

FARKLI NETLİKTEKİ RESİMLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ İÇİN BÖLGE BAZLI YENİ BİR METOD

Veysel ASLANTAŞ¹

Ayder BULATOV²

^{1,2} Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri

¹e-posta: aslantas@erciyes.edu.tr

²e-posta: ayderbulatov@gmail.com

ABSTRACT

Optical lenses suffer from the problem of limited depth of field. So, it is almost impossible to obtain an image which is in focus everywhere. To solve this problem, several pictures of the same scene are taken by a camera with different focal lengths and the focused parts of the images are then fused to form a single image. The fused image becomes the focused image of the scene. Image fusion techniques that work this way are called multifocus image fusion techniques. In this paper a new multifocus image fusion using blurring method is proposed. Experimental results show that proposed method outperforms the Spatial Frequency (SF) based approach.

Anahtar sözcükler: Görüntü Birleştirme, Görüntü İşleme, Bulanıklaştırma.

1. GİRİŞ

Fotoğraf makinelerinin objektifleri, karşısındaki bölgenin sadece sınırlı bir uzaklığa odaklanabilirler. Bu ise çekilen görüntünün tamamen net olmayacağı anlamına gelmektedir. Bu problemi çözebilmek için ilk olarak farklı odak uzunlukları ile ard arda aynı çevrenin görüntüleri çekilir. Daha sonra da bu görüntülerden net (odaklanmış) kısımlar alınarak tek bir resimde birleştirilir. Bu işleme görüntü birleştirme adı verilir.

Son zamanlarda görüntü birleştirme teknikleri görüntü işlemenin önemli konularından biri haline gelmiştir [1-4]. Bu tekniklerin amacı, görüntüyü bilgisayar/insan tarafından analiz edilmesi, bölümlenme ve obje tespiti gibi görüntü işleme süreçleri için uygun hale getirmektir.

Şu ana kadar hem amaç hem de kullanılan metod açısından birçok görüntü birleştirme tekniği geliştirilmiştir. Söz konusu teknikler akıllı sistemler ve robotlar, tıbbi uygulamalar, imalat sistemleri, askeriye ve güvenlik gibi birçok sahada uygulanmaktadırlar [5].

En basit görüntü birleştirme metodu, resimlerin gri ton olarak piksel-piksel ortalamasını almaktan ibarettir. Bu işlem ise genellikle resim netliğinin azalmasına sebep olur. Son yıllarda bu konuda birçok metod

üretilmiştir. Bunlardan bazıları: Laplace Piramidi [6], Gradient Piramidi [7], Alçak Geçiren Piramit Oranı [8], Morfoloji Piramidi [9], Dalgacık Dönüşümü [10-12] ve Uzaysal Frekans [13]. Ayrıca bu alanda yapay sinir ağları temelli teknikler de uygulanmıştır [14].

Bu makalede fotoğraf makinesinden farklı uzaklıklara sahip nesnelere içeren çevrelerin görüntülerinin birleştirilmesi problemi ele alınacaktır. Yukarıda da belirtildiği gibi genelde sadece bir fotoğraf çekmekle çevrenin tamamen net olan bir görüntüsünü elde etmek mümkün değildir. Dolayısıyla buradaki amaç, farklı odak uzunluklarıyla çekilen resimleri kullanarak tamamen net olan bir görüntüyü elde etmektir [15].

Geliştirilen teknikte, aynı çevreye ait, farklı netlik bölgelerine sahip birden fazla kaynak resmin ortalaması alındıktan sonra alçak geçiren filtre işlemleriyle bulanıklaştırılır. Kaynak resimlerle bulanıklaştırılmış ortalama resimin karşılaştırılması ile bütünüyle net bir resim elde edilir. Önerilen birleştirme metodunun hesaplama yükünün az olması sebebiyle gerçek zamanlı uygulamalarda kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca Uzaysal Frekans (SF) tabanlı birleştirme yaklaşımı ile kıyaslandığında üstün performans sergilemektedir.

