

영상 내 자연표적을 이용한 GRD 측정기법 개발

김재인 · 정재훈 · 김태정[†]

인하대학교 영상공학연구소

Development of GRD Measurement Method using Natural Target in Imagery

Jae-In Kim, Jaehoon Jeong, and Taejung Kim[†]

Image Engineering lab, Inha University

Abstract : This paper reports a reliable GRD (Ground Resolved Distance) measurement method of using natural targets instead of the method using artificial targets. For this, we developed an edge profile extraction technique suitable for natural targets. We demonstrated the accuracy and stability of this technique firstly by comparing GRD values generated by this technique visually inspected GRD values for artificial targets taken in laboratory environments. We then demonstrated the feasibility of GRD estimation from natural targets by comparing GRD values from natural targets to those from artificial targets using satellite images containing both artificial and natural targets. The GRDs measured from the proposed method were similar to the values from visual inspection and the GRDs measured from the natural targets were similar to the values from artificial targets. These results support our proposed method is able to measure reliable GRD from natural targets.

Key Words : GRD, Edge profile, Natural target, Image quality indicator.

요약 : 본 논문에서는 영상의 품질 지표인 GRD(Ground Resolved Distance) 측정에 있어서 인공표적만을 이용하던 기존의 측정방식과는 다르게 지표상에 분포하고 있는 자연표적만을 이용하여 신뢰성 있는 GRD 산출이 가능하도록 새로운 방식의 GRD 측정기법을 고안하였다. 자연표적에서 활용 가능한 Edge Profile 추출기법을 개발하여 추출 정확도 및 안정성을 분석하였으며 그 결과, 자연표적을 이용할 경우 본 논문의 추출방식이 가장 적합한 방식임을 확인 할 수 있었다. 이를 적용한 GRD 측정기법의 정확도와 자연 표적에서의 활용 가능성을 평가하기 위해 육안분석결과를 보유하고 있는 인공표적영상과 인공표적이 포함된 인공위성영상을 이용하여 GRD 측정 실험을 수행하였다. 인공표적영상에서의 GRD 측정결과는 육안분석 결과와 매우 유사하여 높은 정확도를 보여주었으며 인공위성영상에서의 GRD 측정결과, 자연표적과 인공표적에서의 GRD 측정값이 유사하게 나타났다. 이는 제안한 GRD 측정기법을 이용하여 자연표적만으로도 신뢰성 있는 GRD 측정이 가능함을 보여준다.

접수일(2010년 8월 17일), 수정일(1차 : 2010년 10월 14일), 게재확정일(2010년 10월 23일).

[†] 교신저자: 김태정(tezid@inha.ac.kr)

1. 서론

광학시스템의 발전과 더불어 항공영상 및 인공위성영상 등, 다양한 플랫폼을 통한 여러 종류의 영상들이 활발히 보급되고 있다. 그에 따라 보급된 영상들을 이용하여 다양한 정보를 추출하고 활용하는 기술 또한 발전하고 있으며 영상의 품질을 판단할 수 있는 영상품질의 척도 역시 그 필요성이 부각되고 있다. 위성영상의 경우, 영상의 품질을 나타내는 파라미터로 MTF(Modulation Transfer Function), GSD(Ground Sampling Distance), SNR(Signal to Noise Ratio) 등이 있다. 그러나 이러한 각 파라미터들은 각 연구 분야마다 정확한 정의가 없거나 서로 다르게 사용하는 경우가 많으며 일반 사용자들이 이해하기 쉽지 않다는 단점이 있어 영상 품질의 지표로 활용되기에는 적합하지 않다. 일반적으로 영상의 해상력을 판단할 수 있는 영상의 해상도는 Pixel Size나 GSD를 기준으로 사용되고 있지만 엄밀한 의미로는 상당히 다른 의미를 가진다. 동일한 GSD를 가지는 위성영상일지라도 촬영 당시의 여러 요인으로 인해 영상의 Blurring, Pixel Pitch, Noise 등이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 이는 육안으로도 확인한 영상품질의 차이를 확인할 수 있을 만큼 미치는 영향이 크다. 이와는 달리 GRD(Ground Resolved Distance)는 영상의 해상력을 나타낼 수 있는 대표적인 지표로서 영상에서 식별 가능한 두 객체간의 최소거리로 정의되며 영상의 판독력 또는 해상력과 직접적으로 관련된 수치라 할 수 있다. GRD는 육안분석과 에지 분석을 통해 측정이 가능하다. 육안분석의 경우는 크기 별로 생성한 3-Bar Pattern을 촬영하여 식별되는 최소 크기의 객체를 선정하는 방식으로 특별한 전문 판독기술 없이도 쉽게 측정이 가능하다. 그리고 에지 분석의 경우는 에지 부근에서 추출한 Edge Profile 분석을 통해 이루어 지는데, 이 방식을 통해 위성영상이나 항공영상 등의 성능 측정(Choi, 2002; Helder *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008)이 많이 이루어져 왔다. 하지만 에지 분석을 통해 GRD를 측정하기 위해서는 촬영진행방향과 일치된 인공표적 영상이 필요하다. 만약 품질 측정을 목적으로 하는 인공표적이 영상 내에 존재하지 않을 경우, 에지 분석을 통한 영상의 정확한 품질 측정은 이루어지기 어렵다. 이러한 이유로 본 논문에서는 인공표적이 아닌 자연표적만을 이용하여

정확한 영상품질 측정을 위한 방법을 고안하고 여러 검증실험을 통해 그 정확도를 분석하고자 한다.

