

色變換과 映像改善技法을 이용한 SPOT P-mode 와 XS-mode 映像合成

Merging of SPOT P-mode and XS-mode Images using Color Transformation and Image Enhancement

孫 德 在* 李 鍾 勳**
Sohn Duk-Joo Lee Jong-Hun

要 旨

SPOT 數値映像資料를 이용한 지상좌표 계산 과정에서 지상기준점 및 검사점 입력좌표의 정확도는 계산 결과의 신빙성에 커다란 영향을 준다. CRT 모니터상에 직접 나타난 SPOT 원초 영상은 일반적으로 지상물체의 판별과 점위치 결정에 적합하지 않으므로 전체영상의 對比改善, 映像素補間, 境界線強調, 空間 필터處理 등 적절한 영상처리 기법의 적용이 필요하다.

본 연구에서는 대상지역의 3차원 위치 결정과 波長帶特性分析에 이용되는 SPOT 위성영상의 視覺分析에 필요한 數値映像處理技法의 원리를 고찰하고, 그 적용을 위한 알고리즘을 개발하여 프로그래밍 하였으며, 실제 P-mode 및 XS-mode의 SPOT 영상을 이용하여 高解像度 彩色영상인 SPOT P+XS 영상으로 합성하였다.

ABSTRACT

The accuracy of input coordinates of ground control points and check points affects great influences to the results of ground coordinate computation in using SPOT digital image data.

The original SPOT images displayed on CRT are not usually adequate for identifying the object features and determining the point positioning. Hence, appropriate image processing techniques such as contrast enhancement, subpixel interpolation, edge enhancement, and spatial filtering are needed.

In this study, the principles of digital image processing needed for accurate three dimensional positioning and spectral characteristic analysis are investigated. The algorithms for the actual applications are developed and programmed. And using the developed image processing software, some SPOT P-mode and XS-mode images are merged into the SPOT P+XS, the high-resolution color composite image.

1. 序 論

SPOT 수치영상 자료를 이용한 지상좌표 계산과정에서 지상기준점 및 검사점 입력좌표의 정확도는 계산결과에 커다란 영향을 준다. CRT 모니터상에 직접 나타난 SPOT 원초 영상은 일반적으로 지상물체의 판별과 점위치 결정에 적합하지 않으므로, 정확한 점좌표 결정

과 시각적 분석을 통한 대상물 특성 분석을 위해서는 전체영상의 對比改善(contrast enhancement), 밝기값(gray level) 분포조정 등의 적절한 영상처리 기법의 적용이 필요하다.

일반적으로 지상 기준점과 검사점은 도로교차점, 교량, 수로 또는 도로굴곡부 정점 등 판별이 용이한 점들 중에서 선정된다. 점위치를 보다 정확하게 결정하기 위해서는 점주위의 부분 확대(zooming) 기법이 필요한데, 일부분을 확대할수록 영상은 흐려지고 映像素(pixel) 크기가 증가하여 지상물체 판별과 점위치 결정이 더

* 西南大學 土木工學科 助教授
** 시스템工學研究所 先任研究員

어려워지므로 또한 적절한 영상개선 기법이 요구된다. 이 경우 선형물 형태를 부드럽게 하기 위한 映像素補間(subpixel interpolation), 境界線強調(edge enhancement), 空間필터處理(spatial filtering) 등의 기법이 필요하다.

본 연구에서는 SPOT 영상을 이용한 대상지역의 3차원 위치결정과, 영상의 波長帶特性을 이용한 定性分析을 위한 시각 분석에 필요한 數値映像處理技法(digital image processing)의 원리를 고찰하였다. 또한 실제 적용을 위한 알고리즘을 개발하여 프로그래밍 하였으며, 개발된 수치영상 처리용 소프트웨어를 이용하여 고해상도 천연색 영상인 SPOT P+XS 영상으로 합성한다.

2. 映像改善理論(Image Enhancement)

2.1 對比改善(Contrast Enhancement)

SPOT 영상은 가장 밝은 값을 255, 가장 어두

운 값을 0으로 하여 각 영상소들의 밝기를 표시하는 수치영상이다. 일반적으로 우리나라의 지형을 담은 SPOT 영상은 눈이나 구름으로 덮여 있지 않은한 대부분 低放射度와 低對比(low radiance and low contrast)를 가진 영상이다. 이렇게 원래의 밝기 값을 그대로 나타낸 영상에서 지상기준점(GCP) 등 필요한 형태를 육안으로 확인하기는 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 對比改善(contrast enhancement)을 행한다. 대비 개선에 앞서 주어진 영상의 파장 특성을 알 필요가 있다. 이런 경우 밝기값에 대한 영상소數 分布圖(gray level histogram)가 유효하게 이용된다. 분포도에서는 영상의 전체 밝기, 대비 등의 특성을 알 수 있다.

