

# 변화탐지를 위한 인공위성영상자료의 정밀보정에 관한 연구

## A Study on Precision Rectification Technique of Multi-scale Satellite Images Data for Change Detection

윤희천<sup>1)</sup> · 이성순<sup>2)</sup>

Yun, Hee Cheon · Lee, Sung Soon

### Abstract

Because satellite images include geometry distortions according to photographing conditions and sensor property, and their spatial and radiational resolution and spectrum resolution are different, it is so difficult to make a precise results of analysis. For comparing more than two images, the precise geometric corrections should be preceded because it necessary to eliminate systematic errors due to basic sensor information difference and non-systematic errors due to topographical undulations. In this study, we did sensor modeling using satellite sensor information to make a basic map of change detection for artificial topography. We eliminated the systematic errors which can be occurred in photographing conditions using GCP and DEM data. The Kompsat EOC images relief could be reduced by precise rectification method. Classifying images which was used for change detections by city and forest zone, the accuracy of the matching results are increased by 10% and the positioning accuracies also increased. The result of change detection using basic map could be used for basic data for GIS application and topographical renovation.

Keywords : Change detection, DEM, Kompsat EOC, Landsat TM, Relief displacement

### 요 지

인공위성 영상자료들은 촬영조건 및 센서의 특성에 따라 다른 기하학적인 왜곡을 포함하고 있을 뿐만 아니라 공간, 방사 및 분광 해상도가 상이하기 때문에 정밀한 분석 결과 산출에 어려움이 있다. 즉, 두 개 이상의 영상을 비교 분석하기 위해 기본적인 센서 정보의 차이에서 발생하는 정오차를 소거하고 지형기록에 의해 발생하는 부정오차를 제거하기 위한 정밀 기하보정은 반드시 선행되어야 한다. 본 연구에서는 인공지형지물 변화탐지 기본도를 구축하기 위해 위성의 센서정보를 이용한 센서모델링을 실시하였고 지상기준점과 DEM자료를 가지고 정밀편위수정함으로써 다른 센서 및 촬영조건에 따라 발생하는 정오차를 소거하였다. 즉, 정밀편위수정법에 의해 Kompsat EOC 영상의 기복변위량을 감소시킬 수 있었고, 변화탐지를 위해 사용된 영상의 정합성과를 도심지역, 산림지역 및 혼합지역으로 나누어 시험 지역을 선정하여 검토한 결과 모든 지역에서 약 10% 정도의 정합률이 향상됨으로써 영상의 위치정확도를 향상시킬 수 있었다. 이러한 기본도를 가지고 이루어지는 변화탐지 결과는 지형지물의 갱신이나 다양한 GIS 응용의 기본 자료로서 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 변화탐지, 수치표고모델, Kompsat EOC, Landsat TM, 기복변위

## 1. 서 론

다양한 분야에서 활발하게 사용되고 있는 영상자료들은 자료획득 센서의 특성에 따라 상이한 공간, 방사 및 분광 해상도를 가지고 있다. 이러한 영상자료를 비교하거나 통

합하기 위해서는 가장 기본적으로 영상자료 상호간의 정밀정합이 선행되어야 한다(Jensen, 1996).

주기적으로 지구 주위의 궤도를 돌면서 자료를 획득하는 인공위성의 다중분광영상은 각 파장대의 분광 특성에 따라 여러 분야에 응용되고 있다. 특히, 위성 자료를 이용

1) 연결저자 · 정희원 · 안산공과대학 토목과 조교수(E-mail: yoonhc60@ansantc.ac.kr)

2) 정희원 · 한국지질자원연구원 선임연구원 공학박사(E-mail: gisyi@kigam.re.kr)

하여 지표환경 분석을 수행한 연구들은 지형의 분류나 변화 분석(Stringer 등, 1988), 토지 피복 분류(Pain, 1985) 및 변화탐지(Fung, 1990), 지질 환경 분석과 같은 지질학 연구, 도시 환경 연구 등이 있다. 이러한 영상 자료를 이용한 지표 피복물 인공지형지물의 변화탐지 연구를 수행함에 있어 비교되는 두 영상의 정밀 정합은 매우 중요하다.

따라서 영상을 지상의 정보와 일치시키기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 박대욱(1998)은 이종(異種)자료의 정합을 위해 기존의 좌표변환 방정식에 의한 입력자료와 출력자료의 정확도를 비교하였다. 이에 의하면 일반적으로 영상 자료의 기하보정시 사용되는 다항식 방법은 기준점과 지형지물의 밀접한 정도와 그 수에 따라 기하보정 정확도가 매우 상이함을 분석하였다. 또한 수치사진측량 시스템의 보급과 인공위성 영상의 활용범위가 증대하면서 정밀한 영상보정에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있다. Habib 와 Kelley(2001)는 단영상 자료에서 탐지된 지형지물의 모서리정보를 이용하여 단영상 보정 계수 산출에 관한 연구를 수행하였다. 현재는 기존의 항공사진을 이용하여 이루어지던 지도화 과정이 고해상도 영상의 출현과 수치사진측량시스템의 보급으로 인해 인공위성 자료를 이용한 지도제작이나 갱신에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 연구는 서울시를 대상으로 변화탐지를 위한 기본도 구축을 위해 Kompsat EOC 및 Landsat TM 자료를 정밀 보정하여 변화탐지의 정확도를 향상시키고자 한다. 즉, 서로 다른 센서에 의해 획득된 흑백 영상자료를 센서에 대한 정보를 고려하여 센서모델링 하고 DEM(digital elevation model) 자료를 이용하여 정밀편위수정법으로 보정함으로써 위성영상이 가지는 기복변위를 감소시키고 영상의 정합도를 향상시키고자 한다. 이러한 연구 수행 결과 얻어진 시계열 해상도가 다른 다중축척 흑백 영상 자료를 이용하여 위치정보가 정확한 변화탐지를 목적으로 한 인공지형지물의 탐지된 결과를 1995년 항공촬영 및 현장조사에 의해 제작된 지형도와 비교함으로써 지도 갱신자료 및 GIS 기반 자료로 제안하고자 한다.

