

Editorial

다목적실용위성 시리즈 연구 동향

이광재  · 오관영 [†] · 채태병 ¹⁾ · 이원진 ³⁾

Research Trends in KOMPSAT Series

Kwang-Jae Lee ¹⁾ · Kwan-Young Oh ^{2)†} · Tae-Byeong Chae ¹⁾ · Won-Jin Lee ³⁾

Abstract: The Korea Aerospace Research Institute (KARI) has developed and operated a total of three KOMPSAT series (K-3, 3A and 5). The main purpose of satellite development is to utilize data obtained from satellites. In other words, continuous efforts should be made to improve the accuracy of data processing and expand the application areas. This special issue introduces pre-processing and application technologies based on optic and Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors of KOMPSAT series. It is believed that more systematic research and development will be needed as follow-up KOMPSAT series and small satellites are under development.

Key Words: KOMPSAT, Pan-sharpening, MIR, SAR, Research Trends

요약: 한국항공우주연구원에서는 총 3기의 다목적실용위성(3호, 3A호, 5호)을 개발 및 운영하고 있다. 위성개발의 주요 목적은 위성으로부터 획득되는 자료의 활용에 있다. 따라서 자료처리의 정확도 향상, 활용 분야의 확대를 위한 지속적 노력이 필요하다. 본 특별호에서는 다목적실용위성 광학 및 레이더 센서 기반의 전처리 기술 및 활용 기술에 대해서 소개하고 있다. 향후, 후속 다목적실용위성, 소형 위성 등이 개발 중에 있기 때문에 이에 대한 체계적인 연구 개발 및 투자가 필요할 것으로 사료된다.

한국항공우주연구원에서는 매년 다목적실용위성 특별호를 통해 영상 처리 및 활용 기술에 대한 최신 연구 동향을 소개하고 있다(Lee *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2018).

2017년 특별호에서는 광학센서 기반의 변화탐지/영상 분류 기술을 소개하였는데, 다목적실용위성 2호와

3호를 이용한 산불 전후의 산림황폐화 분석(Choi *et al.*, 2017), 도시지역 변화탐지(Han *et al.*, 2017), 객체기반 영상 분류(Moon *et al.*, 2017), 그리고 다목적실용위성 3A 중적외선 영상을 이용한 다시기 변화탐지 등을 통해 고 해상 위성영상의 정책적 의사결정 도구로서의 활용 가

Received December 20, 2019; Accepted December 21, 2019; Published online December 24, 2019

¹⁾ 한국항공우주연구원 위성정보센터 책임연구원 (Principal Researcher, Satellite Application Center, Korea Aerospace Research Institute)

²⁾ 한국항공우주연구원 위성정보센터 선임연구원 (Senior Researcher, Satellite Application Center, Korea Aerospace Research Institute)

³⁾ 국립환경과학원 환경위성센터 연구관 (Senior Researcher, Environmental Satellite Center, National Institute of Environmental Research)

[†] Corresponding Author: Kwan-Young Oh (ohky@kari.re.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.

능성을 제시하였다. 또한, 광학 및 레이더 영상의 분석 효율을 높일 수 있는 연구들도 소개하였다. Park *et al.* (2017)은 도심지역의 인공구조물의 그림자 보정기법을 제시하였고, Lee (2017)은 SenNinel's Application Platform (SNAP)를 이용한 다목적실용위성 5호의 간섭기법 처리 가능성을 보여주었다.