분포곡선은 일반적으로 가우스 분포를 이루는데, 이 분포곡선의 폭이 좁으면 低對比(low contrast), 폭이 넓으면 高對比(high contrast)이며, 밝기값이 작은 쪽으로 곡선이 치우쳐 있으면 低放射度映像(low radiance image), 큰 쪽으로 치우쳐져 있으면 高放射度映像(high

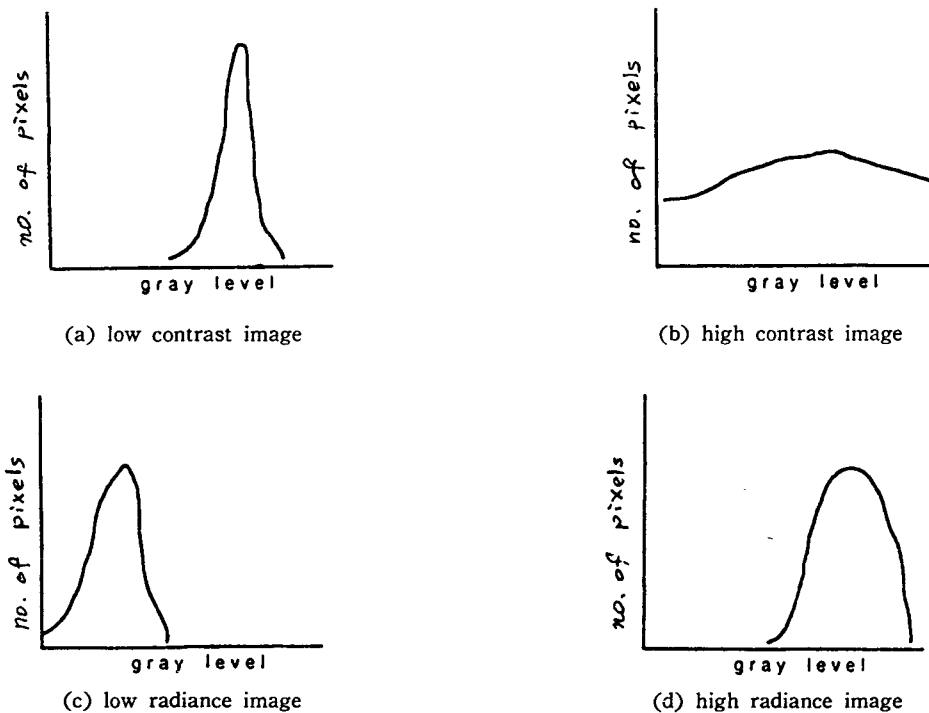


그림 2.1 gray level histogram의 특성

radiance image)이다.

대비개선에는 여러가지 방법이 있으나 임의의 영상 특성에 대한 사전 지식이 거의 필요없이 쉽게 행해질 수 있는 비선형 대비개선(nonlinear contrast enhancement)방식인 分布圖平滑化(histogram equalization) 技法이 널리 사용된다. 분포도평활화 기법은 저대비 영상을 그 밝기값을 가진 영상소의 수가 일정하도록 분포를 변화시키는 방법이다. 결과적으로 가우스 분포를 가진 영상을 평활화시켰을 경우 많은 영상소수를 가진 중앙에서는 분포 간격이 넓어져 대비가 크게 증가되고, 양끝쪽은 작게 증가된다.

2.2 映像素補間(Subpixel Interpolation)

지구 꺾음보정, 축척변환, 투영법의 변환 등 어떤 영상을 다른 좌표체계로 변환시킬 때 영상소보간법이 사용된다. 일반적으로 수치입력 영상은 離散型(discrete form)이므로 영상소보간 과정을 통하여 再配列(resampling)된 후 출력 영상이 얻어진다.

