

간척지 조사를 위한 KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상의 종합 Merging of KOMPSAT-1 EOC Image and MODIS Images to Survey Reclaimed Land

신석효¹⁾, Sok-Hyo Shin · 김상철²⁾, Sang-Chul Kim · 안기원³⁾, Ki-Won Ahn
임효숙⁴⁾, Hyo-Suk Lim · 서두천⁵⁾, Doo-Chun Seo

- 1) 경상대학교 공학연구원 연구원, Researcher, Eng. Research Institute, Gyeongsang Nat'l Univ.
- 2) 경상대학교 토목공학과 박사과정, Ph.D. Candidate, Dept. of Civil Eng., Gyeongsang Nat'l Univ.
- 3) 경상대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Eng., Gyeongsang Nat'l Univ.
- 4) 한국항공우주연구원 원격탐사그룹 그룹장, Senior Researcher, Head of Satellite Mission Operation Dept., Korea Aerospace Research Institute
- 5) 한국항공우주연구원 원격탐사그룹 PD연구원, PD Researcher, Satellite Mission Operation Dept., Korea Aerospace Research Institute

SYNOPSIS : The merging of different scales or multi-sensor image data is becoming a widely used procedure of the complementary nature of various data sets. Ideally, the merging method should not distort the characteristics of the high-spatial and high-spectral resolution data used. To present an effective merging method for survey of reclaimed land, this paper compares the results of Intensity Hue Saturation (IHS), Principal Component Analysis (PCA), Color Normalized(CN) and High Pass Filter(HPF) methods used to merge the information contents of the high-resolution (6.6 m) Electro-Optical Camera (EOC) panchromatic image of the first Korea Multi-Purpose Satellite 1 (KOMPSAT-1) and the multi-spectral Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) image data. The comparison is made by visual evaluation of three-color combination images of IHS, PCA, CN and HPF results based on spatial and spectral characteristics. The use of a contrasted EOC panchromatic image as a substitute for intensity in merged images with MODIS bands 1, 2 and 3 was found to be particularly effective in this study.

Key words : merging, KOMPSAT-1 EOC, MODIS, reclaimed land, IHS, PCA

1. 서 론

간척지 조사에 사용될 인공위성 영상은 고해상도이면서 토지피복상태의 분류가 가능한 다파장대의 영상이어야 한다. 일반적으로 고해상도 영상들은 고가이면서 한 scene의 피복면적이 좁고, 구입에 소요되는 시간이 많이 걸리기 때문에 간척지와 같은 대규모 면적의 활용에는 비경제적일 수 있다.

KOMPSAT-1(Korea Multipurpose Satellite 1) EOC(Electro-Optical Camera) 영상은 해상력(약 6.6 m)이 비교적 높고 영상 취득이 용이한 반면에 단 밴드의 panchromatic 영상이라는 단점이 있다. 다행히도 한국항공우주연구원에서는 해상력(250 m, 500 m 및 1 km)은 다소 떨어지지만 다파장대(36개 bands)인 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 영상을 매일 실시간으로 수신하고 있기 때

문에 이 두 영상의 장단점을 활용하면 간척지 현황과 특성을 조사·분석할 수 있다.

이 두 영상을 이용하여 간척지를 조사 분석하기 위하여는 고해상도의 panchromatic 영상과 저해상도의 다파장대 영상을 중합하여 사용할 필요가 있다. 그러나 이 영상들의 중합에 있어서는 2가지 특성 즉, 다파장대의 분광반사특성과 고해상도의 특성을 갖는 수치칼라영상이 작성되어야만 대상물의 피복조사, 형태파악, 특징추출은 물론, 정밀한 위치파악을 위한 유효한 영상데이터가 될 수 있다. 따라서 고해상도의 영상특성을 감소시키지 않으면서 다파장대 영상의 대상물에 관한 다양한 분광반사특성을 유지하는 적절한 중합기법의 선정과 적용이 이루어져야 한다.

