

IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 중합방법 비교분석

안기원* · 서두천**

경상대학교 토목공학과(경상대학교 부속 생산기술연구소)*, 경상대학교 토목공학과**

Comparison of Different Methods to Merge IRS-1C PAN and Landsat TM Data

Ki-Won Ahn* and Doo-Chun Seo**

Department of Civil Engineering, Gyeongsang National University(Research Institute of Industrial Technology)*

Department of Civil Engineering, Gyeongsang National University**

Abstract

The main object of this study was to prove the effectiveness of different merging methods by using the high resolution IRS(Indian Remote Sensing Satellite)-1C panchromatic data and the multispectral Landsat TM data. The five methods used to merging the information contents of each of the satellite data were the intensity-hue-saturation(IHS), principal component analysis(PCA), high pass filter(HPF), ratio enhancement method and look-up-table(LUT) procedures. Two measures are used to evaluate the merging method. These measures include visual inspection and comparisons of the mean, standard deviation and root mean square error between merged image and original image data values of each band.

The ratio enhancement method was well preserved the spectral characteristics of the data. From visual inspection, PCA method provide the best result, HPF next, ratio enhancement, IHS and LUT method the worst for the preservation of spatial resolution.

Keywords : IRS-1C, Landsat TM, merging

요 약

본 연구에서는 지구자원탐사용 인공위성 화상데이터중에서 공간해상력이 우수한 IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터를 중합(merging)하는데 있어서, 어떤 중합방법이 유효한지를 밝히고자 하였다. 각기 다른 두 화상데이터를 중합하기 위하여 IHS, PCA, HPF, ratio enhancement 및 LUT방법을 적용하였으며, 이 방법들에 의하여 얻어진 화상들의 평가에 있어서는, 분광반사특성 보존성부분과 공간해상력 부분으로 나누어서 평가하였다. 그 결과 ratio enhancement방법이 분광반사특성의 보존성에 있어서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 전체적인 화상의 시각적 판독평가에 있어서는 PCA방법이 다른 방법에 비하여 공간해상력이 우수한 것으로 파악되었으며 다음으로 HPF, ratio enhancement, IHS, LUT방법의 순으로 나타났다.

I. 서 론

지구자원탐사용 인공위성에 탑재된 센서의 종류와 해상력이 다양해짐에 따라 각기 다른 센서에서 관측 수집된 화상데이터를 중합(重合, merging)하여 활용할 필요성이 점차 커지고 있다. 특히 고해상도의 panchromatic 화상데이터와 저해상도의 화상데이터를 중합한 칼라화상이 각종 주제도의 제작, 토지이용분류, 환경감시, 자원조사, 대상물의 위치정보획득 등의 많은 분야에 활용될 전망이다. 그러나 이 화상들의 중합에 있어서는 2가지 특성 즉, 다중과장대의 분광반사특성과 고해상도의 특성을 유지하는 수치칼라합성화상이 작성되어야만 대상물의 피복조사, 형태파악, 특징추출은 물론, 정밀한 위치파악을 위한 유효한 화상데이터가 될 수 있다. 따라서 고해상도의 화상특성을 감소시키지 않으면서 다중과장대 화상의 대상물에 관한 다양한 분광반사특성을 유지하는 적절한 수치화상중합방법의 선정과 적용이 이루어져야 한다. 국내외적으로도 화상데이터의 중합에 관하여 많은 관심을 갖고 활발한 연구가 이루어지고 있다. 국외의 연구로는 Welch와 Ehlers(1987), Price(1987), 田中總太郎와 杉村俊郎(1988), Chavez et al(1991), Shettigara(1992) 및 Munechika et al(1993)이 SPOT PAN 데이터와 Landsat TM 데이터를 중합하는 연구를 한 바 있다. 특히, Chavez et al(1991)은 IHS(intensity-hue-saturation), PCA(principal component analysis) 및 HPF(high-pass filter)방법에 의한 중합결과를 비교하였다. 그 결과, 분광반사특성의 왜곡에 있어서는 PCA방법이 제일 작았으며, 공간해상력에 있어서는 HPF와 IHS방법이 우수하였음을 제시하였다. Munechika et al(1993)은 공간해상력과 토지이용 분류정확도를 높이기 위하여, 본인들이 개발한 ratio enhancement method에 의한 중합화상이 TM 칼라합성화상 또는 Price(1987)의 LUT(look-up-table)방법에서 얻어진 중합화상보다 우수하였음을 제시하였다. Cliche et al(1985), Carper et al(1990) 및 Shih와 Hsieh(1997) 등은 SPOT PAN 데이터와 XS데이터를 중합하는 연구를 하였다. Cliche et al(1985)은 화상간 비연산방법에 의하여 중합화상을 작성 비교하여 XS 칼라합성화상보다 해상력이 우수하고 분광반사특성의 왜곡이 작았다고 육안 판독하였다. Carper et al(1990)은 IHS방법이 식생지역의 판독에는 적절하지 못하며, 개발된 WTA(weighted average)방법으로 얻어진 화상

을 IHS의 intensity 화상으로 대체하는 방법을 제시하기도 하였다.

국내 연구로는 손덕재(1991)가 IHS변환방법으로 SPOT PAN 데이터와 XS 데이터를 중합하였고 P+XS화상을 자체 제작한 후, 이 두 가지 중합사진이 향상된 시각분석가능성을 제시하였다. 박재하(1995)는 IHS변환방법을 이용하여 스캐닝된 지도와 Landsat TM 데이터와의 중합화상을 작성하였으며 이 중합화상으로부터 지도의 부정확성이나 신설 구조물의 식별이 가능함을 제시하였다. 최철웅(1997)은 IHS변환방법에 의하여 얻어진 SPOT 및 Landsat TM의 중합화상과 DEM을 이용한 3차원 인공위성 화상지도를 작성하여 환경영향평가 등에 활용가능성을 제시한 바 있다.

