KRİTER TABANLI GÖRÜNTÜ KAYNAŞTIRMA YÖNTEMİ

Oğuz Güngör

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, ogungor@ktu.edu.tr

ÖZET

Pankromatik ve multispektral uydu görüntüleri yeryüzü kaynaklarının değerlendirilmesi ve çevresel değişikliklerin izlenmesinde çok önemli katkılar sağlar. Pankromatik görüntüler genellikle aynı uydudan alınan multispektral görüntülere oranla daha iyi konumsal çözünürlüğe sahiptirler. Öte yandan multispektral resimler ise nesnelere ait spektral özellikleri daha iyi yansıtırlar. Görüntü kaynaştırma yöntemleri multispektral resimlerin konumsal çözünürlüğünü arttırmak için kullanılır. Bunu pankromatik görüntüdeki detayları multispektral görüntülere transfer ederek yapar. İyi bir görüntü kaynaştırma yöntemi multispektral görüntünün konumsal çözünürlüğünü artırırken aynı zamanda spektral (renk) yapısını da bozmayan yöntemdir. Mevcut yöntemler ya konumsal çözünürlüğü arttırırken multispektral görüntünün renk yapısını bozmakta ya da orijinal rengi korurken konumsal çözünürlüğü istenilen miktarda arttıramamaktadır. Bu çalışma görüntü kaynaştırma yöntemlerini renk tabanlı, dalgacık dönüşümü tabanlı ve istatistiksel metotlar olarak sınıflandırır. Ayrıca mevcut görüntü kaynaştırma yöntemlerinin avantajları göz önünde bulundurularak, hem multispektral görüntünün konumsal çözünürlüğünü pankromatik görüntünün çözünürlüğüne ulaştıran hem de rengini mümkün olduğu kadar koruyan yeni bir görüntü kaynaştırma yöntemi tanıtılmıştır. Önerilen yöntemin performansı Trabzon'a ait IKONOS pankromatik ve multispektral görüntüleri kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar görsel olarak değerlendirilerek önerilen yöntemin özellikleri açıklanmıştır .

Anahtar Sözcükler: Görüntü kaynaştırma yöntemi, pankromatik görüntü, multispetral görüntü

ABSTRACT

CRITERIA-BASED IMAGE FUSION METHOD

Panchromatic and multispectral images are very useful for the acquisition of geospatial information about the Earth surface for the assessment of land resources and environment monitoring. Panchromatic images usually have a better spatial resolution than the multispectral images of the same sensor, while the multispectral images provide spectral properties of the objects. Image fusion algorithms are used to increase the spatial resolutions of the multispectral images. This is done by transferring the missing spatial details in the multispectral images using the panchromatic ones. A successful image fusion algorithm keeps the original color content of the multispectral image while increasing its spatial resolution. Most image fusion algorithms are successful either in terms of spatial detail enhancement or keeping the original color content of the multispectral images. This study categorizes the image fusion methods as color-based, wavelet transform-based and statistical methods. Based on the advantages and the limitations of the existing fusion methods, a novel image fusion approach is proposed, which combines the advantages of the existing image fusion methods to increase the spatial resolutions of the multispectral images while preserving its original color. The performance of the proposed method is tested usingIKONOS panchromatic and multispectral images of Trabzon. Fusion results are evaluated visually with discussions on the properties of the proposed fusion method.

Keywords: Image fuison methods, panchromatic image, multispetral image

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama sensörleri uydu fotoğraflarını üretirken yeryüzündeki nesnelerden yansıyan ya da bunlardan yayılan enerjiyi algılayarak sayısal değerlere çevirirler. Sensörler sabit bir "signal to noise" oranına sahiptir. Bu yüzden nesneleri eğer kendilerine yeterli oranda enerji ulaşırsa algılayabilirler (Pradhan, 2005). Ayrıca sensör tarafından algılanabilen enerji, sensörün IFOV (instantaneous field of view) değeri ve bant genişliğiyle ilişkilidir. Sensörün IFOV değeri uydu görüntüsünün spektral çözünürlüğü ile ters orantılıdır. IFOV değeri büyük bir sensör yeryüzünde daha geniş bir alandan gelen enerjiyi algılar. Fakat IFOV arttıkça sensörün konumsal çözünürlüğü düşer. Aynı şekilde IFOV düşürüldüğü zaman görüntünün konumsal çözünürlüğü artar, fakat bu sefer de sensöre yeterli derecede enerjinin ulaşabilmesi için sensörün algılayabildiği bant genişliğini arttırmak, yani spektral çözünürlüğünü düşürmek gerekir. Pankromatik sensörler multispektral sensörlerle kıyaslandıklarında düşük IFOV değerlerine sahiptirler ve nesnelerden gelen enerjiyi daha geniş bir bant

aralığında algılayabilirler. Bu yüzden aynı uyduya ait pankromatik görüntülerin konumsal çözünürlükleri multispektral görüntülerden daha yüksektir. Fakat pankromatik görüntüler spektral bilgi içermezler.