Makalenin devamı aşağıdaki gibidir: Bölüm 2’de algoritmanın temel mantığı anlatılacaktır, Bölüm 3’te yeni metotla yapılan görüntü birleştirmenin deney sonuçları gösterilecek ve son olarak Bölüm 4’te çalışma ile ilgili değerlendirmeler yapılacaktır.

2. BÖLGE BAZLI BULANIKLAŞTIRMA YAKLAŞIMI

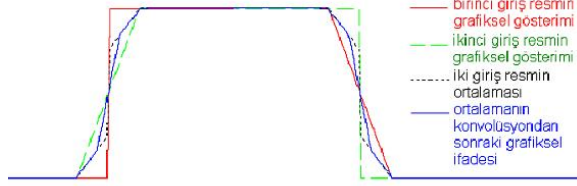
Geliştirilen algoritma ikiden fazla giriş resmini birleştirebilecek şekilde tasarlanmış olmasına rağmen, burada anlatım kolaylığını sağlamak maksadıyla teori sadece iki adet giriş resmi üzerine inşa edilmiştir.

İlk önce aynı çevrenin farklı odak uzunluklarıyla iki ayrı görüntüsü çekilir. Algoritma bu iki resmin (f_1 ve f_2) ortalamasını alır ve daha sonra bu ortalamayı bir alçak geçiren filtre (H) işlemine tabi tutar:

$$B = (f_1 + f_2)/2 \quad (1)$$

$$B^* = B \otimes H \quad (2)$$

⊗ simgesi konvolüsyon işlemi temsil etmektedir. Konvolüsyon işlemi esnasında enerji korunumunu sağlayabilmek için elemanlarının toplamı 1 olmak üzere farklı boyutta maskeler kullanılmaktadır. Bu maske ile yapılan konvolüsyon işlemi sonucunda daha önce elde edilen ortalama resim bulanıklaştırılır. Dolayısıyla elde edilen sonuç, giriş resimlerinin bulanık bölgelerine daha yakın bir hale gelecektir. Şekil-1'deki resimlerin grafiksel gösterimine dikkat edilirse B^* resmin iki tarafı da bulanıktır. Dolayısıyla hangi giriş resimle karşılaştırılırsa karşılaştırılsın, bu resim her zaman bulanık görüntüye daha yakın olacaktır. Dolayısıyla karar mekanizması B^* resimden daha uzak olan görüntüyü seçmekle net görüntüyü elde etmiş olacaktır.



Şekil-1. Giriş resimlerin, ortalamasının ve bulanıklaştırılmış ortalamasının grafiksel gösterimi.

Daha sonra girişte verilen resimler ve elde edilen sonuç resim ilk önce küçük bölgelere ayırılır yani bölümlenme işlemine tabi tutulur. Birbirine karşılık gelen küçük bölgelerin mutlak farkı alınır ve tek bir değeri oluşturmak için bu fark bölgelerinin içerisindeki tüm değerler toplanır. Bu işlemlerden sonra da hangi resim parçasının toplam mutlak farkı daha büyük ise o parça net olarak belirlenir ve sonuç resme kopyalanır. Algoritmanın adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Adım 1- f_1 ve f_2 giriş resimlerinin ortalamasını al (Denklem 1).

Adım 2- f_1 , f_2 ve B resimlerini belirli $K \times K$ boyutundaki pencerelere bölümlen.

Adım 3- Ortalama B resmini H maskesi ile konvolüsyon işlemine tabi tut. Böylece ortalama resmini bulanıklaştırmakla oluşan B^* resminin her zaman için bulanık resme daha yakın olmasını sağla.

Adım 4- Aşağıdaki denklemleri kullanarak farkları hesapla:

$$fark_1 = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K |P_{f_1}(i,j) - P_{B^*}(i,j)| \quad (3)$$

$$fark_2 = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K |P_{f_2}(i,j) - P_{B^*}(i,j)| \quad (4)$$

Buradaki P_{f_1} , P_{f_2} ve P_{B^*} sırasıyla f_1 , f_2 ve B^* (bulanıklaştırılmış ortalama) resimlerinin incelenen $K \times K$ boyutundaki pencereleridir.