가장 빠른 보간방법으로는 最近隣補間法(nearest-neighbor interpolation)이 쓰인다. 최근린 보간법은 출력 영상의 각 격자점(x, y)에 해당하는 밝기값을 그 격자점의 입력영상 좌표계에 대응되는 점(x', y')에 가장 가까운 영상소의 밝기값으로 지정하는 것이다. 이 방식은 계산량이 적어서 신속하고, 재배열 과정에서 영상 밝기 값이 바뀌지 않으므로 원래의 파장 특성을 유지할 필요가 있을 때 유리하다. 한편 가장 가

까운 격자점 값을 지정함으로 인하여 최대 ± 0.5 영상소의 불연속 위치오차(geometric discontinuity error)가 발생할 수 있다.

二重線形補間(bilinear interpolation)은 출력 영상의 각 격자점(x, y)에 해당되는 밝기를 입력영상 좌표계의 대응점(x', y') 주변의 4개 점간 거리에 따라 다음 식과 같이 경중률을 주어서 계산하는 방법으로 기하학적으로 부드러운 결과를 보여주는 방법이다.

$$G = \sum_{i=1}^4 (g_i/d_i^2) / \sum_{i=1}^4 (1/d_i^2) \quad \dots\dots(2.1)$$

여기서 G는 보간계산된 밝기값, g_i 는(x', y')의 주변 4개의 영상소의 밝기 값이며, d_i 는 그 영상소와(x', y')의 거리이다. 2중선형 보간법은 최근린 보간법보다 부드러운 영상을 보이나 계산량이 많으므로 처리 속도는 더 느다.

三次曲線補間(cubic convolution)은 2중선형 보간과 유사하나 주변 16개 영상소의 가중값을 이용해서 밝기를 계산하는 방법으로 최근린 보간보다 부드럽고 2중선형 보간보다는 선명한 영상을 얻을 수 있으나 계산 시간이 가장 많이 걸린다.

2.3 空間필터處理(Spatial Filtering)

SPOT 영상에서 지상 기준점을 잘 찾기 위해서는 대비 강조의 적용 이외에도 공간파장 특성을 이용한 영상개선도 효과적으로 이용된다. 한 영상의 어느 부분의 단위 길이에 대한 밝기 변화의 발생 횟수는 空間周波數(spatial frequency)

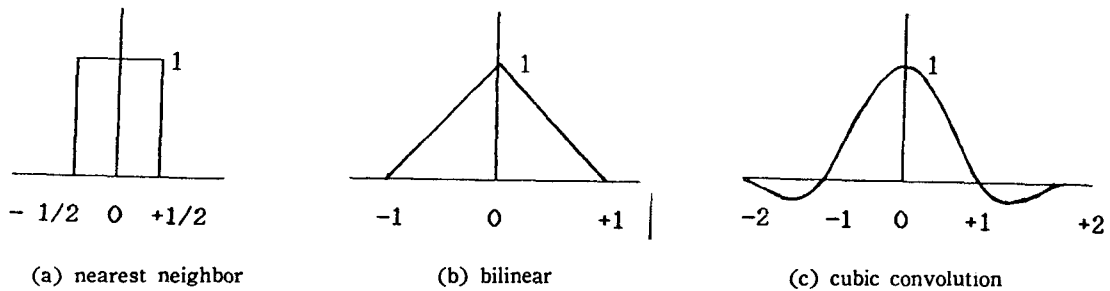


그림 2.2 Subpixel interpolation의 경중률함수

로 나타내어진다. 즉, 영상의 일부분에서 밝기 변화가 많지 않으면 저주파수 영상, 그 반대로 밝기 변화 횟수가 많으면 고주파수 영상이 된다. 이와 같이 공간 주파수는 하나의 영상소의 특성이 아닌 어떤 크기를 가진 영역의 특성이므로 공간주파수의 특성을 추출하기 위해서는 공간적 접근이 필요하다. 즉, 공간필터 처리는 어떤 영상소와 그 주변 영상소들의 밝기를 고려해서 그 밝기를 변화시키는 방법이다.

