

Görüntü Birleştirme Yöntemlerinin Spektral Değerleri ve Görüntü Kalitesini Koruma Açısından Karşılaştırılması: Worldview-2 Uygulaması (A Comparison of Resolution Merge Techniques According To Preservation of Spectral Value and Image Excellence: Worldview-2 Application)

Bekir GÜL, Çağlar YILDIRMIŞ, Abdullah DEĞER, Mustafa ERDOĞAN, Ali ULUBAY

Harita Genel Komutanlığı, Ankara
bekir.gul@hgk.msb.gov.tr

ÖZET

Son dönemde yüksek mekânsal çözünürlüklü ve çok bantlı (multispektral) uydu görüntülerindeki artış, piksel tabanlı sınıflandırma uygulamalarını da olumlu etkilemektedir. Kullanıcılar uygulamalarında hem yüksek mekânsal çözünürlükten hem de yüksek spektral çözünürlükten elde ettiği bilgilerden vazgeçmek istememektedirler. Bu durum tek bantlı yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntünün, çok bantlı yüksek spektral çözünürlüklü görüntü ile birleştirilmesine (Pan Sharpening) olan talebi artırmaktadır.

Kullanılan algoritmanın/yöntemin özelliklerine göre görüntü birleştirme teknikleri spektral yansıma değerlerini ya da görüntü kalitesini farklı oranlarda bozmaktadır. Piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerinde bozulmuş spektral değerlere sahip görüntünün kullanılması, doğru ve güvenilir bilgi çıkarımını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle uydu görüntüleri üzerinden optik veya spektral olarak kıymetlendirme yapacak araştırmacıların amaçlarına göre doğru görüntü birleştirme yöntemini seçmelerinin yapacakları çalışmanın başarısına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada Kızılcahamam-Ankara bölgesine ait Worldview-2 uydu görüntüsü kullanılarak, 6 farklı görüntü birleştirme tekniğinin, 3 farklı yeniden örnekleme yöntemi ile kullanılarak 3 farklı bant kombinasyonunda, çıplak arazi, orman ve hidrografi bilgisi içeren alanlarda piksel değeri araştırılarak, her üç veri grubu için bu yansıma değerlerindeki değişim belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistik açılarından değerlendirilmiştir. Ayrıca görüntü kalitesinin korunması açısından elde edilen sonuç görüntüler belirlenmiş olan denek grubuna sorularak görsel açıdan hangi yöntemlerle elde edilen görüntülerin daha iyi sonuç verdiği tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü Birleştirme, Spektral Yansıma Değeri, Görüntü Kalitesi, Worldview-2

ABSTRACT

Recently, the increase of high spatial resolution multispectral satellite imagery effects pixel-based classification applications positively. The users do not want to give up derived information from high spatial and spectral resolution imagery. This condition enhances the demand of resolution merge/pan

sharpening that means combination of high spatial resolution panchromatic imagery with high resolution multispectral imagery.

According to resolution merge algorithms / techniques features, spectral DN values and optic image excellence deteriorates in different ratios. The usage of deteriorated spectral imagery on the pixel-based classification effects the true and reliable information extraction negatively. Consequently it is considered that choosing the convenient resolution merge method contributes the researchers who will use satellite imagery for optical and spectral data extraction.

In this research, by using the Worldview-2 imagery of Kızılcahamam-Ankara region, 6 resolution merge techniques that using 3 different resampling method on 3 different band combinations of terrain, forest and hydrography pixel values viewed and for all the 3 type of data the variation in spectral DN values have designated. The results are evaluated for statistical aspects. It is also asked to the predetermined experimental group for the preserving image excellence which of the methods results are better in respect of optical aspect.

Key Words: Resolution Merge, Spectral DN Value, Optical Excellence, Worldview-2

1. GİRİŞ

Son yıllarda farklı disiplinlerin ihtiyaçları ve sayısal görüntü birleştirme tekniklerindeki gelişmeler, yüksek mekânsal çözünürlüklü tek bantlı görüntülerin, yüksek spektral çözünürlüklü ve düşük mekânsal çözünürlüklü çok bantlı görüntüler ile birleştirilmesi ihtiyacını artırmıştır. Worldview-2 uydusu, 8 spektral banda sahip, yüksek çözünürlüklü bir gözlem uydusudur. Worldview-2'nin, yersel çözünürlüğü tek bantlı görüntüde 0.50m., çok bantlı zengin spektral değerlere sahip görüntüde 2.00m.'dir.

Görüntü birleştirme işleminin amacı, spektral bilgileri koruyarak, mekânsal çözünürlüğü yükseltmektir. Böylece spektral bilgileri korunan bitki örtüsü ve zemin yapısı gibi oldukça yoğun bilgi içeren katmanların görsel olarak değerlendirilmesi ve yoğun spektral veri içeren

çok bantlı görüntüden elde edilen bilgilerinin mekânsal doğruluğunun artırılması mümkün olacaktır.

Bu çalışmada çıplak arazi, orman ve hidrografiya bilgisi içeren 30 farklı noktada; En Yakın Komşuluk (Nearest Neighbour), Bilinier Enterpolasyon (Bilinear interpolation) ve Kübik Eğrilik (Kübik convolution) yeniden örnekleme yöntemleri ayrı ayrı kullanılmıştır. Görüntü birleştirme için Erdas Imagine 9.2 yazılımında mevcut olan Ehlers, Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doygunluk Dönüşümü (Intensity Hue Saturation - IHS), Yüksek Geçirgenli Filtreleme (High Pass Filters-HPF), Ana Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis-PCA), Dalgacık (Wavelet) ve Hiperküre Renk Uzayı (Hyperspherical Color Space-HCS) yöntemleri uygulanmıştır. Farklı yöntemlerle birleştirilen görüntüler ile çok bantlı görüntü aralarındaki spektral farkları ve standart sapmaları açısından irdelenmiştir. Birleştirilmiş görüntüler 27 kişiden oluşan denek grubuna farklı ölçeklerde çıktı ortamında sunulmuş ve öncelik sırasına göre en iyi 5 görüntüyü seçmeleri istenmiştir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Çalışma bölgesi olarak Ankara ili Kızılcahamam ilçesi yakınlarında Şekil 1'de gösterilen Worldview-2 uydu görüntüsü üzerindeki 10 km²'lik alan seçilmiştir. Bölge farklı özelliklere sahip orman gruplarını, tarım arazilerini, çıplak arazileri ve baraj, kanal, akarsu gibi hidrografik detayları içermektedir.

