

# 수몰 지역의 영상복원을 위한 정밀기하보정 및 채널선정 비교연구

연상호<sup>1\*</sup>

## A Study on the Comparison of Channel Selection and Precision Geometric Correction for Image Restoration of an Submerged Water

Sang-Ho YEON<sup>1\*</sup>

### 요 약

우리가 살아가고 있는 현실공간에서 사라진 과거의 지형공간을 복원한다는 것은 매우 의미가 있는 실험연구이다. 본 연구는 20여 년 전에 다목적 대형 댐의 건설로 대부분 물속으로 사라진 청풍호수 주변의 마을을 대상으로 원격탐사기법으로 3차원 지형을 복원하기 위한 연구이다. 수몰 이전의 비교적 해상도가 높은 인공위성 사진과 영상 및 지도를 이용하여 과거의 새로운 영상을 복원하는 실험을 실시하였다. 이로써 영상과 영상의 좌표변환, 영상과 지도와의 정밀기하보정, 과거지도와 참조지도 및 좌표변환을 통하여 DEM과의 중첩오차를 최소화시키고, 영상 복원 시에 손실정보를 최소화하는 최적채널 선정을 통하여 수몰이전을 가장 잘 보여주는 퓨전영상을 복원할 수 있었다.

주요어: 지형공간, 댐, 기하보정, 영상복원, 수치표고모형, 퓨전 영상

### ABSTRACT

It's a very meaningful experimental study to image restoration of ancient villages vanished at the real life spatial world. Focused on Cheung-Pyung Lake around where most part were flooded by the Chung-Ju large dam founded in early 1980s, we used remote sensing technique in this study in order to restore topographical features before the flood with 3 dimensional effects. It was gathered comparatively good satellite photos and remotely sensed digital images, then its made a new color image from these and the topographical map which had been made before filled water. This task was putting together two kinds of different timed images. And then, we generated DEM(digital elevation model) including the outskirts of that area as hamonizing current contour lines with the map. That could be a perfect 3D image of Cheung-Pyung around before when it had been flood by making perspective images from all directions, north, south, east and west, for showing there in three dimensions. Also, flying simulation we made for close visiting can bring us to experience their real space at that time.

*KEYWORDS: Spatial, DAM, Geometric Correction, DEM, Fusion Image*

2003년 11월 17일 접수 Received on November 17, 2003 / 2004년 3월 6일 심사완료 Accepted on March 6, 2004

<sup>1</sup> 세명대학교 건설공학부 토목공학과 Department of Civil Engineering, Semyung University

\* 연락처 e-mail: yshkgi@hanmail.net

## 연구배경 및 연구목적

최근의 원격탐사 분야는 고해상도 위성 영상 자료의 국내 배포와 아리랑 1호 발사의 계기로 앞으로 정보화 사회를 구현함에 있어서 위성 정보 활용의 폭이 넓어지고, 중요 정책 결정의 자료로 사용되고 있다. 또한 디지털 영상의 대중화 시대로 접어들면서 작은 단말기를 이용한 다양한 위성정보서비스를 받아서 이용할 수 있게 됨에 따라 국토공간의 공간영상정보의 중요성은 더욱 부각될 것으로 보인다(연상호와 홍일화, 2003). 그러나 과거의 저해상도 및 부분적인 공간정보 밖에 얻어낼 수 없는 시대에 대한 국토정보는 종이로 만들어진 지형도 외에는 그 형상을 찾을 길이 없다. 이러한 과거의 생활공간을 현실의 컴퓨터 영상공간에서 당시의 형상대로 3차원으로 복원한다는 것은 매우 뜻깊은 일임에 틀림없다. 본 연구에서는 충주 다목적 댐의 건설로 수몰 된 아름다운 청풍명월의 본향인 청풍 수몰 지구를 대상으로 현재의 공간에서 사라져간 과거의 지형공간의 내용을 영상 복원하기 위한 작업과정에서 위성 및 지도의 기초자료가 빈약한 과거의 자료를 현재의 우리가 사용하는 지도좌표로 정밀한 기하보정 과정에서 시도했던 여러 방법들을 제시하고 복원 영상에서 최종적으로 채택할 여러 채널에서 보여주는 생성되는 영상을 비교함으로써 최적의 솔루션을 찾아내는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