2.4 Low-pass filter

Low-pass filter는 영상의 낮은 공간주파수 성분을 유지하면서 공간주파수가 높은 성분을 약화시키는 영상개선법이다. 간단한 low-pass filter는 convolution mask의 평균을 그 중앙 영상소의 새로운 밝기로 지정하는 방식으로 그림 2.3과 같은 (3×3) 필터가 많이 사용된다. 여기서 제수값은 임의로 지정할 수 있다.

low-pass filter는 영상을 부드럽게 하는 효과가 있고 영상의 미세한 斑點狀 잡음을 없애는데 효과적이나 영상의 경계선을 회미하게 만들게 되며, 이러한 효과는 마스크가 클수록 심해진다.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

그림 2.3 Low-pass filter

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

그림 2.4 High-pass filter

2.5 High-pass filter

High-pass filter는 low-pass filter와는 반대로 낮은 공간주파수 성분을 약화시키고 높은 주파수 성분을 유지시키는 필터로서, 영상의 세밀한 부분을 강조시키는 효과가 있다. high-pass 영상의 histogram은 0 축을 중심으로 하여 (+), (-) 값들이 거의 대칭되는 좁은 분포 곡선을 형성하기 때문에 可觀의 分析을 위해서는 (+) 값쪽으로 늘려주어야(histogram stretching) 한다. 이 필터는 영상의 세부를 향상시키는 반면

에 잡음도 같이 증폭시키는 단점이 있다.

3. 境界線抽出 및 強調(Edge detection and enhancement)

3.1 Gray level threshold

지상기준점 및 기타 중요한 형상들은 인접한 두 영상소의 밝기가 크게 변하는 경계선을 포함한다. 따라서, 필요한 형태를 찾거나 분석하기 위해서는 일반적으로 경계선을 강조하는 것이 유리하다. 경계선을 추출하는 기법으로 많은 방식이 연구되어 왔으나 high-pass filtering과 gray level threshold 기법이 비교적 간단하고 효과적인 방법으로 널리 사용된다. 즉, 다음과 같이 1점(x, y)와 대각선 방향에 있는 1점(x+1, y+1) 사이의 경계선을 찾는 식을 적용시킬 때,

$$\Delta g_{x,y} = g_{x,y} - g_{x+1,y+1} \quad \dots\dots(3.1)$$

와 같이 하여 밝기값의 차이 $\Delta g_{x,y}$ 를 구하며, 그 값이 0이면 중간값으로 지정하고, (+)일 때는 밝은 값, (-)일 때는 어두운 값으로 대처시킨다. 그 결과 출력 영상은 회색조의 배경에 흑색 또는 백색의 경계선으로 나타나게 된다. 즉, 흰선은 어두운 값으로, 검은 선은 밝은 값으로 변하는 경계선을 의미한다.

이와 같은 알고리즘은 수평 방향이나 수직 방향으로도 동일하게 적용될 수 있고, 경계값(threshold)을 0 대신에 분류하고자 하는 임의의 값으로 지정할 수 있다. 이렇게 하여 출력된 영상을 원래의 영상에 중첩시키면 밝기값을 높이로 하는 지형에 빛을 비추어 그림자가 생긴 것 같은 독특한 효과를 나타낸다.

3.2 Laplacian Filter

방향에 민감한 threshold 기법에 비하여 Laplacian filter는 방향과 무관하게 경계선을 강조하는 기법이다. Laplacian 필터는 인간의 시각과 비슷하므로 다른 방식에 비하여 보다 자연스러운 결과가 나온다.

Laplacian filter의 결과를 원래의 영상에 더하는 기법은 매우 유용하게 사용되며, 그림 3.1

0	-1	0
-1	-1	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

그림 3.1 Laplacian filter(3×3)

그림 3.2 Laplacian filter와 원래의 영상을 더하는 mask



그림 3.3 Shadow effect를 적용한 영상



그림 3.4 Laplacian Filter를 적용한 영상과 원영상을 중첩한 영상

과 같은 3×3 mask 를 많이 적용한다.

4. 色變換과 SPOT 映像合成

4.1 色變換(Color Transformation)

입력 자료의 영상화는 Remote Sensing 에서 중요한 일부분으로 천연색 영상의 표시에는 삼원색(R, G, B)에 의한 가법혼색이 많이 행해지며, 이 경우 어느 채널을 삼원색에 대응해 맞출 것인가 하는 문제가 있다. 선정된 자료를 영상화할 경우 목적하는 영상을 얻기 위한 색채 변조는 주로 RGB 에 대해서 행해지고 많은 경험을 필요로 한다. 또한 영상 표시를 하기 위해서는 주로 RGB 의 조정을 필요로 하는데, 표시된 영상의 색채와 RGB 의 조건을 추측하는 것은 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 CIE 표색계와 만셀표색계에 의한 색채 특성(H, S, I) 을 이용하여 변환 조정되는 방식이 이용된다.

