

SPOT-5 위성영상으로부터 DEM 생성 및 정확도 분석 Accuracy Analysis of DEM Generated from SPOT-5 Satellite Imagery

정태식¹⁾ · 이성순²⁾ · 이진덕³⁾

Jeong, Tae Sik · Lee, Seong Sun · Lee, Jin Duk

¹⁾ 금오공과대학교 대학원 토목공학과 석사과정 (E-mail : jtssurvey@empal.com)

²⁾ 한국지질자원연구원 선임연구원 (E-mail : seongsunlee@hotmail.com)

³⁾ 금오공과대학교 토목환경공학부 교수 (E-mail : jdlee@kumoh.ac.kr)

Abstract

This paper presents photogrammetric processing to generate digital elevation models and deals with the accuracy potential of SPOT-5 HRG supermode imagery for DEM generation. The DEMs obtained from digital topographic maps of 1/5000 scale were used as the reference DEM data. DEMs extracted from HRG data were compared with digital topographic map DEMs on several test sections. And digital surface model(DSM), referring to above the ground like buildings, was produced about the test built-up area.

1. 서론

2002년 5월 4일 SPOT-5가 발사되어 2002년 7월 완전하게 작동함에 따라 SPOT constellation은 평균 고도 832km, 경사 98.7°, 평균회전주기 101.4분의 제원으로 극궤도, 원형궤도, 태양중주기 궤도로 운행하는 3개의 위성 (SPOT-2, SPOT-4, SPOT-5)으로 구성된다. SPOT 위성들은 369 회전주기로 매 26일마다 동일한 지상 track 궤도를 돌고 10:30 am의 평균지방태양시에 북에서 남으로 적도를 지난다.(Gleyzes et al., 2003)

SPOT-5 위성의 새로운 HRG(High Resolution Geometry)는 SPOT-4에 탑재된 HRVIR센서의 발전된 형태로서 팬크로매틱 모드에서 across-track 방향으로 5m 또는 2.5m까지의 고해상도를 제공한다. SPOT-5 위성에 탑재된 2대의 HRG는 지구상 60km×60km 또는 60km×120km의 넓은 지역에 대한 매핑을 가능케 한다. 각 HRG 기기는 미소하게 전방(0.529°)을 지향하는 팬크로매틱(PAN) 밴드(2.5m 또는 5m 해상도)와 미소하게 후방(-0.529°)을 지향하는 다중 스펙트럼(XS)밴드(10m 해상도)로 지상을 촬영한다.

또 다른 센서인 HRS(High Resolution Stereoscopic)는 20° 전·후방을 지향하는 두 대의 망원경을 사용하여 along-track 방향에서 5m GSD의 스테레오영상 수집을 허용한다.(Gleyzes et al., 2003) 이 해상도는 DEM 생성 과정에서 더 높은 정확도를 얻는데 적합하다.

따라서 SPOT 1~4의 10m 해상도보다 4배까지 높고 위치정확도는 지상기준점을 사용하지 않은 상태에서 50m보다 높게 나타나는데, 특히 축척 1/25,000로부터 1/10,000까지의 지도제작을 가능케 해 준다.

본 연구에서는 대전지역 60×60km²에 대한 2장의 SPOT HRG 영상자료를 사용한 영상표정, 정합, DEM 생성을 위한 사진측량학적 처리방법을 제시하였다. super mode 처리기법을 통해 제공된 2.5m 해상도 HRG 영상 2개 scene으로부터 수치지형모형(DTM)과 수치표면모형(DSM)을 생성하고 대축척 수치지도로부터 얻은 기준 DEM을 사용하여 도시지역 일부구간에 대한 DEM 정확도를 분석하고자 하였다. 또한 도심의 밀집건물지역에서 HRG 자료로부터 생성된 DTM으로부터 DSM을 추출하고 3D 모형을 작성하

고자 하였다.

2. 사용 Data

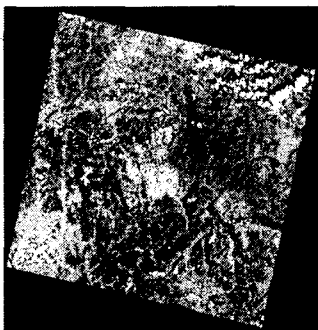
본 연구에 사용한 SPOT 5-HRG 영상들은 SPOT super mode 라는 이 기법은 동시에 특별한 영상샘플링과정을 거쳐 얻어진 2.5m 해상도의 영상이다. 획득한 12000×12000픽셀의 5m 해상도의 흑백 영상 2 scene을 24000×24000 픽셀의 2.5m의 해상도의 흑백 단일영상을 생성해 낸다.