Adım 5- Adım 4'te hesaplanmış farkları karşılaştır:

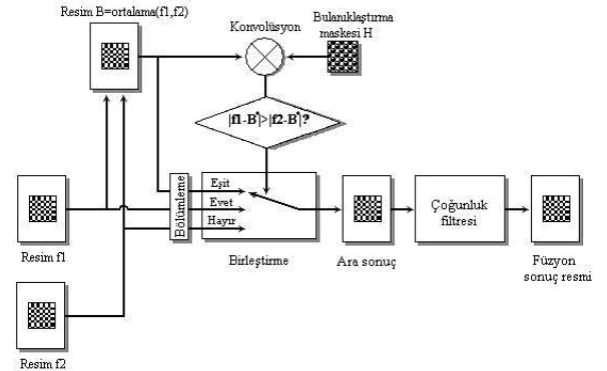
- Eğer $fark_1 > fark_2$ ise, yani incelenen pencere için f_1 resmi B^* bulanık resimden daha uzak ise sonuç resmine f_1 penceresini kopyala.

- Eğer $fark_2 > fark_1$ ise sonuç resmine f_2 penceresini kopyala.
- $fark_1 = fark_2$ olduğu durumda ise sonuç resmine ortalama resim (B^* 'nin) penceresini kopyala.

$$f_{SONUÇ}(m,n) = \begin{cases} f_1(m,n), & fark_1(m,n) > fark_2(m,n) \text{ ise} \\ f_2(m,n), & fark_2(m,n) > fark_1(m,n) \text{ ise} \\ \frac{f_1(m,n) + f_2(m,n)}{2}, & diğ er \end{cases} \quad (5)$$

Adım 6- Elde edilen ara sonuçtaki hataları düzeltmek için Çoğunluk Filtresi operatörü uygula.

Çoğunluk Filtre işlemi birleştirme sonucunda oluşan hataları gidermek için kullanılmıştır. Genellikle görüntülerdeki bulanık ve net bölgeler resmin birbirinden ayrı belirli bölgelerini oluşturduklarından dolayı, etrafı net bölgelerin olduğu bir yerde bulanık bir bölge olamaz (veya bunun tam tersi) kabulü kullanılmaktadır. Bu filtre ile birleştirme işlemi neticesinde elde edilen net resimdeki izole edilmiş bölgeler temizlenir. Yani net resimdeki herhangi bir bölgenin, kopyalandığı kaynak resimden başka bir bölgeye komşu olmaması durumunda, o bölgeye karşılık gelen diğer kaynak resmin bölgesi kopyalanır. Şekil-2'de önerilen metodunun şematik diyagramı gösterilmiştir.



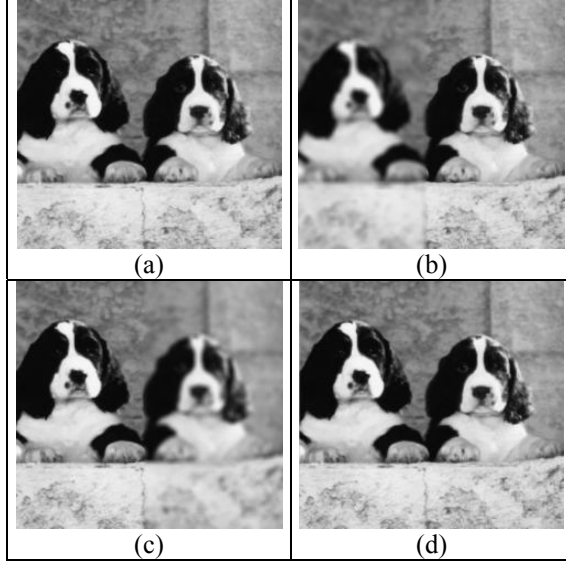
Şekil-2. Önerilen görüntü birleştirme metodunun şematik diyagramı

