FARKLI UYDU VERİ ÇAKIŞTIRMA TEKNİKLERİNİN ANALİZİ

Özge KAYMAN[1], Filiz SUNAR[2], Derya MAKTAV[3]

[1]İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul. ozgekayman@gmail.com
[2]İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul fsunar@itu.edu.tr
[3]İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul. maktavd@itu.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda gelişen uydu teknolojisi ile birlikte uzaktan algılama sistem ve yöntemleri de birçok uygulama alanında büyük yararlar sağlamaktadır. Özellikle geniş alanlarda hızlı ve doğru bilgi çıkarımı, düşük maliyet, kullanılan algılayıcıların elektromanyetik spektrumda geniş bölgelerde algılama yapabilmesi gibi özellikleri nedeniyle uzaktan algılama teknolojisi çeşitli uygulamalarda klasik yöntemlere göre önemli avantajlar sağlamaktadır. Günümüzde farklı uygulamalar için görüntü verileri sağlayan birçok uzaktan algılama uydusu mevcuttur, ancak elde edilen verilerin kalitesinde farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar; mekansal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük ile ilgilidir. Farklı uydular farklı çözünürlüklere sahip olduğundan, uygulama amacına göre hem mekansal hem de spektral bilginin önem kazandığı durumlarda veri çakıştırma işlemine gereksinim duyulmaktadır. Farklı algılayıcılardan elde edilmiş veriler için birçok veri çakıştırma teknikleri geliştirilmiş ve bu tekniklerin uygulanması ile elde edilen yeni görüntülerden daha doğru bilgi çıkarımı sağlanmıştır.

Bu çalışmada İstanbul iline ait RASAT uydusunun 2011 yılına ait yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüsü (7.5 m) ile çok bantlı görüntüsünün (15 m) çakıştırılarak hem yüksek mekansal çözünürlüğe hem de yüksek spektral çözünürlüğe sahip görüntü elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, RASAT uydusunun pankromatik görüntüsü ile çok bantlı görüntüsüne farklı veri çakıştırma yöntemleri (Bant yerine koyma, IHS dönüşümü, Brovey dönüşümü vb.) uygulanmış ve elde edilen sonuç görüntüleri görsel ve istatistiksel analiz ile karşılaştırılarak kullanılan yöntemlerin etkinliği irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: RASAT, Çözünürlük, Veri çakıştırma

ABSTRACT

ANALYSIS OF DIFFERENT SATELLITE DATA FUSION TECHNIQUES

In recent years, parallel to developing satellite technology, remote sensing systems and methods provide a lot of benefits in various applications. Due to quick and accurate information extraction in large areas, low cost, capability of sensing in broad range of electromagnetic spectrum, remote sensing technology provides advantages compared to classical methods. Although there are many remote sensing satellites which provide imageries for different applications, the quality of acquired imagery is different. These differences are related to spatial, spectral, radiometric and temporal resolutions. Because different satellites have different resolutions, data fusion process is needed in case both spectral and spatial information become important. Many data fusion techniques are developed for acquired imageries from different sensors and by applying these techniques, much more accurate information extraction is provided.

In this study, it is aimed to obtain both high spatial and spectral resolution Istanbul imageries by merging high spatial resolution panchromatic image (7.5 m) and multispectral image (15 m) which are taken in 2011 from RASAT. In this context, different data fusion techniques (Band replacement, IHS transformation, Brovey transformation etc.) were carried out by using panchromatic and multispectral image of RASAT and efficiency of methods is examined by comparing visually and statistically.

Keywords: RASAT, Resolution, Data fusion

1. GİRİŞ

Yeryüzündeki doğal kaynaklar sınırlıdır. Artan insan nüfusu ve bilinçsiz kullanılan teknoloji nedeniyle bu sınırlı kaynaklar tüketilmekte, yeryüzünde ve biyosferde olumsuz değişimlere neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, doğal kaynakların korunması ve yönetimi için global bir perspektife, bilimsel disiplinler arası yardımlaşmaya ve yeni araştırma stratejilerine ihtiyaç vardır. Uzaktan algılama tekniği sağladığı düşük maliyet, sinoptik görüş ve bilgi çeşitliliği avantajıyla bu amaca yönelik global bir bakış sağlamaktadır.