## 2. 연구 방법 및 내용

### 2.1 연구 방법

인공위성 영상 자료에 대해 전통적으로 쓰이고 있는 보정방법은 다항식에 의한 보정이 주로 쓰이고 있다. 그러나 다항식에 의한 방법은 기준점의 개수 및 분포와 밀접한 관

계를 가진다. 각각의 보정된 화소들은 가장 근거리에 있는 기준점의 영향을 받아 보정이 이루어진다. 그러므로 산악 지대나 고층건물이 상대적으로 많은 도심지 영상의 경우 기복에 의해 발생하는 오차가 제거되지 않아 만족스러운 비교 성과를 얻을 수 없다.

일반적으로 영상을 보정하는 사용자들은 다항식을 사용하여 얻은 결과로써의 기준점의 RMSE(root mean square error) 성과를 100% 신뢰하지만 기준점이 배치되지 않은 곳의 왜곡이 보정되지 않는다는 것과 기하학적으로 왜곡이 심한 지형에서의 극대화되는 오차를 제거하면 더욱더 우수한 RMSE 성과를 얻을 수 있다는 것을 경험적으로 알고 있다.

DEM 자료로 영상자료를 보정함에 있어 소축척 영상자료에 대한 효율성은 그다지 높다고 할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 전반적인 경향을 파악하기 위해 국토지리정보원에서 제공하는 축척 1:5,000 지형도에서 추출한 등고선 성과로 DEM을 획득하고 이를 이용하여 영상을 정밀편위수정법에 의해 보정하였다. 또한 전통적인 보정방법과 정밀편위수정법에 의해 보정된 성과를 비교함으로써 보다 정밀한 정합방법을 제시하고자 하였다.

그림 1은 본 논문 수행을 위한 총괄적인 연구의 흐름도이다.

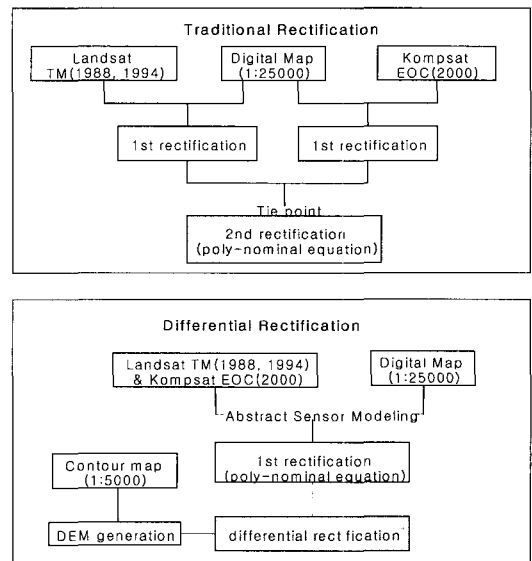


그림 1. 연구의 흐름도

### 2.2 수치지도와 DEM

연구대상지에 대해 기준점은 균일한 오차를 포함하고

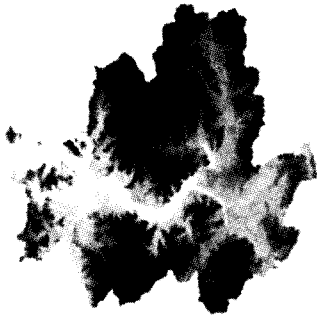


그림 2. 서울시의 10m DEM(1:5000기반)

있는 국토지리정보원에서 발행한 축척 1:25,000의 서울시 지역에 대한 수치지도에서 추출하여 다항식을 위한 방법과 정밀편위수정법을 이용한 영상정합을 위해 사용하였다.

본 연구에서 사용된 모든 영상에 대해 지상기준점은 영상과 수치지도 양쪽에서 모두 구분력이 좋은 지형지물을 선정하였다. 특히 서울시는 그 중심을 한강이 흐르고 있고 교량이 많이 있기 때문에 교량의 양 끝점을 중심으로 지상 기준점을 획득하였다. 인공지형지물을 탐지하기 위해 사용된 영상 정합 방법인 다항식을 이용한 방법이나 정밀편위수정법에 의한 두 가지 보정방법에서 영상과 수치지도 간의 기준점 성과는 모두 사용되고 그 기준점이 가지는 차이치는 국토지리정보원에서 제작한 수치지도를 사용함으로써 균일하게 설정되었다고 가정하였다. 또한 축척 1:5,000의 수치지도 기반의 등고선 및 표고점들을 이용하여 DEM을 구축하였다.

본 연구에서는 정밀편위수정을 실시하기 위한 기초자료로 보다 정확한 DEM 성과를 이용하기 위해 축척 1: 5,000 지형도에서 등고선 자료를 추출하여 DEM을 구축하였다.

그림 2는 축척 1:5,000의 수치지도 기반의 DEM을 16bit 래스터 포맷으로 구축한 것이다.

### 2.3 위성영상자료

Landsat-5 TM 위성은 16일의 주기를 가지고 있고 한번 촬영에 185km×185km라는 넓은 지역의 영상을 획득할 수 있어 광범위한 지역의 변화탐지를 위해 널리 사용되는 영상이다. 뿐만 아니라 다중분광파장대를 가지고 있어 파장대별 특성에 맞는 다양한 분석을 수행할 수 있다. 그러나 축척 1:50,000 정도의 소축척 공간 해상도(30m×30m)를 가지고 있기 때문에 지도제작 분야에서의 응용에는 한계가 있다.

