

## 위성영상 센서모형화의 정확도 평가방법에 관한 연구

# A Study for The Accuracy Assessment Method of Satellite Sensor Modeling

최철순\* · 고현수\*\* · 홍재민\*\*\* · 윤창락\*\*\*\*

Choi, Chul Soon · Ko, Hyun Soo · Hong, Jae Min · Yoon, Chang Rak

### 要 旨

현재 위성영상 센서모형화의 정확도에 관한 연구는 자료의 전체적인 오차 크기를 추정하는데 초점이 맞추어져 있다. 이러한 유형의 오차평가는 오차의 정량적인 크기만을 고려한 것으로 오차의 분포 특성을 해석할 수 없다는 한계점을 안고 있다. 위성영상 센서모형화 결과의 수치적 평가는 오차의 분포 특성의 부재로 위성영상 모형화 결과의 신뢰성이 떨어지게 된다. 본 연구를 통해 오차의 크기를 잘 표현할 수 있는 RMSE와 더불어 오차의 방향성 계수를 산정함으로써 오차의 분포 특성을 확인할 수 있었다. 또한 방향성 계수가 1에 가까울수록 특정 계통오차가 있으며 0에 가까울수록 우연오차가 있음을 확인 할 수 있어 오차의 방향성 분석을 통하여 오차를 감소시킬 수 있는 방안을 제시할 수 있었다.

**핵심용어** : 센서모형화, 오차평가, RMSE, 방향성계수

### Abstract

Recent researches about the accuracy assessment of the satellite sensor modeling usually focused on the quantitative analysis of errors. Quantitative error analysis contains its limitation that the distribution property of error can not be analyzed. The numerical evaluation of result of the satellite sensor modeling drop its confidence because of the absence of the distribution property of error. This study can be presented the distribution property of error to calculate RMSE and direction-coefficient of error. Moreover, Direction-coefficient which is closed to 1 s contains systematic errors. On the contrary, direction-coefficient which is closed to the zero contains random errors. To analyse the direction of errors, we will indicate that a formula is reduced the error.

**Keywords** : Sensor modeling, Accuracy assesment, Root mean square error, Direction-coefficient

## 1. 서 론

위성영상의 센서모형화 결과의 오차는 여러 가지의 요인에 의해 발생되고 있다. GCP 선점과 정확도의 문제점, 영상의 모형화, 영상점과 지상점의 매칭 등에 의해 오차가 발생할 가능성을 내재하고 있다. 그러나 지금의 RMSE 오차분석으로는 영상의 센서모형화 오차 요인을 분석할 수 없다는 한계를 가지고 있다.

Liu와 Jezek은 RMSE(Root Mean Square Error)가 DEM 오차의 크기만을 알려주기 때문에, 구조적인 편의(bias)를 설명하기 위해 오차의 평균값과 표준편차를 결합하는 것이 RMSE보다 더 나은 결과를 나타낸다고 주장하였다<sup>(1)</sup>. 황철수는 탐색적 공간자료분석 범주에 속하

는 접근 방법을 통해 RMSE가 밝히지 못하는 DEM의 공간적·비공간적 오차 특성을 탐색하여 그 이용가능성을 평가하였다<sup>(2)</sup>.

따라서 위성영상자료의 오차를 평가하기 위해서는 RMSE라는 단일지표에 의한 평가기준과 함께 오차의 분포특성을 반영하는 방안이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 IKONOS-2와 SPOT-5 영상을 이용하여 IKONOS의 경우는 편위보정<sup>(3)</sup> 전과 후의 결과값에 대한 방향성벡터 분석과 SPOT은 엄밀센서모형<sup>(4)</sup>으로 기하보정을 수행한 후 그 결과 값에 대한 오차의 특성을 분석하였다. 또한 1/5,000 수치지도에서의 취득된 GCP와 GPS로 실관측한 GCP를 사용하여 모형화 후의 오차 특성을 분석하고자 하였다.