2. GRD 측정원리

1) 육안분석 방식

GRD는 영상에서 식별 가능한 두 물체간의 최소거리로 정의되며 지표면에 투영된 인접 화소 간의 거리를 의미하는 GSD와 대비되는 개념으로 사용된다. 다시 말해 GRD는 영상의 판독력 또는 해상력과 관련된 수치로서 실제 식별 가능한 가장 작은 개체의 크기를 의미하며, GSD는 단순히 두 화소 간의 거리를 나타내는 물리적인 파라미터를 의미한다. GRD는 보통 인공표적이 촬영된 영상을 직접 육안으로 관측하여 측정한다. 이때 측정되는 GRD의 단위는 필름 등의 해상력을 나타낼 때 널리 쓰이는 lp/mm(Line pairs per millimeter)단위로 측정된다. 아래의 Fig. 1은 육안판독 시 사용되는 인공표적 중 하나를 보여준다. 이 표적은 검정색의 바(Bar) 3개가 하나의 그룹을 이루며 12%의 비율로 크기가 감소되어 전체 인공표적을 구성한다(James B. Campbell, 2002). 이와 같이 제작된 인공표적을 촬영하여 영상에서의 바 패턴(Bar pattern)이 서로 문개지지 않고 서로 독립적인 패턴으로 식별되는 최소 크기의 그룹을 관측하면 이 때의 바와 바 사이의 실제 거리를 영상의 GRD로 정의하게 된다.

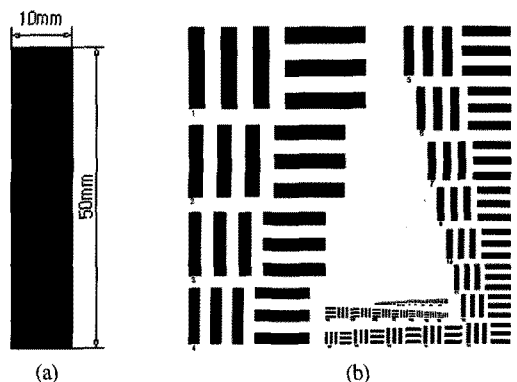


Fig. 1. Target component(a) and artificial target(b).

2) 에지 분석 방식

영상의 GRD는 아래 수식과 같이 촬영거리와 카메라 초점거리, 그리고 시스템 해상도간의 관계식으로 정의된다(James B. Campbell, 2002). 이 때 R은 시스템 LSF(Line Spread Function)의 FWHM(Full Width at Half Maximum)로서 설계 상의 수치를 의미한다. 보통 영상시스템의 성능검증은 촬영된 인공표적 영상으로부터 에지 분석에 의해 산출된 LSF의 FWHM이 이용된다.

$$GRD = \frac{H}{f \times R} \quad (1)$$

LSF는 ESF(Edge Spread Function)의 일차 도함수를 의미한다(Patra et al., 2002). 이 ESF는 표적영상의 에지 부근에서 추출된 Edge Profile로부터 정의되며 각 화소위치에서의 Normalized Response를 나타낸다. 아래의 Fig. 2는 ESF와 LSF간의 관계를 보여준다.

Edge Profile은 아래의 Fig. 3과 같이 인공표적의 에지 부근에서 추출된다. Edge Profile은 영상의 촬영방

향으로 배치된 인공표적과 그 수평방향으로 배치된 인공 표적으로부터 x방향과 y방향, 이 두 방향으로 추출된다. 그리고 각각 산출된 Edge Profile로부터 ESF가 추정되면, 이로부터 각 방향마다의 영상품질을 산출하고 두 값을 기하 평균하여 해당 영상의 영상품질로 결정한다(Choi, 2002; Helder et al., 2006).

ESF는 추출된 Edge Profile의 중심을 결정하는 과정과 그 지점을 중심으로 재배열하는 과정, 그리고 정규화 과정을 거쳐 산출된다. 이 일련의 과정 중 정규화 과정에서는 영상의 전처리 과정에서 적용된 MTFC로 인한 Overshoot 효과를 반영해야 한다. 아래 Fig. 4는 Overshoot이 발생한 경우의 ESF를 보여준다.

