



RASAT Uydu Görüntülerinin Optimal Pankeskinleştirilmesi

Mustafa Teke, Saygın Seyfioğlu, Arda
Ağçal, Sevgi Gürbüz

TÜBİTAK UZAY

- Giriş
- Pankeskinleştirme Yöntemleri
- Metrikler
- Deneyler
- Çıkarımlar

Uydu kameraları genelde 2 çeşit görüntü alır:
Çoklu-tayf (MS) görüntü ve Pan görüntü.

- Pan görüntü grayscale ve yüksek çözünürlüklüdür.
- MS görüntü genellikle 3 veya 4 banttan oluşur (rasat için KYM) . Renklidir ve Pan'a göre düşük çözünürlüklüdür.

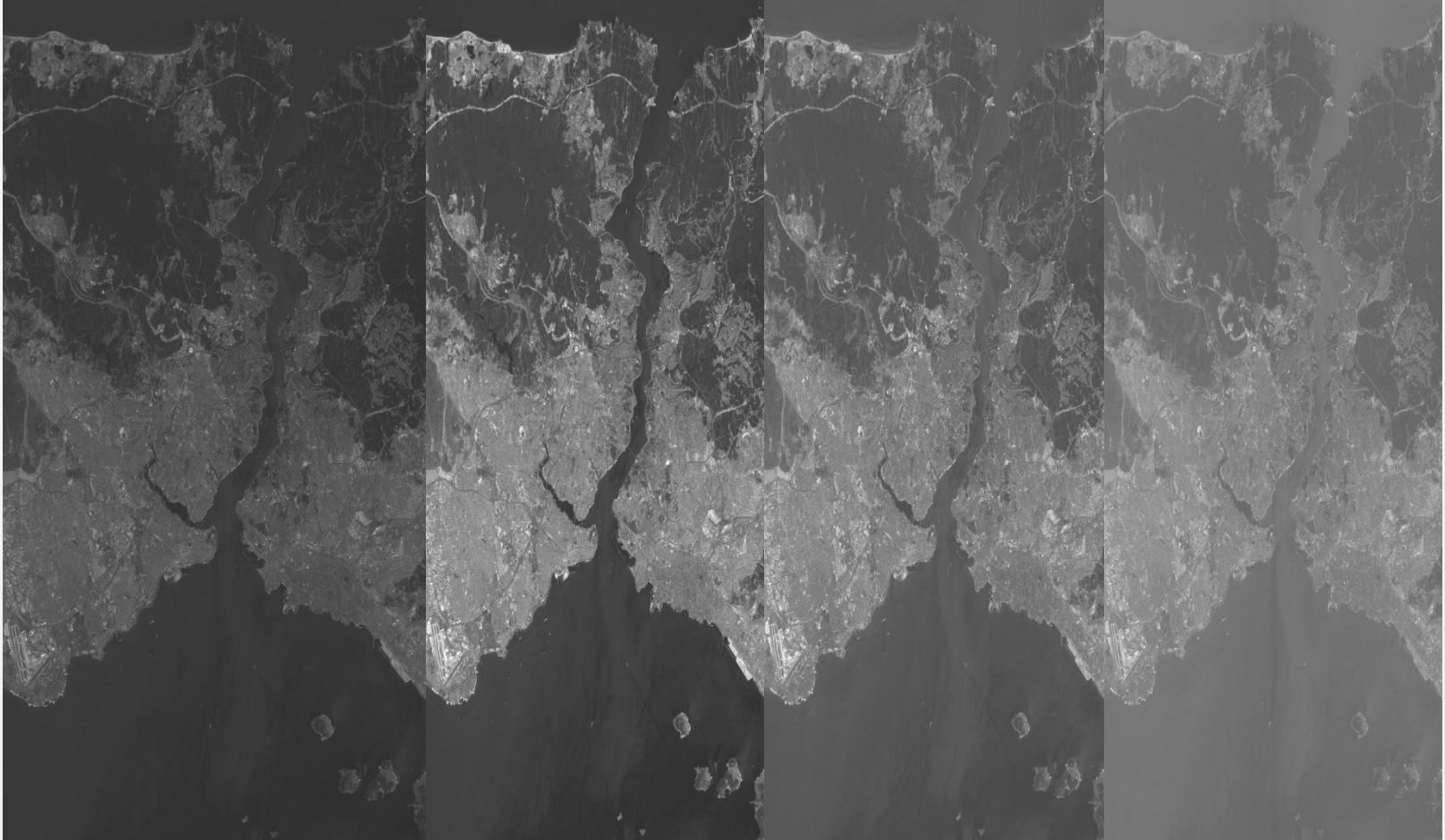
Bant görüntüleri

Pan 7.5m
420-730 nm

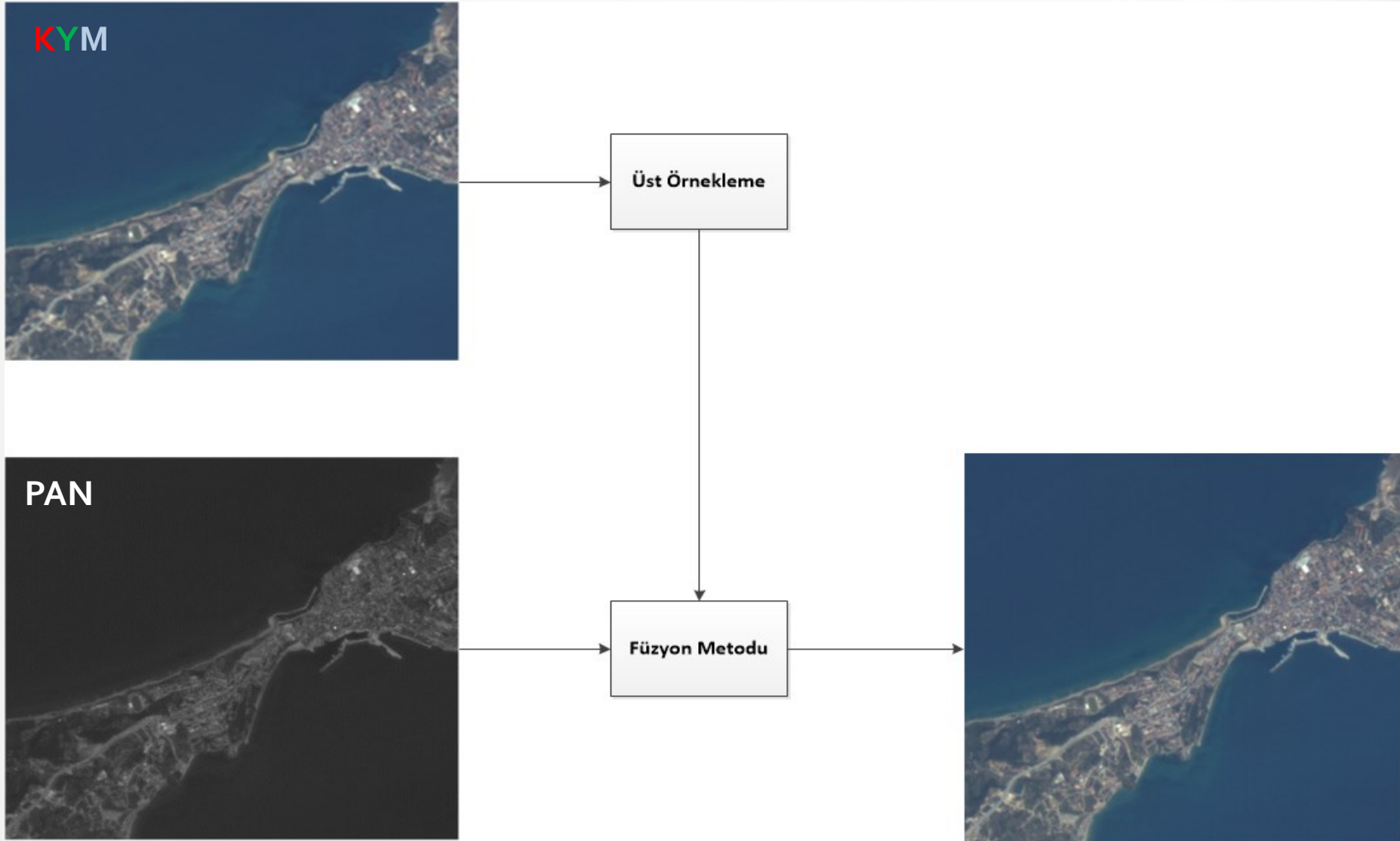
Kırmızı 15m
580-730 nm

Yeşil 15m
550-580 nm

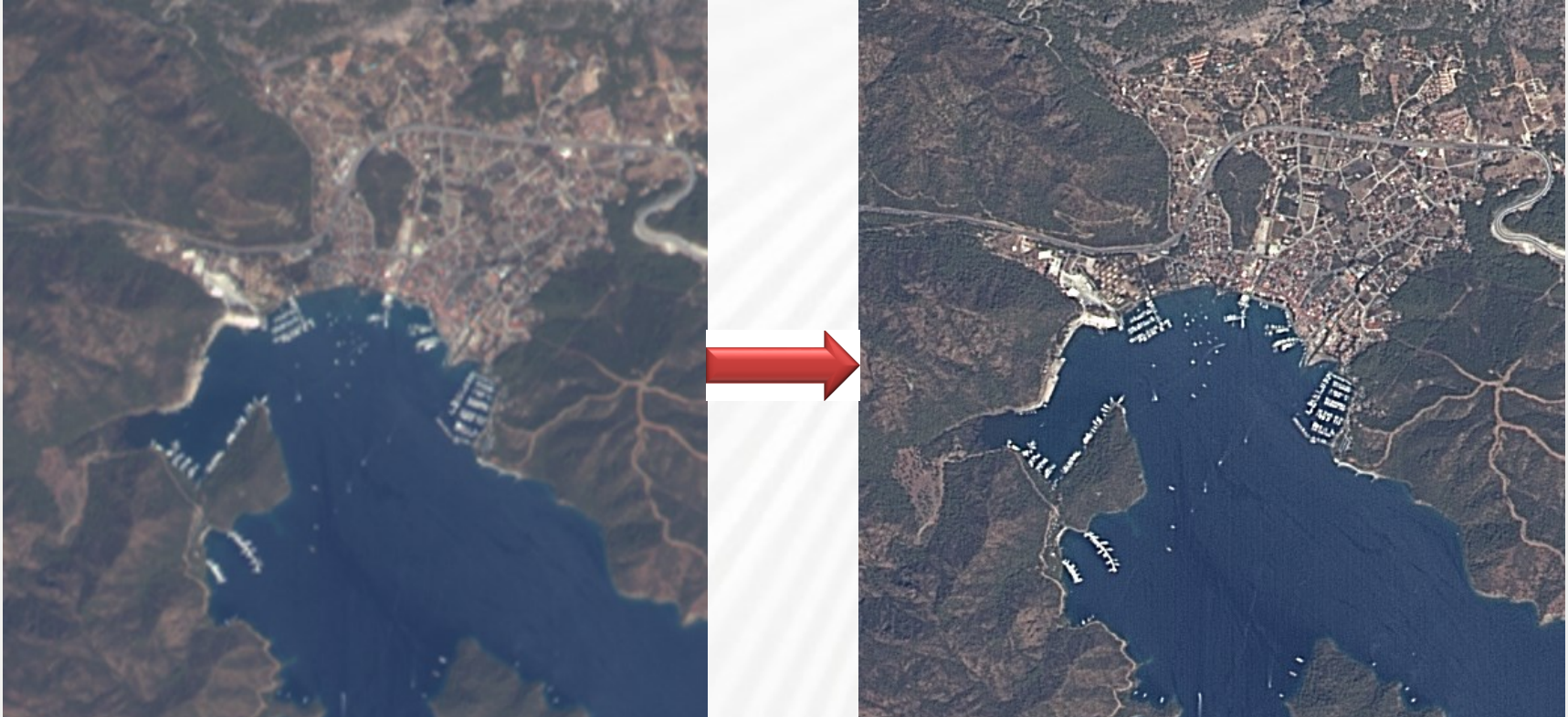
Mavi 15m
420-550 nm



Genel Pankeskinleştirme Şeması



- Pan keskinleştirme, MS görüntü ile Pan görüntünün füzyonudur. Sonuç olarak yksekznrlkl ve renkli görüntü elde edilir.



- KYM görüntüyü Pan görüntü ile pankeskinleştirmek için KYM görüntüye üst örnekleme yapılması gerekmektedir.
- Kullanılan üst örnekleme yöntemleri:
 - Kübik Örneklem
 - Bilinear
 - En Yakın Komşu

- Yüksek geçiren filtre (YGS/High Pass Filter) yöntemi
- Temel Bileşenler Analizi (TBA) yöntemi
- Brovey yöntemi
- Dalgacık (Wavelet) yöntemi
- Gram Schmidt yöntemi
- IHS(Intensity , Hue, Saturation) yöntemi
- HCS(Hiperküre Renk Uzayı) yöntemi
- HSV(Hue Saturation Value) yöntemi

- KYM ile Pan arası çözünürlük farkı = r ise
- $2r+1 \times 2r+1$ 'lik filtreler kullanılır

