



# Göktürk-2 Pankeskinleştirme

Mustafa Teke - Ezgi Koç - Ezgi San



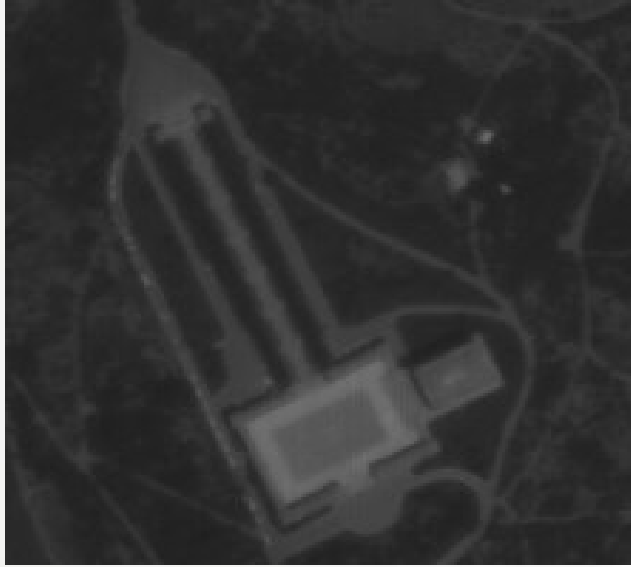
- Göktürk 2
- Pankeskinleştirme
- Pankeskinleştirme Yöntemleri ve Görsel Sonuçlar
- Unsharpening
- Unsharpening Yöntemi ve Görsel Sonuçlar
- Ticari Yöntemler
- Metrikler

- TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) ve TUSAŞ iş ortaklığı 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.



|                                          |                          |
|------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Yörünge</b>                           | Güneş Eş zamanlı Yörünge |
| <b>Yörünge 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.



Pan

Pankeskinleştirme

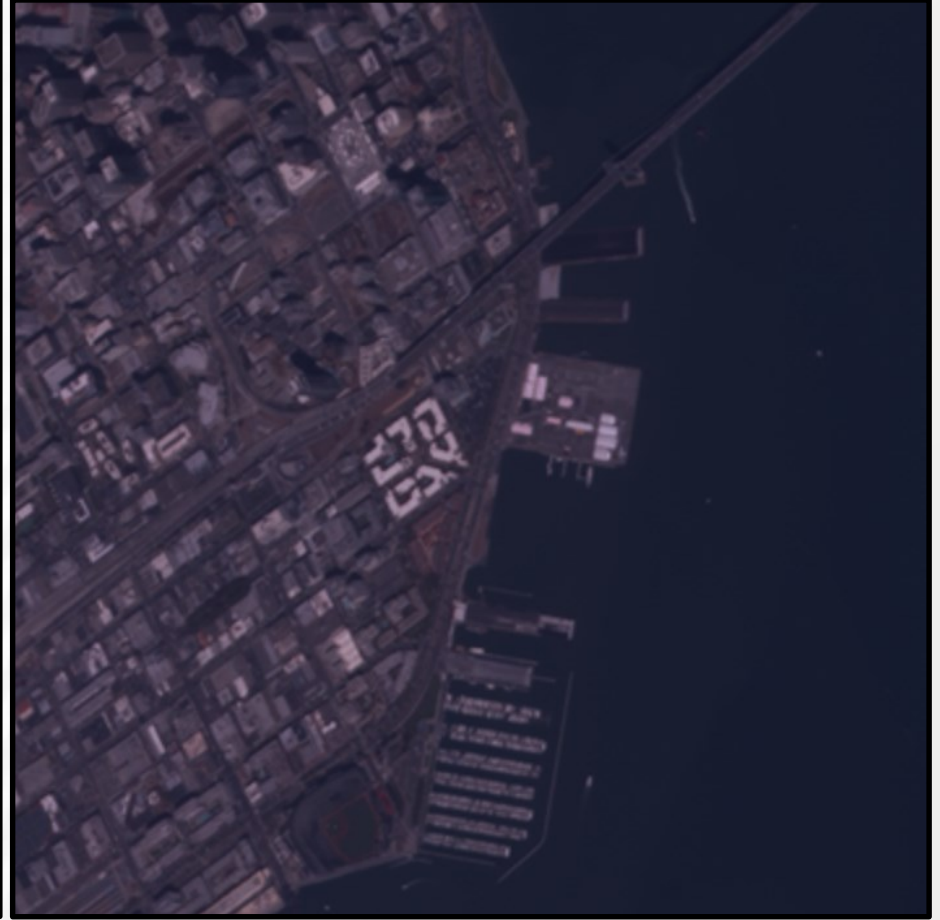


MS görüntü



Pankeskinleştirilmiş Görüntü

# San Francisco Pan ve Multispektral Görüntü



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











# Ankara – HPF – TOBB ETÜ







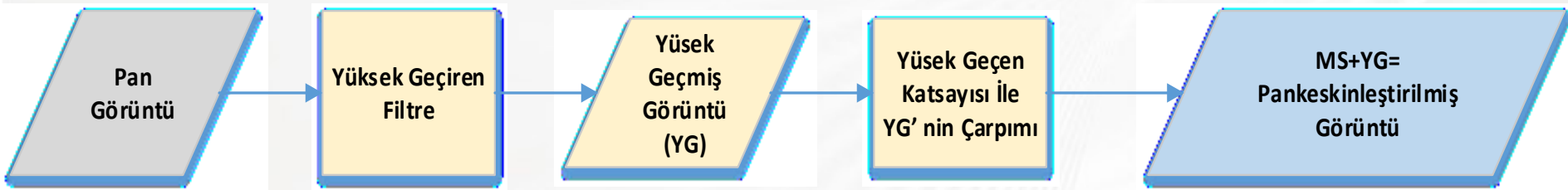


- Yüksek Geçiren Süzgeç (High Pass Filter: HPF)
- Temel Bileşen Analizi (Principle Component Analysis: PCA)
- Brovey
- Gramm-Schmitt
- Dalgacık(Wavelet)
- Yoğunluk Renk Doyumu (Intensity Hue Saturation: IHS)
- Hiperküre Renk Uzayı(Hyperspherical Color Space: HCS)
- Optimized HPF

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.

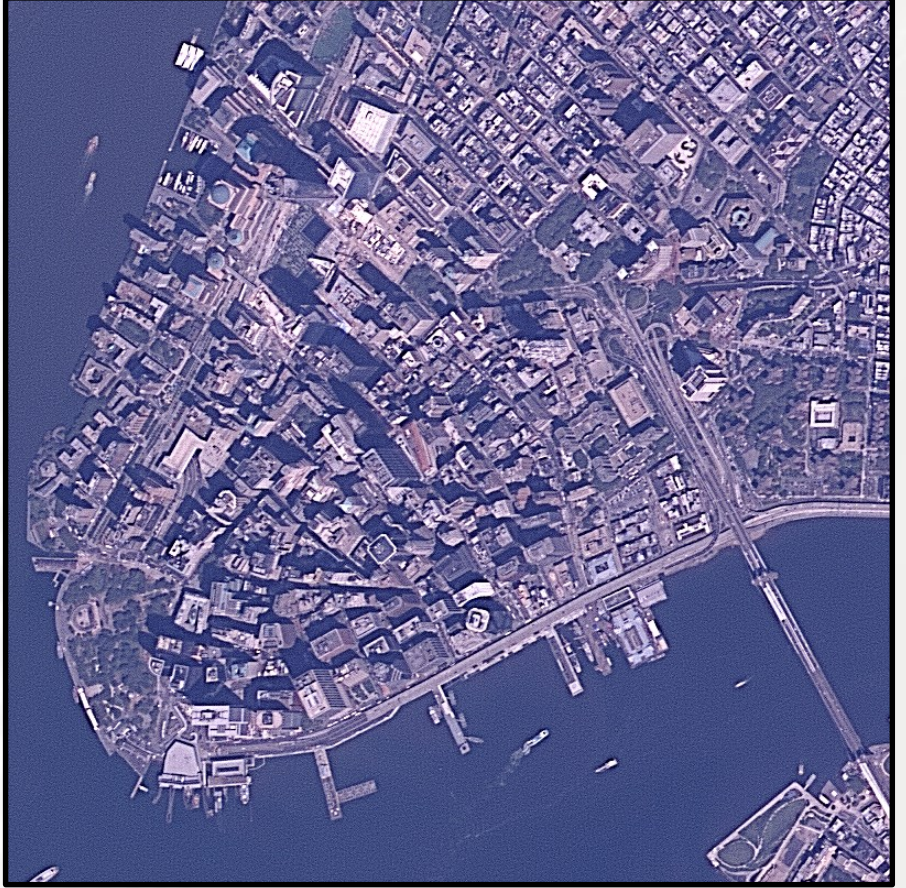
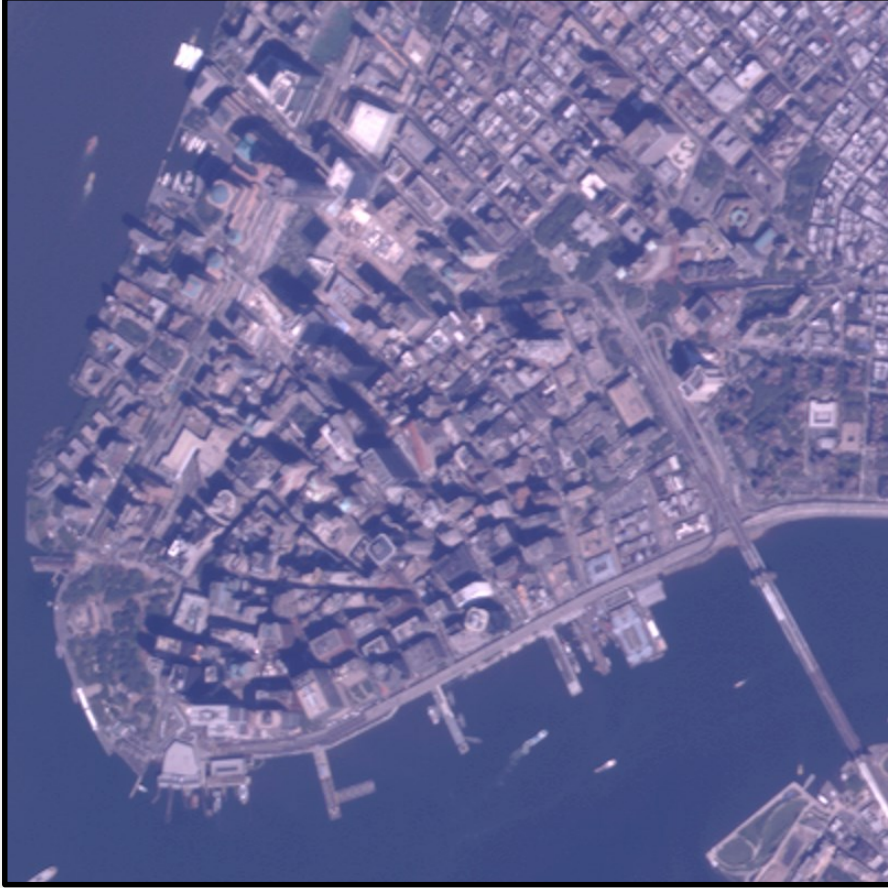
Bu filtre görüntüye uygulanarak yüksek geçiren değer elde edilir ve bu ara görüntü tüm bantlara uygulanarak çözünürlük arttırılmış olur.



|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| -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

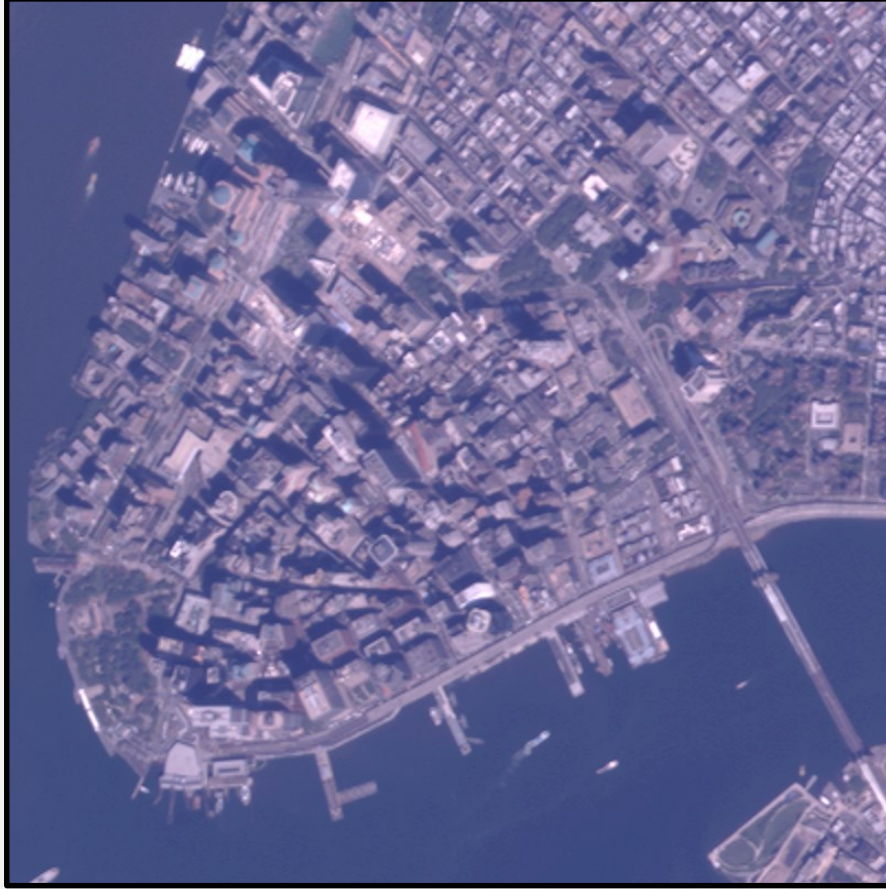
# New York City MS Görüntü ve HPF Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



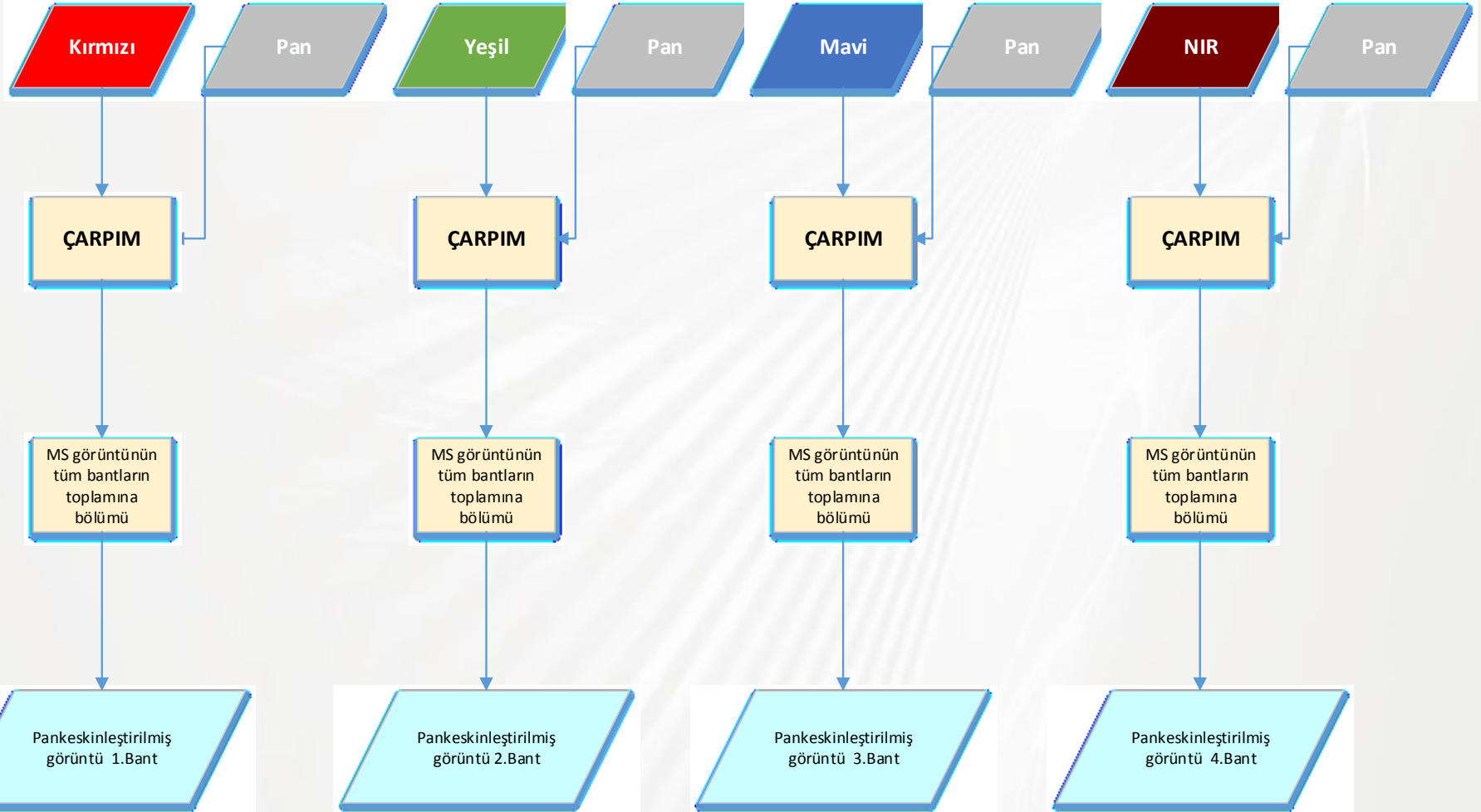
- PCA dönüşümü, ilintili çok-tayflı (multi-spektral) bantları temel bileşenlere dönüştürür.
- İlk temel bileşen yerine Pan görüntü geçirilir.
- PCA dönüşümü yapıp pankeskinleştirilmiş görüntü elde edilir.
- Pankeskinleştirilmiş görüntü Pan görüntüye ait fazla bilgi taşıdığından uzamsal olarak iyi sonuç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



