

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ.....	7
2. IHS DÖNÜŞÜM.....	8
2.1 IHS Amacı	8
2.2 IHS Dönüşümünün Adımları	9
2.2.1 IHS dönüşüm ayrıntıları	9
3. FUSION YÖNTEMLERİ.....	10
3.1 IHS image fusion yöntemi	10
3.2 Fast IHS image fusion yöntemi	10
3.3 CHU image fusion yöntemi	12
3.4 CHOI image fusion yöntemi.....	13
3.5 RAHMANI image fusion yöntemi	15
3.6 GIHSA image fusion yöntemi	17
3.7 TU image fusion yöntemi	18
4. KALİTE ANALİZİ YÖNTEMLERİ.....	20
4.1 Ergas Yöntemi	20
4.2 Ssim Yöntemi	21
4.3 Sam Yöntemi	22
4.4 Correlation Coefficient Yöntemi	23
4.5 Correlation Coefficient Pan	24
4.6 Psnr Yöntemi	24
5. UYGULAMA	26
5.1 IKONOS	26
5.2 Matlab GUI.....	26
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR	37

KISALTMA LİSTESİ

CC	Korelasyon Katsayısı(Correlation Coefficient)
CC_PAN	Korelasyon Katsayısı(Correlation Coefficient) Pankromatik
ERGAS	Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse
IHS	Intensity Hue-Saturation
MS	Multi Spectral
MSE	Mean Square Error
PAN	Pankromatik
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio
RGB	Red-Green-Blue
SAM	Spectral Angle Mapper
SSIM	The Structural Similarity

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Ihs renk spektrumu(Alvy Ray Smith,vd.,1978).....	8
Şekil 2.2 Ihs dönüşümü diyagramı (W. J. Carper, vd. ,1990).....	9
Şekil 3.1 Ihs yöntemi matlab kodu.....	10
Şekil 3.2 Fast Ihs yöntemi matlab kodu	12
Şekil 3.3 Chu yöntemi matlab kodu	13
Şekil 3.4 Choi yöntemi matlab kodu.....	15
Şekil 3.5 Rahmani yöntemi matlab kodu.....	16
Şekil 3.6 Rahmani yöntemi matlab kodu.....	17
Şekil 3.7 Rahmani yöntemi matlab kodu.....	17
Şekil 3.8 Gihsa yöntemi matlab kodu.....	18
Şekil 3.9 Tu yöntemi matlab kodu	19
Şekil 4.1 Ergas kalite analizi matlab kodu..	20
Şekil 4.2 Ssim kalite analizi matlab kodu.....	21
Şekil 4.3 Ssim kalite analizi matlab kodu.....	22
Şekil 4.4 Sam kalite analizi matlab kodu.....	23
Şekil 4.5 CC kalite analizi matlab kodu.....	24
Şekil 4.6 CC Pan kalite analizi matlab kodu.....	24
Şekil 4.7 Psnr kalite analizi matlab kodu.....	25
Şekil 5.1 Matlab Gui açılması.....	26
Şekil 5.2 Boş bir Gui oluşturmak:.....	27
Şekil 5.3 Uygulamanın Open Guide hali.....	28
Şekil 5.4 Elementlerin özelliklerinin ayarlandığı ekranın açılması.....	29
Şekil 5.5 Nesne özellikleri.....	29
Şekil 5.6 Matlab Gui uygulaması.....	32
Şekil 5.7 Orijinal MS görüntüsü.....	33
Şekil 5.8 Orijinal PAN görüntüsü.....	33
Şekil 5.9 Uygulama çalıştırıldıktan sonraki füzyon edilmiş görüntüler.....	34
Şekil 6.1 Kalite analizi sonuç tablosu.....	36

ÖNSÖZ

Bu bitirme tezini yazmamızda yardımcı olan Doç. Dr. Müfit ÇETİN hocamıza teşekkürlerimizi sunarız.

.

ÖZET

Hızla gelişmekte olan uydu teknolojilerinde farklı algılayıcılarla ve farklı çözünürlüğe sahip görüntü verileri kullanılmaktadır. Görüntü füzyonu uydu verilerinin hem uzaysal hem de spektral görünümünü içerecek şekilde tek bir görüntü verisi haline getirilmesidir. Görüntü füzyonunun amacı, görüntünün bilgisayar tarafından analizi ile bölümleme ve nesne tespiti gibi görüntü işleme süreçleri için bilgi içeriğinin artırılmasıdır. Bundan dolayı iki veya daha fazla algılayıcıdan alınmış resimlerin birleştirilmesidir. Bu bilgiler sonucunda doğru veri füzyonu yapısının oluşturulması, karar mekanizmasının doğru sonuç üretmesine katkı sağlar. Algılayıcılardan gelen verilerin birleştirilmesi tek algılayıcı kullanımından daha etkili bir analiz yapılmasına ve daha iyi karar verilmesine olanak sağlar. Ancak bu yöntemlerde karşılaşılan en yaygın problem birleştirme sonrasında meydana gelen renk bozulmalarıdır. Bununla birlikte, renklerin korunması nesne tanıma, obje çıkarımı ve görüntü analizi gibi işlemlerin yapıldığı birçok uygulamada elde edilen sonuçların doğruluğu açısından önemlidir. Bu çalışmada iki farklı kaynak görüntüsünün birleştirilmesi için IHS dönüşümü tabanlı görüntü zenginleştirme yöntemleri (fast_ihs, ihs, gihsa, rahmani, choi, chu, tu) kullanılmıştır ve elde edilen sonuçların kalite analizleri farklı metotlarla (ergas, sam, ssim, correlation coefficient, correlation coefficient_pan, psnr) hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Görüntü füzyonu, fast_ihs, ihs, gihsa, rahmani, choi, chu, tu, ergas, sam, ssim, correlation coefficient, correlation coefficient_pan, psnr.

ABSTRACT

Different sensors and visual data that have different resolution are used in developing satellite technologies. Image fusion is an image that consists not only the spatial data but also spectral image of satellite data. The purpose of the image fusion, with the analysis of the image by the computer, is to classify and recognize the object. So it is combination of images that have been taken from two or more sensors. In the light of these information composing true image fusion contributes to true results of the decision mechanism. It is better to get data from more sensors than to get data from one sensor. But, one of the most common problems encountered in these methods is spectral distortions introduced during the merging process. At the same time, the spectral quality of the image is the most important factor affecting the accuracy of the results in many applications such as object recognition, object extraction, image analysis. In this paper to combine two different main images IHS transformation image enterprise method (fast_ihs, ihs, gihsa, rahmani, choi, chu, tu) is used and the quality analysis is calculated with different methods (ergas, sam, ssim, correlation coefficient, correlation coefficient_pan, psnr).

Key Words: Image fusion, fast_ihs, ihs, gihsa, rahmani, choi, chu, tu, ergas, sam, ssim, correlation coefficient, correlation coefficient_pan, psnr.

1. GİRİŞ

Gelişen günümüz dünyasında uydulardan her türlü bilgi elde edinilir. Bu veriler; uydu parametrelerine bağlı olarak; geniş görüş açıları, hareket hızları ve kullanılan spektral bant sayısı nedeniyle çok fazla miktardadır (Kitapçıoğlu, 2005).

1950’li yıllarda gündeme gelen bu uzaktan algılama uydu kavramı 1970’li yıllardan sonra çok önemli gelişim göstermiştir. Kullanılan materyaller konusunda ciddi gelişmeler görülmüştür. Bu gelişmeler ile birlikte çok geniş bir uygulama yelpazesi ortaya çıkmıştır (Turoğlu, 2000).

Uydu fotoğraflarından elde edilen görüntülerle yeryüzü modellemesi, düşman yerinin tespiti, askeri birliklerin en uygun şekilde konumlandırılması ve komuta edilmesi, askeri uygulamaların başında yer almaktadır. Elde edilen verilerle elektromanyetik bandın geniş bir aralığa bakılıp, zararlı nesneler derhal tespit edilmektedir. Bu teknoloji gün geçtikçe daha geniş kullanılmaya başlanıldı (Uğurlu, 2006).

Uzaktan algılama yoluyla elde edilmiş görüntüler yeryüzüne ait birçok bilgiyi içinde barındırır. Bu bilgiler yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin uyduların alıcıları tarafından algılanarak çeşitli bantlara kaydedilmesi yoluyla toplanır. Her bir bantta o bandın hassasiyet gösterdiği özelliklere ait yansıma değerleri bulunur. Birden fazla bant bir araya gelerek bir görüntü oluşturabildiği gibi, tek bir banttan oluşan görüntüler de mevcuttur (Çelik ve ark, 2004).