이러한 Overshoot 효과를 반영하여 정규화하기 위해서는 Edge Profile의 Bright Region과 Dark Region을 기준으로 정규화가 이루어져야 한다. 만약 그렇지 않을 경우 아래의 Fig. 5와 같이 ESF가 동일 위치에서 다른 Response를 갖게 된다. 이는 결과적으로 아

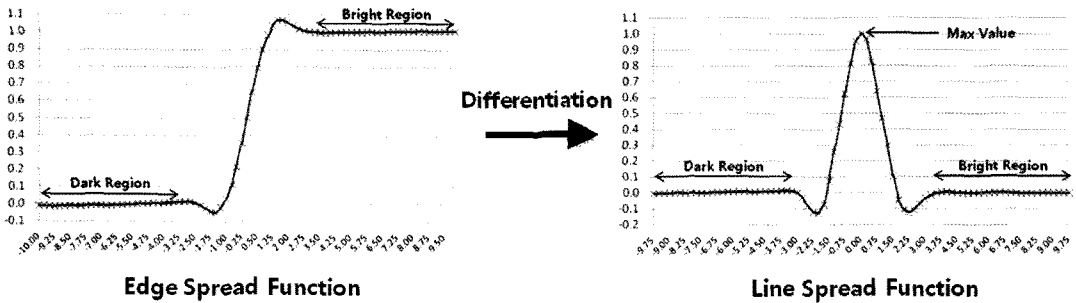


Fig. 2. Relations between ESF and LSF.

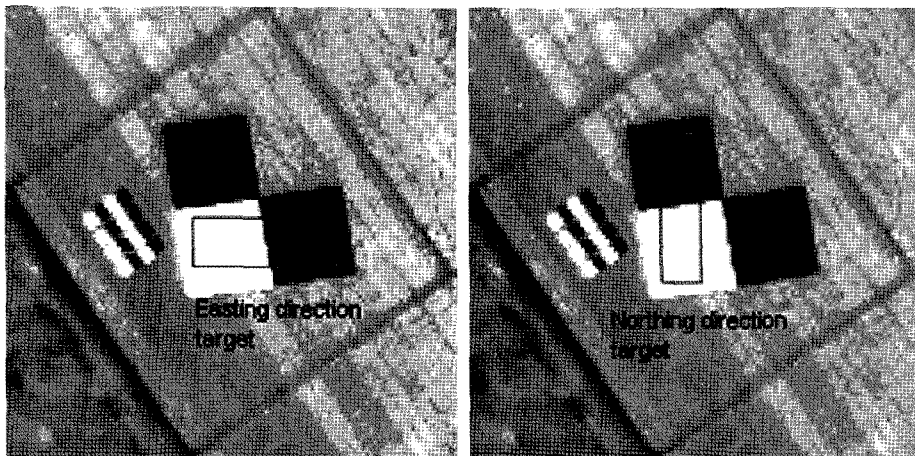


Fig. 3. Artificial target image for GRD measurement(IKONOS, March 26 2000).

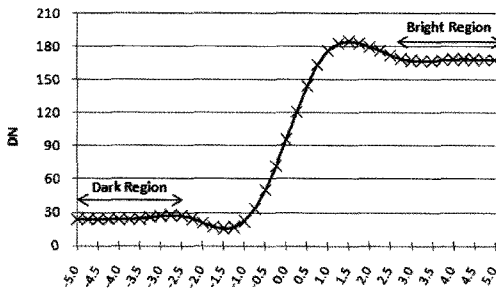


Fig. 4. ESF influenced MTFC.

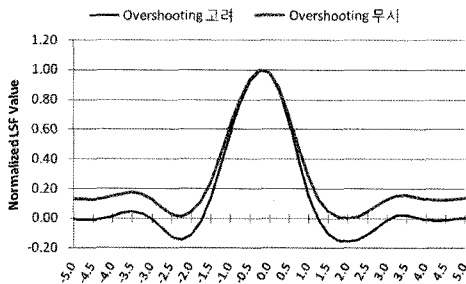


Fig. 5. LSF applied overshoot and LSF ignored overshoot.

래의 Fig. 5와 같이 LSF Curve 폭이 증가하는 효과를 발생시켜 상대적으로 더 큰 GRD산출을 야기한다.

3. 에지 방향성을 고려한 에지 분석 방식

앞 서 논문의 서론에서 언급했다시피 인공표적이 영상에 부재할 경우 정확한 품질측정은 이루어지기 힘들다. 그래서 인공표적 대신 자연표적을 이용하는 방법이 고려되어야 하는데, 이 경우는 인공표적과는 달리 지표

상에 다양한 크기와 각도로 배치되어 있어서 기존 연구 사례에서와 같이 영상의 x방향, y방향으로 에지 분석하기가 용이치 않다. 만약 표적의 배치 각도를 무시하고 x 방향 또는 y방향으로 Edge Profile을 추출하게 된다면 ESF의 기울기가 작아지고 LSF 역시 본래의 것보다 더 넓어진 형태를 띄게 된다. 이는 격자구조인 영상의 특성과 관련이 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 표적의 회전각도와 상관없이 정확한 Edge Profile을 추출할 수 있는 방법을 고안하였다. 이는 표적의 에지 부근에서 x, y방향으로 추출하는 기존의 Edge Profile 추출방식과는 달리 에지의 수직방향으로 추출하는 방식이라 할 수 있다. 다음의 3.1절과 3.2절에서는 에지 수직방향 추출방식의 과정을 설명하고 자연 표적에서의 활용 적합성을 분석해본다.

