

Letter

## MODIS AOD 기대 오차에 따른 6SV 기반 KOMPSAT-3A 채널별 지표반사도 오차 영향 분석

정대성<sup>1</sup> · 심수영<sup>2</sup> · 우중호<sup>3</sup> · 김나연<sup>4</sup> · 박성우<sup>4</sup> · 김홍희<sup>5</sup> · 한경수<sup>6</sup>\*

### Analysis of the Impact of Surface Reflectance Error Retrieved from 6SV for KOMPSAT-3A according to MODIS AOD Expected Error

Daeseong Jung<sup>1</sup> · Suyoung Sim<sup>2</sup> · Jongho Woo<sup>3</sup> · Nayeon Kim<sup>4</sup> ·  
Sungwoo Park<sup>4</sup> · Honghee Kim<sup>5</sup> · Kyung-Soo Han<sup>6</sup>\*

**Abstract:** This study evaluates the impact of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) aerosol optical depth (AOD) expected error (EE) on the accuracy of surface reflectance (SR) derived from the KOMPSAT-3A satellite, utilizing the Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum Vector radiative transfer model. By considering a range of ground-based AOD and the resultant MODIS AOD EE, the research identifies significant influences on SR accuracy, particularly under high solar zenith angles (SZA) and shorter wavelengths. The study's simulations reveal that SR errors increase with shorter wavelengths and higher SZAs, highlighting the necessity for further research to improve atmospheric correction algorithms by incorporating wavelength and SZA considerations. Additionally, the study provides foundational data for better understanding the use of AOD data from other satellites in atmospheric correction processes and contributes to advancing atmospheric correction technologies.

**Keywords:** Atmospheric correction, Radiative transfer model, Surface reflectance, Aerosol optical depth, Expected error

Received November 24, 2023; Revised December 5, 2023; Accepted December 9, 2023; Published online December 31, 2023

<sup>1</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 박사수료생(PhD Candidate, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

<sup>2</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 석/박사통합수료생(PhD Candidate, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

<sup>3</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 석/박사통합과정생(Combined MS/PhD Student, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

<sup>4</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 석사과정생(Master Student, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

<sup>5</sup> 아이헤이트플라이버그스(주) 연구원(Researcher, Ihateflyingbugs Inc., Seoul, Republic of Korea)

<sup>6</sup> 부경대학교 지구환경시스템과학부 공간정보시스템공학전공 교수(Professor, Major of Spatial Information Engineering, Division of Earth Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea)

\* Corresponding author: Kyung-Soo Han (kyung-soo.han@pknu.ac.kr)

Copyright © 2023 by The Korean Society of Remote Sensing. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**요약:** 본 연구에서는 Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum Vector를 활용하여 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) aerosol optical depth (AOD)의 기대 오차(expected error, EE)가 KOMPSAT-3A 지표반사도(surface reflectance, SR)의 정확도에 미치는 영향을 평가한다. 연구에서 다양한 지상 AOD와 그에 따른 MODIS AOD EE를 고려함으로써, 파장이 짧고 태양천정각(solar zenith angle, SZA)이 높을수록 SR 오류가 증가한다는 결과를 확인했으며, 이는 파장과 SZA 고려 사항을 통합하여 대기보정 알고리즘을 개선하기 위한 추가 연구가 필요하다는 점을 강조한다. 또한, 이 연구는 대기보정 과정에서 다른 위성의 AOD 자료 활용에 대해 더 잘 이해하기 위한 기초 자료를 제공하고 대기보정 기술 발전에 기여할 것으로 예상된다.

**주요어:** 대기보정, 복사전달모델, 지표반사도, 에어로졸 광학 두께, 기대 오차

## 1. 서론

대기보정은 원격 탐사 분야에서 필수적인 절차로, 광학위성 영상의 정확한 해석과 후속 응용에 중요한 과정이다. 이 방법은 중형위성 및 고해상도 광학위성 영상에서 산란 및 흡수와 같은 대기효과를 제거하여 지표반사도(surface reflectance, SR)를 산출한다(Liang et al., 2001). 이를 통해 환경 모니터링, 자원 관리 등 다양한 지구 관측 분야에서 분석 자료로 사용된다(Vermote and Saleous, 2006; Hadjimitsis et al., 2010).