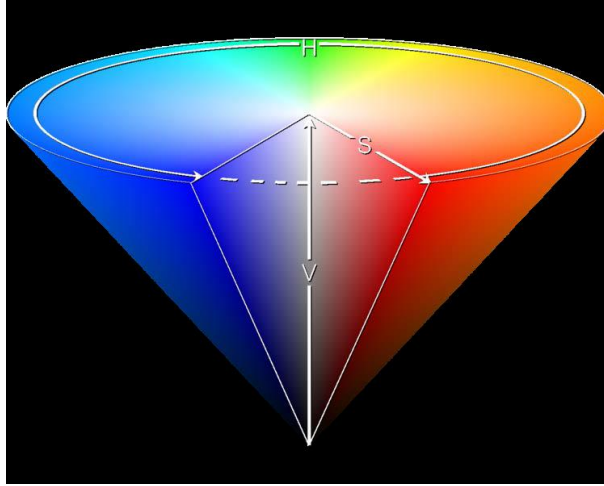
Görüntü füzyonunun en önemli uygulama alanlarından biri uzaktan algılamadır. Uzaktan Algılama için tasarlanan cihazlar, ya renk bilgisi olan düşük çözünürlükte Çok Spektrallı (MS-multispectral), ya da renk bilgisi olmayan, yüksek uzaysal çözünürlükte pankromatik (PAN-panchromatic) görüntüler elde ederler. Görüntü füzyonu, tam bu noktada devreye girerek, hem çözünürlüğü yükseltir, hem renk bilgisi içeren yeni bir görüntünün elde edilmesini sağlar. Dolayısıyla, görüntü füzyonu, giriş görüntülerinin en iyi özelliklerini seçme işlemi olarak da adlandırılabilir (Kaplan, 2008).

Bu çalışmada uydu görüntülerinden alınan resimler sonucunda doğru veri füzyonu yapısının oluşturulması ve iki farklı kaynak görüntüsünün birleştirilmesi için IHS dönüşümü tabanlı görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmıştır ve elde edilen sonuçların kalite analizleri farklı metotlarla hesaplanmıştır.

2. IHS DÖNÜŞÜM

HSV renk uzayı 1978 yılında Alvy Ray Smith tarafından tanımlandı. Amacı RGB uzayına göre insan gözü düzeneğine daha yakın bir yapı oluşturmaktır. HSV, RGB renk uzayından doğrusal olmayan bir dönüşüm ile elde edilir. IHS bu çatıda ilgilenilen bir dönüşüm işleminin ismidir.

Yansıma şiddeti (intensity-I) görüntünün toplam parlaklığını belirtir. Yani rengin aydınlığını, içindeki beyaz oranını belirler. Rengin beyaz ile ne kadar seyreltilmiş olduğunu bize anlatan kısımdır. 0-100 arasında değişir.



Şekil 2.1 Ihs renk spektrumu(Alvy Ray Smith,vd.,1978)

Şekildeki V yani value değeri burada I ile belirtilen değerin ifadesi olarak algılanabilir. Renklerin seyreltilme derecesini gösterir.

Renk özü veya Renk Tonu (Hue-H) görüntüyü oluşturan ışığın ortalama dalga boyunu ifade eder. Rengin baskın dalga uzunluğunu belirler, örneğin sarı, mavi, yeşil, vb. Açısal bir değerdir $0^\circ - 360^\circ$, bazı uygulamalarda ise 0-100 arası olağanlaştırılır.

Şekilde görüldüğü gibi H değeri renkler uzayında açısal olarak ilgili görüntüde hangi tonun baskın olduğunu belirtir.

Doygunluk, rengin «canlılığını» veya «saflığını» belirler. Yüksek doygunluk canlı renklere neden olurken, düşük olasılık rengin gri tonlarına yaklaşmasına neden olur. 0-100 arasında değişir.

Şekilde S değeri rengin görüldüğü üzere her renk tonunu gri ile kendi renk skalası arasında hangi bölgede olduğunu belirtir.

2.1 IHS Amacı

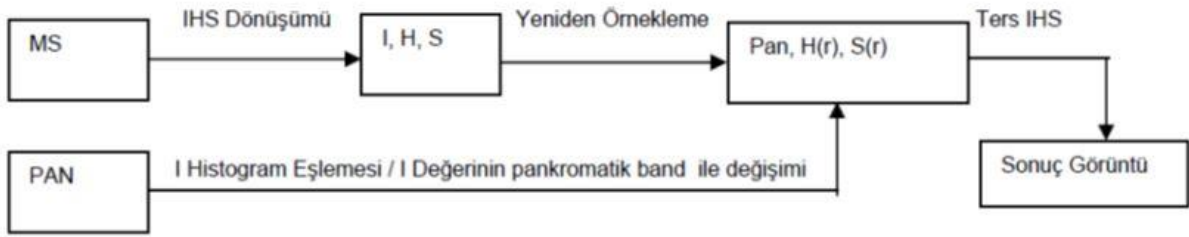
Son dönemde yüksek mekânsal çözünürlüklü ve çok bantlı (multispektral) uydu görüntülerindeki artış, piksel tabanlı sınıflandırma uygulamalarını da olumlu etkilemektedir. Kullanıcılar uygulamalarında hem yüksek mekânsal çözünürlükten hem de yüksek spektral çözünürlükten elde ettiği bilgilerden vazgeçmek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

Bu yüzden kullanıcılar bu kaynaştırma yöntemlerini tercih etmektedirler. Amacımız yüksek mekânsal çözünürlük ile spectral çözünürlüğü birleştirmektir.

2.2 IHS Dönüşümünün Adımları

Renk Tonu, Doygunluk Dönüşümü (Intensity Hue Saturation - IHS) olarak bilinen IHS yöntemi düşük mekansal çözünürlüğe sahip kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) olmak üzere üç renk ile temsil edilen sayısal görüntülerin seçilen üç bandını kullanarak veriyi IHS bileşenlerine dönüştürür. Bu yöntem genellikle 4 ayrı adım içermektedir.

- RGB–IHS donuşumu;
- PAN görüntüsüne ait histogramı I ile uyumlu hale getirme işlemi.
- I bileşenini PAN ile değiştirerek H ve S bileşenlerini en yüksek çözünürlüğe tekrar örnekleme işlemi.
- IHS – RGB ters dönüşümü.



Şekil 2.2 Ihs dönüşümü diyagramı (W. J. Carper, vd. ,1990)

2.2.1 IHS dönüşüm ayrıntıları

Adım 1.

$$\begin{bmatrix} I \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Multispectral görüntünün sahip olduğu bantların(RGB) piksel değerlerinin her biri yukarıda bulunan denklem 2.2 işlemine tabi tutulur. Uydu tabanlı uzaktan algılamada, genelde çok bantlı görüntülerde en az 4 bant bulunur ve I hesaplanmasında ağırlıklı ortalamalar kullanmak renk anlamında daha iyi sonuçlar verebilir. Bu ağırlıklar büyük oranda algılayıcıya bağlıdır. Yazılımlarda algılayıcı tipi seçeceğimiz bölümler bulunmaktadır.

Adım 2.

$$\begin{bmatrix} F(R) \\ F(G) \\ F(B) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Pan \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + (Pan - I) \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + (Pan - I) \\ G + (Pan - I) \\ B + (Pan - I) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Bu işlemin ikinci adımında denklem 2.2’de görüldüğü gibi I bileşeni ile pankromatik görüntü birleştirilir. Aslında birçok bantlı görüntüye ait I bileşeni konumsal bilgiyi (Chibani ve Houacine 2002) içermektedir. Burada F kaynaştırılmış görüntüyü ifade etmektedir.

Adım 3.

H ve S bileşenleri

$H = \tan^{-1} (V_2 / V_1)$ ve $S = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ bağıntılarından elde edilir.

3. FUSION YÖNTEMLERİ

Resim füzyonlama iki veya daha fazla resmi tek resim de ayrıntılı görmek için yapılan işlemlerden oluşmaktadır. Füzyonlanmış resim girilen resimlerden daha ayrıntılı ve daha tamamlanmış olmalıdır.

3.1 IHS image fusion yöntemi

IHS methodu pan keskinleştirilmiş görüntü için geliştirilmiş en popüler füzyon tekniklerinden biridir. Şekil 3.1’de IHS yönteminin işlemlerinin kod hali verilmiştir. Yukarı da bahsedildiği için burda bir daha bahsedilmemiştir.

```
function im6 =yontemIhs(pathms,pathpan,row,column,band)

im = multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

c=1/band;
pan= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );

sum =0;
for i=1:band
    sum =sum+ c.*im(:,:,i);
end

teta = pan-sum;

for i=1:band
    im6(:,:,i)=im(:,:,i)+teta;
end
```

Şekil 3.1 IHS yöntemi matlab kodu

3.2 Fast IHS image fusion yöntemi

Çeşitli füzyon yöntemleri arasında IHS tekniği yüksek hacimdeki verilerin hızlı bir şekilde birleştirilmesinde yeteneklidir. Ikonos görüntüleri için IHS uzaysal verimi iyi bir şekilde artırabilir fakat elimizdeki örnek ve füzyonlanmış görüntünün renkleri arasında spektral bozulmalar ortaya çıkabilir. Bu da IHS nin bir sorunudur. Bunu çözmek için Fast IHS tekniği

spektral düzeltme ile birlikte sunulmuştur. Deneyler sonucu gösteriyor ki amaçlanan yaklaşım işleme hızı ve görüntü kalitesinde IHS ye göre daha iyi bir performans sağlanabilir.

