

산악지역에 대한 고해상도 영상의 정밀보정기법에 관한 연구

The study on precision rectification of high-resolution satellite images about mountain area

이성순 · 지광훈¹⁾

Lee, Sung Soon · Chi, Kwang Hoon

1) 한국지질자원연구원 지질자원정보센터 선임연구원(E-mail : gisvi@kigam.re.kr)

한국지질자원연구원 지질자원정보센터 책임연구원(E-mail : khchi@kigam.re.kr)

1. 서론

인공위성 영상자료의 공간해상도의 발전으로 인하여 지형지물의 식별력이 증가하고 있어 영상에서 얻을 수 있는 정보의 양은 증가하고 있다. 이러한 공간해상도의 향상은 인공위성 영상자료가 정밀 지도제작 작업의 자료로써의 항공사진대안의 영상자료로써의 효용성이 기대되고 있다. 그러나 계획된 촬영계획에 의해 얻어진 항공사진과 같은 정확도를 인공위성영상자료의 공간해상도 향상만으로는 만족스러운 성과를 기대하기 어렵다. 또한 시계열적인 광학영상자료를 활용하는 변화탐지분야도 영상의 상호보정 조건이 충족되어야 만족스런 연구결과를 도출할 수 있다.

이에 본 연구에서는 각각 다른 시기에 획득되었고, 다른 촬영조건을 가진 Kompsat EOC, Spot 5, Ikonos Pan & Multi 및 Quick-bird Pan & Multi 과 같은 광학위성영상자료를 이용하여 동고서저형의 지형을 가진 강원도 사천천 유역의 변화를 탐지하기 위한 다항식보정방법, 편위수정방법 및 piecewise 다항식방법등을 적용하였고, 각 방법에 의해 획득된 보정 정확도를 분석하였고 산악지역 보정에 적합한 보정방법을 제안하고자 하였다.

2. 연구 범위

2.1 연구 내용 및 방법

2002년 태풍 루사 및 2003년의 태풍 매미의 영향으로 변화된 사천천 주변의 변화를 탐지하기 위하여, 하천 주변지역의 지형지물의 규모에 대한 영상의 식별력을 분석하였다. 표 1은 FAS(Federation of American Scientist : <http://www.fas.org>)에서 정의한 지형지물의 판별에 관한 인공위성영상자료의 공간해상도의 일부분을 나타내고 있다. 표1에 의하면, 교량, 인공구조물 및 도로 등을 모두 구별하기 위해서는 최하 6m 이하의 공간해상도를 가져야 한다. 또한 일반적인 feature의 형태를 구별하기 위해서는 최하 4.5m 보다 향상된 공간해상도의 영상의 사용을 권장하고 있다.

이에 태풍에 의한 하천천 주변의 퇴적변화를 탐지하기 위한 것으로써 미국과학연합이 정의한 목표물 인지능력을 분석하여 공간해상도 6m 급 이상의 위성영상을 활용하였다. 즉, 하천천의 제외지 폭은 10m 이하에서 100m에 이르기까지 하도의 폭이 상류에서 하도로 갈수록 넓어지는 양상을 보이고 있다. 또한 고고도 지형에 포함되는 사천천의 하도폭은 약 10m 정도으로써 매우 좁은 폭을 포함하고 있다. 그러므로 사천천 지역의 변화탐지 연구를 위하여 공간해상도 6.6m인 Kompsat EOC 급 이상의 영상을 이용 하였다.

표 1. 지형지물의 판독을 위한 인공위성자료의 공간해상도

FAS(Federation of American Scientist : <http://www.fas.org>)

Target	Detection (m)	General ID(m)	Precise ID(m)	Description (m)	Technical Analysis(m)
Bridges	6	45	1.5	1	0.3
Artificial-field Facilities	6	45	3	0.3	0.15
Vehicles	1.5	0.6	0.3	0.06	0.0045
Roads	10~20	5	1	0.6	0.4
Railroad Yard & Shops	15~30	15	6	1.5	0.4

사천천 주변지역의 변화탐지를 위하여 사용한 Kompsat EOC, Spot-5, Ikonos 및 Quick-bird 등의 변화탐지에 사용한 영상자료는 표 2와 같다. 변화탐지를 위해 사용한 영상자료는 2002년 8월 30일의 태풍 루사 이전의 영상으로는 Kompst EOC 및 Ikonos 영상을 이용하였고, 태풍루사 이후 및 태풍매미 이전의 영상자료로는 Kompsat EOC, Spot-5 및 Quick-bird 영상을 활용하였다. 또한 2003년 태풍 매미 이후의 변화를 탐지하기 위하여 Kompsat EOC 및 Spot-5 영상 자료를 이용하였다.