3. YENİDEN ÖRNEKLEME YÖNTEMLERİ

Yeniden örnekleme işlemi (resampling methods) "sayısal görüntü işleme uygulamalarında yeni görüntünün piksel değerinin, eskisinin piksel değerini kullanılarak hesaplanmasına verilen isim" (HGKS 125-1 Haritacılık Terimleri Sözlüğü, 2003) olarak tanımlanmaktadır. Yeniden örnekleme, genellikle uzaktan algılama amaçlı görüntüler içerisinde

daha büyük veya küçük piksel değerlerinin enterpolasyonu için kullanılan bir işlemdir.

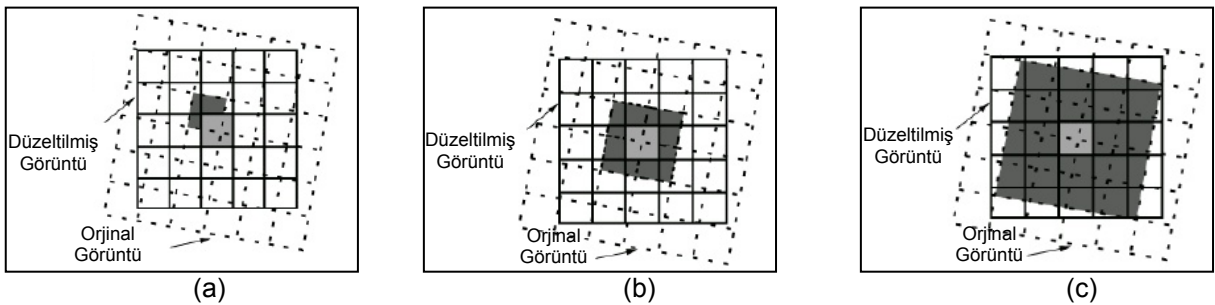
En Yakın Komşuluk yöntemi örneklemede, orijinal görüntüden alınan pikseller sayısal olarak düzeltilmiş görüntüdeki en yakın piksele atanır. Bu yöntemde orijinal değerler en az değişikliğe uğramakta bununla birlikte, bazı piksel değerleri çift olarak ortaya çıkmakta bazıları ise kaybolmaktadır. (URL-1)

Bilinier Enterpolasyon yöntemi ile örneklemede, orijinal görüntüden alınan 4 pikselin ağırlıklı ortalaması yeni piksele atanır. Bu yöntemde, düzeltilmiş görüntü tamamen yeni değerleri alır.



Şekil 1. Test Bölgesi

Kübik Eğrilik yöntemiyle örneklemede, orijinal görüntüden alınan 16 piksel bloğunun ağırlıklı ortalaması hesaplanarak düzeltilmiş görüntü pikseline atanır. Kübik Eğrilik yöntemde, Bilinier enterpolasyon yönteminde olduğu gibi yeni piksel değerleri üretilmektedir. Bu iki metodun kullanımı ile elde edilen görüntüler, kullanıcıya daha keskin bir görünüş izlenimi verirler ve Nearest neighbour metodunda meydana gelen parçalı ve eşit olarak dağılmamış ışık ve gölgeleri içermezler. En Yakın Komşuluk, Bilinier Enterpolasyon ve Kübik Eğrilik metodu örnekleme Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) En Yakın Komşuluk, (b) Bilinier Enterpolasyon, (c) Kübik Eğrilik (URL-2)

4. GÖRÜNTÜ BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

a. Dalgacık Dönüşümü

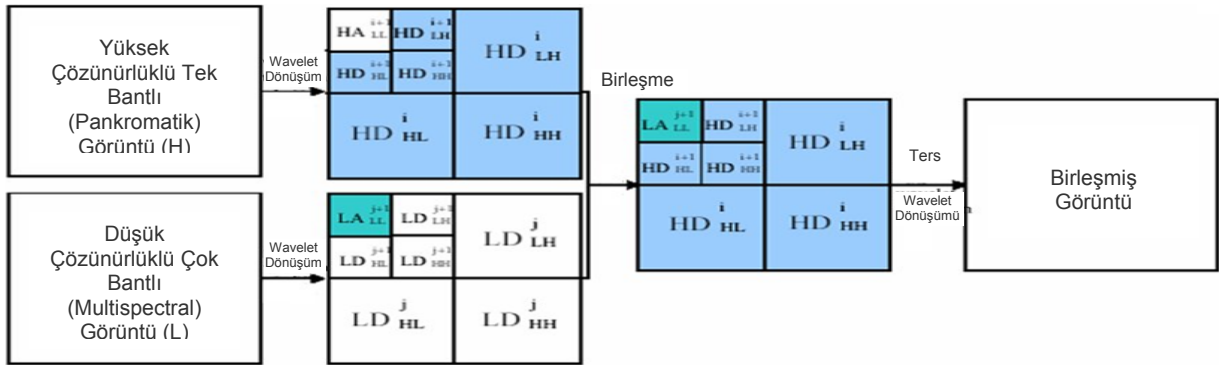
Dalgacık dönüşümü (Wavelet) sinyal analizinde kullanılan güçlü bir matematiksel dönüşümdür. Dönüşümde, yüksek çözünürlüklü görüntü, değişik mekânsal çözünürlüklerde 4 farklı alt görüntüye ayrıştırılır. Bunlar:

- * Düşük Çözünürlüklü Görüntü,
- * Yatay Görüntü,
- * Dikey Görüntü,
- * Diyagonal Görüntü

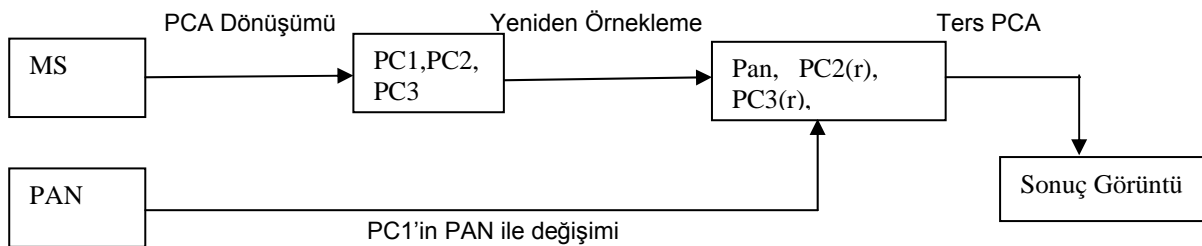
Yatay, dikey ve diyagonal görüntüler konum bilgisi ihtiva eden wavelet katsayılarını taşımaktadır. Pankromatik görüntüden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntü Multispektral görüntü üzerinde seçilmiş bant ile değiştirilir. Bu işlem tüm bantların dönüşümü yapıncaya kadar devam eder. Son olarak tersine dönüşüm yapılarak sonuç görüntü elde edilir. Wavelet dönüşümü genellikle spektral değerleri korurken mekânsal iyileştirmede zayıf kalmaktadır. (Klonus S., vd., 2009) Wavelet yöntemine ilişkin algoritma Şekil 3'te gösterilmiştir.