우리나라에서 자체 개발하여 1999년에 발사한 아리랑위

성이라고도 하는 Kompsat은 지상관측용 카메라인 EOC (electro-optical camera)를 탑재하여 그에 의해 획득된 영상은 축척 1: 25000 지도 갱신 및 제작과 국토의 DEM을 만들어 입체지도를 제작하는 목적을 지니고 있다. 입체지도는 디지털화하여 전자지도를 만드는 자료로 쓰이며, GIS의 바탕이 되어 국토관리와 재해예방 등에 쓰일 수 있다.

표 1은 Kompsat EOC 영상 중 서울에 대한 촬영자료이며, 그림 3은 이에 대한 모자이크 영상이다.

표 1. EOC 자료

Path No.	포함장소	촬영시간	Tilt angle
#2025	서부서울	2000.05.08(10:42 am)	+21.53°
#813	중부서울	2000.02.15(10:52 am)	+2°
#1149	동부서울	2000.03.09(11:09 am)	-25.9°

Pass No. 2025

Pass No. 813

Pass No. 1149

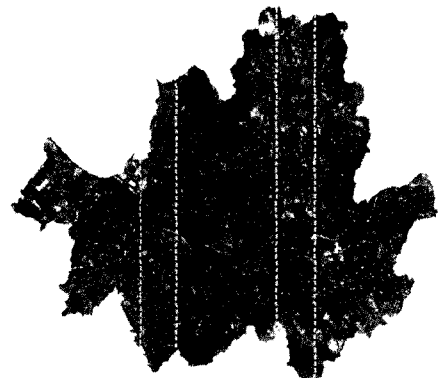


그림 3. Kompsat EOC 모자이크 영상

### 2.4 EOC와 TM 밴드2, 밴드3 및 밴드2+밴드3의 상관관계 분석

Landsat TM 영상은 Kompsat EOC 영상에 비해 공간적으로는 저해상도라 할 수 있으나 7개의 분광 파장대를 가지고 있기 때문에 다양한 정보를 가지는 영상 자료를 획득할 수 있다. 분광파장대 중에서 밴드1~밴드3은 가시광선 대역으로 1번 밴드의 경우는 토양·식생 구분, 산림종류 지도제작에 유용하고, 2번 밴드는 식생의 구분, 활력도 평가에 적합하도록 구성된 파장대이다. 특히 인공지물의 구분력은 3번 밴드가 뛰어나다. 이러한 이유로 Kompsat EOC 영상과 비슷한 파장대의 영상과의 밝기 값의 상관관

계를 분석함으로써 화소 값의 차이를 비교하였다. 이때, 정확한 화소가 가지는 특성을 분석하기 위해 지물의 형태가 명확한 곳을 선정하고 위치오차에 의해 발생하는 영향을 최소화하기 위해 지물을 이루는 각 절점 들을 모두 이용하여 영상을 기하보정하였다.

표 2는 Komsat EOC와 비슷한 Landsat TM 영상의 파장대정보이다.

표 2. EOC 및 TM의 조합밴드 파장대

센서	파장대	
Komsat EOC	0.51 $\mu$ m~0.73 $\mu$ m	
Landsat TM	밴드2	0.52 $\mu$ m~0.60 $\mu$ m
	밴드3	0.63 $\mu$ m~0.69 $\mu$ m

지형지물의 변화를 탐지하기 위해 사용한 영상자료인 Landsat TM 영상과 Komsat EOC 영상과 비교하기 위해 인공지형지물에 대한 정보를 가장 잘 표현하는 밴드3와 EOC와 유사한 정보를 가지기 위한 밴드2와 밴드3를 조합한 영상간의 밝기 값 상관관계를 분석하였다.



그림 4. 김포공항 주변지역 영상

표 3. 김포공항지역 영상의 파장대별 상관도

	EOC	TM (밴드3)	TM (밴드2)	TM (밴드2+3)
EOC	1	0.5759	0.5613	0.5969
TM(밴드3)	0.5759	1	0.8241	0.9759
TM(밴드2)	0.5613	0.8241	1	0.9267
TM(밴드2+3)	0.5969	0.9759	0.9267	1

김포공항지역에 대한 EOC 영상과 Landsat-5 TM 영상의 밝기 값의 관계를 분석하였다. 그림 4는 김포공항 주변의 영상이고, 표 3은 김포공항 주변지역에 대한 파장대별 밝기 값의 상관관계이다.

다중 축척의 단밴드 영상을 이용한 인공지형지물의 변화 탐지를 위해 Landsat-5 TM 영상 밴드 선정을 위해 사례 지역 상관도 분석결과에 따라 밴드2와 밴드3의 조합영상을 사용하여 본 연구를 수행하였다.

### 3. 기본 이론

다항식을 이용한 보정방법으로 정사영상을 획득하기 위해서는 많은 지상기준점(GCP; ground control point)을 선정하여야 그 효과를 증대시킬 수 있다. 그러나 우리나라와 같이 산림 지역이 많고 GCP를 선정할 수 있는 지역이 한정된 곳에서는 현실적으로 어려운 일이다. 이에 동일한 격자망에 대한 X, Y, Z를 가지고 있는 DEM 성과를 이용하는 정밀편위수정법은 DEM 격자수와 같은 지상기준점을 가지고 지형보정하는 효과가 있으므로 더욱 정밀한 영상 보정이 가능하다. 또한 다항식에 의한 방법이 영상 획득에 대한 고려를 전혀 하지 않는데 반해 정밀편위수정법은 센서특성에 의해 발생하는 오차를 제거할 수 있다.