그러나 국내외적으로, 지구자원탐사용 인공위성 화상데이터중에서 공간해상력이 우수한 IRS(Indian Remote Sensing Satellite)-1C PAN(해상력 약 5.8m)데이터를 사용하는 중합에 있어서 어떤 방법이 유효한지를 밝힌 연구가 거의 없다. 따라서, 본 연구에서는 높은 해상력의 IRS-1C PAN 데이터와 다양한 관측파장대를 갖고 있는 Landsat TM 데이터를 사용하여, 대표적인 화상중합방법인 IHS, PCA, HPF, ratio enhancement, LUT방법으로 중합화상을 작성하고, 원화상(TM데이터만의 칼라합성화상)과 비교 분석하고자 하였다.

II. 사용데이터, 기하보정 및 연구대상지역

본 연구에 사용된 인공위성 화상데이터는 Table 1에서 보는 바와 같이 1995년 12월에 인도 ISA(Indian Space Agency)에서 발사된 IRS-1C 위성으로부터 1997년 4월 19일 관측 수집된 PAN 데이터(관측파장대 : 0.5~0.75 μm)와 1997년 3월 30일 관측 수집된 Landsat TM 데이터이다.

Table 1. Image data used.

Parameter	IRS-1C PAN	Landsat TM
Spatial resolution	5.8 m	30 m
Scene size	70 km × 70 km	185 km × 170 km
Date of acquisition	April 19, 1997	March 30, 1997
Path-Row	143-045	114-036
Number of bands	1	7
Cloud	0%	0%
Sun azimuth	145.2°	132°
Sun elevation	62°	48°
Data correction	Level 2	Bulk

구입된 화상데이터는 일부 기하보정이 되어 있기는 하지만 데이터 수신처리 또는 공급기관에서 표준적으로 채택하고 있는 지구타원체와 평면직각좌표 투영법이 우리 나라 국토기본도의 경우와 다르기 때문에 기하보정을 실시하여 위성데이터를 우리 나라의 지도좌표체계로 맞추어야 한다. 본 연구에서 사용된 기하보정방법은 지상기준점의 지도좌표를 이용하는 방법을 사용하였다. 화상좌표와 지도좌표간의 좌표변환식으로는 1차다항식을, 화소값의 재배열(resampling) 방법으로는 공1차내

삼법(bilinear interpolation)을 사용하였다. 재배열에 있어서 화소 1개에 해당하는 지상크기를 IRS-1C PAN 데이터는 5 m×5 m, Landsat TM 데이터는 30 m×30 m가 되도록 하였다. 기하보정시의 평균제곱근오차(RMSE)는 각각 ± 0.5 화소이내가 되도록 하였다.

기하보정된 화상 중에서 직사각형 형태의 화상을 다시 절출하여 연구대상지역으로 선정하였으며 그 크기는 IRS-1C PAN 화상의 경우는 1800×1860 (row×column) 화소, Landsat-TM 화상은 300×310 (row×column) 화소 크기였다. 연구대상지역으로 절출된 지역은 위도 35°14'~35°19', 경도 128°18'~128°24' 사이의 경상남도 함안군 일대의 가야읍, 군북면 및 범수면을 포함하는 지역으로서 도시역, 산림지역, 식생지역 및 수역이 적절히 포함되도록 하였으며, 지상크기는 종횡방향으로 9 km×9.3 km이다.(면적 : 83.7 km²)

III. 화상중합

높은 해상력의 IRS-1C PAN 데이터와 다양한 관측과장대의 Landsat TM 데이터를 중합하는데 있어서는 그 목적에 따라서 차이점이 있을 수 있으나, 대부분의 경우에 높은 해상력과 다양한 분광반사특성 모두를 유지해야 한다는 점이 중요하다. 본 연구에서는 이와 같은 점과 서론에서 밝힌 기존 연구결과를 토대로 여러 가지 화상중합방법 중, 대표적인 IHS, PCA, HPF, ratio enhancement 및 LUT방법으로 화상중합처리를 행하고 그 결과 화상들을 원화상(TM데이터만의 칼라합성화상)과 비교 분석하였다. IHS, PCA 및 HPF을 위한 소프트웨어는 ERDAS 8.3.1을 사용하였으며 나머지 방법들을 위한 프로그램은 직접 작성하여 사용하였다.

1. IHS

IHS방법은 Hydan et al.(1982)이 Landsat MSS 데이터와 RBV(return beam vidicon)데이터의 중합과 Landsat MSS 데이터와 HCM(Heat Capacity Mapping Mission)데이터의 중합에서 처음 사용된 이후, 각기 다른 센서에서 얻어진 화상들의 중합에 가장 널리 사용되는 방법중의 하나이다.

RGB변환은 색정보를 빛의 3요소인 R(적), G(녹) 및 B(청) 요소로, IHS변환은 색의 3요소인 I(명도 : intensity), H(색상 : hue), 및 S(채도 : saturation)의 특징량으로 변환하는 방법이며 I, H, S중에서 I는 공간 해상력을, H와 S는 분광반사특성을 표현해 주는 역할을 한다. 고해상도의 panchromatic 데이터와 저해상도의 다중과장대 화상을 사용할 때에는 먼저 저해상도의 3개 과장대의 화상을 I, H, S성분의 화상으로 변환한 후, I(intensity) 성분 화상을 고해상도의 panchromatic 화상으로 대체한 다음, 다시 R, G, B 성분화상으로 역변환하여 칼라 합성하는 방법이다. 그러나 TM 데이터는 7개 밴드의 데이터로 되어 있기 때문에 IHS방법에 적용될 3개의 유효밴드 화상을 결정하여야 한다. Table 2에서 보는 바와 같이 IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터간에 관측과장대가 중복되는 영역은 3개 밴드에 걸쳐 0.16 μ m이며, 이중 TM1, TM2 및 TM3에서의 과장중복도는 각각 12.5%, 50.0% 및 37.5%이다. Table 3에서 보는 바와 같이 IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 상관관계를 보면 TM1, TM2 및 TM3에서 비교적 상관관계가 양호한 것으

Table 2. The bandwidth overlap between Landsat TM and IRS-1C PAN.