## 연구대상 지역조사 및 데이터 편집

본 연구대상지역은 현재 제천시 청풍일대로서 산수가 수려하고 커다란 청풍호반이 자리 잡고 있어 내륙관광의 중심지로 부가되고 있는 곳이다. 그러나 이곳은 1984년 충주댐의 건설로 인하여 남한강 주변 해발 145m까지 대부분이 물속에 잠겨서, 약 3,300여 가구가 이주를 하고 2만 여명의 실향민을 만들어낸 수몰지구의 중심이기도 하다(충주댐 수몰 마을사 편찬

위원회, 2001). 이러한 청풍호수를 대상으로 국립지리정보원에서 1984년 발행한 1:25,000 축척의 지형도를 근거로 하여 대상지역에 대한 영상복원을 위한 기초적인 작업을 하였다. 우선 사용가능한 마을 사진을 마을리 단위별로 구분하여 수몰전과 후의 지형도를 비교 절출하고, 그 당시의 마을 사진을 칼라 스캔하여 사진으로 보는 마을을 정리하였다. 각 마을별로 정리한 자료집을 참조로 마을의 영상이 보여 질 수 있도록 추후에 만들어진 위성사진 및 영상과의 통합 편집을 고려하였다. 그림 1은 연구대상지역에 대한 수몰 이전의 종이지형도이고, 그림 2는 수몰 이후의 변화된 동일지역의 지형도이다(충주댐 수몰 마을사 편찬위원회, 2001).

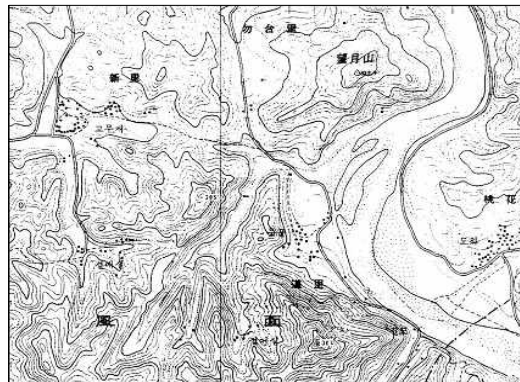


FIGURE 1. Topographic map in 1980



FIGURE 2. Topographic map in 1984



FIGURE 3. Landsat TM in 1991

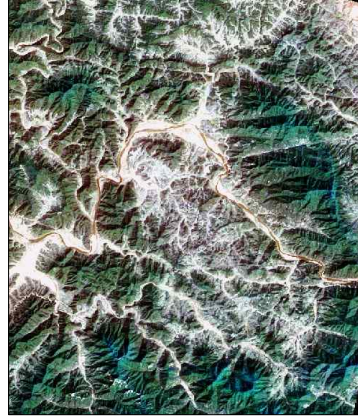


FIGURE 4. Landsat TM in 1984

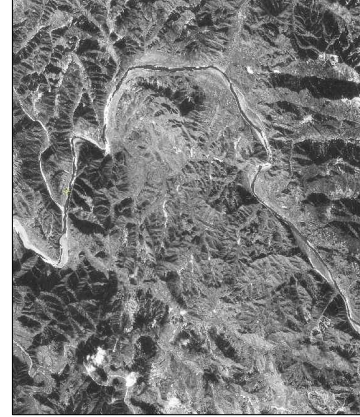


FIGURE 5. Corona in 1969

본 연구에서 이용한 인공위성 영상은 충북 제천시 청풍호수 일대를 대상으로 해상도가 서로 다른 1969년에 촬영된 흑백의 Corona 영상과 1984년 2월에 촬영된 Corona 3호 위성영상의 정보를 획득하여, 수몰된 과거로의 지형공간정보를 약 20년이 지나서 컴퓨터 현실공간에서 보여 줄 수 있도록 하였다. Corona 위성사진은 스캔하여 얻어진 흑백 이미지 파일로서 공간해상도가 5~10m 정도이고, 궤도 정보 등 부가적인 정보를 가지고 있지 않다. Landsat TM 센서의 공간해상도는 약 30m×30m이며 열적외선 밴드를 포함하여 7개의 밴드를 포함하고 있다. 또한 이를 간접적으로 확인할 수 있는 수몰이후의 Landsat 4호의 TM 영상과 최근에 촬영된 IKONOS 영상을 참조영상으로 이용하였다.

