

동일궤도 다중 RADARSAT-1 SAR 위성영상의 기하보정방법에 관한 연구

A Study on Geometric Correction Method for RADARSAT-1 SAR Satellite Images Acquired by Same Satellite Orbit

송영선¹⁾

Song, Yeong-Sun

Abstract

Numberous satellites have monitored the Earth in order to detect changes in a large area. These satellites provide orbit information such as ephemeris data, RPC coefficients and etc. besides image data. If we can use such orbit data afforded by satellite, we can reduce the number of control point for geo-referencing.

This paper shows the efficient geometric correction method of strip-satellite RADARSAT-1 SAR images acquired by same orbit using ephemeris data, single control point and virtual control points. For accuracy analysis of proposed method, this paper compared the image geometrically corrected by the proposed method to the image corrected by ERDAS Imagine.

Keywords : Single control point, Virtual control point, Satellite Orbit Modeling, RADARSAT-1 SAR, Geometric Correction

초 록

광범위한 지역을 관측하기 위한 많은 종류의 위성들이 발사되어 지구를 관측하고 있다. 이러한 위성들은 영상정보 이외에 천체력 자료, RPC 계수 등과 같은 위성궤도와 관련 정보들을 제공하고 있다. 위성에서 제공하는 이러한 궤도정보를 활용할 경우 영상의 기하보정에 요구되는 기준점을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 RADARSAT-1 SAR 위성영상을 대상으로 동일궤도에서 촬영된 다중 위성영상들의 효과적인 기하보정을 위하여 기준영상에서 단일기준점 및 천체력자료를 활용하여 위성궤도를 모델링하고, 이를 기반으로 동일궤도상에서 취득된 인접영상의 기하보정기법을 기술하였다. 정확도 평가를 위해서 본 연구에서 제시한 기법으로 생성된 기하보정영상을 Erdas Imagine에서 처리한 기하보정영상과 비교하여 정확도를 평가하였다.

핵심어 : 단일기준점, 가상기준점, 위성궤도모델링, RADARSAT-1 SAR, 기하보정

1. 서 론

과거 수십 년 동안 위성이 발사된 이래로 과학기술이 급격하게 발전하여 최근에는 1m 이상의 공간해상력을 가진 위성들이 지구를 관측하고 있다. 관련 과학기술의 발전은 공간해상력의 향상뿐 만 아니라 위성궤도 정보와 관련된 자료의 정확도 향상에도 영향을 주었다. 영상촬영 시점에 있어서 위성의 정확한 위치 및 자세(SAR영상의 경우에는

속도)를 안다는 것은 기하보정이나 3차원 위치결정에 결정적인 외부표정요소를 안다는 것과 동일한 개념이며, 또한 시간적 측면, 비용적 측면에서 많은 노력이 요구되는 기준점측량의 불필요성을 의미한다.

사진측량에서 기준점의 수를 줄이려는 노력은 촬영과정에서 GPS-INS시스템의 도입(이원진 등, 2009), 표정과정에 항공삼각측량기법의 적용(최경아 등, 2009), 다양한 궤도정보로부터 표정요소의 유도(김동욱 등, 2008; 손

1) 정회원 · 인하공업전문대학 지형공간정보과 조교수(E-mail : point196@inhatc.ac.kr)

홍규 등, 2005; 정재훈 등, 2009)등으로 나타나고 있다. 기준점의 취득은 자료처리에 있어서 비용적인 측면과 직접 연관되어 있기 때문에 기준점의 수를 줄이는 연구는 매우 중요하다고 볼 수 있다. 기준점 없이 표정요소들을 결정할 수 있다면 위성영상의 활용측면에 있어서 비접근지역의 정보추출이나 신속한 도면화 및 정보분석 등이 요구되는 분야에서 획기적일 것이다. 그러나 아직까지는 외부정보(기준점 등)에 의존하지 않고, 순수하게 관측 탑재체의 시스템에서 결정된 정보만으로 표정요소들을 결정하고 이를 바탕으로 기하보정을 수행하기에는 오차가 수반된다. 따라서 수반되는 이러한 오차들에 대한 분석이 필요하고, 효과적으로 이를 제거하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

특히, SAR영상의 경우는 영상의 판독력이 다른 광학영상에 비해서 상대적으로 낮으므로 기준점을 취득하는 일은 매우 어렵고, 또한 취득된 기준점의 정밀도가 떨어진다. 따라서 SAR 영상에서 기준점의 수를 줄이는 일은 광학영상에 비해서 더 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 동일궤도에서 촬영된 연속된 위성영상들의 효과적인 기하보정을 위해서 단일기준점 기반의 가상기준점을 생성하여 기준영상에 대한 위성궤도모델링을 먼저 수행하고, 결정된 기준영상의 위성궤도요소를 활용하여 인접 위성영상의 기하보정을 효과적으로 수행하는 기법을 제시하고자 한다.

