



# Göktürk-2 Pankeskinleştirme

Mustafa Teke - Ezgi Koç - Ezgi San



- Göktürk 2
- Pankeskinleştirme
- Pankeskinleştirme Yöntemleri ve Görsel Sonuçlar
- Unsharpening
- Unsharpening Yöntemi ve Görsel Sonuçlar
- Ticari Yöntemler
- Metrikler

- TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) ve TUSAŞ iş ortaklılığı ile 2012 yılında fırlatıldı.
- Yüksek yerlilik oranı
- Ülkemizde özgün olarak geliştirilen ilk yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydusu
- Türkiye'nin kuzey sahillerinden güney sahillerine kadar uzanan yaklaşık 600 km'lik bir şeridin görüntüsünü tek geçişte indirebilecek kadar yüksek hızlı bir veri haberleşmesine sahiptir.



# Göktürk-2 Teknik Özellikleri

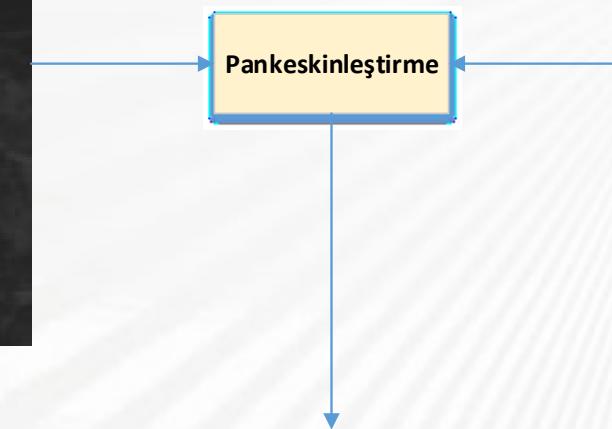
<b>Yörunge</b>	Güneş Eş zamanlı Yörunge
<b>Yörunge Yüksekliği</b>	700 km
<b>Dünya Çevresindeki Tur Süresi</b>	98 dakika
<b>Günlük yer istasyonu Temas Süresi</b>	40 dakika (gündüz+gece)
<b>Global Gözlem Alanı Kabiliyeti</b>	Bütün Dünya
<b>Tekrar Ziyaret Zamanı</b>	Ortalama 2,5 gün
<b>Uydu Kütlesi</b>	409 kg.
<b>Görüntü Depolama Kapasitesi</b>	8 GB + 32 GB
<b>Siyah - Beyaz Çözünürlük</b>	2,5 m
<b>Renkli Çözünürlük</b>	5 m
<b>Görev Ömrü</b>	5 yıl

- Uydu kameraları
  - Multispektral görüntü ve
  - Pan görüntüolmak üzere 2 tür görüntü almaktadır.
- Pan görüntü grayscale ve yüksek çözünürlüklüdür.
- Göktürk-2 için Multispektral görüntü 4 banttan oluşur.
  - Kırmızı
  - Yeşil
  - Mavi
  - NIR
- Multispektral görüntü renklidir ve Pan'a göre daha düşük çözünürlüklüdür.

# Pankeskinleştirme-Ankara



Pan



MS görüntü



Pankeskinleştirilmiş Görüntü

# San Francisco Pan ve Multispektral Görüntü



# Pankeskinleştirme Yöntemleri

- 8 farklı pankeskinleştirme yöntemi
- 7 farklı Göktürk-2 görüntüsü
  - Ankara
  - İstanbul
  - Barcelona
  - Dubai
  - New York
  - San Francisco
  - Paris
- 8 farklı sayısal başarı ölçütü kullanılmıştır.

















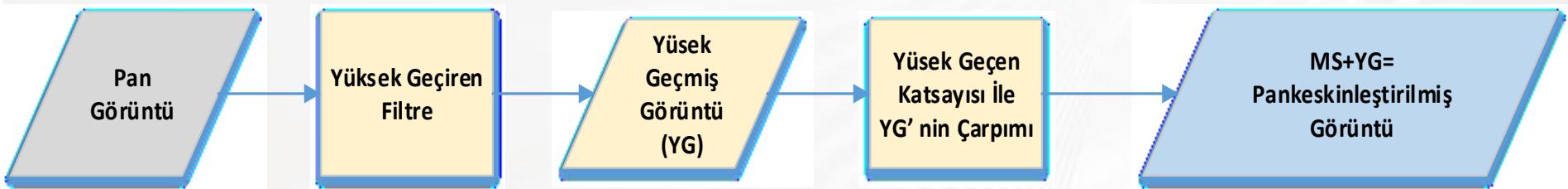


- Yüksek Geçiren Süzgeç (High Pass Filter: HPF)
- Temel Bileşen Analizi (Principle Component Analysis: PCA)
- Brovey
- Gramm-Schmitt
- Dalgacık(Wavelet)
- Yoğunluk Renk Doyumu (Intensity Hue Saturation: IHS)
- Hiperküre Renk Uzayı(Hyperspherical Color Space: HCS)
- Optimized HPF

HPF yönteminde,

- Filtreler Pan ve çok bantlı görüntülerin oranına göre seçilerek uygulanır (*Filtre boyu=2\*kat+1*):
  - 5x5 (2 kat),
  - 7x7 (3 kat)
  - 9x9 (4 kat) boyutlarında.

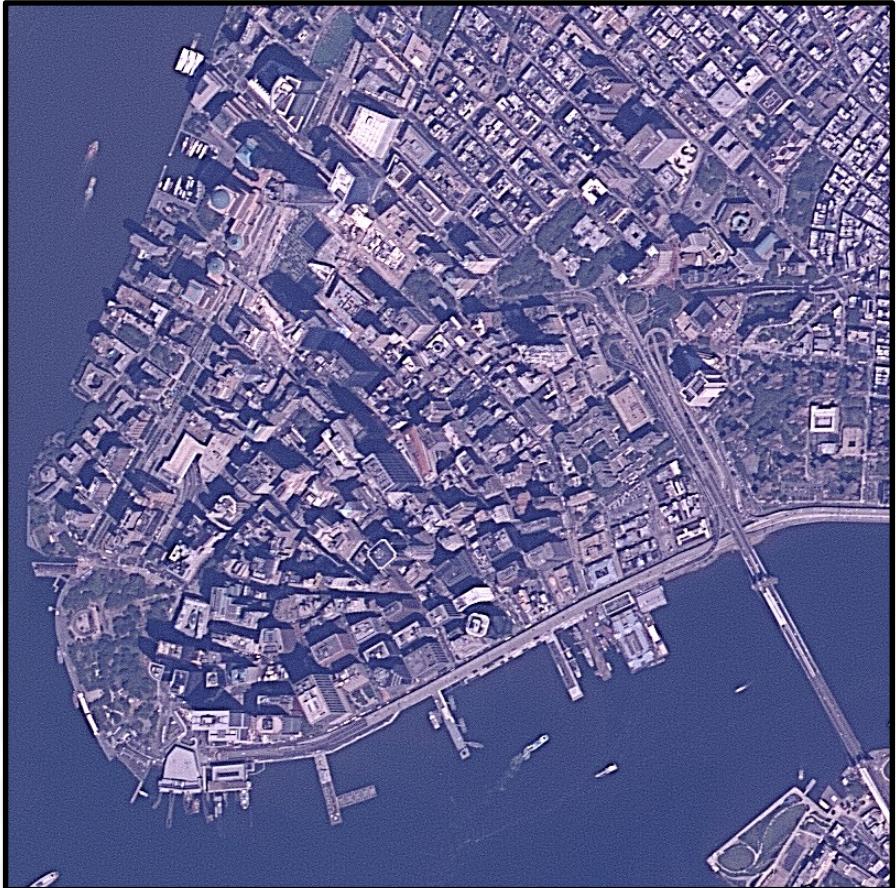
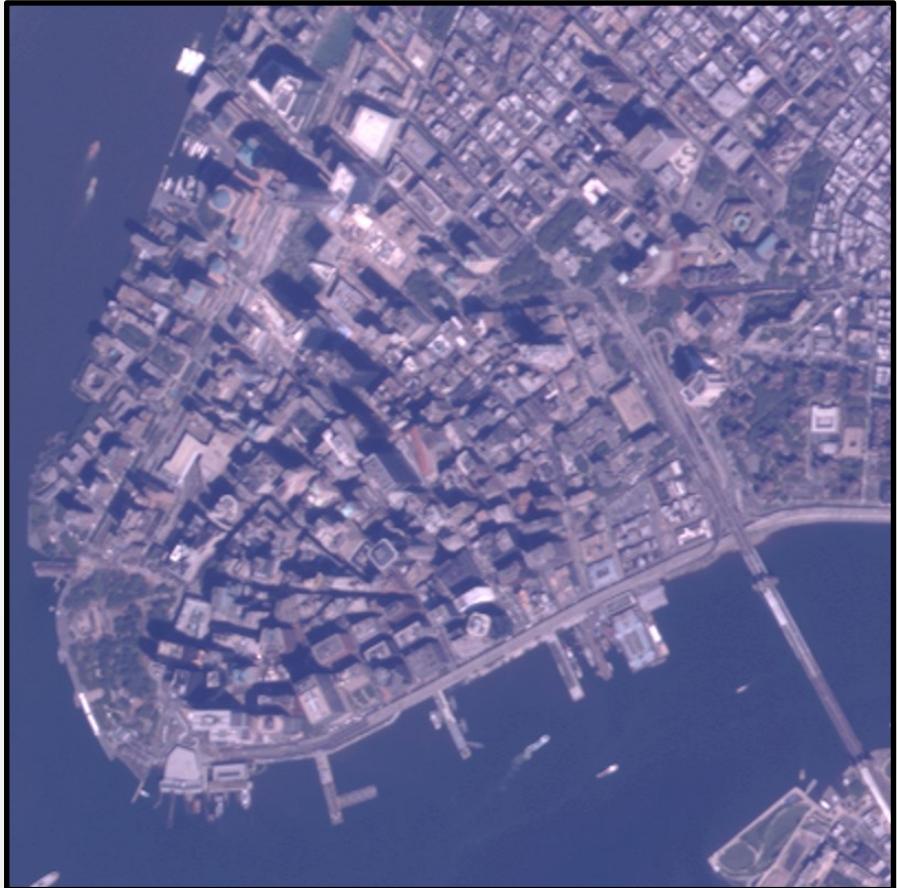
Bu filtre görüntüye uygulanarak yüksek geçen değer elde edilir ve bu ara görüntü tüm bantlara uygulanarak çözünürlük arttırılmış olur.



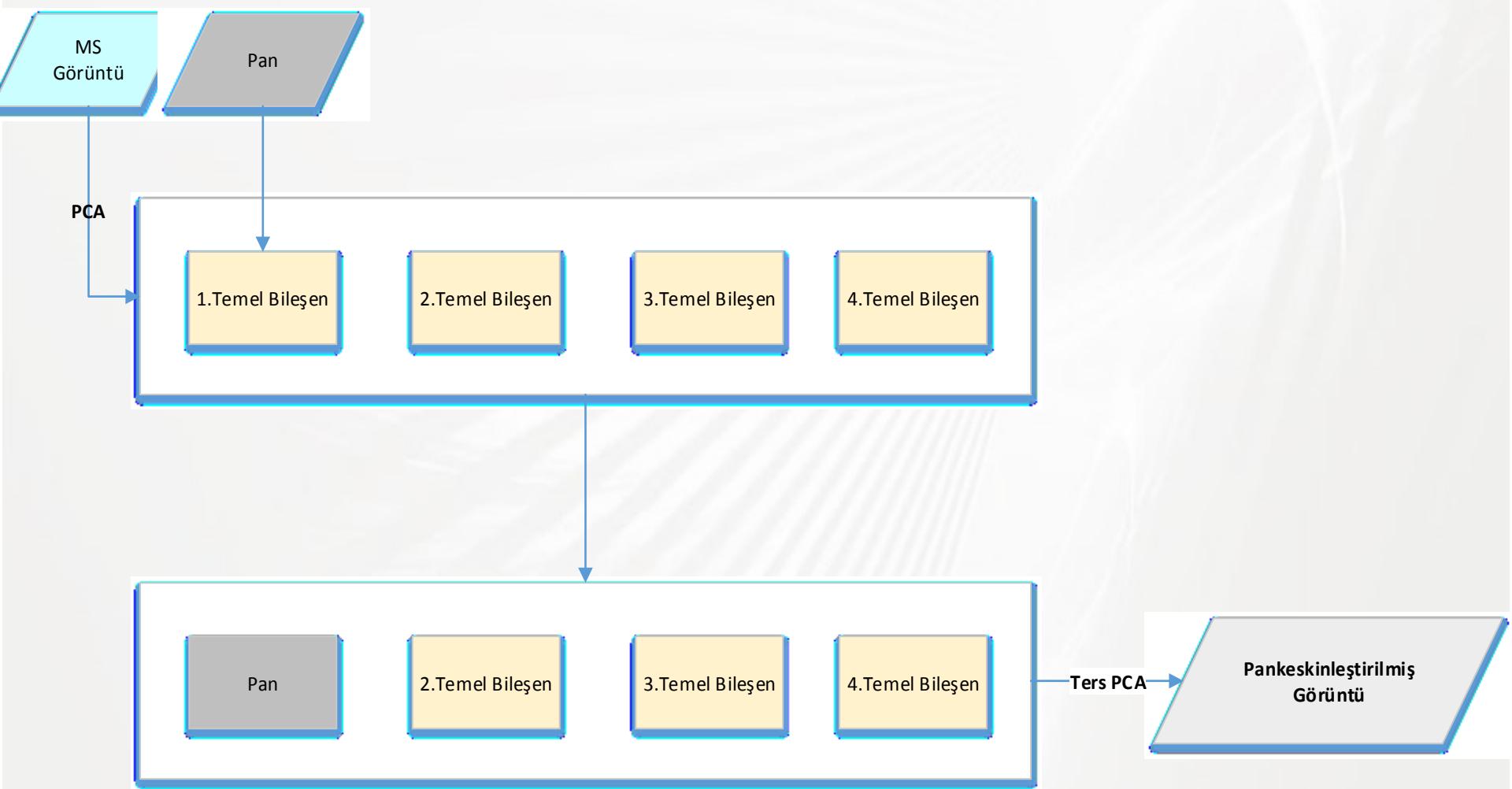
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	24	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1

YGF

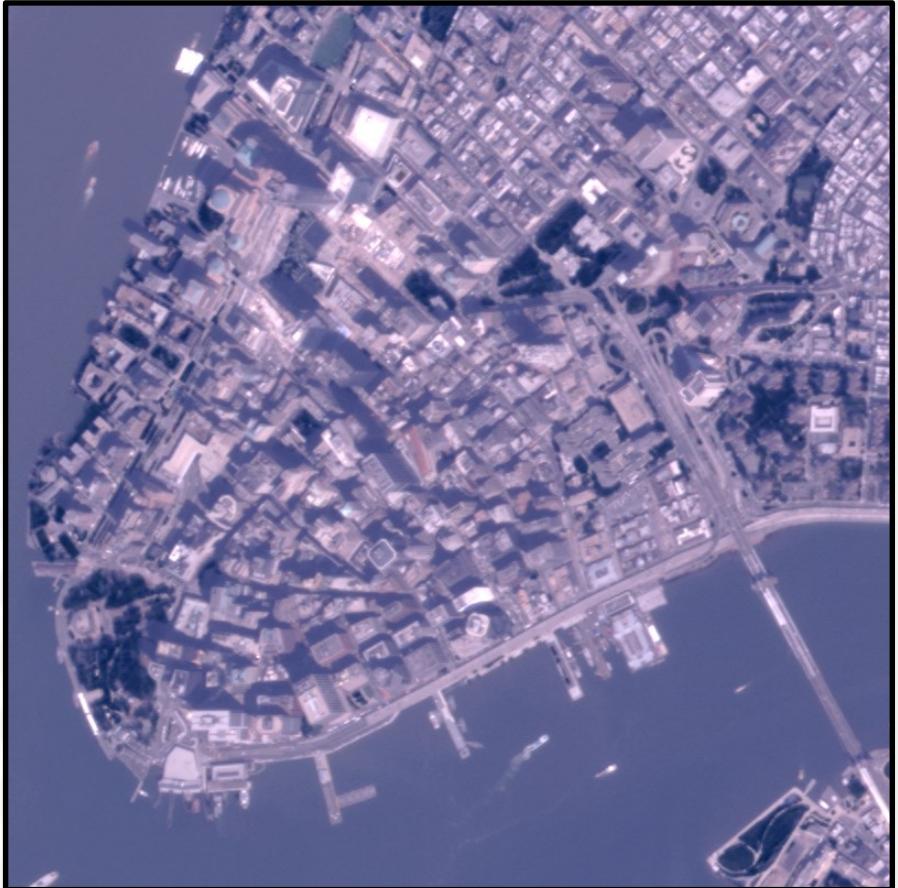
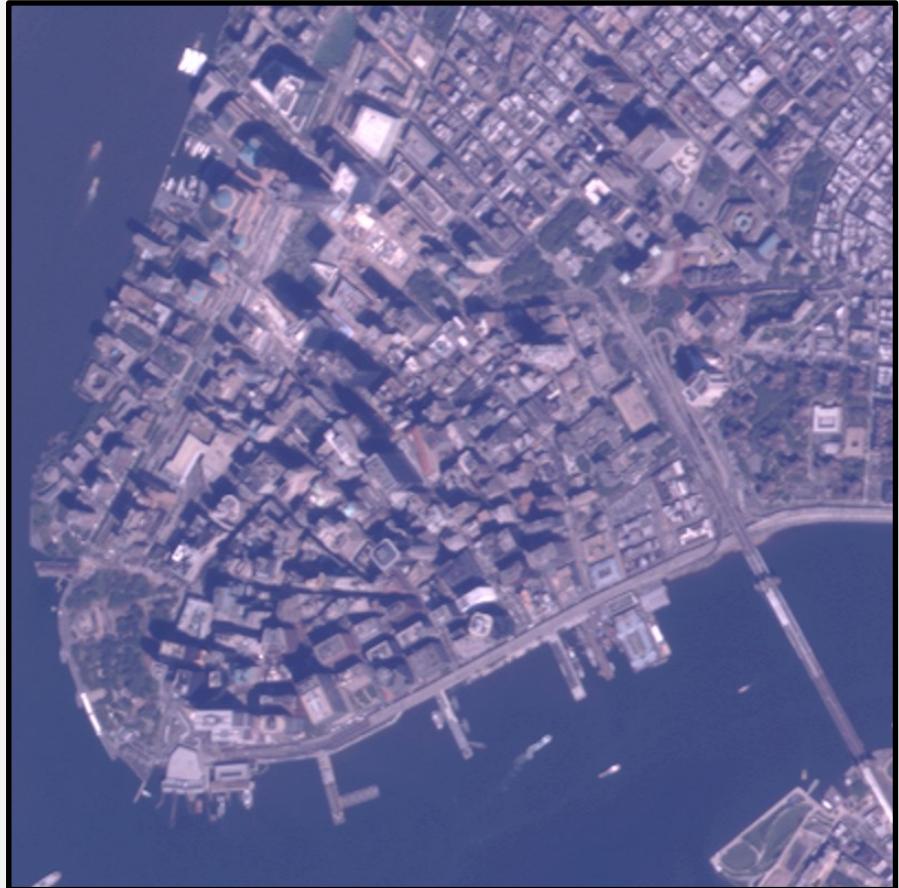
# New York City MS Görüntü ve HPF Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



- PCA dönüşümü, ilintili çok-tayflı (multi-spektral) bantları temel bileşenlere dönüştürür.
- İlk temel bileşen yerine Pan görüntü geçirilir.
- PCA dönüşümü yapılip pankeskinleştirilmiş görüntü elde edilir.
- Pankeskinleştirilmiş görüntü Pan görüntüye ait fazla bilgi taşıdığınıñdan uzamsal olarak iyi sonuç verir buna karşılık renk bilgisini koruyamaz.

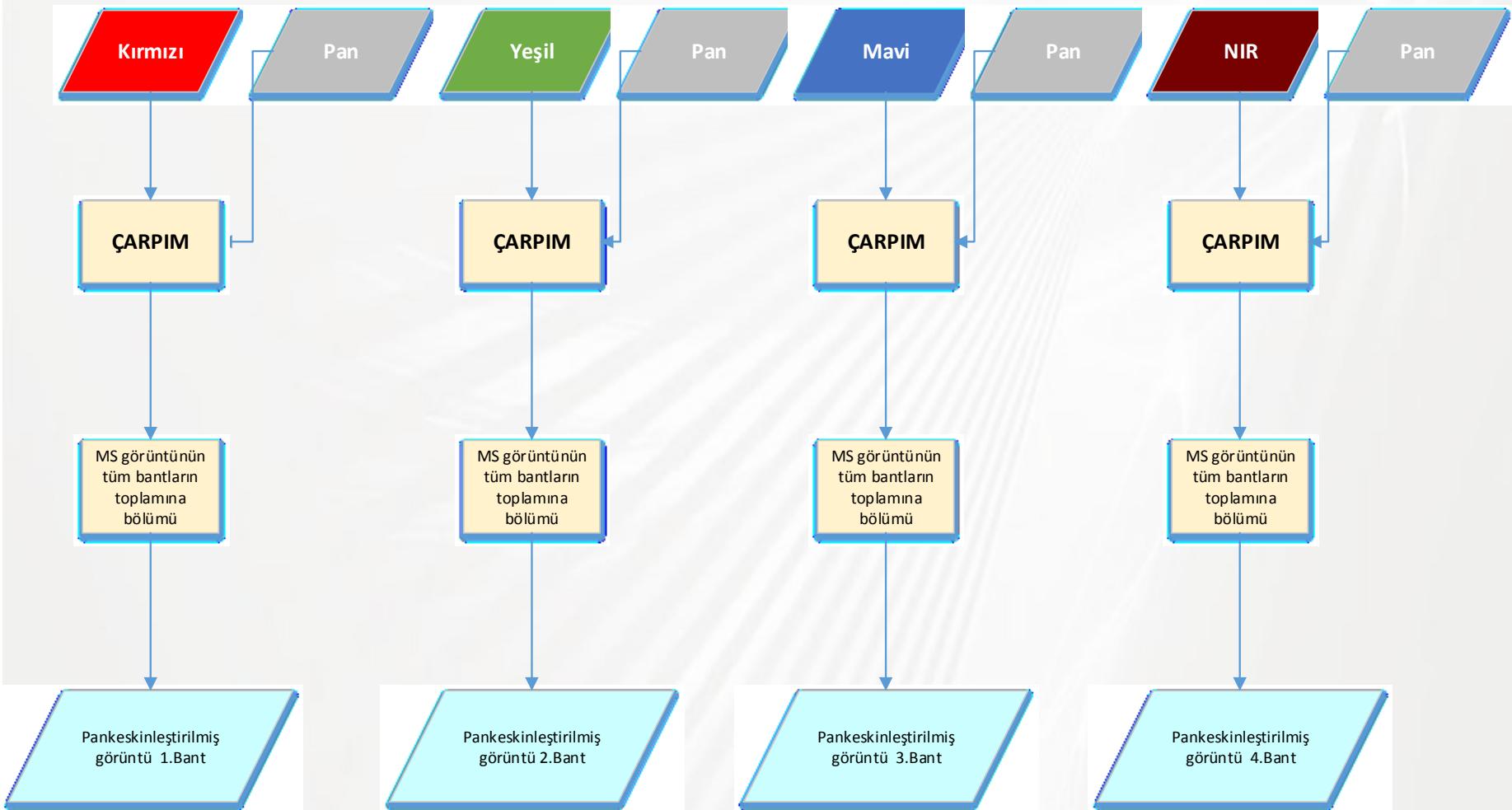


# New York City MS Görüntü ve PCA Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü

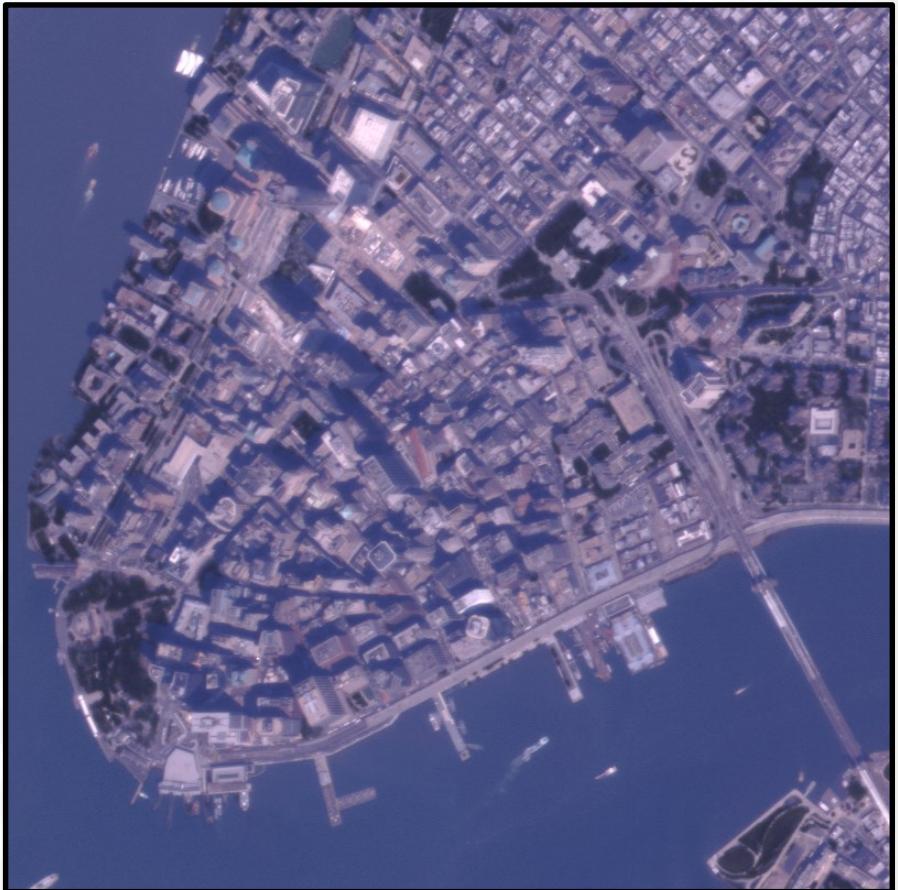
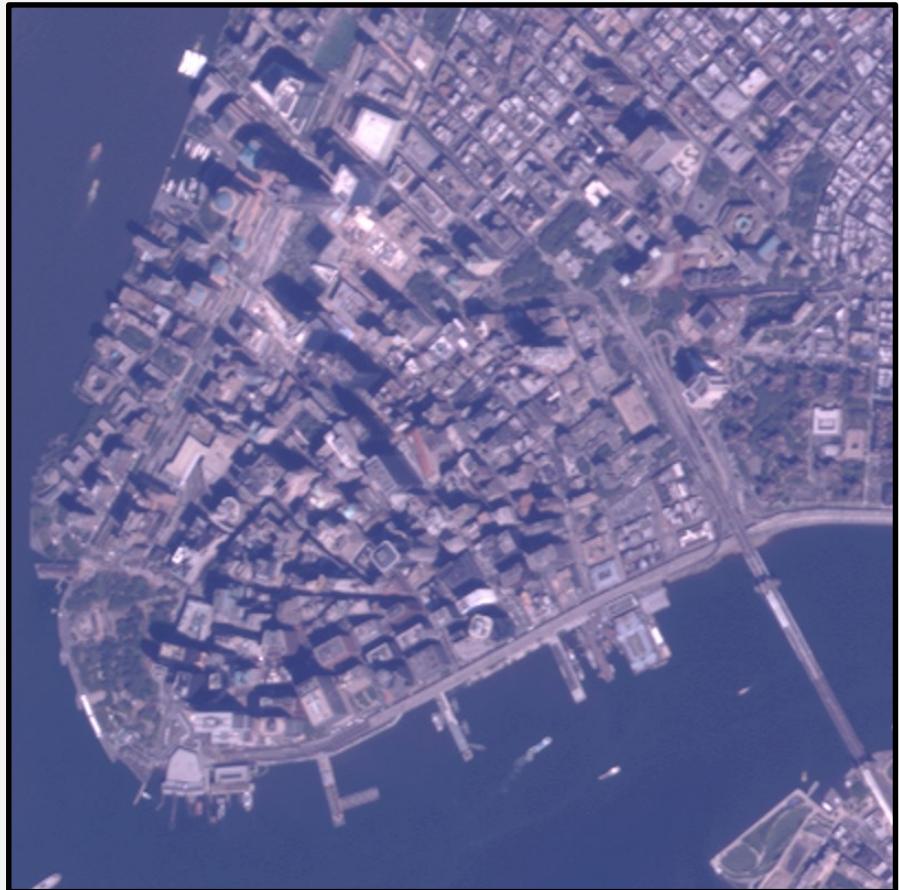


- Bu yöntemde her spektral bant Pan görüntü ile çarpılır ve çarpım sonuçları spektral bantların toplamına bölünür.
- Keskinliği ön plana çıkartan bir yöntemdir.

