilgisayarlı Tomografi – (Computed Tomography CT) ve Manyetik Rezonanslı Görüntüleme (Magnetic Resonance Imaging - MRI, MR) bunlara örnek gösterilebilir. Tıbbi görüntüleme yöntemlerinin çoğalması hekimlere tanı koymada çok büyük fayda sağlamaktadır. Tıpta ve tıbbi görüntülemede yaşanan gelişmeler arttıkça, tıp konusunda geliştirilen yazılımlar da önem kazanmaya başlamıştır. Bilişim teknolojilerinin gelişmesi ile, tıbbi görüntüleme alanında da oldukça önemli adımlar atılmasını tetiklemiştir. Görüntülerin gerçek zamanlı elde edilmesi, sayısallaştırılması, bilgisayar ortamında saklanabilmesi, işlenebilmesi, yönetilebilmesi, arşivlenmesi ve bilgisayar ağına aktarılabilmesi ve paylaşılabilmesi gibi olanakların artması ile hastayla birebir etkileşim olmadan araştırma yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Ayrıca 3 Boyutlu (3B) modelleme yazılımlarının geliştirilmesi ile cerrahi uygulamalar öncesinde, iç organların görüntülenebilmesi ve daha sağlıklı kararlar alınabilmesi mümkün hale gelmiştir. Bilgisayar destekli tanı sistemleri, bir çok hastalığın özellikle kanserli dokuların açıklanmasında hekime yardımcı olmaktadır. Ancak bu tip uygulamaların hiç biri hekim kontrolü olmadan tam anlamıyla bir çözüm sunamamaktadır. Bu tip karar destek sistemleri, hekime; vereceği kararlarda yardımcı olmayı, gözden kaçabilecek insan temelli hataları azaltmayı ve teşhis süresini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu tip uygulamalarda başarı oranı çok fazla değişiklik göstermektedir. Bunun nedeni; bu tip tanı sistemleri için belli bir doğrusal çözüm sunulamamasıdır. Genellikle başarılı sonuç veren bir uygulama, daha önce karşılaşılmayan ya da daha farklı şekilde davranış gösteren dokularda hatalı sonuç üretebilmektedir. MR çekim tekniği esnasında hastanın hareket etmemesi istenir. Hastanın hareketi MR görüntüsü üzerinde görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Bu tip MR'larda görüntü normal değerlerin dışında sonuç verebilir. Klasik tanı sistemlerinde bu hataları engellemek için, olası tüm hatalı durumların tespit edilmesi ve her bir durum için uygulamaya ek kontroller konulması gerekmektedir. Bu kontrollerin konması, uygulamanın devamlı

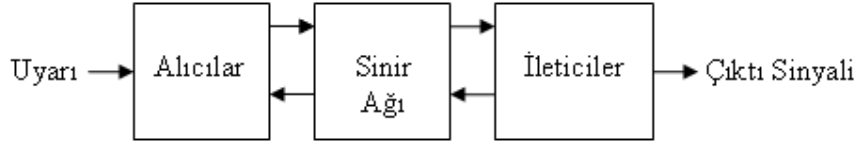
güncelleştirilmesini gerektirir. Klasik yöntemler yerine, bir hekim gibi doku tipini öğrenip ona göre sonuç çıkartan bir uygulama çok daha etkin kullanım sunabilir. Üstelik yeni durumlara uyum sağlayabildiği için, uygulamanın güncelleştirilmesine de gerek duyulmayacaktır.

Öğrenen ve kendini geliştiren sistemler yapay zeka çalışmaları ile başlamıştır. Bu sistemlerin içinde insan beyninin öğrenme yapısını taklit etmeye çalışan Yapay Sinir Ağları (YSA) son zamanlarda öne çıkmaktadır. YSA'lar verilerden öğrenebilme, genelleme yapabilme, sonucu tahmin edebilme gibi özelliklere sahiptir. Tıp biliminde YSA kullanılarak geliştirilen, kendi kendine öğrenebilen ve öğrendiklerini uygulayabilen yazılımlar, belli ölçüde hekim gibi tanı ve teşhis koyabilme özelliği taşımaktadır. Bugün mevcut olanaklarla YSA kullanılarak geliştirilmiş bir tanı ve teşhis uygulamasının hekim olmaksızın kullanılması çok sağlıklı olmamasına karşın, bu konudaki araştırmalar devam ettiği sürece ileride sonuçları tam güvenilir olan akıllı sistemler geliştirilebilmesi olanaklıdır.

Sunulan tezde, YSA kullanılarak MR görüntülerindeki doku tiplerini öğrenen ve bu YSA'yı kullanarak MR'daki doku tiplerini ayırtıran bir sistem tasarlanmıştır. Doku tipi olarak meme dokusu tercih edilmiştir. Meme dokusunda meydana gelen meme kanseri, kadınlarda en sık görülen kanser türlerinden biridir. Her 8 kadından biri yaşam süresi boyunca meme kanserine yakalanmaktadır[10]. Meme kanseri kadınlarda daha çok görülmesine rağmen erkeklerde de %1 oranında görülebilmektedir[11]. Meme kanserinde erken teşhis hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle sunulan tezde, meme kanseri tanısında hekime yardımcı olacak bir YSA uygulaması geliştirilmesi amaçlanmıştır.

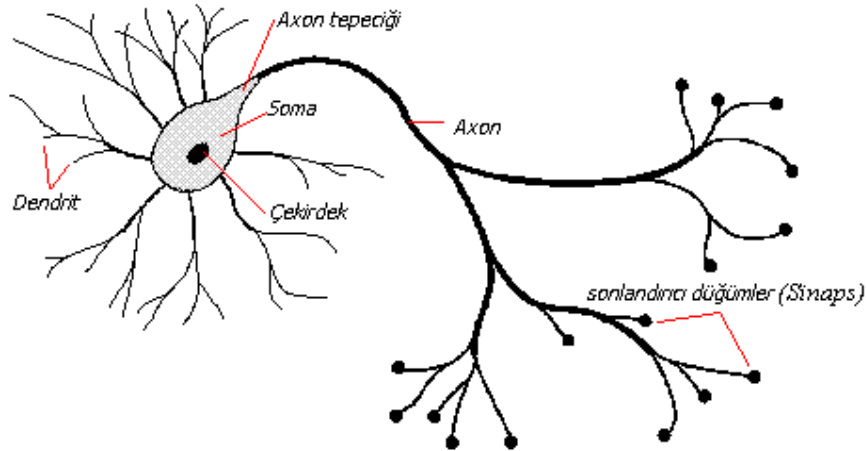
2. MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ

YSA; gerçek sinir hücrelerinin modellenmesi olarak düşünülebilir. Bu nedenle gerçek sinir hücrelerinin çalışma mantığını anlamak yararlı olacaktır. İnsan beyni, sinir sisteminin merkezini oluşturan temel yapıdır. Duyu organları vasıtasıyla bilgileri alır, işler ve bir sonuç kararı çıkarır. Çok karmaşık bir yapı olan insan beyninin çalışma mantığı hala tam olarak anlaşılamamıştır. Şekil 2.1’de basitçe sinir sisteminin işleyiş diyagramı gösterilmektedir. (Haykin, 1999)



Şekil 2.1 Sinir sistemi işleyişi (Haykin, 1999)

Şekil 2.1’de “Sinir Ağı” ile ifade edilen bölüm, merkezi sinir sistemini temsil etmektedir. Beynin temel yapıtaşları bu sinir ağı içerisinde bulunan sinir hücreleridir (Cajal, 1911). Merkezi sinir sistemi, temel işlevini bu sinir hücreleri vasıtası ile gerçekleştirir. Canlının sahip olduğu diğer hücre türleri yeniden üretilebilmesine rağmen, sinir hücreleri yeniden üretilememektedir. Bunun sonucunda beyin sinir hücrelerinin tahribatı ile canlıda felç meydana gelmektedir. Ama günümüzde yapılan kök hücre araştırmaları sonucunda bazı sinir hücreleri yeniden üretilebilmiştir. Bu sinir hücrelerinin yeniden üretilmesi çalışmaları felçli bir çok insan için umut ışığı olmaktadır.



Şekil 2.2 Gerçek sinir hücresi [13]

Şekil 2.2’de gerçek sinir hücresi gösterilmiştir. Bir sinir hücresi dört ana kısımdan oluşur. (Civalek, Ö, 2004)

- Dendrit : Bilgileri sinir hücre gövdesine taşıyan kısımdır.
- Soma (Çekirdek) : Gelen bilginin işlendiği ve sonucun bulunduğu kısımdır.
- Akson : Çekirdek tarafından bulunan sonucu, diğer hücrelere iletmek üzere sinapslara gönderen kısımdır.
- Sinaps (Sonlandırıcı düğümler, bağlantı) : Sinir hücresinin bir başka hücre ile bağlantı kurduğu kısımdır. Diğer hücrenin dendrit i ile birleşir ve akson üzerinden gelen bilginin kimyasal yolla diğer hücrelere iletilmesini sağlar.

Merkezi sinir sisteminin bir diğer temel yapıtaşı, sinir hücreleri arasında yer alan ve sinaps olarak adlandırılan bağlantılardır. Sinapslar sinir hücrelerinin birbirleri ile bağlantı kurmasını sağlar. Böylelikle, bir bilgiye ulaşmak için hangi sinir hücrelerinin kullanılacağı, hangi hücrelerin sonuç karar üzerinde etkisinin daha fazla olacağına karar verilir. Sonuca ulaştıran nöronlar arasındaki bağlantının değeri (ağırlığı), diğer bağlantılardan daha yüksektir. Bu sayede sinir sistemi uygun sinir hücreleri arasında bilgi iletişimini sağlayabilmektedir. Ayrıca bu bağlantılı yapı, sinir sistemine plastiklik özelliği de katmaktadır (Yurtoğlu, 2005). Plastiklik; hücreler arasındaki sinaptik bağlantılarda ve dolayısıyla hücre ağlarının davranışlarında ortaya çıkan her türlü değişikliği ifade etmektedir. Sinapslarda güçlenme, zayıflama; reseptör proteinlerinde sinaps sonrası sinyal iletim mekanizmalarında, hatta nöron çiftleri arasındaki sinapsların sayı ve dağılımındaki değişiklikler bunlar arasında sayılabilir. Sinir sisteminin en plastik olduğu dönem, gelişimin erken dönemleri olmakla birlikte sinaptik plastiklik yaşam boyu devam eder ve bu, öğrenme ve uzun süreli bellek oluşumunun temel mekanizmasıdır (Benington ve Frank 2003).

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağı (YSA), birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve birbiri ile ağırlıklı bağlantılar yardımı ile haberleşen hücrelerden oluşur. Bu bağlantıların ağırlıkları ön bilgiler kullanılarak ayarlanabilir veya belirli bir öğrenme kuralına göre değişebilecek şekilde eğitilerek belirlenir (Yavuz, 2006). Yapay sinir ağlarındaki öğrenme problemi ağın istenilen işlemi yapmasına olanak verecek bağlantı değerlerini bulmaktan ibarettir (Rumelhart vd,1994)

YSA, insan beynindeki çalışma sisteminin taklit edilmesi konusunda yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Klasik tekniklerle çözümü zor ve karmaşık olan, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. YSA'nın pratik kullanımı genellikle, çok farklı yapıda ve formlarda bulunabilen verileri hızlı bir şekilde tanımlama ve algılanması üzerinedir (Eğrisöğüt, 2001).

YSA uygulamaları, belli bir doğrusal ve algoritmik çözümü olmayan görüntü tanıma sistemleri, ses tanıma sistemleri gibi sistemlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle OCR(Optik Karakter Tanıma) algoritmalarında başarı oranı klasik yöntemlere nazaran oldukça yüksektir.

Geleneksel işlemcilerde, tek bir merkezi işlem elemanı her hareketi sırasıyla gerçekleştirir. YSA'lar ise her biri büyük bir problemin bir parçası ile ilgilenen, çok sayıda basit işlem elemanlarından oluşmaktadır. En basit şekilde, bir işlem elemanı, bir girdiyi bir ağırlık kümesi ile ağırlıklandırır, doğrusal olmayan bir şekilde dönüşümünü sağlar ve bir çıktı değeri oluşturur. İlk bakışta, işlem elemanlarının çalışma şekli oldukça basittir. YSA ile yapılan hesaplamanın gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem elemanlarının birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir(Yurtoğlu, 2005).

Bir yapay sinir ağı, bir çok katmandan oluşabilir. Ancak giriş katmanı ve çıkış katmanı olmak üzere en az iki katmandan oluşmalıdır. Her katman belli sayıda sinir hücresinden oluşur. Giriş ve çıkış katmanları dışında gizli katman(lar) veya ara katman(lar) vardır. Bu gizli katmanların ne kadar olacağı ağın tasarımına ve problemin tipine göre değişiklik göstermekle beraber, gizli katman sayısı ve gizli katmandaki hücre sayısı ağın doğruluk oranına etki eder. Gizli katmanlar, YSA'ların doğrusal olmayan problemlerde kullanılabilmesi için gereklidir. Gizli katmanı olmayan YSA'lar, doğrusal olarak ayrıştırılamayan girdileri sınıflandıramaz. YSA'lardaki bu sorun; Özel VEYA (XOR^{*}, Exclusive OR) problemi olarak bilinmektedir.

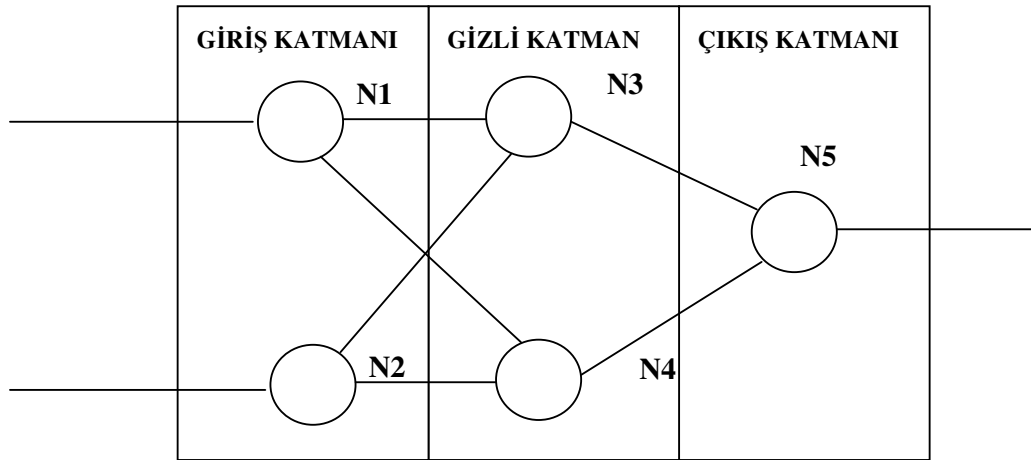
^{*} XOR (Özel Veya) : Bir girişi 1 olduğunda 1 sonucunu verir, diğer hallerde 0 sonucunu verir

XOR probleminde, girdi değerlerine göre sonuç değer çizelgesi Çizelge 3.1’de gösterilmektedir. 1969 yılında Minsky ve Papert XOR probleminin tek tabakalı YSA’lar ile modellenemeyeceğini göstermiştir (Yurtoğlu, 2005).

Çizelge 3.1 XOR çizelgesi

A	B	Sonuç
1	0	1
0	0	0
0	1	1
1	1	0

XOR problemi sonrasında durma noktasına gelen YSA çalışmaları, 1989* yılında Touretzky ve Pomerleau, XOR probleminin gizli katmanlar kullanılarak aşılabildiğini göstermişlerdir. Bu sayede YSA ile doğrusal olmayan problemlerin de modellenebildiklerini ortaya konulmaktadır** (Yurtoğlu, 2005).



Şekil 3.1 Basit YSA modeli [15]

Şekil 3.1’de basit bir YSA modeli gösterilmiştir. Bu YSA 3 katmandan oluşmaktadır. N1 ve N2 giriş katman, N3 ve N4 gizli katman, N5 ise çıkış katmanı hücreleridir. Şekil 3.1’deki YSA’ya girdiler, N1 ve N2 katmanından verilir. Giriş katmanında 2 hücre olduğundan, bu

* Bakınız : Haykin (1999)

** XOR problemi ile ilgili daha detaylı bilgi için bkz. Haykin (1999) ve Zurada (1992).

YSA'ya aynı anda 2 girdi verisi verilebilir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, giriş katmanındaki N1 ve N2 hücreleri, gizli katmandaki N3 ve N4 hücrelerinin her biri ile bağlantı yapmışlardır. Bu sayede N1'ye gelen girdi değeri, gizli katmandaki tüm hücelere girdi olarak gidecektir, bu da giriş katmanındaki her bir girdinin, tüm ağ üzerine etki etmesine yol açar. Şekil 3.1'deki YSA'da hücrelerin birbirleriyle yaptığı toplam bağlantı sayısı 6'dır. (Giriş katmanı ile gizli katman arasında 4 tane, gizli katman ile çıkış katmanı arasında 2 tanedir.) Bu bağlantı sayısını veren formül denklem 3.1'de gösterilmiştir.

$$\sum_{i=1}^{n-1} l_i * l_{i+1} \quad (3.1)$$

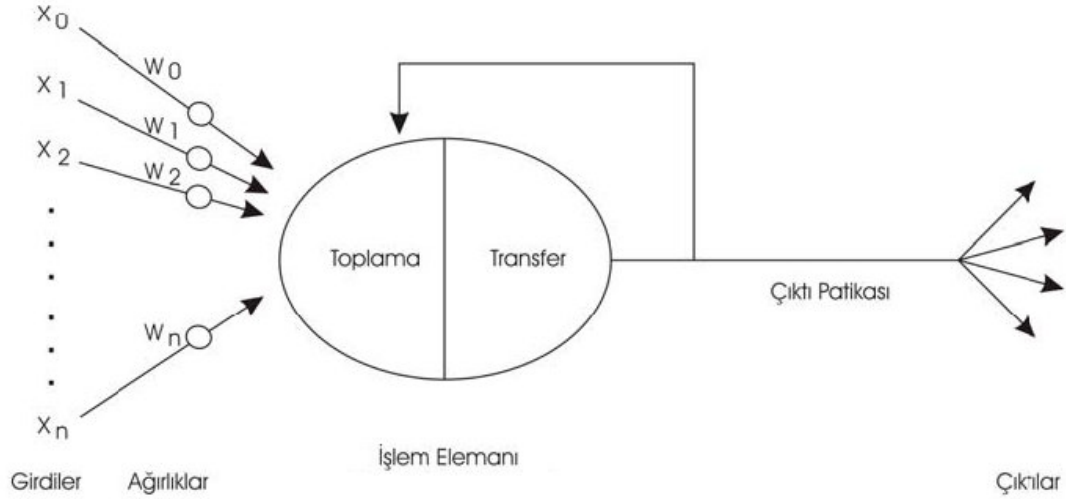
Denklem 3.1'de ki "l" ifadesi i. katmandaki hücre sayısına karşılık gelmektedir. Şekil 3.1'deki YSA, sıra ile katmanlardaki hücre sayılarını gösterecek şekilde, 2-2-1 ağı şeklinde isimlendirilir ve bu basit YSA ile Tablo 1 deki "VE" mantıksal değerlerini öğrenen bir sistem yapılabilir.

Çizelge 3.2 "VE" mantıksal çizelgesi

N1(A)	N2(B)	N5(Sonuç)
1	0	0
0	1	0
0	0	0
1	1	1

3.1 Yapay Sinir Ağı Hücresi

YSA hücresinde, gerçek sinir hücresindeki soma ve aksonun yerine toplam birimi (Summation Unit) ve iletim birimi (Transfer Unit) bulunmaktadır. Hücreye gelen her bir girdi için ayrıca bir tane ağırlık katsayısı (w) bulunmaktadır. Aşağıdaki şekilde YSA hücresinin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.2 YSA sinir hücresi (Yurtoğlu, 2005)

YSA hücrelerine gelen her bir girdinin bir ağırlık katsayısı vardır. Bu ağırlıklar, girdinin sonuç üzerinde etkisinin ne kadar olacağını belirler. Tüm girdiler toplam biriminde işlenir. Toplam birimindeki işlem fonksiyonu; girdi değerlerini ağırlıkları ile çarpımlarını toplar. Toplam biriminin elde ettiği değere NET değer denir. İletim birimi içerisinde, YSA'nın temel hesaplama işlemlerini yapan aktivasyon fonksiyonu bulunmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu net çıkış değerini (hücre sonuç değerini) hesaplar. Aktivasyon fonksiyonu, YSA'nın temel işlevinin yapıldığı yerdir. Genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. YSA'larda kullanılmak üzere bir çok aktivasyon fonksiyonu geliştirilmiştir. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları Çizelge 3.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 Aktivasyon fonksiyonları [4]

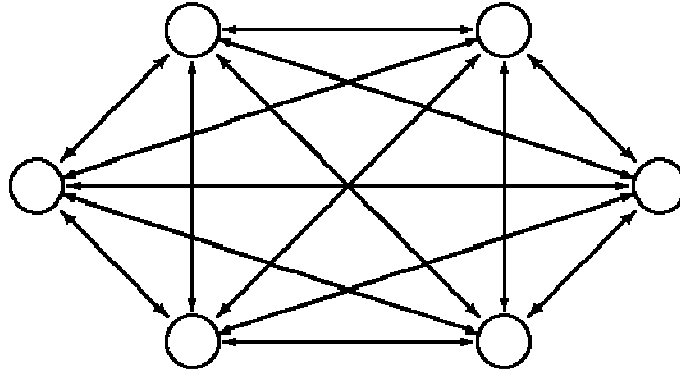
Fonksiyon	Grafik	Denklem
Birim		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < 0 \\ 1 & \text{if } x \geq 0 \end{cases}$
Sigmoid		$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$
Doğrusal 1		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq x_{min} \\ mx + b & \text{if } x_{min} < x < x_{max} \\ 1 & \text{if } x \geq x_{max} \end{cases}$
Doğrusal 2		$f(x) = x$
Gauss		$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

Sunulan tezde ana aktivasyon fonksiyonu olarak en çok kullanılan fonksiyonlarından biri olan “Sigmoid” fonksiyonu kullanılmıştır.

3.2 Yapay Sinir Ağı Türleri

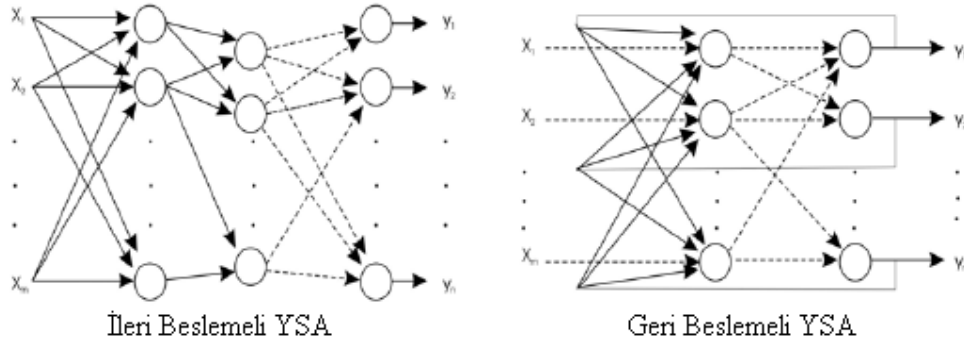
YSA birçok özelliğine göre sınıflandırılabilir. Ancak genellikle yapılarına göre geri beslemeli ve ileri beslemeli ağlar olarak 2 ana gruba ayrılmaktadırlar

Geri beslemeli ağlarda, bir hücrenin çıktısı bir önceki katmanlardaki hücrelere girdi olarak gidebilir ve ağ bir dairesel sistem oluşturmaktadır. Aynı zamanda aynı katmandaki hücreler birbirleri ile de bağlantı oluşturabilir. Bu yüzden geri beslemeli ağlar, yapılış şekline göre farklılıklar gösterebilir. Ağ, dairesel bir sistem oluşturduğu için, sonuca ulaşma ileri beslemeli ağa nazaran daha yavaş olabilir. Bu tip ağlara örnek olarak Hopfield ağları verilebilir. (Haykin, 1999; Principe vd., 2000; Sağiroğlu vd., 2003). Şekil 3.3 Hopfield ağı örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Hopfield ağı örneği [13]

İleri beslemeli ağlarda ise, hücreler giriş katmanından çıkış katmanına doğru bağlantı ağırlıkları ile orantılı olarak bilgileri iletirler. Hücreler arasındaki bağlantılar katmanlar arasındadır, aynı katmandaki hücreler birbirleri ile bağlantı kurmazlar. Ağ, dairesel bir sistem oluşturmaz ve sonuca daha az zamanda ulaşır. Bu ağlara “Çok Katmanlı Perseptron” (Multi Layer Perceptron - MLP) örnek verilebilir. Sunulan tezde çok katmanlı perseptron (MLP) ağı kullanılmıştır.



Şekil 3.4 İleri ve geri beslemeli YSA örnekleri [13]

3.3 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

YSA'nın en önemli özelliklerden biri insan beyni gibi eğitilip öğrenmesidir. Ağın öğrenmesinden kasıt, ağın bir problemin sonucunu bulmak için, hücrelerin birbirleri ile yaptığı bağlantı ağırlıklarının hesaplanmasından başka bir şey değildir. İnsan beyni bir olayı öğrenirken, ya örnek sonuç veri kümesinden faydalanır ya da örnek veri kümesi olmadan kendi kendine eldeki verilerden çıkarımlar yaparak öğrenir. Her iki öğrenme türü de YSA ile tasarlanmıştır. Örnek bir sonuç veri kümesi kullanılarak yapılan öğrenme tipine “kontrollü

(supervised) eğitim”, ağı veri kümesini analiz ederek bağlantıları ve sonuçları çıkarım yaptığı eğitim tipine ise “kontROLSÜZ (unsupervised) eğitim” denir. Bunların dışında takviyeli eğitim olarak adlandırılan bir eğitim yöntemi de vardır.

- **Kontrollü Eğitim** : Ağa girilen girdilerin sonuç bilgisi ilk başta verilir. Ağ, hangi sonuca ulaşması gerektiğini bilir, ve her bir öğrenme sürecinde kendi bulduğu sonuç ile olması gereken sonuç arasında hatayı hesaplar. Bir sonraki öğrenmede bu hata bilgisini de kullanarak bağlantı ağırlıklarını en uygun sonucu verecek şekilde günceller.
- **KontROLSÜZ eğitim** : Ağa girdilerin sonuç bilgisi verilmez. Ağ girdileri kendisinin gruplayacağı bir ölçüt geliştirir. Bu tip ağlara kendi kendine öğrenen ağlar denir. En çok kullanım alanlarından eksik veriyi bütüne tamamlamada kullanılır. Tablo 3’de bu çeşit bir öğrenme tipi kullanan geri beslemeli bir ağ olan Hopfield ağı ile eksik görüntü, tam görüntüye tamamlanabilmektedir.



Şekil 3.5 Hopfield ağı ile yeniden oluşturma [13]

- **Destekli - Eğitim** : Bazı kaynaklarda kontrollü eğitimden farklı yeni bir eğitim türü olarak ele alınmıştır. Destekli eğitim, kontrollü eğitim gibidir, fakat tek farkı ağa sonuç bilgisi yerine, ağın ürettiği sonucun doğru yada yanlış olduğu bilgisi verilir.

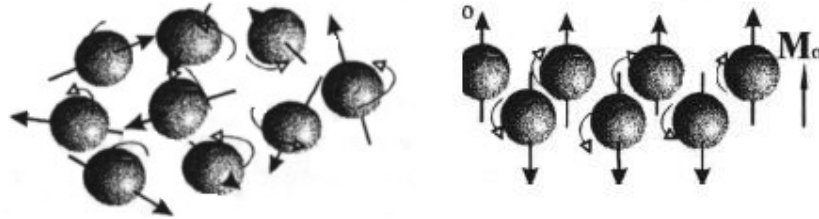
3.3.1 Geriye Yayılma Öğrenme Algoritması

YSA’ların eğitilmesinde bir çok öğrenme algoritmaları geliştirilmiştir. Geriye yayılma(Backpropagation), Delta-Bar-Delta, Hızlı Yayılım, Levenberg-Marquardt bunlardan bazılarıdır. Bunların arasından geriye yayılma YSA’larda en çok kullanılan algoritmalarından biridir (Haykin, 1999). Geriye yayılma, çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda kullanılan denetimli öğrenme algoritmasıdır. Çok kullanılan bir algoritma olmasından ötürü, bu algoritmayı kullanan ağlar, “Geriye Yayılma Sinir Ağları” olarak adlandırılmıştır. Sunulan tezde bu tip bir öğrenme algoritması kullanılmıştır. Uygulama bölümünde bu algoritmanın çalışma ilkesinden bahsedilecektir.

4. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ

Kısaca MR olarak adlandırılan Manyetik Rezonans Görüntüleme, X ışınlarına ihtiyaç duymadan, iç organ ve dokuların ayrıntılı görüntülerinin elde edilmesi yöntemidir. X ışınları kullanılmadığı için, herhangi bir zararı yoktur [12]. Bu yüzden bebek ve hamile bayanlarda rahatlıkla kullanılabilir. Radyolojik tanı sistemleri içinde, yumuşak dokuları birbirinden en iyi ayıran yöntem MR yöntemidir (Çavdaroglu, 2006).

Atom çekirdeğinin temel yapıtaşlarından olan protonların, kendi etraflarında dönmesi bir manyetik alan oluşturur. Hidrojen atomu, tek protona sahip olduğundan, güçlü bir manyetik alana sahiptir (Çavdaroglu, 2006). İnsan vücudunun çoğunluğunu su (H_2O) oluşturduğundan, proton insan vücudunda bol miktarda bulunur. Normalde insan vücudunda bu protonlar rastgele şekilde bulunur. Bu yüzden vücudun manyetizasyonu sıfırdır. İncelenecek vücut kesimi, güçlü bir manyetik alana konulduğunda, protonlar manyetik alan vektörüne paralel konuma geçerler. Bu konumda dış manyetik alan vektörü çevresinde yalpalama hareketi yaparlar.