천연색 CRT 에 의해 표시되는 색채는 3원색에 대응하는 RGB 의 가법혼색에 의해 표시되고 색채는 色相(hue) H, 彩度(saturation) S, 明度(intensity) I 의 3요소로 표시된다. 3원색에 의한 가법혼색은 각 原色의 명도를 더해서 전체 색채를 표시하는 방식으로 赤(red) R, 綠(green) G, 靑(blue) B를 각각 직교축으로 하

는 직교좌표 공간(RGB 색공간)에 의해 표현된다.

한편 다중색상제에 의한 색채특성(H, S, I)은 색채에 대한 지각의 심리적 분류에 따른 분류 특성으로, I를 높이, S를 반경, H를 각도에 대응시킨 원주좌표 공간, 즉 HSI 색채공간으로 표시된다.

4.2 HSI 변환(RGB→HSI)

RGB 벡터에 의해 결정된 색채 C를 원주좌표(HSI)로 표시하기 위해서 그림 4.2에서처럼 RGB 공간에 (H, D, I) 좌표계를설정한다. H는 I축과 B에 의한 평면과 C의 각, D는 I축과 C의 거리, I는 C의 I축 성분이다. RGB는 서로 직교하므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\begin{aligned} \vec{I} &= (\vec{R} + \vec{G} + \vec{B}) \cos \theta \\ \vec{D} &= \vec{T}_x + \vec{T}_y \\ H &= \tan^{-1}(|\vec{T}_y|/|\vec{T}_x|) \quad (0 \leq H \leq 2\pi) \end{aligned} \quad \dots\dots(4.1)$$

$$\begin{aligned} \vec{T}_x &= (\vec{R} \cos \alpha + \vec{G} \cos 2\alpha + \vec{B}) \sin \theta \\ \vec{T}_y &= (\vec{R} \sin \alpha + \vec{G} \sin 2\alpha + \vec{B}) \sin \theta \\ \alpha &= 2\pi/3, \quad \tan \theta = \sqrt{2} \end{aligned}$$