b. Ana Bileşenler Dönüşümü

Ana bileşenler dönüşümü (PCA - Principle Component Analyses), görüntünün geometrik özellikleri üzerinde yapılan mekânsal bir dönüşüm değil, görüntünün radyometrik (spektral ya da renk) özellikleri üzerinde yapılan istatistiksel bir dönüşümdür (Akça M.D., vd., 2002). Ana bileşenler dönüşümü çok değişkenli ve aralarında yüksek korelasyon bulunan verileri, aralarında korelasyon olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren doğrusal bir dönüşümdür. Yeni bileşenler, birbirine dik eksnelere sahip olduğundan arasında herhangi bir korelasyon yoktur. İlk bileşen en fazla varyansı içerir ve diğer bileşenler azalan varyans değerlerine sahiptir. En fazla varyansı içeren ilk bileşen aynı zamanda en fazla bilgiyi de içerir. Şekil 4'te gösterilen diyagramda, ilk olarak MS bantlarından temel bileşenler hesaplanır. Daha sonra ilk bileşen yerine Pankromatik görüntü ile değişim yapılır ve son olarak dönüşüm tersine uygulanır.



Şekil 3. Dalgacık Dönüşüm Diyagramı



Şekil 4. Ana Bileşenler Dönüşümü Diyagramı (V. Vijayaraj, 2004)

c. Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doymunluk Dönüşümü

Yansıma Şiddeti, Renk Tonu, Doymunluk (IHS- Intensity Hue Saturation Method)) yöntemi, düşük mekânsal çözünürlüğe sahip görüntüden seçilen üç banda ait veriyi kullanarak IHS bileşenlerine dönüştürür. Yansıma şiddeti (intensity-I) görüntünün toplam parlaklığını belirtir. Renk Tonu (Hue-H) görüntüyü oluşturan ışığın ortalama dalga boyunu ifade eder. Doymunluk (Saturation-S) bileşeni ise rengin saflığını belirtir. Bu dönüşüm mekânsal bilginin bir tek yansıma şiddeti bantına (I) ayrılmasına izin verir. Diğer bantlar mekânsal bilgi yerine renk ile ilgili bilgiler içerirler. RGB'den IHS ortamına dönüştürülen sayısal görüntü daha sonra yine renk ortamına dönüştürülebilir. IHS yöntemindeki aşamalar Şekil 5'te belirtildiği gibidir. (Uğurlu B. vd.,2007).

ç. Ehlers Füzyonu

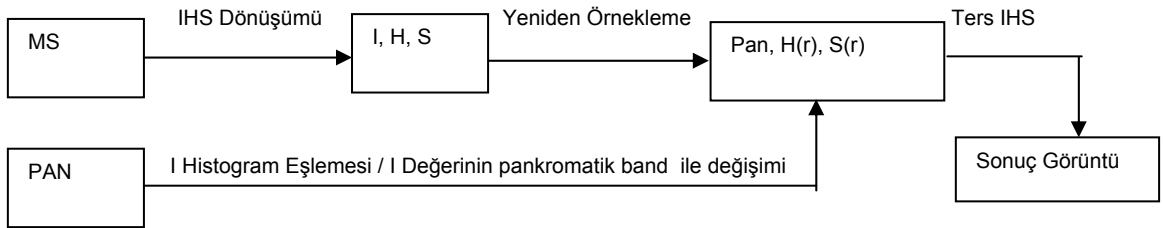
Ehlers Füzyonu (Ehlers Fusion) çok bantlı verinin mekânsal çözünürlüğünü artırırken spektral değerleri korumak amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. (Ehlers M., 2004) Ehlers yöntemi multispektral görüntünün mekânsal olarak iyileştirilmesinde arazi örtüsünün homojen olduğu alanlarda, spektral değerlere yeni gri değer eklemeyen iyileştirme prensibine dayalı bir yöntemdir. (Ehlers M., 2007). Yöntem iki basamaktan oluşmakta olup ilk olarak konum bilgisi ve spektral bilgi (renk) ayrımı yapılır. İkinci

aşamada da mekânsal bilgi görüntü üzerinde uygun bir iyileştirmeye imkân verecek şekilde değiştirilir.

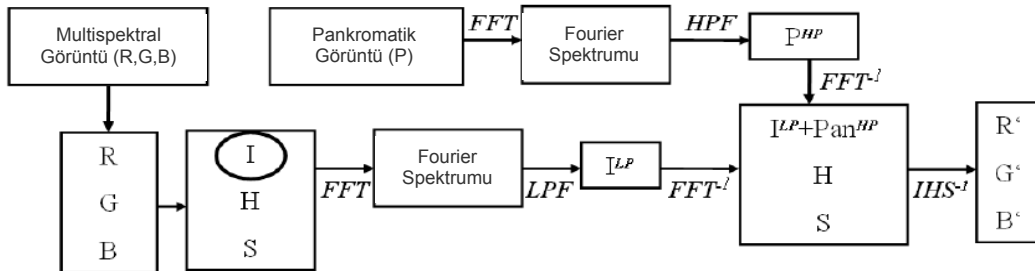
Ehlers yönteminin genel işleyişi Şekil 6'da sunulmuştur. Ehlers yöntemi, çok bantlı görüntüde optimum renk ayrımı elde etmek için IHS dönüşümünü kullanmaktadır. IHS dönüşümü 3 bant ile (RGB) sınırlı iken bu yöntemde çoklu IHS dönüşümleri gerçekleştirilerek, kullanılan bant sayısı artırılmıştır (Hurd J.D.,vd., 2009). Mekânsal bilginin iyileştirilmesi Fourier dönüşümü kullanan bir filtre ile sağlanmaktadır. Hızlı Fourier Dönüşümü ile (FFT-Fast Fourier Transformation) IHS yöntemindeki yansıma şiddeti için alçak geçiren filtre kullanılırken, pankromatik görüntüde tersine yüksek geçiren filtre kullanılmaktadır. Görüntüler tekrar eski konumlarına, Ters Fourier Dönüşümü (FFT^{-1}) kullanılarak düşük ve yüksek çözünürlüklü görüntünün birleştirilmesi ile getirilir. Sonuç görüntünün oluşturulmasında Ters IHS dönüşümü uygulanır.

d. Yüksek Geçiren Filtreleme Yöntemi

Yüksek Geçiren Filtreleme yöntemi (HPF-High Pass Filtering) genel olarak veri sıkıştırma ve yeniden yapılandırma tekniği olarak ifade edilebilir (Bektaş F.B., vd., 2009). Yüksek Geçiren Filtreleme yöntemi, pankromatik görüntüye ait yüksek frekans bilgisinin çok bantlı görüntüye eklenmesi işleminde spektral bozulmanın minimum olmasını sağlar.