Band	Lower bound(μm)	Upper bound(μm)	Overlap of PAN(%)
TM1	0.45	0.52	12.5
TM2	0.52	0.60	50.0
TM3	0.63	0.69	37.5
TM4	0.76	0.90	-
TM5	1.55	1.75	-
TM7	2.08	2.35	-
PAN	0.50	0.75	-

Table 3. Correlation coefficients between Landsat TM and IRS-1C PAN data.

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
PAN	0.7420	0.7452	0.7386	0.5526	0.6551	0.6841

로 나타났다.

IHS방법은 고해상도의 panchromatic 데이터를 intensity 화상으로 대체하는 방법으로서 3개의 밴드를 사용한다. 따라서 IRS-1C PAN 데이터와 intensity 화상간의 상관관계를 비교함으로써 유효한 밴드를 선정할 수 있다. Table 4에서 보는 바와 같이 TM 밴드중 3개 밴드가 조합되는 대표적인 밴드 구성 중에서 TM1, TM2 및 TM3의 intensity 화상과 IRS-1C PAN 데이터간의 상관계수가 가장 높았기 때문에 이 3개 밴드의 TM 데이터를 IHS방법에 사용하였다.

본 연구에서 적용한 RGB-IHS 변환과정은 먼저 Landsat TM1, TM2 및 TM3 화상을 이용하여 I, H, S 성분의 화상으로 변환하였다. 그리고 I 성분 화상과 분산 및 평균이 비슷하도록 고해상도의 IRS-1C PAN 화상을 농도변환(contrast stretch)한 다음, 이를 I 성분 화상으로 대체하고 다시 R, G, B 성분 화상으로 역변환하여 칼라 합성하였다.

Table 4. The correlation coefficients between the intensity image of each TM three bands combination and IRS-1C PAN data.

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
PAN	0.7554	0.7032	0.7479	0.6397	0.6903	0.7492

2. PCA

PCA 방법은 다수의 변량변동을 소수의 지표로 이용하여 표현하는 방법으로서, 필요한 정보를 거의 상실하지 않으면서도 특징공간의 차원 즉, 자료량이나 패턴의 분류처리시간을 줄이기 위하여 많이 사용된다. 다중파장대 화상에서는 각 밴드간 상관관계가 높은 경우가 많기 때문에 PCA를 이

용하여 현재의 화상들에 포함되어 있는 대부분의 정보를 가상적인 소수 밴드로 나타낼 수 있다.

PCA방법에 의한 IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 중합방법과 절차는 IHS방법과 유사하다. 그러나 IHS방법에서는 단지 3개 band 화상만을 이용하여 I, H, S 성분화상으로 변환할 수 있는 반면에, PCA방법은 3개 이상의 화상들을 사용하여 PCA알고리즘에 적용할 수 있다는 장점이 있다.

Table 5에서 보는 바와 같이 TM1, TM2 및 TM3의 제1주성분화상과 IRS-1C PAN 데이터간의 상관계수가 가장 높았기 때문에 이 3개 밴드의 TM 데이터를 PCA방법에 사용하였다.

Table 5. The correlation coefficients between the first principal component image of each TM three bands combination and IRS-1C PAN data.

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
PAN	0.7561	0.6864	0.7479	0.7191	0.6904	0.7408

본 연구에서는 먼저 Landsat TM1, TM2 및 TM3을 이용하여 제1, 제2 및 제3주성분 화상을 얻었다. 그리고 제1주성분 화상과 분산 및 평균이 비슷하도록 고해상도의 IRS-1C PAN 데이터를 농도변환한 다음, 이를 제1주성분 화상으로 대체하고 다시 R, G, B 성분화상으로 역변환하여 칼라 합성하였다.

3. HPF

Chavez와 Bowell(1988), Chavez et al.(1991), Vrabel(1996) 등은 HPF방법으로 SPOT PAN 데이터와 Landsat TM 데이터를 중합한 바 있다. 본 연구에서는 Vrabel(1996)이 사용하였던 방법과 유사한 HPF방법을 사용하였지만 사용한 화상데이터의 종류가 다르기 때문에 필터의 크기와 상수는 다르게 적용하였다. Vrabel은 SPOT PAN 데이터의 해상력이 Landsat TM 데이터보다 3배 높다는 이유와 직접 실험한 결과에 따라 필터의 크기를 7×7로 하였다. 본 연구에서도 IRS-1C PAN 데이터의 해상력이 Landsat TM 데이터보다 약 6배 높기 때문에 필터크기를 13×13으로 하였다. HPF방법에 의한 화상합성의 주된 과정은 다음과 같았다.

- 1) IRS-1C PAN 데이터의 공간해상력을 추출하기 위하여 이 화상데이터에 high-pass filter(필터 크기 : 13×13, 필터상수 : 중앙화소는 337/169, 나머지 화소들은 -1/169)를 적용한다.
- 2) Landsat TM 데이터의 분광특성을 추출하기 위하여 TM1, TM2 및 TM3 화상데이터에 low-pass filter(필터크기 : 13×13, 필터상수 : 1/169)를 각각 적용한다.
- 3) Landsat TM 데이터와 분산 및 평균이 비슷하도록 high-pass filter 적용후의 IRS-1C PAN 데이터를 농도변환한다.
- 4) 식(1)을 사용하여 HPF변환된 새로운 화상들을 작성하고 칼라 합성한다.

$$HP_i = (W_a \times TM_{iip}) + (W_b \times PAN_{iip}) \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

- HP_i ... Landsat TM i band의 HPF결과 화상데이터($i = 1, 2$ 및 3)
- TM_{ilp} ... 6배 확대하여 재배열한 후, low-pass filter가 적용된 TM i band 화상데이터
- PAN_{ihp} ... Landsat TM i band 화상데이터와 분산 및 평균이 비슷하도록 high-pass filter 적용 후의 IRS-1C PAN 데이터를 농도변환한 화상데이터
- W_a, W_b ... 경중률($W_a + W_b = 1.0$ 이어야 하며 본 연구에서는 Landsat TM i band 화상데이터 (TM_{ilp})와 분산 및 평균이 비슷하도록 IRS-1C PAN 데이터를 농도변환한 화상 (PAN_{ihp})을 사용하기 때문에 W_a 및 W_b 를 각각 0.5로 적용하였다.)

