

KOMPSAT-2 영상의 정밀궤도기반모델을 이용한 3차원 위치결정 정확도 평가

Accuracy Assessment of 3D Geopositioning of KOMPSAT-2 Images Using Orbit-Attitude Model

이상진* · 김정욱** · 최윤수*** · 정승균****
Lee, Sang Jin · Kim, Jung Uk · Choi, Yun Soo · Jung, Seung Kyoon

要 旨

본 연구는 KOMPSAT-2 고해상도 위성영상에 대하여 기존의 RFM방식이 아닌 궤도-자세각 모델을 이용하여 좌우 스테레오 위성영상의 정밀센서모델링을 다양한 파라미터를 조합하는 방법으로 분석하였다. 또한, 궤도기반정밀센서모델링을 수립한 결과를 토대로 수치사진측량시스템에 적용하여 지상기준점에 대한 오차 확인과 수치지도 시범 제작을 하여 정확도를 검증하였다. 그 결과, KOMPSAT-2 위성영상에 대한 궤도기반 정밀센서모델링을 수행 할 경우 적은 지상기준점으로도 스테레오 입체시를 하여 중축척 이상의 수치지도 제작이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : KOMPSAT-2 위성영상, 궤도기반정밀센서모델, 수치도화기

Abstract

In this study, the orbit-based sensor modeling is applied to the digital plotting and the accuracy of digital plotting is analyzed. The KOMPSAT-2 satellite image with orbit-attitude model is used for the analysis. The precise sensor modeling with various combination of parameters is performed for the stereo satellite image. In addition, we analyze the error range of ground control points by applying the result of stereo modeling to digital survey system. According to the result, it is possible to produce digital map using stereo image with a small number of GCPs when the orbit-based sensor modeling for KOMPSAT-2 is applied. This means that it is suitable for the generation of digital map on a scale of 1/5,000 to 1/25,000 considering the resolution of KOMPSAT-2 image.

Keywords : KOMPSAT-2, Satellite image, Orbit-based sensor modeling, Digital Plotter

1. 서 론

1.1 연구개요

최근 공간정보산업의 눈부신 발전으로 인하여 예전에는 국가기관이나 관공서, 지자체에서만 볼 수 있었던 항공사진 또는 위성영상이 이제는 일반 포털사이트에 접속만 해도 쉽게 접할 수 있을 만큼 우리 생활에 밀접하게 다가왔다.

최근에는 항공사진 촬영이 불가능한 접경지역에 대해 2.5m급 고해상도 위성영상인 SPOT-5를 이용하여

수치지도를 제작하고 있으며 기관간의 협조를 통하여 저비용으로 고해상도 위성영상의 확보를 통한 지리정보 구축이 가능하게 되었다. 인공위성을 이용한 수치지도 제작은 수치도화기가 개발되면서 가능하게 되었다. 기존의 항공사진의 수치지도만 제작이 가능했던 수치도화기가 최근 다양한 위성에 대한 센서모델링 기능을 제공하여 수치도화가 이루어지고 있다.

우리나라에서도 1999년 첫 다목적 위성인 KOMOPSAT-1 위성을 시작으로 하여 2006년엔 KOMOPSAT-2 위성을 발사하였다. KOMOPSAT-2 위성의 경우 흑백 1미

2010년 8월 20일 접수, 2010년 9월 24일 채택

* 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(lsj@uos.ac.kr)
** 교신저자 · (주) 지오투정보기술 · 서울시립대학교 공간정보공학과 석사(jwkim@geotwo.com)
*** 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 교수(choiys@uos.ac.kr)
**** 서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(skjay@uos.ac.kr)

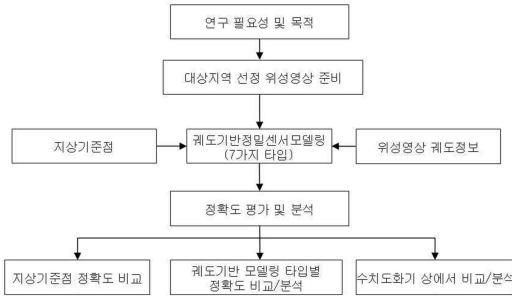


그림 1. 연구흐름도

터, 칼라 4미터 영상을 취득할 수 있는 고해상도 카메라를 탑재하여 한반도를 정밀하게 관측할 수 있다. KOMPSAT-2 위성영상은 2007년 12월부터 국내에 연구용과 상업용으로 보급이 되기 시작하였다.