Uygulamalara göre IHS metodu en çok kullanılanlardan biridir. Büyük hacimli verileri daha hızlı birleştirmek için Tu ve arkadaşları daha az hesaplama maliyeti ile hız yaklaşımlı IHS metodunu tasarladılar. Fast_Ihs metodunda birleştirilmiş resim $[F(R), F(G), F(B)]^T$ orijinal resim den $[R, G, B]^T$ ekleme işlemi kullanarak kolayca elde edilebilir.

$$\begin{bmatrix} F(R) \\ F(G) \\ F(B) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + (I_{new} - I) \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I + \delta \\ v1 \\ v2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\delta = Pan - I \text{ ve } I = (R+G+B)/3 \quad (3.2)$$

IKONOS veri birleştirme için pan resminin spektral aralığı verilmiştir. Tu ve arkadaşları spektral bozulma problemini NIR (kıızılötesi) bandını kullanarak çözmüşlerdir.

$$I = (R+G+B+NIR) / 4. \quad (3.3)$$

PAN ve MS bandları arasında spectral uyumsuzluklarda basit bir ayarlama sunar.

$$I_{SA} = (R+0.75*G+0.25*B+NIR) / 3. \quad (3.4)$$

Yukarıdaki denklem 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4' te fast IHS metodunun aşamaları verilmiştir. Bu adımlardaki matematiksel işlemler Şekil 3.2' de kod haline getirilmiştir.

```

function im6 = yontemFast_ihs(pathms,pathpan,row,column,band)

im = multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

blue=1/3;
green=1/4;
red=1/12;
nir=1/3;

pan= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );

teta=pan-(blue.*im(:,:,1)+green.*im(:,:,2)+red.*im(:,:,3)+nir.*im(:,:,4));

im6(:,:,1)=im(:,:,1)+teta;
im6(:,:,2)=im(:,:,2)+teta;
im6(:,:,3)=im(:,:,3)+teta;
im6(:,:,4)=im(:,:,4)+teta;

```

Şekil 3.2 Fast Ihs yöntemi matlab kodu

3.3 CHU image fusion yöntemi

IHS tekniği hesaplama verimliliği ve mekansal çözünürlüklü tutma için iyi bilinen bir birleştirme yaklaşımıdır. Bununla birlikte IHS sonuçlarında ikonos uydu görüntülerinde yer yer renk bozulmaları olabilir. Wavelet yaklaşımları uzaysal ve spektral kaliteleri arasında daha iyi bir sonuç sağlamasına rağmen füzyonlanmış görüntü bu methodlarla IHS temelli algoritmalarından daha az uzaysal çözünürlüğe sahiptir. IHS dönüşümlerinde ve yerel çeşitlilik ve bunların modifiye yaklaşımlarıyla birlikte düşükhesaplama karmaşıklığı üzerinde uzaktan algılama görüntü füzyon temelli algoritma amaçlanmıştır. Görsel efekt ve miktar değerlendirme sonuçları gösteriyor ki amaçlanan basit algoritma benzer konumsal kalitesi ile spektral etki alanında geleneksel görüntü füzyon yöntemleriyle wavelet dönüşüm algoritma sonuçlarına benzerlik gösteriyor. Amaçlanan modifiye method IHS temelli algoritma ve daha iyi bir spektral kalite, yeşil bitki örtüsü alanlarında birleştirilmiş görüntünün benzer uzaysal çözünürlüğü elde edilebilmesidir. Denklem 3.5’ te Chu’ nun denklemi verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} Rf(i,j) \\ Gf(i,j) \\ Bf(i,j) \end{bmatrix} = \begin{cases} \begin{bmatrix} R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \\ R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \\ R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \end{bmatrix} & Inew(i,j) \leq Pan(i,j) \\ \begin{bmatrix} R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \\ R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \\ R0(i,j) + Pan(i,j) - I0(i,j) \end{bmatrix} & Inew(i,j) > Pan(i,j) \end{cases} \quad (3.5)$$

```
function MSF = yontemChu(pathms,pathpan,row,column,band)
MS= multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le');
PAN= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le'); %input 2
for i=1:row
    for j=1:column
        I(i,j)=(MS(i,j,1)+MS(i,j,2)+MS(i,j,3)+MS(i,j,4))/band;

    end
end
n=2;
H = ones(n);
EI=conv2(I,H)/(n*n);
EPAN=conv2(PAN,H)/(n*n);

for i=1:row
    for j=1:column
        Inew(i,j)=EI(i,j)+(PAN(i,j)-EPAN(i,j));
        if Inew(i,j)<=PAN(i,j)
            MSF(i,j,1)=MS(i,j,1)+Inew(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,2)=MS(i,j,2)+Inew(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,3)=MS(i,j,3)+Inew(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,4)=MS(i,j,4)+Inew(i,j)-I(i,j);
        else
            MSF(i,j,1)=MS(i,j,1)+PAN(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,2)=MS(i,j,2)+PAN(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,3)=MS(i,j,3)+PAN(i,j)-I(i,j);
            MSF(i,j,4)=MS(i,j,4)+PAN(i,j)-I(i,j);
        end
    end
end
```

Şekil 3.3 Chu yöntemi matlab kodu

3.4 CHOI image fusion yöntemi

Fast IHS üzerine geliştirilmiş bir teknik olup en büyük farkı pankromatik resimlerde trade off yani t parametresi alarak hesaplama yapar ve füzyonlama işlemini bu geri dönüşten doğan

resimle yapar. Aşağıda Şekil 3.4' te matlab kodu verilmiştir.

Choi' de iki durumu dikkate alınır;

1. $\tilde{I}=P$. Bu durumda $|\tilde{I}-I|$ mutlak farkı maximum olur. Buna göre spectral bozulma maksimum olurken spatial yani mekansal çözünürlük yüksektir.
2. $\tilde{I}=I$. Bu durumda $|\tilde{I}-I|$ mutlak farkı sıfır olur. Buna göre spectral bozulma minimumdur. Mekansal çözünürlük düşüktür.

Bu iki durum arasında choi $\tilde{I}(t)$ parametrik değerini kullanır.

$$\tilde{I} = P - \frac{P-I}{t} \quad (3.6)$$

Choi algoritmasında kullandığımız t parametresi ile spectral ve mekansal çözünürlük dengelenmiştir ve bu t parametresine trade-off parametresi denir. Choi Pan Keskinleştirmesi şu şekildedir:

$$\begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R + (P - I)(1 - 1/t) \\ G + (P - I)(1 - 1/t) \\ B + (P - I)(1 - 1/t) \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

$$\delta = (\tilde{I} - I) = (P - I)(1 - 1/t). \quad (3.8)$$

Denklem 3.7' de Choi' nin denklemi verilmiştir. Denklem 3.8' de ise Choi' nin denklemindeki dengeleme parametresidir. Choi metodu hızlıdır ve kolay uygulanabilir ve t parametresi kullanılan duruma göre değişir. Denklem 3.9' da ise son olarak spectral bozulmaları azaltmak için tekrar ters IHS uygulanır.

$$\begin{aligned} \tilde{I} &= \frac{1}{3}(\tilde{R} + \tilde{G} + \tilde{B}) = I + \delta \\ \tilde{H} &= \cos^{-1} \frac{\tilde{R} + (\tilde{G} - \tilde{B})/2}{\sqrt{(\tilde{R} - \tilde{G})(\tilde{R} - \tilde{G}) + (\tilde{R} - \tilde{B})(\tilde{G} - \tilde{B})}} = H \end{aligned} \quad (3.9)$$

$$\tilde{S} = 1 - \frac{3 \min(\tilde{R}, \tilde{G}, \tilde{B})}{\tilde{R} + \tilde{G} + \tilde{B}} = \frac{IS}{\tilde{I}}.$$

```

function MSF = yontemChoi(pathms,pathpan,row,column,band)

PAN = multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );
MS= multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

t=10; % parametre
for i=1:row
    for j=1:column
        I(i,j)=(MS(i,j,1)+MS(i,j,2)+MS(i,j,3)+MS(i,j,4))/band;
        MSF(i,j,1)=PAN(i,j)-((PAN(i,j)-I(i,j))/t)+MS(i,j,1)-I(i,j);
        MSF(i,j,2)=PAN(i,j)-((PAN(i,j)-I(i,j))/t)+MS(i,j,2)-I(i,j);
        MSF(i,j,3)=PAN(i,j)-((PAN(i,j)-I(i,j))/t)+MS(i,j,3)-I(i,j);
        MSF(i,j,4)=PAN(i,j)-((PAN(i,j)-I(i,j))/t)+MS(i,j,4)-I(i,j);
    end
end

```

Şekil 3.4 Choi yöntemi matlab kodu

3.5 RAHMANI image fusion yöntemi

Bu yöntem de diğer yöntemlerden tamamen farklı olarak ilk önce resimde yeni hassaslık değeri bulunur ve hassaslık değeri ile pankromatik resimle eşleştirme yapılır ve bu eşleştirmeden sonra kenarları keskinleştirmek için belirlenen lambda değerleri ile scatter fonksiyonuna sokup en son çıkan resmi füzyonlama işleminde kullanarak daha sağlıklı sonuçlar (keskin kenarlar) elde edilir. Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7' te bu yöntemin matlab kodu verilmiştir.