이를 위하여 동일궤도에서 촬영된 2장의 RADARSAT-1 SAR 영상을 활용하여 자료처리를 수행하고, 기하보정의 및 위성궤도의 정확도 평가를 수행하였다. 자료처리를 위해서 요구되는 기능들을 모듈별로 개발하였으며, 모듈들을 조합하여 다이얼로그 기반의 S/W로 생성하여 자료처리를 수행하였다. 제시된 기법의 정확도를 평가하기 위해서 1:25,000수치지도에서 검사점 및 기준점을 취득하고, ERDAS Imagine에서 처리한 결과와 정확도를 평가하여 활용 가능성을 평가하였다.

2. 동일궤도 다중 SAR 위성영상의 기하보정

대부분의 위성영상은 위성궤도와 관련된 정보를 헤더 자료에서 제공하며, RADARSAT-1 SAR 위성영상의 경우에는 480초 간격으로 관성좌표계(ECI, Earth Centered Inertial Coordinate System)상으로 표현된 14~15점의 위성 위치 및 위성속도에 대한 궤도정보를 제공한다. 이때 동일궤도에서 촬영된 위성영상들의 궤도정보는 동일한 궤도 정보(케플러 궤도요소)를 가지며, 따라서 시작 위성영상

(본 연구에서는 기준영상으로 칭함)의 궤도정보를 계산해서 인접한 스트립 위성영상 혹은 일정간격 이상 떨어진 위성영상(본 연구에서는 인접영상으로 칭함)의 궤도정보로서 활용할 수 있다. 이때 인접 영상간의 관계성은 영상의 촬영시각 및 끝 시각을 고려하여 결정한다.

RADARSAT-1 위성영상의 경우 fine mode(해상도 8m, 영상소 간격 6.25m)는 한 영상을 촬영하는데 약 9초 정도가 소요되며, 포함하는 지상 커버리지의 면적은 50km×50km이다. 영상소 간격 12.5m인 standard mode인 경우는 약 16초가 소요되며, 지상 커버리지의 면적은 약 100km×100km이다.

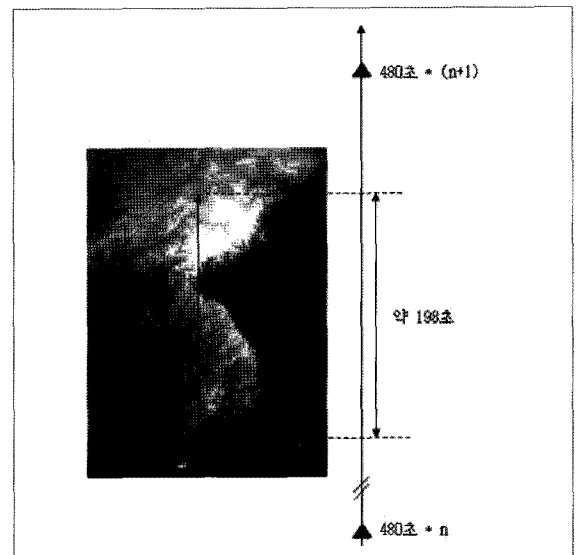


그림 1. RADARSAT-1 SAR 위성의 한반도 영상취득시간(ascending mode의 경우)

그림 1에서 보는 바와 같이 한반도 남북의 총 길이는 약 1,100km 정도이고 동서의 길이는 좁은 곳이 200km, 넓은 곳은 320km으로서 한반도를 하나의 스트립으로 촬영하는데 RADARSAT-1 위성영상의 경우 198초가 소요된다. 만약 이 시간동안의 궤도오차패턴을 분석한다면 접근이 불가능한 북한지역의 정보추출에 효과적으로 이용할 수 있다. 우리나라 최남단에서 기준영상을 취득해서 궤도결정을 하고, 동일궤도에서 한반도내 임의 지역에서 촬영된 인접 영상에 대해서도 이 궤도정보를 이용해서 기하보정을 기준점 없이 수행할 수 있다. 나아가 입체영상이 존재한다면 보정된 궤도정보를 이용하여 3차원의 수치고도모형을 제작할 수도 있으며, 이를 위해서는 각각 적용하고자 하는 위

성영상에 대해 이미 알고 있는 지역에 대한 오차의 전파에 대한 분석이 선행되어야 한다.