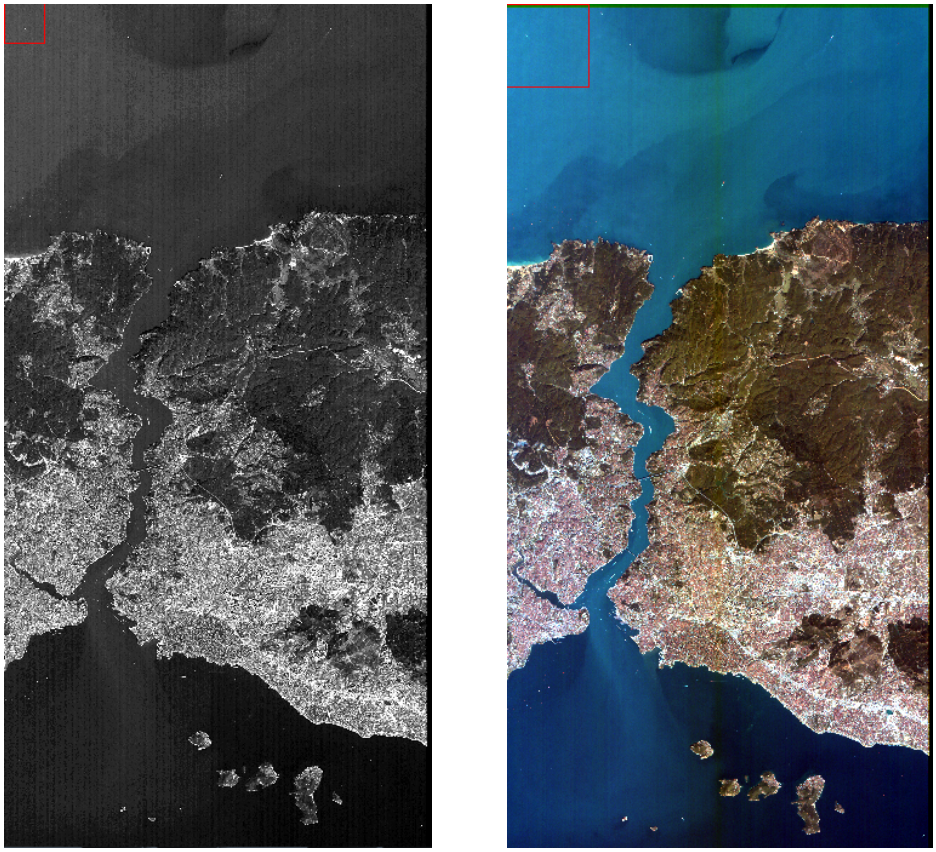
Ülkemizde uzay teknolojilerine yapılan yatırım ve planlamalar diğer gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında oldukça azdır. Genelde daha çok askeri uygulamalar ile ilişkilendirilen uzaktan algılama teknolojisi sayesinde son yıllarda TÜBİTAK destekli çeşitli ar-ge projeleri ile uydu yapımına yönelik yeni adımlar atılmaya başlanmıştır (Sunar, 2011). TÜBİTAK-Uzay Teknolojleri Araştırma Enstitüsü'nün (TÜBİTAK-UZAY) tasarlayıp ürettiği ilk yer gözlem uydusu RASAT 17 Ağustos 2011 tarihinde fırlatılmıştır. RASAT uydusunun görünür bantları 15 m mekansal