#### 3.1 정밀편위수정법에 의한 정사영상생성

정밀편위수정법에 의한 정사영상을 제작할 때 원 영상에 있는 밝기 값을 DEM의 영상좌표로 이동시키는데, 이 과정에서 외부표정요소, 내부표정요소, 초점거리, 공선조건을 고려하여 수정하는 방법이다. 즉, 정밀편위수정법은 DEM을 구성하는 각 격자에 해당하는 지상좌표( $X_i, Y_i, Z_i$ )를 공선조건에 대입한 후 원 영상 좌표로 변환을 하며 해당하는 원영상 좌표 주위에 있는 화소를 내삽법을 이용하여 DN(density value)을 결정하고 이를 다시 DEM의 각 화소의 위치에 지정하는 방법이다. 영상의 화소값이 DEM에 의해 지정된 위치로 이동해야 하는 과정에서 nearest neighbor, bilinear interpolation 및 cubic convolution방법 등에 의해 재배열이 이루어진다.

정밀편위수정 방법은 지상기준점 좌표에 의해 출력 화소의 위치가 이미 결정되어 있으므로 입력영상에서 관측된 좌표로 출력 화소값을 구하기 위한 입력영상의 위치가 결정되어 있다. 일반적으로 위성영상자료를 정밀편위수정하기 위해서는 공선조건식을 적용한다.

본 연구에서는 정밀편위수정 방법으로는 일반적으로 위

성영상에 적용하는 직접법(direct rectification)을 이용하였다. 지상좌표를 알고 있는 대상물의 영상좌표를 관측하여 각각의 출력 영상의 위치를 결정하는 방법으로 공선조건식을 이용하였다. 수행과정은 DEM(X, Y)좌표로부터 영상좌표(x, y)를 결정한 다음 내삽법에 의해 영상의 밝기값을 추정하고 내삽된 밝기값을 DEM자료의 각 위치에 할당함으로써 진행하였다.

### 3.2 자료의 상관관계

각 화소에 대한 분광측정값으로부터 유도된 각기 다른 밴드의 원격탐사자료는 종종 예측 가능한 형태로 변화하곤 한다. 만약 주어진 하나의 화소에 대하여 한 밴드에서의 밝기 값과 또 다른 밴드의 밝기 값 사이에 아무런 관련이 없다면, 그 값들은 상호 독립적이라 할 수 있다. 더불어 다른 센서에서 획득한 영상 화소의 밝기 값 또한 독립적이라 할 수 있다. 그러나 동일한 지역에 대한 정보를 처리하기 때문에 100% 독립적이라고 말하기는 어렵다. 이러한 이유로 다른 센서에 의해 관측된 동일한 지역에 대한 영상들도 같은 센서에 의해 획득한 각 밴드의 영상보다는 작지만 일정한 상관관계를 가질 것이다. 이때, 두 영상의 상관도는 영상의 정확과 밀접한 관련이 있다. 그러므로 영상의 정확도를 간접적으로 상관관계를 분석함으로써 표현할 수 있다.

공분산이라 불리는 이 측정값은 공통 평균에 대한 두 변수의 연관성 분산이다. 공분산을 산출하기 위해 제곱합과 유사한 양을 계산해야만 하는데 이것은 SP(sum of products)라 한다.

$$SP_{kl} = \sum_{i=1}^n (BV_{ik} - \mu_k)(BV_{il} - \mu_l)$$

$$SP_{kl} = \sum_{i=1}^n (BV_{ik} \times BV_{il}) - \frac{\sum_{i=1}^n BV_{ik} \sum_{i=1}^n BV_{il}}{n} \quad (1)$$

여기서,  $BV_{ik}$  : 밴드  $k$ 의  $i$ 번째 화소의 측정값,  $BV_{il}$  : 밴드  $l$ 의  $i$ 번째 픽셀의 측정값, 밴드  $k$ 와  $l$ 의 평균 :  $\mu_k, \mu_l$

일반적인 분산은  $(n-1)$ 로 잔차의 제곱 합을 나눔으로써 계산할 수 있는 것처럼 공분산은  $(n-1)$ 로 SP를 나눔으로써 계산할 수 있다. 그러므로 밴드  $k$ 와  $l$ 에서 밝기 값 간의 공분산  $Cov_{kl}$ 은 식 (1)과 같다.

$$Cov_{kl} = \frac{SP_{kl}}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (BV_{ik} \times BV_{il}) - \frac{\sum_{i=1}^n BV_{ik} \sum_{i=1}^n BV_{il}}{n}}{n(n-1)} \quad (2)$$

공분산은 각 변수들의 표준편차의 곱과 같을 수는 있지만 초과할 수는 없다. 그러므로 상관범위는 +1에서 -1까지로 산정 될 수 있다. 상관관계가 +1의 값을 갖는다면 비교하는 영상자료의 밝기 값이 완벽한 정(+)의 관계를 나타내므로 두 개의 영상은 같다. 그리고 -1의 상관계수는 비교 영상이 다른 하나 영상의 역수 형태로 부(-)의 관계를 가지므로 하나의 영상은 다른 영상의 역수이다. 상관계수가 0에 가까워질수록 비교하는 영상자료의 상관도는 낮아지게 되고 값이 0이면 전혀 다른 특성을 가진다고 할 수 있다.

## 4. 자료 처리 및 분석

영상 자료의 기하학적인 오차는 화소의 위치오차를 의미하며 기존의 지형도와 중첩하여 사용하기 위해서는 지형도와 동일한 축척과 투영 값을 갖도록 변환해 주는 과정이 요구된다. 특히 변화탐지를 위해서는 비교대상영상간의 정확함이 중요하지만 지도제작을 위한 변화탐지에서는 기존 지도제작좌표 체계와의 정확함은 더욱 중요하다고 할 수 있다.

보정방법에 따라 보정정확도를 분석하기 위해 지표 특성에 따른 Test-zone을 선정하였고, 변화탐지의 기본도로서의 Kompsat 및 Landsat 위성영상의 상관관계를 분석하였다. 또한 Kompsat EOC 영상에서 구별되는 기준점에 대한 보정방법에 따른 위치 오차량을 분석하였다.

