

센서모델링 특성에 따른 KOMPSAT-2 PAN 영상의 정확도

서두천*, 양지연**

Geometric Accuracy of KOMPSAT-2 PAN Data According to Sensor Modeling

Doo-Chun Seo*, Ji-Yeon Yang**

Abstract

In order to help general users to analyze the KOMPSAT-2 data, an application of sensor modeling to commercial software was explained in this document. The sensor modeling is a basic step to extract the quantity and quality information from KOMPSAT-2 data. First, we introduced the contents and type of ancillary data offered with KOMPSAT-2 PAN image data, and explained how to use it with commercial software. And then, we applied the polynomial-base and refine RFM sensor modeling with ground control points. In the polynomial-base sensor modeling, the accuracy which is average RMSE of check points is highest when the satellite position was calculated by type of 1st order function and the satellite attitude was calculated by type of 1st order function for (Y axis), (Z axis) or constant for (X axis), (Y axis), (Z axis) in perspective center position and satellite attitude parameters. As a result of refine RFM sensor modeling, the accuracy is less than 1 pixel when we applied affine model..

초 록

본 문서는 일반 사용자들이 다목적실용위성 2호(KOMPSAT-2) 영상을 사용하는데 있어 보다 쉽게 접근할 수 있도록 하기 위해, 기존의 상용 S/W를 이용하여 영상의 센서모델링을 적용하는 방법에 대해 설명하고자 한다. 센서모델링은 다목적실용위성 2호 자료로부터 정량적, 정성적 정보를 추출하기 위한 가장 기본적인 단계라고 할 수 있다. 우선 다목적실용위성 2호(KOMPSAT-2) 영상자료와 함께 제공되는 보조데이터의 종류와 내용에 대해 살펴보고, 이를 상용 S/W에서 어떻게 사용할 것인가에 대해 설명하였다. 센서모델링에 적용은 Polynomial-base의 센서모델링과 Refine RFM을 적용하였다. Polynomial-base 센서모델링에서, 위성위치는 1차 다항식 형태의 등속직선운동, 위성자세는 X축, Y축, Z축에 대하여 고정값 또는 Y축과 Z축에 대한 1차 다항식 형태가 정확도가 우수한 것으로 나타났다. Refine RFM 모델링을 수행할 때 Affine 모델을 적용할 경우 정확도가 1 pixel 이하로 확보됨을 알 수 있었다.

키워드 : 다목적실용위성 2호(KOMPSAT-2), 센서모델링(Sensor Modeling), 엄밀센서모델링(Rigorous Model)

접수일(2008년12월17일), 수정일(1차 : 2009년 9월 15일, 2차 : 2009년 10월 19일, 게재 확정일 : 2009년 11월 1일)

* 영상검보정기술팀/dcivil@kari.re.kr

** 영상검보정기술팀/jyang@kari.re.kr

1. 서 론

2006년 7월 발사에 성공한 다목적실용위성 2호는 지상해상도가 각각 4m, 1m인 다중과장대 영상과 흑백영상을 취득할 수 있는 MSC 센서를 가지고 있다. 또한 인공위성자료로부터 지상의 3차원 좌표를 해석하고, 위성을 제어하기 위하여 2개의 별관측 센서와 1개의 Gyro 센서를 가지고 있다.

다목적실용위성 2호는 고해상도 위성자료로서 기존의 중·저해상도 위성자료에 비해 해상도가 우수하기 때문에 일반적으로 그 활용도가 매우 높을 것으로 생각하기 쉽다. 그러나 해상도가 높아진다고 해서 막연하게 활용도가 함께 커지는 것은 아니다. 고해상도뿐만 아니라 중·저해상도의 여러 인공위성자료는 각각 장단점을 가지고 있기 때문에 사용자들은 분석대상과 목적에 적합한 영상을 선택하게 된다. 다목적실용위성 2호와 같이 고해상도 위성자료에 적합한 활용분야로는 도시계획, 도시설계, 단지계획 등과 같은 중·소규모의 공간계획, Google Earth와 같은 위성서비스 산업 등이 있다. 이와 같은 분야에 활용하기 위해서는 다목적실용위성 2호의 높은 해상도에 부합되는 정량적, 정성적 정보가 추출되어야 한다.