그림 4.2에서의 같이 H값이 같으면 等色相, I값이 같으면 等明度이지만 D값이 같더라도

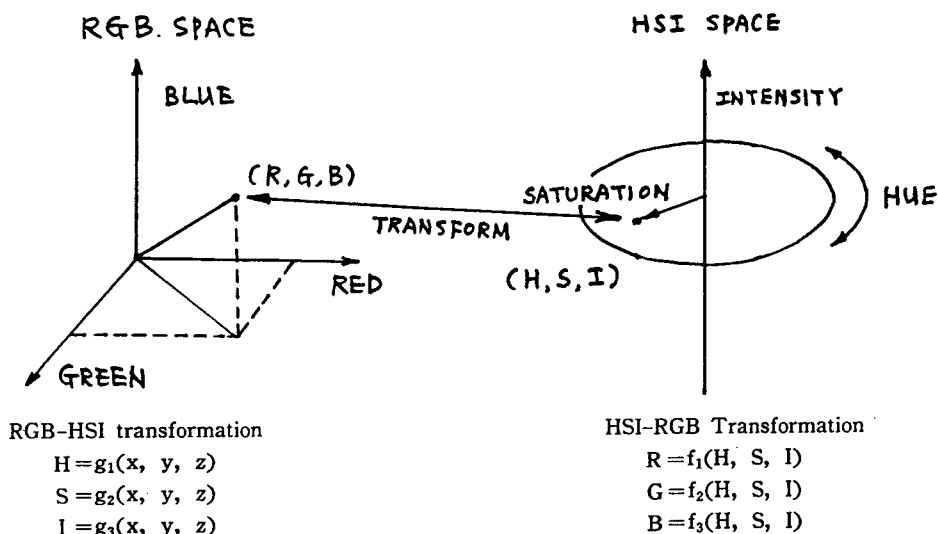


그림 4.1 RGB/HSI 색공간의 변환

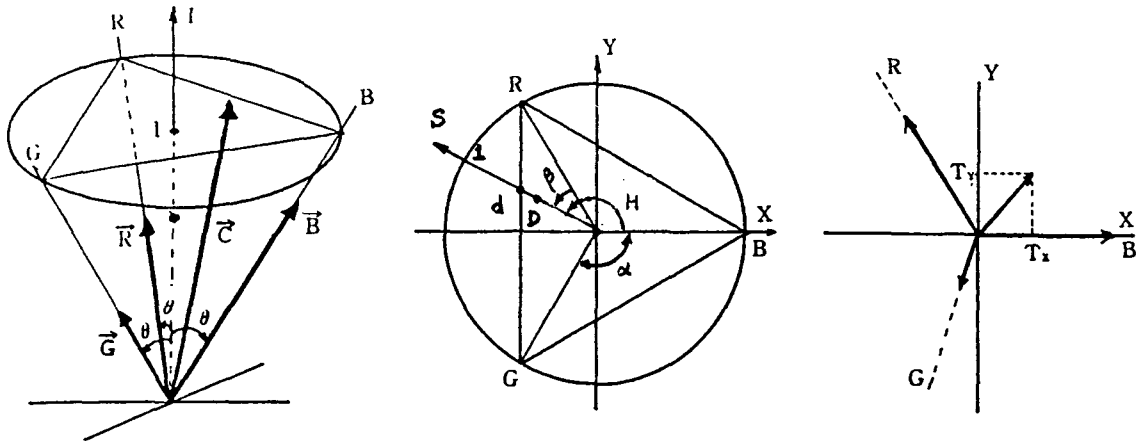


그림 4.2 RGB 색공간에서의 HDI 좌표설정

等彩도가 되지는 않는다. 식 (4.1)에서 산정된 삼각추의 측면상 D값은 이 점을 통과하고 I 축에 직교하는 선상에 있는 색채의 최대채도이다. 따라서 그림 4.2에서처럼 임의의 색채(H, D, I)에 대해(H, I)가 동일한 D의 최대값 d를 구하고 다음식에 의하여 D값을 규격화해서 S를 얻는다.

$$S = D/d = D \cos(\alpha/2 - \beta) (H \cos \alpha/2 \tan \theta) \quad \dots\dots(4.2)$$

$$0.0 \leq S \leq 1.0, \beta = (H - \alpha) \quad \dots\dots(4.2)$$

(H, S, I)는 반경 1.0, 높이 I인 원주 공간을 표시하는 원주좌표이다. 식 (4.1) 및 (4.2)에 의해 RGB 공간은 HSI 색공간으로 변환된다. S는 앞에서의 D와 마찬가지로 채도에 대응하는 양이고, S값이 동일한 색채는 등채도가 된다.

4.3 RGB 변환(HSI→RGB)

(H, S, I)에서 (R, G, B)로의 변환은 식 (4.1) 및 (4.2)의 역변환 과정이다. 전체색채는 원주 공간내에 존재하므로 이것을 정삼각추 공간으로 변환하고 (R, G, B) 좌표로 변환한다. 따라서 (H, S, I)는 다음 식에 의하여 (R, G, B)로 결정된다.

$$D = S H \cos(\alpha/2) \tan \theta / \cos(\alpha/2 - \beta)$$

$$R = (I - D \cos H / \tan \theta) \cos \theta - D \sin H / \tan \theta$$

$$G = (I - D \cos H / \tan \theta) \cos \theta - D \cos H / \tan \theta$$

$$B = (I - D \cos H / \tan \theta) \cos \theta \quad \dots\dots(4.3)$$

5. SPOT 영상합성

SPOT 영상은 천연색영상(XS-mode)과 흑백 영상(P-mode)의 두가지로 얻어진다. XS-mode는 3개의 파장대로 구성되며, 각 파장대의 영상을 합성하여 천연색 영상을 만들 수 있으므로 대상 지역의 정성적 분석이나 필요한 지형 지물의 특징 추출에 유리하며, 그 해상도는 20 m×20 m이다.

P-mode 영상은 해상력 10 m×10 m로서 XS-mode에 비하여 훨씬 정밀하게 위치를 결정할 수 있으므로 주로 대상지역의 수평 및 수직위치 결정에 유리하지만 흑백 영상이므로 대상물의 형태구분 및 특징추출에는 한계가 따른다. 따라서 적절한 차리 과정을 통하여 이 두가지 방식의 영상을 합성한다면 대상 지역의 특성 분석과 위치결정 양면에 걸쳐 효과적인 영상을 얻을 수 있게 되므로 시각 분석에 큰 도움이 된다.

XS-mode 영상과 P-mode 영상을 합성시키기 위해서는 RGB 색공간에서 HSI 색공간으로의 변환 과정이 필요하다. 이렇게 변환된 영상의 I 값을 P-mode 영상으로 대치시킴으로써 두 영상을 합성할 수 있다.