3. DENEY SONUÇLARI

Yapılan değerlendirme esnasında Şekil-3(a)'da gösterilen resim ile ondan türetilmiş bulanıklaştırılmış resimler kullanılmıştır. Buradaki referans resim (Şekil-3a), 456x486 boyutlu, iki objeyi (köpek yavrularını) içeren ve tamamen net olan bir resimdir. Bu resim kullanılarak farklı bulanıklığa sahip iki giriş resmi üretilmiştir. Birisi sağa odaklı (Şekil-3(b)), yani sağ tarafı net, solu bulanık, diğer giriş resmi ise sola odaklıdır (Şekil-3(c)). Amaç bu iki giriş resimden sadece net kısımlarını alıp referans resmine çok yakın bir görüntüyü elde etmektir. Şekil-3(d)'de geliştirilen birleştirme metodu ile elde edilmiş sonuç resim verilmiştir. Burada kullanılan bölümlenme pencere boyutu=18x18'dir. Bulanıklaştırma maskesi olarak:

$$H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

kullanılmıştır. Bu maskenin uygulanmasıyla, resimlerde karşılık gelen değerlerin ortalamasının alınacağı aşikardır. Bu da bir bulanıklaştırma etkisi meydana getirecektir.



Şekil-3. Referans resim, bulanıklaştırılmış resimler ve birleştirme sonucu: (a) referans resim, (b) sağ odaklı bulanıklaştırılmış resim, (c) sol odaklı bulanıklaştırılmış resim, (d) birleştirme sonucu.

Değerlendirme kriteri olarak RMSE ile SF (Spatial Frequency-Uzaysal Frekans) operatörü kullanılmıştır. Referans resmi R ve birleştirme sonucu F olmak üzere RMSE aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [R(i,j) - F(i,j)]^2}{I \times J}} \quad (7)$$

Buradaki $R(i,j)$ ve $F(i,j)$ sırasıyla R ve F resimlerin (i,j) konumundaki piksel değerlerini ifade ederler.

SF resimdeki genel etkinliği ölçer [17] yani resimdeki piksel değerlerinin değişimini hesaplar. Başka bir ifadeyle yan yana duran iki pikselin arasındaki farkı ölçer, sonucunda ise resmin netlik ölçüsüyle doğru orantılı bir değer vermektedir. F resmin uzaysal frekansı (SF) aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2} \quad (8)$$

$$RF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=2}^N (F(m,n) - F(m,n-1))^2} \quad (9)$$

$$CF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{n=1}^N \sum_{m=2}^M (F(m,n) - F(m-1,n))^2} \quad (10)$$

Burada RF – satır frekansı, CF – sütun frekansı, $F(m,n)$ ise (m,n) konumunda F resmin griton değerini ifade etmektedir.

3.1. Pencere Boyutu ve Maske Etkeni

Tablo-1 değişik pencere boyutu ve maske kullanılarak elde edilmiş RMS hatalarını göstermektedir (vurgulanmış sayılar her bir maske boyutu için en küçük RMSE değerleri göstermektedirler). Buradaki en düşük hata 18x18 boyutlu pencere ve 3x3 (ve 5x5) boyutlu maske kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo-2’de ise değişik boyuttaki bölümlene pencere ve maske boyutu için SF değerleri verilmiştir (vurgulanmış sayılar her bir maske boyutu için en büyük SF değerleri göstermektedirler). Buradaki değerler birbirine yakın olduğu için RMSE tabloları analiz için daha kullanışlıdır.

3.2. SF Bazlı Görüntü Birleştirme Yaklaşımı ile Kıyaslama

Bu bölümde SF bazlı görüntü birleştirme yaklaşımının [13] vermiş olduğu sonuçlar gösterilecektir.

Tablo-3’te Şekil-3(b) ve (c) resimleri üzerinde 13 tane farklı eşik değerinin uygulanması sonucunda oluşan RMSE ve SF değerleri verilmiştir.

Tablodan da görüleceği üzere buradaki en iyi RMSE değeri (1,2792), bölümlene pencere boyutu 18x18 ve eşik değeri=0 iken elde edilmiştir ki önerilen yeni metod daha küçük RMSE değerlere sahip olmakla beraber çok daha iyi bir performans sergilemektedir. Ayrıca geliştirilen teknikte herhangi bir eşik değer kullanma mecburiyeti de yoktur.

