

RETİNA KAN DAMARLARINI ÇIKARMAK İÇİN EŞİKLEME TEMELLİ MORFOLOJİK BİR YÖNTEM

BUKET TOPTAŞ , DAVUT HANBAY

Eren Uzun 02205076052

- 1. Giriş Diyabete bağı retina bozuklukları kişilerde körlüğe sebep olan ve Diyabetik Retinopati (DR) olarak adlandırılan en önemli hastalıklardan biridir. Bu hastalığın erken teşhis edilmesi, kişilerde görme yetisinin kaybolmaması açısından önemlidir. DR hastalığının erken ve doğru teşhis edilmesi için retina damarlarının doğru bir şekilde bölütlenmesi gerekir. Retina görüntülerinin tespit edilmesi için bilgisayar destekli sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler yenilikçi yöntemler kullanarak sürekli geliştirilmektedir. Literatürde retina damar bölütleme işlemi için geleneksel yöntemler ve son zamanlarda popüler hale gelen derin öğrenme yöntemleri önerilmiştir. Derin öğrenme yöntemleri ile retina damar bölütleme sistemlerinin geliştirilmesi daha sağlam sonuçlar verir ancak donanım bağıllığı gerektirir. Ancak geleneksel yöntemler olarak adlandırılan denetimli/denetimsiz öğrenme yöntemleri [1-9], morfolojik yöntemler [10-12], uyum süzgeci [13] gibi yöntemler daha hızlı ve daha anlaşılabilir yöntemlerdir. Bu makalede geleneksel bir yöntem olan morfolojik tabanlı bir yöntem kullanılmış olup literatürde önerilen diğer yöntemler şöyledir: Soares v.d. [2] tarafından retina görüntülerinin piksel parlaklık değerleri üzerinde farklı ölçeklerde Gabor Dalgacık dönüşümü uygulanmıştır. Elde edilen farklı ölçekteki Gabor Dalgacık dönüşüm çıktıları özellik olarak kullanılmıştır. Daha sonra tüm görüntüye Bayes Sınıflandırıcı uygulanarak fundus görüntüleri damar ya da damar olmayan bölgelere ayrılmıştır. Niemeijer v.d. [5], piksel sınıflandırma yöntemini önermişlerdir. Önerdikleri bu sistemde Matematiksel Morfoloji, Bölge Büyütme, Eşleştirilmiş Filtre ve Doğrulama Tabanlı Yerel Eşik yaklaşımı karşılaştırılmıştır. Makalenin organizasyonu şöyledir. İkinci bölümde Materyal ve Metot anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde Kullanılan Yöntemden bahsedilir. Dördüncü bölümde Bulgular ve Tartışmadan bahsedilir. Son bölümde ise Sonuçlar bölümü bulunmaktadır.

2.2.2 Maksimum entropi tabanlı eşikleme;

Entropi yöntemlerine bağlı eşikleme işlemi araştırmacılar tarafından tercih edilen bir yöntemdir [19]. Otsunun eşikleme algoritmasından farklı olarak sınıflar arasındaki varyansı maksimize etmek ya da sınıf içi varyansı minimize etmek yerine sınıflar arası entropi maksimize edilir. Bu yöntemde göre, bir görüntüdeki yoğunluk değerlerinin olasılık dağılımına katkı veren ön ve arka plan görüntüsüne ait entropi değerleri ayrı ayrı hesaplanır ve toplamı maksimize edilir. Ardından, entropinin toplamını maksimize eden bir optimum eşik değeri hesaplanır [20]. Arka ve ön plan görüntüsüne ait entropi değeri Denklem (4) ve Denklem (5)'de verilmiştir. Denklem (6) arka ve ön plan görüntüsüne ait entropi değerlerinin maksimize edilmiş halidir

$$H_b(t) = -\sum_{i=0}^t \frac{P_i}{P_t} \log_e \left(\frac{P_i}{P_t} \right) \quad (4)$$

$$H_w(t) = -\sum_{i=t+1}^{l-1} \frac{P_i}{1-P_t} \log_e \left(\frac{P_i}{1-P_t} \right) \quad (5)$$

$$t^* = \underset{t \in G}{\text{ArgMax}} \{H_b(t) + H_w(t)\} \quad (6)$$

Burada, t eşik değerini temsil eder, P_t parametresi $P_t = \sum_{i=0}^t P_i$ olarak hesaplanır. P_t parametresi görüntüdeki i gri düzeyinin olasılığıdır.

