

Mamogram Görüntülerinden Bilgisayar Destekli Kitle Teşhisi Sistemi

Emre Dandıl¹, Ziya Ekşi^{2*}, Murat Çakıroğlu³

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü

²Sakarya Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

³Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği

Özet

Meme kanseri kadınlarda görülen önemli hastalıklardan birisidir. Meme kanseri sonucunda hastaların hayatını kaybetme oranları son yıllarda düşmesine karşın hala yüksektir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, meme kanserinin erken teşhisine yönelik bilgisayar destekli bir teşhis yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen sistem görüntü işleme ve sınıflama aşamalarından oluşmaktadır. Görüntü işleme aşamasında öncelikle filtreleme tekniklerinden yararlanılmış sonrasında ise bölütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflama aşamasında ise Olasılıksal Sinir Ağları (Probabilistic Neural Network, PNN) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca tasarlanan bir arayüz yazılımı ile kullanıcıya çeşitli filtreleme ve bölütleme tekniklerinin kullanım imkanı sağlanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda sistem başarımları %90 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Meme kanseri, bilgisayar destekli teşhis, görüntü işleme, PNN

Computer-aided Mass Detection System Using Mamogram Images

Abstract

Breast cancer is one of the most important diseases in women. Death rates caused by breast cancer are still high despite they decrease in recent years. In this study, a computer-aided diagnosis system for early diagnosis of breast cancer was proposed. Proposed system consists of image processing and classification stages. In the image processing stage, firstly, some filtering techniques were utilized then the segmentation process was carried out. In the classification stage, Probabilistic Neural Networks (PNN) method was used. In addition, various filtering and segmentation techniques were provided for the user by the help of designed user-interface. According to the experiments, the accuracy of proposed system was calculated as 90%.

Key words: Breast cancer, CAD, Segmentation, image processing, PNN

1. Giriş

Meme kanseri dünya genelinde kadınlarda en çok görülen kanser türlerinin başında gelmektedir. 2012 yılında gerçekleştirilen bir çalışmaya göre kadınlarda yaklaşık 1.7 milyon yeni meme

*Corresponding author: Address: Faculty of Computer and Information Sciences, Computer Engineering, Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: ziyae@sakarya.edu.tr, Phone: +902642956498 Fax: +902642956424

kanseri vakası tespit edilmiştir [1]. 2014 yılında American Cancer Society kuruluşu tarafından sunulan raporda Amerika’da 235,030 kişide meme kanseri için yeni vaka beklenirken yaklaşık 40,430 kişinin hayatını kaybetmesi beklenmektedir [2]. Erken teşhis ile tedavi süreci erken başlatıldığı takdirde ölüm oranı azaltılabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca varolan lezyonların iyi huylu ve kötü huylu ayrımının gerçekleştirilerek tedavi aşamalarının belirlenmesi ile hastaların yaşam sürelerinin artırılması çalışmaları da devam etmektedir.

Meme kanseri lezyonlarının teşhisinde en önemli görüntüleme tekniği mamografidir. Ancak son yıllarda mamografiye alternatif olarak MR görüntüleme gibi teknikler de meme kanseri lezyonlarının tespiti için kullanılmaktadır [3-5]. Medikal görüntüleme ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile paralel olarak son yıllarda akciğer, beyin, meme kanseri gibi birçok kanserin teşhisi ve evrenmesi ile ilgili bilgisayar destekli teşhis sistemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. 2002 yılında Christoyianni ve arkadaşları mamogram görüntülerinde şüpheli bölgelerin özelliklerinin bağımsız bileşen analizi tabanlı yeni bir teknikle çıkartılmasını ve bu özelliklerin bilgisayar destekli sinir ağları ile sınıflandırılmasını önermişlerdir [6]. 2010 yılında Cheng ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada ultrason görüntülerden yararlanılarak meme kanserinin tespiti ve teşhisine yönelik bir Bilgisayar Destekli Teşhis (computer-aided diagnosis, CAD) sistemi önerilmiştir [7]. 2011 yılında Tsai ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışma da micro-calcification bölgelerde erken teşhis amaçlı görüntü iyileştirme ve tanıma aşamalarından oluşan yüksek hassasiyetli bilgisayar destekli tanı algoritması geliştirilmiştir [8]. 2013 yılında Jalalian ve arkadaşları yaptıkları çalışmada mamogram ve ultrason görüntülerde CAD sisteminin başarımını tespit etmişlerdir [9]. 2014 yılında Dheebe ve arkadaşları digital mamogram görüntülerden yararlanarak meme anormalliklerinin tespiti için parçacık sürü optimizasyonlu (PSO) dalgacık sinir ağlarından yararlanarak sınıflama işlemini gerçekleştirmişlerdir [10].