Bu teknik filtre kullanarak resmin kenarlarını daha belirgin hale getirerek öncelikle füzyonlanmış resimde kenarlara yakın yerlerin netleştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu metotta pankromatik resimden füzyonlanmış resime kenarlar transfer edilmek istenmiştir.Bu kenarlar IHS metoduna dayatılmıştır. Bunun dışında MS kullanılmıştır.Çok kanallı füzyonlanmış resim olan F yeniden formüle edilmiştir ve denklem 3.10' daki gibidir.

$$F_i = M_i + h(x) (P - I) \quad (3.10)$$

H(x) kenar bulma fonksiyonudur.h(x)'te kenarlar bir kenar olmayan yerler sıfırdır.Alınan kenarlar standart kenar bulma metodları (Örnek:Canny) kullanılarak elde edilebilir.

$$h(x) = \exp\left(-\frac{\lambda}{|\nabla P|^4 + \varepsilon}\right) \quad (3.11)$$

Denklem 3.11’ de bulunan ∇P pankromatik resmin gradyanıdır. λ yumuşaklık ve kenar kontrolü için gradyan büyüklüğünü ayarlar.

```
function im6 = yontemRahmani(pathms,pathpan,row,column,band)
Y= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );

X = multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

y=Y(:);
X1=X(:, :, 1);
X1=X1(:);
X2=X(:, :, 2);
X2=X2(:);
X3=X(:, :, 3);
X3=X3(:);
X4=X(:, :, 4);
X4=X4(:);
XX = [ones(size(X1)) X1 X2 X3 X4];
beta=regress(y,XX)
a=beta(2,1);
b=beta(3,1);
c=beta(4,1);
d=beta(5,1);
e=beta(1,1);
```

Şekil 3.5 Rahmani yöntemi matlab kodu


```

%new Intensity
y1=(a.*X(:,:,1)+ b.*X(:,:,2)+ c.*X(:,:,3)+ d.*X(:,:,4)+e);
%histogram matching between PAN and Intensity
I=y1;
st=std2(I)/std2(Y);
up=mean2(Y);
ul=mean2(I);
P=st*(Y-up)+ul;
pan=P;
teta1=pan-y1;
%edge detection function
[GmagPAN, GdirPAN] = imgradient(Y,'prewitt');
figure; imshowpair(GmagPAN, GdirPAN, 'montage');
title('Gradient Magnitude, Gmag (left), and Gradient Direction, Gdir (right), using
axis off;
figure; hist(GmagPAN);
title('GmagPAN histogram');
xlabel('GmagPAN (gradient magnitude)');
ylabel('number of pixel');
lamda=10^-10;
ep=1;
for i=1:1000;
    for j=1:1000;
h(i,j)=ep*exp((GmagPAN(i,j)*lamda)^2);
    end
end

```

Şekil 3.6 Rahmani yöntemi matlab kodu

```

end
yatay=GmagPAN(:);
dikey=h(:);
figure; scatter(yatay, dikey, 'o');
title('GmagPAN (gradient magnitude) & h(weight parameter)');
xlabel('GmagPAN (gradient magnitude)');
ylabel('h (weight parameter)');
teta2=h.*teta1;
im6(:,:,1)=X(:,:,1)+teta2;
im6(:,:,2)=X(:,:,2)+teta2;
im6(:,:,3)=X(:,:,3)+teta2;
im6(:,:,4)=X(:,:,4)+teta2;

```

Şekil 3.7 Rahmani yöntemi matlab kodu

3.6 GIHSA image fusion yöntemi

Şekil 3.8’ da matlab kodu verilen GIHSA yönteminde Rahmani metodundan farklı olarak parametre olarak lambda değeri kullanılmıyor sadece yeni hassaslık değeri ile pankromatik resim ile eşleştirilip denklem 3.12’ ye göre füzyonlama işlemi yapılır.

$$I = w_1 \cdot \bar{B} + w_2 \cdot \bar{G} + w_3 \cdot \bar{R} + w_4 \cdot \bar{NIR} + b \quad (3.12)$$

```

function im6 = yontemGihsa(pathms,pathpan,row,column,band)
Y= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );
X = multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

y=Y(:);    X1=X(:, :, 1);
X1=X1(:);  X2=X(:, :, 2);
X2=X2(:);  X3=X(:, :, 3);
X3=X3(:);  X4=X(:, :, 4);
X4=X4(:);  XX = [ones(size(X1)) X1 X2 X3 X4];
beta=regress(y,XX);  a=beta(2,1);
b=beta(3,1);  c=beta(4,1);
d=beta(5,1);  e=beta(1,1);
%new Intensity
y1=(a.*X(:, :, 1)+ b.*X(:, :, 2)+ c.*X(:, :, 3)+ d.*X(:, :, 4)+e);
%histogram matching between PAN and Intensity
I=y1;    st=std2(I)/std2(Y);
up=mean2(Y);    ul=mean2(I);
P=st*(Y-up)+ul;    pan=P;
teta=pan-y1;

im6(:, :, 1)=X(:, :, 1)+teta;
im6(:, :, 2)=X(:, :, 2)+teta;
im6(:, :, 3)=X(:, :, 3)+teta;
im6(:, :, 4)=X(:, :, 4)+teta;

```

Şekil 3.8 Gihsa yöntemi matlab kodu

3.7 TU image fusion yöntemi

Şekil 3.9’ de verilen TU yöntemi, Choi yöntemini P / \tilde{I} ile çarparak tu kendi yöntemini geliştirmiştir. Tu’ nun Choi’ den farkı basit enerji normalizasyon prosedürüdür.

$$\begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix} = \frac{P}{\tilde{I}} \cdot \begin{pmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{pmatrix} = \frac{P}{\tilde{I}} \cdot \begin{pmatrix} R + (\tilde{I} - I) \\ G + (\tilde{I} - I) \\ B + (\tilde{I} - I) \end{pmatrix} = \frac{P}{P(1-\frac{1}{t}) + \tilde{I}} \cdot \begin{pmatrix} R + (P - I)(1 - 1/t) \\ G + (P - I)(1 - 1/t) \\ B + (P - I)(1 - 1/t) \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

3.13 denklemindeki spektral bozulmanın belirlenmesinde denklem 3.14’ teki değerler elde edildi:

$$\begin{aligned}\tilde{I} &= \frac{P}{\tilde{I}} (I + \tilde{I} - I) = P \\ \tilde{H} &= H \\ \tilde{S} &= S\end{aligned}\tag{3.14}$$

Bu 3.14' teki denklemin sonucunda Tu algoritmasının H ve S değerleri değişmemiştir denilebilir.

```
function MSF = yontemTu(pathms,pathpan,row,column,band)

PAN= multibandread(pathpan, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 1]} );
MS= multibandread(pathms, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

t=40; % parametre
for i=1:row
    for j=1:column
        I(i,j)=(MS(i,j,1)+MS(i,j,2)+MS(i,j,3)+MS(i,j,4))/band;

        a1=(PAN(i,j)/(((t-1)/t)*PAN(i,j)+(I(i,j)/t)));
        a2=((t-1)/t)*(PAN(i,j)-I(i,j));

        MSF(i,j,1)=a1*(MS(i,j,1)+a2);
        MSF(i,j,2)=a1*(MS(i,j,2)+a2);
        MSF(i,j,3)=a1*(MS(i,j,3)+a2);
        MSF(i,j,4)=a1*(MS(i,j,4)+a2);
    end
end
```

Şekil 3.9 Tu yöntemi matlab kodu

4. KALİTE ANALİZİ YÖNTEMLERİ

4.1 Ergas Yöntemi

ERGAS (Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse) : 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 vd., 2008).

$$\text{ERGAS} = 100 \cdot \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \left(\frac{\text{RMSE}(b)}{\mu(b)} \right)^2} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1’ de h/l Pan görüntü ile MS görüntünün geometrik çözünürlük oranını ki bu çalışma için h/l=1/4 olur. B bant sayısını, b bant numarasını ve μ ortalama gri değeri temsil etmektedir. Şekil 4.1’ de ERGAS’ ın matlab kodu verilmiştir.

```
function ergas_v = ergas_Qb(rband,fband,row,column,band)
    reference = multibandread(rband, [row column band], ...
        'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
        {'Band', 'Range', [1 band]} );
    fusa = multibandread(fband, [row column band], ...
        'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
        {'Band', 'Range', [1 band]} );
    br1=squeeze(reference(:, :, 1));
    br2=squeeze(reference(:, :, 2));
    br3=squeeze(reference(:, :, 3));
    br4=squeeze(reference(:, :, 4));
    bf1=squeeze(fusa(:, :, 1));
    bf2=squeeze(fusa(:, :, 2));
    bf3=squeeze(fusa(:, :, 3));
    bf4=squeeze(fusa(:, :, 4));

    [N1,N2]=size(br1);
    errore_1=(br1-bf1).^2;
    rmse_1=sqrt(1/N1/N2*sum(sum(errore_1)));
    errore_2=(br2-bf2).^2;
    rmse_2=sqrt(1/N1/N2*sum(sum(errore_2)));
    errore_3=(br3-bf3).^2;
    rmse_3=sqrt(1/N1/N2*sum(sum(errore_3)));
    errore_4=(br4-bf4).^2;
    rmse_4=sqrt(1/N1/N2*sum(sum(errore_4)));
    coef_1=((rmse_1)^2)/(mean2(br1)^2);
    coef_2=((rmse_2)^2)/(mean2(br2)^2);
    coef_3=((rmse_3)^2)/(mean2(br3)^2);
    coef_4=((rmse_4)^2)/(mean2(br4)^2);
    rapp=4;
    ergas_v=100/rapp*(sqrt(1/band*(coef_1+coef_2+coef_3+coef_4)));
```

