

Radyometrik ve Atmosferik Düzeltme

**Doç. Dr. Oğuz Güngör & Yrd. Doç. Dr. Esra Tunç
Görmüş**

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Harita Mühendisliği Bölümü
61080 Trabzon
ogungor@ktu.edu.tr;

- Geçen iki dersimizde uydu görüntülerinin geometrik olarak nasıl düzeltildiğini görmüştük. Bu konu uzaktan algılama literatüründe görüntülere uygulanan ön işleme konusu altında ele alınır.
- Bu hafta başka bir ön işleme konusu olan görüntülerde kayıp satır veya sütun verisinin ya da detektörlerin hepsinin aynı performansta çalışmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan de-stripping konusunu ele alacağız.

- **Öncelikle şunu söylemek gerekir ki ne kayıp satır veya sütun hatasını ne de de-stripping durumunu tamamen düzeltmek mümkün değildir.**
- **Kayıp satır veya sütun hatası kayıp verinin yerine geçebilecek en uygun verinin eldeki satır ve sütunları kullanarak tahmin edilmesi prensibine dayanır.**
- **De-stripping ise hatalı görüntüdeki piksellerin gri değerlerinin değiştirilerek hatanın minimum indirilmesi prensibine dayanır.**
- **Bu iki operasyona kozmetik operasyonlar da denir.**