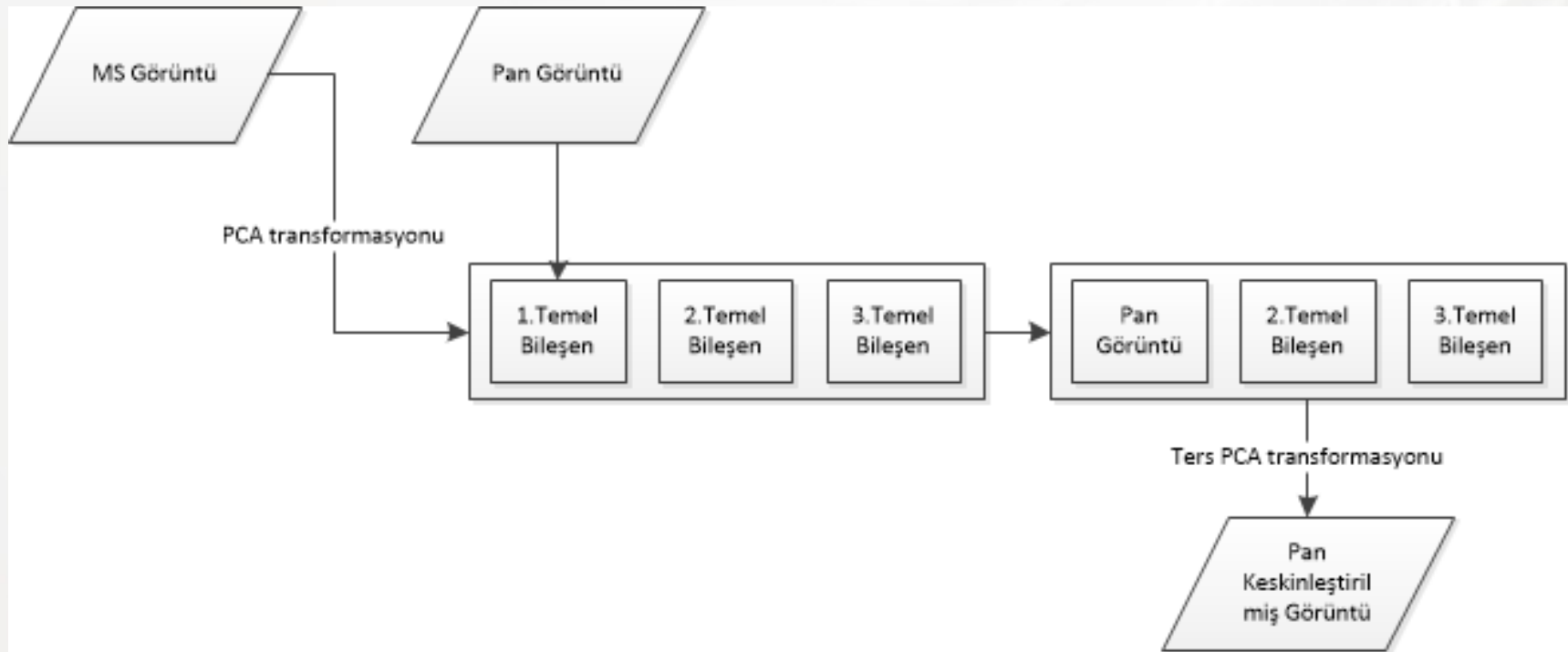


-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	24	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1