Corona 영상은 1960년에서 1972년까지 냉전시대 관심지역에 대한 첩보영상을 취득하기 위하여 운영하였다. 이러한 위성계획의 후반부에 발사된 위성사진의 경우에, 지상해상도는 2m까지의 정확도를 기대할 수도 있을 만큼 높은 정도를 가지고 있었으나 일반인은 사용이 금지되어왔다. 그러므로 1972년 이전의 영상 자료를 고해상도로 제공할 수 있어 매우 유용한 자료이다(손흥규 등, 2002). 이 위성에 대한 촬영정보가 전혀 없어 기본적인 위성시스템의

자세와 기상 에 의한 대기보정 및 방사보정을 할 수 없다. 그러므로 지상기준점을 이용한 정밀기하보정 방법에만 의존하였다. 아래의 영상은 연구대상 지역인 청풍호반에 대하여 사용한 Corona 사진과 Landsat 원시영상 데이터이다(그림 3, 그림 4, 그림 5).

본 연구에서 사용한 디지털 영상 처리를 위한 소프트웨어는 정사영상 제작 기능을 제공하는 PCI Geomatics사의 OrthoEngine V9.0 을 이용하였다(PCI Geomatics, 2003).

## 정밀기하보정

### 1. 지상기준점 수집

정확한 정사보정영상을 얻기 위해서는 지상기준점의 수집이 중요하다. 지상기준점을 수집하기 위해서는 GPS 측량이나 래스터영상, 종이지도를 이용하여 수집한다. 본 연구에서는 국토지리정보원에서 제작한 1:25000 수치지도와 1984년에 제작한 지형도에서 도로망, 하천, 등고선, 건물 레이어를 이용하여 위성영상에서 판독이 명확한 건물지붕이나 교량의 끝점, 도로의 교차점 등 지형의 변화가 없는 지점에서 좌표와 일치하는 지상기준점을 각 영상에 따라 다르게 선정하였다(그림 7, 그림 8).

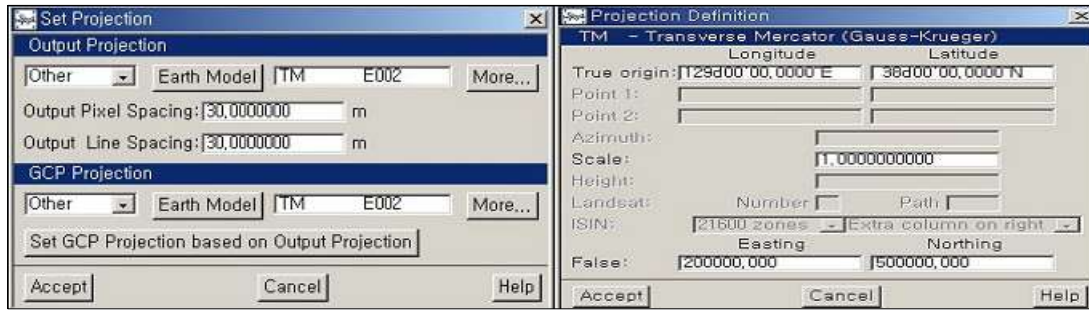


FIGURE 6. Geometric correction of information

## 2. 정밀기하보정

기하보정은 영상 내의 좌표값과 실제 좌표값을 일치시키기 위한 과정으로, 최근 원격탐사자료가 여러 가지 종류의 공간 및 속성자료와 함께 지리정보 시스템에서 많이 이용되고 있어 특히 중요한 처리과정이다(연상호 등, 2001). 본 연구에는 우선 1991년의 UTM 좌표로 만든 영상을 TM 좌표로 변환하여 재배열하고, 이를 이용하여 영상에서 동일점을 확인하여 1984년의 왜곡영상을 정밀 기하보정하는 것으로 하였다. 1969년의 Corona 사진영상은 15년 후의 변화된 지형에서의 영상간 식별이 불가능하여 1984년 발행의 지형도에서 확인할 수 있는 곳을 지상기준점으로 정하여 기하보정을 수행하였다(이영란 등, 1998; 손흥규 등, 2002).

영상의 지도투영법은 TM E002 투영법으로 수치지도의 투영법과 동일한 것으로 하였다. 좌표 변환은 지상기준점을 통해 보정 전 영상에서의 좌표값과 보정 후 계산되는 좌표값 사이의 관계식을 만들어 영상내의 좌표를 변환시키는 1차 다항식을 이용하였다(유복모와 토니헝크, 2003).