3.3. Sübjektif Değerlendirme

Bu bölümde fotoğraf makinasından farklı uzaklıktaki objeleri içeren resimler üzerinde önerilen birleştirme metoduyla SF bazlı birleştirme yaklaşımı uygulanacaktır. Bu tür resimlerin gerçek manada bir referans resmi olmadığından, buradaki değerlendirme sübjektif olacaktır.

Tablo-1. Farklı boyuttaki pencere ve maske kullanılarak elde edilmiş RMSE sonuçları:

		Bölümlene pencere boyutu							
		3x3	8x8	13x13	18x18	23x23	28x28	33x33	38x38
Karesel Maske Boyutu	1x1	7,3168	7,3106	7,3106	7,3106	7,3106	7,3106	7,3106	7,3106
	2x2	6,4522	4,1422	2,6648	2,076	1,8405	2,0139	1,3241	1,7314
	3x3	1,856	1,2857	0,89771	0,33577	1,5523	1,7153	1,2684	1,7314
	4x4	4,3637	2,3619	1,3188	0,6688	1,5576	1,7462	1,2684	1,7314
	5x5	1,5479	1,2681	0,90346	0,33577	1,5374	1,7153	1,2897	1,7314
	6x6	1,8959	1,4051	0,91629	0,54001	1,5284	1,7424	1,2684	1,7314
	7x7	1,522	1,2756	0,9074	0,54143	1,5395	1,7424	1,2897	1,7314
	8x8	1,4696	1,2935	0,91797	0,59309	1,5386	1,7431	1,2897	1,7314
	9x9	1,5477	1,3923	0,91918	0,59352	1,5393	1,7462	1,2897	1,7314
	10x10	1,6542	1,3927	0,92364	0,91478	1,539	1,7431	1,2897	1,7314
Dairesel Maske Boyutu (r)	1	1,9672	1,4204	0,9734	0,50391	1,5575	1,7462	1,2684	1,7953
	2	1,6529	1,3389	0,91	0,33577	1,5374	1,7424	1,2897	1,7314
	3	1,5222	1,3083	0,90984	0,54143	1,5395	1,7424	1,2897	1,7314
	4	1,5151	1,3556	0,91723	0,54143	1,5395	1,7424	1,2897	1,7314
	5	1,5635	1,3618	0,91885	0,59352	1,5386	1,7424	1,2897	1,7314
	6	1,7598	1,4432	0,93644	0,8272	1,5397	1,7431	1,2897	1,7314
	7	2,0111	1,5878	0,94252	1,1347	1,5397	1,7477	1,2897	1,7314
	8	2,1635	1,7041	0,95609	1,2355	1,5397	1,7477	1,2684	1,7314
	9	2,3877	1,7322	1,0053	1,3303	1,5397	1,8272	1,2684	1,7314
	10	2,6565	1,8397	1,0232	1,3962	1,5405	1,9608	1,2684	1,7314

Şekil-4'te "disk" adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Şekil-4 (a) ve (b) resimleri aynı çevreye ait olup farklı odak uzunluklarıyla çekilmiştir. Dolayısıyla birisinde saat net iken diğerinde kitaplık nettir. Burada SF bazlı birleştirme yaklaşımı (Şekil-4(c)) pencere boyutu=32x32, eşik değeri=0,75 iken, önerilen bölge bazlı bulanıklaştırma yaklaşımı (Şekil-4(d)) ise pencere boyutu=32x32, bulanıklaştırma maskesi=(5x5) iken elde edilmiştir.