YGS ile elde edilmiş görüntü örneği - Trabzon



Temel Bileşenler Analizi(TBA) Yöntemi



TBA yöntemi ile elde edilmiş görüntü örneği

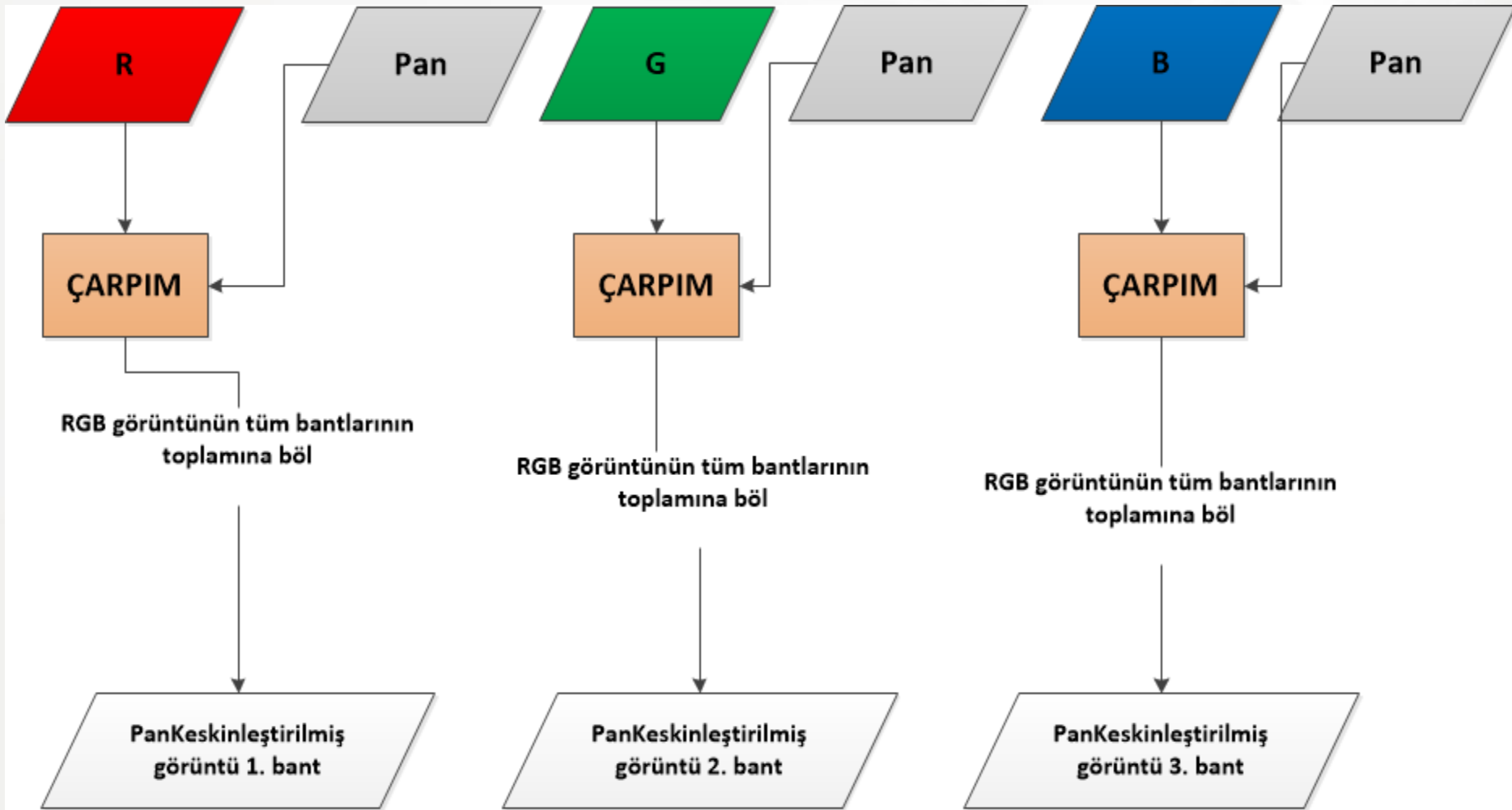
KYM



Pan Keskinleştirilmiş



Brovey Yöntemi



Brovey yöntemi ile elde edilmiş görüntü örneği

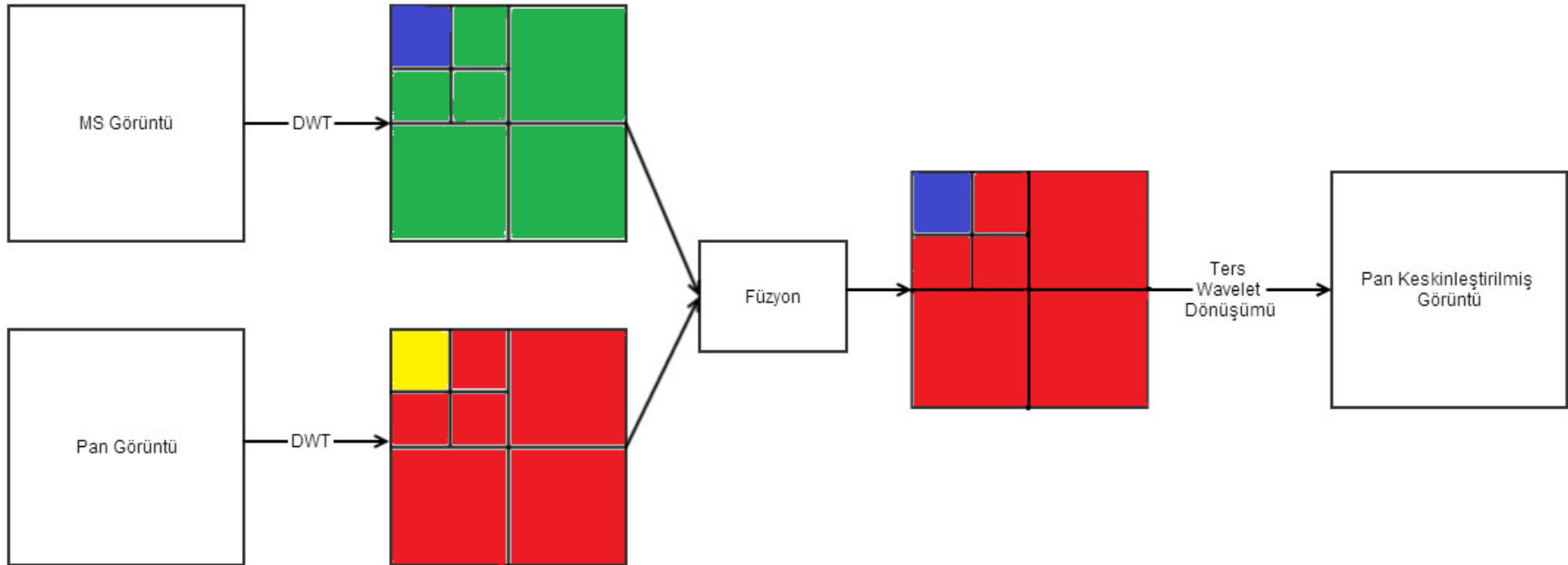