Şekil 5. IHS Dönüşümü Diyagramı (W. J. Carper, vd.,1990)

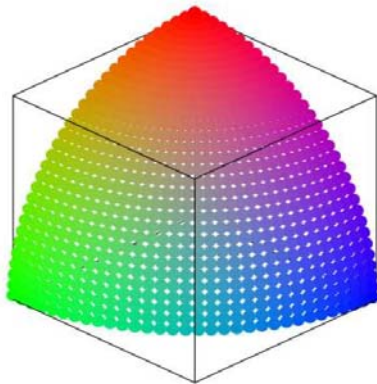


Şekil 6. Temel Ehlers Yöntemi İşlemleri (Hurd J.D., vd., 2009)

Yöntemin uygulanmasında, multispektral görüntü büyüklüğünün pankromatik görüntü büyüklüğüne olan oranı (R) hesaplanmakta ve daha sonra yüksek çözünürlüklü görüntüye yüksek geçişli filtre uygulanmaktadır. Çok bantlı görüntü yüksek geçirgenli görüntünün piksel boyutuna gelecek şekilde yeniden örneklenmektedir. Yeniden örneklemede Bilinier Entropolasyon kullanılmaktadır. Son olarak da yüksek geçirgenli filtre uygulanan görüntü multispektral görüntüye eklenmektedir.

e. Hiperküre Renk Uzayı Yöntemi (HCS)

HCS yöntemi Worldview-2 uydu görüntüsünde pankromatik ve çok bantlı görüntülerin birleştirilmesi amacıyla geliştirilen bir görüntü birleştirme yöntemidir. Yöntem Erdas 2011 yazılımında sunulmakta olup 3 bant ve daha fazla banda sahip multispektral görüntülerde kullanılabilir. HCS yöntemi gerçek renk uzayını bir hiperküre renk uzayına dönüştürmektedir. Gerçek renk uzayı ve hiperküre renk uzayı arasındaki dönüşüm n-boyutlu Kartezyen uzaydan n-boyutlu Hiperküre uzayına dönüşüm ile sağlanmaktadır. Hiperküre uzayına dönüşümde her bir banda ait açısız bileşen (ϕ) rengi, radyal bileşen (I) rengin yoğunluğunu göstermektedir. Görüntü birleştirme aşamasında multispektral ve pankromatik görüntüye ait bileşenler hiperküre renk uzayında tanımlanmaktadır. Birleştirilen görüntüye ait değerler gerçek renk uzayında yeniden hesaplanmaktadır. Böylece multispektral bandlara ait (renk, yoğunluk) bileşenlerin pankromatik görüntüye aynı oranda etki etmesi sağlanmaktadır (Padwick C., vd., 2010). Şekil 7'de Hiperküre Renk Uzayı gösterilmiştir.



Şekil 7. Hiperküre Renk Uzayı (Padwick C., vd., 2010)

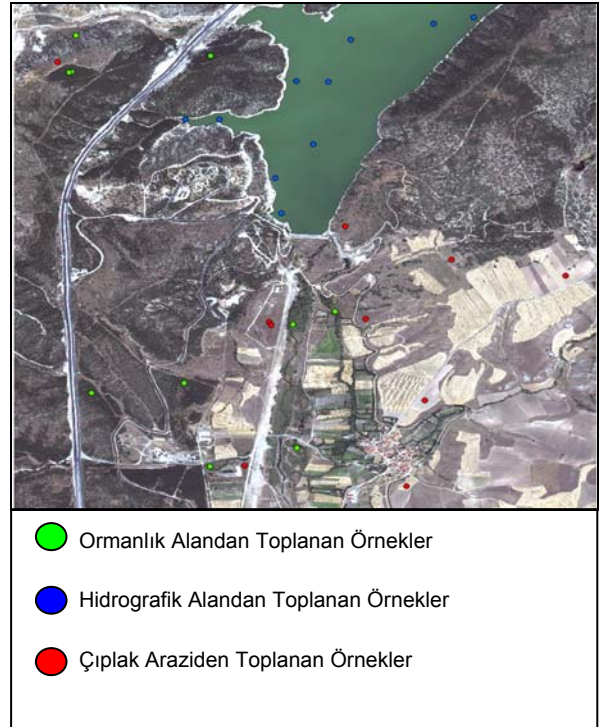
5. UYGULAMA

a. Görüntü Birleştirme

Görüntü birleştirme işleminde kullanılacak bantların sonuca etkisi olacağı öngörüldüğünden çok bantlı görüntüden 1-8. Bantlar (tüm bantlar), 2-5. bantlar (görünür bantlar), 7-8. bantlar (yakın kızıl ötesi bantlar), olmak üzere 3 ayrı bant grubu oluşturulmuştur. Uygulama alanındaki Worldview-2 uydu görüntüsüne ait pankromatik ve çok bantlı görüntüler, 6 görüntü birleştirme yöntemi (Dalgacık, PCA, IHS, Ehler, HPF, HCS) ve 3 yeniden örnekleme yönteminin (en yakın komşuluk, bilinier entropolasyon, kübik eğrilik) kombinasyonları kullanılarak, toplam 17 farklı görüntü birleştirme tekniğine göre birleştirilmiştir. Sonuç olarak, toplam 85 adet birleştirilmiş görüntü elde edilmiştir.

b. Birleştirilmiş Görüntüde Spektral Değerlerin Belirlenmesi

Uygulama alanı sınırları içerisinde ormanlık, hidrografik (göl, akarsu vb.) ve çıplak araziye ait bölgeler belirlenerek bu bölgelerin her birinden 10'ar adet, toplam 30 adet test tespit edilmiştir. Test noktalarının konumu Şekil 8'de sunulmuştur.



