İstanbul Teknik Üniversitesi | Yıldız Teknik Üniversitesi | Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

5. UZAKTAN ALGILAMA - CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2014)

14 - 17 EKİM 2014
İSTANBUL

5. UZAKTAN ALGILAMA - CBS (UZAL-CBS 2014) SEMPOZYUMU

VII. Oturum / Paralel Oturum: Güncel Algılama Sistemleri

Yeşil Salon
Oturum Başkanı: Doç. Dr. Hakan Karabörk, Selçuk Üniversitesi

11:00-11:20	Dönüşüm Katsayılarının Ve Sayısal Yükseklik Modelinin Konum Doğruluğunun Ortogörüntülerin Konum Doğruluğu Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi: IKONOS, QuickBird, OrbView-3 ve Pléiades-1A Görüntüleri İle Örnek Uygulama *Hüseyin Topan*
11:20-11:40	PLÉIDAS-1A Görüntülerinin Pan - Sharpening Performansının İncelenmesi *Mustafa Özendi, Hüseyin Topan, Murat Oruç, Ali Cam*
11:40-12:00	Rasat Ve Göktürk-2 Görüntülerinin Ortorektifikasyon Başarımına Referans Ve Sayısal Yükseklik Modeli Seçiminin Etkisi *Ramazan Küpcü, Mustafa Teke, Alper Çabuk*
12:00-12:20	İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı *Fatih Döner, Samed Özdemir, Mustafa Ceylan*
12:20-12:40	Farklı Özellikleriyle Yeni Jenerasyon Dünya Gözlem Uyduları Ve Kullanım Alanları *A. Yücel Erbay*

VIII. Oturum / Paralel Oturum: Merkezi ve Yerel Yönetimlerde CBS-1

Kırmızı Salon
Oturum Başkanı: Dr. Hüseyin Bayraktar, CBS Genel Müdürlüğü

11:00-11:20	Web Tabanlı CBS İle İhbar/Olay Değerlendirme *Hamdi Çinal, Şeyma Taşkan*
11:20-11:40	Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımları İle Belediye Kent Rehberi Uygulaması *M. Erkan Uçaner, Eylem Akyol, Sinem Gökyokuş, Murat Kırmızıgül, İbrahim Sarıçiçek*
11:40-12:00	CBS Tabanlı Ulaşım Bilgi Sisteminin Güncellenmesinde 360 Derece Panoramik Görüntülerin Öznitelik Verisi Toplanması Amacıyla Kullanımı: İstanbul Örneği *Ahmet Eğri, Hüseyin Kurşun, Murat Mustafa Harman, Fatih Gündoğan*
12:00-12:20	Türkiye'de Yerel Ve Merkezi Yönetimde Web CBS Uygulamaları Ve Türkiye İçin Web CBS Model Önerisi *Ali Erdi, Asuman İlgaz*
12:20-12:40	Kamu ve Yerel Yönetimde CBS Yazılım Geliştirme Sürecinde Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri *Emin Bank, Hüseyin Candan*
12:40 - 13:30	Öğle Yemeği

14-17 EKİM 2014 | YTÜ, DAVUTPAŞA KONGRE VE KÜLTÜR MERKEZİ

PLÉIDAS-1A GÖRÜNTÜLERİNİN PAN-SHARPENING PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Mustafa ÖZENDİ[1], Hüseyin TOPAN[2], Murat ORUÇ[3], Ali CAM[4]

[1]Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, mozendi@gmail.com
[2]Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, topan@beun.edu.tr
[3]Uzman, Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, orucm@hotmail.com
[4]Müh., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, alicam193@gmail.com

ÖZET

Günümüzde birçok optik uzaktan algılama sistemi aynı alana ait yüksek geometrik çözünürlüklü pankromatik görüntüleri ve düşük geometrik çözünürlüklü çok bantlı görüntüleri aynı anda elde etmektedir. Uzaktan algılama ve görüntü işleme alanlarında araştırma yürüten bilim insanları bu iki görüntü türünün güçlü özelliklerinden faydalanabilmek için farklı pan–sharpening yöntemleri ile görüntüler üretmektedirler. Her görüntüleme sisteminin kendine ait bazı karakteristik özellikleri vardır. Bu sebepten farklı pan-sharpening yöntemleri her görüntü türü için uygulanamamakta ve hangi görüntü için hangi metodun kullanılması gerektiği sorusunun yanıtlanması gerekmektedir.
Bu araştırmada, Airbus Defense & Space GEO Innovation Community Projesi kapsamında elde edilen ve Avrupa'nın ilk ve tek metre altı düzeyde geometrik çözünürlüğe sahip optik uydusu Pléidas-1A görüntülerinin pan – sharpening performansı incelenmiştir. Çalışmada ilk yazar tarafından Matlab ortamında geliştirilmiş olan SharpQ modülü kullanılmıştır. Öncelikle bu modül kullanılarak test alanına ait pankromatik ve çok bantlı görüntüler en çok tercih edilen pan-sharpening yöntemleri (PCA, IHS ve Brovey) ile keskinleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen keskinleştirilmiş görüntülerin nicelik olarak kalitesinin değerlendirilmesi için yine literatürde en çok kullanılan istatistik ölçütlerini (CC: Correlation Coefficient, RMSE: Root Mean Square Error, RASE: Relative Average Spectral Error, SAM: Spectral Angle Mapper ve ERGAS: Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthése) kullanan SharpQ aracılığı ile hesaplanmıştır.
Çalışmanın son aşamasında ise elde edilen görüntülerin nitelik olarak değerlendirilmesi obje varlığı ve tamlığı açısından operatör yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: PLÉIDAS-1A, pan-sharpening, PCA, IHS, Brovey, CC, RASE, ERGAS, SAM, RMSE, nitel ve nicel değerlendirme

