

위성임무에 따른 성능지표 간 중요도 결정을 위한 위성영상용 성능지표와 응용분야 성능지표의 상관관계 분석 The Correlation Analysis between Satellite Image Quality and Application Performance

김동욱*¹, 김태정¹, 김희섭²
Dongwook Kim, Taejung Kim, Heeseob Kim

¹인하대학교 지리정보공학과 (Barkim@inhaian.net*, tezid@inha.ac.kr)

²항공우주연구원 (askhs@kari.re.kr)

요 약: 인공위성에 탑재될 영상 시스템에는 영상의 품질을 결정하는 여러 성능지표가 고려된다. 이러한 성능지표는 위성 서비스와 관련된 여러 응용분야의 지표들과 밀접한 상관관계를 가지고 있으며, 각 응용분야의 지표에 따라 그 중요도에 차이점을 두고 있다. 일반적으로, 위성 설계를 위한 성능지표로는 GSD(Ground Sample Distance), MTF(Modulation Transfer Function), SNR(Signal to Noise Ratio)등과 같은 전자광학적 성능지표가 사용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 위성설계상의 성능지표와 응용분야 지표간의 상관관계 분석을 위해서 GSD, MTF, SNR과 같은 위성 설계용 성능지표가 반영된 가상영상을 생성한 후 이를 영상의 응용분야인 관측도 분야와 정밀지형정보 분야에 적용하여 위성설계용 성능지표가 응용분야의 성능지표에 미치는 영향에 대해서 분석을 하였다. 전체 실험에 대한 분석결과 관측도와 관련된 응용지표는 MTF, GSD, SNR에 영향을 받는 것으로 나타났고, 정밀지형정보 분야와 관련된 응용지표는 SNR과 MTF에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 인공위성, 성능지표, GSD, SNR, MTF

1. 서 론

일반적으로 인공위성의 영상시스템에는 영상의 해상력을 결정하는 여러 성능지표들이 반영된다. 영상시스템에 반영되는 성능지표로는 MTF, GSD, SNR 등이 있다. 이러한 성능지표들은 각 위성의 임무에 알맞게 영상시스템 안에 고려되어 영상 혹은 영상을 응용한 형태로 실사용자에게

제공된다.

과거에 인공위성은 통신, 환경오염, 지구과학, 군사적 목적 등을 위해 사용되었으며 그로인해 사용자가 극히 제한되어 있었다. 그러나 현재에는 상업위성의 발전과 함께 인공위성의 해상도가 나날이 증가하면서 영상의 사용목적도 고해상도 영상을 이용한 관측 분야로 바뀌고 있고 실사용자도 과거와는 다르게 일반인으로 확대되고 있다. 이에 대한 대표적인 예로

는 구글사의 Google Earth나 Daum사의 지도 검색 서비스 등을 예로 들 수 있다. 이와 같이 인공위성 영상을 통해서 제공되는 서비스가 여러 방면으로 확대되고 있는 실정이다. 향후 발사될 인공위성에는 이러한 응용분야의 정확도에 밀접한 연관이 있는 위성설계용 성능지표들을 영상 시스템 설계 시 반영해야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 위성 설계 시 반영되는 여러 성능지표 중 가장 대표적으로 사용되는 MTF, GSD, SNR를 일반 고해상도 광학영상에 반영한 후 이를 응용분야에 적용해서 각 성능지표가 응용분야 지표의 정확도에 끼치는 영향에 대해서 분석하였다.

2. 연구방법 및 연구자료

2.1 실험 방법

본 논문에서는 위성 설계용 성능지표와 응용분야지표 간의 상관관계 분석을 위해 위성설계용 성능지표인 MTF, GSD, SNR 등을 직접 위성영상에 적용하여 위성설계용 성능지표가 반영된 가상영상을 생성하였다. 이렇게 생성된 가상영상을 응용분야인 정밀지형정보 분야와 판독도 분야에 적용하였고, 이에 대한 분석을 통해 위성설계용 성능지표가 응용분야지표인 정밀지형정보 분야와 판독도 분야에 미치는 영향에 대해서 분석을 하였다. Figure 1은 성능지표 간 상관관계 분석을 위해 시행된 전체 실험 과정을 나타낸다.