çözünürlüğe, pankromatik bandı ise 7,5 m mekansal çözünürlüğe sahiptir. Günümüzde birkaç kilometre mekansal çözünürlüğe sahip NOAA, METEOSAT, MODIS gibi uyduların yanı sıra, IKONOS, QUICKBIRD, GEOEYE-2 gibi ‹1m mekansal çözünürlüğe sahip uydular da vardır. Farklı uydular farklı özelliklere sahip olduğundan, uygulama amacına göre hem mekansal hem de spektral bilginin önem kazandığı durumlarda veri çakıştırma işlemine gereksinim duyulmaktadır. Farklı özellikteki görüntülerin çakıştırılmasıyla da istenilen mekansal ve spektral bilgiyi içeren veri elde edilmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul iline ait RASAT görüntüsü kullanılarak yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü ile çok bantlı görüntüye farklı veri çakıştırma yöntemleri uygulanmıştır. Sonuç görüntüleri görsel ve istatistiksel analiz ile karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Çalışma alanı İstanbul Boğazı'nı, Avrupa yakasında Sarıyer, Şişli, Kağıthane, Beşiktaş, Beyoğlu, Fatih ve Eminönü ilçelerini, Anadolu yakasında ise Beykoz, Ümraniye, Kadıköy, Maltepe ve Kartal ilçelerini ve güneyde Adalar'ı kuzeyde Karadeniz'i kapsamaktadır (Şekil 1).



(a) (b)

Şekil 1. Çalışma alanı. (a) RASAT-pankromatik görüntü (b) RASAT-doğal renkli görüntü.

Bu çalışmada İstanbul ilini içeren RASAT uydusuna ait 21 Ekim 2011 tarihli veriler (çok spektrumlu ve pankromatik) kullanılmıştır. RASAT uydusunun teknik ve görüntüleme özellikleri Çizelge 1've Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. RASAT uydusunun teknik özellikleri (URL 1).

Fırlatılma tarihi	17 Ağustos 2011
Yörünge yüksekliği/ağırlığı	700 km/93 kg
Yörünge özellikleri/periyodu	Güneşe eş zamanlı/4 gün
Şerit genişliği	30 km
Ekvator geçişi yerel zamanı	10:30

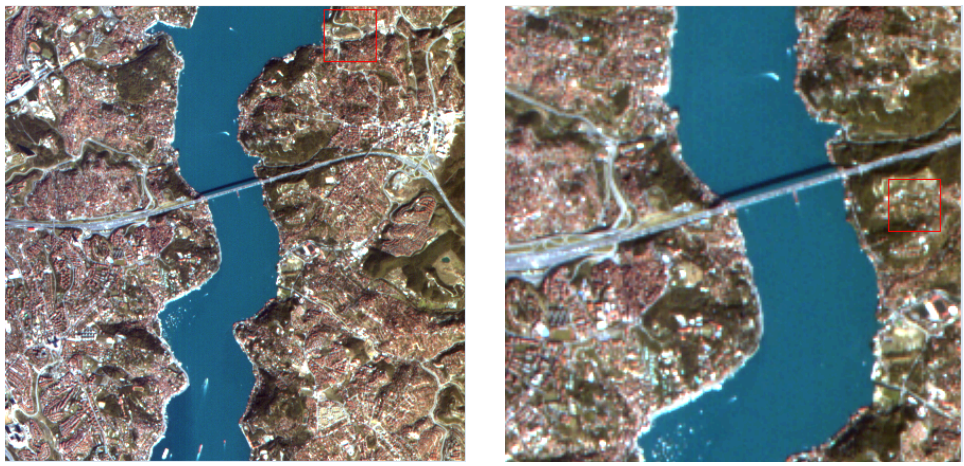
Çizelge 2. RASAT uydusunun görüntüleme özellikleri (URL 1).