인공위성 영상을 이용하여 간척지의 현황과 특성을 조사한 국내외 기술개발 현황을 살펴보면, 국내의 경우에는 안기원 등(2001)이 Landsat TM, SPOT PAN 및 JERS OPS의 중합(merging) 영상을 이용하여 선형추출기법으로 북한 서해안 일부 지역의 간척 사업된 방조제 축조 현황을 조사하였으며 조병진 등(2001)이 Landsat TM과 SPOT PAN의 중합 영상을 분류하여 북한 서해안 일부 지역의 미완공 간척지를 조사한 바 있다. 국외의 경우에는, Takashi Hoshi 등(1996)이 Landsat TM, SPOT PAN 및 MOS 영상으로부터 토지피복분류기법으로 새만금 지역의 간척사업 진행상황을 조사하였다. Janet W. Cambell 등(2002)은 해안선 모니터링을 위한 MODIS 영상의 활용 가능성을 연구 중에 있다. 그러나 KOMPSAT-1 EOC 영상이나 MODIS 영상을 사용하여 간척지 등을 조사·분석한 국내외 기술개발 사례는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 간척지를 대상으로 높은 해상력의 KOMPSAT-1 EOC panchromatic 영상과 다양한 관측파장대를 갖고 있는 MODIS 영상을 대상으로 대표적 중합기법인 IHS(Intensity Hue Saturation), PCA(Principal Component Analysis), CN(Color Normalized), HPF(high-pass filtering) 등의 기법으로 얻어진 중합 영상을 비교·평가하여 간척지 조사에 유효한 중합 기법을 제시하고자 한다.

2. 사용데이터, 기하보정 및 연구대상지역

본 연구에 사용된 인공위성 영상은 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Image data used

Satellite	KOMPSAT-1	Terra
Sensor	EOC	MODIS
Spatial Resolution	6.6 m	250 m ~ 1 km
Date of Acquisition	Jan. 31, 2002	Feb. 12, 2003
Number of bands	1(Panchromatic)	36
Cloud	0%	0%

본 연구에서 사용된 기하보정방법에 있어서, KOMPSAT-1 EOC 영상은 지상기준점의 지도좌표를 이용하는 방법을 사용하였다. 영상좌표와 지도좌표간의 좌표변환식으로는 1차다항식을, 화소값의 재배열(resampling) 방법으로는 공1차내삽법(bilinear interpolation)을 사용하였으며 화소 1개에 해당하는 지상 크기는 6.6 m × 6.6 m가 되도록 하였다. MODIS 영상은 해상도 250 m인 band 1 및 band 2 영상과 해상도 500m인 band 3 및 band 4의 4개의 영상만을 대상으로 기하보정하였으며, 그 방법은 소수의 기준점을 사용하여 각 band 영상이 각각 KOMPSAT-1 EOC 영상의 모양과 같도록 하는 ERDAS IMAGINE 소프트웨어의 "image to image" 방법을 사용하였다.

기하보정시의 평균제곱근오차(RMSE)는 KOMPSAT-1 EOC 데이터는 ± 0.4 pixel, MODIS 데이터는 약 ± 0.9 pixel 이었다. 기하보정된 영상중에서 직사각형 형태의 영상을 다시 절출하여 연구대상지역으로 삼았으며 그 크기는 KOMPSAT-1 EOC panchromatic 영상의 경우는 2914 × 2296 (row × column) 화소, MODIS 영상은 77 × 60 (row × column) 화소 크기였다. 연구대상지역으로 절출된 지

역은 충남 서산시 부석면과 고북면 및 태안군 남면의 간척사업지역으로서 그 크기는 중횡방향으로 19.2 km × 15.1 km로서 면적은 289.92 km²이다.

3. 영상 중합

높은 해상력의 panchromatic 영상과 다과장대의 영상을 중합하는데 있어서는 그 목적에 따라서 차이점이 있을 수 있으나 대부분의 경우에 2가지 특성 즉, 높은 해상력과 다양한 분광반사특성 모두를 유지해야 한다는 점이 중요하다. 본 연구에서는 대표적인 영상중합기법인 IHS와 PCA, CN, HPF 기법으로 중합하고 그 결과 영상들을 비교분석 하였다.

