

Remote Sensing

Ch. 4 이미지 해석(Interpretation) 및 분석(Analysis) (Part 2 of 2)

4.5 이미지 향상(Enhancement)

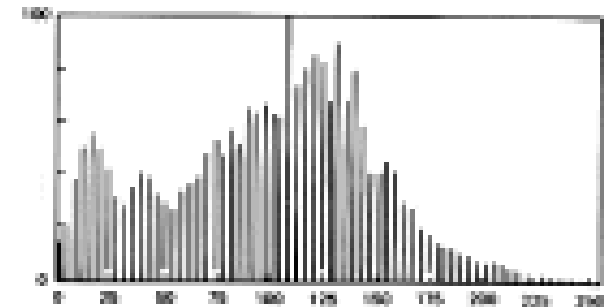
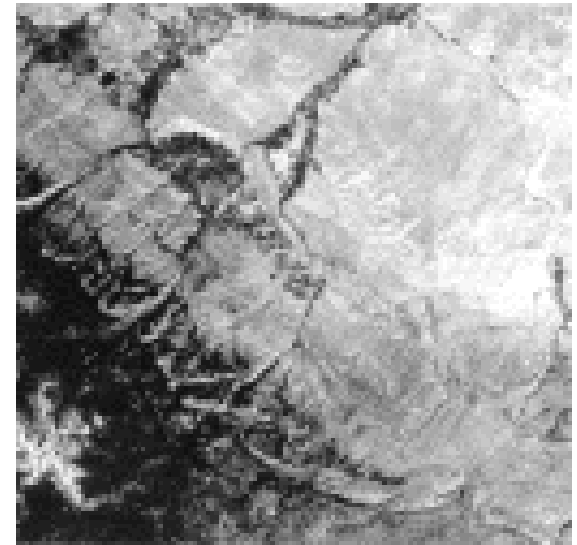
4.6 이미지 변환(Transformations)

4.5 Image Enhancement

- **이미지 향상**은 이미지의 **시각적 해석과 이해를 보다 쉽게 하기 위해** 사용됩니다.
- 조명, 대기의 영향 및 센서 특성에 대한 **복사보정(radiometric corrections)**이 사용자에게 데이터 분포에 앞서서 수행 되었겠지만, 이미지가 아직 **시각적 해석에 최적화되지 않았을 수도** 있습니다.
- **대상들(예를 들어, 숲, 사막, 설원, 물 등)의 다양한 범위에 대한 스펙트럼 반응의 큰 변화**로 인해서, 모든 대상에 대한 **최적의 밝기 범위와 대비를 표시하거나 고려할 수 있는 포괄적인 복사보정(generic radiometric correction)**은 존재하지 않습니다.
- 따라서, 각각의 응용 프로그램과 각 이미지에 대하여, **밝기 값 범위와 분포에 따른 적절한 조정**이 일반적으로 필요합니다.

4.5 Image Enhancement

- 원시 이미지(raw imagery)에서 유용한 데이터들은 디지털 값의 가능한 범위(일반적으로 8 bits 또는 256 레벨)의 작은 부분에 집중되어 있습니다.
- 대비 향상(Contrast enhancement)은 가능한 범위가 좀 더 사용되도록 원래의 값을 변경시켜 **목표물들과 그 배경 간의 대비(contrast)**를 증가시킨다.
- 히스토그램(histogram)은 이미지를 구성하는 **밝기 값들의 그래픽 표현**이다. **밝기 값(즉 0~255)**은 그래프의 **x-축**에 표시되며, 이미지에서 **각 값의 발생 빈도 (frequency of occurrence)**는 **y-축**에 도시된다.

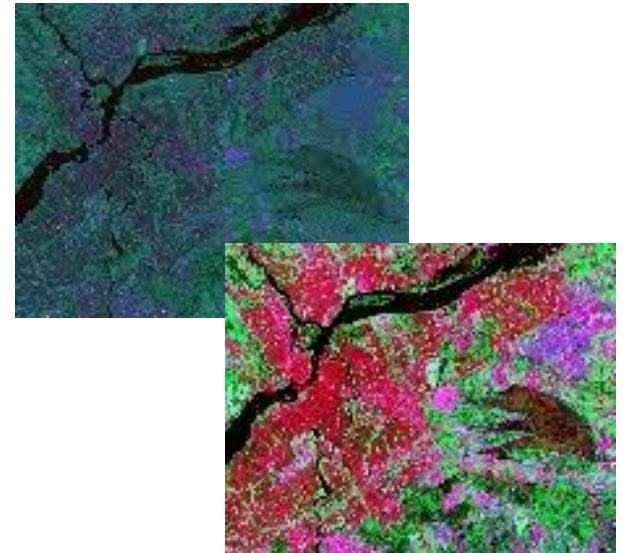
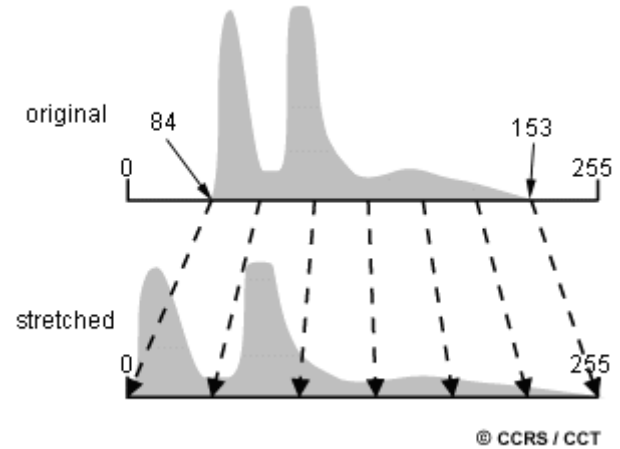


4.5 Image Enhancement

- 이미지의 디지털 값의 범위를 조작(manipulating the range of digital values)함으로써, 데이터에 여러 가지 향상(enhancements)을 적용 할 수 있으며, 대비를 강화하는 다양한 방법이 있습니다.

(1) 향상의 가장 단순한 형태는 선형 대비 스트레칭(linear contrast stretch)입니다. 이는 히스토그램에서 상한 및 하한 (일반적으로 이미지의 최소 및 최대 밝기 값 또는 평균 값에서 $\pm\sigma$ (표준 편차)한 값)를 식별하고 전체 범위를 채우기 위해 이 범위를 스트레칭하는 변환을 적용하는 단계를 포함한다.