본 연구의 전체적인 과정은 그림 2에서 보는 바와 같다. 전체과정은 수치지도로부터 단일기준점 및 정확도 평가를 위한 검사점의 취득, 기준영상의 천체력자료 기반 초기 위성궤도모델링 및 단일기준점 기반 궤도보정, 기준영상의 기하보정 및 인접영상의 기하보정, 마지막으로 정확도 평가로 구성되어 있다.

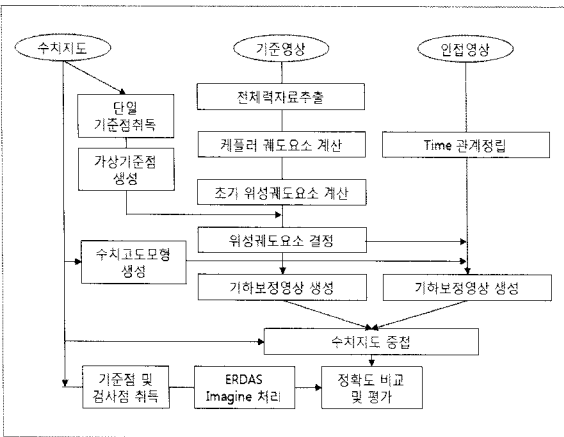


그림 2. 연구과정

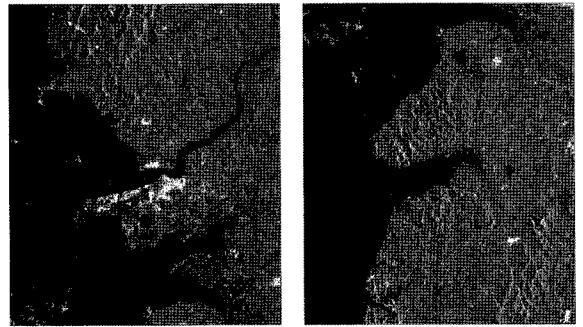
인접영상을 기준영상의 궤도정보로서 기하보정을 수행하기 위한 절차를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 기준영상에서 단일 기준점 취득
- 2) 단일기준점 및 초기위성궤도를 활용하여 기준영상의 가상기준점 생성
- 3) 기준영상의 천체력자료와 단일 및 가상기준점을 활용하여 기준영상의 위성궤도모델링
- 4) 기준영상과 인접영상간의 시간관계 설정
- 5) 기준영상의 위성궤도요소를 활용하여 인접영상의 지상좌표들에 대한 촬영시각결정
- 6) 기준영상의 촬영시각으로 기준영상에서의 행좌표 결정 후 인접영상의 행좌표로 변환
- 7) 인접영상의 행좌표를 이용하여 인접영상의 열좌표 계산
- 8) 해당좌표의 밝기값을 해당 지상좌표에 할당

3. 자료처리 및 정확도 평가

3.1 연구 대상지역 및 위성영상

본 연구에서 사용한 위성영상은 2005년 6월 전라남도 및 전라북도를 촬영한 RADARSAT-1 SAR 영상으로서 영상이 포함하는 지역, 기준영상 및 인접영상간의 공간적배치는 그림 3과 같다. 사용된 위성영상은 영상소 간격이 6.25m인 fine mode 영상으로서 descending mode로 촬영된 영상이다. 그림 3은 본 연구에서 사용된 RADARSAT-1 SAR 위성영상으로서, 그림 4에서 상단에 위치한 영상이 그림 3의 (a)기준영상이고 하단에 위치한 영상이 그림 3의 (b)인접영상이다.



(a) 기준영상

(b) 인접영상

그림 3. 대상 RADARSAT-1 SAR 위성영상

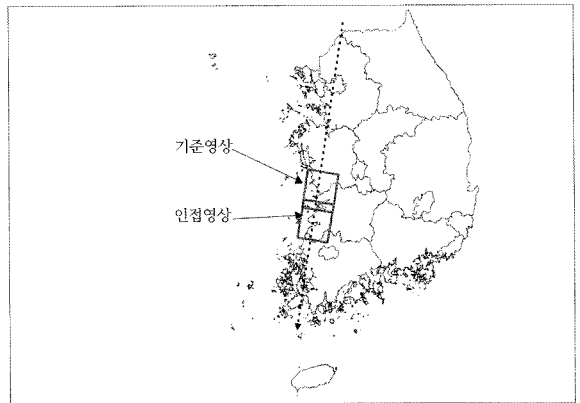


그림 4. 연구대상지역 및 영상배치

사용된 위성영상은 동일궤도에서 촬영된 영상으로서 촬영모드, 영상크기 및 촬영시간은 표 1에서 보는 바와 같다. 두 영상 모두 궤도는 50297L에서 촬영된 영상으로서 북쪽에서 남쪽으로 이동하면서 좌측방향을 바라보며 촬영한 영상이다. 두 영상은 약 1.896초가 중복되어 있다. 기준점 취득 및 수치고도모형의 생성을 위해서 Bessel TM 127도 기준의 수치지도 버전 1.0, 축척 1:25,000 수치지도 34장(오식, 군산, 심포, 산월, 익산 등)을 사용하였다.

