

대기보정된 Landsat TM 영상으로부터 모의영상 제작

Generation of Simulated Image from Atmospheric Corrected Landsat TM Images

이수봉¹⁾ · 라 푸 히엔²⁾ · 어양담³⁾ · 편무욱⁴⁾

Lee, Soo Bong · La, Phu Hien · Eo, Yang Dam · Pyeon, Mu Wook

Abstract

A remote sensed image simulation following to weather and season conditions can be performed by a reverse atmospheric correction which is a function of image preprocessing. In this study, we have made an experiment to generate the simulated image to the raw image, which is prior to the atmospheric corrected images under the specific weather conditions. The applied methods in this study were the Forster algorithm (1984) and 6S RTM (Radiative Transfer Model). The simulated images has been compared with the original image to analyze compliances. In fact, the results from 6S RTM method show better compliances than Forster, with a mean of RMSE of DN difference 9.35 and a mean of R^2 0.7. In conclusion, a simulated image has practical feasibility when similar to the period and season as the reference image.

Keywords : Atmospheric Correction, Simulated Image, Surface Reflectance, 6S Radiative Transfer Model

초 록

원격탐사영상의 기상조건과 계절에 따른 모의는 영상 전처리 단계 중 대기보정 알고리즘의 역방향 구현을 통해 수행될 수 있다. 본 연구는 상용 원격탐사영상처리 프로그램에서 제공되는 대기보정기능으로 보정된 Landsat 영상을 특정기상조건이 고려된 대기보정 이전 상태로 모의하는 방법을 실험하였다. 실험에 적용한 방법은 Forster 알고리즘(1984)과 6S RTM (Radiative Transfer Model) 이고, 모의된 결과영상을 특정기상조건인 원영상과 비교하여 일치성을 분석하였다. 6S RTM을 적용한 결과가 Forster 알고리즘보다 일치성이 높았고, 결과연구대상지역 영상으로 모의영상을 제작한 결과, 원영상과의 평균 RMSE of DN difference가 9.35이고, 평균 R^2 는 0.7이었다. 결과적으로 참조 영상과 계절이 동일하고 시기가 유사한 모의영상 생성 시 실용적 활용 가능성을 입증하였다.

핵심어 : 대기보정, 모의영상, 지표 반사도, 6S 복사 전달 모델

Received 2014. 10. 11, Revised 2014. 10. 21, Accepted 2014. 10. 30

1) Member, Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University(E-mail: wimi8484@konkuk.ac.kr)

2) Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University(E-mail: laphu@konkuk.ac.kr)

3) Corresponding Author, Member, Division of Interdisciplinary Studies, Dept. of Advanced Technology Fusion, Konkuk University(E-mail: eoandrew@konkuk.ac.kr)

4) Member, Dept. of Civil Engineering, Konkuk University(E-mail: neptune@konkuk.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

위성원격탐사 영상은 지난 수십년간 다양한 해상도로 획득되어왔고, 앞으로도 다양한 센서 개발과 함께 이를 탑재한 위성의 발사가 계획되어 있다(Jensen, 2005). 지형관측센서를 탑재한 위성발사의 경우, 획득 예정인 영상성능을 반영한 영상분석 프로그램들이 완성되어 발사전에 그 운용성 평가가 이루어져야 하므로, 동일 성능을 조건으로 하는 다양한 모의영상을 생성할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2013). 넓은 지역을 비행훈련 지역으로 하는 항공시뮬레이터의 경우 계절별 영상을 구축하여 현실감을 향상시킬 수 있기 때문에 계절 및 기상조건에 맞는 영상을 제작하여야 하나, 특정시기의 구름 없는 한반도 전체 광학영상을 획득하기란 쉽지 않다. 따라서, 구름과 강설, 강우가 있는 시기의 영상을 모의하여 제작할 필요가 있다.

일반적으로 모의영상은 날씨조건에 크게 영향을 받지 않는 레이더 영상과 적외선 영상 그리고 저해상도 환경기상위성영상에서 주로 이루어져 왔다(Grasso *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2004). 광학영상의 경우, 최근엔 위성기술과 원격탐사용 센서 기술의 급격한 발전으로 다량의 항공 및 위성영상이 확보되고, 이를 기반으로 한 영상 시뮬레이션 분야의 연구도 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2013; Park and Eo, 2014).

지표의 다양한 반사특성, 대기의 수증기 및 에어로졸과 같은 미세먼지로 인한 대기 산란, 흡수, 굴절 등으로 인하여 광학영상에 대한 모의영상 제작은 기상조건에 민감하고, 계절에 따른 형상변화 등 여러 가지 복합적인 요소들을 포함하고 있다. 따라서 기존에 획득한 영상을 이용하여 모의영상을 제작하고자 하는 경우에는 기존의 영상의 기하보정 및 대기보정 여부를 고려하고 있어야 한다. 원격탐사 영상처리에서 대기보정은 정밀한 보정을 요구하지 않는 연구에서는 MODTRAN4(MODerate resolution atmospheric TRANsmission) 기반의 ATCOR(Atmospheric and Topographic Correction)와 FLAASH(Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)와 같은 상용프로그램이 비교 및 활용되어 왔다(Badarinath *et al.*, 2011; Jung *et al.*, 2009; Matthew *et al.*, 2002). 이 방법은 대기 조건을 이용하여 영상의 지표 반사도를 구하기 때문에 모의 영상 제작 시 상대 대기보정보다 더 유용한 방법이다.