- Ormanlık Alandan Toplanan Örnekler
- Hidrografik Alandan Toplanan Örnekler
- Çıplak Araziden Toplanan Örnekler

Şekil 8. Orman, hidrografya ve çıplak arazi üzerinden seçilen noktalar.

Farklı görüntü birleştirme yöntemleri ve bant kombinasyonları ile oluşturulan 85 yeni

görüntüdeki 30 adet test noktasında, yansımaya değerleri incelenmiştir. Örnek olarak Tablo 1'de 30 ölçüm noktasından biri olan $32^{\circ}41'59''$, $14^{\circ}40'15'52''$, $37K$ koordinatındaki bir orman pikselinin MS görüntüdeki ve 3 farklı bant kombinasyonunda En Yakın Komşuluk yöntemine göre yeniden örneklenmiş ve Dalgacık Yöntemine göre birleştirilmiş görüntüden okunmuş olan 14 yansımaya değerleri verilmiştir.

c. Spektral Farkların Hesaplanması

Görüntü birleştirme sonucunda elde edilen değerler, çok bantlı görüntüdeki yansımaya değerlerinden çıkartılarak farkları alınmıştır. Tablo 2'de tüm bantlar (1-8. bantlar) kullanılarak, 17 farklı görüntü birleştirme yönteminden elde edilen, bant bazındaki fark ortalama değerleri verilmiştir.

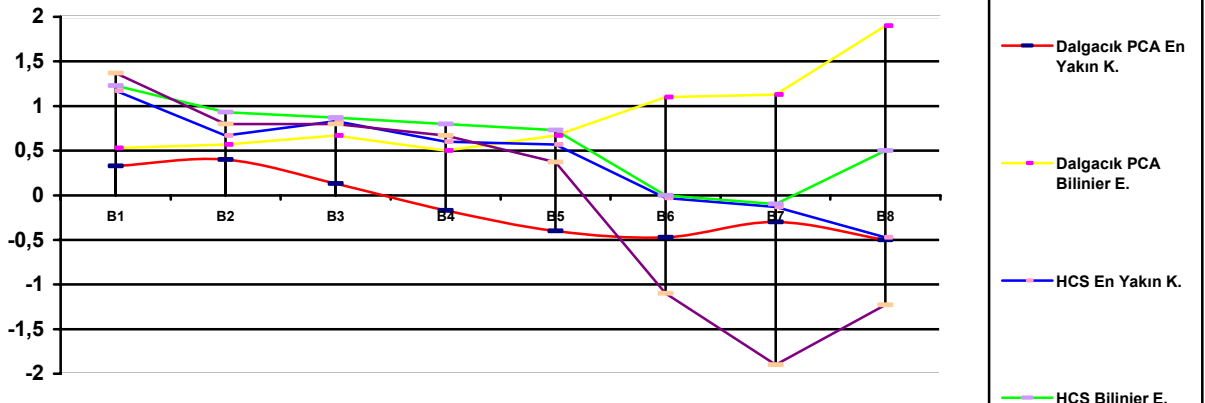
Yöntemlerin fark değerleri incelendiğinde genel olarak Dalgacık ve HCS yöntemlerinin yansımaya değerlerini en az bozan metotlar olduğu görülmektedir (Şekil 9).

Tablo 1. Örnek Yansımaya Değerleri

Bantlar	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
MS Görüntü	341	200	270	281	168	731	1104	967
1-8	341	201	271	285	172	738	1111	974
2-3-4-5		199	268	278	165			
7-8							1101	965

Tablo 2. Bant Bazında Yöntemlere Göre Yansımaya Değeri Fark Ortalamaları

Nu.	Yöntem	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
1	Dalgacık	PCA En Yakın K.	0,33	0,40	0,13	-0,17	-0,40	-0,47	-0,30	-0,50
2		PCA Bilineer E.	0,53	0,57	0,67	0,50	0,67	1,10	1,13	1,90
3		En Yakın K.	2,00	2,50	3,13	0,57	0,90	3,57	-5,83	-1,33
4		Bilineer E.	2,03	2,93	4,83	0,93	0,63	5,57	-1,27	-0,50
5		IHS En Yakın K.							1,37	-0,07
6		IHS Bilineer E.							-2,40	-4,33
7	PCA	En Yakın K.	34,70	41,73	76,47	167,07	147,03	272,77	298,03	279,83
8		Bilineer E.	34,47	42,10	77,23	170,07	149,30	275,53	301,07	286,40
9		Kübik Eğrilik	33,23	40,50	75,13	162,90	143,17	262,47	290,03	272,80
10	IHS	En Yakın K.	2,87	1,17	0,37	4,33	4,73	12,00	29,37	27,10
11		Bilineer E.	1,67	1,73	3,43	6,87	4,50	9,67	25,60	26,53
12		Kübik Eğrilik	0,60	1,13	2,83	8,47	5,23	11,37	27,67	25,07
13	Ehler	En Yakın K.	-127,40	-22,10	11,37	-30,07	-12,20	3,20	-210,10	-104,23
14		Bilineer E.	-127,40	-21,93	11,57	-29,93	-12,10	3,50	-210,20	-104,27
15		Kübik Eğrilik	-195,10	-25,43	8,33	-27,37	-10,40	10,27	-188,63	-106,30
16	HPF		-2,67	-1,17	-1,23	-4,80	-6,80	-11,20	-12,07	-7,93
17	HCS	En Yakın K.	1,17	0,67	0,83	0,60	0,57	-0,03	-0,13	-0,47
18		Bilineer E.	1,23	0,93	0,87	0,80	0,73	0,00	-0,10	0,50
19		Kübik Eğrilik	1,37	0,80	0,80	0,67	0,37	-1,10	-1,90	-1,23



Şekil 9. Spektral Değerleri Koruyan Yöntemlerin Yansımaya Farkları

Fark değerlerinin standart sapmaları hesaplanmış ve tüm bantlar (1-8. bantlar) kullanılarak yapılan görüntü birleştirmelerinin standart sapmaları Tablo 3'te sunulmuştur.