KYM



Pan Keskinleştirilmiş



Wavelet(Dalgacık) Transformasyonu



Wavelet dönüşümü ile elde edilmiş görüntü örneği

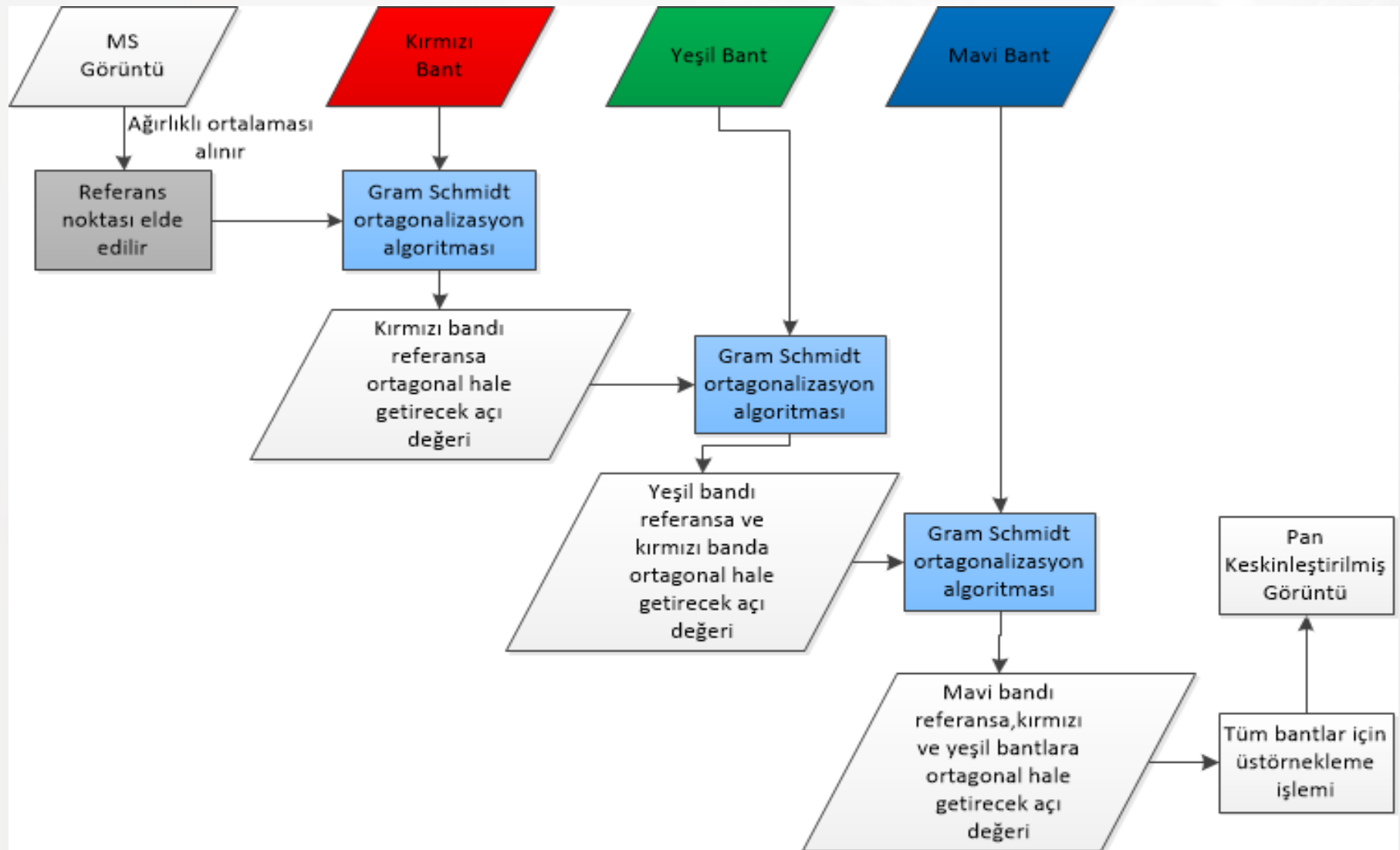
KYM



Pan Keskinleştirilmiş



Gram Schmidt Yöntemi



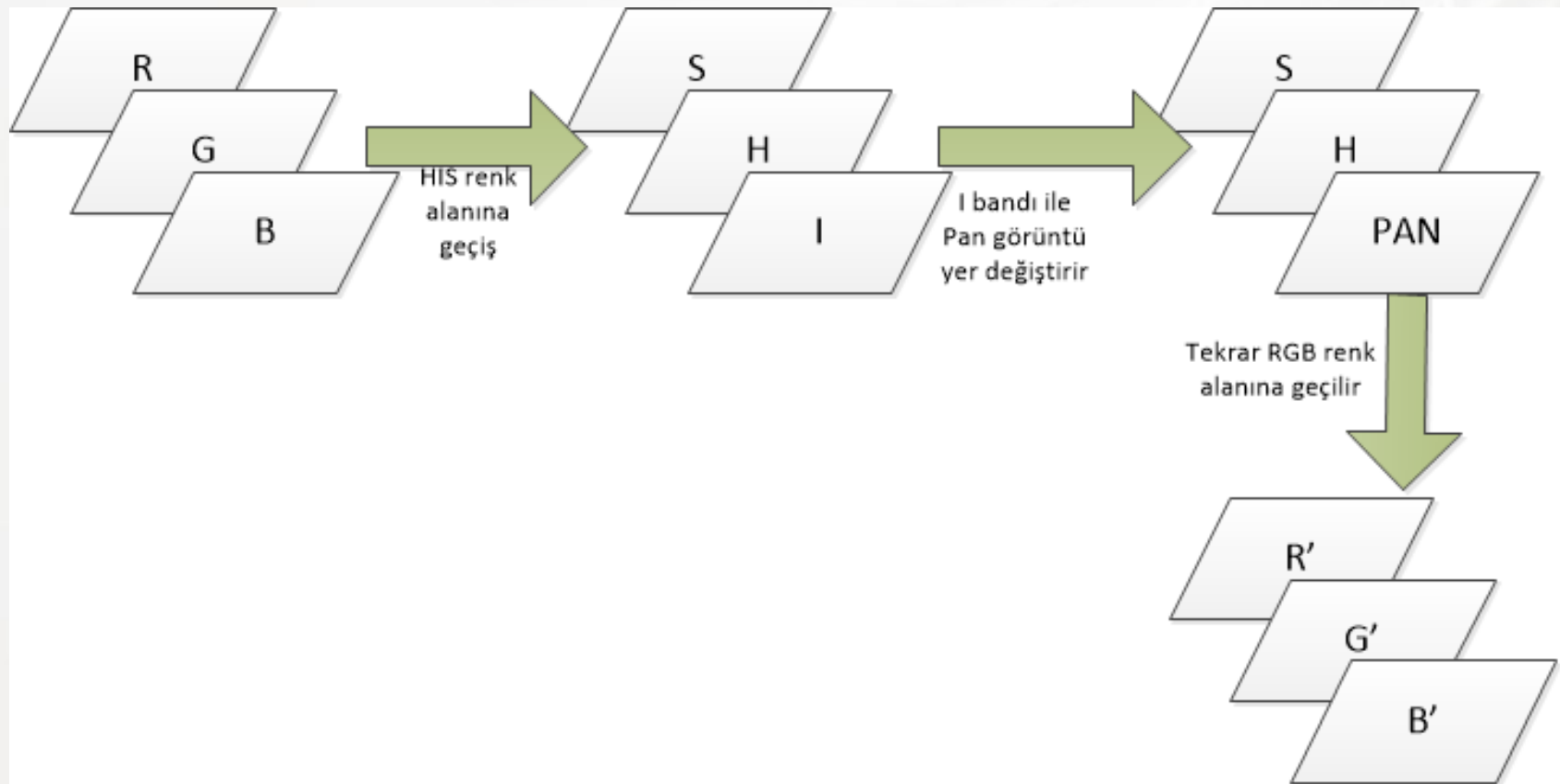
Gram Schmidt metodu ile elde edilmiş görüntü örneği