3.1 IHS

IHS기법은 각기 다른 센서에서 얻어진 영상들의 중합에 가장 널리 사용되는 방법중의 하나이다. 고해상도의 panchromatic 데이터와 저해상도의 다과장대 영상을 사용할 때에는 먼저 저해상도의 3개 과장대의 영상을 I(intensity, 명도), H(hue, 색도), S(saturation, 채도) 성분의 영상으로 변환하고 I성분 영상을 고해상도의 panchromatic 영상으로 대체한 다음, 다시 R, G, B 성분영상으로 역변환하는 방법이다. 따라서 본 연구에서 적용한 RGB-IHS 변환과정은 그림 1과 같다. 먼저 MODIS의 band 1~4 영상 중, 세 영상을 이용하여 I, H, S성분의 영상으로 변환한다. 그리고 I성분 영상과 분산 및 평균이 비슷하도록 고해상도의 panchromatic 영상을 contrast stretch 한 다음, 이를 I성분 영상으로 대체하고 R, G, B 성분영상으로 역변환하여 칼라 중합하였다.

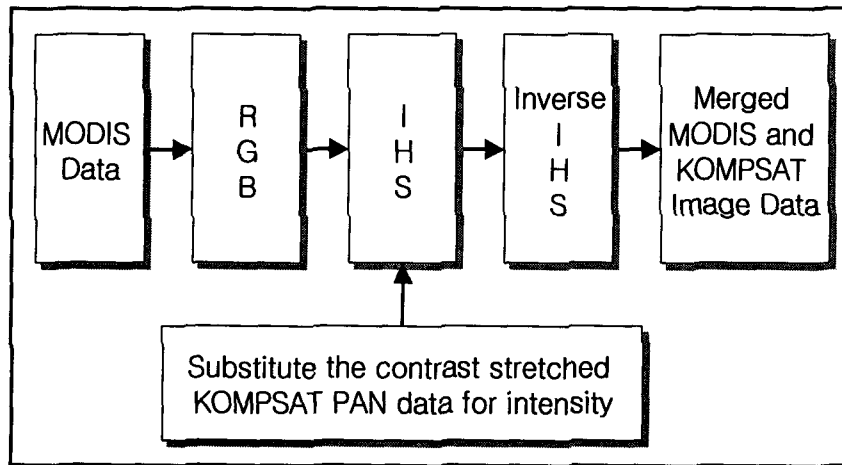


그림 1. Generalized procedure for IHS method

3.2 PCA

PCA방법에 의한 KOMPSAT-1 EOC panchromatic 영상과 MODIS 영상의 중합방법과 절차는 IHS방법과 유사하다. 단지 IHS방법에서는 단지 3개 band영상만을 이용하여 I, H, S 성분영상으로 변환할 수 있는 반면에, PCA방법은 3개 이상의 영상들을 사용하여 PCA알고리즘에 적용할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 먼저 MODIS의 BAND 1~4 영상을 이용하여 제1~제4주성분 영상을 얻었다. 그리고 제1주성분 영상과 분산 및 평균이 비슷하도록 panchromatic 영상을 contrast stretch 한 다음, 이를 제1성분 영상으로 대체하고 R, G, B 성분영상으로 역변환하여 칼라중합하였다.