# Brovey Yöntemi

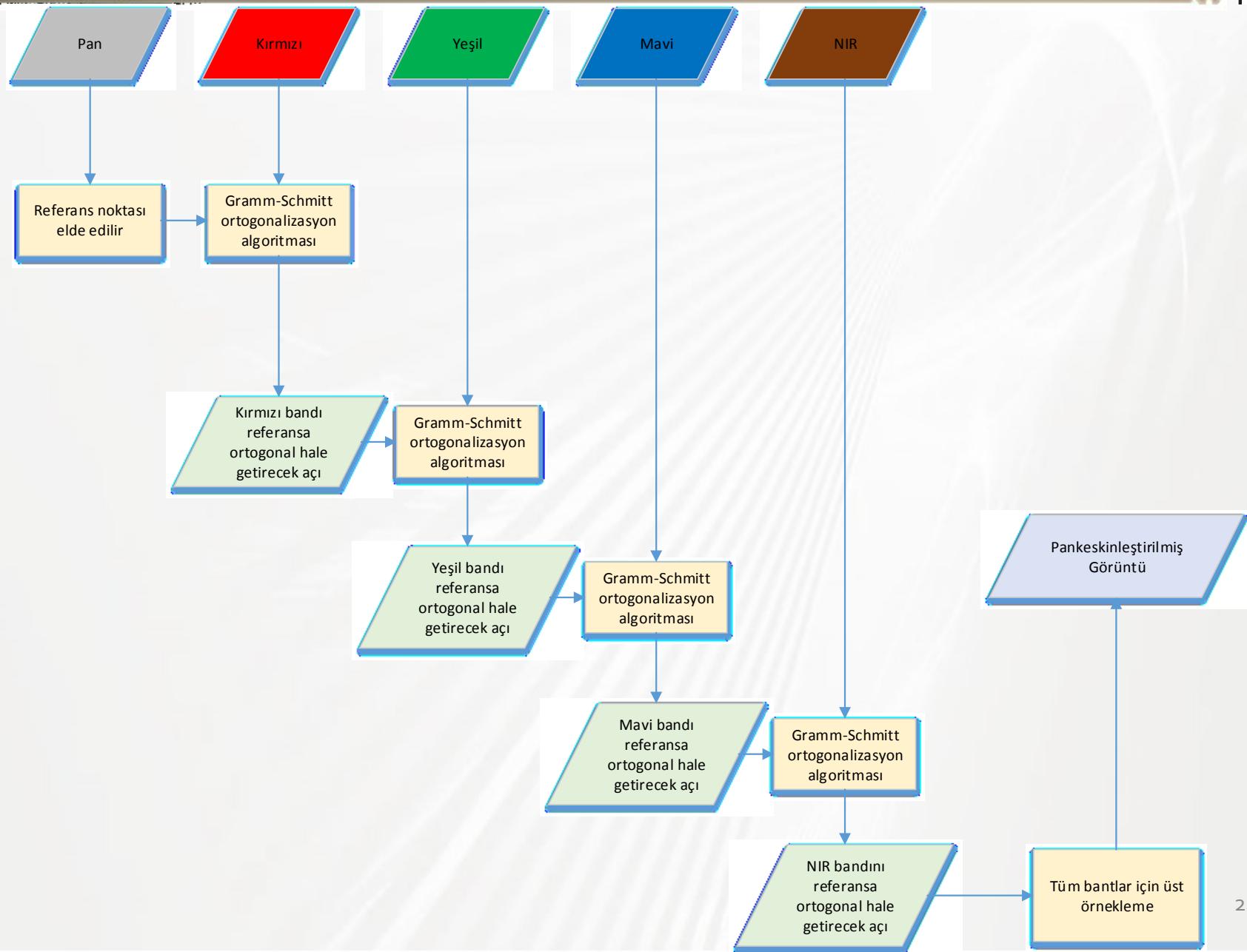


# New York City MS Görüntü ve Brovey Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü

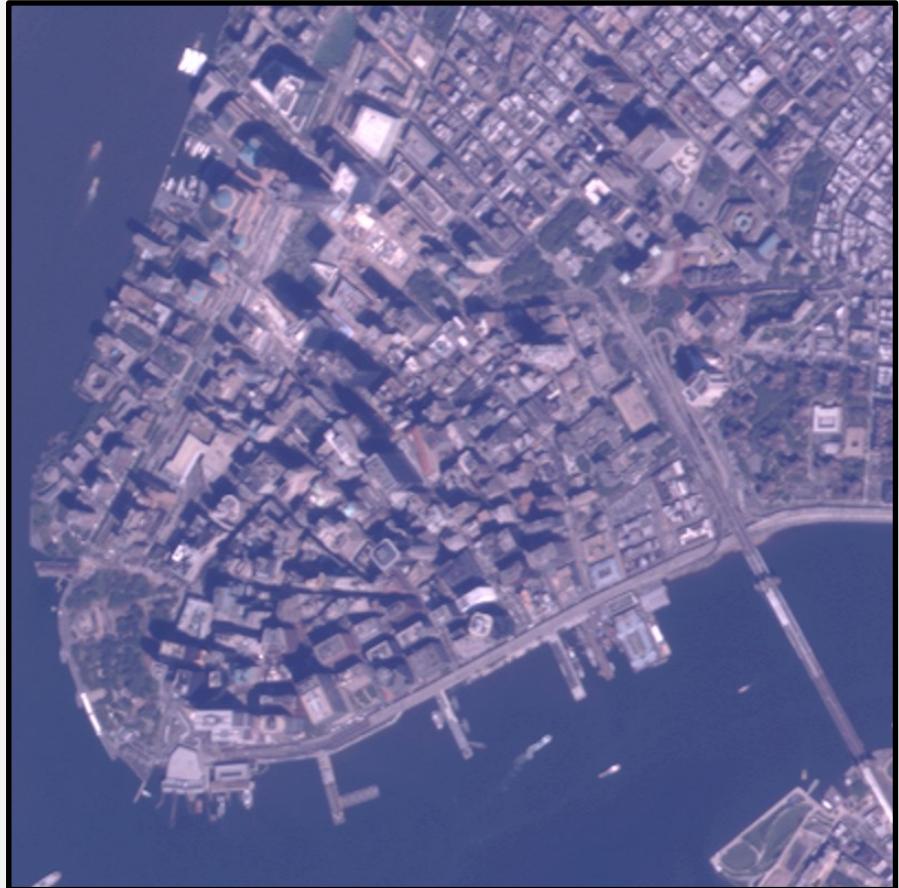


- Bu yöntemde diğer yöntemlerden farklı olarak çoklu-tayflı görüntü üst örneklemeye edilmez.
- İlk olarak MS görüntünün ağırlıklı ortalaması alınarak bir adet düşük çözünürlüklü Pan elde edilir.
- Sonrasında bu Pan görüntü ilk bant olarak alınır ve Gramm-Schmitt Dikgen algoritması ile tüm bantlar dik hale getirilir.

# Gramm-Schmitt Yöntemi

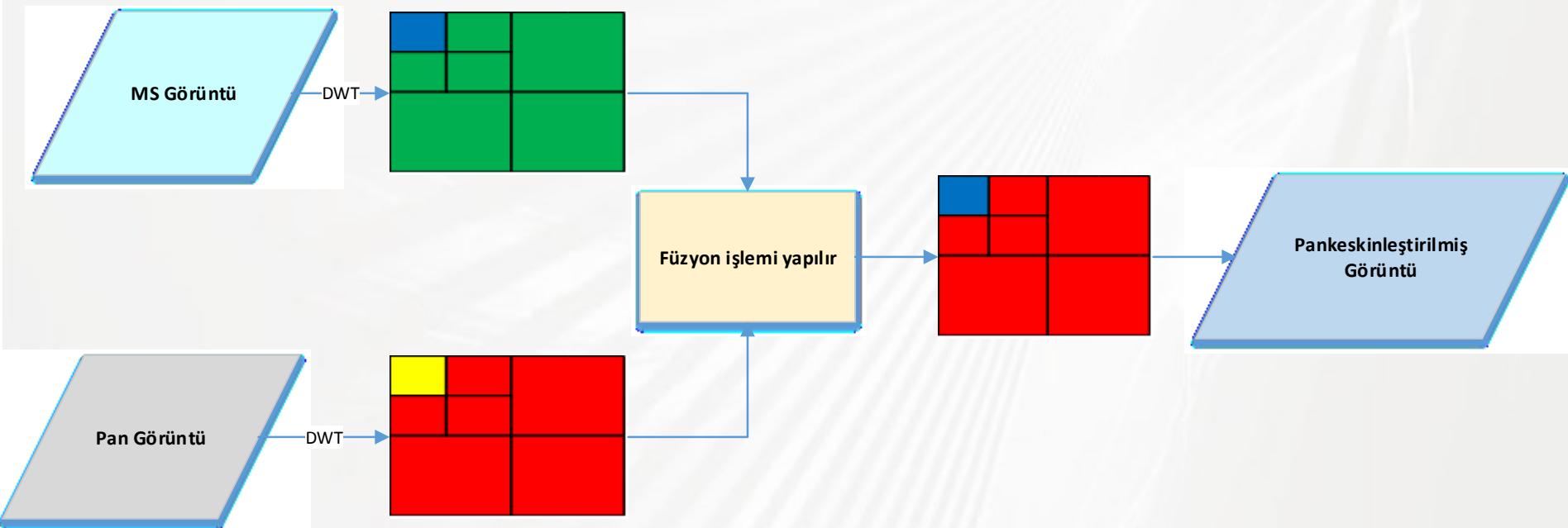


# New York City MS Görüntü Ve Gramm-Schmitt Metodu İle Pankeskinleştirilmiş Görüntü

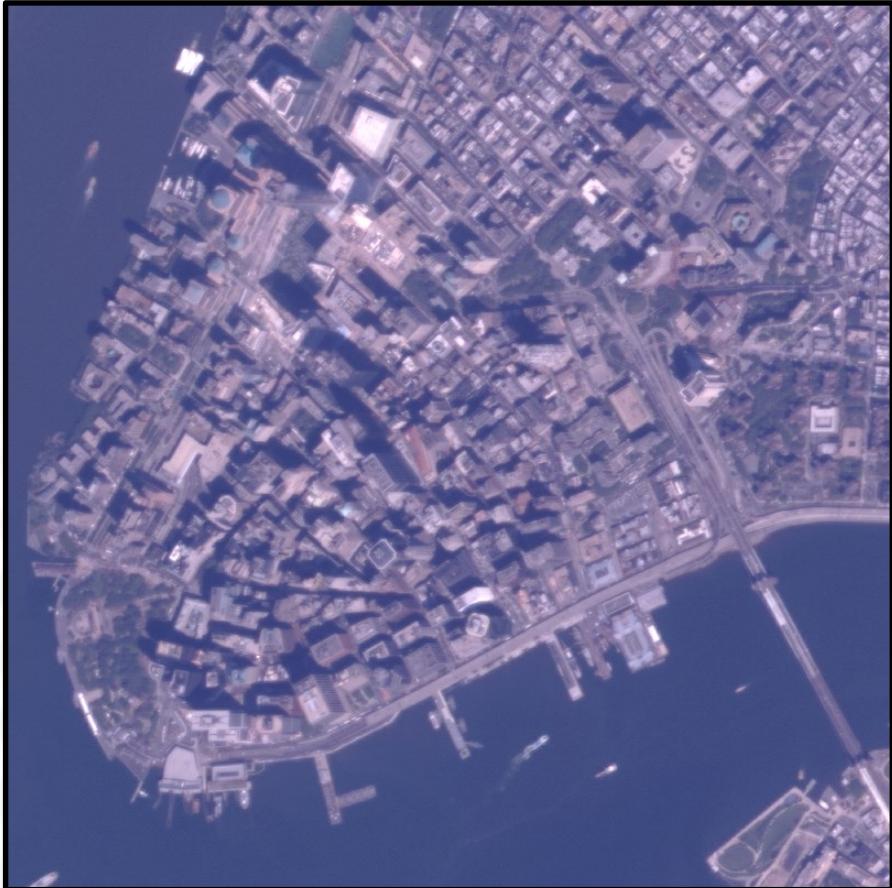
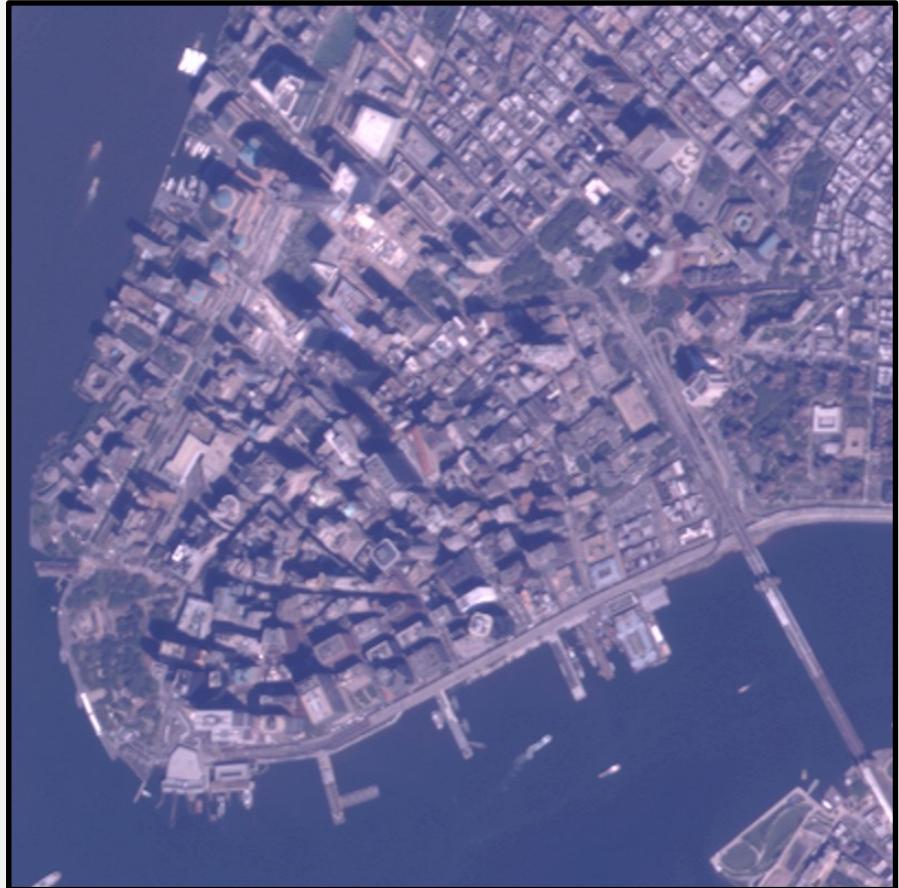


- MS görüntüye ve Pan bandına ayrı ayrı Ayrık Dalgacık Dönüşümü(DWT) uygulanır.
- DWT işlemi sonrası Pan görüntüye ait düşük frekanslı kısım çıkartılır.
- MS görüntüye ait düşük frekanslı kısım eklenir.
- Ters dalgacık dönüşümü ile pankeskinleştirilmiş görüntü elde edilir.
- Uzamsal olarak çok iyi sonuç vermez.
- Renk bilgisini en iyi koruyan yöntemlerden biridir.

# Dalgacık (Wavelet) Yöntemi

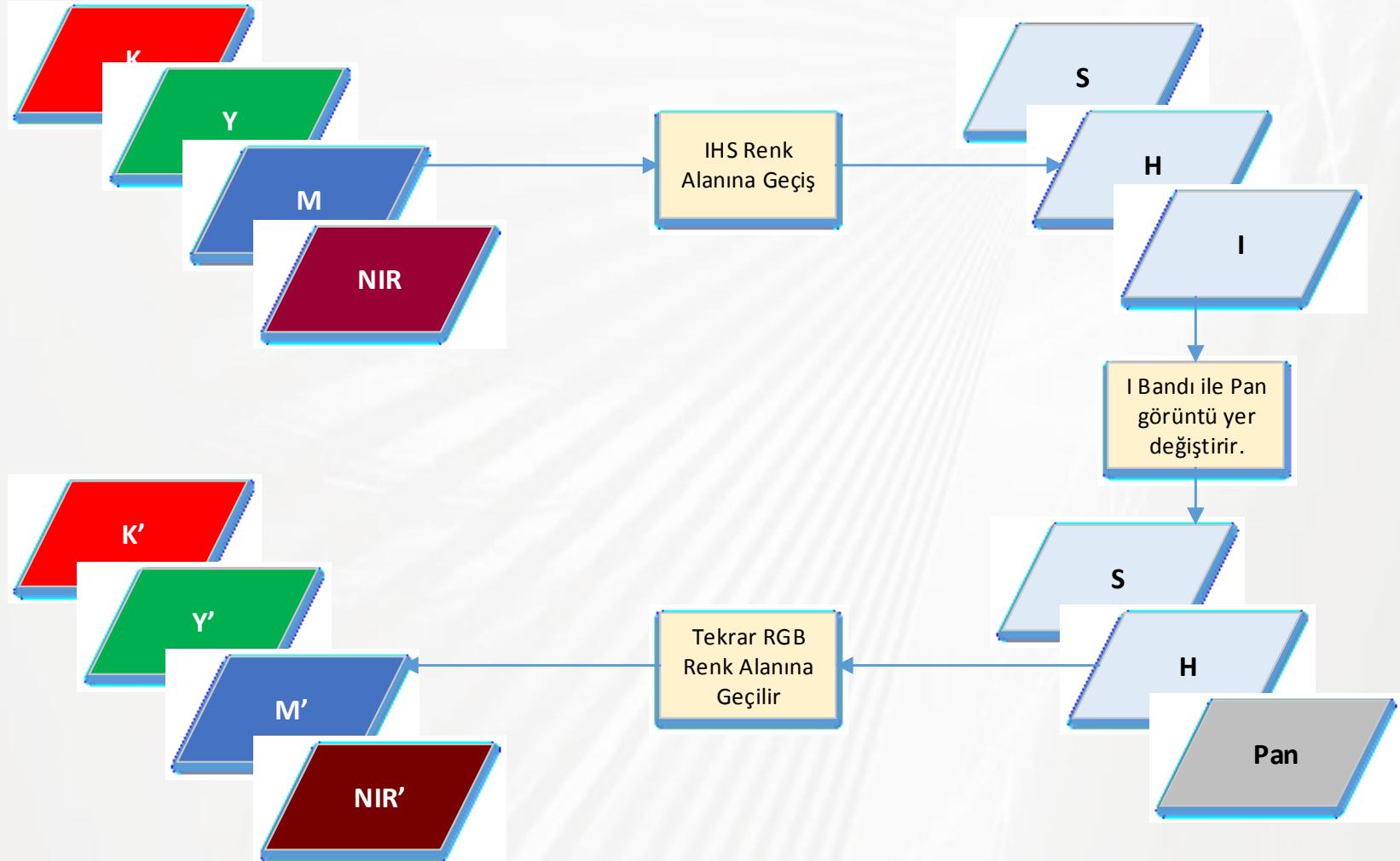


# New York City MS Görüntü ve Wavelet Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü

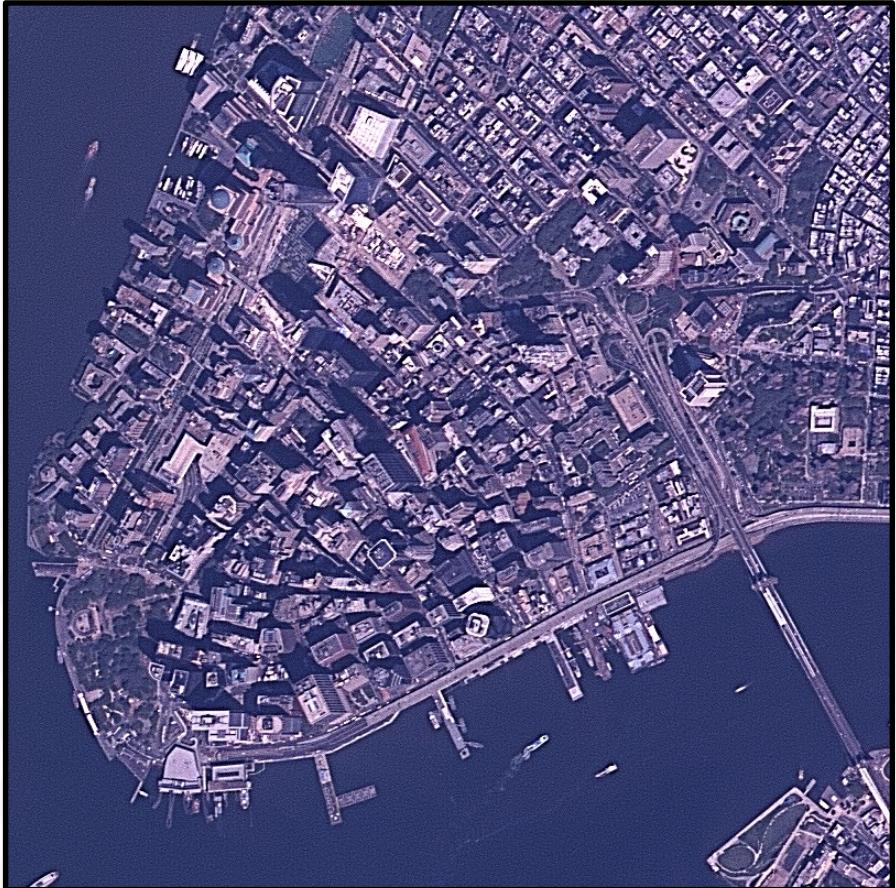
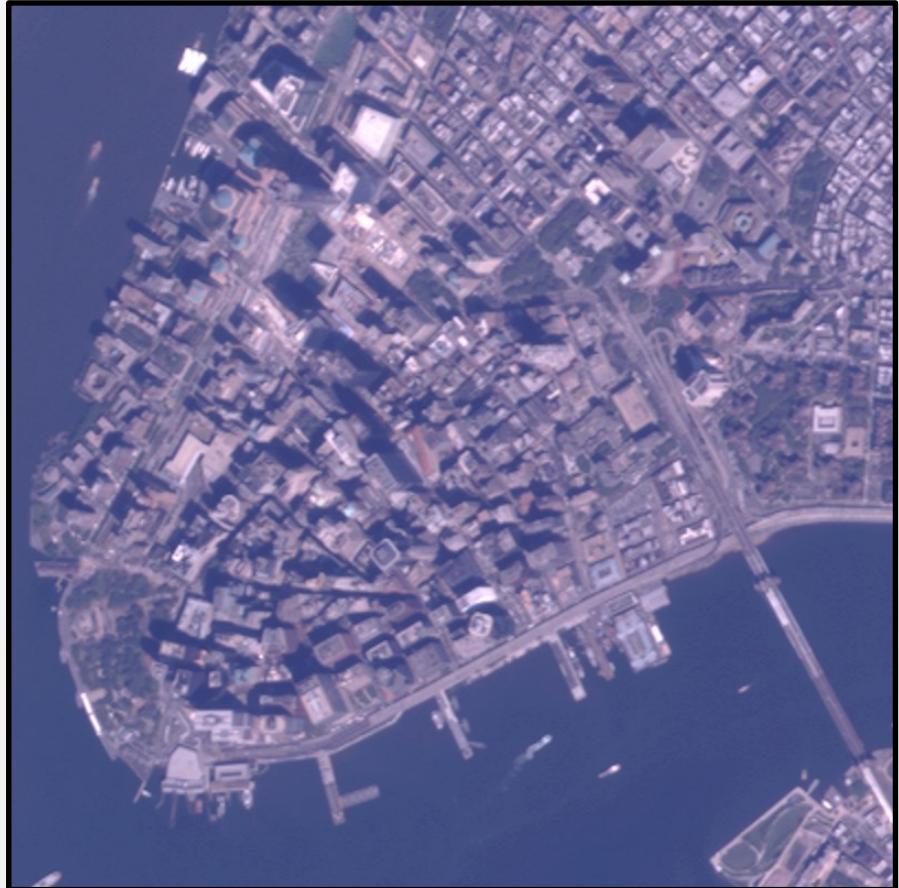


- İlk olarak çok-tayfli bantlar IHS renk uzayına dönüştürülür.
- Düşük çözünürlüklü yoğunluk bandı yüksek çözünürlüklü Pan bandı ile yer değiştirir.
- Elde edilen görüntü tekrar RGB renk uzayına dönüştürülür.
- Sonuçta elde edilen görüntü kenar bilgisini iyi bir şekilde tutar.
- Ancak görüntüde spektral bozulmalar oluşur.