- 예에서, 히스토그램 (실제 데이터가 차지하는) 최소 값은 84이고 최대 값은 153입니다. 이러한 70 레벨은 사용 가능한 전체 256 레벨의 3 분 1 미만을 점유한다. 선형 스트레칭은 이 작은 범위를 0에서 255의 값의 전체 범위를 커버하도록 균일하게 확장합니다. 이렇게 하면 밝은 부분은 더 밝게, 어두운 부분은 더 어둡게 나타내어 이미지의 콘트라스트 향상시키고, 따라서 시각적 해석이 훨씬 더 쉽게 된다.



The increase in contrast in an image before (left) and after (right).

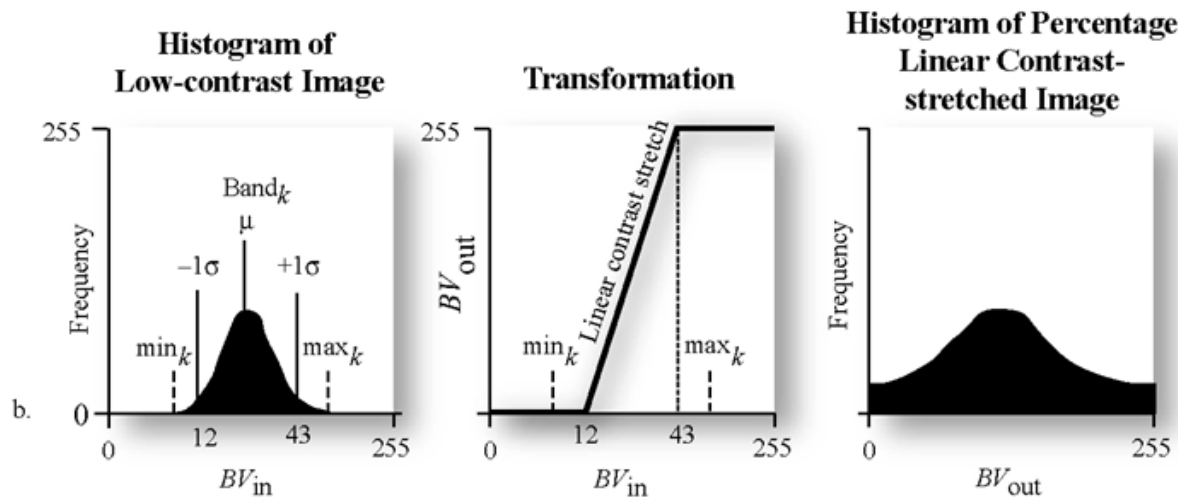
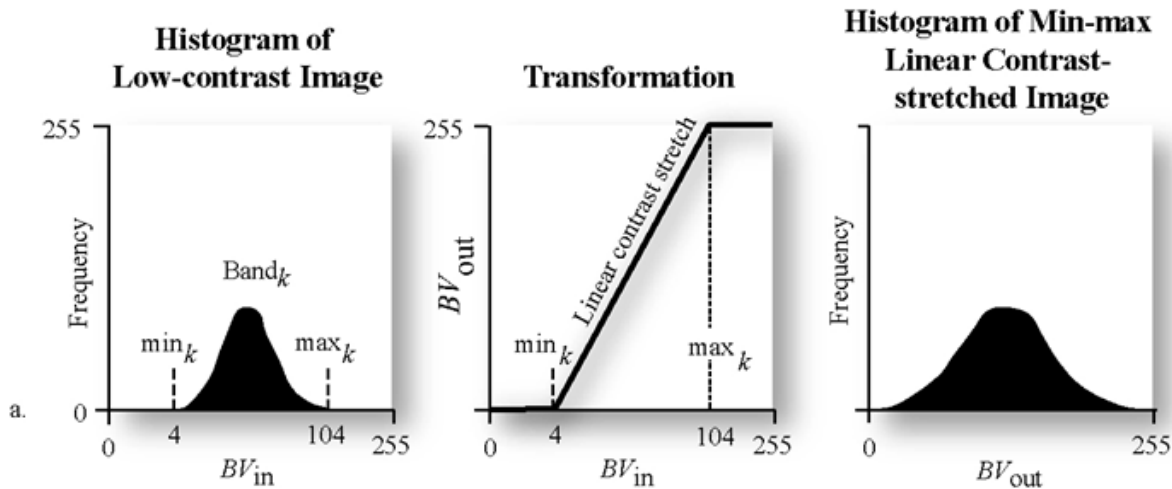
4.5 Image Enhancement

선형 대비 스트레칭
(Linear contrast stretch)

$$BV_{out} = \frac{(BV_{in} - \min)}{(\max - \min)} quant$$

Where

- BV_{in} 원래 입력 밝기 값
- **quant** 표시할 수 있는 밝기 값 범위 (e.g., 255)
- \min_k 이미지의 최소 값
- \max_k 이미지의 최대 값
- BV_{out} 출력 밝기 값



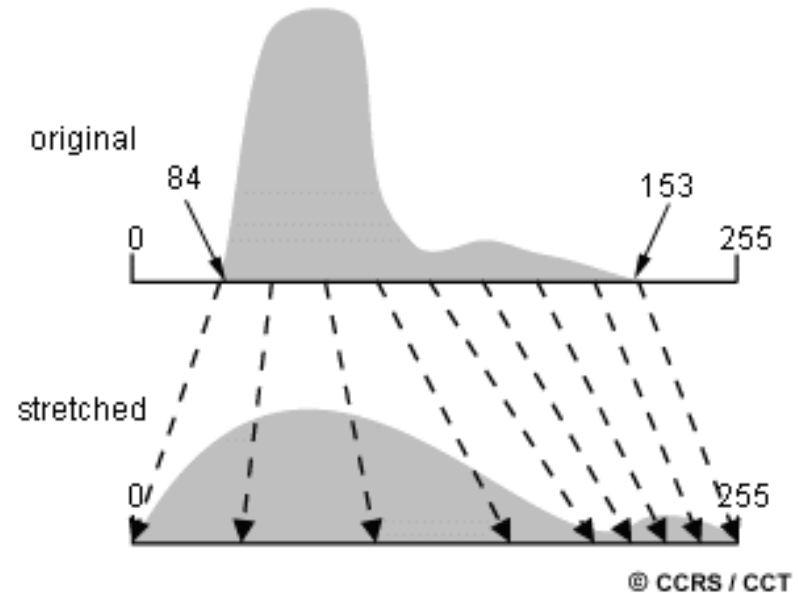
(a) Min-max Linear contrast stretch (b) Percentage (e.g. standard deviation) Linear contrast stretch