ABSTRACT

PAN-SHARPENING PERFORMANCE INVERSITGATION OF PLÉIDAS-1A IMAGES

Today, optical remote sensing platforms acquire panchromatic images with high geometric resolution and multi-spectral images with lower geometric resolution of the same area simultaneously. Remote sensing and image processing communities are working extensively on different pan-sharpening methods that are capable of taking advantage of these imagery. Each remote sensing system has its own advantages and disadvantages. Due to this fact, different pan-sharpening methods cannot be applied for each imagery. This situation requires to answer the crucial question of "Which pan-sharpening method should be used for which imagery?"
The aim of this research is to investigate the pan-sharpening performance of Pléidas-1A images, which is the first sub-meter geometric resolution satellite of Europe, obtained within the context of Airbus Defense & Space GEO Innovation Community Project. At this research the SharpQ tool in Matlab is utilized that is developed by the first author. First of all, pan-sharpened images are generated using the most popular pan-sharpening methods PCA, IHS and Brovey Transform. As the second step pan-sharpened images are quantitatively using statistical metrics CC (Correlation Coefficient), RMSE (Root Mean Square Error), RASE (Relative Average Spectral Error), SAM (Spectral Angle Mapper) and ERGAS (Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthése). At the last step of the study pan-sharpened images are evaluated qualitatively by taking object availability and completeness.

Keywords: PLÉIDAS-1A, pan-sharpening, PCA, IHS, Brovey, CC, RASE, ERGAS, SAM, RMSE, qualitative and quantitative evaluation.

1. GİRİŞ

Optik uzaktan algılama uyduları genellikle yeryüzünün aynı bölgesinin MS (multispektral) ve Pan (pankromatik) görüntüsünü eş zamanlı olarak elde ederler. MS görüntülerin spektral çözünürlüğü Pan görüntülerden yüksek olmasına rağmen geometrik çözünürlükleri Pan görüntülerden daha düşüktür. Bu iki görüntü türünden faydalanarak yüksek geometrik çözünürlüğe sahip MS görüntüler üretebilmek için pan-sharpening yöntemleri geliştirilmiştir. Literatürde birçok pan-sharpening yöntemi vardır ve bu yöntemlerin hepsinin kendilerine özgü üstün ve eksik yanları bulunmaktadır. Günümüzde optimum MS görüntüsü üretebilmek amacıyla pan-sharpening yöntemleri üzerine araştırmalar devam etmektedir. Pan-sharpening aynı zamanda görüntü kaynaştırma olarak da

adlandırılmaktadır ve bu konu üzerine bilgisayarla görme ve dijital görüntü işleme alanları da araştırmalarını yürütmektedir. Pohl and Van Genderen (1998), Karathanassi et al. (2007) ve Ehlers et al. (2010) uzaktan algılama alanında kullanılmakta olan pan-sharpening yöntemleri hakkında kapsamlı literatür tarama çalışmaları yapmışlardır.

Kimi görüntü kaynaştırma yöntemleri konumsal bilgiyi vurgularken kimileri de renk bilgisini vurgulamayı amaçlarlar. Aynı zamanda her algılayıcının karakteristik özellikleri vardır ve her pan-sharpening yöntemi her algılayıcı için kullanılamamaktadır. Bu durumda hangi pan-sharpening yönteminin hangi görüntü türünde daha iyi sonuçlar vereceğinin analiz edilmesi gerekir. Bu anlamda pan-sharpening ile üretilen görüntülerin kalite değerlendirmesi nicelik olarak ve görsel olarak yapılmalıdır (Klonus and Ehlers, 2009).

