



Mamogram Görüntüde Meme Kanserine Ait Kitlelerin Bilgisayar Destekli Tespiti İçin Tip-2 Bulanık Çıkarım Sistemi Tasarımı

Type-2 Fuzzy Inference System Design For Computer Aided Detection In Mammogram Image

Volkan Göreke¹, Esmâ Uzunhisarcıklı², Bilge Öztoprak³

¹SMYO Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, CUMHURİYET Üniversitesi, Sivas, Türkiye
vgoreke@cumhuriyet.edu.tr

²KMYO Biyomedikal Teknolojileri Bölümü, ERCİYES Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
uzunhise@erciyes.edu.tr

³Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, CUMHURİYET Üniversitesi, Sivas, Türkiye
boztoprak@gmail.com



İnteraktif Sunumlar

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

Özetçe—Günümüzde meme kanserine ait kitlelerin tespitinde X Ray mamografi radyologlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu görüntülerin yorumlanmasında hekim tarafından kullanılan bilgisayar destekli sistemler hekimlerin kitle tespitine ait başarımlarını artırmaktadır. Temelde görüntü işleme ve sınıflandırma bölümlerinden oluşan bilgisayar destekli tespit sistemleri üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir. Kitle sınıflandırmasında farklı yapıda yapay sinir ağları ve destek vektör makinesi gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Önceki bir çalışmamızda açık erişime sahip MIAS veri tabanından alınan kitle içeren ve içermeyen mamogram görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri ve istatistiksel analiz kullanılarak ikinci dereceden üç doku özneliği ve bu özneliklere ait istatistik değerler elde edilmiş, öznelik ve istatistik değerler ile Matlab fuzzy toolbox kullanılarak tip-1 bulanık çıkarım sistemi tasarlanmıştır. Bu çalışmamızda tip-1 sistem için kullanılan her bir öznelik veri grubu üzerinde istatistiksel yöntem kullanılarak veri gruplarının standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler tip-2 sistemin belirsizliğin ayak izi parametresi olarak kullanılmıştır. Bu veri grubu ve veri gruplarına ait histogram grafikleri ile tip-2 bulanık çıkarım sisteminin her bir parçası ayrı ayrı yazılımsal olarak gerçekleştirilmiştir. Tasarladığımız tip-2 bulanık çıkarım sisteminin testi gerçekleştirilmiş ve tip-1 sisteme göre daha başarılı bir sonuç üretmiştir.

Anahtar Kelimeler —meme kanseri; mamogram; tip-2 bulanık çıkarım sistemi.

Abstract— Nowadays the detection of cancer of the breast mass X-ray mammography is widely used by radiologists. This computer-aided system images used by physicians in the interpretation raises the accomplishments of physicians identified masses. Work on computer-aided detection systems consisting of basic image processing and classification section is still in progress. Different methods such as artificial neural networks and support vector machine structure is widely used in mass classification. Previous work in our open access has MIAS containing mass from the database and free mammogram images on image processing techniques and three texture attribute in the second degree by using statistical analysis and derived value statistics of these attributes, attributes, and type-1 fuzzy using Matlab fuzzy toolbox with statistical values inference system is designed. In this study, the standard deviation of the data set using a statistical method on each attribute data set used for type-1 system is calculated. These values are used as the footprint of the uncertainty of the type-2 system parameters. These data sets and data sets related to each piece of histogram chart with type-2 fuzzy inference system was conducted as separate software. We have tested our system type-2 fuzzy inference system has produced more successful than type-1 fuzzy inference system.

Keywords — breast cancer; mammogram; Type-2 fuzzy inference system.