2.2.3 Bulanık mantık tabanlı eşikleme; Bulanık kümeleme bir yumuşak kümeleme tekniğidir. Bu kümeleme yöntemi, nesnelerin kümelerine olan aitliğini ifade etmek için bir derece kavramı kullanır [21]. Her nesne için, toplam derece 1'dir. Denklem (7) her pikselin üyelik değerini hesaplamak için kullanılır.

$$u_{i,j} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left[\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right]^{\frac{2}{m-1}}} \quad (7)$$

Burada, u_{ij} parametresi üyelik fonksiyonunu, x_i parametresi bireysel piksel değerini, c_j ve c_k parametreleri küme merkezini ve m parametresi 1'den fazla gerçek değeri temsil etmektedir.

Bölütleme görüntülerini ikili görüntülere dönüştürmek için kullanılacak eşik hesaplaması **Denklem (8)** ve **Denklem (9)** da verildiği gibidir.

$$\text{Seviye } 0 = \frac{\max(I(c1 == 1)) + \min(I(c2 == 2))}{2} \quad (8)$$

$$\text{Seviye } 1 = \frac{\max(I(c2 == 1)) + \min(I(c3 == 3))}{2} \quad (9)$$

Burada, c parametresi sınıfı, I parametresi görüntüyü ve **Seviye** parametresi denklemden gelen eşik değeridir.

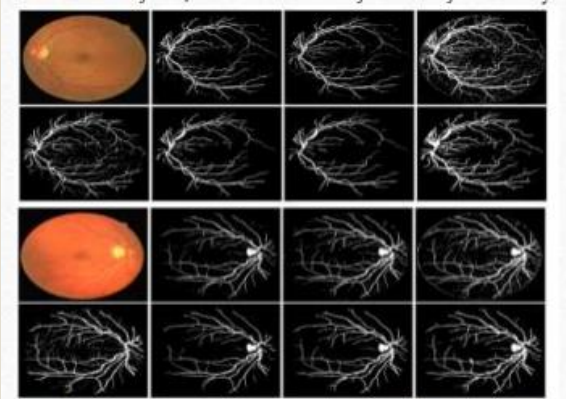
3.Kullanılan yöntem ; Önerilen yöntemde, veri setinde bulunan fundus görüntülerine ait damarların bölütlenmesi sağlanmıştır. Öncelikle, veri setinde bulunan görüntüler RGB renk uzayından gri ölçekli görüntülere dönüştürülür. Gri ölçekli görüntülerin tersi üzerinde önerilen sistem uygulanır. Şekil 1 'de veri setine ait bir görüntü ve bu görüntüye ait gri ölçekli görüntü ile gri ölçekli görüntünün tersi verilmiştir. Önerilen sistemin genel yapısı ise Şekil 2'de verildiği gibidir.



3.1 Veri seti; Önerilen yöntem diğer yöntemlerle kıyaslanabilir olması açısından halka açık olarak sunulan DRIVE veri seti üzerinde test edilmiştir. DRIVE veri setindeki görüntüler 45° görüş alanında Canon 3CCD ile çekilmiştir. Görüntülerin her biri 565 × 584 piksel boyutunda 20 eğitim ve 20 test görüntüsünden oluşmaktadır. Veri setindeki damar pikselleri, deneyimli bir göz doktoru tarafından eğitilmiş üç gözlemci tarafından manuel olarak bölümlere ayrılmıştır. Test seti iki farklı gözlemci tarafından iki kez bölümlendirilmiş görüntülerden oluşur. 3.2 Morfolojik işlemler Retina kan damarları, retina arka planına göre daha koyu görünürler. Ancak, bazı durumlarda kan damarlarının merkez çizgisi bölgesinde parlaklık görünür. Bu görünümü yansımalarından kaynaklanmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için ilk önce morfolojik açma işlemi uygulanır. Morfolojik açma işlemi için yarıçapı 21 olan bir disk oluşturulur. Oluşturulan bu disk gri ölçekli görüntünün tersine uygulanarak morfolojik açma işlemi yapılmış olur. Daha sonra uzunluğu 21 olan bir çizgisel yapı elemanı oluşturulur. Oluşturulan bu çizgisel yapı elemanı gri ölçekli görüntünün tersine uygulanarak üst-şapka ve alt-şapka dönüşümleri tamamlanmış olur. Şekil 3'de bu aşamaya kadar anlatılan işlemler görsel olarak ifade edilmiştir