$$0_{out} = \frac{(4_{in} - 4)}{(104 - 4)} 255$$

$$255_{out} = \frac{(104_{in} - 4)}{(104 - 4)} 255$$

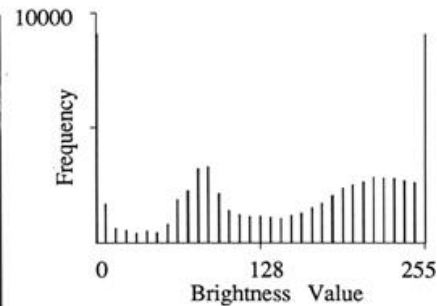
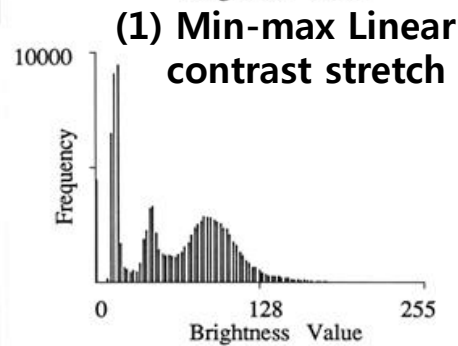
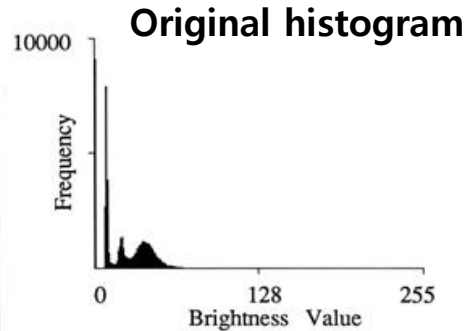
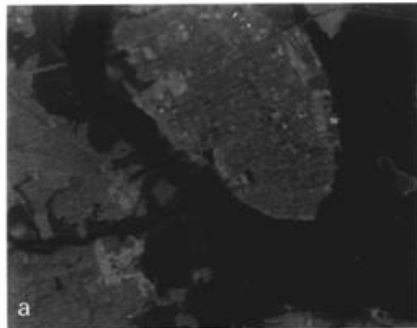
4.5 Image Enhancement

(2) 전체 범위에 걸쳐 값들의 입력 범위를 균일하게 분포시키는 것은, 특히 입력 범위가 균일하게 분포되지 않은 경우에는 적절한 향상이 아닐 수 있습니다. 이 경우에는 **히스토그램 평활화(histogram-equalized) 스트레치**가 나올 수 있다. 이 스트레칭은 히스토그램의 **빈도가 높은 부분에 더 많은 밝기 값(범위)을 지정**합니다. 이러한 방식으로, 이러한 영역에서의 **상세함**이, 원래 히스토그램의 작은 빈도의 해당 영역에 비하여 **더 향상** 될 것이다.



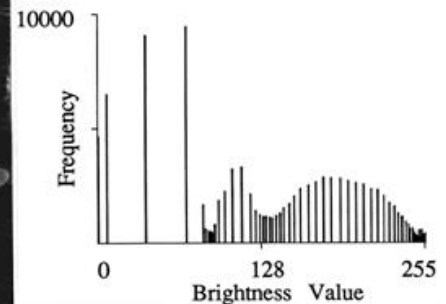
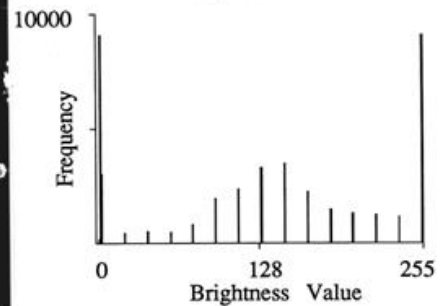
(3) 또 다른 경우에는 **히스토그램의 특정 부분 만의 대비를 향상**시키는 것이 바람직 할 수 있다 . 예를 들어, **강 어귀(mouth of a river)**의 이미지가 있다고 가정하고, 이 이미지의 **물 부분은 전체 화상 히스토그램 중 40~ 76에** 해당하는 디지털 값을 점유한다고 하자. 침전물 부하의 변동을 보기 위해서 **물에 있는 세부 사항을 향상**하고자 한다면, **물 (40-76) 로** 표시되는 히스토그램의 해당 일부를 **전체 회색조 범위(0 ~ 255)로** 늘릴 수 있습니다. 이 **값들 아래 또는 위의 모든 픽셀**이 각각 0과 255에 할당 될 것이고, 해당 지역에 있는 **세부 사항이 손실** 될 것입니다. 그러나 **물에서의 상세함은 크게 강화** 될 것이다.

4.5 Image Enhancement



(1) \pm Standard Deviation Linear contrast stretch

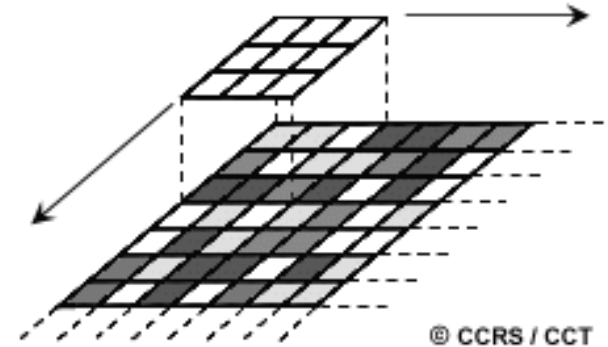
(3) Specific percentage linear contrast stretch designed to highlight wetland