978-1-5090-2386-8/16/\$31.00 ©2016 IEEE

I. GİRİŞ

Dünyada kadınlar arasında en fazla ölüme neden kanser türü meme kanseridir [1]. Meme bölgesinde lezyon içeren alanlar kitle olarak isimlendirilir [2]. Hastalığın tespitinde uzman hekimlerin baş vurdıkları öncelikli yöntem, meme bölgesine ait medikal görüntülerin incelenmesidir. Hekimlerin inceledikleri bu görüntüler X-Ray mamografi ve ultrasonografi olarak isimlendirilen iki temel tekniğe dayanır [3,4]. Radyolojik görüntülerin yorumlanmasında uzman hekime yardımcı olacak bilgisayar yardımıyla tespit (Computer Aided Diagnostic-CAD) sistemleri üzerinde pek çok çalışma gerçekleştirilmiş ve bu sistemler hastalığın tanımlanmasında hekime artan bir başarı oranı sağlamıştır [5,6]. Bulanık çıkarım sistemi mamogram görüntülerin yorumlanması için geliştirilen CAD sistemlerinde kullanılan bir tekniktir [7-9]. Önceki bir çalışmamızda açık erişime sahip MIAS veri tabanından alınan kitle içeren ve içermeyen mamogram görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri ve istatistiksel analiz kullanılarak ikinci dereceden üç öznelik elde edilmiş ve bu öznelikler ile Matlab fuzzy toolbox kullanılarak tip-1 bulanık çıkarım sistemi tasarlanmıştır. Bu çalışmamızda tip-1 sistem için kullanılan her bir öznelik veri grubu üzerinde istatistiksel yöntem kullanılarak veri gruplarının standart sapma değerleri hesaplanmıştır [10]. Tip-1 çalışmamızda kullanılan veri gruplarına ait minimum, ortalama, maksimum değerlere standart sapma parametresi eklenerek yeni bir veri grubu oluşturulmuştur. Bu veri grubu ve veri gruplarına ait histogram grafikleri ile tip-2 bulanık çıkarım sisteminin her bir parçası, Matlab platformunun tip-2 bulanık çıkarım sistemleri için henüz ticari bir toolbox'a sahip olmadığından dolayı ayrı ayrı yazılımsal olarak gerçekleştirilmiştir.

II. MATERYAL VE METOD

MIAS veri tabanından alınan 206 mamogram görüntüsünden görüntü işleme teknikleri ile önceki çalışmamızda elde edilen doku özneliklerinden oluşan veri grupları ve Matlab yazılım platformu, kullandığımız materyallerdir. İstatistiksel veri analizi ve tip-2 bulanık çıkarım sistemi ise uyguladığımız metodlardır.

A. Doku Öznelikleri

Doku piksel yoğunluğunun istatistiksel özneliklerinin bir kümesidir. Gri seviye eş oluşum matrisleri kullanılarak hesaplanabilir. Bu matris ikinci dereceden bileşik durum olasılık yoğunluk fonksiyonunun $P(i, j | d, \theta)$ tahminine dayanır. Bu matris pikseller arasındaki uzaklık d ve açı θ iken gri seviyesi i 'den gri seviyesi j 'ye geçme olasılığını gösterir [11]. Denklem (1), (2) ve (3) de enerji, kontrast ve homojenlik olmak üzere üç doku özneliği verilmiştir.

İnteraktif Sunumlar

$$Enerji = \sum_{i,j} p_{ij}^2 \quad (1)$$

$$Kontrast = \sum_{i,j} |i-j|^2 p_{ij} \quad (2)$$

$$Homojenlik = \sum_{i,j} \frac{p_{ij}}{1+|i-j|} \quad (3)$$

B. Tip-2 bulanık çıkarım sistemi

Bulanık sistemler girişe karşılık çıkıştan oluşan sistemlerdir ve uzmanlar tarafından sağlanan veya numerik verilerden çıkarılan kurallar sistemin temelini oluşturur. Ana özelliği belirsizlikleri modelleme yeteneği olan tip-2 bulanık küme kavramını 1975 yılında Zadeh tanıtmıştır. 1976 yılında Mizumoto ve Tanaka tip-2 bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları üzerine çalışmalar yapmışlardır. 1977 yılında Niemien bulanık kümelerin cebirsel yapısını detaylarıyla sunmuştur. Devam eden yıllarda tip-2 bulanık kümelerle ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. 90'ların sonunda tip-2 bulanık mantık Karnik ve Mendel'in çalışmalarıyla tekrar ilerlemeye başlamıştır. Bu çalışmalarda tip-2 bulanık çıkarım sisteminin durulaştırma ve tip azaltma işlemlerini içeren teorisi sunulmuştur. 2000 yılında Liang ve Mendel interval tip-2 bulanık çıkarım sistemi yapısını geliştirmişlerdir. Bu yapının temel sorunu tip azaltma işlemi hesaplama işleminin güçlüğü olmuştur. Bu sorunu çözmek için Wu ve Mendel belirsizlik sınırları metodunu geliştirmişlerdir. Tip-1 bulanık küme üyelik derecesi keskin bir sayı ile ifade edilirken tip-2 bulanık kümenin üyelik fonksiyonu belirsizliğin ayak izi (FOU) ile ifade edilir. FOU üst ve alt Tip-1 üyelik fonksiyonu ile sınırlandırılır $[\underline{\mu}_A(x), \overline{\mu}_A(x)]$ [12].