4. Ratio Enhancement Method

이 방법은 Munechika et al.(1993)이 SPOT PAN 데이터를 이용, Landsat TM 데이터의 공간해상력과 토지이용분류정확도를 향상시키기 위하여 수행한 방법이다. 식(2)와 같이 화상간 비연산(ratio)을 통하여 토지이용 분류정확도를 약 6% 향상시킬 수 있었으며 육안판독효과도 높일 수 있었다고 밝히고 있다. 본 연구에서도 식(2)에 의한 중합처리를 행하였다.

$$RE_i = PAN \cdot \frac{TM'_i}{TM''_{wsum}} \dots\dots\dots (2)$$

여기서,

- RE_i ... Landsat TM i band의 ratio enhancement 결과 화상데이터($i = 1, 2$ 및 3)
- PAN ... IRS-1C PAN 화상데이터
- TM'_i ... IRS-1C PAN 화상크기로 6배 확대하여 재배열한 Landsat TM i band 화상데이터
- TM''_{wsum} ... IRS-1C PAN 화상데이터의 분산과 평균에 맞도록 식(3)으로부터 얻어진 화상을 농도변환한 화상 데이터

$$TM''_{wsum} = \sum \omega_i TM'_i \dots\dots\dots (3)$$

이때, ω_i (경중률)은 식(4)과 같은 다중회귀분석(multiple linear regression)에 의하여 구하여진다.

$$PAN = \omega_1 TM'_1 + \omega_2 TM'_2 + \omega_3 TM'_3 + \omega_4 TM'_4 + \omega_5 TM'_5 + \omega_7 TM'_7 + \varepsilon \dots\dots\dots (4)$$

Landsat TM 데이터와 IRS-1C PAN 데이터를 식 (4)을 이용하여 다중회귀분석을 수행하였다. 이 회귀분석의 결과를 기본으로 하여, Landsat TM 데이터와 IRS-1C PAN 데이터와 파장대 중복도와 상관관계를 고려하여 TM4, TM5 및 TM7 밴드를 제외시켰다. 최종적으로 선택된 TM1, TM2 및 TM3을 사용하였으며 다중회귀분석을 수행한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. Table 6의 ω_i ($i = 1, 2$ 및 3) 결과 값을 사용하여 식(3)에 의하여 TM''_{wsum} 화상을 얻었다. 식 (2)를 사용하여 최종적인 결과화상을 생성하기 전에, 먼저 IRS-1C PAN 데이터의 분산 및 평균이 비슷하도록 TM''_{wsum} 화상을 농도변환 후에 ratio enhancement 방법을 적용하였다.

Table 6. Weighting factors used to produce the synthetic panchromatic data TM'_{wsum} .

TM band	ω	ω	ω
1	0.5224	0.5269	0.4886
2	0.4538	0.4305	0.3073
3	-0.0159	-0.0096	0.1505
4	-0.0093		
5	-0.0528		
7	0.2111	0.1003	
ϵ (Intercept)	52.4198	50.4614	52.6055
Adjusted R square	0.4718	0.4711	0.4711

5. LUT(look-up-table) method

Price(1987)에 의해서 개발된 방법으로서 사용되는 화상데이터간의 상관관계가 높고 낮은 특성에 적절한 각기 다른 2가지 합성처리방법을 적용하는 방법이다. 즉, 다음과 같이 두 화상데이터 사이에 상관관계가 높은 경우의 화상처리와 낮은 경우의 화상처리로 나누어서 수행하는 방법이다.

1) 상관관계가 높은 경우

IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 상관관계가 높은 경우에는 식(5)에 의하여 두 데이터를 중합한다.

$$Hybrid_i = \frac{TM_i \cdot TM'_i}{TM'_{avg\ i}} \dots\dots\dots (5)$$

여기서,

$Hybrid_i$... Landsat TM i band의 결과 화상데이터

TM_i ... Landsat TM i band 화상의 임의 화소값

TM'_i ... 식(6)에 의하여 얻어지며 a_i 와 b_i 는 식(7)을 사용한 최소제곱법으로부터 얻어지는 계수이다. 이 화소의 해상력은 PAN 화상의 경우와 같아진다.

$TM'_{avg\ i}$... TM i band 화상의 임의 화상내에 포함되는 대응 TM'_i 화소들의 평균값이다.

$$TM'_i = a_i PAN + b_i \dots\dots\dots (6)$$

$$TM_i = a_i PAN_{avg} + b_i \dots\dots\dots (7)$$

여기서,

PAN ... IRS-1C PAN 화상의 임의 화소값

PAN_{avg} ... Landsat TM i band 화상의 임의 화소 내에 포함되는 대응하는 PAN 화소들의 평균값

2) 상관관계가 낮은 경우

두 화상간의 상관관계가 낮은 경우에는 식(6) 또는 식(7)을 적용할 수 없기 때문에 다른 방법을 통하여 TM'_i 화상을 만들어 식(5)에 사용하여야 한다. Figure 1과 같은 절차에 의하여 look-up-table을 작성하고, PAN 데이터의 임의 화소에 대응하는 TM'_i 데이터의 화소값을 look-up-table에서 찾아 식(5)에 적용하는 방법이다.