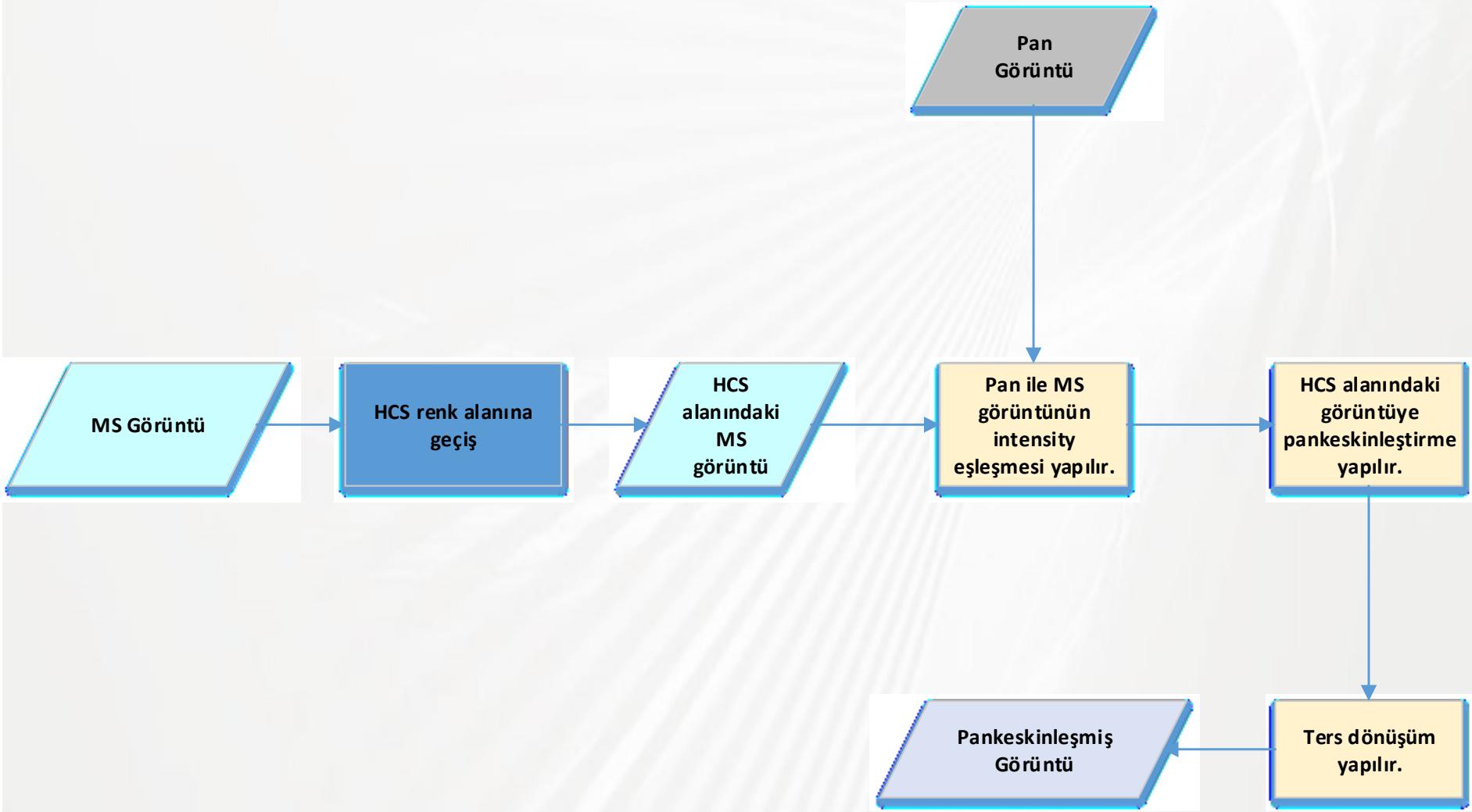
# Yoğunluk Renk Doyumu (Intensity Hue Saturation: IHS)



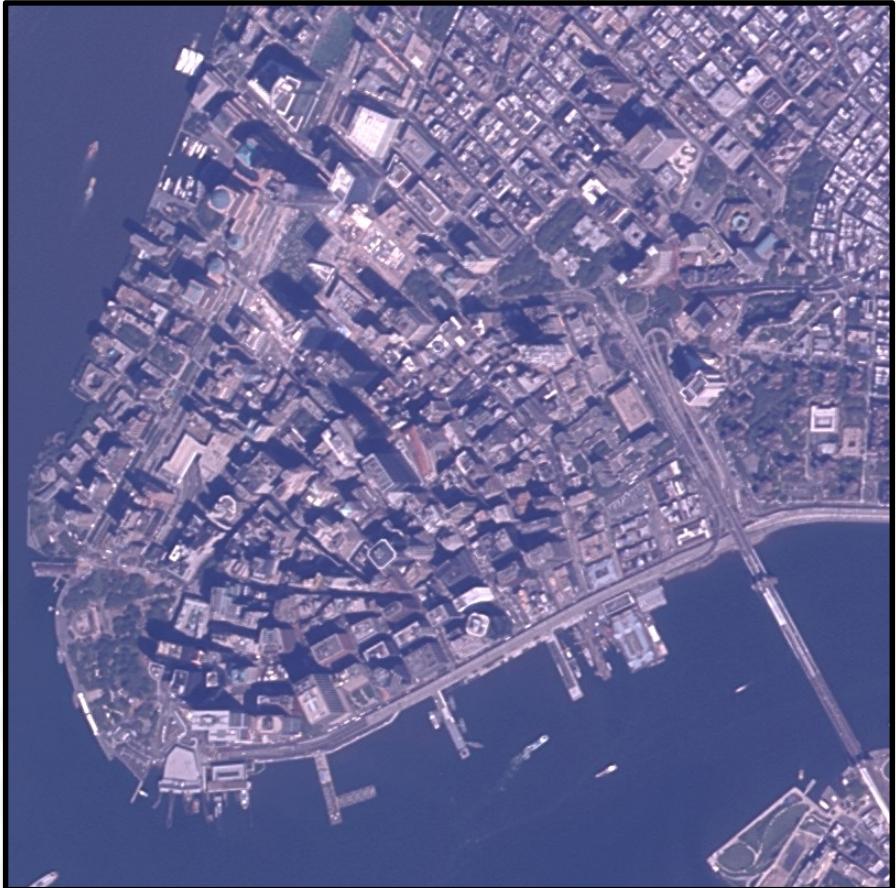
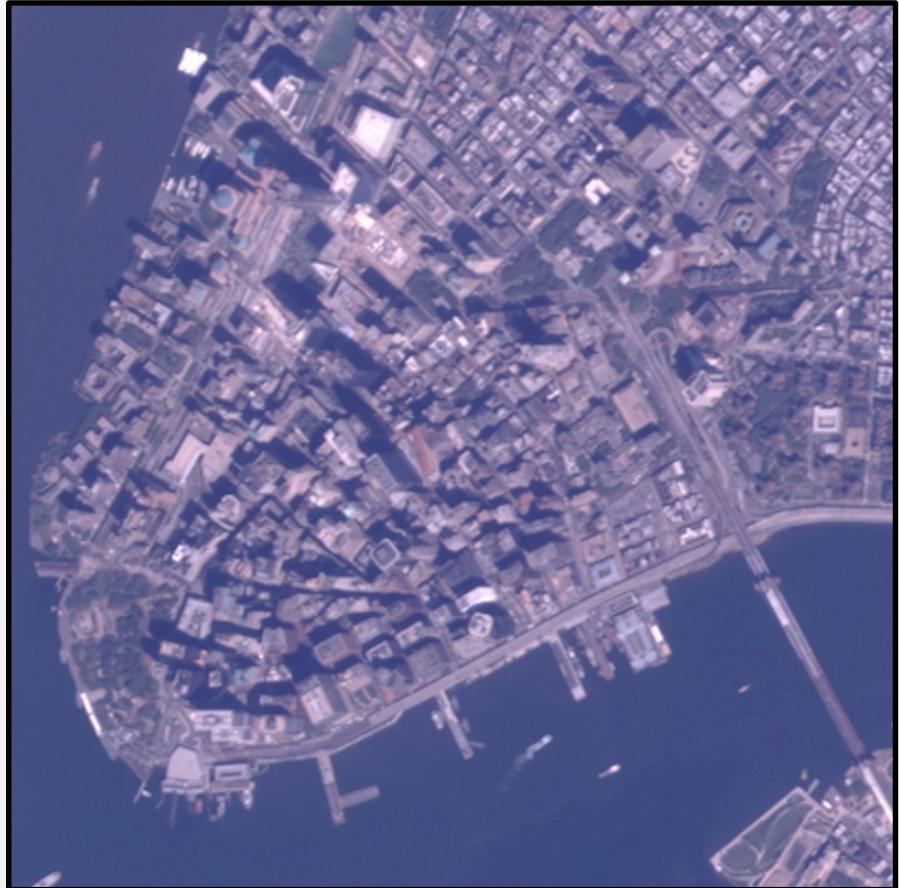
# New York City MS Görüntü ve IHS Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



- Çok-tayfli bantlar pankromatik bandın bir hiperküre üzerine iz düşümleri olarak hesaplanır.
- Çok-tayfli bantlardan hesaplanan değer yerine pankromatik bant konularak ters izdüşüm uygulanır.

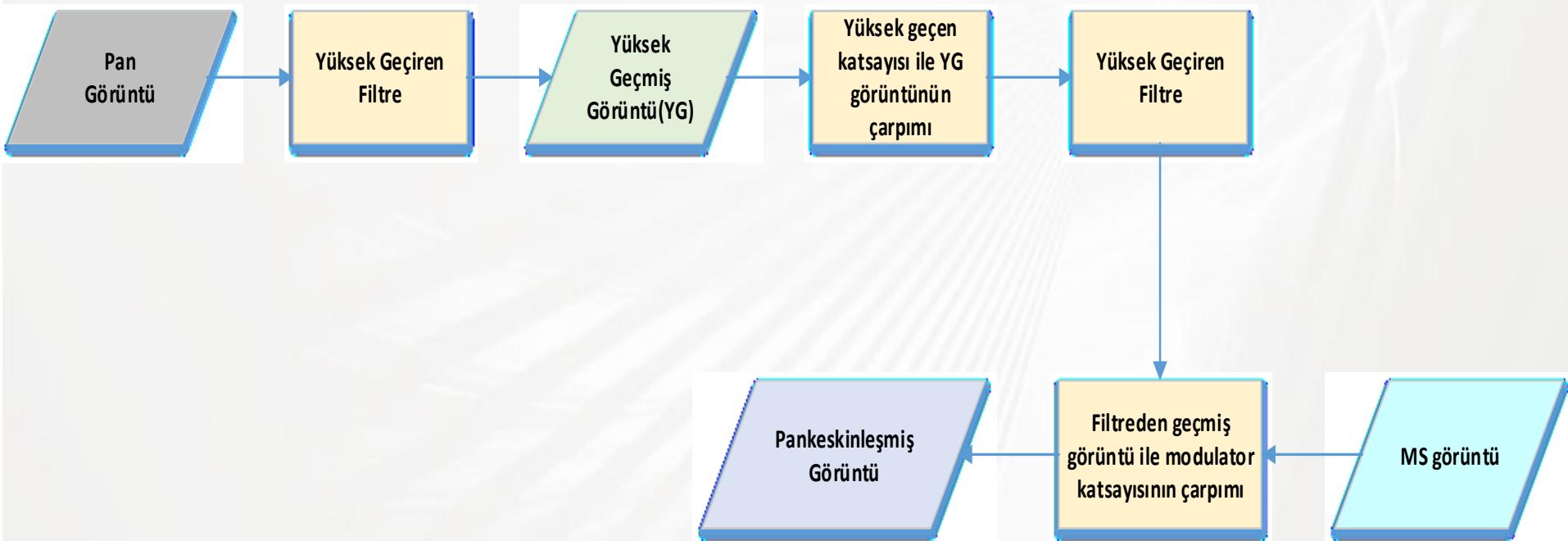


# New York City MS Görüntü ve HCS Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü

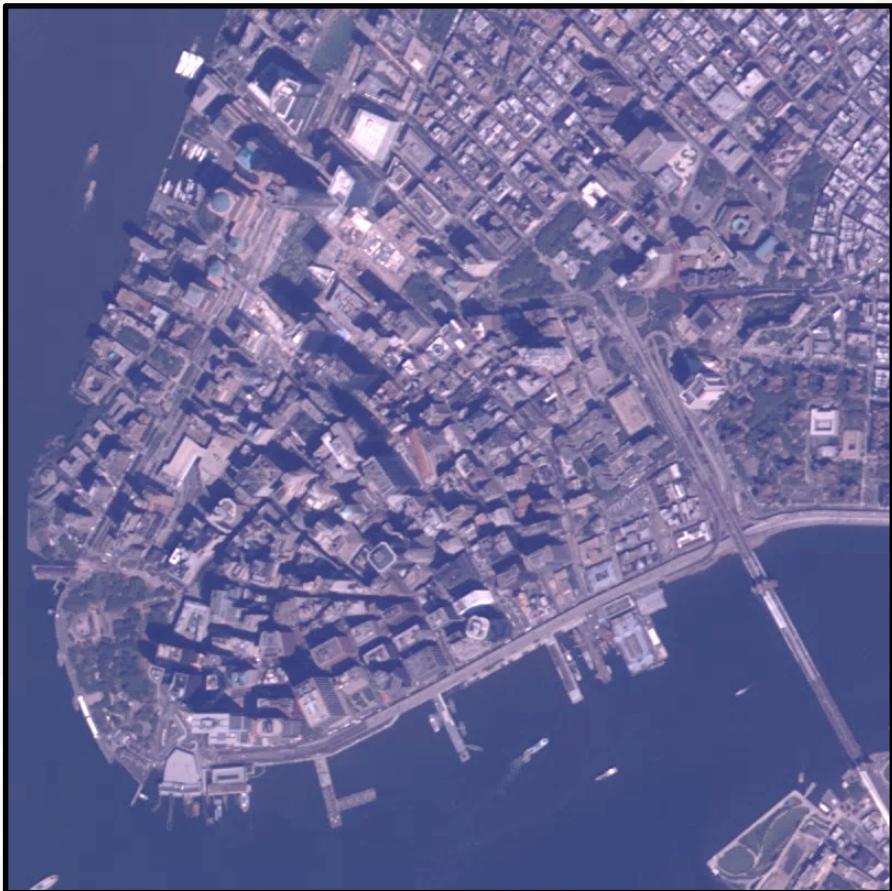
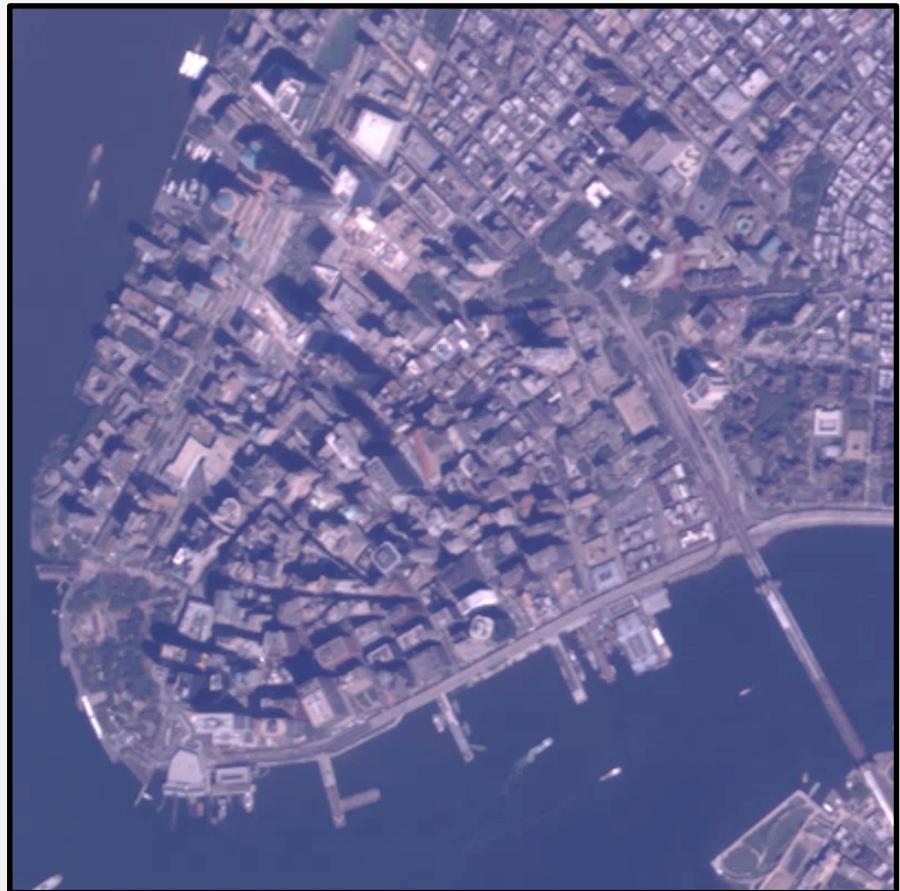


- 5x5, 7x7 veya 9x9 boyutlarında filtreler pan ve çok bantlı görüntülerin oranına göre seçilerek uygulanır.
- Bu filtre görüntüye uygulanarak yüksek geçen değer elde edilir.
- Tekrar filtre uygulanarak görüntü daha da keskin hale getirilir.
- Tüm bantlara uygulanarak çözünürlük HPF ye oranla daha da arttırlılmış olur.

# Optimized HPF Yöntemi



# New York City MS Görüntü ve Optimized HPF Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



# New York City – Google Earth



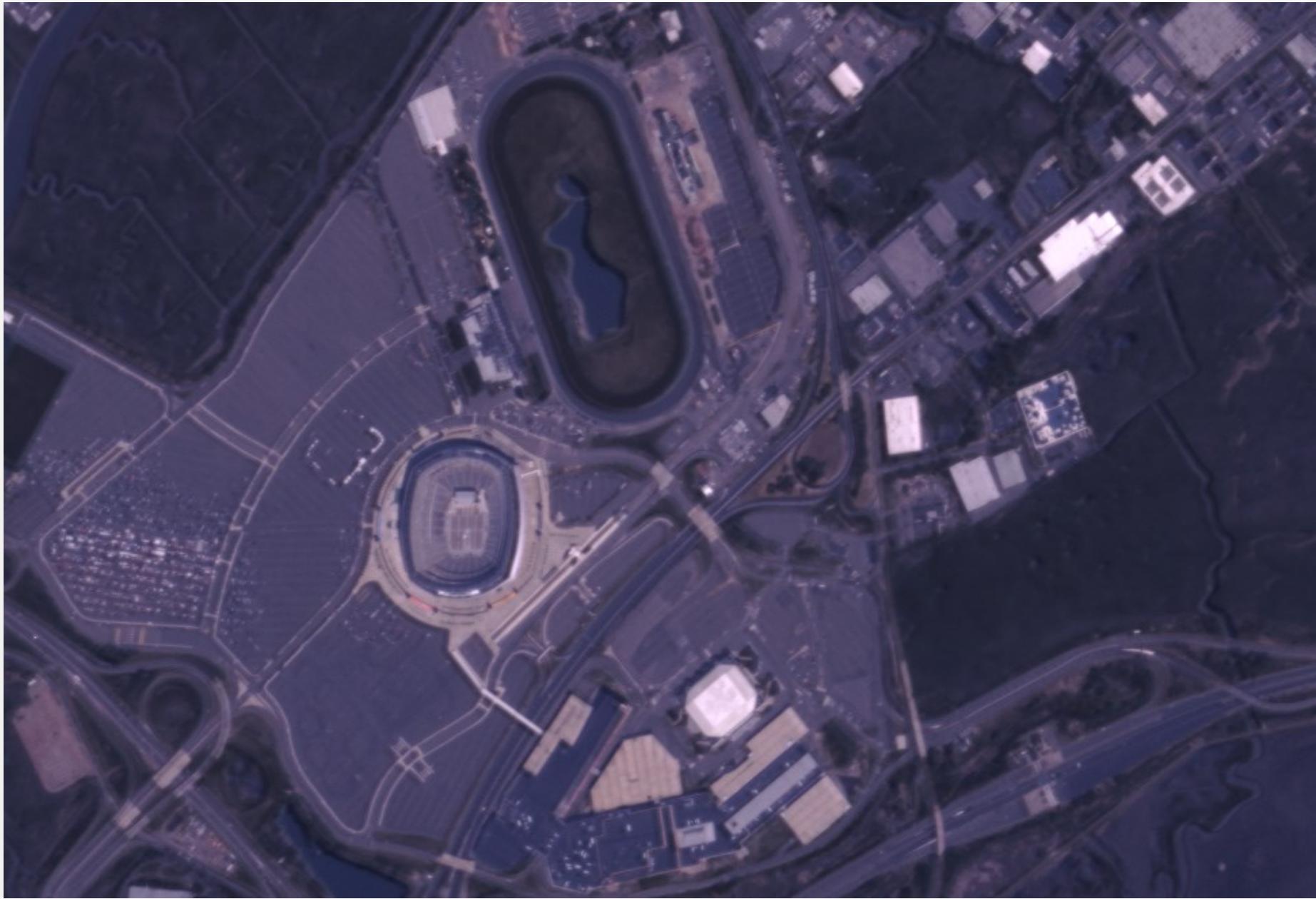
# New York City - Pan



# New York City - RGB



# Brovey



# PCA



GS





# HPF



# Wavelet



# Opt HPF



# HCS



# Sayısal Başarı Ölçütleri (Metrikler)

Göktürk-2 görüntülerini pankeskinleştirmede performansı analiz etmek açısından metriklerden yararlanılmıştır.

Metrikler	Referans Değeri
RMSE	[0 - ~ ]
SAM	[0 - ~ ]
Qave	[0 - 1]
RASE	[0 - ~ ]
ERGAS	[0 - ~ ]
Spatial	[0 - 1]
CC	[0 - 1]
SID	[0 - ~ ]

## RMSE (Root Mean Square Error)

- Multispektral ve pankeskinleştirilmiş görüntü arasındaki hata oranını göstermektedir.
- Pankeskinleştirilmiş görüntüdeki spektral ve uzamsal kaliteyi inceler.
- RMSE değerleri sıfıra ne kadar yakınsa aradaki hata o kadar az olur.

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

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

- MS ve pankeskinleştirilmiş görüntünün her pikseli arasındaki spektral açıya bakar.
- Bu açı değerlerinin ortalaması sıfıra yakın olması idealdir.

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

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

- Bu metrik spektral bozulmayı 3 faktöre göre inceler:
  - Korelasyon kaybı
  - Parlaklık bozulması
  - Kontrast bozulması
- Bu metrik sonucunun bire yakın olması idealdir.

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

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

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

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

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

- RMSE değerlerinin her bir spektral bant için ortalama değerlerini ölçer.
- RASE değeri sıfıra ne kadar yakın olursa bantların kalitesi o kadar yüksek olur.

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

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

- Pankeskinleştirilmiş görüntüdeki uzamsaldan spektrale geçiş kalitesini ölçer.
- ERGAS değeri sıfıra ne kadar yakın olursa kalite o kadar yüksek olur.

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

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

- Pan görüntüyle pankeskinleştirilmiş görüntünün her bir bandını yüksek geçiren filtreden geçirip uzamsal benzerliğini karşılaştırır.
- Bu metrik sonucunun bire yakın olması idealdir.