Görüntü kaynaştırmanın amacı, pankromatik görüntüyü kullanarak multispektral görüntünün konumsal çözünürlüğünü arttırmaktır. Bugüne kadar literatüre bir çok görüntü kaynaştırma yöntemi kazandırılmıştır (Pohl and van Genderen, 1998). Bu yöntemlerin hepsinin aslında iki ana amacı vardır. Bunlar, pankromatik bantta olan fakat multispektral görüntüde olmayan konumsal detayı çekip çıkartmak ve bunu multispektral görüntüye onun spektral (renk) yapısını bozmadan eklemektir. Bu çalışmadaö mevcut görüntü kaynaştırma yöntemleri renk tabanlı, dalgacık dönüşümü tabanlı ve istatistiksel yöntemler olmak üzere üç ana başlık altında toplanacaktır. Bu yöntemlerin avantaj, dezavantaj ve limitlerini ortaya koyabilmek için matematiksel ve fiziksel prensipleri detaylı bir şekilde incelenecektir. Daha sonra mevcut yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldıracak ve aynı zamanda avantajlarını da birleştirecek yeni bir görüntü kaynaştırma yöntemi ortaya konulacaktır. Önerilen yeni teknik Trabzon kentine ait IKONOS pankromatik ve multispektral görüntüler kullanılarak test edilecektir. Kaynaştırma sonuçları görsel olarak değerlendirilecektir.

2. RENK TABANLI YÖNTEMLER

Renk tabanlı yöntemler IHS (Intensity-Hue-Saturation) renk uzayının “intensity” bileşenini kullanırlar. Bu yöntemler multispektral görüntüdeki eksik konumsal detayı pankromatik görüntü ve multispektral bantlardan hesaplanan “intensity” bileşeni vasıtasıyla bulurlar. Bu yöntemlere örnek olarak IHS, Brovey ve SVR (Synthetic Variable Ratio) yöntemleri verilebilir.

IHS yönteminde üç multispektral bant RGB uzayından IHS uzayına dönüştürülür ve “intensity” bileşeni pankromatik bant ile değiştirilir. Buradaki varsayım, pankromatik bant ile “intensity” bileşeninin aslında aynı şey oldukları ve aralarındaki tek farkın sadece bunların konumsal çözünürlükleri olduğudur. Daha sonra tekrar RGB uzayına dönülerek kaynaştırılmış görüntü elde edilir. Literatürde RGB ve IHS uzayları arasında dönüşüm yapmak için çok çeşitli algoritmalar mevcuttur. (Harrison and Jupp, 2000; Tu et al., 2004; Wang et al., 2005 and Gonzales-Audicana et al., 2006) bu iki uzay arasındaki dönüşümü bir dönüşüm matrisi ile gerçekleştirmektedir. Görüntü kaynaştırmada bu matrisin kullanılması, aslında multispektral görüntüde eksik olan konumsal detayın pankromatik görüntü ve “intensity” bileşeninin farkı şeklinde hesaplanması anlamına gelmektedir. Bu yüzden kaynaştırılmış her multispektral bant pankromatik bant ile “intensity” farkının orijinal multispektral bantla toplanması ile elde edilir.

“Intensity” “Hue” ve “Saturation” bileşenleri sadece üç multispektral bant kullanılarak hesaplanabildiği için IHS yönteminin en büyük dezavantajı sadece üç bandın aynı anda kaynaştırılabilmesidir (Chavez and Bowell, 1988; Armenakis et al., 2003; Tu et al., 2004; Li et al., 2004; Wang et al., 2005; Choi, 2006). Eğer multispektral görüntü üçten fazla banda sahipse, yöntem kaynaştırma işlemini üçlü bant kombinasyonları kullanarak yapabilmektedir. Bu da her farklı kombinasyonda farklı bir sonuç elde etmek anlamına gelir ve bu yüzden yöntemi tutarsız yapar. Günümüzde artık uydular üçten fazla bant sunmaktadırlar. Örneğin IKONOS uydusu birisi kızılötesi olmak üzere dört bandsa sahiptir. Farz edelim ki “intensity”, kızılötesi bant ihmal edilerek hesaplandı. Bu durumda, bu atılan bandın “intensity” ye olacak katkısı göz ardı edilecektir. Fakat aynı uyduya ait pankromatik bant oluşturulurken aslında kızılötesi bölgeden gelen enerji de hesaba katılmıştır. Bu yüzden pankromatik bant “intensity” ye eşit kabul edilebilir tezi her zaman doğru değildir ve bu yüzden, IHS yöntemiyle üretilen görüntüler de renk kayıpları oluşur.

Brovey ve SVR yöntemleri her bir multispektral bandı pankromatik bant ve “intensity”’nin oranı ile çarpar ve bu şekilde eksik konumsal detayı bularak her bir kaynaştırılmış bandı elde eder. Bu iki metot arasındaki tek fark “intensity” bileşenini hesaplama şeklidir. Brovey yöntemi “intensity” bileşenini tüm multispektral bantların toplamı şeklinde, SVR yöntemi ise ağırlıklı ortalaması şeklinde hesaplar. Her bir ağırlık katsayısı multispektral bandın “intensity” bileşenine katkısını kontrol eder. Zhang (1999) ağırlıkları pankromatik görüntü ile multispektral bantlar arasında lineer regresyon analizi (linear regression analysis) yaparak, yani en küçük kareler yöntemi kullanarak hesaplar. Her bir pikselde, pankromatik banttaki piksel değerini multispektral bantlardaki piksel değerlerinin ağırlıklı ortalamasına eşitler. Bunu görüntüdeki tüm pikseller için yazar ve her piksel konumu için her seferinde aynı ağırlıkları kullanır. Daha sonra en küçük kareler yöntemi kullanarak her bir bant için bir ağırlık değeri hesaplar. Ağırlıklar belirlendikten sonra “intensity” bileşeni hesaplanır ve tıpkı Brovey yönteminde olduğu gibi her bir multispektral bant pankromatik bant ve hesaplanan “intensity”’nin oranı ile çarpılarak kaynaştırılmış bantlar elde edilir.