다목적실용위성 자료로부터의 정량적, 정성적 정보 추출 및 이를 기반으로 한 다목적실용위성 영상 활용의 저변 확대를 위해서는 다양한 영상 처리알고리즘 및 소프트웨어가 개발되어야 한다. 이를 위해서는 크게 전문가와 비전문가 두 분류의 영역으로 나누어서 접근할 필요가 있다. 전문가 영역에서는 비전문가가 보다 쉽고 정확하게 영상을 활용할 수 있도록 알고리즘 및 소프트웨어개발 등을 통해 활용 기반을 구축할 수 있도록 하며, 비전문가 영역에서는 기개발된 알고리즘과 소프트웨어를 어떻게 하면 잘 활용할 수 있는지에 대한 연구가 이루어져야 한다.

본 문서는 비전문가 영역에 속해있는 사용자들이 다목적실용위성 2호로부터 정량적, 정성적 정보를 추출하기 위한 가장 기본 단계인 영상의 기하보정방법에 대해 설명하고자 한다. 현재, 위

성영상을 처리하는 상용소프트웨어로 국내외에서 널리 사용되고 있는 프로그램으로는 ERDAS, ENVI, PCI 등이 있다. 이 중 PCI는 다목적실용위성 2호 영상을 보정할 수 있는 알고리즘이 채택되어 있으나, ERDAS와 ENVI에서는 아직 해당 모듈이 존재하지 않아 이들 프로그램을 이용하는 사용자들은 다항식기반의 기하보정모듈만 사용하고 있는 실정이다.

본 문서에서는 가장 널리 사용하고 있는 영상 처리 상용소프트웨어 중 하나인 ERDAS에서 KOMPSAT-2 영상 및 보조자료를 이용하여 센서 모델링을 하는 방법과 모델링 정확도에 대하여 살펴보자 한다.

우선 KOMPSAT-2 영상자료와 함께 제공되는 보조데이터의 종류와 내용에 대해 살펴보고, 이를 상용 S/W에서 어떻게 사용할 것인가에 대해 설명한다. 센서모델링에 적용은 Polynomial-base의 센서모델링과 Refine RFM을 적용하였다.

Polynomial-base 센서모델링에서는 위성위치와 자세의 모델특성에 따라 지상좌표의 해석정확도를 살펴보고, 이에 따른 KOMPSAT-2 최적 모델을 결정하고자 한다.

Refine RFM 모델의 적용에 있어서는, 상수 형태와 Affine 모델을 적용할 경우 정확도를 살펴 보자 한다.

2. KOMPSAT-2 자료 특징

KOMPSAT-2는 지구고도 685km의 태양동기궤도로, 무게 800kg, 직경 1.90m, 높이 2.57m, 길이 6.85m 크기로, 흑백 1m, 컬러 4m 해상도에 관측 폭 15km 성능을 갖는 고해상도카메라(MSC; Multi-Spectral Camera)가 탑재된 임무수명 3년의 인공위성이다. 다음의 표 1은 KOMPSAT-2의 성능과 재원을 나타낸 것이다.

표 1. KOMPSAT-2 주요성능 및 자원

임무기간	3년
설계궤도	685km 태양동주기 궤도
Local time of ascending node	10:50 AM
Tilting angle	±56deg(Max) ±30deg(Normal)
무게	765kg
전력	850w
위성본체	육각기둥구조 수동열제어방식 3축안정화방식 별추적기를 이용한 정밀자세결정 이중추력기모듈
탑재체	1m /4m 지상관측폭: 약 15km

2.1 MSC(Multi-Spectral Camera)

KOMPSAT-2의 주탑재체인 MSC는 흑백 1m, 컬러 4m 해상도에 관측폭 15km로 Pushbroom 방식으로 영상데이터를 수집한다. MSC의 주요특성은 다음과 같다.