### 4.1 상관관계 분석을 위한 Test-Zone

원격탐사 분야에서 효과적인 변화탐지를 위해 무엇보다 중요한 영상의 정확분야이므로 영상의 기하보정 방법은 매우 중요하다. 전통적인 기하보정 방법인 다항식을 이용한 방법과 정밀편위수정을 위한 방법을 보정하기 위해 지형지물에 대한 각각의 다른 특징을 가지는 3개의 지역을 선정하여 그 특성을 분석하였다. 각 Test-Zone은 인공지형지물 중심의 지역, 산지를 포함하고 있는 지형 및 한강과 넓은 단지를 포함하고 있는 지형으로 나누어 구성하였다.

#### 4.1.1 Test zone 1 지역

서울 삼성동 일부지역으로 인공지형지물이 밀집해 있는 도심지형을 잘 대변해 주는 도심지역이다. 그림 5는 Test Zone 1 지역의 수치지도(a), Kompsat EOC 영상(b) 및 Landsat-5 TM(c) 영상이다.

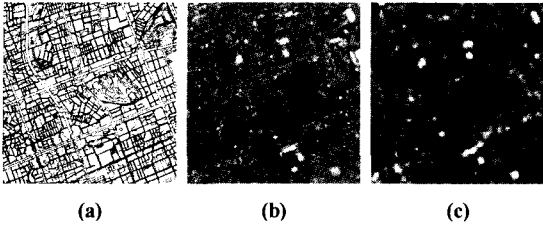


그림 5. 도심지역(Test Zone 1)

#### 4.1.2 Test zone 2 지역

경부고속국도가 지나가는 서울 원지동 일부 지역이다. 그림 6과 같이 산지로 둘러싸인 지역으로 수치지도(a), Kompsat EOC 영상(b) 및 Landsat-5 TM(c) 영상을 보여주고 있다.

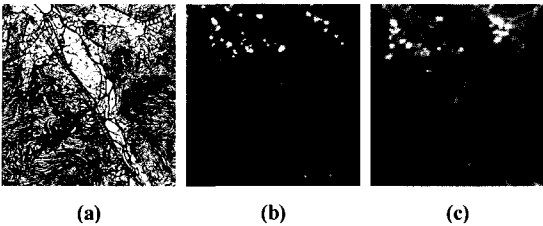


그림 6. 산림지역(Test Zone 2)

#### 4.1.3 Test Zone 3 지역

그림 7은 서울 동작동 국립묘지를 둘러싼 야산과 한강이 혼합된 지역으로 수치지도(a), Kompsat EOC 영상(b) 및 Landsat-5 TM(c) 영상이다.

영상을 살펴보면 Kompsat EOC 영상의 경우 지형지물이 잘 구분되는 것을 알 수 있다. 동작동 국립묘지뿐만 아니라 그 주변의 아파트 단지와 한강과 그 주변이 잘 정리된 것을 볼 수 있다. 또한 국립묘지를 싸고 있는 산림지의 밝기 값 분포가 한강을 제외한 주변의 지역보다 어둡다. Landsat TM에서도 공간 해상도는 떨어지지만 산림지의 밝기 값 분포가 주변지역보다 어둡게 나타나고 주변의 아파트와 같은 지형지물은 거의 표현되지 않고 있다.

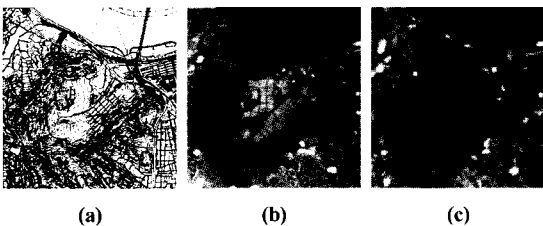


그림 7. 혼합지역(Test Zone 3)

## 4.2 다항식에 의한 보정 결과 상관관계

인공지형지물의 변화를 탐지하기 위해 사용한 자료인 Landsat-5 TM 자료는 UTM 투영에 WGS84 타원체 좌표를 사용하여 1차 보정된 영상이다. 이렇게 보정된 영상들은 국내 좌표계와 불일치에서 오는 오차가 크고 국부적인 지역에서의 지형기복에 의해 발생한 오차 등의 문제가 발생하므로 우리나라 기준체인 TM 좌표로 변환되어야 한다. 뿐만 아니라 기준타원체도 WGS84에서 Bessel 타원체로 변환되어야 우리나라 기반으로 구축된 다른 자료들과의 통합분석이 가능해 질 것이다. 이에 비해 다항식에 의한 보정은 보정을 하고자 하는 지역과 기준점의 배치와 밀접한 관련이 있기 때문에 많은 수의 GCP를 광범위하게 선정하여 정확도가 높은 보정결과를 산출하였다.

Kompsat EOC 영상은 다항식에 의한 방법을 이용하여 축척 1:25,000 수치지도를 이용하여 보정한 결과 지상기준점의 위치와 가까운 지점의 RMSE가 상대적으로 작게 산출되었다. 그리고 전체 오차는 기준자료인 Kompsat EOC 공간해상도의 절반인 3.204m로 산출되었다. 또한 Landsat-5 TM 영상을 EOC 영상과 정합하기 위해 영상 대 영상으로 보정한 결과 Landsat TM 화소 크기의 정확도 또한 약  $\pm 14m$  정확도로 보정하였다.

혼합지역, 산림지역 및 도심지역으로 특성을 가지고 있는 Test Zone에 대한 영상을 수치지도에 대해 1차 보정한 성과와 1차 보정 결과를 Kompsat EOC 영상에 대해 2차 보정한 결과에 대해 밝기 값의 상관성을 분석하였다.