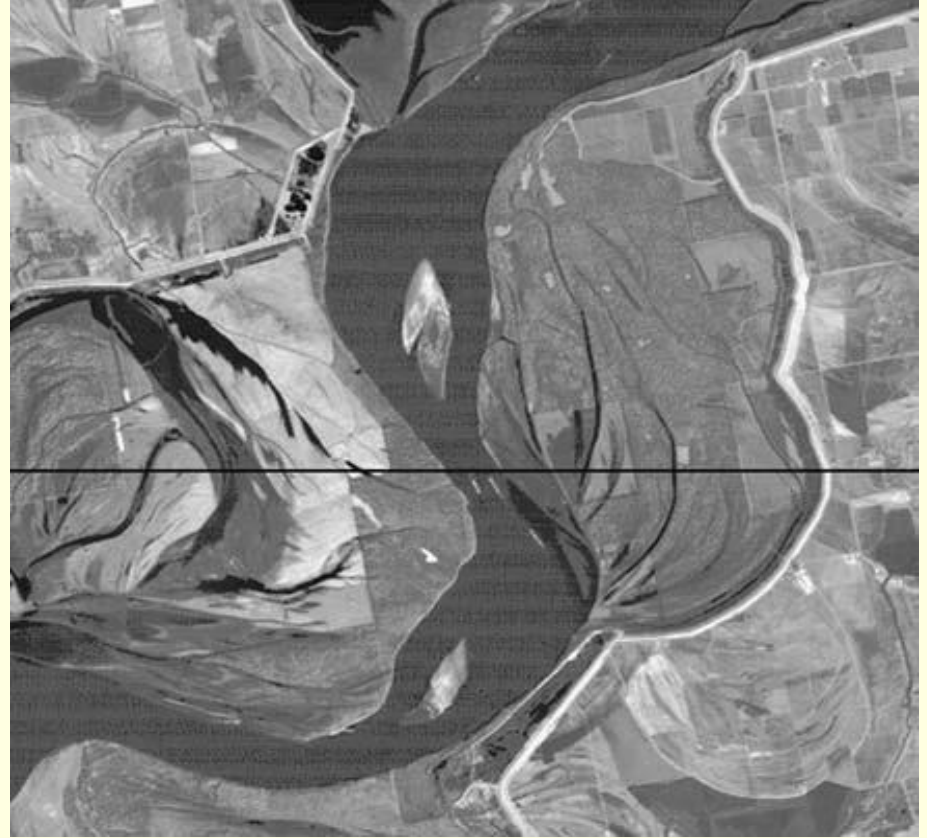
Kayıp satır hatası

- Bu hata bir görüntünün kısmen veya tamamen bir satırının simsiyah çıkması olarak kaşımıza çıkar.
- Sebebi: genellikle uydudaki tarama veya örnekleme anındaki hatadan veya kayıt ya da nakledilirken oluşan hatadan veya görüntü tekrar CD-ROM ya da DVD gibi bir ortama kaydedilirken oluşabilir.
- Sebebi her ne olursa olsun bu kayıp satırlar görüntüde yatay siyah ya da beyaz şeritler şeklinde ortaya çıkacaktır.
- Eğer 8-bit bir görüntümüz varsa bu satıra ait pikseller ya hep 0 ya da hep 255 değerine sahip olacaktır.

Kayıp satır hatası

Görüntüde olmayan bir satıra ait tüm piksel değerlerinin gerçekte ne olduğunu tahmin etmek mümkün değildir. Bu piksellere ait gerçek gri değerler bir bilinmez olarak kalacaktır.

Fakat bu kayıp gri değerlerin bir önceki ve bir sonraki satırlardaki gri değerlere benzer gri değerler olabileceği varsayımı yine de yaklaşık bir değer hesaplayabilmemize olanak sağlayacaktır.



Yöntem - 1

- Bu çok basit yöntem, kayıp satıra ait tüm piksellerin ondan bir önceki satırdaki piksel değerleri ile değiştirilmesini önerir.
- Kayıp piksel değerini $V_{i,j}$ olarak gösterelim. Burada i görüntüdeki kayıp piksele ait satır numarasını, j ise o piksele ait gri değeri gösterebilir. Dolayısıyla kayıp satıra ait yeni piksel değerleri:

$V_{i,j} = V_{i,j-1}$ şeklinde olacaktır.

- Eğer kayıp satır görüntünün ilk satırı olsaydı, o zaman yapılacak işlem:

$V_{i,j} = V_{i,j+1}$ şeklinde olacaktır.

Yöntem -1 için Matlab Kod örneği

Örneğin görüntümüzün 548. satırının kayıp satır olduğu tespit edilmiş olsun

```
img= imread(landsat_4.tif);
```

```
img(548,:)=img(547,:);
```

```
imwrite(img,'duzelmis_landsat_4.tif', 'tif');
```

Yöntem 2

- Bu kez kayıp satıra ait gri değerler, kayıp satırdan bir önceki ve bir sonraki satırlara ait gri değerlerin ortalaması şeklinde hesaplanır.

Yani:

$$V_{i,j} = (V_{i,j-1} + V_{i,j+1}) / 2;$$

- Tabi bu durumda sonuç en yakın tam sayı değerine yuvarlanmalıdır.
- Matlab Kod örneği:

```
img= double(imread(landsat_4.tif));
```

```
img(548,:)=uint8(round((img(547,:)+ img(549,:))/2) );
```

```
imwrite(img,'duzelmis_ landsat_4.tif', 'tif');
```


Yöntem - 3

- Üçüncü yöntem ilk ikisine oranla biraz daha karmaşıktır ve görüntünün iki ya da daha fazla banda sahip olduğu varsayımına dayanır.
- Genellikle uzaktan algılama görüntülerinde komşu bantlar arasında korelasyon olur. Örneğin Landsat ETM+ band1 (mavi-yeşil bölge) ve band2 (yeşil bölge) arasında yüksek korelasyon vardır.
- Kayıp satırın k bandında olduğunu varsayalım. k bandındaki kayıp satıra ait pikseller en iyi şekilde:
 - k bandı ile çok yüksek korelasyona sahip başka bir banttaki kayıp satıra karşılık gelen satırdaki gri değerler kullanılarak
 - k bandında kayıp satırın bir önceki ve bir sonrasındaki satırlara ait gri değerler kullanılarak
- Tahmin edilebilir.