표 1. 사용된 위성영상의 특성

종류	궤도	촬영시각		영상크기	촬영모드	
		start	end			
기준영상	S0297L	start	2005 06 23 21:26:42.819	7989 × 9656	Fine	Descending Left Looking
		end	2005 06 23 21:26:51.937			
인접영상		start	2005 06 23 21:26:50.041	7987 × 9645		
		end	2005 06 23 21:26:59.148			

3.2 자료처리 프로그램 개발

자료처리를 수행하기 위해서 위성궤도모델링, 단일기 준점으로부터 가상기준점의 생성 및 기하보정 등을 처리 할 수 있는 MFC 기반의 윈도우용 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 CEOS 포맷 헤더자료 및 영상자료 입력모듈, 좌표계변환모듈(관성좌표계로부터 지구중심좌표 계로의 변환, 지구중심좌표계내에서 좌표변환, 타원체 변환 등), 궤도해석을 통한 케플러궤도요소 계산 모듈, 케플러궤도요소로부터 위성궤도의 모델링, 궤도의 정오차 계산모듈 기준점 및 최소제곱조정을 통한 궤도요소보정 모듈 등으로 구성되어 있다. 그림 5는 제시된 알고리즘을 평가하기 위해서 개발된 프로그램을 보여주고 있다.

3.3 위성궤도모델링 및 기하보정

일반적으로 광학영상은 대상공간과 영상공간간의 관계가 센서의 위치와 회전각을 인자로 사용하는 공선조건식에 의해 정의되고, 레이더영상은 센서의 위치와 속도에 의한 경사거리방정식과 도플러방정식에 의해 정의된다. 광학영상에서와 마찬가지로 레이더 영상에서의 센서의 위치와 속도는 X, Y, Z방향으로 각각 결정되어야 하며, 세 방향은 사용하는 좌표계에 따라서 그 방향을 달라진다. 센서의 위치와 속도는 광학영상과 마찬가지로 시간에 대한 다항식으로 표현되는데, 최소제곱조정을 위해 필요한 다항식의 초기 매개변수를 결정할 때 위성에서 주어지는 천체력 자료를 활용하고, 기준점들은 초기 매개변수를 정밀하게 보정하기 위해서 이용된다. 천체력 자료는 위성의 종류별로 그 정밀도나 주어지는 형식이 각각 다르다.

RADARSAT-1 SAR 위성영상은 헤더자료에 480초 간격으로 14~15개의 천체력자료(관성좌표계상에서의 위성의 위치, 속도 및 시각)를 제공한다. 초기 위성궤도요소를 결정하기 위해서 주어진 자료중에서 위성의 중심으로부터 가장 가까운 하나의 천체력자료를 추출하고, 이 천체력자료의 케플러궤도요소를 계산한다. 위성의 위치 및 속도를 2차 다항식으로 가정할 경우 최소 세 점에서의 위성위치 및 속도에 대한 정보가 요구되므로 시각의 조정을 통해 케플러 요소를 전개하여 최소 3점 이상에서 케플러궤도요소를 결정해야한다.

케플러 궤도요소는 위성궤도를 정의하는 인자로서 위성궤도의 장반경 a_s , 위성궤도의 이심률 e_s , 위성궤도의 기울기 i , 상승점의 경도 Ω , 상승점으로부터 근지점까지의 각 ω , 근지점 통과시각 t_f , 이심근점이각 E , 평균근점이각 M_n , 실근점이각 ν 이다(Makki, 1991; Rantkokko 등, 1999).