표 2. 사천천 주변의 변화탐지를 위해 사용한 광학위성영상자료

Satellite	Sensor	year	month	day	year	month	day	year	month	day
Kompsat	EOC	2001	12	7						
					2002	9	8			
					2002	12	14			
								2003	11	14
SPOT-5	PAN				2002	12	2			
					2003	6	2			
					2003	8	8			
								2004	4	8
	Multi				2004	8	8			
								2004	4	8
Ikonos	PAN	2001	10	14						
	Multi	2001	10	14						
Quick-bird	PAN				2003	7	20			
	Multi				2003	7	20			

사천천 주변의 영상자료중 동일 센서 영상으로는 Kompsat EOC 영상이 4 scene이 있고, spot-5 영상이 4 scene가 있다. 이들 영상은 촬영시기에 따라 각기 다른 촬영각을 가지고 있어서 하천상류지역 및 산악지역에서의 기복왜곡이 매우 심하게 나타나고 있다. 특히, Kompsat EOC 영상의 경우는 2001년 12월 7일 및 2002년 9월 8일 영상과 2002년 12월 14일 영상 및 2003년 11월 14일 영상의 간의 왜곡은 매우 크게 나타나고 있다. 또한 Spot-5 영상의 경우에도 각 시기별 Tilt 각의 차이에 의한 영상의 기복왜곡이 크게 나타나고 있다. 표 3은 시기별 Kompst EOC 영상 및 Spot-5 영상의 촬영입사각이다.

표 3. Kompst EOC 영상 및 Spot-5 영상의 촬영각

Satellite	Sensor	year	month	day	Incidence angle
Kompst	EOC	2001	12	7	-25.6914
		2002	9	8	-23.3395
		2002	12	14	31.3425
		2003	11	14	30.1956
SPOT-5	PAN	2002	12	2	-28.992283
		2003	6	2	-30.468707
		2003	8	8	-13.099034
		2004	4	8	-0.879717
	Multi	2004	8	8	-13.099034
		2004	4	8	-0.879717

2.2 piecewise polynomial 변환 방법

일반적으로 영상을 보정하는 방법으로 가장 많이 사용하는 방법이 고차다항식 방법이다. 그러나 강원도 사천천 지역은 이러한 고차다항식 방법으로는 만족스런 성과를 추출할 수 없었다. 또한 사진측량학적 기법을 도입하여 DEM 성과를 이용함으로써 고도차에 의해 발생하는 기복왜곡을 보정하였으나 DEM 자료의 해상도가 낮고, 지형을 제외한 사천천에 대한 정보가 포함되어 있지 않아 보정에 어려움이 있었다. 이에 시계열 광학영상을 분할하여 보정하는 방법인 piecewise polynomial 방법으로 영상을 보정하였다.

영상의 기하보정방법의 하나인 Piecewise polynomial 방법은 두 공간상의 동일한 기준점을 정점으로 텔러니 삼각형을 구축하고 각 삼각형의 면적을 전체에서 분할하여 형성된 Piece를 개별적으로 기하보정하는 방법이다. 즉, 입력 영상에서의 개별적인 삼각형에 포함되는 픽셀들은 Reference 영상의 동일 지점 정보를 이용하여 기하보정하는 방법이다.

2.1.1 Piecewise polynomial 변환

Piecewise polynomial 방법은 입력영상의 기준점을 기준으로 하여 텔러니 연구대상지에 텔러니 삼각형을 구성한다. 이때, 기준점 세 개로 구성된 각각의 삼각형을 piece라고 하고 입력분할 부분인 Rubber sheet 영상 부분을 R_{rsm} 이라하고 기준이 되는 Reference 영상을 R_{bm} 이라고 할때, 각삼각형은 아래식 1과 같은 affine 변환에 의해 R_{rsm} 을 R_{bm} 으로 변환함으로써 기하보정이 이루어진다.