KYM



Pan Keskinleştirilmiş





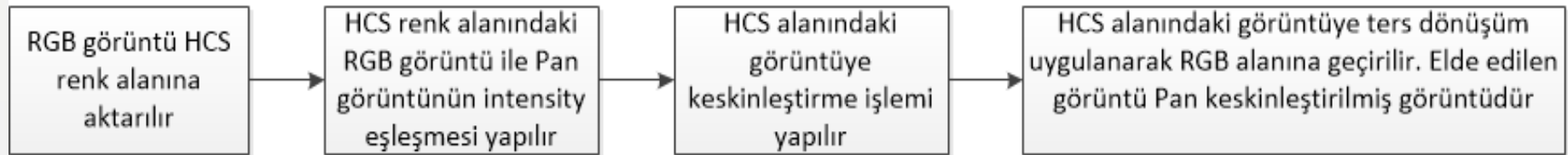
IHS yöntemi ile elde edilmiş görüntü örneği

KYM



Pan Keskinleştirilmiş





HCS yöntemi ile elde edilmiş görüntü örneği

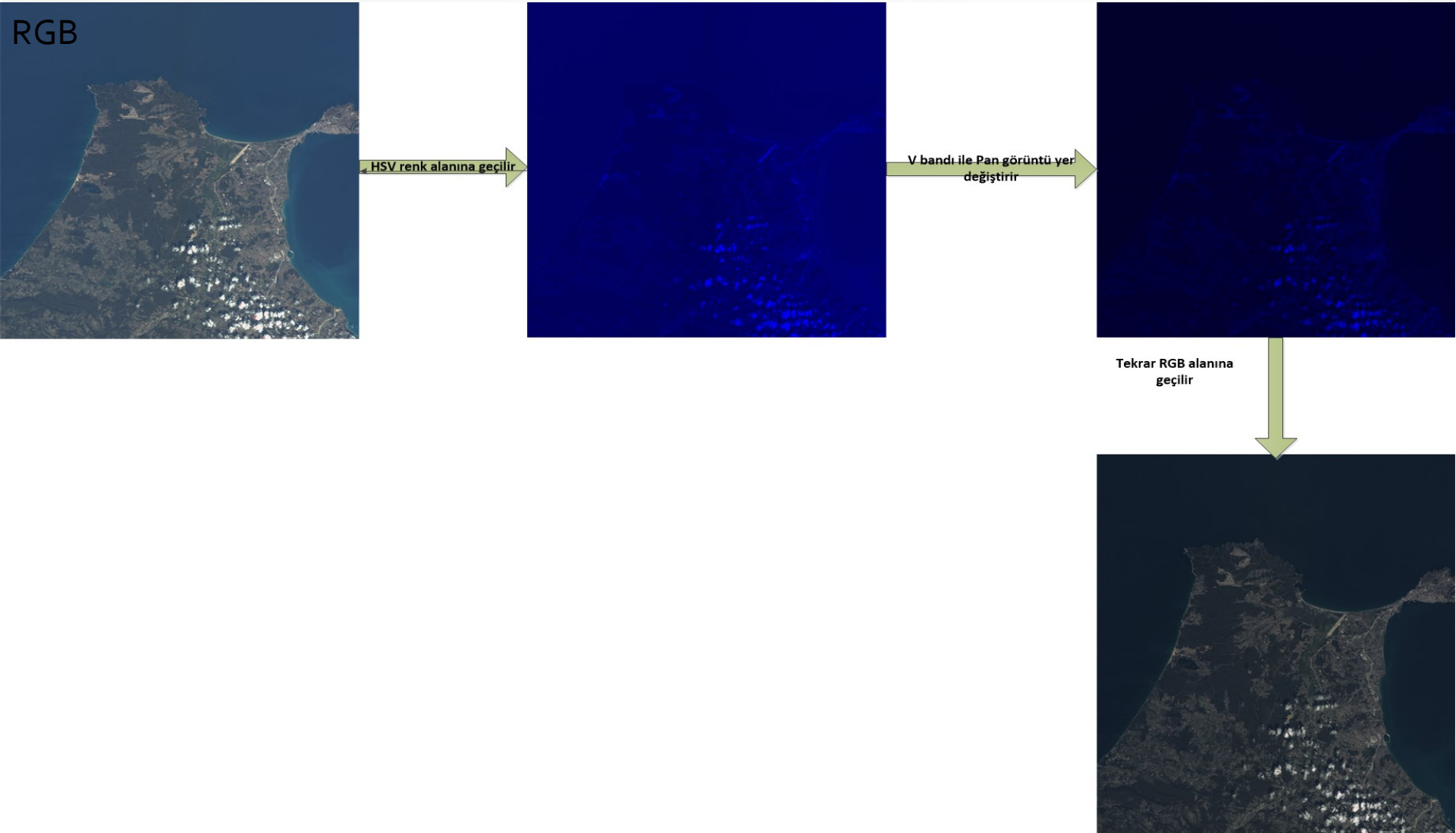
KYM



Pan Keskinleştirilmiş



HSV yöntemi



HSV yöntemi ile elde edilmiş görüntü örneği

KYM



Pan Keskinleştirilmiş



Root Mean Square Error (RMSE): Multispektral resim ve pan keskinleştirilmiş resim arasında ne kadar hata olduğunu gösterir. Pan keskinleştirilmiş resimdeki spektral ve uzamsal kaliteyi inceler.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_x \sum_i (X_i(x) - Y_i(x))^2}{n \times m \times d}}$$

'X' çoklu-tayf resmi, 'Y' pan keskinleştirilmiş resim, 'x' piksel ve 'i' bant numarasıdır. 'n' satır, 'm' sütun, d bant sayısıdır.

Spectral Angle Mapper (SAM): Multispektral resim ve pan keskinleştirilmiş resmin her pikseli arasındaki spektral açığı bakar.

$$\cos \alpha = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i^2}}$$

'N' bant sayısı ve 'x' ve 'y' sırasıyla çoklu-tayf resmindeki ve pan keskinleştirilmiş resimdeki piksel yerlerindeki spektral vektörlerdir. SAM değeri bütün α değerlerinin her piksel için ortalamasıdır.