2005년 5월 24일 접수, 2005년 6월 21일 채택

\* 관동대학교 토목환경공학과 정교수 (ccsoon@kwandong.ac.kr)

\*\* 주저자, 관동대학교 토목환경공학과 박사과정 (khs631@hanmail.net)

\*\*\* 석곡관측과학기술연구원 연구원 (alssmile@sog.or.kr)

\*\*\*\* 한국전자통신연구원 텔레메틱스·USN연구단 선임연구원 (cryoon@etri.re.kr)

## 2. 영상 모형화 결과의 방향성 계수

RMSE의 경우 오차의 정량적인 특성만을 나타내며 오차의 방향성을 알 수가 없는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 RMSE의 단점을 보완하기 위하여 모형화 결과에 대한 오차의 방향성 계수에 관한 알고리즘을 제안하고자 하였다.

### 2.1 좌표계 정의

방향성 계수를 설정하기 위한 좌표계의 정의는 다음과 같다(그림 1 참조).

검사점의 영상좌표 :  $(x_c, y_c)$

검사점의 지상좌표 :  $(X_C, Y_C, Z_C)$

센서모형화를 통하여 지상좌표  $(X_C, Y_C, Z_C)$ 에 대응하는 영상좌표 :  $(x_s, y_s)$

오차 Vector :  $E = (x_E, y_E) = (x_s, y_s) - (x_c, y_c)$

### 2.2 오차벡터와 RMSE와의 관계

위에서 정의한 좌표계에 따라 오차 벡터를 표현하면 그림 2와 같다.

$n$ 개의 검사점에 대한 일반적으로 사용하는 RMSE는 그림 2에서의 원의 반지름이며 그 크기는 식 (1)과 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_1^n |E_i|^2}{n}} \quad (1)$$

또한 각 방향별 RMSE는 식 (2)와 같다.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n x_{E_i}^2}{n}} \quad (2)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_1^n y_{E_i}^2}{n}}$$

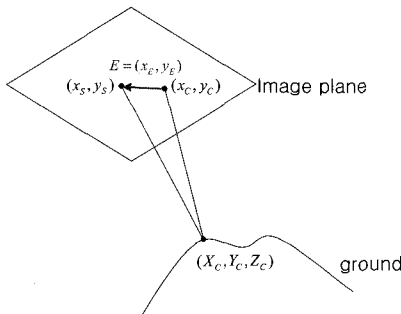


그림 1. 좌표계의 정의

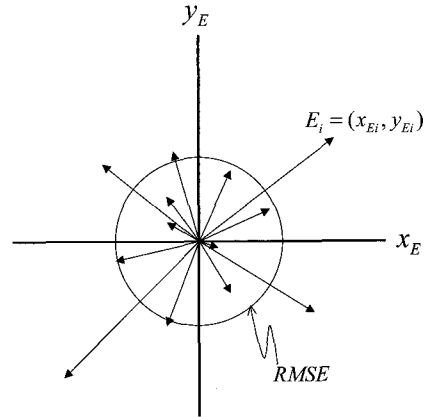


그림 2. 오차벡터와 RMSE

### 2.3 방향성 계수의 정의

$n$ 개의 검사점에 대한 벡터평균은 식 (3)으로 정의한다.

$$\text{오차의 벡터평균} = \frac{\sum_1^n E_i}{n} \quad (3)$$

그리고 방향성 계수는 식 (4)으로 정의한다.