(2) Histogram-equalized stretch

4.5 Image Enhancement

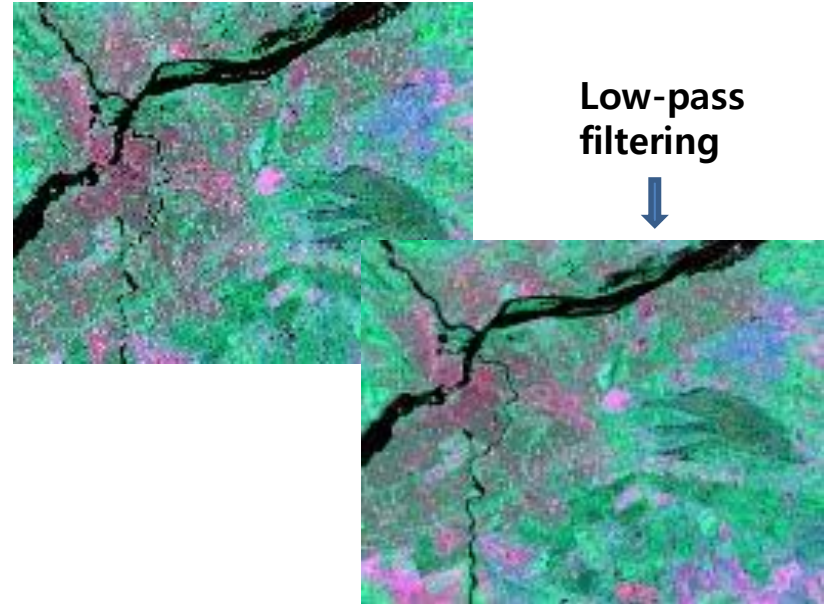
- **공간 필터링(Spatial filtering)**은 이미지의 외관을 향상(enhance the appearance)시키기 위해 사용되는 디지털 처리 함수들의 또 다른 세트를 포함한다.
- **공간 필터(Spatial filters)**는 자신의 **공간 주파수(spatial frequency)**에 기초하여 이미지의 특정 특징을 강조(highlight)하거나 억제(suppress)하도록 설계된다. 공간 주파수가 이미지에 나타나는 **밝기 변화의 주파수(frequency of the variations in tone)**를 의미한다



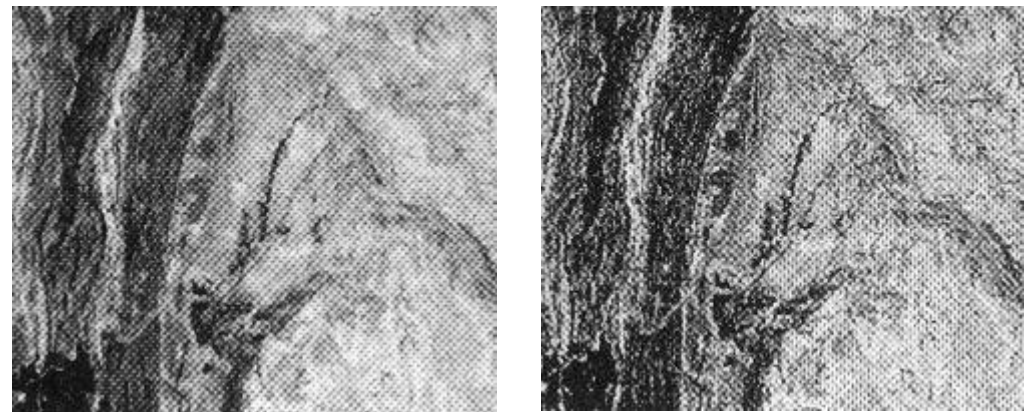
- ✓ **높은 공간 주파수(high spatial frequencies)** : 작은 영역에서 밝기에 급격한 변화가 있는 곳으로, 이미지의 "거친(Rough)" 질감 영역.
- ✓ **낮은 공간 주파수(low spatial frequencies)** : 몇 픽셀 이상에 걸쳐서 밝기에 변화가 작은 곳으로, "부드러운(Smooth)" 질감 영역.
- 일반적인 **필터링 과정(filtering procedure)**은 몇몇 픽셀들(e.g. 3×3 또는 5×5)로 이루어진 **작은 창('window)**을 이미지의 각 픽셀 위를 이동해 다니며, 창 아래 화소 값을 사용하여 **수학적 계산(예를 들면 평균을 계산)**을 적용한 후, **중앙 픽셀을 계산된 값으로 교체** 함으로 이루어진다. 이 창은 영상 전체가 필터링되어 새로운 이미지가 만들어 질 때까지 이동하며 계산을 수행한다. **필터 창의 개별 픽셀의 가중치와 수행될 계산을 변화**시킴으로써, 대상의 **다른 유형을 강화하거나 억제**하도록 필터가 설계 될 수 있다.

4.5 Image Enhancement

(1) **저주파 통과 필터(Low-pass filters)** 는 비슷한 톤의 크고 균일 한 영역을 강조하고 이미지의 작은 디테일이 감소 하도록 설계되어 있습니다. 저주파 통과 필터는 일반적으로 이미지의 외관을 부드럽게하는 역할을 한다. 종종 레이더 이미지에 사용되는 **평균과 중위값 필터(Average and median filters)** 는 저주파 통과 필터의 예입니다.



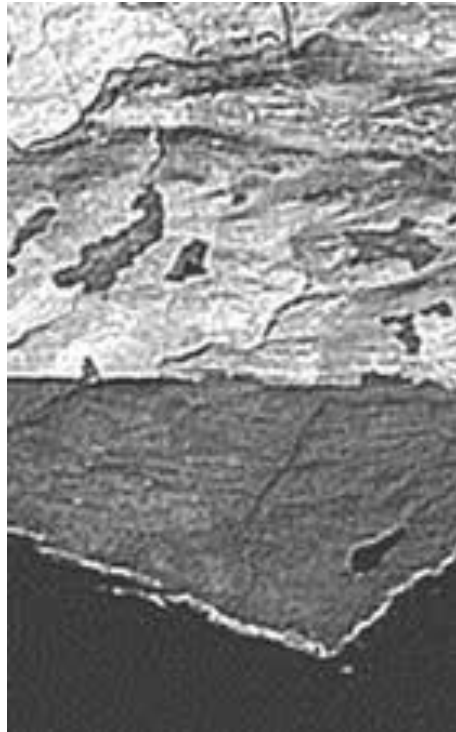
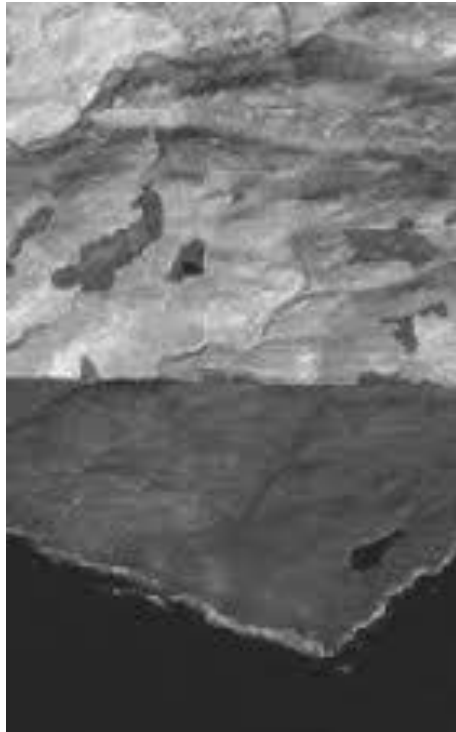
(2) **고주파 통과 필터(High-pass filters)** 는 반대로 작용하여, 이미지의 **섬세한 디테일의 모양을 선명하게** 하는 역할을 한다. 고주파 통과 필터의 한 구현으로, 이미지에 저주파 통과 필터를 적용하고 원래의 이미지에서 필터된 결과를 감산하여 오직 높은 공간 주파수 정보만을 남기는 방법이 있다.