Şekil 4.1 Ergas kalite analizi matlab kodu

4.2 Ssim Yöntemi

SSIM (The Structural Similarity): Luminance (parlaklık), kontrast (zıtlık) ve structural (yapısal) olmak üzere üç aşamadır. Bu aşamaların çarpımsal kombinasyon sonucu ssim değerini verir. Şekil 4.2 ve 4.3' te matlab kodu verilmiştir. Ssim' in sonucunu hesaplayan denklem 4.1' de ve 4.5' te verilmiştir. Denklem 4.2, 4.3 ve 4.4 bu hesaplama için gerekli parametrelerin hesaplandığı denklemlerdir.

$$SSIM(x,y)=[l(x,y)]^\alpha \cdot [c(x,y)]^\beta \cdot [s(x,y)]^\gamma \quad (4.1)$$

$$l(x,y)=2\mu_x\mu_y+C_1\mu_x^2+\mu_y^2+C_1, \quad (4.2)$$

$$c(x,y)=2\sigma_x\sigma_y+C_2\sigma_x^2+\sigma_y^2+C_2, \quad (4.3)$$

$$s(x,y)=\sigma_{xy}+C_3\sigma_x\sigma_y+C_3 \quad (4.4)$$

μ_x, μ_y -> yerel değerler

σ_x, σ_y -> standart sapma

σ_{xy} -> cross covariance

$$SSIM(x,y)=(2\mu_x\mu_y+C_1)(2\sigma_{xy}+C_2)(\mu_x^2+\mu_y^2+C_1)(\sigma_x^2+\sigma_y^2+C_2) \quad (4.5)$$

```
function [mssim, ssim_map] = ssim(img1, img2, K, window, L)
    img1 = double(img1);
    img2 = double(img2);
    % automatic downsampling
    f = max(1, round(min(M,N)/256));
    %downsampling by f
    %use a simple low-pass filter
    if(f>1)
        lpf = ones(f,f);
        lpf = lpf/sum(lpf(:));
        img1 = imfilter(img1,lpf,'symmetric','same');
        img2 = imfilter(img2,lpf,'symmetric','same');
        img1 = img1(1:f:end,1:f:end);
        img2 = img2(1:f:end,1:f:end);
    end
    C1 = (K(1)*L)^2;
    C2 = (K(2)*L)^2;
```

Şekil 4.2 Ssim kalite analizi matlab kodu

```

window = window/sum(sum(window));
mu1 = filter2(window, img1, 'valid');
mu2 = filter2(window, img2, 'valid');
mu1_sq = mu1.*mu1;
mu2_sq = mu2.*mu2;
mu1_mu2 = mu1.*mu2;
sigma1_sq = filter2(window, img1.*img1, 'valid') - mu1_sq;
sigma2_sq = filter2(window, img2.*img2, 'valid') - mu2_sq;
sigma12 = filter2(window, img1.*img2, 'valid') - mu1_mu2;
if (C1 > 0 & C2 > 0)
    ssim_map = ((2*mu1_mu2 + C1).*(2*sigma12 + C2))./((mu1_sq + mu2_sq + C1).
    *(sigma1_sq + sigma2_sq + C2));
else
    numerator1 = 2*mu1_mu2 + C1;
    numerator2 = 2*sigma12 + C2;
    denominator1 = mu1_sq + mu2_sq + C1;
    denominator2 = sigma1_sq + sigma2_sq + C2;
    ssim_map = ones(size(mu1));
    index = (denominator1.*denominator2 > 0);
    ssim_map(index) = (numerator1(index).*numerator2(index))./(denominator1(index).
    *denominator2(index));
    index = (denominator1 ~= 0) & (denominator2 == 0);
    ssim_map(index) = numerator1(index)./denominator1(index);
end
mssim = mean2(ssim_map);
return

```

Şekil 4.3 Ssim kalite analizi matlab kodu

4.3 Sam Yöntemi

SAM (Spectral Angle Mapper): Bu ölçüt v ve \tilde{v} vektörleri arasındaki spektral açının mutlak değerini göstermektedir (Alparone vd., 2008).

Denklem 4.6’da bu işlem gösterilmiştir.

$$SAM = \arccos\left(\frac{\langle v, \tilde{v} \rangle}{\|v\|_2 \cdot \|\tilde{v}\|_2}\right) \quad (4.6)$$

SAM ölçütü radyan veya derece cinsinden ifade edilebilmektedir ve gerekirse bir görüntünün SAM değeri bütün piksellerin SAM değerlerinin ortalaması ile ifade edilebilir. Şekil 4.4’te verilen kodlar Sam kalite analizinin matlab kodlarıdır.

```

function angolo_SAM = sam_Qb(rband,fband,row,column,band)

msoriginal= multibandread(rband, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );
msfusa = multibandread(fband, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

[M,N,L] = size(msfusa);
prod_scal = dot(msoriginal,msfusa,3); % sum(msoriginal.*msfusa,3);
norm_orig = dot(msoriginal,msoriginal,3); %sqrt(sum(msoriginal.*msoriginal,3));
norm_fusa = dot(msfusa,msfusa,3); %sqrt(sum(msfusa.*msfusa,3));
prod_norm = sqrt(norm_orig.*norm_fusa);
prod_map = prod_norm;
prod_map(find(prod_map==0))=eps;
mappa = acos(prod_scal./prod_map);
% Modifica effettuata per evitare NaN e non falsare la media.
prod_scal = reshape(prod_scal,M*N,1);
prod_norm = reshape(prod_norm, M*N,1);
z=find(prod_norm==0);
prod_scal(z)=[];prod_norm(z)=[];
angolo = sum(sum(acos(prod_scal./prod_norm)))/(size(prod_norm,1));
angolo_SAM = angolo*180/pi;

```

Şekil 4.4 Sam kalite analizi matlab kodu

4.4 Correlation Coefficient Yöntemi

CC (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. Şekil 4.5’ te CC’ nin matlab kodu verilmiştir.

$$CC(B_i, B_j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (B_{i(m,n)} - \bar{B}_i)(B_{j(m,n)} - \bar{B}_j)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (B_{i(m,n)} - \bar{B}_i)^2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (B_{j(m,n)} - \bar{B}_j)^2}} \quad (4.7)$$

Denklem 4.7’ de gösterilen 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 vd., 2010).

```

function c = cc(rband,fband,row,column,band)

msoriginal= multibandread(rband, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );
msfusa = multibandread(fband, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

for i=1:band
    c(i)=corr2(msoriginal(:, :, i),msfusa(:, :, i));
end

```

Şekil 4.5 CC kalite analizi matlab kodu

4.5 Correlation Coefficient Pan

CCPAN (Correlation Coefficient Pan): Bu kalite analizinin denklemi CC ile aynı olup aralarındaki tek fark buradaki hesaplama füzyon edilmiş resimle MS arasında değil PAN ile MS arasındadır. Denklem 4.7’ deki gibi hesaplanmaktadır. Matlab koduda Şekil 4.6’ te verildiği gibidir.

```

function c = CC_PAN(rband,fband,row,column,band)

X= multibandread(rband, [row column band], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );
Q= multibandread(fband, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );

for i=1:band
    c(i)=corr2(Q(:, :, 1),X(:, :, i));
end
cc=c';%korelasyon PAN ve MS arasında

```

Şekil 4.6 CC kalite analizi matlab kodu

4.6 Psnr Yöntemi

PSNR (Peak Signal to Noise Ratio): İki resmin desibellerindeki gürültünün en yoğun

olduğu yeri hesaplar. Bu değer genellikle orjinal ve fusion edilmiş resim arasında kalite ölçütü olarak kullanılır. PSNR nin görüntü kalitesi orjinal resmin kalitesinden daha yüksektir. Bu yöntemin kodu Şekil 4.7’ da gösterilmiştir.