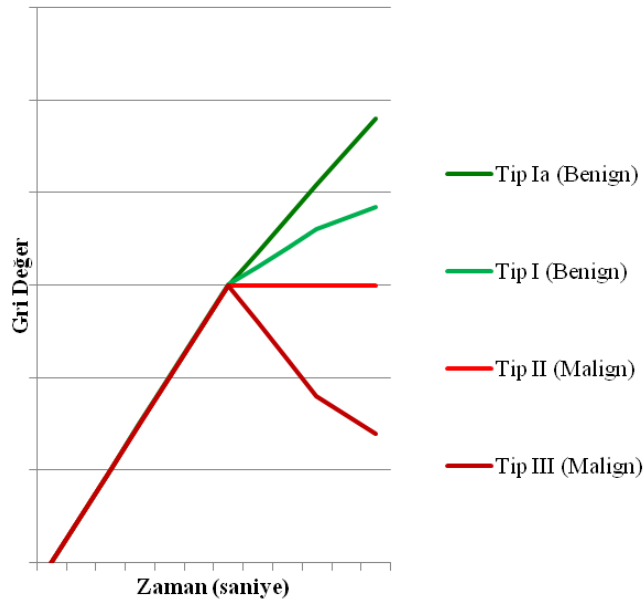
Şekil 4.1 Solda manyetik alan uygulanmadan önce protonların rasgele yönlerde dönüş yapması, sağda manyetik alan içerisine yerleştirilen protonların manyetik alan yönünde veya tersi yönünde hareket etmesi (Çavdaroglu, 2006)

Protonlar yalpalama yaparken, radyo dalgaları ile uyarılırsa, manyetik alan vektörü ile bir açı yaparak bulundukları konumdan saparlar. Radyo dalgaları kesildiğinde tekrar eski konumlarına dönerler. Bu aşamada yaptıkları titreşim sonucu bir sinyal yayarlar. Bu sinyal ölçülerek MR görüntüleri oluşturulur.

4.1 Kontrast Tutucu Madde ile MR Görüntüleme

MR görüntülenmesi başlamadan önce, hasta kanına verilecek olan kontrast tutucu maddeler ile MR görüntülerin gri değerlerinin daha az yada çok olması sağlanabilmektedir. Kontrast tutucu madde, kan ile vücutta yayılır. Bu yayılma esnasında MR görüntüsünün alındığı

bölgedeki kanda kontrast tutucu madde yoğunluğuna göre bu bölgenin MR görüntüsü daha açık renkli gözükmetedir. Genelde bu kontrast tutucu maddeler gadolinium dietilentriaminpentaasetikasit (Gd-DTPA) olarak adlandırılmaktadır. İçerisinde gadalonyum, magnezyum ve demir gibi küçük yapılar barındırır. Tüm bu elementler, çekirdeklerinin dışında çifti olmayan elektronlar taşımaktadırlar. Bu elektronlar vücuttaki protonları tutarak, görüntüde gri değerin daha yüksek görünmesini ve protonlarını tuttuğu yapıların diğer yapılardan ayırt edilmesini sağlamaktadır (Tatlı, 2006). Kontrast tutucu maddeye, malign (kötü huylu) ve benign (iyi huylu) doku tiplerinin zamana bağlı verdiği tepki grafiği Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Malign ve Benign doku tiplerinin kontrast tutucu maddeye verdikleri tepki grafiği. (Tatlı, 2006)

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere, benign tipinde ki tümör dokusu, kontrast madde verdildikten sonra çekilen MR’larda zamanla artan bir parlaklıkta gözükmetedir. Malign doku ise, belli bir parlaklığa eriştikten sonra ya sabit değerde kalmaktadır ya da düşüşe geçmektedir. Benign ve malign doku arasındaki bu temel fark sayesinde MR görüntülerinden tümör tipi belirlenebilmektedir. Fakat radyologlardan tarafından verilen bilgilere göre %10 civarında hata olasılığı vardır. Benign yapı gösteren dokuların %10’u malign, malign yapı gösteren dokuların da %10’u benign doku olabilmektedir. Gerçek tanı, hekimin deneyimi, hasta ile ilgili diğer parametreler, biyopsi vb. ile beraber hekim tarafından konulmaktadır.

Bu tezde sunulan uygulama, benign ve malign dokunun bu parlaklık değişimini öğrenmekte

ve MR görüntülerindeki benign ve malign dokuları tespit etmektedir.

5. UYGULAMA

Uygulamada, MR görüntülerindeki gri değerlerin doku türlerine göre nasıl bir değişiklik gösterdiğini öğrenen bir YSA oluşturulmuştur. Daha sonra bu YSA'yı kullanarak MR görüntülerindeki doku tiplerini bulan yapay sinir ağları temelli özgün bir yöntem geliştirilmiştir. Hekimlere kanserli doku teşhisinde yardımcı olması amaçlanmıştır. Hekim, gerektiğinde yeni doku türlerini uygulama öğretebilmektedir.

YSA'nın geliştirilmesinde FANN (Fast Artificial Neural Network Library) [6] kütüphanesi kullanılmış, uygulama Microsoft Visual Studio 2005 ortamında C# programlama dili ile geliştirilmiştir.

5.1 Kullanılan Araçlar

Uygulamada, kontrast tutucu madde ile çekilmiş meme 14 tane MR görüntüleri kullanılmıştır. MR görüntüleri çekilmeden önce, hastaya kontrast tutucu madde verilmiştir. Kontrast tutucu maddenin verildiği andan itibaren 35 saniye zaman aralıklarıyla her bir kesit için MR çekim protokolüne göre 8 MR mevcuttur. Fakat bazı uygulamalarda bu sayı 11 ile 15 olmaktadır. Görüntülerin alındığı merkezde ilk 3 görüntü hasta hareketlerinden kaynaklanan bozulmaların giderilmesi amacıyla kullanılmamaktadır. Kontrast tutucu maddeden dolayı, bu peş peşe çekilen MR görüntülerde kontrast değişimleri gözlenmiştir. Toplam 280 saniye süren MR çekim çizelgesi Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 MR çekim çizelgesi

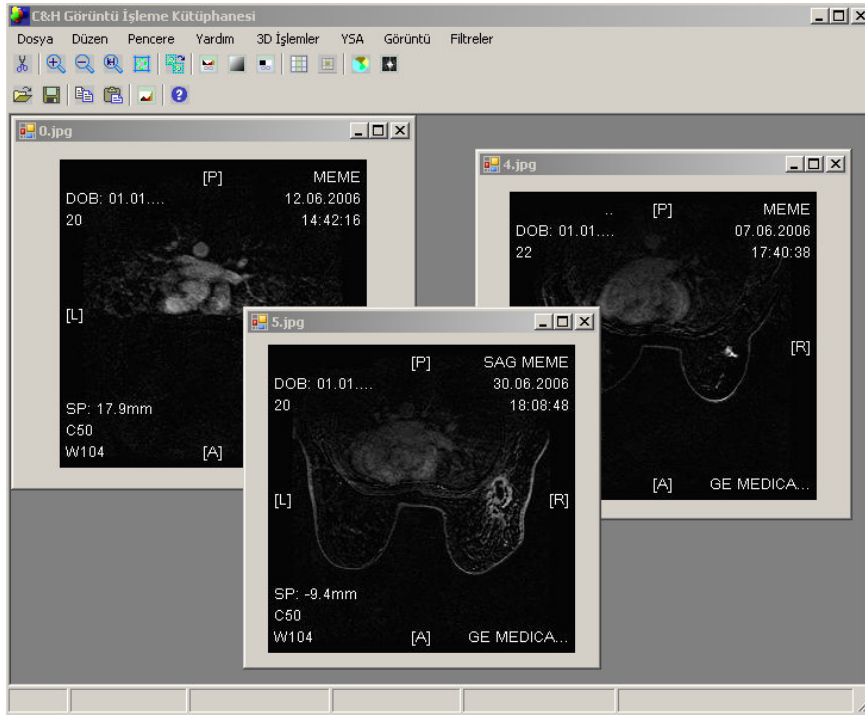
Ölçüm Süre Aralığı	35sn	35sn	35sn	35sn	35sn	35sn	35sn	35sn
Sıra No	1	2	3	4	5	6	7	8
Süre	35	70	105	140	175	210	245	280

5.2 Uygulama İçeriği

Uygulama; Görüntü işleme altlığı, FANN ile YSA modellemesi ve doku tespit uygulaması olmak üzere 3 kısımdan oluşur.

5.2.1 Görüntü İşleme Altlığı

Uygulamada, öncelikle bir çok benzer projeye altlık teşkil edebilecek bir görüntü işleme kütüphanesi geliştirilmiştir. Bu kütüphane MR görüntülerinin orijinal dosya formatı olan DICOM formatı da dahil olmak üzere, bir çok resim formatı üzerinde işlemler yapılabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 5.1 Görüntü işleme altlık programı

Görüntü işleme altlık programı ile yapılabilen temel işlevler

- Aynı anda birden çok görüntü ile çalışabilme,
- Resimler arasında kopyala, kes, yapıştır işlemleri,
- Resmin sadece istenilen bölgesinin kesilmesi (Crop işlemi)
- Resmi döndürme, simetrisini alma (Aynalama)
- Histogram bilgilerini gösterme,
- Filtreleme işlemleri
 - Gri değere dönüştürme,
 - Renklerin tersini alma,
 - Kenar tanıma filtreleri,
 - Fourier dönüşümü,
 - Ters Fourier dönüşümü,
- Okuma ve Yazma olarak bir çok resim formatı destekler,
 - DICOM, JPEG, GIFF, BMP, PNG, TIFF

5.2.2 FANN ile YSA Modellemesi

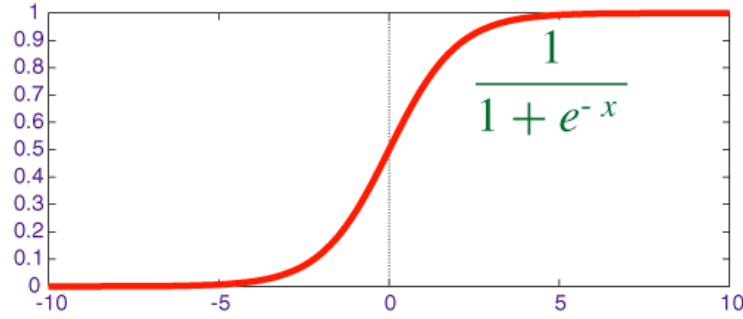
FANN (Fast Artificial Neural Network Library), YSA uygulamalarına temel teşkil etmek

üzere geliştirilmiş, çok katmanlı bir yapay sinir ağı kütüphanesidir. Açık kodlu bir proje olarak geliştirilen olan FANN kütüphanesi, C programlama dili ile geliştirilmiştir. Diğer programlama dilleri ile kullanılabilmesi için ara yüzleri mevcuttur. Bu çalışmada, .NET altında C# programlama dili ile bu ara yüzler aracılığıyla FANN kütüphanesi kullanıldı.

FANN Kütüphanesinin genel özellikleri şöyle özetlenebilir :

- 1) Çok katmanlı YSA tasarlamaya olanak vermektedir,
- 2) Geri Yayımlı öğrenme algoritması kullanmaktadır,
- 3) Açık kod ve LGPL* lisansı ile dağıtılmaktadır,
- 4) .NET, C++, Delphi ve diğer dillerle kullanım olanağı bulunmaktadır,

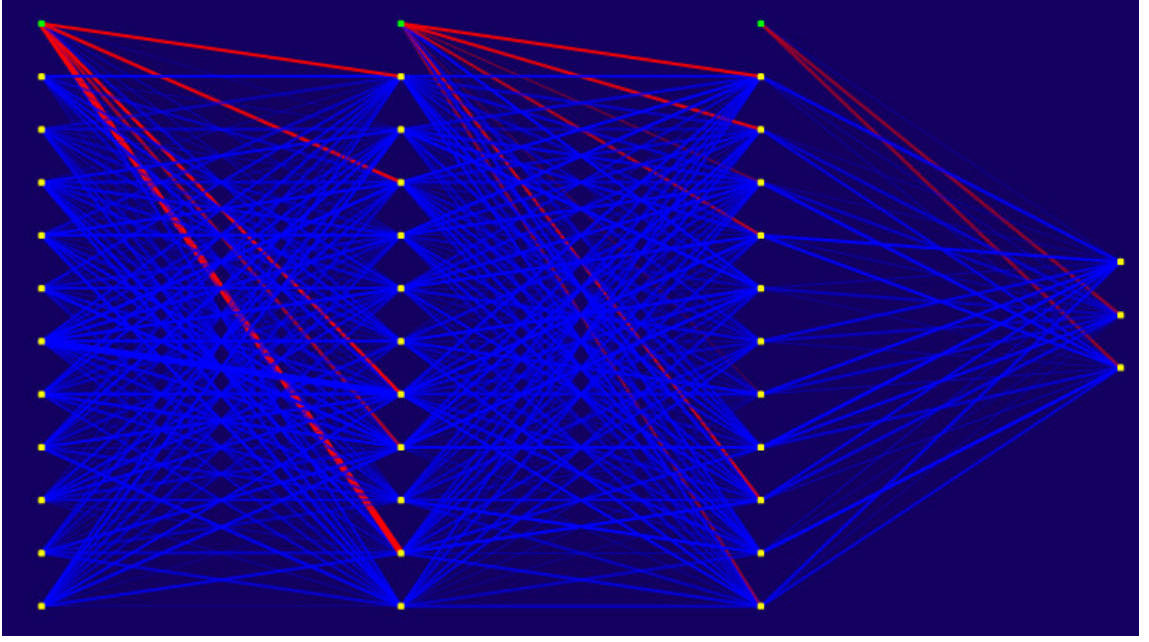
YSA modelinde, geri yayımlı öğrenme algoritması tercih edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak ise, geri yayımlı model için en uygun aktivasyon fonksiyonlarından birisi olan sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 5.2 Sigmoid aktivasyon fonksiyonu[5]

Şekil 5.3’de yapısı gösterilen YSA’da, hücreler arasındaki her bir bağlantının öğrenmeye başlamadan önce rastgele olarak atanmış bir ağırlık değeri bulunmaktadır. Şekil 5.3’de, hücreler arasındaki bağlantıların ağırlıkları, mavi rengin tonlarıyla ifade edilmiştir. Koyu mavi olanların ağırlığı yüksek iken, soluk renkli olanların ağırlık değerleri düşüktür. YSA’nın eğitimi esnasında bu ağırlıklar öğrenmeye bağlı olarak değişecektir. Bağlantıların ağırlık değerlerinden başka, her bir hücrenin “bias” adı verilen yine rastgele belirlenen bir sabit değeri vardır. Bias bilgileri Şekil 5.3’de kırmızı renk ile gösterilmiştir.

* GNU Lesser General Public License; Free Software Foundation tarafından yayınlanan özgür yazılım lisansıdır.



Şekil 5.3 Örnek YSA modeli ve hücre bağlantıları [14]

5.2.2.1 Toplam Birimi Tasarımı

Toplam birimi, YSA'daki her bir hücrenin “net” değerini hesaplayan birimdir. Net değerın hesaplanması için, hücreye gelen tüm girdi değerleri bağlantı ağırlığı ile çarpılarak toplanmaktadır. Bias olarak ifade edilen, sabit rastgele değer ise bu hesaplanan sonuca eklenir.

$$NET = \left(\sum_{i=1}^n x(i) * w(i) \right) + Bias \quad (5.1)[7]$$

Denklem 5.1’de ki x(i) i.girdi değerini, w(i) i. hücre bağlantısının ağırlık katsayısını, bias ise rastgele belirlenen sabit değeri göstermektedir.

5.2.2.2 Aktivasyon Fonksiyonu Tasarımı

Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanıldığı belirtilmişti. Bilgisayar terminolojisinde, sigmoid fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir. “NET” toplam biriminin hesapladığı değer. Hücrenin çıkış değeri bu aktivasyonu fonksiyonu ile hesaplanır.

$$Sonuç = 1 / (1 + e^{-NET}) \quad (5.2)[7]$$

YSA’da birden fazla gizli katmanın olması durumunda, bu sonuç değeri bir sonraki katmanda bağlı olduğu hücreye girdi değeri olarak verilmektedir.

5.2.2.3 YSA'nın Geri Yayılma Algoritması ile Öğrenme Aşaması

Toplam birimi ve aktivasyonu fonksiyonları ile YSA'nın ilk çalıştırılması sırasında, YSA'nın hata değerinin hesaplanması gerekmektedir. İlk çalışmada YSA büyük olasılıkla, hatalı sonuç üretecektir. Gerçek sonuç değeri ile YSA'nın bulduğu sonuç değeri arasındaki fark, hata değerini verir. Bu hata değerine “delta” denmektedir.

Hata değeri hesaplama yöntemi :

- Çıkış katmanındaki her bir hücrenin hata değeri hesaplanır.
- Bu hesaplanan delta, bir önceki katman hücrelerinin deltasını hesaplamakta kullanılır.
- Son gizli katmandaki hücrelerin delta değerleri, kendinden önceki katmandaki hücrelerin hata değerlerini hesaplamada kullanılır.
- Bu işlem ilk gizli katmana ulaşıncaya kadar devam eder. Giriş katmanındaki hata değerleri hesaplanmaz. [7]

Hata değerinin bu şekilde hesaplanıp, bir önceki katmanlara sıra ile verilip bağlantı ağırlıklarının hesaplanması geri yayımlı öğrenme türüdür.

$$\begin{aligned}\Delta &= \text{Sonuç} * (1 - \text{Sonuç}) * \Theta \\ \Theta &= \rho - \text{Sonuç}\end{aligned}\tag{5.3}[7]$$

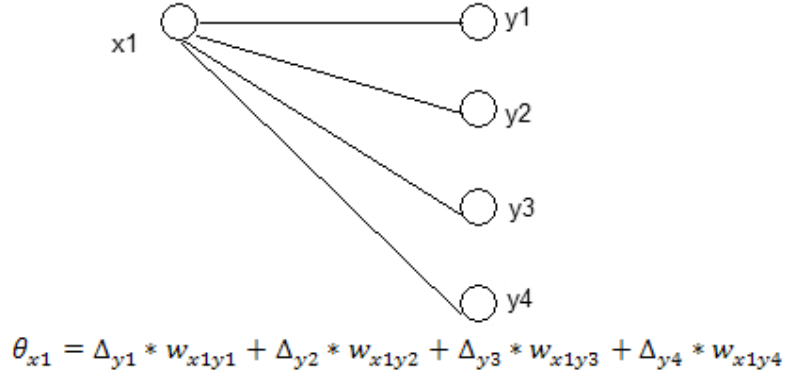
Denklem 5.3'de Θ hata faktörünü, ρ ise beklenen sonuç değerini göstermektedir. Denklem 5.3'da, çıkış katmanındaki hücrelerin hata değerlerinin hesaplanma yöntemi gösterilmiştir. Fakat bu formüldeki Θ değerinin hesaplanması, gizli katmanlardaki hücrelere ilişkin ρ değeri kesin olarak bilinmediği için, yapılması mümkün değildir. Sadece çıkış katmanındaki hücrelerin ρ değeri bilinmektedir.

Gizli katmanda Θ hesaplama yöntemi şöyledir :

$$\Theta_i = \sum_{j=0}^n \Delta_j * w_{ij}\tag{5.4}[7]$$

- Hücrenin bağlantılı olduğu her bir hücrenin delta değeri, bağlantı ağırlık değeri ile çarpılır.
- Bu delta değerleri toplanarak, bu gizli katmandaki hücrenin Θ değeri hesaplanır. $\Delta_i = \sum_{j=0}^n \Delta_j * w_{ij}$

Denklem 5.4'deki formülü Şekil 5.4'deki örnekte gösterilmektedir.



Şekil 5.4 Gizli katmanda θ hesaplama yöntemi [16]

Hata değeri hesaplandıktan sonra, YSA ilk oluşturulması sırasında, rastgele olarak belirlenen bağlantı ağırlıkları ve bias değerleri bu delta değerlerine göre yeniden hesaplanır. Bu ağırlıkların yeniden hesaplanması, çıkış değerinin doğru değere yaklaşmasını sağlar.

Delta ve hata faktörü hesaplandıktan sonra, her bir hücrenin bias değeri ile, bağlantı katsayıları bu değerlere göre yeniden hesaplanır.

Yeni bias değerinin hesaplanması :

$$Bias_{yeni} = Bias_{eski} + \alpha * \Delta \quad (5.5)[7]$$

Denklem 5.5’de α değeri öğrenme katsayısına karşılık gelmektedir. Öğrenme katsayısı 0 ile 1 arasında belirlenir. Basit problemlerin çözümünde bu öğrenme katsayısı yüksek alınır fakat daha karmaşık problemlerde öğrenme katsayısının yüksek alınması ağırlık hata oranını yükseltebilir. Bundan dolayı karmaşık problemlerde ya da hata oranının yüksek olması durumunda öğrenme katsayısı düşürülmelidir.

Yeni bağlantı ağırlıklarının hesaplanması :

$$w_{yeni} = w_{eski} + \alpha * Sonuç * \Delta \quad (5.6)[7]$$

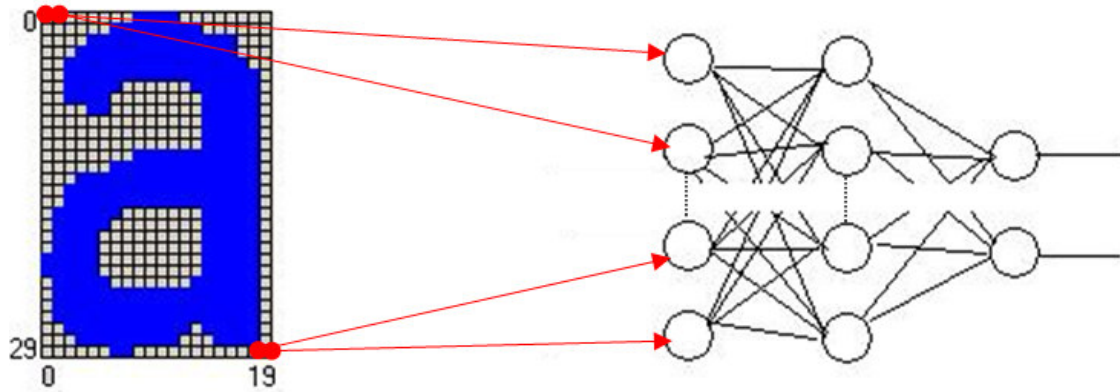
Tüm biaslar ve ağırlıklar bu şekilde belirlendikten sonra, yeni değerlere göre YSA tekrar çalıştırılır. Tekrar çalıştırma işlemine, sonuç hata değeri istenilen seviyeye gelene kadar devam edilir. Eğer hata değeri istenilen seviyeye düşmüyor veya belli bir değerde sabit kalıyorsa, YSA mimarisinde değişiklik yapılması gereklidir. Gizli katman sayısının artırılması veya kullanılan aktivasyon fonksiyonun değiştirilmesi ya da öğrenme katsayısının düşürülmesi yapılabilecek değişikliklerden birkaçıdır. Bunların yanında mümkün olduğunca

çok örnek veri grubu kullanılmalıdır.

5.2.2.4 YSA'da Kullanılacak Veri Kümesinin Seçimi

YSA'lar da en önemli etken, YSA'ya girdi olarak verilen bilgilerin, elde edilmesi istenen bilgi ile örtüşmesi gerekliliğidir. Doğrusal olmayan bir problemi çözmek için YSA'ya verebileceğiniz girdi değerleri aynı problemde dahi farklılıklar gösterebilir. Bir problemi çözmenin bir çok yolu olabileceği gibi, YSA'da doğru sonucu elde etmek için, YSA'ya vereceğimiz girdi bilgileri farklı olabilir. Önemli olan en etkili girdilerle en hızlı şekilde doğru sonuca ulaşabilmektir. YSA'nın en çok kullanıldığı alanlardan biri olan otomatik karakter tanıma (OCR) algoritmalarında, bir resim üzerindeki karakteri (harf, sayı yada imla karakterleri gibi) bulmak için YSA'ya girdi olarak, resmin gri değerlerinden oluşan dizi verilir. Bu tip bir eğitmenin amacı, YSA'nın resmi bütünüyle öğrenip, test aşamasındaki görüntüleri, öğrendiği görüntülerle bütün olarak karşılaştırıp sonuca varmasıdır.

Resmin gri değerlerinden oluşan dizinin her bir elemanına karşılık, YSA giriş katmanında bir hücre bulunmalıdır. Giriş katman hücre sayısı ile dizi boyutu eşit sayıda olmalıdır. Örneğin 30 piksel genişlik ve 20 piksel yüksekliğinde ki bir resim için giriş katmanında $30 \times 20 = 600$ hücre olmalıdır. Şekil 5.5'de görüldüğü gibi, "a" karakterinin her bir pikselinin gri değeri YSA'ya girdi olarak gönderilmiştir. YSA'nın da giriş katmanında 600 nöron bulunmaktadır. Gizli katmandaki nöron sayısı 1200, 600, 300 vb değerler alabilir. Fakat gizli katmandaki nöron sayısı azaltılırsa, 100 nöron gibi giriş katmanındakinin 6'da 1'i kadar, bu, YSA'nın öğrenme ve doğru sonucu bulma yetisini azaltacaktır. Bundan dolayı gizli katmandaki nöron sayısı en azından giriş katmanının yarısı kadar olmalıdır. Gizli katmanda 300 nöron olduğu varsayılırsa, bu YSA'daki toplam bağlantı sayısı $600 \times 300 + 300 \times 2 = 180.600$ kadar olacaktır.



Şekil 5.5 "a" karakterinin YSA'ya girilmesi

Ortalama olarak 300*300 piksel ebadında olan bir MR görüntüsünü YSA'ya girdi olarak verirken bağlantı sayısı ne kadar olur? 300*300 piksel, giriş katmanında 90.000 nöron demektir. Bu da toplamda $8.100.000.000 + 90.000*2 = 8.100.180.000$ (~8milyar) bağlantıya karşılık gelir. Her bir bağlantıda en az 8 byte sayı değeri tutulması gerekir*. Bu durumda böyle bir ağın ihtiyaç duyduğu hafıza miktarı en az $8.100.180.000 * 8 = 64.801.440.000$ Byte olacaktır. Bu da yaklaşık 64GB lık bir hafıza gereksinimi demektir. Günümüzde ortalama bir bilgisayar 512MB (1024MB = 1GB) yada 1GB ara belleğe (RAM*) sahiptir.

Çizelge 5.2 Resim ebatlarına göre gereken hafıza miktarı

Görüntü Ebatı	Toplam Boyut	Ortalama Bağlantı Sayısı	Yaklaşık RAM Miktarı
20*30	600	360.000	3 MB
30*30	900	810.000	6 MB
50*50	2.500	6.250.000	48 MB
100*100	10.000	100.000.000	763 MB
150*150	22.500	506.250.000	3862 MB
300*300	90.000	8.100.000.000	64000 MB
500*500	250.000	62.500.000.000	476800 MB

Bu sonuca göre böyle bir ağı oluşturulması ve öğrenmesi klasik masaüstü bilgisayarları için mümkün görünmemektedir. Böyle bir sistemin çalışması için Paralel bilgisayar tekniklerine ya da super-bilgisayar denilen bu tip durumlar için özel olarak tasarlanmış bilgisayarlara gereksinim duyulur. Bu zorluklar ve kısıtlamalar nedeniyle sunulan tezde bu yöntem tercih edilmemiştir.

5.2.2.5 YSA'nın Tasarımı

Bir MR'daki tüm pikselleri YSA'ya girdi olarak vermektense, tek bir pikselin yada bir kaç piksel grubunun YSA'ya girdi olarak verilmesi tercih edilmiştir. Böylece YSA daha basit yapıda olacak ve her girdi sonucu elde edilen değerler hafıza tutulup, sonuç görüntüsü olarak sonradan birleştirilecektir. Böylelikle, büyük bir problem, küçük ve basit parçacıklara bölünerek, her bir parçacığın sonucun hesaplanmasına katkısı gerçekleştirilmiştir.

Kontrat tutucu madde ile ardışık çekilen 8 tane MR görüntüsünde, aynı konumdaki piksellerin gri değeri değişimleri çıkartmıştır. Böylece her bir piksel için, toplamda 8 tane gri değeri

* Ondalık sayılar 8 byte lik hafıza alanına ihtiyaç duyar

* RAM : Rastgele erişimli bellek. Bilgisayarlarda, programın işlenmesi için işlemcinin kullandığı ara bellektir. Sabit disklere göre çok daha hızlıdır. Fakat kapasiteleri düşüktür ve elektrik akımı olmadığında tutulan bilgi kaybolur.

bilgisi belirlenmiştir. Her bir gri değer, pikselin bir MR'daki gri değerine karşılık gelmektedir. Bu gri değer verilerinden her biri YSA'nın bir girdisi olarak tasarlanmıştır. Bundan dolayı YSA'nın giriş katmanı 8 hücreden oluşmaktadır. Böylece bir piksele ait 8 MR'daki 8 tane gri değer bir seferde YSA'ya girdi olarak verilmiştir. YSA, MR'daki her bir piksel için yeniden çalıştırılmaktadır. Her bir piksel için YSA'nın çıktısına göre sonuç MR görüntüsünde, ilgili pikselin doku tipi belirlenmektedir.

Gri değerler, doku tiplerine göre malign (Kötü Huylu) tümör doku, benign (İyi Huylu) tümör doku ve normal doku olmak üzere 3 tipe ayrıştırılmıştır. 3 farklı sonuç olduğundan YSA'nın çıkış katmanı 3 hücreden oluşmaktadır. Her bir hücre bir doku tipine karşılık gelmektedir. Doku tipine göre YSA'nın vermesi istenen sonuç bilgileri Tablo 6'da gösterilmiştir. Malign doku için çıkış değerleri sıra ile 0-0-1, benign doku için 0-1-0 ve normal doku için 1-0-0 değerleri benimsenerek, eğitim verileri buna göre düzenlenmiştir.