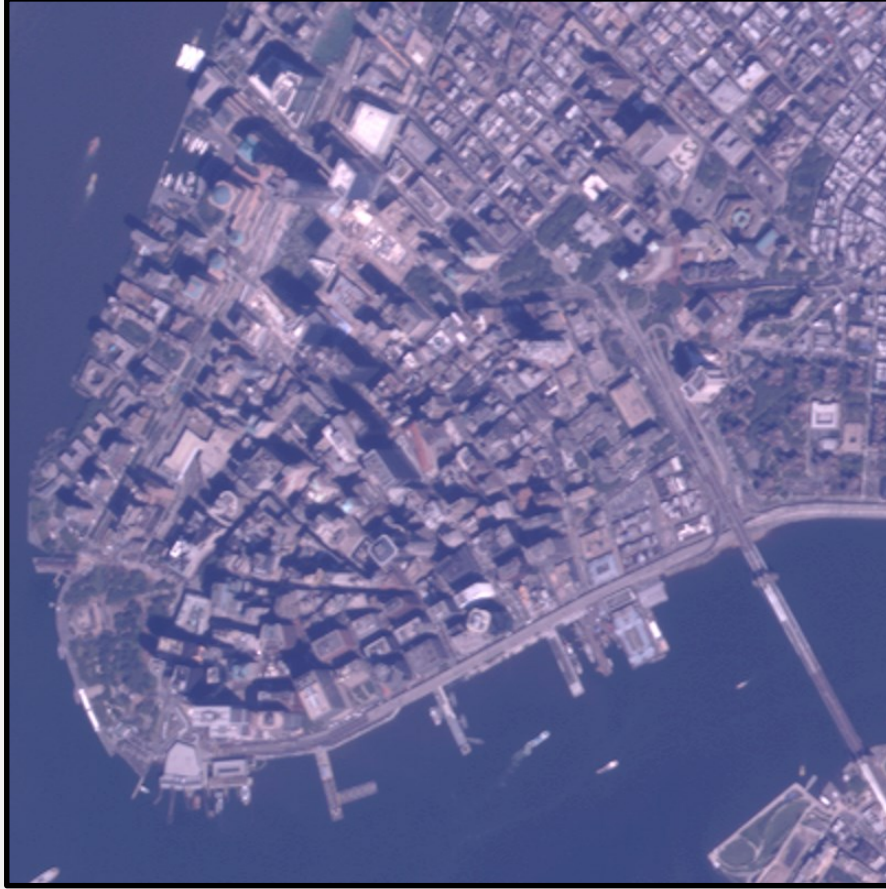
# New York City MS Görüntü ve PCA Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



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

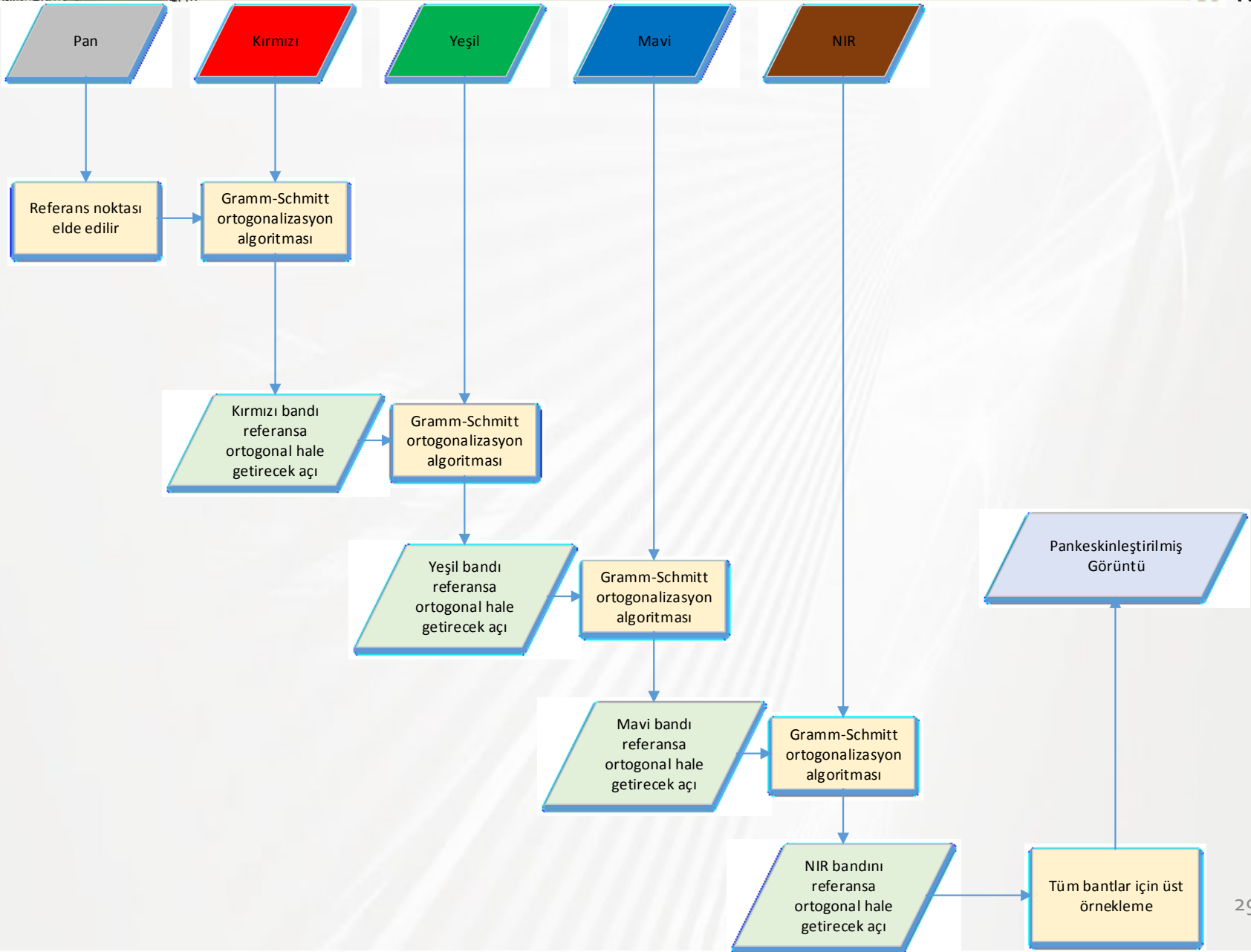


# New York City MS Görüntü ve Brovey Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



- Bu yöntemde diğer yöntemlerden farklı olarak çoklu-tayflı görüntü üst örnekleme 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.

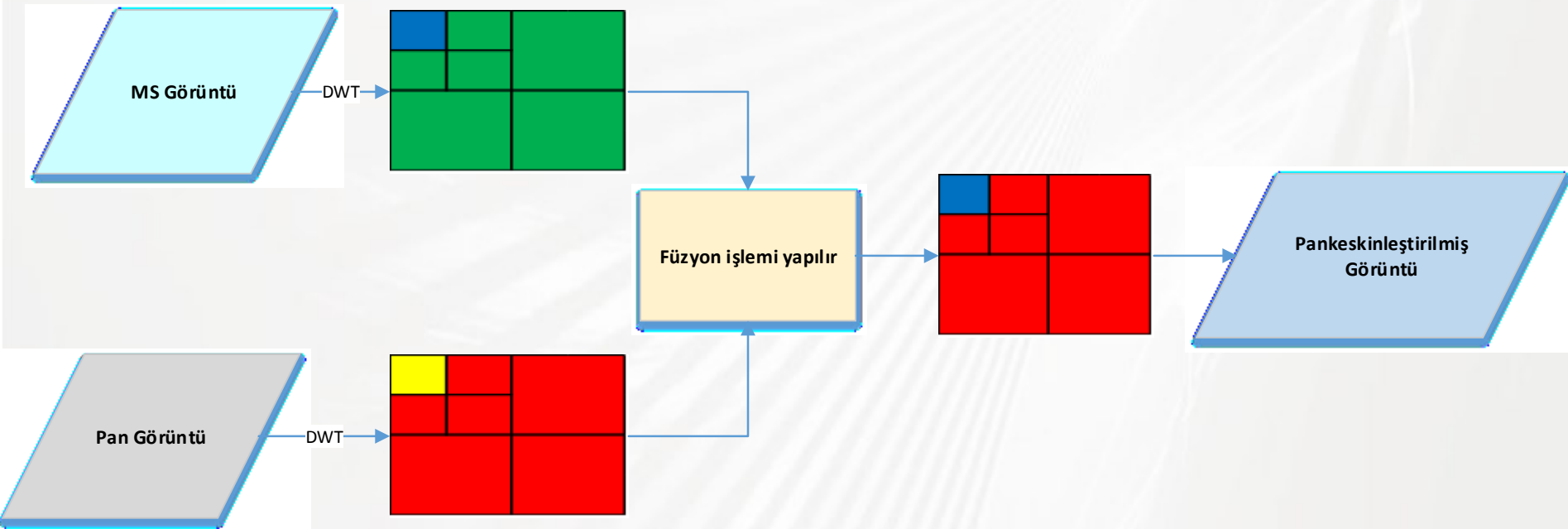
# Gramm-Schmitt Yöntemi



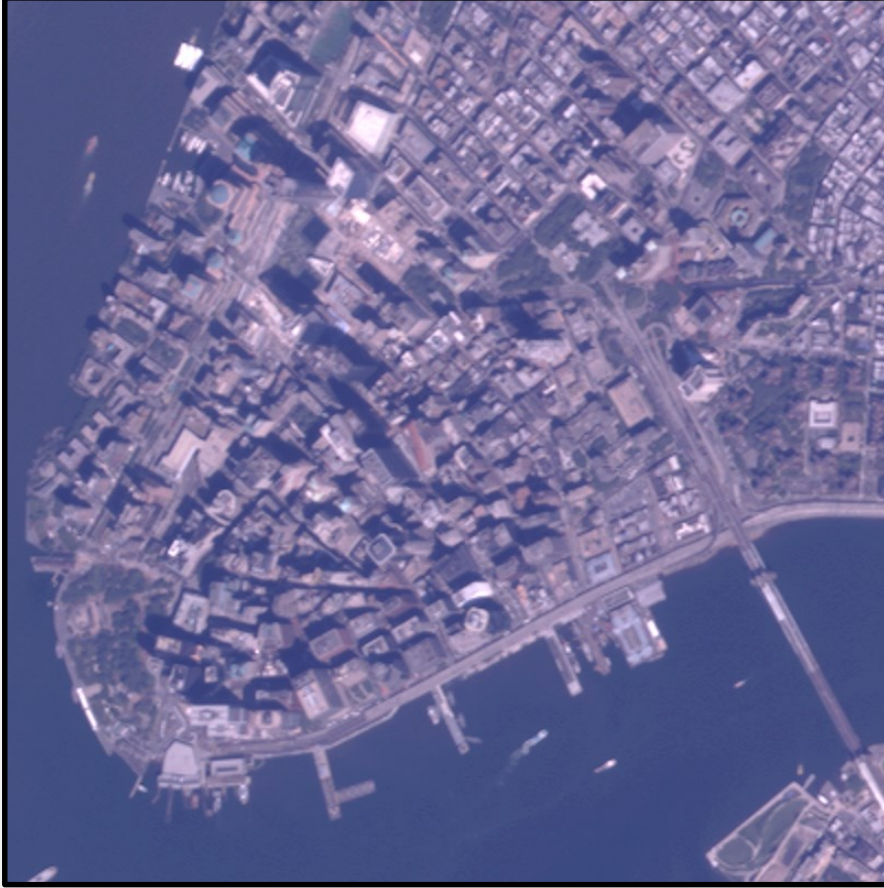
# New York City MS Görüntü Ve Gramm-Schmitt Metodu İle Pankeskinleştirilmiş Görüntü



- MS görüntüye ve Pan bandına ayrı ayrı Ayırık 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.