- Panchromatic band (PAN): 500~900 nm
- Effective swath width: 13.6 km
- TDI number for CCD: 32
- Quantization: 10 bits
- FOV: ±0.62°
- PAN Channel
 - EFL: 9000mm ± 90mm
 - Spectral region: 500nm - 900nm
- MS Channel
 - EFL: 2250mm ± 25mm
- Spectral region
 - MS1: 450nm - 520nm
 - MS2: 520nm - 600nm
 - MS3: 630nm - 690nm
 - MS4: 760nm - 900nm

2.2 KOMPSAT-2 자료처리

KOMPSAT-2에서 수집된 영상데이터는 X-Band를 통해 지상으로 전송되며, 전송된 데이터는 KOMPSAT-2 전처리시스템에 의해 처리된 후, 사용자에게는 Level 1R과 Level 1G의 두 가지 형태로 제공된다. 다음의 그림은 KOMPSAT-2 자료의 처리흐름을 나타낸 것이다.

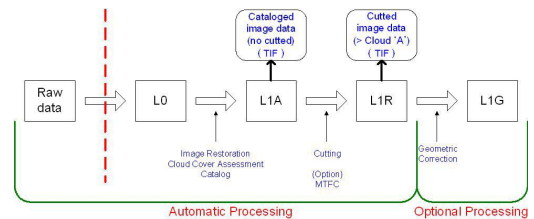


그림 1. KOMPSAT-2 처리흐름도

(1) Level 0

Frame formatted, CCSDS 관련 부분이 모두 제거된 영상으로 x-대역 안테나를 통해 수신된 원시영상이 스트립 형태의 영상으로 저장된다.

(2) Level 1A

스트립 형태의 원시영상은 촬영시간을 이용해 정사각형에 가까운 여러 개의 scene으로 편집하고 위성으로부터 전송받은 보조 데이터를 각각의 영상에 첨부하여 영상 카탈로그를 제작하고 관리하게 된다.

(3) Level 1R

Level 1A 영상으로부터 radiometric, spatial 보정 처리가 된 영상이다. 복사보정(radiometric correction)이란 모든 CCD에 기록된 counts 값을 검증된 voltage, 또는 current를 이용해 밝기 값으로 변환함을 말하며 Detector Response Normalization, Dead Detector Correction, 그리고 MTF(Modulation Transfer Function) Correction을 포함한다.

(4) Level 1G

복사보정을 마치면 위성의 자세와 위치 등의 정보를 이용해 기하보정을 하게 된다. Level 1G 영상은 SPOT 영상의 Level 1B에 해당하는 영상으로 지구자전으로 인한 왜곡을 보정한 영상이다. 즉, 고도가 0인 표준 구면체(WGS84)에 접하는 면에 복사보정을 한 각각의 영상라인의 중심을 투영하여 생성하며 영상회전을 하지 않으므로 출력 영상의 영상 라인과 입력 영상의 영상 라인이 평행을 이룬다. 따라서 Level 1G 영상은 평행 사변형 모양으로 나타난다.

tilting angle, 위성 고도, along, across track의 GSD 등의 다양한 정보가 필요하다. 본 연구에 적용된 Polynomial-base의 센서모델링은 위치 추산력 데이터, 자세데이터 등 위성 보조데이터등의 정보를 요구하지 않는다.

표 2는 KOMPSAT-2의 보조데이터에 기록되어 있는 다양한 정보중 Polynomial-base의 센서모델링을 수행하기 위해 필요한 정보를 정리한 것이다.

2.3 KOMPSAT-2 자료구조

사용자에게 제공되는 Level 1R과 Level 1G는 크게 영상자료, 보조자료, 위치추산력, RPC 자료의 4가지로 구성된다. 영상자료는 기본적으로 Tiff, GeoTiff의 두 가지 형태로 저장되어 제공된다.

보조자료는 사용자가 위성영상데이터를 처리하는데 필요한 각종 radiometric, spatial, geometric 정보가 포함되어 있으며, 위치추산력자료는 사용자가 위성영상데이터를 이용하여 기하학적 정보를 추출하는데 필요한 위성 위치, 속도, 자세 정보를 제공하고 있다. KOMPSAT-2 RPC 자료는 사용자가 손쉽게 정사영상을 만들기 위해 제공되는 자료로서, 분모와 분자의 계수가 각기 다른 3차원 방정식으로 구성되며, 데이터는 ASCII형태로 제공된다.