Çizelge 5.3 Doku tiplerine göre YSA çıktısı

Doku Tipi	Çıkış Hücresi 1	Çıkış Hücresi 2	Çıkış Hücresi 3	Genel Sonuç
Malign Doku	0	0	1	001
Benign Doku	0	1	0	010
Normal Doku	1	0	0	100

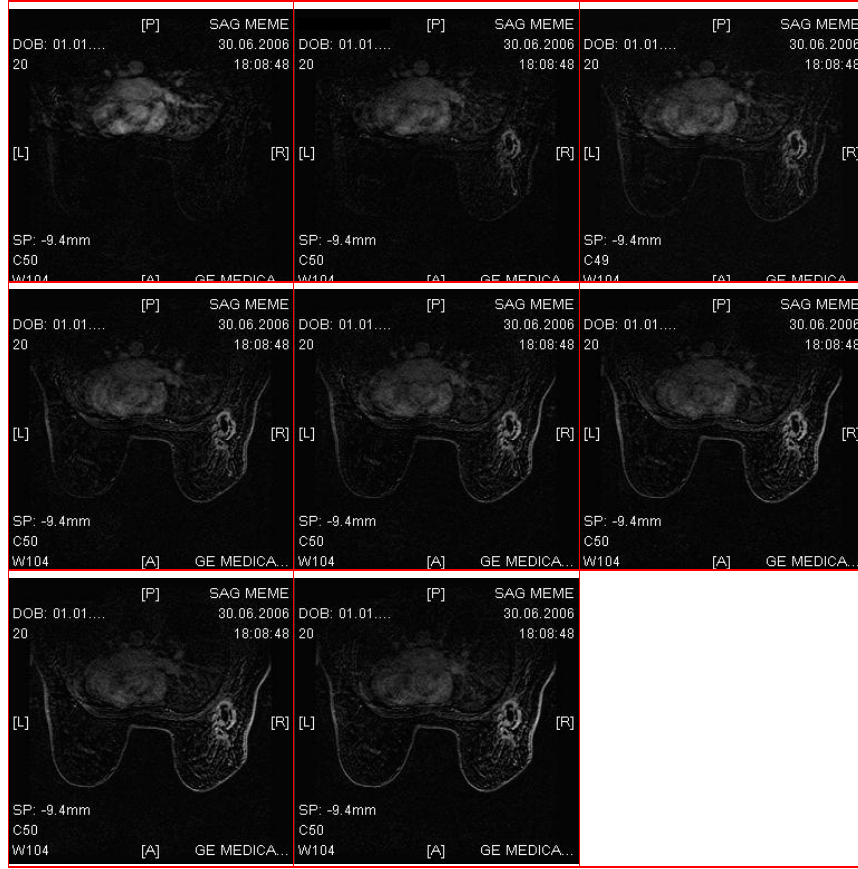
YSA'a giriş ve çıkış katmanlarına ek olarak 2 tane gizli katman eklenmiştir. Giriş katman hücre sayısı 8 olduğundan, bu gizli katmandaki hücre sayıları da 8'er adet seçilmiştir. Ayrıca geliştirilen uygulama istenildiği kadar gizli katman oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Gizli katmanların, YSA'ların doğrusal olmayan problemleri modelleyebilmesi için gerekliliği 3. Bölümde anlatılmıştır. Sonuç olarak YSA; 8 tane giriş katman hücresi, 8 tane 1. gizli katman hücresi, 8 tane 2. gizli katman hücresi ve 3 tane çıkış katman hücresi olmak üzere, 4 katmanlı 8-8-8-3 şeklinde oluşturulmuştur.

5.2.2.6 YSA Eğitim Verilerinin Hazırlanması

Uygulama aşamasında, 16 farklı MR görüntüsü kullanılmıştır. Bunlardan 7 tanesi malign doku örnekli MR, 7 tanesi benign doku örnekli MR ve 2 tanesi normal dokulu MR'dan oluşmaktaydı. Bunlardan 3 malign, 3 benign ve 2 normal dokulu MR örnekleri YSA'nın eğitilmesi için kullanılmıştır. Daha sonra tüm MR'lar YSA ile test edilip sonuçlar

karşılaştırılmıştır..

Şekil 5.6'da eğitim için kullanılan, bir hastaya ait ardışık çekilen kontrastlı MR serisi gösterilmektedir.

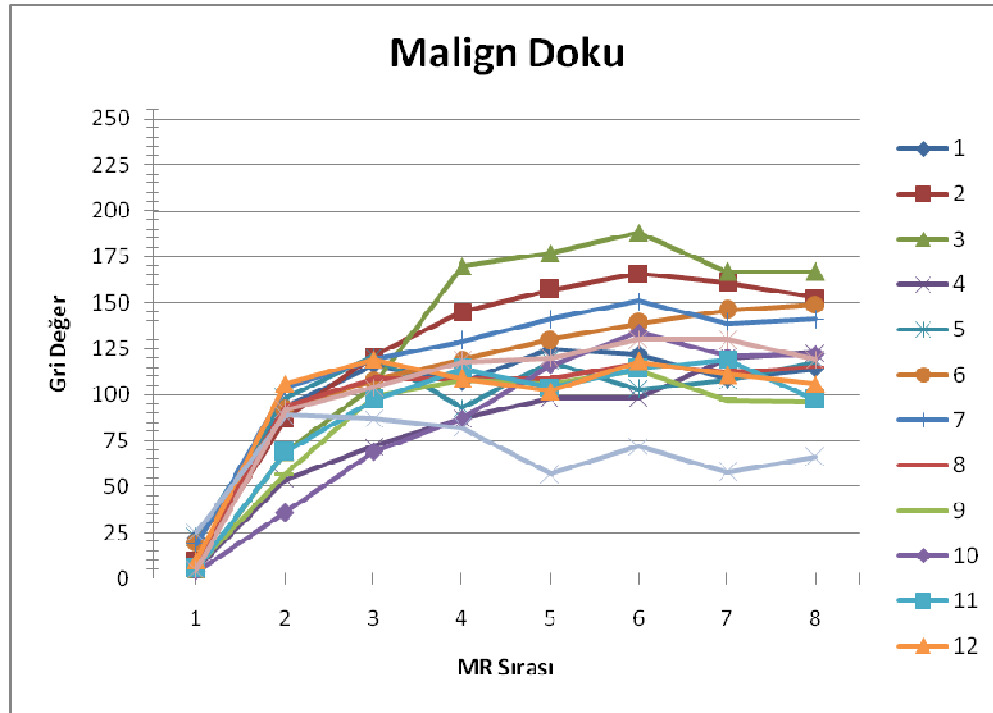


Şekil 5.6 Eğitim için kullanılan malign doku MR Serisi

Şekil 5.6'daki MR'dan malign dokuya ait 14 tane piksel seçilmiştir. Bu piksellerin, 8 tane MR'daki gri değer değişimleri Çizelge 5.4'de gösterilmektedir. Gri değerler 0-255 değeri arasındadır. 0 siyah renge karşılık gelirken, 255 beyaz renge karşılık gelmektedir. Bu 14 pikselin grafiksel gösterimi Şekil 5.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 Örnek malign doku gri değer değişimleri

MR	1	2	3	4	5	6	7	8
1	22	94	116	107	125	122	109	114
2	10	87	121	145	157	166	161	153
3	5	69	105	170	177	188	167	167
4	6	54	72	87	98	98	120	123
5	22	98	121	93	118	103	108	118
6	20	92	108	119	130	139	146	149
7	19	104	119	129	141	151	139	141
8	10	94	109	109	109	117	112	115
9	7	57	99	108	106	113	97	96
10	4	36	69	87	116	134	121	122
11	6	69	97	114	104	114	119	97
12	10	106	119	109	102	118	111	106
13	25	89	87	82	57	72	58	66
14	5	92	104	118	120	130	130	119

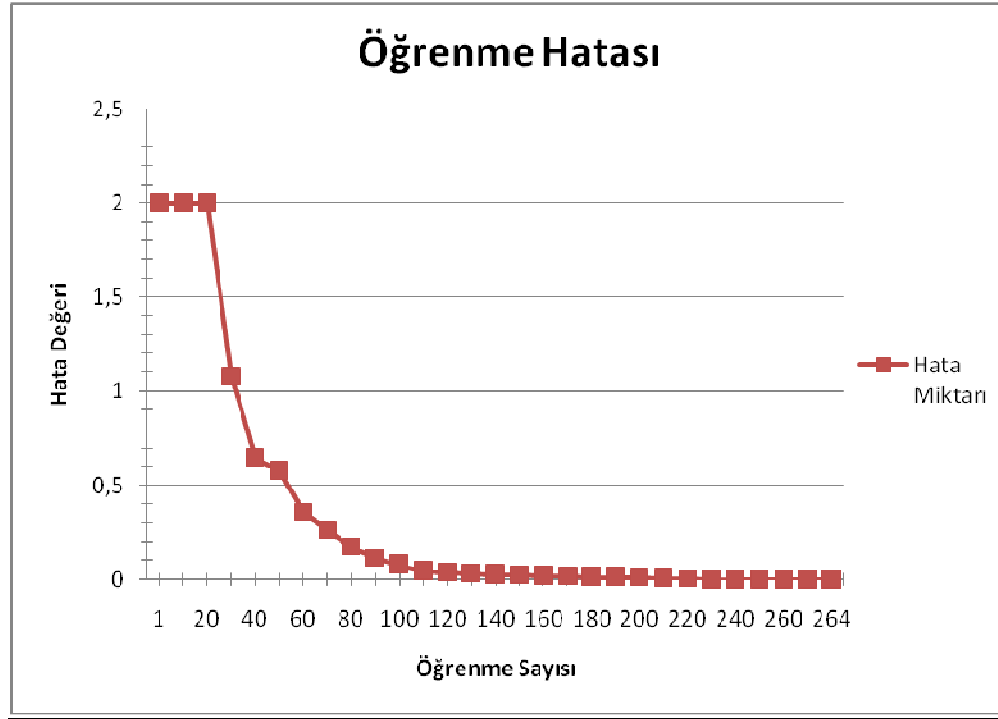


Şekil 5.7 Eğitim için kullanılan malign dokuların gri değer değişim grafiği

Benign dokuların eğitim için kullanılan MR serisi ve benign piksellerin gri değer değişimleri Ek 2’de, normal dokuların gri değer değişimleri ise Ek 3’de gösterilmektedir. 46 tane malign piksel, 19 tane benign piksel ve 40 tane normal dokuya ait piksel verisi olmak üzere toplamda 105 tane piksel verisi eğitim için kullanılmıştır.

Eğitim için kullanılan MR’lardan alınan piksellerin gri değerleri 0 ile 255 değeri arasındadır. Fakat bu değerler 0 ile 1 değer aralığına indirgenmiştir. 255 gri değeri 1 değerine indirgenirken, 127 gri değeri 0.5 değerine indirgenmiştir.

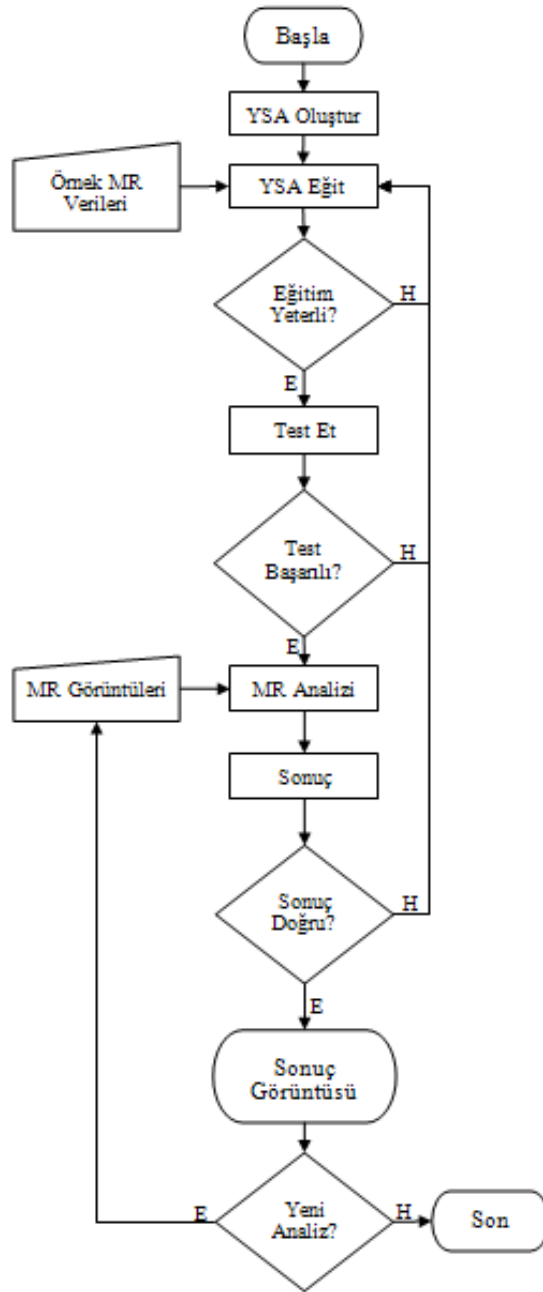
Bu öğrenme verisi ile eğitilen YSA’nın hata grafiği Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Şekil 5.8’deki grafikteki değerler çizelge olarak Ek 4’te verilmiştir. Hata değeri, YSA’nın ürettiği sonuç ile olması gereken sonuç arasındaki farktır. Bu hata değerinin hesaplanması, YSA’nın öğrenme aşamasında anlatılmıştır.



Şekil 5.8 YSA'nın hata grafiği

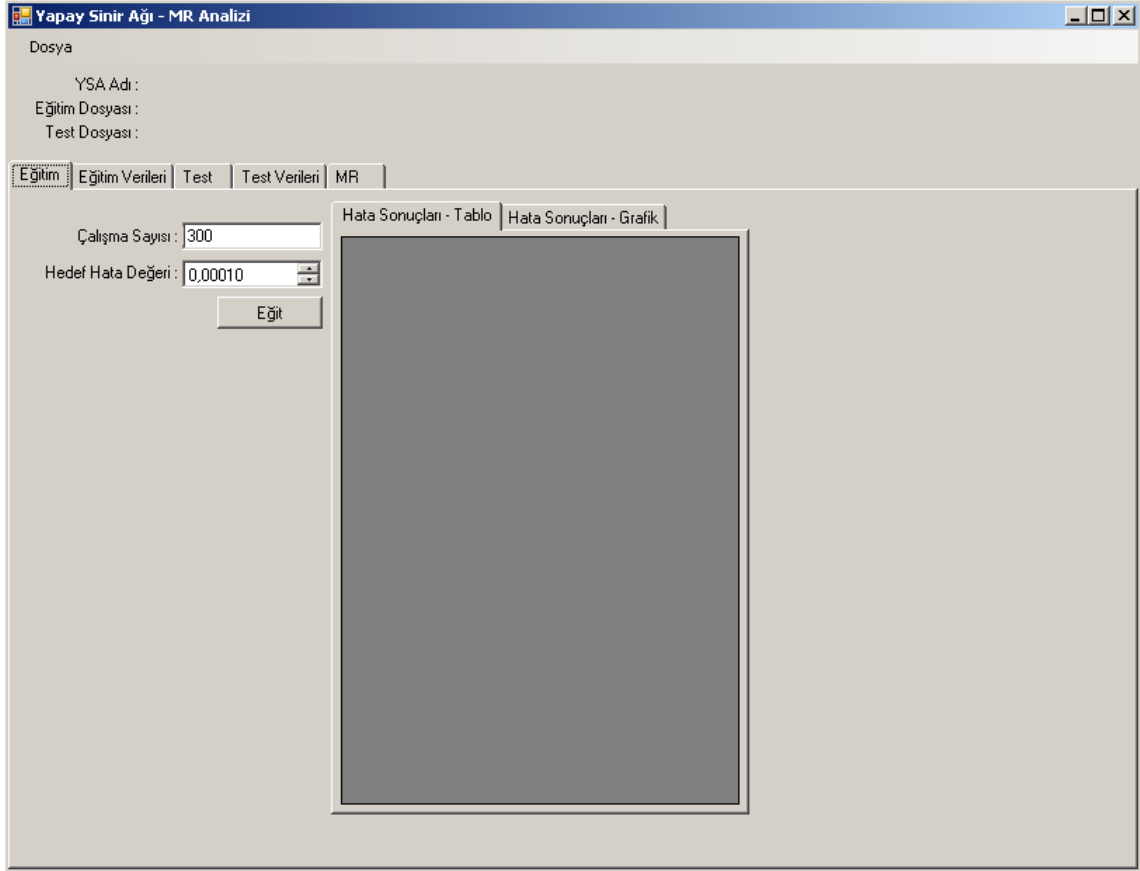
5.2.3 Özgün MR Analiz Uygulaması

Geliştirilen uygulama temel olarak 4 ana kısımdan oluşturulmuştur. Bu kısımlar; YSA'nın oluşturulması, uygulamanın eğitilmesi, eğitimin test edilmesi ve uygulama ile MR görüntülerinin analiz edilmesidir. Bu kısımlar uygulamanın akış şemasını gösteren Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Geliştirilen MR analiz uygulaması akış şeması

Geliştirilen uygulamanın genel görünüşü Şekil 5.10’de gösterilmektedir.



Şekil 5.10 Uygulamanın genel görünüşü

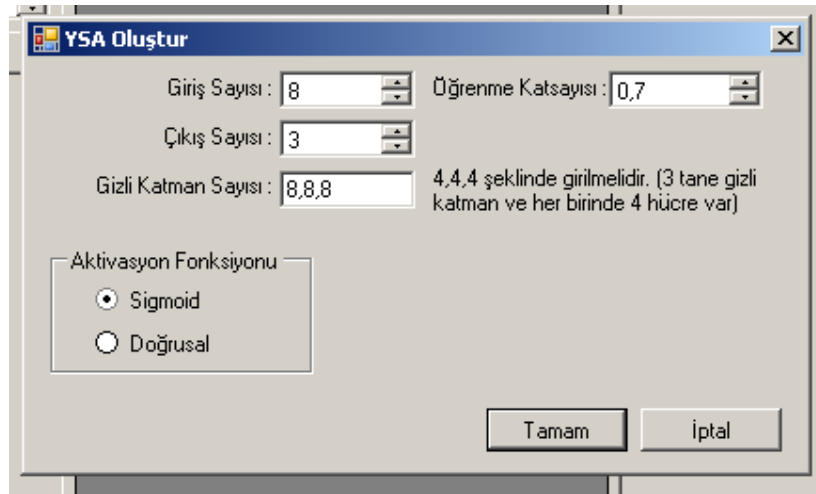
5.2.3.1 Uygulamada YSA’nın Oluşturulması

Ana uygulamada yeni bir YSA oluşturmak için, Dosya menüsünden, “Yeni YSA” seçeneği seçilir.



Şekil 5.11 Yeni YSA oluşturma

“Yeni YSA” seçeneğinden sonra Şekil 5.12’de gösterilen YSA oluşturma ekranı gelir. Bu ekran üzerinden oluşturulacak YSA’nın parametreleri ayarlanır.



Şekil 5.12 YSA oluşturma parametreleri

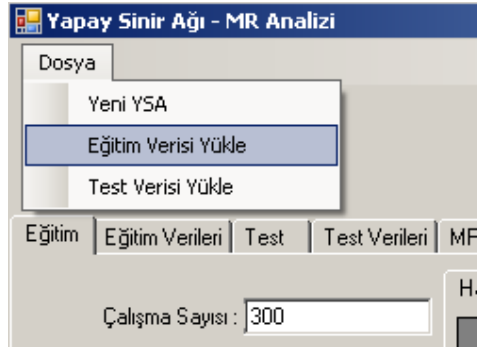
Yeni YSA Parametreleri :

- **Giriş Sayısı** : YSA’nın kaç girişi olacağını belirler. Bu uygulamada 8 MR görüntüsü olduğundan bu değer 8 seçilmiştir.
- **Çıkış Sayısı** : YSA’nın kaç çıkışı olacağını belirler. Bu uygulamadan 3 farklı tipte sonuç olacağından, çıkış hücre sayısı 3 olarak seçilmiştir.
- **Gizli Katman Sayısı** : Kaç tane gizli katman ve her gizli katmanda kaç tane hücre olacağını belirler. Bu uygulamadan 8’şer tane hücre bulunduran 3 gizli katman oluşturulmuştur.

- **Öğrenme Katsayısı :** YSA'nın öğrenme algoritmasından kullanılan öğrenme katsayısı değeridir. Öğrenme katsayısı 0 ile 1 arasında herhangi bir değer seçilebilir. Ortalama öğrenme değeri olarak 0.7 seçilmiştir. Öğrenme katsayısı 0.7 seçildiğinde, YSA hata değerini 0.3(1-0.7) değerine kadar 0 olarak kabul edecektir. Teorik olarak öğrenme katsayısı 1'e ne kadar yakın olursa o kadar iyi kabul edilir. Fakat zor ve karmaşık problemlerde, YSA hata değerini 0 yapamayabilmektedir. Bu gibi durumlarda öğrenme oranı düşülürerek YSA'nın kolay ve hızlı öğrenmesi sağlanır.
- **Aktivasyon Fonksiyonu :** YSA'da hangi aktivasyon fonksiyonu kullanılacağını belirler. Doğrusal yada sigmoid fonksiyonu olarak seçilebilir. Bu uygulamada doğrusal olmayan bir fonksiyon olan sigmoid fonksiyonu tercih edilmiştir. Doğrusal fonksiyon ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucu bölüm 7.1 de anlatılmaktadır.

5.2.3.2 Eğitim Verilerinin YSA'ya Yüklenmesi

Önceden hazırlan eğitim verileri, bir text dosyasına kaydedilerek uygulamaya yüklenebilir. Örnek text dosyası içeriği Ek 6'da gösterilmektedir. Eğitim verilerini uygulamaya yüklemek için, Şekil 5.13 de gösterildiği gibi Dosya menüsünden "Eğitim Verisi Yükle" menüsü seçilir.

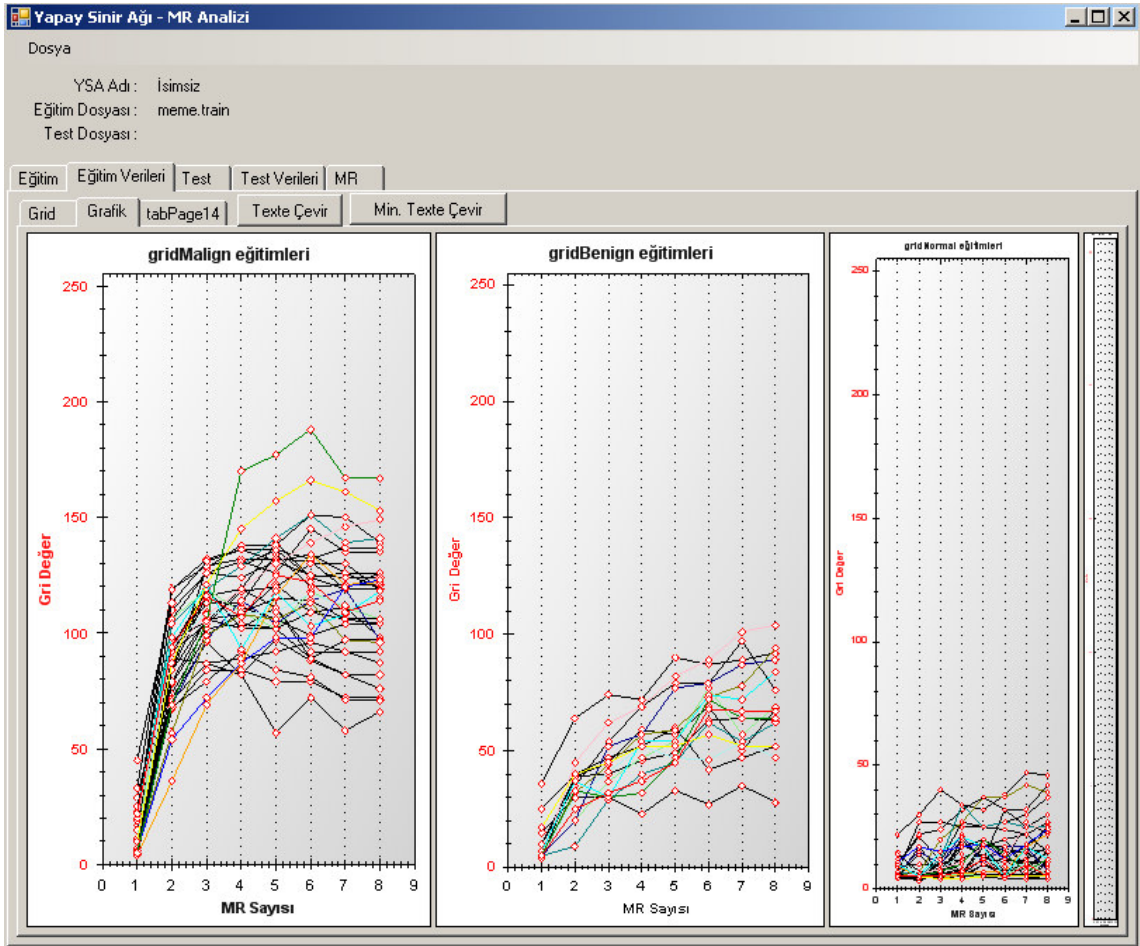


Şekil 5.13 Eğitim verisi yükleme

Uygulamaya yüklenen eğitim verileri sıra ile, Malign, Benign ve Normal tip doku olmak üzere 3 farklı listede gösterebilmektedir. Uygulamanın, eğitim için yüklenen verilerin 0 ile 1 arasına indirgenmiş halini gösteren bölümü Şekil 5.14'de gösterilmektedir.

Yapay Sinir Ağı - MR Analizi								
Dosya								
YSA Adı : İsimsiz								
Eğitim Dosyası : meme.train								
Test Dosyası :								
Eğitim	Eğitim Verileri	Test	Test Verileri	MR				
Grid	Grafik	tabPage14	Texte Çevir	Min. Texte Çevir				
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0.023529411764...	0.211764705882...	0.282352941176...	0.341176470588...	0.384313725490...	0.384313725490...	0.470588235294...	0.4
	0.086274509803...	0.384313725490...	0.474509803921...	0.364705882352...	0.462745098039...	0.403921568627...	0.423529411764...	0.4
	0.078431372549...	0.360784313725...	0.423529411764...	0.466666666666...	0.509803921568...	0.545098039215...	0.572549019607...	0.5
	0.074509803921...	0.407843137254...	0.466666666666...	0.505882352941...	0.552941176470...	0.592156862745...	0.545098039215...	0.5
	0.039215686274...	0.368627450980...	0.427450980392...	0.427450980392...	0.427450980392...	0.458823529411...	0.439215686274...	0.4
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0.066666666666...	0.156862745098...	0.176470588235...	0.203921568627...	0.203921568627...	0.223529411764...	0.203921568627...	0.2
	0.019607843137...	0.129411764705...	0.117647058823...	0.125490196078...	0.184313725490...	0.282352941176...	0.250980392156...	0.2
	0.066666666666...	0.156862745098...	0.176470588235...	0.203921568627...	0.203921568627...	0.223529411764...	0.203921568627...	0.2
	0.027450980392...	0.145098039215...	0.117647058823...	0.211764705882...	0.211764705882...	0.290196078431...	0.282352941176...	0.3
	0.015686274509...	0.176470588235...	0.243137254901...	0.270588235294...	0.321568627450...	0.349019607843...	0.396078431372...	0.4
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0.019607843137...	0.019607843137...	0.027450980392...	0.039215686274...	0.078431372549...	0.054901960784...	0.027450980392...	0.0
	0.043137254901...	0.066666666666...	0.058823529411...	0.066666666666...	0.070588235294...	0.047058823529...	0.070588235294...	0.0
	0.039215686274...	0.019607843137...	0.058823529411...	0.082352941176...	0.066666666666...	0.019607843137...	0.066666666666...	0.0
	0.019607843137...	0.023529411764...	0.031372549019...	0.043137254901...	0.066666666666...	0.047058823529...	0.105882352941...	0.0
	0.027450980392...	0.019607843137...	0.047058823529...	0.133333333333...	0.098039215686...	0.105882352941...	0.098039215686...	0.0
	0.047058823529...	0.023529411764...	0.031372549019...	0.054901960784...	0.047058823529...	0.035294117647...	0.039215686274...	0.0

Şekil 5.14 YSA'ya yüklenmiş eğitim verileri

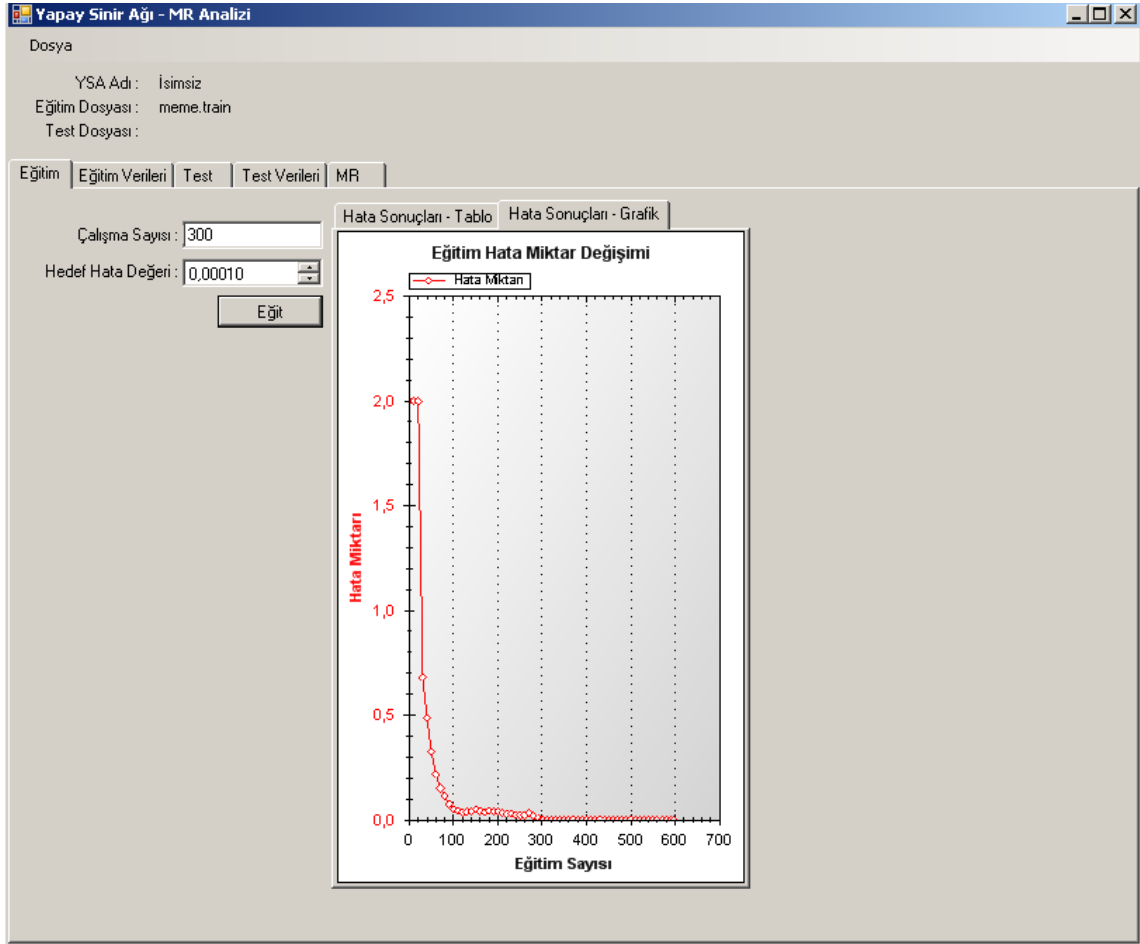


Şekil 5.15 Uygulama eğitim verilerinin grafiksel gösterimi

Uygulama aynı zamanda Şekil 5.14'deki verileri, grafik olarak gösterebilmektedir. YSA'nın eğitileceği veriler grafiksel olarak Şekil 5.15'de gösterilmektedir. Şekil 5.15'deki 3 grafikten soldaki grafik malign örnek verisinin grafikleri, ortadaki grafik benign örnek verisinin grafikleri ve sağdaki grafik normal doku örnek verisinin grafikleridir.