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

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

# Correlation Coefficient (CC)

- MS ve pankeskinleştirilmiş görüntü arasındaki benzerliği inceler.
- Bu değerin bire yakın olması benzerliğin maksimum olduğunu gösterir.

$$CC(x / y) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{i,j} - \bar{x})(y_{i,j} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{i,j} - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (y_{i,j} - \bar{y})^2}}$$

- Her bir pikseli rastgele değişken olarak alır.
- Daha sonra spektral değerlerin olasılıksal davranış farklılığını ölçer.
- Bu değerin sıfıra yakın olması idealdir.

## Unsharp Yöntemi

Resampling metotlarıyla görüntüye detaylar eklenir, Unsharp yöntemi ise görüntüleri keskinleştirmek için kullanılmaktadır.

Unsharp metodu için görüntünün keskinleştirilmesinde

- Sigma
- Weight
- Threshold

parametreleri kullanılmaktadır.

# İstanbul Unsharp - Sigma Kıyaslaması

( $s=1, w=0.3, t=10$ )



# İstanbul Unsharp - Sigma Kıyaslaması

(s=10,w=0.3,t=10)



# İstanbul Unsharp – Weight Kiyaslaması

(w=0.1,s=1,t=10)



# İstanbul Unsharp – Weight Kıyaslaması

(w=0.9, s=1, t=10)



# İstanbul Unsharp – Threshold Kiyaslaması

( $t=1, s=5, w=0.7$ )



# İstanbul Unsharp – Threshold Kiyaslaması

( $t=25$ ,  $s=5$ ,  $w=0.7$ )



# İstanbul - Unsharp Optimized HPF



# İstanbul - Unsharp HPF





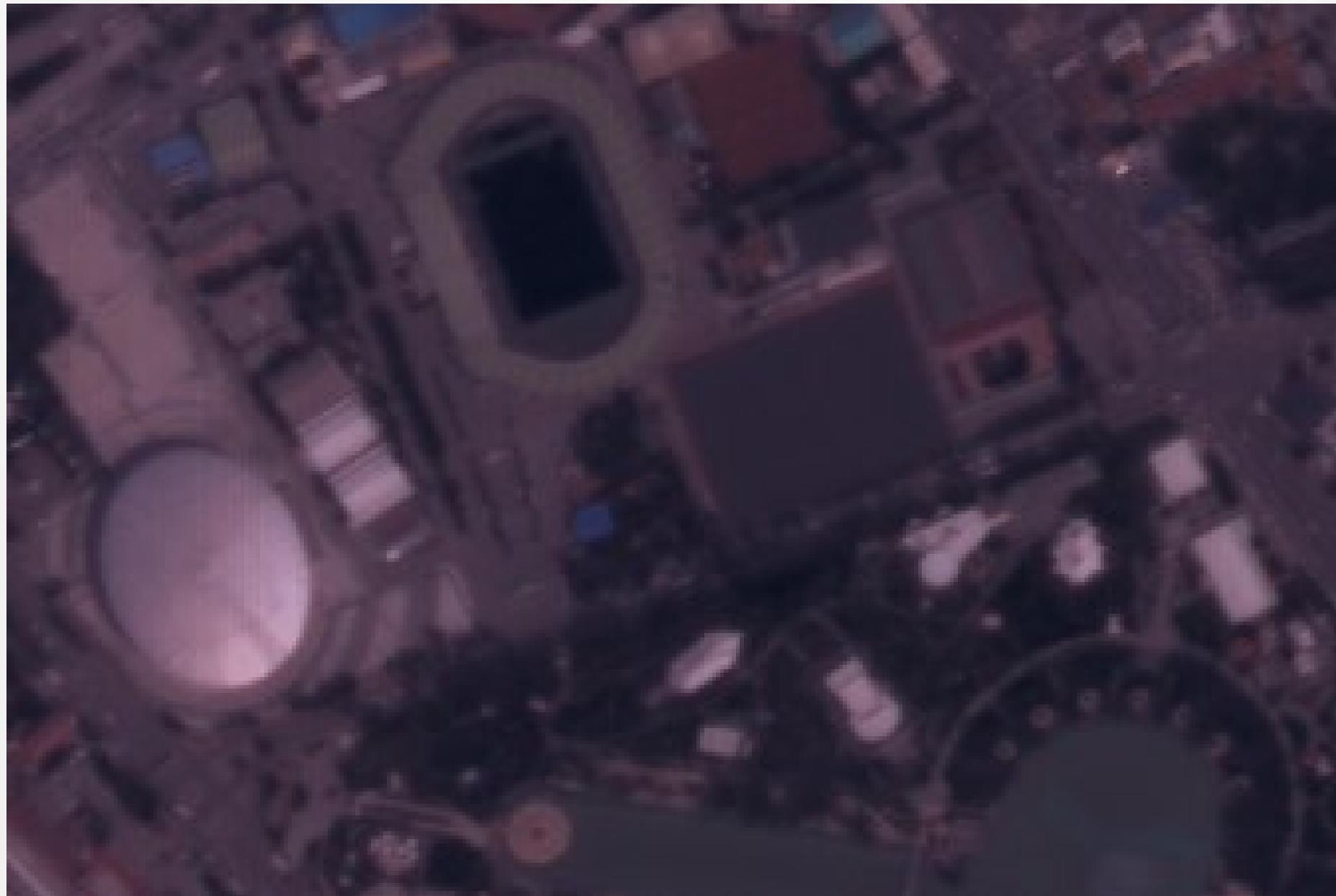
# İstanbul - Unsharp HCS



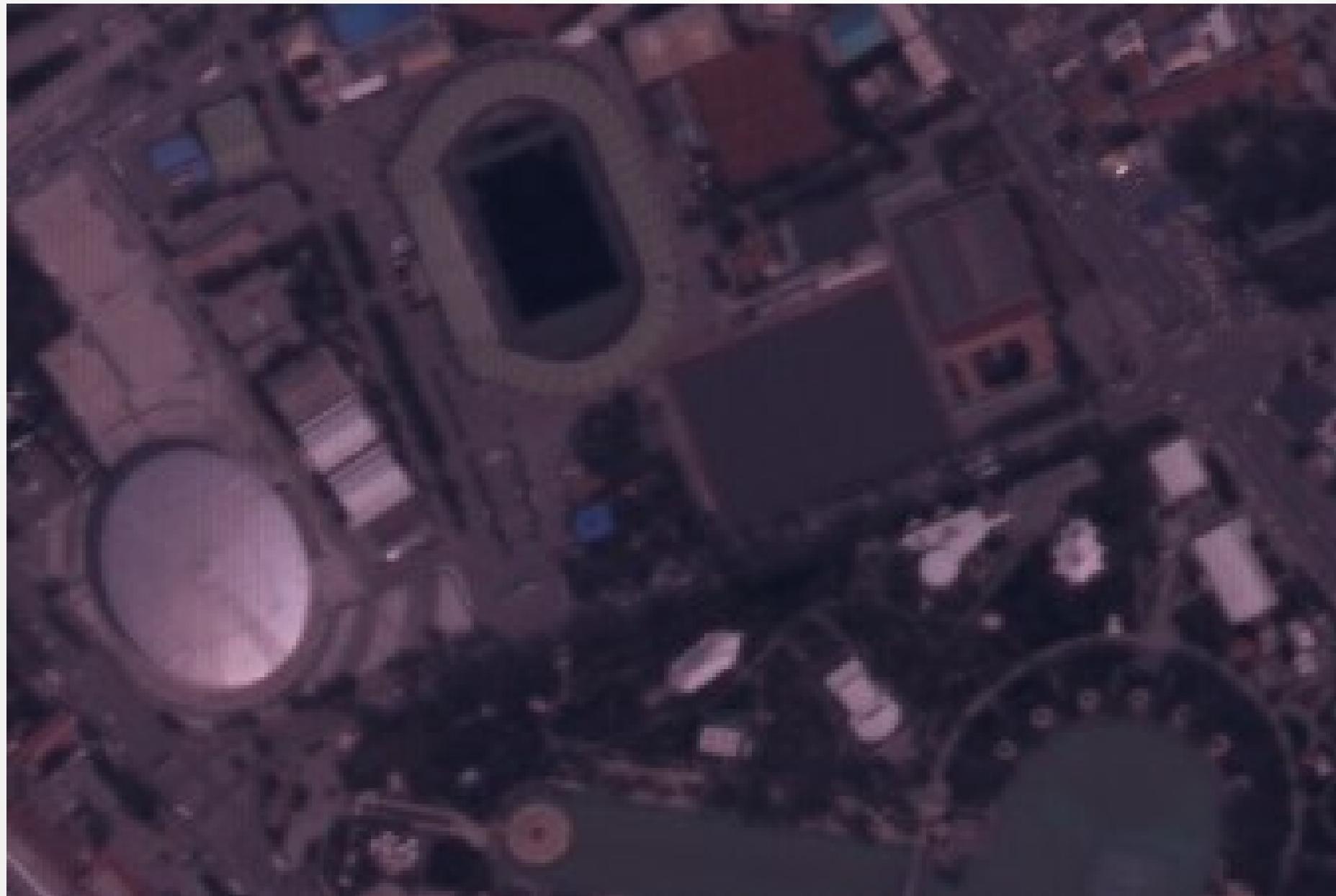
# Ankara – Google Earth



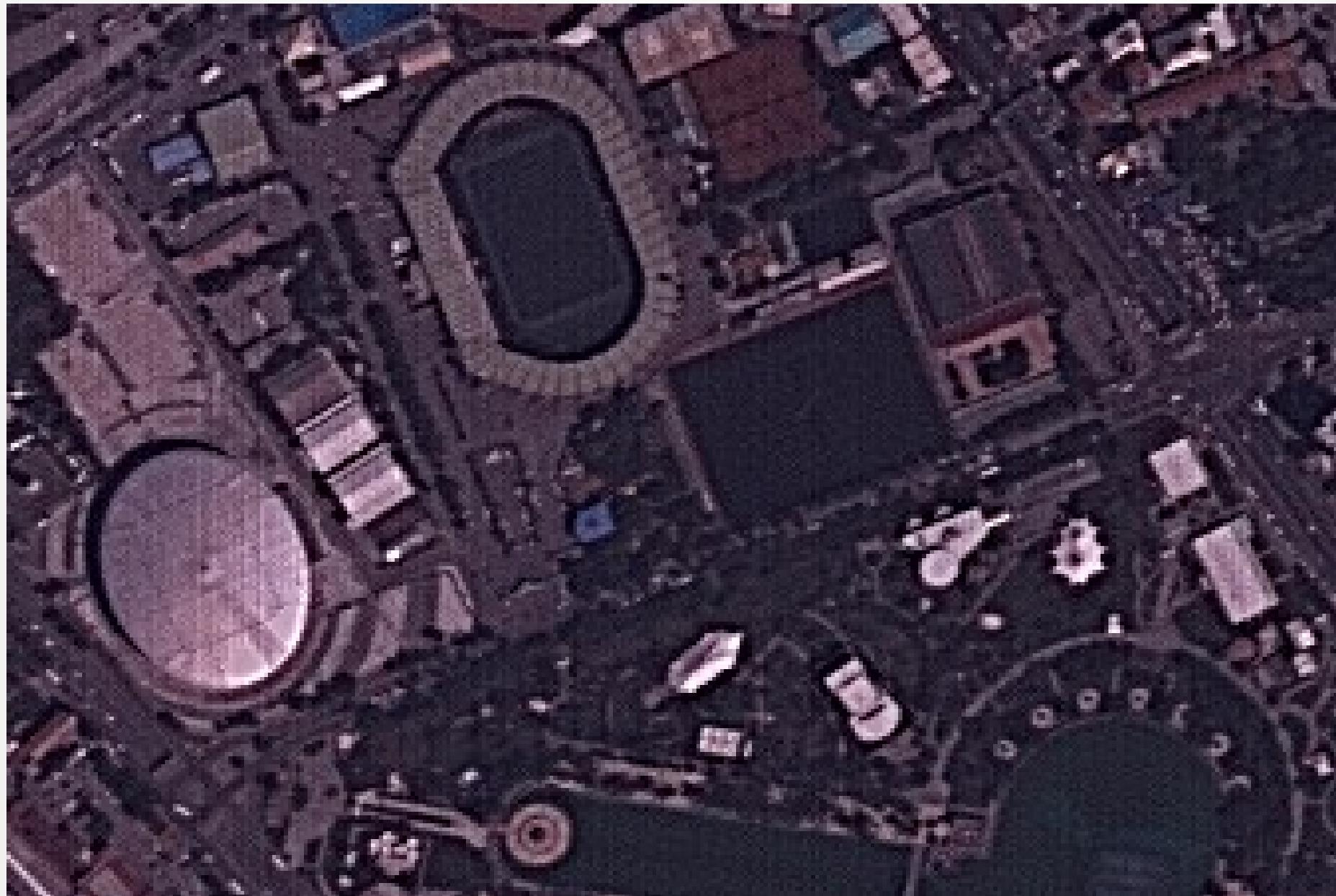
# Ankara - GS



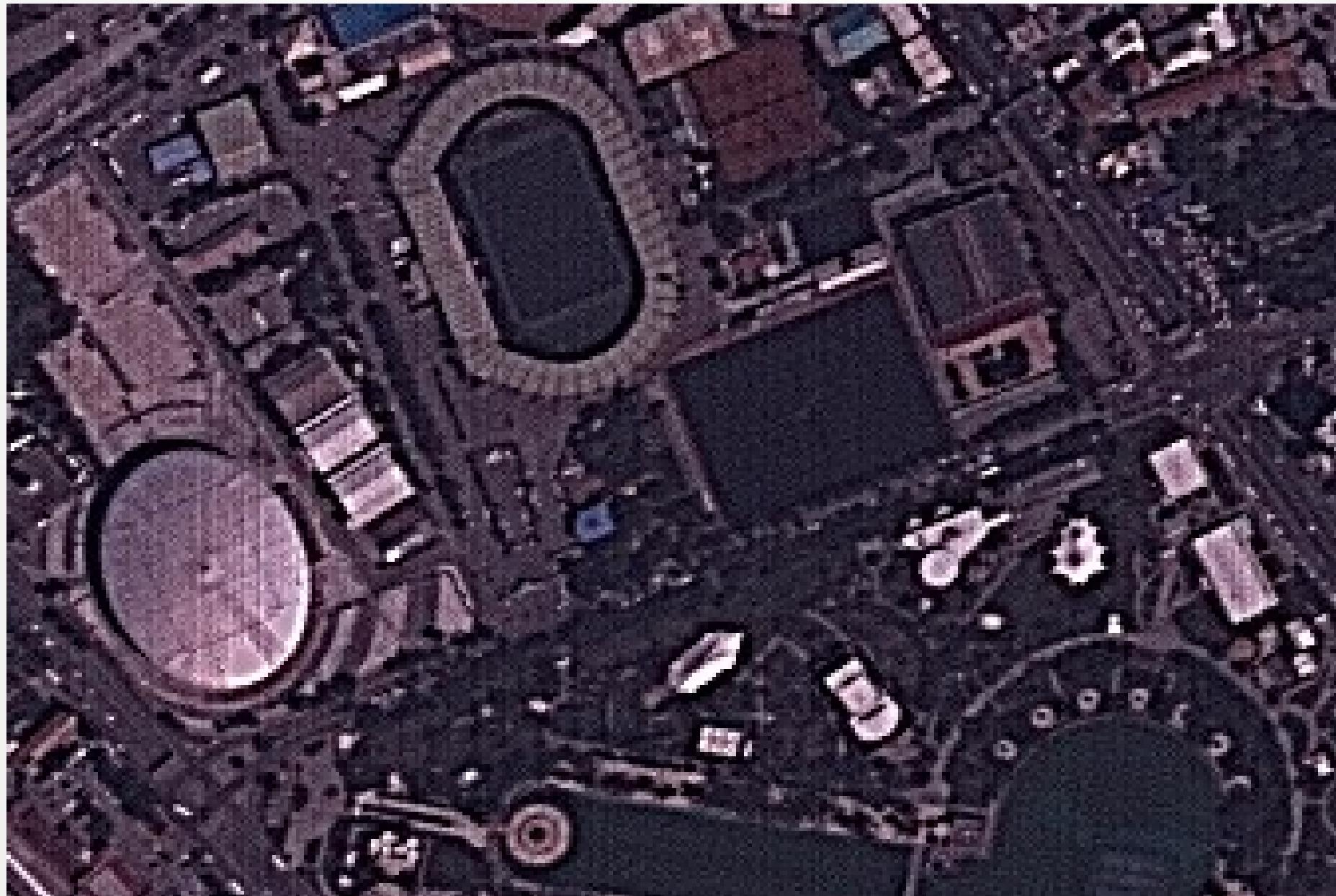
# Ankara - GS (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)