$\underline{\mu}_A(x)$: Alt üyelik fonksiyonunu

$\overline{\mu}_A(x)$: Üst üyelik fonksiyonunu

x : Bulanık çıkarım sistemi giriş parametresini

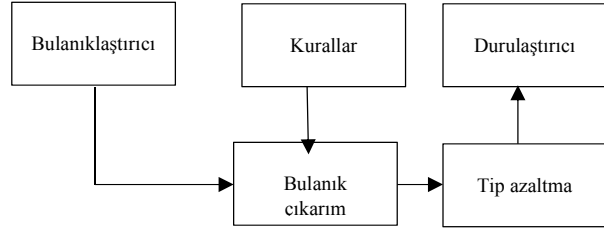
A : Bulanık küme'yi ifade etmektedir.

Alt ve üst üyelik fonksiyonlarının birleşimini olarak ifade edilen FOU'ya ait matematiksel ifade, (4) ile verilmektedir [13].

$$FOU(A) = \bigcup_{x \in X} [\underline{\mu}_A(x), \overline{\mu}_A(x)] / x \quad (4)$$

tip bulanık kümeler tamamı kesin olan üyelik fonksiyonları ile 2. tip bulanık kümeler ise kendileri bulanık olan üyelik fonksiyonları ile tanımlanmaktadır. Bulanık mantık sistemlerinde en az bir adet 2. tip bulanık küme tanımlanırsa, 2. tip bulanık mantık sistemleri olarak isimlendirilir. Bu sistemler ölçüm ve kural belirsizliğini kavramada kullanılırlar [13]. Şekil 1 ile tip-2 bulanık çıkarım sistemine ait blok diyagram ile verilmiştir.

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma



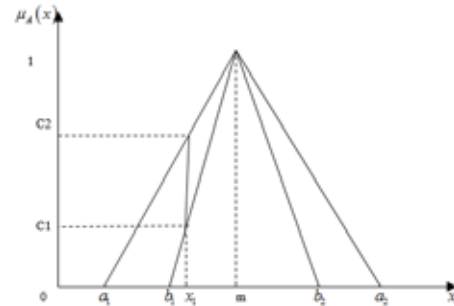
Şekil 1. Tip-2 bulanık çıkarım sistemi blok diyagramı

C. Bulanıklaştırıcı

Bu aşamada bulanık parametre için üyelik fonksiyonu kullanılarak üyelik değerleri üretilir. Tip-1 sistemlerde her bir parametre için üyelik değeri [0 1] aralığında keskin (crisp) değerler iken Tip-2 sistemlerde üyelik değeri [0 1] aralığında bulanık kümelerdir. En çok kullanılan Tip-2 üyelik fonksiyonlarından biri şekil 2 ile verilen bizimde çalışmamızda kullandığımız üçgen (triangular) üyelik fonksiyonudur [13] ve matematiksel ifadesi (5) ve (6) ile verilmiştir.

$$\overline{\mu}_{(x)} = \begin{cases} \frac{x-a_1}{m-a_1}, & a_1 \leq x \leq m \\ 1, & x = m \\ \frac{a_2-x}{a_2-m}, & m \leq x \leq a_2 \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad (5)$$

$$\underline{\mu}_{(x)} = \begin{cases} \frac{x-b_1}{m-a_1}, & b_1 \leq x \leq m \\ 1, & x = m \\ \frac{b_2-x}{b_2-m}, & m \leq x \leq b_2 \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad (6)$$



Şekil 2. Tip-2 üçgen üyelik fonksiyonu



İnteraktif Sunumlar

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

Burada, a_1, a_2, m üst üyelik fonksiyonuna ait parametreleri, b_1, b_2, m alt üyelik fonksiyonuna ait parametreleri, x_1 giriş parametresini, c_1 giriş parametresine göre alt üyelik fonksiyonundan elde edilen bulanık değeri ve c_1 ise üst üyelik fonksiyonundan elde edilen değeri ifade eder. a_1-b_1, b_2-a_2 arası FOU bölgesidir.