광학위성의 대기보정에서 대기성분 산출물 부재를 보완하기 위해 타 위성의 산출물을 사용하는 경우가 많다. 즉, 실시간 대기보정을 위하여 대기효과 및 SR 정확도에 높은 영향력을 나타내는 aerosol optical depth (AOD) 자료가 대표적이다. 그 중 Terra/Aqua 위성에 탑재된 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)의 MOD04/MYD04 제품들은 광범위한 적용 범위와 일관된 가용성으로 인해 많은 연구에서 사용되고 있다(Nguyen et al., 2015; Zhou et al., 2022). 그러나 MOD04/MYD04 자료는 기대 오차(expected error, EE)를 고려하여 대기보정에 사용할 필요가 있다. Levy et al. (2013)에 따르면 육지에서 MOD04/MYD04의 EE 범위는  $\pm 0.05 \pm 0.15 \times AOD_{ground}$ 로 정의된다. 여기서  $AOD_{ground}$ 는 지상에서 관측된 AOD를 나타내며, 이것은 MODIS AOD 산출물의 예상되는 오차 추정치를 나타낸다. 결과적으로 AOD 산출물에서 예상되는 EE 범위는 SR 산출시 증폭되어 허용 오차 이상의 오차를 야기할 수 있다.

MODIS SR 제품(MOD09; Vermote and Vermeulen, 1999)은 SR 산출시 MOD04 제품을 사용하며, AOD 불

확실성으로 인한 영향력을 설명하고 있다. 그러나 다양한 대기·기하 조건에 대한 광범위한 분석이 미비하고, 태양 천정각과 AOD가 낮은 시나리오에서 SR의 품질을 분석하고 있다. 또한, 각 채널의 대기효과의 민감도를 반영하여 안정적인 SR 범위를 산출하는데 필요한 입력자료들의 임계값 등 기초정보를 확인하기 어렵다. Lee et al. (2015)에서 60-70°의 solar zenith angle (SZA)과 0-0.8의 AOD가 대기보정 과정에서 높은 빈도로 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 다양한 위성에서 MOD04 제품을 입력자료로 사용하면 AOD가 높은 경우가 많이 나타날 것이다. 이러한 값이  $AOD_{ground}$  기준으로 EE 범위에 속하더라도 기본적으로  $AOD_{ground}$  값은 기본적으로 높다는 점에 유의하는 것이 중요하다. 일반적으로 AOD가 높을수록 대기효과의 변동성이 커져 모델 기반 SR 품질이 낮아질 수 있다. 또한, 대부분의 대기보정 연구에서는 효율성을 위해 Look up Table (LUT) 기반 보정을 사용하는데(Lee et al., 2015; Lee et al., 2020), 이것은 LUT의 간격으로 인해 SR의 정확도를 더욱 감소시킬 수 있다.

본 연구는 KOMPSAT-3A를 대상으로 AOD 자료의 EE 범위로 인해 SZA의 0-70° 범위에서 발생하는 SR 오차 분석을 목표로 한다. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum Vector (6SV) (Vermote et al., 2006) 복사전달모델을 통해 생성된 채널 별 KOMPSAT-3A의 모의 자료를 사용했다. 모의에 사용된 AOD ( $AOD_{reference}$ )를 참값으로 가정하였고, 이러한  $AOD_{reference}$ 를 기반으로 MODIS AOD의 최대 EE 값을 계산하였다. 이어서 KOMPSAT-3A의 대기보정 과정에 이 자료가 활용될 때 SR의 잠재적인 오차 범위를 분석하였다.

## 2. 연구자료 및 방법

### 2.1. 6SV 기반 채널 별 KOMPSAT-3A 모의자료 생성

Table 1은 채널 별 KOMPSAT-3A의 모의자료를 생성하기 위해 사용된 임의의 위성 관측 조건들이다. 모의 조건은 지표반사도 오차 발생에 크게 영향을 미치는 SZA와 AOD를 대상으로 다양한 값이 설정되었고, 지표반사도 오차에 상대적으로 영향력이 적은 다른 변수들은 연구 전반에 걸쳐 일관된 값으로 유지되었다(Lee et al., 2015). 6SV는 모의된 관측 환경에 대해 대기상단 반사도[top of atmosphere reflectance ( $\rho_{TOA}$ )]를 모의하며 대기보정 계수들[total global gas transmittance ( $T_g$ ), intrinsic atmospheric reflectance ( $\rho_a$ ), downward and upward total scattering transmittance ( $T(\theta_s)$ ,  $T(\theta_v)$ ), total spherical albedo ( $S$ )]을 산출할 수 있다. 이후, 식(1), (2)를 통해 Table 1에 대한 SR ( $\rho_s$ ) 모의 자료들을 생성한다.