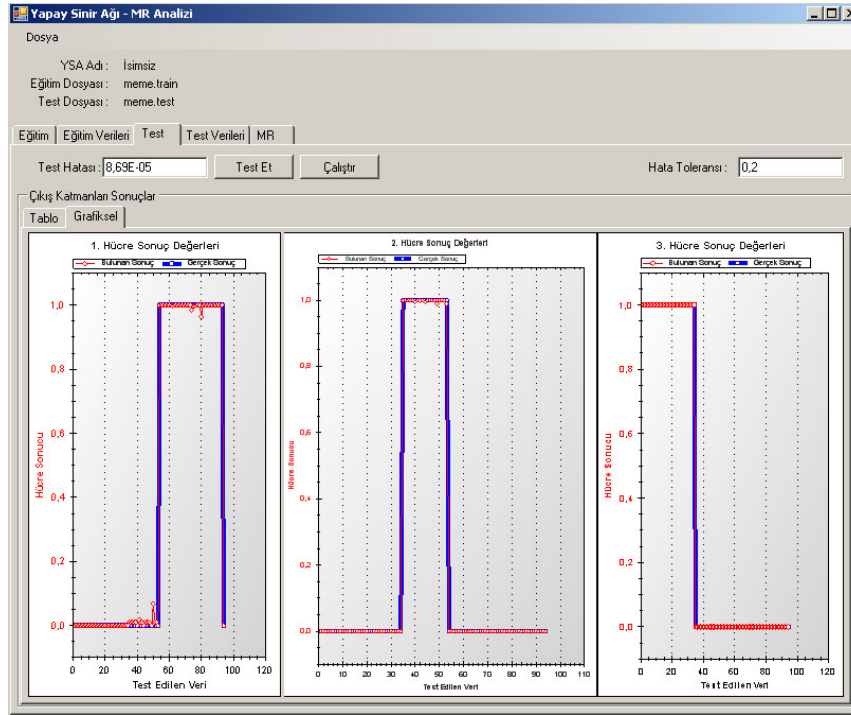
5.2.3.3 YSA'nın Eğitilmesi

Eğitim verileri yüklendikten sonra, YSA eğitim bölümündeki "Eğit" butonu ile eğitime başlanır. Aynı ekranda hedef hata değeri ve eğitim sayısı seçenekleri ile eğitimin ne kadar veya hangi miktardaki hataya kadar süreceği belirlenir. Şekil 5.16'da, eğitim sayısı 300 ve hedef eğitim hatası 0.0001 olarak verilmiştir. Uygulama 300 eğitimde hedeflenen hataya ulaşmaya çalışacaktır. 300 eğitim yeterli gelmezse eğitim sayısı artırılıp yeniden denenebilir. Eğitim sonucunda hata değişimini grafiksel ve tablo olarak aynı ekran üzerinde görülebilmektedir.



Şekil 5.16 Eğitim sonuç ekranı

YSA eğitilip test edildikten sonra, her bir çıkış hücresinin hangi değerleri bulduğu uygulamada gösterilmektedir. Şekil 5.17’de her bir hücrenin aldığı değerler grafiksel olarak gösterilmektedir. Grafikteki mavi renkli çizgi hücrenin gerçek değerine karşılık gelirken, kırmızı renkli çizgi YSA’nın bulduğu sonuç değeridir. Grafikten de görüleceğe üzere sonuçlar olması gereken değerlerle yakın değerdedir. Şekil 5.18’de, Şekil 5.17’de ki, grafiklerin değerleri gösterilmektedir. Hata değeri yüksek olan sonuçlar kırmızı renk ile işaretlenip kullanıcıya gösterilmektedir.



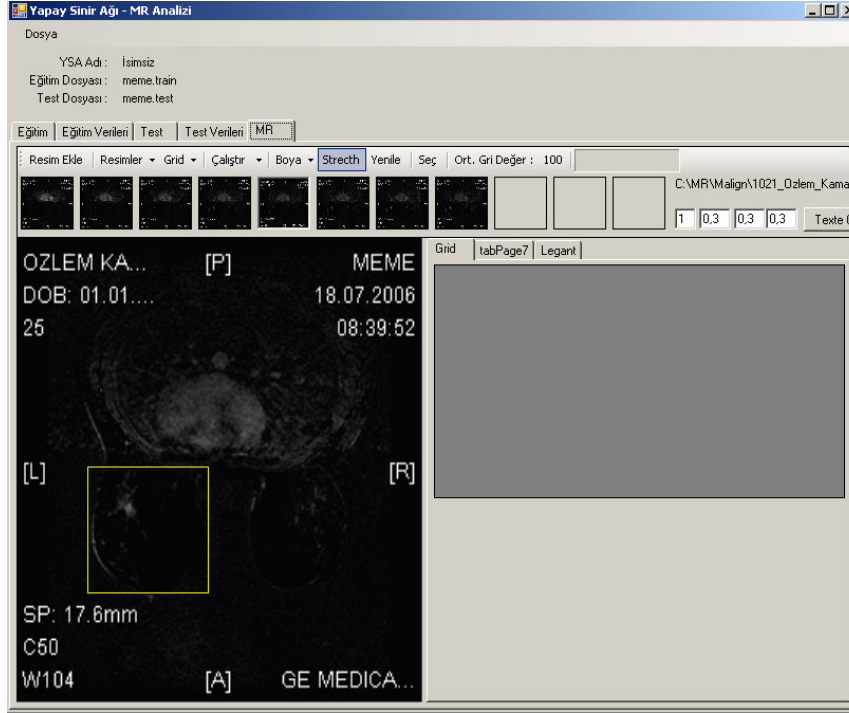
Şekil 5.17 Test sonuçları ekranı

The screenshot displays the 'Yapay Sinir Ağı - MR Analizi' interface. At the top, it shows file information: 'YSA Adı: İsimsiz', 'Eğitim Dosyası: meme.train', and 'Test Dosyası: meme.test'. Below this, there are tabs for 'Eğitim', 'Eğitim Verileri', 'Test', 'Test Verileri', and 'MR'. The 'Test' tab is active, showing 'Test Hatası: 8,69E-05' and 'Hata Toleransı: 0,002'. The 'Çalıştır' button is visible. Below the test parameters, there is a table labeled 'Çıkış Katmanları Sonuçları' (Output Layer Results). The table has columns for '0 Hücre Gerçek Değer', '0 Hücre Sonuç Değer', '0 Hücre Hata Değer', '1 Hücre Gerçek Değer', '1 Hücre Sonuç Değer', '1 Hücre Hata Değer', '2 Hücre Gerçek Değer', and '2 Hücre Sonuç Değer'. The table contains 20 rows of data, with some cells highlighted in red.

0 Hücre Gerçek Değer	0 Hücre Sonuç Değer	0 Hücre Hata Değer	1 Hücre Gerçek Değer	1 Hücre Sonuç Değer	1 Hücre Hata Değer	2 Hücre Gerçek Değer	2 Hücre Sonuç Değer
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	0,997264	0,002736	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Şekil 5.18 Test sonuçları çizelgesi ekranı

YSA, eğitilip test edildikten sonra kullanıma hazırdır. Şekil 5.19'da MR analiz işlemlerinin yapıldığı ekran gösterilmektedir. Uygulama, tüm MR üzerinde yada sadece seçili bölge üzerinde çalıştırılabilir. Şekil 5.19'da ki sarı renkli bölge analiz işleminin yapılması için seçilen bölgedir.



Şekil 5.19 MR işlemleri ekranı

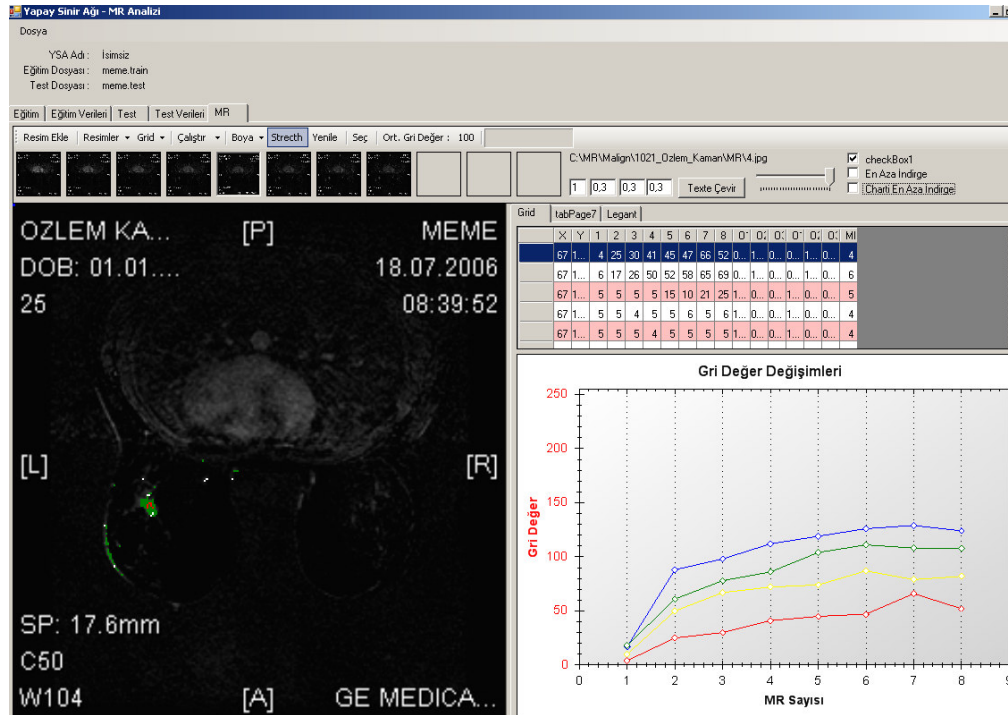
YSA seçili bölgede çalıştırıldıktan sonra, MR görüntüsü 3 farklı renk ile boyanır. Malign doku kırmızı renk ile, benign doku yeşil renk ile boyanır. Uygulamanın hangi doku tipine dahil olduğuna karar veremediği bölgeler beyaz renk ile boyanır. MR'ın çoğu bölgesi normal dokulardan oluşacağı için normal dokular boyanmaz. Renk çizelgesi Çizelge 5.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.5 MR sonuç renk çizelgesi

Malign Doku	Benign Doku	Bilinmeyen Doku	Normal Doku
Kırmızı	Yeşil	Beyaz	Boyasız

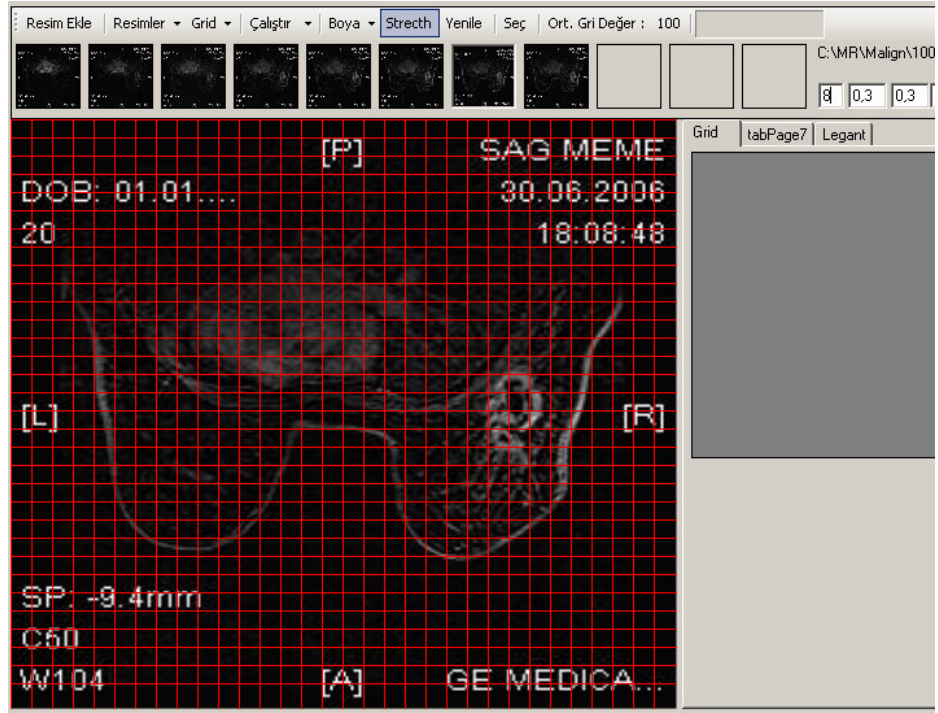
Uygulamanın sonuç görüntüsü Şekil 5.20'de gösterilmektedir. Şekil 5.20'deki MR'da sol meme de, ortada malign huylu bir doku ve çevresinde benign huylu bir doku gözükmemektedir. Ayrıca uygulamada MR üzerindeki piksellerin gri değer değişimleri tabloda ve grafiksel

olarak kullanıcıya gösterilmektedir. Böylece kullanıcı istediği bölgeyi MR üzerinden seçerek o bölgedeki dokuların gri değer değişimlerini görebilmektedir. Buda uygulamayı kullanacak olan hekimlere, şüpheli gördükleri bölgeler hakkında ayrıntılı bilgi edinebilmesini sağlar. Şekil 5.20’de, MR üzerinde seçili olan bölgelerin grafiksel değişimi sağ alt tarafta görülmektedir.

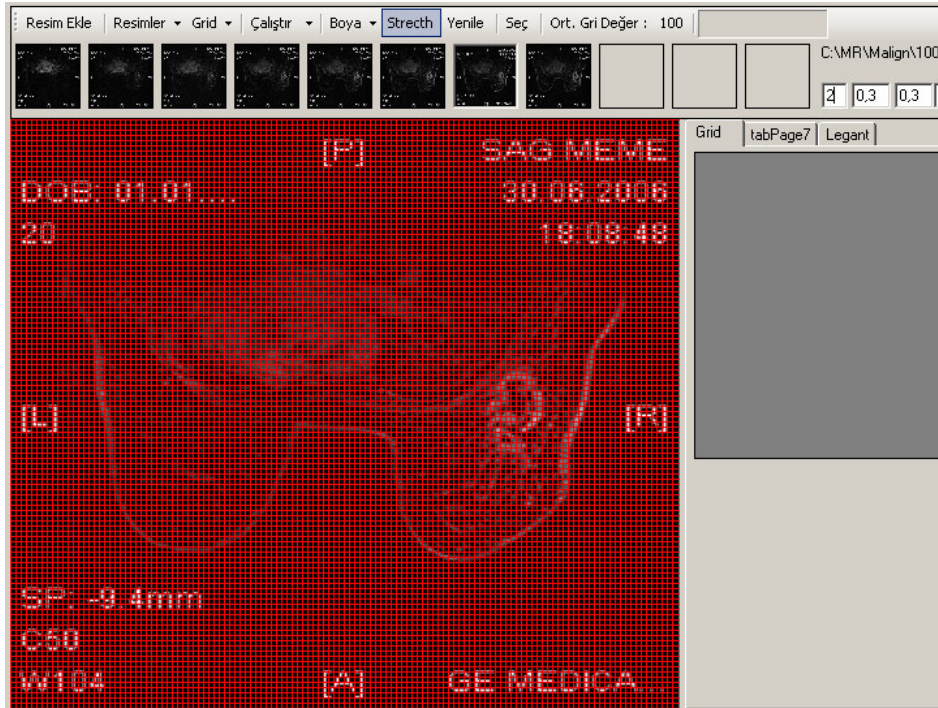


Şekil 5.20 Sonuç MR görüntüsü

Uygulamada işlem görecekt piksek boyutu ayarlanabilmektedir. Piksel boyutu “1” olarak seçildiğinde, her bir MR’daki aynı koordinattaki piksellerin gri değeri değışimleri alınır. Piksel boyutu “2” olarak verildiğinde, bu sefer 2*2 lik toplam 4 piksellik bir kare alanının ortalama gri değeri hesaplanır. Bu sayede, MR çekimi sırasında hasta hareketinin meydana getirdiğı MR görüntülerinin merkezlerinin kayma sorunu yok edilir. Şekil 5.21’de MR’daki pikseller gösterilmektedir. Piksellerin belirgin olması açısından piksel boyutu 8 olarak seçilmiştir. İdeal durumda piksel boyutu 1 ile 4 arasında seçilmelidir. Şekil 5.22’de ise MR’ın 2 piksel boyutlu hali gösterilmektedir. Radyologlar bu tip bir analizde piksel boyutunun 2 piksel olarak seçilmesinin daha doğru olacağını belirtmişlerdir.



Şekil 5.21 Piksel boyutu 8



Şekil 5.22 Piksel boyutu 2

Uygulamaya, farklı parlaklığa sahip MR'lardaki hata oranını azaltmak için, "En az değere

indirge” özelliği eklenmiştir. Bu özellik, test edilen her bir gri değer kümesi içindeki en küçük değer 0 kabul edip, diğer gri değerleri aradaki farka göre azalmaktadır. Bu sayede çok parlak olan MR görüntülerinde de hata oranı azalmakta, MR görüntülerinin parlaklık değer bir sorun teşkil etmemektedir. Kullanıcı bu özelliği açıp/kapatarak iki durum arasındaki farkı da görebilir, bu özellik de hekime tanı koymasında yardımcı olmaktadır.

6. SONUÇ GÖRÜNTÜLER

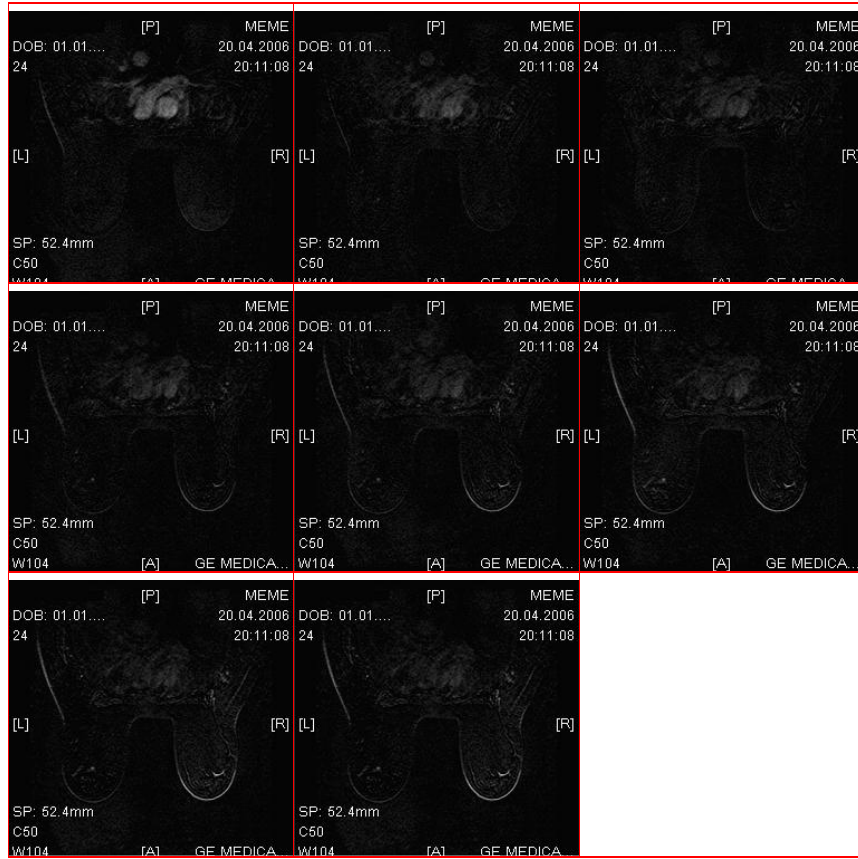
Uygulamada 14 farklı hastaya ait MR görüntüleri test edilmiştir. Her bir hastanın kendine özel hasta numarası vardır. 2 hastanın 7'li MR görüntüsü, kalan hastaların 8'li MR görüntüsü çekilmiştir. 7 tane olarak çekilen MR'larda, 7. MR çoğaltılıp, bu hastalarda da MR sayısı 8'e çıkartılmıştır. Test edilen 14 hasta'nın radyologlardan alınan MR sonuçları Çizelge 6.1'de gösterilmektedir. Uygulama test edilmeden önce, her bir hastaya ait MR görüntüsünde tümörlü dokular radyologlar tarafından işaretlenip mavi çizgi ile daire içerisinde gösterilmiştir. Geliştirilen uygulamanın bulduğu sonuç ile radyologların belirlediği sonuç karşılaştırması yapılmıştır.

Çizelge 6.1 MR sonuç çizelgesi

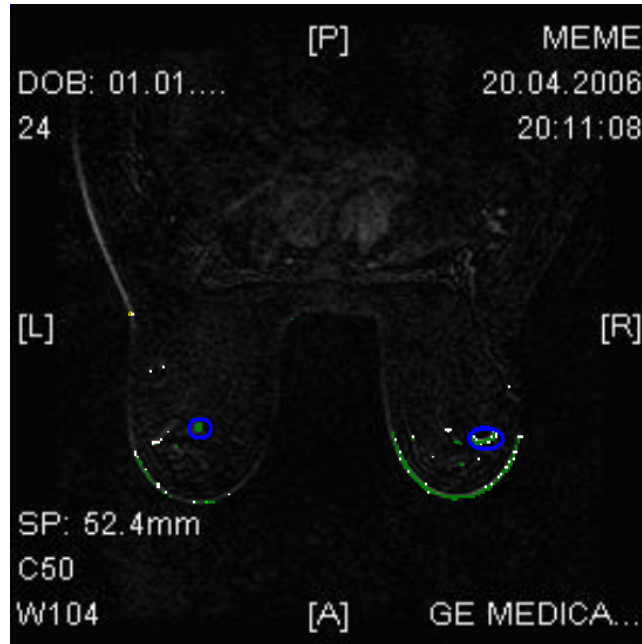
Sıra	Hasta No	Bulgu
1	981	Benign tümör
2	1000	Solda 2, Sağda 1 benign tümör
3	1003	Solda benign tümör
4	1019	Benign tümör
5	1020	Benign tümör
6	1033	Sağda benign, Solda benign
7	1042	Benign tümör
8	1009	Lokal ileri malign tümör
9	1010	Malign tümör
10	1013	Solda malign tümör
11	1015	Solda malign tümör
12	1018	Solda malign tümör
13	1021	Malign tümör
14	1046	Sağda malign tümör

981 nolu hastanın MR sonuçları :

981 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Bu hastada sağ ve sol memede olmak üzere 2 tane benign tümör dokusu olduğu bilgisi radyologlar tarafından verilmiştir.

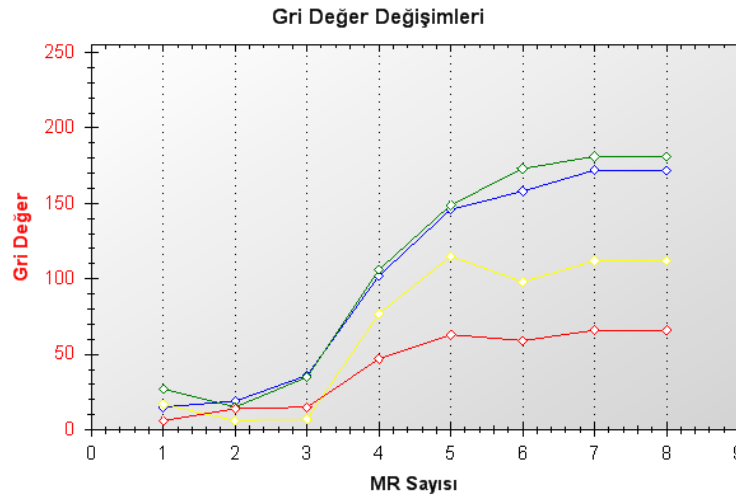


Şekil 6.1 981 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.2 981 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

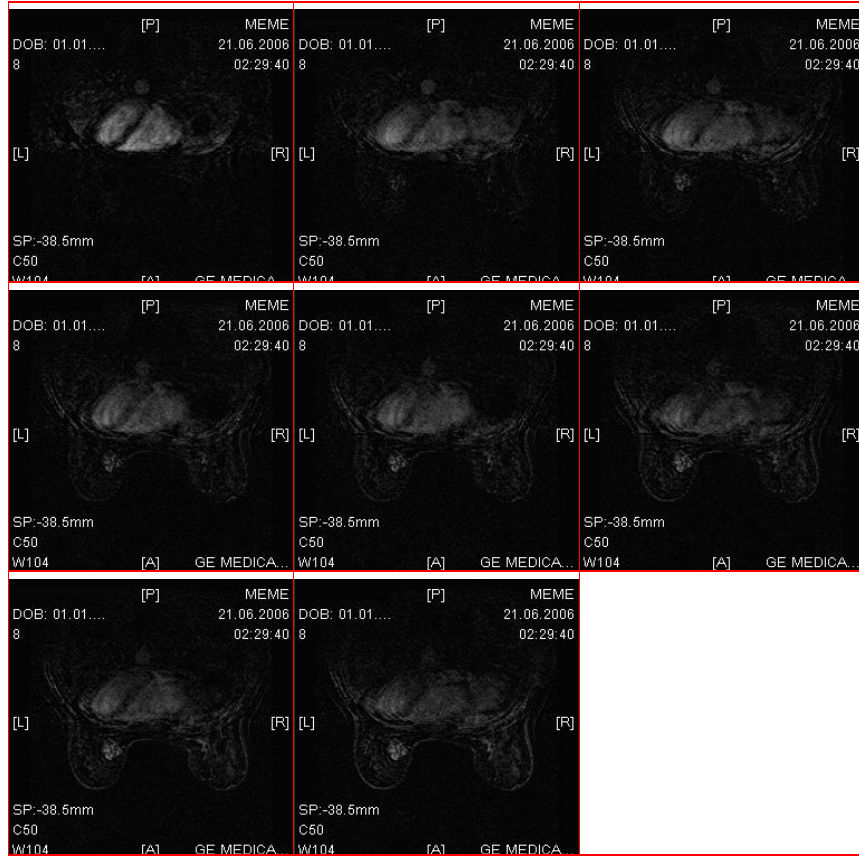
Uygulamanın Şekil 6.2’de gösterilen sonuç görüntüsünde, radyologlar tarafından tespit edilen tümörlü bölgeler mavi renk ile daire içine alınmıştır. Geliştirilen uygulama her iki tümör dokusunu da tespit etmiştir. Uygulama bulduğu benign tümör dokuları yeşil renk ile boyamıştır. Ayrıca uygulama meme kenar bölgelerinde hata yapıp benign tümör olarak tespit etmiştir. Uygulama doğal olarak hangi bölgenin meme içerisinde hangi bölgenin meme dışarısında olduğunu bilemediğinden bu tip hatalar engellenememektedir. Aynı şekilde tüm MR görüntüsü test edilirse, MR üzerindeki yazıların olduğu bölgeler de malign yada benign doku olarak tespit edilebilir. Bundan dolayı uygulamaya, sadece seçilen bölgenin test edilmesi özelliği eklenmiştir. Bu örnek veriler üzerinde de sadece her iki meme bölgesini kapsayacak bölge test edilmiştir. Şekil 6.2’deki sonuç görüntüsünden çıkarılan benign dokulara ait ait piksellerin gri değer değişim grafikleri Şekil 6.3’de gösterilmektedir.