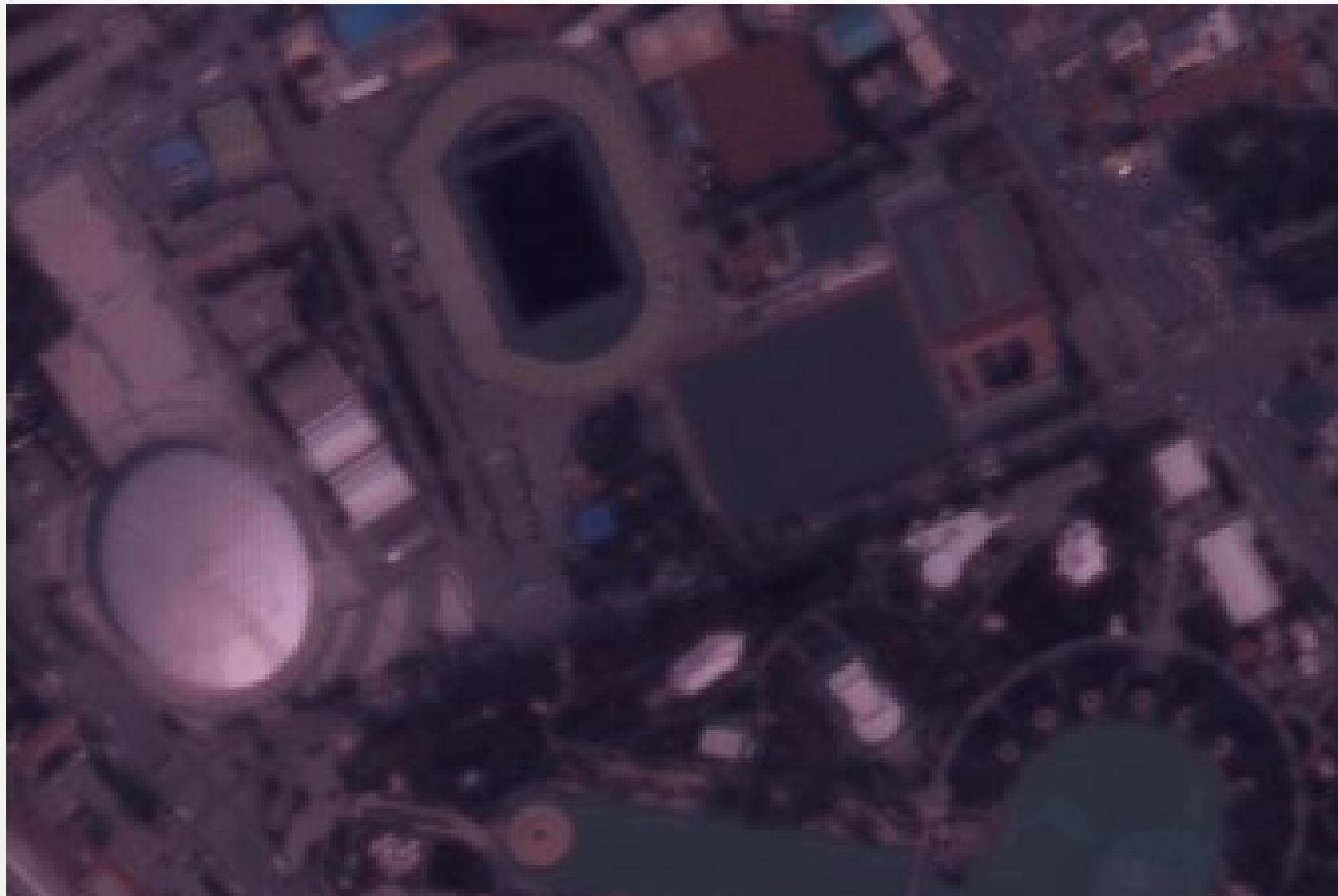


# Ankara - HPF

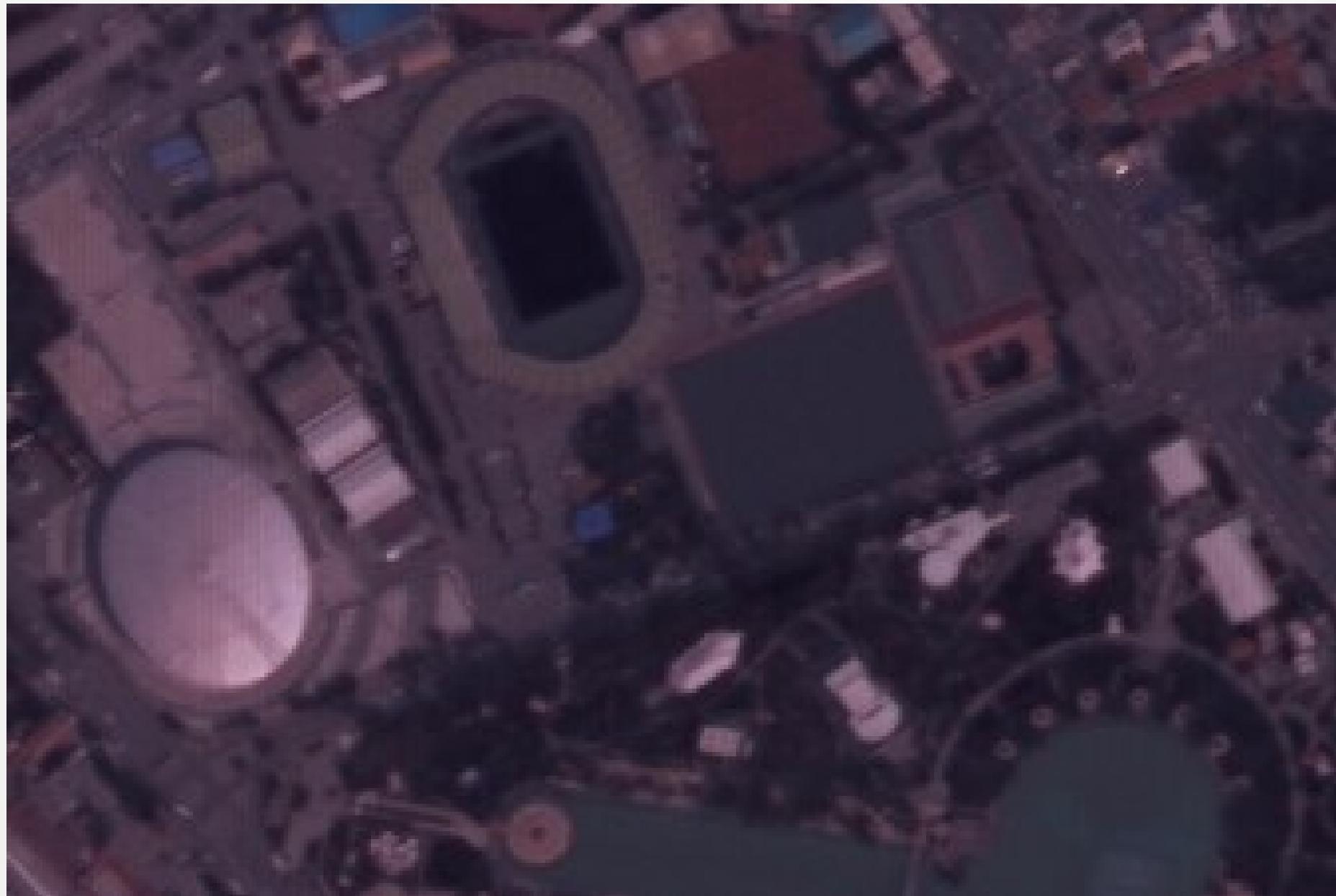


# Ankara - HPF (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)

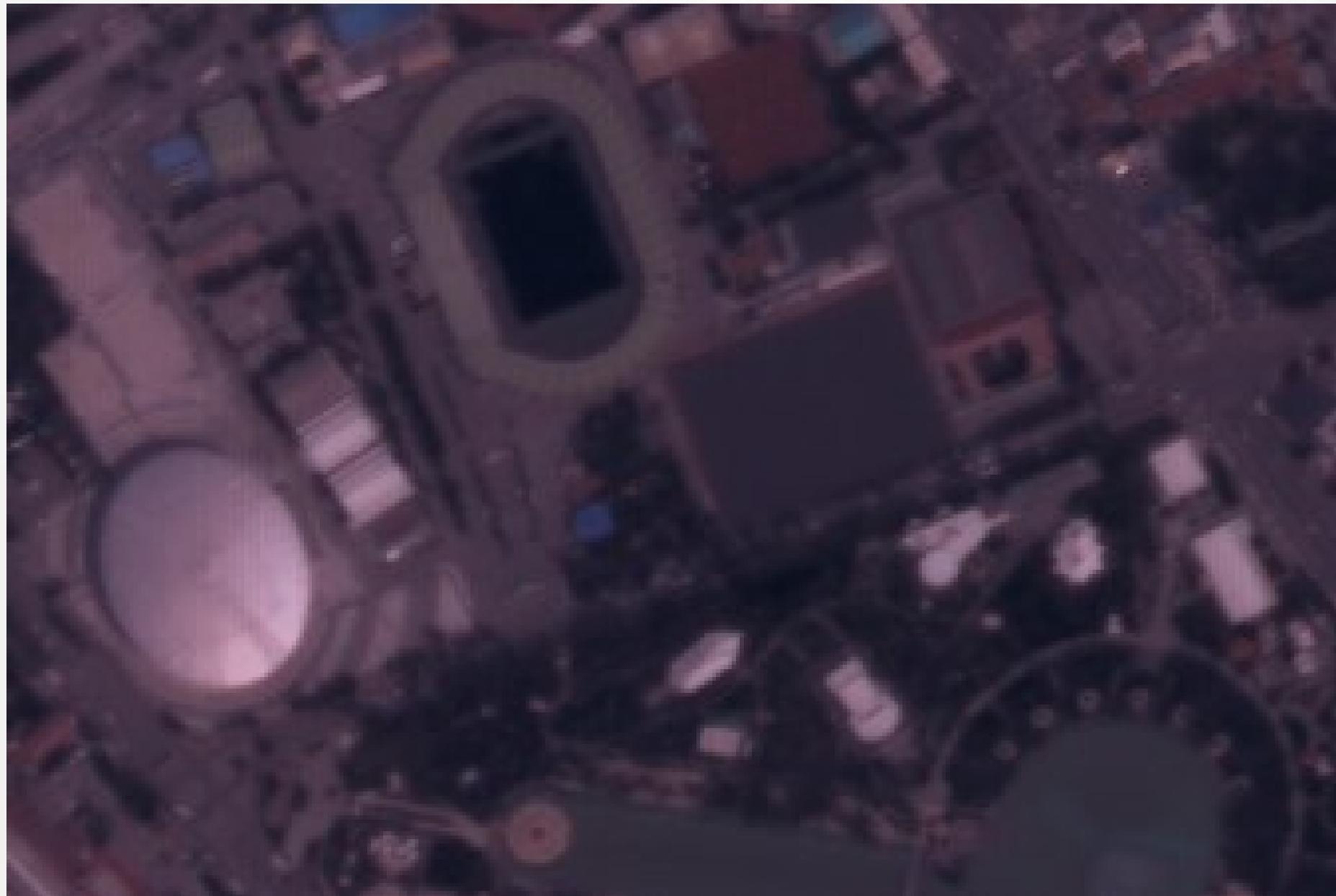




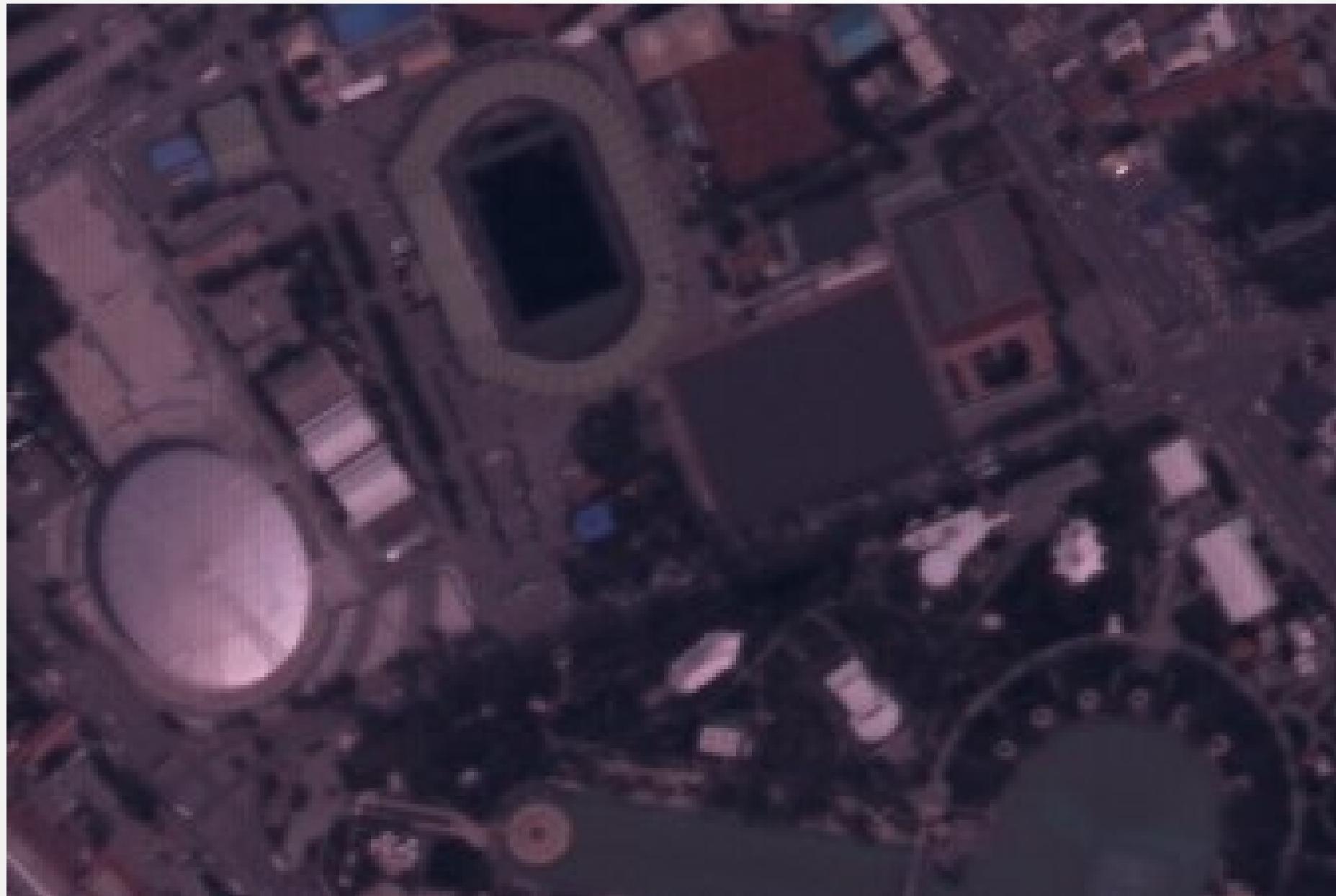
Ankara - IHS (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)



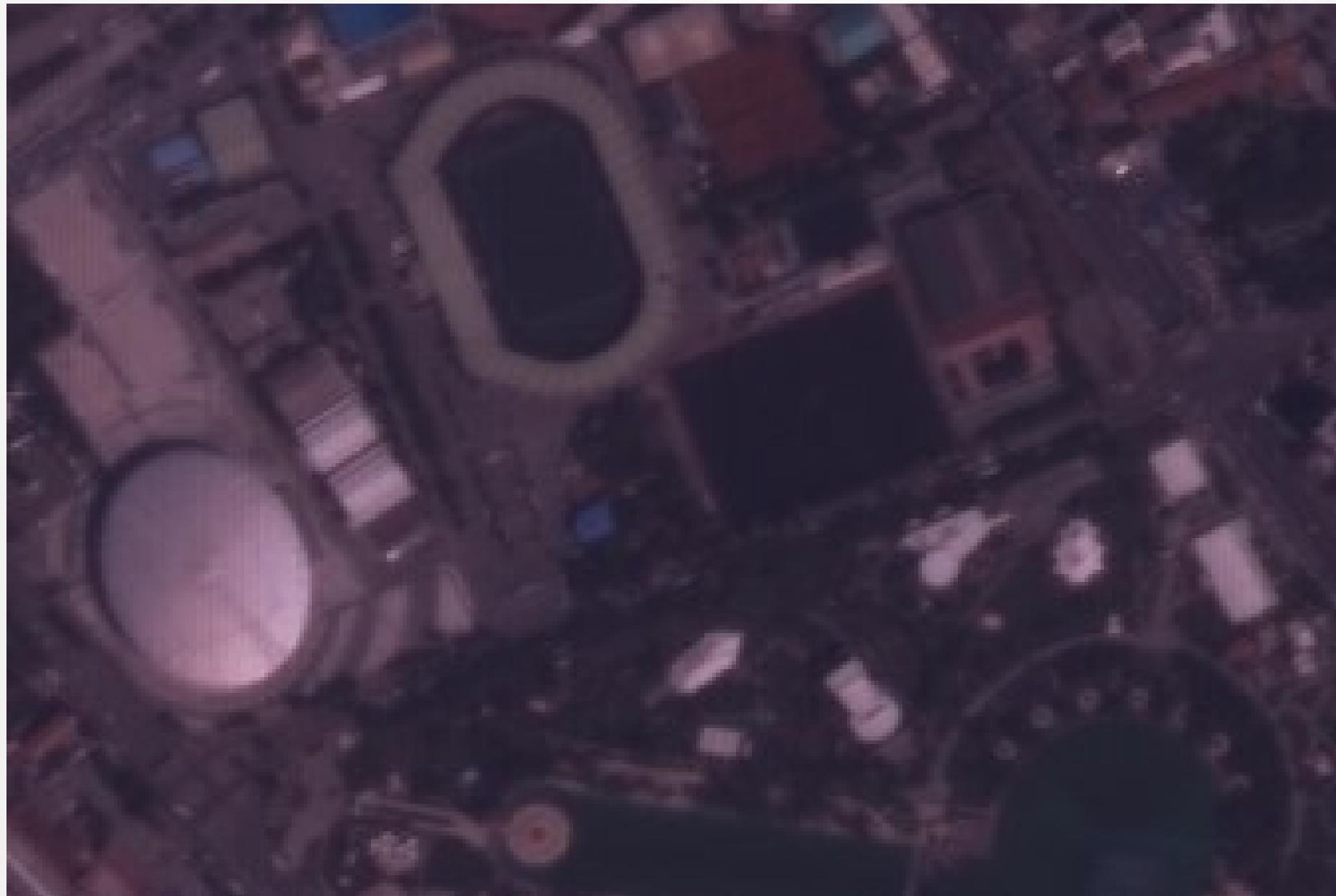
# Ankara - PCA



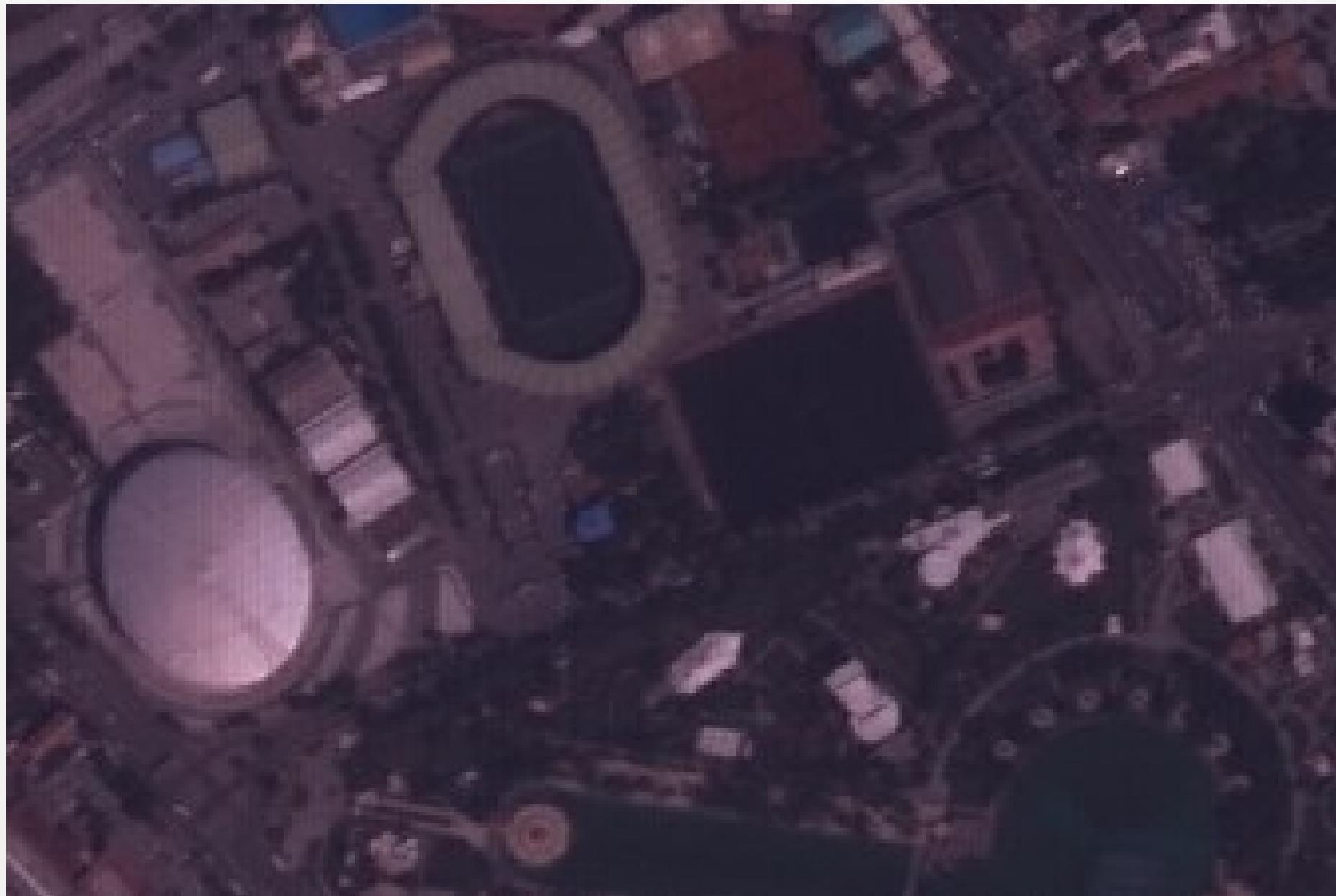
# Ankara - PCA (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)



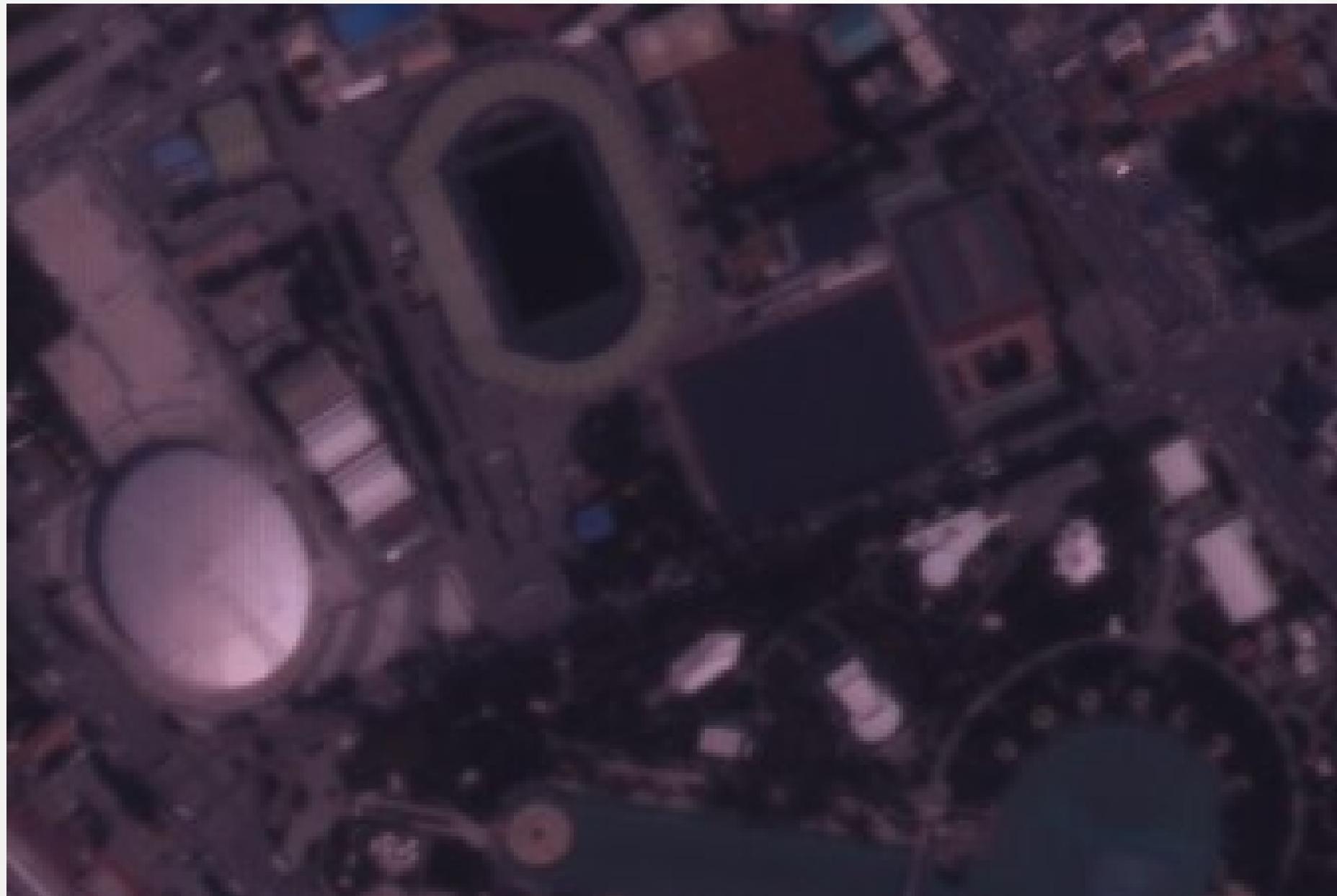
# Ankara - Wavelet



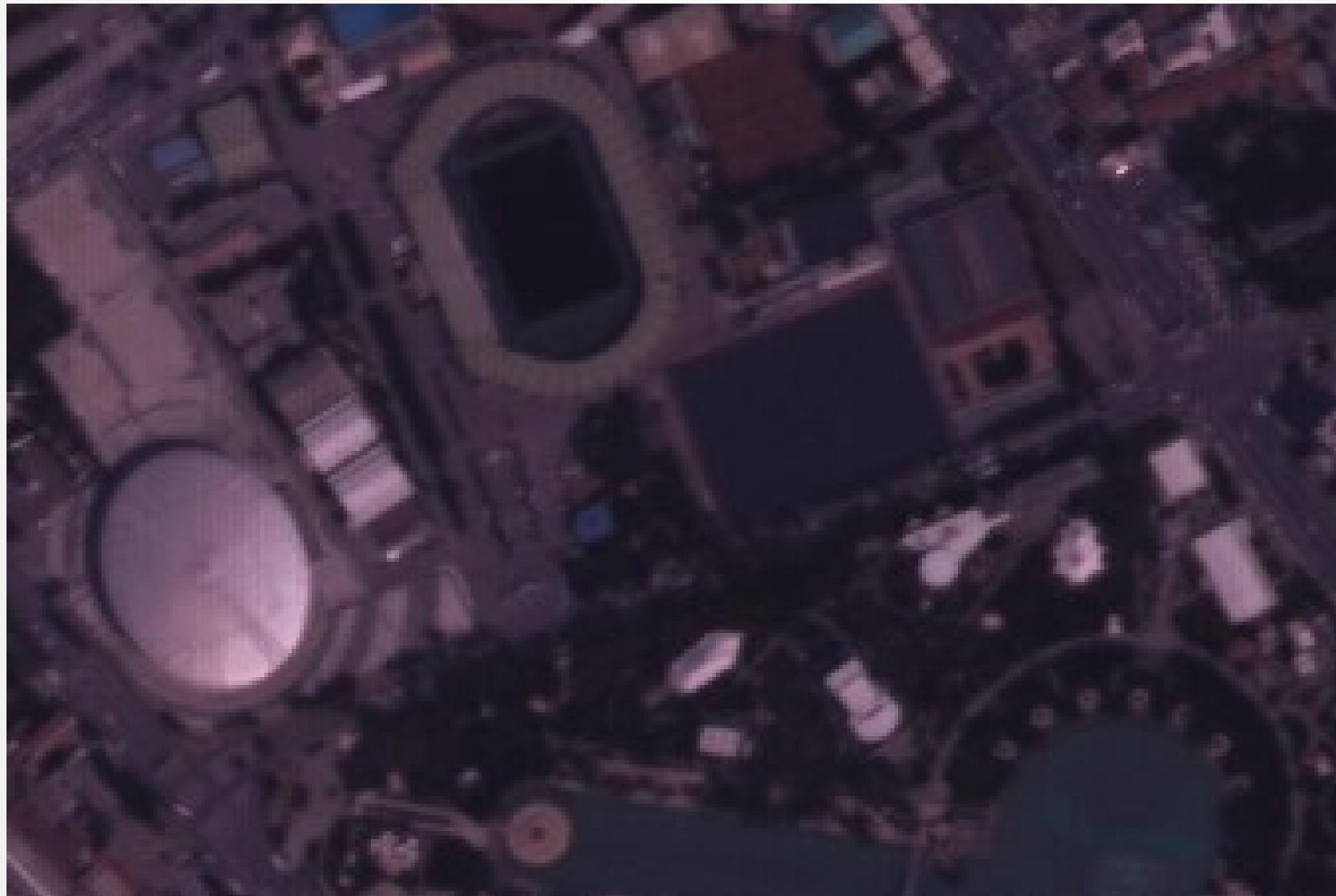
# Ankara - Wavelet (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)



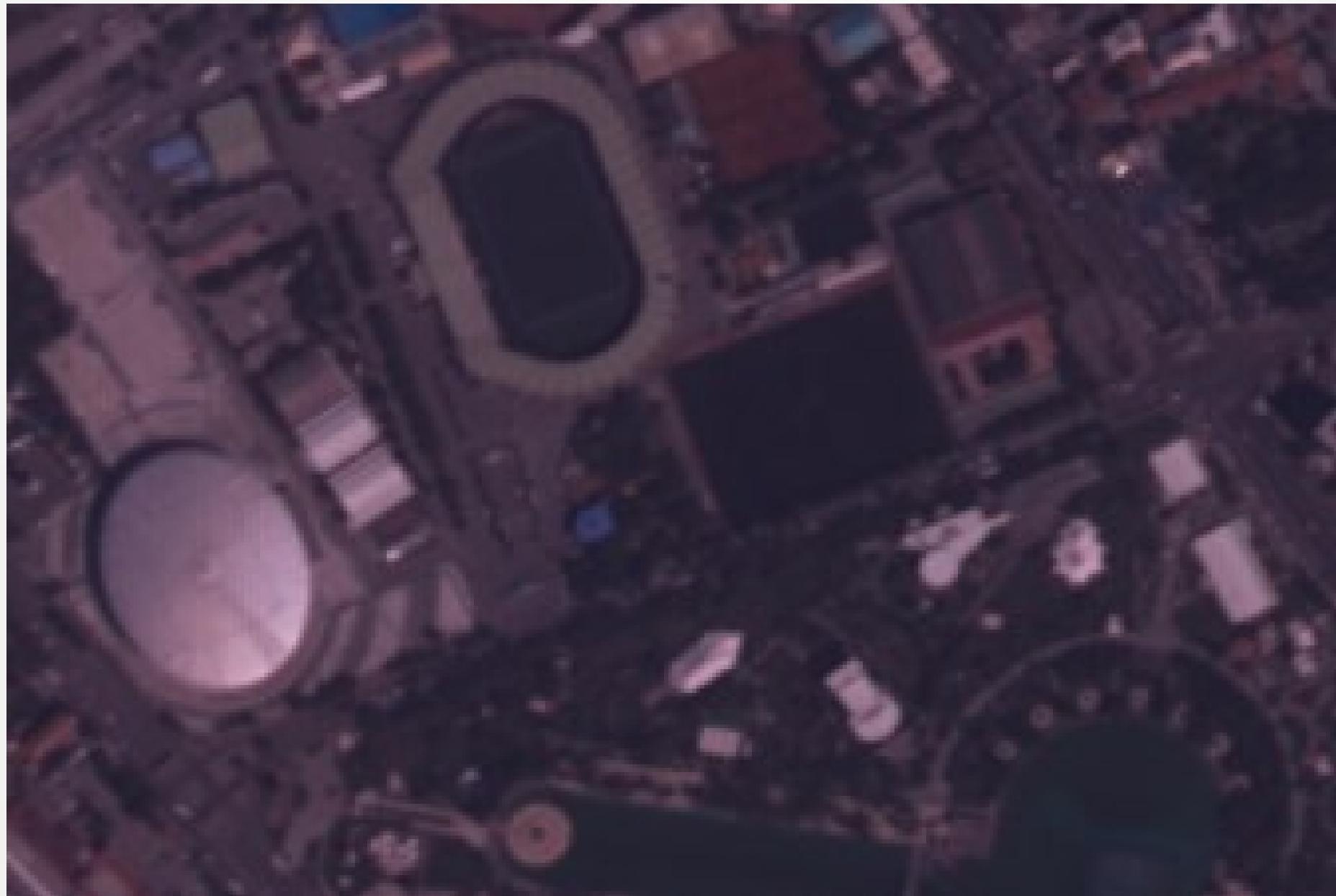
# Ankara - Brovey



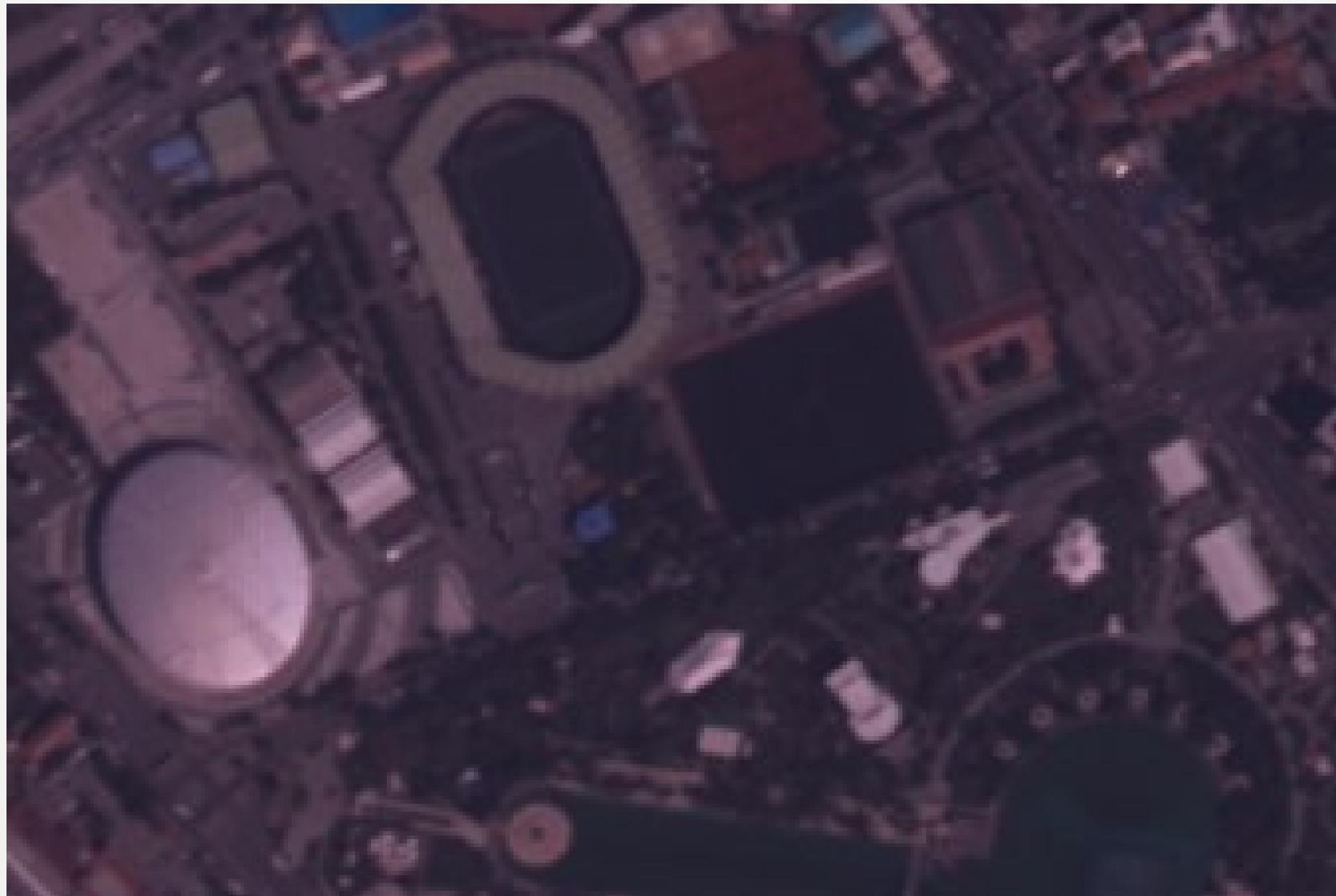
# Ankara - Unsharp (3, 0.5, 10) – Brovey