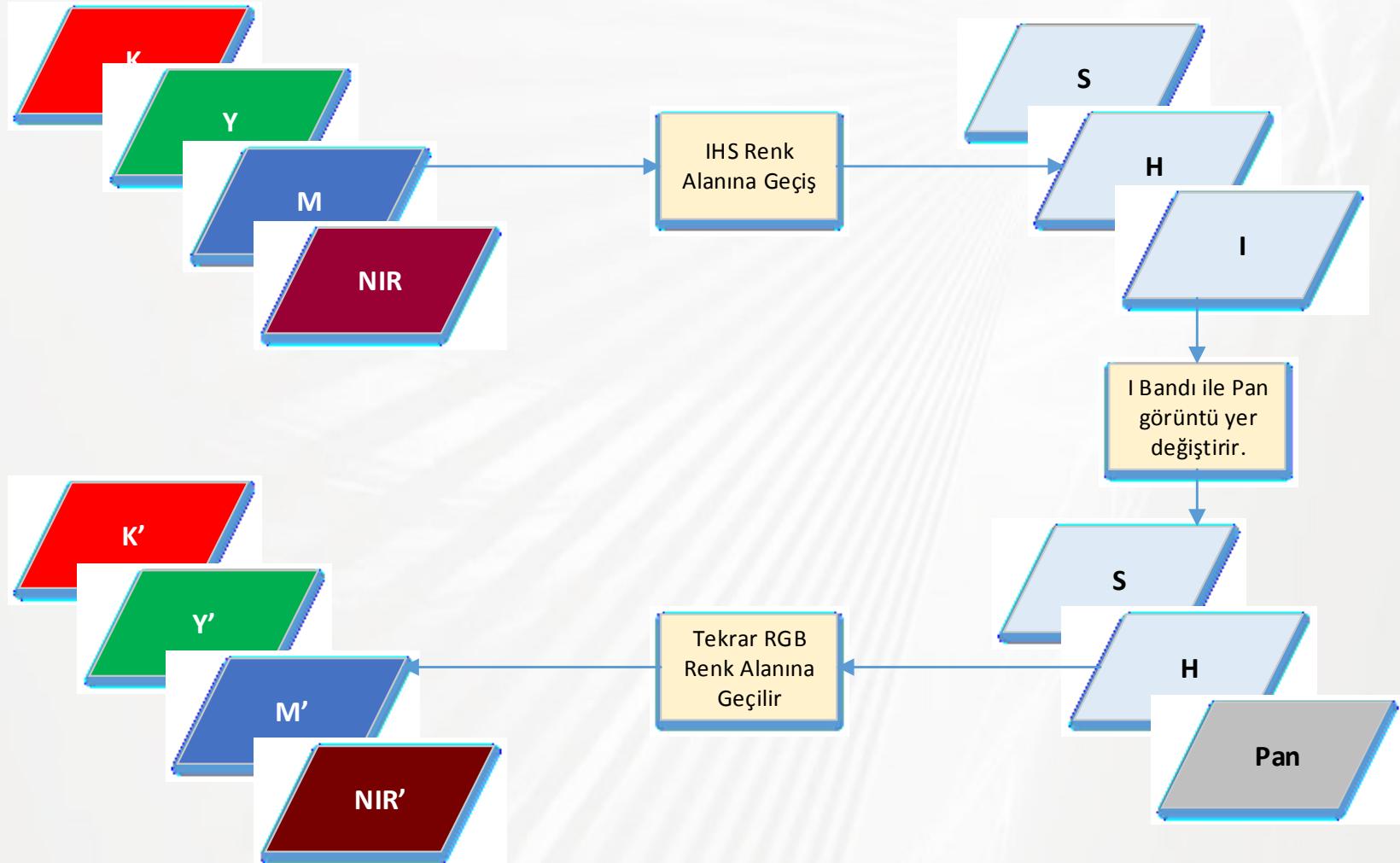


# New York City MS Görüntü ve Wavelet Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü

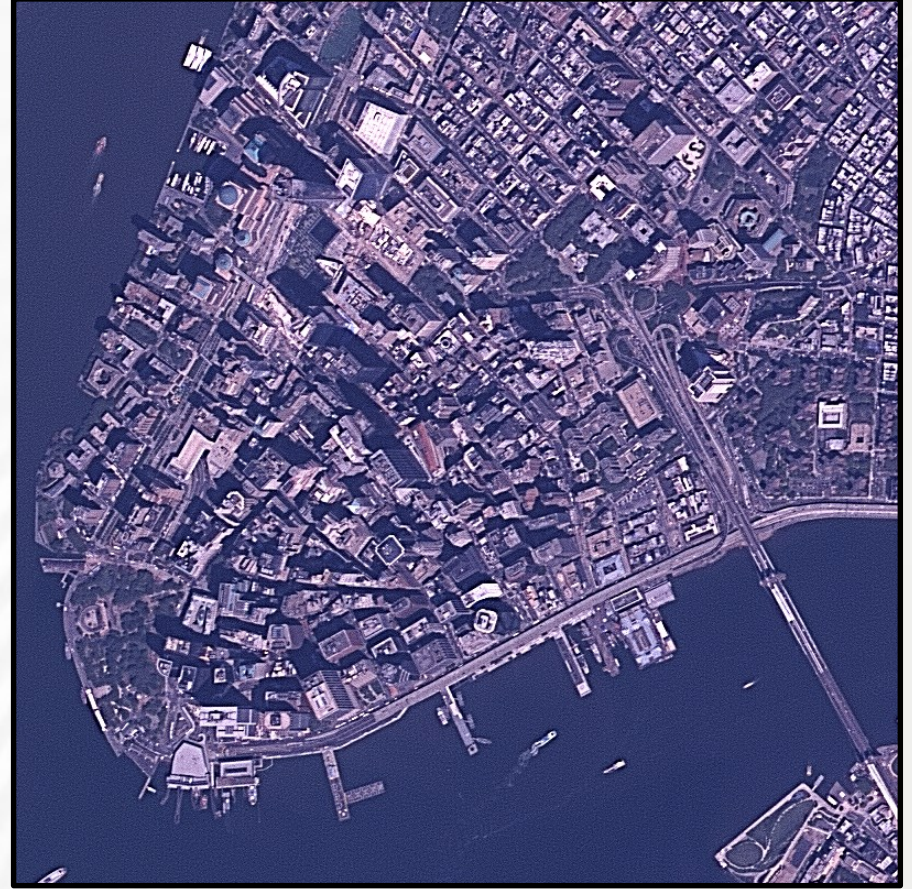
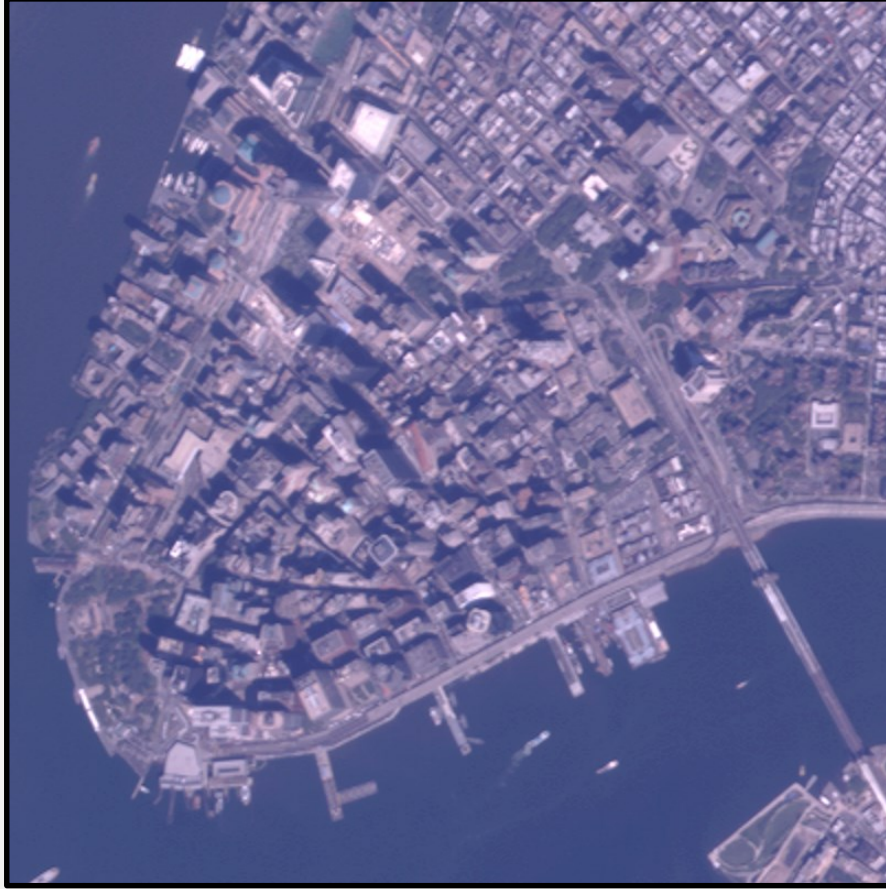


- İlk olarak çok-tayflı bantlar IHS renk uzayına dönüştürülür.
- Düşük çözünürlüklü yoğunluk bandı yüksek çözünürlüklü Pan bandı ile yer değiştirir.
- Elde edilen görüntü tekrar RGB renk uzayına dönüştürülür.
- Sonuçta elde edilen görüntü kenar bilgisini iyi bir şekilde tutar.
- Ancak görüntüde spektral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

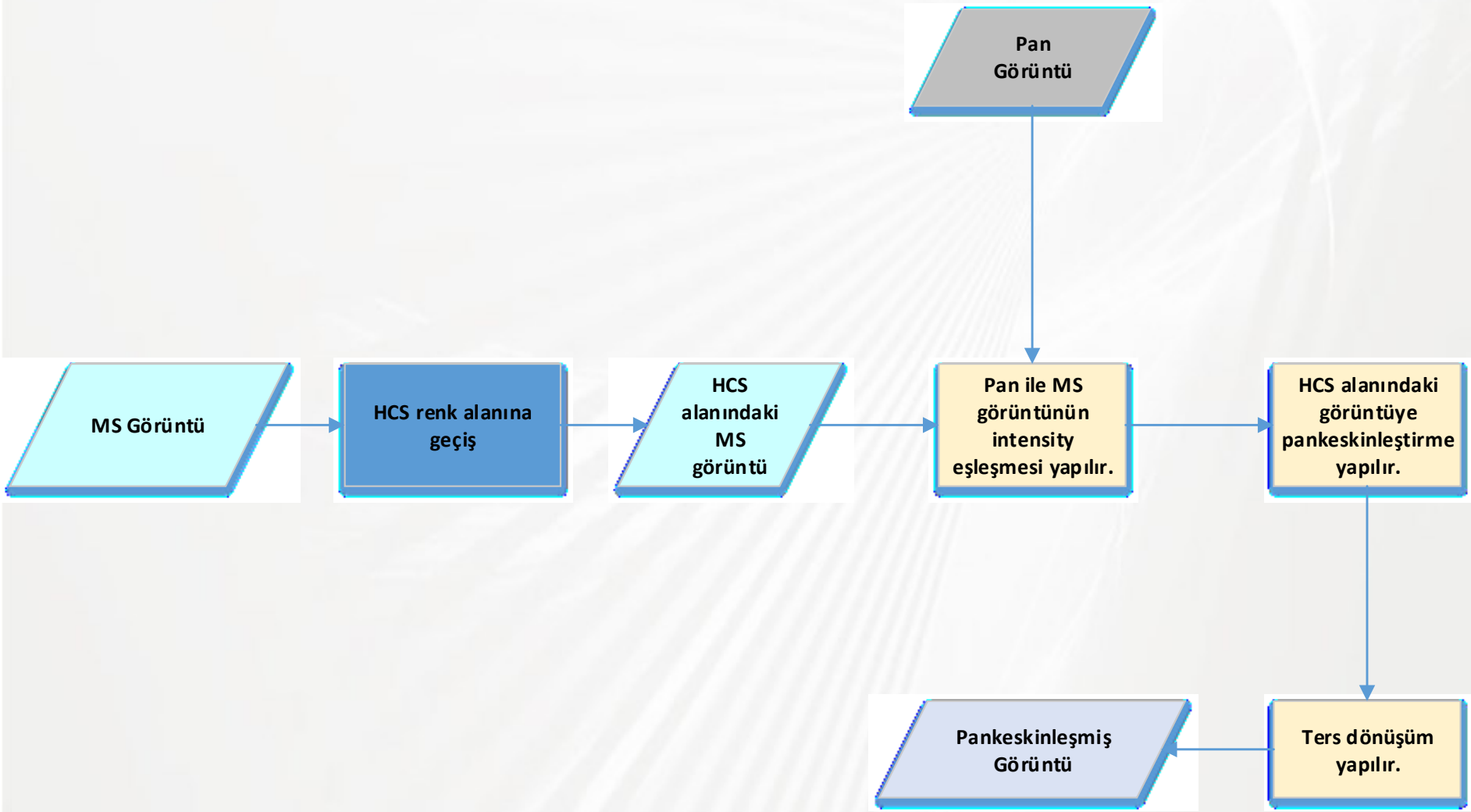
# Yoğunluk Renk Doyumu (Intensity Hue Saturation: IHS)



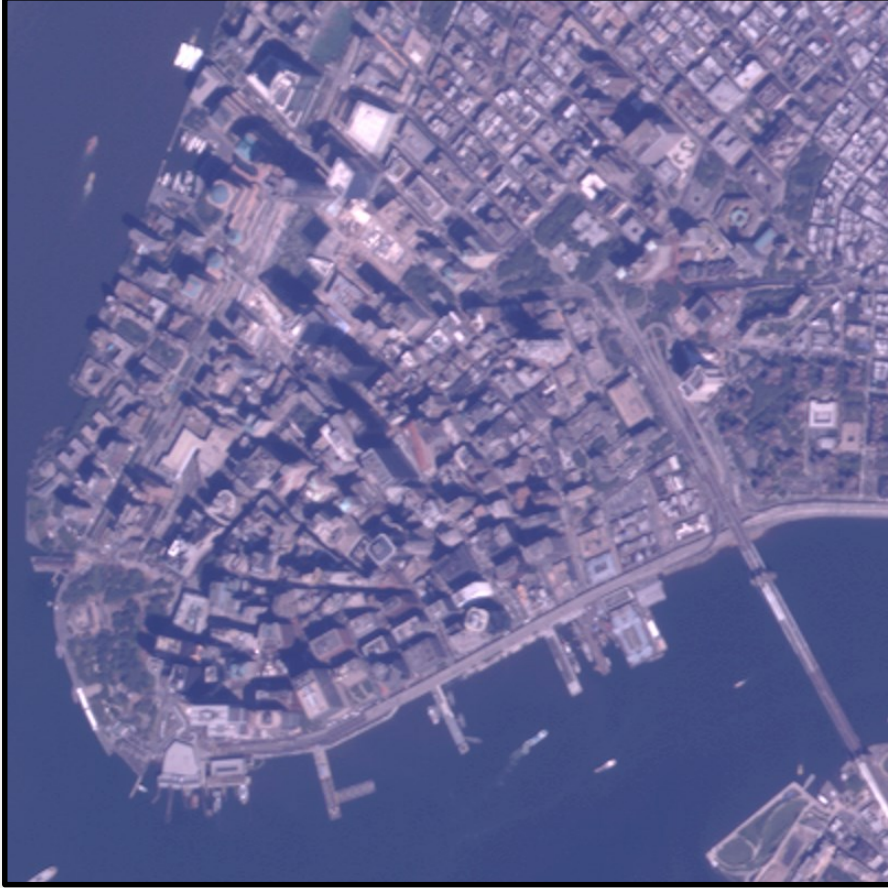
# New York City MS Görüntü ve IHS Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



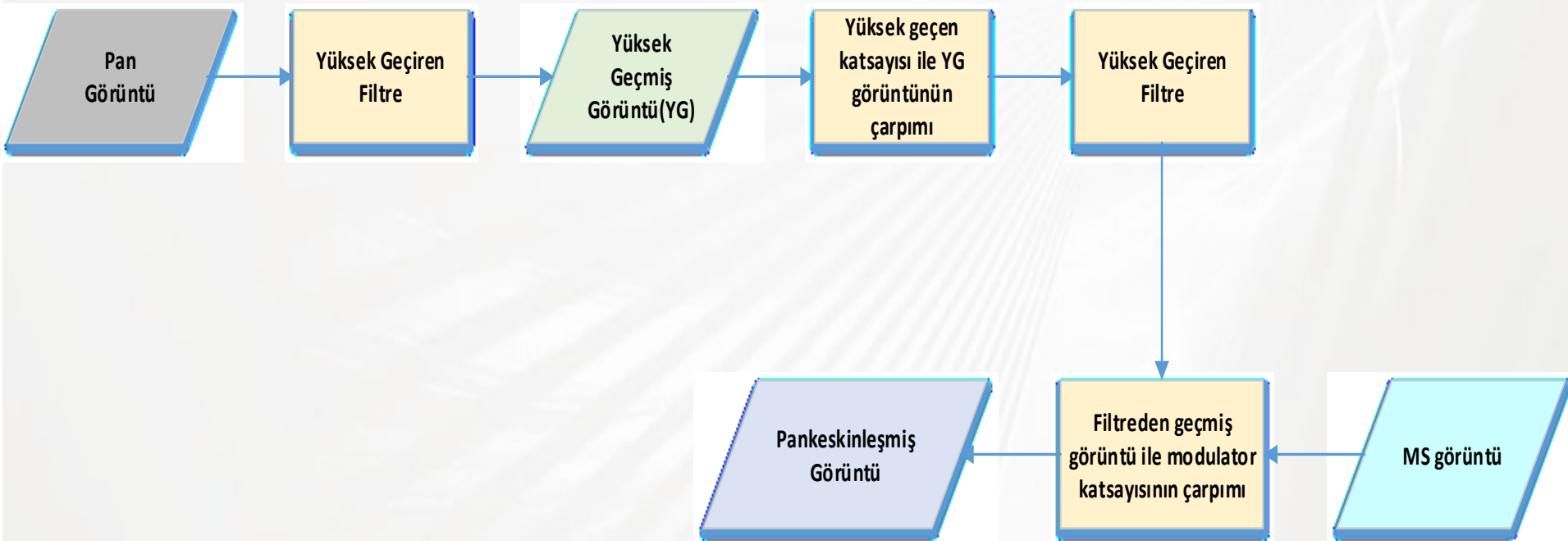
- Çok-tayflı bantlar pankromatik bandın bir hiperküre üzerine iz düşümleri olarak hesaplanır.
- Çok-tayflı bantlardan hesaplanan değer yerine pankromatik bant konularak ters izdüşüm uygulanır.



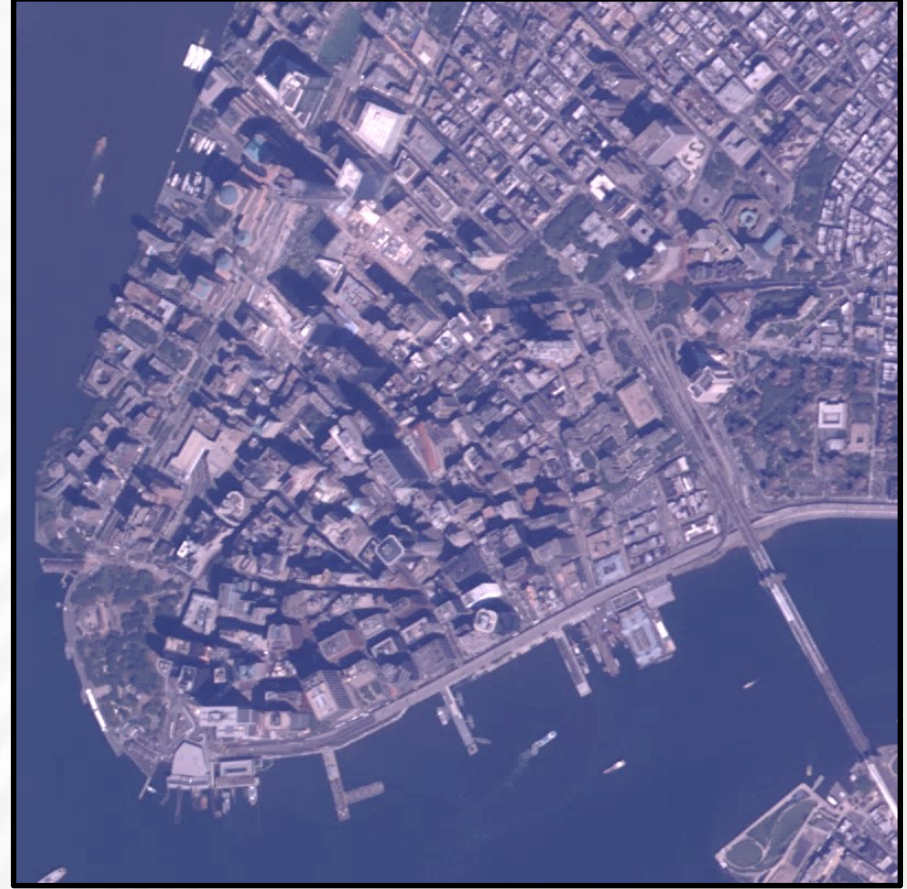
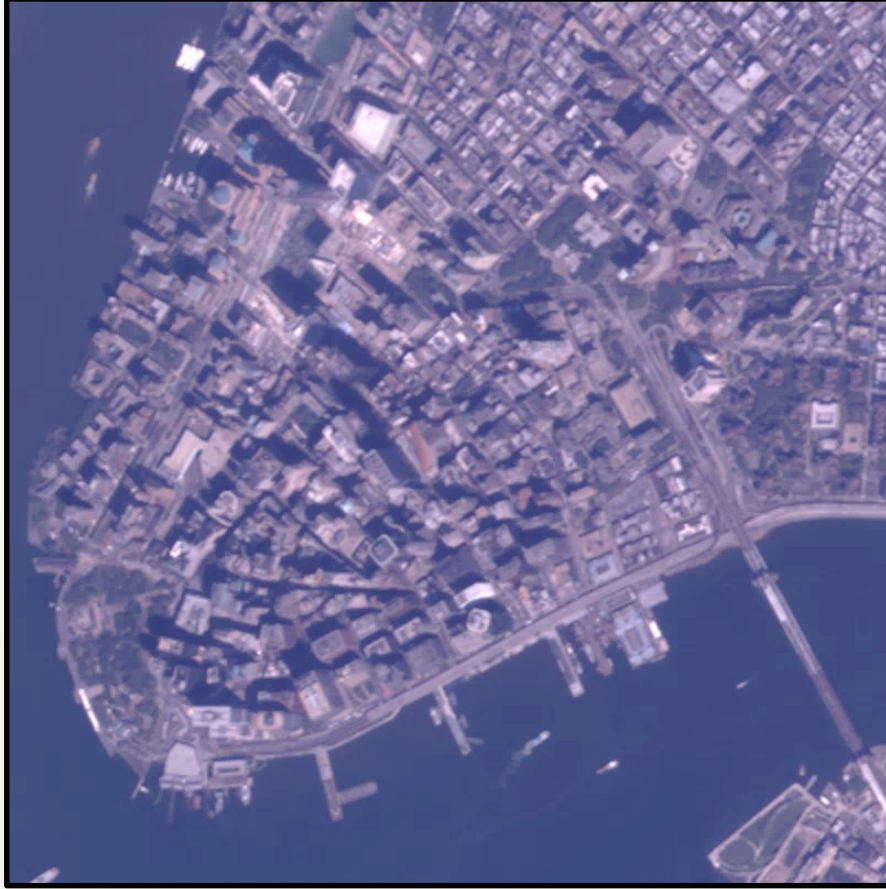
# New York City MS Görüntü ve HCS Metodu ile Pankeskinleştirilmiş Görüntü



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



# 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



# IHS



# HPF



# Wavelet



# Opt HPF



# HCS



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 - ~ ]        |

- 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 açığa 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.