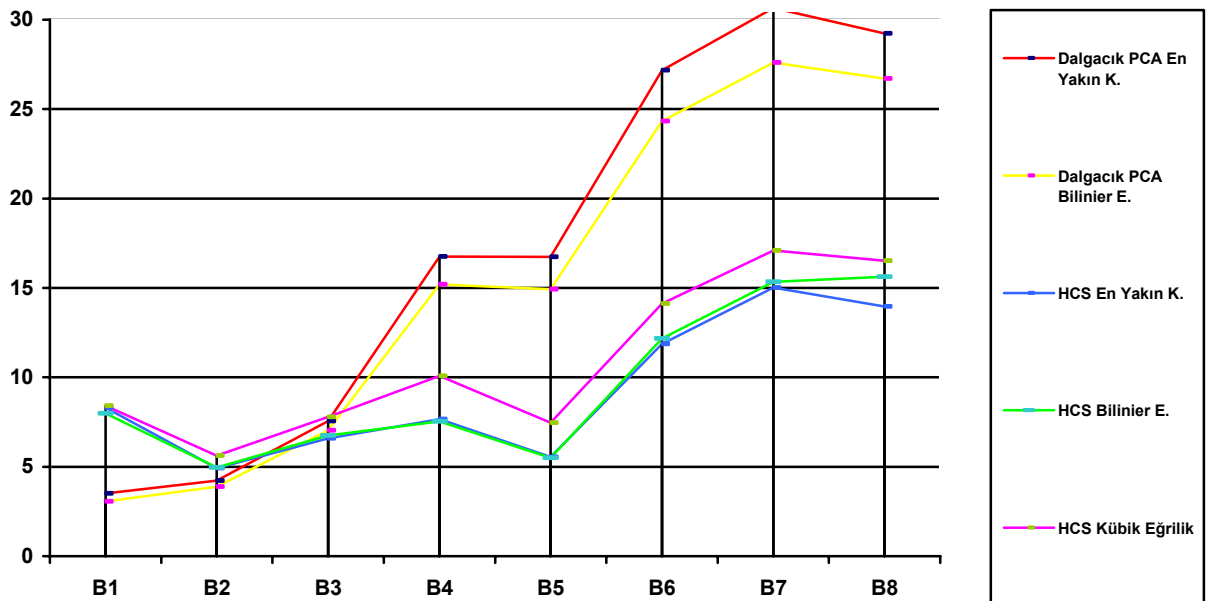
Tablo 3'teki standart sapma değerleri incelendiğinde Dalgacık ve HCS yöntemine ait standart sapmanın tüm bantlarda diğer metotlara göre daha küçük değerlere sahip olduğu görülmektedir. İlk üç bantta Dalgacık yöntemi,

diğer bantlarda HCS yöntemi en küçük standart sapma değerini vermektedir. Şekil 10'da iki yöntem için ait standart sapmaların grafik gösterimi sunulmuştur.

Yöntemlerin tümü incelendiğinde özellikle 6, 7 ve 8'inci bantlarda farkların çok yüksek olduğu görülmektedir. Pankromatik bandın bu dalga boylarını kapsamaması nedeniyle farkların yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 3. Bant Bazında Yöntemlere Göre Standart Sapmalar

Nu.	Yöntem		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
1	Dalgacık	PCA En Yakın K.	3,51	4,22	7,55	16,76	16,74	27,18	30,67	29,23
2		PCA Bilinier E.	3,06	3,89	7,03	15,19	14,92	24,33	27,60	26,70
3		En Yakın K.	3,31	2,75	5,30	13,22	9,86	42,56	47,19	29,35
4		Bilineer E.	3,88	3,10	6,80	12,95	12,70	39,76	38,40	31,03
5		IHS En Yakın K.							18,69	20,18
6		IHS Bilineer E.							32,53	36,49
7	PCA	En Yakın K.	16,46	19,78	36,44	77,34	60,03	130,12	160,30	161,87
8		Bilineer E.	16,55	20,25	36,95	78,98	61,58	131,84	162,37	169,13
9		Kübik Eğrilik	16,29	19,79	36,45	76,11	58,01	125,41	154,17	159,95
10	IHS	En Yakın K.	9,16	6,82	14,42	25,41	11,29	25,49	79,71	73,30
11		Bilineer E.	9,87	5,26	8,43	13,59	11,68	27,32	77,73	76,98
12		Kübik Eğrilik	10,34	5,73	8,65	14,82	12,74	26,12	76,13	77,49
13	Ehler	En Yakın K.	8,81	5,23	11,14	21,53	18,78	48,71	69,00	42,18
14		Bilineer E.	8,81	5,31	11,19	21,59	18,84	48,81	68,98	42,17
15		Kübik Eğrilik	16,10	5,81	13,56	22,12	19,40	41,47	66,51	43,67
16	HPF			7,70	15,04	28,17	31,91	36,92	50,02	50,44
17	HCS	En Yakın K.	8,31	4,93	6,59	7,66	5,54	11,86	15,02	13,97
18		Bilineer E.	7,98	4,95	6,75	7,54	5,50	12,18	15,34	15,62
19		Kübik Eğrilik	8,41	5,62	7,79	10,08	7,46	14,12	17,09	16,53



Şekil 10. Spektral Değerleri Koruyan Yöntemlerin Standart Sapmaları

ç. Görüntü Kalitesine Göre Karşılaştırma

Görüntü birleştirme neticesinde elde edilen sonuç görüntülerden bir taraftan spektral değerleri koruması beklenirken diğer taraftan özellikle optik kıymetlendirmede kullanılacak görüntüler için görüntü kalitesi de önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu aşamasında birleştirilmiş sonuç görüntülerden hangilerinin görsel açıdan başarılı sonuç verdiği tespit edilmeye çalışılmıştır. 17 farklı kombinasyon ile elde edilmiş sonuç görüntüler 1:5000 ve 1:1500 ölçeğinde çıktı alınarak 27 kişiden oluşan denek grubuna gösterilmiştir. Deneklerden en iyi olduğunu düşündükleri 5 görüntüye 1-5 puan vermeleri istenmiştir. 5 puan alan görüntü görsel açıdan en iyi görüntü olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Tablo 4 ve Tablo 5'te sunulmuştur.