KOMPSAT-2 위성영상에 대한 정확도 검증은 크게 지상기준점을 이용한 센서모델링과 정사영상제작 부분으로 연구가 이루어지고 있다. 지상기준점(GCP : Ground Control Point)을 이용한 센서모델링은 주로 RPC(Rational Polynomial Coefficients) 계수를 수정하는 방법으로 연구가 이루어지고 있으며 주로 단사진 기반의 연구가 이루어지고 있다.

궤도기반 정밀센서모델링은 최근에 연구 중인 모델링 방법으로 단사진과 DEM제작 정확도에 대한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 스테레오 기반의 수치도화 작업에 대한 정확도 평가 연구는 미미한 상태이다.

본 연구는 KOMPSAT-2 영상에 대하여 기존의 많은 지상기준점을 이용하여 RPC계수를 수정하는 모델링 방식이 아닌 위성의 궤도 정보가 담긴 메타 파일을 이용하여 궤도기반 정밀센서모델링 정확도를 검증하는 것이 목적이다. 또한 단사진이 아닌 스테레오 영상 기반의 센서모델링을 통하여 수치도화기 상에 직접 입체시를 수행하고, 수치도화기 상에서의 정확도를 검증하는 연구를 수행하였다. 본 연구의 연구흐름도는 그림 1과 같다.

1.2 연구방법 및 사례

지구를 원격탐사하기 위한 위성영상이 지나는 센서 중 능동형 센서의 푸쉬부름(Pushbroom) 방식은 비행방향으로 CCD(Charge-Coupled Device)로 이루어진 감지기(detector)의 배열에 의해서 한 라인을 스캔하여 촬영하는 방식이며, 위성에는 SPOT 1~5, KOMPSAT-1~2, JERS-1 OPS, IKONOS, QUICKBIRD, EO-1 Hyperion 등이 있다. 푸쉬부름 방식의 특징은 휘스크 부름 센서에 비하여 촬영기하가 단순하며, 고해상의 공

간해상도를 얻을 수 있으며, 센서에 대한 기하보정은 지상기준점을 이용하여 기하를 보정하는 방법이다.

푸쉬부름 영상의 3차원 위치결정은 다른 함수와 파라미터에 따라 확장된 공선조건식(extended collinearity equation)에 기반을 둔 광속조정법(bundle adjustment method), DLT 방법(Direct Linear Transformation), 위성의 위치와 속도대신 궤도요소를 이용한 궤도 후방교차 모델(orbital resection model)로 구분된다.

광속조정법(Orun and Natarajan, 1994; Mahapatra et al., 2004)은 렌즈의 투영중심, 지상 위의 한 점 및 영상점이 하나의 직선에 놓인다는 공선조건에 기반한 방법으로 위성의 위치와 자세가 모델의 파라미터이며, 일반적으로 시간에 대한 2차 다항식으로 표현한다. 이 방법은 푸쉬부름 영상의 기하보정을 위하여 가장 많이 사용되고 있는 방법이다(Chen and Rau, 1993; Buyuksalih et al., 2005).

DLT 방법(Gupta and Hartley, 1997)은 센서 배열이 직선으로 움직인다는 것과 센서 배열의 방향은 영상을 취득하는 동안 항상 일정하다는 가정을 이용하여 유도한 방법이다. 두 가정으로부터 카메라 모델은 3차원 물체공간과 영상 공간 사이의 변환을 비선형 크레모나 변환(nonlinear Cremona transfor -mation)으로 표현한다.

궤도 후방교차 모델(Salamonowicz, 1986; Gagan and Dowman, 1988; Radhadevi et al., 1994, 1998, 1999)은 위성이 근사적으로 케플러 궤도(Keplerian trajectory)를 지닌다는 일반적인 가정(Kratky, 1989)에 기반하며 궤도 자세와 4개 궤도 파라미터를 이용하여 지구중심좌표계로부터 센서좌표계까지 변환하는 직교 회전행렬(orthogonal rotation matrix)로 이 방법을 표현한다.

최근에는 위성의 궤도정밀도가 매우 정확해짐에 따라 위성의 자세와 관측각(look angle)을 모델 파라미터로 이용하는 새로운 방법인 함수적 모델(functional model)을 Kornus et al.(2006)이 제안하였다. 이 방법은 위성의 위치정보를 그대로 이용하는 대신 자세와 관측각을 변화시켜 기하보정을 수행하지만, 상대적으로 많은 6점 이상의 지상기준점을 요구하는 단점을 지닌다.

그 외에 최근 사용하고 있는 근사적 모델링 방법은 RPC(Rational Polynomial Coefficient)를 이용한 보정 방법(Fraser at el., 2002; Grodecki and Dial, 2003; Noguchi and Fraser, 2004), 3D affine transform (Hanley et al., 2002; Fraser and Yamakawa, 2004) 등이 있다. 또한 여러 연구자들은 변형된 반복 허프 변환(modified iterated Hough transform)을 이용한 자동 정합 연구(Habib et al., 2003)등을 연구하여왔다.