$$\text{방향성 계수} = \frac{|\text{평균벡터}|}{REMS} \quad (4)$$

## 3. 방향성 계수를 적용한 정확도 분석

### 3.1 IKONOS-Geo 영상

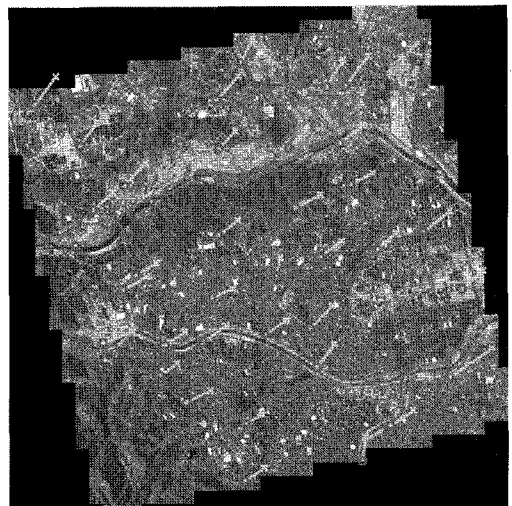


그림 3. 편위보정전 좌측영상

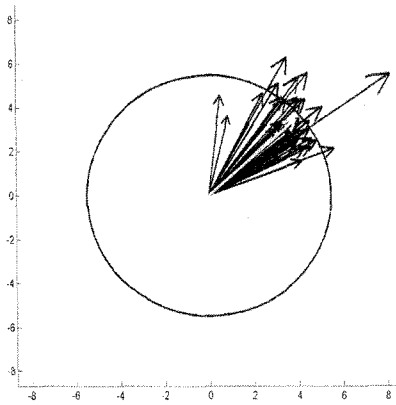


그림 4. 편위보정전 좌측영상에 대한 RMSE(원형)와 벡터평균 방향성계수 = 0.954, 벡터평균 = 5.237, RMSE = 5.491

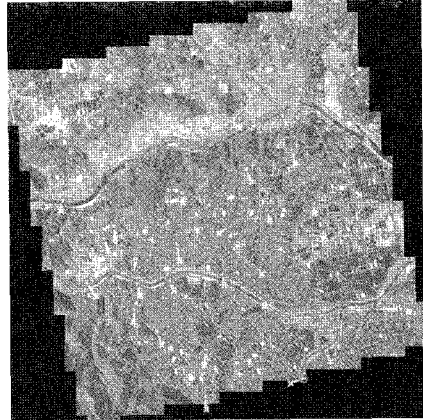


그림 7. 편위보정후의 좌측영상

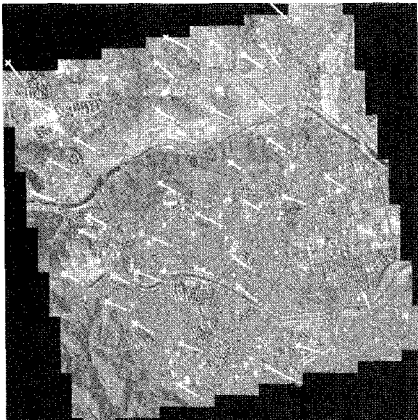


그림 5. 편위보정전 우측영상

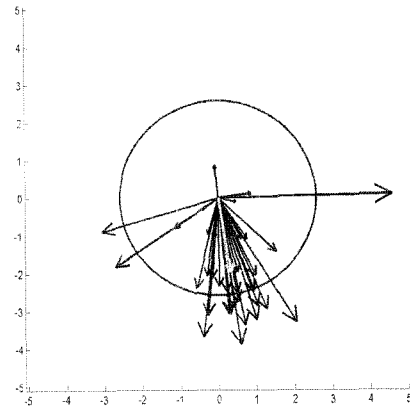


그림 8. 편위보정후의 좌측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균 방향성계수 = 0.769, 벡터평균 = 1.989, RMSE = 2.585