Nicelik kalite değerlendirme işlemi CC (Korelasyon Katsayısı), RMSE (Karesel Ortalama Hata) ve RASE (Relative Average Spectral Error) gibi ölçütler aracılığı ile yapılabilir (Alparone et al., 2007). Bu ölçütler sayesinde bir keskinleştirilmiş görüntünün orijinal MS görüntü ile ne kadar uyumlu ve benzer olduğu ve ayrıca spektral kalitesi belirlenebilir. Tsai (2004) yaptığı çalışmada QuickBird Pan ve MS görüntülerin pan-sharpening performansını incelemiştir. Bu çalışmada keskinleştirilmiş görüntüler HPFA (High – Pass Filtering Addition), HPFS (High – Pass Filtering Substition), HFM (High Frequency Modulation), IHS (Intensity-Hue-Saturation), MBT (Modified Brovey Transform), PCS (Principal Component Substitution), FFS (Frequency Filtering Substitution), CNT (Color Normalized Transformation), SPB (Spectral Balance Preserving) ve AWD ("à trous" Additive Wavelet Decomposition) algoritmaları kullanılarak üretilmiştir. Üretilen bu görüntülerin değerlendirilmesi doğruluk, spektral kalite, konumsal kalite ve doku kalitesi başlıkları altında gerçekleştirilmiştir ve FFS (Frequency Filtering Substitution) metodunun en başarılı yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Zhang (2008) ise yaptığı çalışmada herhangi bir görüntünün pan-sharpening performansının değerlendirilmesi yerine MB (Mean Bias), VD (Variance Difference), SDD (Standard Deviation Difference), CC, SAM (Spectral Angle Mapper), ERGAS (Relative Dimensionless Global Error) ve Q4 kalite ölçütlerinin performansını değerlendirmiştir. Khan et al. (2008) ise yaptığı çalışmada CC, Mean Bias ve Q4 ölçütlerini kullanarak geliştirdiği "Indusion" algoritmasının yardımı ile görüntülerin pan-sharpening performansını incelemiştir. Kalite ölçütlerinin performansını inceleyen diğer bir çalışmada ise Klonus and Ehlers (2009) kalite ölçütlerinden CC, PD (Per-Pixel Deviation), RMSE, SSIM (Structure Similarity Index) ve HCC (High Pass Correlation) ölçütlerini incelemiştir. Bu çalışmanın neticesinde aykırı gözlemlerin sonuç ürüne olan etkisinin giderilmesi açısından değişik kalite ölçütlerinin kullanılması önerilmiştir. Bunun yanında kalite bileşenlerinden birinin de görsel değerlendirmenin olduğu vurgulanmıştır. (Makarau et al., 2012) tarafından yapılan benzer bir araştırmada ise SAM, SSIM, Q4, ERGAS ve CORR (zero mean normalized cross-correlation) ölçütleri kullanılarak performans analiz yapılmıştır. Yukarıda bahsedilen bütün kalite ölçütleri hesaplanabilmeleri için referans bir görüntüye ihtiyaç duyarlar, bu referans görüntü genellikle keskinleştirilmiş görüntü ile aynı çözünürlükte olması gerekmektedir. Keskinleştirilmiş görüntülerin kalite analizi için referans görüntü veya veriye ihtiyaç duymayan yöntemler üzerine de çalışmalar mevcuttur. Örneğin, (Alparone et al., 2008) tarafından geliştirilen Quality Not requiring a Reference ve Cihaz Modülasyon Transfer Fonksiyonunun kullanıldığı çalışma ile (Khan et al., 2009) tarafından gerçekleştirilen metotlar bu yaklaşıma örnek çalışmalardır. (El-Mezouar et al., 2012) yeni bir metod sunulmuştur. Bu metod ile görsel analizlere gerek duymadan kalite analizinin otomatik olarak yapılabileceği savunulmuştur. (Basaeed et al., 2013) tarafından yapılan çalışmada ise DubaiSat-1 görüntülerinin pan-sharpening performansı görsel analizlere gereksinim duyulmadan ERGAS, Q4 ve SAM ölçütleri kullanılarak yapılmıştır. Pan-sharpening işlemi sırasında yeniden örnekleme işleminin yapılması gerekmektedir. Yeniden örneklemenin pan-sharpening üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla (Jawak and Luis, 2013) yaptıkları araştırmada RMSE, RASE, ERGAS, CEI (RMSE+RASE+ERGAS), NDVI (normalized difference vegetation index), QWB(Wang-Bovik index), SSIM, QPS (quality of PAN-sharpening), HCC (spatial correlation index/high-pass correlation coefficient) ve CAI (QWB+HCC+ QPS+SSIM) ölçütlerini kullanmışlardır.

Görsel kalite değerlendirme işlemi bir operatör yardımıyla objelerin varlığı ve bütünlüğü açısından incelenir (Laporterie-Déjean et al., 2005). Bunun yanı sıra dijital görüntü işleme ve bilgisayarla görme toplulukları, keskinleştirilmiş görüntülerin kalite incelemesinin algısal analizi üzerinde metodoloji geliştirmeye çalışmaktadırlar (Cabaleiro et al., 2014) ve (Zheng et al., 2012).

Bu çalışmada amacımız Airbus Defense and Space GEO Innovation Community Projesi çerçevesinde Pléidas-1A görüntülerinin pan-sharpening performansının analizini gerçekleştirmektir. Bu amaç doğrultusunda Matlab ortamında SharpQ adı verilen bir modül geliştirilmiştir. SharpQ modülü Pan ve MS görüntüleri okuyup PCA, IHS ve Brovey dönüşümü algoritmalarının herhangi biri ile pan-sharpening yapıp ortaya çıkan görüntüyü değişik formatlarda kaydedebilmektedir. Bunun yanında elde edilen bu görüntülerin nicelik olarak kalite analizi CC, RASE, SAM, RMSE ve ERGAS ölçütleri aracılığı ile yapabilmektedir. SharpQ modülü bu fonksiyonları yerine getirirken geliştirilen bir grafik ara yüzü sayesinde kullanıcı ile iletişimini sağlamaktadır.

2. KULLANILAN VERİ SETİ VE TEST ALANI

Çalışmada kullanılan görüntüler Astrium Space and Defense GEO Innovation Community programı kapsamında elde edilmiştir. Orijinal geometrik çözünürlüğü 0.7 m Pan ve 2.80 m VNIR (görünür ve yakın kızıl ötesi) olan görüntüler 0.5 m ve 2.0 m olarak yeniden örneklenmiştir. Dağıtıcı firma tarafından keskişnleştirme ve gürültü giderme işlemleri uygulanmıştır. Radyometrik çözünürlüğü 12 bit olan bu görüntüler histogram genişletme işlemi yapılmadan 16 bit olarak dağıtılmıştır (Airbus, 2012). Görüntülerin uçuş yönünde ve uçuş yönüne dik açıları yaklaşık 4.5º ki bu değerler nadir bakışına oldukça yakındır.