2.2 위성영상자료

가상영상생성을 위해 사용된 위성영상은 2007년에 촬영된 KOMPSAT-2영상과 2002년

에 촬영된 IKONOS영상이다.

Table 1. Characteristics about image used for experiments

ID	KOMPSAT-2	IKONOS
Acquisition Date	2007/02/23/ 01:49	2002/02/07/ 02:34
Acquisition Area	Damyang	Daejeon
Size of image	15000×15500	11004×11004
GSD X(m)	1.086	0.90
GSD Y(m)	1.039	0.96

두 영상은 모두 1m급 해상도를 나타내는 고해상도 영상으로 Table 1과 같은 특징을 갖고 있다.

Figure 1. The procedure of virtual image generation

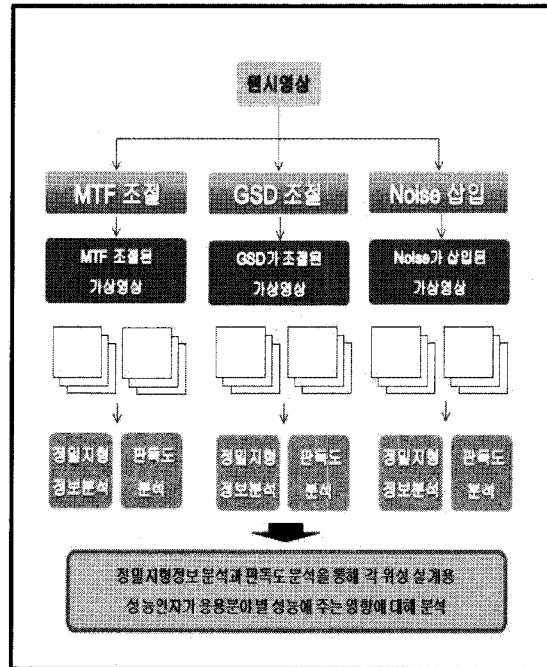
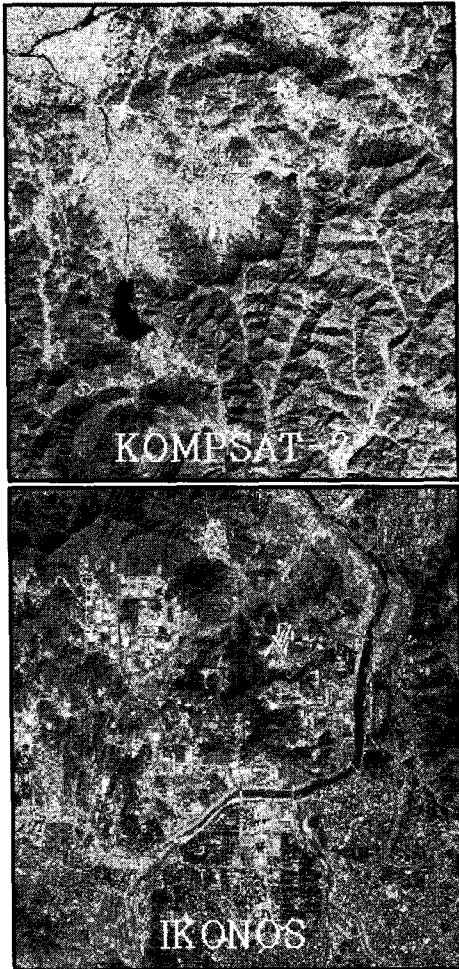


Figure 2는 실험에 사용된 KOMPSAT-2영상과 IKONOS영상이다.