본 연구에서는 상용프로그램으로 대기보정된 영상으로부터 문헌상에 공개된 Forster 알고리즘과 6S Radiative Transfer Model을 이용하여 역방향 대기보정을 수행, 특정 기상조건에 대한 대기보정 이전상태의 영상을 모의하였다. 실험

영상으로는 최근까지도 원격탐사분야에서 많이 활용되는 Landsat TM 위성영상을 이용하였고, 위의 두 가지 방법으로 제작된 모의영상은 지표 반사도(surface reflectance)에서 화소값(Digital Number, DN)으로 영상을 재구축되고, 원영상과 비교하여 활용 가능성을 분석하였다.

2. 연구 자료 및 방법

실험 지역으로는 나지, 농경지, 산지, 수계 그리고 도시지역 등의 토지피복형태가 고루 분포하고 있는 전라북도 익산시를 포함한 지역을 선정하였다. 실험 자료는 Landsat TM 위성영상으로써, 30m 공간해상도의 다중분광영상이다. USGS에서 획득한 Level 1T급 보정영상으로써 2003년 12월 3일과 2004년 6월 3일에 촬영된 영상을 실험에 고려하였다.

취득 영상에 관한 자료는 영상 획득 시에 함께 받을 수 있는 Metadata 파일에서 획득하였고, 기상 조건 자료는 기상청 웹 사이트에서 획득하였다. 이 중, 기상 조건 자료는 영상 취득 지역과 시간에 맞추기 위하여 두 가지의 처리과정을 하였다. 첫 번째로 기상청 자료는 익산시를 제공하지 않기 때문에 주변 지역인 전주와 군산시의 자료를 획득하였고, 두 지역의 평균값을 구하여 익산시의 대기 자료로 추정하였다. 두 번째로 기상청 사이트에서는 3시간 단위로 자료를 제공하기 때문에 선형보간법(linear interpolation)을 이용하여 영상 취득 시간에 맞는 대기조건을 획득하였다.

대기 보정에는 FLAASH를 이용하였다. FLAASH는 Air

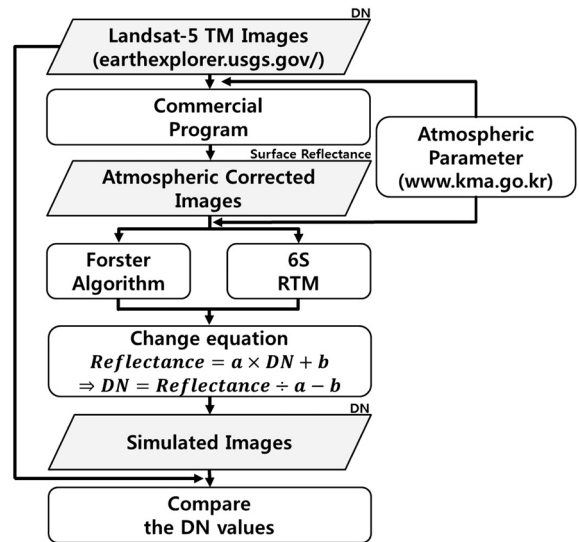


Fig. 1. Experimental flow

force research laboratory와 Spectral sciences, Inc에서 개발된 지표 반사도를 구하기 위한 모델링 도구이고, ENVI에서 사용할 수 있다. FLAASH는 가시광, 근적외, 그리고 중적외 영역까지의 파장대를 제공하고, 대기와 에어로졸 형태를 가진 MODTRAN 모델을 선택할 수 있다(FLAASH, 2009; Matthew *et al.*, 2002). FLAASH로 대기보정된 영상으로부터 공개된 대기보정 알고리즘의 역방향을 구현하여 원 영상의 기상 및 대기정보를 입력, 모의영상을 생성하였다. Fig. 1은 전체적인 실험흐름을 나타낸다.

3. 대기보정 알고리즘

3.1 Forster Algorithm

위성의 센서는 지표면에서 복사되는 에너지를 얻음으로써 영상을 생성한다. 지표면에서 복사되는 에너지는 지구의 가스, 에어로졸 등의 대기상태로 인해 산란, 흡수 그리고 굴절이 되어 위성 센서에 도달하기 전 감쇠된다(Song *et al.*, 2001).