표 1. Some parameters of SPOT-5 HRG data obtained in the study

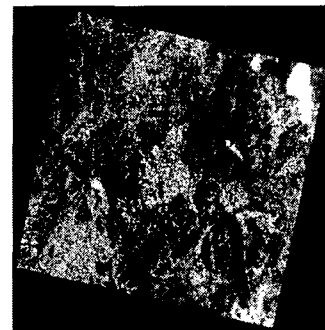
Date	03/03/10 02:19:43.8	03/04/14 02:46:43
Presprocessing level	Level 1A	
Instrument	HRG 1	HRG 2
Spectral band indicator	PAN	
Orientation angle	12.582226 degree	16.937298 dgree
Incidence angle	R14.127439 degree	L29.716710 degree
Sun angle(Deg)	Azimut: 150.714088 Elevation: 44.863276	Azimut: 157.117052 Elevation: 60.909990
Number of lines	24000	
Number of pixels per line	24000	

표 2. Scene center location and corners location

Scene Center Location				
	HRG 1		HRG 2	
Latitude	N36°22'4"		N36°22'4"	
Longitude	E127°24'27"		E127°23'52"	
Pixels number	12001		12001	
Line number	12001		12001	
Corners Location				
coner	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	N36°41'37"	E127°7'54"	N36°43'39"	E127°5'17"
2	N36°34'9"	E127°49'24"	N36°31'21"	E127°55'11"
3	N36°2'31"	E127°40'25"	N36°0'9"	E127°43'22"
4	N36°9'59"	E126°59'12"	N36°12'22"	E126°53'47"



(a) HRG 1 Image



(b) HRG 2 Image

그림 1. SPOT-5 HRG image data

각 영상은 Pancromatic 모드에서 사전처리 Level 1A이고, 픽셀수 24000, 라인수 24000이다.

3. 자료처리

HRG 스테레오 영상으로부터 DEM을 생성하기 위한 본 연구의 작업순서를 그림 2에 제시하였다.

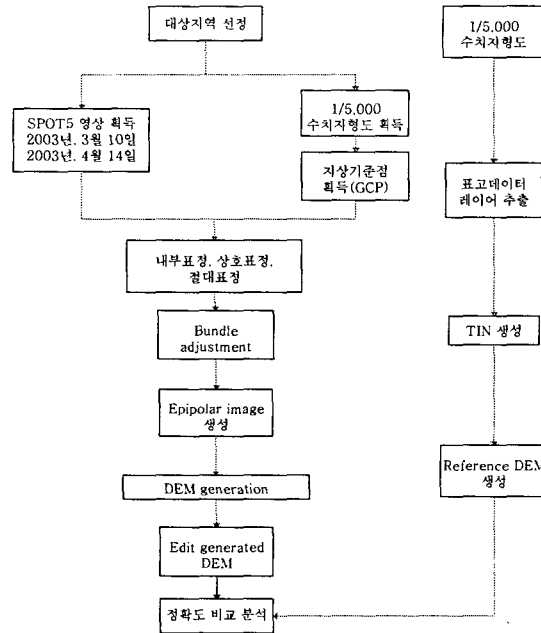


그림 2. Workflow diagram of the study

데이터를 처리하기 위하여 PCI Geomatica ver 9.1을 사용하였다. 입체쌍의 각 영상에 사용된 전체 ground control points(GCP)의 갯수는 26개이며 사용된 GCP는 1:5,000의 수치지형도로부터 획득하였다. 또한 스테레오 영상의 정합을 용이하게 하기 위하여 11개의 접합점(tie points)이 사용되었다. 표 3는 각 영상에 사용된 GCP의 정확도를 나타내며 그림 3는 2개의 영상에 사용된 GCP와 접합점들을 보여준다