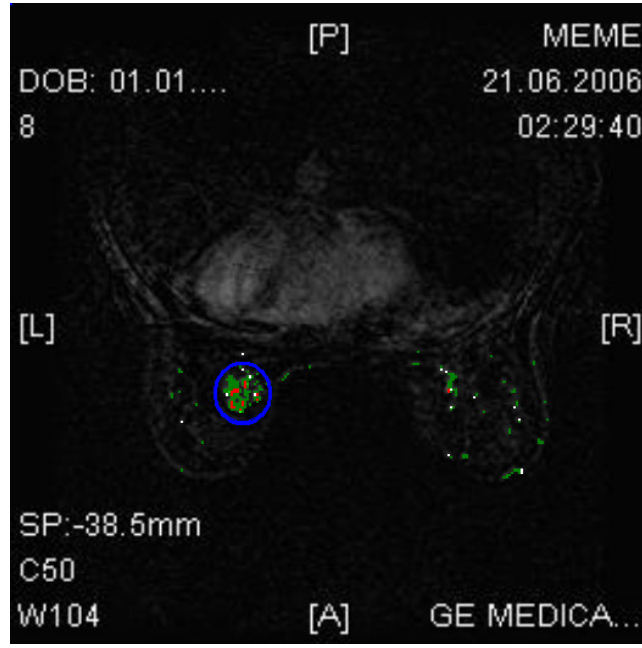
Şekil 6.3 Benign doku gri değer grafiği

1000 nolu hastanın MR sonuçları :

1000 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.4’de gösterilmektedir.

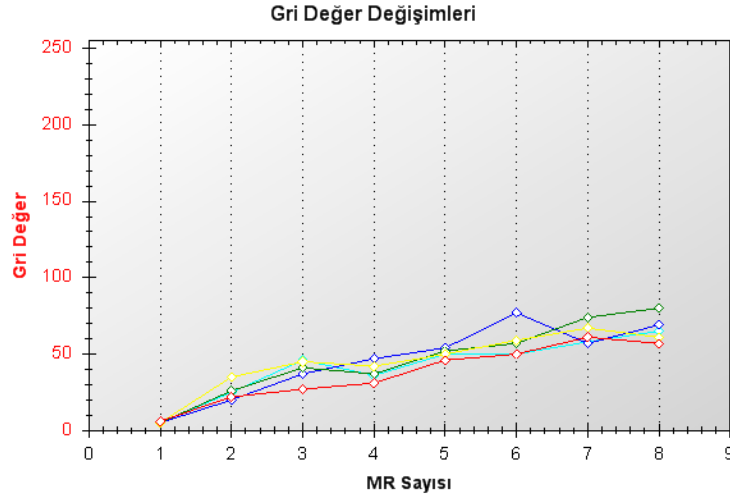


Şekil 6.4 1000 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.5 1000 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

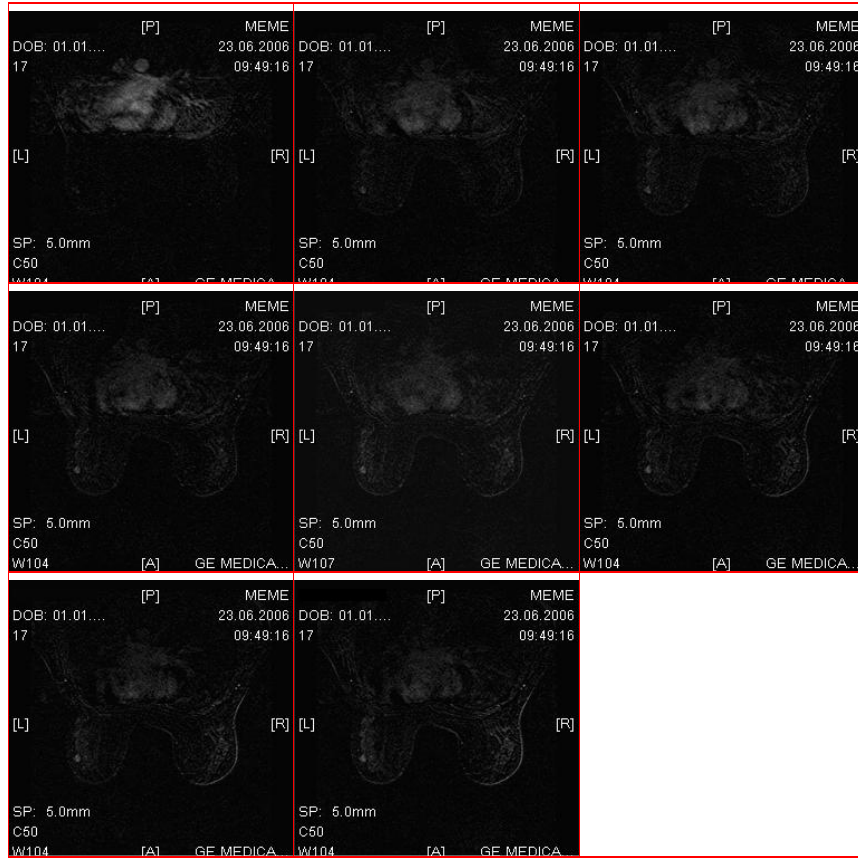
Şekil 6.5’de uygulamanın bulduğu sonuç görüntüsü gözükmemektedir. Radyolog tarafından tespit edilen tümör dokusu mavi renk ile daire içerisine alınmıştır. Bulunan benign dokuların gri değer değişimleri Şekil 6.6’de gösterilmektedir.



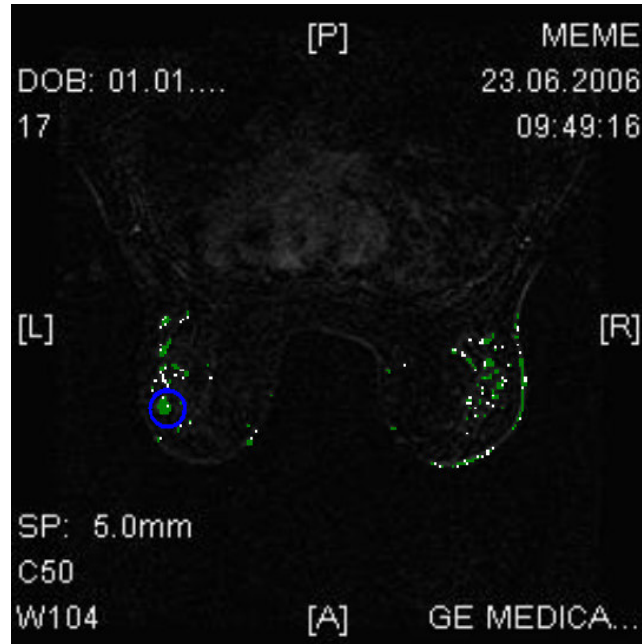
Şekil 6.6 1000 nolu hastanın benign doku grafiği

1003 nolu hastanın MR sonuçları :

1003 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.7’de gösterilmektedir.

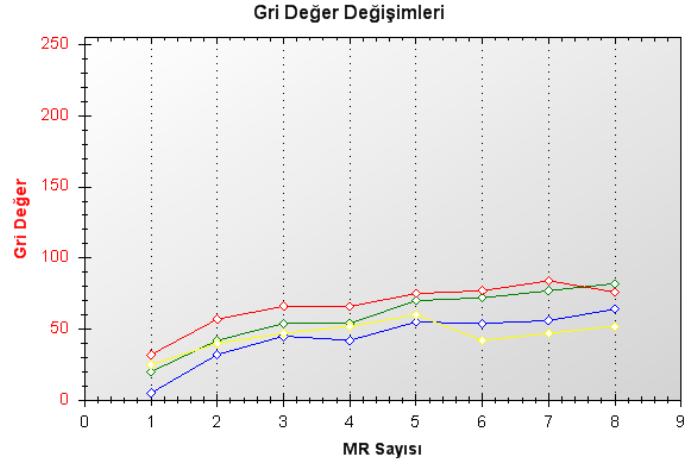


Şekil 6.7 1003 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.8 1003 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

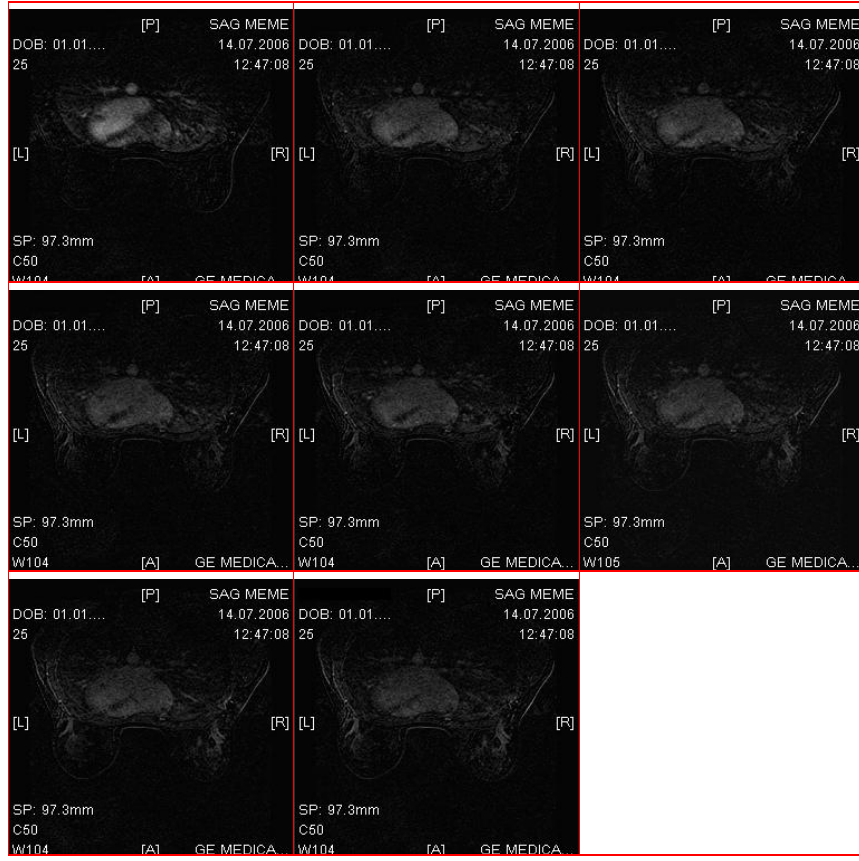
Şekil 6.9’da uygulama tarafından bulunan sonuç görüntüsü gözükmemektedir. Radyologlar tarafından belirtilen tümörün yeri mavi renk ile daire içerisinde alınmıştır. Örnek benign dokuların gri değeri grafikleri ise Şekil 6.9’da gösterilmektedir.



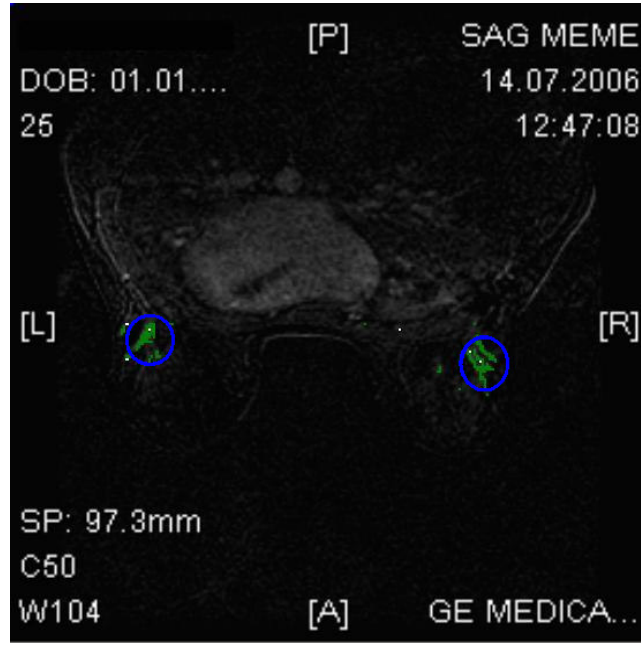
Şekil 6.9 1003 nolu hastanın benign doku grafiği

1019 nolu hastanın MR sonuçları :

1019 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.10'da gösterilmektedir.

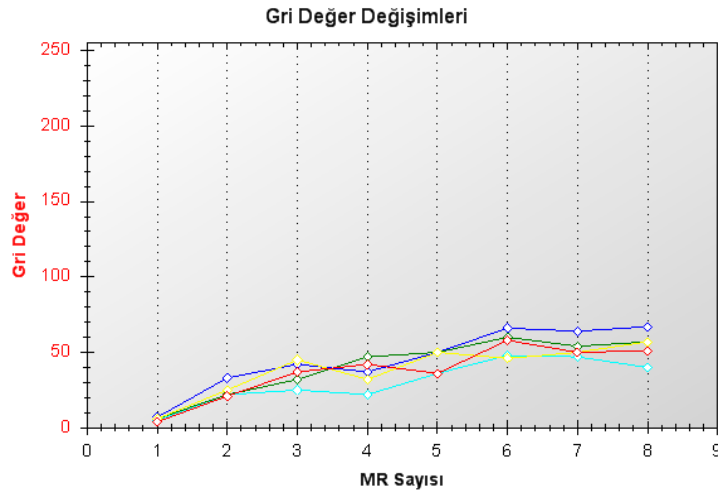


Şekil 6.10 1019 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.11 1019 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

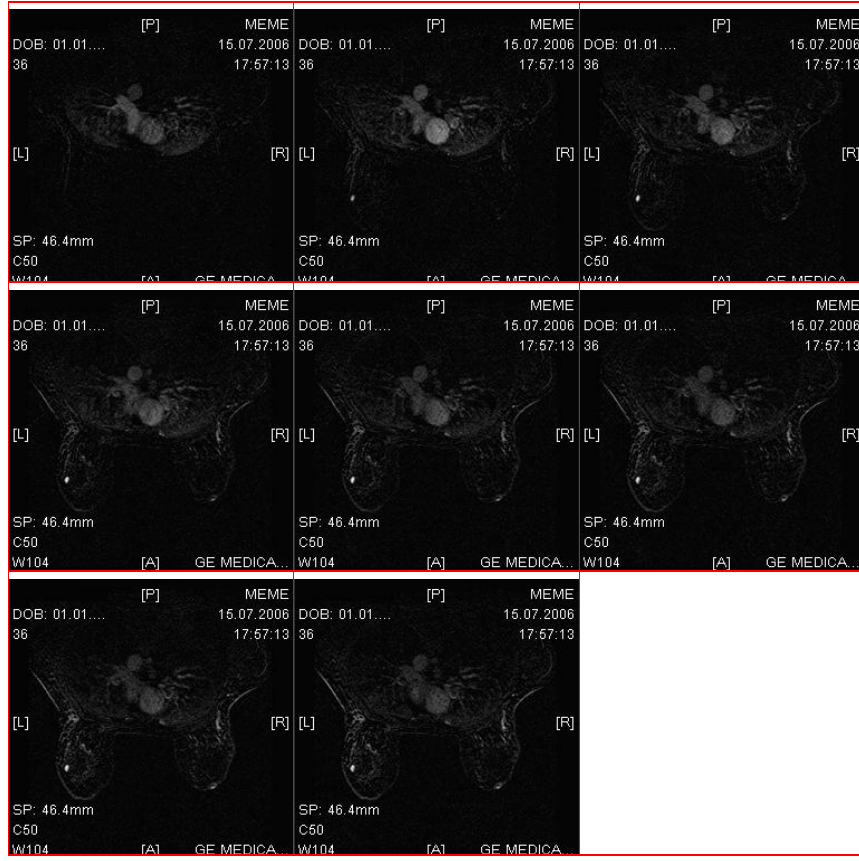
Şekil 6.11’de uygulamanın sonuç görüntüsü gözükmemektedir. Bölgesel olarak uygulama radyologların tespit ettiği şekilde benign tipinde sonuç bulmuştur. Şekil 6.11’de ki sonuç MR görüntüsünde benign alanlar ve bu alana ait örnek gri değerler Şekil 6.12’de gözükmemektedir.



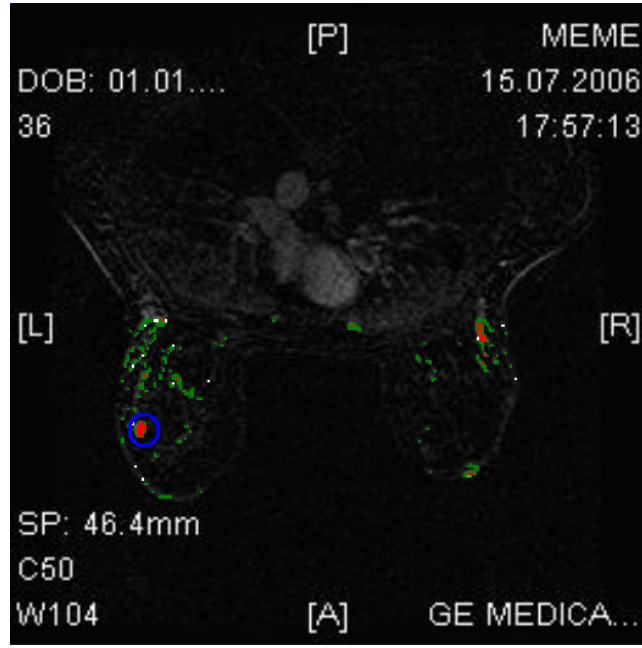
Şekil 6.12 1019 nolu hastanın benign doku grafiği

1020 nolu hastanın MR sonuçları :

1020 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.13’de gösterilmektedir.



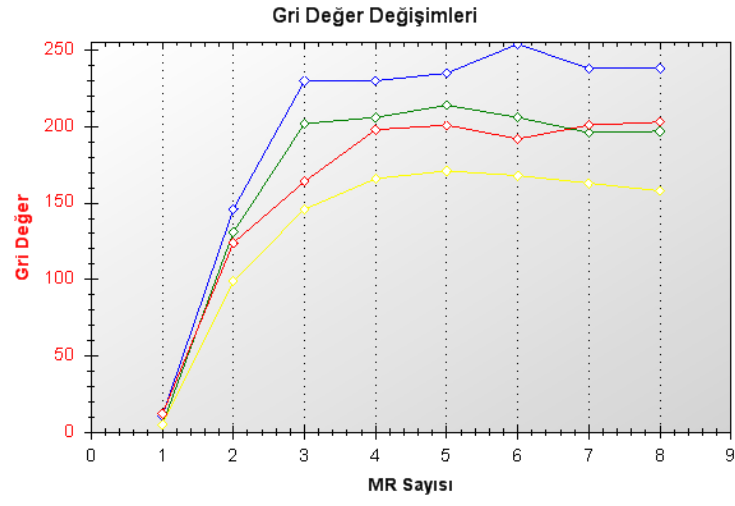
Şekil 6.13 1020 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.14 1020 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

Bu hastada radyologlar tarafından benign tümör olduğu belirtilmiştir. Fakat bu benign olmasına rağmen tümör dokusunun bulunduğu bölgenin gri değer değişim grafiği malign yapıya çok benzerlik göstermektedir. Hasta ile ilgili diğer etkenler sonucunda radyologlar tarafından benign olduğuna karar verilmiştir. Sonuç olarak radyologlar tarafından, 4. Bölümde anlatılan %10'luk istisna grubuna girdiği belirtilmiştir. Uygulama bu tip istisnaları bulamayacağından sonucu Şekil 6.15'deki mavi renkli daire içerisinde görüldüğü üzere malign tümör olarak bulmuştur. Sonuç görüntüsünden elde edilen gri değer değişim grafikleri ise Şekil 6.16'da görülmektedir.

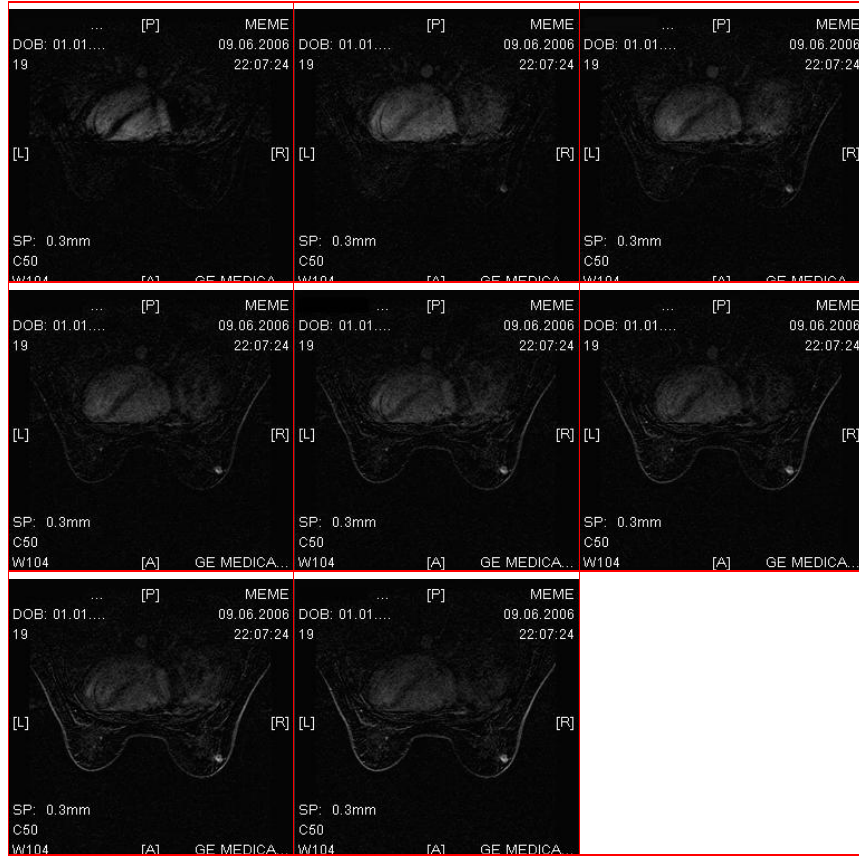
Buna rağmen bu bulgu hekimin bu bölgeye tekrar yoğunlaşmasını sağlamaktadır. Dolayısı ile görsel teşhis yanında diğer tanı yöntemlerine (çeşitli testler) başvurarak vakanın atlanması önlenmiş olacaktır.



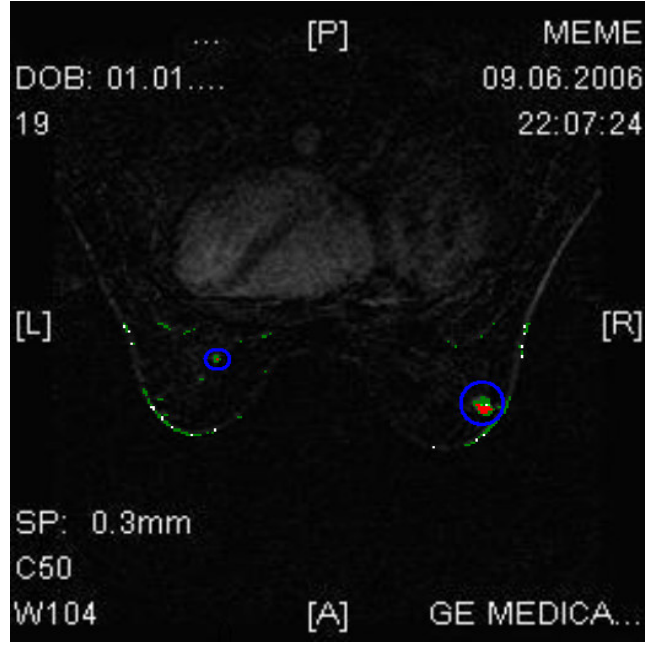
Şekil 6.15 1020 nolu hastanın benign doku grafiği

1033 nolu hastanın MR sonuçları :

1033 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.16'da gösterilmektedir.

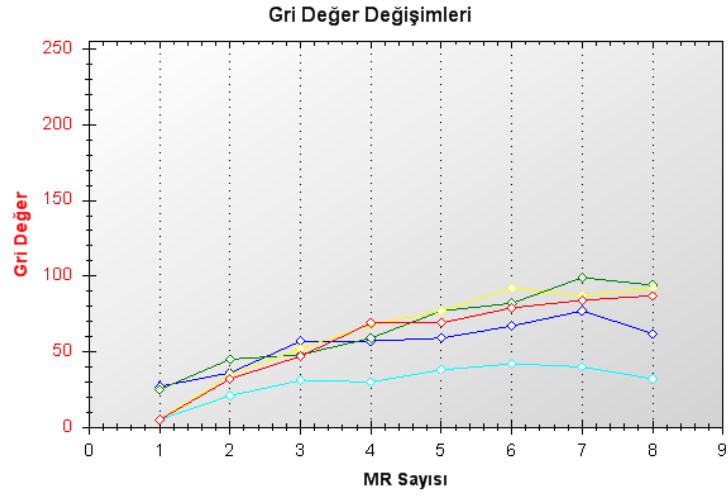


Şekil 6.16 1033 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.17 1033 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

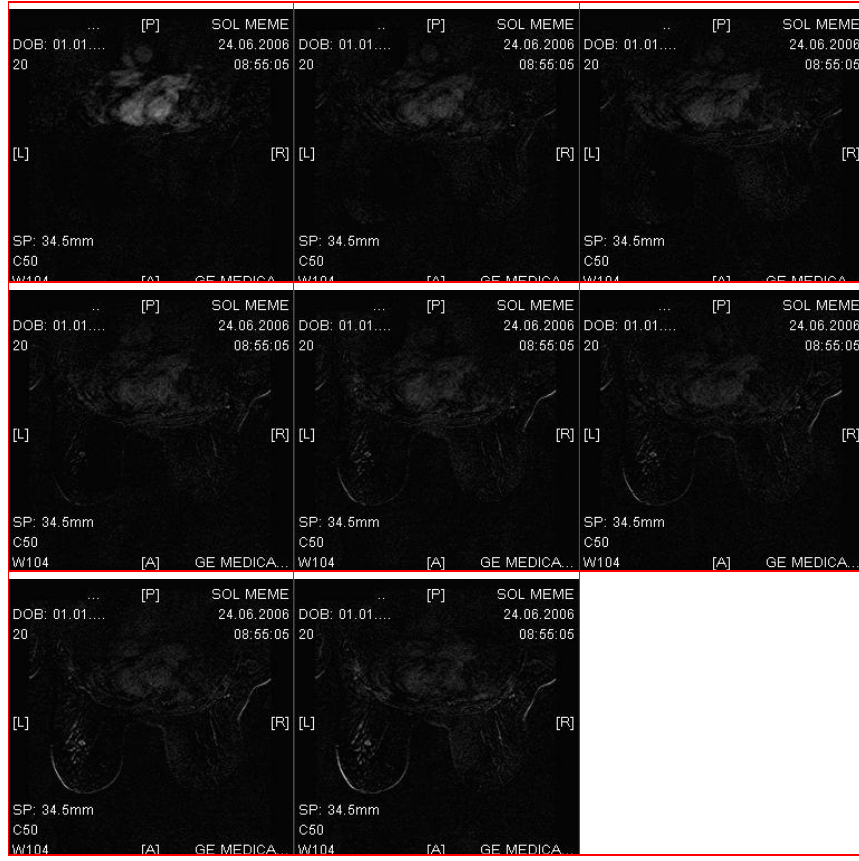
Bu hastada her iki meme bölgesinde benign tipinde tümör olduğu radyologlar tarafından belirtilmiştir. Ayrıca sağ taraftaki benign yapıda olmasına rağmen malign yapı ile benzerlik gösterdiği de belirtilmiştir. Radyologlar tarafından belirlenen bölgeler Şekil 6.18'deki sonuç görüntüsünde mavi daire ile gösterilmiştir. Uygulama Şekil 6.18'deki sonuç görüntüsünde görüldüğü üzere her iki benign tümör dokusunu doğru olarak tespit etmiştir. Ayrıca sağ memede tümörlü dokunun yarısını malign diğer yarısını benign olarak tespit etmiştir. Bu da radyologların belirttiği üzere malign yapı ile benzerlik gösteren benign doku teşhisi ile benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak uygulama bu tip şüpheli durumlarda da başarılı sonuç göstermiştir. Sonuç görüntüsünden elde edilen benign dokuların gri değer değişim grafikleri Şekil 6.19'da gösterilmektedir.



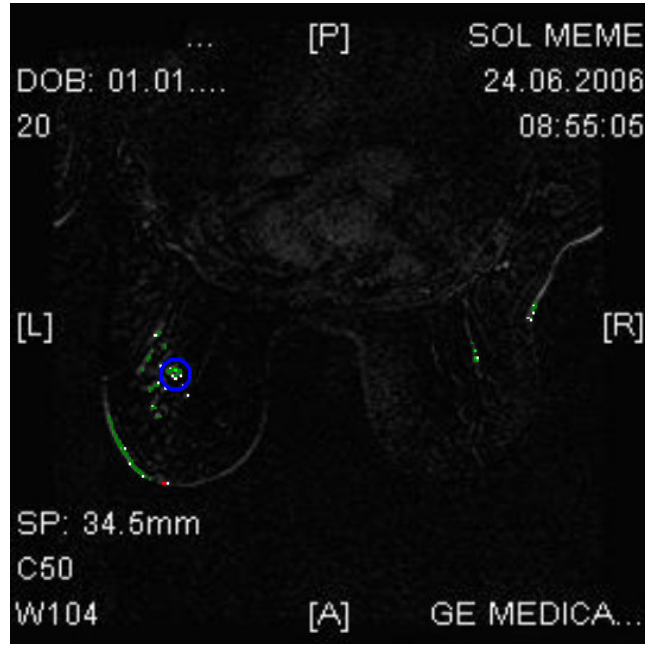
Şekil 6.18 1033 nolu hastanın benign doku grafiği

1042 nolu hastanın MR sonuçları :

1042 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.19’da gösterilmektedir.