TOA(Top of Atmospheric) 반사도는 이런 감쇠되는 양을 고려하지 않은 반사도를 말한다. TOA 반사도를 구하기 위해서는 처음 화소값으로 되어 있는 영상을 복사휘도(radiance) 값으로 변환하여야 한다. 복사휘도는 Landsat Handbook에서 제공하는 Eq. (1)로 구할 수 있다(Chander and Markham, 2003).

$$L_{\lambda} = \left(\frac{LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}}{Q_{calmax}} \right) \times Q_{cal} + LMIN_{\lambda} \quad (1)$$

where L_{λ} : Spectral radiance at the sensor's aperture, Q_{cal} : Quantized calibrated pixel value in DN, Q_{calmin} : Minimum quantized calibrated pixel value(DN=0) corresponding to $LMIN_{\lambda}$, Q_{calmax} : Maximum quantized calibrated pixel value(DN=255) corresponding to $LMAX_{\lambda}$, $LMIN_{\lambda}$: Spectral radiance that is scaled to Q_{calmin} , and $LMAX_{\lambda}$: Spectral radiance that is scaled to Q_{calmax} .

위의 $LMIN_{\lambda}$, $LMAX_{\lambda}$ 값은 영상 취득 시 획득하게 되는 Metadata 파일에서 얻을 수 있다. Eq. (1)을 이용하여 영상의 화소값을 복사휘도로 변경한 후, Eq. (2)를 이용하여 TOA 반사도로 변환시킨다.

$$\rho_P = \frac{\pi \times L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} \times \cos(\theta_s)} \quad (2)$$

where ρ_P : Unitless planetary reflectance, L_{λ} : Spectral

radiance at the sensor's aperture, $ESUN_{\lambda}$: Mean solar exoatmospheric irradiances, and θ_s : Solar zenith angle in degrees.

Eq. (2)에서 이용한 평균 태양 복사조도와 태양 천정각은 Metadata 파일에서 획득하였다.

Forster 알고리즘의 과정은 다음과 같다. 먼저, TOA 반사도의 평균 태양 복사조도는 대기 감쇠, 대기발산 복사조도(공중에서 산란에 의하여 분산되는 복사조도)를 고려할 경우 지표에 도달하는 복사조도는 Eq. (3)이 된다.

$$E_G = ESUN_{\lambda} \times T_{\theta_s} + E_d \quad (3)$$

where E_G : Global irradiance incident on the surface, T_{θ_s} : Atmospheric transmittance at an angle θ to the zenith, and E_d : Diffuse sky irradiance.

TOA 반사도의 복사휘도에는 경로휘도(L_p)가 포함되어 있다. 경로휘도란 센서에 복사휘도가 들어올 때 이와 같이 다른 경로를 통해서 센서의 순간 시야각 내로 들어오게 되는 여러 가지 복사 에너지를 말한다. 경로 휘도는 Eq. (4)로 구할 수 있다(Forster, 1984; Jensen, 2005).

$$L_p = ESUN_{\lambda} \left\{ \exp[-(\tau_{o_3} + \tau_{H_2O})] F(\mu_o, \tau_o) + G(\mu_o, \tau_o) H(\tau_o, \overline{R_B}) \right\} \quad (4)$$

where L_p : Path radiance, τ_{o_3} : Ozone optical thickness, and τ_{H_2O} : Water vapor optical thickness.

Eq. (4)에서 쓰인 광학두께란 빛의 전파 경로에 대한 부피 감쇠계수를 의미한다(Liou, 2002). 결국, 위의 과정을 통하여 최종적으로 구하고자 하는 지표 반사도, 즉 R은 Eq. (5)에 의해 계산되어 구현된다(Forster, 1984). 본 연구에서는 Forster 방법을 Matlab으로 구현하여 실험 결과를 도출하였다.

$$R = \frac{\pi \times (L_{\lambda} - L_p)}{E_G \times \cos(\theta_s)} \quad (5)$$

where R : Surface reflectance.

3.2 6S Radiative Transfer Model

6S(second simulation of the satellite signal in the solar spectrum) Radiative transfer model은 대기의 감쇠효과

를 모의할 수 있는 컴퓨터 코드이다(Vermote *et al.*, 1997). 이 코드는 구름이 없는 대기 상태로 가정할 때 0.25 um에서 4.0um 영역 안의 대기 복사 전달과정을 SOS (Sucessive Order of Scattering) 알고리즘을 이용하여 복사휘도와 지표 반사도의 형태로 모의한다. 6S 코드는 Laboratoire d'Optique Atmospherique에서 개발된 5S 코드에 흡수 물질(CH4, N2O, CO)과 Non lambertian 지표면 등을 추가하여 대기 모델과 유사하게 향상시킨 코드이다. 6S에서 지표 반사도는 Eq. (6)에 의해서 구해진다.

$$\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \phi_v) = t_g(\theta_s, \theta_v) \left\{ \rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_v) + \frac{T(\theta_s)}{1 - \langle \rho_t \rangle S} \left[\rho_c e^{-\tau/\mu_v} + \langle \rho_t \rangle > t_d(\theta_v) \right] \right\} \quad (6)$$

where $\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \phi_v)$: Reflectance at the TOA, $t_g(\theta_s, \theta_v)$: Aerosols and water vapour absorption factors, $\rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_v)$: Intrinsic reflectance, $T(\theta_s)$: Total downward atmospheric transmission, $\langle \rho_t \rangle$: Adjacency effect, S : Spherical albedo of the atmosphere, ρ_c : Not infinitely small but surrounded by a uniform background of reflectance, $e^{-\tau/\mu_v}$: Transmittance of the radiation reflected directly to the sensor, $t_d(\theta_v)$: Upward diffuse transmittance factor, and $\theta_s, \theta_v, \phi_v$: Sun zenith, View zenith, View azimuth angle, respectively.