- 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 değerın sıfıra yakın olması idealdir.

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

Unsharp metodu için görüntünün keskinleştirilmesinde

- Sigma
- Weight
- Threshold

parametreleri kullanılmaktadır.

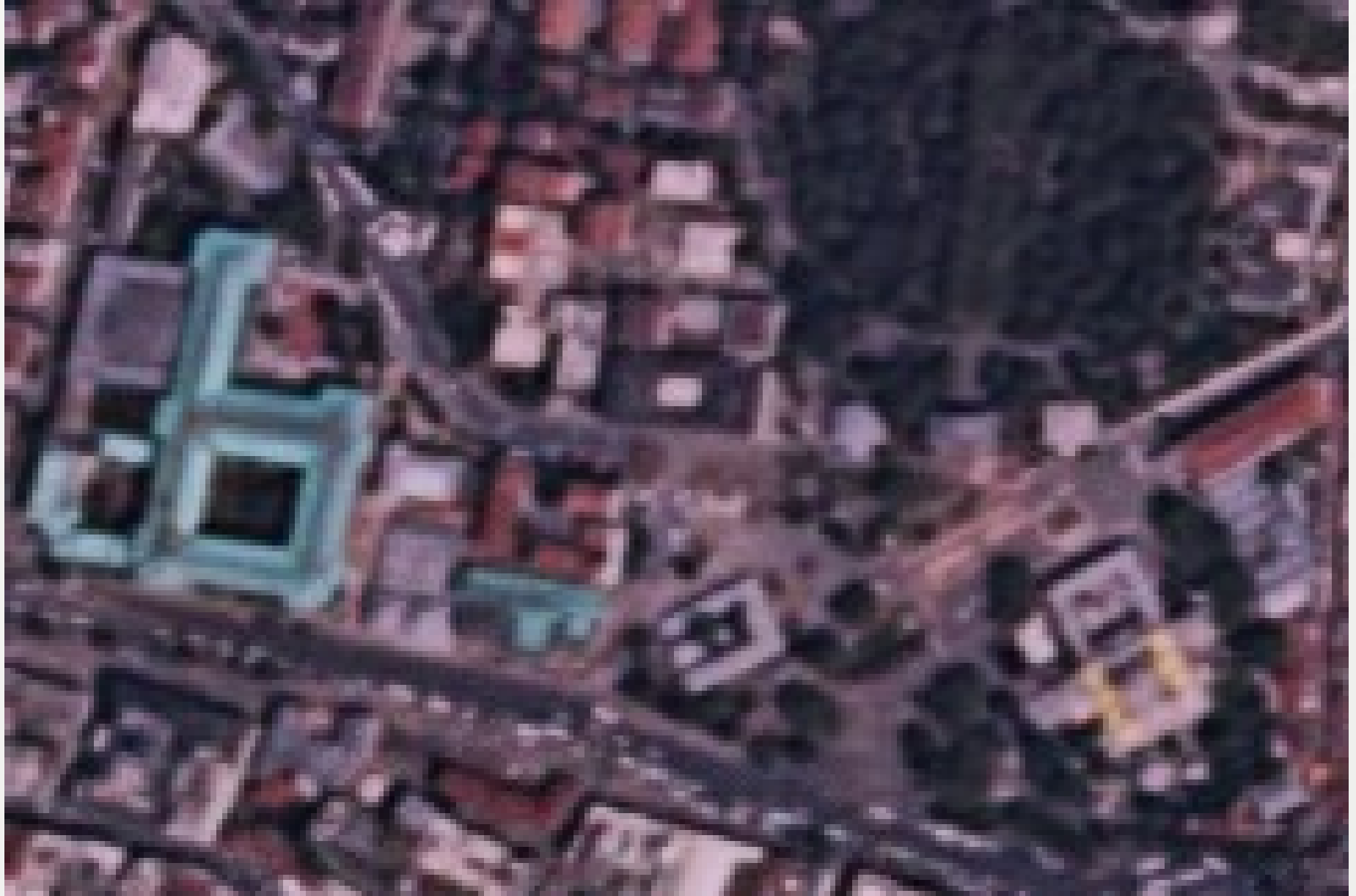
# İstanbul Unsharp - Sigma Kıyaslaması

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



# İstanbul Unsharp - Sigma Kıyaslaması

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



# İstanbul Unsharp – Weight Kıyaslaması ( $w=0.1, s=1, t=10$ )



# İstanbul Unsharp – Weight Kıyaslaması ( $w=0.9, s=1, t=10$ )

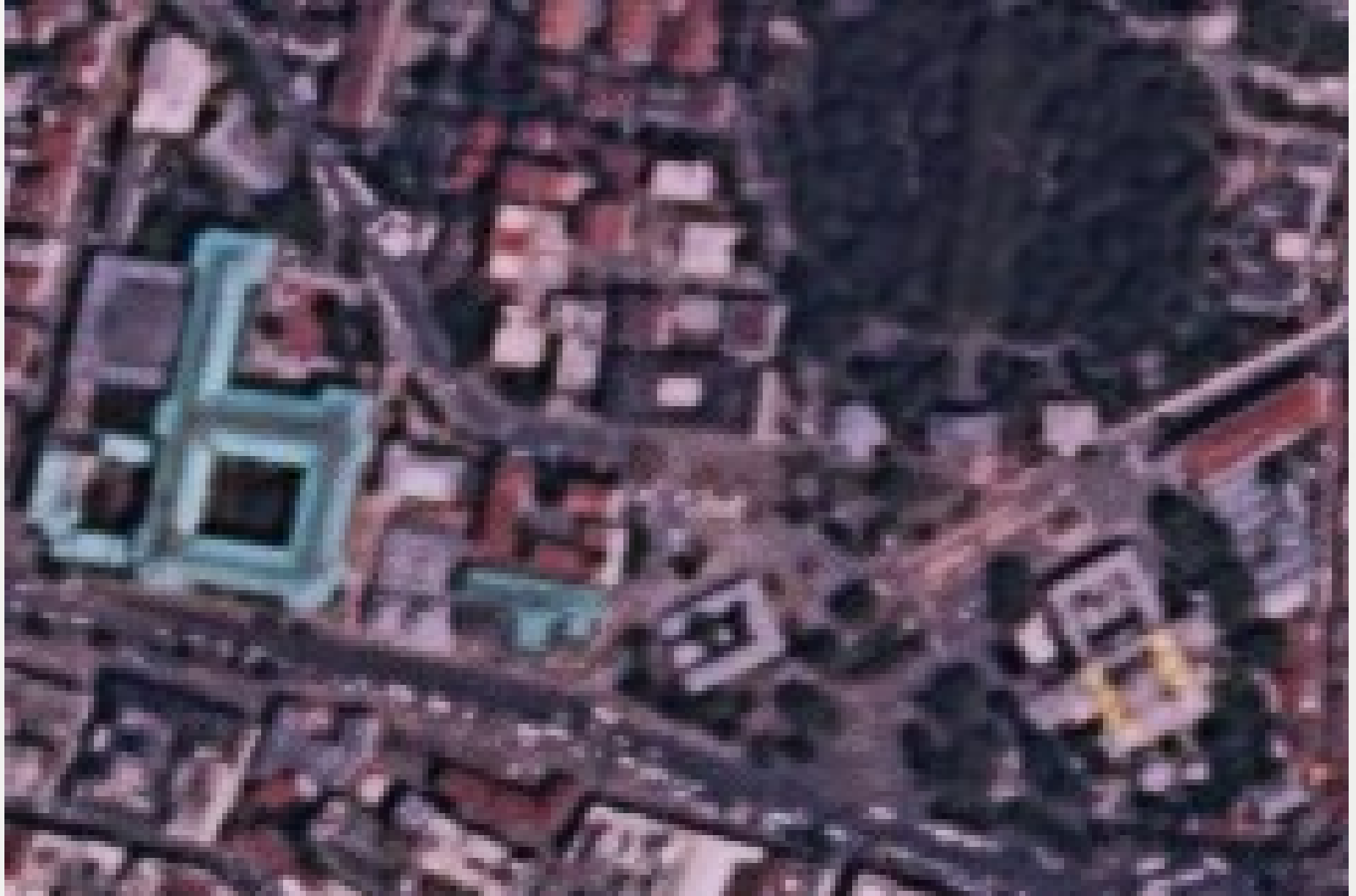