Mean Square Error (MSE) ve PSNR değerleri kalite analizi yapılacak resimde kullanılacak iki hata metriğidir. MSE iki resim arasındaki birikimle karesel hataları hesaplar. PSNR ise peak error ölçüsüdür. MSE ne kadar az ise hatada o kadar az olur. MSE’nin denklemi 4.8’ de verilmiştir.

$$MSE = \frac{\sum_{M,N} [I_1(m,n) - I_2(m,n)]^2}{M*N} \quad (4.8)$$

Denklem 4.8’ deki M ve N resmindeki satır ve sütun sayılarıdır.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{R^2}{MSE} \right) \quad (4.9)$$

Denklem 4.9’ da bulunan R giriş resminin veri tipindeki maksimum dalgalanma değeridir.

```
function psnr = PSNR(rband, fband, row, column, band)

X= multibandread(fband, [row column 4], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );
X = double(X);
Q= multibandread(rband, [row column 1], ...
    'uint16', 0, 'bsq', 'ieee-le', ...
    {'Band', 'Range', [1 band]} );
Q = double(Q);
[M N] = size(X);
error = X - Q;
MSE = sum(sum(error .* error)) / (M * N);
if(MSE > 0)
    psnr = 10*log(255*255/MSE) / log(10);
else
    psnr = 99;
end
end
```

Şekil 4.7 Psnr kalite analizi matlab kodu

5. UYGULAMA

5.1 IKONOS

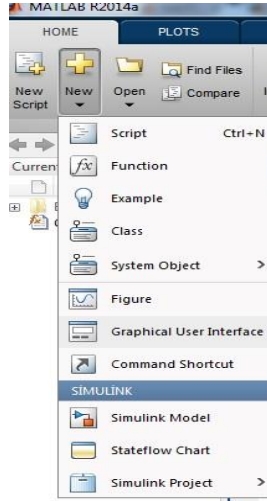
24 Eylül 1999 da Kaliforniya Vandenberg hava sahası ABD den fırlatılan IKONOS uydusu Geoeeye tarafından çalıştırılan yüksek çözünürlüklü bir uydudur. Nadir de 3.2 metre yersel çözünürlüklü Multispektral (renkli), 0,82 metre yersel çözünürlüklü pankromatik (siyah-beyaz) görüntü elde edebilir. Doğal kaynakların kent ve kırsal kesimler için haritalanması, doğal afet yönetimi, tarım ve orman uygulamaları, madencilik, mühendislik ve inşaat gibi birçok uygulama alanına sahiptir. Bu uydu görüntüleri uygulamada kullanılmıştır.

5.2 Matlab GUI

MATLAB GUI de temelde 3 prensip vardır. Bunlar, arayüzün oluşturulacağı figür, figür üzerine yerleştirilecek bileşenler (pushbutton, label, textbox vb.) ve en önemlisi “callbacks” denilen kullanıcıdan gelen girdilere göre hangi işlevlerin yerine getirileceğinin belirlendiği fonksiyonlardır.

Matlab GUI tasarımındaki adımlar:

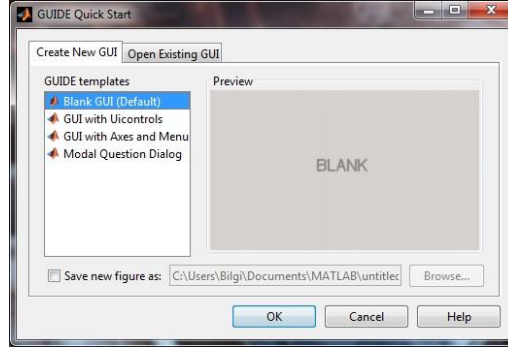
1.



Şekil 5.1 Matlab Gui açılması

Şekil 5.1’de görüldüğü gibi “ New > Graphical User Interface ” seçildiğinde veya konsola “guide” yazıp enter basıldığında “GUIDE Quick Start ” ekranı açılmaktadır.

2.



Şekil 5.2 Boş bir Gui oluşturmak

Şekil 5.2’de gösterildiği gibi OK tıklanarak içi tamamıyla boş olan bir ekran çıkacaktır.

3. Solda bulunan elementleri tutup sürükleyip sağdaki ekranın içine atarak matlab için grafiksel bir arayüz oluşturabilirsiniz.

Push Button: Basıldığında “ButtonDownFcn” ile button özelliğinden belirtilen “function pushbutton_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)” fonksiyonu çalıştırılmaktadır.

Slider: Kaydırma tuşu olarak kullanılmaktadır.

Radio Button: Seçim sırasında kullanılmaktadır.

Check Box: Birden fazla seçim için kullanılmaktadır.

Edit Text: Kullanıcıdan klavye verisi almak için kullanılmaktadır.

Static Text: Kullanıcıya yazı göstermek için kullanılmaktadır.

Pop-up Menu: Birden fazla yazı seçeneği tıklandığında açılmaktadır ve bunlar arasında mouse kullanılarak bir seçim yapmak için kullanılmaktadır.

Listbox: Birden fazla yazıyı liste şeklinde göstermek ve bunlara özel işlem yapmak için kullanılmaktadır.

Toggle Button: Button basıldığında veya basılmış button eski haline getirildiğinde çalıştırılacak ayrı fonksiyon çalıştırmak için kullanılmaktadır.

Table: Verileri tablo şeklinde gösterme ve işlem yapmak için kullanılmaktadır.

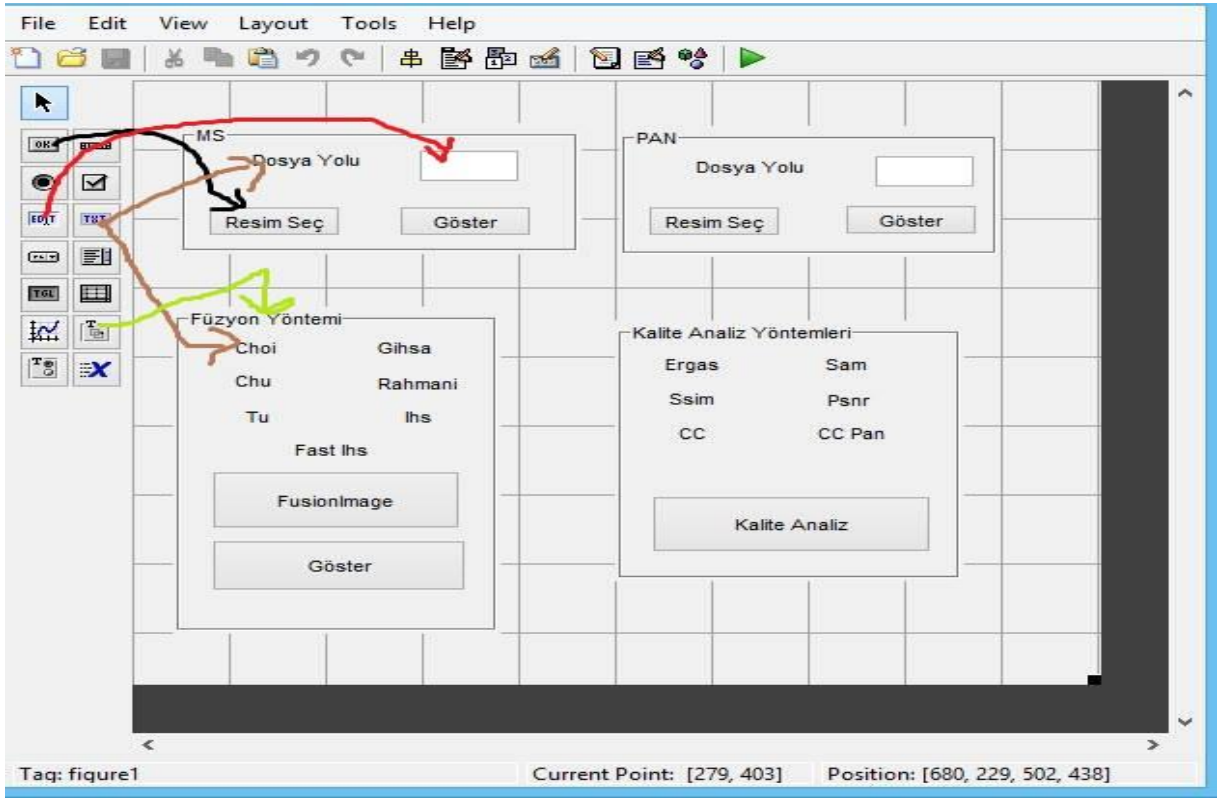
Axes: Verileri grafik olarak göstermek için kullanılmaktadır.

Panel: Resim eklemek veya özel bir arkaplan oluşturmak için kullanılmaktadır.

Button Group: Radio button ve toggle button tek bir grup altında toplamak için kullanılır.

ActiveX Control: Özel işlemler için kullanılır.

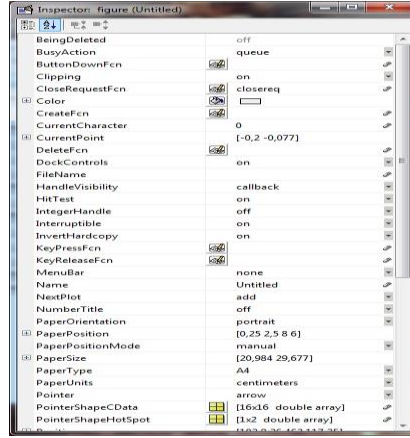
4.