6S는 13개의 에어로졸 모델과 23개의 지표 특성 등을 제공하고, 이를 이용하여 Eq. (6)을 통해 지표 반사도를 구할 수

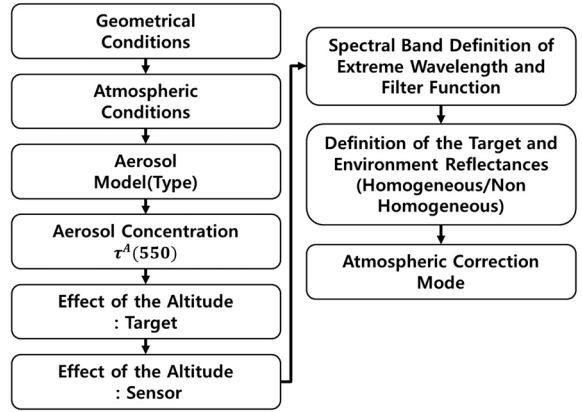


Fig. 2. Process of 6S

있다. Fig. 2는 6S의 과정을 나타내고 있다(Vermote *et al.*, 1997).

대기 보정 시 해당 지역 및 시기에 맞는 대기 조건을 구하기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 연구는 6S에서 제공하는 자료를 이용하여 총가강수량(total precipitable water vapor), 총 오존량, 그리고 에어로졸을 획득했으며, BRDF(Bidirectional Reflectance Distribution Function)는 고려하지 않았다. Aerosol concentration은 Gueymard(1995)의 SMARTS2(Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine)에서 가시거리와 습도를 이용하여 계산하였다. 위의 조건들을 토대로 하여 구현된 6S를 통해 지표 반사도를 획득하였고, Matlab을 이용하여 원 영상으로 모의하였다.

Table 1. Input values

	FLAASH	Forster	6S	Input Data	
	○ : Used, X : not Used				
Acquisition Date(YYYY.MM.DD)	○	○	○	2003.12.03	2004.06.03
Acquisition Time(GMT)	○	○	○	01:43:47	01:52:32
Sun Zenith Angle(°)	X	○	○	62.25	25.76
Ground Elevation(Km)	○	X	○	0.2	0.2
Aerosol Type	○	X	○	MLW, MIDWIN	SAS, MIDSUM
Aerosol Optical Thickness(0.550 μm)	X	○	○	0.46	0.42
Water Vapor(g/cm ²)	○	○	X	0.37	1.51
Total Optical Thickness(0.485 μm)	X	○	X	0.72	0.67
Visibility(Km)	○	○	○	11.58	12.94
Temperature(°C)	○	○	X	7	26
Humidity(%)	X	○	X	46	46

4. 실험 및 분석

실험은 크게 2가지로 구성되었다. 먼저 실험영상을 상용 소프트웨어로 대기보정 하였다. 이를 다시 Forster 알고리즘과 6S로 기존의 기상상태를 가진 영상으로 모의하고, 결과를 원영상과 비교하여 역방향 모의방법의 가용성을 입증하였다. 다음으로 이렇게 입증된 방법을 이용하여 유사한 시기의 다른 Landsat 영상을 모의하고 그 유사성을 비교하였다.

4.1 대기보정 된 영상 구축

대기보정 시 FLAASH 모듈에 사용된 입력 변수, 취득일자, 그리고 지표면의 높이 등은 Table 1에서 나타내었다.

본 연구에서 사용한 Aerosol type은 영상 취득 시 해당 지역의 온도와 수증기량을 고려하여 FLAASH에서 제공하는 MODTRAN 대기모델인 MLW(Mid-Latitude Winter)와 SAS(Sub-Arctic Summer)를 선택하였고, 6S에서는 영상 취득 시 위도와 계절을 고려하여 MIDWIN(MID latitude WINter)와 MIDSUM(MID latitude SUMmer)를 사용하였다(FLAASH, 2009; Vermote *et al.*, 1997).

4.2 역방향 모의방법 가용성

역방향 모의의 가용성을 입증하기 위해 상용 소프트웨어로 대기보정이 된 영상의 원영상을 모의하였다. 구축에는 Forster 알고리즘과 6S를 사용하였고, 모의 시에 사용한 입력 값들은 Table 1에 나타내었다. 유사성 검토에는 RMSE(Root Mean Square Error) of DN difference와 R²(coefficient of determination)를 이용하였다. R²는 두 변수간의 선형 관계 정도가 높으면 1에 가까워진다. 그 결과는 Table 2를 통해 나타내었다. Table 2에서 매우 높은 유사성을 보여주므로 시각적 분석이 큰 의미가 없어서 모의 결과영상을 그림으로 나타내

지 않았다.

