

GÖRÜNÜR VE TERMAL GÖRÜNTÜLERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN ÇOKLU-ÖLÇEKLİ YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

V. Aslantaş¹, R. Kurban², E. Bendeş³

Erciyes Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 38039, Melikgazi, Kayseri,
¹aslantas@erciyes.edu.tr, ²rkurban@erciyes.edu.tr, ³ebendes@erciyes.edu.tr

ÖZET

Algılama teknolojisindeki gelişmeler sayesinde pek çok alanda çeşitli gelişmiş algılayıcılar kullanılmaya başlanmıştır. Bir nesnenin (veya sahnenin) birden fazla algılayıcı ile incelenmesi, o nesne hakkında daha fazla bilgi elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, görünür görüntüler ve termal görüntüler üzerinde çoklu-ölçekli görüntü birleştirme teknikleri kullanılmış ve sergiledikleri birleştirme performansları sayısal ve görsel olarak verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Termal Görüntüleme, Görüntü Birleştirme, Çoklu-Ölçekli Yöntemler

ABSTRACT

Due to the developments in sensing technology, various enhanced sensors have been used in many fields. Inspection of an object (or a scene) using more than one sensor, provides useful information about the object (or scene). In this paper, visual and thermal images are fused using multi-scale transforms based image fusion techniques and fusion performances of these methods are given quantitatively and visually.

Keywords: Remote Sensing, Thermal Imaging, Image Fusion, Multi-Scale Techniques

1. GİRİŞ

Görüntü elde etme teknolojisindeki gelişmelerle birlikte elde edilen görüntü çeşitliliği birçok sahada kullanılmaktadır. Bunla birlikte farklı tekniklerle elde edilen görüntülerdeki bilgiler birleştirilerek bilgi açısından daha zengin görüntüler oluşturulabilir (Zhang and Blum, 1999). Görüntü birleştirme uygulamaları farklı görüntüleme teknolojilerinin özelliklerini birleştirerek daha anlamlı görüntü elde etmeyi amaçlamaktadır. Görüntü birleştirme, pek çok algılayıcıdan elde edilen bilgilerin matematiksel teknikler kullanılarak birleştirilmesiyle geniş, kapsamlı bir karma görüntünün elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Böylece, elde edilen birleşik görüntü insan algılaması için ve diğer bilgisayarla görü uygulamaları için daha kullanışlı hale gelmektedir (Li et al., 2004, Wang and Ma, 2008).

Görüntü birleştirme işlemleri amacına göre iki gruba ayrılmaktadır. Net görüntü elde etmeyi amaçlayan çoklu-odaklı görüntü birleştirmede, giriş olarak kullanılan görüntülerde farklı bölgeler net olmakla birlikte netlik görüntülerin geneline hâkim değildir. Diğer yandan görölür kamera, kızılötesi kamera, gece görüş kamerası gibi farklı teknolojilerle elde edilen görüntülerin birleştirilerek daha fazla bilgi barındıran görüntü elde etmenin hedeflendiği çoklu-algılayıcı görüntü birleştirmede birden fazla kamera kullanılmaktadır.

Günümüzde görüntü birleştirme için birçok teknik geliştirilmiş ve bu tekniklerle elde edilen sonuçları değerlendirmek için çeşitli değerlendirme metrikleri bulunmaktadır. Geliştirilen teknikler farklı amaçlar için kullanılabilen ve farklı alanlarda birbirine göre daha uygun sonuçlar üretebilmektedir. Aynı metotla elde edilmiş birleşik resim farklı metriklerde farklı sonuçlar üretebilmektedir. Özellikle çoklu-algılayıcı görüntü birleştirmenin medikal, askeri, uzaktan algılama vb. birçok alandaki uygulamaları farklı amaçlar taşıması metriklerin farklı değerlendirmeler yapmasına sebep olabilmektedir.