Multispektral görüntülerdeki pikseller, bileşenlerini gri değerlerin oluşturduğu bir renk vektörü olarak düşünülebilir. Farz edelim ki *C* değeri her bir piksel konumunda pankromatik bant ile “intensity” arasındaki oran

olsun. Brovey yöntemi eksik detayı pankromatik banttan transfer ederken bu vektörü *C* miktarı kadar uzatır ya da kısaltır. Vektörün tüm bileşenleri (her bir banttaki aynı konumdaki pikseller) aynı *C* değeri ile çarpılacağı için vektörün yönü değişmez. Bu özellik görüntü kaynaştırma işlemi sonucunda spektral yapının korunmasına yönelik bir önlem olarak düşünülebilir. Fakat vektörün boyunun değişmesi görüntüde radyometrik bozulmaya sebep olur. Vektörün boyu ne kadar çok değişirse (yani *C*, 1'den ne kadar uzaklaşırsa) detay açısından çok daha net bir görüntü elde edilir, fakat diğer taraftan renk de bir o kadar bozulur. Minimum radyometrik bozulma ile optimum çözümü bulabilmek için SVR yöntemi "intensity" bileşenini yukarıda bahsedildiği üzere farklı ağırlıklar kullanarak hesaplar. Bu strateji renk vektörünü daha optimum bir şekilde uzatır ya da kısaltır. Fakat tüm görüntü için her piksel konumunda hep aynı ağırlıklar kullanıldığı için kaynaştırılmış görüntülerde renk bozulmaları oluşur.

3. DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ TABANLI GÖRÜNTÜ KAYNAŞTIRMA ALGORİTMALARI

Dalgacık dönüşümü tabanlı görüntü kaynaştırma algoritmaları multispektral ve pankromatik görüntü arasındaki konumsal detay farkını frekans uzayında belirler. Bu yöntemler, yüksek geçiren ve alçak geçiren filtreler uygulamak suretiyle ve multi çözünürlük analizi (Multi Resolution Analysis) kuralını kullanarak görüntüleri yüksek ve alçak frekans bileşenlerine ayırırlar. Multispektral görüntüdeki eksik konumsal detay, pankromatik görüntüdeki yüksek frekans bileşeni ile doğrudan ilişkilidir. Çünkü detaylar arasındaki yüksek kontrast yüksek frekans anlamına gelmektedir. Mallat'ın dalgacık dönüşümü yöntemi, à trous ve M-bant dalgacık dönüşümü yöntemleri dalgacık dönüşümü kullanan yöntemlere örnek olarak verilebilir.

Mallat'ın dalgacık dönüşümü yöntemi günümüze kadar bir çok görüntü kaynaştırma probleminde (Yocky, 1995; Garguet-Duport et al., 1996; Zhou et al., 1998; Ranchin and Wald, 2000; Zhu, 2002) tarafından başarı ile uygulanmıştır. Bu yöntem üç aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşama görüntülere ortogonal dalgacık dönüşümünün uygulanmasını içerir. Bu aşamada görüntüler yüksek geçiren ve alçak geçiren dalgacık filtreleri kullanılarak düşük ve yüksek frekans bileşenlerine ayrılır. Her filtrelemeden sonra satır ve sütunlardaki katsayılar birer satır ve sütün atlayarak silinir. Bu işlem yabancı literatürde "decimation" olarak ifade edilmektedir. Bu sayede görüntünün boyutları ve çözünürlüğü iki kat düşürülmüş olur. Her filtreleme sonrasında 4 yeni görüntü oluşur. Bu görüntülerden birisi resimdeki düşük frekans bilgisini, diğer üç görüntü ise yatay, düşey ve çapraz detay bilgilerini içerir. Eğer görüntüye bir kez daha dönüşüm uygulanmak istenirse düşük frekans bilgisi içeren görüntüye yine aynı işlem uygulanır. Bu sayede 4 yeni resim daha elde edilir. Bu işlem istenilen çözünürlük seviyesine ulaşana kadar düşük frekans görüntülerine uygulanarak devam ettirilir. İkinci aşamada her iki görüntüden elde edilen düşük frekans dönüşüm katsayıları ve detay katsayıları uygun bir kaynaştırma kuralına göre kaynaştırılır ve son aşamada dönüşüm tersten uygulamak suretiyle kaynaştırılmış görüntü elde edilmiş olur.