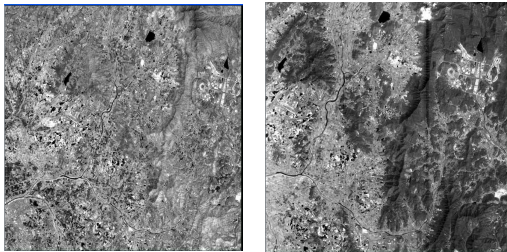
국내에서도 다수의 연구자들이 기하보정방법을 연구하였다(신동석과 이영란, 1997; Jung et al., 2003, 2004; 최선용 등, 2003). 서두천(2007)은 KOMPSAT-2 센서모델링 및 기하정확도 분석에 대한 연구를 수행하였다. 김태정 등(2000)은 대표적 위성영상 카메라 모델링에 대한 성능을 분석하고 비교하였으며, 유환희 등(2001)은 3차원 위치정보를 취득하기 위한 위성영상처리 시스템 개발에 대해서 연구하였다. 김태정(2006)은 SPOT 위성영상에서 위치-회전각 모델과 궤도-자세각 모델의 비교를 수행하였고, SPOT영상과 KOMPSAT-2 영상에서의 궤도 자세각 모델의 성능비교에 대한 연구를 수행하고 궤도기반모델링의 정확도를 검증하였다.

본 연구는 최소의 지상기준점을 이용하여 궤도-자세각을 이용한 정밀센서모델링을 수행하여 스테레오 입체시를 수치도화기 상에서 구현하고, 센서모델링을 수립할 때 센서모델링 정확도, 검사점 정확도, 실제 수치도화기 상에서 정확도를 검증하였다.

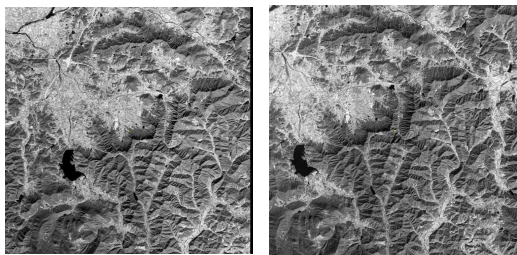
2. 연구 자료 및 처리

2.1 KOMPSAT-2 위성영상

본 연구는 도심지역인 대전지역과 산악지역인 담양, 두 지역의 KOMPSAT-2 스테레오 영상을 사용하였다. (그림 2, 3)



(a) 좌측 영상 (b) 우측 영상
그림 2. 대전지역 KOMPSAT-2 위성영상



(a) 좌측 영상 (b) 우측 영상
그림 3. 담양지역 KOMPSAT-2 위성영상

표 1. 대전 KOMPSAT-2 위성영상 재원

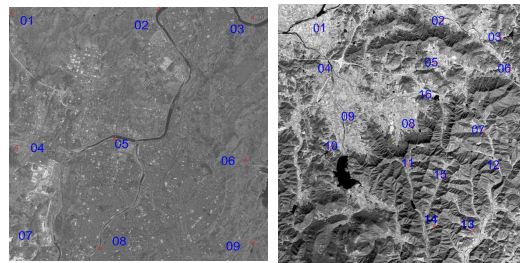
| 구분 | 세부내용 |
|-------|---------------------|
| 공간해상도 | 1.0m |
| 분광대역 | 흑백 |
| 촬영폭 | 15km |
| 방사해상도 | 8 bits |
| 촬영지역 | 대전지역 |
| 촬영시기 | 좌측 2008년 우측 2009년 |
| 관측각 | 좌측 14.3도, 우측 -16.8도 |
| 지상기준점 | 9점 |

표 2. 담양 KOMPSAT-2 위성영상 재원

| 구분 | 세부내용 |
|-------|-------|
| 공간해상도 | 1.0m |
| 분광대역 | 흑백 |
| 촬영폭 | 15km |
| 방사해상도 | 8bits |
| 촬영지역 | 담양지역 |
| 촬영시기 | 2007년 |
| 지상기준점 | 16점 |

2.2 지상기준점

정밀레도기반센서모델링을 수행하기 위하여 필요한 지상기준점은 GPS측량성과를 그림 4와 같이 사용하였다. 대전지역의 경우, 모델 전체에 걸쳐 9점의 지상기준점을 사용하였고, 담양지역은 모델 전체에 16점의 지상기준점을 사용하였다.