$$R_{rsm} \{p1, p2, p3, \dots, pn\} \xrightarrow{\text{Affine}} R_{bm} \{q1, q2, q3, \dots, qn\} \quad (\text{식1})$$

$R_{rsm} \{p1, p2, p3, \dots, pn\}$: Rubber sheet 영상의 기준점

$R_{bm} \{q1, q2, q3, \dots, qn\}$: Reference 영상의 기준점

affine 방정식 : $x = aX + bY + e$, $y = cX + dY + f$

Affine 변환은 입력 좌표계를 reference 좌표계로 변환시키는 1차다항식으로 새로운 위치로 이동시키는 평행이동, 새로운 좌표계로 회전하는 회전변환, 새로운 공간 축척으로 변환하는 축척변환의 세가지로 구성된다. 각각의 삼각형을 구성하는 3개의 기준점은 이러한 1차다항식을 해결할수 있는 3개의 지지점의 역할을 수행함으로써 세 개의 미지수를 해결할 수 있다.

그림 1 은 삼각형으로 분할된 영역의 픽셀값들은 Affine 변환식에 의해 보정하여 각각을 모자이크한 결과를 도식화한 것이다.

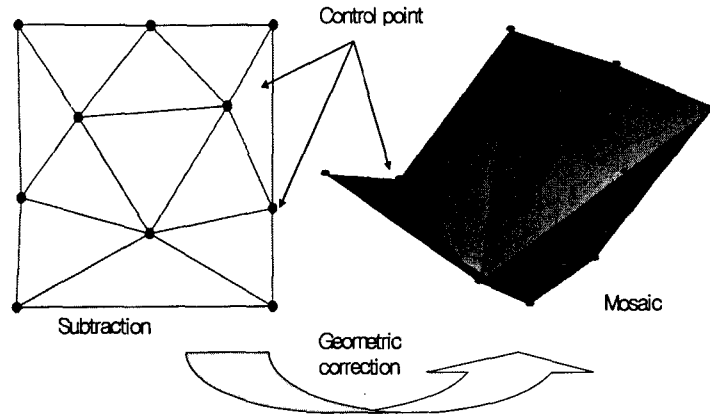


그림 1. Piecewise polynomial 방법에 의한 기하보정 개념도

3. 연구결과 및 분석

3.1 공간 해상도에 따른 편위오차

일반적으로 항공사진 보정에 가장 널리 사용하는 정밀 편위 방정식에 의해 영상을 보정한 결과 임도에 대한 편위오차는 그림 2와 같이 나타난다. 상대적으로 저해상도인 Kompsat EOC 영상의 경우가 임도의 특정지점에서 5m 이하의 정확도를 갖는 것으로 나타났다. 그러나 IKONOS 같은 경우는 약 38m에 이르는 편위오차를 가지는 것으로 나타났다. 이는 위성의 공간해상도의 향상은 편위오차를 증가시키는 것을 보여줌으로써 고해상도 영상을 위한 새로운 보정방법을 필요함을 알 수 있다.

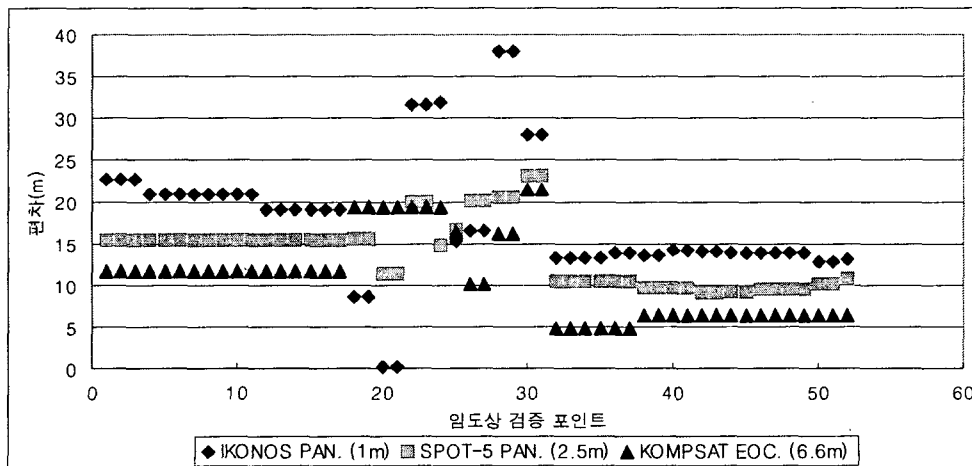
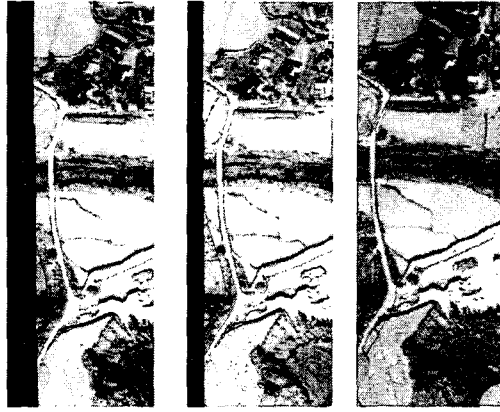