Elektromanyetik spektrum (µm)	**Mekansal çözünürlük**	**Radyometrik çözünürlük (bit)**	**Spektral çözünürlük**		**Zamansal çözünürlük (gün)**
			Bant numarası	**Spektral bölge**	
0.42-0.73	7.5 m	8		Pankromatik	4
0.42-0.55	15 m	8	1	Mavi	4
0.55-0.58	15 m	8	2	Yeşil	4
0.58-0.73	15 m	8	3	Kırmızı	4

3. YÖNTEM ve UYGULAMA

Bu çalışmada RASAT uydusunun İstanbul iline ait görünür bölgedeki bantlarıyla pankromatik bandına IHS dönüşümü, Brovey dönüşümü, Gram Schmidt yöntemi, çarpımsal yöntem, bant yerine koyma, yüksek geçirgenli filtreleme ve dalgalı dönüşüm yöntemi olmak üzere yedi farklı veri çakıştırma yöntemi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar görsel ve istatistiksel açıdan karşılaştırılmıştır.

RASAT uydusunun pankromatik bandının mekansal çözünürlüğü 7.5 m, görünür bantlarının mekansal çözünürlüğü 15 m olduğundan iki görüntünün birleştirilebilmesi için geometrik olarak entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu amaçla 15 m mekansal çözünürlüklü görünür bantlar 7.5 m mekansal çözünürlüklü pankromatik banda örneklenerek kayıt edilmiştir (Şekil 2).



(a) (b)

Şekil 2. Yeniden örnekleme işlemi (a) 15 m mekansal çözünürlüklü görüntü (b) 7.5 m ye örneklenmiş görüntü.

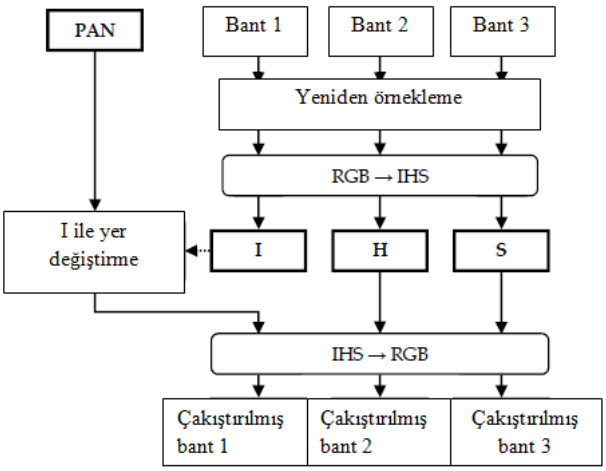
Günümüzde yaygın olan ve bu çalışmada kullanılan farklı veri çakıştırma yöntemlerine ilişkin temel uygulama adımları aşağıda verilmektedir:

Bant Yerine Koyma: Çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntüdeki bantlardan birinin yerine yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü bandı konulur.

Yüksek Geçirgenli Filtreleme Yöntemi: Yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüye yüksek geçirgenli filtreleme işlemi uygulanarak çıktı görüntüsü çok bantlı düşük mekansal görüntüye eklenir ve parlaklık değerlerini dengelemek amacıyla sonuç değeri ikiye bölünür (Carter, 1998) (1).

$$HPF_{i,j,k} = (XS_{i,j,k} + FP_{i,j,k}) / 2 \quad (1)$$

IHS Dönüşümü: Çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntünün kırmızı, yeşil ve mavi bantları IHS (Intensity-Hue-Saturation) bileşenlerine dönüştürülerek, yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü (Intensity) bandıyla yer değiştirilir ve ters dönüşüm ile yüksek mekansal çözünürlüklü çok bantlı görüntü elde edilir (Şekil 3) (Munechika, 1990).



Şekil 3. IHS yönteminin uygulama adımları.