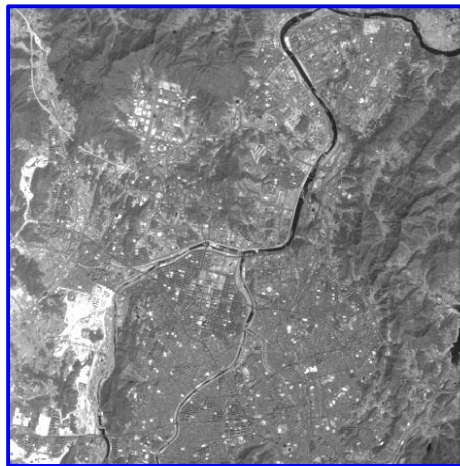


그림 2. Left image (Orbit No:14443)

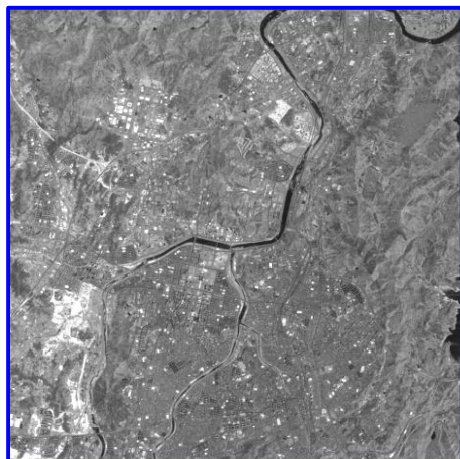


그림 3. Right image (Orbit No:09461)

3. 실험자료

3.1 영상 자료

본 연구에서 사용한 인공위성자료는 KOMPSAT-2 PAN 입체영상자료이다.

KOMPSAT-2 PAN 자료는 그림 2, 3과 같이 유성구, 대덕구, 서구, 중구 및 동구 일대 지역이다.

일반 상용 S/W인 ERDAS LPS에서 KOMPSAT-2 모델링하기 위해서는, 위성이 해당지역의 영상을 촬영하기 사용된 기본적인 정보, roll, pitch

표 2. 실험 영상에 대한 보조자료

List	Left image	Right image
Satellite	KOMPSAT-2	
Instrument	MSC	
Spectral mode	PAN	
PAN focal length	9.022 m	
Bit per pixels	16 bit	
CCD size	13 x 13 μm	
Preprocessing level	Level 1R	
Image size	15000x15500 pixels(Column x Line)	
GSD	1.063x1.019 m	1.042 x 1.013 m
Orbit No.	14443	9461
KGRS	1082-1272	1082-1272
Date of acquisition	2009. 04. 12	2008. 05. 06
Scene center(Lat.,Long.)	36.37689221°(latitude) 127.39081557°(longitude)	36.37690486°(latitude) 127.39559961°(longitude)
Scene tilting angle	-16.826°(Roll) -1.037°(Pitch)	14.303°(Roll) 0.467°(Pitch)
Angle of incidence	18.742347°	15.932267°
Satellite altitude	682628.768032 m	684254.172909 m

3.2 관측점 선정

본 연구에서는 기준점과 검사점을 통합하여 관측점이라 정의하였으며, 기준점은 센서모델링 과정에 주로 사용되며, 검사점은 산출된 관측방정식의 정확도를 평가하는데 사용된다.

센서모델링 결과정확도는 영상과 촬영 대상공간에 정의된 기준점의 수, 분포상태, 획득방법에 따라 많이 좌우된다.

지상관측점의 지상좌표는 GPS장비를 이용한 신속정지측위 방식으로 관측하여 그 성과를 획득(WGS84/UTM, Bessel/TM)하였으며, 표고정보는 직접수준측량으로 결정하였다. 모든 지상관측점은 황동표지가 설치되어 있으며, KOMPSAT-2 MSC영상에서 그 위치를 관측할 수 있도록 일정한 크기와 모양으로 도색되어 설치된 점을 사용하였다.

