

기준점 위치와 미지수 조합에 따른 궤도모델링의 정확도 분석

김동욱 · 김현숙 · 김태정 †

인하대학교 영상공학연구소

Accuracy Analysis of the Orbit Modeling with Various GCP Configurations and Unknown Parameter Sets

Dong Wook Kim, Hyun Suk Kim, and Taejung Kim †

Image Engineering lab, Inha University

Abstract : In this paper, we analyzed the accuracy of orbit modeling with various control point configurations and adjustment unknown parameter sets. We used 152 GCP points acquired from GPS surveying, which were distributed from Choon-chun to Nha-ju along 420km in distance. For orbit modeling, seven adjustment parameter sets were chosen to include parameters for satellite position, velocity and attitude angles at different degree of freedom. Firstly we determined the location of model point in seven configurations. Secondly we estimated model parameters for each parameter set and for each GCP configurations. Finally we applied the model to reference check points and analyzed its accuracy. We were able to find the unknown parameter set that produce best orbit modeling performance regardless of the configuration of model points.

Key Words : Sensor Model, SPOT-3, Satellite Orbit.

요약 : 본 논문에서는 다양한 기준점 배치와 미지수 조합 모델을 이용하여 궤도모델링의 정확도를 검증하고자 하였다. 실험에 사용된 기준점의 개수는 총 152개로 전체 영상 스트립에 포함되는 지역에 대해 GPS 측량을 통해 획득하였다. 전체 스트립 영상의 길이는 춘천지역에서부터 나주지역까지 약 420km 길이에 해당한다. 궤도모델을 위해 적용된 미지수 조합은 위성의 위치와 속도, 자세를 표현하는 방정식의 계수를 미지수로 선택하여 일곱 가지 방식으로 조합하였다. 실험은 우선 모델점의 배치를 일곱 가지 경우로 결정한 후에 각 경우의 배치에 대해 일정한 개수의 모델점을 선택하였다. 그리고 각 모델점의 배치에 따라 미지수 조합 모델을 각각 다르게 적용해 본 후 그 결과를 분석해 보았다. 실험 결과 모델점의 위치에 관계없이 지리적, 시간적, 경제적 효율성을 갖는 최적의 미지수 조합을 찾을 수가 있었다.

1. 서론

인공위성영상에 대한 상업화 규제가 풀리고 인공위

성에서 촬영되는 영상의 공간 해상도가 1m 수준으로 높아지면서 인공위성 영상에서 제공될 수 있는 위치정보에 대한 관심이 증대되고 있다. 위성영상을 이용한 공간

2008년 3월 29일 접수 ; 2008년 4월 23일 수리.

† 교신저자: 김태정(tezid@inha.ac.kr)

객체의 위치결정 정확도는 센서모델의 정확도에 따라 그 정확도를 달리한다.

센서 모델이란 카메라, 즉 센서로부터 촬영된 영상에서의 한 점과 그에 상응하는 지상점과의 관계를 수학적인 관계식을 이용해서 나타내는 것이다. 센서모델은 모델 수립 시 물리적인 파라미터 고려 여부에 따라 크게 물리적인 모델과 일반적인 모델로 구분할 수가 있다. 물리적인 모델이란 센서의 초점거리, CCD화소의 크기, 위성궤도, 자세정보와 같은 위성의 물리적인 파라미터를 사용하여 영상과 지상의 관계를 설명하는 모델이다, 물리적 모델은 위성과 센서에 대한 상세한 정보를 필요로 하며, 이 정보를 이용해 위성센서와 지표면간의 방향성, 위치 등의 물리적인 혹은 기하학적 관계를 모델링하여 관계식을 세우고 이 관계식의 계수를 추정하는 방식이다. 물리적인 모델을 이용한 대표적인 센서모델링 방법에는 사진측량 분야에서 주로 사용되던 공선방정식을 변형한 모델인 위치-오일러각 모델과(김태정 외, 2000), 인공위성의 위치벡터 및 속도벡터에 의해서 정의되는 궤도좌표계 및 실제 인공위성의 자세값을 나타내는 각을 주요 파라미터로 하는 궤도 기반 모델(Kim and Dowman, 2006)등이 있다. 일반적인 모델은 영상의 물리적 특성에 입각하여 모델을 세운 것이 아니고 단순히 영상좌표와 지상좌표의 관계를 복잡한 차수의 함수로 모델링한 것이다. 일반적인 모델을 이용한 대표적인 센서모델링 방법에는 지상에서의 한 점과 위성영상에서의 한 점의 관계를 고차다항식으로 나타낸 RFM (Rational Function Model) 모델 (Grodecki, J. and Dial, G., 2003), DLT (Direct Linear Transformation) 모델 (Gupta and Hartley, 1997)등이 있다.