Brovey Dönüşümü: Çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntünün her bir bant değeri çok bantlı görüntüdeki bantların toplamına bölünerek yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüdeki piksel değerleri ile çarpılır (Carter, 1998) (2).

$$BT_{i,j,k} = (XS_{i,j,k} / \Sigma XS_{i,j,l..n}) \times PN_{i,j} \quad (2)$$

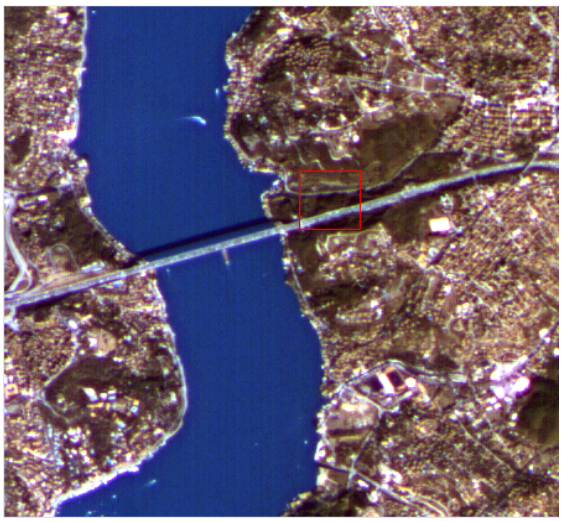
Çarpımsal Yöntem: Yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüdeki piksel değerleri çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntüdeki her bir bandın piksel değerleri ile çarpılır ve elde edilen çıktı verisinin dengelenmesi amacıyla karekökü alınır (URL 2) (3).

$$F_{k(i,j)} = \sqrt{M_{k(i,j)} \times P_{(i,j)}} \quad (3)$$

Gram Schmidt Yöntemi: Çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntü ile pankromatik görüntü simule edilir (örn. bantların ortalaması). Simule edilmiş düşük mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü ile düşük mekansal çözünürlüklü çok bantlı görüntüye Gram Schmidt dönüşümü uygulanır. Simule edilmiş düşük mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü Gram Schmidt dönüşümünde ilk bant olarak kullanılır. Yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntü, Gram Schmidt dönüşümünden elde edilen birinci dönüşüm bandı ile yer değiştirilir. Yüksek mekansal çözünürlüklü çok bantlı görüntü oluşturmak amacıyla yeni dönüşüm bantlarına ters Gram Schmidt dönüşümü uygulanır (Aiazzi, Baronti, Selva, 2007).

Dalgalı Dönüşüm Yöntemi: Yüksek mekansal çözünürlüklü pankromatik görüntüye dalgalı dönüşüm uygulanarak lokal mekansal bilgi içeren yüksek ve düşük frekanslı 4 bileşen elde edilir (Klonus ve Ehlers, 2009; Helmy, Nasr & Tweel, 2010). Elde edilen düşük çözünürlüklü bileşen çok bantlı düşük mekansal çözünürlüklü görüntünün bantlarından biri ile yer değiştirilir. Bu işlem tüm bantlar dönüştürülünceye kadar her bir bant için tekrarlanır ve yüksek mekansal çözünürlüklü çok bantlı görüntü oluşturmak amacıyla ters dalga dönüşüm yöntemi uygulanır.

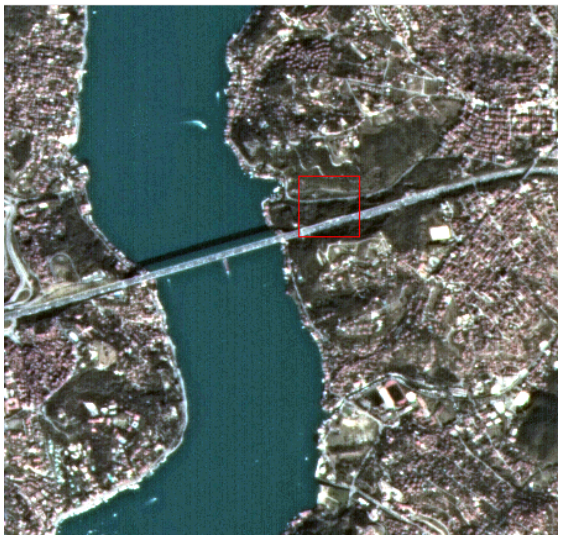
Uygulanan farklı çakıştırma yöntemlerinden elde edilen sonuç görüntüleri Şekil 4'te verilmektedir.