(a) 대전지역 (b) 담양지역
그림 4. 대전/담양지역 지상기준점

표 3. 대전지역 지상기준점 좌표

| ID | X(m) | Y(m) | Z(m) |
|----|-----------|-----------|--------|
| 01 | 244193.11 | 458105.47 | 63.36 |
| 02 | 258513.42 | 461832.96 | 32.40 |
| 03 | 266983.19 | 462608.92 | 42.65 |
| 04 | 248109.34 | 444476.17 | 63.80 |
| 05 | 257479.12 | 447049.87 | 43.60 |
| 06 | 270344.92 | 448456.34 | 102.93 |
| 07 | 249294.70 | 434601.19 | 75.50 |
| 08 | 258390.87 | 435614.02 | 54.45 |
| 09 | 272774.41 | 439833.04 | 125.00 |

표 4. 담양지역 지상기준점 좌표(단위:m)

| ID | X(m) | Y(m) | Z(m) |
|----|-----------|-----------|--------|
| 01 | 253649.66 | 317752.19 | 56.85 |
| 02 | 205354.35 | 321206.85 | 78.59 |
| 03 | 212086.23 | 320662.35 | 109.79 |
| 04 | 254519.73 | 313510.34 | 60.24 |
| 05 | 205934.62 | 316241.62 | 192.36 |
| 06 | 214060.69 | 318146.68 | 111.23 |
| 07 | 213094.07 | 310273.40 | 289.84 |
| 08 | 205262.75 | 309779.08 | 118.54 |
| 09 | 258724.80 | 308725.73 | 75.43 |
| 10 | 257561.57 | 305449.69 | 86.43 |
| 11 | 205376.12 | 305467.92 | 321.72 |
| 12 | 214897.14 | 307309.89 | 255.19 |
| 13 | 214047.98 | 300444.60 | 229.03 |
| 14 | 209454.79 | 299757.22 | 295.78 |
| 15 | 209954.81 | 304797.82 | 320.40 |
| 16 | 205864.36 | 312982.46 | 125.11 |

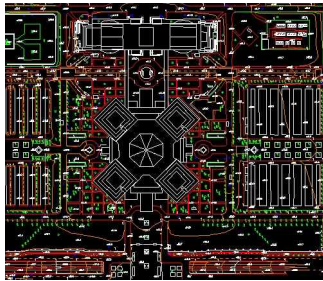


그림 5. 1/1,000 수치지도

2.3 수치지도

2006년 제작된 것으로, 1/1,000축척의 수치지도이다. 수치지도의 축척으로 볼 때, 지도의 속성들의 평면오차는 1m 정도이고, 표고오차도 1m 이내의 정확도를 가지고 있다.

2.4 수치사진측량 시스템

KOMPSAT-2 궤도기반센서모델링의 스테레오 정확

표 5. HIST-PLW 수치사진측량시스템 사양

| 사 양 | 내 용 |
|-------|----------------------------|
| CPU | Intel Xeon 3.0 GHz Dual 이상 |
| 그래픽카드 | NVIDIA Quadro FX4800 이상 |
| 모니터 | 3차원 입체시 가능 3D 모니터 |
| 메모리 | 4G |
| OS | WindowsXP, Vista |
| 백터틀 | 오토캐드 Map 3D |
| HDD | 1T 이상 |



그림 6. HIST-DPW 수치사진측량시스템

도를 평가하기 위하여 HIST- DPW 수치사진측량시스템을 사용하였으며, KOMPSAT-2의 경우 궤도기반센서모델링을 제공하여 KOMPSAT-2 스테레오 영상을 입체시 하여 정확도 평가하는 것이 가능한 장비이다

2.5 KOMPSAT-2 스테레오영상 입체시

스테레오 모델링을 수행하기 위하여 영상, EPH, 지상기준점 파일을 입력하여 프로젝트 파일을 생성한다. KOMPSAT-2의 입체시를 수행하기 위해서는 경사각에 대한 축척 고려와, Roll, Pitch, Yaw에 해당하는 각도만큼 영상을 회전시켜 주어야 한다. KOMPSAT-2와 같은 위성영상은 항공사진과 달리 연직방향이 아니고 경사촬영이다. 또한 경사촬영의 각도가 좌, 우측 영상이 각각 다르기 때문에, 실제 영상이 포함하고 있는 지상의 면적은 동일하지 않다.

따라서, 입체시를 수행할 때 축척에 대하여 각각의 영상에 적용해야 하고, 회전량에 대한 고려를 통해서 좌, 우측 영상의 시차를 제거해준다. 정확도 검증은 3D 입체모니터에 입체안경을 사용하여 작업을 수행하였다.

3. KOMPSAT-2 정밀궤도기반모델 정확도 평가

본 연구에서는 KOMPSAT-2 위성영상에 대하여 지상기준점을 이용하여 궤도기반모델을 수행하고 수치도화기의 입체시를 통하여 궤도기반모델의 정확도를 평가하였다.