À trous yöntemi ortogonal olmayan ve decimation uygulamayan bir dalgacık dönüşümü yöntemidir (González-Audícana et al., 2005; Wang et al., 2005). Bu yöntem görüntünün çözünürlüğünü düşürerek düşük frekans bileşenini bulmak için görüntüye Starck ve Murtagh (1994) de verilen alçak geçiren filtreyi uygular. "Decimation" yerine alçak geçiren filtre, katsayıları arasına sıfır yerleştirmek suretiyle genişletilir. Bu sayede görüntünün çözünürlüğü düşürülmüş olur. À trous yönteminde de her bir filtrelemeden sonra görüntünün çözünürlüğü iki kat düşer fakat Mallat'ın algoritmasının aksine görüntünün boyutları aynı kalır. Yine Mallat'ın algoritmasının aksine yatay, düşey ve çapraz detay katsayıları sadece bir görüntüde toplanır ve bu görüntü orijinal ve dönüşüm uygulanmış görüntünün farkı şeklinde hesaplanır. Kaynaştırılmış görüntü, detay görüntünün orijinal görüntüye eklenmesi suretiyle elde edilir (Nunez et al., 1999).

M-bant dalgacık dönüşümü yukarıda bahsedilen Mallat'ın 2 bantlı dönüşümünün genelleştirilmiş halidir. Mallat'ın algoritması görüntüyü frekans uzayında iki bileşenine ayırırken, M-bant yöntemi görüntüyü *M* bileşene ayırır (Wang et al., 2005). Başka bir deyişle, M-bant dalgacık dönüşümü esnasında bir tane alçak geçiren ve *M-1* tane yüksek geçiren filtre kullanılarak M^2 tane görüntü oluşur. Bu görüntülerden birisi resimdeki düşük frekans bilgisini, diğer M^2-1 görüntü ise detay bilgilerini içerir (Yang et al., 2006). Böylece peş peşe dönüşüm yapmak yerine görüntünün çözünürlüğü bir kerede *M* kat düşürülür (*M* burada pozitif bir tamsayıdır). Oysa Mallat'ın 2-bant yöntemi görüntünün çözünürlüğünü sadece 2^n (n=1, 2, 3, …) kat düşürebilir. Wang et al. (2005), Steffen et al. (2003) de verilen *K-regular* M-bant alçak geçiren filtreleri kullanarak M-bant dalgacık dönüşümü yöntemi ile à trous yöntemini birleştirmektedir. Bu strateji konumsal çözünürlüklerinin oranı 2^n olmayan görüntülerinde kaynaştırılabilmesine imkan sağlar.

Dalgacık dönüşümü tabanlı yöntemler kaynaştırma sonrasında orijinal multispektral görüntünün renk yapısının korunmasında oldukça başarılıdır. Fakat söz konusu görüntünün konumsal detay kapasitesinin arttırılmasında ise bu yöntemlerin performansları renk tabanlı yöntemler kadar iyi değildir. Bu, dalgacık dönüşümü tabanlı yöntemlerin ortak dezavantajıdır. Bu yöntemler görüntüleri yalnızca yatay, düşey ve çapraz yönlerden filtreledikleri için görüntüdeki nesnelerin geometrilerinde bozulmalar oluşabilmektedir.

4. İSTATİSTİKSEL GÖRÜNTÜ KAYNAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

İstatistiksel görüntü kaynaştırma yöntemleri multispektral görüntüde eksik olan detayları pankromatik ve multispektral görüntülerin istatistiksel özelliklerini kullanarak belirler. Bu grup yöntemlere PCA (Principal Component Analysis) lineer regresyon yöntemi (Price, 1999), ve yeni olarak önerilen kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi örnek olarak verilebilir.

PCA (Türkçesi ana bileşenler dönüşümü, ayrıca Karhunen-Loeve dönüşümü olarak ta bilinir), orijinal multispektral görüntüyü *n* boyutlu lineer bir dönüşüm uygulayarak "eigen" vektör uzayına döndürür (Shamshad et al. 2004). Böylece eksenleri ana bileşenler olan yeni bir koordinat sistemine geçilmiş olur. Bu yeni koordinat sisteminin özelliği bantlar arasındaki korelasyonu ortadan kaldırmasıdır (Armenakis et al., 2003). En büyük "eigen" değere sahip "eigen" vektör birinci ana bileşeni temsil eder ve birinci ana bileşen multispektral görüntüdeki bütün bantların içerdiği konumsal detayı tek başına temsil eder (Petrou and Bosdogianni, 1999). Diğer ana bileşenler ise multispektral görüntüdeki spektral bilgiyi barındırırlar (Chavez and Kwarteng, 1989; Zhou et al., 1998; González-Audícana et.al., 2004). Sonuçta eğer birinci ana bileşen pankromatik bant ile değiştirilir ve PCA dönüşümü tersten uygulanırsa konumsal duyarlılığı arttırılmış görüntü elde edilir.

(Gungor, 2008) PCA yönteminin iyi sonuç vermesinin kullanılan görüntünün boyutu ile doğrudan ilişkili olduğunu belirtmektedir. Dahası, pankromatik bant ile birinci ana bileşen arasındaki korelasyon da yöntemin performansını doğrudan etkilemektedir. Yani, eğer korelasyon yüksekse daha sağlıklı ve kaliteli sonuçlar elde edilebilir. Fakat, eğer korelasyon düşükse kaynaştırılmış görüntü hem konumsal detay hem de spektral kalite açısından kötü sonuçlar vermektedir.