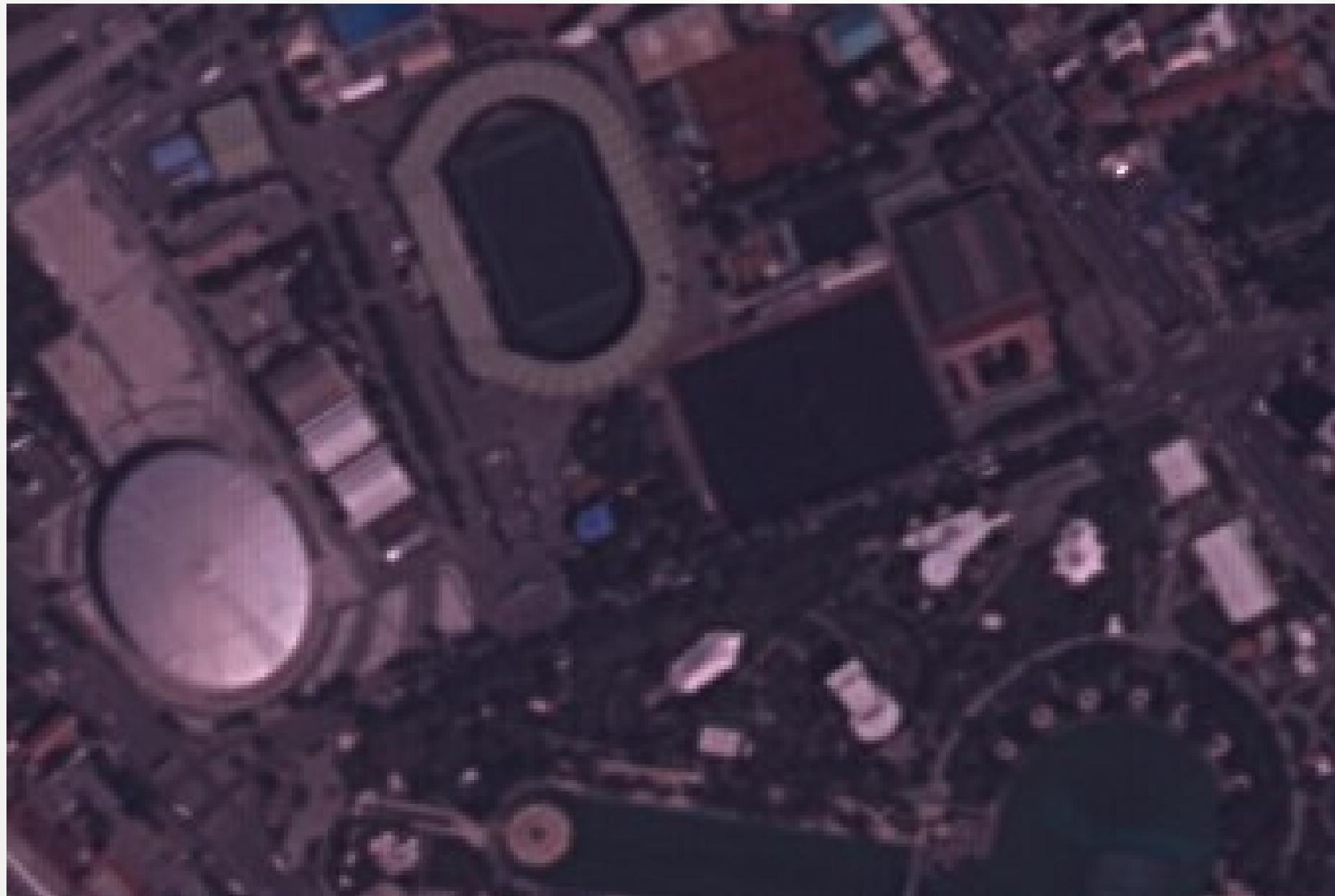


# Ankara - Opt\_HPF

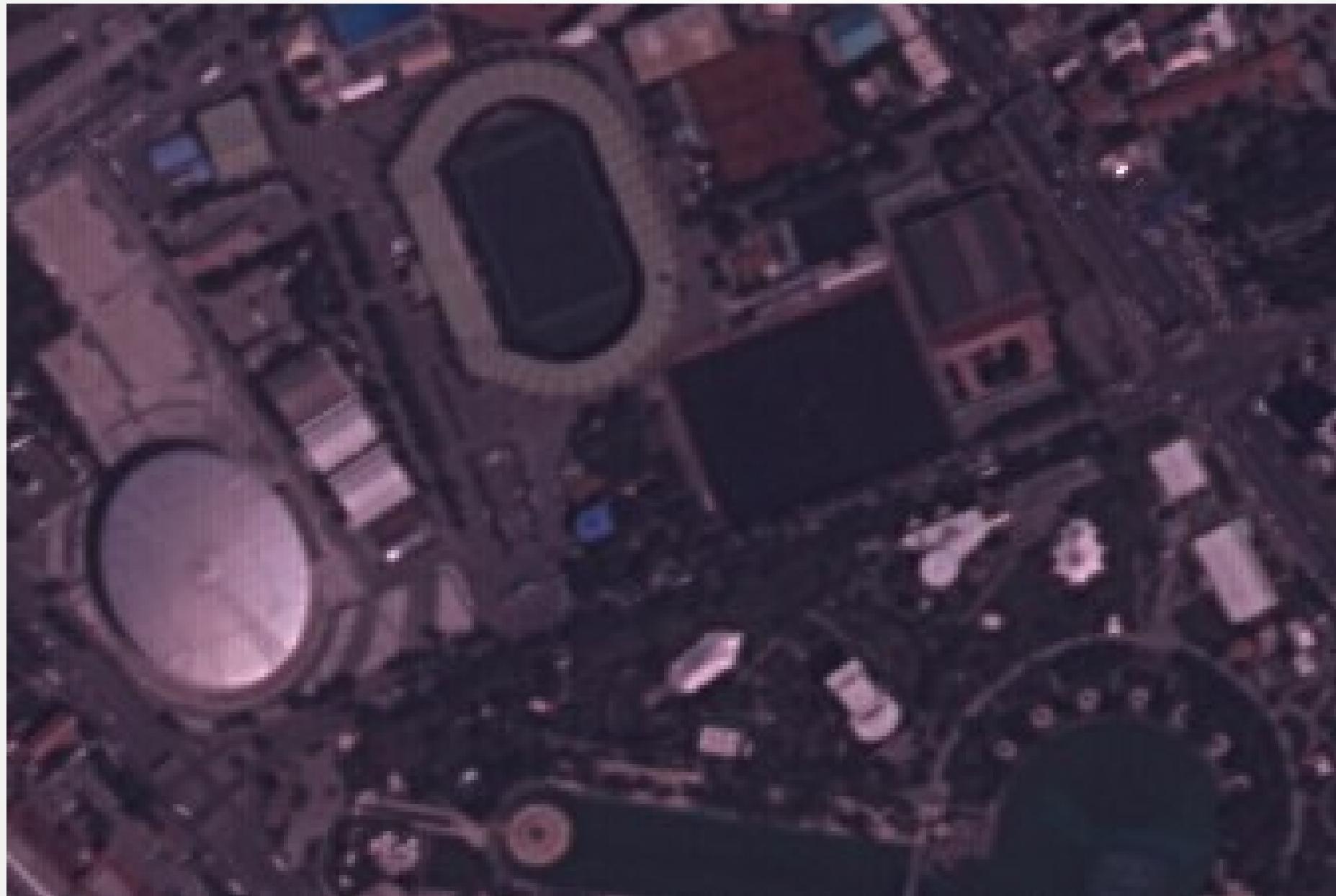


# Ankara - Opt\_HPF (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)





# Ankara – HCS (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)

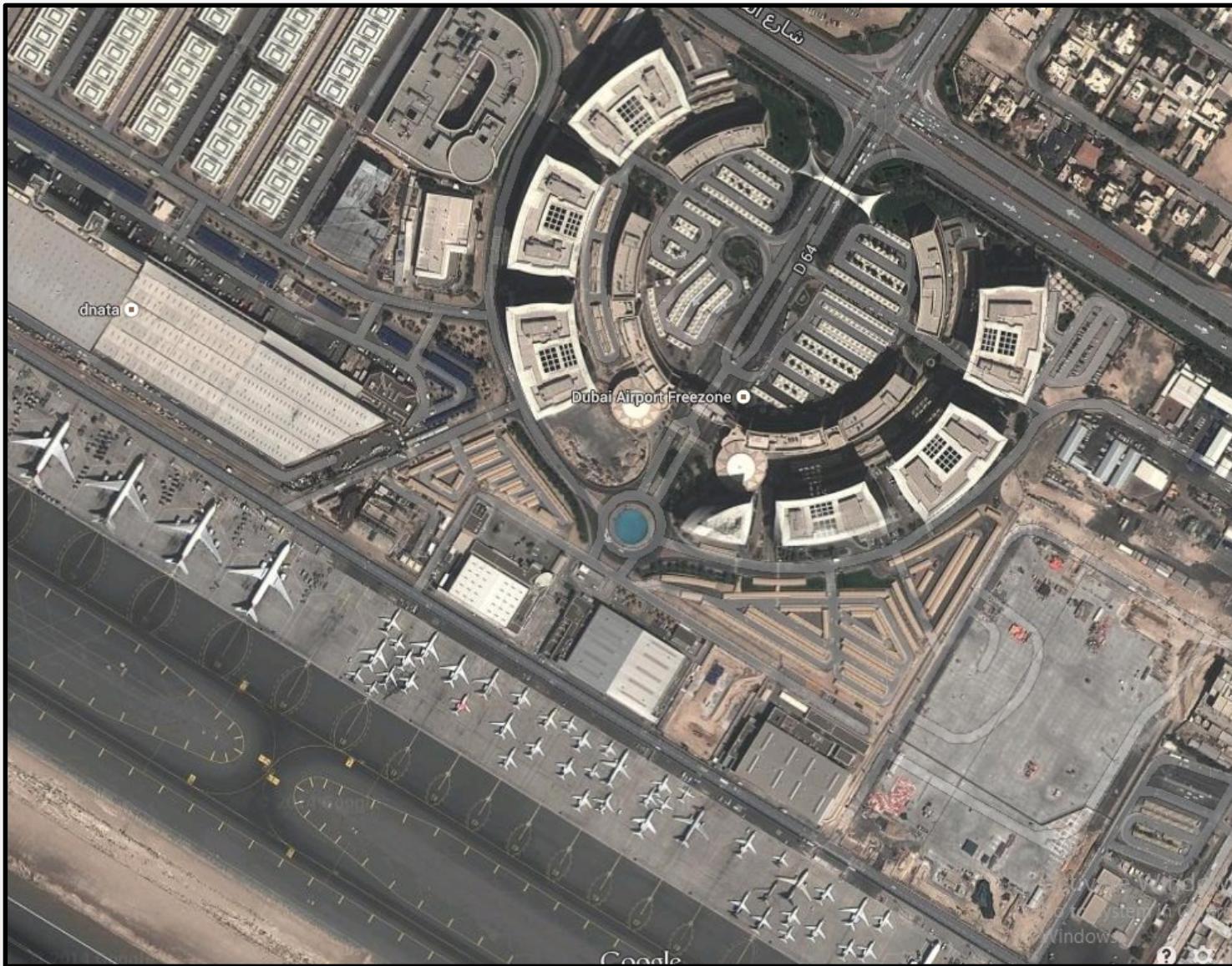




# San Francisco IHS - Unsharp(3,0.5,10)



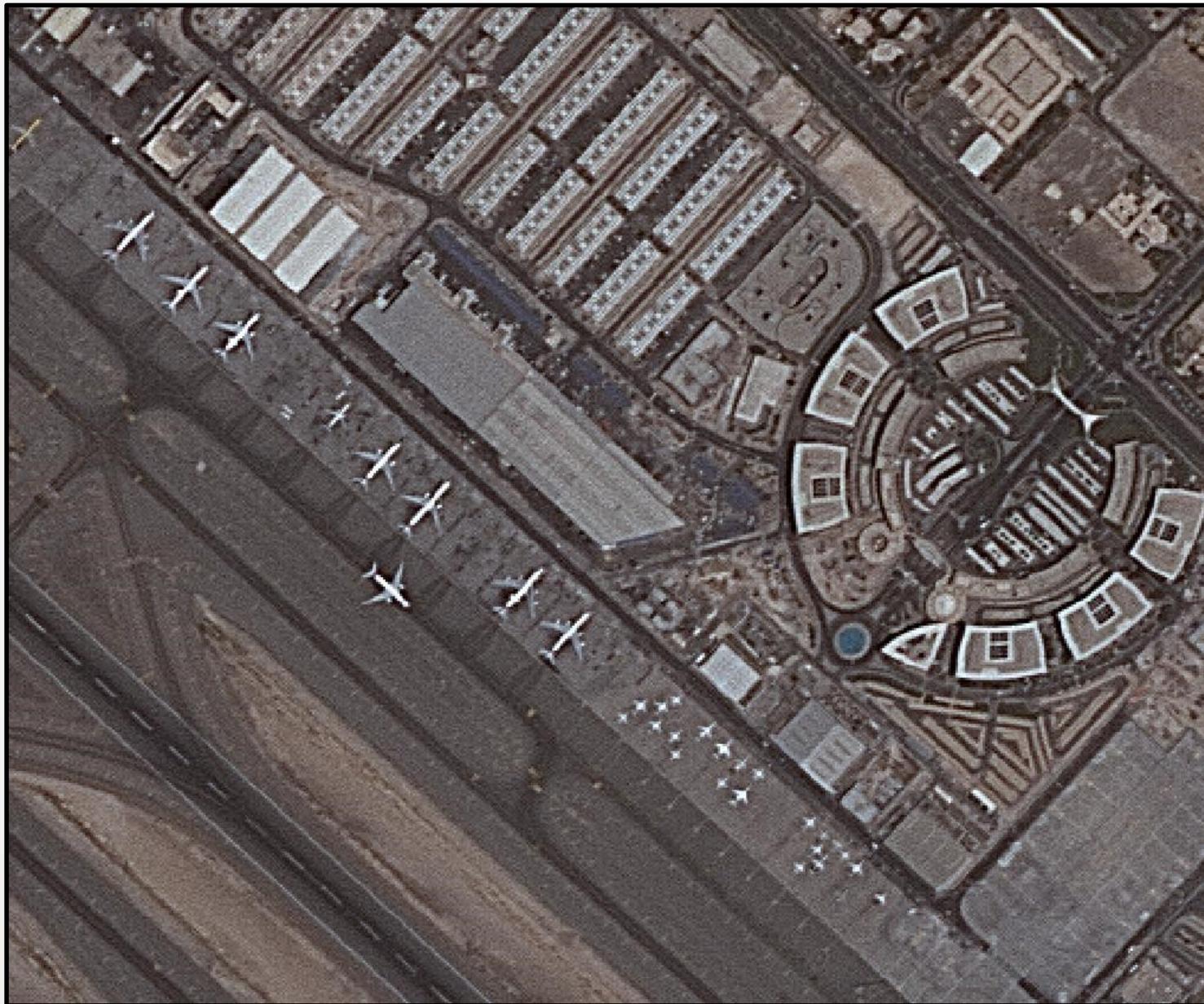
# Dubai – Google Earth



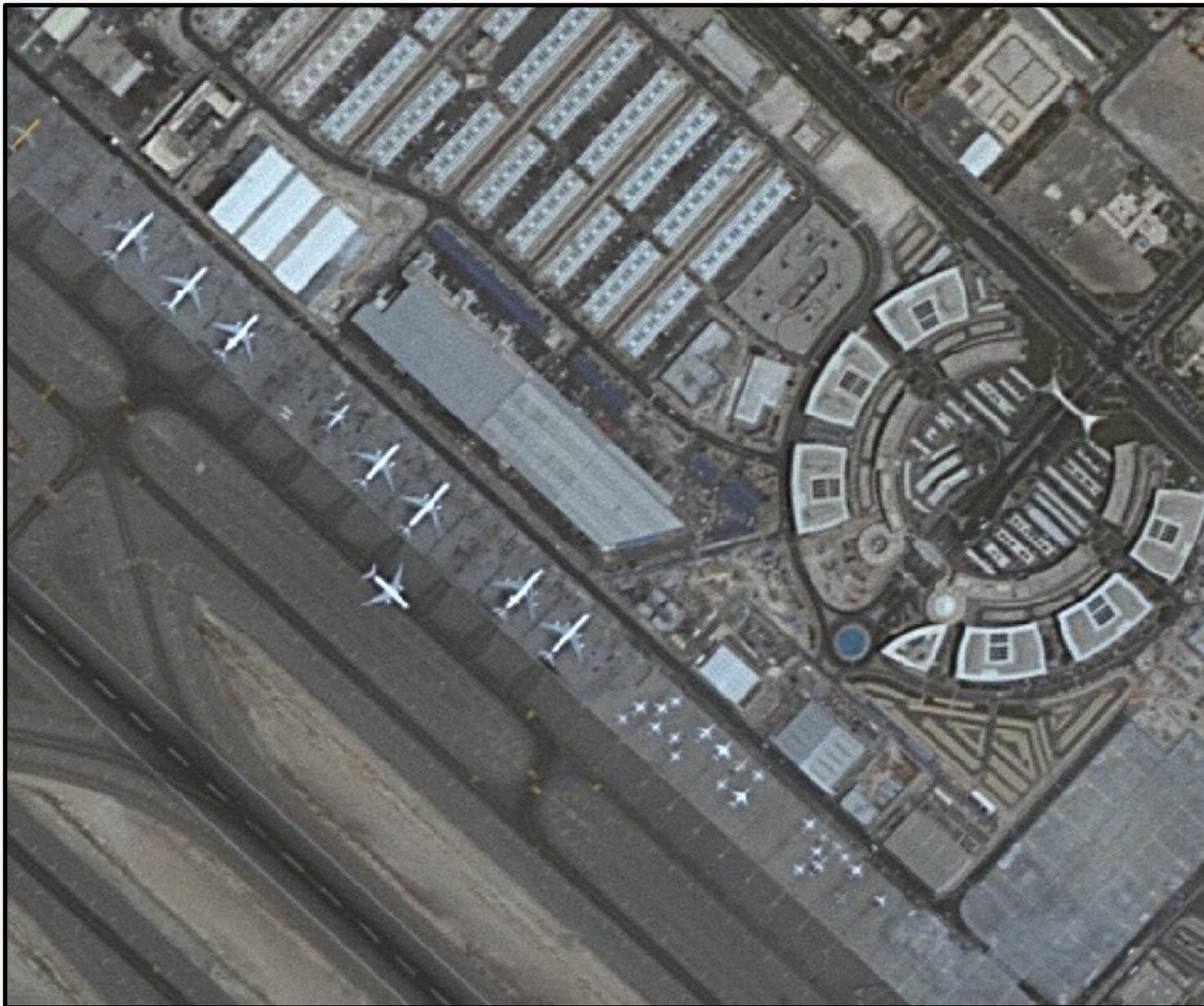