Figure 2. Satellite images used for experiment

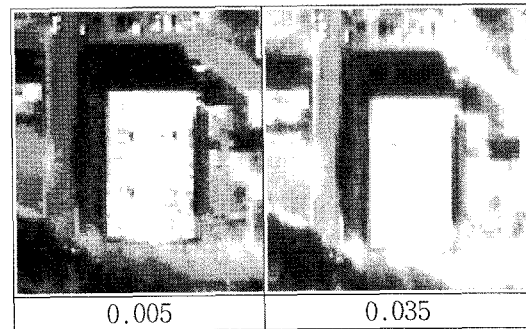


2.3 가상 영상

2.3.1 MTF가 조절된 가상영상

본 실험에서는 MTF가 조절된 가상영상을 생성하기 위하여 원 영상에 인공위성의 random한 움직임과 관계가 있는 Jitter instability값을 0.005, 0.010, 0.015, 0.020, 0.025, 0.030, 0.035로 단계적으로 증가시킨 후 MTF가 변화된 가상영상을 생성하였다.

Figure 3. Virtual images by MTF



위 영상은 단계적으로 Jitter instability 값을 변화시켜 생성한 가상 영상 중 jitter instability값이 0.005일 때와 0.025일 때 생성된 가상영상을 확대해서 나타낸 것이다. 영상을 확인해 보면 Jitter instability값이 증가하면 영상의 밝기 값도 증가하지만 이와 동시에 영상 경계선에 대한 픽셀의 대비도가 떨어져 경계선에 대한 대비가 모호해 진 것을 알 수가 있다.

2.3.2 GSD가 조절된 가상영상

GSD가 조절된 가상영상은 상용 프로그램인 ENVI4.5를 통해서 생성되었다. 가상영상의 GSD는 원 영상에 대해서 90%, 85%, 80%, 75%, 70%, 65%, 60%로 단계적으로 조절되어 생성된다. 아래의 Table 2는 단계적으로 GSD가 조절된 영상의 크기와 GSD를 나타내고 있다.

Figure 4. Virtual images by GSD

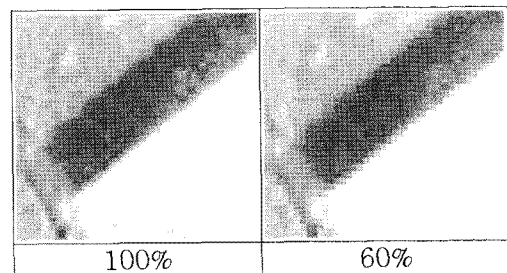


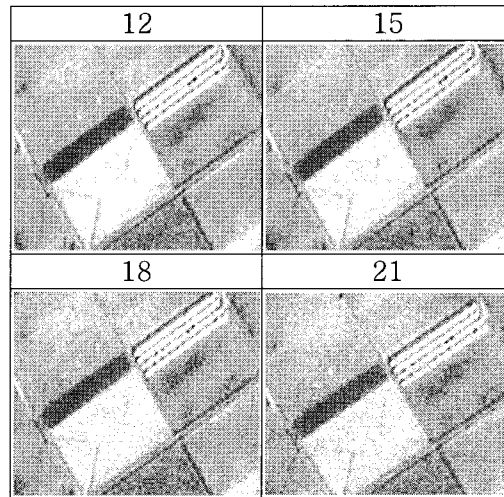
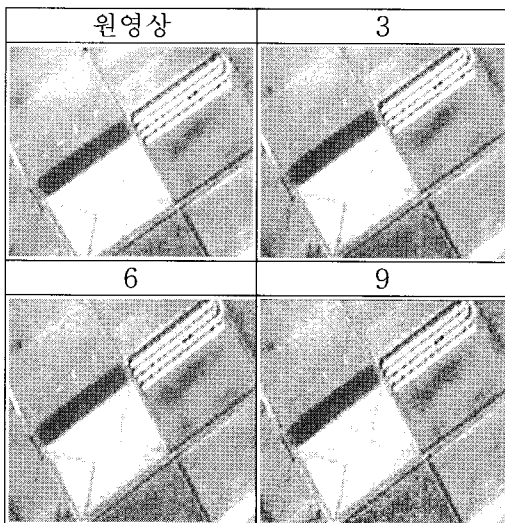
Table 2. Characteristics of Virtual image adjusted by SNR