Tablo-2. Farklı boyuttaki pencere ve maske kullanılarak elde edilmiş SF sonuçları

		Bölümleme pencere boyutu							
		3x3	8x8	13x13	18x18	23x23	28x28	33x33	38x38
Karesel Maske Boyutu	1x1	8,6705	8,6574	8,6574	8,6574	8,6574	8,6574	8,6574	8,6574
	2x2	13,403	13,546	13,726	13,758	13,764	13,747	13,806	13,77
	3x3	13,91	13,821	13,821	13,819	13,795	13,777	13,809	13,77
	4x4	13,643	13,766	13,81	13,826	13,79	13,774	13,809	13,77
	5x5	13,825	13,822	13,82	13,819	13,795	13,777	13,808	13,77
	6x6	13,811	13,812	13,82	13,814	13,794	13,774	13,809	13,77
	7x7	13,802	13,821	13,82	13,814	13,795	13,774	13,808	13,77
	8x8	13,795	13,818	13,82	13,812	13,795	13,774	13,808	13,77
	9x9	13,792	13,816	13,82	13,812	13,795	13,774	13,808	13,77
	10x10	13,77	13,813	13,82	13,793	13,795	13,774	13,808	13,77
Dairesel Maske Boyutu (r)	r=1	13,918	13,814	13,819	13,816	13,795	13,774	13,809	13,768
	r=2	13,851	13,819	13,82	13,819	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=3	13,814	13,82	13,82	13,814	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=4	13,802	13,817	13,82	13,814	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=5	13,793	13,817	13,82	13,812	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=6	13,776	13,814	13,82	13,799	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=7	13,753	13,802	13,819	13,778	13,795	13,774	13,808	13,77
	r=8	13,739	13,786	13,819	13,768	13,795	13,774	13,809	13,77
	r=9	13,726	13,784	13,818	13,759	13,795	13,766	13,809	13,77
	r=10	13,7	13,773	13,817	13,754	13,795	13,746	13,809	13,77

Tablo-3. SF bazlı görüntü birleştirme yaklaşımı ile farklı boyuttaki pencere ve eşik değeri kullanılarak elde edilmiş RMSE ve SF sonuçları.

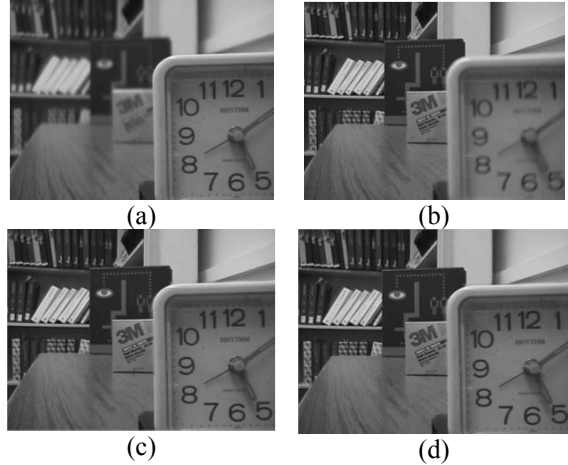
		Bölümleme pencere boyutu							
		3x3	8x8	13x13	18x18	23x23	28x28	33x33	38x38
RMSE	0,00	6,6205	3,4638	2,1938	1,2792	1,503	2,0653	1,4433	1,651
	0,25	6,7006	3,5485	2,2044	1,522	1,545	2,1129	1,5194	1,7454
	0,50	6,7864	3,6279	2,2992	1,6701	1,6222	2,1641	1,6077	1,8055
	0,75	6,874	3,7309	2,3784	1,7141	1,7723	2,272	1,682	1,8351
	1,00	6,9631	3,8829	2,4151	1,992	1,9191	2,5626	1,6878	1,9212
	1,25	7,0817	4,0337	2,5096	2,0109	1,9362	2,6057	1,7524	1,943
	1,50	7,2166	4,1946	2,6411	2,0847	2,2532	2,7244	2,0948	1,9607
	1,75	7,3434	4,3072	2,7574	2,2736	2,3794	2,8092	2,3806	1,9607
	2,00	7,4756	4,4287	2,8485	2,402	2,6179	2,9208	2,5175	2,1563
	2,25	7,5788	4,5915	2,9926	2,5038	2,8681	3,1078	2,5536	2,2681
	2,50	7,6891	4,7512	3,1861	2,7603	3,1322	3,4493	2,7524	2,3383
	2,75	7,8137	4,963	3,4515	3,0228	3,4843	3,6604	3,0779	2,4882
3,00	7,9266	5,0884	3,6404	3,2423	3,9069	3,9471	3,5654	2,618	
SF	0,00	14,144	13,871	13,841	13,807	13,809	13,751	13,811	13,776
	0,25	14,141	13,869	13,84	13,806	13,809	13,745	13,806	13,769
	0,50	14,135	13,873	13,843	13,797	13,809	13,738	13,809	13,764
	0,75	14,132	13,867	13,84	13,793	13,796	13,725	13,794	13,744
	1,00	14,143	13,857	13,838	13,767	13,782	13,688	13,794	13,737
	1,25	14,138	13,845	13,838	13,764	13,78	13,676	13,79	13,735
	1,50	14,117	13,831	13,836	13,757	13,737	13,651	13,745	13,733
	1,75	14,1	13,818	13,83	13,749	13,705	13,637	13,705	13,733
	2,00	14,091	13,805	13,821	13,734	13,676	13,629	13,685	13,718
	2,25	14,063	13,783	13,81	13,725	13,63	13,596	13,68	13,723
	2,50	14,051	13,759	13,79	13,699	13,614	13,553	13,65	13,702
	2,75	14,026	13,728	13,757	13,671	13,571	13,515	13,595	13,683
3,00	13,982	13,702	13,731	13,633	13,494	13,448	13,489	13,67	