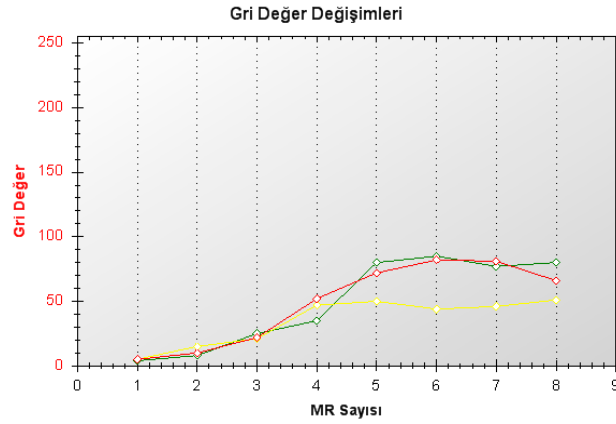


Şekil 6.19 1042 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.20 1042 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

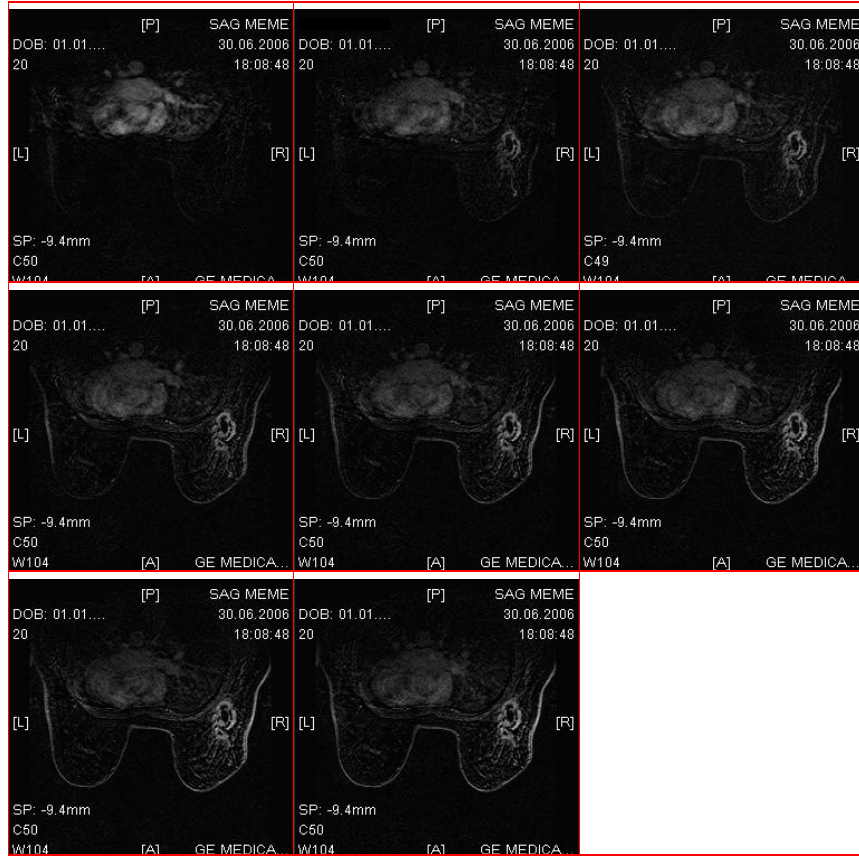
Bu hastada sol tarafa benign tipinde tümör olduğu radyologlar tarafından belirtilmiştir. Radyologlar tarafından belirlen tümör bölgesi Şekil 6.20’de mavi renkli daire ile gösterilmektedir. Uygulamanın bulduğu sonuç da Şekil 6.20’de gösterilmektedir. Sonuç görüntüsünden elde edilen gri değer değişim grafiği ise Şekil 6.21’de gösterilmektedir.



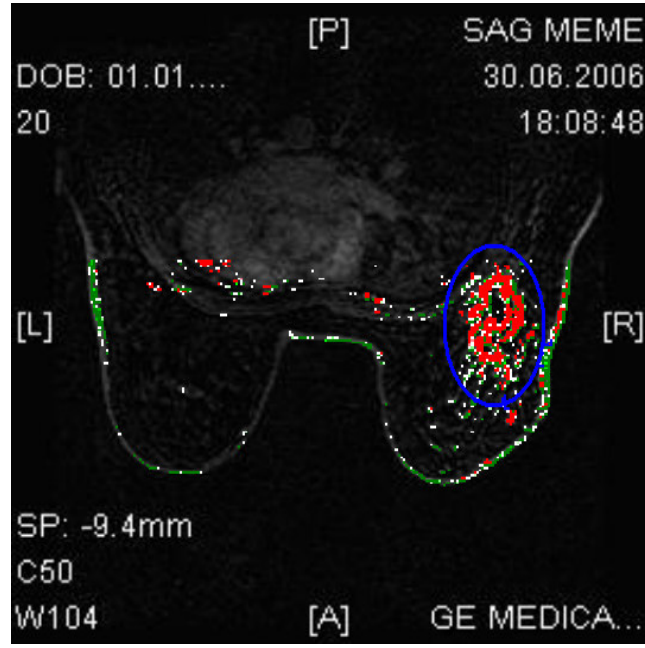
Şekil 6.21 1042 nolu hastanın benign doku grafiği

1009 nolu hastanın MR sonuçları :

1000 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.22’de gösterilmektedir.

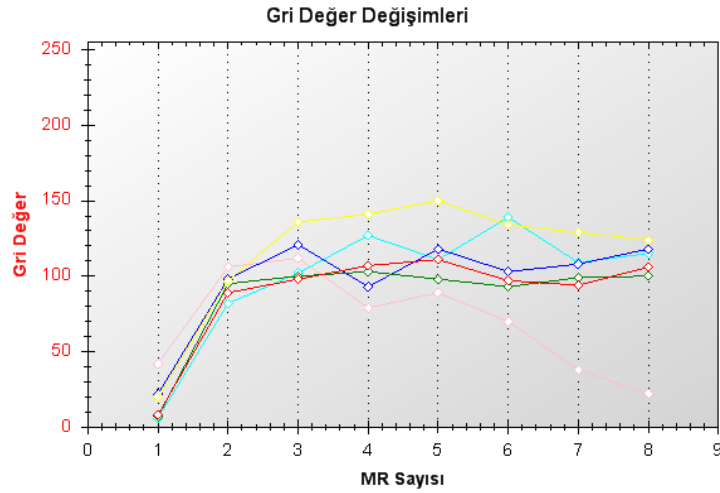


Şekil 6.22 1009 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.23 1009 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

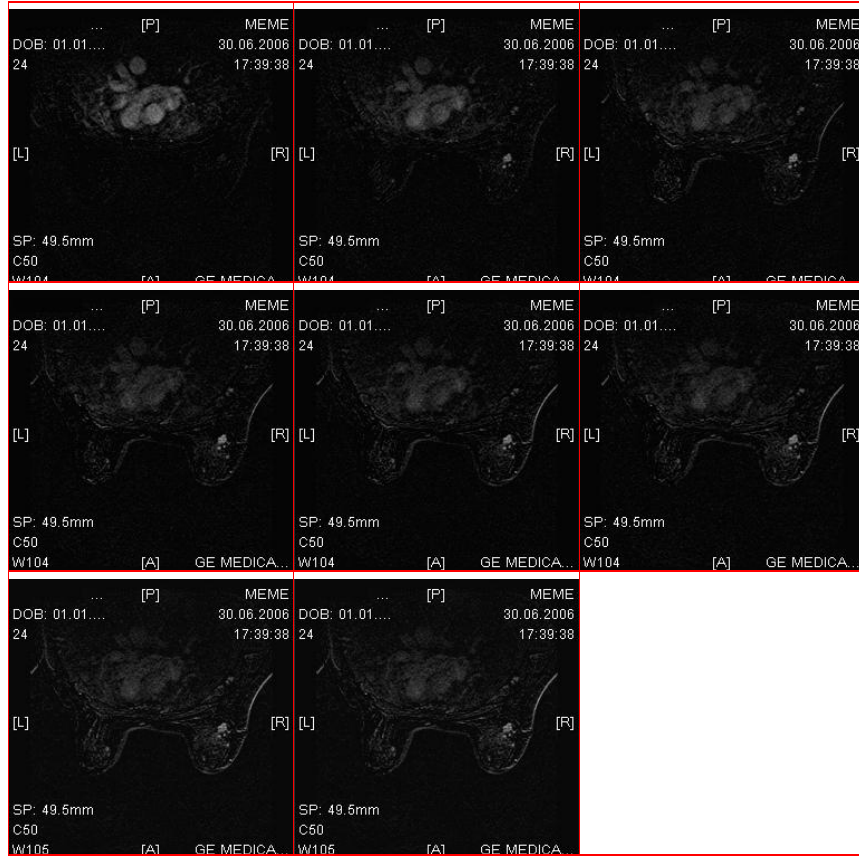
Bu hastada sağ tarafta ilerlemiş malign tümör olduğu belirtilmiştir. Oldukça geniş alana yayıldığı belirtilen tümör Şekil 6.23’de mavi renkli ile daire gösterilmiştir. Uygulamada radyologların belirttikleri sonuca uygun şekilde tümörü tespit etmiştir. Uygulamanın bulduğu tümörlü bölgeler Şekil 6.23’de kırmızı renk ile gösterilmektedir. Bu bölgeden elde edilen gri değer değişim grafiği ise Şekil 6.24’de gösterilmektedir.



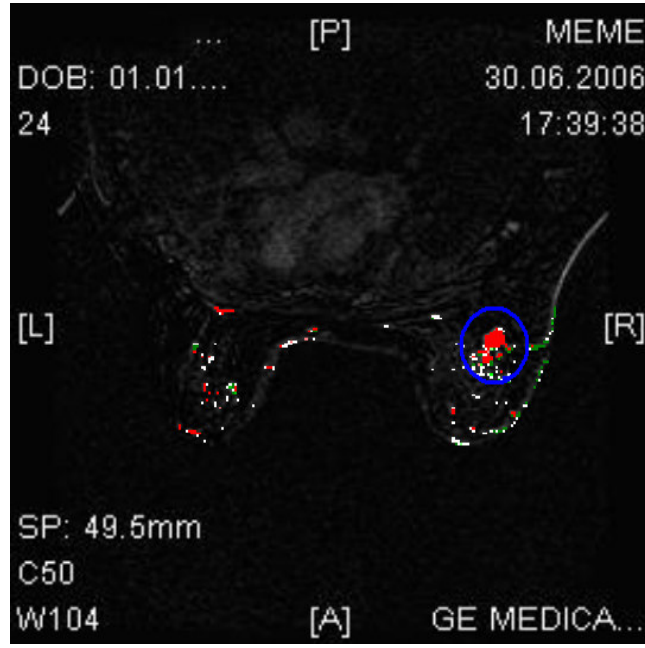
Şekil 6.24 1009 nolu hastanın malign doku grafiği

1010 nolu hastanın MR sonuçları :

1010 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.25’de gösterilmektedir.

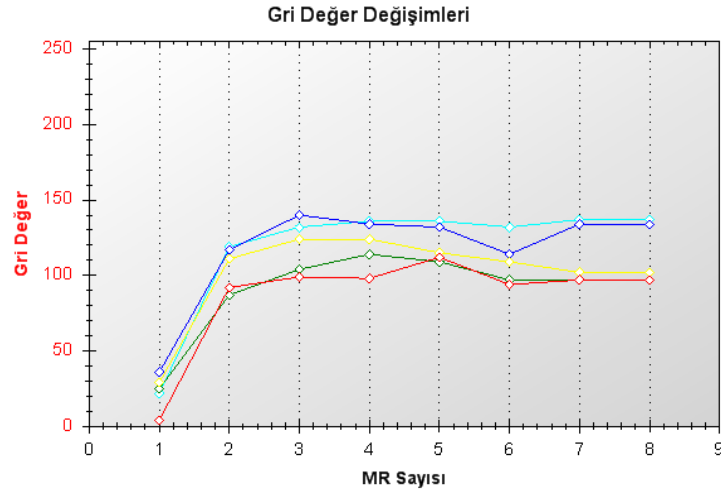


Şekil 6.25 1010 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.26 1010 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

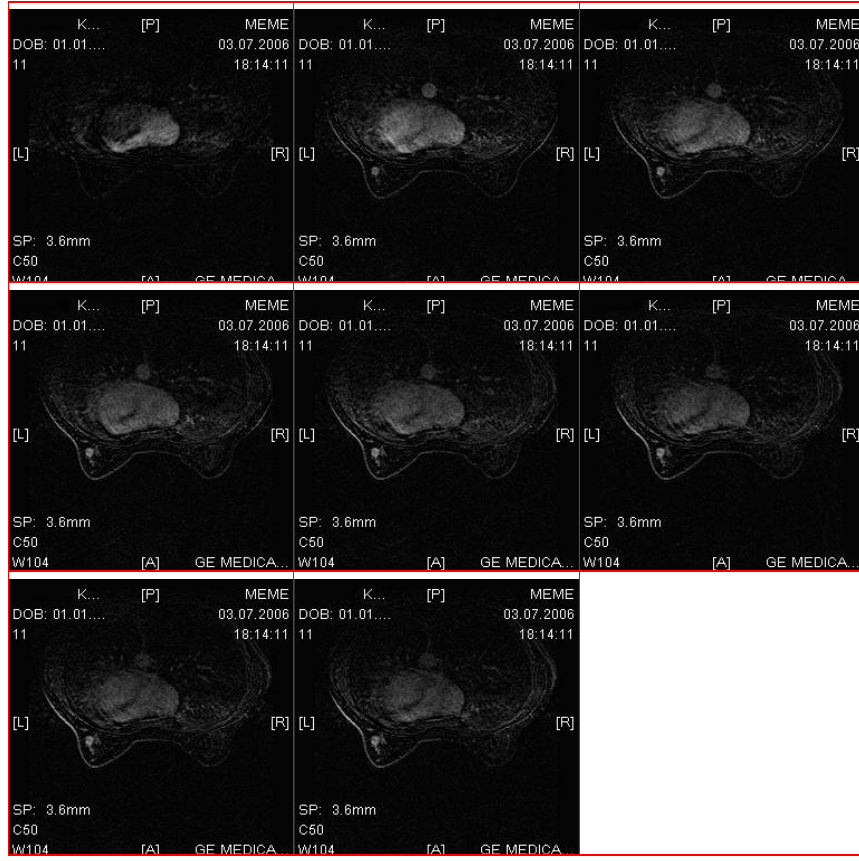
Bu hastada sağ tarafta malign tümör doku oluşu belirtilmiştir. Radyologlar tarafından belirlenen bölge mavi renk ile Şekil 6.26’da daire içerisinde gösterilmektedir. Uygulamada bu belirlenen bölge içerisinde tümörlü dokuyu bulmuştur. Şekil 6.26’daki sonuç görüntüsünde kırmızı renk ile uygulamanın malign tümör olarak bulduğu bölgeler görülmektedir. Malign dokulara ait piksellerin gri değer değişim grafikleri ise Şekil 6.27’de gösterilmektedir.



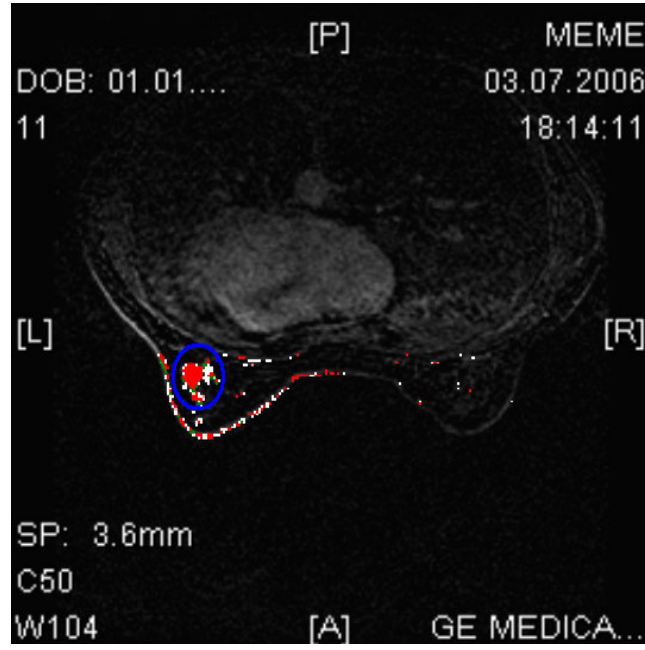
Şekil 6.27 1010 nolu hastanın malign doku grafiği

1013 nolu hastanın MR sonuçları :

1013 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.28’de gösterilmektedir.

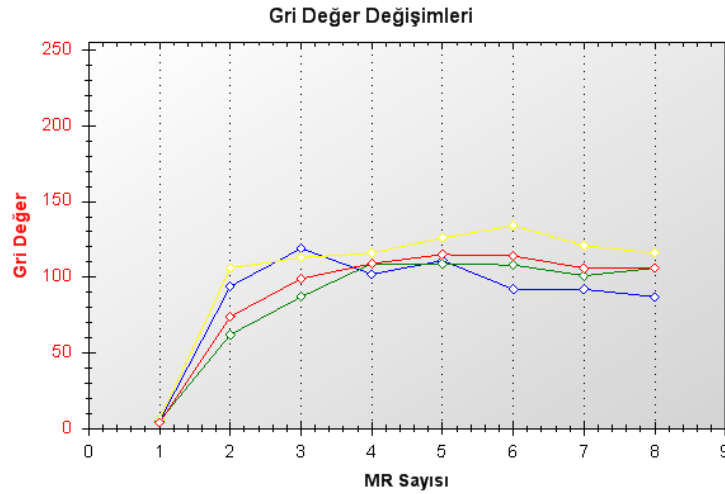


Şekil 6.28 1013 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.29 1013 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

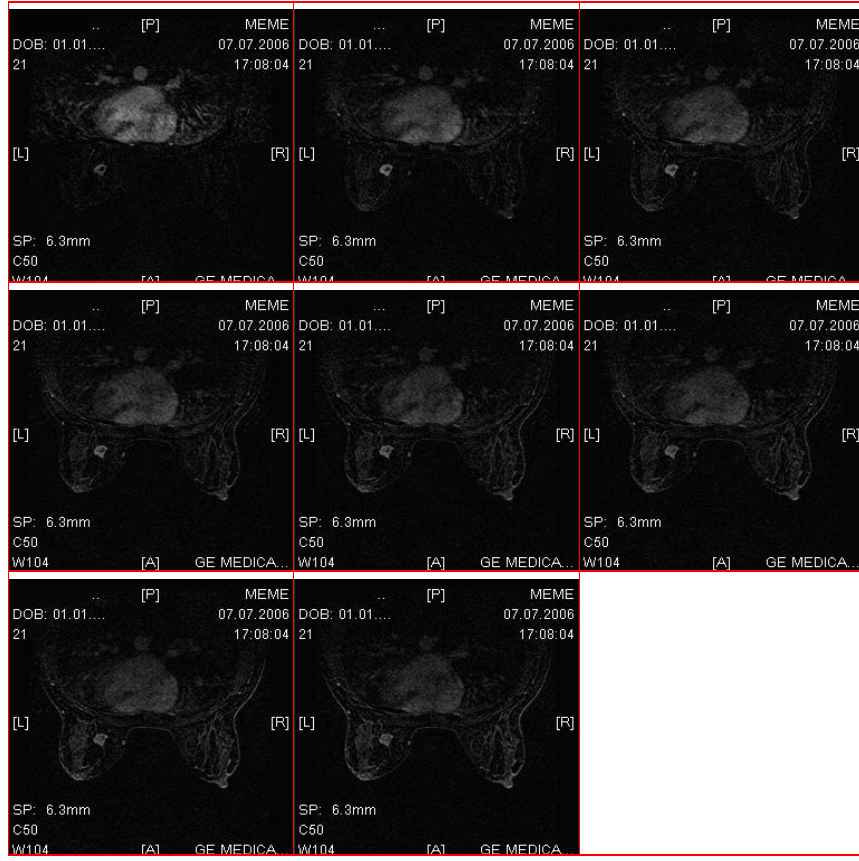
Bu hastada solda belirgin malign tümör doku olduğu belirtilmiştir. Uygulamanın bulduğu sonuç görüntüsü Şekil 6.29’da gösterilmektedir. Geliştirilen uygulama radyologlar tarafından tespit edilen bölgede malign doku bulmuştur. Radyologlar tafaondan belirlenen bölge, Şekil 6.29’da mavi renkli daire ile gösterilmektedir. Sonuç görüntüsünden elde edilen gri değer değişim grafikleri ise Şekil 6.30’da gösterilmektedir.



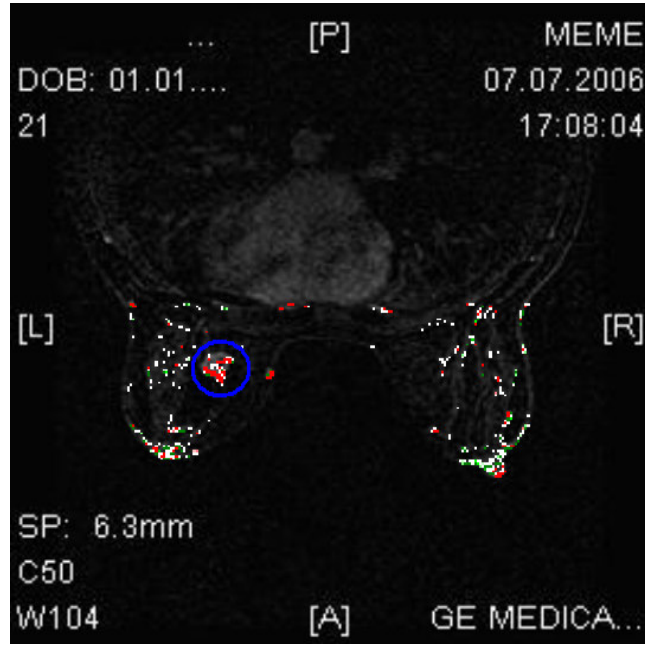
Şekil 6.30 1013 nolu hastanın malign doku grafiği

1015 nolu hastanın MR sonuçları :

1015 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.31’da gösterilmektedir.

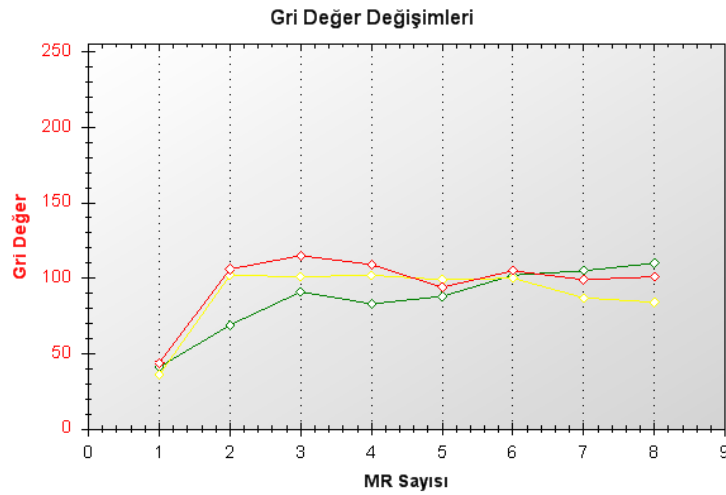


Şekil 6.31 1015 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.32 1015 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

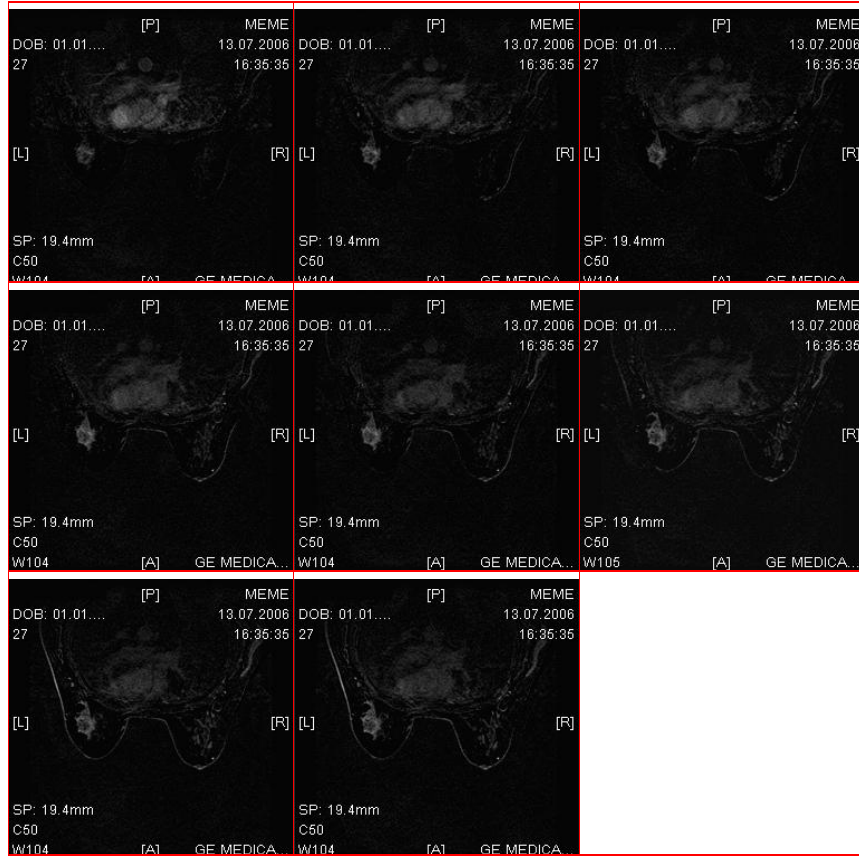
Bu hastada sol tarafta malign doku olduğu belirtilmiştir. Uygulamanın bulduğu sonuç görüntüsü Şekil 6.32’de sol taraftaki malign doku gözükmemektedir. Ayrıca sonuç görüntüsünde görüldüğü üzere, YSA meme kenar bölgelerinde hatalı sonuç bulmuştur. Sonuç görüntüsünden elde edilen gri değer değişim grafiği ise Şekil 6.33’de gösterilmektedir.



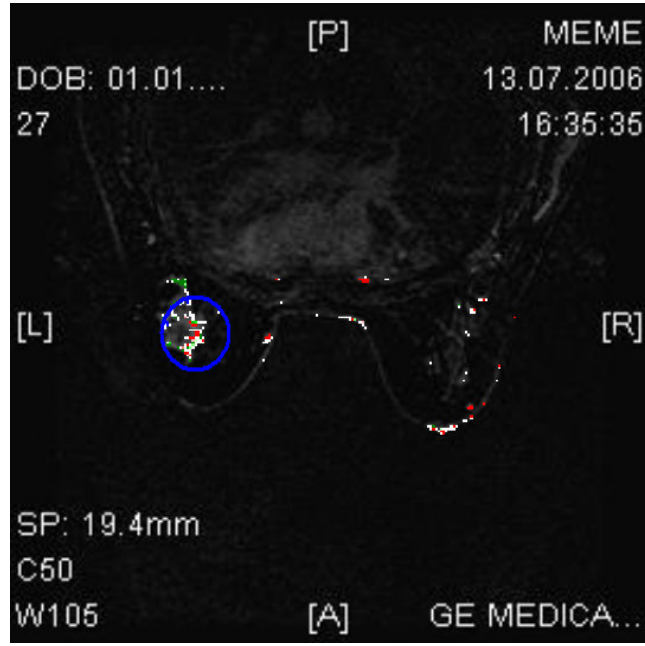
Şekil 6.33 1015 nolu hastanın malign doku grafiği

1018 nolu hastanın MR sonuçları :

1018 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.34’de gösterilmektedir.

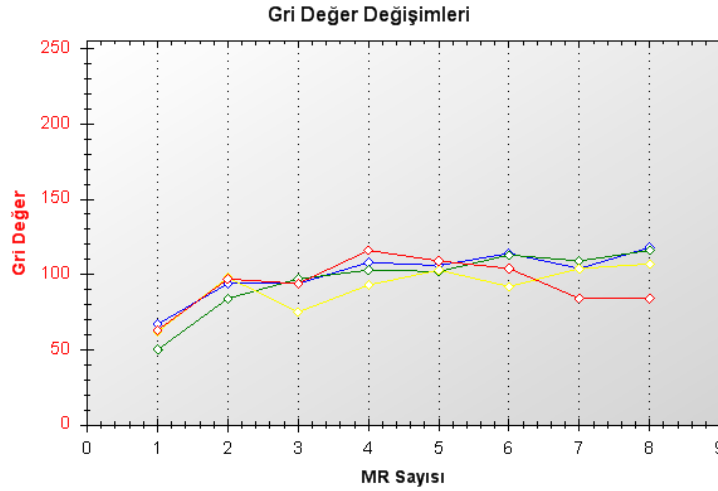


Şekil 6.34 1018 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.35 1018 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

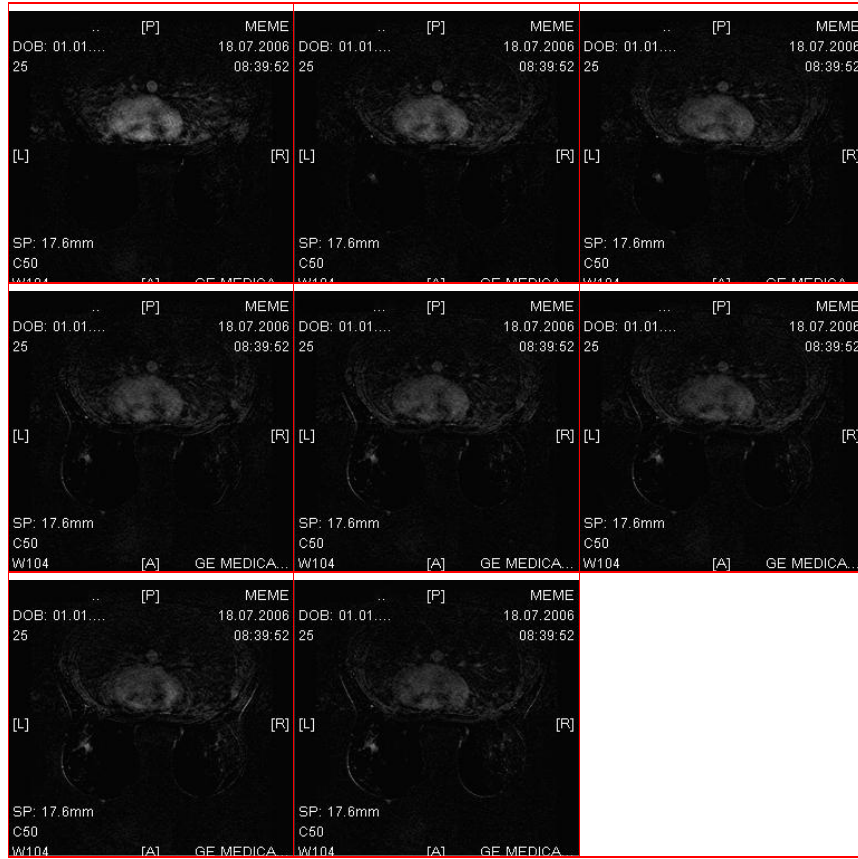
Bu hastada solda malign tümör olduğu belirtilmiştir. Radyologların işaretlediği bölge Şekil 6.35’de mavi renkli daire ile gösterilmektedir. Şekil 6.35’deki sonuç görüntüsünden elde edilen malign dokulara ait piksellerin gri değer değişim grafiği Şekil 6.36’da gösterilmektedir.