High-pass filtering

4.5 Image Enhancement

(3) 방향(Directional) 또는 에지 검출 필터(edge detection filters)는 도로 또는 필드 경계와 같은 선형 대상들을 강조하기 위해 고안되었습니다. 이 필터들은 특정 방향으로 지향하는 대상들을 강화하기 위하여 고안 되어, 레이더 이미지 및 선형 지질 구조의 검출 등의 지질학적 응용 프로그램에 유용하다.



Edge Detection :
Lakes & Streams

Edge Detection :
Fractures & Shoreline

4.5 Image Enhancement

- Color Composition example – Landsat ETM+ (The city of Hue in Vietnam)

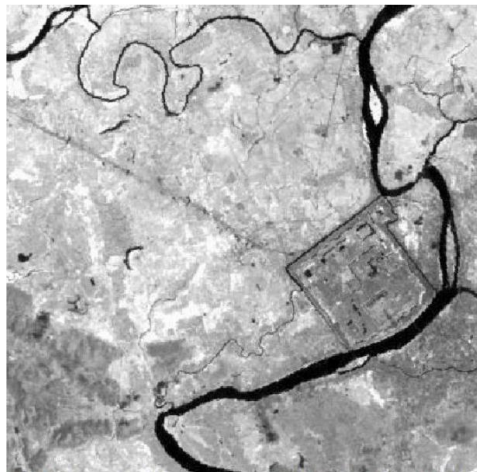
Band 2(0.54~0.6 μ m, green)



Band 3(0.63~0.69 μ m, red)



Band 4(0.76~0.90 μ m, NIR)



Band 5(1.55~1.75 μ m, MIR)



Band 7(2.08~2.35 μ m, MIR)



4.5 Image Enhancement

- Color Composition (http://biodiversityinformatics.amnh.org/tool.php?content_id=141)

RGB (321)



RGB (432)



RGB (453)



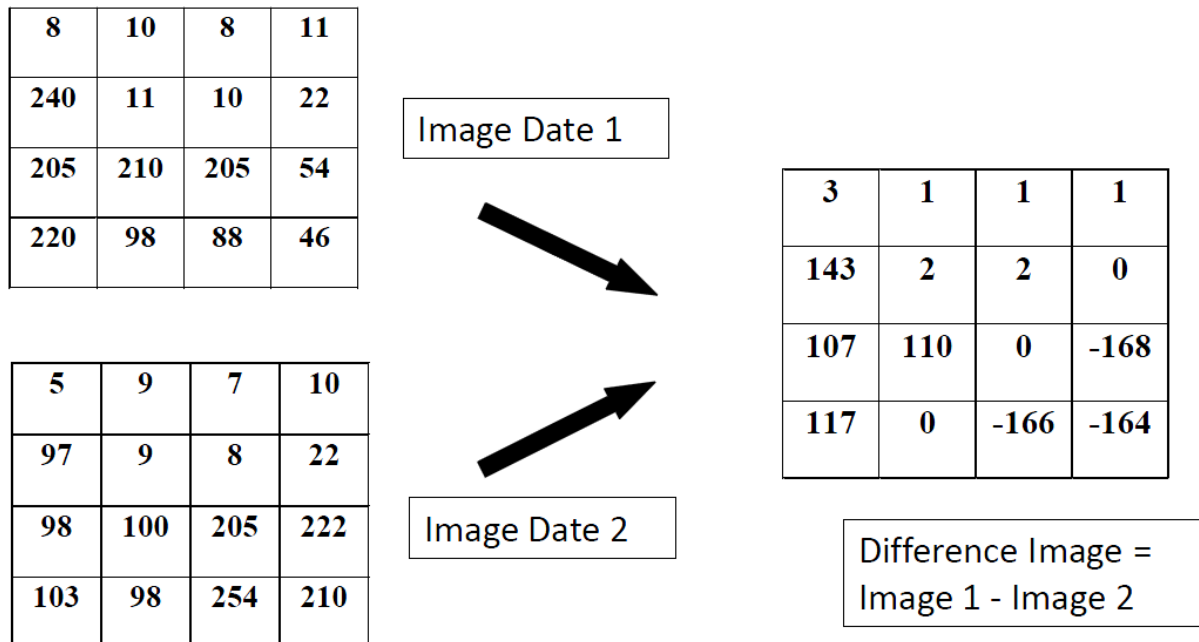
RGB (742)



RGB	특징
321	True Color
432	False Color (CIR) : 식생-red, 물-navy/black, 도심-light blue
453	Pseudo Color : 다른 식생타입이 명확히 구분, 육상/물 경계 명확, 수분 함량 변화 명확
742	Pseudo Color : 식생-green, 도심-lavender(연보라)

4.6 Image Transformations

- **이미지 변환(transformations)**은 일반적으로 데이터의 **다중 밴드(multiple bands)**의 조작을 포함하며, 하나의 **멀티 분광 이미지**이거나 다른 시간 (즉, **다중-시간 이미지 데이터**)에 획득한 같은 지역의 두 개 이상의 이미지에 대하여 수행된다. 어느 쪽이든, 이미지 변환은 **원래의 입력 영상보다 특정 대상 또는 그 속성을 강조한 두 개 이상의 이미지로부터 "새로운" 이미지를 생성**합니다.
- **이미지 뺄셈(Image subtraction)**은 종종 다른 날짜에 취득된 이미지 사이에 발생한 변화를 식별하는데 사용됩니다.