즉, UTM 좌표계인 Landsat 1991년도 영상을 수치지형도를 이용하여 Image-to-vector 방법으로 보정을 하였고, TM E002 투영법으로 보정된 Landsat(1991년)영상과 Landsat(1984년) 영상은 Image-to-image 방법을 사용하여 보정하였다. 다음으로 Image-to-map의 방법으로 1차 기하보

정된 Corona 영상을 2차로 기하보정된 Landsat 1984년 영상을 이용하여 Image-to-image 방법으로 기하보정을 하였다(윤근원 등, 2003). 영상의 재배열은 최근린내삽법을 이용하였다.

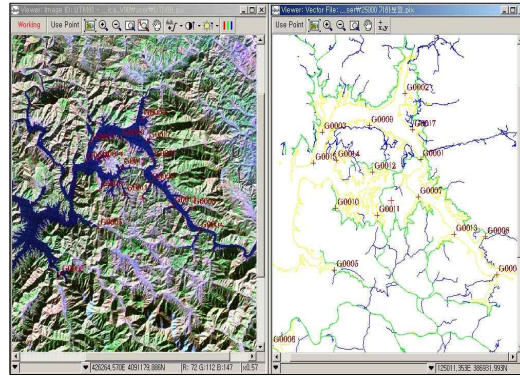


FIGURE 7. Image-to-map rectification

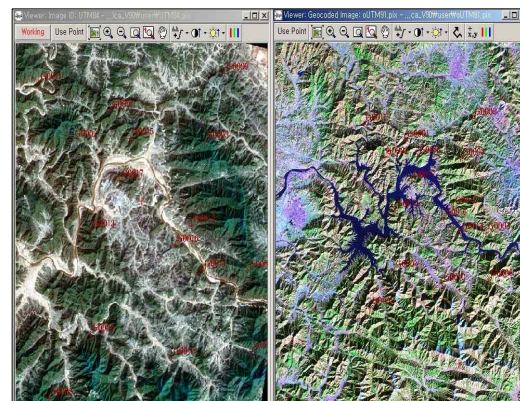


FIGURE 8. Image-to-image rectification

| Point ID | Residual | Res X | Res Y | Type |
|----------|----------|-------|-------|------|
| G0008    | 0.58     | 0.48  | -0.33 | GCP  |
| G0010    | 0.56     | -0.38 | 0.42  | GCP  |
| G0005    | 0.49     | 0.18  | -0.46 | GCP  |
| G0004    | 0.47     | -0.47 | 0.07  | GCP  |
| G0015    | 0.45     | -0.31 | -0.32 | GCP  |
| G0002    | 0.39     | -0.28 | 0.27  | GCP  |
| G0003    | 0.39     | 0.37  | -0.11 | GCP  |

FIGURE 9. RMS error (Landsat TM 1991)

| Point ID | Residual | Res X | Res Y | Type |
|----------|----------|-------|-------|------|
| G0012    | 0.24     | 0.05  | -0.24 | GCP  |
| G0010    | 0.23     | -0.17 | 0.16  | GCP  |
| G0009    | 0.23     | 0.12  | 0.19  | GCP  |
| G0017    | 0.22     | 0.22  | -0.04 | GCP  |
| G0002    | 0.20     | -0.18 | -0.10 | GCP  |
| G0011    | 0.20     | 0.10  | 0.17  | GCP  |
| G0003    | 0.19     | -0.19 | -0.03 | GCP  |

FIGURE 10. RMS error (Landsat TM 1984)

| Point ID | Residual | Res X | Res Y  | Type |
|----------|----------|-------|--------|------|
| G0004    | 22.35    | 21.79 | 4.94   | GCP  |
| G0002    | 22.15    | -7.90 | -20.70 | GCP  |
| G0013    | 22.03    | 2.49  | 21.89  | GCP  |
| G0008    | 21.36    | -2.86 | 21.16  | GCP  |
| G0021    | 21.33    | 9.11  | -19.29 | GCP  |
| G0024    | 21.25    | -5.41 | 20.54  | GCP  |
| G0014    | 21.00    | 13.41 | -16.16 | GCP  |

FIGURE 11. RMS error (Corona 1969)

지상기준점에 대한 매칭의 정밀도를 확인하기 위하여 최소자승오차(RMSE) 방법으로 최종 정밀보정에 사용한 GCP에 대한 정확도를 평가하였다. 그 결과 1991년에 촬영한 Landsat TM 영상은 0.38m, 1984년 촬영한 Landsat TM 영상은 0.18m, Corona 영상은 15.74m로 나타났다. 여기서 Corona 영상에 대한 RMS 오차가 상대적으로 크게 나타났으나 약4~5m의 해상도를 가진 사진이므로, 30m의 지상 해상도를 보여주는 Landsat TM 영상과의 중첩시 시각적으로는 크게 어긋나지 않아 이를 감안하더라도 큰 문제가 되지 않는 것으로 보여 주었다.