정확도의 평가방법은 궤도기반모델에 사용한 파라메타별 정확도에 대한 평가, 수치도화기 입체시 상에서 시차 확인 및 지상기준점에 대한 정확도 평가, 수치지도와의 중첩을 통한 정확도 평가를 수행하였다. 다음 그림 7은 궤도기반모델링의 정확도 평가 흐름을 나타내고 있다.

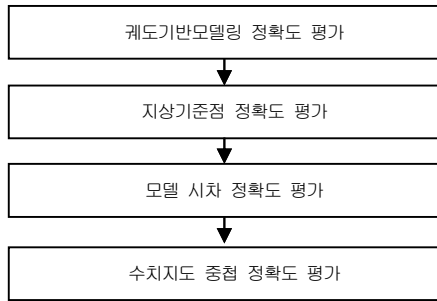


그림 7. 정확도 평가 흐름도

3.1 파라메타별 케도기반모델링 정확도

본 연구를 수행하기 위하여 사용한 케도기반모델링의 파라메타는 18개로, 각 파라메타 변수의 상관관계가 정확도에 영향을 미치게 된다. 따라서 파라메타별 지상기준점의 정확도를 평가하였고, 아래 표 6의 4가지 타입에 대하여 조합하였다(김태정, 2006).

각 타입별 특징은 <타입1>은 시간에 따라 위성의 자세는 변수로, 회전각은 상수로 정한 것이고, <타입2>는 시간에 따라 위성의 자세는 변수, Yaw에 대해서는 변수로 설정하였다. <타입3>는 회전각 없이 시간에 따른 위성의 자세만 변수로 설정한 것이고, <타입4>는 시간과 상관없이 위성의 자세와 회전각만 설정한 것이다.

4가지 타입에 대하여 2 모델의 KOMPSAT-2 위성

표 6. 타입별 매개변수표(김태정, 2006)

| 구분 | 세부내용 |
|-------|---|
| 타입 | 매개변수 |
| <타입1> | Position bias, drift, acceleration : attitude bias $X_0, a_1, b_1, Y_0, a_2, b_2, Z_0, a_3, b_3, R_0, P_0, \Psi_0$ |
| <타입2> | Position bias, drift, acceleration : Yaw bias, drift, acceleration $X_0, a_1, b_1, Y_0, a_2, b_2, Z_0, a_3, b_3, \Psi_0, a_9, b_9$ |
| <타입3> | Position bias, drift, acceleration $X_0, a_1, b_1, Y_0, a_2, b_2, Z_0, a_3, b_3$ |
| <타입4> | Position bias, Attitude bias $X_0, Y_0, Z_0, R_0, P_0, \Psi_0$ |

표 7. 대전 좌우측영상 케도기반센서모델링 정확도 (RMSE)(단위:m)

| 타입 기준 | <타입1> | | <타입2> | | <타입3> | | <타입4> | |
|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | col | row | col | row | col | row | col | row |
| 좌측 영상 | 0.63 | 0.58 | 0.95 | 0.55 | 0.95 | 1.73 | 1.65 | 0.55 |
| 우측 영상 | 0.57 | 0.49 | 0.93 | 0.53 | 0.93 | 0.66 | 1.63 | 0.53 |

표 8. 대전 좌우측영상 케도기반센서모델링 정확도 (RMSE)(단위:m)

| 타입 기준 | <타입1> | | <타입2> | | <타입3> | | <타입4> | |
|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | col | row | col | row | col | row | col | row |
| 좌측 영상 | 0.92 | 1.03 | 0.79 | 0.93 | 0.78 | 1.18 | 1.89 | 0.93 |
| 우측 영상 | 1.12 | 0.84 | 1.41 | 0.66 | 1.42 | 1.77 | 1.92 | 0.63 |

영상에 대한 케도기반 센서모델링을 수행하였고, 모델별, 타입별 케도기반센서모델링을 수행하였다.

위의 결과대로 4개 타입의 파라메타를 이용하여 케도기반센서모델링을 수행한 결과 위성의 자세와 회전각에 대한 위치, 시간, 속도에 대한 편류각을 모두 고려한 <타입1>, <타입2>가 양호한 결과를 나타내었다. <타입3>은 row 방향으로 큰 오차를 나타내고, <타입4>는 col 방향으로 오차가 다른 타입에 비해 상대적으로 크게 발생하였다(표 8). 이는 파라메타의 조합과 관련되는 것으로 KOMPSAT-2의 경우 몸통회전의 방식으로 영상취득이 되는 방식이기 때문에, 위성의 자세와 회전각이 시간에 따라서 차이가 발생하게 되고 이로 인해서 시간의 변화에 따른 자세와 회전각 모두에 대한 조정이 이루어져야 함을 알 수 있다.