4 Bulgular ve tartışma 4.1 Bölütleme sonuçları Üç farklı eşikleme algoritması iyileştirilmiş fundus görüntüleri üzerinde uygulanarak damar piksellerinin bölütlenmesi sağlanmıştır. İyileştirilmiş görüntüler eşikleme işlemine tabi tutulduktan sonra çıktı görüntüleri üzerinde performans iyileştirilmesi yapılmıştır. Performans iyileştirme yönteminde damara ait olmayan damar benzeri görüntüler morfolojik işlemler kullanılarak yok edilmiştir. Bu aşama bağlı bileşen analizi kullanılarak önce küçük nesneler silinmiş daha sonrada damardan kopuk küçük boşluklar doldurulmuştur. Şekil 6'da eşikleme algoritmalarının performans iyileştirme sonuçları görsel olarak sunulmuştur. Şekil 6'da ilk sütunda orijinal görüntüler, ikinci sütunda Bulanık Mantık Tabanlı Eşikleme yöntem sonuçları, üçüncü sütunda Maksimum Entropi Tabanlı Eşikleme yöntem sonuçları, son sütunda Çoklu Eşikleme yöntem sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 6. Performans İyileştirme Sonuçları. Birinci satırlar eşikleme sonuçlarını, ikinci satırlar iyileştirme sonuçlarını göstermektedir. Orijinal görüntünün altındaki görüntüler 1.manuel bölütlenmiş gerçek zemin görüntüleridir.

Uygulanan yöntemin başarı ölçütünü hesaplamak için Doğruluk Oranı ölçüsü kullanılmıştır. Denklem (12)'de Doğruluk Oranı ölçütünün matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (12)$$

Burada, TP parametresi doğru pozitif, FP parametresi yanlış pozitif, TN parametresi doğru negatif ve FN parametresi yanlış negatif pikselleri temsil eder. ACC parametresi doğruluk oranını temsil eder. Hem bölütlenmiş görüntüde hem de gerçek zemin görüntüsünde aynı piksele ait ve piksel değerleri "1" olan piksellerin toplamı TP parametresinin değerini oluşturur. Hem bölütlenmiş görüntüde hem de gerçek zemin görüntüsünde aynı piksele ait ve piksel değerleri "0" olan piksellerin toplamı TN parametresinin değerini oluşturur. Hem bölütlenmiş görüntüde hem de gerçek zemin görüntüsünde aynı piksele ait ve piksel değerleri bölütlenmiş görüntü için "0", gerçek zemin görüntüsü için "1" olan piksellerin toplamı FN parametresinin değerini oluşturur. Hem bölütlenmiş görüntüde hem de gerçek zemin görüntüsünde aynı piksele ait ve piksel değerleri bölütlenmiş görüntü için "1", gerçek zemin görüntüsü için "0" olan piksellerin toplamı FP parametresinin değerini oluşturur

Tablo 1 'de uygulanan yöntem de kullanılan üç eşikleme yönteminden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Uygulanan yöntem, DRIVE veri seti üzerinde hem test hem eğitim veri kümesi üzerinde denenmiş olup toplamda 40 görüntü üzerinde çalıştırılmıştır.