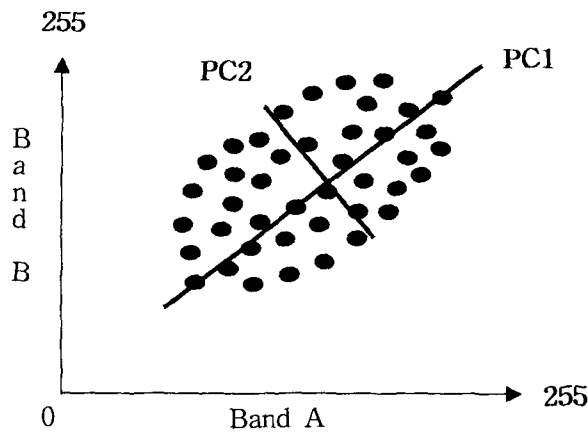


그림 2. First and second principal component

3.3 CN

공통지역을 대상으로 서로 다른 영상간에 연산을 행하는 것을 영상간 연산이라고 한다. 다중과장대 영상의 밴드간 연산이나 서로 다른 시기에 관측된 영상간의 연산 등이 있다. 본 연구에서 사용한 CN 알고리즘도 산술연산중의 하나로써 가감승제가 조합된 영상간 연산방법이다. 이 방법은 고해상도의 영상과 저해상도의 영상의 중합을 위하여 사용될 수 있는 방법으로서 고해상도의 영상의 공간 해상력을 유지하면서 저해상도 다중과장대 영상의 분광반사특성을 살릴 수 있는 방법이다.

본 연구에서도 식(1)을 사용하여 MODIS band 1, band 2 및 band 3의 새로운 CN영상들을 생성한 후 칼라합성 하였다. 1.0 또는 3.0이 사용된 것은 분모가 0이 되어 프로그램이 수행이 중단되는 것을 막기 위하여 작은값을 더해주거나 빼준 것이다.

$$CN_i = \frac{(MO_i + 1.0) \times (PAN + 1.0) \times 3}{\sum_i MO + 3.0} - 1.0 \quad (1)$$

CN_i ... MO i band의 CN변환 화상데이터

MO_i ... 4배 확대하여 재배열된 MO i band 화상데이터

여기서, PAN ... KOMPSAT-1 EOC PAN 화상데이터

3.4 HPF

Chaves and Bowell(1988), Chaves 등(1991), Vrabel(1996) 등은 HPF방법으로 SPOT PAN 데이터와 Landsat TM 데이터를 중합한 바 있다. 본 연구에서는 Vrabel(1996)이 사용했던 방법과 유사한 HPF방법을 사용하였지만 사용한 영상데이터의 종류가 다르기 때문에 필터의 크기와 상수는 다르게 적용하였다. Vrabel은 SPOT PAN 데이터의 해상력이 Landsat TM데이터보다 3배 높다는 이유와 직접 실험한 결과에 따라 필터의 크기를 7×7로 하였다. 본 연구에서도 KOMPSAT-1 EOC PAN데이터의 해상력이 MODIS 데이터보다 훨씬 높기 때문에 필터 크기를 9×9로 제한하여 수행하였다. HPF방법에 의한 영상 중합의 주된 과정은 다음과 같았다.

- 1) KOMPSAT-1 EOC 데이터의 공간해상력을 추출하기 위하여 이 영상 데이터에 high-pass filter (필터크기 : 9×9, 필터상수 : 중앙화소는 161/81, 나머지 화소들은 -1/81)을 적용한다.

- 2) MODIS의 각 영상데이터에는 low-pass filter(필터크기 : 9×9, 필터상수 : 1/81)를 적용한다.
- 3) MODIS 데이터와 분산 및 평균이 비슷하도록 high-pass filter 적용후의 KOMPSAT-1 EOC PAN 데이터를 농도 변환한다.
- 4) 식(2)를 사용하여 HPF 변환된 새로운 영상들을 작성하고 칼라 합성한다.

$$HP_i = (W_a \times MO_{i_{lp}}) + (W_b \times KOM_{i_{hp}}) \quad (2)$$

여기서,

HP_i ... MODIS i band의 HPF변환 영상데이터(i=1, 2 및 3)

$MO_{i_{lp}}$... 4배 확대하여 재배열한 후, low-pass filter가 적용된 MODIS i band 영상데이터

$KOM_{i_{hp}}$... MODIS i band 영상데이터와 평균 및 분산이 비슷하도록 high-pass filter 적용후의 KOMPSAT-1 EOC PAN 데이터를 농도 변환한 영상데이터

W_a, W_b ... 경중률($W_a, W_b = 1.0$ 이어야 하며 본 연구에서는 각각 0.5로 적용하였다.)