동일궤도에서 촬영된 위성영상들은 이각(anomaly)을 제외한 나머지 케플러 궤도요소 $a_s, e_s, i, \Omega, \omega, t_f$ 는 고정된 값으로서 외부에서 작용하는 오차요인이 없다면 동일한 값을 가져야 하지만, 약간의 차이를 보이므로 본 연구에

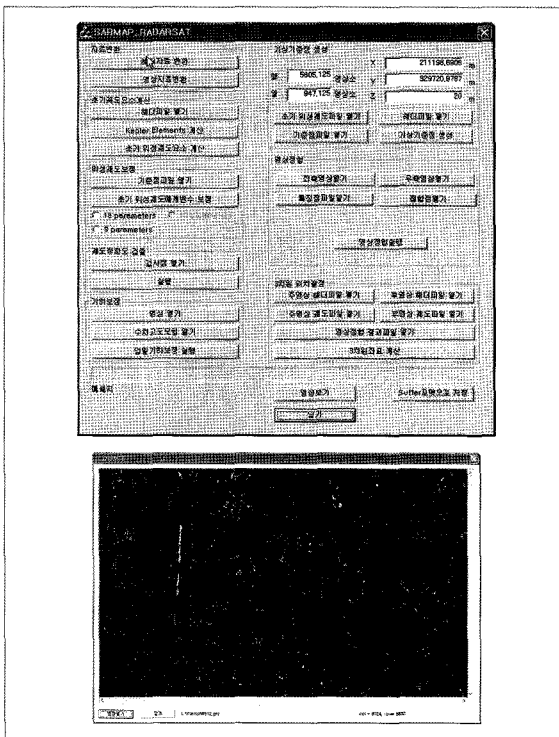


그림 5. 자료처리를 위해 개발된 모듈

표 2. 천체력자료로부터 결정된 기준영상에서 세 점의 좌표값

		관성좌표계(ECI)			지구중심좌표계(ECF)		
		X	Y	Z	X	Y	Z
영상중심 -3초	위치(m)	5828385.055	792874.371	4094564.203	-4078145.349	4238803.206	4094564.203
	속도(m/s)	4343.092	-776.234	-6014.409	-1625.870	4262.340	-6014.409
영상 중심	위치(m)	5841385.911	790541.808	4076501.054	-4083000.385	4251570.718	4076501.054
	속도(m/s)	4324.138	-778.806	-6027.680	-1610.818	4249.326	-6027.680
영상중심 +3초	위치(m)	5854329.846	788201.542	4058398.181	-4087810.251	4264299.117	4058398.181
	속도(m/s)	4305.143	-781.370	-6040.891	-1595.757	4236.265	-6040.891

표 3. 천체력자료로부터 결정된 기준영상의 초기 위성궤도요소

		1차항	2차항	3차항
위성위치	X(m)	14660965.32	-13821.3585	2.513277
	Y(m)	-19006629.89	14899.38655	-2.19206
	Z(m)	5836990.999	4578.404448	-2.18307
위성속도	Vx(m/s)	-10739.64727	2.496894863	0.000519
	Vy(m/s)	-706.5034437	8.426152103	-0.00263
	Vz(m/s)	24106.02528	-20.39563684	0.00329

서는 평균값을 취하여 결정하였다. 기준영상의 케플러 궤도요소는 a_s 가 7169873.617094, e_s 는 0.001399, i 는 1.720399 Ω 는 -3.111503, ω 는 1.256503, t_f 는 1208.374231로 계산되었다. 나머지 이각관련 케플러궤도요소인 E, M_n, ν 는 시간의 함수로서 원하는 시각을 입력하면 그 시각에서의 이각이 계산되고 이 이각들로부터 위성의 위치를 추정할 수 있다.

시간에 따라 변하는 이각들에 의해서 특정시각에서의 위성위치와 속도를 계산할 수 있다. 본 연구에서는 주어진 천체력 자료들 중에서 위성중심에서 가장 가까운 하나의 천체력자료를 추출하고 이를 이용하여 영상중심에 대한 케플러 궤도요소를 계산하였다. 2차 다항식으로 가정된 위성궤도요소의 계산에 필요한 세 개의 케플러궤도요소는 위성의 중심라인과 영상의 중심라인으로부터 ± 3 초의 지점에서 계산하였다. 표 2는 세 지점에서 계산된 케플러 궤도요소로부터 계산된 관성좌표계상의 위성위치 및 속도와 지구중심좌표계상의 위성위치와 속도를 나타내고 있다.