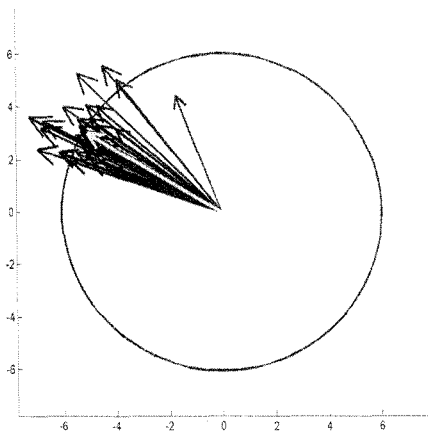


그림 6. 편위보정전 우측영상에 대한 RMSE(원형)와 벡터평균 방향성계수 = 0.973, 벡터평균 = 5.882, RMSE = 6.045

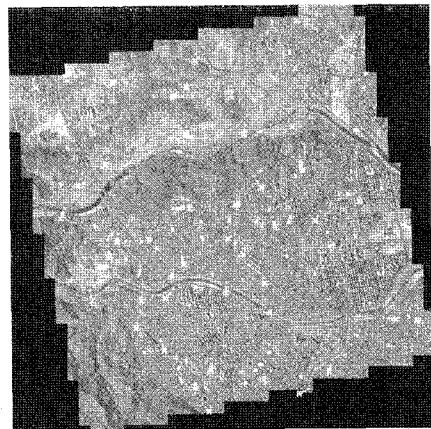


그림 9. 편위보정후의 우측영상

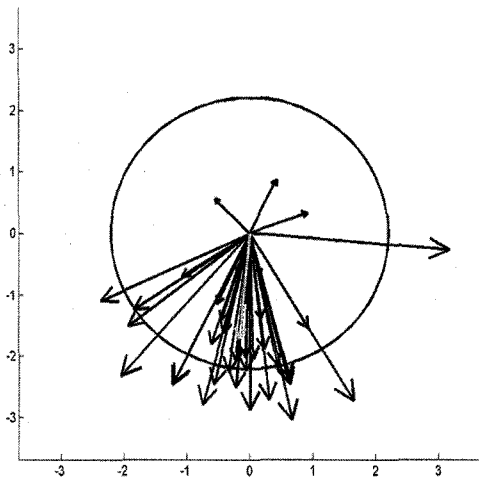


그림 10. 편위보정후의 우측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균  
 방향성계수 = 0.775, 벡터평균 = 1.708, RMSE = 2.206

IKONOS의 경우 제공되는 RPC를 사용할 경우 모형화 결과의 정확도는 일정량의 편위를 지니게 된다. 이러한 경우 오차가 일정 방향으로 발생하며 방향성 계수가 거의 1에 가깝게 나왔다. 편위를 보정 한 이후에는 RMSE가 크게 줄어들어 정확도가 향상 되었으나 여전히 0.75 이상의 방향성 계수가 나오며 편위가 남아 있음을 확인할 수 있었다.

3.2 SPOT-5에의 적용

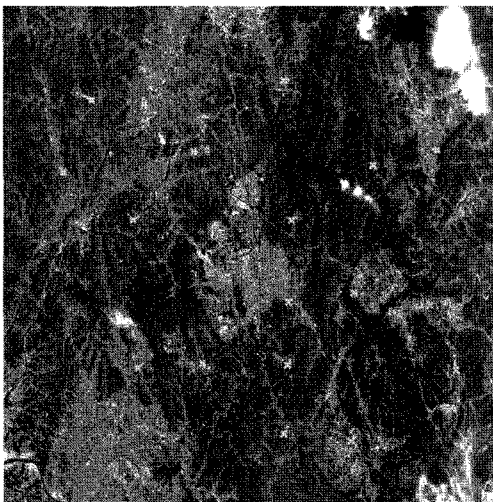


그림 11. 좌측영상 모형화 결과(수치지도로부터 취득한 기준점 사용)

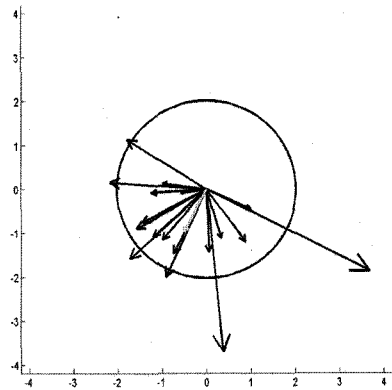


그림 12. 좌측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균  
 (수치지도로부터 취득한 기준점 사용)  
 방향성계수 = 0.538, 벡터평균 = 1.089, RMSE = 2.021