2003년 12월 3일 영상에서 Forster 알고리즘의 평균 RMSE of DN difference는 6.70, 6S의 경우에는 2.35를 나타내고 있다. 그리고 2004년 6월 3일 영상의 경우 Forster 알고리즘의 평균은 8.19, 그리고 6S의 경우에는 3.76으로 6S로 모의한 영상이 원영상과 더 유사했다. 각 영상들의 최대 RMSE of DN difference는 11.65와 11.87 이었다. 10의 화소값 차이가 나타내는 정도를 파악하기 쉽지 않아서 지표 반사도로 변환했다. 대기 조건에 따라서 반사도 값 차이의 변화가 있을 수 있지만, 2004년 6월 3일의 대기조건으로 화소값 10 차이를 반사도 값 차이로 생성해본 결과 6S에서는 0.02, 그리고 Forster에서는 0.03으로 나왔다. 이는 시계열이 변할 때 나타나는 반사도 값 차이이고, 해당 값의 차이로 인하여 대분류의 토지피복분류가 변할 것이라고는 사료되지 않는다(Kim *et al.*, 2011). R² 측면에서는 모든 부분에서 1에 가까운 수를 보여 원 영상과 상관관계가 크다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 사용한 두 대기보정 알고리즘의 역방향 구현에는 문제가 없다고 판단된다. 두 대기보정 중 6S가 더 좋은 RMSE of DN difference와 R² 값을 가지고 있기 때문에, 시기가 다른 모의영상 구축에는 6S를 이용하여 실험하였다.

4.3 시기가 다른 영상으로의 모의

참조영상은 2003년 12월 3일과 2004년 6월 3일 영상으로 각각 겨울과 여름을 가진 영상으로 선정하였고, 각 영상은 상용 소프트웨어로 대기보정 하였다. 실험에 사용한 영상은 2002년 6월 7일, 2005년 1월 6일, 그리고 2009년 6월 26일을 가진 영상을 이용했다. 선정에는 참조 영상과 유사한 계절을 가진 영상, 그리고 시기 차이가 먼 영상으로 고려하였다. Table 3에서 실험 결과를, 그리고 Fig. 3에서는 참조영상, 원 영상, 그리고 생성한 모의영상을 나타내었다.

Table 2. RMSE of DN difference and R² for each band

	2003.12.03				2004.06.03			
	Forster		6S		Forster		6S	
	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
Band1	8.54	0.94	6.61	0.93	7.63	0.94	8.69	0.94
Band2	8.99	0.96	1.50	0.96	9.71	0.96	3.07	0.96
Band3	11.65	0.97	2.11	0.97	10.63	0.97	3.76	0.97
Band4	8.81	0.99	2.02	0.99	2.97	0.99	4.50	0.99
Band5	1.04	1.00	1.32	1.00	11.87	1.00	1.80	1.00
Band7	1.18	1.00	0.52	1.00	6.33	1.00	0.72	1.00

Table 3. RMSE of DN difference and R² for each images

		2003.12.03		2004.06.03	
		RMSE	R ²	RMSE	R ²
2002.06.07	B1	38.09	0.52	13.45	0.66
	B2	14.29	0.51	5.53	0.68
	B3	14.08	0.45	8.21	0.69
	B4	34.42	0.00	10.99	0.76
	B5	47.28	0.01	19.16	0.69
	B7	23.09	0.06	10.90	0.70
2005.01.06	B1	14.61	0.71	4.65	0.63
	B2	4.60	0.73	3.34	0.61
	B3	5.93	0.74	5.04	0.57
	B4	5.17	0.73	17.08	0.01
	B5	8.28	0.80	24.80	0.04
	B7	5.37	0.78	13.36	0.12
2009.06.26	B1	49.65	0.25	20.89	0.35
	B2	19.19	0.23	9.56	0.35
	B3	18.14	0.21	13.26	0.39
	B4	40.61	0.00	17.36	0.58
	B5	48.19	0.01	24.84	0.48
	B7	23.27	0.06	13.56	0.53

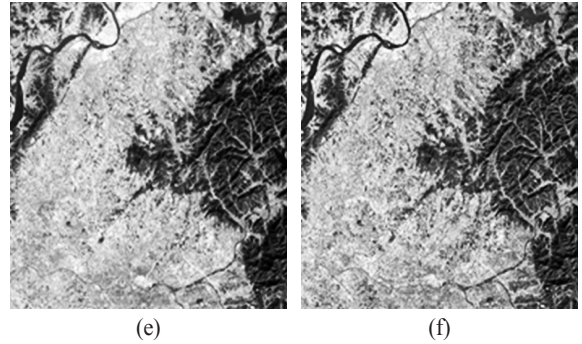
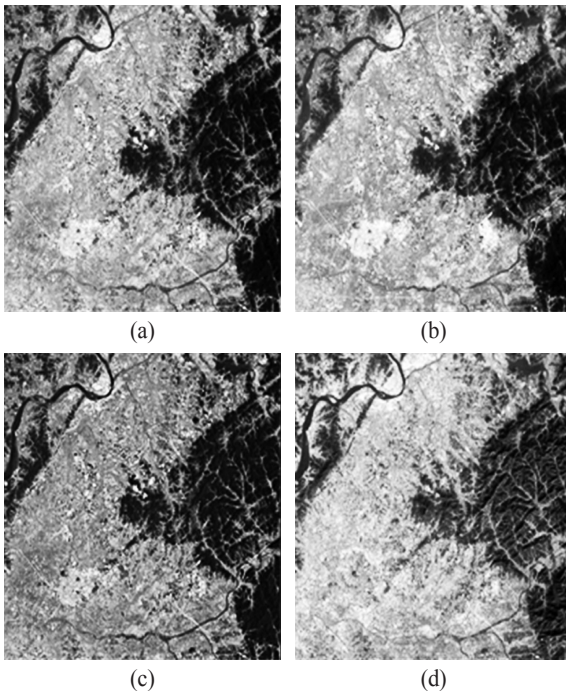