1) Edge Profile 추출기법

에지의 수직방향으로 Edge Profile을 추출하기 위해서는 먼저, 선택 추출지점에서의 에지 각도 산출이 선행되어야 한다. 우선 영상에서 밝기 값의 차이가 크고 밝은 영역과 어두운 영역 각각의 부분에서 밝기 값이 균일하다 판단되는 지점을 추출점으로 선정하고 그 지점을 중심으로 Sobel Filtering을 수행하여 에지 방향으로부터 수직방향의 각도(θ)를 계산한다. 추출점(x_0, y_0) 부근에서 에지 수직방향각 θ 가 결정된 후에는 아래의 수식과 같이 추출점으로부터 에지 수직방향으로 거리 d 만큼 떨어진 지점의 영상좌표 (x_1, y_1)를 계산할 수 있다.

$$x_1 = x_0 + d \times \cos\theta \quad y_1 = y_0 + d \times \sin\theta \quad (2)$$

계산된 좌표(x_1, y_1)에 해당하는 밝기 값은 주변 4개

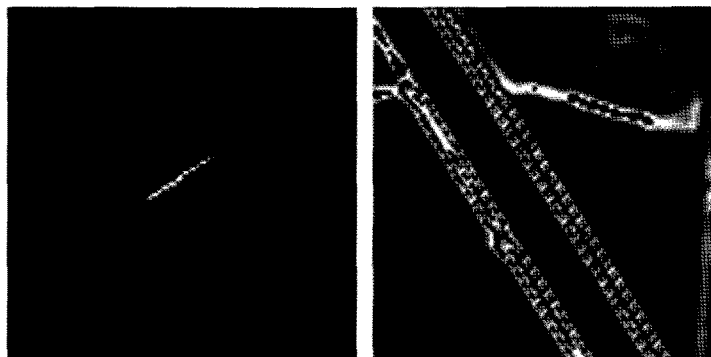


Fig. 6. Patch image centered on extraction point and result image after sobel filtering.

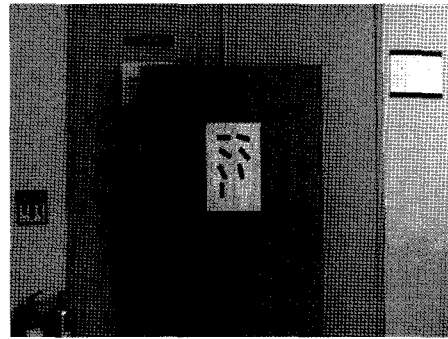
의 격자점 밝기 값을 이용하여 Bilinear Interpolation 기법을 통해 결정하였다. Fig. 5는 추출점을 중심으로 산출된 Edge Profile과 에지 수직방향각 산출을 위한 Sobel Filter 적용 후의 영상을 보여준다.

앞서 2.2절에서 언급했듯이 추출된 Edge Profile로부터 영상품질 지표 산출 및 영상 시스템의 전처리 과정에서 MTF Compensation으로 인해 발생하는 Overshoot을 고려하기 위해서는 Edge Profile 상의 Bright Region과 Dark Region의 평균값을 기준으로 하는 정규화 과정이 필요하다. 이 과정이 수행되고 나면 정규화된 Edge Profile의 Response 변화가 최대인 지점을 에지 중심(Edge Center)으로 결정하여 이 지점을 중심으로 선형 보간법을 통해 재배열 과정을 수행한다. 이렇게 가공된 Edge Profile을 ESF로 정의하고 미분을 통해 LSF를 산출한다. 이 때 LSF역시 Edge Profile의 정규화 과정과 마찬가지로 Overshoot의 영향을 반영하기 위해 동일한 정규화 과정을 거친다. 이 때, 기준이 되는 최소값 및 최대값은 Dark/Bright Region의 평균값과 LSF의 최대값으로 결정된다.

2) 추출방식의 적합성 분석

본 절에서는 자연표적에서의 활용을 목적으로 본 논문에서 고안한 에지 수직방향 Edge Profile 추출방식의 적합성을 분석하고자 한다. 분석을 위한 산출 값으로는 영상의 Blurring정도를 의미하는 RER(Relative Edge Response)로 선정하였으며, 이는 ESF의 중심에서 -0.5Pixel 과 0.5Pixel 위치에서의 Response 차이로 정의된다(Leachtenauer, 1997). 아래의 Table 1은 실험 영상과 제원을 보여준다. 분석을 위해 영상의 회전 별 각각의 표적들에 대해 30개 지점을 대상으로 RER을 측정하였다. 산출된 RER은 영상 시스템의 특성 상 회전 각도와 상관없이 모두가 유사한 값을 나타내야 하며, 결과 비교를 위해 기존의 성능분석 방식과 같이 표적의 x 방향, y방향 RER을 측정하고 기하 평균하는 방식(Leachtenauer *et al.*, 1997)으로도 측정해 보았다. 다

Table 1. Camera specification and test image



카메라명	SONY $\alpha 550$ (DSLR)
센서정보	APS-C타입 (23.4×15.6mm)
해상도	4,272×2,848
초점거리	70mm

만 이번의 경우에는 촬영방향과 일치되지 않은 표적을 사용했기 때문에 x, y방향의 RER중 큰 값을 취하여 최종적으로 x방향과 y방향 각각의 RER평균을 기하 평균하여 해당 표적에서의 RER로 결정했다. 그렇기 때문에 엄밀히 말하자면 기존의 방식에서 약간 변형된 방식이라 할 수 있다. 아래의 Table 2는 앞서 언급한 기존의 성능분석 방식을 본 실험에 맞게 적용한 방식(1)과 본 논문에서 고안한 방식(2)의 RER 산출결과를 보여준다.