ID		100%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
KOMPSAT-2	GSD X (m)	1.086	1.206	1.277	1.358	1.448	1.551	1.670	1.810
	GSD Y (m)	1.039	1.154	1.222	1.295	1.385	1.484	1.598	1.732
	Size of image	15000	13500	12750	12000	11250	10500	9750	9000
		×	×	×	×	×	×	×	×
IKONOS	GSD X (m)	0.900	1.000	1.058	1.125	1.200	1.286	1.385	1.500
	GSD Y (m)	0.960	1.067	1.129	1.200	1.280	1.371	1.477	1.600
	Size of image	11004	9904	9353	8803	8253	7703	7153	6602
		×	×	×	×	×	×	×	×
		11004	9904	9353	8803	8253	7703	7153	6602

2.3.3 SNR이 조절된 가상영상

SNR이 조절된 가상영상을 생성하기 위해 일정한 mean값을 가지는 Gaussian-noise를 영상에 적용하였다. 이때 mean값은 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21을 적용하였다. 아래의 Figure 5는 단계적으로 mean값을 적용하여 노이즈가 추가한 가상영상을 확대하여 나타낸 것이다

Figure 5. Virtual images by SNR



가상영상을 확인해 보면 전체 영상에 걸쳐 단계적으로 노이즈가 추가된 것을 확인할 수 있다.

3. 실험결과

3.1 정밀지형정보 분야

정밀지형정보 분야에 대한 실험은 10m 격자 간격으로 생성한 DEM(Digital Elevation model)의 정확도 비교를 통해

이루어졌다. 아래의 표는 가상영상을 통해 생성한 DEM의 정확도를 나타낸다.

Table 3. DEM accuracy about each virtual images

MTF 가상영상의 DEM 정확도(m)		
jitter instability	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	14.6675	10.1490
0.005	15.8061	9.5991
0.010	15.8466	9.6958
0.015	16.0657	9.6692
0.020	16.0241	9.6979
0.025	15.8489	9.8133
0.030	16.4994	9.6835
0.035	17.2259	9.7394
GSD 가상영상의 DEM 정확도(m)		
GSD	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	14.6675	10.4399
90%	13.6533	9.9651
85%	13.4372	9.9221
80%	13.4772	10.2636
75%	13.6312	10.0231
70%	13.4223	10.2384
65%	13.5297	9.8390
60%	13.3677	9.7366
SNR 가상영상의 DEM 정확도(m)		
G-noise mean	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	14.3751	10.1490
3	14.3485	10.3601
6	14.4850	10.2656
9	14.5063	10.3498
12	14.6195	10.0365
15	14.5746	10.2541
18	14.7577	10.2630
21	15.0913	10.4811

전체적인 DEM의 정확도는 IKONOS영상으로 생성한 DEM이 약 10m의 정확도를 나타내며 KOMPSAT-2영상으로 생성한 DEM보다 정밀하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. MTF와 SNR을 단계적으로 증가시켜 생성한 DEM의 경우 MTF와 SNR이 증가할 때마다 DEM의 정확도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 GSD가 반영된 가상영상으로 생성한 DEM은 GSD의 변화에 상관없이 일정한 값을 나타내는 것을 알 수 있었다.

3.2 영상의 판독도 분야

영상의 판독에 분야에 대한 분석을 위해 NIIRS(National Image Interpretability Rating Scales)지수를 사용하였다. NIIRS는 IRARS(Imagery Resolution Assessment and Reporting Standards)에서 공표한 영상 품질을 측정하기 위한 객관적인 지표로서(IRARS Committee, 1996), GIQE(General Image Quality Equation)공식을 이용하여 수동으로 그 값을 추정할 수 있다(Kim *et al*, 2008). 아래의 표는 GIQE를 이용하여 가상영상에서 추출한 NIIRS결과이다.