Price (1999) görüntü kaynaştırmak amacıyla bir yöntem önermektedir ve Gungor (2008) bu yöntemi lineer regresyon yöntemi olarak adlandırmaktadır. Bu yöntem tıpkı ilerede açıklanacak kriter tabanlı yöntemde olduğu gibi pankromatik ve multispectral görüntülerde küçük pencereler alır ve kaynaştırılmış görüntüyü Formül 1'de verildiği gibi pankromatik ve multispectral görüntülerin lineer kombinasyonu şeklinde hesaplar

$$XS_{h(k,l)} - XS_{l_{(i,j)}} = a_{ij}.(Pan_{h_{(k,l)}} - Pan_{l_{(i,j)}}) \tag{1}$$

Formül 1'de XS_h kaynaştırılmış görüntüyü, XS_l orjinal multispektral görüntüyü, Pan_h pankromatik görüntüyü Pan_l çözünürlüğü XS_l nin çözünürlüğüne düşürülmüş pankromatik görüntüyü, (k,l) ve (i,j) ise orjinal pankromatik ve multispektral görüntülerdeki satır ve sütün numaralarını gösterir. Eğer *M* bu iki görüntünün konumsal çözünürlüklerinin oranı ise (k,l) ve (i,j) arasında $k = M(i-1)+1$ ve $l = M(j-1) +1$ ilişkisi vardır. Bu ilişki kullanılarak Pan_l , Pan_h' da pencereler üst üste binmeyecek şekilde *MxM*'lik blokların ortalaması şeklinde hesaplanır. Aslında bu yaklaşım aynı şekilde kaynaştırılmış görüntü olan XS_h' ın blok ortalamasının da XS_l olacağını söylemektedir. Sonuç olarak eğer Formül 1 hem XS_l' ya hem de Pan_l' ya uygulanırsa ve her iki görüntüde de *pxq* (p ve q' nun 3 olarak alındığı farzedilirse) pencereleri alınırsa a_{ij}' her bir *i* ve *j* konumu için aşağıdaki şekilde hesaplanır (Price 1999).

$$a_{ij} = \frac{\sum_{p=i-1}^{i+1}\sum_{q=j-1}^{j+1}(Pan_{l(p,q)} - Pan_{l(i,j)})(XS_{l(p,q)} - XS_{l(i,j)})}{\sum_{p=i-1}^{i+1}\sum_{q=j-1}^{j+1}(Pan_{l(p,q)} - Pan_{l(i,j)})^2} \tag{2}$$

a_{ij} bulunduktan sonra kaynaştırılmış görüntü Formül 1 kullanılarak hesaplanır. Bu metot orijinal görüntünün renk yapısının korunmasında oldukça başarılıdır. Ne varki *MxM*' lik bloklar için hep aynı a_{ij} değeri kullanıldığı için bloklaşmış deformasyonlar oluşur. Bu da konumsal detay kalitesini düşürür. Bu problem farklı uydulara ait görüntüler kullanıldığında daha da artmaktadır.

Yukarıda açıklanan her bir yöntem kaynaştırılmış görüntüleri oluştururken bazı varsayımlar ve koşullar kullanırlar. Bu koşul ve varsayımlar sayesinde her bir yöntem bir yönden başarılı sonuçlar üretirken gözetilemeyen diğer koşullar nedeniyle diğer yönlerden de başarısızlıklar gösterebilmektedir. Bu çalışmada dalgacık dönüşümü tabanlı ve renk tabanlı yöntemlerin dezavantajları sebepleriyle birlikte gözetilerek Gungor (2008)'de geliştirilen ve yeni bir istatistiksel görüntü kaynaştırma yöntemi olan kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi tanıtılmıştır. Bu yeni yöntem adını, kaynaştırılmış görüntüyü oluştururken mevcut yöntemlerin iyi taraflarını da gözeterek çeşitli kriterler kullanmasından alır. Böylece dalgacık dönüşümü tabanlı yöntemlerden ve mevcut istatistiksel yöntemlerden daha iyi detay performansı veren ve renk tabanlı yöntemlere oranla da daha iyi renk performansı veren yepyeni bir görüntü kaynaştırma yöntemi geliştirilmiştir.

5. KRİTER TABANLI GÖRÜNTÜ KAYNAŞTIRMA YÖNTEMİ

Kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi (Gungor ve Shan, 2005) tarafından geliştirilen σ-μ yönteminin geliştirilmiş halidir. Bu yeni yöntem tıpkı σ-μ yöntemi gibi kaynaştırılmış bantları pankromatik ve multispektral bantların lineer kombinasyonu şeklinde hesaplar.

$$F_{k_{(m,n)}} = a_{(m,n)} \cdot I_{0_{(m,n)}} + b_{(m,n)} \cdot I_{k_{(m,n)}} \tag{3}$$

Burada *m* ve *n* satır ve sütün numaraları, *k = 1,2, ..., N* (N = toplam bant sayısı), F_k kaynaştırılmış bant, I_0 pankromatik görüntü, I_k boyutu pankromatik görüntünün boyutuna çıkarılmış multispectral görüntünün k'ıncı bandı, *a* ve *b* her bir piksel konumu için hesaplanması gereken ağırlık katsayılarını göstermektedir. Formül 3'de açıkca görüldüğü üzere *a* ve *b* katsayıları bilinmeyenlerdir ve pankromatik ve multispektral bantların kaynaştırılmış görüntüye olan katkılarını belirlemektedir.