# İstanbul Unsharp – Threshold Kıyaslaması

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



# İstanbul Unsharp – Threshold Kıyaslaması ( $t=25, s=5, w=0.7$ )



# İstanbul - Unsharp Optimized HPF







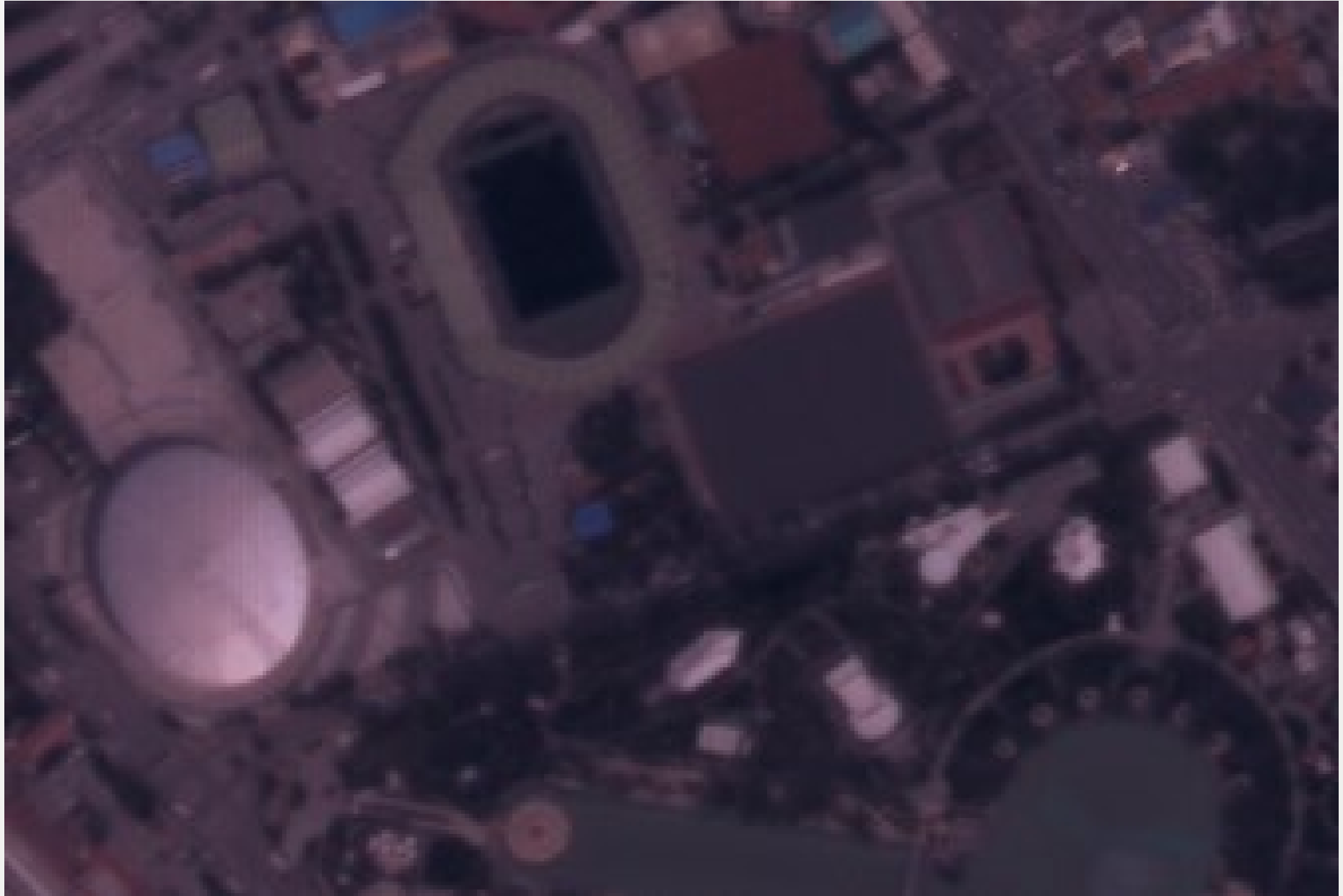
# İstanbul - Unsharp HCS



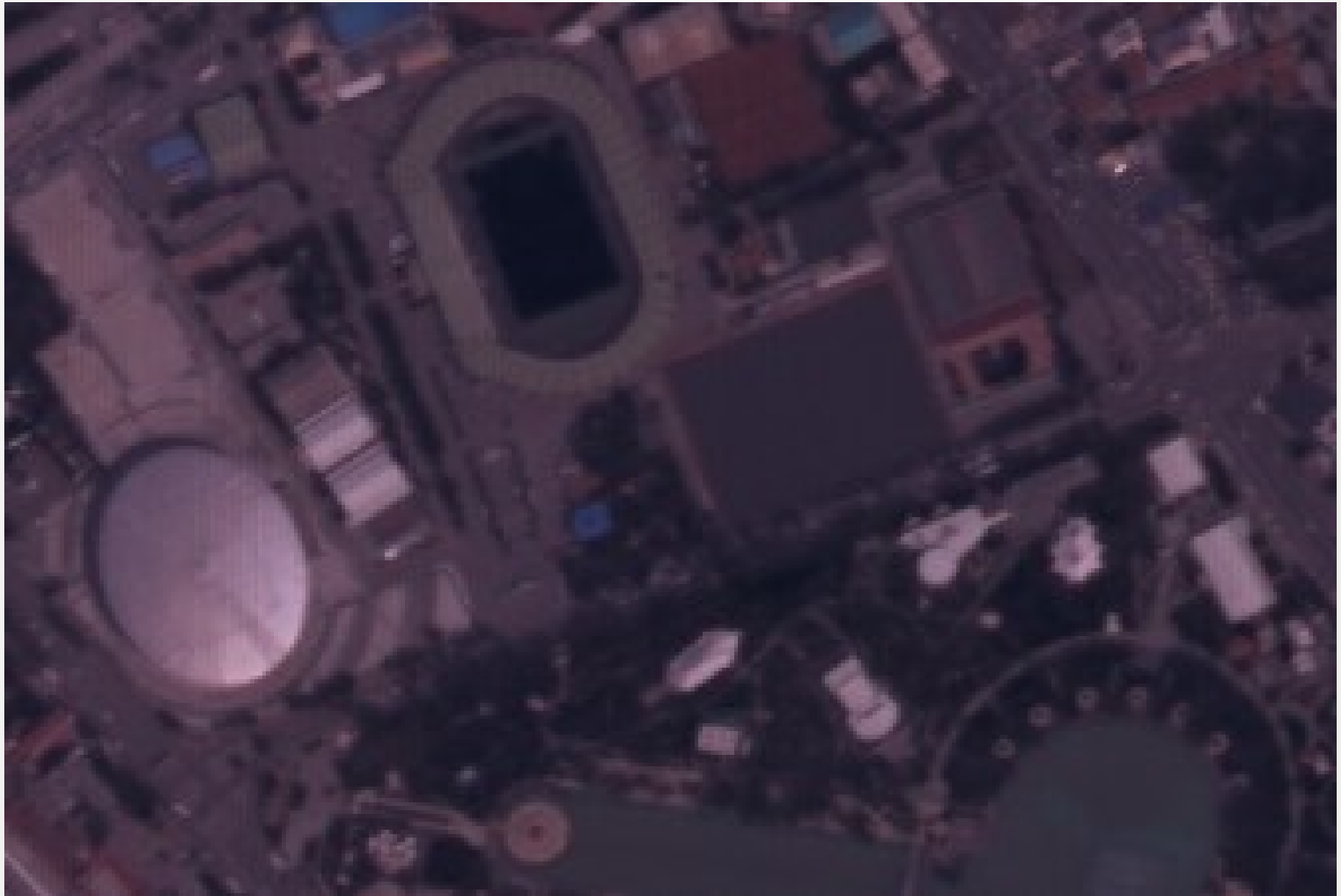
# Ankara – Google Earth



# Ankara - GS



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

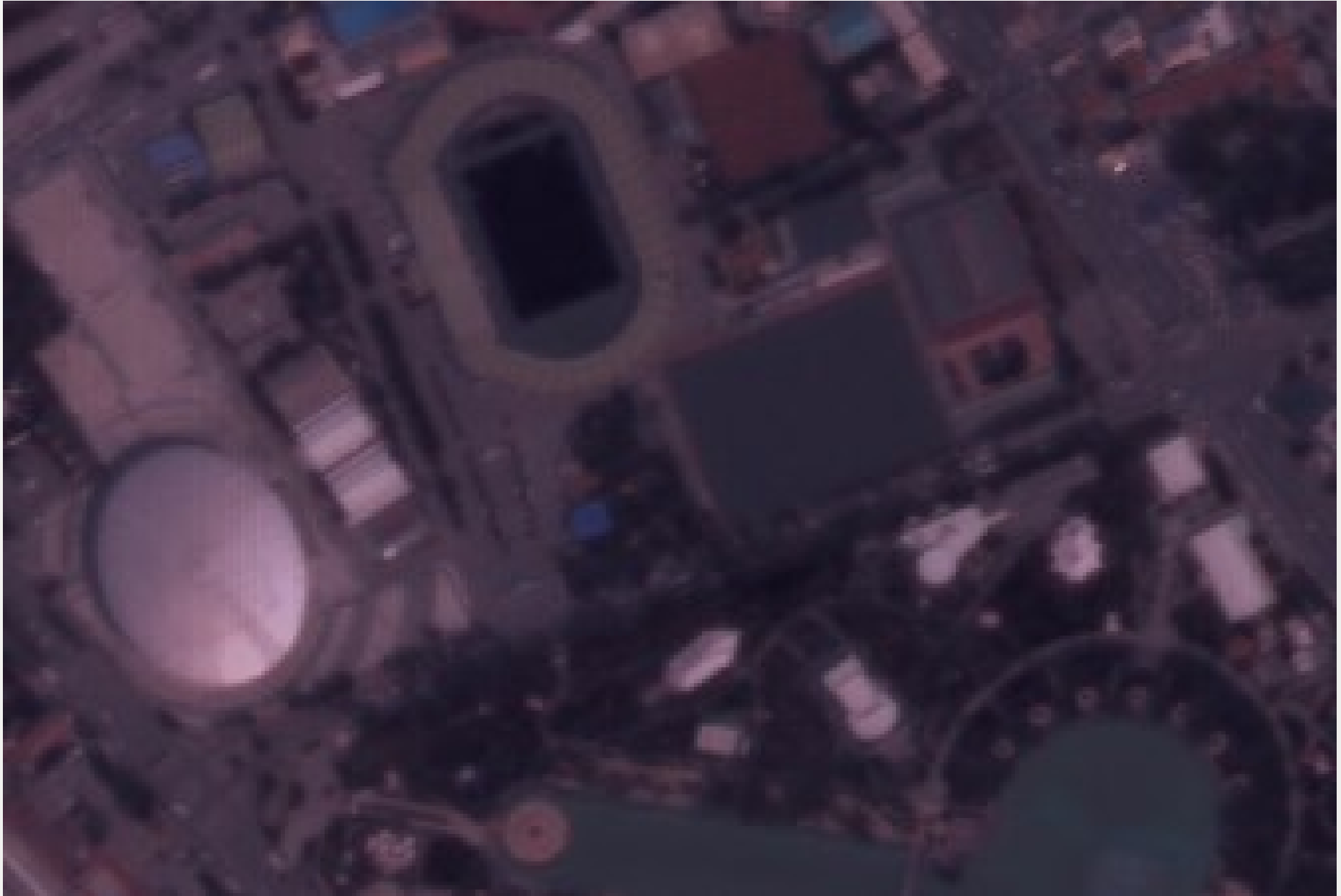


# Ankara - HPF

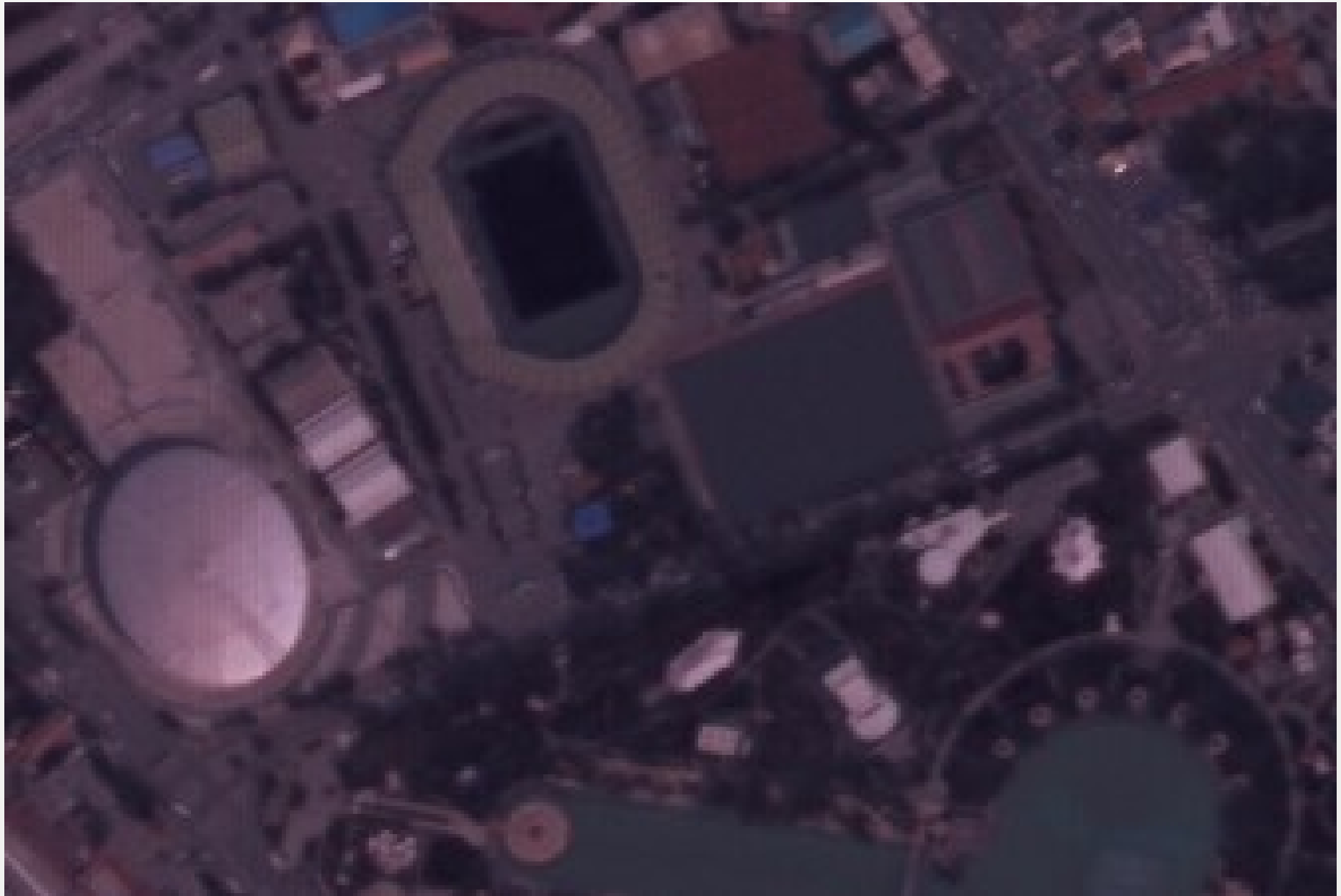


# Ankara - HPF (Unsharp $s=3, w=0.5, t=10$ )

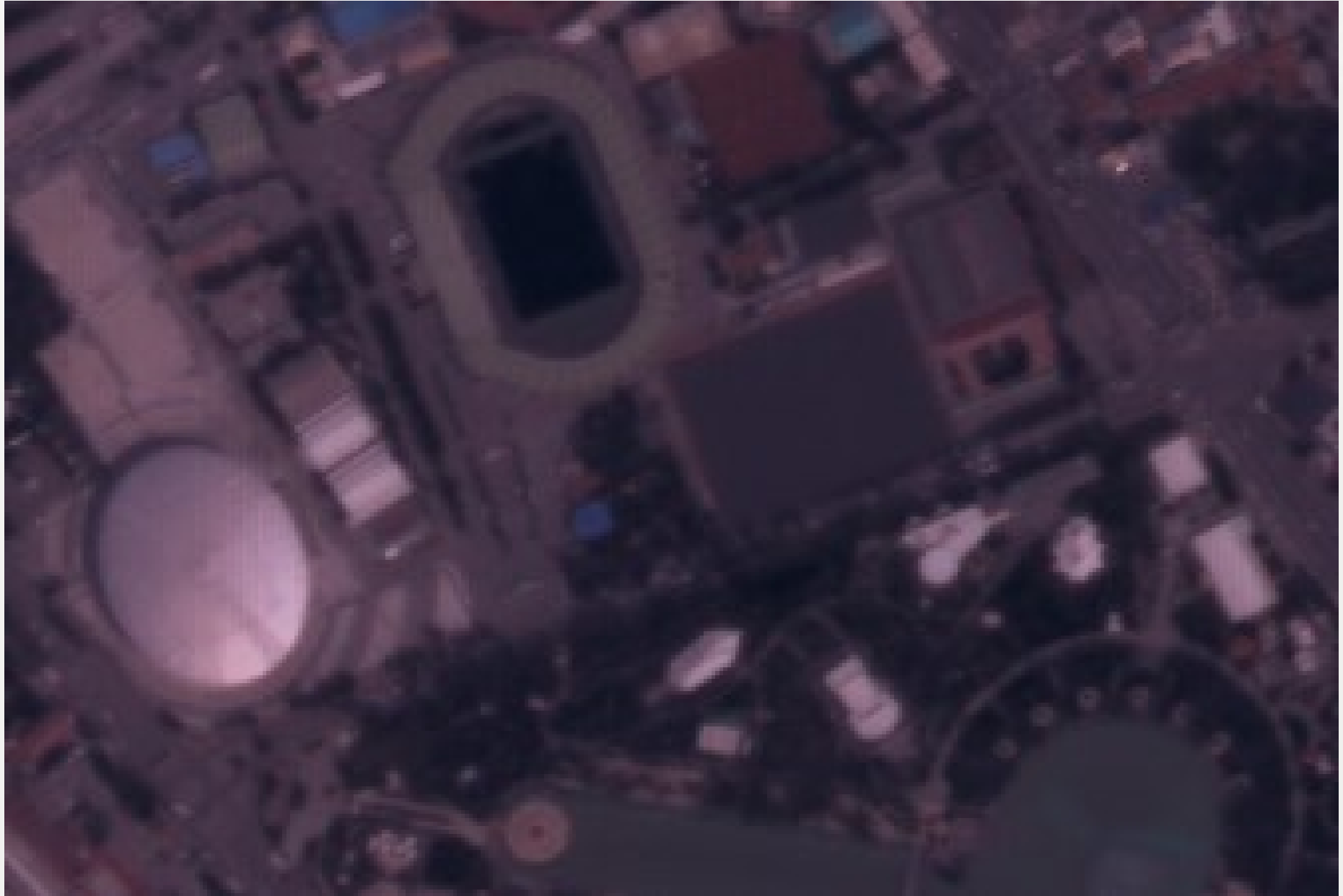




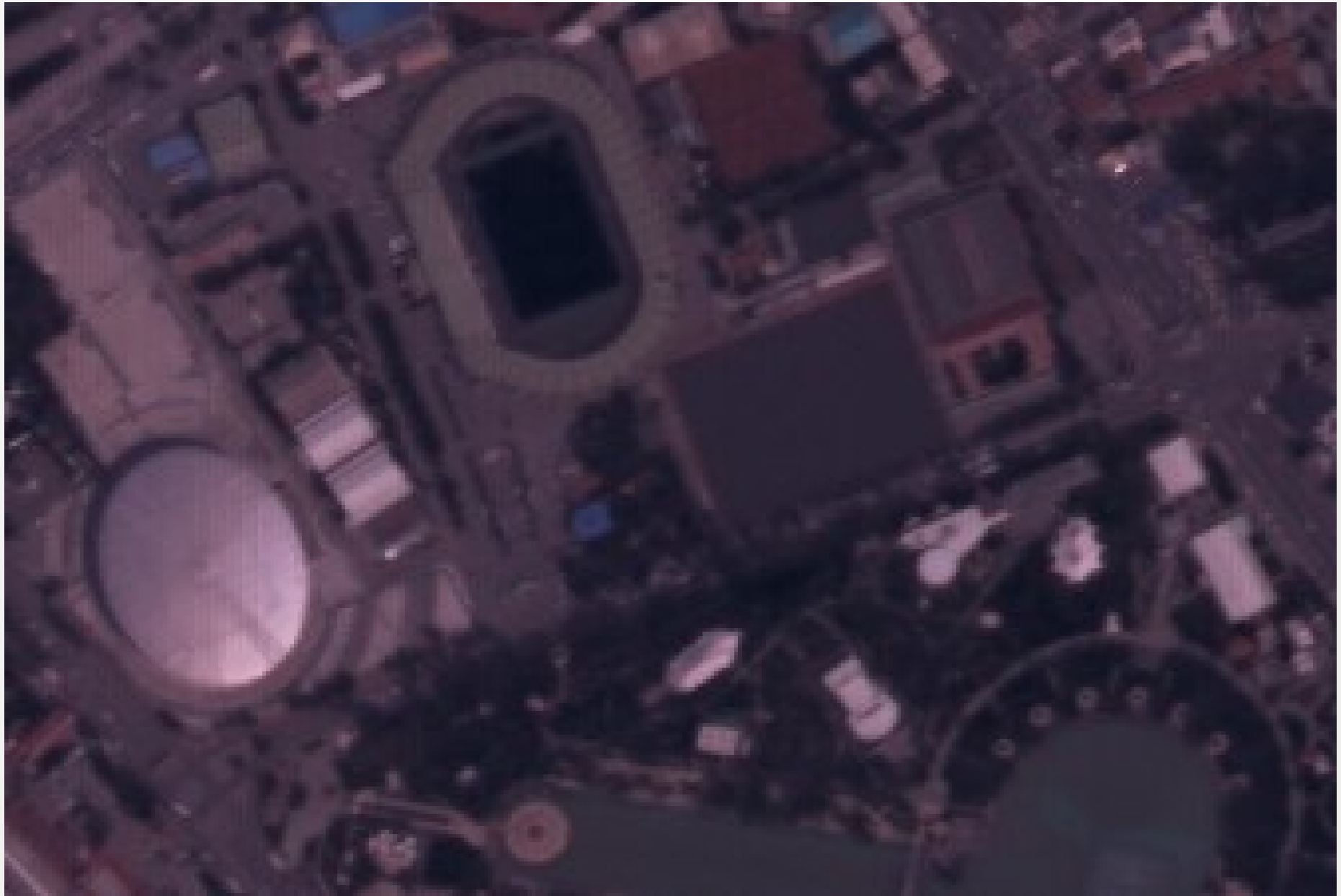
# Ankara - IHS (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)