Table 4. NIIRS about each virtual images

MTF를 변화시킨 가상영상의 판독도		
jitter instability	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	4.1297	4.3297
0.005	4.0746	4.3355
0.010	4.0818	4.3379
0.015	4.0297	4.3422
0.020	4.0453	4.2665
0.025	4.0295	4.2599
0.030	3.9944	4.1942
0.035	3.8605	4.1308
GSD를 변화시킨 가상영상의 판독도		
GSD	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	4.1297	4.3297
90%	4.0146	4.1230
85%	3.9414	4.0233
80%	3.8610	3.8868
75%	3.7424	3.8864
70%	3.6322	3.5699
65%	3.4659	3.4931
60%	3.3350	3.4025
SNR을 변화시킨 가상영상의 판독도		
G-noise mean	KOMPSAT-2	IKONOS
원영상	4.1488	4.2895
3	4.1479	4.3084
6	4.1479	4.2748
9	4.0986	4.2867
12	4.0706	4.2516
15	4.0174	4.2308
18	4.0388	4.1982
21	3.9990	4.1852

대외적으로 발표되어 있는 IKONOS위성의 NIIRS값은 4.5이다(Eckstein *et al.*, 2000). 이 값은 GIQE를 통해 수동으로 추출한 NIIRS값과 비교했을 때 약 0.02정도의 작은 차이 값을 나타내며, 영상의 판독도에 대해 실시한 본 실험의 신뢰성을 잘 나타내 주고 있다.

Table 4를 확인해 보면 모든 가상영상에 대해서 NIIRS지수가 점차적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 특히 GSD를 변화시킨 영상에 대한 NIIRS지수는 가장 큰 폭으로 떨어졌다. 이를 통해 NIIRS지수는 GSD에 대해서 제일 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 위성설계용 성능지표와 응용지표 간의 상관관계에 대해서 분석했다. 지금까지의 실험을 통해 영상의 판독도는 MTF, GSD, SNR 모두에 영향을 받았다. 그 중에서도 GSD는 NIIRS의 정확도에 가장 큰 영향을 미쳤다. 정밀지형정보 분야에 대한 상관관계를 분석하기 위해 실시한 DEM실험에서 가상영상으로 생성한 DEM의 정확도는 SNR 및 MTF 등에 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 DEM의 정확도는 영상의 노이즈가 많아질수록 더욱 민감했으며 GSD에는 별 영향을 받지 않았다. 이는 가상영상의 해상도는 1m의 해상도를 갖는 것에 비해 실험을 통해 제작한 DEM은 10m격자 간격으로 생성하므로 GSD가 DEM의 격자보다 작을 경우에는 DEM의 정확도에 영향을 미칠 수 없기 때문이다.

위성 설계용 지표인 MTF, GSD, SNR 등은 영상의 응용지표인 정밀지형정보 분야와 판독도 분야에 밀접하게 관계되어 그 정확도를 결정하는 것으로 판단할 수

있다. 따라서 본 연구결과는 위성 영상 시스템 설계 시 위성의 활용분야와 관련하여 성능지표 간 중요도를 결정하기 위한 기초자료로 활용되어질 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- Eckstein, B. A., Irvine, J. M., Hummel, R., Peters, R., and Ritzel, R., (2000). Assessing the Performance Effects of Data Compression for SAR Imagery. Proceedings of the 29th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, IEEE Computer Society, pp102~109.
- IRARS Committee, 1996. Civil NIIRS Reference Guide. http://www.fas.org/irp/imint/niirs_c/index.html
- Kim, T, Kim, H., and Kim, H., 2008. IMAGE-BASED ESTIMATION AND VALIDATION OF NIIRS FOR HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGES, Proc. Of the International Society for Photogrammetry & Remote Sensing, Beijing, China.