Bu çalışmada, aşağıdaki dönüşüm uzayı temelli görüntü birleştirme yöntemlerinin görünür ve termal görüntülerin birleştirilmesindeki performansları değerlendirilmiştir:

- Ayrık dalgacık dönüşümü (ADD)
- Kaymadan bağımsız ADD (KBADD)
- Laplacian piramiti (LP)
- Gradyent piramiti (GP)
- Morfolojik fark piramiti (MFP)
- Temel bileşenler analizi (TBA)

Çoklu-ölçekli dönüşüm (multi-scale transform-ÇÖD) tabanlı görüntü birleştirme yöntemlerin temel fikri, her bir kaynak görüntüye çoklu-çözünürlüklü bir ayırma uygulanması, ayırma sonuçlarının çeşitli kurallarla birleştirilerek birleşik bir sunum oluşturulması ve son olarak bir ters çoklu-çözünürlüklü dönüşüm uygulanarak birleştirilmiş görüntünün yeniden inşa edilmesi aşamalarını içerir. Bu yaklaşımların iyi bilinen örnekleri; ayrık dalgacık dönüşümü (Mallat, 1989, Rockinger, 1997), Laplacian piramiti (Burt, 1983), gradyent piramiti (Burt, 1992), morfoloji piramiti (Toet, 1989) ve temel bileşen analizidir (Rockinger and Fechner, 1998). ÇÖD tabanlı yöntemler, hem çoklu-algılayıcı hem de çoklu-odaklı görüntülerin birleştirilmesinde kullanılabilir. Genelde, kaynak görüntüye ÇÖD uygulanarak elde edilen katsayıların en büyüğü veya lineer ağırlıklandırılmış hali seçilerek birleşik görüntü oluşturulmaktadır.

Termal görüntüler, elektromanyetik spektrumun farklı bölümlerini içeren farklı mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlüğe sahip veri sağlamaktadır. Veri kalitesi artırılmış yeni bir görüntü oluşturmak tek bantlı yüksek çözünürlüklü görüntü ile düşük çözünürlüklü çok bantlı görüntülerin birleştirilmesi ile mümkündür. Birçok görüntüleme sistemi elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde çalışmasına rağmen kızıl ötesi termal kameralar gibi farklı amaçlarla geliştirilmiş farklı dalga boylarını algılayabilen görüntüleme sistemleri uzaktan algılama gibi bir çok alanda kullanılmaktadır (Paolo et al. 2005, Farid and Sebastiano, 2002).

Bu çalışmada, termal görüntülemeye örnek olacak iki farklı görüntü grubu bulunmaktadır. Bu görüntülerden birincisi uzaktan algılama sahasına örnek olan uydu görüntüleridir. İkinci görüntü grubunda ise yine termal görüntü ile görünür görüntü birleşimiyle artırılmış gece görüşü hedeflenmektedir. Her iki deneyde de görünür ve termal görüntülerinin birleştirilmesi ile çok-algılayıcı birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Belirtilen metotlar bu görüntüler üzerinde test edilmiş ve sonuç görüntüler aşağıdaki iyi bilinen objektif metrikler ile değerlendirilmiştir:

- Kenar tabanlı kalite metriği (KTK)
- Uzaysal frekans (UF)
- Standart sapma (ST)

Değerlendirme ölçüt metrikleri 3. bölümde açıklanmış, 4. bölümde yapılan deneysel çalışmalar anlatılmıştır ve sonuç bölümünde ise elde edilen test sonuçları değerlendirilmiştir.

2. DEĞERLENDİRME METRİKLERİ

2.1. Kenar Tabanlı Kalite Metriği (KTK)

Bu kıstas önemli bir görsel bilgi olan kenar bilgisine dayanarak çalışmaktadır (Xydeas and Petrović, 2002). Metrikte Sobel operatörlerinden yararlanır:

$$KTK = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k^a(i, j)w^a(i, j) + k^b(i, j)w^b(i, j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w^a(i, j) + w^b(i, j)} \quad (1)$$

Eşitlikteki w^a ve w^b iki giriş resmi için kenar büyüklük fonksiyonu iken k^a ve k^b kenar koruma değerleridir. Bu metrik ile ilgili detaylar için (Xydeas and Petrović, 2002) referansına bakılabilir.