Tablo 1. Eşikleme yöntemlerinin doğruluk oran sonuçları

Görüntü ismi	Bulanık Mantık Tabanlı Eşikleme	Maksimum Entropi Tabanlı Eşikleme	Çoklu Eşikleme Yöntemi
01_test	0.9610	0.95864	0.9550
02_test	0.9511	0.95653	0.9579
03_test	0.9522	0.93426	0.9301
04_test	0.9491	0.95705	0.9570
05_test	0.9526	0.94855	0.9450
06_test	0.9485	0.94221	0.9136
07_test	0.9505	0.94895	0.9444
08_test	0.9510	0.94043	0.9148
09_test	0.9530	0.94627	0.9345
10_test	0.9586	0.95376	0.9518
11_test	0.9494	0.94976	0.9479
12_test	0.9550	0.95244	0.9072
13_test	0.9500	0.94601	0.9460
14_test	0.9617	0.95821	0.9344
15_test	0.9636	0.96398	0.9493
16_test	0.9562	0.95520	0.9536
17_test	0.9574	0.95023	0.9290
18_test	0.9569	0.95723	0.9454
19_test	0.9713	0.96701	0.9561
20_test	0.9582	0.95505	0.9110
21_training	0.9582	0.95968	0.9630
22_training	0.9533	0.95464	0.9524
23_training	0.9173	0.95349	0.8338
24_training	0.9382	0.94285	0.9435
25_training	0.9459	0.92455	0.9161
26_training	0.9545	0.94524	0.8448
27_training	0.9479	0.95131	0.9504
28_training	0.9493	0.95311	0.9523
29_training	0.9589	0.95624	0.9478
30_training	0.9447	0.93437	0.5305
31_training	0.9464	0.94877	0.9505
32_training	0.9609	0.95895	0.9602
33_training	0.9588	0.95740	0.9563
34_training	0.9213	0.92242	0.8836
35_training	0.9574	0.95969	0.9567
36_training	0.9400	0.93858	0.9420
37_training	0.9542	0.95534	0.9527
38_training	0.9524	0.94959	0.9481
39_training	0.9507	0.94576	0.9114

Tablo 1 'de verilen sonuçların alandaki birkaç yaygın yöntemden daha iyi performans gösterdiği görülebilir. DRIVE veri setindeki 40 görüntüye ait üç eşikleme yönteminin eşik değeri Tablo 2 'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmanın diğer geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması Tablo 3 'de verilmiştir

Tablo 2. Eşikleme yöntemlerinin değerleri

Görüntü ismi	Bulanık Mantık Tabanlı Eşikleme	Maksimum Entropi Tabanlı Eşikleme	Çoklu Eşikleme Yöntemi
01_test	78	84	81
02_test	96	81	96
03_test	61	90	64
04_test	103	74	102
05_test	66	80	72
06_test	60	84	64
07_test	78	84	84
08_test	56	83	64
09_test	60	85	65
10_test	69	85	75
11_test	101	79	101
12_test	61	86	67
13_test	76	85	80
14_test	69	87	73
15_test	81	86	87
16_test	83	84	87
17_test	65	87	68
18_test	74	84	79
19_test	71	83	75
20_test	57	88	62
21_training	90	84	93
22_training	86	80	88
23_training	67	104	71
24_training	92	82	93
25_training	48	91	62
26_training	52	88	59
27_training	91	81	94
28_training	94	81	95
29_training	68	79	75
30_training	39	98	44
31_training	114	71	112
32_training	75	80	80
33_training	82	85	86
34_training	85	86	88
35_training	92	82	94
36_training	84	86	87
37_training	96	80	98
38_training	74	83	79
39_training	61	91	64
40_training	63	79	67

- **5.Sonuçlar** Bu makalede, paylaşıma açık olarak sunulan DRIVE veri seti üzerinde morfolojik işlemlere dayalı bir damar iyileştirme yöntemi kullanılmıştır. Damar iyileştirme aşamasından sonra Çoklu Eşikleme, Bulanık Mantık Tabanlı Eşikleme ve Maksimum Eşikleme yöntemleri kullanılarak damar bölütlemesi yapılmıştır. Bu yöntem temelde morfolojik işlemlere dayanmış olsa da asıl amaç eşikleme algoritmalarının yöntem üzerindeki performanslarının karşılaştırılmasıdır. Eşikleme yöntemleri, doğası ne olursa olsun tüm veriler üzerinde kullanılabilir. Ancak, farklı eşikleme yöntemlerinin aynı iyileştirilmiş görüntü üzerinde farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu makalede, Bulanık Mantık Tabanlı Eşikleme yönteminin ortalama doğruluk oranı 0.952 olarak hesaplanmış ve diğer iki eşikleme yönteminden daha yüksek bir değere sahip olmuştur. Bu makalede elde edilen deneysel sonuçlar tatmin edici bir seviyededir. Önerilen yöntem geliştirilmeye açıktır. Halka açık bir veri seti kullanıldığı için karşılaştırması ve doğruluğu test edilebilir durumdadır. İleriki çalışmalarımızda, bu makalede elde ettiğimiz eşikleme yöntemleri tecrübelerimizi kullanarak popüler algoritmalar ile görüntü eşikleme üzerinde çalışmayı hedeflemekteyiz