Şekil-5'te "lab" adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları gösterilmiştir. Burada SF temelli birleştirme tekniğinde pencere boyutu=20x20, eşik

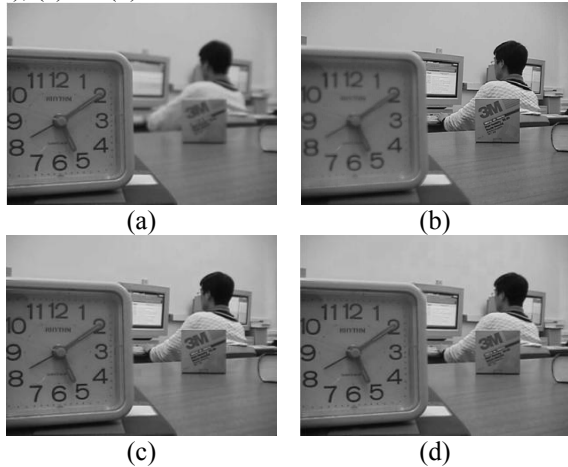
değeri=0,75 iken, önerilen bölge bazlı bulanıklaştırma yaklaşımı ise pencere boyutu=20x20, bulanıklaştırma maskesi=Ortalama (9x9) iken elde edilmiştir. "Pepsi" adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları Şekil-6'da gösterilmiştir. Burada SF bazlı birleştirme yaklaşımı pencere boyutu=32x32, eşik değeri=1,0 iken, önerilen bölge bazlı bulanıklaştırma yaklaşımı ise pencere boyutu=32x32, bulanıklaştırma maskesi=Ortalama (9x9) iken elde edilmiştir.

4. SONUÇ

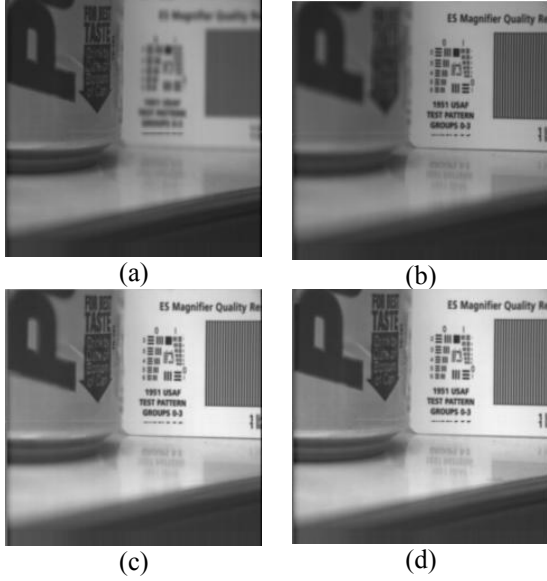
Bu makalede çok odaklı görüntü birleştirme için yeni bölge bazlı bulanıklaştırma algoritması önerilmiştir. Algoritma performansı ile ilgili birçok denemeler ve araştırmalar yapılmıştır. SF bazlı birleştirme yaklaşımı ile kıyaslama sonucunda hem hata istatistiğine göre hem de görsel olarak üstün performans sergilemekte olduğu görülmüştür. Çalışma süresi kısa olduğu için gerçek zamanlı uygulamalarda rahatlıkla uygulanabilen bir tekniktir. Ayrıca donanım olarak gerçekleştirilebilir olmasından dolayı büyük bir avantaja sahiptir.