Qave: Bu metrik spektral bozulmayı 3 faktöre göre inceler. Bu faktörler korelasyon kaybı, parlaklık bozulması ve kontrast bozulmasıdır.

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}),$$

$x = \{x_i | i = 1, 2, \dots, N\}$ ve $y = \{y_i | i = 1, 2, \dots, N\}$ sırasıyla çoklu-tayf resmin ve pan keskinleştirilmiş resmin vektörleridir.

Relative average spectral error (RASE): RMSE değerlerinin her bir spektral bant için ortalama başarı değerlerini ölçer.

$$RASE = \frac{100}{M} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N RMSE^2(B_i)}$$

'M' çoklu-tayf resmin değerleri ortalaması, 'N' bant sayısı, 'B' bant numarası, RMSE kök ortalama kare hatasıdır.

ERGAS: Pan keskinleştirilmiş resimdeki uzamsaldan spektrale geçiş kalitesini ölçer.

$$ERGAS = 100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left(\frac{RMSE(n)}{\mu(n)} \right)^2}$$

'N' bant sayısı, RMSE kök ortalama kare hatası, 'h/l' çoklu-tayf resmin pan resmine oranı, $\mu(n)$ n'inci bandın ortalamasıdır.

Spatial: Bu metrik pan görüntüyle pan keskinleştirilmiş görünütünün her bir bandını yüksek geçiren filtreden geçirip uzamsal benzerliğini karşılaştırır.

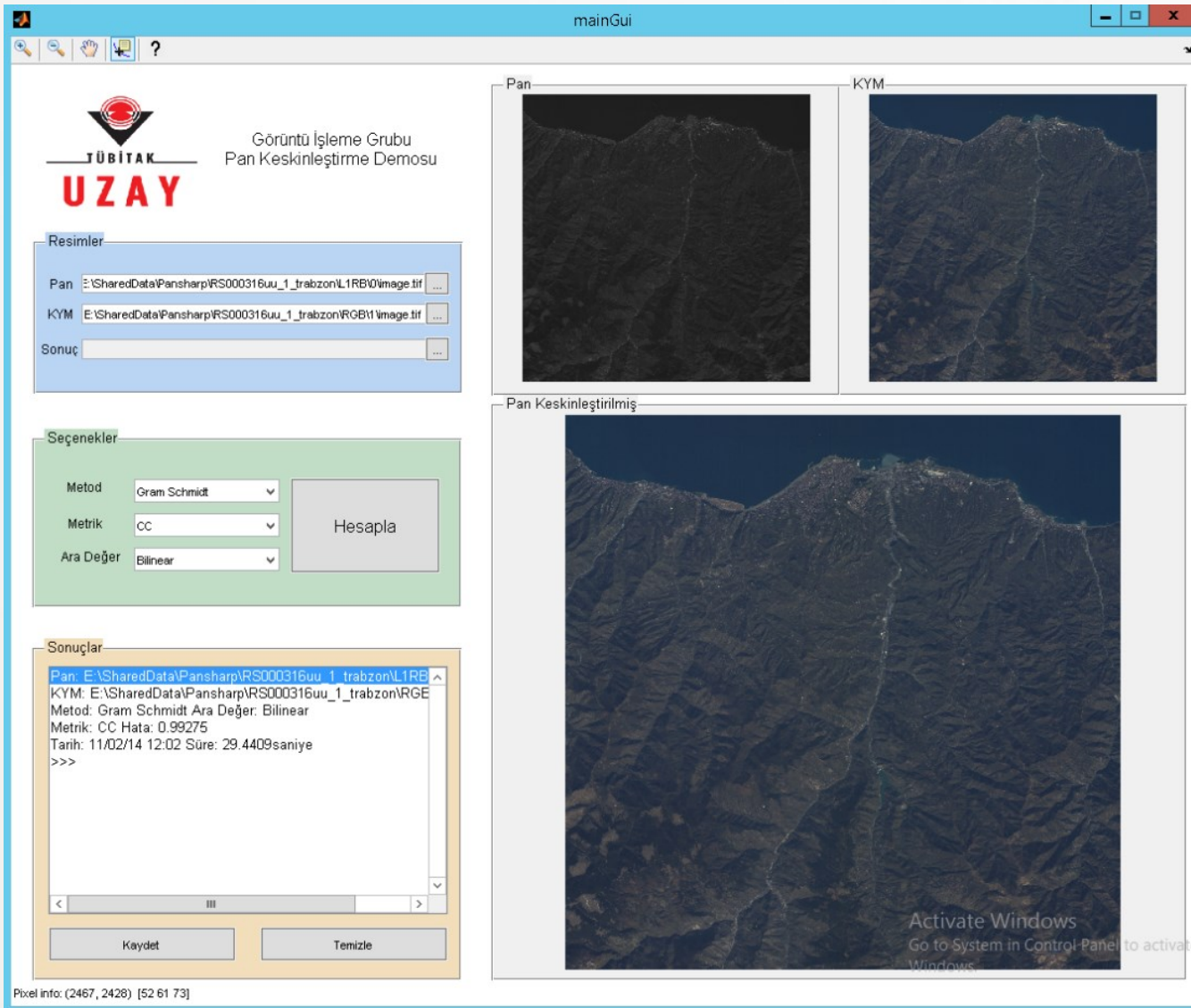
$$maske = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Önce pan görüntünün maske ile evrişimi alınır. Dana sonra pan keskinleştirilmiş resmin her bandının maske ile evrişimi alındıktan sonra her bant için yüksek geçiren süzgeçten geçen pan ve pankeskinleştirilmiş resmin korelasyon katsayısı hesaplanır.

	RMSE	RASE	ERGAS
Ölçütler	Spektral Kalite	Bantların Spektral Başarımı	Spektrale Geçiş Kalitesi
Referans Değeri	0	0	0