위와 같은 센서모델을 적용하기 위해서는 다수의 기준점이 필요하다. 일반적으로 많은 수의 기준점을 사용하면 위치정확도는 향상 될 수가 있다. 그러나 높은 정확도의 위치정보를 획득하기 위해 측량방식에 의해서 취득된 많은 수의 기준점을 사용하게 되면 시간과 비용에 대한 효율성이 떨어지게 된다. 이런 점을 보완하기 위해서 기준점 없이 위치 정보를 획득 할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 관련해 본 논문에서는 궤도기반 센서모델과 일정 수의 기준점을 이용하여 총 420km거리의 영상 스트립에 대해 궤도모델의 정확도 검증을 수행한 후 궤도모델을 이용해 일반

적으로 접근이 불가능한 북한지역에 대한 궤도모델의 적용 가능성에 대해 실험을 하고자 하였다. 전체적인 실험은 각각의 스트립 영상에 모델점을 다르게 배치시킨 후 전체 스트립에 대해 모델점으로 수립한 센서모델을 적용하였다. 그리고 궤도전체에 대해 궤도모델을 적용한 후 각 모델점의 위치가 스트립 전체에 퍼져있는 검사점의 정확도에 끼치는 영향에 대하여 분석을 하였다. 이 논문은 접근이 불가능한 북한 지역에 대한 3차원 위치정보의 획득 가능성을 제시하고 있다는 점에서 향후 북한지역을 분석하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. 궤도 기반 모델

이 논문에서 기준점 배치에 따른 센서모델 성능의 분석에 사용된 모델은 궤도기반 모델이다. 궤도기반모델이란 공선조건식을 변형하여 인공위성의 궤도 및 자세각과 같은 물리적 파라미터를 사용하는 모델이다. 궤도기반 모델은 일반적인 항공사진에 사용되는 공선조건식에 내재되어 있는 ω, ϕ, κ 대신 인공위성의 특성에 맞게 인공위성의 위치벡터(\vec{P}), 속도벡터(\vec{V}), 인공위성의 자세각인 *Roll, Pitch, Yaw*각을 사용한 모델이다. 아래의 식 1은 공선조건식에 기반을 둔 궤도기반 모델을 나타낸 식이다.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ f \end{pmatrix} = \lambda R_{py}^T R_{p,\vec{v}}^T \begin{pmatrix} X - X_s \\ Y - Y_s \\ Z - Z_s \end{pmatrix} \quad (1)$$

식 1에서 x, y 는 지상에서의 한 점과 대응하는 센서좌표(혹은 영상좌표), f 는 센서의 초점거리, λ 는 비례상수, X, Y, Z 는 영상의 한 점과 대응하는 지상좌표, X_s, Y_s, Z_s 는 위성의 위치를 나타낸다. 위의 식을 보면 공선조건식과 상당부분 비슷한 것을 확인할 수가 있지만 공선조건식의 회전 행렬에 해당하는 부분이 위성의 자세각인 *Roll, Pitch, Yaw*에 의해서 결정되는 회전이동행렬과 위성의 위치벡터(\vec{P})와 속도벡터(\vec{V})에 의해서 정의되는 회전이동행렬에 의해 표현되어져 있다. 식 (1)에서 R_{py} 는 위성의 자세각인 *Roll, Pitch, Yaw*각에 의해서 정의되는 회전이동 행렬이며 회전행렬은 각 위성마다 정의된 회전 순서에 따라 결정된다. 식 (1)에서 $R_{p,\vec{v}}$ 는 위성의 위치벡터(\vec{P})와 속도벡터(\vec{V})에 의해서 정의되는 회전이동행렬이다. 상기 행렬식의 자세한 구성 및 정의는 참고문

현(Kim, 2006; Kim, 2005)을 참조할 수 있다.