Şekil 5.3 Uygulamanın Open Guide hali

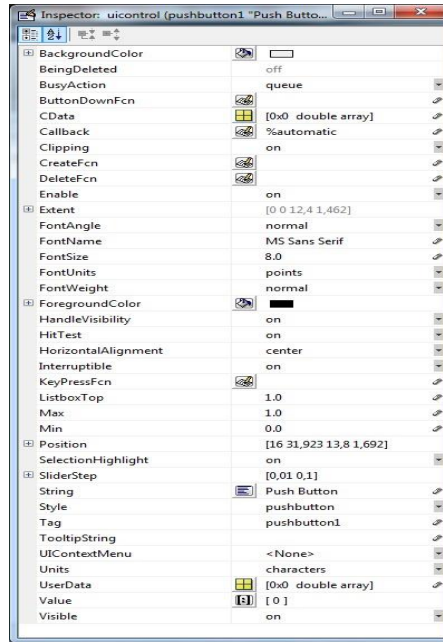
Şekil 5.3 yapılan uygulamada kullanılan elementleri gösteriyor.

5.



Şekil 5.4 Elementlerin özelliklerinin ayarlandığı ekranın açılması

“View > Property Inspector” tıklanarak Şekil 5.4’teki pencere açılır.



Şekil 5.5 Nesne özellikleri

- **BackgroundColor:** Arkaplan rengini ayarlar.
- **BeingDeleted:** Nesnenin silinmesin izin verilmesini ayarlar. İzin verildiğinde (on) DeleteFcn ile ayarlanan fonksiyon çalıştırılır.
- **BusyAction:**
 ‘queue’ -> Tıklandığında kuyruğa alıp tüm tıklamaları sırayla yapar.
 ‘cancel’ -> Daha önce çalıştırılan işlemi iptal ederek yeni bir işlem başlatır.
- **ButtonDownFcn:** Mouse sağ tıklanmasında çalıştırılacak fonksiyonu ayarlar.
- **Callback:** Mouse sol tıklamasıyla çalıştırılacak fonksiyonu ayarlar.
- **Clipping:** Bu nesne uicontrol üzerinde hiç bir etkisi yoktur.

- **CreateFcn:** Yeni bir nesne yaratıldığında çalıştırılacak fonksiyonu belirtir. İlk çalışma sırasında yeni nesneler yaratıldığı için çalışır.
- **DeleteFcn:** Nesne silindiğinde çalıştırılacak fonksiyonu belirtir.
- **Enable:** Nesneye erişip (on) erişilmemesini (off) belirtir.
- **Extent:** Nesne üzerindeki yazının başlangıç değeri ve yazı büyüklüğünü belirtir, değiştirilemez.
- **FontAngle:** Nesnenin yazısını normal, italik ve eğik olarak ayarlar.
- **FontName:** Nesnenin yazı fontunun hangisi olduğunu ayarlar.
- **FontSize:** Nesnenin yazısının ne büyüklüğünü ayarlar.
- **FontUnits:** FontSize hangi ölçü birimine göre yaptığını ayarlar.
- **FontWeight:** Nesnenin yazısının kalınlığını ayarlar.
- **ForegroundColor:** Yazı rengini ayarlar.
- **HandleVisibility:** Seçilen nesneye ait tetikleyicilerin çalışıp çalışmayacağını belirler.
- **HitTest:** Fare tıklaması ile seçilebilir. Bu özellik, uicontrol nesneler üzerinde hiçbir etkisi yoktur.
- **HorizontalAlignment:** Nesne yazısının yatayda hizanlamasını ayarlar.
- **KeyPressFcn:** Klavyede karakter basıldığında çalışacak fonksiyonu ayarlar.
- **Max:** Slider en büyük sayısını ayarlar.
- **Min:** Slider en küçük sayısını ayarlar.
- **Position:** Nesnenin çalışma ekranındaki konumunu belirtir.
- **SelectionHighlight:** Nesne seçildiğini görsel olarak göstermek için kullanılır.
- **SliderStep:** Her bir tıklamada slider ne kadar artacağı veya azalacağını ayarlar.
- **String:** Nesne üzerinde görünen yazıyı ayarlar.
- **Style:** Nesnenin nasıl görüneceğini ayarlar.
- **Tag:** Nesnenin benzersiz kimliğidir. Bu isim kullanılarak nesneye erişilir.
- **TooltipString:** Nesnenin üzerine gidildiğinde gösterilecek yazıyı ayarlar.
- **UIContextMenu:** Nesne üzerine mouse sağ tıklama sırasında görünecek menü ayarlar.
- **Units:** Uzunluk birimini ayarlar.
- **UserData:** set ve get ile program içinde kullanılabileceğin her nesne için özel bir değişkendir.
- **Value:** Nesnenin değeridir. Birden fazla ekleyebilirsiniz.
- **Visible:** Nesneyi görünmez ve kullanıcı tarafından erişilemez hale getirmek için kullanılır.
- **Filename:** Bağlı bulunduğu dosyanın yolunu gösterir.

- **Handlevisibility:** Çizimleri figur penceresinde gösterir(axes uygulamaları için lazım). Menübar figure olarak ayarlarsanız standart figure menüsünü programa ekler
- **Name:** Kısmı ise program çalıştığında görülecek olan program yazısını yazabileceğiniz yerdir.
- **Paper:** Yazan tüm sekmelerde figürünün kağıt düzlemi ile ilgili bilgilerini girebilir veya değiştirebilirsiniz
- **Windowstyle:** Pencere stilini ayarlayabilirsiniz

Editor

Matlab gui nesnelerin her bir tetikleyicisi bir fonksiyon çalıştırmaktadır. Bu fonksiyonların belli bir formatı bulunmaktadır: `function fonksiyonAdı_tetikleyiciAdı(hObject, eventdata, handles)`

- **hObject:** tetikleme sırasında bu fonksiyonları kullanan nesnenin adı (özelliklerde tag olarak belirtilen isim) erişilebilmektedir.
- **eventdata:** tetikleme sırasındaki verilere buradan erişilebilmektedir.
- **handles:** tetiklenen nesnenin tüm özelliklerine erişme ve gerekli değişikliği yapma sağlanabilmektedir.

Bu uygulama yukarıda belirtilen 5 adımda gerçekleştirilmiştir. Kullanıcının resmin satır sayısı, sütun sayısı ve band genişliği bilgilerini girebilmesi için “textbox”, bu textbox’ ın hangi işlev için kullanılacağını yazılabileceği label için “static text”, kullanıcının görüntüleme ve bunun gibi işlemleri gerçekleştirecek programı çağırması için pushbutton’ a basması gerekli olsun, bunun içinde ihtiyaç adedince pushbutton koyuldu. Bunların hepsinin properties kısmından string ve tagları düzenlendi. Daha sonra hesaplamaların sonuçlarının gözlemlenebileceği metrik tablosunun sonuçları yeni bir figure’de oluşturuldu. Buttonların yapacağı işlemleri sağ tıklanıp callback kısmına gidildi ve düzenlendi.



Şekil 5.6 Matlab Gui uygulaması

Uygulama olarak Matlab’da bir gui ile hazırlanmıştır. Şekil 5.6’daki gibi hazırlanan bu arayüzde kullanıcı tarafından alınan görüntüler üzerinde çeşitli füzyon yöntemleri kullanılarak daha net resimler elde edilip, bunlara kalite analizleri yaptırılmıştır.

GUIDE matlabin GUI tasarımcılarına sunduğu içerisinde çeşitli araçlar içeren ve kolaylık sağlayan bir grafiksel GUI geliştirme ortamıdır. GUIDE kullanılarak tıkla ve sürükle-bırak tekniği ile GUI arayüzüne nesneler (örneğin butonlar, text kutuları, liste kutuları, grafikler v.s.) kolaylıkla eklenebilir. Ayrıca, eklenen nesnelerin hizalanması, tab sırasının değiştirilmesi, görsel ayarlar üzerinde manipülasyonlar yapılması da bu ortamın tasarımcılara sunduğu imkânlardan bazılarıdır. MATLAB GUIDE aracını tanıyalım. Bu aracını çalıştırmak için ya MATLAB komut satırından GUIDE komutu verilir ya da Start düğmesi tıklanarak MATLAB/GUIDE komutu verilir. Kullanıcı tarafından alınan pankromatik ve multispectral görüntünün band, satır, sütun değerlerine göre sonuçlar elde edilmiştir. Kullanıcı tarafından füzyon edilen görüntünün yolu otomatik alınıp bu görüntü üzerinde çeşitli metrik hesaplamalarla kalite analizi yapıp yeni bir figure dosyasında gösterilmiştir. Şekil 5.7’de spektral çözünürlüğü fazla olan Ms görüntüsü gösterilmektedir. Şekil 5.8’de ise mekansal