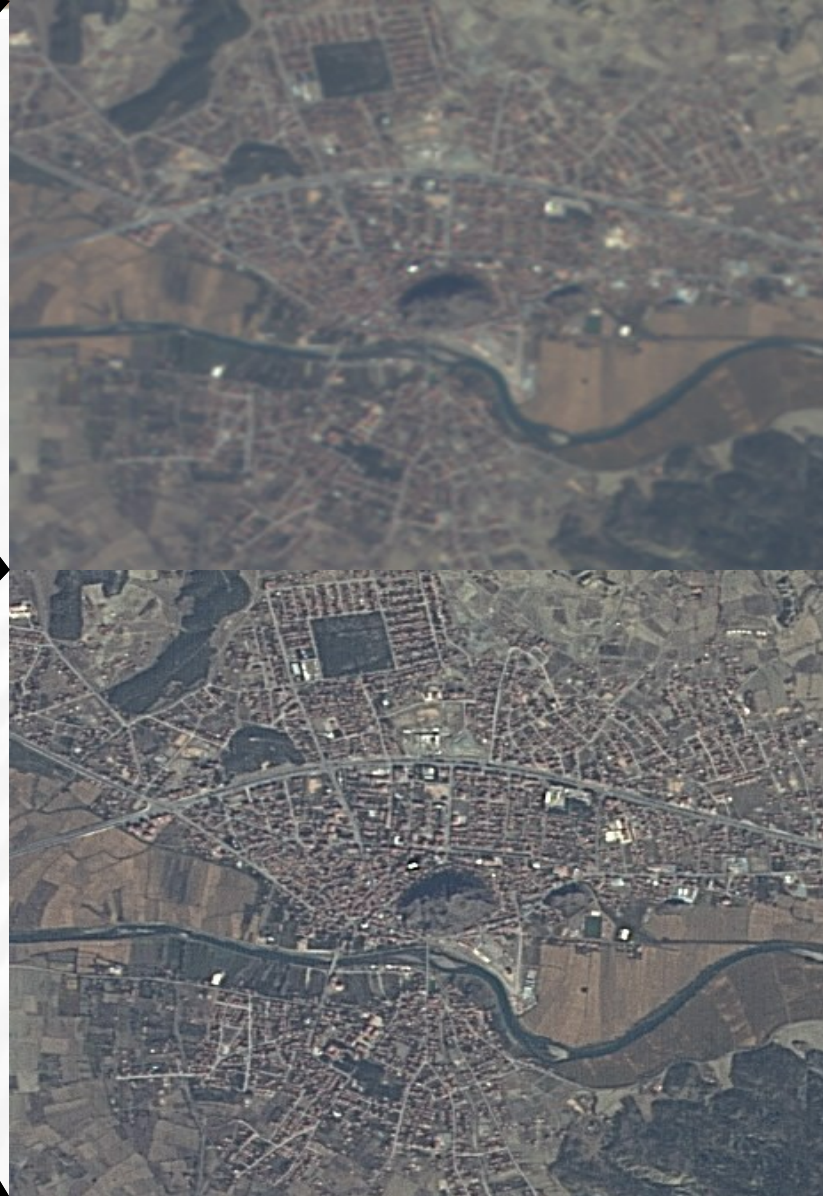
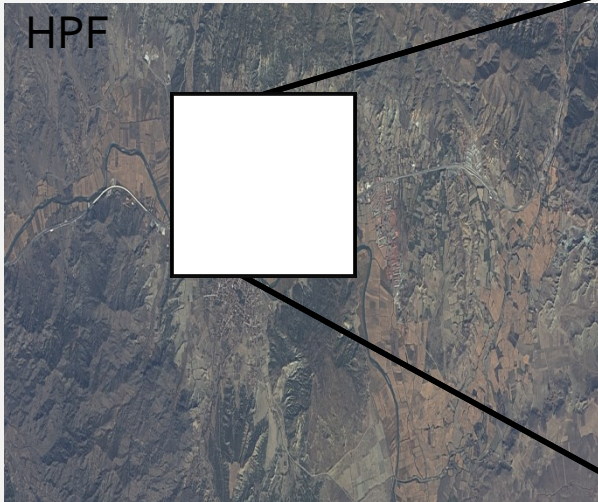
	Qave	SAM	Spatial
Ölçütler	Korelasyon Parlaklık Kontrast	Spektral Açık	Uzaysal Kalite
Referans Değeri	1	0	1

RASAT Pan Keskinleştirme Demosu

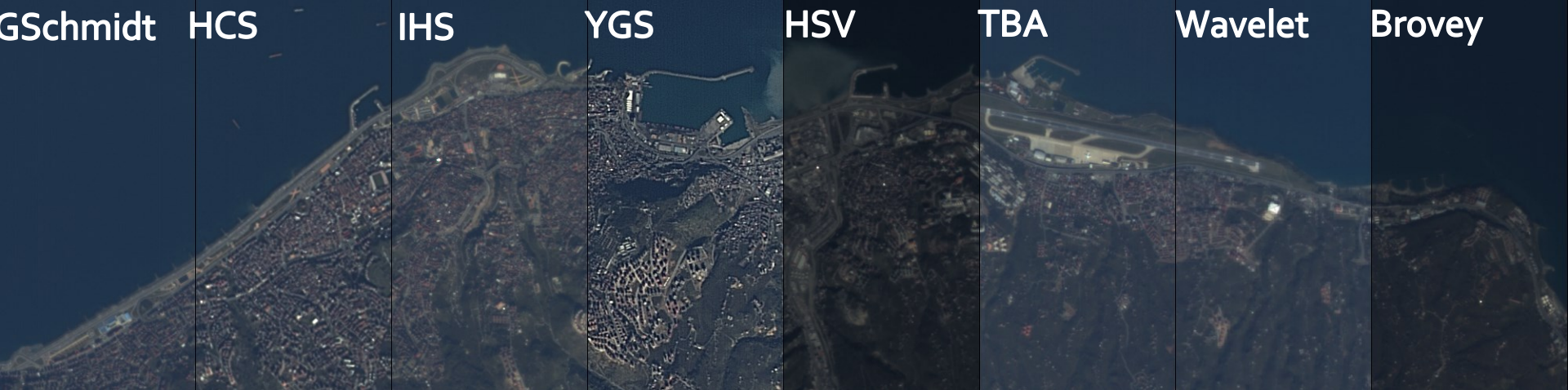


Hazırlanan Metod ve Metriklerin kullanımını kolaylaştırmak için bir arayüz hazırlandı.