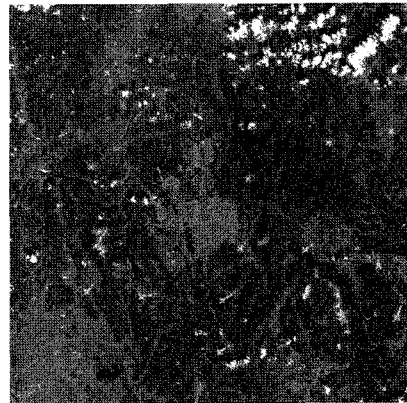


그림 13. 우측영상 모형화 결과(수치지도로부터 취득한 기준점 사용)

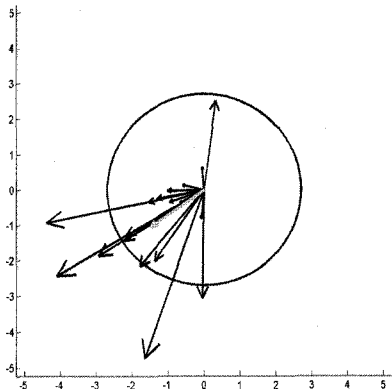


그림 14. 우측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균  
 (수치지도로부터 취득한 기준점 사용)  
 방향성계수 = 0.700, 벡터평균 = 1.806, RMSE = 2.697

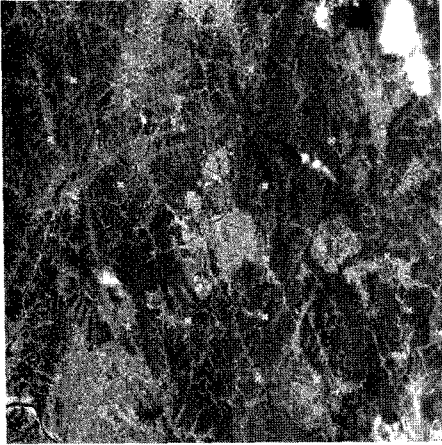


그림 15. 좌측영상 모형화 결과(실측한 기준점 사용)

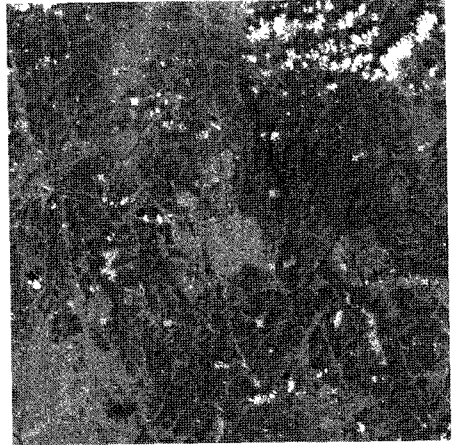


그림 17. 우측영상 모형화 결과(실측한 기준점 사용)

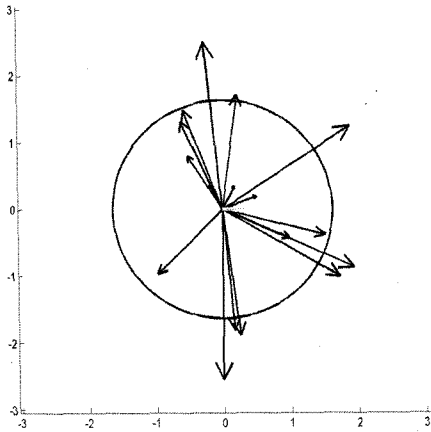


그림 16. 좌측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균 (실측한 기준점 사용)  
 방향성계수 = 0.213, 벡터평균 = 0.348, RMSE = 1.632

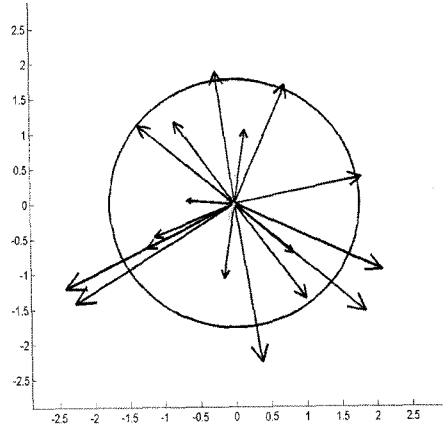


그림 18. 우측영상에 대한 RMSE(원형)과 벡터평균 (실측한 기준점 사용)  
 방향성계수 = 0.142, 벡터평균 = 0.251, RMSE = 1.771