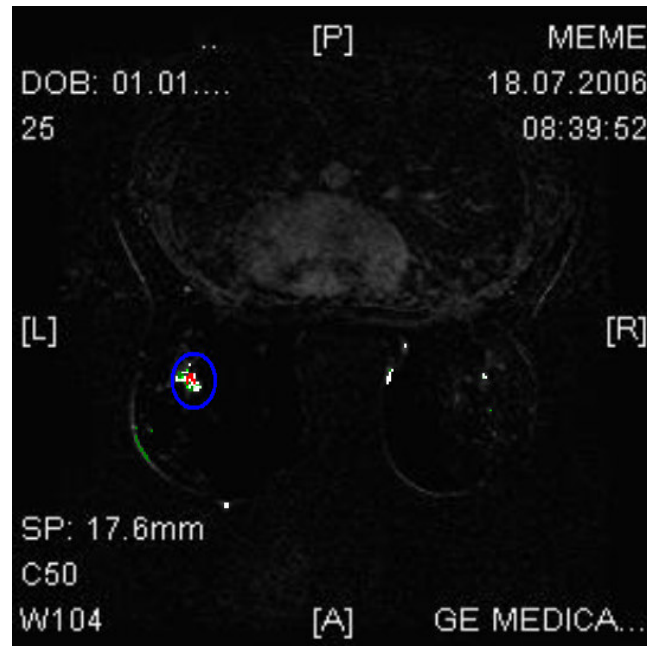
Şekil 6.36 1018 nolu hastanın malign doku grafiği

1021 nolu hastanın MR sonuçları :

1021 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.37’de gösterilmektedir

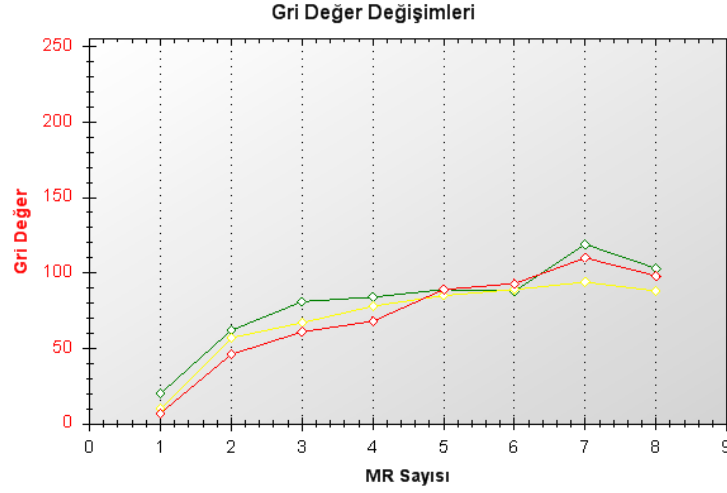


Şekil 6.37 1021 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.38 1021 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

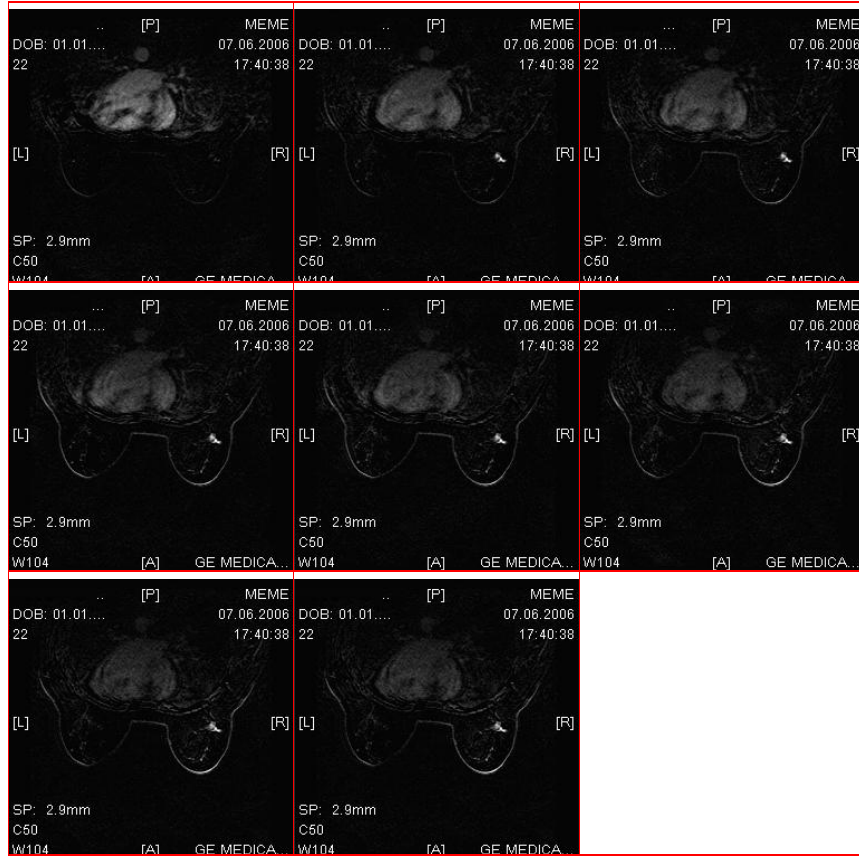
Bu hastada sol memede radyologlar tarafından malign tümör olduğu belirtilmiştir. Şekil 6.38’de radyolog tarafından belirlenen bölge mavi renkli daire içerisinde gösterilmektedir. Uygulama belirlenen bölgede malign tümör dokusu bulmuştur. Şekil 6.38’de kırmızı renk ile malign tümör dokusu gösterilmektedir. Malign dokuya ait gri değer değişim grafiği ise Şekil 6.39’da gösterilmektedir.



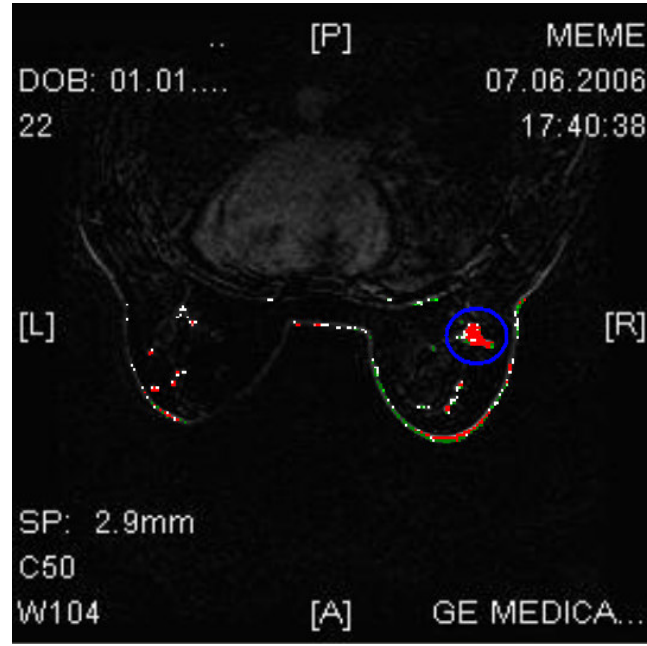
Şekil 6.39 1021 nolu hastanın malign doku grafiği

1046 nolu hastanın MR sonuçları :

1046 nolu hastaya ait MR görüntüleri Şekil 6.40'da gösterilmektedir

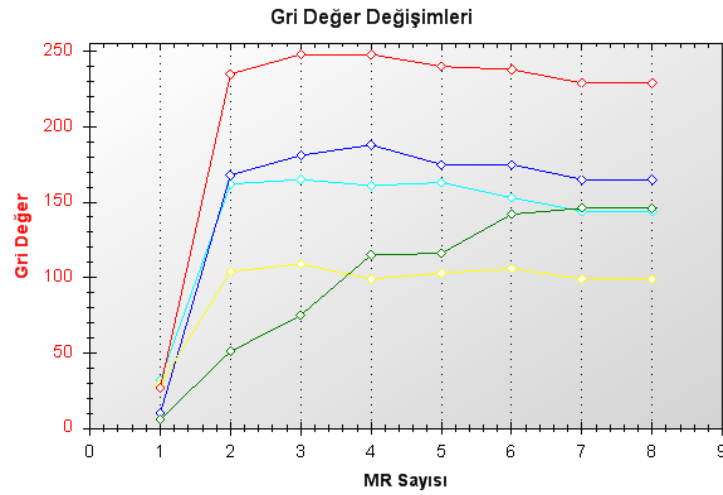


Şekil 6.40 1046 nolu hastanın MR görüntüleri



Şekil 6.41 1046 nolu hastaya ait sonuç MR görüntüsü

Bu hastada sağ memede malign tümör dokusu olduğu belirtilmiştir. Şekil 6.41’de sonuç görüntüsünde kırmızı renk ile gösterilen bölgede bu malign doku gösterilmektedir. Malign dokuların gri değer değişim grafikleri ise Şekil 6.42’de gösterilmektedir.



Şekil 6.42 1046 nolu hastanın malign doku grafiği

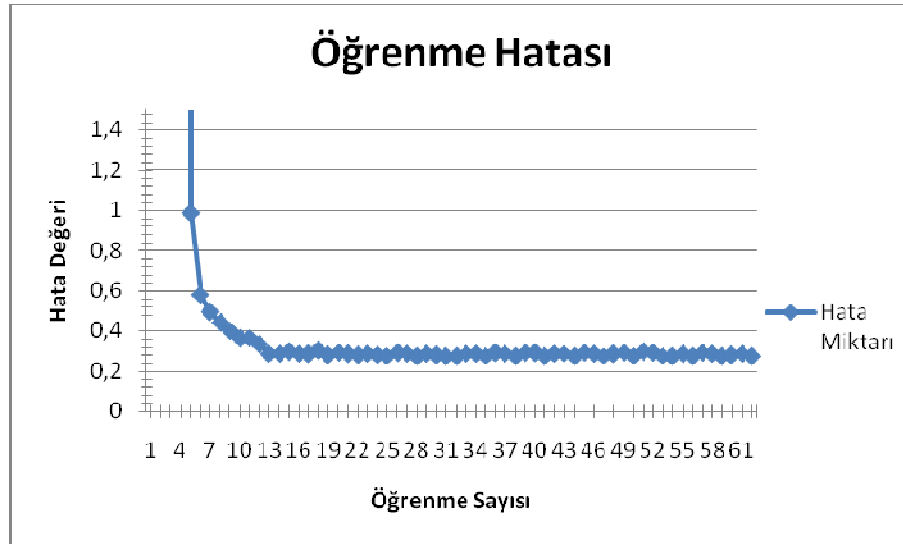
7. YÖNTEM KARŞILAŞTIRMALARI

Uygulamanın iki farklı karşılaştırması yapılmıştır. Birincisi YSA’da kullanılan aktivasyon fonksiyonu karşılaştırmasıdır. Bu karşılaştırmadaki amaç, farklı aktivasyon fonksiyonu kullanılmasının öğrenme sonucuna etkisinin ne olduğunun belirlenmesidir.

Diğer karşılaştırma yöntemi ise, öğrenen bir sistem olan YSA uygulamasının bulduğu sonuçları, benzer probleme algoritmik çözüm bulan sistemler ile karşılaştırılmasıdır. Bunun için Tatlı (2006) tarafından yapılan yüksek lisans tezindeki uygulama sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadaki amaç ise, YSA’nın algoritmik sistemler yerine başarılı bir şekilde kullanılabileceğinin belirlenmesidir.

7.1 Aktivasyon Fonksiyonu Karşılaştırması

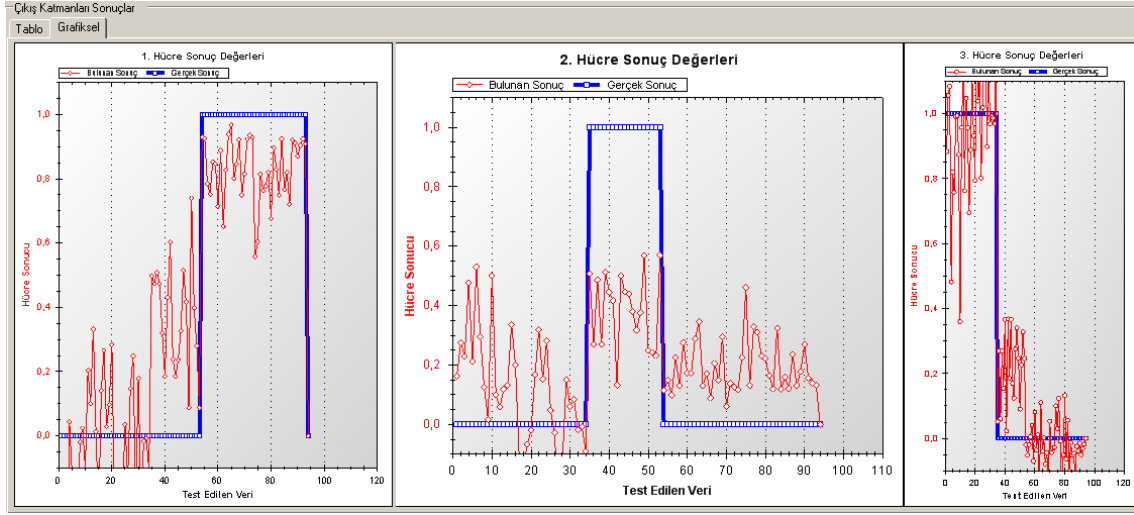
Uygulamaya ana aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ilaveten doğrusal aktivasyon fonksiyonu seçeneği de eklendi. Sigmoid fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyon olduğundan ana fonksiyon olarak tercih edilmiştir. Doğrusal olmayan bir problem, doğrusal bir fonksiyon ile istenilen doğrulukta çözülememektedir. YSA doğrusal fonksiyon kullanılarak eğitildiği zaman öğrenme hatası 0,3 değerinde sabitlenmektedir. Doğrusal fonksiyon için öğrenme hatası grafiği Şekil 7.1’de gösterilmektedir.



Şekil 7.1 Doğrusal fonksiyonun eğitim hatası

Doğrusal aktivasyon fonksiyonunun test sonuçları ise Şekil 7.2’de gösterilmektedir. Mavi renkli çizgi olması gereken sonucu, kırmızı renkli çizgi YSA’nın bulduğu sonucu

göstermektedir. Sonuç olarak doğrusal bir fonksiyon kullanıldığında, YSA istenilen sonuca ulaşamamaktadır. Bu yüzden aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılmamıştır.



Şekil 7.2 Doğrusal aktivasyon fonksiyon sonuç grafikleri

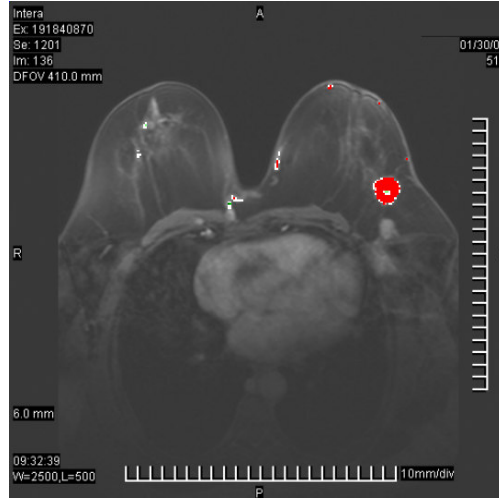
7.2 Klasik Yöntemlerle Karşılaştırma

Klasik uygulamalarda her probleme özel yeni bir algoritma geliştirmek gereklidir. Bir ancak algoritma benzer problemlerde kullanılabilir. YSA uygulamalarında ise 2 temel fonksiyon vardır. Birincisi aktivasyon fonksiyonu, diğeri öğrenme algoritmasıdır. YSA ile çözülmek istenilen problemlerin çoğu doğrusal olmayan problemler olduğu için YSA uygulamalarında çoğunlukla sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılır. Öğrenme algoritmaları ise çok çeşitlilik göstermektedir. En yaygın kullanılanlardan bir tanesi, sunulan tezde de kullanılan geri yayılma öğrenme algoritmasıdır. Aktivasyon fonksiyonu ve öğrenme algoritması ile YSA bir çok farklı alandaki problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Finansal problemler, görüntü ve ses tanıma, ekonomik tahminler, kalite kontrol uygulamaları gibi farklı alanlarda farklı problemlere çözüm olmaktadır.

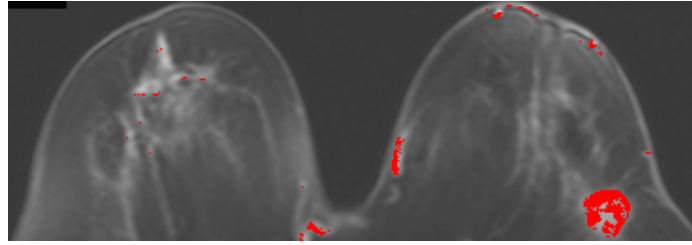
Bu uygulama sonuçları 2006 yılında Petek Tatlı* tarafından yapılan yüksek lisans tezindeki benzer probleme klasik yöntemlerle çözüm bulan uygulamanın sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

* Bknz. Tatlı 2006

1. Karşılaştırma :



Şekil 7.3 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç



Şekil 7.4 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı,2006)

Şekil 7.3'deki geliştirilen uygulama ile bulunan sonuç ile Şekil 7.4'de Tatlı (2006) tarafından bulunan sonuçta görüldüğü üzere bölgesel olarak her iki uygulamada benzer sonuçlar bulmuştur. Bulunan malign ve benign piksellerin sayıları ise Çizelge 7.1'de gösterilmektedir.

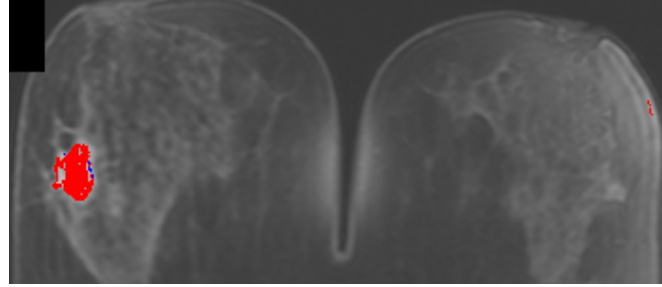
Çizelge 7.1 1. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları

Uygulama	Malign Piksel Sayısı	Benign Piksel Sayısı
Geliştirilen YSA Uygulaması	524	20
Tatlı (2006)	502	0

2. Karşılaştırma :



Şekil 7.5 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç



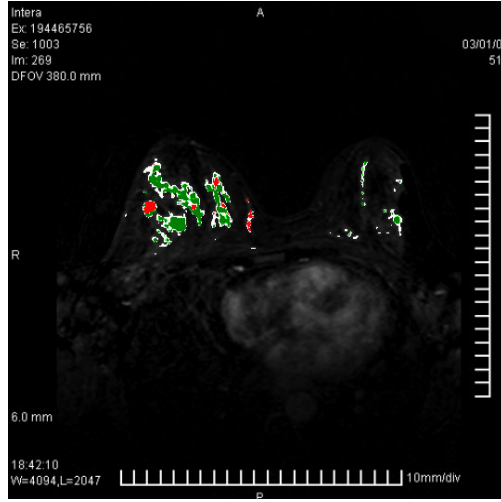
Şekil 7.6 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı, 2006)

Şekil 7.5’de 2. karşılaştırmanın geliştirilen uygulama ile elde edilen sonucu gözükmektedir. Şekil 7.6’da ise Tatlı (2006) tarafından bulunan sonuç gözükmektedir. Her iki uygulamanında bölgesel olarak benzer sonuçlar bulduğu gözükmektedir. Her iki uygulamada bulunan malign ve benign piksellerin sayıları ise Çizelge 7.2’de gösterilmektedir.

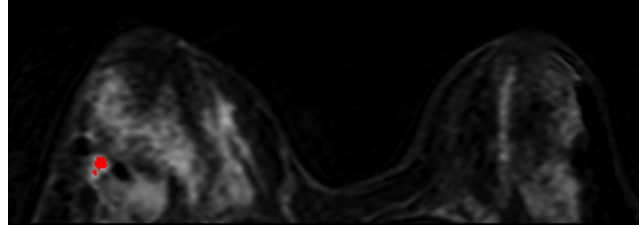
Çizelge 7.2 2. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları

Uygulama	Malign Piksel Sayısı	Benign Piksel Sayısı
Geliştirilen YSA Uygulaması	484	24
Tatlı (2006)	396	10

3. Karşılaştırma :



Şekil 7.7 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç



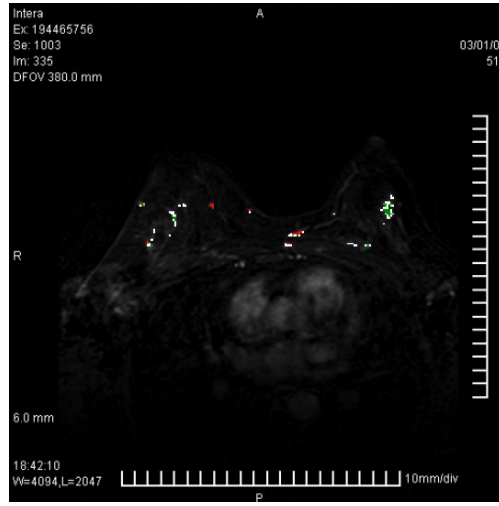
Şekil 7.8 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı, 2006)

3. Karşılaştırma da ise uygulama ile Tatlı (2006) tarafından bulunan sonuçlar arasında farklılıklar vardır. Şekil 7.7’de geliştirilen uygulama ile bulunan sonuç gözükmemektedir. Şekil 7.8’de ise Tatlı (2006) tarafından bulunan sonuç gözükmemektedir. Tatlı (2006) tarafından bulunan sonuçta tek bir bölgede malign doku bulunmuş iken, YSA ile geliştirilen uygulamada ayrıca benign dokularda bulunmuştur. Bulunan bu benign dokular Şekil 7.7’de yeşil renk ile gösterilmiştir. Her iki uygulamada bulunan malign ve benign piksellerin sayıları ise Çizelge 7.3’de gösterilmektedir.

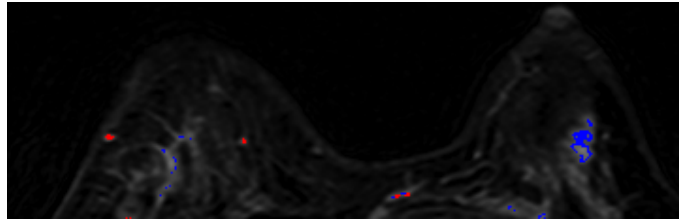
Çizelge 7.3 3. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları

Uygulama	Malign Piksel Sayısı	Benign Piksel Sayısı
Geliştirilen YSA Uygulaması	251	1470
Tatlı (2006)	39	0

4. Karşılaştırma :



Şekil 7.9 Geliştirilen YSA uygulaması ile bulunan sonuç



Şekil 7.10 Tatlı tarafından bulunan sonuç (Tatlı,2006)

4. ve son karşılaştırmada her iki uygulamada hem benign, hem malign dokuları bulmuştur. Tatlı (2006) tarafından geliştirilen uygulanada benign dokuları mavi renk ile gösterirken, bu tezde sunulan uygulamada benign dokular yeşil renk ile gösterilmiştir. Her iki uygulamada bulunan malign ve benign piksellerin sayıları ise Çizelge 7.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.4 4. Karşılaştırma Malign/Benign piksel sayıları

Uygulama	Malign Piksel Sayısı	Bengin Piksel Sayısı
Geliştirilen YSA Uygulaması	72	112
Tatlı (2006)	25	125

Bu karşılaştırma sonuçlarına YSA göre klasik yöntemle yapılan diğer uygulama ile bölgesel olarak benzer sonuçları bulmuştur. Bulunan malign ve benign piksel sayılarında 3. Karşılaştırma haricinde yakın değerlerdedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1 SONUÇ

Sunulan tezde, kanserli meme dokusu teşhisinde hekime yardımcı olabilecek, eğitilebilen ve eğitim sonucu öğrendiklerini kullanabilen bir sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen uygulama, eğitilebilme, öğrenebilme ve tekrar eğitilerek yeni durumlara uyum sağlayabilme özellikleri ile klasik yöntemlere üstünlük sağlamaktadır. Uygulamada, hekime MR görüntüleri üzerinde elle analiz yapılabilmesine olanak verilmiştir. Hekim MR üzerinde istenilen bir bölgenin gri değerlerini tablosal olarak ve grafiksel olarak görebilmektedir. Böylece YSA'nın sonuç bulamadığı veya kendisinin şüpheli gördüğü bölgeler için yorum yapabilmektedir

Uygulamada, öğrenme işlemi gerçekleştirilen YSA kaydedilip daha sonra yeniden yüklenebilmektedir. Bu sayede her MR analizi öncesi YSA'nın yeniden öğrenmesine gerek yoktur. Ayrıca bundan dolayı öğrendiği MR'ların saklanmasına gerek yoktur. MR görüntüleri sadece ilk eğitim esnasında gereklidir. Diğer aşamalarda eğitim için kullanılan diğer MR'lara ihtiyaç duymamaktadır.

Uygulamadan kullanılan MR görüntüleri birebir örtüşmektedir. Bu yüzden MR'lar üst üste örtüştürmek için ek işlem yapılmamıştır. MR görüntüleri tam olarak örtüşmüyor olsa bile, piksel sayısı yükseltip ortalama piksel değeri ile bu örtüşmeme hatası engellenebilmektedir.

“Gri değerleri en aza indirge” özelliği sayesinde, MR'ların parlaklıklarından bağımsız olarak sonuç bulabilmektedir.

Uygulama sonuçları 7 tanesi benign ve 7 tanesi malign tümör içeren toplam 14 MR üzerinde test edilmiştir. Ayrıca klasik yöntemle elde edilen farklı 4 hastaya ait sonuçlar ile de karşılaştırılmıştır. Klasik yöntemle karşılaştırmada 1 MR dışındaki benzer sonuç bulurken, 1 MR'da fazladan benign dokular bulmuştur.

Radyologlarla beraber incelen 14 MR'ın 13 tanesinde genel olarak tümör tipini ve yerini doğru olarak tespit etmiştir. Geriye kalan 1 MR'da ise uygulama malign tipte tümör bulmasına rağmen, radyolog tarafından benign olarak belirtilmiştir. Bulunan tümörün grafiği malign tipinde olmasına rağmen bu tezin konusu olmayan başka etkenler ve hekimin deneyimi ile benign olarak kabul edilmiştir. Gri değer değişim grafiği tümör tipinin belirlenmesinde en büyük etken olmasına rağmen tek etken değildir. Genelde malign tipi grafiği üreten tümörlerin %10'luk bir kısmı benign olarak çıkabilmektedir. Bu örnekde bu %10'luk kısma girmiştir. Bu yüzden bu MR istisna olarak kabul edilmiştir.

Uygulama diğer 13 MR’da genel olarak tümörün tipini doğru olarak tespit etmesine rağmen, bazı hatalar üretmiştir. Genelde bu tip hatalar damar dokulardan kaynaklanmaktadır. Fakat uygulama istenilen bölgenin gri değer değişim grafiğini de kullanıcıya gösterdiğinden bu tip hatalar hekim tarafından incelenip tümörlü dokudan ayırt edilebilmektedir.

Uygulama, genel sonuç olarak istisna olarak kabul edilen MR dışındaki diğer 13 MR’da tümör tipini ve yerini doğru olarak bulmuştur. Asıl tümör merkezi dışında bazı yerlerde bir kaç piksellik alanlar da normal dokuları tümör olarak bulmuştur. Bunları YSA’nın hatası olarak değerlendirebiliriz.

Uygulama öğrenen bir sistem olarak tasarlandığı için, uygulamanın eğitiminde kullanılan veriler büyük önem taşımaktadır. Eğitim verisi ne kadar düzgün ve ne kadar çok olursa YSA’nın öğrenme kapasitesi yükselmektedir. Ayrıca uygulamanın hatalı bulduğu sonuçlar da, doğru sonuç verilerek yeniden öğrenmesi sağlabilmektedir. Bundan dolayı, hatalı ürettiği sonucu öğrenen uygulama, bir sonraki MR’da benzer veri ile karşılaştığında hata yapma olasılığı azalmaktadır.