Görsel Sonuç - Osmancık



Tüm sonuçlar - Trabzon



Görsel Sonuç - Trabzon

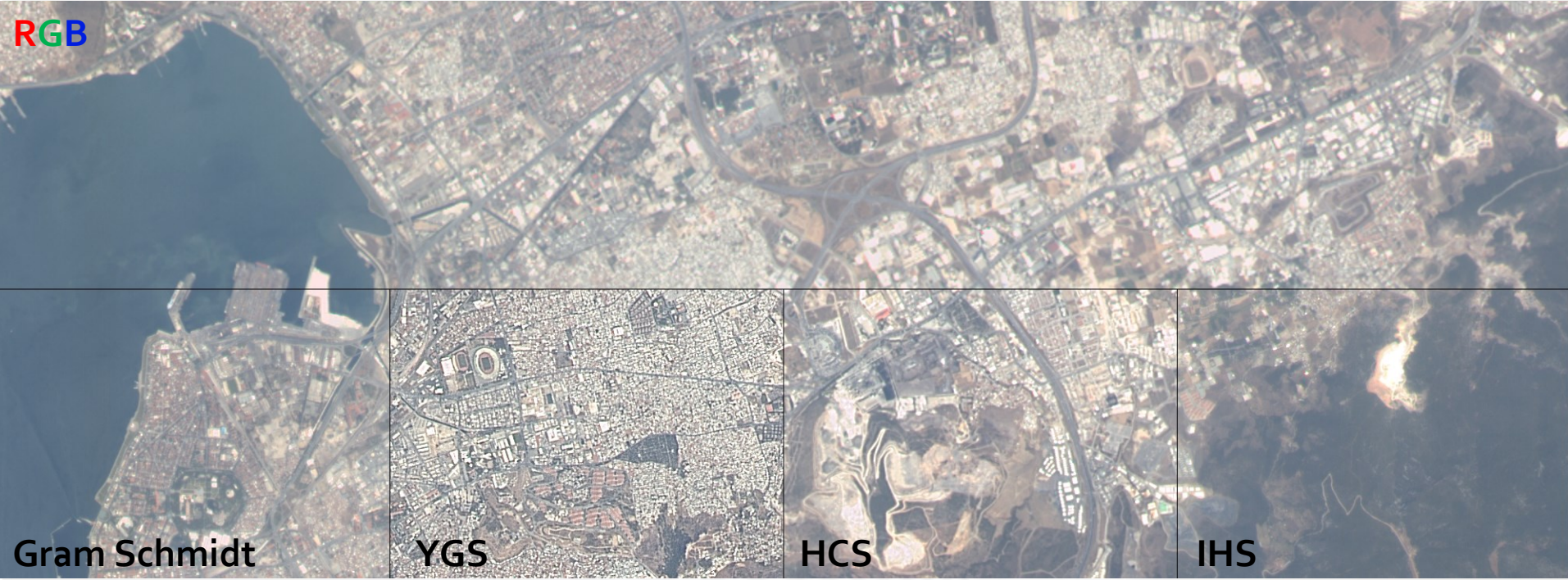
Gram Schmidt

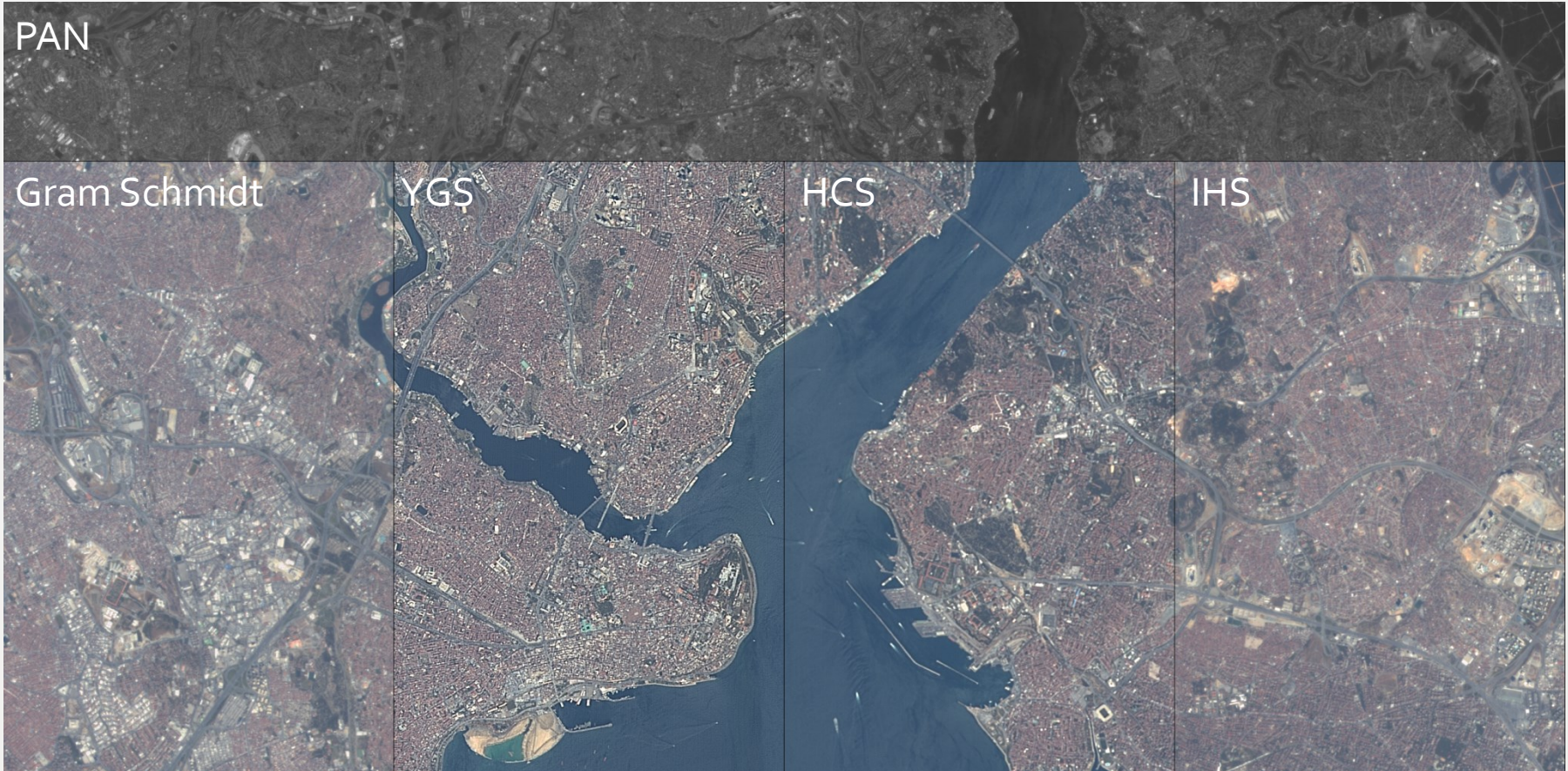
YGS

HCS

IHS







Görsel Sonuç – İstanbul



Metrik Sonuçları

	YGS	TBA	Brovey	GSchmidt	Wavelet	HSV	IHS	HCS
RMSE 0	17,38	5,67	87,06	2,24	2,63	46,86	3,87	4,96
SAM 0	0,51	0,78	0,00	0,32	0,55	0,00	0,12	0,23
CC 1	0,86	0,98	0,99	1,00	0,99	0,95	0,99	0,98
RASE 0	15,94	4,97	81,06	2,13	2,42	44,53	3,43	4,69
QAVE 1	0,99	0,94	0,17	0,98	0,95	0,71	1,00	0,99
ERGAS 0	4,06	1,32	94,71	0,57	0,63	19,68	0,88	1,19
Spatial 1	0,98	0,93	0,97	0,94	0,85	0,95	0,97	0,91

Metrik Sonuçları – Ticari Yöntemler

	Brovey	Erdas Brovey	Wavelet	Erdas Wavelet	Gs	ENVI Gs	HCS	ERDAS HCS	ArcGIS Esri	ENVI Spear
RMSE 0	101,18	101,18	3,69	4,42	4,74	5,19	8,16	8,26	3,76	4,91
SAM 0	0,00	0,55	0,57	0,53	0,44	0,30	0,38	0,35	0,31	0,44
RASE 0	79,54	79,54	2,90	3,48	3,72	4,08	6,42	6,49	2,96	3,86
QAVE 1	0,17	0,17	0,91	0,92	0,92	0,97	0,95	0,95	0,96	0,93
ERGAS 0	90,50	90,50	0,72	0,86	0,92	1,02	1,60	1,62	0,74	0,96
Spatial 1	0,99	0,96	0,90	0,89	0,98	0,99	0,95	0,94	0,95	0,98

Ticari Yazılım Karşılaştırma Görüntüleri



Ticari Yazılım Karşılaştırma Görüntüleri



Rakamsal Sonuçlar – Ara Örnekleme

	IHS cubic	IHS bilinear	IHS nearest	GS cubic	GS bilinear	GS nearest	YGS cubic	YGS bilinear	YGS nearest	HCS cubic	HCS bilinear	HCS nearest
RMSE 0	2,14	2,29	2,76	2,24	2,44	2,88	13,10	13,10	13,10	4,34	4,93	4,93
SAM 0	0,06	0,06	0,07	0,34	0,37	0,41	0,33	0,32	0,33	0,23	0,28	0,28
RASE 0	2,18	2,33	2,81	2,29	2,48	2,93	13,35	13,32	13,35	4,42	5,01	5,01
QAVE 1	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96	0,95	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97
ERGAS 0	0,55	0,58	0,70	0,58	0,63	0,75	3,34	3,33	3,34	1,10	1,26	1,26
Spatial 1	0,98	0,98	0,93	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,94	0,94

Metotlar	Süre(sn)
YGS	1,8
TBA	3,6
Brovey	3,2
Gram Schmidt	38,3
Wavelet	24,6
HSV	8
IHS	11
HCS	8,3

MATLAB 2013b , Core i7 3820 @3.4 Ghz

- Yapılan Pan Keskinleştirme sonuçlarında Spatial metriğinin verdiği bilgiye göre uzamsal kalitesi en iyi görüntü YGS yöntemiyle elde edilmiştir.
- Spektral kaliteyi en iyi koruyan yöntemler IHS , Gram Schmidt, Wavelet ve HCS yöntemleridir.
- Yapılan ölçümlere göre en hızlı sonuç veren yöntem YGS iken en yavaş yöntem Gram Schmidt olmuştur.