D. Kurallar

Mamdani modeli olarak bilinen IF-THEN yapısı bulanık sistemlerde en çok kullanılan algoritmadır ve matematiksel ifadesi (7) ile verilmiştir. $\mu_{R_i}(x,y)$, x ve y girişlerine göre i kuralının üyelik derecesidir. $\mu_{A_i}(x)$ ve $\mu_{B_i}(y)$ sırasıyla x ve y girişlerinin üyelik derecesidir min (and) ve max (or) operatörlerini belirtir. n ise kural sayısıdır [14].

$$\mu_{R_i}(x,y) = I(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

E. Bulanık çıkarım

Bulanık ilişkilerde bulanık çıkışın elde edilmesinde kullanılan en yaygın yöntem max-min yöntemidir, matematiksel ifadesi (8) ile verilmiştir. Burada $\mu_{C_k}, \mu_{A_k}, \mu_{B_k}$ sırasıyla k kuralı, x ve y girişleri için Z çıkışının üyelik fonksiyonlarıdır. Alt ve üst üyelik fonksiyonları için ayrı ayrı hesaplanır [15].

$$\mu_{C_k}(Z) = \max \left[\min \left[\mu_{A_k}(\text{input}(x)), \mu_{B_k}(\text{input}(y)) \right] \right] \quad (8)$$

$K = 1, 2, \dots, r$

F. Tip azaltma

Tip azaltma işlemi tip-2 bulanık kümeyi tip-1 bulanık kümeye dönüştürme işlemidir [1]. Çalışmamızda kullandığımız kütle merkezi tip azaltma işlemi çıkıştaki tip-1 bulanık kümeleri maksimum kullanarak birleştirir ve kütle merkezini bulur. $\mu_B(y)$ üyelik fonksiyonunu kullanarak kütle merkezi tip azaltma hesaplanması (9) ile verilmiştir. Alt ve üst üyelik fonksiyonlarına ait değerler y_l ve y_r olarak ifade edilir.

$$y_c(x) = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \mu_{B_i}(y)}{\sum_{i=1}^N \mu_{B_i}(y)} \quad (9)$$

G. Durulaştırma

Keskin çıkışlar elde etmek için tip azaltma işleminden sonra kümenin durulaştırılması gerekir. Durulaştırma işlemine ait matematiksel ifade (10) ile verilmiştir. y keskin çıkışı ifade eder.

$$y = \frac{y_l + y_r}{2} \quad (10)$$

III. SİSTEM TASARIMI

Tasarladığımız tip-2 bulanık çıkarım sisteminin üyelik fonksiyonları verilerin histogram (frekans dağılım) grafikleri dikkate alınarak üçgen yapıda belirlenmiştir. Aynı zamanda sistemin giriş parametrelerini oluşturan standart sapmaları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir veri grubuna ait bu değerler tip-2 üyelik fonksiyonlarının FOU bölgelerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Tip-1 de kullandığımız istatistiksel veri grubuna standart sapmalar eklenerek, her bir girişe ait tip-2 üyelik fonksiyonları tasarlanmıştır. Parametreler tablo 1 ile verilmiştir. Tasarlanan bulanık çıkarım sistemi iki kurala sahiptir. Karşılaştırmanın doğruluğu açısından tip-2 tasarımına tip-1'deki yapıdan farklı bir kural eklenmemiştir. Durum parametresi çıkış üyelik fonksiyonunu ifade eder ve üçgen yapıdadır. Bu fonksiyonlar kitle olup olmadığına bağlı olarak "var" ve "yok" şeklinde isimlendirilmiştir. var değişkeni için [0 5], yok değişkeni için [5 10] değer aralığı çıkışın sayısal olarak derecelendirilmesinde kullanılmış sayılardır. Tasarladığımız bulanık çıkarım sisteminde durum değişkeni 0 ile 5 arasında değer alıyorsa bu kitlenin varlığını, 5 ile 10 arasında değer alırsa kitle tespit edilmediğini belirtir.

If (kontrast is düşük) and (homogeneity is kh) and (enerji is ke) then (durum is var)
2. If (enerji is se) then (durum is yok)

Tip-1 sistemin hatalı kitle tespit yaptığı tek görüntü Mdb193 isimli kitle içeren görüntüdür. Tip-1 sistemi özneliklerden oluşan giriş parametre değerlerine göre [0.0956 0.9522 0.4917] 5.29 çıkış değerini üretmiştir. Aynı görüntü için tip-2 olarak tasarladığımız sistem 5.24 çıkış değerini üretmiştir. [0 5] aralığı kitleyi ifade etmektedir ve tip-2 sistemi 5 değerine daha yakın bir sonuç üretmiştir.