2.2. Standart Sapma (SS)

Standart sapma elde edilen birleşik görüntüyü değerlendirmede kullanılan bir diğer metriktir (Aslantas ve Kurban, 2010):

$$ST = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (f(i, j) - \bar{f})^2} \quad (2)$$

$$\bar{f} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(i, j) \quad (3)$$

2.3. Uzaysal Frekans Metriği (UF)

Uzaysal frekans bir görüntüdeki değişim düzeyini göstermektedir (Eskicioglu, A. M., Fisher, P. S., 1995). Tanengrad fonksiyonuna benzemekte ancak Sobel operatörleri yerine yatayda ve dikeyde hesaplanan ardışık piksellerin farklarından yararlanılmaktadır. Satır ve sütun vektörleri şu şekilde hesaplanır:

$$SR = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (f(i, j) - f(i-1, j))^2} \quad (4)$$

$$ST = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (f(i, j) - f(i, j-1))^2} \quad (5)$$

m ve n maske boyutunu belirtmektedir. Kriter fonksiyonu aşağıdaki gibi satır ve sütun vektörlerinin gradyenti olarak hesaplanır.

$$UF = \sqrt{SR^2 + ST^2} \quad (6)$$

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı görüntüler üzerinde altı farklı birleştirme yöntemi denenmiş ve her biri üç farklı görüntü birleştirme metriği tarafından değerlendirilerek görüntü birleştirme metotlarının sonuçları gözlenmiştir. Şekil 1’de ve Şekil 2’de testlerde kullanılan görüntüler görülmektedir. Şekil 1a’da uzaktan algılamaya örnek teşkil eden bir bölgenin termal uydu görüntüsü bulunmaktadır. Şekil 1b’de ise aynı bölgenin low-light görüntüsü görülmektedir. İki görüntünün birleştirilmesi ile her iki kaynak görüntüdeki bilgileri ihtiva eden birleşik görüntü ortaya çıkacaktır.



a. Kızılötesi Görüntü

b. Low-light Görüntü

Şekil 1. Uzaktan algılama uydu görüntüsü #1

Şekil 2’deki görüntü grubunda kızılötesi ve görünür görüntü örnekleri bulunmaktadır. Şekil 2b’deki görünür görüntüde tel örgünün arkasındaki insan silüeti görünmezken Şekil 2a’daki kızıl ötesi görüntüde açık bir şekilde fark edilebilmektedir. Bununla birlikte kızıl ötesi görüntüde araziye ait birçok özellik fark edilemez durumdadır. Birleştirilmiş görüntüde ise her iki görüntüde de dikkat çeken unsurların birleşik görüntüye aktarılması beklenmektedir.



a. Kızılötesi Görüntü



b. Görünür Görüntü

Şekil 2. NV1812 Görüntüsü #2

Tablo 1’de deneysel sonuçlar görülmektedir. Her iki resim grubu içinde yapılan deneysel sonuçlar ayrı ayrı gösterilmiştir. Her görüntü gurubu için metotların kullanılan metriklere göre değerlendirmesi satırlar boyunca verilmiştir.