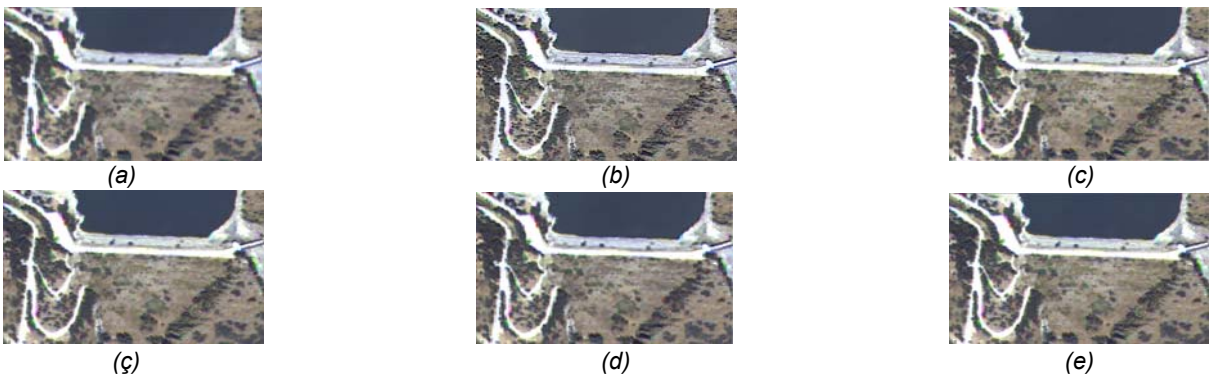
Elde edilen sonuçlara göre 1:1500 ölçeğinde en iyi görüntüler öncelik sırasına göre HPF, IHS Kübik, IHS Bileneer, HCS Kübik ve IHS NN'dir. 1:5000 ölçeğinde ise en iyi görüntüler öncelik sırasına göre HPF, IHS Kübik, IHS Bileneer IHS NN ve HCS Kübik olarak belirlenmiştir. 1:1500 ve 1:5000 ölçeğinde görüntü kalitesini en çok koruyan yöntem HPF olarak belirlenmiştir. 27 denegın, 1:1500 ölçeğinde % 88'i ve 1:5000 ölçeğinde % 81'i HPF yöntemi ile elde edilen sonuç görüntülere 5 puan vererek görsel açıdan en iyi görüntü olarak seçmişlerdir. Şekil 11'de, 1:1500 ölçeğinde görüntü birleştirmede kullanılan multispektral (ham) görüntü ile birleştirme sonucunda elde edilen operatörlerce seçilen beş en iyi görüntü öncelik sırasına göre sunulmuştur.

Tablo 4. 1:1500 Ölçeğine Göre Değerlendirme Sonuçları

	HCS En Yakın K.	HCS Kübik Eğrilik	HCS Bilinier E.	IHS En Yakın K.	IHS Bilinier E.	IHS Kübik Eğrilik	PCA En Yakın K.	PCA Bilinier E.	PCA Kübik Eğrilik	HPF	Dalgacık En Yakın K.	Dalgacık Bilinier E.	Dalgacık PCA En Yakın K.	Dalgacık PCA Bilinier E.	Ehler En Yakın K.	Ehlers Bilinier E.	Ehler Kübik Eğrilik
Toplam Puan	21	26	12	24	53	74	16	14	20	127	0	0	0	5	0	0	12
Öncelik Sırası		4		5	3	2				1							

Tablo 5. 1:5000 Ölçeğine Göre Değerlendirme Sonuçları

	HCS En Yakın K.	HCS Kübik Eğrilik	HCS Bilinier E.	IHS En Yakın K.	IHS Bilinier E.	IHS Kübik Eğrilik	PCA En Yakın K.	PCA Bilinier E.	PCA Kübik Eğrilik	HPF	Dalgacık En Yakın K.	Dalgacık Bilinier E.	Dalgacık PCA En Yakın K.	Dalgacık PCA Bilinier E.	Ehler En Yakın K.	Ehlers Bilinier E.	Ehler Kübik Eğrilik
Toplam Puan	4	36	17	57	59	62	10	11	13	115	4	5	2	3	0	0	7
Öncelik Sırası		5		4	3	2				1							



Şekil 11. 1:1500 Ölçeği: (a) Multispektral, (b) HPF, (c) IHS Kubik, (ç) IHS Bileneer, (d) HCS Kübik, (e) IHS NN

d. Değerlendirme

Çok bantlı görüntü ve farklı görüntü birleştirme yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar incelendiğinde yansıma değerlerini en fazla koruyan yöntemlerin Dalgacık ve HCS yöntemleri olduğu görülmüştür. Tablo 6 ve Tablo 7 incelendiğinde Spektral fark ortalamalarına göre Dalgacık-En Yakın Komşuluk yöntemi spektral değerleri en fazla koruyan yöntemdir. HCS En Yakın Komşuluk yöntemi ise farkların standart sapması dikkate alındığında en iyi yöntem olarak görülmektedir. HCS yöntemlerinin 3-8 bant arası standart sapma değerlerinin diğer yöntemlere göre daha küçük olduğu belirlenmiştir. HCS yöntemi sonuç görüntüde bozulmanın yüksek olduğu Kızılötesi bantlarda spektral değerlerin korunması açısından iyi sonuç vermektedir.

Görüntü birleştirme işleminde farklı bant kombinasyonlarının sonuca etkisinin olup-olmayacağına incelenmesi amacıyla 5 farklı bant grubu (Tablo-1) oluşturulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde tüm bantlar kullanılarak yapılan görüntü birleştirme işleminden elde edilen fark değerlerinin daha küçük olduğu gözlenmektedir. Ancak algılayıcıların hassasiyetleri ve meteorolojik koşullar dikkate alındığında, bant

grupları arasındaki bu kadar küçük farkların ihmal edilebileceği değerlendirilmektedir. Ancak standart sapmalara bakıldığında bantları gruplandırarak birleştirmenin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Uygulamada çalışılan bir konu da farklı detay grupları esas alınarak yapılan görüntü birleştirme sonuçlarının yansıma farklarının birbirine göre farklı olabileceği savıdır. Bu nedenle Şekil 8'de belirtildiği gibi orman, çıplak arazi ve hidrografya detaylarının her birinden yansıma değerleri ölçülmüştür. Tablo 8'de HCS-En Yakın Komşuluk Yöntemine göre tüm bantlar kullanılarak görüntü birleştirme işlemi yapılan verinin çok bantlı görüntüden olan yansıma değeri farklarının ortalamaları verilmiştir. Burada genel olarak orman ve arazi detaylarındaki yansıma farklarının hidrografik detaylara göre daha küçük olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 9'da ise fark ortalamalarının standart sapmaları sunulmuştur. Sonuç incelendiğinde, farklı katmanlara ait fark ortalamalarının birbirine yakın olduğu; hidrografyaya ait standart sapmanın arazi ve orman detayına göre daha küçük değer aldığı görülmüştür.