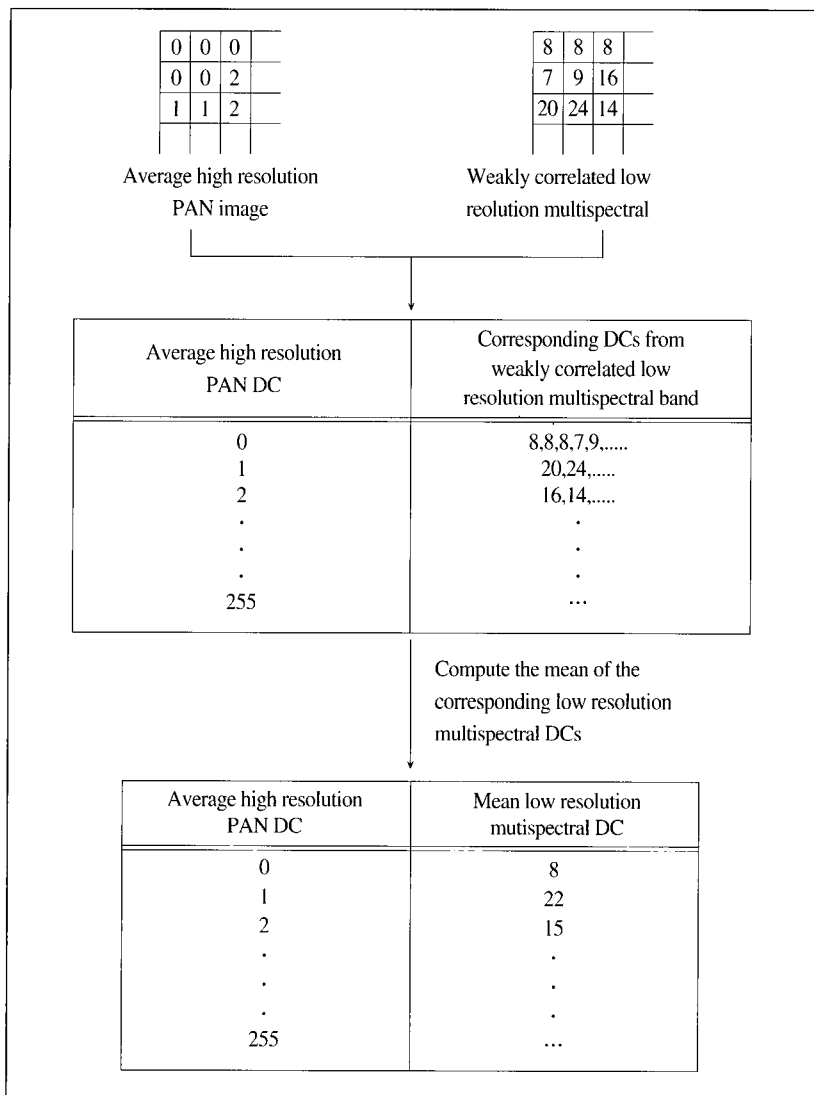


Fig. 1. Formation of the LUT used to determine a high resolution multispectral estimate for weakly correlated bands.

본 연구에서는 Table 3에서 보는 바와 같이 PAN 데이터와 TM1, TM2 및 TM3간의 상관계수가 각각 0.7420, 0.7452 및 0.7386으로 상관관계가 비교적 낮으므로 위의 2)의 방법에 의하여 look-up-table을 생성시킨 후 IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터를 중합하였다.

IV. 비교 및 고찰

본 연구에서 수행한 PCA, IHS, ratio enhancement, HPF 및 LUT의 5가지의 중합방법들을 비교 평가하는데 있어서 크게 두 가지 부분 즉, 분광특성 보존성과 공간해상력 보존성으로 구분하여 평가하였다. 분광특성 보존성 평가 방법으로는 중합된 화상과 원화상의 평균, 표준편차 및 화소값의 수치적 비교와 고해상도 칼라 모니터에 출력된 화상의 시각적 판독을 행하였다. 공간해상력보존성 평가 방법으로는 역시 중합된 화상을 모니터 상에 출력시켜 시각적으로 평가하였다.

1. 분광특성평가

중합방법으로 생성된 화상과 결과를 비교할 5 m 해상력의 다중과장대 화상이 없기 때문에 아래와 같은 방법으로 새로운 30 m 해상력의 참조화상(reference image)을 생성시켜 분광특성을 평가하였다.

- 1) IRS-1C PAN 데이터를 30 m 해상력으로 축소하였다. 화상을 단순 확대, 축소 시에는 화상이 부드럽지 못하고 blockiness가 발생한다. 이러한 점을 없애기 위해서 본 연구에서는 화상 재배열방법인 공1차내삽법을 적용하였다.
- 2) Landsat TM 데이터를 180 m 해상력으로 축소하고 재배열하였다.
- 3) 5가지의 중합방법에 의하여 새로운 30 m 해상력의 참조화상을 생성하여 비교하였다.

1) 평균 및 표준편차의 비교

참조화상과 Landsat TM 화상의 평균과 표준편차를 비교한 결과 Table 7과 같았다.

Table 7. Difference of mean and standard deviation between the reference merged images and original images.

Band	IHS		PCA		Ratio		HPF		LUT	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
TM1	0.077	0.604	1.828	1.996	0.004	0.149	0.602	2.782	0.193	17.658
TM2	0.144	0.441	1.019	1.265	0.100	0.529	0.387	1.721	0.120	1.120
TM3	0.441	1.264	3.121	2.877	0.359	1.375	0.890	4.132	0.304	3.894

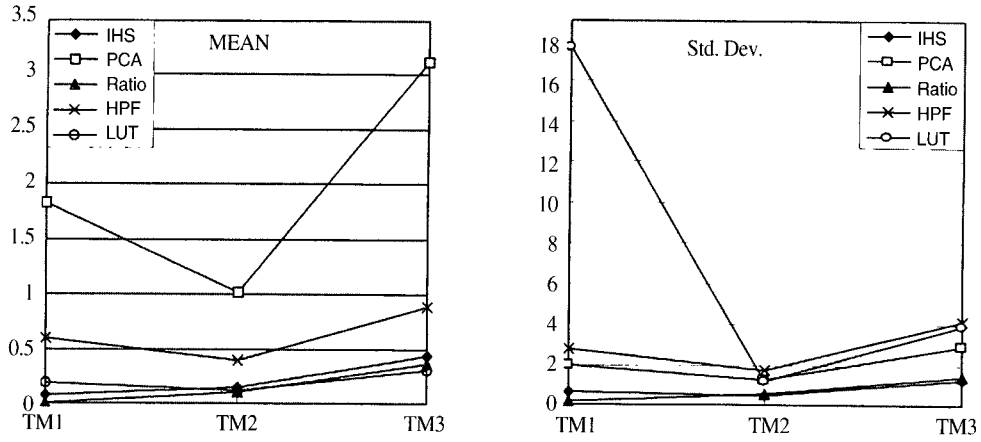


Fig. 2. Difference of mean and standard deviation between the reference merged images and original images.