2018년 특별호에서는 다목적실용위성 5호 SAR 영상을 활용한 연구가 다수 소개되었다. Lee and Jung (2018)은 다목적실용위성 5호 입체영상의 RPC 보정 모델링의 정확도를 분석하고 수치 도화 가능성을 연구하였으며, Yang and Jeong (2018)은 TerraSAR-X 영상의 후방산란 계수를 기반으로 다목적실용위성 5호 RCS 방정식과 후방산란계수 변환식을 산출하였다. 또한, Jang *et al.* (2018)은 다목적실용위성 5호 영상과 XMOD2 알고리즘을 이용하여 해상도를 산출하고 정확도를 검증하였으며, Ku and Chung(2018)은 Generative Adversarial Network (Cycle GAN)을 활용하여 SAR 영상에 색상정보를 대입하는 실험을 수행하였다. 또한, 다중시기 다중센서 기반의 영상 분석 기술도 소개되었는데 Ye(2018)은 가변 원형 템플릿을 이용한 다중 공간해상도 영상의 정합 성능 향상 기법을 제안하였으며, Ahn *et al.* (2018)은 분광밴드조정 계수(Spectral Band Adjustment Factor; SBAF)를 산정을 통한 다중센서 영상간의 융합 활용의 가능성을 보여주었고, Lee *et al.* (2018)는 다중센서 영상자료를 동시에 활용한 자연림과 인공림 분류 기법을 제시하였다. 그 밖에 단일센서 기반의 변화탐지 및 모니터링 연구도 소개되었다. Oh *et al.* (2018)는 3차원 변화탐지를 위한 입체 영상 촬영 조건에 따른 정확도 분석 연구를 진행하였고, Chung *et al.* (2018)는 superpixel 기법의 최적 파라미터 분석을 통한 변화탐지 성능을 비교하였다. 또한, Park and Lee(2018)는 수계면적의 산출을 통한 가뭄 모니터링 분석결과를 제시하였다.

본 2019년 특별호에서는 다목적실용위성 영상자료의 품질향상을 위한 최신 전처리 기술 및 센서 별 활용 기술에 대하여 소개한다.

위성영상 전처리 기술은 영상 분석의 정확도 또는 효율성을 증진시키기 위한 것으로 Pan-sharpening, 대기 보정 기법 등이 대표적이다. Pan-sharpening 기술은 고해상 전정색(panchromatic) 영상과 저해상 다중분광(multi-spectral)를 수학적으로 융합하여, 고해상 다중분광 영상

을 생성하는 기술이다(Oh, 2017). 기본 원리는 고해상 전정색 영상에서 추출된 고주파 성분을 다중분광 영상에 주입하여, 다중분광 영상의 공간해상력을 증진시키는 것이다. 이상적인 결과를 위해서는 전정색 영상과 다중분광 영상의 분광응답도가 일치하며, 각 다중분광 밴드간 분광응답도의 증첩이 최소화 되어야 한다(Lee *et al.*, 2014; Jeong *et al.*, 2016; oh, 2017). 그러나 위성의 센서 특성에 따라 제시된 전제조건 충족이 어렵기 때문에 다양한 분광 왜곡현상이 발생될 수 있다. 이를 보완하기 위하여 다양한 형태의 Pan-sharpening 기술이 제시되었으며, 이는 고주파 성분의 추출 방법과 최적 융합 비율을 결정 방법에 따라 세분화 될 수 있다(Aiazzi *et al.*, 2007). 한편, 다시기 또는 광역 범위에서 촬영된 영상을 대상으로 할 경우, 각 영상간 또는 인접 영상간 시각적, 분광적 차이가 발생할 수 있는데, 이는 계절별 또는 지표 특성에 따라 최적 융합 파라미터가 다르게 결정되기 때문이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, Park *et al.* (2019)는 다양한 지역적 특성을 고려하는 글로벌 융합 파라미터 결정방법을 제시하였다. 100장 이상의 영상에 대한 통계분석으로 글로벌 선형회귀계수와 영상융합계수를 추정하였으며, 제안된 방법을 통해 융합 영상간 차이를 최소화 할 수 있음을 확인하였다.