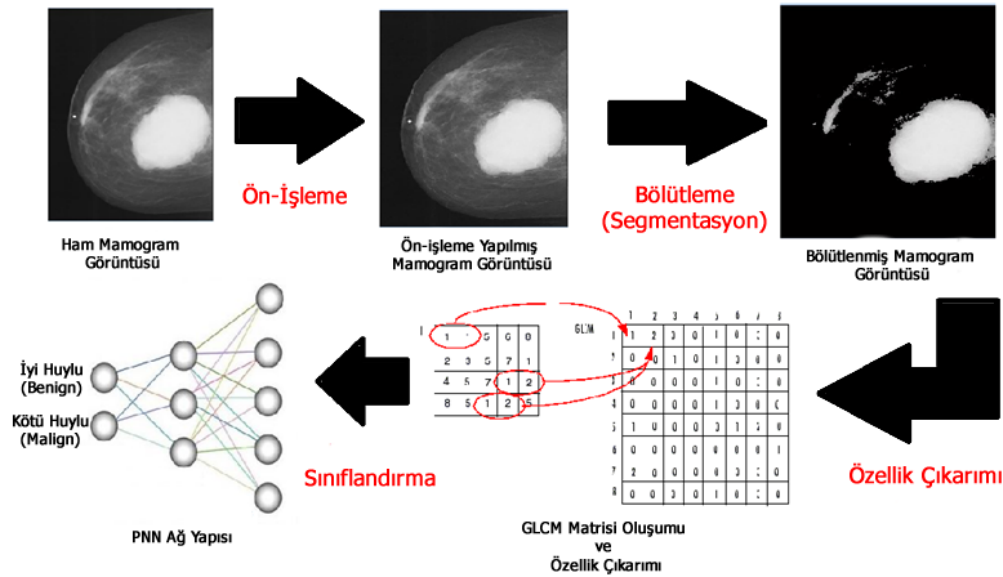
Gerçekleştirilen bu çalışmada ise mamogram görüntülerinden yararlanılarak meme lezyonlarının iyi huylu ve kötü huylu sınıflamasını gerçekleştirebilecek bir CAD sistemi önerilmiştir. Sistem, ön-işleme, bölütleme, özellik çıkarma ve sınıflama olmak üzere 4 temel bölümden oluşmaktadır. Öncelikle elde edilen mamogram görüntülerde gürültülerin yok edilmesi ve görüntülerin iyileştirilmesi için filtreleme teknikleri kullanılmıştır. Bölütleme aşamasında popüler 3 bölütleme algoritması karşılaştırılmıştır ve en uygun FCM tekniğine göre bölütleme gerçekleştirilmiştir. Özellik çıkarma aşamasında gray level co-occurrence matrix (GLCM) tekniğinden yararlanılarak görüntülere ait sayısal özellikler elde edilmiştir. Son aşamada ise PNN tekniği sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca arayüz yazılımı tasarlanarak bütüncül bir CAD sistemi önerilmiştir.

Makalenin kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölümde çalışmaya ait materyal ve metotlardan bahsedilmiş ve ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. 3. Bölümde çalışmaya ait deneysel bulgular sunulmuştur. Son bölümde ise sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar ile makale sonlandırılmıştır.