2) RMSE(root mean square error)

참조화상과 Landsat TM 화상의 대응되는 화소값 차이 즉, RMSE를 식 (8)에 의하여 산출하였다.

$$\varepsilon(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Ref_{i(n)} - TM_{i(n)})^2}{N}} \dots\dots\dots (8)$$

- 여기서, $Ref_{i(n)}$... i band의 중합된 참조화상의 화소값($i=1, 2$ 및 3)
- $TM_{i(n)}$... Landsat TM i band 화상의 화소값
- N ... 총 화소수
- $\varepsilon(i)$... RMSE

전체 RMSE는 식 (9)를 사용하여 산출하였다.

$$\text{Total RMSE} = \varepsilon(1) + \varepsilon(2) + \varepsilon(3) \dots\dots\dots (9)$$

Table 8. The RMSEs from the reference merged images and original images.

Band	IHS	PCA	Ratio	HPF	LUT
TM1	10.848	10.278	9.790	7.316	16.643
TM2	4.683	6.685	4.244	4.772	10.748
TM3	8.277	16.028	7.526	11.566	25.578
Total RMSE	23.808	32.991	21.560	23.654	52.969

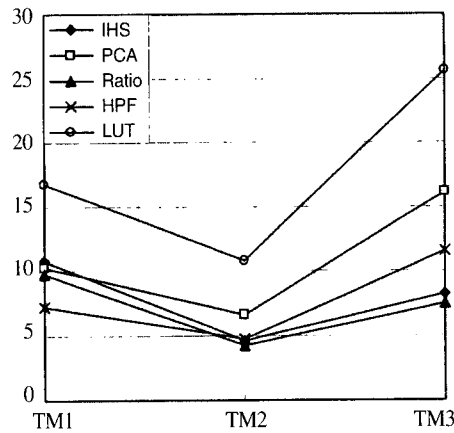


Fig. 3. The RMSEs from the reference merged images and original images.

Table 7에서 보는 바와 같이 LUT방법을 제외한 나머지 방법들의 경우 중합된 화상과 원화상간의 평균과 표준편차가 비슷하게 나타났으며, Table 8에서와 같이 RMSE는 ratio enhancement, HPF, IHS방법이 작은 편이며 PCA 및 LUT방법이 크게 나타났다. 또한 ratio enhancement방법이 RMSE가 가장 적어 분광특성 보존성부분에서 좋은 결과를 나타내고 있다. 그리고 이 방법은 일반적으로 많이 사용되고 있는 IHS방법의 세 밴드에 한해서만 적용되는 단점을 보완할 수 있으므로 칼라합성화상을 주로 이용하는 토지이용관측, 각종 주제도 제작, 환경감시 등에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

3. 시각적 판독평가

5가지 중합방법에 의하여 생성된 화상으로 칼라합성한 후, 고해상도(21", 1600×1280화소)칼라 모니터상에 출력시켜 전체적인 또는 부분적인 분광특성 및 공간해상력 보존성을 고찰하였다. Figure 4의 (a)~(e)는 5가지 중합방법에 의하여 각각 얻어진 전체화상중에서 시가지, 도로, 수역, 식생 및 산림지역이 포함되어 있는 일부지역(Figure 5의 전체화상중 직사각형 지역)의 모습이고 (f)는 이 일부지역에 대한 Landsat TM의 원화상이다. 이 지역에 대하여 시각적 판독평가를 행한 결과는 다음과 같았다.

- 1) Figure 4(a)는 IHS방법이 적용된 화상으로 수역, 또는 도시역은 선명하나, 산림지역과 식생지역에 있어서 판독성이 떨어지고 분광반사특성이 많이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 산림지역에서 그림자의 영향을 비교적 많이 받는 것으로 보여진다. 그러나 수역에서의 혼탁정도를 쉽게 파악할 수 있었다.
- 2) Figure 4(b)는 PCA방법이 적용된 화상으로 식생지역내 비닐하우스지역의 경계부분과, 수역의 혼탁정도를 명확히 판단하는 것은 어려우나, 기타 다른 지역의 공간해상력과 분광반사특

성이 잘 보존되고 있는 것으로 판단된다.

- 3) Figure 4(c)는 HPF방법이 적용된 화상으로 도시역과 혼재된 식생지역 특히 비닐하우스지역의 경계가 명확하지 않았다. 또한 두 화상데이터의 취득시기가 3월말에서 4월 중순경이다. 이 시기에는 산림지역에서 침엽수림과 활엽수림을 쉽게 구별할 수 있어야 하는데, 이러한 특징을 찾기 힘들었다. 기타지역의 구별은 비교적 양호하였다.
- 4) Figure 4(d)는 ratio enhancement방법이 적용된 화상으로 전체적인 화상의 특성은 IHS방법의 결과화상과 유사한 특성을 가지고 있으나, 식생지역의 파악에 있어서 IHS방법보다 더 나은 것으로 판단된다.
- 5) Figure 4(e)는 LUT방법이 적용된 화상으로 고해상도의 panchromatic 데이터의 공간해상력 보존성이 다른 중합방법에 비해 특히 불량하였으며, 화상이 부드럽지 못하는 blockiness현상이 나타났다.