본 연구에서는 SPOT 영상의 질을 향상시키

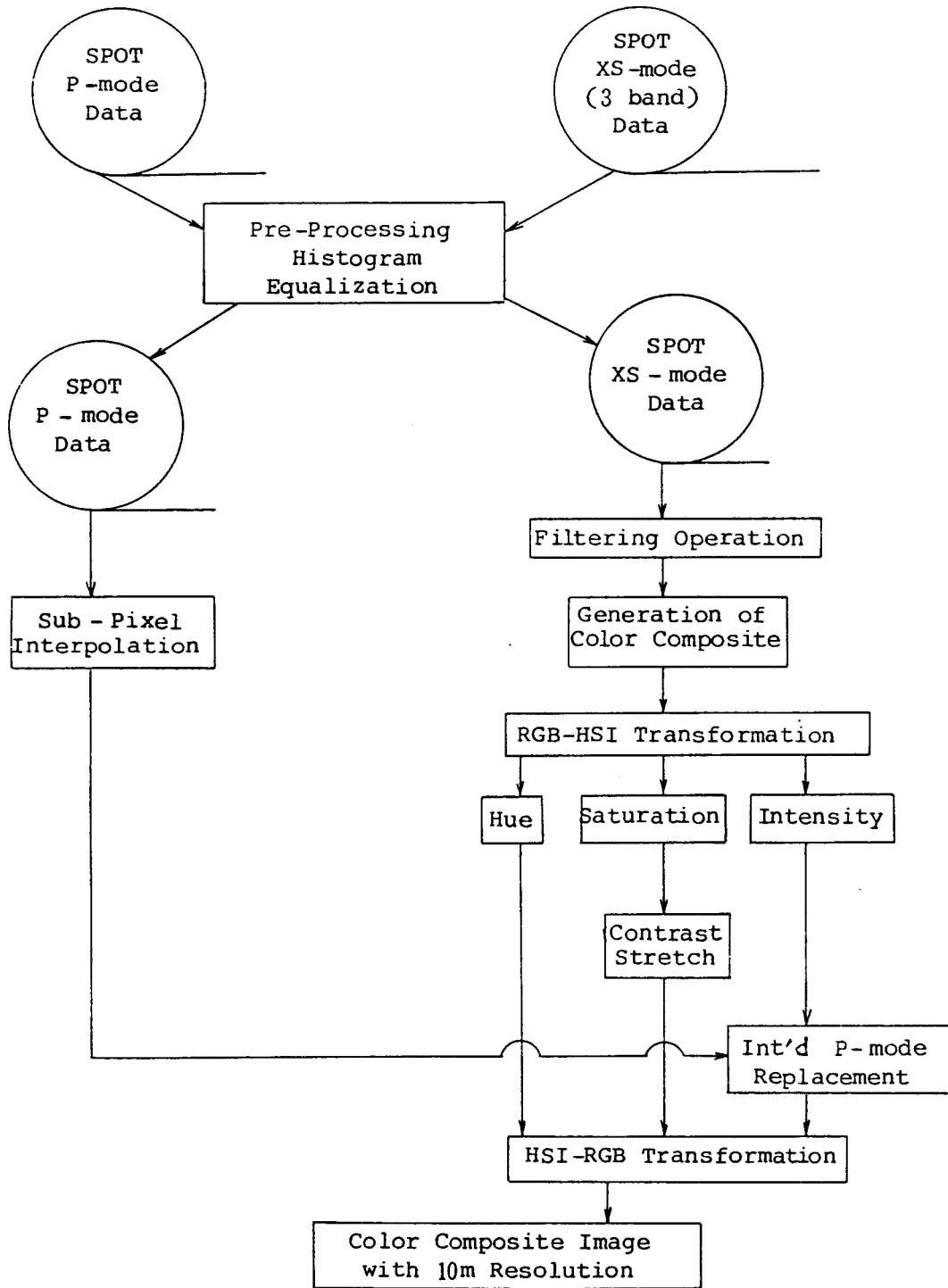


그림 5.1 SPOT XS-mode 와 P-mode 영상의 합성과정

는데 필요한 수치영상 처리기법의 원리와 특징을 고찰하여 알고리즘을 개발하고, Workstation SUN 3/60 및 SUN 4/SPARC station 상에서 프로그래밍하여 영상처리용 소프트웨어를 개발하

였다. 또한 그림 5.1과 같은 과정을 통하여 SPOT P-mode 및 XS-mode 영상을 중첩하여 고해상도의 천연색 합성영상인 P+XS 영상을 얻었다.