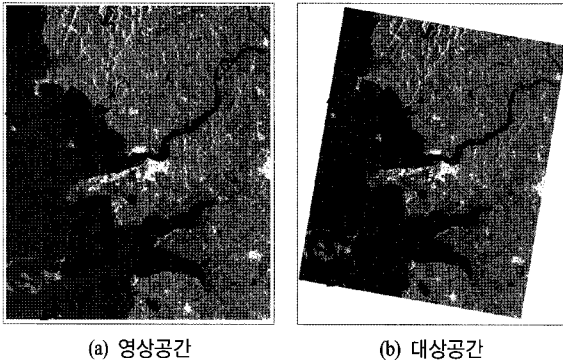
표 2에서 세 지점에서의 관성좌표계상 위성위치 및 속도는 관성좌표계의 X축과 지구중심좌표계의 X축 사의 각 및 지구각속도($7.2921158553 \times 10^{-5}$ rad/sec)를 이용하여 지구

중심좌표계상의 위치 및 속도로 변환된다. 지구중심좌표계로 변환된 세 개의 좌표값들을 이용하여 2차항으로 구성된 위성의 위치 및 속도에 대한 매개변수를 결정하였으며, 표 3은 기준위성에서 제공하는 천체력자료만을 활용하여 결정된 초기 위성궤도요소값으로 위성의 속도 및 위치에 대한 2차 다항식의 요소값을 나타내고 있다.

천체력자료로부터 계산된 표 3의 초기위성궤도요소를 보정하기 위해서 기준영상에서의 영상기준점과 1:25,000 수치지도(Bessel TM 127도 기준)에서 하나의 지상기준점을 취득했으며, 취득된 하나의 기준점을 활용하여 8개의 가상기준점을 생성하고 이를 이용하여 초기위성궤도요소를 보정하였다(손홍규 등, 2004). 취득된 단일 기준점 및 생성된 가상기준점의 좌표는 표 4와 같다. 이때 가상기준점의 높이값은 그 범위를 ± 500 m로 제한하여 무작위로 생성하였다.

그림 6은 취득된 단일 기준점 및 가상기준점의 분포를 나타낸 것으로서 가상기준점간 간격은 동서방향으로 20km, 남북방향으로 20km이고, 대상범위에서 벗어난 가상기준점은 제거하였다. 그림 6의 9개의 기준점 중에서 영상의 가운데에 위치하고 있는 5번점은 단일기준점이고 나머지 점들은 이 단일기준점에서 20km 간격으로 생

성된 가상기준점들이다.



(a) 영상공간 (b) 대상공간
그림 6. 단일기준점 및 생성된 가상기준점

천체력자료로부터 결정된 표 3의 초기 위성궤도모델링 자료와 표 4의 단일 및 가상기준점자료를 활용하여 위성 궤도 요소를 보정하였으며, 보정된 결과값은 표 5와 같다. 위성궤도 요소의 보정시 위성의 속도벡터는 위성의 위치 벡터를 미분한 값으로서 1차 다항식으로 가정하고 계산 하였다.

그림 7의 기하보정영상들은 각각 기준영상의 위성궤도를 이용하여 기준영상 및 인접영상 전체에 대해서 기하보정을 수행한 영상이다. 위성영상전체에 대한 수치고도모형의 생성문제로 인하여 높이값은 모두 0으로 가정하고 생성하였으며, 대상지역이 비교적 평탄한 지역이기 때문에 각각 생성한 기하보정 영상을 영상모자이크 한 결과 정확하게 일치하였다.

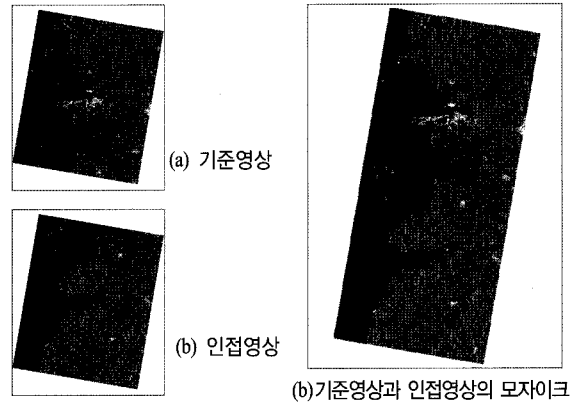


그림 7. 기하보정 영상

표 4. 기준영상의 단일 기준점 및 가상 기준점

종류	영상 기준점(pixel)		지상 기준점(m)		
	X	Y	X	Y	H
단일 기준점	3748.250	5878.090	168791.032	270543.267	24.800
가상 기준점 1	78.601	3263.808	148791.032	290543.267	201.530
가상 기준점 2	3212.037	2725.410	168791.032	290543.267	71.440
가상 기준점 3	6383.383	2187.571	188791.032	290543.267	176.210
가상 기준점 4	626.815	6419.820	148791.032	270543.267	225.170
가상 기준점 6	1144.333	9575.104	148791.032	250543.267	43.220
가상 기준점 7	4295.129	9033.337	168791.032	250543.267	27.680
가상 기준점 8	7498.812	8492.106	188791.032	250543.267	325.860