Geliştirilen uygulamanın özgün yönleri şu şekilde özetlenebilir :

- Örnek eğitim verilerinden öğrenebilme yeteneği,
- Öğrenme yeteneğinin devamlı olması. Uygulama hatalı sonuç ürettiğinden bu veri ile yeniden eğitilip doğru sonucu bulabilmesi,
- MR analizi kısmında istenilen bölgenin seçilerek analiz edilebilmesi,
- MR analizinde piksel boyutunun ayarlanabilmesi,
- “Gri değerleri en aza indirge” özelliği sayesinde, MR görüntülerindeki kontrast farklılıklarının problem teşkil etmemesi,
- Hekime MR üzerinde istenilen bölgelerdeki gri değer değişim grafiklerini dinamik olarak gösterebilmesi
- Uygulama sonuçlarının kaydedilip sonrada kullanılabilmesi,
- Şimdilik sadece malign, benign ve normal dokuları analiz etmesine rağmen, örnek veri ile öğretilirse damar, yağ, kas doku vblerini de öğrenebilmesi.

8.2 ÖNERİLER

Uygulama hiç bir zaman bir uzman hekim kontrolü dışında tek başına kullanılmamalıdır. Bu uygulama tanı koyan akıllı bir sistem değil, hekime tanı koymasında yardımcı olan bir sistem

niteliği taşıtmaktadır.

Bu uygulamada meme MR görüntüleri kullanılmıştır. Ancak uygulama işleyişi açısından araştırılacak kanser tipinden bağımsızdır. Meme MR görüntüleri haricinde diğer dokulara ve organlara ilişkin MR görüntüleri ile de kullanılabilir.

Uygulamaya damar doku tipinin gri değer değişimleri  ğretilebilir. Damar doku ile tümörlü doku bazen birbirlerine karışabilmektedir. Bu sayede uygulama damar dokusunu öğrendiğinden bu tip hatalar engellenebilecektir.

Uygulamanın bir sonraki aşaması olarak, bulunan tümörün 3B modellemesi yapılabilir ve tümöre ilişkin sanal gerçeklik görüntüsü elde edilebilir. 3B model elde edildikten sonra hastalıklı dokunun hacmi hesaplanarak, cerrahlara ameliyat öncesi ne kadar doku çıkarılması gerektiği bilgisi verilebilir.

Kontrast tutucu madde ile MR analizi, tümörlü dokunun hangi tip tümör olduğunun tespitinde en önemli etkenlerden biri olmasına rağmen tek etken değildir. Hekimler tanı koyarken radyometrik analizlerin yanında morfolojik analizler de yapmaktadırlar. Dolayısı ile algoritmanın morfolojik analiz yapabilir hale gelmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Geliştirilen bu uygulama ile bu parametrelerden sadece birinin tespit edilmesini öğrenmektedir. Bu yüzden hekim kontrolu olmadan tek başına kullanılmamalıdır.

KAYNAKLAR

Benington, J.H. ve Frank, M.G., (2003), "Cellular and molecular connections between sleep and synaptic plasticity. Prog Neurobiol" 69: 71-101.

Civalek, Ö., Ülker, M., (2004), "Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay sinir Ağı Yaklaşımı", IMO Teknik Dergi, 3171-3190.

Çavdaroglu, Ç., (2006), "MRI Görüntülerinin 3 Boyutlu Modellenmesi Ve Analizi"

Eğrisöğüt, A., Kazan, R., (2001), "Çimento Hammadde Karışım Prosesinin Yapay Sinir Ağları ile Matematiksel Modellenmesi", Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya, Türkiye.

Haykin, S., (1999), Neural Networks, Upper Saddle River, N. J., Prentice Hall.

Haykin, S., (1999), Neural Networks A Comprehensive Foundation, Prentice Hall International, Inc.

Kohonen, T., (1987), "State Of The Art In Neural Computing", IEEE First International Conference on Neural Networks 1, 79-90.

Civalek, Ö., Çatal, H., (2004), "Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Elastik Krişlerin Statik ve Dinamik Analizi", D.E.U Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi

Rumelhart, D.E. ve McClelland, J.L., (1986), Parallel Distributed Processing, 1, MIT Press, MA.

Rumelhart, D.E., Widrow, B., Lehr, M.A., (1994), "Neural Networks: Applications in Industry, Business and Science", Communications of the ACM(CACM) 37(3):93-105.

Rumelhart, D.E., Widrow, B., Lehr, M.A., (1994), "The Basic Ideas in Neural Networks", Communications of the ACM(CACM)37(3):87-92.

Tatlı, P., (2006), "Kontrast Tutucu Meme Manyetik Rezonans Görüntülerinde Kanseri Olan Ve Kanseri Olmayan Dokuların Görüntü İşleme Teknikleri İle Belirlenmesi"

Yavuz, S., (2006), "Performans Artırmaya Yönelik Paralel Mimarilerin Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi"

Yurtoğlu, H., (2005), "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği"

Zurada, J. M., (1992), Introduction to Artificial Neural Systems, West St. Paul.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://ekutup.dpt.gov.tr/ekonomi/tahmin/yurtoglu>

[3] <http://academyyapayzeka.com>

[4] <http://diwww.epfl.ch/mantra/tutorial/english/aneuron/html/components.html>

[5] <http://www.cs.ubc.ca/spider/poole/ci/lectures/ch11/html.html>

[6] <http://sourceforge.net/projects/fann>

[7] <http://www.codeproject.com/useritems/brainnet.asp>

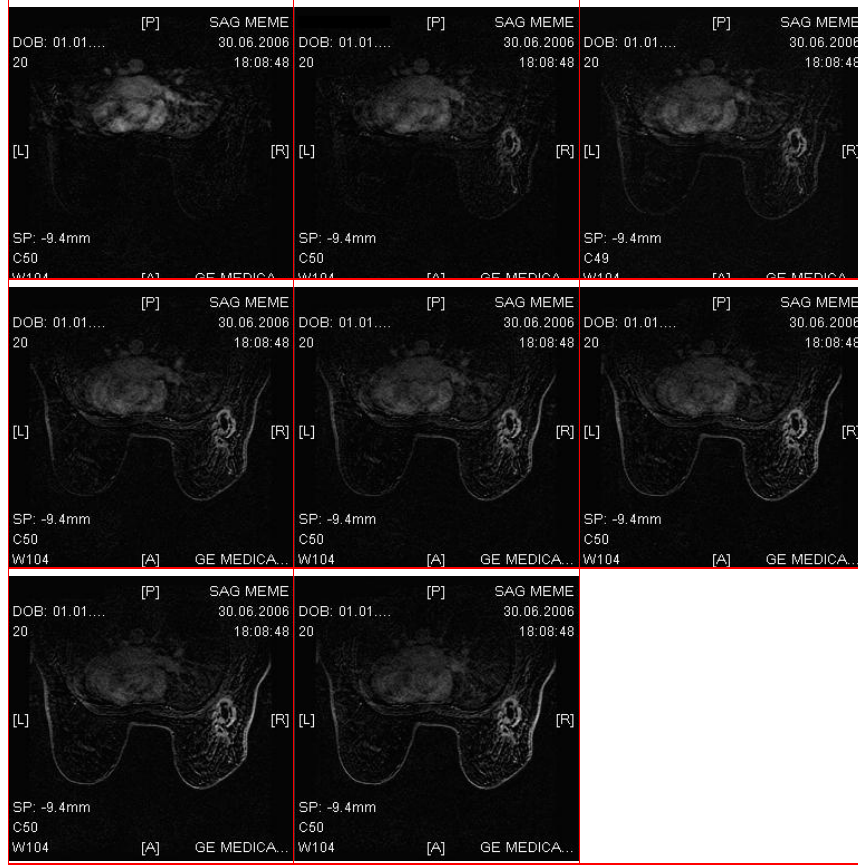
- [10] <http://www.jinemed.com.tr/default.asp?men=119&alt=333>
- [11] <http://www.ntvmsnbc.com/news/179512.asp>
- [12] http://www.mitessigorta.com/list/list.asp?ktgr_id=181
- [13] <http://akademiypayzeka.com/DesktopDefault.aspx?tabindex=4&tabid=4>
- [14] <http://leenissen.dk/fann/index.php>
- [15] <http://www.codeproject.com/useritems/nxml.asp>
- [16] <http://www.codeproject.com/useritems/brainnet.asp>

EKLER

- | | |
|------|---|
| Ek 1 | YSA'nın eğitiminde kullanılan malign dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri |
| Ek 2 | YSA'nın eğitiminde kullanılan benign dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri |
| Ek 3 | YSA'nın eğitiminde kullanılan normal dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri |
| Ek 4 | YSA'nın öğrenme hatasının öğrenme sayısına göre değişimi |
| Ek 5 | Uygulama kod örneği |
| Ek 6 | Eğitim için kullanılan text dosyası |

Ek 1 YSA'nın eğitiminde kullanılan malign dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri

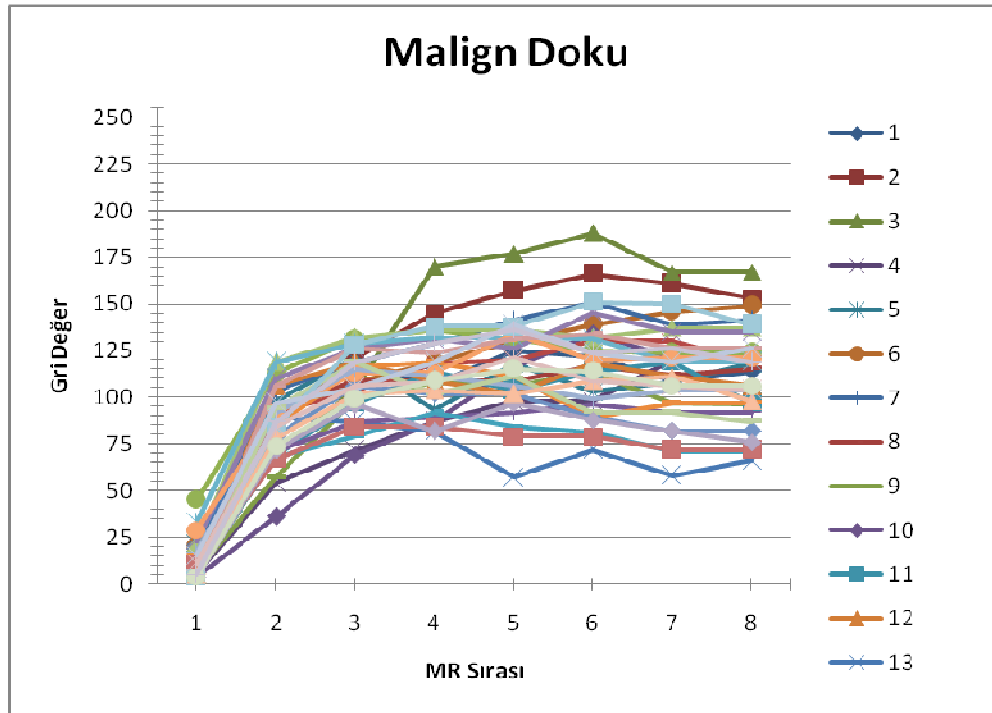
Çizelge 8.1 Malign doku içeren örnek MR serisi



Çizelge 8.2 Tüm malign doku gri değer değişimleri

MR	1	2	3	4	5	6	7	8
1	22	94	116	107	125	122	109	114
2	10	87	121	145	157	166	161	153
3	5	69	105	170	177	188	167	167
4	6	54	72	87	98	98	120	123
5	22	98	121	93	118	103	108	118
6	20	92	108	119	130	139	146	149
7	19	104	119	129	141	151	139	141
8	10	94	109	109	109	117	112	115
9	7	57	99	108	106	113	97	96
10	4	36	69	87	116	134	121	122
11	6	69	97	114	104	114	119	97
12	10	106	119	109	102	118	111	106
13	25	89	87	82	57	72	58	66

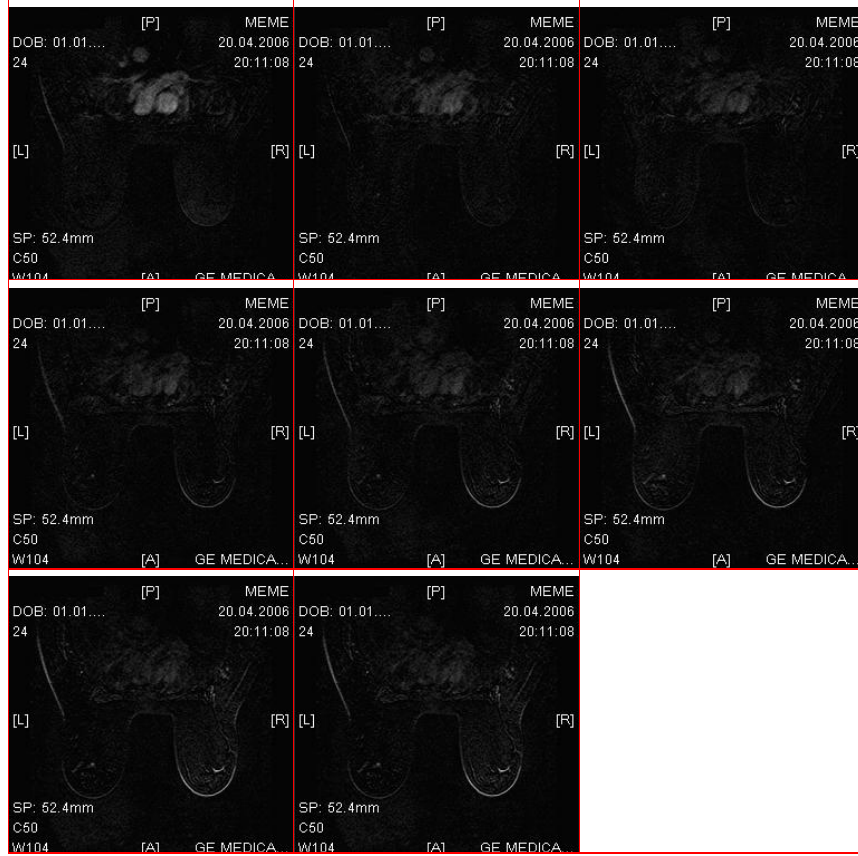
14	5	92	104	118	120	130	130	119
15	45	113	131	136	131	125	124	124
16	15	71	87	89	92	96	92	92
17	7	68	79	92	84	81	71	71
18	15	84	116	119	111	89	97	97
19	20	79	106	102	102	89	82	82
20	10	67	84	84	79	79	72	72
21	22	119	132	136	136	132	137	137
22	23	110	126	131	126	145	135	135
24	33	119	129	132	132	131	119	119
26	29	92	113	113	134	120	121	121
28	17	92	115	111	106	99	104	104
30	5	106	126	124	131	134	126	126
32	5	94	119	102	111	92	92	87
34	4	72	96	82	97	88	82	76
36	4	84	128	138	138	151	150	139
38	5	78	102	104	102	109	111	98
40	15	97	105	119	139	124	119	126
42	11	84	106	108	121	109	106	104
44	4	74	99	109	115	114	106	106
46	5	87	119	129	136	124	126	119



Şekil 8.1 Malign doku piksel değişimleri

Ek 2 YSA'nın eğitiminde kullanılan benign dokulara ait piksellerin gri değeri

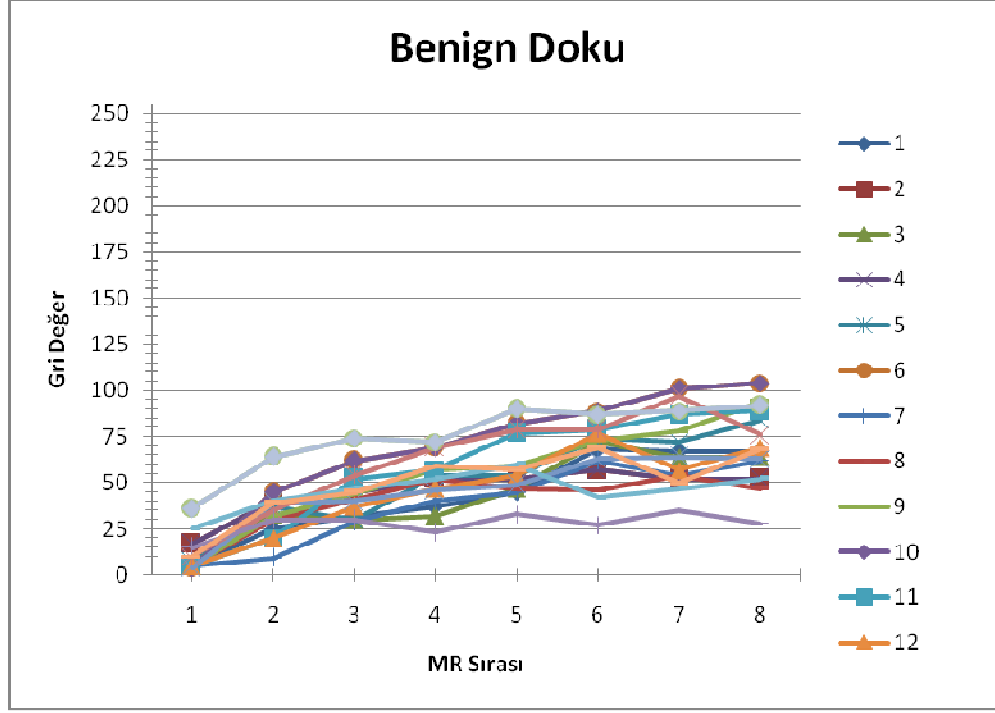
Çizelge 8.3 Benign doku içeren örnek MR serisi



Çizelge 8.4 Tüm benign doku gri değeri

MR	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	25	32	37	45	68	67	67
2	17	40	45	52	52	57	52	52
3	5	33	30	32	47	72	64	64
4	17	40	45	52	52	57	52	52
5	7	37	30	54	54	74	72	84
6	4	45	62	69	82	89	101	104
7	5	9	29	40	45	62	54	62
8	5	30	41	52	47	46	54	47
9	5	32	44	57	59	73	78	94
10	4	45	62	69	82	89	101	104
11	5	20	52	57	77	79	87	89
12	5	20	37	47	54	77	57	69
13	4	39	40	46	49	63	64	63
14	10	35	54	69	79	79	97	76

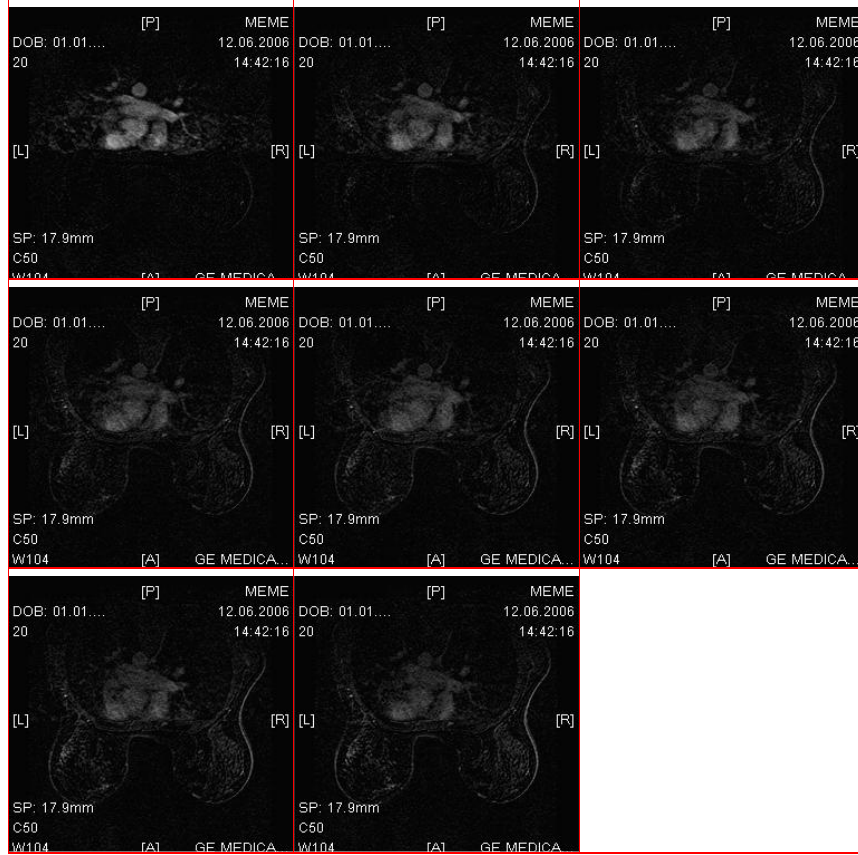
15	36	64	74	72	90	87	89	92
16	15	30	30	23	33	27	35	28
17	25	40	47	52	60	42	47	52
18	10	39	45	59	57	69	50	68
19	36	64	74	72	90	87	89	92



Şekil 8.2 Tüm benign doku gri değer değişimleri

Ek 3 YSA'nın eğitiminde kullanılan normal dokulara ait piksellerin gri değer değişimleri

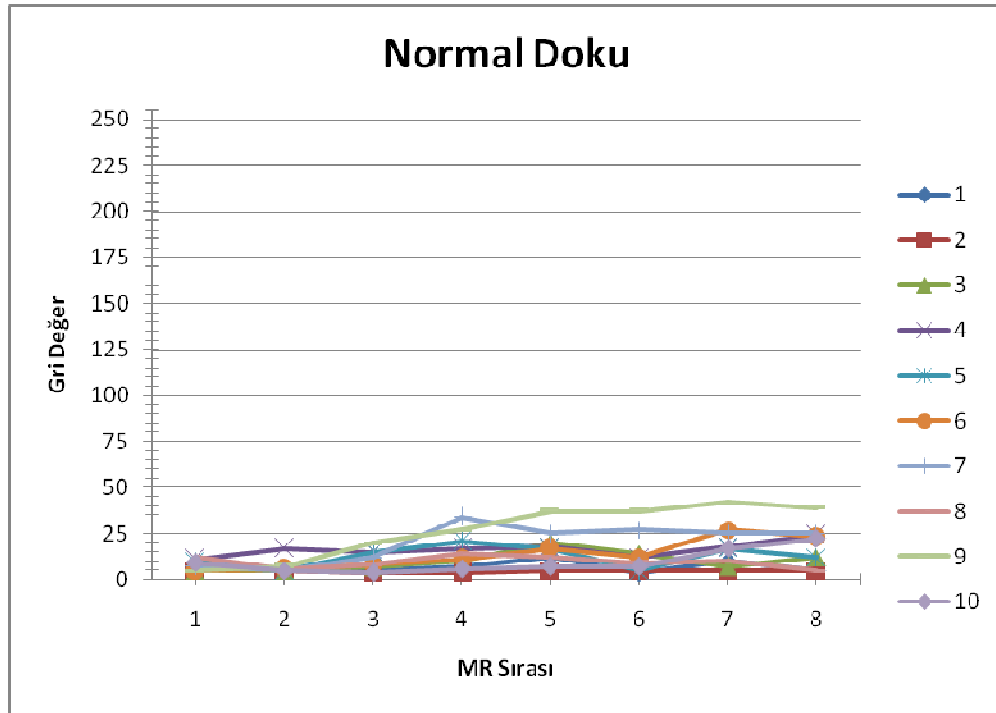
Çizelge 8.5 Normal doku içeren örnek MR serisi



Çizelge 8.6 Tüm normal doku gri değer değişimleri

MR	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5	5	5	7	12	4	10	5
2	5	5	4	4	5	5	5	5
3	5	5	7	10	20	14	7	12
4	11	17	15	17	18	12	18	24
5	10	5	15	21	17	5	17	12
6	5	6	8	11	17	12	27	23
7	7	5	12	34	25	27	25	25
8	12	6	8	14	12	9	10	5
9	5	7	20	27	37	37	42	39
10	9	5	4	6	7	7	17	22
11	7	15	10	22	10	17	17	7
12	5	5	5	6	5	5	11	5
13	6	6	7	12	17	12	5	10
14	4	5	5	5	10	5	12	17

15	6	5	5	6	6	5	6	5
16	6	6	5	5	17	17	17	25
17	5	5	6	18	13	6	5	11
18	5	6	5	4	10	7	8	5
19	4	4	5	5	5	5	5	4
20	4	4	5	5	5	4	4	4
21	10	22	24	32	37	32	32	42
22	22	30	40	34	32	38	47	46
23	10	21	11	27	25	24	22	15
24	5	17	6	20	12	32	25	30
25	14	7	6	7	12	17	9	15
26	15	5	10	20	11	12	11	11
27	7	27	27	25	25	27	30	37
28	6	3	7	5	5	5	5	7
29	5	14	5	17	20	15	16	15
30	9	10	10	12	17	20	22	27
31	4	5	5	7	5	5	5	5
32	5	5	12	7	17	20	8	15
33	5	4	11	5	20	12	10	11
34	5	4	5	5	17	7	12	26
35	5	5	5	7	5	5	5	5
36	4	5	10	6	12	15	15	9
37	6	7	5	20	12	11	27	22
38	5	5	5	5	5	6	5	7
39	5	7	5	5	5	6	5	5
40	5	5	6	8	5	6	5	6



Şekil 8.3 Normal doku gri değer değişimleri

Ek 4 YSA'nın öğrenme hatasının öğrenme sayısına göre değişimi

Çizelge 8.7 Öğrenme sayısına göre hata değeri değişimi

Öğrenme Sayısı	Hata Miktarı
1	2,00000
10	2,00000
20	1,99999
30	1,08058
40	0,64746
50	0,57585
60	0,35547
70	0,26133
80	0,17098
90	0,11385
100	0,07808
110	0,04599
120	0,03533
130	0,03034
140	0,02646
150	0,02268
160	0,02051
170	0,01800
180	0,01552
190	0,01457
200	0,01120
210	0,00799
220	0,00540
230	0,00198
240	0,00102
250	0,00032
260	0,00011
263	0,00008
264	0,00007

Ek 5 Uygulama kod örneği

```

if (ckbBoya.Checked)
{
    for (int i = 0; i < gridGrayValues.Rows.Count; i++)
    {
        DataGridViewRow row = gridGrayValues.Rows[i];
        int x = Convert.ToInt32(row.Cells["X"].Value);
        int y = Convert.ToInt32(row.Cells["Y"].Value);
        int count = Convert.ToInt32(edtPikselWidth.Text);
        float carpanx = (float)pict.Width / (float)pict.Image.Width;
        float carpany = (float)pict.Height / (float)pict.Image.Height;
        if (!btnStretch.Checked)
        {
            carpanx = 1;
            carpany = 1;
        }
        double o1 = 0;
        double o2 = 0;
        double o3 = 0;
        if (ckbUseMinRule.Checked)
        {
            o1 = Convert.ToDouble(row.Cells["O1M"].Value);
            o2 = Convert.ToDouble(row.Cells["O2M"].Value);
            o3 = Convert.ToDouble(row.Cells["O3M"].Value);
        }
        else
        {
            o1 = Convert.ToDouble(row.Cells["O1"].Value);
            o2 = Convert.ToDouble(row.Cells["O2"].Value);
            o3 = Convert.ToDouble(row.Cells["O3"].Value);
        }
        Brush br = GetTumorColor(o1, o2, o3);

        if (br != null)
        {
            resGraphics.FillRectangle(br, (float)x*carpanx, (float)y*carpany,
                (float)count*carpanx, (float)count*carpany);
            if (isResultBMP)
            {
                SolidBrush sBr = br as SolidBrush;
                resultBMP.SetPixel(x, y, sBr.Color);
            }
        }
    }
}

```

Ek 6 Eğitim için kullanılan text dosyası

97 8 3
 0.0862745098039216 0.368627450980392 0.454901960784314 0.419607843137255
 0.490196078431373 0.47843137254902 0.427450980392157 0.447058823529412
 0 0 1
 0.0392156862745098 0.341176470588235 0.474509803921569 0.568627450980392
 0.615686274509804 0.650980392156863 0.631372549019608 0.6
 0 0 1
 0.0196078431372549 0.270588235294118 0.411764705882353 0.666666666666667
 0.694117647058824 0.737254901960784 0.654901960784314 0.654901960784314
 0 0 1
 0.0235294117647059 0.211764705882353 0.282352941176471 0.341176470588235
 0.384313725490196 0.384313725490196 0.470588235294118 0.482352941176471
 0 0 1
 0.0862745098039216 0.384313725490196 0.474509803921569 0.364705882352941
 0.462745098039216 0.403921568627451 0.423529411764706 0.462745098039216
 0 0 1
 0.0784313725490196 0.36078431372549 0.423529411764706 0.466666666666667
 0.509803921568627 0.545098039215686 0.572549019607843 0.584313725490196
 0 0 1
 0.0745098039215686 0.407843137254902 0.466666666666667 0.505882352941176
 0.552941176470588 0.592156862745098 0.545098039215686 0.552941176470588
 0 0 1
 0.0392156862745098 0.368627450980392 0.427450980392157 0.427450980392157
 0.427450980392157 0.458823529411765 0.43921568627451 0.450980392156863
 0 0 1
 0.0274509803921569 0.223529411764706 0.388235294117647 0.423529411764706
 0.415686274509804 0.443137254901961 0.380392156862745 0.376470588235294
 0 0 1
 0.0156862745098039 0.141176470588235 0.270588235294118 0.341176470588235
 0.454901960784314 0.525490196078431 0.474509803921569 0.47843137254902
 0 0 1
 0.0235294117647059 0.270588235294118 0.380392156862745 0.447058823529412
 0.407843137254902 0.447058823529412 0.466666666666667 0.380392156862745
 0 0 1
 0.0392156862745098 0.415686274509804 0.466666666666667 0.427450980392157 0.4
 0.462745098039216 0.435294117647059 0.415686274509804
 0 0 1

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	30.06.1980	
Doğum yeri	Sinop	
Lise	1994-1998	Çorum Anadolu Lisesi
Lisans	1998-2002	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fak. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS

Çalıştığı kurum(lar)

2002-2004	Borat A.Ş.
2004-Devam ediyor	Sampaş A.Ş.