Table 1에서 case1의 AOD는  $AOD_{reference}$ 를 의미하며,  $AOD_{reference}$ 에 대해 모의된 SR을 본 연구에서 참값( $SR_{reference}$ )으로 사용한다. case2와 case3의 AOD는 각각 lower EE ( $0.85 \times AOD_{reference} - 0.05$ )와 upper EE ( $1.15 \times AOD_{reference} + 0.05$ )에 해당되는 AOD를 의미한다. 즉,  $AOD_{reference}$  대비 낮게 산출된 MODIS AOD 값을 대기보정에 사용하는 시나리오(case2)와  $AOD_{reference}$  대비 높게 산출된 MODIS AOD 값을 대기보정에 사용하는 시나리오(case3)에 대해 각각 수행하여 지표반사도  $SR_{lower EE}$ 와  $SR_{upper EE}$ 를 생성한다.

$$\rho_s = \frac{\rho'_s}{1 + \rho'_s S} \quad (1)$$

$$\rho'_s = \frac{\frac{\rho_{TOA}}{T_g} - \rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_r)}{T(\theta_s)T(\theta_v)} \quad (2)$$

### 2.2. AOD의 EE에 따른 지표반사도의 상대오차 비교

본 연구에서는 다양한 SZA 및 AOD 조건 하에서 SR에 대한 분석을 수행했으며, 이러한 변화와 관련된 EE에 대해 중점적으로 수행하였다. 먼저, 식(3)에 따라  $SR_{reference}$  (Table 1의 case1 조건에서 모의)와  $SR_{lower EE}$  (case2 조건에서 모의) 사이의 상대오차를 계산하였다. 이어서,  $SR_{reference}$ 와  $SR_{upper EE}$  (case3 조건에서 모의) 사이의 상대오차를 계산하고 각 상대오차의 범위를 나타냈다. 또한, KOMPSAT-3A의 채널 별 대기보정에 MOD04/MYD04 자료가 활용될 수 있는 관측 조건에 대한 분석도 포함하였다. 이 분석 부분은 Vermote et al. (2015)에서 제시된 SR 정확도 수준을 기반으로 수행하였다. 정확도 수준은  $\pm (0.005 + 0.05 \times SR_{reference})$ 로 정의되며, 지표반사도 품질에 대한 표준을 설정한다.

$$Relative Error = \frac{SR_{lower or upper EE} - SR_{reference}}{SR_{reference}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

**Table 1.** Parameters and values for AOD cases in KOMPSAT-3A SR simulation analysis

Parameter	Case1 <sup>a)</sup>	Case2 <sup>b)</sup>	Case3 <sup>c)</sup>
Aerosol Optical Depth	0.01, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0	0.0, 0.04, 0.12, 0.21, 0.29, 0.38, 0.46, 0.55, 0.63, 0.72, 0.80	0.06, 0.17, 0.28, 0.40, 0.51, 0.63, 0.74, 0.86, 0.97, 1.09, 1.20
Aerosol Model	Continental		
Solar Zenith Angle (°)	0.0–70.0 (Interval 10.0)		
Relative Azimuth Angle (°)	90.0		
Viewing Zenith Angle (°)	15.0		
Total Precipitable Water (g/cm <sup>2</sup> )	1.0		
Total Column Ozone (cm-atm)	0.35		
Spectral Response Function	Blue, Green, Red, NIR channels of KOMPSAT-3A		
Ground Type	Vegetation		

<sup>a)</sup> Surface reflectance caused by  $AOD_{reference}$ .

<sup>b)</sup> Surface reflectance caused by AOD corresponding to lower EE.

<sup>c)</sup> Surface reflectance caused by AOD corresponding to upper EE.