3. 실험 환경 및 데이터

1) 사용한 영상

실험을 위해서 사용된 영상은 SPOT-3영상에서 촬영된 춘천, 양평, 천안, 대전, 전주, 광주, 나주지역을 연속적으로 촬영한 동일궤도상의 스테레오 스트립 영상이다. 영상은 95년 4월 4일과 95년 1월 28일에 수초 차이의 시간차를 가지고 연속적으로 촬영되었다. 스트립은 총 7장으로 구성 되어 있으며 각 Scene이 포함하는 지역은 가로, 세로로 약 60km지역이며 총 스트립의 길이는 약 420km이다. 실험에 사용된 SPOT영상의 데이터는 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of the SPOT-3 image strips

ID	Left 스트립	Right 스트립
Satellite	SPOT3	SPOT3
Tilt Angle	+19.8°	-23.4°
ID	Acquisition Date	
Choon-chun(춘천)	95/04/04/02:39:16	95/01/28/02:07:50
Yang-pyung(양평)	95/04/04/02:39:25	95/01/28/02:07:58
Cheon-ahn(천안)	95/04/04/02:39:33	95/01/28/02:08:07
Dae-jeon(대전)	95/04/04/02:39:42	95/01/28/02:08:15
Jeon-ju(전주)	95/04/04/02:39:50	95/01/28/02:08:24
Kwang-ju(광주)	95/04/04/02:39:59	95/01/28/02:08:32
Nha-ju(나주)	95/04/04/02:40:07	95/01/28/02:08:40

2) GCP 데이터 및 모델점 배치

GCP점에 대한 모든 데이터는 GPS측량과, DGPS처리를 통해 획득되었다. 실험에 사용된 GCP는 왼쪽 스트립 영상에 대해 총 152개, 오른쪽 스트립 영상에 대해

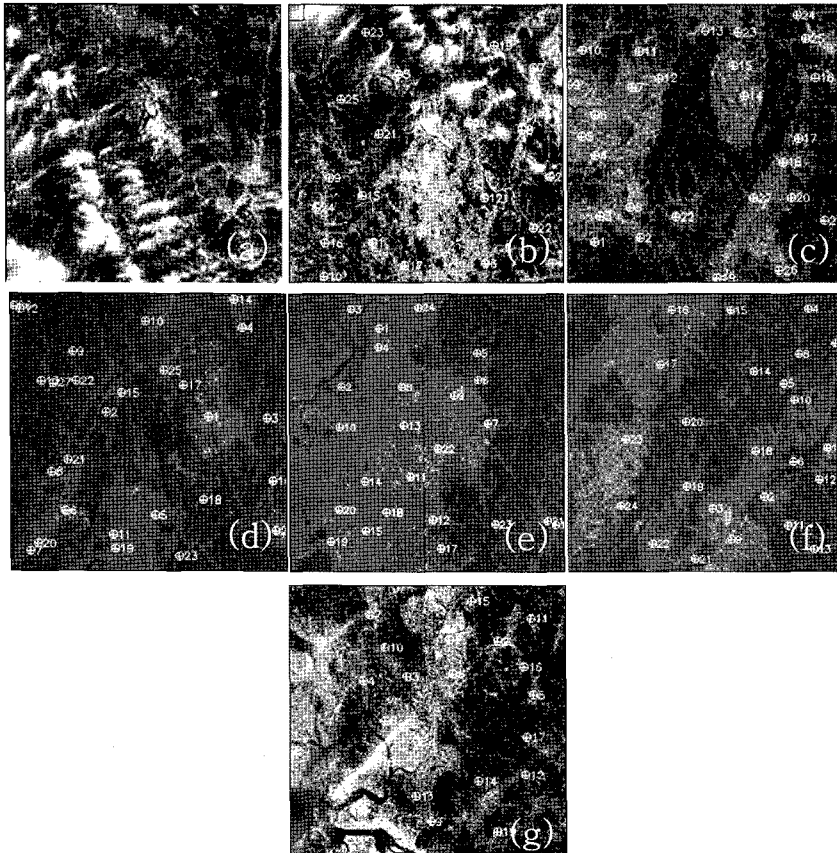


Fig. 1. Configuration of control points (a)Choon-chun (b)Yang-pyung (c)Cheon-ahn (d)Dae-jeon (e)Jeon-ju (f)Kwang-ju (g)Nha-ju.

총149의 GCP를 사용하였다. 전체 스트립에 해당하는 GCP중에서 10점은 모델점으로 사용하였고, 나머지는 모델점의 배치 및 미지수 조합에 대해 성능검사를 할 수 있도록 검사점으로 사용하였다. 즉 모델점을 선택 후 궤도기반모델을 수립하고 이 모델을 전체 궤도에 적용해서 검사점에서 궤도모델링 정확도를 분석하였다. 전체 스트립에 대한 모델점의 배치는 아래의 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 각 칼럼에 나타난 점들은 전체 스트립 상에서의 GCP의 위치를 나타낸다. 모델점의 배치는 총 7가지 경우로 나누었으며 전체 GCP에 각 경우별로 모델점의 배치를 다르게 해주었다. 모델의 개수는 각 경우에 대해 10개로 똑같이 적용하였다. 그 이유는 많은 개수의 모델점을 이용하면 확실히 그 모델링의 정확도는 높아지지만 각 모델에 따른 오차의 차이를 보는 것은 용이하지 않았기 때문이다. 따라서 분석의 목적상 오차의 차이를 더 확실하게 구분하는 것이 본 분석에 효율적이므로 모델점의 개수를 일정하게 적은 개수로 정해서 분석을 실행하였다.