- **k bandı ile yüksek korelasyona sahip diğer bir bant r olsun.
Bu durumda kayıp satıra ait piksel değerleri**

$$V_{i,j,k} = M\{(V_{i,j,r} - (V_{i,j+1,r} + V_{i,j-1,r})/2)\} + (V_{i,j+1,k} + V_{i,j-1,k})/2;$$

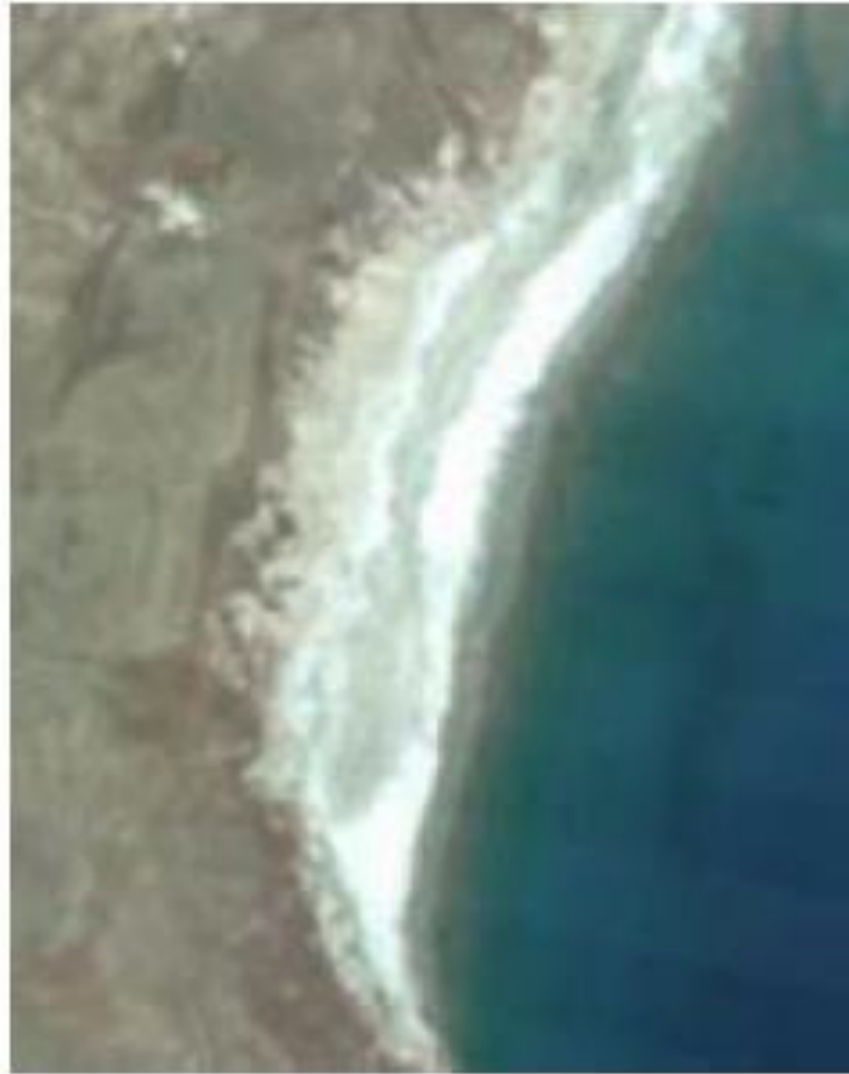
şeklinde hesaplanır. Burada M, k ve r bantlarına ait piksellerin standart sapmalarının oranını ifade etmektedir.