Table 2의 각도 별 RER 표준편차와 Fig. 7의 각도 별 RER비교 그래프는 본 논문에서 고안한 방식2가 방식1에 비해 표적 회전 각도에 따른 영향에 더욱 강인함을 보여준다. 표적의 회전각도가 0° 와 90° 일 때는 표적의 회전각도에 따른 영향이 없는 경우라 볼 수 있으며 만약, 추출방식에 있어서 표적의 회전각도에 따른 영향이 적다라고 판단하기 위해서는 이 때의 값과 회전각도에 따른 전체 RER평균값은 매우 유사해야 할 것이다. 방식1의 경우는 0° 와 90° 일 때 약 0.4649, 전체 RER평균은 0.4111로서 약 0.0538의 RER차이를 보였고, 반면에 방식2에서는 0° 와 90° 일 때 약 0.4935, 전체 RER평균은 0.4707로써 약 0.0228의 차이만을 보였다. 이 결과는 다양한 각도로 배치되어 있는 자연표적으로부터

Table 2. Result of RER measurement by each method

추출 방식	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	RER 표준편차	평균RER
(1)	0.4562	0.4314	0.3690	0.3019	0.3936	0.4517	0.4735	0.0605	0.4111
(2)	0.4774	0.4716	0.4403	0.4311	0.4675	0.4977	0.5095	0.0282	0.4707

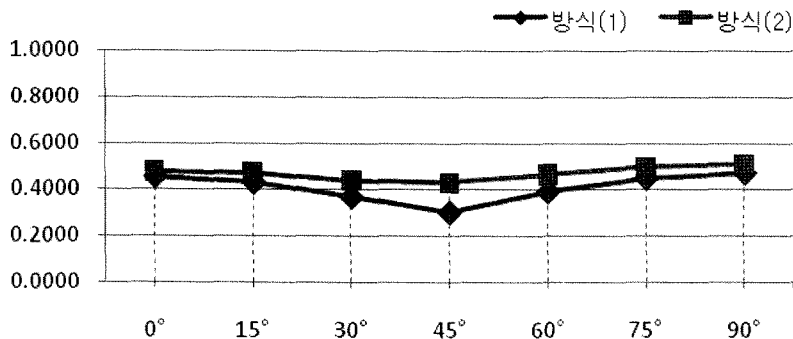


Fig. 7. Comparison of RER by each method of extraction.

신뢰성 있는 영상품질을 산출하고자 할 때 본 논문의 Edge Profile 추출기법을 적용하는 것이 적합한 방식임을 보여준다.

4. GRD 측정기법의 정확도 검증

본 장에서는 에지 수직방향 Edge Profile 추출방식을 적용한 GRD 측정기법의 정확도 검증방법과 그 결과에 대해 기술한다. 정확도 검증을 위해서 실/내외에서 촬영된 인공표적영상에 대해 GRD를 측정하고 육안분석 결과와의 비교를 수행한다. 또한 위성영상에 포함된 인공표적과 자연표적으로부터 GRD를 측정하고 각각의 결과를 비교함으로써 인공표적이 부재한 영상의 GRD 측정에 있어서 자연표적만으로도 신뢰성 있는 결과 산출이 가능한지에 대해 검토한다.

1) 인공표적영상을 이용한 검증실험

GRD 측정기법의 검증을 위해 실내에서 촬영된 영상과 야외에서 촬영된 영상을 이용하였다. 실내 영상에 사용된 표적은 Fig. 1의 (a)와 같이 가로 10mm, 세로 50mm의 검정색 Bar를 가로 길이와 동일하게 10mm 간격으로 떨어뜨려놓아 총 3개의 검정색 바 패턴으로 구성하였다. 이렇게 구성된 표적은 바와 바 사이의 떨어진 구간을 포함하여 가로 50mm, 세로 50mm의 정사각형 형태가 된다. 그리고 이 표적의 가로, 세로길이를 동일하게 12% 비율로 줄여가며 실험에 사용하는데 충분할 만큼, 서로 다른 크기의 표적들을 생성하였다. 또한 표적의 밑 부분에는 원본 표적에서 몇 %의 비율로 축소

되었는지 계산하기 쉽도록 크기 별로 수치를 기입해 넣었다. 실험에 사용된 카메라 제원은 아래 Table 3과 같으며 촬영거리를 달리하여 Fig. 8과 같이 총 5회의 실내 촬영을 실시하였다.