Fig. 3. Result images. (a) reference image on 2004.06.03, (b) original image on 2002.06.07, (c) simulated image between (a) and (b), (d) reference image on 2003.12.03, (e) original image on 2005.01.06, (f) simulated image between (d) and (e)

Table 3에서 2004년 6월 3일 참조영상으로 2002년 6월 7일 영상을 모의한 결과, 평균 R²가 0.7으로써 2003년 12월 3일 참조영상으로 모의했을 때보다 약 0.4 더 높게 나왔다. 2003년 12월 3일 참조영상으로 2005년 1월 6일 영상을 모의했을 시 0.75의 평균 R² 값이 나왔다. 참조 영상과 시기는 유사하나 계절이 다른 영상들의 R² 값은 0.7에 미치지 못하였고, 특히 Band 4, 5, 그리고 7에서 낮은 값을 보였다. 참조 영상과 시기 차이가 심한 2009년 6월 26일 영상은 다른 모의 영상에 비해 높은 RMSE of DN difference와 낮은 R² 값을 가지고 있었다.

시기와 계절이 유사한 참조영상으로 만든 모의영상이 원영상과 높은 일치성을 보였다. RMSE of DN difference와 R²로 나타난 결과는 전체적인 일치성을 보여주기 때문에 토지 피복별로 비교할 필요가 있다고 판단하였다. 토지 피복별 일치성 분석에는 최대 우도 분류법(maximum likelihood classification)과 차이값(Difference Value, DV) 영상을 이용하였다. 최대 우도 분류법은 각 클래스에 대한 자료의 우도(likelihood)를 구하고, 최대우도 클래스에 그 화소를 할당하는 방법이다(Eo, 2008). 분류에는 총 6개 클래스(산림, 수계, 건물, 식생, 나지, 그리고 그림자)를 고려하였다. 클래스 선정 기준은 실험 지역에서 분광 특성의 차이가 큰 지역을 고려하였다. 경작지는 다른 토지 피복과 큰 분광 특성 차이가 없기 때문에, 다중분광영상으로 분류할 시 오분류 되는 픽셀이 많아 클래스 선정에서 제외하였고, 식생의 유무에 따라 나지 또는 식생으로 분류하였다. 그림자 지역의 경우, 해당 지역이 다른 토지피복으로 오분류 되는 것을 막기 위해 선정하였다. 피복별 일치성 분석 시에는 그림자 지역을 제외한 5개의 클래스(산림, 수계, 건물, 식생, 나지)를 고려하여 실험하였다.



차이값 영상은 원 영상과 모의 영상간의 픽셀별 화소값 차이를 이용하여 나타내었고, 총 6개 밴드에서 나타내는 차이값의 평균을 구하여 각 픽셀의 대표 차이값으로 선정하였다. 비교에 쓰인 영상은 원 영상과 좋은 일치성을 보인 2004년 6월 3일 영상을 참조하여 모의한 2002년 6월 7일 영상, 그리고 2003년 12월 3일 영상을 참조하여 모의한 2005년 1월 6일 영상을 사용하였다. Fig. 4의 (a)와 (c)에서 최대 우도 분류법을 적용한 영상, 그리고 (b)와 (d)에서는 차이값을 나타내는 영상을 나타내었다.

Fig. 4의 (b)와 (d) 영상은 원 영상이 모의영상과 차이가 클수록 흰색을 나타내게 하였다. 토지 피복별 일치성 분석 결과, Fig. 4의 (b)영상에서는 평균 8.7 ± 7.11 로 나지 지역이, (d)영상에서는 평균 6.8 ± 1.98 로 식생 지역이 5개의 클래스 중 가장 높은 차이값을 나타내었다. 차이값이 10이상인 픽셀의 개수를 보았을 때, Fig. 4의 (b) 영상에서는 전체 픽셀 중

12.3%, (d)영상은 5.8%로 나지지역이 가장 많은 픽셀 수를 가진 것으로 나타났다.

본 연구의 결과에 대한 분석은 다음과 같다.