### 3. 연구결과 및 토의

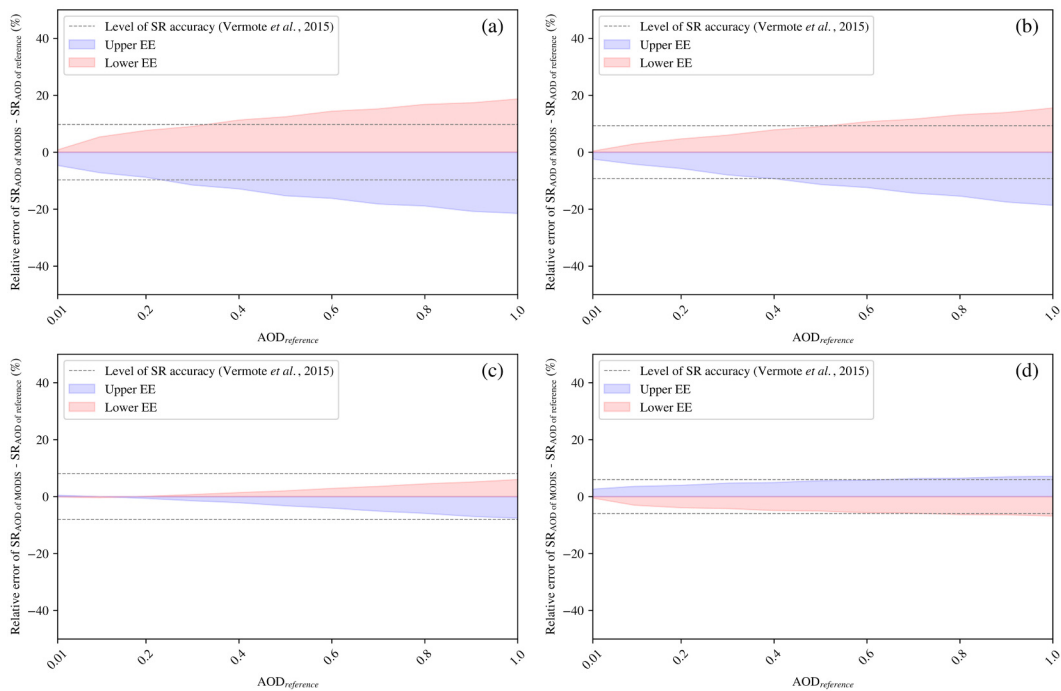
본 연구에서는 KOMPSAT-3A 위성을 대상으로 한 모의 조건으로 SR 표준 오차의 준수여부를 평가하였다. Table 2는 KOMPSAT-3A의 각 채널 별로 SR 표준 범위를 만족하는 AOD 임계값을 SZA 별로 나타낸다. Table 2의 Blue 채널의 경우 SZA 0°에서 결과는 ‘0.97/0.80’으로 표시되어 있다. ‘0.97’은 MODIS AOD의 값이 각각 upper EE를 기준으로 0.01-0.97 범위에 있을 때, 대기보정 과정에서 SR이 안정적으로 산출됨을 나타낸다. ‘0.80’은 lower EE를 기준으로 MODIS AOD 값이 0.01-0.80

범위인 경우 대기 보정 중에 안정적인 SR 계산 가능성이 높다는 것을 의미한다. 따라서 upper 및 lower EE 조건을 결합하면 SZA가 0°이고 MODIS AOD가 0.80 이하일 때 대기 보정이 안정적으로 수행될 가능성이 높을 것을 알 수 있다.

그러나 MODIS AOD가 0.80을 초과하면 SR이 표준 오차 범위에 속하거나 그렇지 않은 두 가지 시나리오가 있다. AOD 값이 0.97 (0.80-0.97 범위에 비해)보다 현저히 높으면 SR 표준오차 범위를 충족하기 어려울 것으로 예상된다. Table 2의 ‘all’ 지정은 본 연구의 모의 조건에서 MODIS AOD 값으로 인해 SR이 표준 오차 범위를

**Table 2.** Maximum allowable upper and lower EE range AOD values according to SZA for compliance with SR standards (Vermote et al., 2015)