Araştırma Zonguldak test alanında yapılmıştır. Bu test alanında daha önce hava ve uzay platformlarından elde edilen değişik optik ve mikrodalga görüntülerin konuma bağlı bilgi üretme potensiyelleri incelenmiştir. Bu test alanı hızlı değişen bir topografyaya, yoğun orman ve tarım alanlarına, nehir ve deniz gibi değişik hidrolojik yapılara, açık ve kapalı maden sahalarına, termal enerji tesislerine, demir çelik sanayisi vb. özelliklere sahip olmasından dolayı özellikle konumsal araştırmalar için önemli bir test alanıdır.

SharpQ modülü kullanılarak Pléidas-1A Pan ve MS görüntülerinden üç değişik keskinleştirilmiş görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüler PCA, HIS ve Brovey dönüşümü metotları ile üretilmiştir. Birçok değişik pan-sharpening yöntemi olmasına rağmen sadece bu üçü kullanılmıştır. Çünkü bu yöntemler en yaygın olan pan-sharpening yöntemleridir ve ticari yazılımlarda da sıklıkla tercih edilmektedir. Üretilen görüntülerden küçük bir kesit **Şekil 1**'de sunulmuştur.

Şekil 1. Pan – Sharpening İle Elde Edilen Görüntüler.

Şekil 1'den anlaşılacağı üzere konumsal ve spektral anlamda görüntülerde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklar görsel ve nicelik yönünden çalışmanın gelecek bölümlerinde ele alınmıştır.

3. NİCEL DEĞERLENDİRME

Elde edilen görüntülerin hangisinin orijinal Pan ve Multispektral görüntüler ile daha uyumlu ve yakın olduğunu tespit edebilmek amacıyla en yaygın ölçütlerden olan CC, RMSE, RASE, SAM ve ERGAS ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçütleri aşağıdaki gibi formüle etmek mümkündür.

- **Korelasyon Katsayısı:** Bu ölçüt istatistik alanında çok bilinen bir ölçüttür. Görüntülerin her bandı arasındaki korelasyon kolayca hesaplanabilir ve genel olarak görüntü için korelasyon değeri istenir ise bantların korelasyonun ortalaması kullanılabilir.

$$CC(B_i, B_J) = \frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}(B_{i(m,n)} - \bar{B}_i)(B_{J(m,n)} - \bar{B}_J)}{\sqrt{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}(B_{i(m,n)} - \bar{B}_i)^2 \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}(B_{J(m,n)} - \bar{B}_J)^2}} \quad (1)$$

Yukarıdaki formülde B_i ve B_J karşılaştırılacak bantları, $\bar{B}_i$ ve $\bar{B}_J$ bantların ortalama gri değerlerini, M ve N satır ve sütun sayısını temsil etmektedir. Korelasyon katsayısının değeri [-1,+1] aralığındadır. Bu değer +1'e yaklaştıkça bantlar istatistiki olarak birbirine çok yakın -1'e yaklaştıkça bantlar birbirine çok zıt demektir (Ehlers et al., 2010).

- **RMSE (Karesel Ortalama Hata):** Bu ölçüt ise iki görüntünün birbirinden ne kadar farklı olduğunun ölçütüdür (Vijayaraj, 2004).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}|u(m,n)-v(m,n)|^2} \quad (2)$$

$u(m,n)$ ve $v(m,n)$, $M \times N$ boyutundaki iki görüntüyü temsil etmektedir.

- **RASE (Relative Average Spectral Error):**Bu ölçüt pan-sharpening metodunun başarısını ortaya koymak için ortalama gri değer ve RMSE değerlerini kullanır (Choi et al., 2005).

$$RASE = \frac{100}{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} M_k}\sqrt{\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K} RMSE(B_k)^2} \quad (3)$$

Formüldeki $RMSE(B_k)^2$ k bandının karesel ortalama hatasını, K görüntüdeki bant sayısını M_k ise k bandının ortalama gri değerini göstermektedir (Yıldırım and Gungor, 2012).

- **SAM (Spectral Angle Mapper):** Bu ölçüt v ve $\hat{v}$ vektörleri arasındaki spekral açının mutlak değerini göstermektedir (Alparone et al., 2008).

$$SAM = arccos\left(\frac{\langle v,\hat{v}\rangle}{\|v\|_2 \cdot \|\hat{v}\|_2}\right) \quad (4)$$

SAM ölçütü radyan veya derece cinsinden ifade edilebilmektedir ve gerekirse bir görüntünün SAM değeri bütün piksellerin SAM değerlerinin ortalaması ile ifade edilebilir.

- **ERGAS (Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthése):** ERGAS ölçütü keskinleştirilmiş görüntünün genel kalitesi hakkında bir fikir vermektedir. Bu ölçüt keskinleştirilmiş görüntünün bozulma miktarı ile alakalı olduğu için mümkün olduğunca küçük olması beklenir (Alparone et al., 2008).

$$ERGAS = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B}\left(\frac{RMSE(b)}{\mu(b)}\right)^2} \quad (5)$$

Formülde h/l Pan görüntü ile MS görüntünün geometrik çözünürlük oranını ki bu çalışma için $\frac{h}{l} = \frac{1}{4}$ olur. B bant sayısını, b bant numarasını ve μ ortalama gri değeri temsil etmektedir.