연구대상지역 전체를 대상으로한 시각적 분석에 있어서는 PCA방법이 다른 방법에 비하여 공간해상력을 잘 보존하고 있었으며, 비교적 선명한 칼라합성화상을 작성할 수 있었다. 다음으로 HPF, ratio enhancement, IHS 및 LUT방법의 순이었다. Figure 5는 다섯가지 중합방법중 공간해상력이 우수하게 나타난 PCA방법과 일반적으로 많이 사용되고 있는 IHS방법에 의한 중합 및 칼라합성화상이다. 특히 Figure 5 (b)의 IHS방법의 결과화상에서 보는 바와 같이 식생지역에서는 화상의 흔들림 현상이 나타난다. 이것은 기하보정시의 잘못으로 인한 것이 아니고 IHS방법을 적용하여 두화상을 중합할 경우 식생지역의 분광반사특성이 손상이 그 원인으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 높은 해상력의 IRS-1C PAN 데이터와 다양한 관측과장대를 갖고 있는 Landsat TM 데이터를 중합하기 위하여, 대표적인 화상중합방법인 IHS, PCA, HPF, ratio enhancement 및 LUT방법을 수행하였으며, 이 방법들에 의하여 얻어진 화상들을 원화상과 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) ratio enhancement방법은 본 연구에서 적용된 다른 중합방법에 비하여 분광특성을 가장 잘 보존하고 있는 것으로 나타났으며, 이 방법은 일반적으로 많이 사용되고 있는 IHS방법이 세 밴드화상만을 사용한다는 단점을 보완할 수 있을 것이라 생각된다.
- 2) 연구대상지역 전체를 대상으로 한 화상의 시각적 분석에 있어서는 PCA방법이 다른 방법에 비하여 공간해상력을 잘 보존하고 있는 것으로 파악되었으며, 다음으로 HPF, ratio enhancement, IHS, LUT방법의 순으로 나타났다.
- 3) 인공위성 화상데이터중에서 공간해상력이 우수한 IRS-1C PAN 데이터를 사용하는 중합을 통하여 더욱 선명한 칼라합성화상을 생성시킬 수 있었으며, 제시된 중합방법은 칼라합성화상을 이용하는 각종 주제도의 제작, 토지이용분류, 환경감시, 자원조사, 대상물의 위치정보획득, 지형공간정보시스템의 데이터 베이스의 구축 및 활용 등 여러 분야에 응용될 것으로 기대된다.

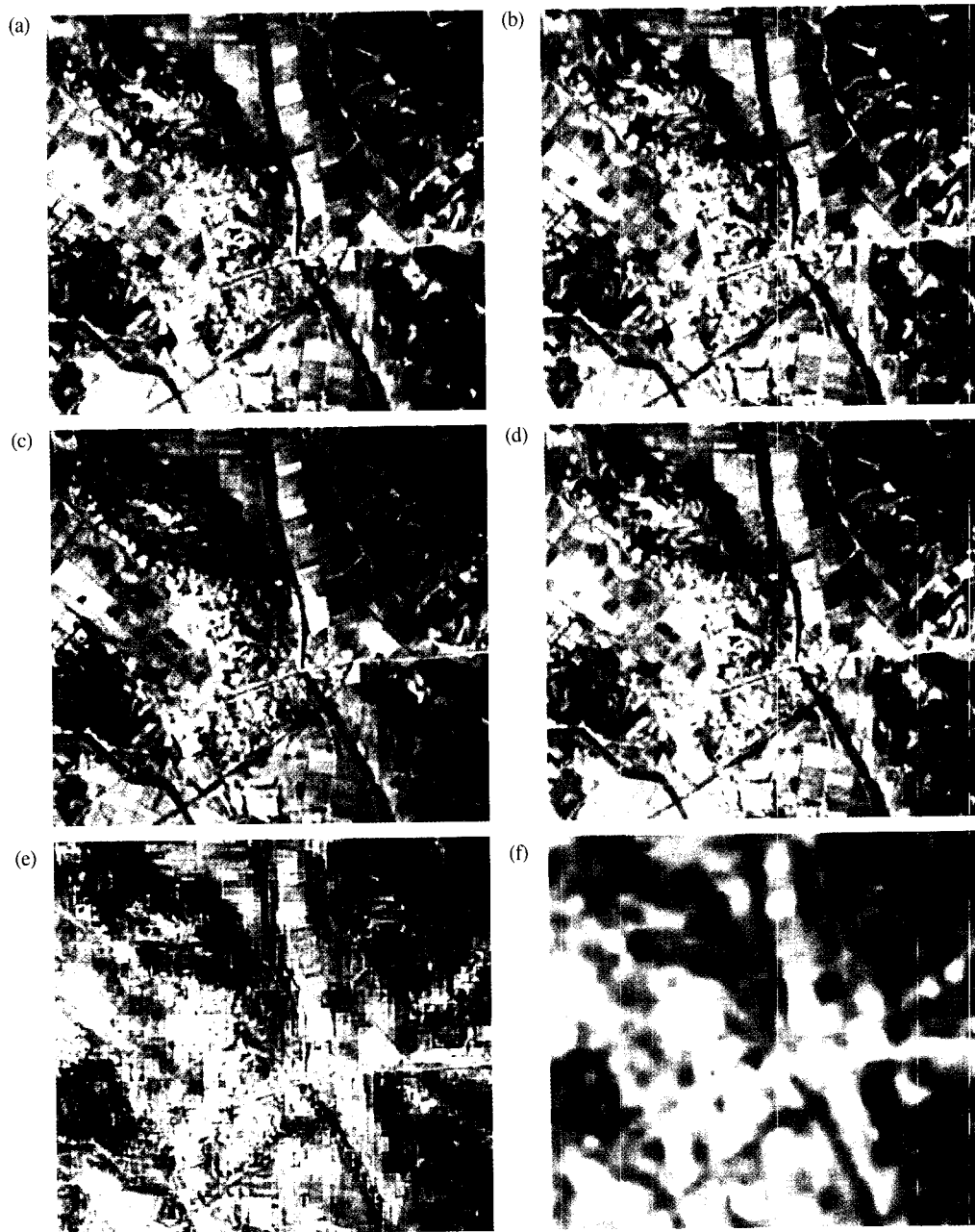


Fig. 4. Merging of high resolution IRS-1C PAN data with Landsat TM multispectral images(band 3, 2, 1=R G, B) for sample area. (a) merged results using IHS method. (b) merged results using PCA method (c) merged results using HPF method. (d) merged results using ratio enhancement method (e) merged results using LUT method. (f) original Landsat TM images.