Case-1, 2, 3은 각 스트립의 상단, 중앙, 하단에서 모델점을 추출하여 사용한 경우이고 Case-4는 스트립의 상단과 중앙에서 모델점을 추출하여 사용한 경우이며,

Case-5는 스트립의 상단과 하단에서 모델점을 추출하여 사용한 경우이다. Case-6는 스트립의 상단부터 중앙에 걸쳐 모델점을 추출해 사용한 경우이며 Case-7은 전체 스트립에 걸쳐 모델점을 추출해 사용한 경우이다.

3) 실험에 사용된 미지수 조합

본 실험에서 사용한 데이터는 SPOT-3위성의 데이터이다. 실험에 사용한 SPOT-3위성을 포함해서 많은 위성들은 영상 촬영당시의 위성의 위치, 속도 및 자세각을 영상과 함께 제공해 준다. 그러나 센서모델수립을 위해서는 매 영상라인별로 이 값들이 필요하다. 실제 제공되는 값들은 특정한 시간간격을 가지고 제공된다. 따라서 각 영상라인별 위성의 위치, 속도, 자세각을 결정하기 위한 내삽방법이 필요하게 된다(김현숙과 김태정, 2006). 분석에 사용된 궤도기반모델에는 김현숙과 김태정(2006)의 연구에서 적용된 위치 내삽법과 자세 내삽법을 사용하였다. 과거 실험에서 모델의 정확도를 가장 좋게 나타낸 위치 내삽법으로는 라그랑제 다항식으로 내삽 하였을 때였으며, 자세 내삽 방식에는 구간선형 내삽법을 사용 하였을 때였다. 이 논문의 실험에서는 이 두 내삽법을 이용하여 위성의 위치와 자세각을 결정하

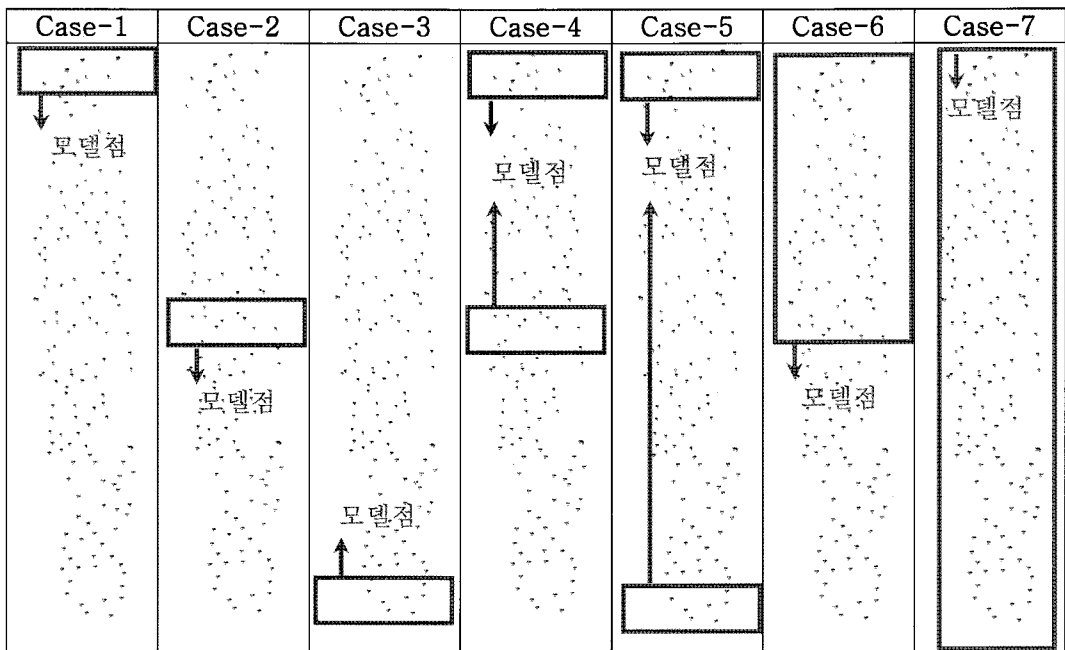


Fig. 2. Location of model points.