Bu yöntemle ait Matlab kodunu ödev olarak siz yazacaksınız



De-striping (Banding)

- Özellikle Landsat gibi elektro-mekanik sensörlerle çekilmiş görüntülerde yatay çizgisel anlamda bozukluklar olabilmektedir.
- Bu bozukluklar görüntüde silik bir şekilde şeritler varmış gibi bir his oluşturacaktır.
- Bu etki özellikle görüntüde genellikle siyaha yakın renk tonunda çıkan detaylarda (örnek: göl, deniz gibi su kütleleri) daha net belli olmaktadır.
- Görüntülerde bu etkinin oluşmasının sebebi yan yana dizilen algılayıcıların üzerlerine düşen ışığı algımlarken aralarında orantısızlık olmasıdır.
- Bu problemin çözümü, özellikle görüntüdeki bantlara ait herhangi bir istatistiksel hesap söz konusu olduğunda daha da önemli olmaktadır.





Banding problemini çözebilmek için Őu yaklaşımla yola çıkılır:

göüntüyü oluşturan pikseller kendi içerisinde tutarlı olmalıdır. Yani, yeryüzündeki aynı cins nesnelere aynı oranda yansıtma yapmalıdırlar ve bu nedenle görüntüde de aynı büyüklükte gri değerler üretmelidirler.

- Bu yaklaşımla yapılacak çözümden de iki sonuç beklenir
 - Görüntünün görsel olarak kalitesi ve yorumlanabilirliği artacaktır
 - Görüntüde yakın gri değerler sunan piksellerin arazide benzer nesnelere yansıyan ışığın algılanması sonucu oluşmuş olma ihtimali artacaktır.
- Bu günkü dersimizde iki adet algoritmadan söz edeceğiz.
- Anlatma kolaylığı nedeniyle konu Landsat MSS verisi kullanılarak anlatılacaktır.
- MSS sensörü her bir bandı oluşturmak için 6 algılayıcıya sahiptir. TM veya ETM+ ise 16 algılayıcıya sahiptir.
- Anlatılacak iki yöntem de her bir algılayıcı tarafından üretilmiş histogramların şekillerini kullanır.
- Landsat MSS için, histogram 1: 1,7,13,19, ... satırlar, histogram 2: 2, 8, 14, 20,satırlarıhistogram 6: 6, 12, 18, 24,satırları alınarak hesaplanır.

Lineer Yöntem

- Yöntem görüntüdeki girdi ve çıktı değerleri arasındaki ilişkiyi modellemek için doğrusal bir eşitlik kullanır. Yöntemin mantığı oldukça basittir:
- Altı algılayıcıdan her biri görüntüdeki farklı arazi türlerini benzer oranda görecektir.
- Eğer bu varsayım doğru ise görüntüde su, orman, çayırılık, kayalık gibi farklı arazi örtülerini gösteren pikseller her bir algılayıcı tarafından aynı oranda üretilecektir. Dolayısıyla, n farklı (bizim örneğimizde $n=6$, Landsat TM veya ETM+ olsaydı bu sayı 16 olacaktı) algılayıcı tarafından üretilen piksellerin histogramları birbirleri ile aynı olmalıdır.
- Bu şu anlama gelir: her bir algılayıcı tarafından üretilen piksellerin ortalamaları ve standart sapmaları eşit olmalıdır.

- Görüntüdeki şeritvari bozulmaları engellemek için hesaplanan n adet histogramın ortalama ve standart sapmaları belirlenen bir değere eşit yapılmaya zorlanır.
- Genellikle n adet histogramın tek tek ortalama değerleri görüntüdeki bütün piksellerin ortalamasına eşit yapılır.
- Aynı şekilde n adet histogramın tek tek standart sapma değerleri görüntüdeki bütün piksellerin standart sapmasına eşit yapılır.

Örnek

- Öncelikle görüntü k tane alt görüntüye bölünür. Burada k görüntüyü oluşturan toplam algılayıcı sayısıdır.
- Daha sonra her bir alt bandın ortalama ve standart samsa değeri hesaplanır.
- Bir sonraki adımda ise bütün görüntünün ortalama ve standart sapma değeri hesaplanır.
- Yukarıda hesaplanan değeri kullanılarak her bir alt görüntü için bir katsayı (bias-carpan) ve eklenmek üzere bir sabit bir öteleme (offset) değeri hesaplanır.
- Her bir alt bant için hesaplanan katsayı ve sabit öteleme değeri, her bir alt bandın ortalama ve standart sapma değerlerini bütün görüntünün ortalama ve standart sapma değerine eşit yapar.
- Bu sayede her bir detektörün algıladığı alt görüntüler arasındaki dengesizlik ortadan kalkmış olur.