#### 4. 방향성계수 적용 결과

본 연구에서 제시한 방향성 계수를 IKONOS 영상과 SOPT-5호 영상에 적용하였다. 각각의 결과에 대한 방향성 계수, 벡터평균의 크기, RMSE는 표 1과 같다.

IKONOS의 경우 편위를 보정함으로써 영상좌표의 RMSE는 좌측의 경우 5.491영상소에서 2.585 영상소로, 우측의 경우 6.045영상소에서 2.206영상소로 크게 줄었음을 알 수 있다. 방향성계수를 살펴보면 좌측영상의 경우 0.185, 우측영상의 경우 0.198가 감소하였다. 방향성 계수가 줄어들긴 하였지만 여전히 한 방향으로 치

우치는 경향을 보이며 0.75보다 큰 방향성 계수의 값이 이를 잘 나타내고 있다.

SPOT-5의 경우 수치지도에서 취득한 지상기준점을 사용하여 엄밀모형식을 수행한 결과와 GPS 측량을 통한 실측 기준점을 사용한 결과를 비교해 보았다. 수치지도의 경우, 실관측자료 모형화 결과 값(RMSE)과는 별 차이가 없지만 방향성 계수가 다소 높게 나타났다. 또한 벡터로 표현한 결과 한쪽으로 편위가 있음을 알 수 있었다. 실측 자료를 이용한 경우 특정 방향으로의 편위는 발생하지 않았으며 random한 오차가 발생하였다.

표 1. 방향성계수 적용 결과

구 분		방향성계수	백터평균의 크기	RMSE	
IKONOS	좌측영상	편위보정전 RPC모형결과	0.954	5.237	5.491
		편위보정후 RPC모형결과	0.769	1.989	2.585
	우측영상	편위보정전 RPC모형결과	0.973	5.882	6.045
		편위보정후 RPC모형결과	0.775	1.708	2.206
SPOT-5	좌측영상	수치지도 기준점 사용결과	0.538	1.089	2.021
		GPS측량 기준점 사용결과	0.213	0.348	1.632
	우측영상	수치지도 기준점 사용결과	0.700	1.806	2.697
		GPS측량 기준점 사용결과	0.142	0.251	1.771

## 5. 결 론

본 연구에서 실관측 자료와 수치지도에서 취득한 GCP를 이용하여 IKONOS-2와 SPOT-5 고해상 영상을 모형화하고 모형화 결과의 오차 특성인 방향성 계수를 분석함으로써 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 오차의 크기를 잘 표현할 수 있는 RMSE와 더불어 방향성 계수를 산정함으로써 오차의 방향성을 확인할 수 있었다.
2. 방향성 계수가 1에 가까울수록 특정 계통오차(systematic error)가 있으며 0에 가까울수록 우연오차(random error)가 있음을 확인 할 수 있었다.

향후 방향성 계수를 이용한 최적 편위 보정기법에 관한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국전자통신연구원의 2004년도 위탁연구로 수행된 과제이다.

## 참고문헌

1. Liu H. and K. Jezek, 1999, Investigation of DEM Error Pattern by Directional Variogram & Fourier Analysis, Geographical Analysis, Vol. 31, No. 3.
2. 황철수, 1999, DEM 오차 평가 방법에 관한 연구, 한국지형공간정보학회, Vol. 7, No. 2, pp. 23-34.
3. Fraser, C., Hanley, H., 2003, Bias Compensation in Rational Function for IKONOS Satellite Imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 69, No. 1, pp. 53-57
4. Makki, S. A., 1991, Photogrammetric Reduction and Analysis of Real and Simulated SPOT Imageries, Ph. D. Dissertation, Purdue University.