Tablo 6. Dalgacık ve HCS yöntemleri Spektral Ortalama Fark Değerleri

Nu.	Yöntem	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
1	Dalgacık	PCA En Yakın K.	0,33	0,40	0,13	-0,17	-0,40	-0,47	-0,30	-0,50
2		PCA Bilinier E.	0,53	0,57	0,67	0,50	0,67	1,10	1,13	1,90
3	HCS	En Yakın K.	1,17	0,67	0,83	0,60	0,57	-0,03	-0,13	-0,47
4		Bilinier E.	1,23	0,93	0,87	0,80	0,73	0,00	-0,10	0,50
5		Kübik Eğrilik	1,37	0,80	0,80	0,67	0,37	-1,10	-1,90	-1,23

Tablo 7. Dalgacık ve HCS yöntemleri Spektral Fark Standart Sapma Değerleri

Nu.	Yöntem	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
1	Wavelet	PCA En Yakın K.	3,51	4,22	7,55	16,76	16,74	27,18	30,67	29,23
2		PCA Bilinier E.	3,06	3,89	7,03	15,19	14,92	24,33	27,60	26,70
3	HCS	En Yakın K.	8,31	4,93	6,59	7,66	5,54	11,86	15,02	13,97
4		Bilinier E.	7,98	4,95	6,75	7,54	5,50	12,18	15,34	15,62
5		Kübik Eğrilik	8,41	5,62	7,79	10,08	7,46	14,12	17,09	16,53

Tablo 8. HCS-En Yakın Komşuluk Yöntemine Göre Farklı Detay Gruplarındaki Yansıma Farklarının Ortalamaları

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Orman	0.90	0.80	0.70	0.30	0.20	-0.70	-1.10	-1.60
Çıplak Arazi	0.30	0.00	0.20	0.00	0.10	-0.30	-0.30	-0.10
Hidrografya	2.30	1.20	1.60	1.50	1.40	0.90	1.00	0.30
Toplam	1.17	0.67	0.83	0.60	0.57	-0.03	-0.13	-0.47

Tablo 9. HCS-En Yakın Komşuluk Yöntemine Göre Farklı Detay Gruplarındaki Standart Sapmalar

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Orman	12.96	7.44	9.63	10.44	6.99	18.80	24.78	22.76
Çıplak Arazi	6.53	4.22	6.12	8.41	6.81	9.82	10.48	10.30
Hidrografya	3.13	2.10	2.91	2.88	1.65	1.37	0.94	1.64
Toplam	8.31	4.93	6.59	7.66	5.54	11.86	15.02	13.97

6. SONUÇLAR

Yapılan çalışma neticesinde, görüntü birleştirme işlemi için seçilen algoritmanın yansıma değerlerini koruması ve görüntü kalitesi açısından farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Erdas Imagine yazılımı kullanılarak Worldview-2 uydu görüntüsünün çokbantlı ve pankromatik bileşenlerinin görüntü birleştirilmesi için kullanılan algoritmalarda, yansıma değerini en çok koruyan algoritmaların Wavelet-Principal-Nearest ve HCS Nearest yöntemi olduğu; ancak HCS Nearest yönteminin pankromatik bandın algılama yaptığı dalga boyları dışında alım yapan diğer bantlarda da iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Görüntü kalitesini koruma açısından en iyi sonuç veren yöntemin HPF; ikinci en iyi yöntemin IHS ve üçüncü en iyi yöntemin HCS olduğu görülmüştür. HCS yöntemi spektral değer koruma açısından en iyi yöntem, görüntü kalitesini koruma açısından da 3'üncü en iyi yöntem olarak belirlenmiştir.

Çok bantlı görüntünün ve birleştirilmiş görüntülerinin arasındaki yansıma farklarının detay cinsine göre farklılık gösterdiği, belirli bir detay grubu için her algoritmanın farklı sonuçlar verdiği, dolayısıyla hakkında bilgi çıkarılmak istenen detaya göre algoritmaların seçilmesinin yerinde olacağı gözlemlenmiştir.

Görüntü birleştirme teknikleri ile elde edilen sonuçların sınıflandırma teknikleri ile de doğruluğu araştırılabilir.

Çalışmada yalnızca Erdas Imagine yazılımının görüntü birleştirme algoritmalarının Worldview-2 uydu görüntüsünün yansıma değerlerine ve görüntü kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Araştırmacıların benzer çalışmalarını farklı algoritmalar, farklı detaylar, farklı bant kombinasyonları, farklı görüntüler ve daha fazla test noktası ile çalışmanın uzaktan algılama ile bilgi çıkarımı yapacak çalışmalarda bilim insanlarına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akça M.D., Doğan S., (2002), **Sayısal Görüntülerde Ana Bileşenler Dönüşümü**, Harita Dergisi, Sayı:128
- Bektaş F.B., Göksel Ç., (2009), **Spot 5 ve Farklı Görüntü Birleştirme Algoritmaları**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara

Carper W.J., Lillesand T.M., Kiefer R.W., (1990), **The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data**, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 459-467 ss

Ehlers, M., (2007), **Segment Based Image Analysis and Image Fusion**, ASPRS Annual Convention, Tampa, FL.

Ehlers, M., (2004), **Spectral Characteristics Preserving Image Fusion Based on Fourier Domain Filtering**, Bellingham, UK, 5574ss

Harita Genel Komutanlığı, (2003), **HGKS 125-1 Haritacılık Terimleri Sözlüğü**, 534ss.

Hurd J.D., Civco D.L., (2009), **Creating an Image Dataset to Meet Your Classification Needs: A Proof-Of-Concept Study**, ASPRS Annual Conference Baltimore, Maryland

Klonus S., Ehlers M., (2009), **Performance of evaluation methods in image fusion, 12th International Conference on Information Fusion Seattle, WA, USA**

Padwick C., Deskevich M., Pacifici F., Smallwood S., (2010), **Worldview-2 Pan-Sharpener**, ASPRS Annual Convention, San Diego, USA, 4-7ss

Uğurlu B., Yıldırım H., Özel M., (2007), **Uydu Verilerinin Farklı Yöntemlerle Karılması ve Sonuçların Karşılaştırılmaları**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon

V. Vijayaraj, (2004), **A quantitative analysis of pansharpened images**, Mississippi State University

URL-1: Erdas Field Guide, (2010), <http://geospatial.intergraph.com/Libraries/Tech Docs/ERDAS Field Guide.sflb.ashx> [Erişim 02 Şubat 2013]

URL-2: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remote-sensing/fundamentals/2321>, [Erişim 02 Mart 2013]