표 5. 단일기준점 및 가상기준점으로부터 보정된 기준영상의 위성궤도요소

		1차항	2차항	3차항
위성위치	X	14572181.8944425060	-13754.0109053673	2.5002716857
	Y	18772022.9203874320	14712.6264577417	-2.1544541888
	Z	5573857.3415166503	4793.6644763666	-2.2279274225
위성속도	Vx	-13754.0109053673	5.0005433715	0
	Vy	14712.6264577417	-4.3089083775	0
	Vz	4793.6644763666	-4.4558548449	0

3.4 기하보정의 정확도 평가

본 연구에서 제시한 기법의 정확도를 평가하기 위해서 기준영상 및 인접영상 각각의 영상에 대해서 정사보정을 수행하고, 생성된 정사영상과 수치지도를 중첩하였다. 그림 8은 10m간격으로 생성한 수치고도모형을 이용하여 정사보정을 통해서 생성한 정사영상과 수치지도를 중첩한 영상이다. 정사영상의 생성에 필요한 수치고도모형은 1:25,000 수치지도를 활용하여 제작하였으며, 크기는 대략 1:25,000 수치지도 한 도엽의 크기이고, 해상도는 10m이다. 좌표계는 Bessel 타원체 기준 TM(127도 기준)으로 처리하였다. 그림 8에서 보는바와 같이 기준영상 및 인접영상 모두 시각적으로 수치지도와 정확하게 일치함을 알 수 있다.

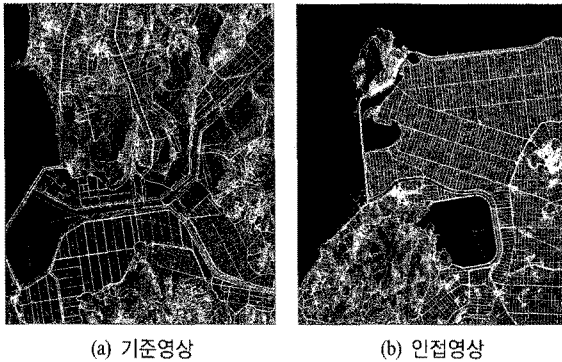
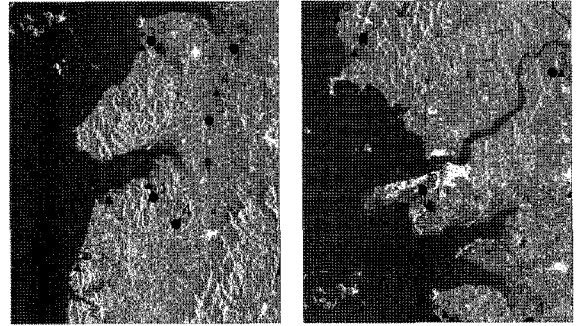


그림 8. 정확도 평가를 위한 수치지도와 정사영상의 중첩



(a) 기준영상의 기준점 및 검사점 (b)인접영상의 검사점 및 기준점

그림 9. 정확도 평가를 위한 기준점 및 검사점의 분포

특한 후 6개는 기준점으로 사용하고 나머지 5점은 검사점으로 활용하였다. 그림 9는 본 연구에서 정확도평가를 위해 사용한 기준점(▲) 및 검사점(●)의 분포이다.

검사점을 이용하여 각각의 경우별로 RMSE(평균제곱근 오차)를 평가한 결과 기준영상의 경우 ERDAS Imagine은 3.895영상소, 단일기준점의 경우 3.450영상소로 나타났고, 인접영상의 경우 ERDAS Imagine은 3.446영상소, 기준영상의 요소를 이용한 경우는 4.446 영상소로 나타났다. 기준영상에서 ERDAS Imagine의 결과와 단일기준점의 정확도 결과는 손흥규 등(2004)이 제시한 정확도와 유사한 결과를 보였고, 인접영상에서 정확도 평가결과 또한 크게 차이가 나지 않는 이유는 기준영상 및 인접영상간의 공간적인 차이가 크지 않아 위성해터에서 주어진 RADARSAT-1 SAR의 궤도오차특성이 기준영상 및 인접영상에서 유사하기 때문인 것으로 추정된다.