CC, RMSE, RASE, SAM ve ERGAS ölçütleri SharpQ modülü ile hesaplanmıştır. **Çizelge 1**'de görüldüğü gibi bu ölçütler her görüntü için hesaplanmıştır. Değerler hesaplanırken referans görüntü olarak orijinal MS görüntü kullanılmıştır ve elde edilen her görüntü için tablodaki değerler hesaplanmıştır. **Çizelge 1**'de üç renk kullanılmıştır. Gri renk optimum değeri temsil eder, eğer hesaba konu her iki görüntü de aynı görüntü seçilseydi gri renkle ifade edilen değerlerin elde edilmesi gerekirdi. Kırmızı renk istatistiki olarak en kötü değeri, yeşil renk ise istatistiki olarak en iyi değeri göstermektedir.

Çizelge 1 Üretilen Görüntüler İçin Hesaplanan Ölçüt Değerleri

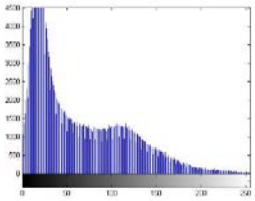
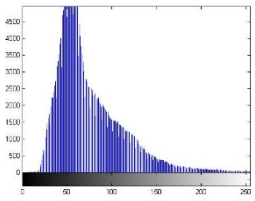
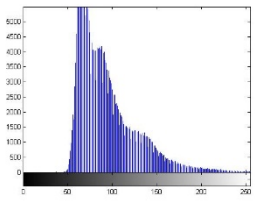
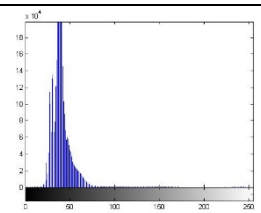
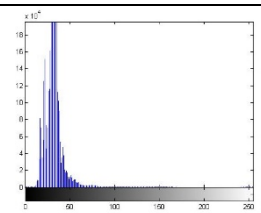
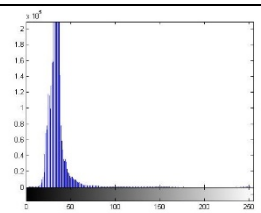
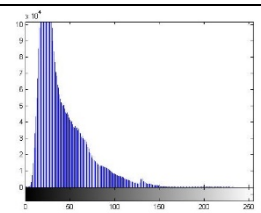
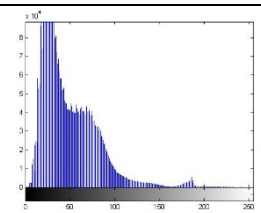
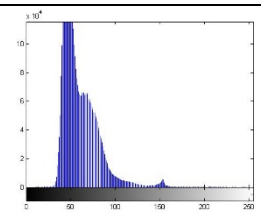
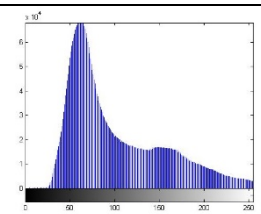
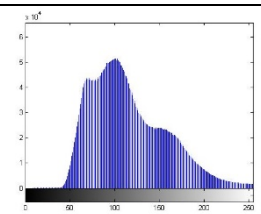
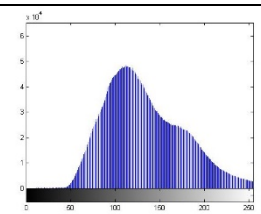
	CC	RMSE	RASE	SAM	ERGAS
	1	0	0	0	0
PCA	0.572	$1.72\text{x}10^5$	$3.62\text{x}10^4$	0.751	$1.19\text{x}10^4$
IHS	0.604	$1.59\text{x}10^5$	$3.35\text{x}10^4$	0.740	$1.11\text{x}10^4$
Brovey	0.687	$2.23\text{x}10^5$	$4.68\text{x}10^4$	0.024	$9.81\text{x}10^3$

Optimum Değer
En İyi Değer
En Kötü Değer

Çizelge 1'den görülüdüğü gibi her keskinleştirilmiş görüntü için beş farklı ölçüt hesaplanmıştır. Yukarıdaki tablonun daha kolay yorumlanabilmesi ve anlaşılabilmesi açısından orijinal görüntüler ve keskinleştirilmiş görüntülerin bütün bantlarının histogramları da çizdirilmiştir. Elde edilen histogramlar **Çizelge 2**'de gösterilmiştir. Bu tablolar kullanılarak aşağıdaki çıkarımları yapmak mümkündür:

- Genellemek gerekirse PCA metodu en kötü sonuçları ortaya koymuştur. PCA ile üretilen görüntü segmentasyon işlemi uygulanmış gibi bir izlenim vermektedir. Bu durumda her segment aynı veya çok yakın piksel değerlerine sahip olmalarına rağmen gerçekte bu segmentlerin piksellerinin orijinal görüntülerdeki gri değerleri birbirinden farklıdır. PCA ile üretilen görüntünün SAM ve CC değerleri incelendiğinde orijinal görüntüden gayet farklı olduğu gözlenmektedir.
- IHS ve Brovey dönüşümü ile elde edilen görüntüler için ise ölçütlerin hepsi SAM hariç birbirine çok yakın değer aldığı gözlenmiştir. Bu durumun açıklaması her iki yöntemle elde edilen görüntülerin gri değer dağılımlarının **Çizelge 2**'den anlaşılacağı gibi benzerlik göstermesidir.
- Histogramların şekline bakılacak olursa IHS metodu ile üretilen görüntünün histogramının en benzer olduğu ortaya çıkmaktadır. Ancak dağılım incelendiğinde Brovey dönüşümü ile üretilen görüntü en benzer olanıdır. Bu durum IHS metodu için en yüksek RMSE değerini ortaya çıkarır.