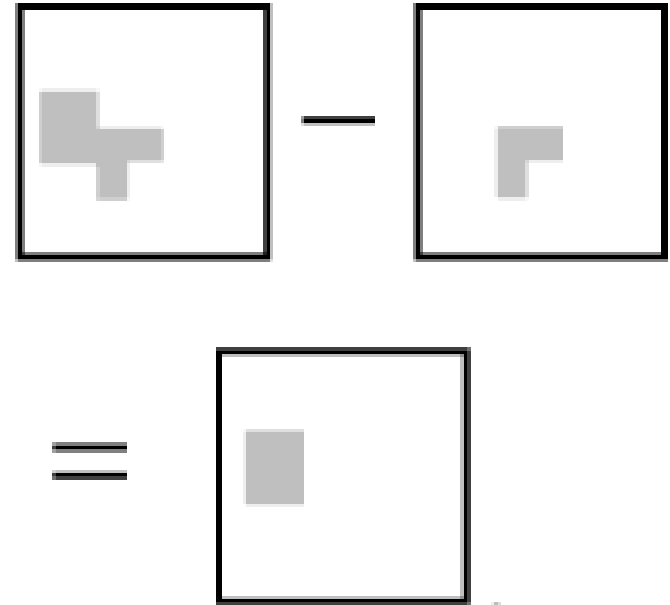
4.6 Image Transformations

- 일반적으로 기하학적으로 등록된 두 개의 이미지가 사용되며, 한 이미지의 픽셀(밝기) 값을 다른 이미지의 픽셀 값에서 빼줍니다. 출력 값에 상수(이 경우에는 127)를 추가하여 얻어진 이미지를 스케일링하여 적합한 '차이' 이미지를 얻게 된다. 이러한 이미지에서:

- ✓ 원래 이미지들 사이에 거의 또는 전혀 변화가 없는 영역은, 127 (중간 회색 톤) 정도 결과 밝기 값을 가져야 합니다,

- ✓ 반면에, 큰 변화가 발생하는 영역은 두 이미지 사이의 반사율 변화의 '방향'에 따라서 값이 127보다 높거나, 낮은 - 밝거나, 어두운 결과를 가진다.

- 이러한 유형의 이미지 변환이 도시 주변 도시 개발의 변화를 매핑하거나, 삼림 벌채가 있는 지역을 식별하는 데 유용 할 수 있습니다.



© CCRS / CCT

4.6 Image Transformations

- **이미지 나누기(Image division)** 또는 **스펙트럼 비(spectral ratioing)**가 이미지 데이터에 적용되는 **가장 일반적인 변환** 중 하나입니다. **이미지 비(Image ratioing)**는 다양한 표면 커버의 **스펙트럼 반응에 미묘한 변화를 강조**하는 역할을 한다. 두 개의 다른 스펙트럼 밴드의 데이터 비로 얻어진 이미지는, 그렇지 않으면 각 밴드의 픽셀의 밝기 변화에 의해 가리워질 수 있을 **두 개의 다른 스펙트럼 범위들 사이의 스펙트럼 반사율 곡선의 기울기의 변화를 강화**시킨다.
- 다음 예는 스펙트럼 비의 개념을 설명한다. **건강한 식물은 가시 영역 빨간색은 강력하게 흡수**하면서 스펙트럼의 **적외선에 가까운 부분에서 강하게 반사**한다. 토양과 물 같은 **다른 표면 유형은**, 모두 적외선 근처와 빨간색 부분에서 거의 동일한 반사율을 보인다. 따라서, **MSS 밴드 7(근적외선 0.8-1.1 mm)을 밴드 5(적색 0.6-0.7 mm)로 나눈 비율** 이미지는 식물에서 **1.0보다 훨씬 더 큰 비율을**, 토양과 물에서는 **1.0 정도 비율로** 나타난다.
- 따라서 **다른 표면 커버 타입들로부터 식물의 구분이 크게 향상**됩니다.
 - ✓ 또한, **건강하지 못한(unhealthy)** 또는 **스트레스 받는(stressed)** 식물 영역을 식별 잘되게 할 수 있다. 이는 **낮은 근적외선 반사율(low near-infrared reflectance)**을 보이며, 건강한 녹색 식물에서 보다는 **비율이 보다 낮게** 나타나기 때문이다.

4.6 Image Transformations

- **스펙트럼 비(spectral ratioing)**의 또 다른 이점은 우리가 절대적 밝기 값 대신 **상대적 값 (즉, 비율)** 을 보기 때문에, **지형 효과의 결과로** 나타나는 **조도(illumination)의 변화가 감소**한다는 것입니다.

→ 따라서, 숲으로 덮여있는 경사의 **절대적 반사율(absolute reflectances)**은 태양의 조명에 대한 자신의 **방향에 따라 달라질** 수 있지만, 두 밴드 사이의 **반사율의 비율(the ratio of reflectances)**은 **항상 매우 유사**해야 합니다.

Sensor	Image Ratio	EM Spectrum	응용
Landsat TM	Bands 3/2	red/green	토양(Soils)
Landsat TM	Bands 4/3	PhotoIR/red	바이오매스(Biomass)
Landsat TM	Bands 7/5	SWIR/NIR	점토광물(Clay Minerals)/ 변성암(Rock Alteration)

4.6 Image Transformations



Image Difference (TM99 - TM88)

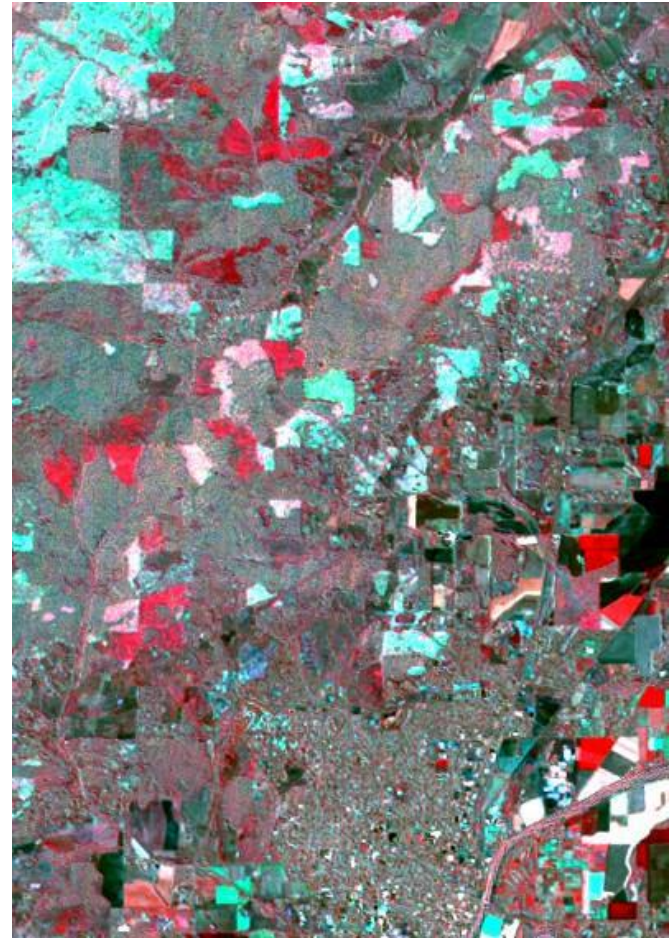


Image Ratio (TM99 / TM88)