Şekil-4. "disk" adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları: Farklı netlikteki resimler (a ve b), (c) SF (d) önerilen metod



Şekil-5. "lab" adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları: Farklı netlikteki resimler (a ve b), (c) SF, (d) önerilen metod.



Şekil-6. “pepsi” adlı kaynak resimler üzerindeki birleştirme sonuçları: Farklı netlikteki resimler (a ve b), (c) SF (d) önerilen metod

KAYNAKLAR

- [1] Aggarwal J.K., Multisensor Fusion for Computer Vision, Springer, Berlin, 1993.
- [2] Akerman A., Pyramid techniques for multisensor fusion, Proc. SPIE 2828, 124-131, 1992.
- [3] Hall D. L., Llinas J., An introduction to multisensor data fusion, Proc. IEEE 85 (1), 6-23, 1997.
- [4] Varshney P.K., Multisensor data fusion, Electron. Commun. Eng. J. 9 (6), 245-253, 1997.
- [5] Electrical Engineering and Computer Science Department, Lehigh University, Bethlehem, PA 18015, http://www.ece.lehigh.edu/SPCRL/IF/image_fusion.htm.
- [6] Burt P. T., Andelson E. H., The Laplacian pyramid as a compact image code, IEEE Trans. Commun. 31 (4), 532-540, 1983.
- [7] Burt P. T., Kolczynski R. J., Enhanced image capture through fusion, in: Proceedings of the 4th International Conference on Computer Vision, Berlin, Germany, pp. 173-182, May 1993.
- [8] Toet A., van Ruyven L. J., Valeton J. M., Merging thermal and visual images by a contrast pyramid, Opt. Eng. 28 (7), 789-792, 1989.
- [9] Matsopoulos G. K., Marshall S., Brunt J.N.H., Multiresolution morphological fusion of MR and CT images of the human brain, Proc. IEEE: Vision, Image Signal Process. 57 (3), 17-142, 1994.
- [10] Yocky D.A., Image merging and data fusion by means of the discrete two-dimensional wavelet transform, J. Opt. Soc. Am. A: Opt., Image Sci. Vision 12 (9), 184-1841, 1995.
- [11] Li H., Manjunath B.S., Mitra S.K., Multisensor image fusion using wavelet transform, Graphical Models Image Process. 57 (3), 235-245, 1995.
- [12] Zhang Z., Blum R.S., A categorization of multiscale –decomposition-based image fusion schemes with a performance study for a digital camera application, Proc. IEEE 87 (8), 1315-1326, 1999.
- [13] Shutao L., Kwok J. T., Wang Y., Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency, Information Fusion 2, 169-176, September 2001.
- [14] Shutao L., Kwok J. T., Wang Y., Multifocus image fusion using artificial neural Networks, Pattern Recognition Letters 23, 985-997, 2002.
- [15] Seales W.B., Dutta S., Everywhere-in-focus image fusion using controllable cameras, Proc. SPIE 2905, 227-234, 1996.
- [16] V. Aslantaş, “Criterion functions for automatic focusing” TAINN2001, Xth Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, Gazimagusa, Turkish Republic of Northern Cyprus, 21-22 June 2001, pp.301-311.
- [17] Eskioglu A.M., Fisher P.S., Image quantity measures and their performance, IEEE Trans. Commun. 43 (12) 2959-2965, 1995.