3.2 수치도화기 지상기준점 정확도

수치도화기 상에서 스테레오 입체시를 수행하고, 입체시 상태에서 지상기준점에 대한 3차원 좌표를 도화기에서 추출하여 그 정확도를 평가하였다.

지상기준점을 수치도화기에서 확인하기 위하여 캐드 상에 포인트 형태로 저장하고 이 캐드 데이터를 수치도화기에서 불러와 입체시 된 KOMPSAT-2 영상 위에 정위치(on-the-ground)하여 좌표를 추출하였다(그림 8).

지상기준점에 대하여 최대잔차는 X=2.35m, Y=1.64m, Z=1.24m로 나타났고, 표준편차는 X=1.17m, Y=0.75m, Z=0.78m로 나타났다.



그림 8. 지상기준점 중첩

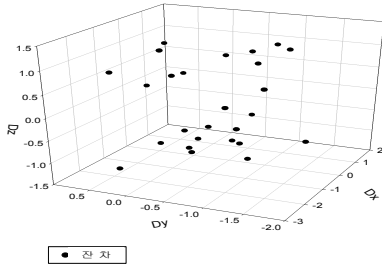


그림 9. 지상기준점 정확도 평가결과

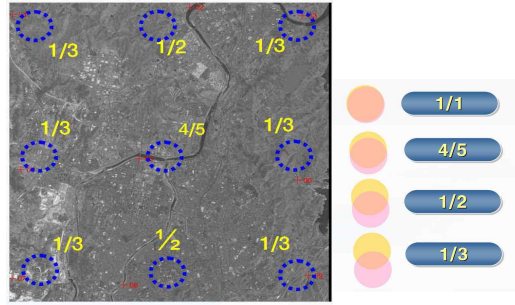


그림 11. 전체 중시차발생 지역

3.3 입체시 모델의 중시차 정확도 평가
 센서모델링 결과를 이용하여 스테레오 입체시를 수행하고 모델의 좌상단에서부터 우하단에 이르기까지 전 지역을 대상으로 오차가 발행하는지에 대한 평가하였다.

대전과 담양지역의 스테레오 모델의 확인 결과 불규칙적으로 부분적인 그림 10처럼 중시차가 발생하였다. 이는 지상기준점과 관측을 재수행하여 센서모델링의 결과가 1픽셀 이내로 들어오게 조정을 하여도 불규칙적인 중시차가 발생하였다. 모델링 결과가 양호하지 못하면 중시차의 발생이 일률적이거나 증가하거나 감소하여야 하는데, KOMPSAT-2 스테레오 영상에서 발생하는 중시차의 경우는 어느 한쪽으로 일률적이거나 일정하게 증가하거나 감소하지 않고 불규칙적이고 그 크기도 조금씩 차이가 있었다. 또한 중시차는 평지에서 보다는 높이차가 발생하는 산악지나 구릉지의 중간 부분에서 크게 발생하였다.

중시차의 크기는 수치도화기상의 Floating 마크(한 픽셀 이하의 작은 원)를 기준으로 비교하였으며, 전반

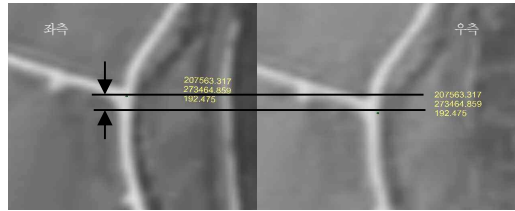


그림 12. 중시차 발생하는 경우

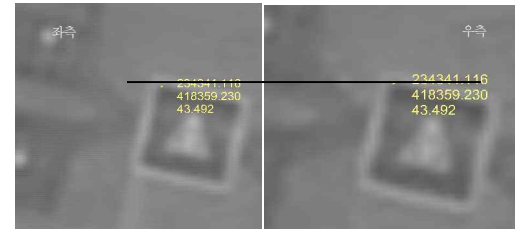


그림 13. 중시차가 발생하지 않은 경우

적으로 약간의 차이가 발생하였으나, 그림 12와 같이 최대 4~5픽셀의 차이가 발생하는 부분도 있었다.