Table 2. List of unknown parameters

Model ID	미 지 수
OA-1	위치에러, 변화율, 가속도 및 자세에러
OA-2	위치에러, 변화율, 가속도 및 Yaw의 각과 변화율, 가속도
OA-3	위치에러, 변화율, 가속도
OA-4	자세에러, 변화율, 가속도
OA-5	위치에러, 자세에러
OA-6	위치에러
OA-7	자세에러

였다. 미지수 선정은 궤도 기반 모델에서 위성의 위치와 속도, 자세를 표현하는 방정식의 계수 중 미지수를 선정하여 일곱 가지 방법으로 미지수를 조합하여 Table 2와 같이 나타내었다.

각각의 모델에 적용된 미지수 조합은 다음과 같다. OA-1모델은 12개의 미지수로 이루어져 있다. 12개의 미지수는 위성의 위치, 위치변화율, 위치 가속도 및 위성의 자세각으로 이루어져 있다. OA-2모델도 12개의 미지수로 이루어져 있으며 위성의 위치, 위치 변화율, 위치 가속도 및 Yaw의 각과 변화율 가속도항으로 이루어져 있다. OA-3모델은 9개의 미지수로 이루어져 있으며 위성의 위치, 위치변화율, 가속도항을 미지수로 정의하고 위성의 자세각에는 오차가 포함되어 있지 않다고 정의한 모델이다. OA-4모델 또한 9개의 미지수로 이루어져 있으며 위성의 위치오차에는 오차가 포함되어 있지 않다고 가정하고 위성의 자세오차를 고려하여 위성의 회전각 또는 자세각과 변화율, 가속도항만을 미지수로 한 모델이다. OA-5모델은 위성의 위치 오차와 자세각 오차를 미지수로 나타낸 모델이며 총 6개의 미지수

로 이루어져 있다. OA-6모델은 위성의 위치만을 미지수로 가정한 모델이고, OA-7모델은 위성의 자세각만을 미지수로 나타낸 모델이다. 이 두 모델은 미지수 조합 모델 중 가장 적은 개수의 미지수를 포함 하고 있다.

4. 실험결과

전체적인 실험결과에 대한 분석은 Table 3과 Fig. 3, 4, 5를 가지고 하였다. Table 3은 모델점의 배치에 따른 궤도모델후의 검사점의 RMSE를 나타낸 것이며, Fig. 3, 4, 5는 모델점과 검사점의 거리차에 따른 검사점의 오차의 크기를 그래프로 나타낸 것이다.

Case-1실험과 Case-3실험은 모델점의 위치만 바뀌었을 뿐 거의 같은 실험이라고 할 수가 있다. Case-1, 3과 같이 모델점을 배치시켜서 실험을 한 이유는 공간객체의 정보를 얻고자 할 때 대상물에 대한 직접적인 접촉이 없이 영상 상/하단의 최소의 기준점만으로 동일 궤도 상에서 촬영된 스트립이 포함하는 지역에 대해서 3차원 위치정보를 획득하고 이를 검증하기 위해서이다. OA-5 ~ 7모델에서는 모델점의 위치가 검사점의 오차에 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 그러나 OA-1 ~ 4모델의 경우에는 모델점과 검사점의 거리차가 커지면 커질수록 오차가 크기가 증가하는 것을 확인할 수가 있었다. Fig. 3은 이와 같은 결과들을 나타내 주고 있다.

Case-1과 Case-3에 따른 각 OA모델의 RMSE는 Table 3을 통해 확인할 수가 있는데 Left, Right 스트립모두 OA-1 ~ OA-4 모델의 경우에는 위에서 언급한

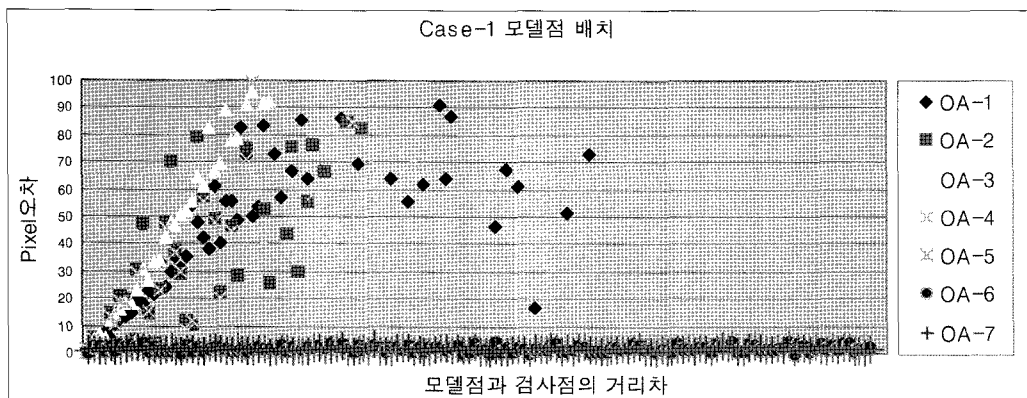


Fig. 3. Accuracy of orbit modeling for CASE-1.