다목적실용위성 3A호는 0.55 m 급 전정색 영상, 2.2 m 급 다중분광 영상 그리고 5.5 m 급 중적외선 영상을 획득한다. 특히, 다목적실용위성 3A호 중적외선 센서는 주간과 야간 촬영이 가능하며, 기존 MODIS 또는 Landsat 과 비교하여 공간해상력이 대폭 향상된 영상을 제공함에 따라 해수면 온도추정, 열섬 현상, 가뭄모니터링 등 다양한 분야에서 고부가 가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다(Agam *et al.*, 2007; Jung and Park, 2014; Choi *et al.*, 2018). 그러나 다목적실용위성 3A호 중적외선 영상은 보안 또는 군사적인 문제로 인해 기존 5.5 m의 공간 해상도를 33 m로 강제적으로 저하시켜 제공된다. Oh *et al.* (2019)는 관련 사용자의 활용 증진을 위하여 공간해상도가 저하된 중적외선 영상을 수학적 방법을 통해 원 해상도로 복원하는 연구를 진행하였다. 이를 위하여 수정된 Pan-sharpening 기법을 제시하였으며, 전정색 영상과 다중분광 영상 그리고 원 해상도의 중적외선 영상에서 추출된 고주파 성분의 상호 비교를 통해 다중분광영상에서 추출된 고주파 성분이 상대적으로 유리할 수 있

음을 보여주었다. 또한, 새로운 융합계수를 제안하고 기존 기법들과의 정량적 및 시각적 비교 분석을 통해, 제안한 기법의 효용 가능성을 제시하였다. 다만, 일부 지표 특성에 따라 복원 성능이 저하되는 문제가 발생됨으로 이를 해결하기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

대기 보정은 영상에 기록되는 화소값을 복사에너지에 대한 물리량으로 변환하는 과정으로 지표의 특성 분석, 시계열 영상 분석을 위한 주요 전처리 기술 중 하나이다(Jensen, 2016). Lee and Kim (2019)은 대표적인 오픈소스 원격탐사 소프트웨어인 Orfeo ToolBox (OTB) 다목적실용위성 대기보정 처리 기능을 추가하고, 이로부터 지표면 반사도 영상을 제작하는 실험을 수행하였다. OTB는 프랑스 National Centre for Space Studies (CNES)에서 개발한 소프트웨어로 6S 복사 전달 모델을 사용하는 대기 보정 처리 모듈이 탑재되어 있으나, 다목적실용위성은 지원하지 않는다. 이에 해당 연구에서는 다목적실용위성의 센서 정보와 대기 보정 파라미터 등을 입력하고, 처리하기 위한 확장 기능을 구현하였다. 이를 통해 시범 지역에 대한 대기 보정 처리 및 지표면 반사도 영상을 제작하고, 실제 활용 가능성을 분석하였다. 다만, 현장 분광 측정 자료와의 직접 비교 등을 통한 무결성 확인 실험 등이 추가적으로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

본 2019년 특별호에서 소개하는 센서 별 활용 기술은 크게 광학 센서와 레이더 센서로 구분할 수 있다. 먼저, 광학 센서 활용 기술에는 한반도 모자이크 영상을 이용한 토지피복분류, 도시 확장에 따른 열환경 분석, 산불피해강도 분류, 표토 침식량 변화 분석 연구로 세분된다.

한국항공우주연구원은 다목적실용위성을 활용하여, 매년 한반도 모자이크 영상을 제작 및 배포하고 있다. 그러나 한반도 모자이크 영상은 Pan-sharpening 및 컬러 밸런싱 처리 기술 등이 적용되어, 분광 왜곡이 발생되며, RGB 밴드 영상만 제공된다는 한계점이 있다. 이에 Moon and Lee (2019)는 한반도 모자이크 영상의 토지피복 분류 및 검증 실험을 통하여 현업 활용의 가능성을 타진하는 연구를 진행하였다. 그 결과 한반도 모자이크 영상 분류 결과의 정확도는 약 72%로 현업에서의 요구 정확도를 충족하지는 못하였다. 그러나 분광정보 왜곡의

최소화 및 기계학습 등을 통한 영상 분류 기술의 개발 등의 관련 연구가 지속 된다면 그 활용도는 점진적으로 증가될 것으로 예상된다.