■ Aşağıdaki tabloda:

- (i) algılayıcı numarası (1 ila 6)
- (ii) her bir algılayıcı tarafından kaydedilen piksel sayısı
- (iii) her bir algılayıcı tarafından kaydedilen piksellerin değerleri
- (iv) her bir algılayıcının algıladığı piksellerin ortalama değeri
- (v) her bir algılayıcının algıladığı piksellerin standart sapması
- (vi) her bir algılayıcının algıladığı piksellerin varyansı

(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(vi)
Detector number	Number of pixels	Pixel values	Individual means (\bar{x}_i)	Standard deviations (s_i)	Variances ($v_i = s_i^2$)
1	5	1 3 2 4 6	3.2	1.720	2.96
2	5	3 6 2 3 8	4.4	2.245	5.04
3	5	4 3 4 2 9	4.4	2.417	5.84
4	5	2 4 3 3 7	3.8	1.720	2.96
5	5	0 2 2 2 6	2.4	1.959	3.84
6	5	4 3 3 3 9	4.4	2.332	5.44

$$V = \frac{\sum n_i (\bar{x}_i^2 + v_i)}{\sum n_i} - \bar{X}^2$$

- Tablodaki değerler kullanılarak hesaplandığında bütün görüntünün varyansı 4.192 olur. Bütün görüntünün standart sapması ise: 2.216 olur. Bu istatistiksel değerleri kullanarak ve her bir alt görüntü için a_i katsayısı ve b_i öteleme değeri hesaplanarak r'_{ij} düzeltilmiş piksel değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$a_i = \frac{S}{s_i}$$

$$b_i = \bar{X} - a_i \bar{x}_i$$

$$r'_{ij} = a_i r_{ij} + b_i$$

$$r_{\text{out}} = \text{offset} + \text{gain} \times r_{\text{in}}$$

We need the value of the overall mean, \bar{X} , which appears in the numerator. This is the sum of the individual detector means (column (iv)) divided by the number of detectors (6), which gives $22.6 \div 6 = 3.76\dot{6}$. The numerator of the equation is the sum of $n_i(\bar{x}_i^2 + v_i)$ where \bar{x}_i is the mean value of the five pixel values for each detector and the n_i (column (ii)) are all equal to 5. The calculation is as follows: $[(3.2^2 + 2.96) \times 5] + [(4.4^2 + 5.04) \times 5] \dots [(4.4^2 + 5.44) \times 5] = 573$. The denominator is the sum of the n_i , which equals $5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = 30$, so the first term in the equation is equal to $573/30 = 19.1$.

The second term is the square of the overall mean (\bar{X}^2), that is, the square of 3.766 or 14.183. Finally, subtract the second term from the first ($19.100 - 14.183$) to get the value of the overall variance V , which equals 4.917. The overall

standard deviation is the square of V , or 2.216. To apply the de-stripping correction to the image from which the statistics were derived you must calculate the gains (b_i) and offsets (a_i), mentioned above, from:

$$a_i = \frac{S}{s_i}$$

$$b_i = \bar{X} - a_i \bar{x}_i$$

The corrected pixel values r'_{ij} are then found from the relationship $r'_{ij} = a_i r_{ij} + b_i$, where r_{ij} are the uncorrected pixel values. It is important to ensure that the gain and offset computed from the subset of data collected by detector i are applied to the pixels collected by that detector.