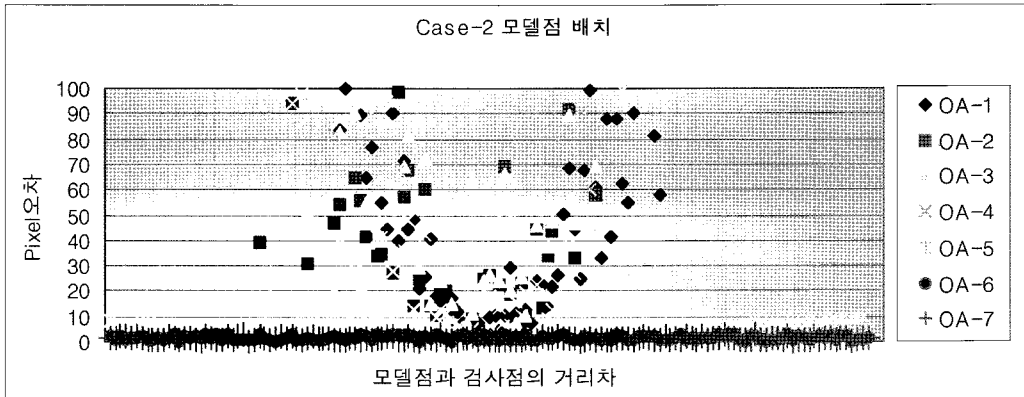


Fig. 4. Accuracy of orbit modeling for CASE-2.

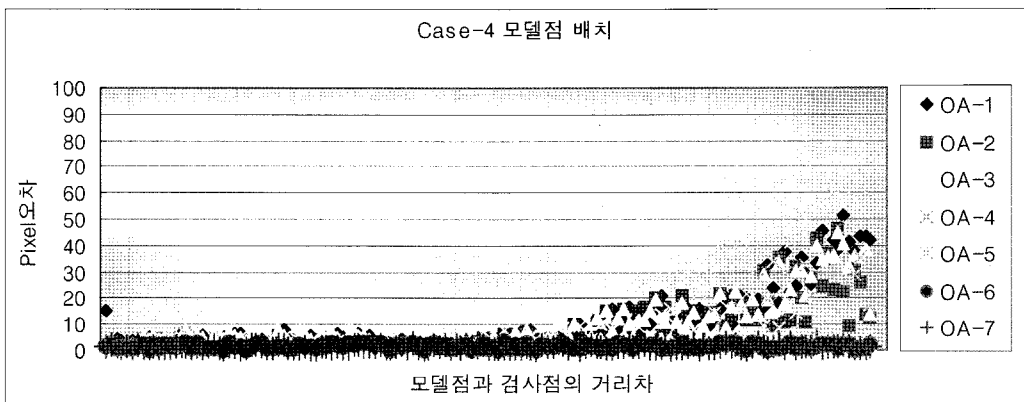


Fig. 5. Accuracy of orbit modeling for CASE-4.

것과 같이 모델점과 검사점의 거리차가 커짐에 따라 전체 스트립에 대해 상당히 큰 오차값을 나타내었다. 이와 같은 결과는 OA-1 ~ OA-4 모델은 궤도 모델에 적용하기에 효율적이지 않다는 것을 나타내 주고 있다. 반면에 위성의 자세각만을 미지수로 한 OA-7 모델은 전체 구간에 대해서 가장 정확하고 안정된 값을 나타내며 궤도 모델에 적합한 모델임을 나타내었다.

Case-2 실험은 모델점의 위치가 검사점에 어떤 영향을 끼치는지 알기 위해서 스트립의 중앙에 모델점을 배치시킨 후 궤도모델을 적용해 보았다. 궤도모델을 적용한 결과 OA-1 ~ OA-4의 경우에는 모델점이 검사점에서 멀어지면 멀어질수록 오차의 크기가 눈에 띄게 커지는 것을 확인 할 수 있었고, 모델점이 위치한 스트립의 중앙지역은 검사점과 모델점의 거리가 가까워질수록 상대적으로 오차가 작아지는 것을 Fig. 4를 통해 확인할 수가 있었다.