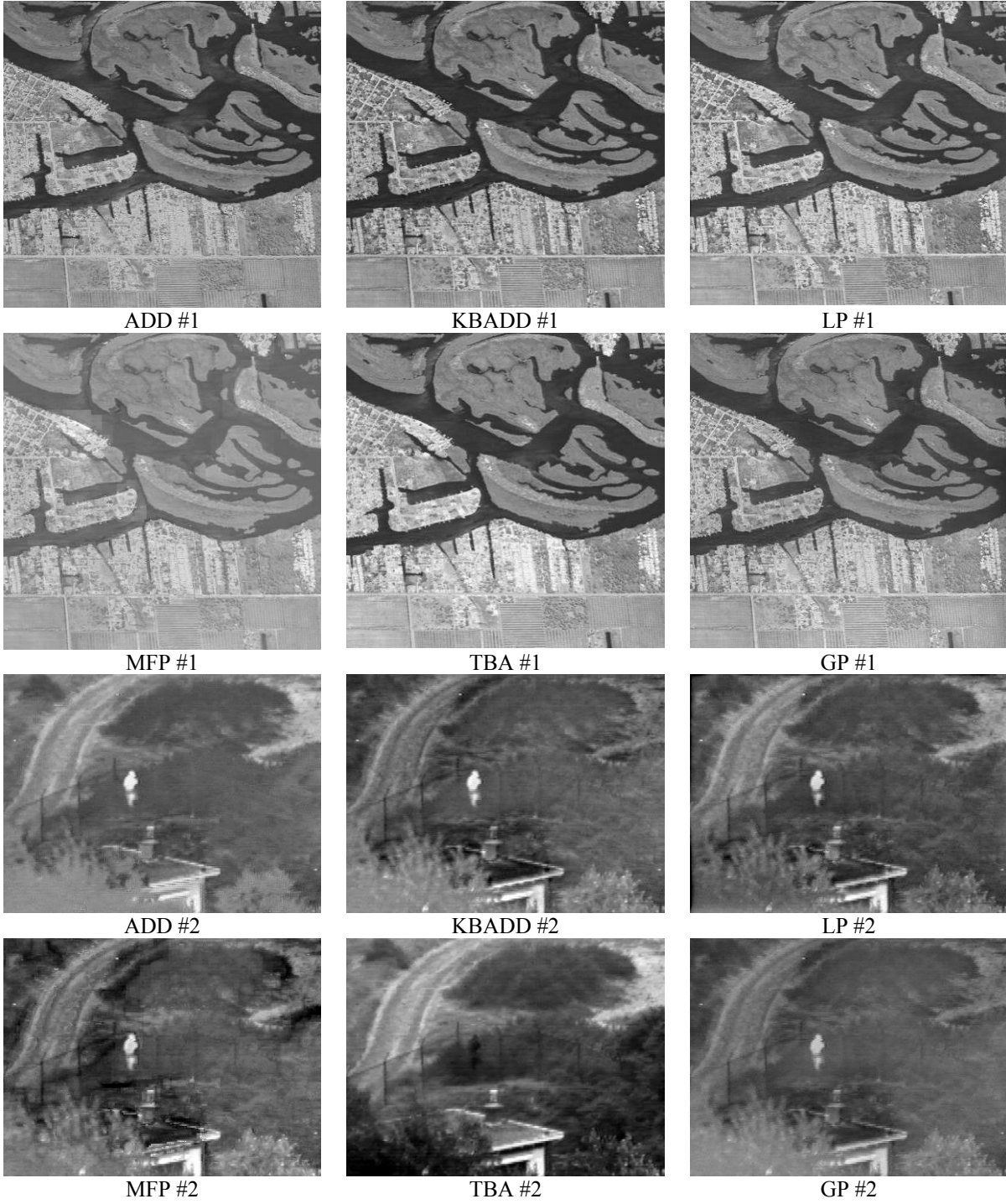
Tablo 1. Deneysel Sonuçlar

Görüntüler	Yöntemler\Metrikler	KTK	UF	SS
Uydu Görüntüsü #1	ADD	0,525142	32,8362	74,3709
	KBADD	0,583531	33,2412	74,8316
	LP	0,574983	34,957	73,0431
	MFP	0,506947	34,0988	79,9346
	TBA	0,524209	22,892	66,9411
	GP	0,557892	29,7067	67,6451
NV1812 Görüntüsü #2	ADD	0,435325	12,3931	30,4849
	KBADD	0,448177	13,0783	29,911
	LP	0,425175	13,4969	30,5398
	MFP	0,401302	15,9142	34,5853
	TBA	0,531916	12,3685	48,6667
	GP	0,416303	10,9409	25,2277

Yöntemlerin sonucunda oluşan birleştirilmiş görüntüler Şekil 3’de gösterilmiştir. Her görüntünün altında hangi metodun sonucu olduğu verilmiştir. Metot isminin yanındaki numaralar ise hangi görüntüye ait olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 1 incelendiğinde, uydu görüntüsü #1 için KTK metriği açısından KBADD metodu, UF metriği açısından LP metodu, SS metriği açısından da MFP metodu daha iyi sonuç vermiştir. Her üç metrik için de yüksek olan değer sayısal olarak daha iyi birleştirme performansı anlamına gelmektedir. Şekil 3’deki birleştirilmiş görüntüler görsel olarak incelendiğinde KBADD ve LP yöntemlerinin daha başarılı olduğu görülmektedir.