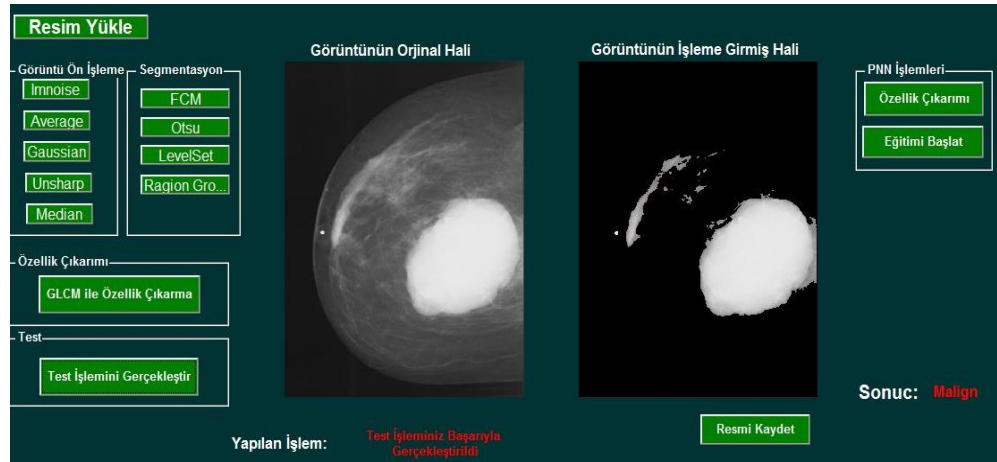
2. Materyal ve Metot

Tasarlanan CAD sistemi ön-işleme, bölütleme, özellik çıkarımı ve sınıflama basamaklarından oluşmaktadır. Ön-işleme basamağında mamogram görüntülerinin iyileştirilmesi için temel

filtreleme teknikleri kullanılmaktadır. Bölütleme aşamasında ise popüler bölütleme yöntemleri ile iyileştirilmiş mamogram görüntülerinin farklı yöntemler ile bölütlenmesi sağlanmaktadır. Bölütlenen mamogram görüntülerinin sınıflandırılabilmesi için özellik çıkarım aşamasında GLCM tekniğinden yararlanılmaktadır. Son aşamada ise PNN sınıflandırma yöntemi ile iyi huylu-kötü huylu tümör sınıflaması gerçekleştirilmektedir. Şekil 1’de tasarlanan CAD sisteminin genel mimari yapısı görülmektedir. Şekil 2’de ise önerilen CAD sisteminin kullanıcı arayüz yazılımı görülmektedir.



Şekil 1. Tasarlanan CAD sistemin mimarisi.



Şekil 2. Tasarlanan CAD sisteminin arayüz yazılımı

2.1. Ön-işleme

Çalışmanın ön-işleme basamağında görüntü üzerinde bulunan gürültüleri yok etmek ve görüntüdeki kitleyi belirgin hale getirmek için filtreleme gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan arayüz

ile kullanıcının görüntü üzerinde ortalama, medyan, gaussian ve keskinleştirme filtrelerini uygulamasına imkân sağlanmaktadır. Çalışmada gürültüleri yok edebilmek için olarak medyan filtre, görüntü hatlarını belirgin hale getirmek içinde keskinleştirme filtreleri tercih edilmiştir.

2.2. Bölütleme

Gerçekleştirilen çalışmanın en önemli aşamalarından birisi de bölütleme (segmentasyon) aşamasıdır. Mamogram görüntüsü üzerinde kitlenin teşhisi ve özellik çıkarımının başarılı şekilde gerçekleştirilebilmesi için bölütlemenin başarımının yüksek olması önemlidir. Tasarlanan arayüzde bölütleme işlemini gerçekleştirmek üzere Fuzzy C-means (FCM), Otsu Metodu ve Region growing olmak üzere 3 farklı teknikten yararlanılmış ve bu yöntemlerin karşılaştırılmaları yapılmıştır.

2.2.1. Bulanık C-Ortalama (Fuzzy C-means)

Bezdek tarafından geliştirilen Fuzzy C-means algoritması kümeleme ve sınıflama işlemlerinde sıkça kullanılan algoritmalarından birisidir. Fuzzy C-means algoritması ile görüntü iki veya daha fazla kümeye ayrılarak bölütlenebilir. Görüntü üzerinde her bir verinin üyelik değeri bulunmakta ve bu değerlere göre hangi kümeye ait olacağı belirlenmektedir. Verilen üyelik değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir [11]. Fuzzy C-means algoritmasının çalışma adımları şu şekildedir:

1. Öncelikle bir üyelik matrisi oluşturulur ve üyelik değerleri rasgele atanır.
2. Üyelik matrisinin değerleri atandıktan sonra küme merkez vektörleri Denklem 1 ve 2'ye göre oluşturulmaktadır.