이번 실험을 통해 모델점의 위치가 전체 스트립의 검사점에 정확도에 영향을 미치는 것을 확인 할 수가 있었다. Table 3의 RMSE를 확인해 보면 OA-1 ~ OA-4 모델에 대한 각각의 스트립 오차가 이전 Case-1 때보다 확연하게 줄어든 것을 확인할 수가 있었다. 이와 같이 RMSE를 통해 오차값을 확인해 봤을 때 이번 실험에서도 양쪽 스트립 모두 OA-5 ~ 7 모델의 정확도가 가장 높게 나왔으며, 그 중에서도 OA-7 모델이 Case-1 실험 결과와 마찬가지로 기준점 위치에 상관없이 궤도 모델에 가장 적합한 모델임이 증명 되었다.

Case-2 실험에 이어서 모델점의 배치가 전체 스트립에 끼치는 영향에 대한 실험을 계속 진행 하였다. Left, Right 스트립의 기준점 배치를 Case-4, 5, 6과 같이 적용한 후 Table 3을 확인해 보면 전체적으로 GCP 오차가 줄어든 것을 확인할 수가 있었다. 그와 같은 결과가 나온 이유는 한쪽으로 모델점이 배치 됐을 때와는 다

Table 3. Results of orbit modeling

Left Strip							
	OA-1	OA-2	OA-3	OA-4	OA-5	OA-6	OA-7
CASE-1	466.1395	7837.6807	419.5702	1215.9526	2.5009	2.0186	1.5691
CASE-2	466.1394	2579865	954.7639	15943109	4.8613	1.8329	1.4721
CASE-3	244.9526	3189.875	239.0008	1079.6479	7.5897	2.0902	1.6037
CASE-4	15.4231	12.2837	14.1216	17.6124	1.8580	1.8193	1.4237
CASE-5	6.9968	11.0802	10.7459	2.67605	1.2633	1.8675	1.5977
CASE-6	6.1997	6.3774	18.9458	3.74238	1.3980	1.9022	1.5871
CASE-7	3.8497	1.8231	2.0016	1.5722	1.3351	1.885	1.4818
Right Strip							
	OA-1	OA-2	OA-3	OA-4	OA-5	OA-6	OA-7
CASE-1	2295.1267	13649	2839.2098	2.67E+08	20.6358	4.4305	1.5775
CASE-2	307.3980	334.1577	169.0155	185.0730	4.9560	2.7245	1.6245
CASE-3	2163.1154	1041723	1974.8217	1637.0779	3.6070	4.1638	1.5829
CASE-4	29.0634	18.8959	66.9424	20.5622	1.7674	3.0176	1.5770
CASE-5	10.7230	11.3495	8.4187	13.0333	1.8778	2.3917	1.6421
CASE-6	25.4936	57.5568	29.2185	5.2180	2.8949	2.9326	1.5654
CASE-7	5.3541	3.1235	3.0495	2.4647	3.2277	2.3893	2.4121

르게 스트립의 최상단과 중앙, 최상단과 하단 그리고 영상의 절반에 걸쳐 배치가 된 모델점이 전체 스트립에 대하여 검사점의 오차를 줄여주었기 때문이다. Fig. 5는 Case-4에 대한 궤도 모델의 결과를 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 5를 확인해 보면 Case-1, 2, 3의 경우와 같이 모델점과 검사점과의 거리가 커질수록 검사점의 오차가 커지는 것이 아니라, 스트립상단에 배치되어 있는 모델점과 검사점의 거리가 커지면 검사점의 오차값은 점점 커지지만 스트립중앙에 위치한 모델점이 다시 이를 보완해 전체 스트립의 위, 아래로 검사점의 오차를 다시 줄여주고 있기 때문에 전체적인 GCP 오차가 줄어드는 것을 확인할 수가 있다. 이와 같은 결과는 Case-5와 Case-6의 경우에도 똑같이 적용할 수가 있다. 양쪽 스트립에 대한 전체 OA모델의 RMSE를 확인해 봤을 때 전체 OA모델의 RMSE가 줄어든 것을 확인할 수가 있었다. 이는 앞에서 설명한 것과 같이 모델점의 배치 때문이며 전체 검사점의 정확도는 모델점의 배치에 상당히 큰 영향을 받는 것을 다시 한 번 증명해 주었다. 이번 실험에서도 최적의 미지수 조합 모델은 OA-7모델로 결론지을 수 있었다.