그림 2. 정밀 편위방정식에 의해 보정된 영상자료의 공간해상도별 편위오차량

3.2 Piecewise polynomial 방법에 의한 보정 결과

공간해상도가 1m인 Ikonos PAN 영상자료에 대한 보정방법에 따른 분석을 하였다. 그림 3, 4는 고차 다항식방정식, 1차방정식 및 piecewise polynomial 방정식에 의한 보정을 실시한 Ikonos PAN 영상의 편위오차량을 보여주고 있다. 그림에서 나타난 지역은 표고가 100m 이상인 지역으로 편위오차가 크게 나타났다. 특히, 1차 방정식으로 보정결과 영상의 평균오차는 25.7m, 고차다항식으로 보정한 결과의 평균 오차는 17.11로 나타났고, Piecewise polynomial 방법에 의해 보정된 결과는 평균오차가 6.6m로 상대적으로 매우 안정된 보정결과를 보여주고 있다.



(a) 1차 방정식 (b) 고차다항식 (c) piecewise polynomial 방정식
 그림 3. Ikonos PAN의 보정방법별 편위오차 경향

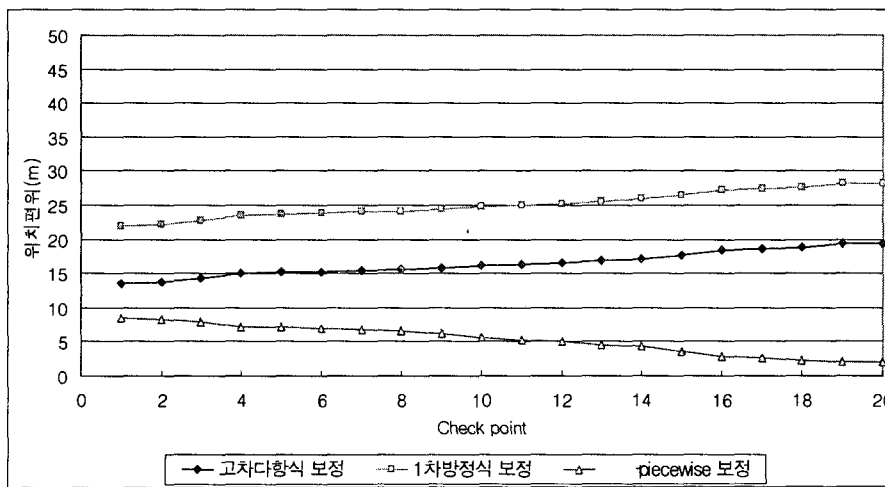


그림 4. Ikonos PAN의 보정방법별 편위오차 경향

연구목적으로 중요한 하천의 하도에 대한 보정정확도를 분석하기 위하여 tilt 오차가 매우 큰 2003년 6월 2일 Spot-5 PAN의 영상에 대해 보정방법별 편위량을 분석하였다. 2003년 6월 2일의 Spot-5 PAN 영상은 센서의 기울기가 30.4687°에 이르기 때문에 영상의 기복오차가 매우 심하게 나타났다. 이 영상과 다른 영상과 비교하여 변화를 탐지하는 것은 하도의 위치가 맞지 않아, 거의 모든 제외지내 하도가 변화된 것으로 나타나는 결과를 초래할 것이다. 그림 5에서와 같이 이 편위량이 큰 Spot-5 영상을 Piecewise polynomial 방법에 의해 보정한 결과 5m 이하의 안정된 편위오차가 발생하였다.