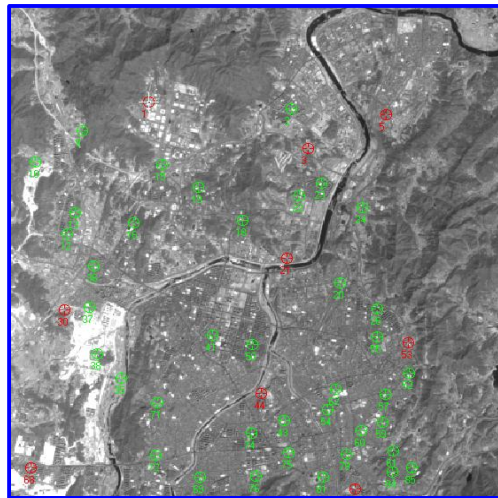


그림 4. 지상관측점 분포-Left image
(Orbit No:14443)

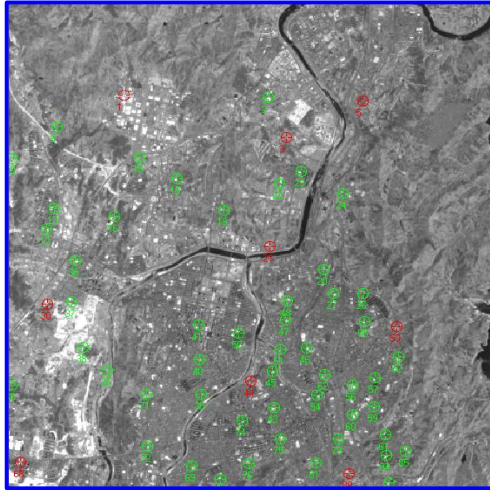


그림 5. 지상관측점 분포-Right image
(Orbit No:09461)

이와 같이 획득한 지상관측점에 대응하는 영상관측점 좌표는 픽셀이하 두 자리까지 시각 관독에 의해 획득하였다. 사용된 지상관측점의 지상좌표와 영상좌표의 정확도는 각각 5cm(CE90), 0.3pixel 이내이며, 기준점 8점, 검사점 52점으로 총 60점을 사용하였다.

4. 실험 및 평가

4.1 센서모델링

DEM, 정사영상 등을 생성하기 위해, ERDAS가 제공하는 모듈은 LPS(Leica Photogrammetry Suite)이다. 현재까지 KOMPSAT-2 자료를 전용으로 처리할 수 있는 모듈은 개발되어 있지 않으나, 지상기준점을 기반으로 처리되는 Polynomial-based Pushbroom과 Rational Function 모듈과 같이 제공된 모듈을 이용하면 정사영상 및 DEM 등을 생성할 수 있다.

4.1.1 Polynomial-based Pushbroom

위성의 자세 및 위치를 결정하기 위해서, 지상의 물체가 위성내부의 렌즈와 CCD를 통과하여 영상으로 어떻게 결정되는지를 나타내는 내부표

정요소, 지상기준점 정확도 특성을 정의하는 부분, 번들조정의 특성을 결정하는 부분으로 구성된다.

먼저, 모델링에 필요한 초기값 설정을 위하여 필요한 내용은 내부표정요소와 외부표정요소로서, 내부표정요소는 Sensor information에서 설정하여야 하며, 입력을 요구하는 요소로는 focal length, principal point, pixel size, sensor columns, model parameter 등이 있다. 외부표정요소 결정을 위해 필요한 초기값은 Side Incidence, Track Incidence, Ground Resolution, Sensor Line Along Axis 등이다. 이들 값들은 KOMPSAT-2의 보조데이터에 기록된 값을 이용하여 결정한다. 위성 위치와 자세 모델은 위성 위치에 대하여 최대 2차 다항식으로, 위성자세에 대하여 X, Y축 회전은 고정값, Z축 회전은 KOMPSAT-2의 yaw steering 특성을 고려하여 2차 다항식까지 정의하였다.