- 1) 전반적으로 Forster 알고리즘의 평균 RMSE of DN difference값이 6S보다 더 높은 값을 보이는 이유는 변수 때문이라 판단된다. Forster 알고리즘의 경우 6S보다 고려되는 대기 변수들이 적다. 특히 지표 방사도 및 산란계수 등의 부분에서 차이가 심할 것으로 판단되고, 그 차이는 대기감쇠가 심한 가시광 영역 중 Band 1에서 더 부각되어 높은 RMSE of DN difference 값을 가진 것으로 사료된다.
- 2) 참조영상과 계절이 유사한 영상에서 다른 영상보다 좋은 RMSE of DN difference와 R²값이 나온 이유는 토지 피복의 특성 때문으로 판단된다. 본 연구 지역의 특성상 농경지가 많이 포함되어 있기 때문에 계절에 따라

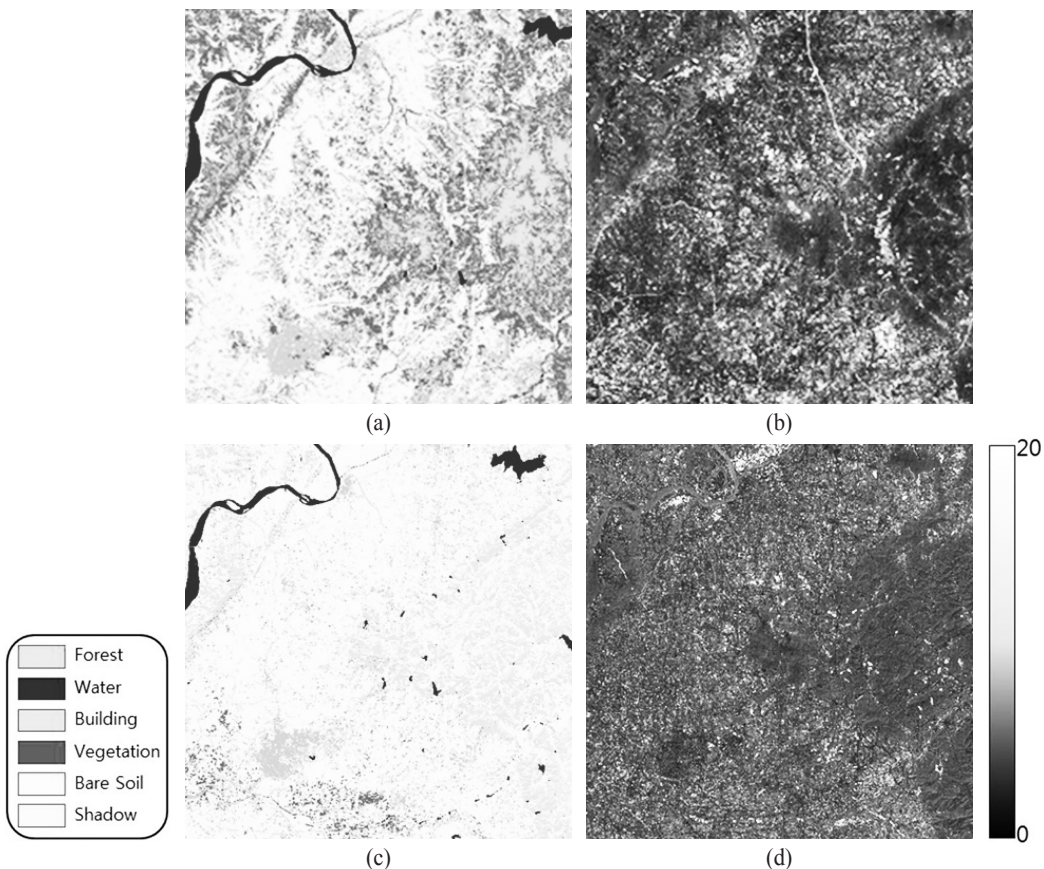


Fig. 4. Classification and DV images. (a) classification image on 2002.06.07, (b) DV image on 2002.06.07, (c) classification image on 2005.06.01, (d) DV image on 2005.01.06

식생의 변화가 많을 것이고, 토양의 수분 함유량이 차이 날 것이다. 이러한 변화는 일치성에 큰 영향을 줄 것이고, 좋은 모의영상 추출을 위해서는 계절에 맞는 참조 영상 선정이 중요하다고 판단된다.

- 3) 피복별 일치성 분석 결과에서 나지와 식생 지역이 다른 토지 피복에 비하여 일치성이 낮은 것으로 나왔는데, 이는 시기에 따른 토지피복 변경으로 사료된다. 나지와 식생 지역에서 나타낸 값이 다른 토지 피복들이 나타낸 값과 크게 차이나지 않기 때문에 모의영상 활용에는 영향을 끼치지 않을 것이라 판단된다.
- 4) 다양한 실험 결과, 참조영상과 시기 차이가 약 3년 이상인 영상의 경우에는 좋지 않은 RMSE of DN difference 와 R² 값을 보였다. 이는 시기 차이가 클수록 토지 피복의 변화량이 크기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 특히 Band 4, 5, 그리고 7인 적외선 영역 부분의 일치성이 좋지 않았다. 원인으로 나지의 토지 피복 변화로 인한 지표 반사도 변화가 주요한 요인으로 사료된다.