위의 실내촬영 영상과는 달리 야외에서 항공기로 촬영된 항공영상 또한 정확도 검증 실험에 사용하였다. 아래의 Fig. 9는 기존 연구사례에서 Framing Camera System 해상도 측정을 위해 제작된 영상으로서 바 패턴을 촬영한 항공영상이다. 표적은 가로, 세로 비율이 1:5인 3개의 바를 1개의 그룹으로 하여 해상도가 $\sqrt{2}$ 의 비율로 증가되도록 제작되었으며 좌 상단의 바 패턴 그룹으로부터 시계방향의 나선형태로 해상도가 증가되도록 구성되어있다. 표적은 300피트에서 초점거리 1인치인 카메라로 촬영되었으며 GSD는 1.37인치이다(Bruce Mathews, 1999).

정확도 검증실험의 참값으로 사용하기 위해 육안분석을 실시하였다. 실내영상의 경우는 총 7명의 실험자를 대상으로 수행되었으며 각 영상 별 측정된 GRD의 표준편차는 약 0.0243 mm로 나타났다. 야외영상의 경우는 문헌 상에 명시된 대로 27번째와 28번째의 그룹에 해당하는 GRD값을 그대로 이용하였다. 에지 분석은 실내영상의 경우 영상 당 50지점, 야외영상의 경우는 100 지점에 대해 분석이 이루어졌으며 육안분석 결과와의

Table 3. Camera specification

카메라 모델	EOS 450D
센서크기	22.2mm × 14.8mm
초점거리	55mm
영상 해상도	4272 × 2848
1개 CCD크기	0.005197mm

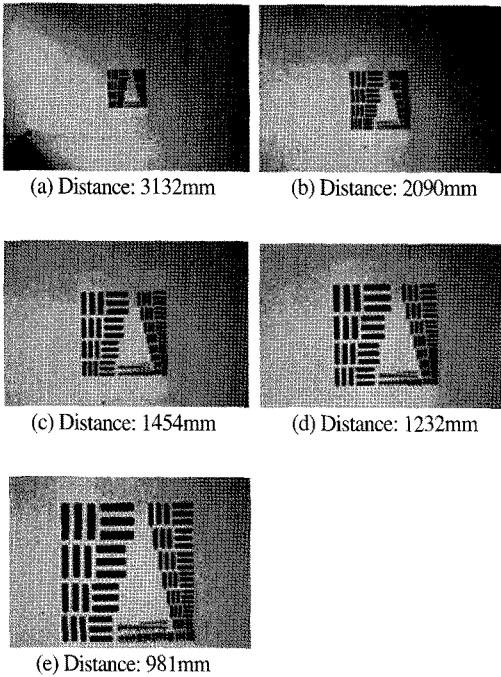


Fig. 8. Test image generated by different object distance.

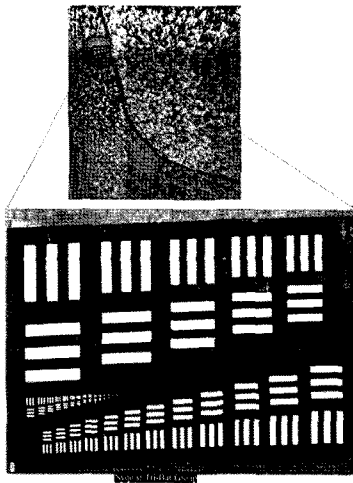


Fig. 9. Aerial image for evaluation of image resolution.

Table 5. Result of GRD measurement using outdoor artificial target image

	육안분석 이용	GRD측정기법 적용	결과 차이
inches	2.8350	2.7784	0.0566
Pixel	2.0693	2.0280	0.0413

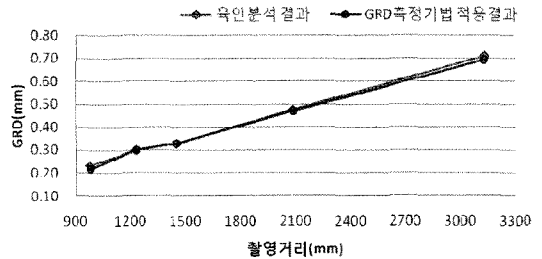


Fig. 10. GRD result of indoor artificial target image by each method.

비교를 아래의 Table 4와 5에 정리하였다. Fig 10은 실내영상 5장에 대한 결과를 촬영거리에 따라 그래프로 나타낸 것이다.

실험결과, 육안분석 결과와 비교 시, 실내영상은 약 0.0519 Pixel, 야외영상은 약 0.0413 Pixel로 유사한 차이를 보이며 알고리즘의 뛰어난 안정성을 보여주었다. 또한 실내영상, 야외영상의 GSD 대비 결과차이는 각각 5.1851%, 4.1314%로서 정확도 측면에서도 매우 좋은 결과를 보였다.