위성영상은 광역적 범위에 대한 시계열 변화 분석에 매우 용이하다. 최근에는 도시 개발, 하천정비 사업 등에 따른 인공적 변화 및 산불, 홍수 등과 같은 대규모 자연재해에 따른 자연적 변화에 널리 활용되고 있다. Park *et al.* (2019)은 Landsat-8와 다목적실용위성 2호/3호로 계산된 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) 및 Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Top-of-Atmosphere (TOA)를 이용하여, 도시 확장에 따른 지표면 온도 변화 특성을 분석하였다. 이를 통해, 도시화의 속도에 따른 Hot spot 변화, 토지피복에 따른 특성 차이를 확인할 수 있었다. Kim *et al.* (2019)은 다목적실용위성으로 제작된 토지피복지도와 수치표고자료, 강수량 자료를 기반으로 하천정비사업 전/후의 표토침식량 변화를 분석하였다. 이와 같은 연구결과는 국가 또는 지방하천 정비사업 진행의 의사결정을 지원하는 도구로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, Lee and Jeong (2019)은 다목적실용위성 3A호 기반의 산불피해지역 분석을 위한 새로운 알고리즘을 제시하였다. 일반적으로 산불 피해지역 분석은 단파적외선 영상을 활용하지만, 다목적실용위성과 같은 고해상 광학위성은 해당 영상을 제공하지 않는다. 이에 해당 연구에서는 다목적실용위성 3A호의 다중분광영상만을 이용하여, 산불피해지역을 탐지하고, 산불피해강도를 제시하였다. 또한, 제안된 기법을 통해 발생 가능한 주요 오류를 개선하는 효과를 보여주었다.

본 2019년 특별호에 소개된 레이더 센서 활용 연구로는 다목적실용위성 5호를 이용하여 수계변화탐지와 후방산란계수 보정을 통한 해상풍 개선 방안이 소개되었다. SAR 자료는 기상 또는 낮과 밤에 따른 시간 제약 없이 획득가능하기 때문에 재난재해 연구에 널리 활용되고 있다(Jung and Kim, 2014; Schläffer *et al.*, 2015). Kim *et al.* (2019)은 2018년 라오스 세피안-세남노이 댐의 붕괴에 따른 수계변화를 탐지하고, 향후 침수가 예상되는 지역에 대해 논하였다. 비록, 영상 획득시기의 문제로 수계변화의 명확한 원인과 영향을 제시하지는 못하였으나, 다목적실용위성 5호를 기반의 이기종 위성영상 활용을 위한 사전 연구로써 주요한 의의가 있다. 또한,

Jang *et al.* (2019)은 다목적 실용위용위성 5호 후방산란계수 보정식 산출을 통한 해상풍 정확도 개선방안에 대하여 제시하였다. 이와 같은 연구 결과는 SAR 영상 기반 해상풍 산출 알고리즘 개발 및 개선에 기여할 것으로 사료된다.

본 논문에서는 2017-2019년에 걸친 다목적실용위성 활용 연구 사례에 대하여 살펴보았다. 비록, 현재 운영 중인 다목적실용위성은 3기(3호, 3A호 5호)로 해외 위성 선진국에 비해 양적 한계가 존재하지만, 후속 다목적실용위성, 소형 위성 등이 개발 중에 있기 때문에 보다 체계적인 연구 개발 및 투자가 필요할 것으로 사료된다.

사사

이 연구는 한국항공우주연구원 “정부위성정보활용 협의체 지원(FR19930)” 주요사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

Aiazzi, B., S. Baronti, and M. Selva, 2007. Improving component substitution psharpening through multivariate regression of MS+PAN data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(10): 3230-3239.