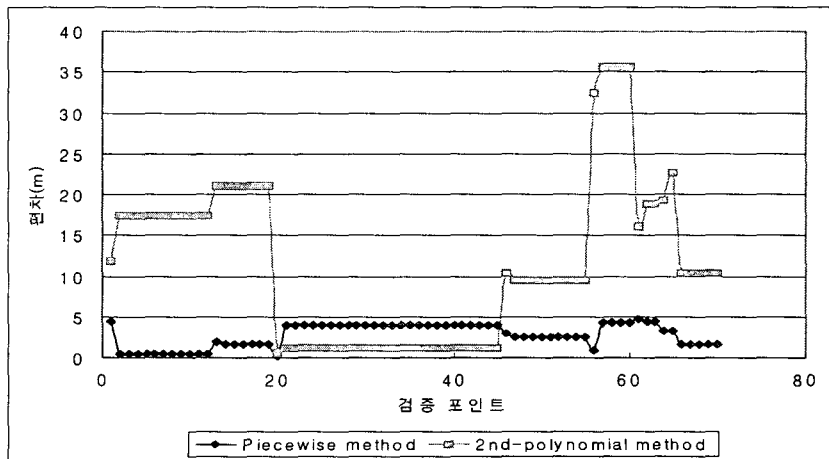


그림 5. Spot-5 PAN의 보정방법별 사천천 하도 중심선의 편위오차

4. 결론 및 토의

다른 센서에 의해 획득된 광학위성영상자료나, 같은 센서에 의해 획득되었다고는 하나 다른 촬영조건을 가진 광학위성영상자료를 이용하는 변화탐지의 연구의 신뢰성은 정밀한 기하보정에서 그 성패를 좌우할 수 있다. 즉 다양한 환경자료를 동기화 시키는 가장 선행적인 작업이 기하보정 단계이므로 기하보정의 정확도는 연구결과의 정확도와 직접적이면서 매우 밀접한 관련을 가지고 있다. 특히, 본 연구수행을 위한 강릉지역은 표고차가 매우 큰 동고서저의 지형으로 동쪽과 서쪽의 기하보정 정확도의 차이는 매우 크게 발생한다. 또한 영상획득시의 센서 기울기 및 영상자료의 공간해상도가 기하보정 정확도 확보의 중요한 인자가 된다는 사실을 알 수 있었다. 즉 표고가 높은 지형일수록 편위오차가 크게 발생하였고, 센서의 tilt 각이 크고 공간해상도가 높을수록 편위오차가 크게 나타났다. 이러한 위성자료의 특성은 중저해상도 영상의 기하보정에서 사용하던 방법의 제한성을 보여주고 있다. 즉, 고차방정식에 의한 보정이나, 정밀 DEM 자료 없는 편위수정 방법으로는 만족스런 결과를 얻기가 어렵다.

이에 본 2차년도에서는 영상의 공간해상도가 증가함에 따라 발생하는 편위오차량을 제거하고 산사태 등 자연재해로 발생한 하천퇴적 지질환경 변화탐지를 위해 영상을 기하보정함에 있어 piecewise polynomial 방법을 도입함으로써 효과적인 결과를 도출할 수 있었다. 위성자료의 촬영각에 의한 오차는 지형고도, 건물 높이등에 의해 오차량의 차이를 발생시키고 Piecewise polynomial 방법은 이러한 오차의 분포하는 범위를 조개어 기하보정하기 때문에 기하보정의 성과가 향상되게 나타났다. 특히, 본 연구에서는 기존의 보정방법에서 얻어진 기하보정 성과에 대해 4배 이상 향상된 결과를 보였다. 이러한 이 Piecewise polynomial 보정방법은 우리나라의 산악지역에 맞는 보정방법으로 사용될 수 있고, 특히 변화탐지를 위한 정밀 기하보정영상 획득에 효과적이라고 생각된다.

참고문헌

1. FAS(Federation of American Scientist : <http://www.fas.org>)
2. 유복모, 2000, 사진측량개론, 사이텍미디어, p.307-308.
3. 유복모, 2000, Anton F. schenk, 현대수치사진측량학, 문은당, p.249-262.
4. Robert A. Schowengerdt, 1997, Remotesensing-second edition, Academic press, p.344-346, 366-370