5. 결론

정확한 모의영상 구축을 하기 위해서는 대기 감쇠 효과를 고려한 작업이 수행되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 Forster 알고리즘과 6S 모듈을 구축하고, 두 대기보정을 이용하여 지표 반사도값을 가진 영상을 화소값으로 변환하였다. 구축한 대기보정의 유용성을 보기 위하여 동일 시기의 영상을 활용해 모의하여 비교하였고, 활용성 측면에서는 참조영상과 다른 시기의 영상들을 비교함으로써 두 대기보정의 활용성을 분석하였다. 실험결과, Forster 알고리즘과 6S의 역방향 모의는 각각 평균 RMSE of DN difference가 7.445, 3.055 정도라서 6S 방법이 우수함을 보였고, R² 는 두 영상 모두 1에 가까운 값을 나타내어 제안 방법의 유용성을 입증하였다. 참조영상을 이용하여 시기가 다른 영상을 역방향 6S로 모의하는 실험에서는 참조영상과 동일 계절을 가진 영상을 모의했을 때 원 영상과의 평균 RMSE of DN difference가 9.35, 그리고 R² 는 0.7로 유사함을 나타내고 있다.

향후에는 대기보정이 이루어진 참조영상을 계절별, 시기별로 충분히 확보하여 모의영상의 유사성을 향상시키고, 계절 변화에 따른 식생 및 하천영역 변화에 적용할 수 있는 향상된 알고리즘 개발이 이루어져야 할 것이다. 또한 참조영상의 다양화로 모의영상 생성 범위의 확대를 고려하여 모의영상 수요에 대한 충분한 대처가 있어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2013R1A1A2007582)

References

Badarinath, K.V.S., Sharma, A.R., and Kharol, S.K. (2011), Forest fire monitoring and burnt area mapping using satellite data: a study over the forest region of Kerala State, India, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 32, No. 1, pp. 85-102.

Chander, G. and Markham, B. (2003), Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No. 11, pp. 2674-2677.

Eo, Y.D., Lee, G.W., Park, D.Y., Park, W.Y., and Lee, C.N. (2008), Supervised classification using training parameters and prior probability generated from VITD - the case of QuickBird multispectral imagery, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, No. 5, pp. 517-524.

FLAASH, User's Guide. (2009), Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide: Version 4.7, *ITT Visual Information Solutions Inc.*, Boulder, Colorado, http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/envi/flaash_module.pdf (last date accessed: 26 October 2014).

Forster, B.C. (1984), Derivation of atmospheric correction procedures for LANDSAT MSS with particular reference to urban data, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 5, No. 5, pp. 799-817.

Grasso, L.D., Sengupta, M., Dostalek, J.F., Brummer, R., and Demaria, M. (2008), Synthetic satellite imagery for current and future environmental satellites. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No. 15, pp. 4373-4384.

Gueymard, C. (1995), *A Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine: Algorithms and Performance Assessment*, Technical Report No. FSEC-PF-270-95, Florida Solar Energy Center, Cocoa, FL, 65p.

Jensen, J.R. (2005), *Introductory Digital Image Processing* :

- A Remote Sensing Perspective: 3rd Edition*, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Jung, T.W., Eo, Y.D., Jin, T.L., Lim, S.B., Park, D.Y., Park, H.S., Piao, M.H., and Park, W.Y. (2009), Comparison of digital number distribution changes of each class according to atmospheric correction in LANDSAT-5 TM, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, No. 1, pp. 11-20. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.O., Yeom, J.M., and Kim, Y.S. (2011), The multi-temporal characteristics of spectral vegetation indices for agricultural land use on RapidEye satellite imagery, *Journal of Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 10, No. 1, pp. 149-155. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.W., Eo, Y.D., Lee, B.K., Jang, I.W., and Han, S.H. (2013), Remote sensed image simulation methodology, *Journal of Next Generation Information Technology*, Vol. 4, No. 8, pp. 111-117.
- Li, J., Menzel, W.P., Jhang, W.J., Sun, F.Y., Schmit, T.J., Gurka, J.J., and Weisz, E. (2004), Synergistic use of MODIS and AIRS in a variational retrieval of cloud parameters, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 43, No. 11, pp. 1619-1634.
- Liou, K.N. (2002), *An Introduction to Atmospheric Radiation: Second Edition*, Academic Press, San Diego, California.
- Matthew, M.W., Adler-Golden, S.M., Berk, A., Felde, G., Anderson, G.P., Gorodetzky, D., Paswaters, S., and Shippert, M. (2002), Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data, *Proceedings of the 31st Applied Imagery Pattern Recognition Workshop*, IEEE, 16-18 October, Orlando, FL, Vol. 5093, pp. 474-482.
- Park, W.Y. and Eo, Y.D. (2014), Generation of simulated geospatial images from global elevation model and SPOT ortho-image, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 32, No. 3, pp. 217-223.
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., and Macomber, S.A. (2001), Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?, *Remote sensing of Environment*, Vol. 75, No. 2, pp. 230-244.
- Vermote, E., Tanré, D., Deuze, J.L., Herman, M., and Morcrette, J.J. (1997), *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S): 6S User Guide Version 2*, NASA-Goddard Space Flight Center-Code 923, Greenbelt, USA.