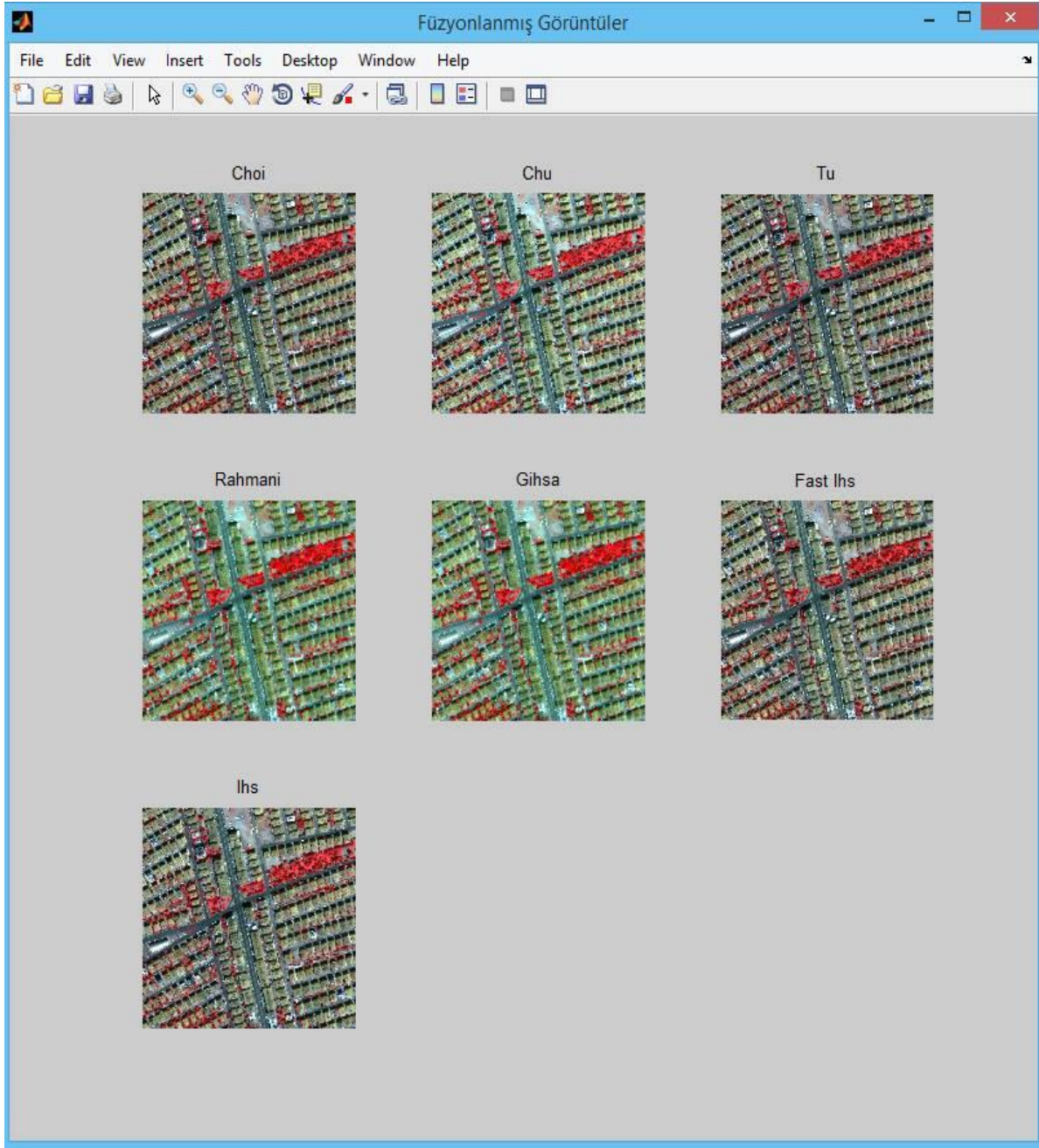
Çözünürlüğü fazla olan Pan görüntüsü görölmektedir. Şekil 5.9’da ise çeşitli yöntemlerin uygulanması sonucu ortaya çıkan füzyonlanmış görüntüler bulunmaktadır.



Şekil 5.7 Orijinal MS görüntüsü



Şekil 5.8 Orijinal PAN görüntüsü



Şekil 5.9 Uygulama çalıştırıldıktan sonraki füzyon edilmiş görüntüler

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her bir füzyon yöntemi sonucu ortaya çıkan resimlerin kalite analiz sonuçları arasında farklar ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

Aşağıda görülen Şekil 6.1' e göre birleştirme yöntemlerinin spektral bilgiyi korumalarına ilişkin analiz sonuçları görülmektedir. Bu analiz sonuçlarına bakarak ergas yönteminde değerin minimum olması gerektiğinden **3.7893** değeri ile en düşük değer GIHSA ve RAHMANI yöntemlerindedir. Sam analiz yönteminde minimum sonuç en iyi sonuçtur ve bu şekilde bakarsak **1.1625** değeri ile en küçük değerler yine GIHSA ve RAHMANI' dendir.

Sim yönteminde ise en büyük değer en iyisidir bu da **0.6614** ile yine GIHSA ve RAHMANI' dendir. CC, CC Pan ve Psnr yöntemlerinde de yine en büyük değer en iyi sonuçtur. Şekil 6.1' e baktığımızda **0.7829, 0.3272, 17.8208** değerleri ile yine GIHSA ve RAHMANI oluyor. Analiz sonuçlarına bakıldığında bütün analiz yöntemlerinde GIHSA ve RAHMANI yönteminin spektral bilgiyi en iyi koruduğu görülmektedir. Bu iki yöntemden sonra diğer yöntemlerin spektral bilgiyi koruma konusunda birbirlerine yakın oldukları gözlemlenmiştir. Bunun yanında sonuç görüntülerde yöntemlerin mekânsal (spatial) zenginleştirmelerine bakıldığında GIHSA ve RAHMANI yöntemlerinin diğer yöntemlere göre başarısız olduğu yukarıdaki görsel sonuçlardan anlaşılmaktadır. Burdan anlaşılaçağı ve görsel sonuçlara bakıldığında anlaşılaçağı üzere sonuç görüntülerde mekansal zenginleştirme konusunda bu ikisi daha başarısız oldukları görülmektedir.



The screenshot shows a software window with a blue title bar and a menu bar. The title bar contains the text 'Füzyonlanmış Resimlerin Kalite Analiz Tablosu'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Insert', 'Tools', 'Desktop', 'Window', and 'Help'. The main area of the window displays a table with 8 columns and 7 rows of data. The columns are labeled 'Choi', 'Chu', 'Tu', 'Rahma...', 'Gihsa', 'Fihs', and 'lhs'. The rows are labeled 'Ergas(min)', 'Sam(min)', 'Ssim(max)', 'CC(max)', 'CCPan(max)', and 'Psnr(max)'. The table contains numerical values for each combination of method and metric.

	Choi	Chu	Tu	Rahma...	Gihsa	Fihs	lhs
Ergas(min)	8.2671	7.9177	9.1577	3.7893	3.7893	9.1696	9.1735
Sam(min)	3.6308	3.9686	4.1229	1.1625	1.1625	4.4802	4.2928
Ssim(max)	0.3589	0.4832	0.3069	0.6614	0.6614	0.3234	0.3079
CC(max)	0.5085	0.6122	0.4557	0.7829	0.7829	0.4829	0.4567
CCPan(max)	0.1845	0.2808	0.1507	0.3272	0.3272	0.1817	0.1476
Psnr(max)	11.0444	11.4142	10.1322	17.8208	17.8208	10.1415	10.1374

Şekil 6.1 Kalite analizleri sonuç tablosu

KAYNAKLAR

<http://www.mathworks.com/help/images/ref/ssim.html?requestedDomain=www.mathworks.com>

<http://www.mathworks.com/help/vision/ref/psnr.html>

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.

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.

Choi, M.-J, H.-C. Kim, N.I. Cho, and H.O. Kim. "An Improved IntensityHueSaturation Method for IKONOS Image Fusion." *International Journal of Remote Sensing* (2008).

Choi, Myungjin. "A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion with a Tradeoff Parameter." *IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing* 44 (2006): 1672-1682.

T. Tu, S. Su, H. Shyn and P. Huang. "A New Look at IHS-like Image Fusion Methods." *Information Fusion*, Vol. 2. pp. 177186. 2001.

Tu, T.M., Huang, P.S., Hung, C.L. and Chang, C.P., 2004, A Fast Intensity-HueSaturation Fusion Technique With Spectral Adjustment for IKONOS Imagery. *IEEE Geoscience and Remote sensing letters*, 1, 309–312.

MathWorks, "MATLAB, The Language of Technical Computing", September 2006 Patrick March and O. Thomas Holland; "Graphics and GUIs with MATLAB®, 3rd Edition", 2002

[1]https://en.wikipedia.org/wiki/Image_fusion Erişim Tarihi:10.01.2016

[2]<https://www.uvm.edu/rsenr/nr346/Readings/datafusion.pdf> Erişim Tarihi:09.01.2016

Heng Chu and Weile Zhu "Fusion of IKONOS Satellite Imagery Using IHS Transform and Local Variation" *IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS*, VOL. 5, NO. 4, OCTOBER 2008 653

B. Aiazzi, S. Baronti, M. Selva “Improving component substitution pansharpening through multivariate regression of MS + Pan data” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45 (10) (2007), pp. 3230–3239