(a)

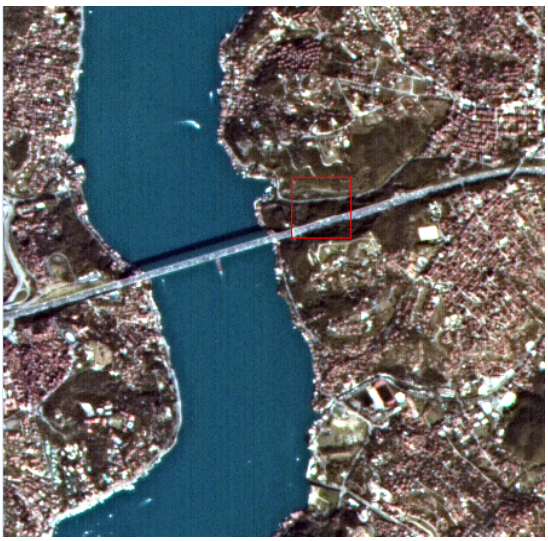
(b)

(c)

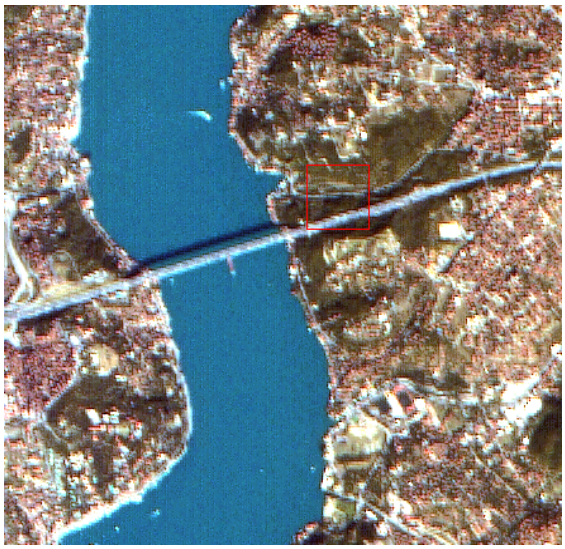


(d)

(e)



(f)



(g)

Şekil 4. Veri çakıştırma yöntemleri: (a) Bant yerine koyma (b) Yüksek geçirgenli filtreleme (c) IHS dönüşümü

(d) Brovey dönüşümü (e) Çarpımsal yöntem (f) Gram Schmidt yöntemi (g) Dalgalı dönüşüm yöntemi.

4 GÖRSEL VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ

- Görsel analiz

Veri çakıştırma yöntemleri sonucunda elde edilen sonuç görüntüler (Şekil 4) orijinal çok bantlı görüntü ile görsel olarak karşılaştırılarak spektral (renk) benzerlik ve objelerin ayırt edilebilirliği analiz edilmiştir. Çakıştırılmış çıktı görüntülerinin tamamında spektral olarak farklılık gözlenmiştir. Spektral benzerlik açısından orijinal görüntüye en yakın sonucu IHS yöntemi vermiştir.

Bant yerine koyma yönteminde, spektral benzerlik açısından kayıplar gözlenmesine rağmen, yerleşim yeri, yol gibi lineer objeler orijinal görüntüye göre daha iyi ayırt edilebilmektedir. Yüksek geçirgenli filtreleme yönteminde ise yol gibi lineer objeler çok iyi ayırt edilebilmesine rağmen spektral bilgide oluşan kayıp oldukça fazladır. IHS yönteminde, bina, yol ve ormanlık alan gibi sınıflar kolaylıkla ayırt edilebilmekte ve spektral bilgi orijinal bantlara göre çok az bir değişim göstermektedir. Brovey dönüşümü ile elde edilen görüntü, objelerin ayırt edilebilirliği ve spektral bilgi açısından IHS yöntemine kıyasla daha düşük bir performansı içermektedir. Çarpımsal yöntem, Brovey dönüşümüne yakın sonuç vermiştir, ancak spektral bilgi açısından renk tonlarında çok az bir farklılık gözlenmektedir. Gram Schmidt yönteminde de, IHS dönüşümüne benzer bir sonuç görülmektedir, ancak spektral bilgideki değişim IHS dönüşümüne göre daha fazladır. Son yöntem olan dalgalı dönüşüm yönteminde, spektral bilgi orijinal görüntüyle oldukça benzer olmasına rağmen, objelerin ayırt edilebilirliği düşük olarak gözlenmiştir.