Agam, N., W.P. Kustas, M.C. Anderson, F. Li, and C.M. Neale, 2007. A vegetation index based technique for spatial sharpening of thermal imagery, *Remote Sensing of Environment*, 107(4): 545-558.

Ahn, H. Y., K. Y. Kim, K. D. Lee, C. W. Park, K. H. So, and S. I. Na, 2018. Feasibility Assessment of Spectral Band Adjustment Factor of KOMPSAT-3 for Agriculture Remote Sensing, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1369-1382 (in Korean with English abstract).

Choi, J., H. Park, N. Park, S. Han, and J. Song, 2017.

Deforestation analysis using unsupervised change detection based on ITPCS, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1233-1242 (in Korean with English abstract).

Chung, M., Y. Han, J. Choi, and Y. Kim, 2018. Optimal parameter analysis and evaluation of change detection for SLIC-based superpixel techniques using KOMPSAT data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1427-1443 (in Korean with English abstract).

Choi, J. W., H. L. Park, D. H. Kim, and S. K. Choi, 2018. Unsupervised change detection of KOMPSAT-3 satellite imagery based on cross-sharpened images by Guided filter, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(5): 777-786 (in Korean with English abstract).

Han, D., J. Song, and Y. Byun, 2017. Change detection comparison of multitemporal infrared satellite imagery using relative radiometric normalization, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1179-1185 (in Korean with English abstract).

Han, Y., T. Kim, S. Han, and H. Song, 2017. Change detection of urban development over large area using KOMPSAT optical imagery, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1223-1232 (in Korean with English abstract).

Jung, H. S. and S. W. Park, 2014. Multi-sensor fusion of Landsat 8 thermal infrared (TIR) and panchromatic (PAN) images, *Sensors*, 14(12): 24425-24440.

Jung, J. and D. J. Kim, 2014. Temporal decorrelation model in repeat pass SAR interferometry for detection of volcanic ash, *Proc. of 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Quebec City, QC, Jul. 13-18, pp. 410-413.

Jensen, J. R., 2016. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, 4th Ed.*, Pearson, London, UK.

Jeong, N. K., H. S. Jung, K. Y. Oh, S. H. Park, and S. C. Lee, 2016. Comparison analysis of quality assessment protocols for image fusion of

- KOMPSAT-2/3/3A, *Korean Journal of Remote Sensing*, 32(5): 453-469 (in Korean with English abstract).
- Jang, J. C., K. Park, and D. Yang, 2018. Validation of sea surface wind from backscattering coefficient of KOMPSAT-5 data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1383-1398 (in Korean with English abstract).
- Jang, J. C., K. A. Park, D. Yang, and S. G. Lee, 2019. Improvement of KOMPSAT-5 Sea Surface Wind with Correction Equation Retrieval and Application of Backscattering Coefficient, *Korea Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1373-1389 (in Korean with English abstract).
- Ku, W. and D. Chun, 2018. The method for colorizing SAR images of Kompsat-5 using Cycle GAN with multi-scale discriminators, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1415-1425 (in Korean with English abstract).
- Kim, Y. J., M. J. Lee, and S. M. Lee, 2019. Detection of Change in Water System Due to Collapse of Laos Xe pian-Xe namnoy Dam Using KOMPSAT-5 Satellites, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1417-1424 (in Korean with English abstract).
- Kim, J. C., J. Y. Choi, S. M. Lee, and H. S. Jung, 2019. A Comparative Analysis of Annual Surface Soil Erosion Before and After the River Improvement Project in the Geumgang Basin Using the RUSLE, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1351-1361 (in Korean with English abstract).
- Lee, H. S., K. Y. Oh, and H. S. Jung, 2014. Comparative analysis of image fusion methods according to spectral responses of high-resolution optical sensors, *Korean Journal of Remote Sensing*, 30(2): 227-239 (in Korean with English abstract).
- Lee, H., 2017. Application of KOMPSAT-5 SAR interferometry by using SNAP software, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1215-1221 (in Korean with English abstract).
- Lee, K., Y. Kim, and H. Choi, 2017. KOMPSAT Image Processing and Applications, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1171-1177 (in Korean with English abstract).
- Lee, Y. S. and H. S. Jung, 2018. Feasibility study on producing 1:25,000 digital map using KOMPSAT-5 SAR stereo images, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1329-1350 (in Korean with English abstract).
- Lee, K. J., Y. S. Kim, and T. B. Chae, 2018. KOMPSAT Imagery Application Status, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1311-1317 (in Korean with English abstract).
- Lee, Y. S., S. H. Park, H. S. Jung, and W. K. Baek, 2018. Classification of natural and artificial forests from KOMPSAT-3/3A,5 images using artificial neural network, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1399-1414 (in Korean with English abstract).
- Lee, S. M. and J. C. Jeong, 2019. Forest Fire Severity Classification Using Probability Density Function and KOMPSAT-3A, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1341-1350 (in Korean with English abstract).
- Lee, K. W. and K. S. Kim, 2019. An Experiment for Surface Reflectance Image Generation of KOMPSAT 3A Image Data by Open Source Implementation, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1327-1339 (in Korean with English abstract).
- Moon, J. and Y. Kim, 2017. Comparison of the estimated result of ecosystem service value using pixel-based and object-based analysis, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1187-1196 (in Korean with English abstract).
- Moon, J. Y. and K. J. Lee, 2019. A Comparative Study on the Possibility of Land Cover Classification of the Mosaic Images on the Korean Peninsula, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4):