4. 비교 및 고찰

본 연구에서 수행한 IHS, PCA, CN 및 HPF의 4가지 중합 기법들을 비교 평가하는데 있어서 크게 두 가지 부분 즉, 분광특성 보존성과 공간해상력 보존성으로 구분하여 평가하였다. 분광특성 보존성 평가 방법으로는 중합된 영상과 원영상의 평균, 표준편차 및 화소값의 수치적 비교와 고해상도 모니터에 출력된 영상의 시각적 판독을 행하였다. 공간해상력 보존성 평가 역시 시각적 판독평가로 수행하였다.

4.1 분광특성평가

중합기법으로 생성된 영상과 결과를 비교할 6.6m 해상력의 MODIS 영상이 없기 때문에 아래와 같은 방법으로 새로운 250m 해상력으로 중합된 참조영상(reference image)을 생성시켜 MODIS 원 영상과 비교하였다.

① KOMPSAT-1 EOC Pan, 영상 250m 해상력으로 축소.

영상을 단순확대 축소 시에는 영상이 부드럽지 못하고 blockiness 가 발생한다. 이러한 점을 없애기 위해서 본 연구에서는 영상재배열 방법인 공 1 차 내삽법을 적용하였다.

② MODIS 영상은 원래의 250m 해상력 유지시켰다.

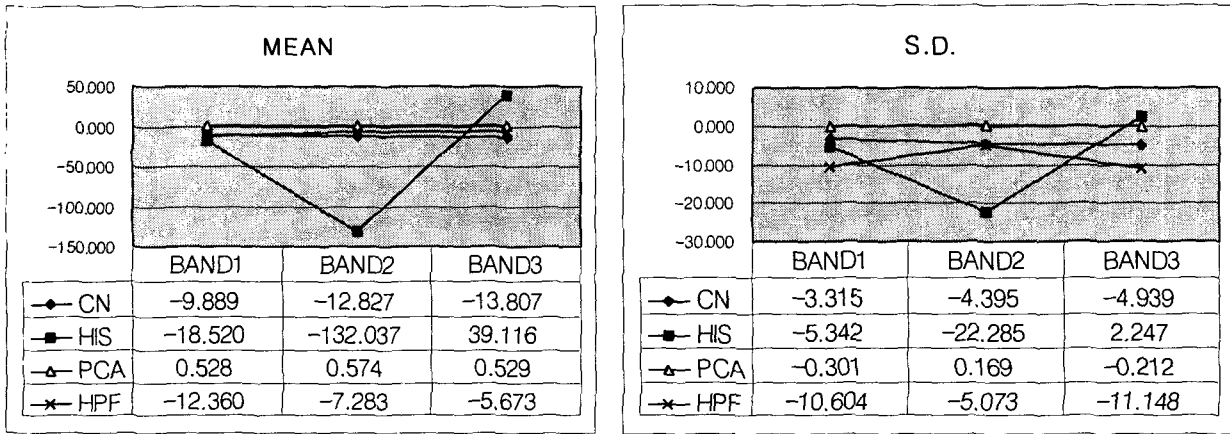
③ ①,②로 생성된 영상에 대하여 본 연구에서 수행한 4가지 중합기법을 적용하여 해상력 250m의 참조영상을 생성시켜 비교하였다. 재배열로 인하여 축소이전의 원영상 데이터 값이 변질될 수 있으나 사전 실험결과 축소전후의 영상의 평균값, 표준편차 등이 거의 같기 때문에 축소된 영상을 사용하더라도 분석결과에 미치는 영향은 크지 않았다.

4.1.1 평균 및 표준편차의 비교

4가지의 중합방법으로 생성시킨 각각의 참조영상과 원시 MODIS 영상의 평균과 표준편차는 Table 2 와 같다. Table2에 표현된 평균과 표준편차를 사용하여 참조 영상과 원시 MODIS 영상의 차이 값을 비교한 결과 그림 3, 4와 같다. 그림 3, 4에서 보는바와 같이 IHS방법을 제외한 나머지 방법들의 경우 중합된 영상과 원 영상간의 평균과 표준편차가 비슷하게 나타났으며 작은 순서로는 PCA, HPF, CN, IHS 순으로 나타났다.