SINIF	İSTATİSTİK	Kontrast	Homojenlik	Enerji
KİTLE	Minimum	0,0037	0,8401	0,1722
	Ortalama	0,0490	0,9982	0,8200
	Maksimum	0,3199	0,9755	0,9927
NORMAL	Minimum	0,0331	0,8382	0,1758
	Ortalama	0,2189	0,8912	0,3439
	Maksimum	0,3603	0,9835	0,9355
TÜM	Standart sapma	0,0884	0,0437	0,2527

Tablo 1. Parametrelere ait tablo



İnteraktif Sunumlar

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma

IV. SİSTEM BAŞARIMI VE YORUM

Tasarladığımız sistem duyarlılık özgüllük testlerinden geçirilerek sırasıyla %98 ve %99 değerleri elde edilmiştir. Bu değerler tip-1 sistemle aynıdır. Fakat tip-2 sistemde derecelendirmedeki hata oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Elde ettiğimiz bu sonuçlara bağlı olarak mamogram görüntülerden kitle tespit amacıyla geliştirilecek CAD sistemlerinde tip-1 yerine tip-2 bulanık çıkarım sisteminin kullanılması daha uygun olabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Dhabbi, S. , Barhoumi, W ,Zagrouba, E, “Breast cancer diagnosis in digitized mammograms using curvelet moments”, *Computers in Biology and Medicine*, 64, 79-90, 2015
- [2] Wei, C. H. Chenb, S. Y. Liub, X. “Mammogram retrieval on similar mass lesions”, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*,106,234-248,2012
- [3] Hop, T.,Duric, N.,Ruiter, N.V., “Image fusion of Ultrasound Computer Tomography volumes with X-ray mammograms using a biomechanical model based 2D/3D registration”, *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 40, 170-181,2015
- [4] Liu,B., Cheng, H.D. Huang, J., Tian j., Tang, X., Liu, J., “Fully automatic and segmentation-robust classification of breast tumors based on local texture analysis of ultrasound images”, *Pattern Recognition*,43,280-298,2010
- [5] Ren, J. “ANN vs. SVM: Which one performs better in classification of MCCs in mammogram imaging”,*Knowledge-Based Systems*, 26, 144-153, 2012
- [6] Dramain, C.,Boyer, B., Canale, S., Balleyguir, C., Computed-aided diagnosis (CAD) in the detection of breast cancer, “*European Journal of Radiology*”,82,417-413,2013
- [7] Vadivel, A.,Surendiran, B., A fuzzy rule-based approach for characterization of mammogram masses into BI-RADS shape categories, “*Computers in Biology and Medicine*”, 43,259-267, 2013
- [8] Subramanian, J., Karmegam, A., Papageorgiou, E., Papandrianos, N., Vasukie, A., An integrated breast cancer risk assessment and management model based on fuzzy cognitive maps,” *computer methods and programsinbio medicine*”, 118, 280-297,2015
- [9] Iyer, S.N., Kandel, A., Schneider, M., Feature-based fuzzy classification for interpretation of mammograms, “*Fuzzy Sets and Systems*”,114,271-280,2000
- [10] Göreke,V.,Uzunhisarcıklı,E.,Öztoprak,B.”Sayısal Mamogram Görüntüde Kitle Tespiti için Bir Bulanık Çıkarım Sistemi Tasarımı”, *Medical Technologies National Conference (TIPTEKNO)*, 2015
- [11] Dhawan, A.P. Editor Akay,M., *Medical Image Analysis*,Wiley,J &Sons.Inc Canada,2011
- [12] Juan R. Castro, Oscar Castillo, Luis G. Martínez, Interval Type-2 Fuzzy Logic Toolbox , *Engineering Letters*, 15:1, EL_15_1_14
- [13] M.Tülin YILDIRIM Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Kasım 2007
- [14] Kisi, Ö., Applicability of Mamdani and Sugeno fuzzy genetic approaches for modeling reference evapotranspiration, “*Journal of Hydrology*”, 504, 160-170, 2013
- [15] Rezaei, M., Asadzadeh, M., Majdi, A., Hossaini, M.F., Prediction of representative deformation modulus of longwall panel roof rock strata using Mamdani fuzzy system, “*International Journal of Mining Science and Technology*”, 25, 23-30,2015