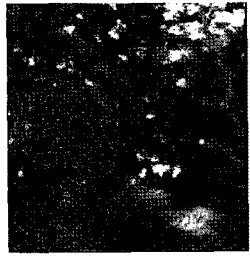



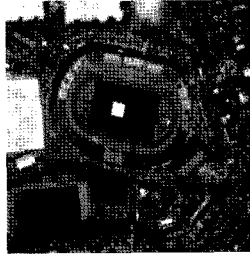

2) 인공·자연표적간의 GRD 측정결과 비교

앞 절의 실험을 통해 본 논문에서 적용한 GRD 측정기법의 높은 정확도를 확인 할 수 있었다. 이번 실험에서는 위성영상에 포함된 인공표적과 자연표적으로부터 GRD를 측정하고 결과를 비교 분석하여 본 GRD 측정 알고리즘이 자연표적만을 이용하여도 신뢰성 있는 GRD 산출이 가능한지에 대해 검토하고자 한다. 아래의 Table 6에는 실험에 사용된 Kompsat-2영상과 제원을

Table 4. Result of GRD measurement using indoor artificial target image

영상 파일명	촬영거리(mm)	GSD(mm)	육안분석 결과		GRD측정기법 적용결과	
			mm	Pixel	mm	Pixel
0005	981	0.0918	0.2324	2.5316	0.2176	2.3704
0004	1232	0.1153	0.3001	2.6028	0.2992	2.5950
0003	1454	0.1361	0.3288	2.4159	0.3292	2.4188
0002	2090	0.1956	0.4753	2.4300	0.4695	2.4003
0001	3132	0.2932	0.7081	2.4151	0.6912	2.3574

Table 6. Kompsat-2 image and specification included artificial target

							
							
촬영지역	대전	촬영지역	김제	촬영지역	진주	촬영지역	함양
GSD X(m)	0.979	GSD X(m)	1.000	GSD X(m)	0.980	GSD X(m)	1.092
GSD Y(m)	0.994	GSD Y(m)	1.000	GSD Y(m)	0.996	GSD Y(m)	1.048
G	1.000	G	1.000	G	1.000	G	1.000

보여준다. 각각의 영상에는 영상품질 측정을 위해 인공적으로 설치된 표적이 1개씩 포함되어 있다.

GRD 측정을 위해 영상 별로 인공표적의 경우 10개

의 Edge Profile을 추출하였고 자연표적은 영상 전역에서 200개의 Edge Profile을 추출하였다. 아래의 Fig. 10, 11은 영상 별 인공표적과 자연표적에서의 추출지점

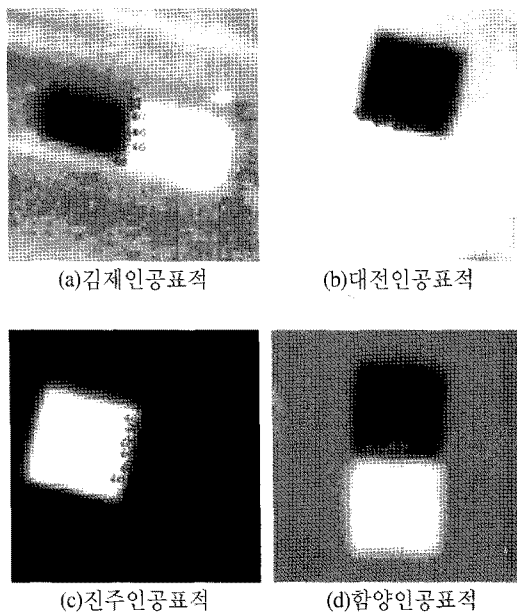


Fig. 11. Extracted points of artificial target for GRD measurement.

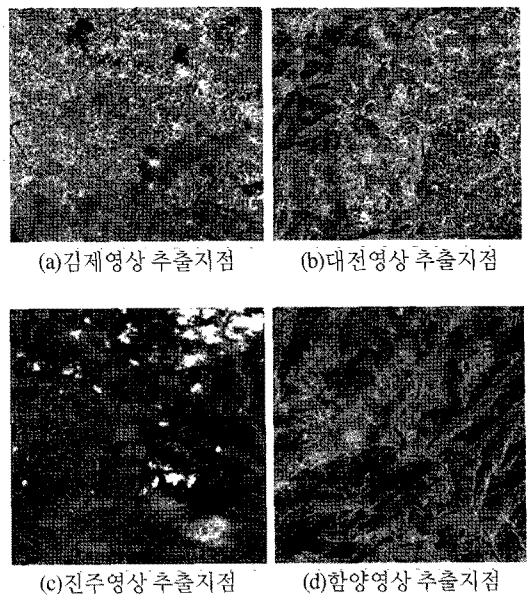


Fig. 12. Extracted points of natural target for GRD measurement.

Table 7. Comparison of result of GRD measurement in artificial target and natural target

	김제영상 (GSD: 0.9865 m)		대전영상 (GSD: 1.0000 m)		진주영상 (GSD: 0.9880 m)		함양영상 (GSD: 1.0698 m)	
	GRD(Pixel)	GRD(m)	GRD(Pixel)	GRD(m)	GRD(Pixel)	GRD(m)	GRD(Pixel)	GRD(m)
인공 표적	2.9212	2.8817	2.7085	2.6719	2.6068	2.5754	3.0343	3.2460
자연 표적	3.1361	3.0937	2.9711	2.9309	2.9505	2.9150	3.1920	3.4147
결과 차이	-0.2149	-0.2120	-0.2626	-0.2590	-0.3437	-0.3396	-0.1577	-0.1687

을 보여준다.