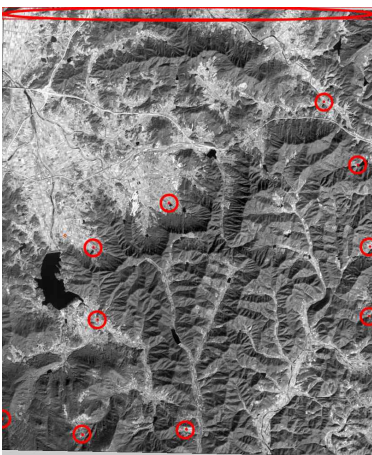


그림 10. 부분적 중시차 발생

3.4 수치지도 중첩 정확도

2006년 작성된 수치지도와 모델별로 중첩하여 수치지도 상에 있는 건물의 모서리와 같은 평면점에 대한 정확도와 도로의 표고점과 같은 높이 값을 추출하여 표고에 대한 KOMPSAT-2 레도기반모델의 정확도를 평가하였다(그림 14).

모델의 외곽을 중심으로 9개의 구역을 등분포로 나누고, 각 구역별로 수치지도를 중첩하여 입체시상의 좌표와 수치지도상의 좌표와의 차이를 구하였다.

수치지도의 정확도는 2개 모델에서 육안으로 평가가 용이한 건물과 도로 및 관측이 용이한 곳으로 평면 50점, 표고 16점에 대하여 수치지도와 실제 입체시 상에서 on-the-ground하여 정확도 평가를 수행하였다(그림 16, 17).

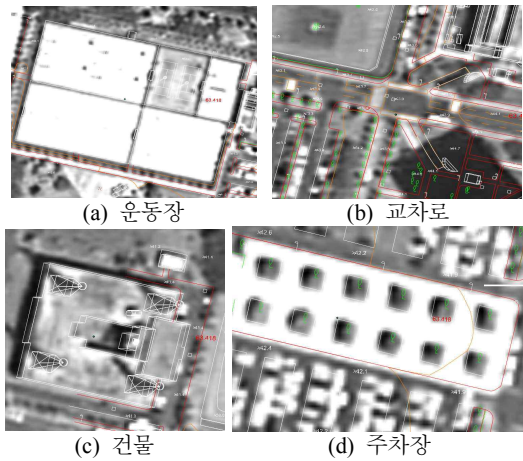


그림 14. 수치지도 중첩

크한 결과 최대잔차 $X=1.77m, Y=1.64m, Z=0.51m$ 이고, 표준편차는 $X=0.92m, Y=0.69m, Z=0.46m$ 로 매우 양호하게 나타났다. 이는 입체시 상에서 시차가 발생하는 부분을 제외하면, 실제 수치지도와의 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 이는 지상기준점을 이용한 평가 결과와도 일치한다.

위의 결과를 토대로 볼 때 KOMPSAT-2 정밀케도기반모델링 결과를 이용하여 수치지도를 제작할 경우 1/5,000지도 축척의 수치지도 제작이 가능함을 알 수 있다. 단, 부분적으로 불규칙하게 발생하는 중시차 부분에서도 오차가 크게 발생하기 때문에, 중시차 발생부분을 고려한다면 1/10,000에서 1/25,000지도 축척의 수치지도 제작이 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 KOMPSAT-2영상에 대하여 정밀센서모델링은 케도기반센서모델링을 적용하여 스테레오 입체시를 구현하고, 스테레오 입체시의 정확도를 검증하는 연구이다. 정확도 검증 방법으로는 케도기반센서모델링의 정확도, 스테레오 입체시 상태에서의 지상기준점과의 정확도 비교, 입체시 된 모델의 시차 평가, 마지막으로 수치지도 중첩을 통한 위치오차 평가의 방법으로 정확도를 비교 검증하여 다음의 결과를 도출하였다.

첫째, 케도기반센서모델링은 <타입1> 모델을 사용할 경우 가장 높은 정확도를 나타내었다. 본 연구에서 4가지 타입의 파라메타별 케도기반센서모델링에 대한 정확도는 위성의 위치와 편류, 가속도에 대한 변수를 ($X_0, a_1, b_1, Y_0, a_2, b_2, Z_0, a_3, b_3, R_0, P_0, \psi_0$; 미지수)로 한 <타입1>, <타입2>가 상대적으로 높은 정확도를 나타내었다. <타입1>, <타입2>의 경우 row, col 방향으로 표준편차는 최대 1픽셀로 나타났다. 이는 정밀센서모델링 표준편차가 1미터 안으로 들어오는 수치로 상당히 높은 정확도를 나타내고 있다.

둘째, 수치도화기 상에서 입체시를 수행하고 캐드상에서 지상기준점을 입력하여 수치도화기와 중첩을 시킨 후 해당 지상기준점에 대한 정확도를 평가한 결과 최대잔차는 $X=2.35m, Y=1.64m, Z=1.24m$ 이고 표준편차는 $X=1.17m, Y=0.75m, Z=0.78m$ 로 나타났다. 최대잔차가 큰 부분은 부분적 시차가 발생한 지역이고 시차가 발생하지 않은 지역에 대해서는 대체적으로 양호한 결과로 나타났다.