a ve b katsayılarını hesaplamak için kriter ya da kuralların belirlenmesi şarttır. Bu kriter ya da kurallar problemin başarı ile çözümünde çok önemlidir, çünkü elde edilecek kaynaştırılmış görüntünün özellikleri doğrudan bunlara bağlıdır. Görüntü kaynaştırma probleminin özünde aslında multispektral görüntünün konumsal çözünürlüğünü arttırırken renk yapısını koruma amaçlanır. Bu amaç göz önünde bulundurularak problemin çözümü için aşağıda üç kriter sunulmaktadır.

Kriter-1: Kaynaştırılmış görüntünün varyansı pankromatik görüntünün varyansına eşit olmalıdır. Bu sayede pankromatik görüntüdeki konumsal detaylar kaynaştırılmış görüntüye aktarılabilir. Bu kriter Formül 3 kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$Cov(F_k, F_k) = a_k^2 \sigma_0^2 + 2a_k b_k \sigma_{0k} + b_k^2 \sigma_k^2 = \sigma_0^2 \tag{4}$$

Kriter-2: Her bir kaynaştırılmış bandın ortalaması her bir multispektral bandın ortalamasına eşit olmalıdır. Bu sayede multispektral görüntünün renk yapısı kaynaştırılmış görüntüde bozulmadan kalacaktır. Bu kriter yine Formül 3 kullanılarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$Mean(F_k) = a_k \mu_0 + b_k \mu_k = \mu_k \tag{5}$$

Formul 4 ve Formül 5'te her bir piksel konumunu belirten *m* ve *n*, formülleri karmaşıklaştırmamak için ihmal edilmiştir. Yine bu formüllerde σ_0^2, σ_k^2 sırasıyla pankromatik ve multispektral görüntülerin varyanslarını, σ_{0k} pankromatik bant ile k'inci multispektral bant arasındaki kovaryansı, μ_0 ve μ_k ise pankromatik bant ile k'inci multispektral bandın ortalamalarını göstermektedir.

Kriter-3: Bu kriter orijinal multispektral bantlar arasındaki oranın kaynaştırılmış bantlar arasında da değişmemesi için kullanılmaktadır. Aslında bu kriter 2. bölümde açıklanan Brovey tipi yöntemlerden esinlenilerek yeni yönteme eklenmiştir.

$$F_{k_{(m,n)}} = C_{(m,n)} \cdot I_{k_{(m,n)}} \tag{6}$$

Burada $C_{(m,n)}$ her bir piksel konumunda her bir bant için sabittir ve original multispektral bantlar arasındaki oranın kaynaştırma sonrası sabit kalmasını garantiler. Fakat piksel konumu değiştikçe $C_{(m,n)}$'de değişir. Yukarıda verilen üç kritere ait formül ve Formül 3 her bir piksel konumu için yazılarak aşağıda verildiği şekilde kaynaştırılmış piksel değerleri hesaplanır.

$$\begin{aligned}
&F_{k_{(m,n)}} = a_{(m,n)} \cdot I_{0_{(m,n)}} + b_{(m,n)} \cdot I_{k_{(m,n)}} \\
&a^2_{k_{(m,n)}} \sigma_0^2 + 2a_{k_{(m,n)}} b_{k_{(m,n)}} \sigma_{0k} + b^2_{k_{(m,n)}} \sigma_k^2 = \sigma_0^2 \\
&a_{k_{(m,n)}} \mu_0 + b_{k_{(m,n)}} \mu_k = \mu_k \\
&F_{k_{(m,n)}} = C_{(m,n)} \cdot I_{k_{(m,n)}}
\end{aligned} \tag{7}$$

Formül 7'de her bir piksel için her bir eşitlik *k* (k, toplam bant sayısı) kere yazılır. Böylece toplamda *4*k* eşitlik yazılmış olur. Birinci eşitlikte toplam 3 bilinmeyen ($F_{k_{(m,n)}}$, $a_{(m,n)}$ ve $b_{(m,n)}$) vardır. Dolayısıyla, *k* bant için *3*k* bilinmeyen olur. İkinci ve üçüncü eşitlikler de yine aynı $a_{(m,n)}$ ve $b_{(m,n)}$ katsayılarını bilinmeyen olarak içerir. Son olarak, dördüncü eşitlik sadece bir bilinmeyen ($C_{(m,n)}$) içerir ve bu bilinmeyen her bir piksel konumundaki tüm bantlar için aynıdır. Sonuç olarak Formül 7 toplam *4*k* ve $r = (4k - (3k+1)) = k - 1$ fazlalıkla en küçük kareler yöntemi kullanılarak çözülür. En küçük kareler yönteminde başlangıç değerleri olarak $C_{(m,n)}$ için 1 ve $a_{(m,n)}$ ve $b_{(m,n)}$ değerleri için 0,5 alınması önerilir.