위의 Table 7은 본 논문의 GRD 측정기법을 이용하여 산출된 GRD를 인공표적과 자연표적으로 나누어 단위 별로 정리한 표이다. 실험결과는 인공표적보다 자연 표적에서 공통적으로 더 큰 GRD가 산출되는 경향을 보였지만 그 차이는 픽셀 단위로 -0.2447 Pixel, 물리적 단위로는 약 -0.2448 m로써 매우 근소한 차이였다. 이 결과는 앞 절의 일련의 실험들에서 보인 인공표적에서의 GRD 측정기법 정확도를 고려해볼 때, 자연표적만으로도 영상의 신뢰성 있는 GRD 산출이 가능함을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 인공표적이 부재한 영상에 있어서 자연표적만을 이용하여 영상의 품질 지표 중 하나인 GRD를 정확하게 측정하고자 하였다. 영상의 포함된 자연지물 또는 자연표적들은 다양한 크기와 각도로 배치되어 있기 때문에 인공표적만을 이용하여 측정하던 기존 문헌상의 방식으로는 올바른 영상품질 측정이 불가능하다. 이를 위해 본 논문에서는 영상의 x방향 및 y방향으로 표적의 Edge Profile을 추출하고 분석을 수행하던 기존의 방식과는 달리 표적의 에지 방향에 대해 수직방향으로 Edge Profile을 추출하여 분석을 수행하는 새로운 방식을 고안하였다. 이 방식의 신뢰도를 검증하기 위해 회전 각도 별 인공표적 영상을 이용하여 영상품질 파라미터 중 하나인 RER을 측정하고 기존 문헌상의 방식과 비교해 보았다. 실험결과, 본 논문에서 고안한 방식은 표적 회전각도에 의존적이지 않은 신뢰성 있는 결과를 보여주었다. 이와 같은 Edge Profile 추출방식을 적용한 GRD 측정기법을 적용하여 실/내외에서 촬영된 영

상을 대상으로 인공표적에서의 GRD를 측정하였다. 측정된 GRD 결과값의 정확도 분석을 위해 육안분석을 통해 GRD를 측정하였으며 실험 결과, 인공표적에서 본 GRD 측정기법은 높은 정확도를 보여주었다. 다음의 수행된 실험에서는 인공표적이 포함된 Komsat-2 위성 영상을 이용하였으며 인공표적과 자연표적 각각에서 측정된 GRD 산출결과를 비교해본 결과 자연표적만으로도 영상의 신뢰성 있는 GRD 산출이 가능함을 확인 할 수 있었다.

본 논문의 의의는 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 인공표적이 부재한 영상에 있어서 자연표적만으로도 신뢰성 있는 영상의 품질 측정이 가능해짐에 따라 사용자들에게 제공될 영상품질지표에 대한 신뢰도가 지금보다 더욱 높아질 수 있다는 것이며 또한 인공표적의 설치와 촬영, 육안분석에 따른 노동력 및 소요 경비 측면에서의 이점을 가져올 수 있다는 것이다. 둘째로는 NIIRS (National Imagery Interpretability Rating Scale)와 같이 표적으로부터 추출된 edge profile 분석을 통해 측정 가능한 다른 영상품질 지표산출에 있어서도 기여를 할 수 있다는 점이다.

사사

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

참고문헌

Dennis Helder, Jason Choi, and Cody Anderson,

2006. On-orbit Modulation Transfer Function(MTF) Measurements for IKONOS and QuickBird, Proc. of 2006 Civil Commercial Imagery Evaluation workshop, Laurel, Maryland, March 14-16 USA, Sponsored by Joint Agency Commercial Imagery Evaluation(JACIE) Team.
- Campbell, J. B., 2002. Introduction to Remote Sensing, Third edition. Guilford Press, New York, N.Y.
- Patra, S. K., Mishra, N., Chandrakanth, R. and Ramachandran, R., 2002. Image Quality Improvement through MTF Compensation-A Treatment to High Resolution Data, Indian Cartographer, 22(15): 88-93.
- Taeyoung Choi, 2002. IKONOS Satellite on Orbit Modulation Transfer Function (MTF) Measurement Using Edge and Pulse Method, a thesis of the requirements for the Master of Science Major in Engineering South Dakota State University.
- Taejung Kim, Hyunsuk Kim, HeeSeub Kim, 2008. Image-based estimation and validation of NIIRS for high-resolution satellite images, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, July. 3-11, 2008. XXXVII(B1): 1-4.
- Dongwook Kim, Taejung Kim, Heeseob Kim, 2008. NIIRS Estimation using the general image-quality equation for monitoring image degradation, Proc. of International Symposium on Remote Sensing 2008, Daejeon, Korea, Oct. 29-31 2008. 53-56
- Jon C. Leachtenauer, William Malila, John Irvine and Linda Colburn, 1997. "General Image-Quality Equation: GIQE", Applied Optics, vol.36, No.32, 8322-8328.
- Bruce Mathews and Theodore Zwicker, Flight test results from the Ultra High Resolution, Electro-Optical Framing Camera containing a 9216 by 9216 pixel, wafer scale, focal plane array, 1999. Proc. of SPIE, Airborne Reconnaissance XXIII, vol.3751, 133-144.