Channel	AOD corresponding to Upper EE / lower EE							
	SZA 0°	SZA 10°	SZA 20°	SZA 30°	SZA 40°	SZA 50°	SZA 60°	SZA 70°
Blue	0.97/0.80	0.97/0.80	0.97/0.72	0.86/0.72	0.74/0.63	0.63/0.46	0.40/0.29	0.28/0.21
Green	all	all	all	all	0.97/0.80	0.86/0.72	0.63/0.55	0.51/0.46
Red	all	all	all	all	all	all	all	all
NIR	all	all	all	all	all	all	0.97/0.72	0.74/0.55



**Fig. 1.** Relative error in SR by spectral band under SZA=70° conditions. Panels (a) Blue, (b) Green, (c) Red, and (d) NIR depict the relative error in SR due to upper (blue shaded area) and lower (red shaded area) EE across a range of AOD<sub>reference</sub> values. The gray dashed lines represent the SR accuracy standard (Vermote et al., 2015) under the simulated conditions.

초과하지 않음을 나타낸다. 또한, 파장이 짧아지고 SZA가 클수록 사용 가능한 AOD 범위는 좁아지고 SR 정확도는 낮아지는 것으로 확인되었다. 이 결과는 이전 연구(Jung et al., 2020)와 일치한다. 이러한 결과는 대기보정 알고리즘에 파장, SZA, AOD를 고려한 조정이 필요함을 시사한다.

Fig. 1은 Table 2의 결과 중 대표적으로 SZA 70° 관측 조건에서 발생할 수 있는 상대오차를 채널 별로 나타내고 있다. 모든 모의 조건에서 Blue, Green, Red 채널의  $SR_{upper EE}$ 가  $SR_{reference}$ 에 비해 일관되게 과소평가되는 경향을 발견했다. 반면,  $SR_{lower EE}$ 는 대체로  $SR_{reference}$ 보다 과대평가하는 것으로 나타났다. NIR 채널의 경우,  $SR_{upper EE}$ 가 과대평가되는 경향이 있으며,  $SR_{lower EE}$ 는  $SR_{reference}$  대비 과소평가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 각 채널 별 식생 유형에 대한 동일한 SR 하에서 AOD가 증가하면 Blue, Green, Red 채널에서는  $\rho_{TOA}$ 가 증가하고, NIR 채널에서는  $\rho_{TOA}$ 가 감소하기 때문인 것으로 예상된다.

또한, 에어로졸 산란 효과는 짧은 파장에서 더 강하게 나타나므로 Red 채널에 비해 Blue 채널에서 오차 범위가 더 크게 나타난다. 그러나, NIR 채널의 오차범위는 Red 채널의 오차범위보다 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 차이는 NIR 채널의  $\rho_{TOA}$ 가 AOD 변화에 더 민감하여  $\rho_{TOA}$  변화의 변동성이 커지기 때문일 수 있다. 반면,  $\rho_{TOA}$ 에 대한 Red 채널의 기여는 NIR 채널보다 SR의 영향을 더 많이 받기 때문에 AOD 변화에 덜 민감한 것으로 판단한다(Wang et al., 2016).

#### 4. 결론

본 연구는 6SV 기반 KOMPSAT-3A 위성을 대상으로 대기보정 과정에서 발생할 수 있는 SR 오차를 분석하였다. 이 연구에서는 주로, MODIS AOD의 EE가 SR의 정확도에 미치는 영향을 중점적으로 분석하였다. 연구 결과는 MODIS AOD의 값이 특정 임계값 이하일 때는 대기보정이 안정적으로 수행될 수 있음을 확인했다. 그러나 AOD 값이 이 임계값을 초과할 경우, SR의 표준 오차 범위를 만족시키기 어려울 것으로 예상된다. 또한, SR 오차가 파장이 짧고 SZA이 증가할수록 증가하는 경향이 있다는 점을 확인하였다. 이는 대기보정 알고리즘

에서 파장과 SZA를 고려한 조정이 필요함을 나타낸다.

그러나 본 연구에서는 Gaussian, Rectangular 등과 같은 AOD 오차의 분포 형태를 고려하지 않았다는 점에 유의해야 한다. 예로, MODIS AOD 데이터의 오차가 Gaussian 분포를 따르는 경우 오차가 SR 표준 오차 내에 포함될 확률이 더 높을 수 있다. 이러한 측면은 우리 연구에서 제시된 기준과 결론이 다양한 오차 분포 시나리오에 따라 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 향후 연구에서는 AOD 오류 분포 분석을 통합하여 대기보정 알고리즘을 보다 포괄적으로 이해하고 추가 개선을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

#### 사사

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A2C2010976).