기준점을 이용한 번들조정 시 지상기준점에 대한 가중치 행렬을 설정할 때 필요한 값의 정의에 있어서는, 사용한 기준점의 정확도에 따라 사용자가 입력하여야하며, 기본값은 10m 정도이다. 우리나라의 1:5,000 수치지도에서 기준점을 추출한 경우, 3.5m ~ 7m 범위 내의 값을 결정하여 입력하면 된다.

4.1.2 Rational Function

현재 LPS에서는 KOMPSAT-2의 RPC 정보를 읽어 들이는 기능이 없기 때문에 IKONOS의 RPC를 이용하여 작업하는 형태를 빌려 작업을 수행하기로 하였다. 이를 위해서는 RPC 파일의 확장자를 txt로 변경해야 하며, 내부 형식을 IKONOS의 RPC 파일 형식과 똑같이 일치시켜야 한다. 실제로 IKONOS의 RPC 파일 내 형식과 KOMPSAT-2의 RPC 파일 내 형식은 거의 흡사하며 부호와 자릿수만 변경해주면 된다. 이를 위해서 KOMPSAT-2 RPC 파일을 LPS에 입력 가능한 형태로 변경해주는 프로그램을 개발하였다.

Rational Function Refinement는 영상과 함께 제공된 RPC 및 지상기준점을 이용하여 RPC 정

확도를 향상시키기 위한 최소제곱법 적용에 필요한 기본다항식 및 초기조건을 설정하는 환경으로 구성되어 있다. 크게 Maximum Normal Iterations, Ground Convergence Value, Compute Accuracy for Unknowns를 정의하는 General 창과 기준점의 측정 정확도를 입력하는 Point 창 그리고 모델식을 입력하는 Refinement 창으로 구분된다.

Refinement With Polynomials는 다항식을 결정하는 부분으로 다항식 계수가 "0"이면 (Order 0) $dx = a_0 + x$, $dy = b_0 + y$ 로 설정되며, 다항식 계수가 "1"이면 기존의 Affine 식과 동일한 $dx = a_0 + a_1x + a_2y$, $dy = b_0 + b_1x + b_2y$ 로 설정된다.

4.2 모델링 결과

4.2.1 Polynomial-based Pushbroom

지상기준점을 이용한 위성 센서모델링에 있어서는, 아래의 표와 같이 위성위치에 대하여 2차 다항식, 자세에 대하여 Z축에 대한 회전요소를 1차 다항식까지 고려하여 정확도를 평가하였다.

표 3은 지상기준점을 이용하여, KOMPSAT-2 PAN의 위성위치와 자세에 대한 최적 다항식을 정리한 것이다. 표 3에서와 같이 위성의 위치는 1차 다항식 형태의 등속직선운동 형태로 가정할 경우가 등가속도운동으로 가정할 경우보다 정확도가 우수한 것으로 나타났다.

표 3. Polynomial-base의 센서모델링 결과

Case	Satellite position			Satellite attitude			Control (pixel)	Check (pixel)	Sum (pixel)
	Xs	Ys	Zs	ω	ϕ	κ			
Case I	1st	1st	1st	Const	Const	Const	0.40	1.42	1.47
Case II	1st	1st	1st	Const	Const	1	0.42	1.46	1.52
Case III	1st	1st	1st	Const	1	1	0.41	1.41	1.47
Case VI	1st	1st	1st	1	1	1	0.42	1.70	1.75
Case V	2nd	2nd	2nd	Const	Const	Const	0.34	1.65	1.69
Case VI	2nd	2nd	2nd	Const	Const	1	0.36	1.74	1.78
Case VII	2nd	2nd	2nd	Const	1	1	0.36	1.73	1.77
Case VIII	2nd	2nd	2nd	1	1	1	0.28	1.88	1.90

표 4. RFM refine 모델링 결과

Case	Refine Model	Control (pixel)	Check (pixel)	Sum (pixel)
Case I	$dx = a_0 + x$ $dy = b_0 + y$	1.13	5.25	5.37
Case II	$dx = a_0 + a_1x + a_2y$ $dy = b_0 + b_1x + b_2y$	0.74	0.47	0.88