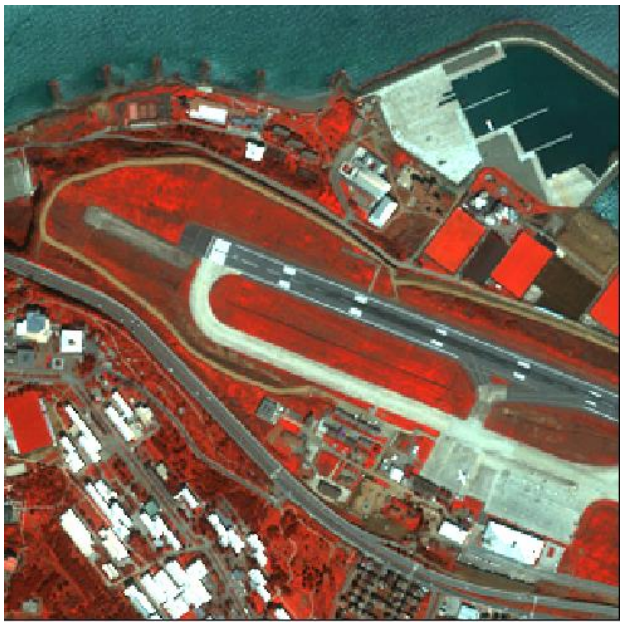
Önerilen yöntem Formül 7'yi görüntünün tamamı için kullanmaz. Pankromatik ve multispektral görüntüler üzerinde küçük pencereler alır ve her seferinde çözümü sadece pencerenin merkezindeki piksel için yapar. Bu işlem görüntülerin sol üst köşesinden başlar ve sağ alt köşeye gelene kadar her seferinde pencere bir sağa kaydırılarak devam eder. Formül 7'nin her çözümü esnasında varyans, kovaryans ve ortalamalar sadece alınan pencerenin içinde kalan pikseler kullanılarak hesaplanır. Pencere boyutu kaynaştırılacak görüntünün boyutuna göre belirlenir. Pencere boyutu, görüntülerin konumsal çözünürlüklerinin birbirine oranından büyük olan en yakın tam sayı seçilir. Örneğin IKONOS pankromatik ve multispektral görüntüler için pencere boyutu, bu görüntülerin çözünürlüklerinin birbirine oranı olan 4'ten büyük ve ona en yakın tek sayı olan 5 alınır.

Eğer pankromatik görüntüde penceredeki piksel değerlerinin hepsi aynı veya çok büyük oranda birbirine yakın ise pencerenin varyansı sıfır ya da sıfıra çok yakın bir değer olacağı için en küçük kareler yöntemi çözüm vermeyebilir. Bu durum zaten pankromatik görüntünün o bölgesinde detay olmadığını gösterir ve o bölgede kaynaştırmaya gerek yoktur. Böyle bir senaryonun gerçekleşmesi durumunda kaynaştırma işlemi iptal edilir ve multispektral görüntüdeki pikseller aynen korunur.

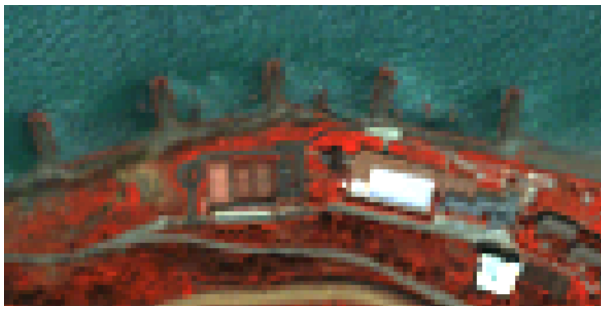
Önerilen kriter tabanli görüntü kaynaştırma yöntemi Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kanuni kampüsünü de kapsayan 2003 yılına ait 1 metrelik IKONOS pankromatik ve 4 metrelik IKONOS multispektral görüntüler kullanılarak test edilmiştir. Orjinal ve kaynaştırılmış görüntüler Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'den de görüleceği üzere kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi son derece başarılı sonuç vermektedir. Kaynaştırılmış görüntü ayrıntılı olarak incelendiğinde görülmektedir ki yöntem hem konumsal çözünürlüğü arttırmada hem de orjinal multispektral görüntünün renk yapısını korumada oldukça iddialıdır. Yöntem daha önceden belirlenen kriterler kullanılarak gerçekleştirildiği için aslında kaynaştırılmış görüntünün özellikleri ve kalitesi önceden bilinmektedir. Bu özellik aslında genel bir görüntü kaynaştırma yöntemi geliştirmede ileriye dönük ipuçları vermektedir.

IKONOS Pankromatik (1 metre)



IKONOS Multispektral (4 metre)
Bant: 1, 2, 4



IKONOS Multispektral (4 metre)

Kaynaştırılmış Görüntü (1 metre)

Kaynaştırılmış Görüntü (1 metre)

Şekil 1: Orjinal ve kaynaştırılmık IKONOS pankromatik ve multispektral görüntüler.