#### 4.2.1 도심지역(Test Zone 1)

소축척 영상에서는 거의 구분이 되지 않고 일정한 패턴 정도만 인식이 되는 전형적인 도심지를 대표하는 지역으로 Landsat-5 TM 영상에서는 그 결과가 좋지 않다. 공간해상도가 낮아 주거지 밀집지에 대한 소규모 도로와 건물들에 대한 패턴이 인식되지 않아 낮은 상관성을 보인다. 두 영상의 1차 보정 상관도가 27%정도로 산림지역과 혼합지역에 비해 상대적으로 매우 낮은 수치를 갖는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 Kompsat EOC 영상을 기준으로 다시 보정한 성과의 상관관계도 32%로 1차 보정 성과보다는 상승률이 18.5%이지만 산림지역의 상관도가 60%에 달하는 것에 비하면 상대적으로 매우 낮게 나온 것을 알 수 있었다. 이것은 Test-Zone 영상에서 시계열 해상도가 상이함에 의해 지형지물의 변화가 많이 발생하기 때문이 아니라 Landsat-5 TM 영상이 소축척 영상이므로 지형지물에 대한 정보를 표현하지 못하기 때문이라고 생각된다. 두 가지

표 4. 도심지에 대한 기하보정결과의 상관도

	EOC (1차보정)	TM (1차보정)	TM (2차보정)
EOC(1차보정)	1.0000	0.2744	0.3341
TM(1차보정)	0.2744	1.0000	0.4123
TM(2차보정)	0.3341	0.4123	1.0000

기하보정 방법 성과에 따른 상관관계는 표 4와 같다.

4.2.2 산림지역(Test Zone 2)

두 영상은 1995년도와 2000년 사이에 좀더 개발이 이루어진 시계열 해상도 다른 차이를 포함하고 있고 공간해상도가 다른 영상이지만 그 차이가 별로 크지 않은 야산을 많이 포함하고 있는 지형이다. 이러한 이유로 도심지나 혼합지형에 비해 상대적으로 높은 상관도를 보이고 있으나 1차 보정 결과의 상관성이 2차 보정성과보다 약 7% 높다. 두 가지 기하보정 방법 성과에 따른 상관관계는 표 5와 같다.

표 5. 산림지에 대한 기하보정결과 상관도

	EOC (1차보정)	TM (1차보정)	TM (2차보정)
EOC (1차보정)	1.0000	0.6840	0.6181
TM (1차보정)	0.6840	1.0000	0.6425
TM (2차보정)	0.6181	0.6425	1.0000

4.2.3 혼합지역(Test Zone 3)

한강 주변 동작동 일부 지역으로 거주지, 산지 등이 고루 분포되어 있는 혼합지역이다. 각 영상을 수치지도에서 획득한 지상기준점을 이용하여 기하보정한 성과와 그 성과를 다시 Kompsat EOC 영상을 기준으로 1994년도 Landsat TM 영상을 재보정 하였다.

각각의 영상은 수치지도 자료를 기준으로 다항식을 이용한 보정방법을 사용하여 1차 보정을 실시하였고, 1차 보정 성과는 다시 Kompsat EOC의 1차보정 성과와 다항식을 이용한 방법으로 영상 대 영상 방법에 의해 2차 보정하였다.

Kompsat EOC 영상과 Landsat-5 TM 영상의 보정결과는 각각 수치지도를 기준으로 보정하여 얻은 성과간의 45%정도 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 그리고 Kompsat EOC 영상을 기준으로 Landsat-5 TM영상을 재보정한 결과의 상관관계 향상율이 33%에 이르고 있다. 이로써 인공지형 지물의 변화탐지를 효과적으로 수행하기 위해서는 두 영상간의 기하보정 과정이 필요함을 알 수 있다. 두 가지 기

하보정 방법 성과에 따른 상관관계는 아래 표 6과 같다.

표 6. 혼합지에 대한 기하보정결과 상관도

	EOC (1차보정)	TM (1차보정)	TM (2차보정)
EOC(1차보정)	1.0000	0.4667	0.6213
TM (1차보정)	0.4667	1.0000	0.6267
TM (2차보정)	0.6213	0.6267	1.0000

4.3 정밀편위수정법에 의한 보정결과의 비교 분석

정밀 편위수정에 의한 보정은 우선적으로 센서에 대한 정보를 이용한 센서 모델링과 더불어 수치표고모형을 이용함으로써 지형기복을 보정하였다.

4.3.1 센서 모델링

센서 모델링은 위성체의 자세, 센서의 기하학적 상태, 궤도 등에 대한 정보를 이용하여 분석 및 실행에 필요한 법칙과 절차를 일반화하는 과정을 말하며, 크게 센서의 기하학적인 특징, 궤도요소, 위성체 및 비행체의 속도 및 위치를 추출하는 과정인 Physical Model 부분과 이에 대한 정보를 획득하지 못한 경우의 Abstract Model로 나눌 수 있다. 이러한 센서 모델링은 입체 영상을 이용한 DEM 생성시 정확도에 큰 영향을 끼치므로 매우 중요한 과정이라 할 수 있다.

Kompsat EOC 영상과 Landsat TM 영상은 항공사진이나 IKONOS 영상에 비해 상대적으로 소축척이기 때문에 지형의 기복에 관한 영향은 크게 받지 않는다. 그러나 전체적인 지형의 경향에 대한 보정을 수행하기 위해 본 연구에서는 정밀편위수정법에 의한 보정을 실시하였다.

센서 모델링을 영상 획득센서에 대한 고려를 전혀 하지 않는 일반적인 영상기하보정과는 달리 영상센서에 대한 보정과 더불어 3차원 지형정보를 이용하여 지형의 기복에

표 7. TM 및 EOC 영상의 센서모델링 인자

Sensor Name	Kompsat			Landsat-5
	EOC			TM
pass #	2025	813	1149	116-34
Look Angle	21°	2°	-25.9	nadir
Look Direction	left	left	right	nadir
FOV	1.42°			15.4°
IFOV	0.000009561rad			0.000425rad
Altitude	685km			705km
Pixel size	6.6m×6.6m			28.5m×28.5m

의한 효과 감소를 위해 사용된다. 표 7은 위성영상 자료의 센서를 개념 모델링 하기 위한 주요 계수이다.