셋째, 케도기반센서모델에서 입체시를 수행하여 모델의 시차를 확인한 결과 불규칙적인 시차가 발생하였다. 시차가 발생하는 지역은 모델 전체에서 크기가 동

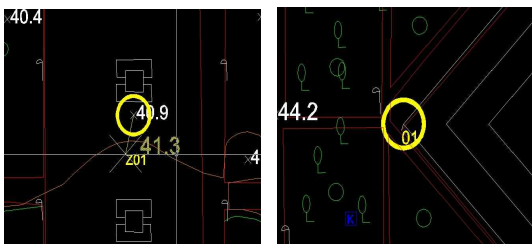


그림 15. 수치지도 중첩 정확도 평가

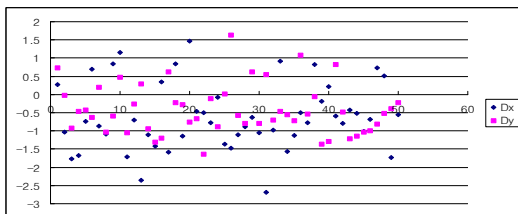


그림 16. 수치지도 평면점 중첩 정확도 분포도

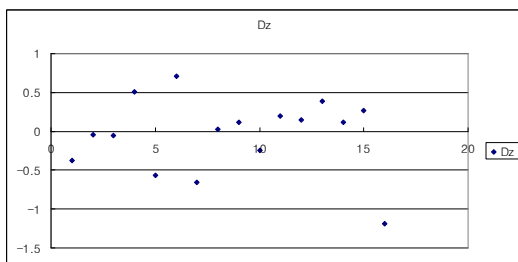


그림 17. 수치지도 수준점 중첩 정확도 분포도

입체시한 영상과 수치지도를 중첩하여 정확도를 채

일하지는 않지만 조금씩 발생하였고, 이러한 시차발생으로 인하여 센서모델링 결과가 양호하게 나왔다 하더라도 시차 발생하는 곳에서는 3~4픽셀의 큰 오차가 발생하였다.

넷째, 1/1,000 수치지형도와 중첩하여 정확도를 평가한 결과 평면 50점 표고 16점에 대하여 최대잔차 $X=1.77m$, $Y=1.64m$, $Z=0.51m$ 이고, 표준편차는 $X=0.92m$ $Y=0.69m$ $Z=0.46m$ 로 나타났다. 이는 시차가 발생하는 곳만 제외하고는 상당히 높은 정확도를 나타내었다.

향후 다양한 위성영상에 대한 궤도기반 정밀센서모델링에 대한 연구가 이루어져야 하고, 또한 본 연구에서 발생한 궤도기반센서모델링 결과가 양호함에도 불구하고 부분적으로 불규칙하게 시차가 발생하는 부분에 대한 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. 국토지리정보원(2006), 접근불능지역 지리정보구축사업 결과보고서.
2. 김태정 등,(2000), 대표적 위성영상 카메라 모델링 알고리즘들의 비교연구, 대한원격탐사학회지 제16권 제1호, pp.73-86.
3. 김태정(2006), SPOT 위성영상에서의 위치-회전각 모델과 궤도-자세각 모델의 비교, 한국측량학회지 제24권 제1호, pp.47-55.
4. 정재훈 등.(2009), SPOT과 KOMPSAT-2 영상에서의 궤도 자세각 모델의 성능 비교, 대한원격탐사학회지 제25권 제2호, pp.133-144.
5. 서두천(2007), 다목적실용위성2호 센서모델링 및 기하 정확도 분석, Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography.
6. Buyuksalih G., G. Kocak, H. Topan, M. Oruc, and A. Marangoz. (2005) SPOT revisited: accuracy assessment, DEM generation and validation from stereo SPOT 5 HRG images, Photogrammetric Record, 20, pp.130-146.
7. Fraser, C. S. and T. Yamakawa. (2004) Insights into the affine model for high-resolution satellite sensor orientation, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 58, pp.275-288.
8. Grodecki, J. and G. Dial. (2003) Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational polynomials, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, pp.59-68.
9. Habib, A., H. Lin, and M. Morgan. (2003) Line-based modified iterated Hough transform for automatic single photo resection, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69, pp.1351-1357.
10. Hanley, H. B., T. Yamakawa and C. S. Fraser. (2002) Sensor orientation for high-resolution satellite imagery, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 34, pp.69-75.
11. Noguchi, M. and C. S. Fraser. (2004) Accuracy assessment of Quickbird stereo imagery, photogrammetric record, 19, pp.128-137.