또한 위성의 자세는 X축, Y축, Z축에 대하여 고정값 또는 Y축과 Z축에 대하여 1차 다항식 형태가 정확도가 우수한 것으로 나타났다. KOMPSAT-2의 자세특성을 고려할 때, strip 형태의 영상을 처리할 경우에는 Y축과 Z축에 대하여 1차 다항식 형태로 고려하여 처리하는 것이 타당하며, Level 1R과 같이 15km 정도의 영상을 처리할 경우에는 자세의 X축, Y축, Z축에 대하여 고정값 또는 Z축에 대하여 1차 다항식을 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

경우, affine 모델을 적용하였을 때 정확도가 1 pixel 이하로 확보됨을 알 수 있었다.

본 문서에서 설명한 상용 S/W를 이용한 KOMPSAT-2 센서모델링 방법을 통해 일반 사용자들이 보다 쉽고 정확하게 KOMPSAT-2 자료의 정량적, 정성적 정보를 추출할 수 있을 것으로 기대하며, 향후에는 ERDAS 뿐만 아니라 다른 상용 S/W를 활용하는 방법에 대한 내용도 추가되어야 할 것이다.

4.2.2 Rational Function

지상기준점을 이용한 RFM refine 모델의 결정에 있어서는, 다음과 같이 두 가지 모델식에 대해 정확도를 평가하였다.

위의 표 4와 같이 제공된 KOMPSAT-2 RPC 계수를 이용하여, Refine RFM 모델링을 수행할 경우, affine 모델을 적용하였을 때 정확도가 1 pixel 이하로 확보됨을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 문서는 비전문가 영역에 속하는 일반 사용자들이 KOMPSAT-2로부터 정량적, 정성적 정보를 추출하기 위한 가장 기본 단계인 영상의 센서 모델링 방법에 대하여 설명하였다. 이를 위해 KOMPSAT-2 영상자료와 함께 제공되는 보조데이터의 종류와 내용에 대해 설명하고, 일반적으로 많이 사용하는 상용소프트웨어인 ERDAS에서 이들 정보를 어떻게 적용해야 하는지에 대해 알아보았다.

또한 GPS측량 성과를 바탕으로 한 지상관측점을 이용하여 Polynomial-base 센서모델링과 Refine RFM을 적용하여 정확도를 분석해보았다.

Polynomial-base 센서모델링에서는 위성위치를 1차 다항식 형태의 등속직선운동, 위성 자세는 X축, Y축, Z축에 대하여 고정값 또는 Y축과 Z축에 대하여 1차 다항식 형태가 정확도가 우수한 것으로 나타났다. Refine RFM 모델링을 수행할

참 고 문 헌

1. Snyder, J. P. 1982. Geometry of mapping satellite. PE&RS. 48(10) : 1593-1602.
2. Gagan, D. 1986. Practical aspects of topographic mapping from SPOT imagery. The Photogrammetry Record. 12(69) : 349-355.
3. Leica Geosystem, Leica Photogrammetry Suite User Manual, pp. 169-218
4. KARI, KOMPSAT-2 Image Data Manual
5. Yang, X. 2000. Accuracy of rational function approximation in photogrammetry. 2000 ASPRS Annual Conference, Washington D. C. : 12 pages(On CD-ROM)
6. Malleswara Rao, T. Ch., Venugopala Rao, K., Kumer Rani, A., Rao, D. P. and Deekshatula, B. L. 1996. Digital Terrain Model(DTM) from Indian Remote Sensing(IRS) satellite data from the overlap area of two adjacent paths using digital photogrammetric techniques. PE&RS. 62(6) : 727-731.
7. 박병욱, 1991, SPOT 위성데이터를 이용한 수치표고모델 생성에 관한 연구, 서울대학교, 서울대학교 박사학위논문 : 12.-45.
8. 신동석, 이영란, 이흥규, 1998, 선형 CCD카메라 영상의 정밀 기하학적 보정. 대한원격탐사학회지. 14(2) :137-148.