## 최적영상 선정

1969년에 촬영된 Corona 위성사진은 사진을 스캔하여 얻어진 흑백 이미지 파일로서 약 5~10m의 지상분해능을 가질 수 있는 것으로 판단되었다. 그리고 Landsat TM은 약 28.5m의 지상분해능의 다밴드 영상이므로 이를 합성하여 퓨전영상으로 만들어 낼 수 있다면 적어도 10~15m의 시각적 분해능이 가능하리라 판단되어 두 가지의 서로 다른 시기의 데이터를 하나의 데이터 포맷으로 만들어 합성영상을 만들었다. 약 15년의 시간차가 있는 픽셀 해상도가 전혀 다른 두 가지 영상정보가 합쳐져서 하나의 또다른 영상을 생성하기 위하여 몇 가지 새로운 실험을 실시하였으며, 그에 대한 결과는 아래 퓨전 영상으로 나타내었다(그림 12~15).

퓨전영상 1은 Corona 영상과 Landsat TM의 1/2/3 밴드의 합성영상이고, 퓨전영상 2는 Corona와 TM의 1/3/5 밴드의 합성영상이며, 퓨전영상 3은 Corona와 TM의 1/2/7 합성영상이고, 퓨전영상 4는 Corona와 TM의 1/3/7의 합성영상의 결과이다.

본 연구에서는 수물 이전의 지형과 마을의 형태를 가장 잘 보여주는 자연색의 퓨전3의 영상으로 결정하여, 이후에 이루어진 3차원 입체영상의 최적의 합성영상 채널로 선정하였다. 최적채널로 선정된 1/2/7의 칼라합성영상과 Corona 영상과의 3차원 투시조감도에 생성(연상호와 홍일화, 2003)에 적용한 결과 아래와 같은 복원된 영상을 얻어낼 수 있었다.



FIGURE 12. Fusion image 1

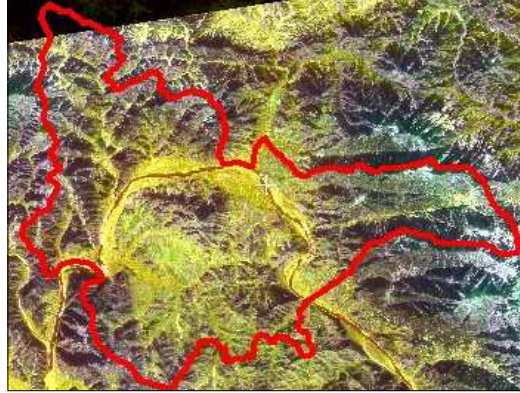


FIGURE 13. Fusion image 2

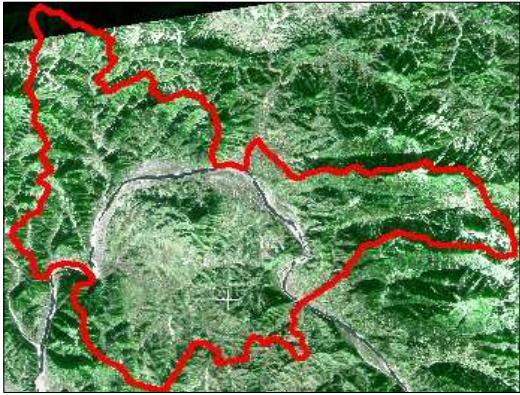


FIGURE 14. Fusion image 3



FIGURE 15. Fusion image 4



FIGURE 16. Perspective image(east→west)

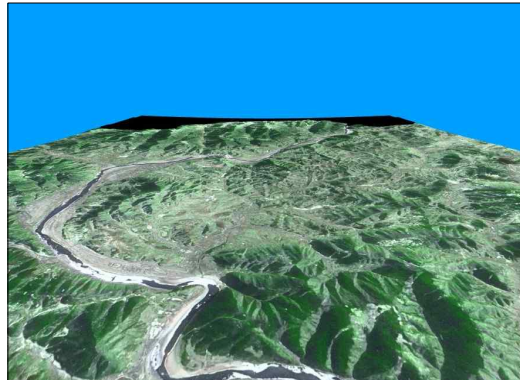


FIGURE 17. Perspective image(west→east)

## 결 론

첫째, 서로 다른 시기에 수집된 영상과 픽셀 해상도가 다른 위성영상 간의 합성을 위해서는 위성과 사진의 정밀기하보정의 경우 Image-to-image 방법이 Image-to-map의 좌표매칭에서 더 높은 정확도를 보여주었다. 그것은 과거의 지형도가 가진 고유한 도면오차와 정확한 지상기준점의 선정이 매우 어렵기 때문인 것으로 밝혀졌다.