표 3. The accuracy of GCPs

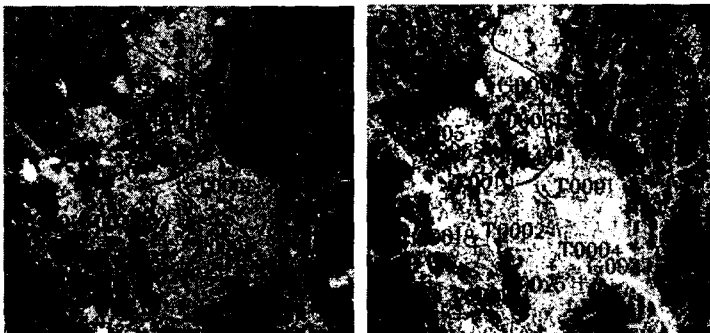


그림 3. Distribution of GCPs and TPs

RMSE		image1	image2
RMSE _x	Pixel	0.42	0.44
	Meter	1.01	1.62
RMSE _y	Pixel	0.41	0.55
	Meter	1.11	1.13
RMSE _{xy}	Pixel	0.58	0.70
	Meter	1.50	1.98

다음 단계로 GCPs와 TPs를 사용한 영상들을 이용하여 DEM을 생성하기 위하여 에피폴라 영상을 생성하게 된다. 에피폴라 영상은 입체 접합을 수행하는데 있어서 영상사이의 y방향 오차를 감소시킨다. pixel-by-pixel 을 토대로 측정된 시차는 삼각법과 궤도데이터를 사용해 완벽한 고도로 바뀌어진다. 계산은 입체영상 사이의 고유한 시차에 의하며(Siva Subramanian, 2003) 자동 영상상관 알고리즘(Toutin, 1995)은 GCP와 tie points의 정확한 위치에 의해 시차로부터 고도값을 끌어내는데 사용된다. 매칭 값은 교차상관계수(cross-correlation coefficient)로 표준화된 평균값과 다르게 표준화된 평균값(Marra, 2001)의 합을 사용하여 계산된다. 표고점은 모든 pixel에서 추출되는데 출력 고도는 영상 정합에서 관련 영상

에 대응하는 픽셀을 찾는데 실패한 픽셀들이나 오차 값을 가지고 있는 지역 내의 결과에서는 계산되지 않는다. 이 경우에는 작고 넓게 흩어져 있는 오차 값들을 소프트웨어가 가장 적당하다고 여겨지는 값으로 보간하고 계산해 준다. 생성된 DEM은 가공하지 않은 형태이고 지리 기준 정보가 포함되어 있지 않다. 그래서 DEM은 GCPs를 사용해서 지리좌표화 될 필요가 있다.

본 연구에서는 PCI OrthoEngine 모듈을 이용하여 해상도 5m의 크기로 DEM을 생성하였다. 생성된 DEM에서는 여러 곳에서 반점들이 나타났으며, 반점들이 나타난 곳은 영상에서 구름이나 숲 지역 또는 하천 부근 지역으로 OrthoEngine의 자동 DEM 수정 모듈을 이용하여 보간 하였다.

기준이 되는 DEM은 1:5,000 수치지형도의 등고선과 표고점을 이용하여 생성하였다. 그림 4과 그림 5는 각각 수치지형도와 SPOT 영상으로부터 생성된 DEM을 나타낸다.



그림 4. DEM generated from digital map



그림 5. DEM generated from SPOT HRG data

4. 결과 분석

본 연구에서는 수치지형도로부터 획득한 DEM을 정확도 평가를 위한 기준DEM으로 사용하여 가로방향 4구간 세로방향 2구간을 임의로 정하여 SPOT-5 영상으로부터 획득한 DEM과 비교하였다. 각각의 구간은 전체적인 수직 정확성을 검사할 수 있도록 평지, 산지 및 하천지역 모두를 포함하도록 하였다. 그림 6는 DEM에 설정한 각각의 구간을 나타낸다.