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m < \infty \quad (1)$$

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ji}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ji}^m} \quad (2)$$

3. Hesaplanan küme merkezi değerlerine göre üyelik değerleri Denklem 3'den yararlanılarak tekrar hesaplanır ve bu değerlere göre kümeleme işlemi gerçekleştirilir.

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_i\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{2/(m-1)}} \quad (3)$$

2.2.2. Otsu metodu

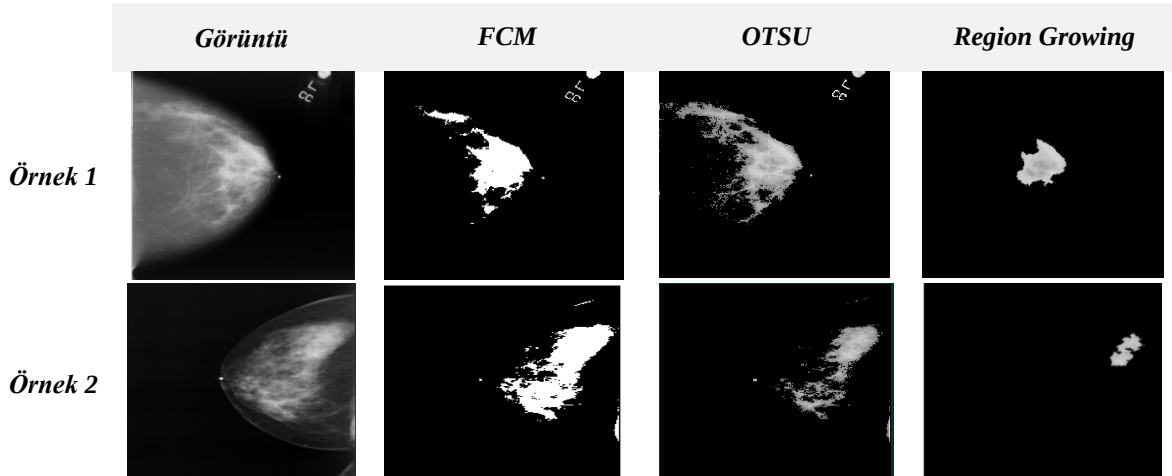
Görüntü bölütleme yöntemleri arasından en bilinen ve sıkça kullanılan algoritmalarından birisi de OTSU algoritmasıdır. OTSU algoritması görüntünün renk değerlerinin dağılımına bakarak

optimum bir eşik değeri hesaplar ve bu değere göre bölütleme işlemi gerçekleştirir. Eşik değeri hesaplanırken istatistiksel hesaplamalar gerçekleştirilir. Hesaplanan eşik değerinin üzerindeki pikseller beyaz, altındaki değerler siyah yapılarak görüntü siyah beyaz hale getirilir ve bölütleme gerçekleştirilmiş olur.

2.2.3. Bölge Büyütme (Region Growing)

Region growing (bölge büyütme) algoritması görüntü işleme uygulamalarında tercih edilen bölütleme tekniklerinden birisidir. Region growing tekniği bölge tabanlı çalışan bir tekniktir. Öncelikle başlangıç tohumu (initial seed) belirlenir. Belirlenen başlangıç tohumu ile komşu noktalar arasında istatistiksel hesaplamalar gerçekleştirilir. Hesaplamalar sırasında ortalama yoğunluk değeri, renk, varyans gibi parametreler belirlenir. Bu değerlere göre benzer olan bölgeler kümelenerek bölütleme gerçekleştirilir. Başlangıç tohumu genel olarak kullanıcı tarafından seçilir ve bu noktaya göre bölütleme işlemine başlanır.

Şekil 3’de mamogram görüntülerinde kullanılan bölütleme algoritmalarına ait örnek görüntüler gösterilmiştir. Bu yöntemler içerisinde en başarılı bölütleme sonuçlarının FCM yöntemi ile elde edildiği görülmektedir.



Şekil 3. Örnek bölütleme sonuçları

2.3. Özellik Çıkarımı

Mamogram görüntüler üzerinde görüntü ön-işleme ve bölütleme işlemleri gerçekleştirildikten sonra özellik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Özellik çıkarım tekniği olarak Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) tekniğinden yararlanılmıştır. GLCM tekniği Haralick tarafından önerilmiştir. Gri seviye görüntülerin özelliklerini çıkarmaya yarayan GLCM tekniği komşu iki piksel arasındaki ilişkiyi tanımlar.