Table 2. Statistic value of the four different merged image data

Methods		MODIS	IHS	PCA	CN	HPF
Statistic value						
Mean	1	26.754	45.274	26.226	36.643	39.114
	2	36.198	168.235	35.624	49.025	43.481
	3	39.346	0.23	38.817	53.153	45.019
S.D.	1	3.463	8.805	3.964	6.778	14.067
	2	10.124	32.409	9.955	14.519	15.197
	3	2.327	0.08	2.539	7.266	13.475



(a) Mean difference

(b) S.D. difference

그림 3. Difference of mean and standard deviation between the reference merged images and original image

4.1.2 RMSE 비교

중합기법으로 생성된 참조 영상과 원시 MODIS 데이터의 대응화소간에 RMS 오차를 식(3)에 의하여 산출하였다.

$$\epsilon(i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MG_{i(n)} - MO_{i(n)})^2}{N}} \quad (3)$$

여기서,

$MG_{i(n)}$:merging된 영상의 화소값

$MO_{i(n)}$:원시 MODIS 영상의 화소값

N :총 화소수

$\epsilon(i)$:RMS 오차

전체 RMS 오차는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Total RMS error} = \epsilon(1) + \epsilon(2) + \epsilon(3) \quad (4)$$

Table 3에서와 같이 RMSE는 PCA, CN, HPF기법이 작은 편이며 IHS 기법이 크게 나타났다. 또한 PCA 방법이 평균과 표준편차 및 RMSE가 가장 적어 분광반사특성보존성부분에서 좋은 결과를 나타내고 있다. 그리고 이 방법은 일반적으로 많이 사용되고 있는 IHS 방법의 세 밴드에 한해서만 적용되는 단점을 보완할 수 있으므로 칼라합성영상을 주로 이용하는 토지이용판독, 각종 주제도 제작, 환경감시등

에 효과적으로 사용될 수 있다.

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

Band	PCA	IHS	CN	HPF
1	1.94	19.49	10.81	17.65
2	6.01	133.95	14.26	13.93
3	1.16	39.19	15.11	13.90
Total RMSE	9.11	192.63	40.17	45.49