Case-7실험은 전체 OA모델에 대해서 높은 정확도를 나타내었다. 전체적인 오차의 크기는 OA-1모델이

가장 큰 오차를 나타냈으며 다른 모델들은 거의 구분이 안 갈 만큼 모든 모델에서 높은 정확도를 나타냈다. 이와 같은 결과는 지금까지의 실험으로도 예측할 수 있었던 결과이며, 전체 스트립에 걸쳐 기준점을 추출한 경우에는 OA-7모델이외의 다른 모델도 높은 정확도를 나타내는 것을 Table 3을 통해 확인할 수 있었다.

6. 결론

동일궤도상에서 촬영된 연속된 스트립 이미지에 대해 모델점의 위치를 각각 다르게 배치한 후 궤도모델을 각각의 경우에 대해 적용한 결과 모델점의 위치와 관계 없이 자세각만을 미지수로한 모델이 가장 높은 정확도를 나타냈다. 이와 같은 결과는 상대적으로 미지수가 적게 포함되는 미지수 조합식이 궤도모델의 전체적인 정확도에 영향을 미친다는 것을 증명해 주었다. 자세각만을 미지수로 선택하는 모델에 비해 상대적으로 고차항의 미지수를 많이 포함하고 있는 모델은 거의 모든 기준점배치에 대해서 낮은 정확도를 나타냈지만 모델점을 전체 스트립에 배치하였을 경우에는 다소 높은 정확도를 나타냈다. 하지만 이런 결과는 실험적인 결과일 뿐이

고 만약 모델점을 전체 스트립에 걸쳐 배치하여야 한다면 전체 스트립이 포함하는 지역에 대해 기준점 측량을 해야 하므로 시간적, 경제적인 효율성이 떨어지기 때문에 궤도모델에 적용하기에는 적합하지 못한 미지수 조합 모델이라고 결론지을 수 있었다. 전체적인 실험을 종합해 봤을 때 궤도기반 센서 모델링시 모델점의 위치에 관계없이 가장 높은 정확도를 가지는 미지수 조합 모델은 자세각만을 미지수로 선택하는 모델로 결정되었다. 그리고 이 모델은 동일궤도상의 한 영상에 대해 센서모델을 수립한 후 다른 연속된 영상에 대해 궤도모델을 적용하였을 때 궤도기반 모델이 전체 궤도의 스트립에 대해 적용이 가능하다는 결론을 이끌 수 있게 해 주었다. 만약 모델점의 배치를 전체 스트립의 상단이나 전체 스트립의 하단에 배치해 한 Scene에서 대해서 궤도 기반 센서모델을 적용한 후 이를 연속된 궤도의 스트립에 대해서 궤도모델을 수립한다면 약 2pixel(1pixel : 10m)이 내의 오차로 약 420km의 거리에 포함되는 북한의 전 지역에 대한 좌표를 얻을 수 있을 것이다. 이는 군사적 분야 혹은 지정학적 분야에서 북한을 분석하는데 큰 도움을 줄 수가 있을 것이다. 향후 연구과제로 SPOT-5, IKONOS, Quickbird, KOMSAT-2위성 등에 궤도모델의 적용 가능성 대해 실험을 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 김태정, 2005. 선형 푸시브룸 센서모델의 번들조정 정확도 및 외부표정 요소추정 정확도분석, 한국측량학회지, 23(2): 137-145.
- 김태정, 김승범, 신동석, 2000. 대표적 위성영상 카메라 모델링 알고리즘들의 비교연구, 대한원격탐사학회지, 16(1): 73-86.
- 김현숙, 김태정, 2006. 궤도기반센서모델을 이용한 SPOT 위성 궤도모델링 정확도 분석, 한국지형공간정보학회지, 14(4): 27-36.
- SPOT Image, 1997. The SPOT Scene Standard Digital Product Format, S4-ST-73-01-SI.
- SPOT Image, 2002. SPOT Satellite Geometry Handbook, S-NT-73-12-SI.
- Gupta, R. and Hartley, R. 1997. Linear Pushbroom Cameras, *IEEE Trans. PAMI*, 19(9): 963-975.
- Jacek, G. and Gene, D. 2003. Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(1): 59-68.
- Kim, T, 2006. Modeling Satellite Orbital Segments using Orbit-Attitude Models, *Korean Journal of Remote Sensing*, 22(1): 63-73.
- Kim, T. and Dowman, I.J. 2006. Comparison of Two Physical Sensor Models for Satellite Images : *The Photogrammetric Record*, 21(114): 110-123.
- Orun, A. B, and Natarajan, K. 1994. A modified bundle adjustment software for SPOT imagery and Photography : Tradeoff, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(12): 141-143.