Çizelge 2 Orijinal ve Üretilen Görüntülerin Histogramları

	Kırmızı Bant	Yeşil Bant	Mavi Bant
Orijinal MS			
PCA			
IHS			
Brovey			

4. NİTEL DEĞERLENDİRME

Pan-sharpening ile elde edilen görüntülerin kalitesini görsel olarak inceleyebilmek için uzaktan algılama görüntülerine aşina olan bir operatörün yorumları dikkate alınmıştır. Görsel analizler test alanında bulunan üç değişik arazi örtüsü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu arazi örtü tipleri sırasıyla düz alan, kentsel alan ve ormanlık alanlardır.

- **Düz Alan:** Görüntünün bu kısmı bir alışveriş merkezinin çatısını ve etrafındaki otoparkları içermektedir **(Şekil 2).** Nesnelerin varlığı ve tamlığını inceleyebilmek için böyle bir alan seçilmiştir. **Şekil 2**'de açıkça görüldüğü gibi IHS metodu ile elde edilen görüntü en doğal görüntü iken PCA ile elde edilen görüntü en yapay görüntüdür. Objelerin ayırt edilebilirliği açısından incelendiğinde ise IHS en iyi sonucu verirken Brovey dönüşümü ile elde edilen görüntü en kötü sonucu vermektedir. Bu durumun sebebi Brovey

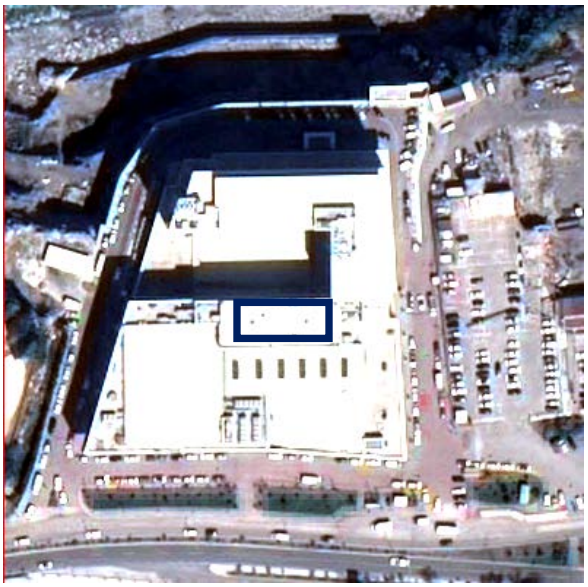
dönüşümü görüntünün bu tür yerlerinde aşırı parlaklık ortaya çıkarmasındandır. Bir diğer ilginç gözlem ise PCA ile elde edilen görüntüde sarı rengin bulanıklaşmaya sebep olmasıdır. Bu durum **Şekil 2**'de kırmızı renkli dikdörtgen ile gösterilmiştir. Ayrıca mavi renkli dikdörtgen Brovey dönüşümünün nesne varlığı açısından dezavantajlı olduğunu göstermektedir.

Pankromatik Görüntü

PCA

IHS

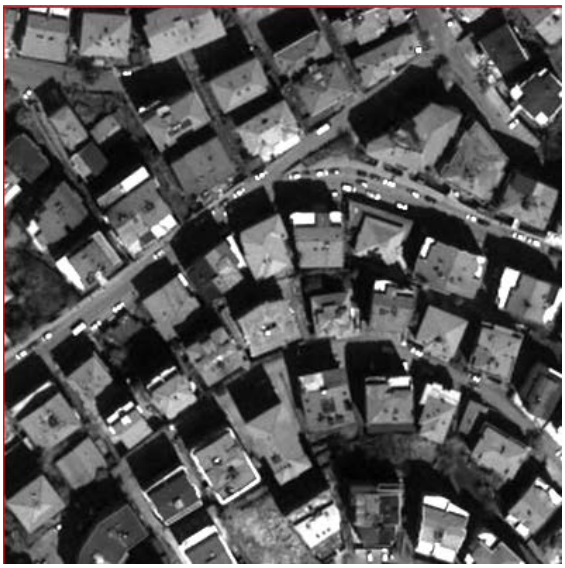
Brovey Dönüşümü



Şekil 2 Örnek Düz Alan

- **Kentsel Alan:** Uzaktan algılamanın kentsel alanlarda nesne çıkarımından afet gözlemine kadar birçok değişik alanda uygulaması vardır. **Şekil 3**'te test alanlında bulunan bir kentsel alandan kesitleri göstermektedir. Düz alanlar için yapılan çıkarımların benzerleri kentsel alanlar için de yapılabilir. Örneğin doğallık açısından IHS en iyi sonucu verirken PCA en kötü sonucu vermektedir. PCA ile üretilen görüntüden küçük nesneleri ayırt etmek neredeyse imkânsızdır. Binaların çatıları için IHS metodu doğal renkler üretirken PCA metodu ile elde edilen görüntüde bu kısımların renkleri bozulmaya uğramıştır.