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### References

- Hadjimitsis, D. G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M. G., Retalis, A. et al., 2010. Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: Impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(1), 89–95. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-89-2010>
- Jung, D., Jin, D., Seong, N. H., Lee, K. S., Seo, M., Choi, S. et al., 2020. Sensitivity analysis of surface reflectance retrieved from 6SV LUT for each channel of KOMPSAT-3/3A. *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(5–1), 785–791. <https://doi.org/>

- org/10.7780/kjrs.2020.36.5.1.11
- Lee, C. S., Yeom, J. M., Lee, H. L., Kim, J. J., and Han, K. S., 2015. Sensitivity analysis of 6S-based look-up table for surface reflectance retrieval. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 51, 91–101. <https://doi.org/10.1007/s13143-015-0062-9>
- Lee, K. S., Lee, C. S., Seo, M., Choi, S., Seong, N. H., Jin, D. et al., 2020. Improvements of 6S look-up-table based surface reflectance employing minimum curvature surface method. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 56, 235–248. <https://doi.org/10.1007/s13143-019-00164-3>
- Levy, R. C., Mattoo, S., Munchak, L. A., Remer, L. A., Sayer, A. M., Patadia, F. et al., 2013. The collection 6 MODIS aerosol products over land and ocean. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6(11), 2989–3034. <https://doi.org/10.5194/amt-6-2989-2013>
- Liang, S., Fang, H., and Chen, M., 2001. Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery. I. methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(11), 2490–2498. <https://doi.org/10.1109/36.964986>
- Nguyen, H. C., Jung, J., Lee, J., Choi, S. U., Hong, S. Y., and Heo, J., 2015. Optimal atmospheric correction for above-ground forest biomass estimation with the ETM+ remote sensor. *Sensors*, 15(8), 18865–18886. <https://doi.org/10.3390/s150818865>
- Vermote, E. F., Roger, J. C., and Ray, J. P., 2015. *MODIS surface reflectance user's guide* (MOD09 - Collection 6). MODIS Land Surface Reflectance Science Computing Facility. [https://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdf/MOD09\\_UserGuide\\_v1.4.pdf](https://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdf/MOD09_UserGuide_v1.4.pdf)
- Vermote, E. F., and Saleous, N., 2006. Operational atmospheric correction of MODIS visible to middle infrared land surface data in the case of an infinite Lambertian target. In: Qu, J. J., Gao, W., Kafatos, M., Murphy, R. E., Salomonson, V. V. (eds.), *Earth science satellite remote sensing vol. 1: Science and instruments*, Springer, pp. 123–153. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-37293-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-540-37293-6_8)
- Vermote, E. F., Tanré, D., Deuzé, J. L., Herman, M., Morcrette, J. J., and Kotchenova, S. Y., 2006. Second simulation of a satellite signal in the solar spectrum - Vector (6SV). *6S User Guide Version*, 3, 1–55. [https://gsweb11.umd.edu/files/6S/6S\\_Manual\\_Part\\_1.pdf](https://gsweb11.umd.edu/files/6S/6S_Manual_Part_1.pdf)
- Vermote, E. F., and Vermeulen, A., 1999. Atmospheric correction algorithm: Spectral reflectances (MOD 09). *ATBD Version*, 4, 1–107. [https://eosps0.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd\\_mod08.pdf](https://eosps0.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/atbd/atbd_mod08.pdf)
- Wang, D., Chen, Y., Wang, M., Quan, J., and Jiang, T., 2016. A new neighboring pixels method for reducing aerosol effects on the NDVI images. *Remote Sensing*, 8(6), 489. <https://doi.org/10.3390/rs8060489>
- Zhou, X., Liu, X., Wang, X., He, G., Zhang, Y., Wang, G. et al., 2022. Evaluation of surface reflectance products based on optimized 6s model using synchronous in situ measurements. *Remote Sensing*, 14(1), 83. <https://doi.org/10.3390/rs14010083>