# Dubai - RGB



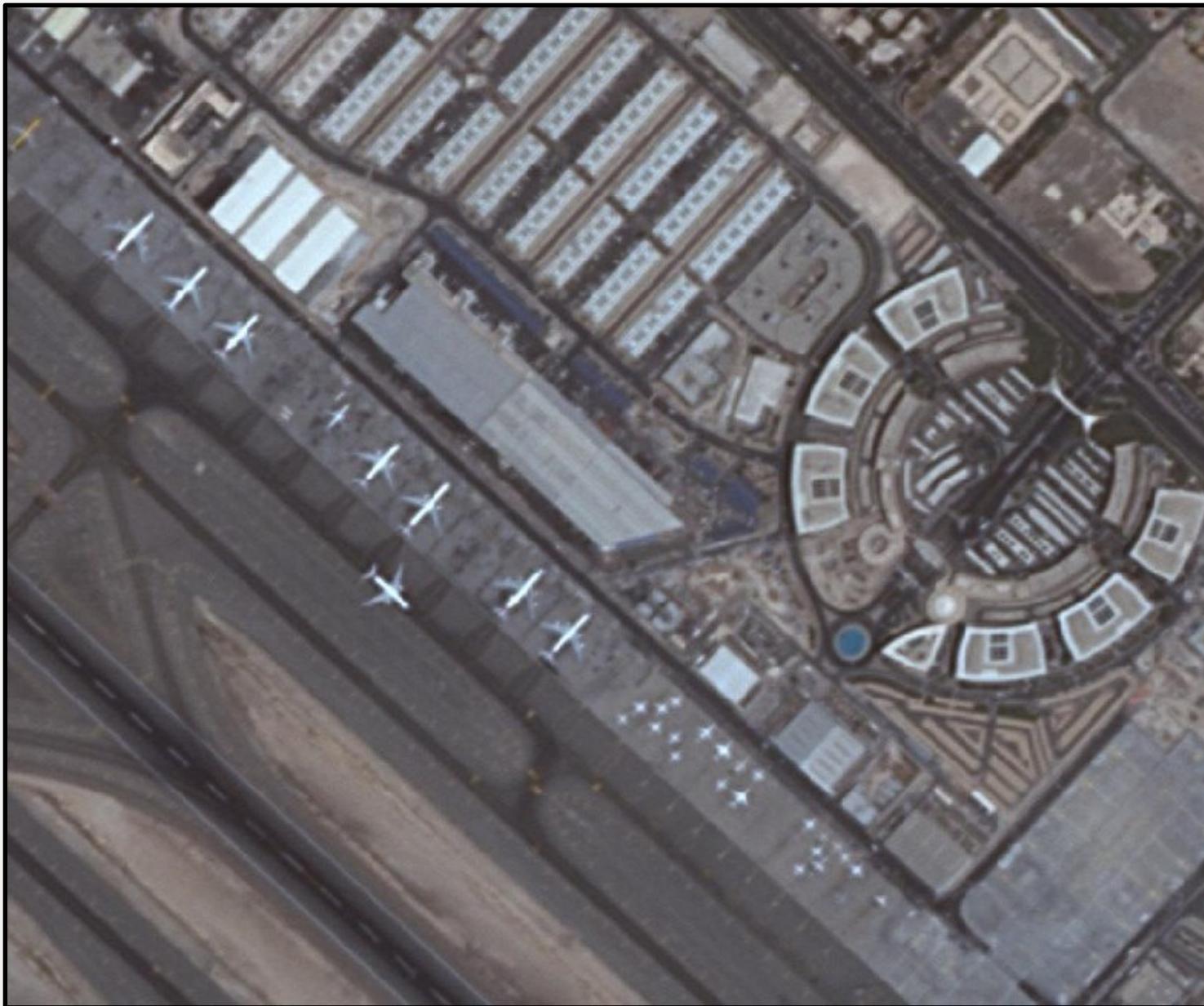
# Dubai - HPF



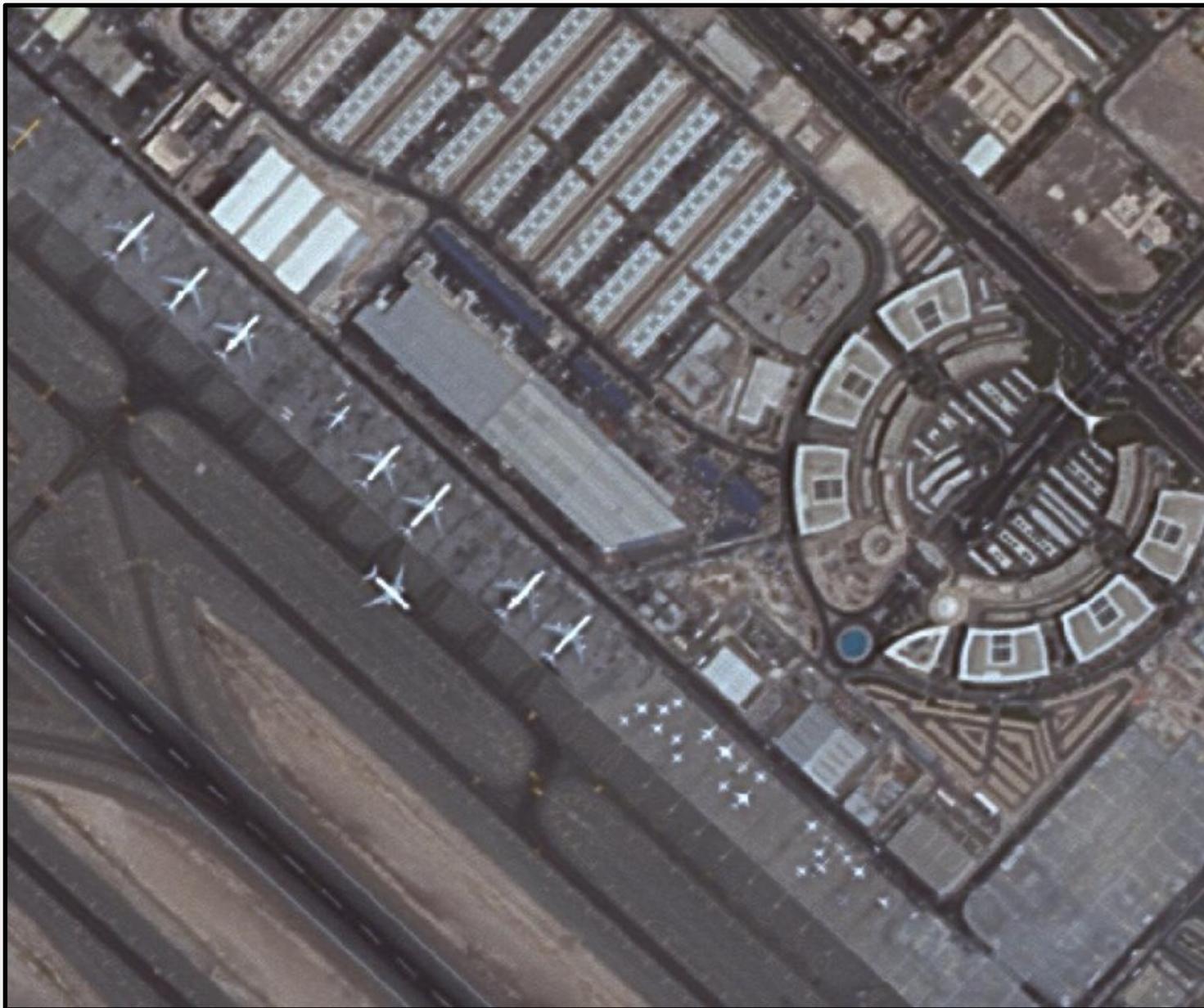
# Dubai - Optimized HPF



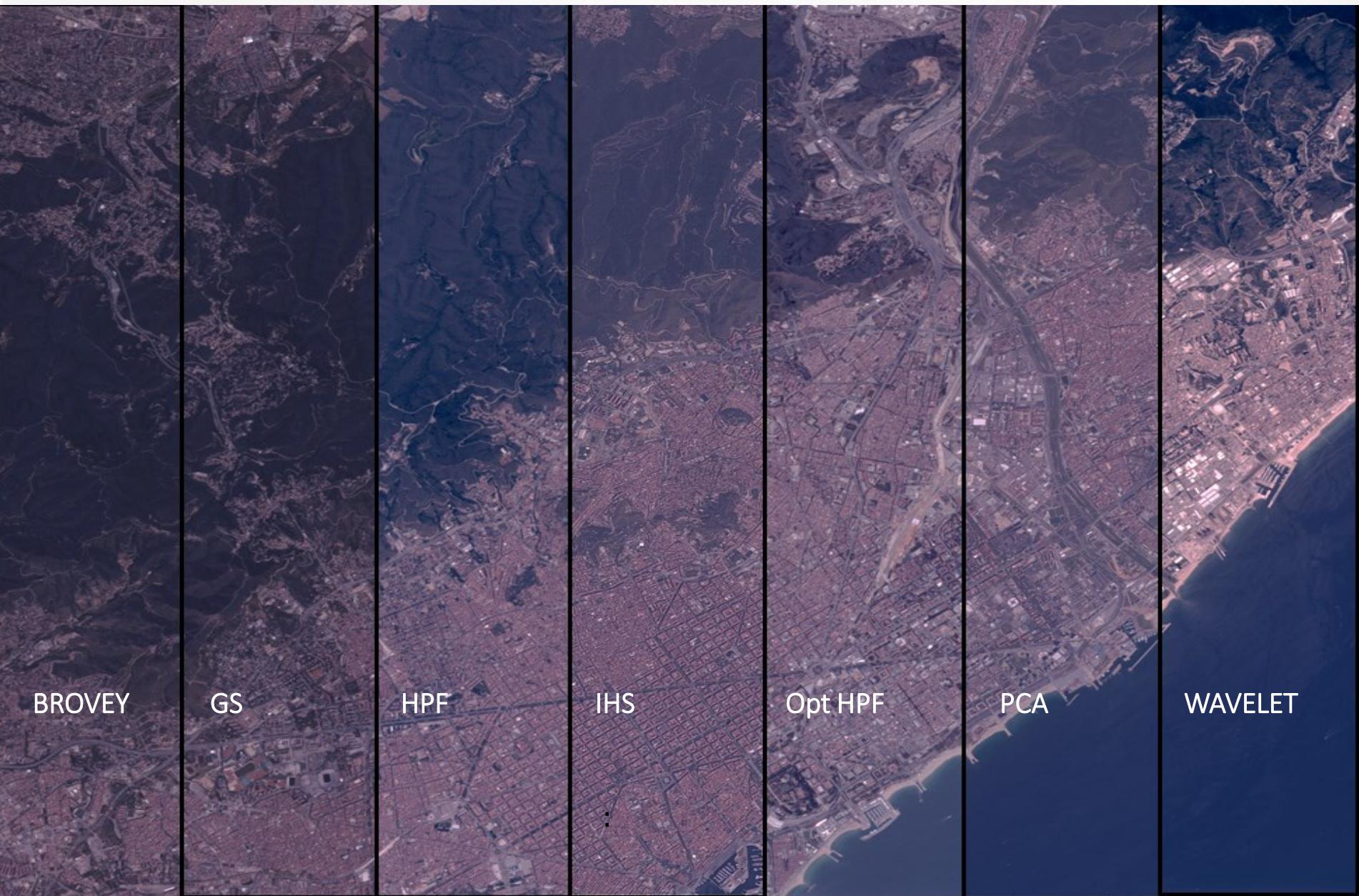
# Dubai - HCS



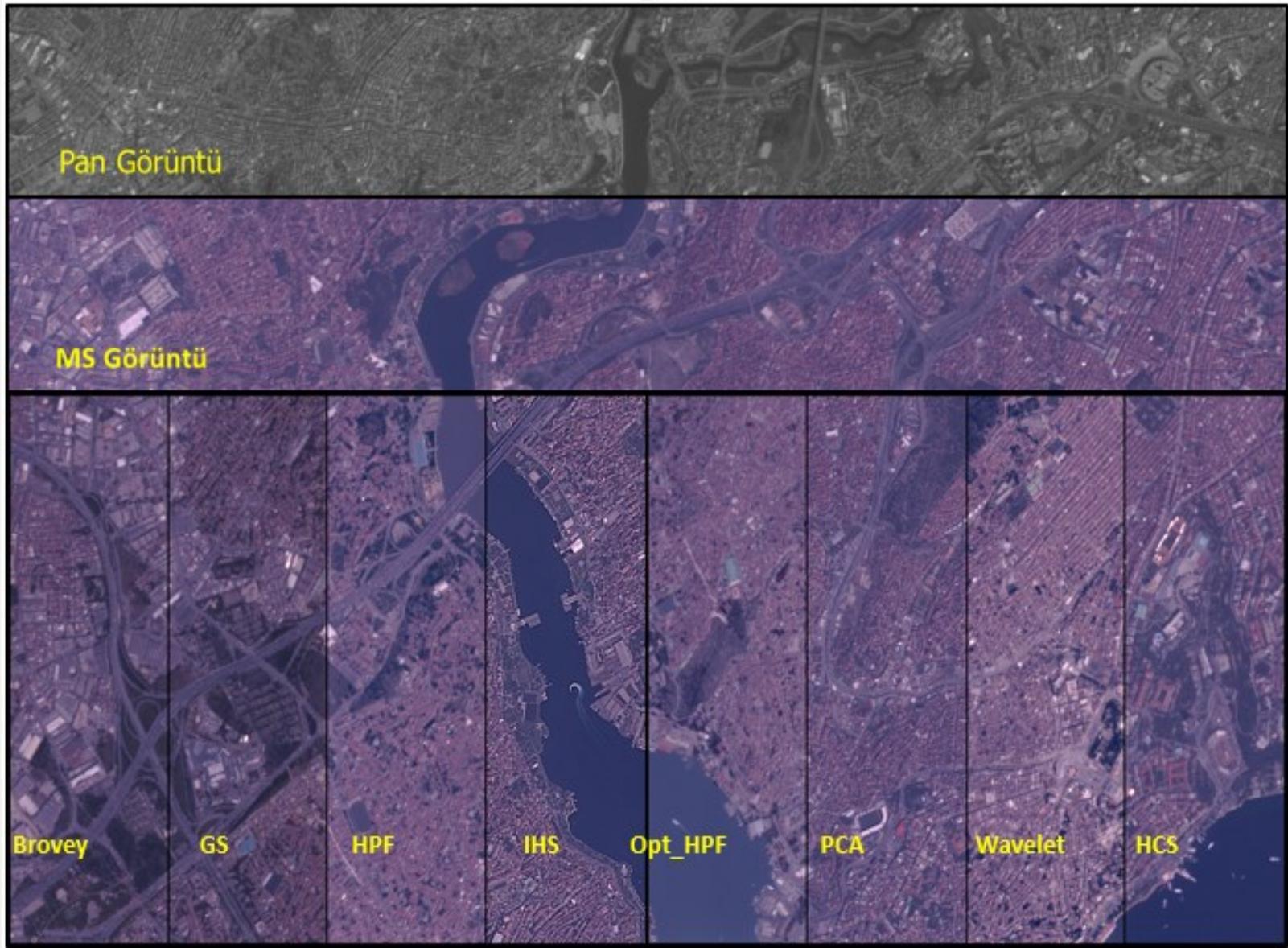
# Dubai - Unsharp HCS



# Barcelona Tüm Metodlar



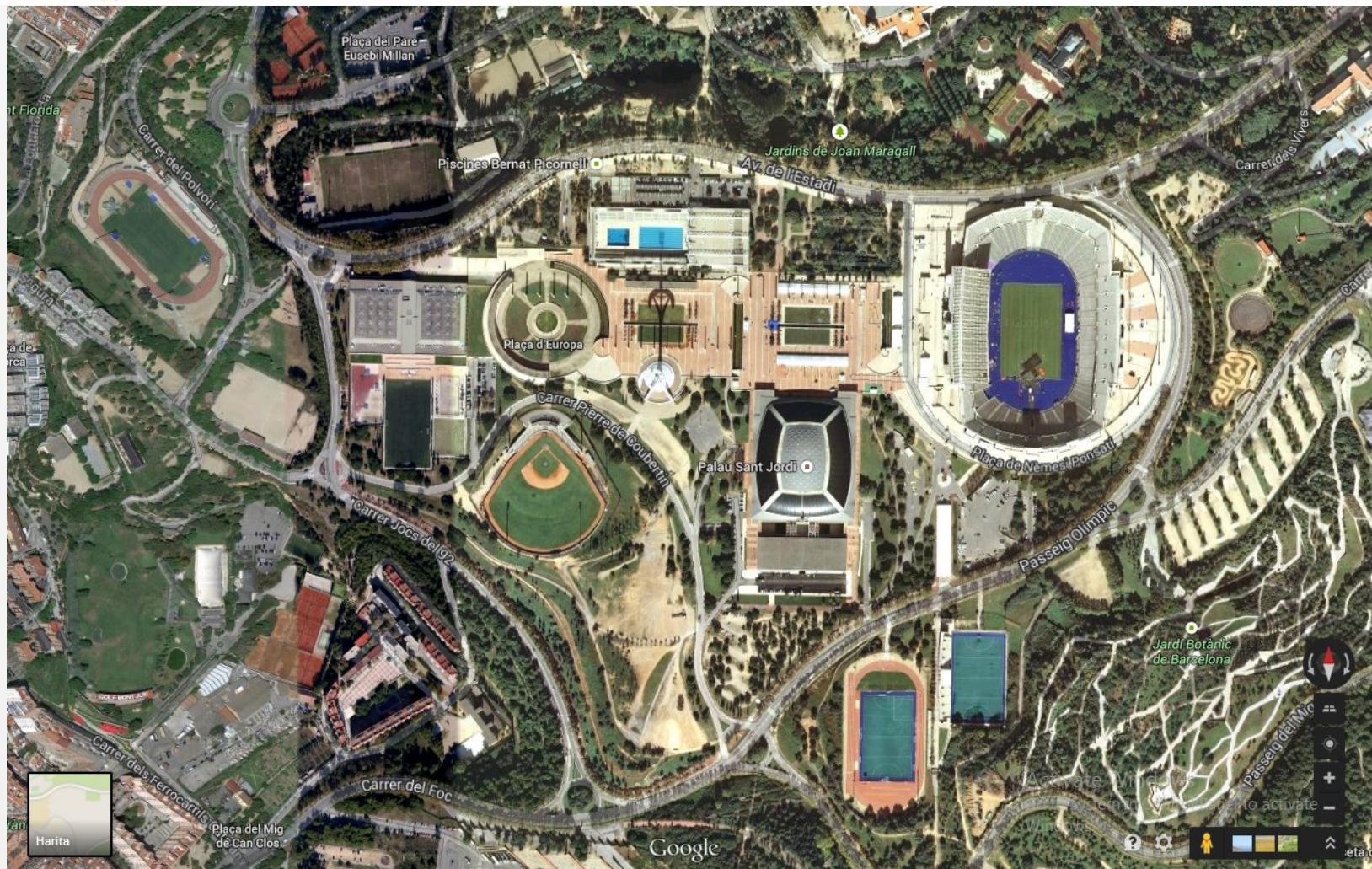
# İstanbul - Tüm Metodlar



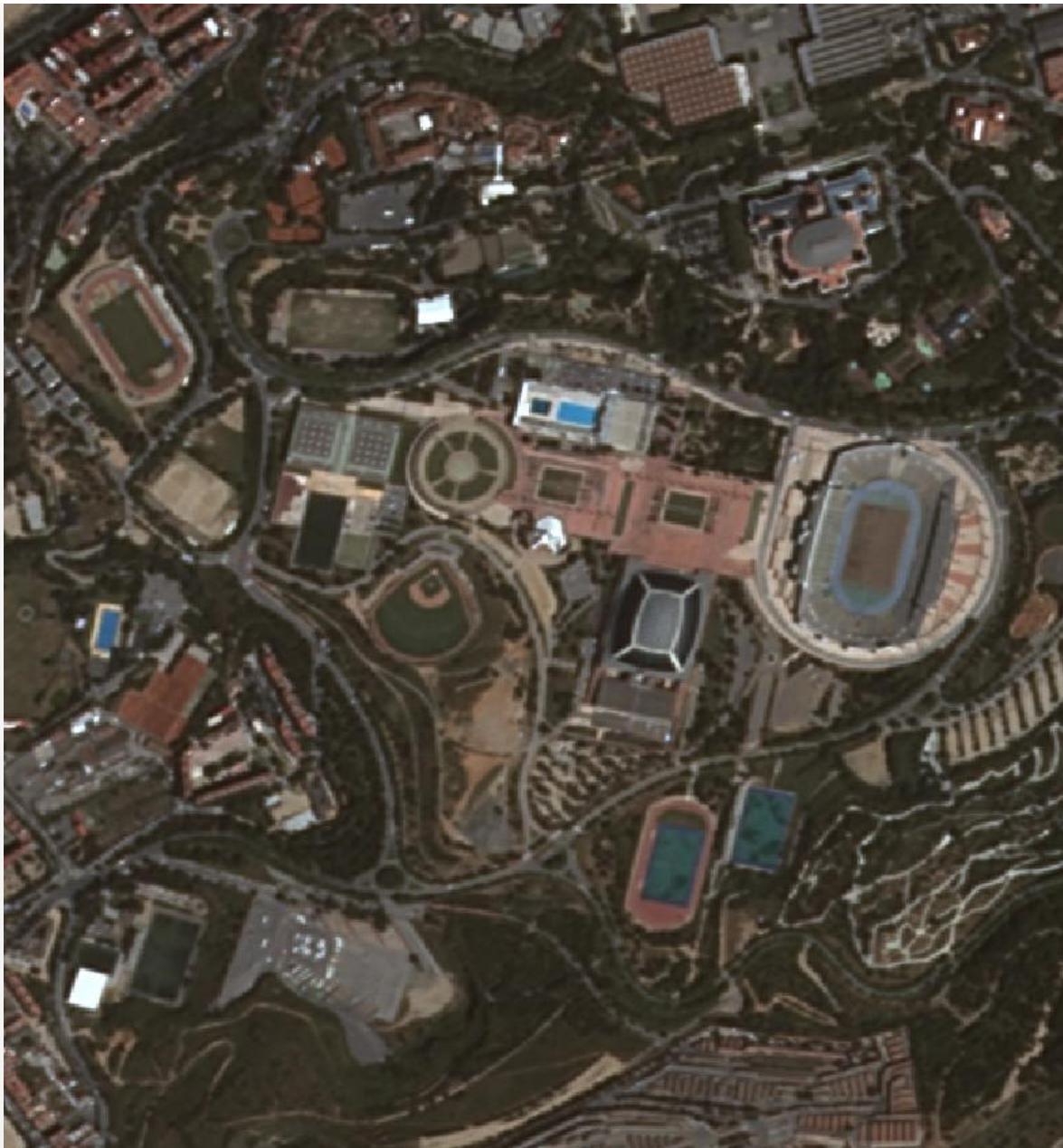
# Ankara Görüntüsü İçin HPF, Optimized HPF ve HCS Görüntüleri