6. SONUÇ

Kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi kaynaştırılmış görüntüleri pankromatik ve multispektral görüntülerin lineer kombinasyonu şeklinde hesaplamaktadır. Önerilen ve uygulanan üç kriter, pankromatik ve multispektral görüntülerin kaynaştırılmış görüntüye olan katkılarını belirleyen ağırlık katsayılarının belirlenebilmesinde kullanılmaktadır. Kriter tabanlı yöntemde sonuç görüntü önceden belirlenen kriterlere göre hesaplandığı için kaynaştırılmış görüntünün özellikleri ve kalitesi önceden bilinebilmektedir. Bu, kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda kendi kaynaştırma araçlarını dizayn edebilmelerine imkan verecek yeni kaynaştırma algoritmaları hususunda geleceğe dönük ipuçları sunmaktadır. Test sonuçları ve görsel incelemeler göstermiştir ki kriter tabanlı görüntü kaynaştırma yöntemi hem konumsal çözünürlüğü arttırmada hem de orjinal multispektral görüntünün renk yapısını korumada oldukça başarılı sonuç vermektedir.

KAYNAKLAR

ARMENAKIS, C.; LEDUC, F.; CYR, I.; SAVAPOL, F.; CAVAYAS, F. (2003), A Comparative Analysis of Scanned Maps and Imagery for Mapping Applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. Vol. 57, No. 5, pp. 304– 314.

CHOI, M. (2006), A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion with a Tradeoff Parameter *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 44, No. 6, pp. 1672-1682

GARGUET-DUPORT, B.; GIREL, J.; CHASSERY, J.; PAUTOU, G. (1996), The Use of Multiresolution Analysis and Wavelets Transform for Merging SPOT Panchromatic and Multispectral Image Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 62, No. 9, pp. 1057- 1066.

GONZÁLEZ-AUDÍCANA, M.; OTAZU, X.; FORS, O.; ALVAREZ-MOZOS, J. (2006), A Low Computational-Cost Method to Fuse IKONOS Images Using the Spectral Response Function of its Sensors. IEEE Transactions on Geoscience And Remote Sensing, Vol, 44, No. 6, pp. 1683-1691.

GUNGOR, O.; SHAN, J. (2005), A Statistical Approach for Multi-resolution Image Fusion, *UPPECORA 16UP* - "Global Priorities in Land Remote Sensing", Sioux Falls Convention Center, Sioux Falls, SD, October 23-27.

GUNGOR, O. (2008), Multisensor Multispectral Image Fusion. Ph.D. Thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, USA

HARRISON, B.A.; JUPP, D.L.B. (1990), *Introduction to Image Processing*. CSIRO Publications. Canberra, Australia. ISBN 10: 0643050922.

LI, C.; LIU, L.; WANG, J.; ZHAO, C.; WANG, R. (2004), Comparison of Two Methods of the Fusion of Remote Sensing Images with Fidelity of Spectral Information. *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2004.* Anchorage, Alaska, US. September 20-24.

NÚÑEZ, J.; OTAZU, X.; FORS, O.; PRADES, A.; PALÀ, V.; ARBIOL, R. (1999), Multiresolution-Based Image Fusion with Additive Wavelet Decomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, No. 3, pp. 1204-1211.

POHL, C.; VAN GENDEREN, J. L. (1998), Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. International Journal of Remote Sensing, Vol.19, No.5, pp. 823-854.

PRADHAN, P. (2005), Multiresolution Based, Multisensor, Multispectral Image Fusion. Ph.D. Dissertation. Mississippi State University. August 2005.

RANCHIN, T.; WALD, L. (2000). Fusion of High Spatial and Spectral Resolution Images: The ARSlS Concept and Its Implementation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 66, No. 1, pp. 49-61.

STARCK, J. L.; MURTAGH, F. (2004), Image Restoration with Noise Suppression Using the Wavelet Transfoem. *Astron. Astrophys*. Vol. 288, pp. 342-348.

STEFFEN, P.; HELLER, P.; GOPINATH, R. A.; BURRUS, C. S. (1993), Theory of Regular M-Band Wavelet Bases. IEEE Transactions on Signal Processing. Vol. 41, No. 12, pp. 3497-3511.

TU, T. M.; HUANG, P. S.; HUNG, C. L.; CHANG, C. P. (2004), A Fast Intensity–Hue–Saturation Fusion Technique with Spectral Adjustment for IKONOS Imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 1, No. 4, pp. 309-312.

WANG, Z.; ZIOU, D.; ARMENAKIS, C.; LI, D.; LI, Q. (2005), A Comparative Analysis of Image Fusion Methods. *IEEE Transactions on Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 43, No. 6, pp. 1391-1402.

YOCKY, D. A. (1995), Image Merging and Data Fusion By Means of the Discrete Two- Dimensional Wavelet Transform. *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 12, No. 9, pp. 1834-1841.

YANG, R. H.; PAN, Q.; CHENG, Y.M. (2006), A New Method of Image Fusion Based on M-Band Wavelet Transform. *Proceedings of the Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Dalian, August, 13-16.

ZHANG, Y. (1999), A New Merging Method and its Spectral and Spatial Effects. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 20, No. 10, pp. 2003- 2014.

ZHOU J.; CIVCO, D. L.; SILANDER J. A. (1998), A Wavelet Transform Method to Merge Landsat TM and SPOT Panchromatic Data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 19, No. 4, pp. 743-757.

ZHU, S. (2002), Image Fusion Using Wavelet Transform. *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*. Ottowa, 2002