본 연구에서의 적용결과 RMSE는 1991년의 Landsat TM 영상은 0.38m, 1984년 촬영한 Landsat TM 영상은 0.18m, 그리고 Corona 영상은 15.74m 로 나타나고 있어 Map을 GCP로 사용한 기하보정이 상대적으로 오차가 크게 나타나고 있다.

둘째, 원격탐사 영상자료는 위성사진과 디지털 위성영상과의 칼라합성에 의해 생성되는 퓨전 영상에서는 상대적으로 다른 밴드에 비해 파장이 긴 Landsat TM의 7번 채널을 적용하는 것이 가장 뚜렷하게 지형이 형성되는 효과를 보여주었다.

셋째, 단일밴드에 의한 위성사진의 시각화는 현재 미국과 러시아에서 수집한 고해상도의 위성사진의 스캔파일을 활용할 수 있으므로 저해상도인 다밴드의 위성영상과의 정밀한 기하보정과 칼라합성 및 증첩에 의해 상당한 정도의 판독이 가능한 퓨전 영상의 생성이 가능하였다.

넷째, 원색에 가장 근접한 자연색 영상을 복원하기 위해서는 우리 눈으로 감지할 수 없는 적외선 파장대역을 필수로 선택하여 비교 검증하여 보다 효과적인 자연색에 가까운 3차원 영상의 복원이 이루어졌다. **KAGIS**

## 참고문헌

- 손홍규, 김기홍, 유복모. 2002. Corona KH-4B 영상의 기하보정. 한국측량학회 추계학술대회 논문집. 107-110쪽.
- 충주댐 수몰 마을사 편찬위원회. 2001. 충주댐 수몰 마을사(제천편). 1-585쪽.
- 안철호, 연상호. 1991. 리모트센싱과 GIS 통합 및 그 적용기법에 관한 연구. 한국측량학회지 9(1):97-111.
- 연상호. 2000. 수치정사 사진제작을 위한 DEM 생성 및 추출기법에 관한 실험적 연구. 한국지리정보학회 추계학술논문집. 159-166쪽.
- 연상호, 이상석. 1994. GIS개론 및 실습. 한울아카데미. 298쪽.
- 연상호, 이진덕. 2000. RADARSAT 위성영상의 DEM 추출기법에 관한 실험적 연구. 한국지리정보학회 추계학술논문집. 122-133쪽.
- 연상호, 조명희, 이진덕. 2001. 원격탐사입문. 구미서관. 94-101쪽.
- 연상호, 최기정. 2002. 고속도로 노선선정에서의 입체지형분석을 위한 영상조감도 생성에 관한 연구. 한국지리정보학회지 5(3):1-8.
- 연상호, 홍일화. 2003. 제천시 영상조감도 생성 및 3차원 시뮬레이션 기술개발에 관한 연구. 한국측량학회지 21(1):45-51.
- 유복모, 토니웁크. 2003. 현대 디지털 사진측량학. 피어슨 에듀케이션 코리아. 182-251쪽.
- 윤근원, 박정호, 채기주, 박종현. 2003. 한반도 지역 Landsat 위성영상의 기하보정 데이터 구축. 한국지리정보학회지 6(1):98-106.
- 이영란, 신동석, 이해연. 1998. 위성영상 보정을 위한 GCP 데이터베이스 구축, 검색 및 활용. 한국지리정보학회지 1(1):8-17.
- Arnold, R.H. 1996. Interpretation of Air

- Photos and Remotely Sensed Imagery. Prentice Hall. pp.23-35.
- Avery, T.E. and G.L. Berlin. 1985. Interpretation of Aerial Photographs. Burgess Publishing Co. pp.275-290.
- Fisher, P. and D. Unwin. 2001. Virtual Reality in Geography. Taylor and Francis. pp.58-65.
- Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital Image Processing. Prentice Hall. pp.16-35.
- Mather, P.M. 1987. Computer Processing of Remotely-sensed Image. John Wiley & Sons. pp.189-202.
- PCI Geomatics Manual. 2003. Ortho Engine User Guide. 141pp. 