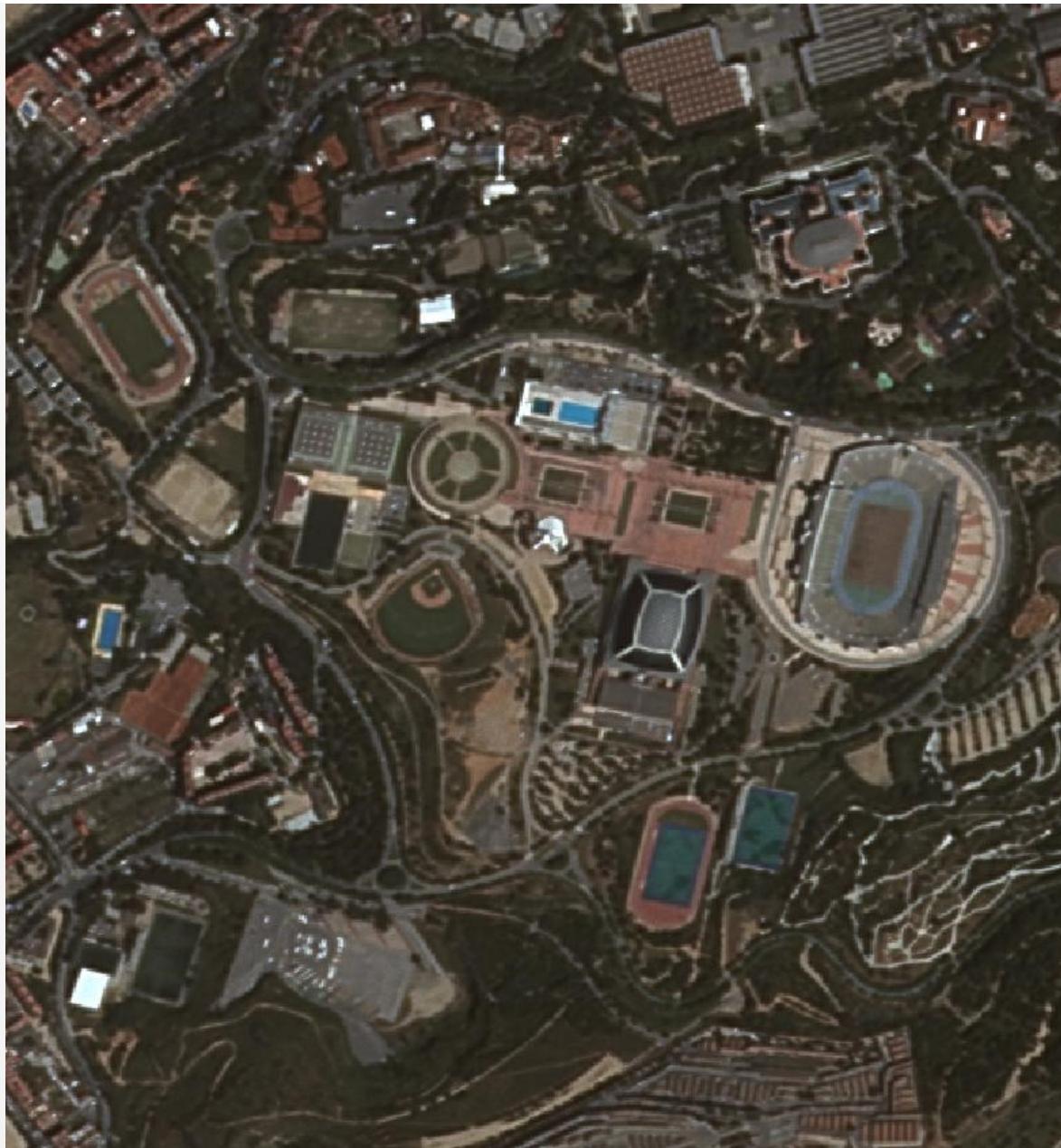
# Barcelona – Google Earth



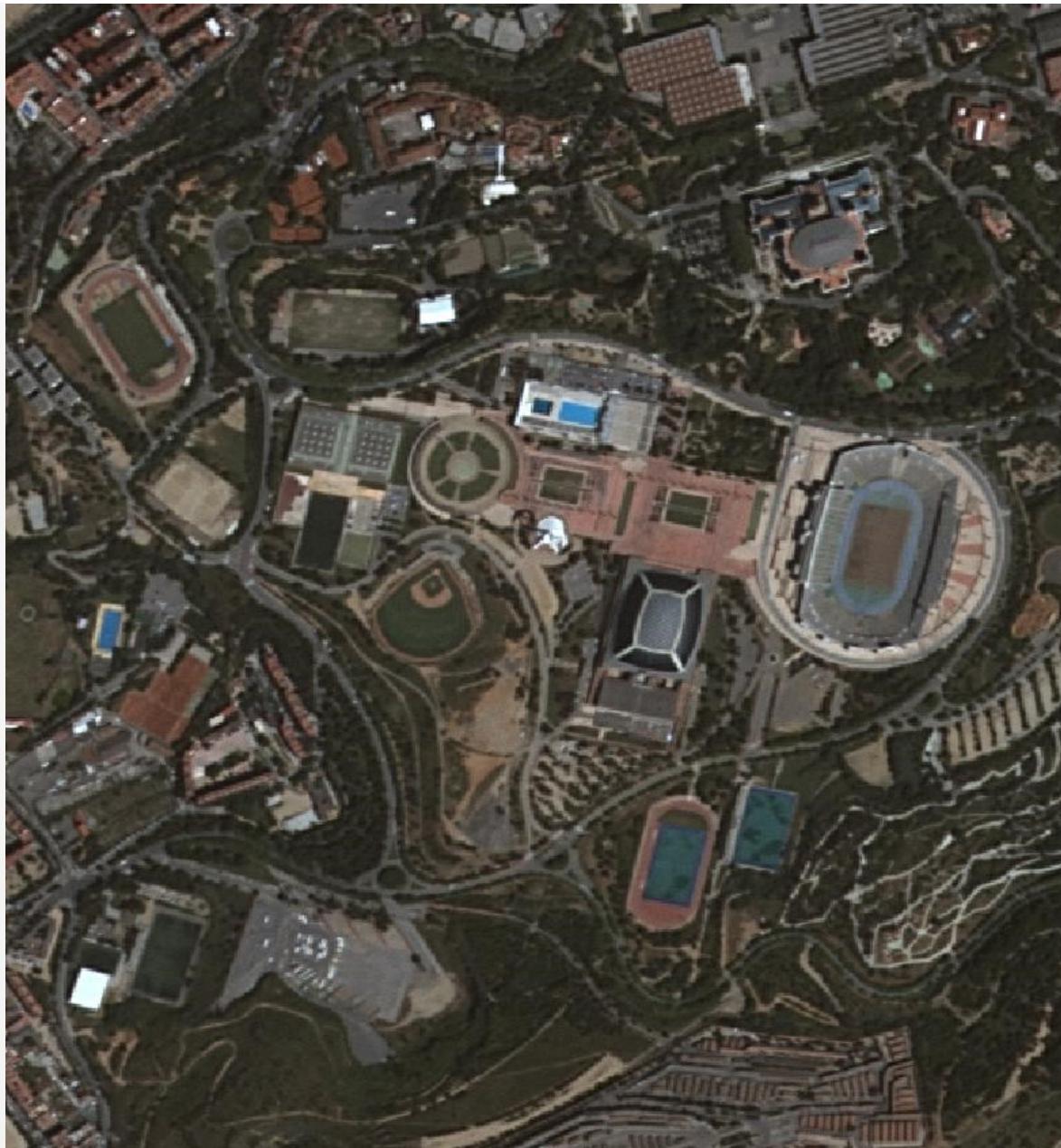
# Barcelona - HCS



# Barcelona - HCS Unsharp



# Barcelona - Optimized HPF



# San Francisco - IHS



# Arcmap - IHS

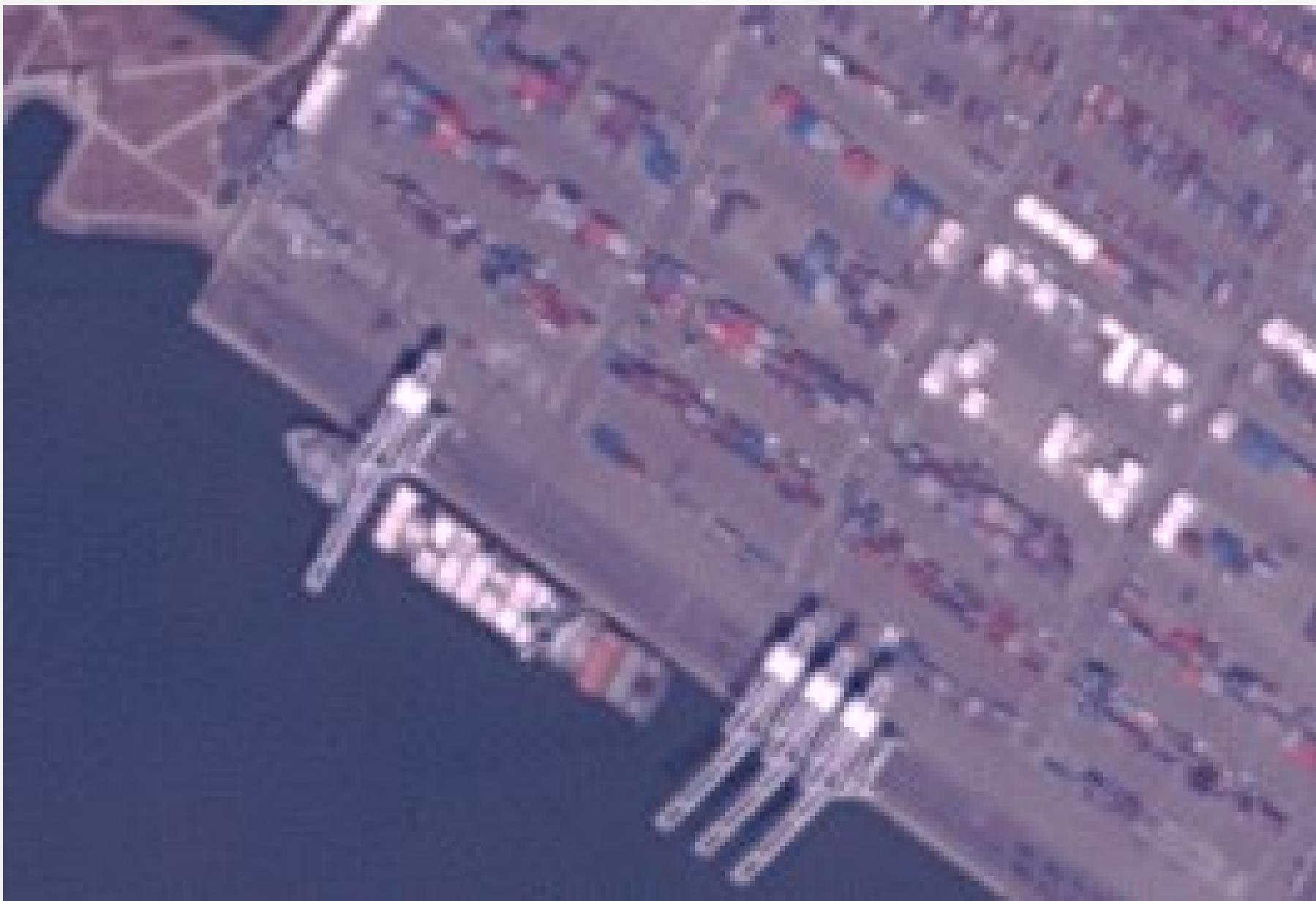


GS

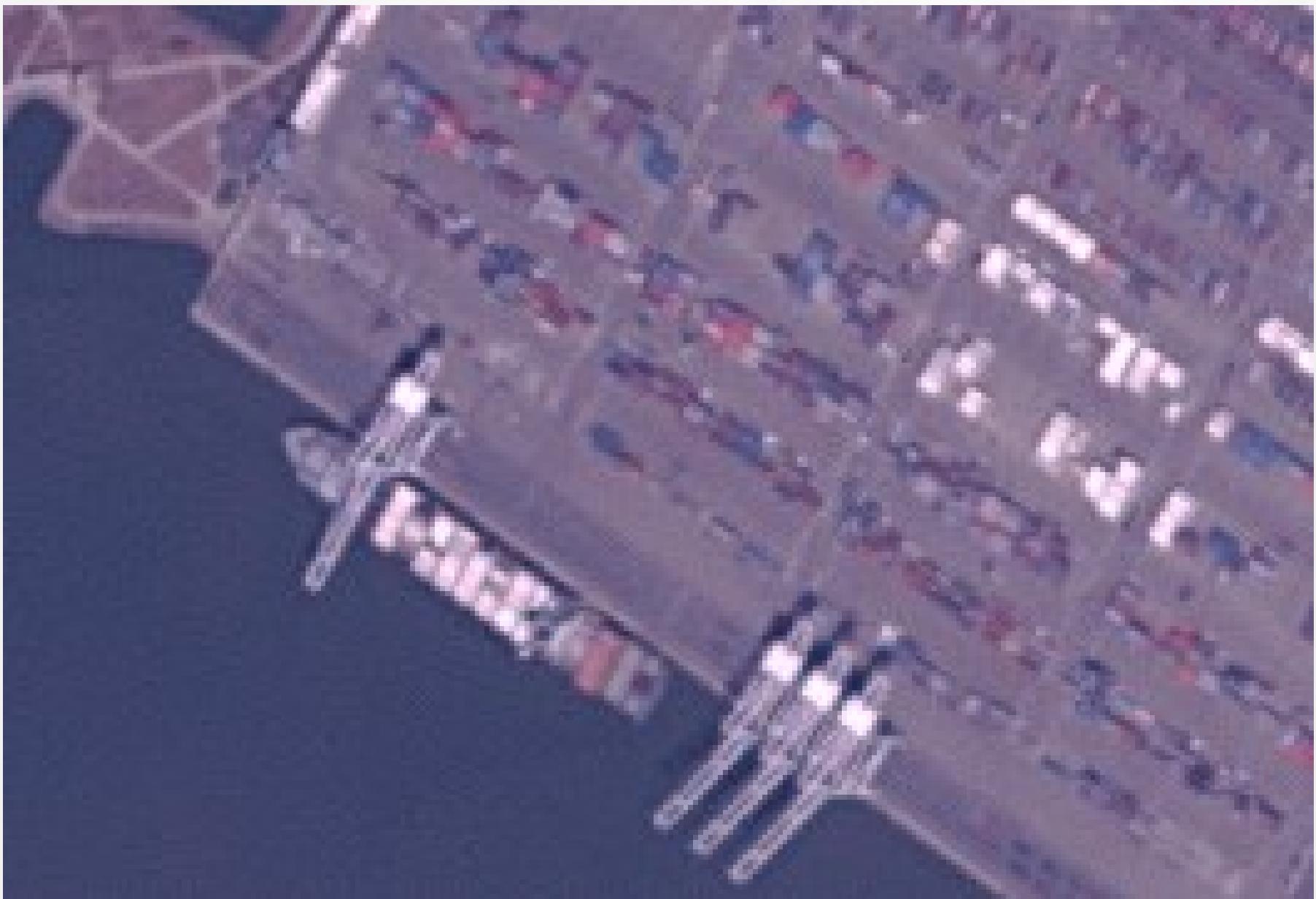




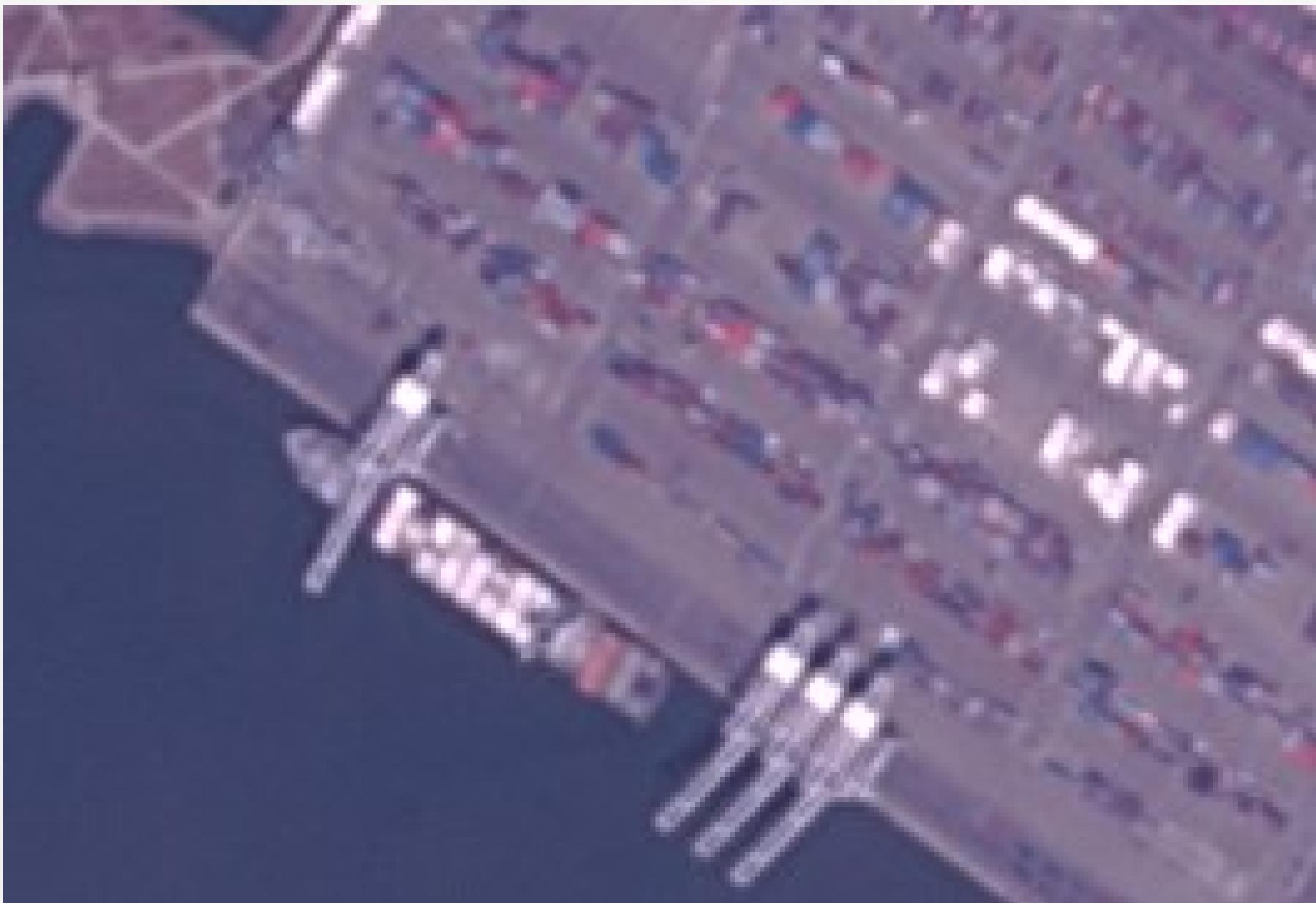
# Optimized HPF

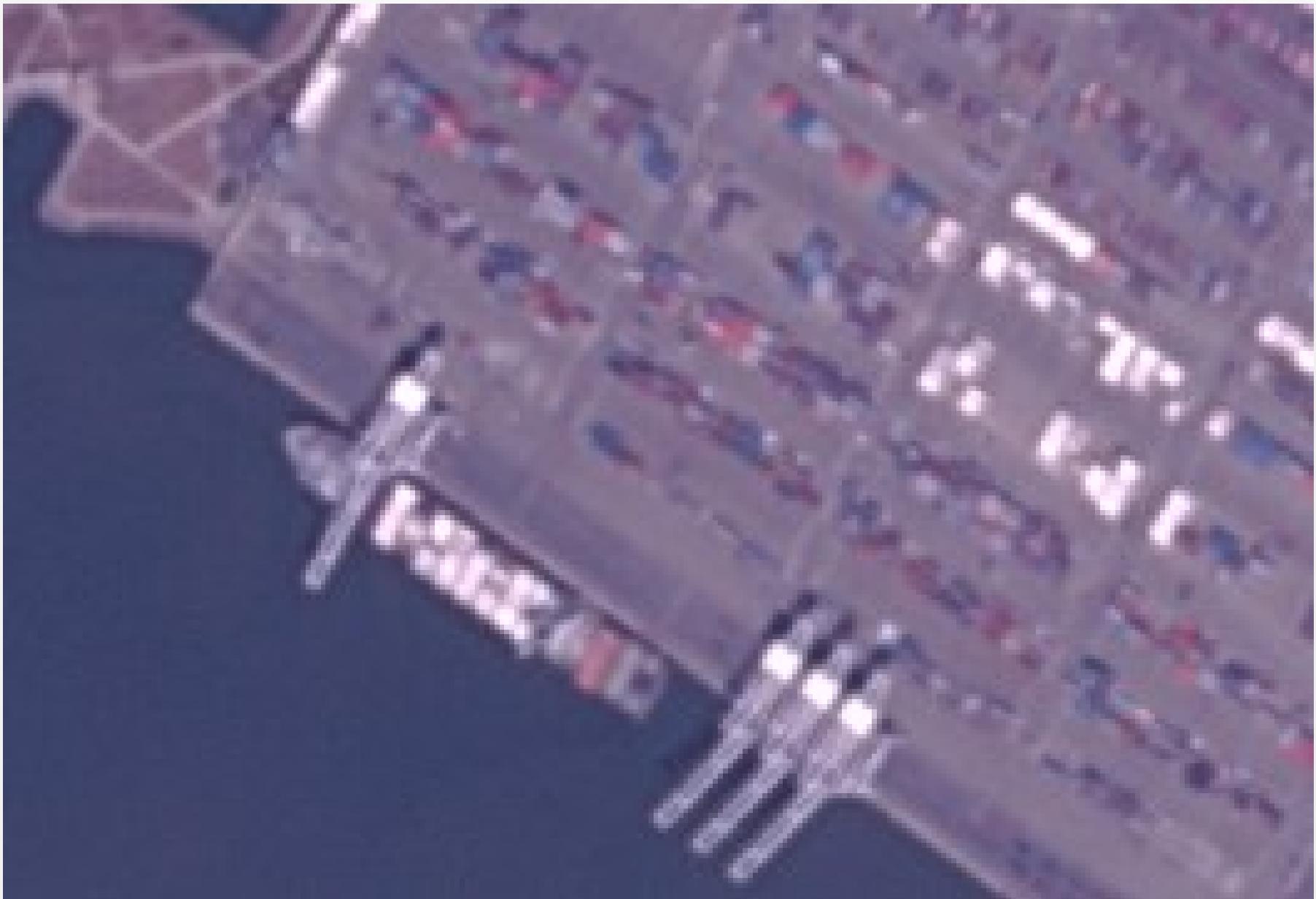


# Erdas – Optimized HPF



HCS





# San Francisco - Tüm Ticari Yöntemler



# İstanbul - Metodlar



# (MATLAB) Yöntemler ve Rakamsal Sonuçları (Ortalama)

	HPF	PCA	Brovey	GS	Wavelet	IHS	Opt_HPF
RMSE 0	87,24	75,20	70,77	53,87	15,66	49,60	32,26
SAM 0	2,71	4,69	0,00	3,06	0,92	2,12	1,57
CC 1	0,91	0,90	0,95	0,95	1,00	0,96	0,98
RASE 0	29,94	25,81	24,29	18,49	5,37	17,02	11,07
QAVE 1	0,98	0,94	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99
SID 0	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
ERGAS 0	7,94	7,36	7,82	5,25	1,51	4,53	3,13
SPATIAL 1	0,98	0,95	0,95	0,96	0,85	0,97	0,97

# (C++) Yöntemler ve Rakamsal Sonuçları (Ortalama)

	HPF	Opt_HPF	Opt_HPF (MATLAB)	HCS	HCS_UNSHARP
RMSE 0	128,79	48,08	32,26	33,39	46,87
SAM 0	3,47	1,58	1,57	0,19	0,19
CC 1	0,87	0,98	0,98	0,99	0,98
RASE 0	35,42	13,22	11,07	9,15	12,89
QAVE 1	0,96	0,98	0,99	1,00	0,99
SID 0	0,01	0,00	0	0,00	0,00
ERGAS 0	9,54	3,64	3,13	2,40	3,38
SPATIAL 1	0,91	0,88	0,97	0,70	0,71

# San Francisco Unsharp ve Rakamsal Sonuçları

	IHS s=1,w=0.3,t=10	IHS s=3,w=0.5,t=10	IHS Pansharp
RMSE 0	<b>50,80</b>	<b>54,45</b>	<b>49,60</b>
SAM 0	<b>2,17</b>	<b>2,32</b>	<b>2,12</b>
CC 1	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,96</b>
RASE 0	<b>17,43</b>	<b>18,69</b>	<b>17,02</b>
QAVE 1	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>
SID 0	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
ERGAS 0	<b>4,64</b>	<b>4,97</b>	<b>4,53</b>
SPATIAL 1	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>

# San Francisco Unsharp Bant Sonuçları (RMSE)

RMSE	Kırmızı	Yeşil	Mavi	NIR
HPF	87,24	87,24	87,24	87,24
HPF (1,0.3,10)	135,8	135,8	135,8	135,8
HPF (3,0.5,10)	131,1	131,1	131,1	131,1
PCA	68,12	41,14	39,71	121,3
PCA (1,0.3,10)	84,88	53,76	51,93	151,9
PCA (3,0.5,10)	79,63	48,38	46,79	150,3
Brovey	52,97	46,83	67,24	102,5
Brovey (1,0.3,10)	57,36	55,95	73,14	113,7
Brovey (3,0.5,10)	55,36	49,11	70,78	113,7
GramSchmidt	51,83	32,05	31,4	83,12
GramSchmidt (1,0.3,10)	72,43	47,57	45,88	89,12
GramSchmidt (3,0.5,10)	63,89	39,81	39,14	100,9
Wavelet	10,56	9,22	10,25	26,07
Wavelet (1,0.3,10)	14,57	19,44	16,28	34,41
Wavelet (3,0.5,10)	14,09	15,08	15,74	35,41
IHS	49,6	49,6	49,6	49,6
IHS (1,0.3,10)	63,75	63,75	63,75	63,75
IHS (3,0.5,10)	60,93	60,93	60,93	60,93
Optimized HPF	29,69	18,97	19,18	50,54
Optimized HPF (1,0.3,10)	31,67	22,1	20,82	47,72
Optimized HPF (3,0.5,10)	30,58	19,64	19,9	52,32

# San Francisco Unsharp Bant Sonuçları (Spatial)

Spatial	Kırmızı	Yeşil	Mavi	NIR
HPF	0,98	0,98	0,98	0,97
HPF (1,0.3,10)	0,98	0,98	0,98	0,98
HPF (3,0.5,10)	0,98	0,98	0,98	0,98
PCA	0,96	0,94	0,92	0,98
PCA (1,0.3,10)	0,96	0,81	0,92	0,97
PCA (3,0.5,10)	0,96	0,93	0,91	0,98
Brovey	0,97	0,98	0,96	0,89
Brovey (1,0.3,10)	0,97	0,96	0,97	0,66
Brovey (3,0.5,10)	0,97	0,98	0,96	0,85
GramSchmidt	0,98	0,97	0,95	0,96
GramSchmidt (1,0.3,10)	0,98	0,91	0,97	0,95
GramSchmidt (3,0.5,10)	0,99	0,98	0,97	0,97
Wavelet	0,93	0,99	0,96	0,54
Wavelet (1,0.3,10)	0,97	0,84	0,97	0,6
Wavelet (3,0.5,10)	0,98	0,97	0,97	0,58
IHS	0,98	0,98	0,98	0,92
IHS (1,0.3,10)	0,98	0,95	0,98	0,92
IHS (3,0.5,10)	0,99	0,99	0,99	0,93
Optimized HPF	0,98	0,97	0,97	0,97
Optimized HPF (1,0.3,10)	0,98	0,91	0,97	0,96
Optimized HPF (3,0.5,10)	0,98	0,97	0,96	0,96

# Ankara Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçlar

	RMSE   0	Spatial   1
ArcMap Brovey	312,43	0,78
ArcMap ESRI	175,94	0,70
ArcMap IHS	60,63	0,76
ArcMap Simplemean	35,46	0,75
ENVI Cn Spectral	-	0,66
ENVI Gramm-Schmitt	16,95	0,88
ENVI Pc Spectral	195,87	0,77
ENVI Spear	35,79	0,86
ERDAS Ehlers	50,45	0,94
ERDAS HCS	37,69	0,90
ERDAS Opt_HPF	25,87	0,92
ERDAS Subtractive	58,46	0,99

# San Francisco Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçlar

	RMSE 0	Spatial 1
ArcMap Brovey	<b>240,84</b>	<b>0,79</b>
ArcMap ESRI	<b>102,88</b>	<b>0,74</b>
ArcMap IHS	<b>117,27</b>	<b>0,78</b>
ArcMap Simplemean	<b>37,30</b>	<b>0,75</b>
ENVI Cn Spectral	-	<b>0,67</b>
ENVI Gramm-Schmitt	<b>15,25</b>	<b>0,94</b>
ENVI Pc Spectral	<b>85,94</b>	<b>0,95</b>
ENVI Spear	<b>58,60</b>	<b>0,93</b>
ERDAS Ehlers	<b>16,03</b>	<b>0,91</b>
ERDAS HCS	<b>62,08</b>	<b>0,83</b>
ERDAS Opt_HPF	<b>39,92</b>	<b>0,97</b>
ERDAS Subtractive	<b>80,66</b>	<b>0,98</b>

# Ankara Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçları

	IHS	ArcMap IHS	Opt_HPF	ERDAS Opt_HPF	GS	ENVI GS	HCS	ERDAS HCS
<b>RMSE 0</b>	<b>34,03</b>	<b>60,63</b>	<b>22,97</b>	<b>25,87</b>	<b>34,46</b>	<b>16,95</b>	<b>47,14</b>	<b>37,69</b>
<b>SAM 0</b>	<b>0,73</b>	<b>0,05</b>	<b>0,26</b>	<b>0,48</b>	<b>0,69</b>	<b>0,43</b>	<b>0,17</b>	<b>0,03</b>
<b>CC 1</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>
<b>RASE 0</b>	<b>6,48</b>	<b>13,22</b>	<b>4,37</b>	<b>4,90</b>	<b>6,56</b>	<b>3,21</b>	<b>10,53</b>	<b>7,14</b>
<b>QAVE 1</b>	<b>1,00</b>	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>1,00</b>
<b>SID 0</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>ERGAS 0</b>	<b>1,77</b>	<b>3,72</b>	<b>1,10</b>	<b>1,22</b>	<b>1,72</b>	<b>0,88</b>	<b>2,60</b>	<b>1,77</b>
<b>SPATIAL 1</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</b>	<b>0,90</b>	<b>0,92</b>	<b>0,91</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,90</b>

# San Francisco Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçları

	IHS	ArcMap IHS	Opt_HPF	ERDAS Opt_HPF	GS	ENVI GS	HCS	ERDAS HCS
RMSE 0	49,60	117,27	32,26	39,92	53,87	15,25	26,75	62,08
SAM 0	2,12	0,12	1,57	2,07	3,06	0,94	0,13	0,06
CC 1	0,96	0,98	0,98	0,98	0,95	1,00	0,99	0,95
RASE 0	17,02	37,71	11,07	13,48	18,49	5,15	9,55	20,97
QAVE 1	0,99	0,78	0,99	0,98	0,97	1,00	1,00	0,97
SID 0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
ERGAS 0	4,53	14,16	3,13	3,84	5,25	1,44	2,92	5,30
SPATIAL 1	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94	0,56	0,83



# Teşekkürler