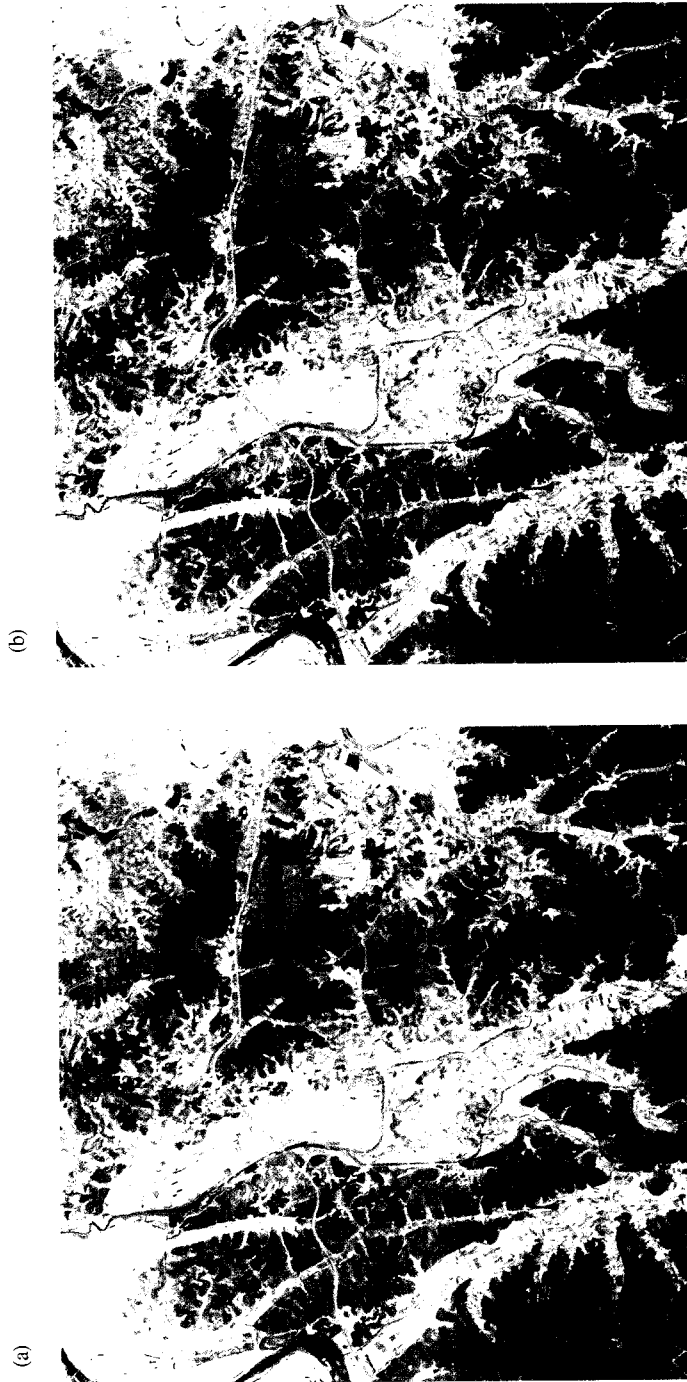


Fig. 5. Landsat TM images simulated at a 5 m spatial resolution, Haman Gun study area. (a) Color composite made by using the PCA method of TM bands 3, 2, and 1 as red, green, and blue, respectively. (b) Color composite made by using the IHS method of TM bands 3, 2, and 1 as red, green, and blue, respectively.

참고문헌

- 곽재하, 최철웅, 강인준, 박성재, 1995. IHS 변환을 이용한 칼라지도영상의 제작과 이용, 1995년도 학술발표회 논문집(Ⅲ), 대한토목학회, 129-132.
- 손덕재, 이종훈, 1991. 色變換과 映像改善技法을 이용한 SPOT P-mode와 XS-mode 映像合成, 한국 측지학회지, 9(2):103-113.
- 최철웅, 정휘철, 남영현, 강인준, 1997. Full SPOT Image와 Landsat TM을 이용한 3차원 인공위성 영상지도 제작기법에 관한 연구, 1997년도 대한토목학회 논문집(Ⅲ), 대한토목학회, 81-84.
- 田中總太郎, 杉村俊郎, 1988. 起伏のない微小地域のスポットHRVとランドサットTM 像の重ね合わせについて, 日本リモートセンシング學會誌, 8(1):51-58.
- Carper, W.J., T.M. Lillesand, and R.W. Kiefer, 1990. The use of intensity- hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data, *PE & RS*, 56(4):459-467.
- Chavez, P.S. Jr. and J.A. Bowell, 1988. Comparison of the spectral information content of Landsat Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region, *PE & RS*, 54(12):1699-1708.
- Chavez, P.S. Jr., S.C. Sides, and J.A. Anderson, 1991. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data : Landsat TM and SPOT Panchromatic, *PE & RS*, 57(3):295-303.
- Cliche, G., F. Bonn, and P. Teillet, 1985. Integration of the SPOT panchromatic channel into its multispectral mode for image sharpness enhancement, *PE & RS*, 51(3):311-316.
- Haydn, R., G.W. Dalke, and J. Henkel, 1982. Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancement, *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands*, Cairo, 599-616.
- Munehika, C.K., J.S. Warnick, C. Salvaggio, and J.R. Schott, 1993. Resolution enhancement of multispectral image data to improve classification accuracy, *PE & RS*, 59(1):67-72.
- Price, J.C., 1987. Combining panchromatic and multispectral imagery from dual resolution satellite instruments, *Remote Sensing of Environment*, 26(1):119-128.
- Shettigara, V.K., 1992. A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set, *PE & RS*, 58(5):561-567.
- Shih, T.Y. and C.S. Hsieh, 1997. A comparative study on the techniques for merging SPOT panchromatic and multispectral image data, *Technical Papers of 1997 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition*, Vol. 3, 64-73.
- Vrabel, J., 1996. Multispectral imagery band sharpening study, *PE & RS*, 62(9):1075-1083.