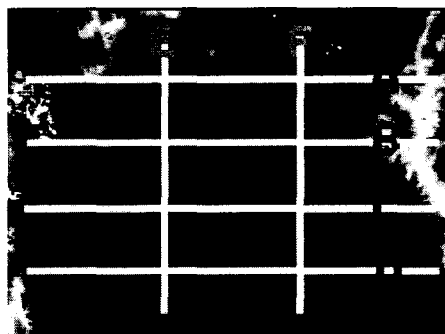


그림 6. Test sections for analyzing DEM accuracy

그림 7과 같이 각 구간에서 분석한 결과 모든 곳에서 2개의 윤곽들의 많은 부분이 서로 중복되는 것을 알 수 있었으나 구간마다 조금씩 다른 편차도 가지고 있음을 알 수 있었다. A와 B 구간에서는 HRG DEM과 DEM의 고도 차이가 최대 102m, 296m 최소 0m를 나타내었고 평균적으로 9.276m, 9.867m의 고도차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 C와 D구간의 경우에는 평지 그리고 E와 F구간의 경우에는 전 지역에서 고도 차이가 나타나는 것을 알 수 있었는데 C와 D의 경우 2개의 윤곽이 나타내는 고도편차는 최대 150m, 32m였고 평균적으로 6.902m, 5.004m의 편차가 발생됨을 알 수 있었다. E와 F구간의 경우에는 다른 구간과는 다르게 편차가 전 지역에서 나타나는 것을 알 수 있었는데 최대 50m, 45m의

고도 차이를 나타냈으며 평균적으로 6.519m 5.840m의 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 구간 A, B와 달리 C, D 및 E와 F구간에서 전 지역에 걸쳐 편차가 나타나는 것은 평지인 경우 높이 값에 영향을 주는 집이나 빌딩 공장들이 자리를 잡고 있고 그렇지 않은 곳은 다른 구간과 마찬가지로 구름이 있기 때문에 기준되는 DEM과 다른 고도값을 나타낸다고 사료된다. 특히 건물이나 빌딩의 형성 정도에 따라 나타나는 편차의 크기도 달라지는 것으로 사료된다.

그림 7에서와 같이 각 구간에서 수치지형도 DEM과 비교적 큰 고도 차이가 있는 부분은 원 또는 직사각형으로 표시하였다.

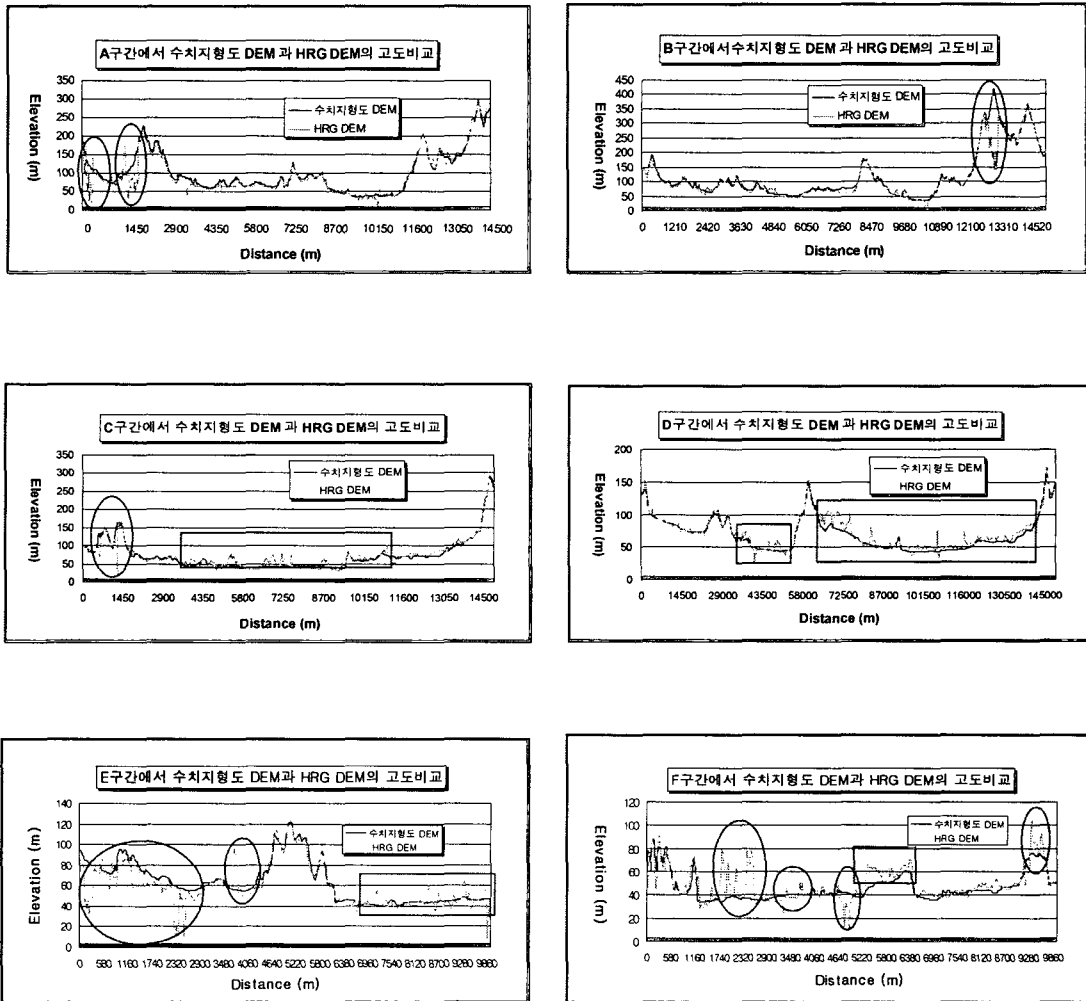
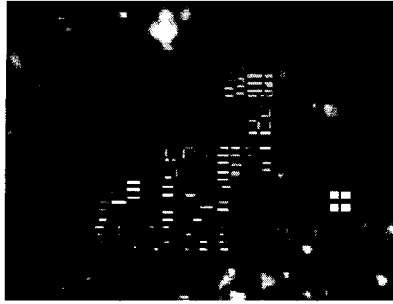