- İstatistiksel analiz

Veri çakıştırma yöntemleri sonucunda elde edilen sonuç görüntülerinin ortalama değerleri, standart sapmaları, Karesel Ortalama Hataları (KOH) ve korelasyon katsayıları hesaplanarak istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Ortalama değer, görüntüyü oluşturan her bir bant için genel parlaklığı yansıtır. Standart sapma, varyansın pozitif kareköküne eşittir ve verinin ortalama değerden ne kadar saptığını göstermektedir (Sunar, 2011; Helmy et al, 2010) (4).

$$KOH=\sqrt{\Sigma(f_i-f_i^{'})^2/(mxn)} \quad (4)$$

f_i = Çok bantlı görüntünün i. inci pikseldeki parlaklık (yoğunluk) değeri
$f_i^{'}$ = Çakıştırılan görüntünün i. inci pikseldeki parlaklık (yoğunluk) değeri
m ve n = Piksel sayısı

Korelasyon katsayısı, kovaryans değerinin normalize edilmiş hali olduğu için birimsizdir, bu amaçla kovaryans katsayıları ilgili değişkenlerin standart sapmalarının çarpımıyla bölünerek normalize edilirler. Korelasyon katsayıları +1 ile -1 aralığında değerlere sahiptir ve +1 olarak bulunan korelasyon katsayısı değişkenler arasında tam ve

kuvvetli bir ilişki olduğunu gösterir (Sunar, 2011). Orijinal görüntü ve sonuç görüntülerin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3'te, karesel ortalama hata değerleri Çizelge 4'te, korelasyon katsayıları ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 3. Sonuç görüntülerin ortalama değerleri ve standart sapma değerleri.

	Orijinal görüntü		Bant yerine koyma		Yüksek geçirgenli filtreleme		IHS dönüşümü		Brovey dönüşümü		Çarpımsal yöntem		Gram Schmidt yöntemi		Dalgalı dönüşüm yöntemi	
	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.	SS
B1	45.91	18.99	45.91	18.99	22.72	18.61	50.51	61.48	15.00	5.39	48.25	17.88	45.89	20.92	45.53	18.79
B2	58.90	13.53	51.46	17.14	29.21	17.15	58.00	51.65	11.83	7.01	54.74	15.17	58.92	13.44	58.45	13.52
B3	89.50	15.71	89.50	15.71	44.51	17.44	57.32	49.65	22.84	5.96	67.24	15.81	89.50	13.65	88.82	15.82

**B1: Bant 1, B2: Bant 2, B3: Bant 3*

Orijinal görüntü ve sonuç görüntülerin ortalama değerleri incelendiğinde, Gram Schmidt yöntemi ile elde edilen sonucun orijinal görüntüye yakın olduğu görülmektedir. IHS yöntemi ile elde edilen sonuç hariç diğer yöntemler ile orijinal görüntünün standart sapma değerleri birbirlerine oldukça yakındır.

Çizelge 4. Sonuç görüntülerin KOH değerleri

	Bant yerine koyma	Yüksek geçirgenli filtreleme	IHS dönüşümü	Brovey dönüşümü	Çarpımsal yöntem	Gram Schmidt yöntemi	Dalgalı dönüşüm yöntemi
Bant 1	0	28.803	44.888	34.253	4.759	8.656	2.592
Bant 2	11.944	33.714	42.468	48.009	5.910	6.906	2.710
Bant 3	0	47.987	53.632	67.602	23.608	7.140	3.619

Orijinal görüntü ve sonuç görüntülerin karesel ortalama hata değerleri incelendiğinde, dalgalı dönüşüm yöntemi ile elde edilen görüntünün en küçük hata değerine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Sonuç görüntülerin korelasyon katsayıları.