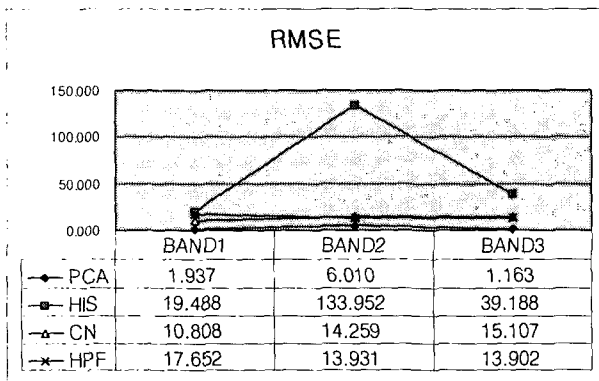


그림 4. The RMSEs from the reference merged images and original images

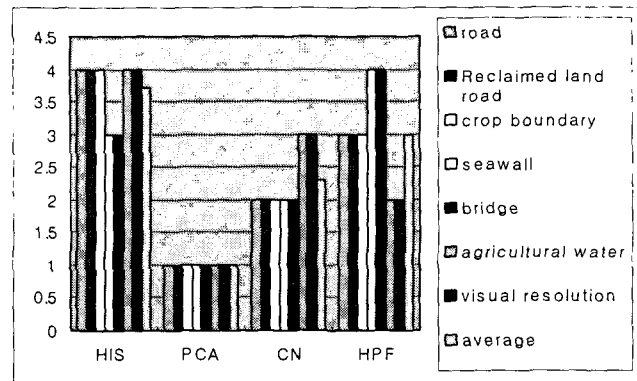


그림 5. The grading results from the visual inspection

4.2 시각적 판독평가

4가지 중합방법에 의하여 생성된 영상으로 칼라 합성한 후, 고해상도 모니터에 출력시켜 전체적인 또는 부분적인 분광특성 및 공간해상력 보존성을 고찰하였다. 사진 5~12는 4가지 중합방법의 결과영상과 시각적 판독을 위한 샘플지역을 나타내고 있는 영상들이다. 결과영상의 공간해상력에 대한 시각적인 평가를 위해서 간척지를 중심으로 도로, 간척지 농로, 논 구획선, 선형방파제, 교량, 시각적 해상도, 농업용수지 등 7가지 항목별 순위를 4등급으로 매겨 점수(1위: 4점~4위: 1점)을 부여해 본 결과, Table 4 및 그림 5와 같이 나타났다.

Table 4. The grading results from the visual inspection

Methods	road	Reclaimed land road	crop boundary	seawall	bridge	agricultural water	Visual resolution	Average
IHS	4	4	4	4	3	3	4	3.7
PCA	2	1	1	1	1	1	1	1
CN	3	2	2	2	2	2	3	2.29
HPF	4	3	3	3	4	4	2	3

사진 1의 IHS 방법이 각 항목에서 1위 또는 2위(4점 또는 3점)이었고 전체 평균점수가 제일 높아 가장 우수한 방법으로 판명되었다. 다음으로 HPF 방법의 점수가 높았다. 구조물과 도로에서는 HPF 방법이 다른 방법과 비교하여 가장 높은 등급을 부여받아 도시지역의 자원조사에 많이 활용될 수 있는 중합방

법임을 알 수 있었다. 분광 반사 특성 보존성부분에서 좋은 결과를 보였던 PCA방법은 여러 가지의 중합 영상중 가장 낮은 등급을 부여받아 시각적 판독에서는 안 좋은 결과를 나타내었다. 간척지조사에 관련된 항목으로서 논과 간척지 도로, 농업용수의 항목에서는 IHS 기법 그리고 HPF 기법, CN, PCA 순으로 나타내고 있다. IHS 기법이 높은 등급을 부여받아 간척지 조사에 적절한 중합방법임을 나타내고 있었다. IHS 방법의 intensity 영상에 PAN 데이터를 직접 대체하는 일반적인 방법은 논, 밭 과 같은 식생지역의 시각적 판독에 적절하지 않다는 기존 연구결과에 따라 intensity 영상에 PAN 데이터를 농도변환 후에 대체하는 방법을 적용한 결과, 간척지지역에서도 양호한 결과로서 시각적 판독효과를 얻을 수 있었다. 시각적인 판독을 위한 분류결과 IHS, HPF, CN, PCA 방법순으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구에서는 높은 해상력의 KOMPSAT-1 EOC Panchromatic데이터와 다양한 파장대를 관측 수집하고 있는 MODIS 데이터(36bands, 공간해상력 250 ~ 1000m)를 사용하여 간척지를 대상으로 IHS, PCA, CN 및 HPF 중합기법을 적용하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) PCA 방법은 본 연구에서 적용된 다른 중합방법에 비하여 분광특성을 가장 잘 보존하고 있는 것으로 나타났으며, IHS 방법의 세 밴드에 한해서만 적용되는 단점을 보완할 수 있으므로 칼라합성 영상을 주로 이용하는 토지이용판독, 각종 주제도 제작, 환경감시등에 효과적으로 사용될 수 있다.
- 2) 연구대상지역 전체를 대상으로 한 영상의 시각적 분석에 있어서는 IHS 방법이 다른 방법에 비하여 공간해상력을 잘 보존하고 있는 것으로 파악되었으며, 다음으로 HPF, CN, PCA 순으로 나타났다.
- 3) 간척지조사에 관련된 항목으로서 논과 간척지 도로, 농업용수의 항목에서는 IHS 기법이 높은 등급을 부여받아 간척지 조사에 적절한 중합방법임을 나타내고 있었다.
- 4) 실시간으로 취득이 가능한 MODIS 영상과 KOMPSAT-1 EOC 영상을 이용함으로써 고가이면서 한 scene의 피복면적이 좁고, 구입에 소요되는 기간이 많이 걸리는 문제를 해결할 수 있어서 간척지와 같은 대규모 면적의 활용에 경제적인임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국항공우주연구원 위성자료 공공활용 연구의 2003년도 위탁연구개발과제(과제명: KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상을 이용한 북한 지역의 간척지 조사 기법 연구)로 수행된 연구의 일부로서 연구비를 지원해 주신 한국항공우주연구원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 안기원, 이효성, 신석효(1999), "IRS-1C PAN 데이터와 SPOT XS 데이터의 중합방법 비교분석". 대한토목학회논문집. 제19권. 제III-1호. pp. 69-79.
2. 안기원, 서두천,(1998), "IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 중합방법 비교". 대한원격탐사학회논문집, 제 14권, Vol.14, No.2. pp. 149-164.
3. Chavez, P.S., Jr. and Bowell J.A. (1988). "Comparison of the spectral information content of Landsat Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region." PE & RS. Vol. 54. No. 12. pp. 1699-1708.
4. Carper, W.J., Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1990). "The use of intensity- hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data." PE & RS. Vol. 56. No. 4. pp. 459-467.
5. Chavez, P.S., Jr., Sides, S.C. and Anderson, J.A. (1991). "Comparison of three different methods