표 6. 검사점에 의한 정확도 평가

구분	기준영상		인접영상	
	ERDAS	단일기준점	ERDAS	기준영상 위성궤도요소 이용
최대오차(영상소)	5.132	6.231	6.896	6.456
최소오차(영상소)	1.623	0.539	2.785	1.245
RMSE(영상소)	3.895	3.450	4.220	4.446

위성궤도요소의 정확도를 평가하기 위해서 기준점 및 검사점을 활용하여 정확도 평가를 추가적으로 수행하였으며, 평가를 위해서 기준영상 및 인접영상에 대해서 별도로 기준점 및 검사점을 취득하고 ERDAS Imagine을 활용하여 위성궤도의 모델링결과와 본 연구의 결과를 상호 비교하였다. 기준영상 및 인접영상에서 각각 11개의 점을 취

4. 결론

본 연구에서는 동일궤도상에서 촬영된 다중 위성영상들의 효과적인 기하보정을 위해서 기준영상으로부터 계산된 위성궤도요소를 이용하여 인접영상의 기하보정을 수행하고 그 정확도를 평가하였다.

이를 위해서 본 연구에서는 동일궤도에서 촬영된 RADARSAT-1 SAR 2장의 위성영상들에 대해서 자료처리를 수행하고 정확도를 평가하였다. 정확도 평가를 위해서 기준영상의 궤도정보를 활용하여 인접영상의 기하보정을 수행하고, 수치지도와 중첩한 결과 정확하게 중첩됨을 확인할 수 있었다. 또한 검사점을 이용하여 평균제곱근오차를 평가한 결과 기준영상은 ERDAS Imagine을 이용한 경우 3.895 영상소, 단일기준점의 경우 3.450영상소로 나타났다. 인접영상의 경우 ERDAS Imagine은 3.446 영상소, 기준영상의 요소를 이용한 경우는 4.446 영상소로 나타났다. 기준영상에서 ERDAS Imagine의 결과와 단일기준점의 정확도 결과는 서로 유사한 정확도를 보였고, 인접영상에서 정확도 평가결과 또한 크게 차이가 나지 않았는데, 그 이유는 기준영상 및 인접영상간의 공간적인 위치차이가 크지 않아 위성헤더에서 주어진 RADARSAT-1 SAR의 궤도오차특성이 기준영상 및 인접영상에서 유사하기 때문인 것으로 추정된다.

그러나 동일 궤도상에서 취득된 영상일지라도 공간적인 차이가 클 경우(영상취득 시간의 차이가 큰 경우) 위성고유의 오차궤도특성에 따라서 인접영상의 기하보정오차가 크게 발생할 수 있다. 이러한 경우 처리하고자 하는 위성영상이 여러장일 경우 첫 번째 영상과 마지막 영상을 기준영상으로 설정하고, 두 영상 모두를 사용하여 위성궤도오차를 조정한 후 중간에 분포하고 있는 인접영상들에 대한 기하보정을 수행함으로써 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 자료취득상의 문제로 인해 동일궤도에서 인접한 2장의 영상들에 대해서만 자료처리를 수행하였다. 만약 동일궤도상에 취득된 영상들일지라도 기준영상에서 멀어지면 멀어질수록 궤도오차의 패턴이 달라질 가능성이 있기 때문에 다양한 공간적인 위치차이에 따른 오차분석이 추가로 연구되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 인하공업전문대학 교내연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

김동욱, 김현숙, 김태정 (2008), 기준점 위치와 미지수 조합에 따른 궤도모델링의 정확도 분석, 대한원격탐사학회 논문집, 제24권, 제2호, pp. 133~140.

손홍규, 송영선, 김기홍, 방수남 (2004), 단일기준점을 이용한 RADARSAT SAR 영상의 엄밀 기하보정, 대한토목학회논문집, 제24권, 1D호, pp. 107~115.

손홍규, 송영선, 김기홍 (2005), 입체영상 레이더측량을 위한 기준점수의 최소화, 대한토목학회논문집, 제25권 제 1D호, pp. 167~177.

이원진, 권재현, 이종기, 한중희 (2009), 실시간 공중 자료 획득 시스템을 위한 GPS/MEMS IMU 센서 검증 및 GPS/INS 통합 알고리즘, 한국측량학회지, 제27권, 제2호, pp. 225~234.

정재훈, 김태정 (2009), SPOT 영상과 KOMPSAT-2 영상에서의 궤도 자세각 모델의 성능 비교, 대한원격탐사학회논문집, 제25권, 제2호, pp. 133~143.

최경아, 이입평 (2009), 결합 조정에 기반한 연속 항공삼각측량 알고리즘, 한국측량학회지, 제27권, 제6호, pp. 669~678.

Makki, S.A. (1991), *Photogrammetric Reduction and Analysis of Real and Simulated SPOT Imageries*, Ph. D. Dissertation, Perdue University. pp. 16~33.

Rantkokko H. and Resenholm, D. (1999), Rectification of Slant Range Imagery Through a Direct Image to Ground Relationship, *Photogrammetric Record*, Vol. 16, No.94, pp. 685~694.