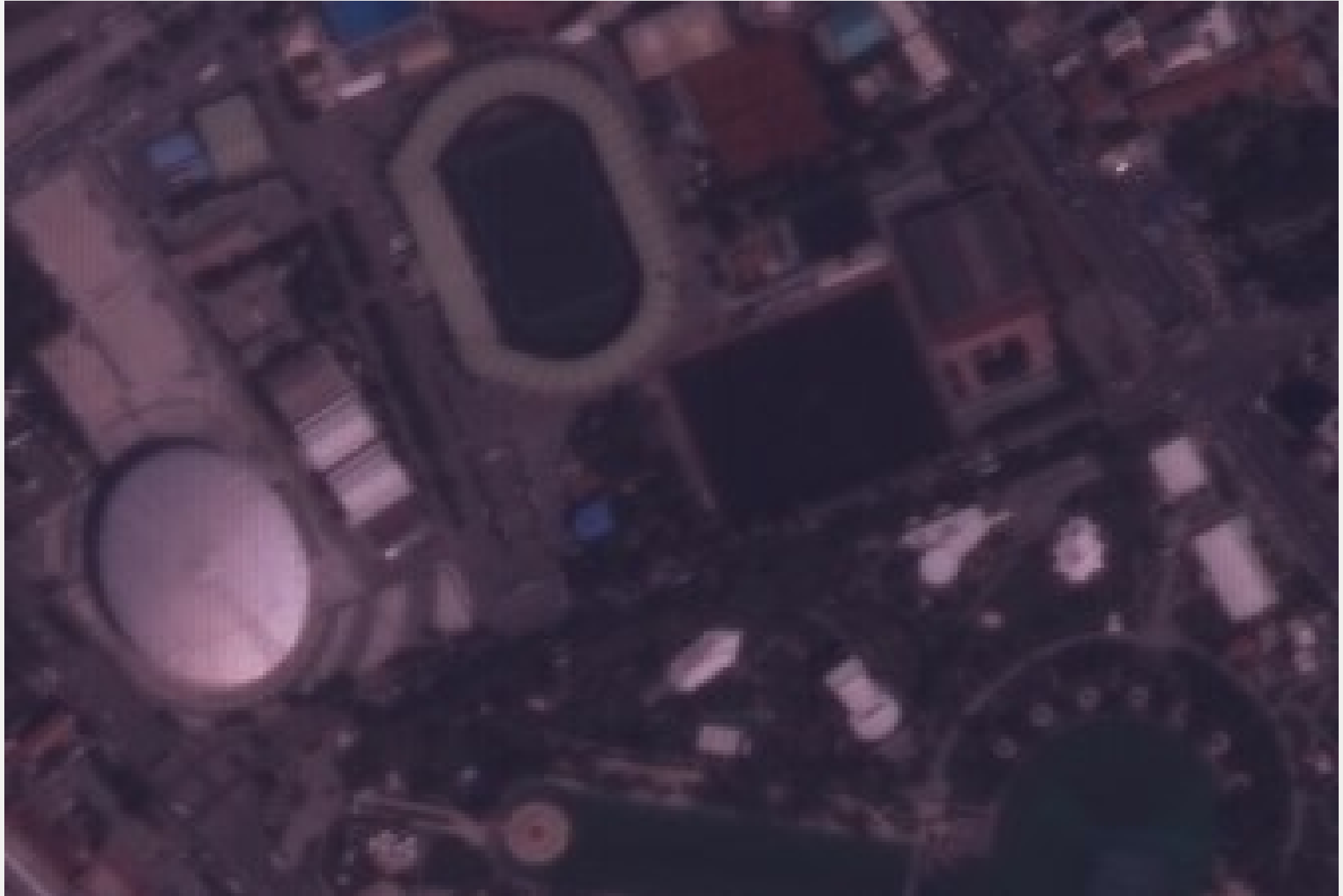
# Ankara - PCA



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



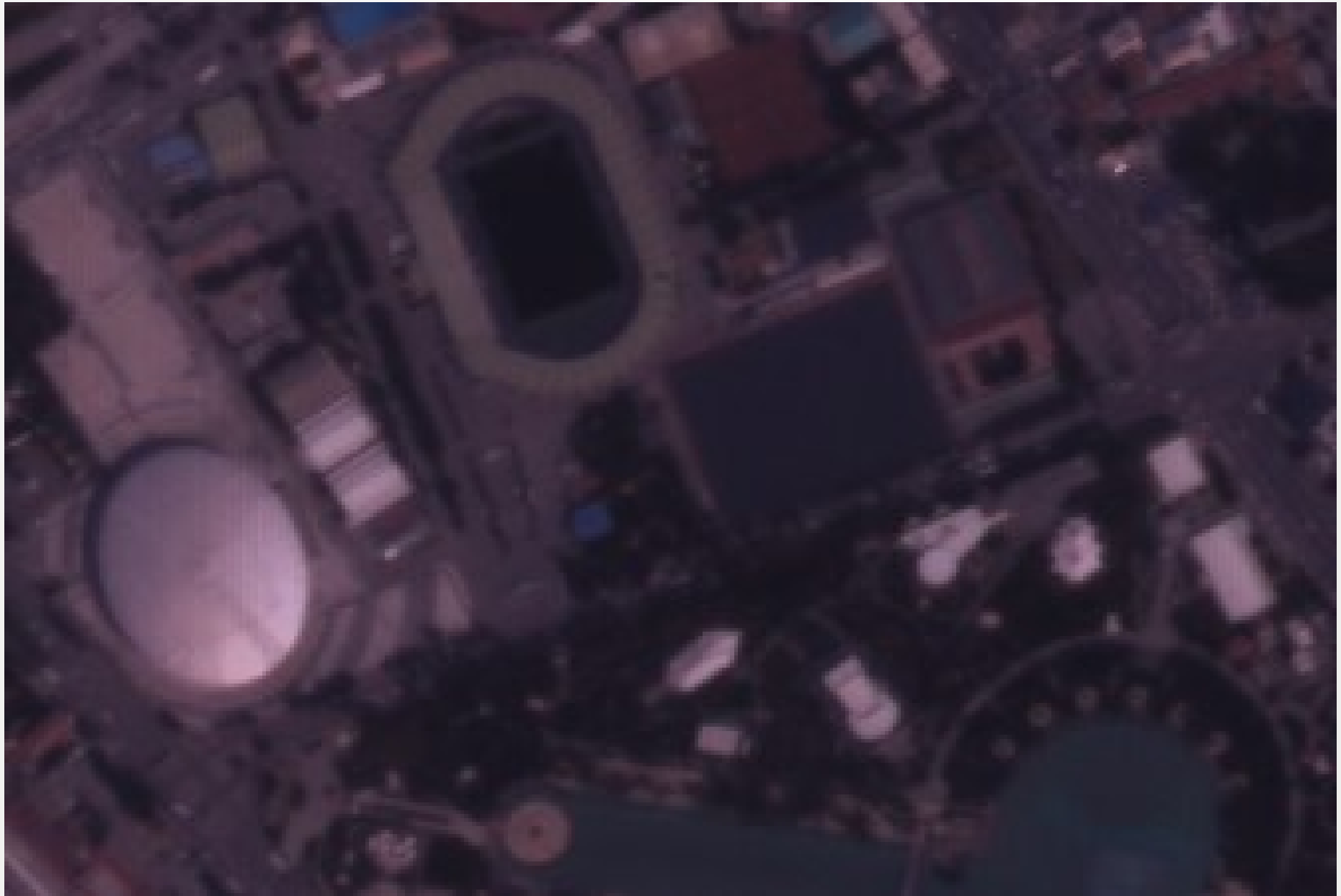
# Ankara - Wavelet



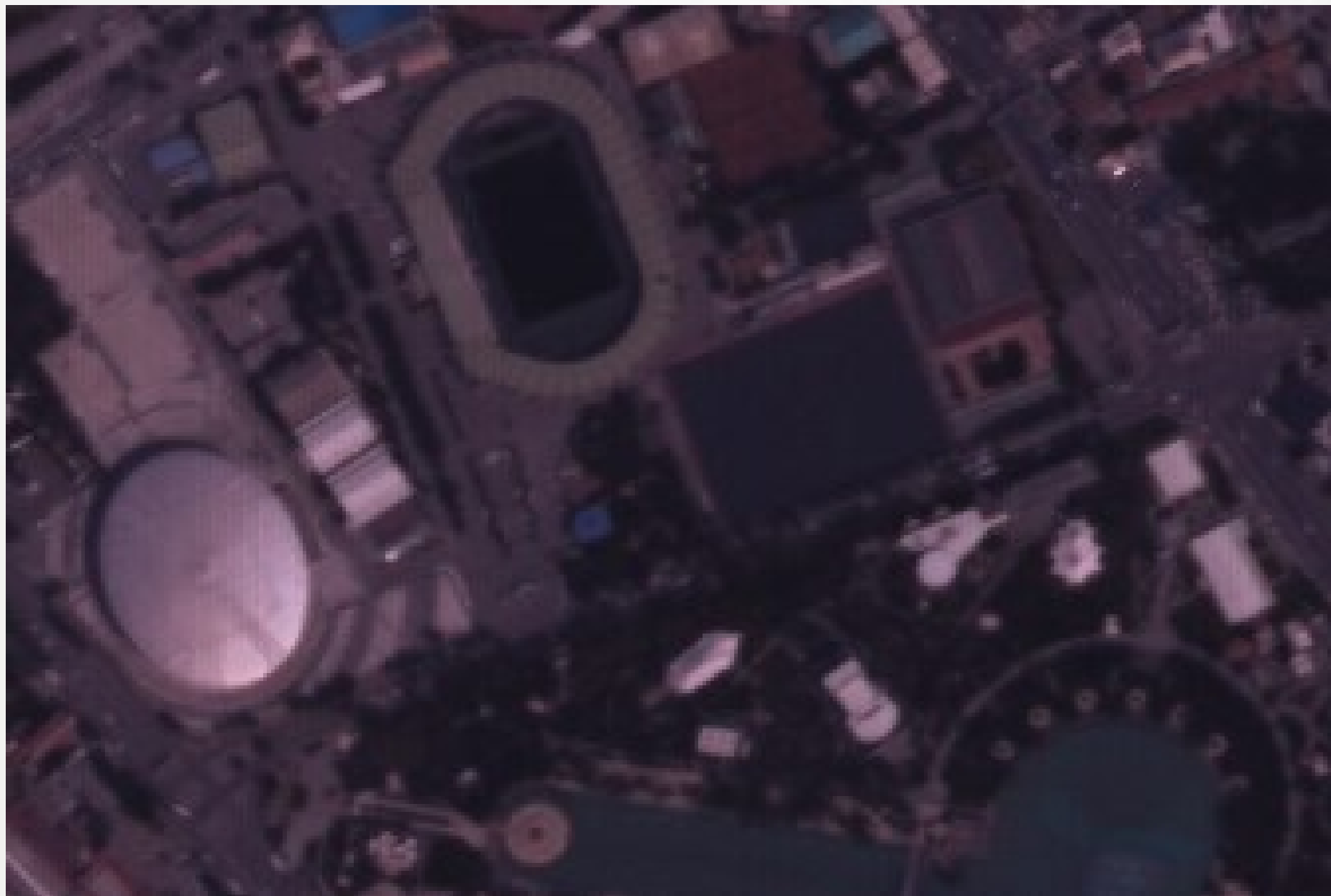
# Ankara - Wavelet (Unsharp $s=3, w=0.5, t=10$ )