그림 5.2 P-mode 영상



그림 5.3 XS-mode 영상의 RGB 합성결과



그림 5.4 P-mode 와 XS-mode 영상의 합성결과



그림 5.5 Edge enhancement 후 P+XS 합성영상

그림 5.2와 그림 5.3은 원래의 SPOT CCT 자료로부터 CRT 모니터 상에 출력한 P-mode 및 XS-mode 영상이다. 원래의 영상은 낮은 방사도와 저대비 영상으로 시각분석에 적합하지 않

으므로 앞에서 논의한 방식을 이용하여 histogram equalization 및 대비강조를 적용하여 영상의 질의 개선하였다. 두 그림을 비교하여 알 수 있는 것처럼 P-mode 영상은 영상이 더 선명하고 경계선 구분이 잘 되는 반면, XS-mode 영상은 덜 선명한 대신에 P-mode 영상에서 잘 보이지 않는 세부지형의 판별에 더 유리함을 알 수 있다.

그림 5.4와 그림 5.5는 본 연구에서 개발한 수치영상 처리기법과 영상합성 기법을 사용하여 P-mode 영상과 XS-mode 영상을 합성한 결과를 보여준다. 그림 5.4는 그림 5.1에 나타난 것과 같이 영상소 보간과정을 이용한 선명도 개선, 대비강조, RGB/HSI 변환, 명도값의 P-mode 값 대체, HSI/RGB 변환과정을 통하여 얻어진 해상도 10m의 색합성영상으로 선명한 영상과 천연색 표시로 앞의 그림 5.2 및 그림 5.3에 비하여 시각 분석에 매우 양호한 영상임을 알 수 있다. 그림 5.5는 위의 과정에 더하여 대상물 형태를 확인하기 위해 더욱 좋도록 공간 필터 처리기법과 경계선 강조기법을 적용한 다음 합성한 영상으로 그림 5.4에 비하여 더욱 뚜렷하게 대상물 형태를 구분할 수 있는 천연색 합성 영상이다.

6. 結 論

- (1) SPOT 영상의 지상기준점, 검사점 등의 위치 결정을 위한 대상물 형태의 더욱 명확한 구분과 시각분석 효과를 향상시키는 데 필요한 수치영상 처리기법의 원리와 특징을 논의하고 알고리즘을 개발하였다.
- (2) 실제 SPOT 영상에 개발된 분포도 평활화, 대비강조, 경계선추출 및 강조, 공간필터 처리와 같은 수치영상 처리기법을 적용하여 출력 영상을 얻으므로써 SPOT 영상을

이용한 3차원 좌표획득과 과장대특성 분석에 유용한 영상을 획득하였다.

- (3) SPOT 천연색영상(XS-mode)을 색변환하고 지상기준점 좌표를 활용하여 흑백영상(P-mode)과 중첩하여 해상도가 높은 천연색 영상으로 합성하므로써 고가품인 P+XS 영상을 자체생산 할 수 있는 기법을 개발하였다.
- (4) 본 연구의 성과는 SPOT 영상을 이용한 대상지역의 3차원 위치결정 및 DTM 데이터 베이스구축, 선명한 천연색 영상을 이용한 대상물의 특성추출 및 정성분석, 지형공간 정보체계의 데이터베이스 구축 및 활용에 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 기대된다.

參考文獻

1. Essadiki, M., 1987, "A Combination of Panchromatic and Multispectral SPOT images for topographic mapping", ITC Journal 1987-1, pp. 59-67.
2. Cliche, G. and F. Bonn, 1985, "Integration of the SPOT Panchromatic Channel into Its Multispectral Mode for Image Sharpness Enhancement", PE & RS, Vol. 51, No. 3, pp. 311-316.
3. Yoshimura et al., 1989, Generation of Secondary Products using MOS-1/MESSR : Regional Mosaics and Composition with SPOT", Archives of ACRS, p-25-1 to p-25-6.
4. Schowengerdt, R. A., 1983, Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing, Academic Press.
5. Angell, I.O., 1985, A Practical Introduction to Computer Graphics, Macmillan Education.
6. Andrews, H.C. and B.R. Hunt, 1979, Digital Image Restoration, Prentice-Hall.
7. Gonzalez, R.C. and P. Wintz, 1983, Digital Image Processing, Addison Wesley.
8. Kuc, Roman, 1988, Introduction to Digital Signal Processing, McGraw-Hill.