NV1812 görüntüsü #2 için Tablo 1 incelendiğinde KTK ve SS metrikleri açısından TBA, UF metriği açısından ise MFP metodu daha iyi sonuç vermiştir. Şekil 3’deki birleştirilmiş görüntüler görsel olarak değerlendirildiğinde LP ve TBA metotlarının daha başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Birleştirilmiş Görüntüler.

4. SONUÇLAR

Çoklu-algılayıcı görüntülerin birleştirilmesinde pek çok çoklu-çözünürlüklü yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada, uydu görüntüleme ve artırılmış gece görüşü için görünür ve termal görüntüler ADD, KBADD, LP, GP, MFP ve TBA yöntemleri ile birleştirilmiş ve sonuçlar KTK, UF ve SS metrikleri ile önce sayısal olarak sonrasında ise subjektif olarak görsel anlamda değerlendirilmiştir. Aynı görüntü için farklı metrikler temel alındığında farklı yöntemlerin sayısal olarak daha iyi olduğu sonucu çıkmaktadır. Ayrıca uydu görüntüsü ve gece görüşü görüntülerindeki sonuçlar da birbiri ile ilişkili değildir. Görsel sonuçlar da göz önüne alındığında, genel bir değerlendirme yapılacak olursa, KBADD, LP ve TBA yöntemleri diğer yöntemlere göre öne çıkmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 110E058 kodu ile TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Aslantas V., Kurban R.**, 2010, Fusion of multi-focus images using differential evolution algorithm, Expert Systems with Applications.
- Burt P.T.**, 1983, Andelson E.H., The Laplacian pyramid as a compact image code, IEEE Transactions on Communications, 31, 4, 532-540.
- Burt P.T.**, 1992, “A gradient pyramid basis for pattern-selective image fusion”, Proceedings SID International Symposium, 467–470.
- C. S. Xydeas, V. Petrović**, 2002, Objective Image Fusion Performance Measure
- Eskicioglu, A. M., Fisher, P. S.**, 1995, Image quality measures and their 634 performance. IEEE Transactions on Communications, 43, 2959–2965.
- Farid M., Sebastiano B. S.**, Image fusion techniques for remote sensing applications, Pattern Recognition Letters, Volume 23, Issue 9, July 2002, Pages 1053-1061
- L. W. Leung, B. King and V. Vohora.**, 2001, Comparison of image data fusion techniques using entropy and NI. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, November.
- Li S., Kwok J.T.-Y., Tsang I.W.-H., Wang Y.**, 2004, Fusing images with different focuses using support vector machines, IEEE Transactions on Neural Networks, 15, 6, 1555-1561,.
- Mallat S.G.**, 1989, A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation, IEEE T. Pattern Anal.,11, 674-693.
- Paolo G., Fabio D., Belur V. D.**, Urban remote sensing using multiple data sets: Past, present, and future , Information Fusion, Volume 6, Issue 4, December 2005, Pages 319-326
- Rockinger O.**, 1997, Image sequence fusion using a shift invariant wavelet transform. Proceedings of the International Conference on Image Processing, 288–291.
- Rockinger O., Fechner T.**, 1998, Pixel-level image fusion: the case of image sequences, Proc. SPIE, 3374, 378–388.
- Toet A.**, 1989, A morphological pyramidal image decomposition, Pattern Recognition Letters 9, 4, 255–26.
- Wang Z., Ma Y.**, 2008, Medical image fusion using m-PCNN, Information Fusion, 9, 2, 176-185.
- Zhang Z., Blum R. S.**, 1999, A categorization of multiscale-decomposition-based image fusion schemes with a performance study for a digital camera application, Proceedings of the IEEE, 87, 8, 1315-1326.