# Ankara - Brovey



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

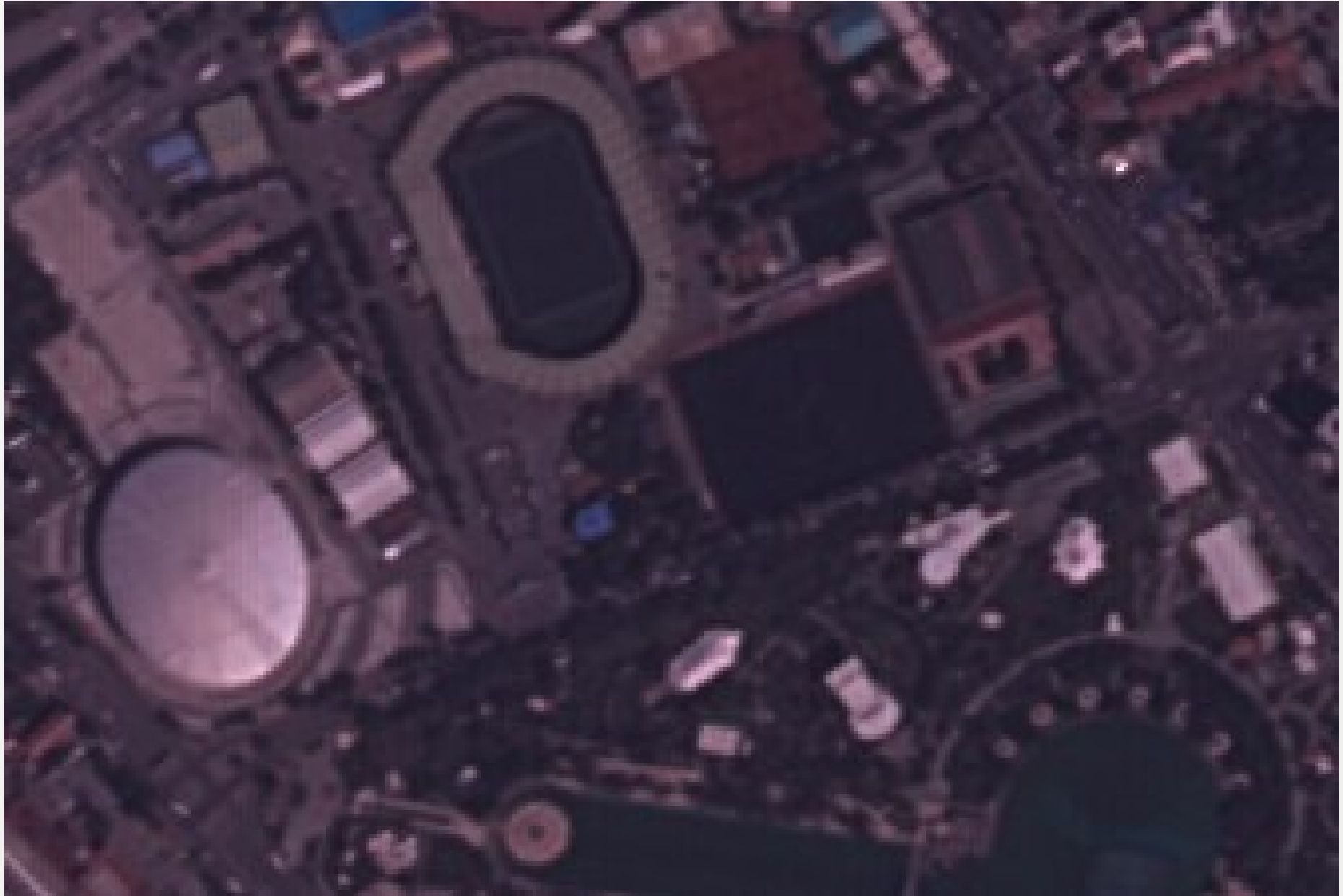




# Ankara - Opt\_HPF (Unsharp s=3,w=0.5,t=10)



# Ankara - HCS



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

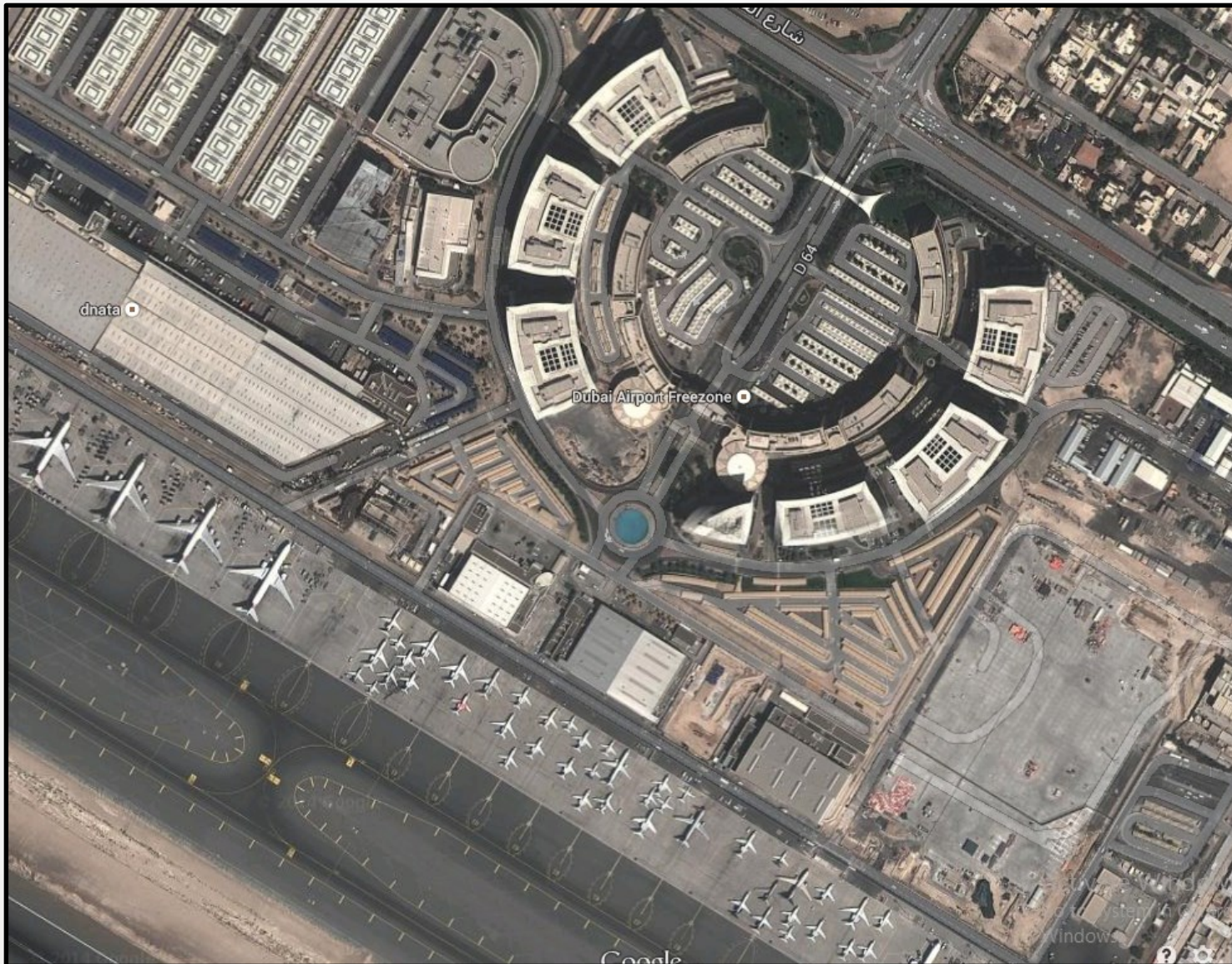




# San Francisco IHS - Unsharp(3,0.5,10)

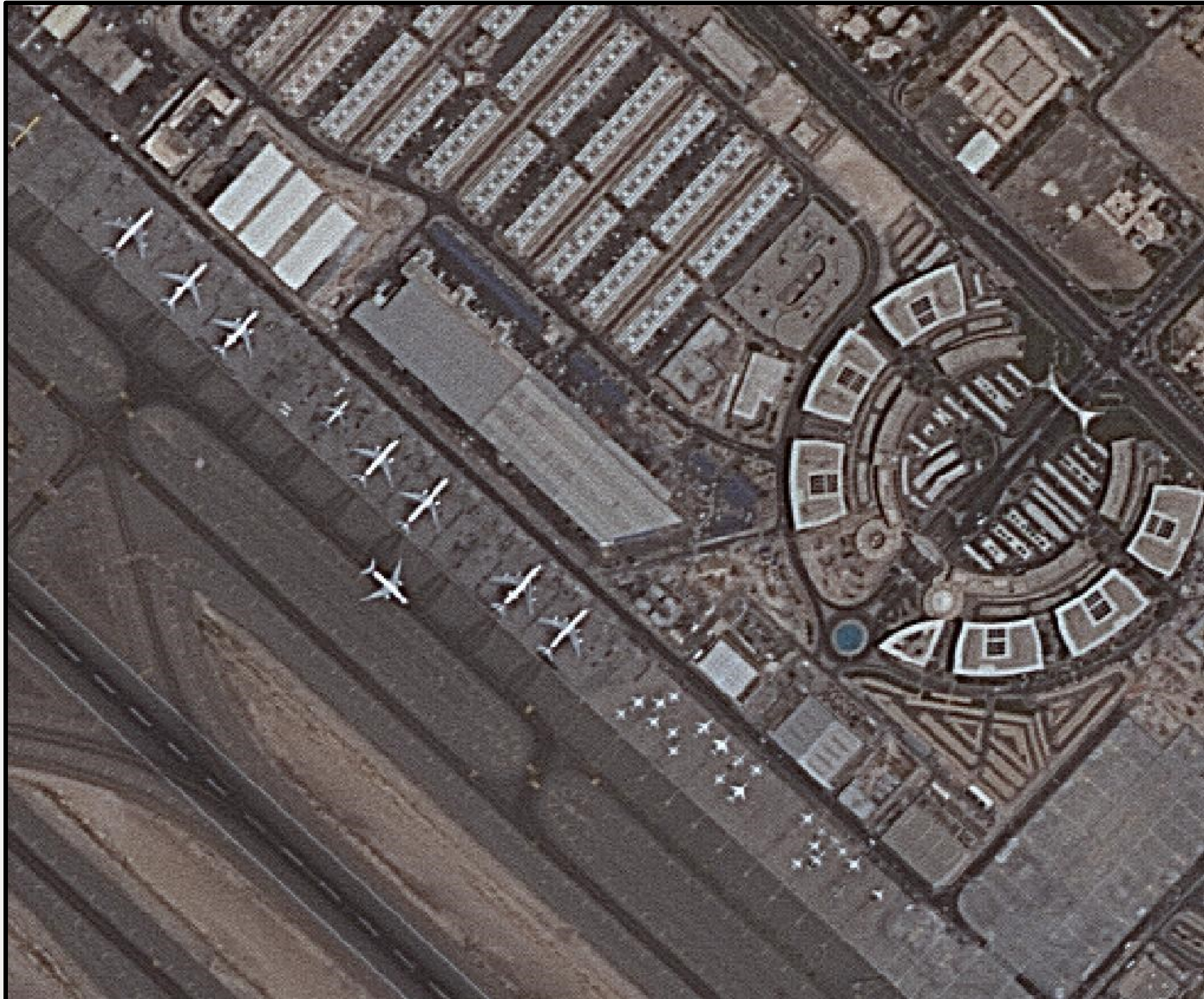


# Dubai – Google Earth



# Dubai - RGB

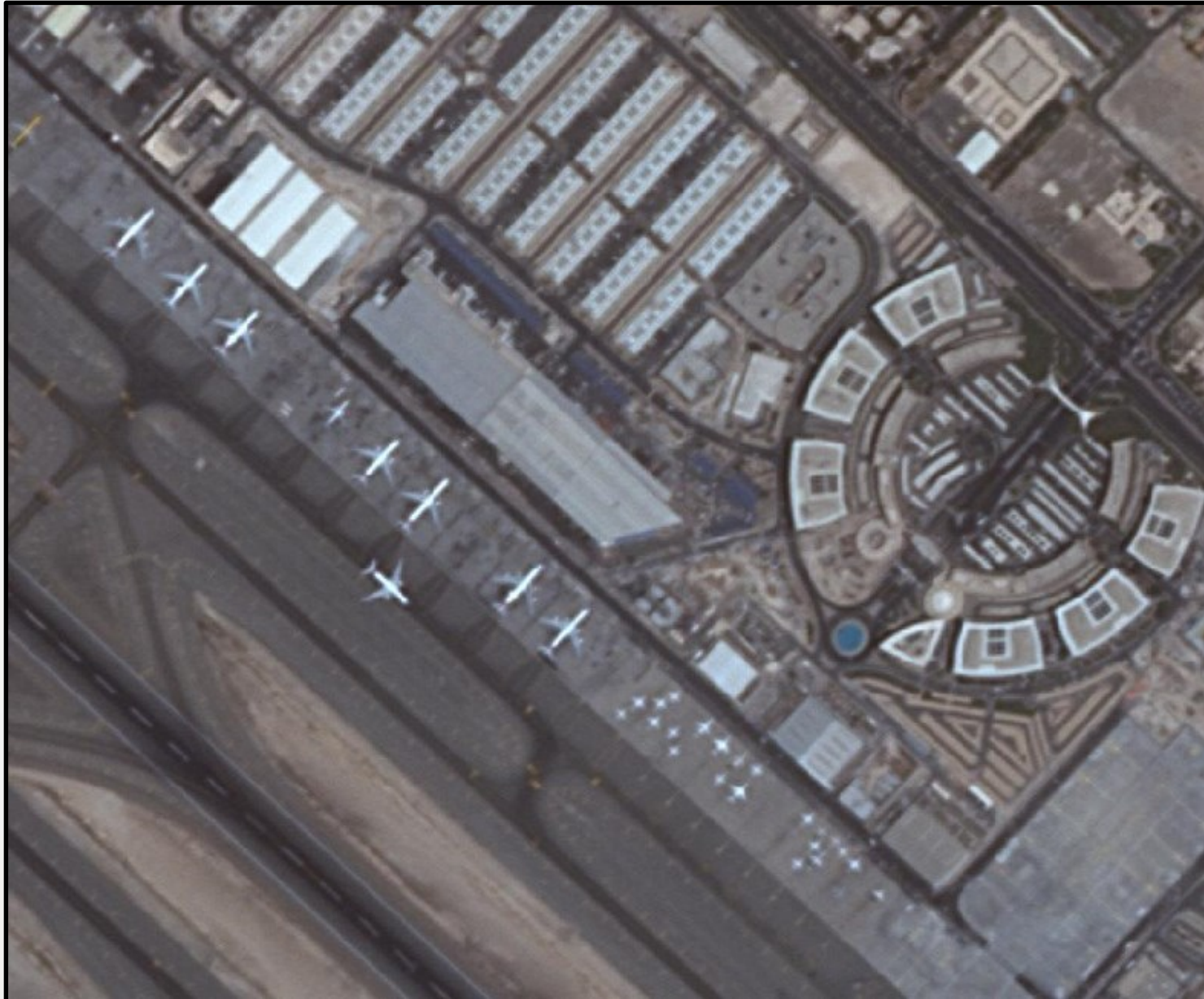




# Dubai - Optimized HPF



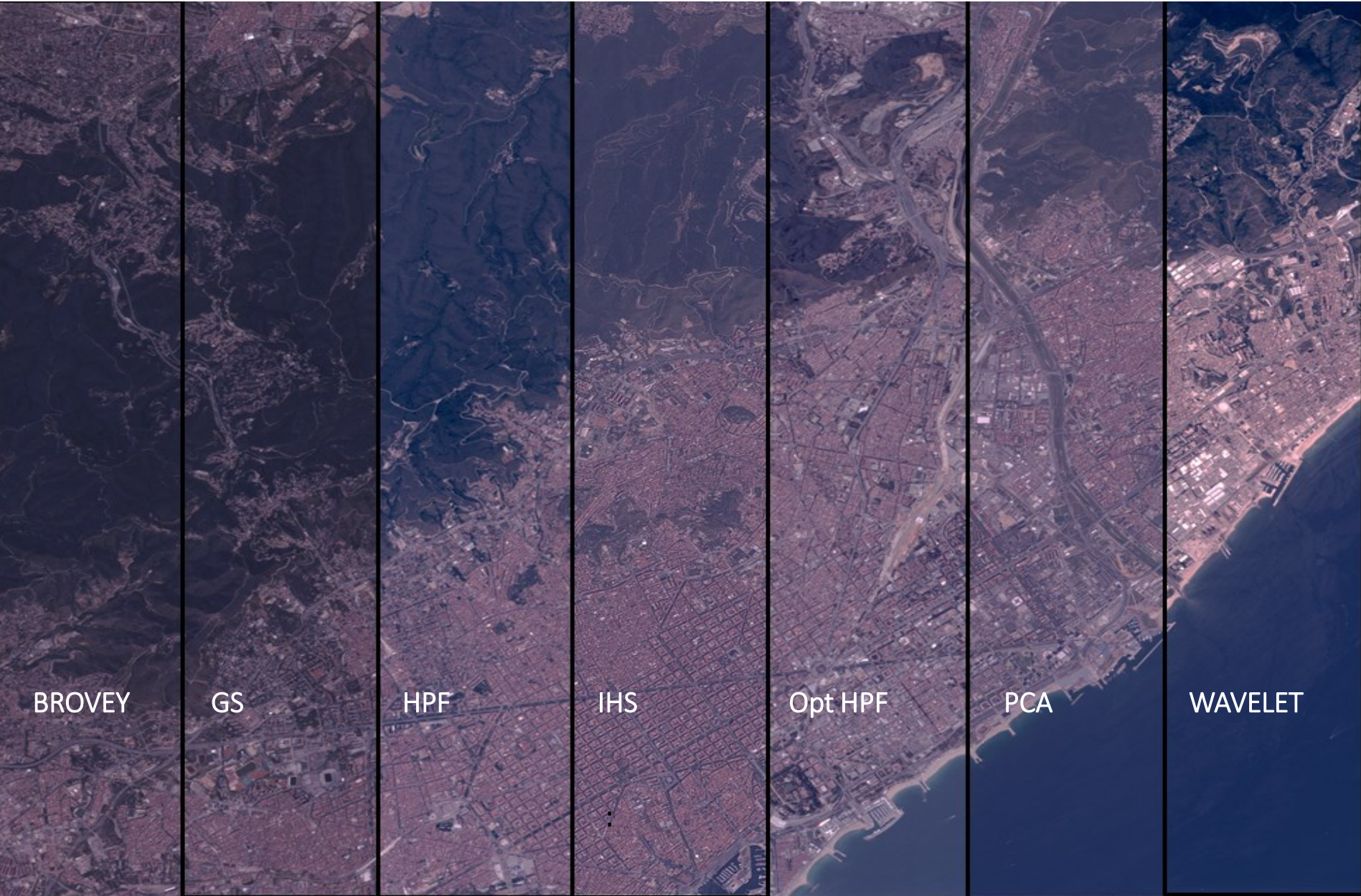
# Dubai - HCS



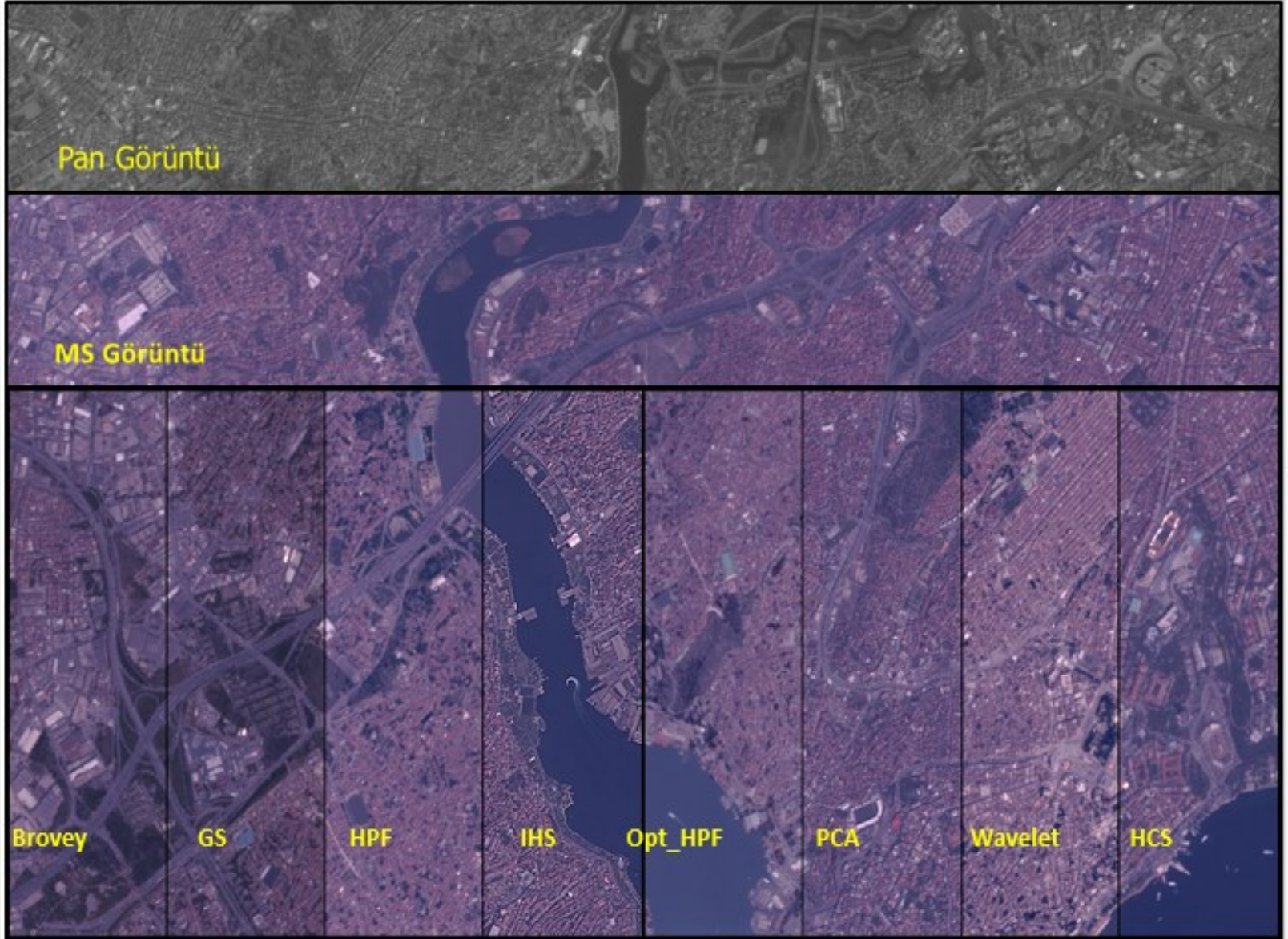
# Dubai - Unsharp HCS



# Barcelona Tüm Metodlar



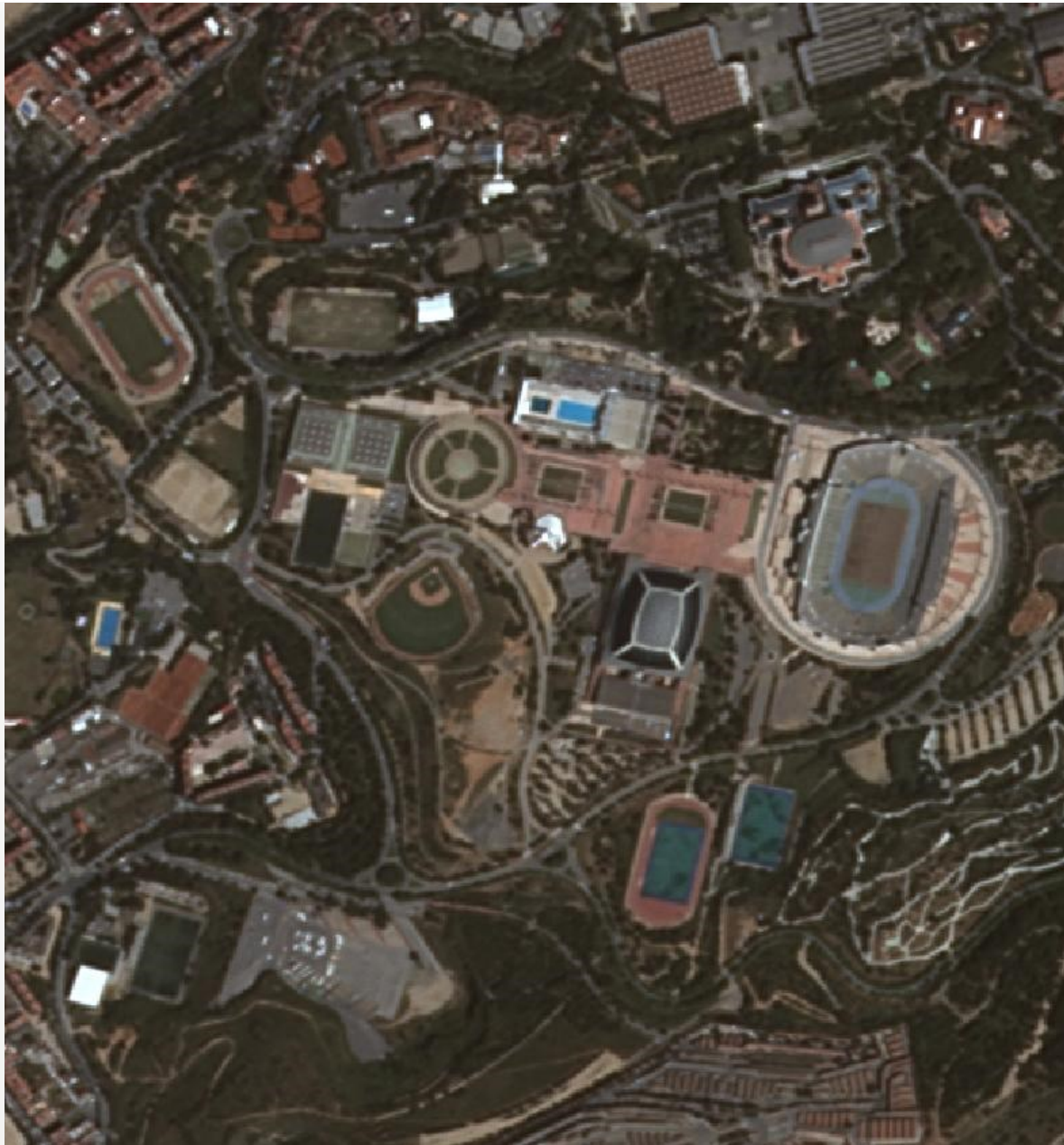
# İstanbul - Tüm Metodlar



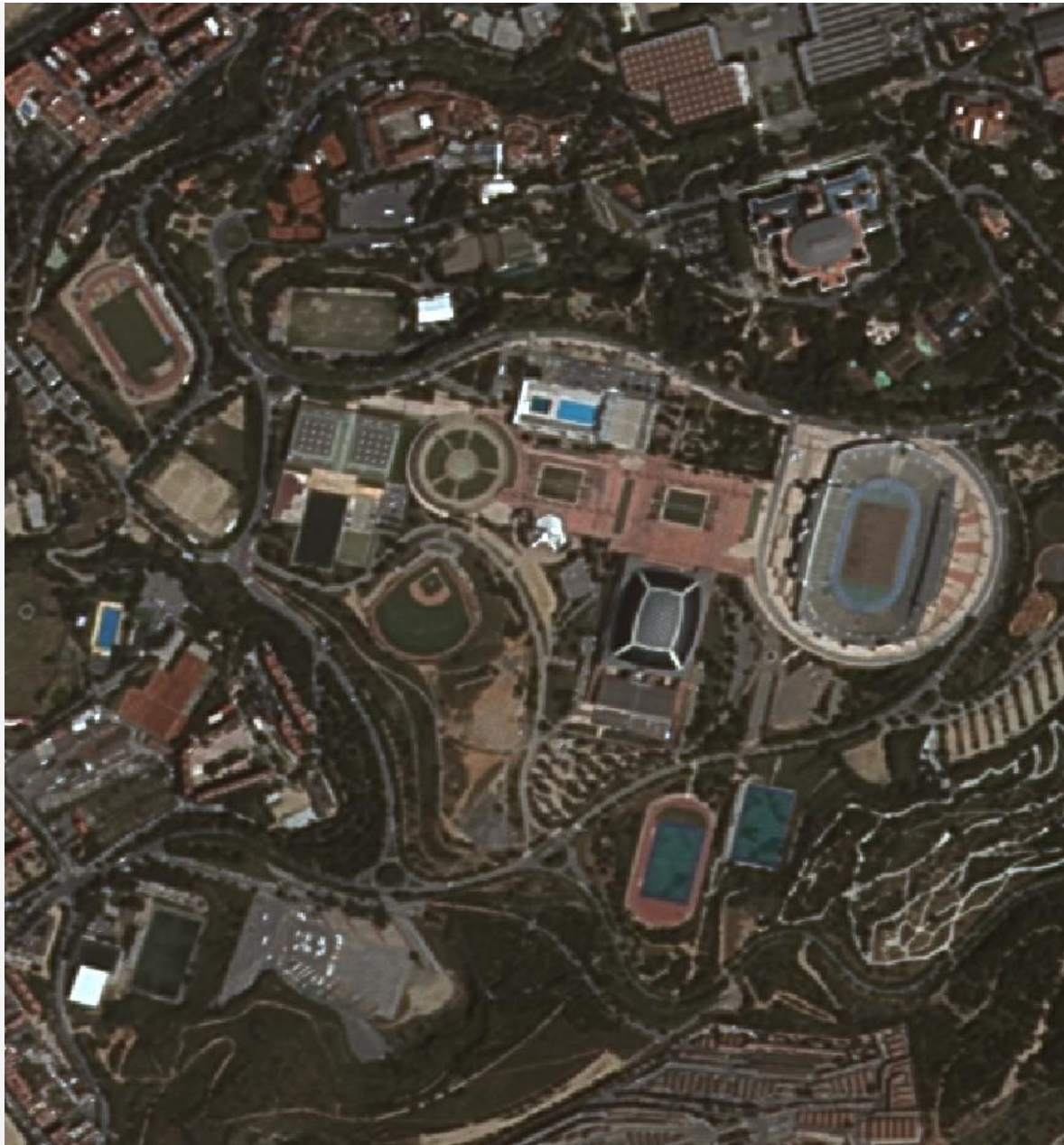
# Ankara Görüntüsü İçin HPF, Optimized HPF ve HCS Görüntüleri



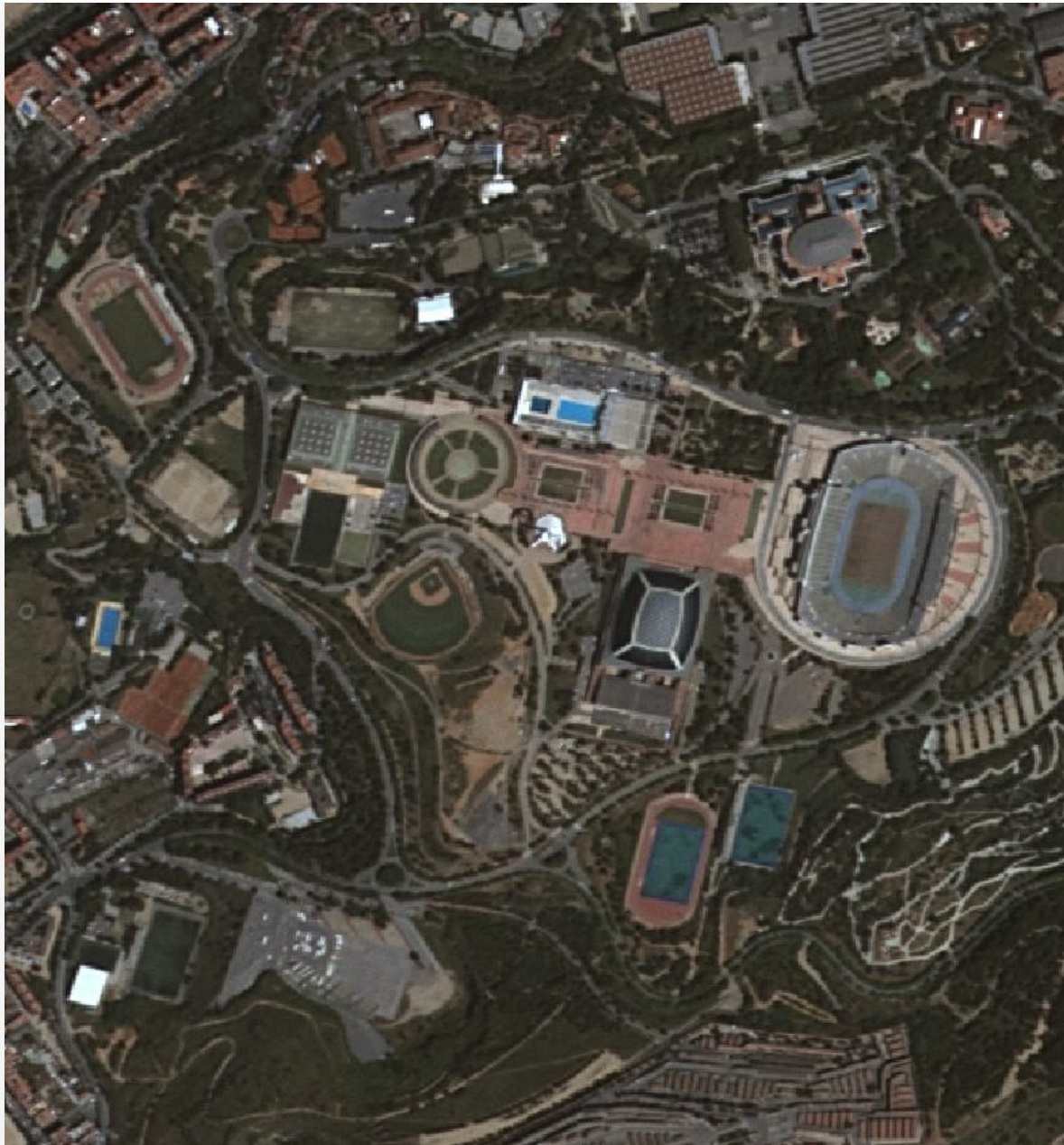




# Barcelona - HCS Unsharp



# Barcelona - Optimized HPF



# San Francisco - IHS



# Arcmap - IHS



GS





# Optimized HPF



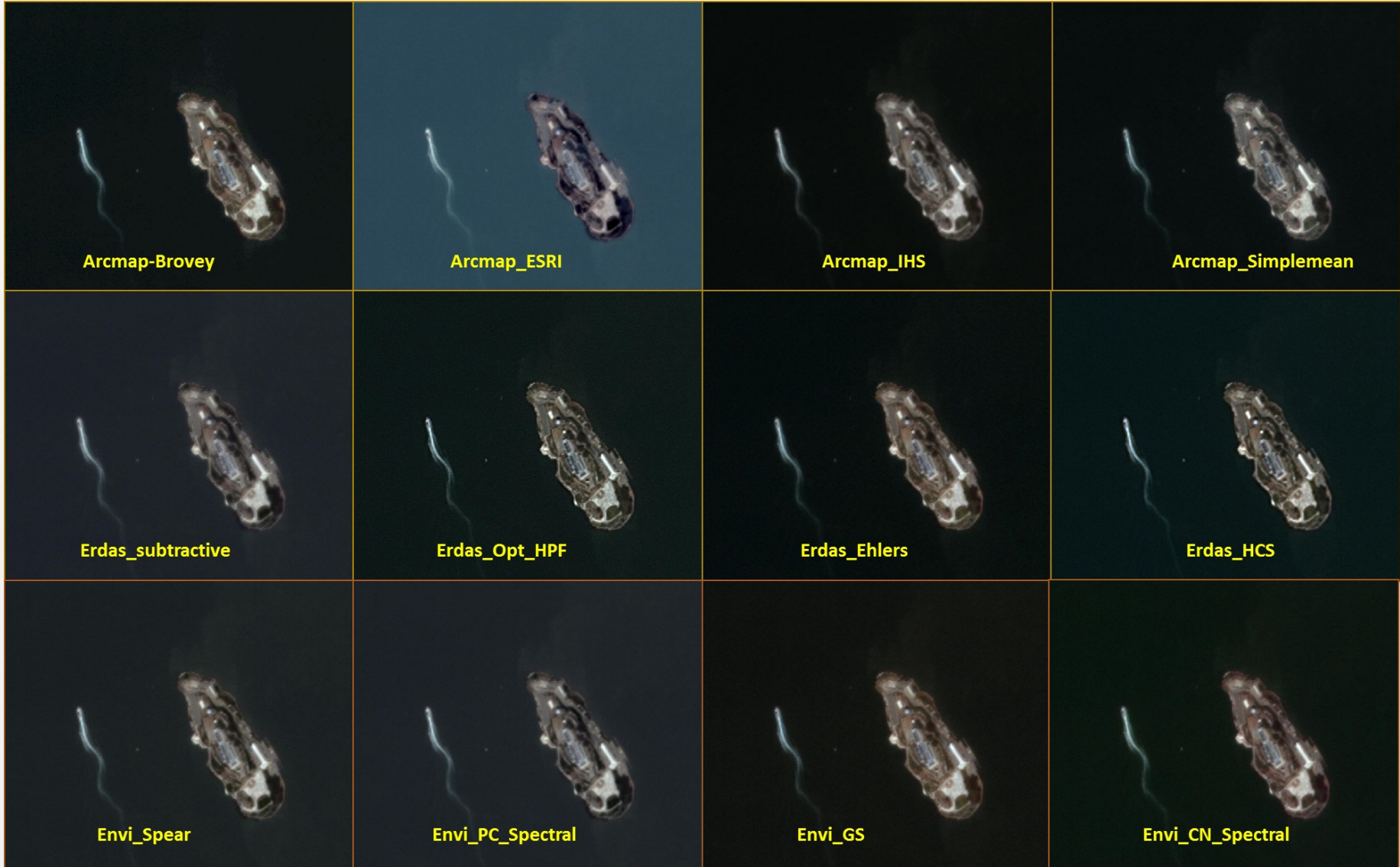
# Erdas – Optimized HPF

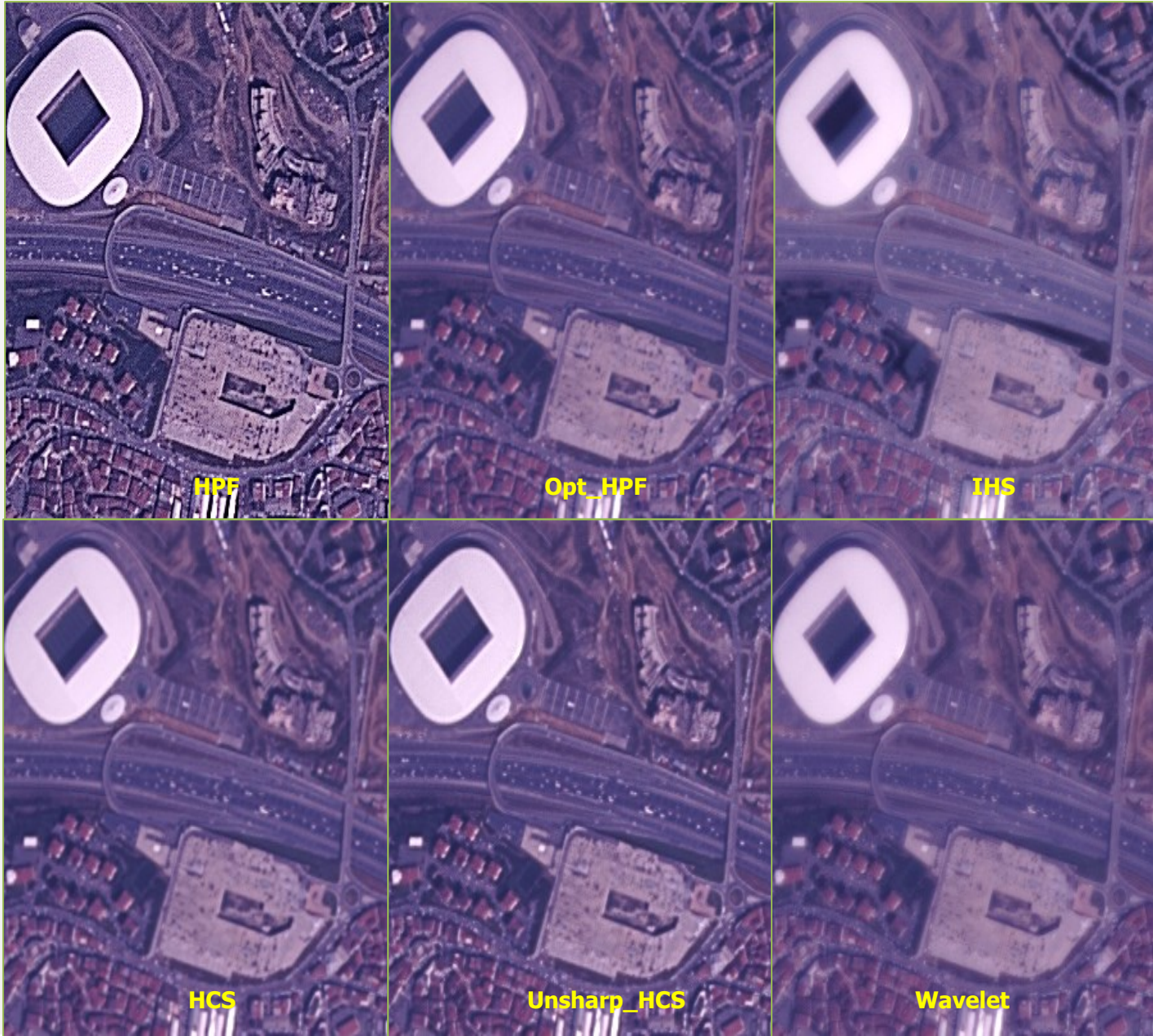


# HCS









# (MATLAB) Yöntemler ve Rakamsal Sonuçları (Ortalama)

|           | HPF   | PCA   | Brovey | GS    | Wavelet | IHS   | Opt_HP |
|-----------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| 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_HP | Opt_HP<br>(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    | 50,80                | 54,45                | 49,60          |
| SAM   0     | 2,17                 | 2,32                 | 2,12           |
| CC   1      | 0,96                 | 0,95                 | 0,96           |
| RASE   0    | 17,43                | 18,69                | 17,02          |
| QAVE   1    | 0,99                 | 0,99                 | 0,99           |
| SID   0     | 0,01                 | 0,01                 | 0,01           |
| ERGAS   0   | 4,64                 | 4,97                 | 4,53           |
| SPATIAL   1 | 0,98                 | 0,98                 | 0,97           |

# 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 |

|                    | 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_HP       | 25,87    | 0,92        |
| ERDAS Subtractive  | 58,46    | 0,99        |

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

# Ankara Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçları

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

# San Francisco Ticari Yöntemler Rakamsal Sonuçları

|           | IHS   | ArcMap<br>IHS | Opt_HP | ERDAS<br>Opt_HP | GS    | ENVI<br>GS | HCS   | ERDAS<br>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