Pankromatik Görüntü



PCA

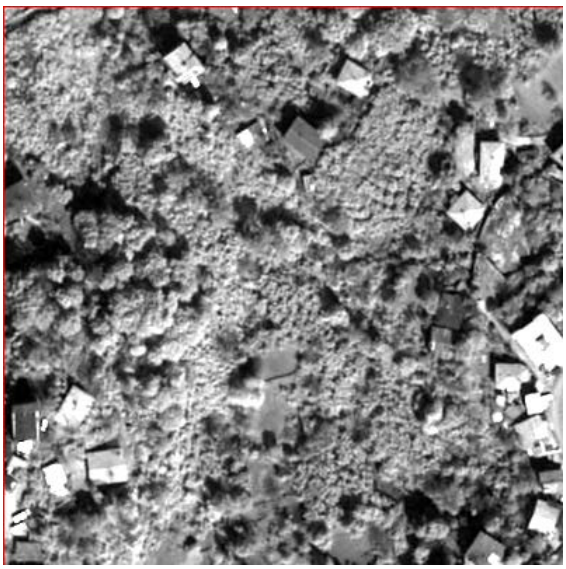
IHS

Brovey Dönüşümü

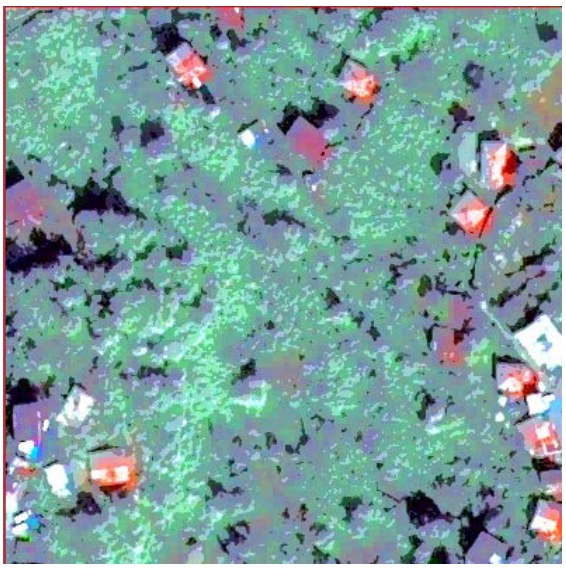
Şekil 3 Örnek Kentsel Alan

- **Ormanlık Alanlar:** Ormanlık alanlarda PCA metodu en yapay görüntüyü üretirken Brovey dönüşümü en doğal görüntüyü oluşturmaktadır. Ormanla ilgili uygulamalarda PCA dezavantaja sahiptir. Çünkü ormanlık alan ile orman olmayan alanları birbirinden ayırmak gayet zordur. Brovey dönüşümünün en doğal görüntüyü oluşturması da bir diğer ilginç gözlemdir. Zira yukarıdaki analizlere göre IHS yöntemi en doğal görüntüyü üretmekteydi. Ayrıca gözlemlerimize göre değişik türdeki vejetasyonlar IHS ile elde edilen görüntülerde daha iyi ayırt edilebilmektedir.

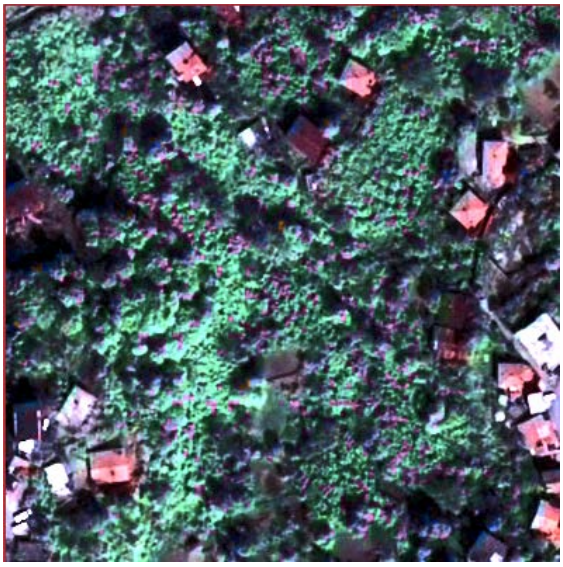
Pankromatik Görüntü



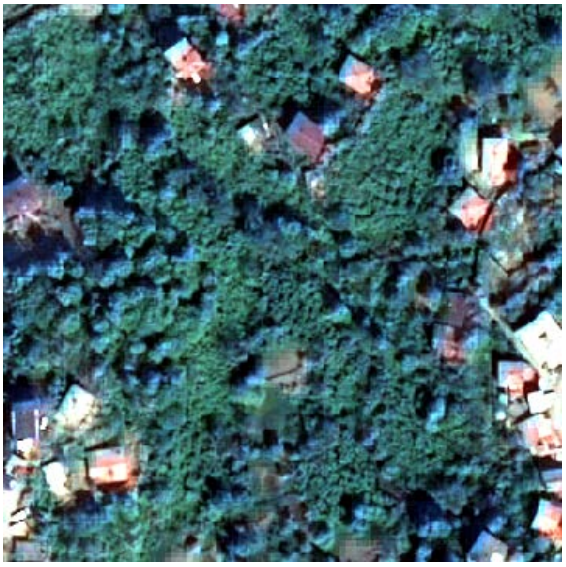
PCA



IHS



Brovey Dönüşümü



Şekil 4 Örnek Ormanlık Alan

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Airbus Defense and Space GEO Innovation Community Programı çerçevesinde edinilen Pléidas-1A görüntülerinin pan-sharpening performansı incelenmiştir. Matlab ortamında SharpQ adı verilen bir modül geliştirilmiştir. Bu modül PCA, IHS ve Brovey dönüşümü metotlarını kullanarak pan–sharpening işlemi yapabilmektedir. Aynı modül elde edilen görüntülerin nicelik olarak değerlendirilebilmesi için CC, RASE, SAM, RMSE ve ERGAS ölçütlerini hesaplayabilmektedir. Elde edilen görüntüleri nitelik olarak değerlendirilmesi ise görsel analizler ile yapılmıştır. Genel olarak Brovey dönüşümü ile elde edilen görüntü nicelik olarak en kaliteli gibi görünse de nitelik olarak incelendiğinde IHS metodu ile üretilen görüntü daha kalitelidir.