Gerçekleştirilen çalışmada her bir görüntüye ait entropi, korelasyon, homojenlik gibi 88 adet özellik çıkarılmıştır. Elde edilen bu özellikler yardımıyla görüntü sayısal verilerle dönüştürülmüştür. Bu sayısal veriler sınıflandırma işlemi için giriş olarak kullanılmaktadır.

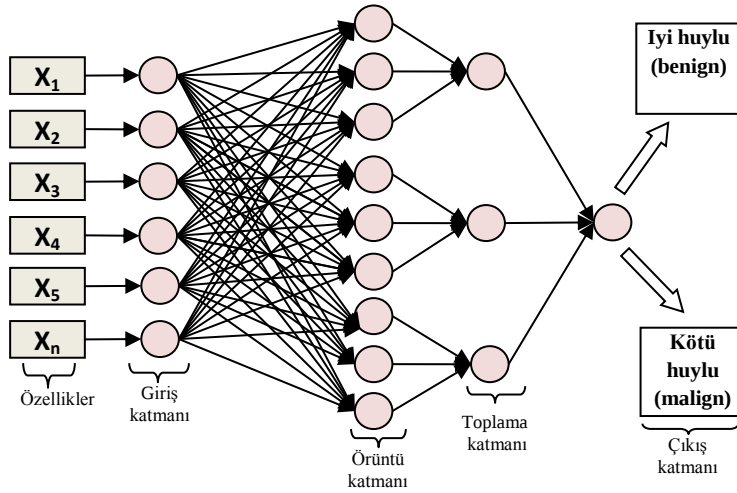
2.4. Sınıflandırma

GLCM tekniği ile elde edilen özellikler sınıflama aşamasında giriş olarak kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen uygulamada mamogram görüntülerinden yararlanılarak kitlenin iyi huylu ve kötü huylu ayrımını yapmak amacıyla Probabilistic Neural Network (PNN) kullanılmıştır.

PNN bir ANN modeli olup temel olarak Bayes yöntemini kullanmaktadır ve olasılıksal olarak bir sınıflama işlemi gerçekleştirmektedir. Sınıflara ait yoğunluk hesaplamasında Parzen pencereleri tercih edilmektedir. Denklem 4’de verilen formülde n , eğitim için veri sayısını, m , giriş uzayının boyutunu, i ise hangi örüntünün olduğunu göstermektedir [12].

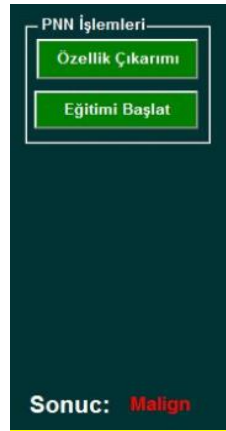
$$F(x) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} \sigma^m} \sum_{n=1}^n \exp \left[-\frac{(x-x_i)^T (x-x_i)}{2\sigma^2} \right] \quad (4)$$

Şekil 4’de PNN’nin genel ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 4. PNN’in genel ağ yapısı

Gerçekleştirilen arayüzde özellik çıkarımı geçirildikten sonra PNN ile sınıflama işleminin gerçekleştirileceği bölüm görülmektedir. Sınıflama işlemi gerçekleştirildikten sonra ise kitlenin iyi huylu mu yoksa kötü huylu mu olduğu arayüzde bulunan sonuç kısmında kullanıcıya gösterilmektedir. Şekil 5’de sınıflama sonucuna dair örnek bir resim gösterilmiştir.



Şekil 5. Örnek bir sınıflandırma işlemi

3. Bulgular

Önerilen CAD sistemindeki tüm uygulamalar MATLAB yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Tüm deneysel çalışmalar 3.4 GHz i7 bir işlemci ve 8 GB belleğe sahip, Windows 7 işletim sistemi ile çalışan bir kişisel bilgisayar üzerinde yapılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada 60 iyi huylu, 40 kötü huylu olmak üzere toplamda 100 mamogram görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntülerden 70'i eğitim (45 iyi huylu, 25 kötü huylu) 30'su ise test (15 iyi huylu, 15 kötü huylu) amaçlı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen test işlemleri sonucunda 15 iyi huylu kitlenin 14'ü iyi huylu olarak tespit edilirken 1'i kötü huylu olarak bulunmuştur. 15 kötü huylu kitlenin ise 13'ü kötü huylu, 2'si ise iyi huylu olarak tespit edilmiştir. Tablo 1'de sistemin sonuçlarına dair karışıklık matrisi verilmiştir.