- 1319-1326 (in Korean with English abstract).
- Oh, K. Y., 2017. *Efficient pansharpening and auto-calibration methods of high spatial satellite images: application to KOMPSAT images*, Doctoral dissertation, University of Seoul, Seoul, Republic of Korea (in Korean with English abstract).
- Oh, K. Y., E. C. Jeong, K. J. Lee, Y. S. Kim, and W. J. Lee, 2018. Comparison and analysis of matching DEM using KOMPSAT-3 in/cross-track stereo pair, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1311-1317 (in Korean with English abstract).
- Oh, K. Y., K. J. Lee, H. S. Jung, S. H. Park, and J. C. Kim, 2019. Method for Restoring the Spatial Resolution of KOMPSAT-3A MIR Image, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1391-1401 (in Korean with English abstract).
- Park, S. H., G. S. Lee, and H. S. Jung, 2017. Shadow detection and correction method for urban area using KOMPSAT-3 image, *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6): 1197-1213 (in Korean with English abstract).
- Park, S. J. and C. W. Lee, 2018. Monitoring of the drought in the upstream area of Soyang river, Inje-Gun, Kangwon-do using KOMPSAT-2/3 satellite, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1319-1327 (in Korean with English abstract).
- Park, S. H., K. Y. Oh, and H. S. Jung, 2019. Estimation of Global Image Fusion Parameters for KOMPSAT-3A: Application to Korean Peninsula, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1363-1372 (in Korean with English abstract).
- Yoo, C. H., S. Y. Park, Y. J. Kim, and D. J. Cho, 2019. Analysis of thermal environment by urban expansion using KOMPSAT and Landsat 8: Sejong City, *Korean Journal of Remote Sensing*, 35(6-4): 1403-1415 (in Korean with English abstract).
- Schlaffer, S., P. Matgen, M. Hollaus, and W. Wagner, 2015. Flood detection from multi-temporal SAR data using harmonic analysis and change detection, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38: 15-24.
- Ye, C. S., 2018. Feature matching using variable circular template for multi-resolution image registration, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1351-1367 (in Korean with English abstract).
- Yang, D. and H. Jeong, 2018. Verification of Kompsat-5 sigma naught equation, *Korean Journal of Remote Sensing*, 34(6): 1457-1468 (in Korean with English abstract).