4.6 Image Transformations

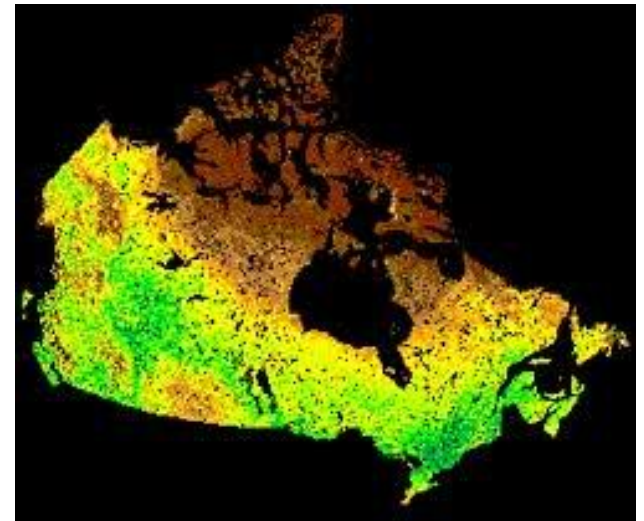
- 각종 센서의 스펙트럼 밴드들 사이의 차이 및 합계를 포함하는 더 **복잡한 비율들이 식물의 상태를 모니터링**하기 위해 개발되었다. 그 중 널리 사용되는 이미지 변환 하나가 위성 **NOAA** 시리즈에 탑재된 **AVHRR** 센서를 이용하여 대륙 및 글로벌 규모의 식물 상태를 모니터링하는 데 사용된 **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)** 입니다. NDVI 는 다음과 같이 계산됩니다.:

$$\text{NDVI} = (\text{Band 2} - \text{Band 1}) / (\text{Band 2} + \text{Band 1})$$

EM 스펙트럼의 **가시영역(Band 1; 0.58-0.68 μm)** 과 **근적외선(Band 2; 0.725-1.10 μm)** 영역에 해당.

- **NDVI 의 배경이 되는 원리**는 **Band 2**는 식물의 스폰지 엽육(spongy mesophyll) 구조가 상당한 반사를 일으키는 스펙트럼의 **근적외선 영역**인 반면, **Band 1**은 엽록소가 들어오는 햇빛의 상당한 흡수를 일으키는 EM 스펙트럼의 **붉은 빛 영역**에 있다는 것입니다.

결과적으로, 적극적으로 성장하는 **건강한 식물은 낮은 붉은 빛 반사율과 높은 근적외선 반사율**을 보여, 결과적으로 **높은 NDVI 값을 보인다.**



Green/Yellow/Brown represent decreasing magnitude of the vegetation index. NDVI image of Canada.

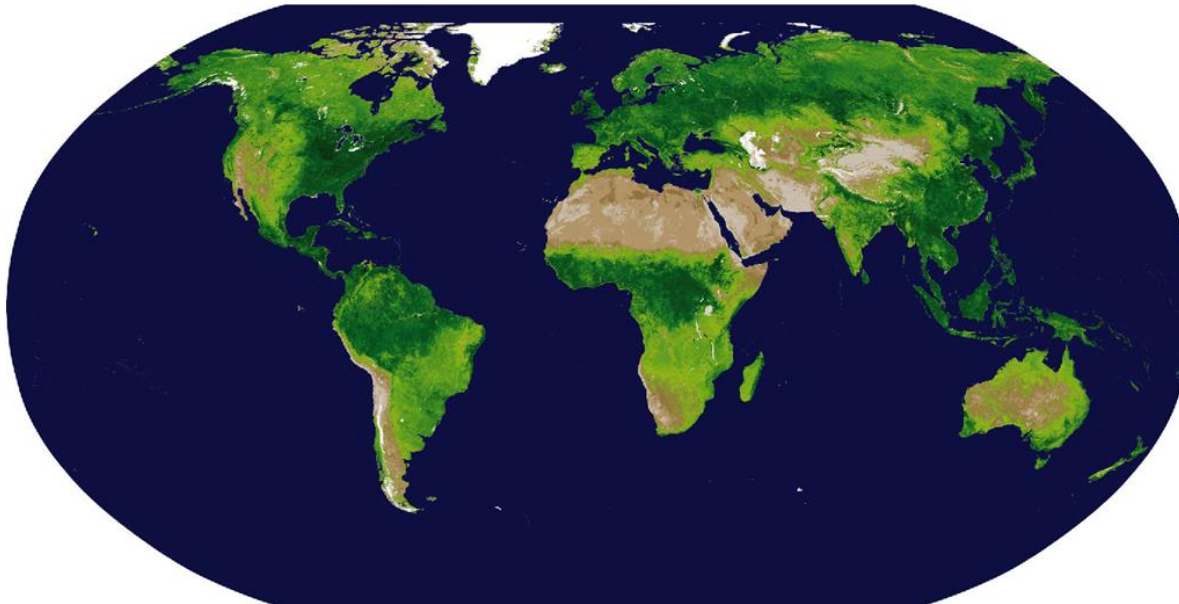
4.6 Image Transformations

- 이러한 비교적 간단한 알고리즘은 **MSS** 및 **TM**와 같은 다른 센서에도 적용 할 수 있으며, **-1.0 ~ 1.0**의 범위에서 해당하는 출력 값을 생성 할 수 있다.
- 이미지에 녹색의 음영 증가에 표시되는 **양의 NDVI 값**을, **녹색 식물의 증가량**을 나타내며, **제로에 가까운 NDVI 값**과 감소하는 음의 값은 **불모의 지역(바위와 흙), 물, 눈, 얼음, 구름** 같은 비-식생 대상(**non-vegetated features**)을 표시한다