Landsat-5 TM 위성 자료에 비해 상대적으로 고해상도 영상인 Kompsat EOC 영상을 정밀편위수정법에 의해 보정하기 위해 각 패스에 해당하는 영상을 각각 처리하였다. 서울시의 좌측 부분에 해당하는 2025패스 지역의 경우 왼쪽으로 21°기울어져 있고 이는 표고가 높은 지점에서의 과대한 기복오차로 인해 정상부가 왼쪽으로 많이 기울어져 나타난다. 그리고 서울시의 오른쪽 부분에 해당하는 1149 패스의 경우 오른쪽으로 25.9° 기울어져 있어 표고가 높은 산의 정상부분이 오른쪽으로 치우치게 영상에 나타난다. 이에 반하여 서울시의 중간부분에 해당하는 813패스는 2025 및 1149패스에 비해 상대적으로 센서의 기울어짐이 적다. 이러한 영상의 왜곡을 보정하기 위해 센서에 대한 정보와 DEM 자료를 이용하여 정밀편위수정법을 이용하여 기복변위를 제거한 정사영상을 생성할 필요가 있다.

#### 4.3.2 도심지역(Test Zone 1)

삼성동 일대의 도심지 지역으로 전통적인 기하보정결과 낮은 상관성을 보였던 Test Zone 2번 지역은 다른 테스트 지역에 비해 마찬가지로 낮다. 그러나 다항식에 의한 결과가 약 32%의 상관성을 보이던 정합 정도가 47%의 정합향상성을 보이고 있다. 각 영상을 이용한 다른 보정 성과별 상관관계는 표 8과 같다.

표 8. 도심지역 기하보정결과 상관도

	EOC(2000)	TM-5(1994)	TM-5(1988)
EOC(2000)	1.0000	0.6517	0.4829
TM-5(1994)	0.6517	1.0000	0.4752
TM-5(1988)	0.4829	0.4752	1.0000

#### 4.3.3 산림지역(Test Zone 2)

원지동 일대의 산림지역인 Test Zone 2 지역은 산지로 구성되어 있는 지역으로 1차 보정 성과가 2차 보정 성과에 비해 우수하게 나왔던 특수 지역이다. 그러나 정밀편위수정 결과는 1차 보정 결과보다 우수한 약 75%의 정합 상관도를 보였다. 지형에 대한 DEM 자료를 이용하였기 때문에 산림지형에서의 정밀편위수정결과가 약 25% 향상율을 보였다. 이에 정밀편위수정에 의한 지형보정효과는 산림지역에서 더욱 우수하게 산출된다고 생각된다. 각 영상을 이용한 다른 보정 성과별 상관관계는 표 9와 같이 나타났다.

표 9. 산림지역 기하보정결과 상관도

	EOC(2000)	TM-5(1994)	TM-5(1988)
EOC (2000)	1.0000	0.7796	0.6289
TM-5 (1994)	0.7796	1.0000	0.6460
TM-5 (1988)	0.6289	0.6460	1.0000

#### 4.3.4 혼합지역(Test Zone 3)

혼합지역인 Test Zone 3번 지역의 경우는 다항식에 의한 Kompsat EOC 성과와의 2차보정 결과와 정밀편위수정법을 이용한 보정결과를 상관분석한 결과 표 10과 같이 전통적인 방법에 의한 상관관계가 약 60%인 것에 반하여 각 화소의 위치상관을 나타내는 밝기값의 상관도가 약 10% 향상되었다.

표 10. 혼합지역 기하보정결과 상관도

	EOC(2000)	TM-5(1994)	TM-5(1988)
EOC (2000)	1.0000	0.6850	0.6546
TM-5 (1994)	0.6850	1.0000	0.8443
TM-5 (1988)	0.6546	0.8443	1.0000

#### 4.4 보정방법에 따른 결과의 비교 분석

3개의 테스트 지역에 대해 Kompsat EOC 및 Landsat TM 성과를 비교한 결과를 정밀편위수정법에 의해 보정한 성과와 다항식에 의해 보정한 성과는 그림 8과 같이 나타났다. 즉, 산악지역이 많이 포함되어 있는 산림지역에서는 보정 결과가 가장 많이 향상되었고 도심지역, 산림지역 및 혼합지역에 모두에서 정밀편위수정법에 의한 보정성과의 상관관계가 다항식에 의한 보정 성과보다 상대적으로 우수하였다.

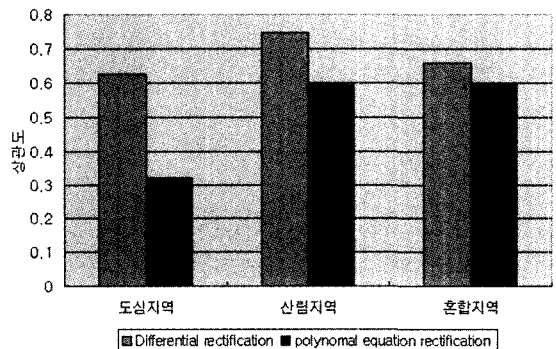


그림 8. Test-zone별 보정방법에 따른 상관도



#### 4.5 EOC 영상의 보정방법별 편위측정결과 분석

인공위성 영상을 통해 영상을 획득할 때 센서의 특징 및 촬영위치에 따라 기복 변위가 발생한다. 이에 보정 방법에 따른 Kompsat EOC 영상의 절대적인 위치오차를 파악하기 위해 1:25,000 축척의 수치지형도에서 산출한 9개의 기준점 위치와 영상에서 구별되는 점과의 편위량을 계산하였다. 축척 1:25,000 수치지형도 상에서 허용되는 수평위치 오차는  $\pm 1.25\text{m}$  이하여야 하므로 정점과 위성에서 구별되는 점과의 편위 오차량을 파악함으로써 기복에 의한 위치오차 범위를 측정하였다. 많은 기준점의 위치 중 9개의 위치만이 영상에서 구분되었다. 그림 9는 Kompsat EOC 각 패스별 영상에서 구별되는 기준점의 위치를 도시화한 것이다.