	Bant yerine koyma	Yüksek geçirgenli filtreleme	IHS dönüşümü	Brovey dönüşümü	Çarpımsal yöntem	Gram Schmidt yöntemi	Dalgalı dönüşüm yöntemi
Bant 1	1	0.345	0.845	0.917	0.954	0.829	0.982
Bant 2	0.705	0.229	0.562	0.829	0.929	0.755	0.961
Bant 3	1	0.248	0.312	0.695	0.766	0.794	0.950

Birleştirilmiş görüntü bantları ile orijinal görüntü bantları arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, Dalgalı dönüşüm yönteminin en iyi sonucu verdiği gözlenmektedir. Diğer bir deyişle, orijinal görüntü bantları ile Dalgalı dönüşüm yöntemi sonucu elde edilen görüntünün bantları birbirlerine daha çok benzemektedir.

5. SONUÇLAR

Günümüzde çeşitli platformlardan ve algılayıcılardan elde edilmiş farklı çözünürlüklere sahip dijital görüntü verileri birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak, Quickbird, Geoeye-1 vb. yüksek mekansal çözünürlüklü uydu sistemleri mevcut olsa da yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin temin edilemediği durumlarda veya daha hassas çalışma gerektiren uygulamalarda veri çakıştırma yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul iline ait RASAT uydusunun 2011 tarihli pankromatik görüntüsü ile çok bantlı görüntüsüne veri çakıştırma yöntemlerinden Bant Yerine Koyma, Yüksek Geçirgenli Filtreleme, IHS Dönüşümü, Brovey Dönüşümü, Çarpımsal yöntem, Gram Schmidt ve Dalgalı Dönüşüm yöntemleri uygulanmış, elde edilen görüntüler görsel ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Kullanılan yöntemler görsel olarak analiz edildiğinde, tüm çıktı görüntülerinde spektral bilgi (renk) açısından değişimler gözlenmiştir, özellikle yüksek geçirgenli filtreleme yönteminden elde edilen sonuç görüntüsünde spektral bilgi kaybı çok fazladır. Diğer yandan sonuç görüntülerin tamamında objeler orijinal görüntüye kıyasla görsel açıdan daha iyi ayırt edilebilmektedir. İstatistiksel olarak yapılan karşılaştırma sonucunda ise Dalgalı dönüşüm yöntemi sonucunda elde edilen görüntünün orijinal görüntüye diğer yöntemlere kıyasla daha çok benzediği görülmektedir, ancak bu yöntemde spektral bilgide kayıpların olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aiazzi, B., Baronti, S. ve Selva, M., 2007. MS + Pan Image Fusion by an Enhanced Gram-Schmidt Spectral Sharpening, New Developments and Challenges in Remote Sensing, Z. Bochenek (editör), Millpress, Rotterdam, ISBN 978-90-5966-053-3.

Carter, D., 1998. Analysis of Multiresolution Data Fusion Techniques, *Yüksek lisans tezi*, Virginia Polytechnic Institute, Virginia.

Helmy, A., Nasr, A. ve Taweel, G., 2010. Assessment and Evaluation of Different Data Fusion Techniques, *International Journal of Computers.*

Klonus S. ve Ehlers, M., 2009. Performance of Evaluation Methods in Image Fusion, 12. International Conference on Information Fusion, 6-9 Temmuz Seattle, WA, ABD.

Munechika, C., 1990. Merging Panchromatic and Multispectral Images for Enhanced Image Analysis. *Yüksek lisans tezi*, Rochester Institute of Technology, New York.

Sunar, F., 2011. Uzaktan Algılama, Anadolu Üniversitesi Matbaası, Eskişehir.

URL 1 http://rasat.uzay.tubitak.gov.tr/root/

URL 2 http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1107/1107.3348.pdf