$$NDVI_6 = \frac{MSS6 - MSS5}{MSS6 + MSS5}$$

$$NDVI_7 = \frac{MSS7 - MSS5}{MSS7 + MSS5}$$

$$NDVI_{TM} = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$$



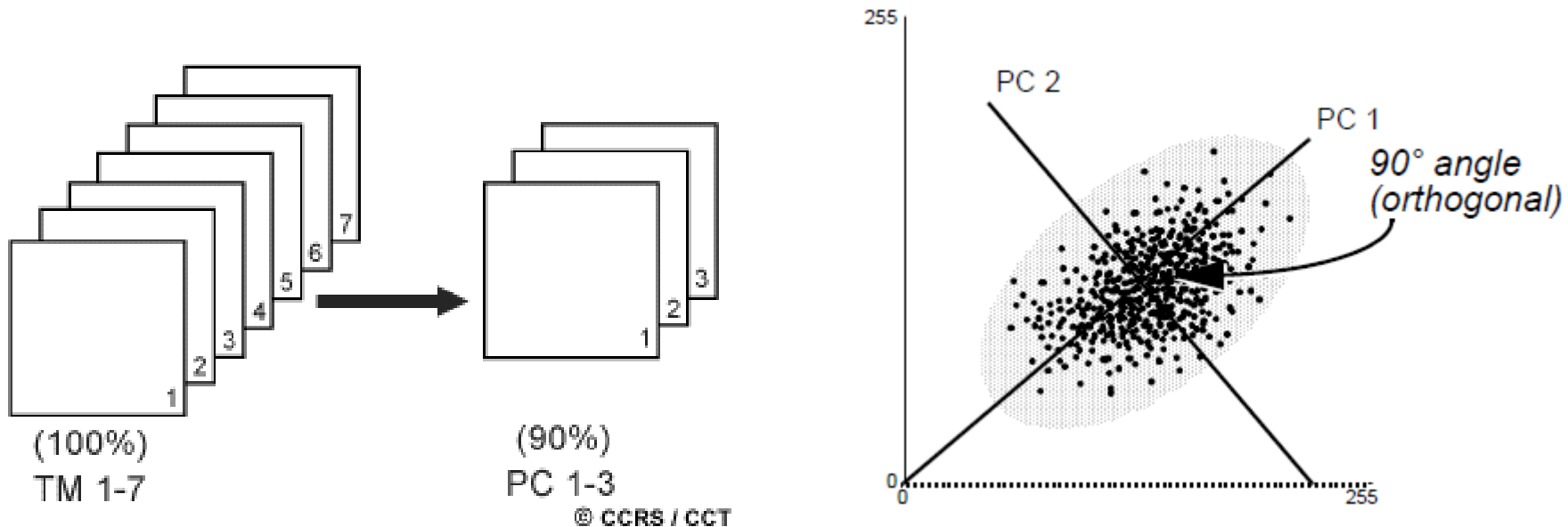
Enhanced vegetation index map of the world

4.6 Image Transformations

- 멀티 스펙트럼 데이터의 **다른 밴드들은 종종 높은 상관 관계(highly correlated)**를 가지며, **유사한 정보를 포함**합니다. 예를 들어, Landsat MSS 밴드 4, 5 (각각 녹색과 빨간색)은 같은 표면 커버 타입의 **반사율이 거의 동일**하기 때문에 일반적으로 **유사한 시각적인 모습**을 보입니다. 멀티 밴드 데이터 세트의 통계적 특성의 복잡한 처리에 근거한 **이미지 변환(Image transformation)** 기술은 밴드 간의 데이터 **중복성 및 상관을 감소**시키기 위해 사용될 수 있다.
- 그러한 한 변환이 **주성분 분석(principal components analysis PCA)** 이다.
 - 이 변환의 목적은 **데이터 차원(즉, 밴드의 개수)을 감소**시키고, 원래의 밴드들의 **정보들을 더 적은 밴드들로 압축**하는 것이다.
 - 이 통계적인 절차의 결과인 "**새로운**" 밴드는 **성분(components)**이라고 합니다.
 - 이 과정은 **최소한의 새로운 성분의 수**로 원래의 데이터로부터 (통계적) **정보의 양(또는 분산(variance))을 최대**화하도록 시도한다.

4.6 Image Transformations

- **주성분 분석(principal components analysis)** 이용의 예로서, 7 밴드 (TM) 데이터 세트를 변환하여 **처음 3 개의 주요 성분이 원래의 7 밴드들의 정보의 90 % 이상을 포함하도록** 할 수 있다.
- 이 **3 밴드 자료의 해석과 분석**은, 시각적으로 또는 디지털적으로 조합한 하던 간에, 원래의 7 개의 모든 밴드를 사용하는 것보다 **더 간단하고 더 효율적**이다. 주성분 분석, 및 다른 복잡한 변환은, **시각적 해석을 개선하기 위한** 또는 다음 절에서 설명하는 디지털 분류 절차에 대한 입력으로 사용될 **밴드의 개수를 감소시키기 위한 향상 기술 (enhancement technique)**로 이용 될 수 있다.



Landsat 5 Thematic Mapper Data of Charleston, SC



a. Band 1.



b. Band 2.



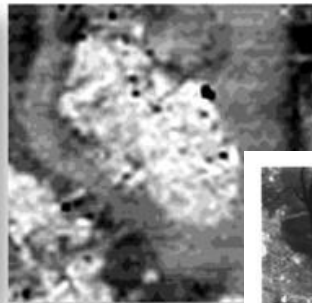
c. Band 3.



d. Band 4.



e. Band 5.



f. Band 6 (thermal infrared)



g. Band 7.

Seven Bands of Landsat TM
Data of Charleston, SC,
Obtained on February 3,
1994



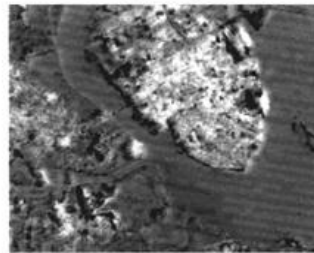
Principal component 1.



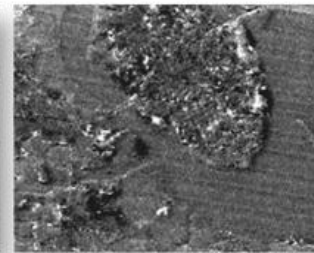
Principal component 2.



Principal component 3.



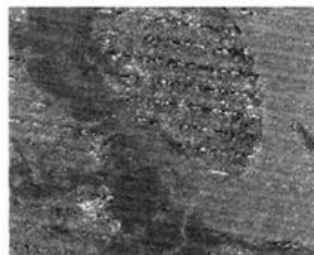
Principal component 4.



Principal component 5.



Principal component 6.



Principal component 7.

**Principal Component Images of Charleston, SC,
Derived from Landsat Thematic Mapper Imagery
Obtained on November 9, 1982**