수치지형도 및 영상자료에서 추출한 기준점 성과를 이용

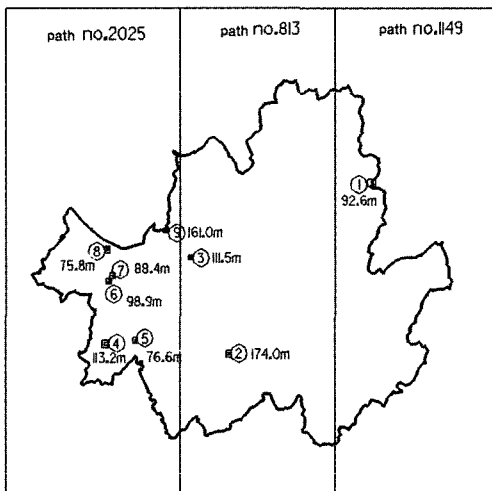


그림 9. 기준점의 위치 및 표고

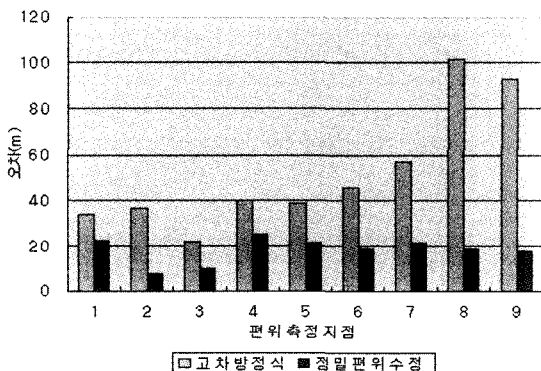


그림 10. 기준점과 영상간의 편위 오차

하여 편위량을 조사한 결과 그림 10과 같은 결과를 얻었다.

기존의 다항식을 이용한 보정 결과에 비해 정밀편위수정에 의한 보정결과와 편위량이 작았다. 그리고 일반적인 다항식을 사용하여 보정한 Kompsat EOC 3개 패스의 모자이크 영상자료는 각 부분의 경사 왜곡의 차이가 발생함에 따라 왜곡량도 일정하지 않았다. 즉, 다항식을 이용하여 처리한 결과 영상에서 추출한 편위량의 표준편차는  $\pm 27.47\text{m}$ 인 반면에 정밀편위수정에 의해 획득한 영상의 편위량의 표준편차는  $\pm 5.64\text{m}$ 로 상대적으로 균등한 편위량 분포를 보인다.

이러한 연구 결과에서 센서의 경사 정도와 왜곡과는 비례한다는 것과 정밀편위수정법에 의한 영상 보정결과 기복에 의해 발생하는 편위량을 보정할 수 있었다.

## 5. 결 론

인공위성영상자료를 이용한 변화탐지를 위한 정밀보정에 관한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Landsat TM 및 Kompsat EOC 자료와 같은 다중 공간 해상도를 지닌 영상을 이용하여 변화를 탐지하기 위한 영상정합방법으로 서울시에 대한 수치지형도에서 추출한 DEM 성과를 이용한 정밀편위수정법을 사용한 결과, 일반적인 다항식을 사용한 것보다 서울시 도심지역은 약 31%, 산림 지역은 약 25% 그리고 혼합지역은 약 10%의 정합율이 향상되었다.

2. 시계열 해상도가 다른 Kompsat EOC 영상과 Landsat TM을 정밀편위수정법을 사용하여 보정한 결과 위치정확도 및 정밀도를 효과적으로 향상시킬 수 있었다.

3. 10m로 재배열한 Kompsat EOC 영상과 축척 1:25,000의 수치지형도에서 함께 구별되는 기준점 위치에 대해 영상보정 방법에 따른 편위오차를 계산한 결과 일반적으로 사용되는 다항식에 의한 성과보다 정밀편위수정법을 사용하였을 때 편위오차의 평균이 약 65% 감소한 것으로 분석됨으로써 정확도를 향상시킬 수 있었다.

4. 따라서 얻어진 인공지형지물의 변화탐지 결과는 위치정확도가 일반적인 변화 탐지결과보다 높음으로 지도 제작이나 GIS의 기본자료로서 그 효용성이 기대된다.

## 참고문헌

- 박대욱 (1998), 수치지형도와 지적필지정보의 연계를 위한 중첩 정확도 분석, 석사학위논문, 충남대학교, pp. 41-48.
- Fung, T. (1990), An assessment of TM imagery for land-cover change detection, *IEEE transactions of Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 28, No. 4, pp. 681-684.
- Habib, A and Kelley, T (2001), Single-photo resection using the modified Hough transform, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 67, No.8, pp. 909-914.
- Jensen, J. R. (1996), *Introductory digital image processing : A remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, p. 316.
- Pain, C. F. (1985), Mapping of landform form Landsat imagery : an example from Eastern New South Walse, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 17, No. 1, Australia, pp. 507-513.
- Stringer, W. J., Groves, J. E. and Olmsted, C. (1988), Landsat determines geographic change, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 54, No. 3, pp. 347-352.
- 
- (접수일 2004. 2. 23, 심사일 2004. 3. 5, 심사완료일 2004. 3. 20)