Bu çalışma devam eden bir araştırmanın öncül sonuçlarını ortaya koymaktadır. Gelecekte SharpQ modülünün daha da geliştirilmesi hedeflenmektedir. Öncelikle dalgacık dönüşümü tabanlı metotlar gibi diğer popüler pan-sharpening metotları da programlanarak SharpQ modülüne eklenecektir. Ek olarak SSIM ve Q4 gibi diğer yaygın ölçütler de programlanarak SharpQ modülüne eklenecektir. Bunun sebebi yukarıda bahsi geçen ölçütler ile ilgili olarak henüz bir uzlaşıya varılamamış olmasıdır. Dahası SharpQ modülünün görsel analiz bileşenini daha da geliştirmek amacıyla değişik çizim araçlarının da programlanması hedeflerimiz arasındadır.

6. TEŞEKKÜR

Bu araştırmada kullanılan görüntülerin sağlanmasından dolayı Airbus Defence and Space MyGIC Programına, 2014-47912266-01 numaralı proje desteğinden dolayı Bülent Ecevit Üniversitesine ve 114Y380 numaralı proje desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Airbus, 2012. Pléiades Imagery User Guide, V 2.0 ed.

Alparone, L., Aiazzi, B., Baronti, S., Garzelli, A., Nencini, F., Selva, M., 2008. Multispectral and Panchromatic Data Fusion Assessment Without Reference. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 74, 193-200.

Alparone, L., Wald, L., Chanussot, J., Thomas, C., Gamba, P., Bruce, L.M., 2007. Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data-Fusion Contest. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 45, 3012-3021.

Basaeed, E., Bhaskar, H., Al-Mualla, M., 2013. Comparative analysis of pan-sharpening techniques on DubaiSat-1 images, Information Fusion (FUSION), 2013 16th International Conference on, pp. 227-234.

Cabaleiro, M., Riveiro, B., Arias, P., Caamaño, J.C., Vilán, J.A., 2014. Automatic 3D modelling of metal frame connections from LiDAR data for structural engineering purposes. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 96, 47-56.

Choi, M., Kim, R.Y., Nam, M.-R., Kim, H.O., 2005. Fusion of multispectral and panchromatic Satellite images using the curvelet transform. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE 2, 136-140.

Ehlers, M., Klonus, S., Johan Åstrand, P., Rosso, P., 2010. Multi-sensor image fusion for pansharpening in remote sensing. International Journal of Image and Data Fusion 1, 25-45.

El-Mezouar, M.C., Taleb, N., Kpalma, K., Ronsin, J., 2012. A New Evaluation Protocol for Image Pan-sharpening Methods, 1st International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT 2012), Saudi Arabia.

Jawak, S.D., Luis, A.J., 2013. A Comprehensive Evaluation of PAN-Sharpening Algorithms Coupled with Resampling Methods for Image Synthesis of Very High Resolution Remotely Sensed Satellite Data. Advances in Remote Sensing 02, 332-344.

Karathanassi, V., Kolokousis, P., Ioannidou, S., 2007. A comparison study on fusion methods using evaluation indicators. International Journal of Remote Sensing 28, 2309-2341.

Khan, M.M., Alparone, L., Chanussot, J., 2009. Pansharpening Quality Assessment Using the Modulation Transfer Functions of Instruments. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 47, 3880-3891.

Khan, M.M., Chanussot, J., Condat, L., Montanvert, A., 2008. Indusion: Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using the Induction Scaling Technique. Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE 5, 98-102.

Klonus, S., Ehlers, M., 2009. Performance of evaluation methods in image fusion, Information Fusion, 2009. FUSION '09. 12th International Conference on, pp. 1409-1416.

Laporterie-Déjean, F., de Boissezon, H., Flouzat, G., Lefèvre-Fonollosa, M.-J., 2005. Thematic and statistical evaluations of five panchromatic/multispectral fusion methods on simulated PLEIADES-HR images. Information Fusion 6, 193-212.

Makarau, A., Palubinskas, G., Reinartz, P., 2012. Selection of numerical measures for pan-sharpening assessment, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, pp. 2264-2267.

Pohl, C., Van Genderen, J.L., 1998. Review article Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications. International Journal of Remote Sensing 19, 823-854.

Tsai, V.J.D., 2004. Evaluation of multiresolution image fusion algorithms, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International, p. 624.

Vijayaraj, V., 2004. A Quantitative Analysis OF Pansharpened Images, Department of Electrical & Computer Engineering. Mississippi State University.

Yıldırım, D., Gungor, O., 2012. IKONOS Uydu Görüntüleri İle Yeni Bir Görüntü Kaynaştırma Yöntemi. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi 1, 75-83.

Zhang, Y., 2008. Methods for image fusion quality assessment - a review, comparison and analysis, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, pp. 1101-1109.

Zheng, L., Blasch, E., Zhiyun, X., Jiying, Z., Laganiere, R., Wei, W., 2012. Objective Assessment of Multiresolution Image Fusion Algorithms for Context Enhancement in Night Vision: A Comparative Study. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 34, 94-109.