그림 7. Comparison of HRG DEM and digital topographic map DEM

본 연구에서는 정확도 분석 후 수치지형도를 사용하여 HRG DEM에 지물의 경계를 부여하고 래스터화하여 여기에 높이값을 부여함으로써 DSM을 제작하고자 하였다. 그림 8은 일부의 DSM과 3D 모델링 결과를 나타낸 것이다.



(a) DSM



(b) 3D building model

그림 8. DSM construction including 3D building features

5. 결론

위성 스테레오 영상으로부터 생성되는 DEM은 종래의 지형도 또는 항공사진에 의한 방법에 비해 세계 어느 지역이든 어떤 제한 없이 위성데이터를 이용할 수 있다는 점과 1 scene이 포함하는 넓은 지역, 높은 해상도, 복잡한 소프트웨어와 적은 노력을 통한 빠른 자료처리의 장점을 지닌다.

SPOT-5 HRG-supermode 영상을 이용하여 DEM을 생성하고 1:5000 수치지형도로부터 작성한 기준 DEM과 여러 구간에서 비교한 결과 2개의 윤곽선들이 일치하는 부분에 있어서는 고도의 차이가 1~10m 정도였으며 전 구역에 있어서 평균적으로 5~10m의 고도 차이를 나타냄을 알 수 있었다. 또한 DEM으로부터 도심의 빌딩지역 일부에 대하여 DSM을 작성 하였다.

SPOT-5의 HRG data 보다 HRS data의 경우 입체쌍 사이의 시간차가 불과 수초이므로 더 양호한 결과를 얻을 수 있을 것이며 짧은 시간차로 얻어지는 스테레오 영상은 더 양호한 정합(matching)을 수행하게 할 것이다.

참고문헌

- Kim, S.I., Kang, S., 2001. Automatic generation of a SPOT DEM: Towards coastal disaster monitoring. *Korean Journal of Remote Sensing*, 17(2), pp. 121-129.
- Toutin, T., 1995. Generating DEM from Stereo-Images with a Photogrammetric Approach: Examples with VIR and SAR data, *EARSeL Advances in Remote Sensing*. 4(2), pp. 110-117.
- Leberl, F., 1998. *Radargrammetry, Manual of Remote Sensing* (F.M. Henderson and A.J. Lewis, editors), John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., pp. 183-269.
- Li, R., 1998. Potential of high-resolution satellite imagery for national mapping products, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 64(23): 1165-1170.
- Madsen, S.N., and H.A. Zebker, 1998. *Imaging radar interferometry, Manual of Remote Sensing* (F.M. Henderson and A.J. Lewis, editors), John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., pp. 359-380.
- Gleyzes, J.-P., Meygret, A., Fratter, C., Panem, C., Baillarin, S, Valorge, C., 2003. SPOT5: System overview and image ground segment. *IGARSS 2003, Toulouse, France. Proceedings on CD*.