Tablo 1. Önerilen sistemin karışıklık matrisi

Gold Standart	Önerilen metodun sonuçları		
	İyi huylu	Kötü huylu	Toplam
İyi huylu	14	1	15
Kötü huylu	2	13	15
Toplam	16	14	30

Karışıklık matrisinden yararlanarak elde edilen sonuçlarda sistemin doğruluğu %90, duyarlılığı %87,5 ve özgüllüğü %92,5'dur.

4. Sonuçlar ve Gelecekteki Çalışmalar

Gerçekleştirilen çalışmada 100 mamogram görüntüleri üzerinde iyi huylu / kötü huylu kitle ayırımını gerçekleştiren bir CAD sistemi önerilmiştir. Önerilen CAD sistemi ön-işleme, bölütleme, özellik çıkarma ve sınıflama aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalarda kullanıcının

isteğine bağlı olarak çeşitli ön işleme tekniklerinin kullanımına imkan sağlanmıştır. CAD sisteminde sınıflama işlemi PNN algoritması kullanılmıştır ve iyi huylu / kötü huylu kitle sınıflaması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. CAD sistemi iyi huylu / kötü huylu nodülleri %90 doğruluk ile sınıflamıştır. Ayrıca kullanıcılar için bir kullanıcı dostu bir arayüz yazılımı tasarlanmıştır. Gerçekleştirilen CAD sistemin başarımı daha çok veri kullanılarak artırılabilir. Ayrıca tasarlanan arayüze yeni ön-işleme, bölütleme ve sınıflama algoritmaları eklenerek kullanıcılara birçok seçenek sunulması amaçlanmaktadır.

Kaynakça

- [1] http://www.wcrf.org/cancer_statistics/world_cancer_statistics.php#Both (Last accessed: December 2014).
- [2] Cancer Facts & Figures 2014, American Cancer Society.
- [3] Yang Q, Li L, Zhang J, Shao G, Zheng B. A computerized global MR image feature analysis scheme to assist diagnosis of breast cancer: a preliminary assessment. *European Journal of Radiology*, 83:1086-1091.
- [4] Collins MJ, Hoffmeister J, Worrell SW. Computer-aided detection and diagnosis of breast cancer. *Seminars in Ultrasound CT and MRI*, 2006.
- [5] Wang H, Li JB, Wu L, Gao H. Mammography visual enhancement in CAD-based breast cancer diagnosis. *Clinical Imaging*, 37(2013):273-282.
- [6] Christoyianni I, Koutras A, Dermatas E, Kokkinakis G. Computer aided diagnosis of breast cancer in digitized mammograms. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 26(2002):309-319.
- [7] Cheng HD, Shan J, Ju W, Guo Y, Zhang L. Automated breast cancer detection and classification using ultrasound images: A survey. *Pattern Recognition*, 43(2010):299-317.
- [8] Tsai NC, Chen HW, Hsu SL. Computer-aided diagnosis for early-stage breast cancer by using Wavelet Transform. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 35(2011):1-8.
- [9] Jalalian A, Mashohor SBT, Mahmud HR, Saripan MIB, Ramli ARB, Karasfi B. Computer-aided detection/diagnosis of breast cancer in mammography and ultrasound: a review. *Clinical Imaging*, 37(2013): 420-426.
- [10] Dheebea J, Singh NA, Selvi ST. Computer-aided detection of breast cancer on mammograms: A swarm intelligence optimized wavelet neural network approach. *Journal of Biomedical Informatics*, 49(2014):45-52.
- [11] http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/cmeans.html (Last accessed: December 2014).
- [12] Bolat B, Küçük Ü. Olasılıksal Sinir Ağları İle Müzikal Enstrüman Ailelerinin Tanınması. *EMO Bilimsel Dergi*