to merge multiresolution and multispectral data : Landsat TM and SPOT Panchromatic." *PE & RS*. Vol. 57. No. 3. pp. 295-303.

6. Cliche, G., Bonn, F. and Teillet, P. (1985). "Integration of the SPOT panchromatic channel into its multispectral mode for image sharpness enhancement." *PE & RS*. Vol. 51. No. 3. pp. 311-316.



사진 1. Merged image using IHS method

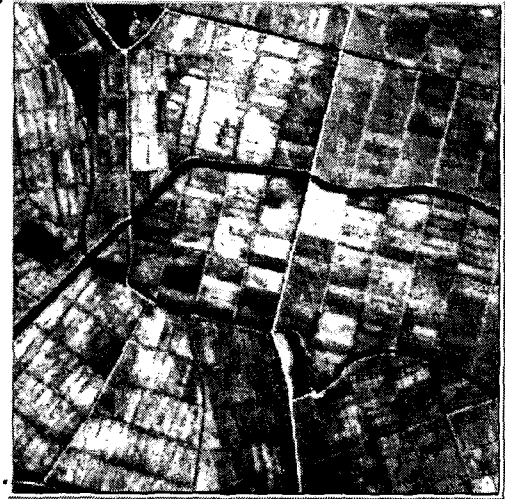


사진 2. Merged sample area using IHS method



사진 3. Merged image using PCA method



사진 4. Merged sample area using PCA method



사진 5. Merged image using CN method

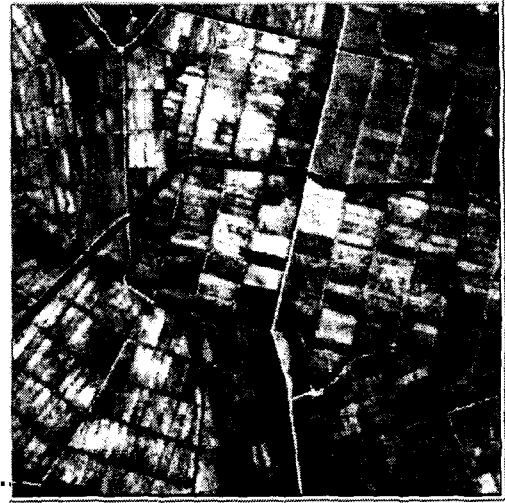


사진 6. Merged sample area using CN method



사진 7. Merged image using HPF method



사진 8. Merged sample area using HPF method