The sampling variability of the subset means and standard deviations (which measures their reliability) increases with the size of the subset, so each subset should be reasonably large. An image size of at least 1024 lines and 1024 pixels per line is suggested.

De-stripe için Histogram Eşleme

- Bir önceki doğrusal yaklaşımda hatalı pikseller bir katsayı ile çarpılıp belli bir sabit öteleme değeri eklenmektedir.
- Oysa bu yaklaşım her zaman için doğru olmaz.
- Özellikle arazide farklı parlaklık değerleri sunan farklı arazi örtüleri için aynı katsayı ve öteleme değerleri doğru olmayacaktır.
- Bu da problemin aslında doğrusal doğada olmadığını gösterir.
- Başka bir deyişle hatalı girdi piksel değerlerinin doğrusal bir eşitlik kullanılarak çıktı piksellere dönüştürülmesi yaklaşımı problemin çok fazla basite alınarak çözülmesi anlamına gelir.

- Burada anlatılan yöntem doğrusal olmayan bir fonksiyonla çözüm için her bir algılayıcının ürettiği piksel değerlerine ait birikimli histogramları kullanır.
- İdeal ya da hedef dönüşüm fonksiyonu için ise bütün görüntüye ait birikimli histogram eğrisi kullanılır.
- Birinci algılayıcıya ait birikimli histogram görüntüdeki 1, 7, 13, ...,n satır numaralı pikseller kullanılarak hesaplanır.
- Benzer şekilde ikinci algılayıcıya ait birikimli histogram görüntüdeki 2, 8, 14, ...,n satır numaralı pikseller kullanılarak hesaplanır. & adet algılayıcı var olduğu sayılırsa bu 6. algılayıcı için yapılanaya kadar devam edilir.
- Histograma birikimli denilmesinin sebebi histogramın şu şekilde hesaplanmasıdır.

- Öncelikle görüntüde piksel değeri 0 olan kaç piksel olduğu bulunur. İkinci adımda ise piksel değeri 0 ve 1 olan, üçüncü adımda piksel değeri 0, 1 ve 2 olan, en sonunda piksel değeri 0, 1, 2, ..., n olan kaç piksel olduğu bulunur ve bu şekilde histogram eğrisi elde edilir.
- Son olarak birikimli histogramda x eksenindeki her bir değer histogramdaki toplam piksel sayısına bölünerek her bir değer için 0 ve 1 aralığında olması sağlanır.
- Sonuç olarak bu şekilde n adet algılayıcı için n adet birikimli histogram ve bütün görüntü içinse bir adet hedef histogram elde edilmiş olur.
- Bundan sonraki amaç her bir detektöre ait birikimli histogramın şeklinin hedef histogramınkine benzemesini sağlamaktır. Bu bir sonraki slayttaki verilen örnek gibi yapılır.

Girdi piksel değeri	Hedef Histogram Değeri	Algılayıcı Histogram Değeri	Çıktı piksel Değeri
0	0.09	0.08	0
1	0.18	0.11	1
2	0.33	0.19	2
3	0.56	0.57	4
4	0.60	0.66	5
5	0.76	0.78	6
6	0.95	0.95	6
7	1.00	1.00	7

- Örnek, girdi piksel değeri 3 için, algılayıcı histogram değeri 0.57 bulunur. Hedef histogram değerleri içinde 0.57'ye eşit veya 0.57'den büyük ilk değeri bulunur. Bu örnekte bu değeri 0.60 olacaktır. Bu nedenle girdi piksel değeri 3 için çıktı piksel değeri, 0.60 değerine ait girdi piksel değeri olan 4 olarak yazılacaktır. Başka bir deyişle algılayıcı piksel değerleri içerisinde ne kadar 3 varsa hepsi 4 değeri ile değiştirilecektir. Bu işlem bütün girdi piksel değerleri için yapılır.

Fig. 2.2 Reducing sensor induced striping noise in a Landsat MSS image:
a original image, and **b** after destriping by matching sensor statistics

